

NGU Rapport 2008.065

Borehullslogging, ny jernbanetunnel Sandvika-
Lysaker, Bærum kommune, del 2

Rapport nr.:2008.065		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Borehullslogging, ny jernbanetunnel Sandvika-Lysaker, Bærum kommune, del 2			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: Jernbaneverket	
Fylke: Akershus		Kommune: Bærum	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1814 I Asker	
Forekomstens navn og koordinater: Sandvika - Lysaker		Sidetall: 149 Kartbilag: 0	Pris: kr 1450.-
Feltarbeid utført: 21.09-27.09.2007 04.03-05.03.2008	Rapportdato: 06.08.2008	Prosjektnr.: 296108	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag:			
<p>Det er gjort borehullslogging i åtte kombinasjonsbrønner og to diamantborehull i forbindelse med forundersøkelser for ny jernbanetunnel mellom Sandvika og Lysaker i Bærum kommune. I tillegg er lyd hastighetene i diamantborhullene K1 og K2 repressert. Hensikten var å påvise sprekker, vannførende sprekker eller andre svakhetssoner som kan ha betydning for fjellets stabilitet. Denne rapporten er en utvidelse av NGU Rapport 2007.073.</p> <p>Generelt kan en si at fjellkvaliteten er god. Alle hull er boret i kalkskifere, knollekalk (kambrosilur) samt sandstein. Det er indikert vannstrømning i to brønner i Storengveien 30A og 53 i forbindelse med sprekker på 32 m og 42 m dyp. I Storengveien 53 er det påvist innslag av salt grunnvann på 60 m dyp ved vannprøvetaking og økt ledningsevne i vannet. Økt ledningsevne i vannet mot dypet ser en i alle brønner og det er grunn til å tro at det er saltvannsinnslag (varierende) som er årsak til dette.</p> <p>I Nordraaks vei 13 er det indikert en sone mellom 45 og 50 m dyp med veldig lav resistivitet og lav P-bølge hastighet. Resistivitetsverdier ned mot 100 ohm indikerer vanligvis stekt oppsprukket fjell gjerne med leiromvandling.</p> <p>I forbindelse med hardganger kan det opptre sprekker. Dette er trolig tilfelle i Løkkeveien ved 66 m dyp og Marstranderveien mellom 105 og 112 m dyp. Lav P-bølge hastighet indikerer oppsprekking, mens gangen i seg selv indikeres tydelig på gammalogg og resistivitet.</p> <p>Uklart vann i deler av brønnene ga dårlige opptak med optisk televiewer, og kan ikke bekrefte alle indikerte sprekkesoner.</p> <p>I diamantborehullene i Engerveien og Ekebergveien ser fjellkvaliteten ut til å være meget god. Bergartsgrenser mellom kalkstein og sandstein indikeres tydelig på gamma, resistivitet og P-bølge hastighet. En hardgang (?) indikeres mellom 181 og 198 m (høy gamma).</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Optisk televiewer	
Elektrisk måling	Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	
Lyd hastighet	Vannstrømning	Fagrapport	

INNHold

FIGURER.....	9
1. INNLEDNING.....	15
2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL.....	15
Tabell 1. Data for undersøkte brønner og diamantborehull, 2007.....	16
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	17
3.1 Optisk televiever.....	17
3.2 Temperatur, ledningsevne og naturlig gamma.....	18
3.3 Berggrunnens resistivitet.....	18
3.4 Lydhastighet.....	18
3.5 Strømningsmåling.....	19
3.6 Avviksmåling.....	19
3.7 Vannkvalitet.....	19
4. RESULTATER.....	20
4.1 Storengveien 53 A.....	21
4.1.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Storengveien 53A.....	22
4.1.2 Vannkvalitetslogg, Storengveien 53A.....	22
4.1.3 Optisk televiever, Storengveien 53A.....	25
4.1.4 Strømningsmåling, Storengveien 53A.....	28
4.2 Storengveien 30A.....	29
4.2.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Storengveien 30A.....	29
4.2.2 Vannkvalitetslogg, Storengveien 30A.....	30
4.2.3 Strømningsmåling, Storengveien 30A.....	33
4.2.4 Optisk televiever, Storengveien 30A.....	34
4.3 Løkkeveien 1.....	36
4.3.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Løkkeveien 1.....	36
4.3.2 Vannkvalitetslogg, Løkkeveien 1.....	38
4.3.3 Optisk televiever, Løkkeveien 1.....	39
4.4 Njålsveien 1.....	41
4.4.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Njålsveien 1.....	41
4.4.2 Vannkvalitetslogg, Njålsveien 1.....	43
4.4.3 Optisk televiever Njålsveien 1.....	43
4.5 Nordraaks vei 13A.....	45
4.5.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Nordraaks vei 13A.....	45
4.5.2 Vannkvalitetslogg, Nordraaks vei 13 A.....	45
4.5.3 Optisk televiever, Nordraaks vei 13.....	48
4.6 Marstranderveien.....	50
4.6.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Marstranderveien.....	50
4.6.2 Vannkvalitetslogg, Marstranderveien.....	50
4.6.3 Optisk televiever, Marstranderveien.....	53
4.7 K 205 Engerjordet.....	55
4.7.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. K 205, Engerjordet.....	55
4.8 K 203 Ekebergveien.....	57

4.8.1	Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. K 203, Ekebergveien.....	57
4.9	Bh 5091	59
4.9.1	Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Bh 5091	59
4.9.2	Vannkvalitetslogg, Bh 5091	59
4.9.3	Optisk televiwer, Bh 5091	62
4.10	Bh 5092	65
4.10.1	Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. Bh 5092	65
4.10.2	Bh 5092, vannkvalitetslogg.....	65
4.11	K1	68
4.11.1	Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. K1.....	68
4.12	K 2.....	70
4.12.1	Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet. K2.....	70
4.13	Rosediagram.....	72
4.14	Borehullsavvik	72
5.	KONKLUSJON	76
6.	REFERANSER	76

FIGURER

Figur 1. Oversiktskart med plassering av borehull.....	16
Figur 2. Storengveien 53A. Logging av brønn, til venstre og artesisk brønn (utstrømning av 21	
Figur 3. Storengveien 53A. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.	23
Figur 4. Storengveien 53A. Vannkvalitetslogg.....	24
Figur 5. Stereogram Storengveien 53A.....	25
Figur 6. Storengveien 53A. Frekvenshistogram for indikerte sprekker.....	26
Figur 7. Storengveien 53A. Vanninnstrømning fra sprekke ved 42 m gir klart vann over sprekken.....	27
Figur 8. Storengveien 53A. Tolket sprekkesone ved 42 m.	27
Figur 9. Storengveien 53A. Netto strømning.....	28
Figur 10. Logging av brønn i Storengveien 30A.....	29
Figur 12. Storengveien 30A. Full Waveform plott 10 – 40 m.	30
Figur 11. Storengveien 30A. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet	31
Figur 13. Vannkvalitetslogg, Storengveien 30A.....	32
Figur 14. Storengveien 30A, Strømningsmåling.	33
Figur 15. Sterogram Storengveien 30A.....	34
Figur 16. Storengveien 30A. Frekvenshistogram.....	35
Figur 17. Dårlig sikt under 32.3 m (venstre) og over 15.5 m (høyre), Storengveien 30A.	35
Figur 19. Åpen sprekke ved 66 m i Løkkeveien 1.....	36
Figur 18. Løkkeveien 1. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.....	37
Figur 20. Løkkeveien 1, Vannkvalitetslogg.....	38
Figur 21. Stereogram Løkkeveien 1.	39
Figur 22. Løkkeveien 1, frekvenshistogram.	40
Figur 23. Njålsveien 1. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.....	41
Figur 24. Njålsveien 1. Bilde av sprekke ved 27 m.....	42
Figur 25. Njålsveien 1. Vannkvalitetslogg.....	43
Figur 26. Stereogram, Njålsveien 1.	44
Figur 27. Frekvenshistogram, Njålsveien 1.....	44
Figur 28. Nordraaks vei 13. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.....	46
Figur 29. Vannkvalitetslogg, Nordraaks vei 13.	47
Figur 30. Stereogram Nordraaks vei 13.	48
Figur 31. Frekvenshistogram, Nordraaks vei 13.	49
Figur 32. Logging i Marstranderveien.	50
Figur 33. Marstranderveien. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.....	51
Figur 34. Marstranderveien. Vannkvalitetslogg.	52
Figur 35. Stereogram. Marstranderveien.	53
Figur 36. Frekvenshistogram, Marstranderveien.....	54
Figur 37. Logging i K 205, Engerjordet.	55
Figur 38. K 205 Engerjordet. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.....	56
Figur 39. K 203 Ekebergveien. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.	58
Figur 40. Logging i Bh 5091 (venstre) og Bh 5092 (høyre).	59
Figur 41. Bh 5091, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.	60
Figur 42. Bh 5091, vannkvalitetslogg.....	61
Figur 43. Sprekkestereogram Bh 5091.	62
Figur 44. Bilde av oppknust sone ved 14.0 -14.5 m i Bh 5091.	63
Figur 45. Bh 5091, frekvenshistogram.....	64
Figur 46. Bh 5092, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.	66
Figur 47. Bh 5092, vannkvalitetslogg.	67
Figur 48. K 1, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.	69

<i>Figur 49. Logging i diamantborehull K 2.</i>	70
<i>Figur 50. K 2, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.</i>	71
<i>Figur 51. Rosediagrammer for indikerte sprekker i alle borehull.</i>	72
<i>Figur 52. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Storengveien 53 (øverst), og Storengveien 30 (nederst).</i>	73
<i>Figur 53. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Løkkeveien (venstre), og Njålsveien (høyre).</i>	74
<i>Figur 54. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Nordraaks vei (venstre) og Marstranderveien (høyre).</i>	74
<i>Figur 55. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Engerjordet (venstre) og Ekebergveien (høyre).</i>	75
<i>Figur 56. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, Bh 5091 (venstre) og Bh 5092 (høyre).</i>	75

TABELLER

Tabell 1. Data for undersøkte brønner og diamantborehull, 2007.....	16
Tabell 2. Koordinater for undersøkte borehull.....	17
Tabell 3. Målte gammaverdier og ledningsevne i vann for bergarter i Oslofeltet.....	21
Tabell 4. Analyser av vannprøver på 30 m og 70 m dyp i Storengveien 53.....	22

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Metodebeskrivelse for optisk televiewer.....	77
Tekstbilag 2: Metodebeskrivelse for logging av temperatur, elektrisk ledningsevne og Naturlig gammastråling.....	82
Tekstbilag 3: Metodebeskrivelse elektriske motstandsmålinger i borehull.....	84
Tekstbilag 4: Metodebeskrivelse for logging av lydastighet.....	87
Tekstbilag 5: Metodebeskrivelse for strømningsmåling i borehull.....	89
Tekstbilag 6: Metodebeskrivelse for vannkvalitetssonde.....	91

DATABILAG

Databilag 1: Data over alle digitaliserte sprekker.....	93
Databilag 2: Data for definerte soner, strøkretning, fall og sprekkefrekvens.....	101
Databilag 3: Data for borehullsforløp.....	105
Databilag 4: Detaljerte borehullslogger for alle hull.....	112

1. INNLEDNING

I forbindelse med Jernbaneverkets bygging av ny jernbanetunnel mellom Sandvika og Lysaker i Bærum kommune, har NGU høsten 2007 gjort borehullslogging i seks brønner og to diamantborehull som en del av forundersøkelsene. Det er logget med optisk televiwer (filming av borehullsvegg), målt temperatur og elektrisk ledningsevne i vannet, naturlig gammastråling, fjellresistivitet, lyd hastighet i fjell og vannstrømning. I noen av brønnene var sikten dårlig (varierende) slik at en ikke fikk fullverdige opptak med optisk televiwer.

I mars 2008 ble ytterligere to brønner logget ved JBV's anleggskontorer mellom Stabekk og Bekkestua. I tillegg er data for P- og S-bølge hastigheter i diamantborehullene K1 og K2 (NGU Rapport 2007.043) reprocessert.

Målingene ble utført i tiden 21.09 – 27.09. 2007 og 03.03-04.03.2008 av Harald Elvebakk med god assistanse av Johan Mykland, Jernbaneverket.

Brønnene, bortsett fra Storengveien 30A og 53A, hadde et fall på ca 30 grader. På grunn av dette måtte målesondene staves ned i hullene. I tillegg til at dette var en arbeidskrevende operasjon ble vannet omrørt ved innføring av sonden. Dette kan påvirke sikten i vannet da det ofte ligger slam i bunnen av borehullsveggen. Dette var trolig årsaken til den dårlige sikten i Nordraaks vei 13. I brønnene ved anleggskontorene til JBV var det spesielt mye slam, og bare øverste del i Bh 5091 ga tolkbare bilder for OPTV.

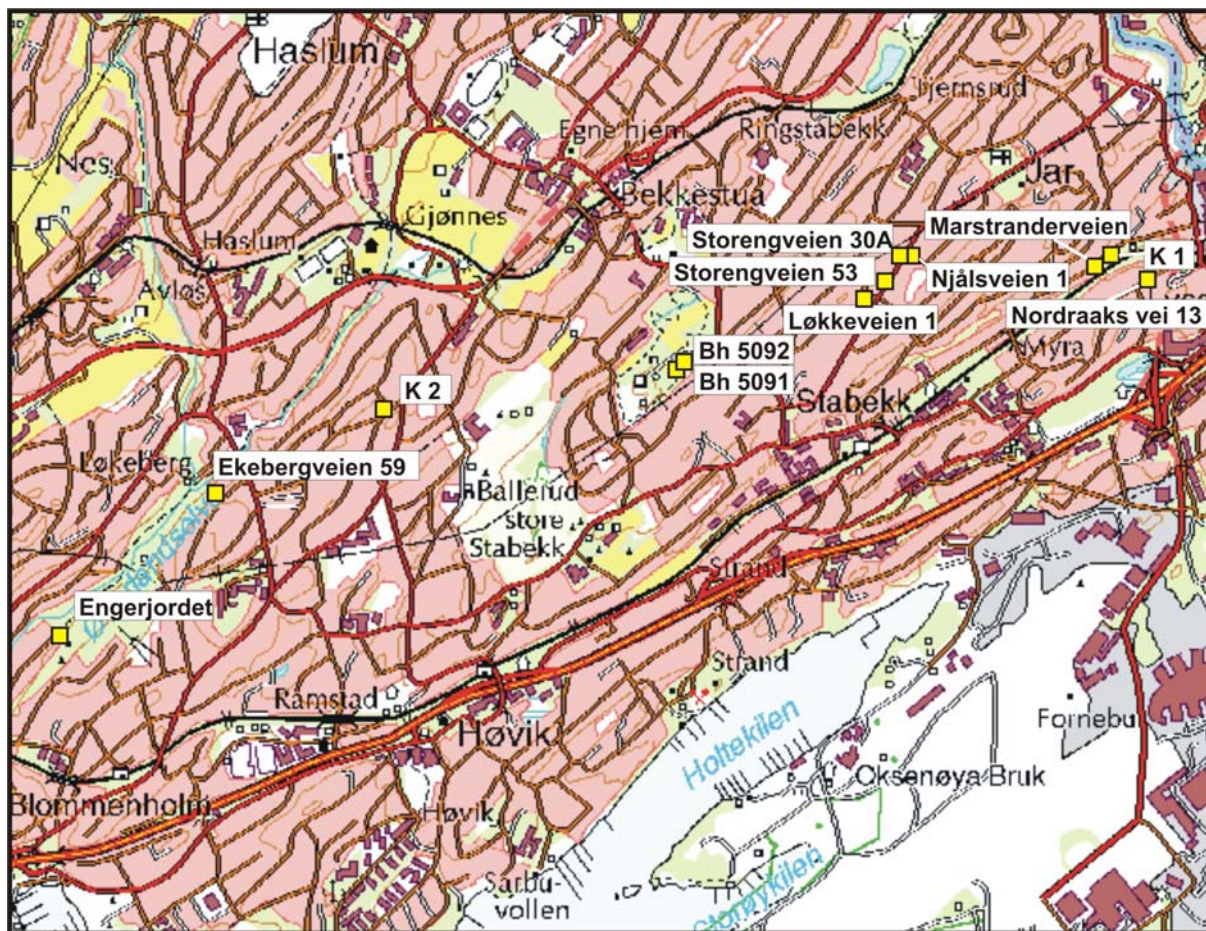
2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL

Det undersøkte område ligger mellom Sandvika og Lysaker langs traseen til den nye jernbanetunnelen. Figur 1 viser et kartutsnitt av området med borehullene fra 2007/2008 tegnet inn.

Tabell 1 viser data over undersøkte brønner og diamantborehull i 2007 og 2008. Brønnene i Storengveien ble begge logget i 2006 ned til ca 40 m. Disse ble forlenget i 2007 og logget ned til ca 80 m. Nye brønner i samme område er Løkkeveien og Njålsveien. P.g.a. problemer med dårlig fjell ble brønnen i Njålsveien bare boret til ca 40 m. Ved Lysaker ble nye brønner boret i Nordraaks vei og i Marstranderveien. Lenger vest, ved Øverlandselva, ble to gamle diamantborehull logget (Engerjordet og Ekebergveien 59). I disse er det ikke logget med optisk televiwer. P.g.a. staking av sondene ble hullene logget til ca 140 m med resistivitet og lyd hastighet. Sonden med temperatur, ledningsevne og gamma, samt avvikssonden, gled ned av egen vekt og en fikk målt helt i bunnen (Engerjordet ca 220 m og Ekebergveien ca 270 m). I mars 2008 ble det logget to nye brønner ved JBV's anleggskontorer mellom Stabekk og Bekkestua. Sondene måtte staves ned i begge brønner og

Resistivitet og lyd hastighet kan bare måles i vannfylte hull. I hull hvor vannspeilet står helt i dagen kan det av måletekniske grunner ikke registreres korrekte data de øverste 10 m. Foringsrør vil også gi feil i målingene for resistivitet og lyd hastighet.

Tabell 2 viser koordinater for brønner og diamantborehull. Data er hentet fra egen håndholdt GPS og innmåling i JBV regi (Jordforsk/Multikonsult).



Figur 1. Oversiktskart med plassering av borehull.

Tabell 1. Data for undersøkte brønner og diamantborehull, 2007

Brønn	Lengde [meter]	Helning [grader]	Casing [meter]	Diameter [mm]	Vannspeil [meter]
Storengveien 53A	80.6	61	14.9	140	I dagen
Storengveien 30A	79	62	7.2	140	1.0 m
Løkkeveien 1	68.8	31	23.1	140	I dagen
Njålsveien 1	42.5	31	24.2	140	2.3
Nordraaks vei 13	69.9	31	14.8	140	16.3
Marstranderveien	119	33	21.2	140	17.4
Engerjordet	227 (139)	30	2.0	56	6.5
Ekebergveien 59	279 (139)	30	2.0	56	8.2
Bh 5091	140	30		140	10.9
Bh 5092	180	30	6	140	1.8
K 1	354 (122)	20	15	60	I dagen
K 2	444 (122)	30	-	60	11

Tabell 2. Koordinater for undersøkte borehull. (UTM Wgs-84)

Brønn	Øst	Nord	Høyde
Storengveien 53A	589974	6642930	42
Storengveien 30A	590040	6643036	43
Løkkeveien 1	589897	6642867	42
Njålsveien 1	590074	6643028	42
Nordraaks vei 13	590996	6642940	23
Marstranderveien	590793	6642988	35
Engerjordet	586752	6641548	17
Ekebergveien 59	587362	6642109	39
Bh 5091	589250	6642640	45
Bh 5092	589255	6642642	45
K1	590802	6643024	32
K 2	588017	6641825	14

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Målingene er utført med NGUs måleutstyr produsert av Robertson Geologging Ltd. (<http://www.geologging.com/>). I brønnene og diamantborehullene som hadde et fall på 30 grader, måtte målesondene stakes inn. Til dette ble det brukt 3 m skjøtestenger av aluminium og måling ble gjort delvis oppover og delvis nedover i hullet.

Under blir det gjort en kort beskrivelse av hver målesonde og metodebeskrivelser er lagt ved i rapporten som tekstbilag. For øvrig finnes alle metodebeskrivelser på NGUs hjemmesider: <http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Borehullsgeofysikk/>

3.1 Optisk televiwer

Metodebeskrivelse for optisk televiwer er lagt ved i tekstbilag 1. Med optisk televiwer filmes hele borehullsveggen. Fra bildelaggen kartlegges alle sprekker og geologiske strukturer. Strøkretning og fallvinkel til sprekkeplan beregnes og det utarbeides statistikk på alle indikerte sprekker i form av stereoplott og sprekkehistogrammer (sprekkefrekvens). Total sprekkefrekvens (Vol Joint Count) er summen av alle frekvensene i hver gruppe (farge). I vannfylte hull kreves klart vann med god sikt for å få tolkbare bilder. Sonden senkes med en maksimal hastighet 1 meter pr. minutt, og for hver millimeter gjøres en registrering. Det kan samples 360 eller 720 punkter sirkelen rundt, og i vanlige fjellbrønner gir dette en pikselstørrelse på ca. 1mm x 1 mm. Alle data er prosessert med programvare fra Robertson Geologging (Robertson Geologging 2006).

3.2 Temperatur, ledningsevne og naturlig gamma

Metodebeskrivelse er lagt ved i tekstbilag 2. Vannets temperatur og elektriske ledningsevne blir logget kontinuerlig langs den vannfylte delen av borehullene. Tydelige endringer i disse parametere kan indikere vanninnstrømning i borehullet. Gammalogg (naturlig totalstråling) avspeiler geologien og den mineralske sammensetningen i bergartene. Det er i hovedsak kalium, uran og thorium som gir gammastråling. Mest vanlig er kalium som finnes i feltspat. Bergartsgrenser kan ofte bestemmes ut fra en slik logg. Målehastighet er 3 m/min og målepunktavstand er 1 cm.

3.3 Berggrunnens resistivitet

Metodebeskrivelse er lagt ved i tekstbilag 3. I metodebeskrivelsen vises også resistivitetsverdier for en del relevante bergarter. Berggrunnens resistivitet kartlegges med en sonde som sender strøm ut i bergarten mens spenningen måles mellom to elektroder. Ut fra verdiene på strømstyrke og spenning kan en beregne den tilsynelatende elektriske motstanden til fjellet. Det måles med to forskjellige konfigurasjoner, Short Normal (SN) og Long Normal (LN) der avstanden mellom strøm og spenningselektrode er henholdsvis 16" og 64" (40 cm og 160 cm). Med SN kartlegges resistiviteten i borehullsveggenes umiddelbare nærhet, mens LN måler noe lengre ut fra borehullet. Målingene forgår kontinuerlig med en hastighet på 5 m/min og målepunktavstand er 1 cm.

Høy resistivitet i bergartene (fra ca 5000 ohmm og høyere) indikerer vanligvis massivt og lite oppsprukket fjell (krystalline bergarter) I kambrosilurbergarter i Oslofeltet er verdiene betydelig lavere, ofte under 1000 ohmm. Lavmotstandssoner kan indikere oppsprukket, porøst fjell med høyt vanninnhold. Leirmineraler, kismineraler og eventuelt grafitt vil også gi lave verdier.

Det gjøres korreksjoner for vannets ledningsevne, borehulldiameter og sondens diameter slik at det er reell resistivitet i fjellet som presenteres (Thunhead & Olsson 2004). Når en vet resistiviteten av vannmettet bergart og resistiviteten i porevannet kan en beregne porøsiteten (Archie 1942). Porøsiteten som beregnes er en relativ porøsitet basert på variasjonen i den målte resistiviteten. Usikkerheten ligger i valg av parametere (sementeringsfaktor, kornformfaktor) i Archies lov. Disse faktorene varierer med bergartstype.

3.4 Lydhastighet

Metodebeskrivelse for logging av lydhastighet er vist i tekstbilag 4 hvor hastigheter for en del jord- og bergarter også er vist. Med sonisk sonde kartlegges lydhastigheten (P-bølgehastighet) langs borehullet. Metoden betinger at hullene er vannfylte. Sonden består av en sender som sender ut en lydimpuls, og to mottakere i forskjellig avstand fra senderen som registrerer ankomsttidene til lydimpulsene som har gått gjennom fjellveggen. Når man vet avstanden mellom sender og mottakere kan en beregne hastigheten til lydbølgen. Ved å ta differansen mellom ankomsttidene til de to mottakerne elimineres tiden bølgen bruker i vann. Dermed kan en beregne P-bølgehastigheten til fjellet direkte når en vet avstanden mellom de to mottakerne som er 30.4 cm. Ved mer avansert prosessering kan en også beregne skjærbølgehastigheten. En P-bølgehastighet på 5000 – 6000 m/sek. indikerer massivt fjell.

Lavere hastigheter kan indikere oppsprukket fjell. Det gjøres en måling for hver cm så både sprekkesoner og enkeltsprekker kan indikeres. Data er prosessert med programvaren WellCAD fra ALT (Advanced Logic Tecnology).

3.5 Strømningsmåling

Metodebeskrivelse for strømningsmåling er vist i tekstbilag 5. Ved å gjøre strømningsmåling sammen med pumping kan en lokalisere vannførende sprekker samt kvantifisere vannstrømmen fra disse sprekke. Pumpemengden bør tilpasses brønnens kapasitet. Ved kontinuerlig måling brukes en hastighet på 5 m/min og målepunktavstand 1 cm.

3.6 Avviksmåling

Avviksmåling utføres sammen med OPTV måling. I sonden finnes magnetometere og akselerometere som kontinuerlig bestemmer retning og fallvinkel til borehullet. Data fra disse målingene brukes også til å bestemme retning og fall til indikerte sprekker. Foringsrør av jern og magnetittholdige bergarter vil være feilkilder under avviksmålingen. Borehullsforløpet presenteres som horisontal- og vertikalprojeksjoner. Målehastighet er 1 m/min og målepunktavstand er 5 cm. En egen avvikssonde (vertical sonde) kan også benyttes. Den kan brukes i hull ned til 56 mm, diamantborehull, og benytter de samme måleprinsipper som OPTV.

3.7 Vannkvalitet

Metodebeskrivelse for vannkvalitetssonden er vist i tekstbilag 6. Sonden har syv sensorer som logger samtidig. De forskjellige sensorene er listet opp under hvor også målenøyaktighet og måleområde er angitt. Målehastigheten er 3 m/min og avlesning blir tatt hver cm. Nøyaktighet og oppløsning til de forskjellige sensorene er vist i tekstbilag 6.

Vannkvalitetssonden har følgende sensorer :

- Temperatur** - høyoppløselig temperatursonde
- Ledningsevne** - måler ledningsevne i vann.
- Trykk** - måler vanntrykk, (meter vannsøyle)
- Oksygen** - måler oppløst oksygen i vann.
- pH** - måler pH i vannet kontinuerlig.
- Redox (Eh)** - måler redokspotensialet i vann
- Nitrat** - måler NO₃ innhold,



4. RESULTATER

Alle logger er presentert sammen for hvert hull slik at en kan sammenligne de ulike loggene. Det er viktig å se alle logger (parametere) i sammenheng for å få en best mulig enhetlig tolkning. For optisk televiewer presenteres i tillegg sprekkestereogram, rosedigram og frekvenshistogram (sprekkesfrekvens). Som nevnt innledningsvis var sikten varierende slik at full OPTV-logg mangler for noen hull.

De seismiske data er tolket med ny programvare, Wellcad, ALT (Advanced Logic Technology). Førsteankomst til P-bølgen er relativt grei å plukke og beregnet P-bølgehastighet er ok. Datakvaliteten gjør at det kan være vanskelig å plukke førsteankomst til skjærbølgen, og det er derfor knyttet noe usikkerhet til de beregnede skjærbølgehastigheter. En har også valgt å plote automatisk beregnet P-bølgehastighet. Her registreres førsteankomst til bølgen automatisk for hver cm og hastigheten (P-bølge) kan beregnes. Denne gir tilsynelatende mer detaljer, men samtidig er usikkerheten i datakvaliteten større. Den automatiske P-bølgehastigheten er ikke kommentert i tolkningen, men er tatt med i de detaljerte loggene i databilag 4.

Hensikten med borehullslogging er å indikere og påvise oppsprukket fjell, soner eller enkeltsprekker som kan tyde på ustabil fjell. Vannførende soner er det spesielt viktig å kartlegge. Databilag 1, 2 viser detaljerte data for indikerte sprekker med optisk televiewer. Databilag 3 viser avviksdata.

Generelt kan en si følgende om tolkning av borehullslogging og de parametere en måler: Temperatur- og ledningsevnevariasjoner kan indikere sprekker med vanninntrengning. Gammastråling indikerer bergartsgrenser, ganger og bånd, men kan også indikere leiromvandling. Lav fjellresistivitet kan indikere oppsprukket fjell, vannførende sprekker, leirsoner og ledende mineraler (sulfider). Porøsiteten er beregnet på grunnlag av ledningsevne i vann og fjellresistivitet da det er en sammenheng mellom porevolum, vannets ledningsevne (porevannet) og fjellresistiviteten. Lav resistivitet, hvis den ikke skyldes ledende mineraler (sulfider, grafitt), vil derfor gi høy porøsitet. Strømningsmålinger indikerer vannstrømning i hullet og indikerer hvor vannet strømmer inn i hullet. Lav seismisk hastighet kan indikere oppsprukket fjell.

Resistiviteten i fjell i alle borehull er generelt lav, noe den er i kalkbergartene i kambrosilur. Det samme så en ved undersøkelsene på strekningen Asker – Jong (Dalsegg m.fl. 2003) og ved målingene i 2005 og 2006/2007 (Elvebakk 2007). Tydelige variasjoner vil likevel indikere sprekker. På plottene er LN (Long Normal) vist med blå farge og SN (Short Normal) med rød.

Mer detaljerte logger for alle borehull er vist i databilag 4. pH, Eh, O₂ og NO₃ fra vannkvalitetsloggen er ikke presentert i detaljert logg. Disse data gir ikke detaljert opplysning om oppsprekking på samme måte som resistivitet og seismisk hastighet. pH og Eh varierer lite, mens O₂ og NO₃ er beheftet med en del støy og en finner det lite hensiktsmessig ”å blåse opp” disse kurvene.

Tabell 3 viser målte gammaverdier i borehull i en del bergarter i Oslofeltet. Tabellen viser også ledningsevnen i vann i de samme borehullene.

Tabell 3. Målte gammaverdier og ledningsevne i vann for bergarter i Oslofeltet.

Bergart	Sted	Gamma (counts/second)	Ledningsevne i vann ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Alunskifer	Arnestad, Asker	1000 - 2000	1100 - 1300
Sandstein, skifer Askergruppen	Staverhagan, Bærum	30 - 80	300
Basalt	Staverhagan, Asker	15 - 30	
Biotittgneis	Lørenskog	60 - 70	300 - 350
Diabas	Gullhaug, Bærum	15 - 20	200
Dioritt	Lørenskog	10 - 20	300 - 350
Gneis	Lutvann	50 - 60	290
Kalkskifer, knollekalk	Skaugum, Åstad	40 - 50	275 - 330
Kalkskifer	Borgen Asker	50 - 80	240 - 250
Ringerikesandstein	Bryn, Bærum	50 - 70	300 - 400
Rombeporfyrr	Gullhaug, Bærum	150 - 200	220
Sandstein	Gullhaug, Bærum	40 - 60	190
Skifer (kalk)	EAB, Bærum	60 - 70	360 - 380
Skifer	Nydalen, Oslo	50 - 60	400 - 800
Syenittporfyrr	Småvatn, Bærum	100 - 120	120 - 135

4.1 Storengveien 53 A



Figur 2. Storengveien 53A. Logging av brønn, til venstre og artesiske brønn (utstrømning av vann) til høyre.

Figur 2 viser logging av brønn i Storengveien 53A. Brønnen er tidligere logget (Elvebakk 2007) ned til 40 m, men er forlenget til ca 80 m. Brønnen er artesiske og det strømmet vann ut av den, se figur 2 til høyre.

4.1.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. Storengveien 53A

Figur 3 viser plott av alle logger i Storengveien 53A. Brønnen er artesisk og det strømmer vann ut av den. Med strømming i brønnen vil temperaturmålingen ikke avspeile fjellets temperatur. Temperaturen varierer svært lite med en antydning til økning mot dypet. En svak endring (nedgang) kan observeres fra 42 m. Et utslag ved 22.5 m antas å være støy. Ledningsevnen i vann er relativt høy fra starten av hullet. Den øker litt fra 42.5 m og øker drastisk mellom 58 og 63 m. Det ble tatt vannprøver i brønnen på 30 m og 70 m dyp for å se om analysene kunne forklare den relativt høye ledningsevnen. Alle analyser av de to prøvene er vist i NGU, Analyserapport nr. 2007.0365. Et utdrag av rapporten er vist i tabell 4. Den viser en sterk økning i Na og Cl⁻ i prøven på 70 m dyp. Det kan se ut som om det er et forhøyet saltinnhold i grunnvannet på dette dyp.

Tabell 4. Analyser av vannprøver på 30 m og 70 m dyp i Storengveien 53.

Storengveien 53A	Logget ledn.	Lab. Ledn.	Cl ⁻	Na	Mg	Ca
Prøvedyp	(µS/ cm)	(µS/ cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
30 m	665	657	16.8	140	10.4	20.1
70 m	3575	3260	810	688	19.0	41.5

Gammastrålingen er tilnærmet konstant i fjellet under casing (60-100 cps) hvilket stemmer godt for de kambrosilurske kalkskifere en har i området. Over casing (15 m løsmasser) er gammastrålingen litt høyere, og det er trolig leire som er årsaken til dette. En svak økning ved 42.6 m faller sammen med svak endring i temperatur og ledningsevne og kan indikere en sprekkeseone med vanninnstrømming.

Resistiviteten i fjell er generelt lav i de kambrosilurske skifrene. Dette ser en også i Storengveien 53 hvor den ligger mellom 500 og 1000 ohmm. En tydelig nedgang i resistiviteten ved 42.5 m kan indikere oppsprekking. Mellom 16 og 19 m er det en tydelig økning i resistiviteten. Dette kan være en "hardgang". Det er en tydelig nedgang i resistiviteten mot bunnen av brønnen.

P-bølgehastigheten ligger på ca 5000 m/s langs hele hullet. En tydelig lavhastighetszone observeres ved ca 42 m (2500 m/s) som indikerer oppsprekking.

Alle loggene på figur 3 indikerer oppsprekking med mulig vanninnstrømming ved 42.5 m. Optisk televiewer viser også at det er en sprekkeseone der, se senere.

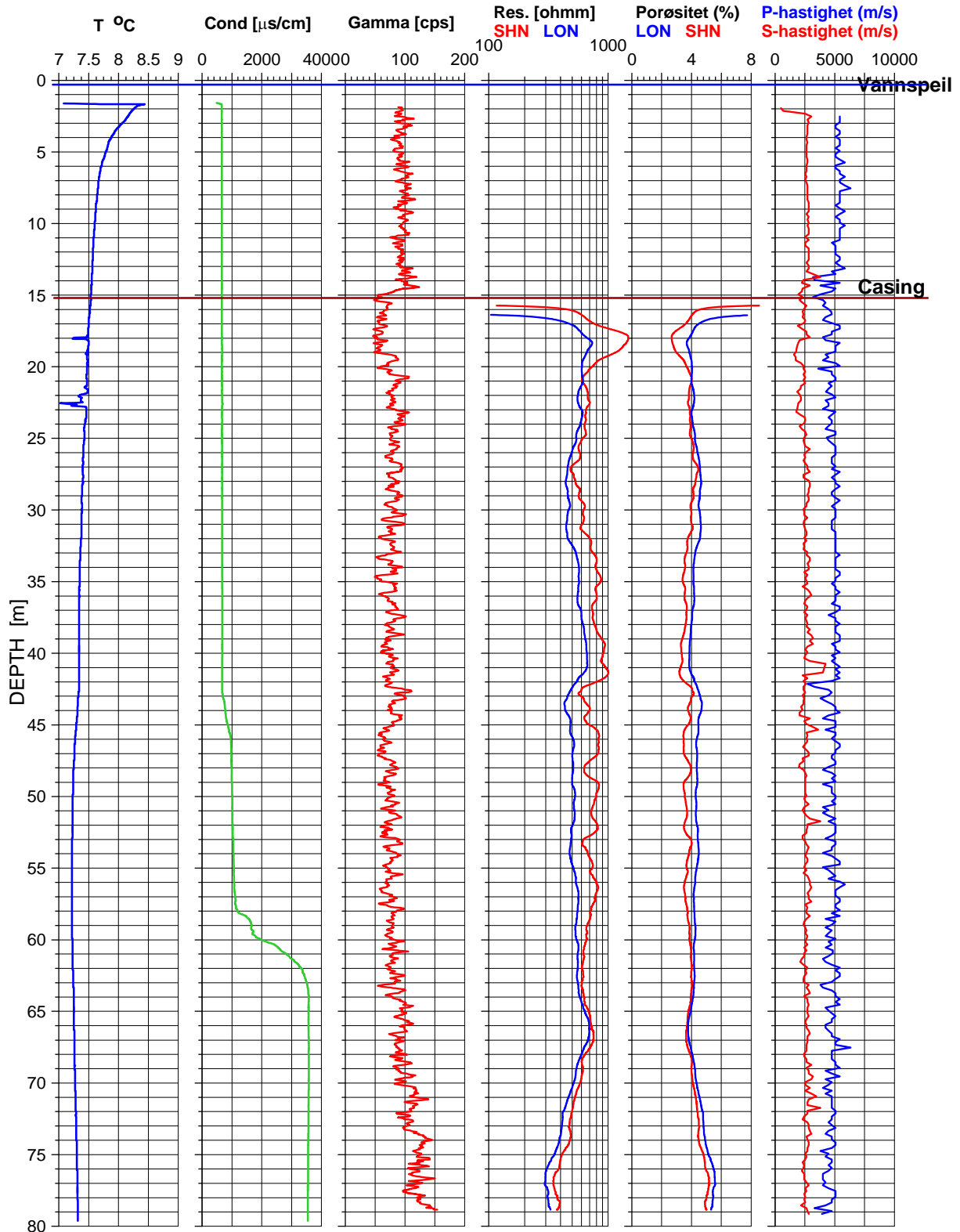
4.1.2 Vannkvalitetslogg, Storengveien 53A

Figur 4 viser vannkvalitetslogg for Storengveien 53A. Foruten temperatur og ledningsevne som er omtalt foran, viser pH og Eh endringer ved 42.5 m og 58 m dyp. O₂ og spesielt NO₃ viser tydelig endring ved 58m. Disse data er usikre, men den relative endringen er reell.

Kb1 Storengveien 53

25.09.2007

UTM 589973 E
32V 664929 N
42 moh.

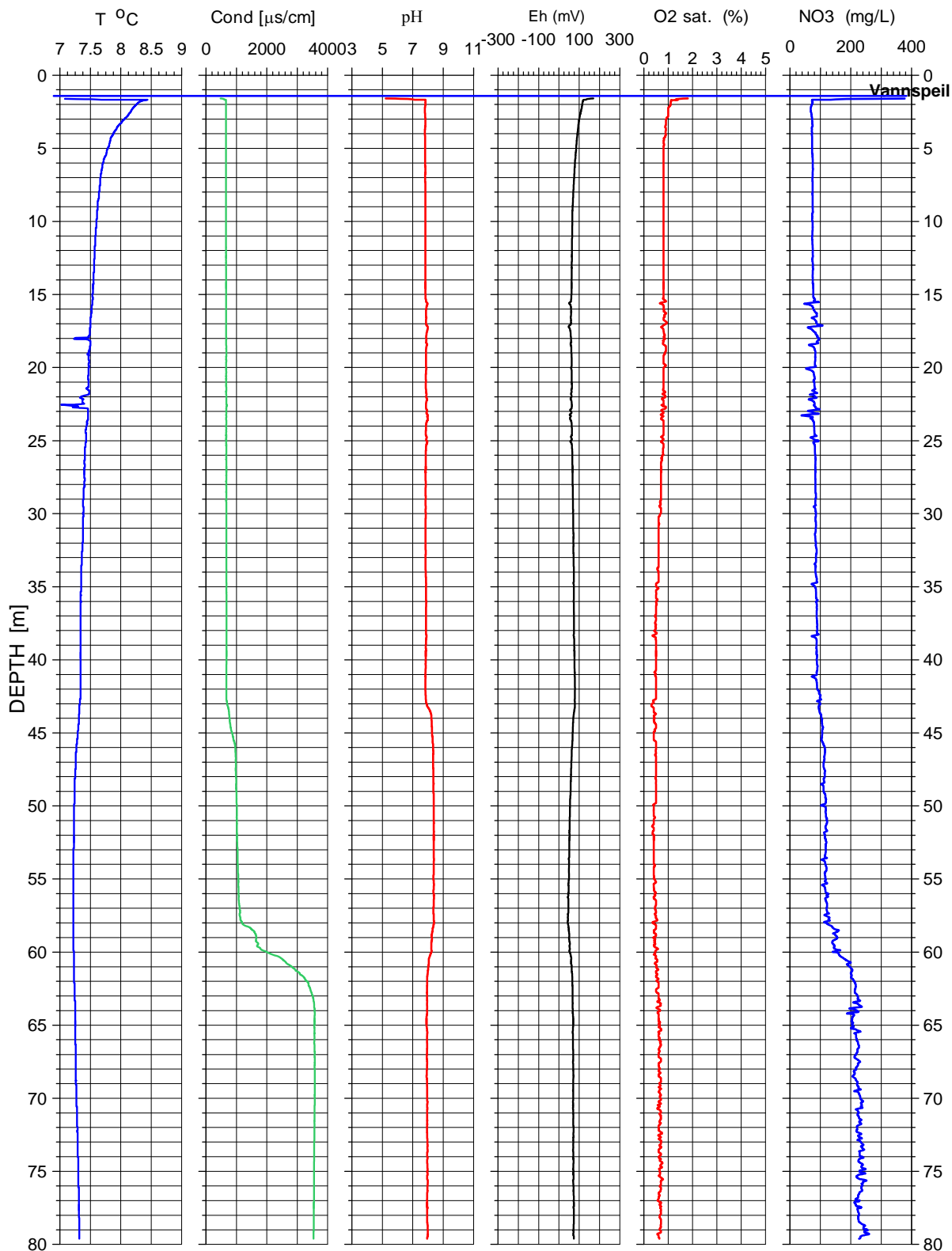


Figur 3. Storengveien 53A. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

Kb1 Storengveien 53A

25.09.2007

UTM 589973 E
32V 664929 N
42 moh.

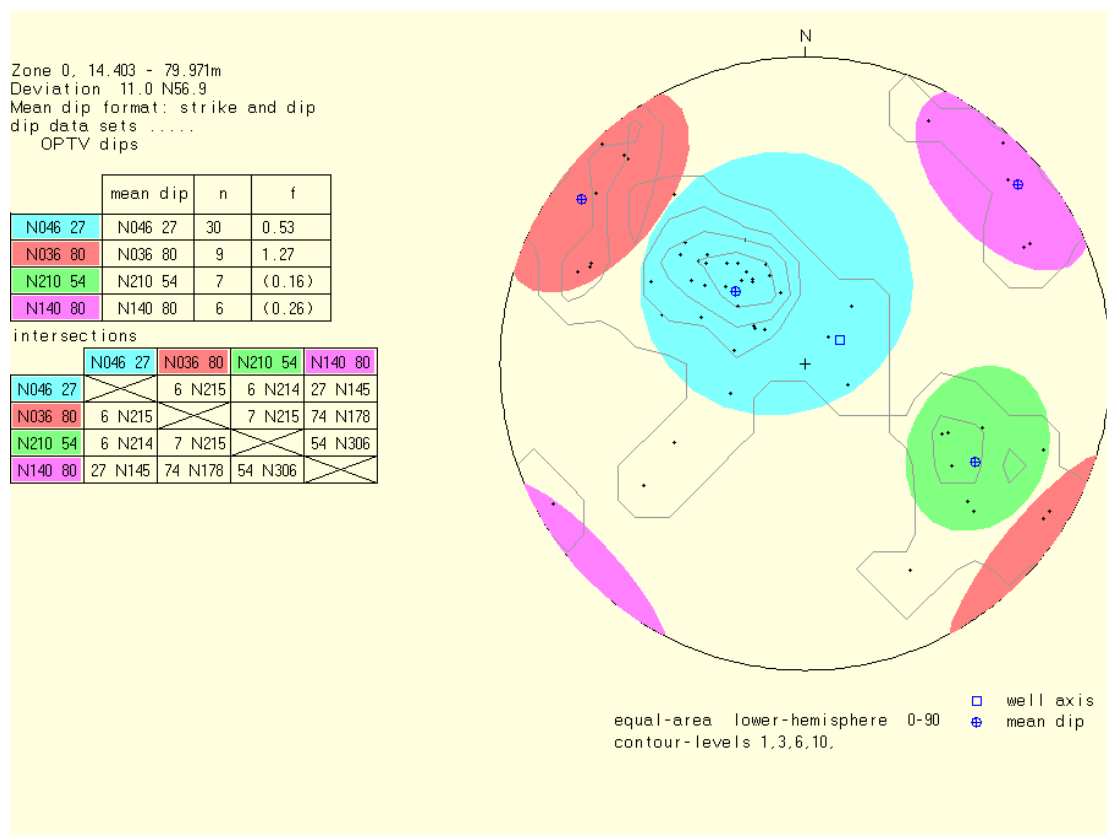


Figur 4. Storengveien 53A. Vannkvalitetslogg.

4.1.3 Optisk televiewer, Storengveien 53A

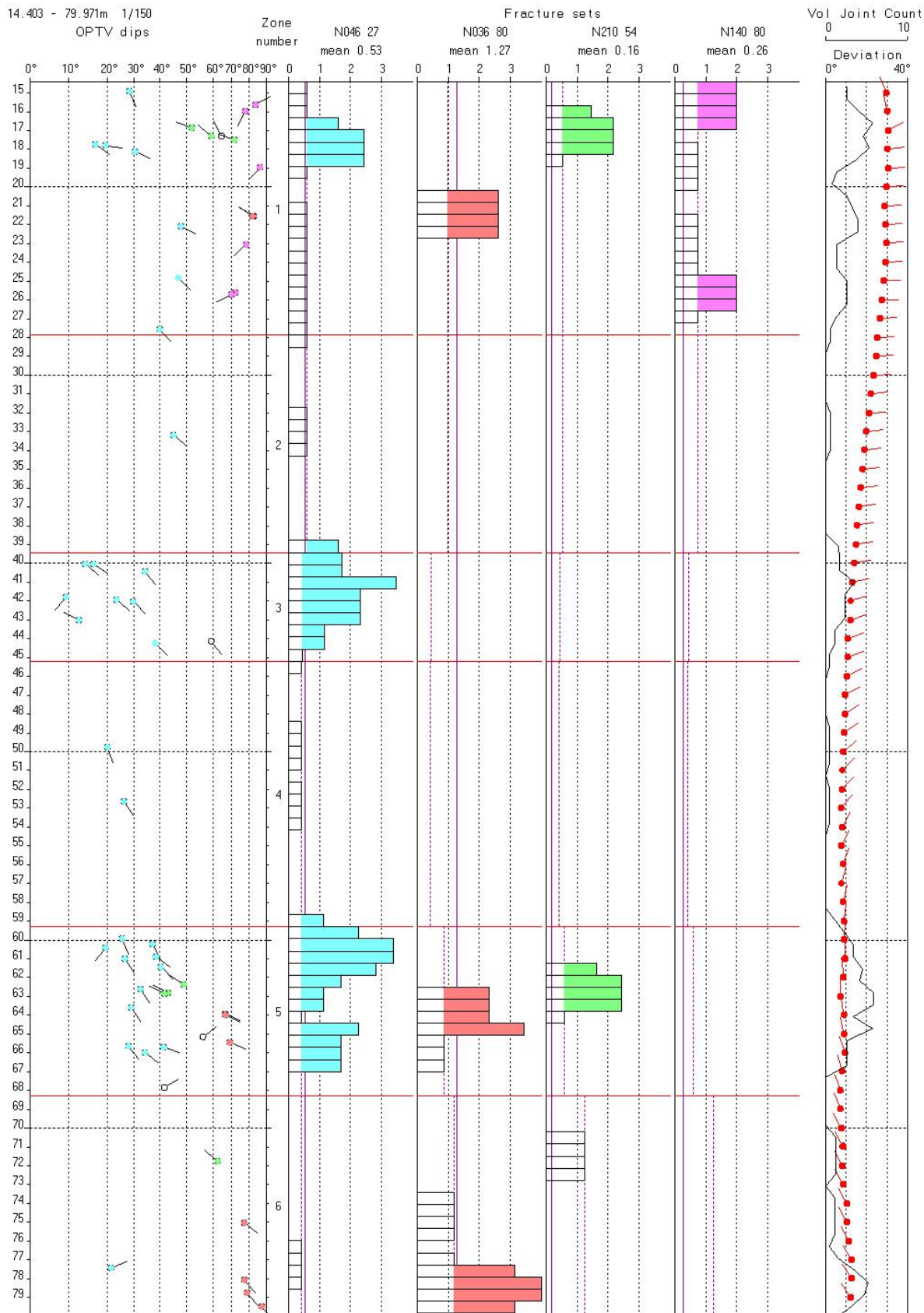
Figur 5 viser sprekkestereogram for alle indikerte sprekker. De aller fleste indikerte sprekker er mineraliserte sprekker. Karakteristikk av sprekkeene er vist i tabellform i databilag 1. En ofte brukt karakteristikk er ”mineralized, hairline-fracture” eller ”calcite-vein”. Sprekkeene kan være fra under en mm tykkelse til flere cm. Det er usikkert hvilken betydning de kan for fjellets stabilitet. De er ikke vannførende hvis dette ikke er indikert med andre logger. Gjennomsnittlig strøk, fall og sprekkefrekvens kan leses av tabellen i figur 5.

Figur 6 viser frekvenshistogram for indikerte sprekker i Storengveien 53A. Sprekkefrekvensen er størst ved 40 – 44 m og 58 – 64 m. Vol Joint Count er summen av alle frekvenser i alle sprekkegrupper (farger). Den viser dermed totalfrekvensen.

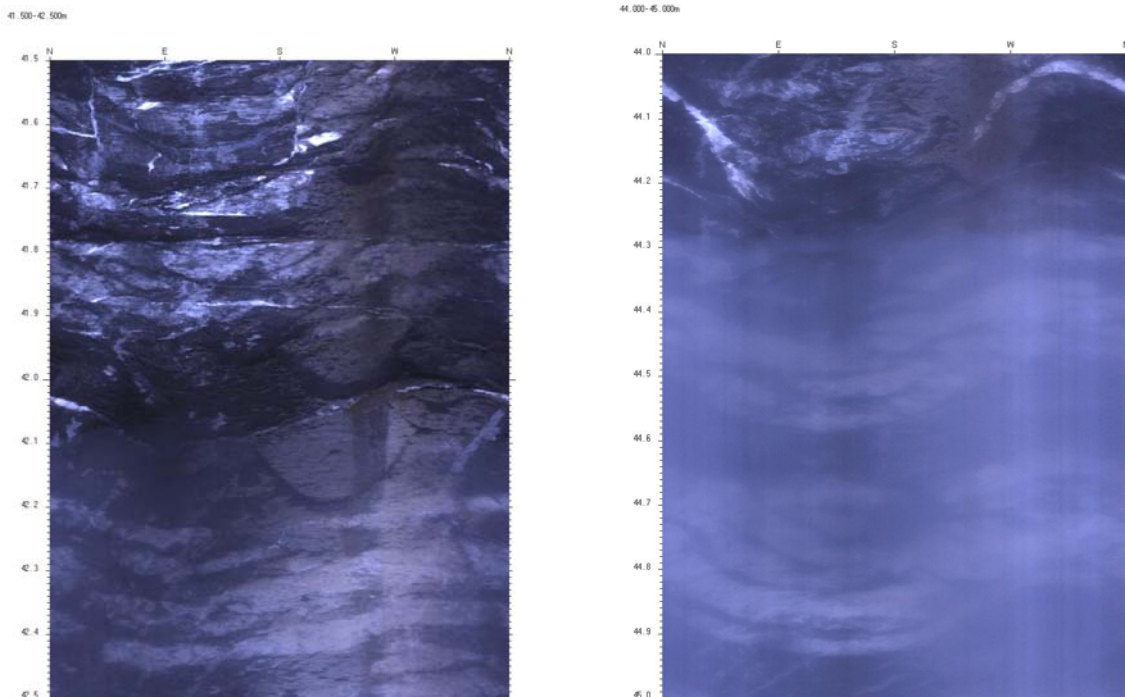


Figur 5. Stereogram Storengveien 53A.

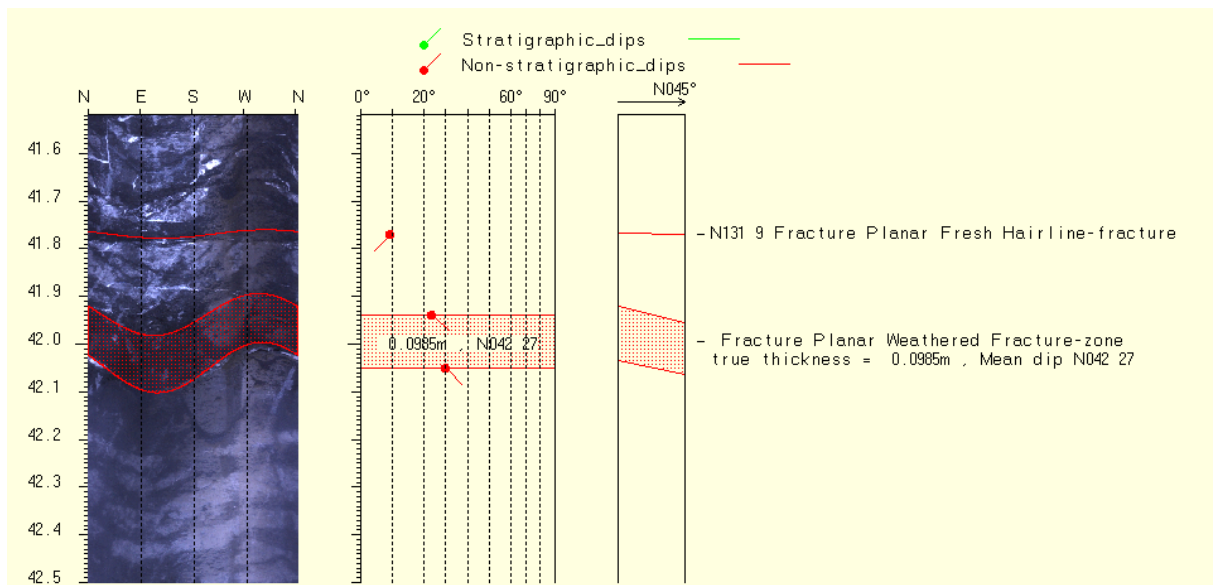
Sikten i vannet er i denne brønnen en god indikator på vanninnstrømning. Det ble observert at vann strømmet ut av hullet. Fra toppen av brønnen og ned til 42 m er vannet helt klart. Fra 42 m blir tydelig mer uklart og fra 44.2 m veldig uklart. Dette vises tydelig i figur 7 som viser bilder fra de aktuelle områdene og må ha sammenheng med vannstrømningen i brønnen. Det kommer ut vann ved 42 m (evt. ved 44 m) som strømmer oppover og ut av brønnen i dagen. Fra 44.2 m er vannet uklart helt ned til ca 60 m. Derfra er det klart nesten ned til bunnen. Årsaken til at det klarer her kan være saltinnholdet i vannet som bidrar til en flokkulering av slam-(leire) partiklene i vannet som igjen fører til en raskere setling og dertil oppklaring. Strømningsmåling, se senere, har ikke god nok nøyaktighet til å detektere den svake strømningen som er i hullet. Figur 8 viser tolket sprekkesone ved 42 m.



Figur 6. Storengveien 53A. Frekvenshistogram for indikerte sprekker.



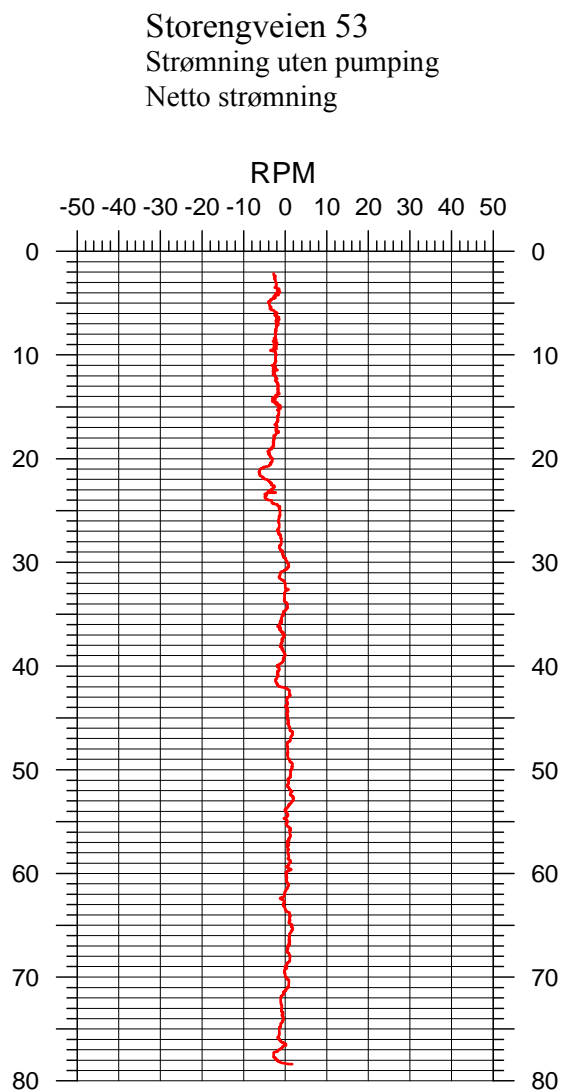
Figur7. Storengveien 53A. Vanninnstrømning fra sprekk ved 42 m gir klart vann over sprekk



Figur 8. Storengveien 53A. Tolket sprekkeseone ved 42 m.

4.1.4 Strømningsmåling, Storengveien 53A

Figur 9 viser netto strømming i Storengveien 53A. Det ser ikke ut som om observert strømming ut av hullet kan detekteres. Over ca 20 m kan RPM-loggen tolkes som en svak strøm oppover med innstrømning i brønnen ved 21-22 m. Ingen andre logger tyder på noe innstrømning på dette dyp.



Figur 9. Storengveien 53A. Netto strømming.

4.2 Storengveien 30A



Figur10. Logging av brønn i Storengveien 30A..

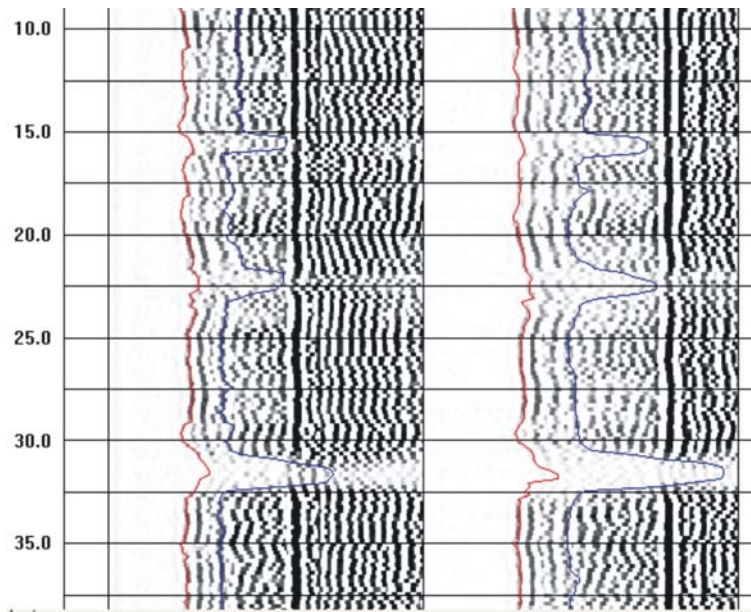
Figur 10 viser bilder fra loggingen i Storengveien 30A. Denne brønnen var også forlenget til ca 80 m. På grunn av dårlig sikt ble det ikke logget med OPTV i 2005. Også ved målingene i 2007 var det dårlig sikt i deler av brønnen noe som synes å ha sammenheng med strømning i brønnen.

4.2.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. Storengveien 30A

Figur 11 viser alle logger for Storengveien 30A. Vannspeilet lå ca 1 m under bakkenivå. Både temperatur og ledningsevne viser endringer ved 15 og 32.5 m som kan indikere sprekker med vanninnstrømning. Ledningsevnen øker deretter tydelig ved 41 m før den går ned ved 70 m. Det ble ikke tatt vannprøver i dette hullet, men det er grunn til å tro at det er økende saltinnhold (jfr. Storengveien 53A) som er årsak til økningene i ledningsevne. Gammaloggen viser ingen spesielle hendelser

Resistiviteten er generelt lav (knollekalk). Den er noe høyere over 22 m (ca 600 ohmm), mens den under er ca 400 ohmm. Svake resistivitetsanomalier kan ellers observeres ved 16.5 m og 31-33 m (spesielt på SN).

P-bølgehastigheten ligger på litt i underkant av 5000 m/s. Lavhastighetssoner kan observeres ved 15 m, 23 m og 32 m. Sonen ved 15 og 32 m faller sammen med endringene temperatur og ledningsevne. Figur 12 viser et utdrag av Full Wave form som viser trasene mellom 10 og 40 m. Her ser en tydelig hvordan sprekkesonene demper signalene (spesielt S-bølgen).



Figur 12. Storengveien 30A. Full Waveform plott 10 – 40 m.

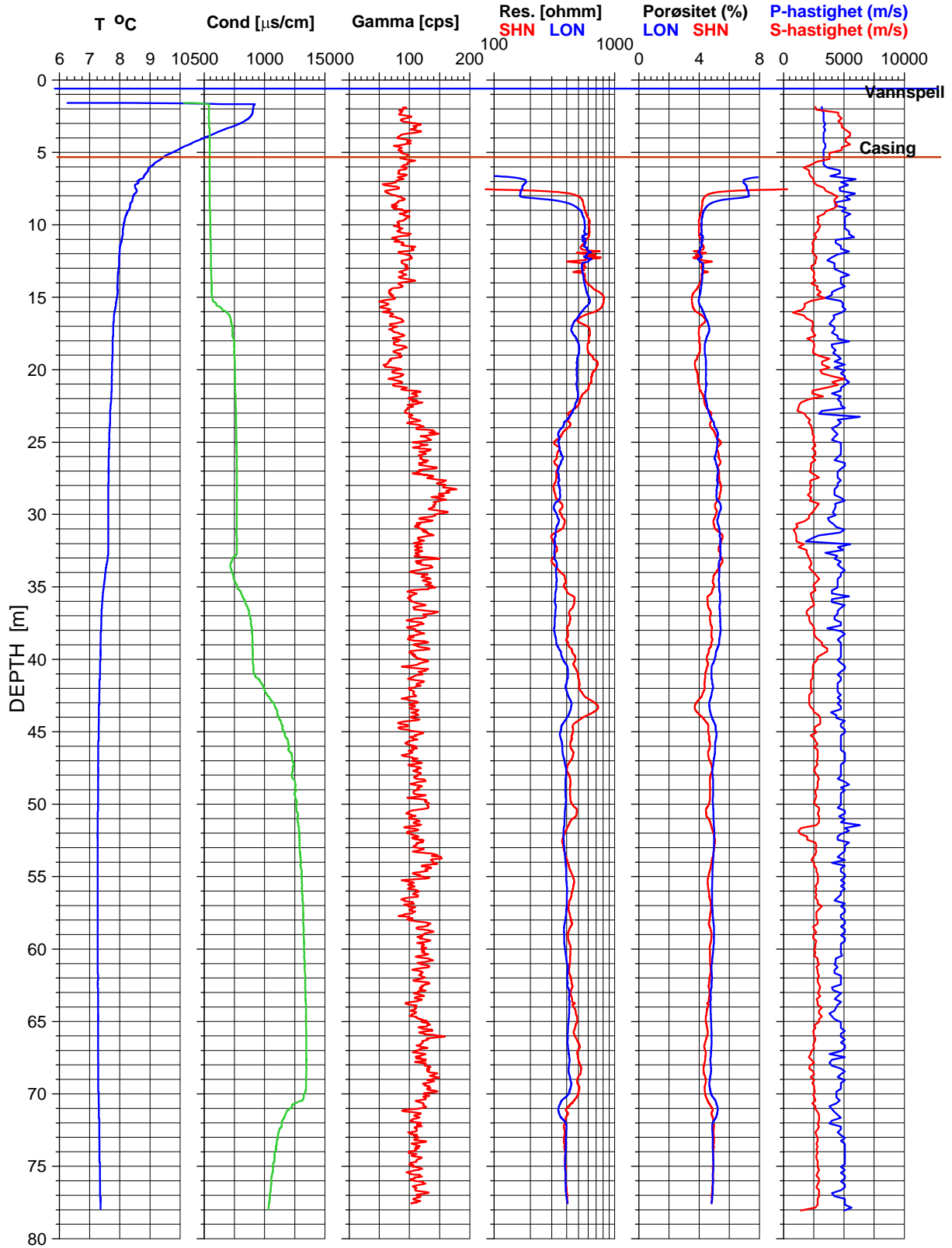
4.2.2 Vannkvalitetslogg, Storengveien 30A

Figur 13 viser vannkvalitetslogg for Storengveien 30A. Foruten temperatur og ledningsevne som er kommentert foran, viser pH, Eh (svært liten) og O₂ endringer ved 32-33 m. Endringer i vannkvaliteten tyder på vanninnstrømming.

Kb2 Storengveien 30A

22.09.2007

UTM 590039 E
32V 6643036 N
43 moh.

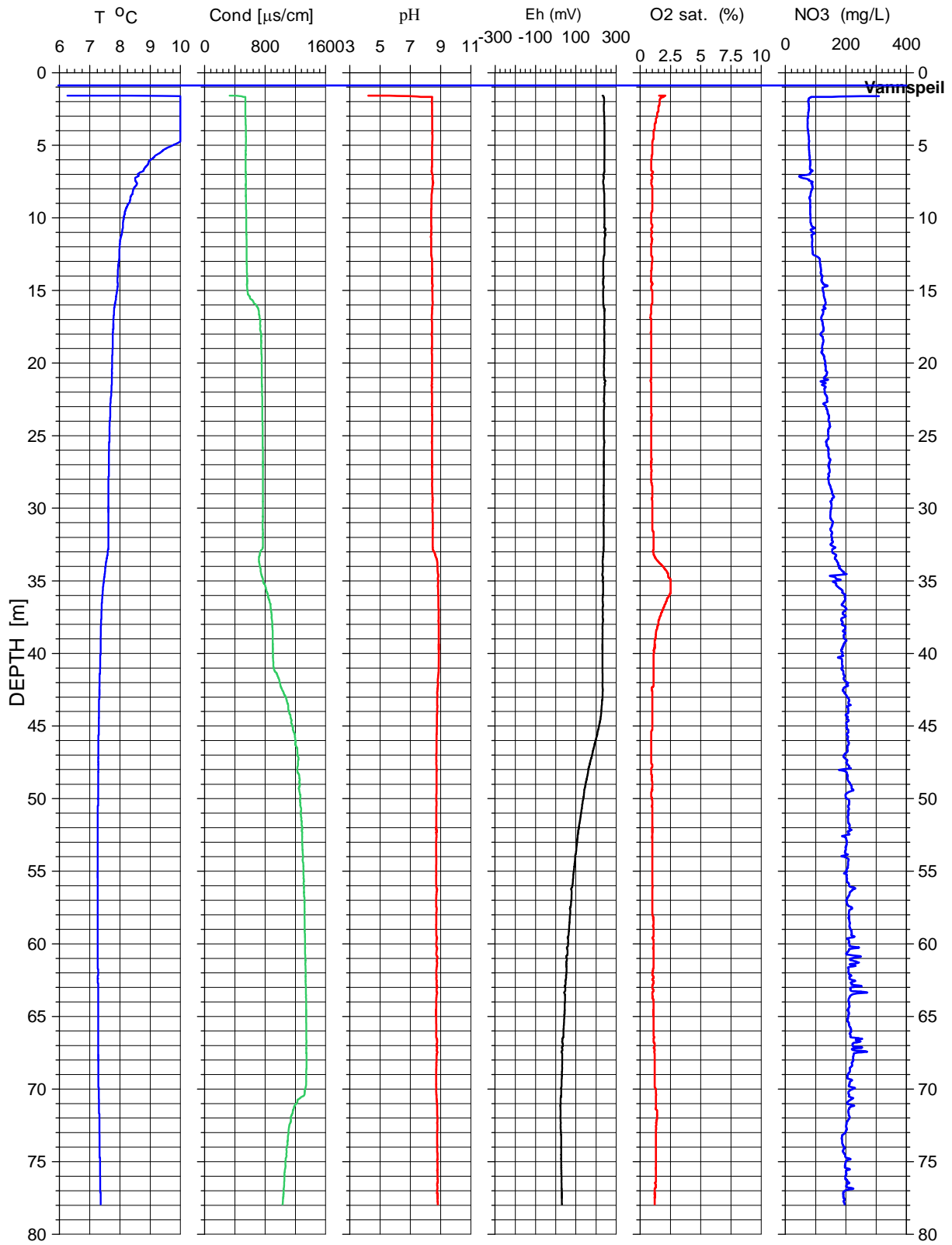


Figur 11. Storengveien 30A. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet

Kb2, Storengveien 30A

22.09.2007

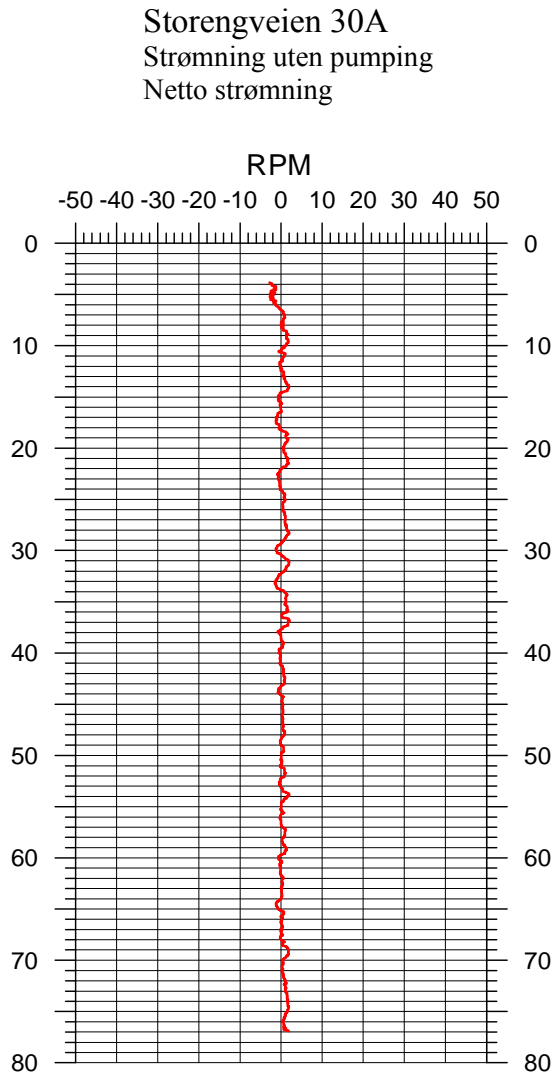
UTM 590039 E
32V 6643036 N
43 moh.



Figur 13. Vannkvalitetslogg, Storengveien 30A..

4.2.3 Strømningsmåling, Storengveien 30A

Figur 14 viser strømningsmåling for Storengveien 30A. Det er vanskelig å se på RPM-loggen om det er strømning i hullet. Kurven varierer litt mer over 35 m, men det er for usikkert å si om dette skyldes strømning. Det må imidlertid bemerkes at ved strømningsmåling i 2005 (Elvebakk 2006 og 2007) ble det indikert svak strømning oppover mellom 31.5 m og 18 m. Den gang var hullet bare 40 m dypt.



Figur 14. Storengveien 30A, Strømningsmåling.

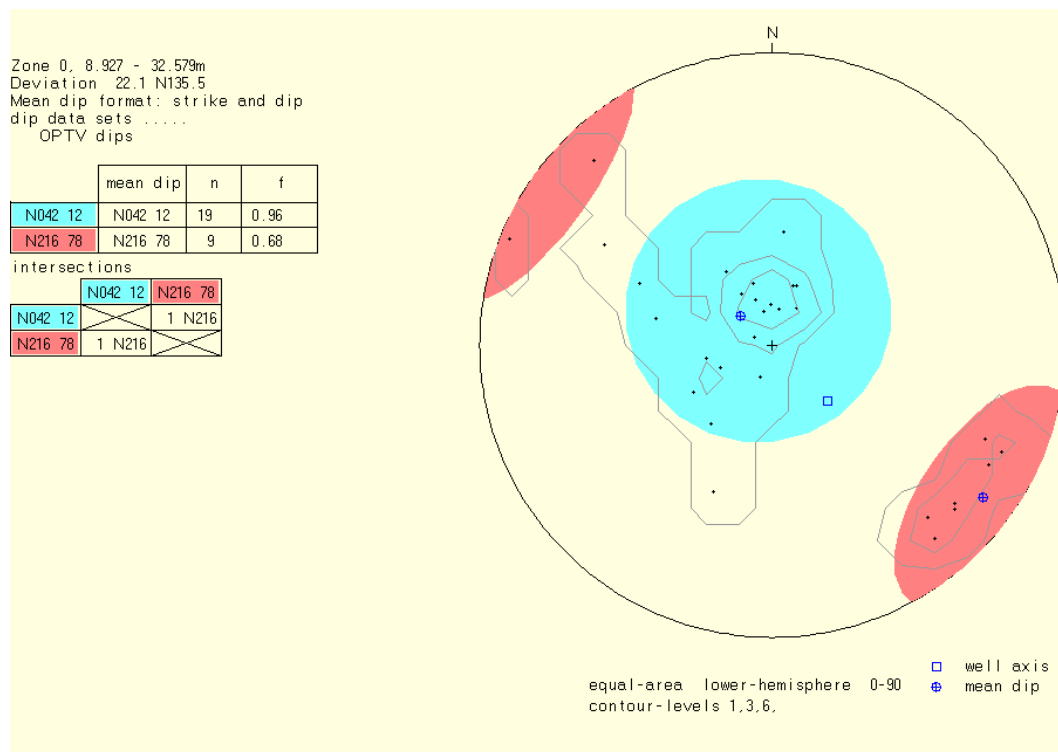
4.2.4 Optisk televiewer, Storengveien 30A

Figur 15 viser sprekkestereogram for alle indikerte sprekker. I denne brønnen var det god sikt bare mellom 15 og 32 m slik at det blir et begrenset område for tolkning.

De aller fleste indikerte sprekker er mineraliserte sprekker. Karakteristikk av sprekkene er vist i tabellform i databilag 1. En ofte brukt karakteristikk er ”mineralized, hairline-fracture” eller ”calcite-vein”. Sprekkene kan være fra under en mm tykkelse til flere cm. Det er usikkert hvilken betydning de kan for fjellets stabilitet. De er ikke vannførende hvis dette ikke er indikert med andre logger.

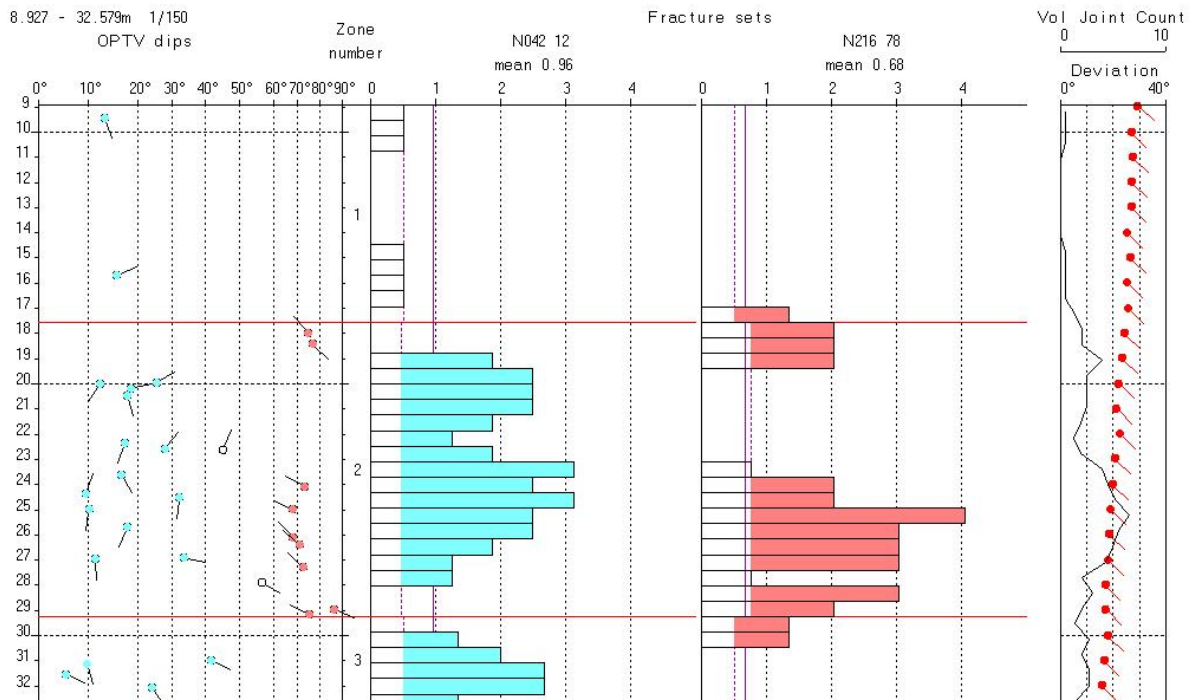
Gjennomsnittlig strøk, fall og sprekkfrekvens kan leses av tabellen i figur 15.

Figur 6 viser frekvenshistogram for indikerte sprekker i Storengveien 53A. Sprekkfrekvensen er størst ved 40 – 44 m og 58 – 64 m. Vol Joint Count er summen av alle frekvenser i alle sprekkegrupper (farger). Den viser dermed totalfrekvensen.

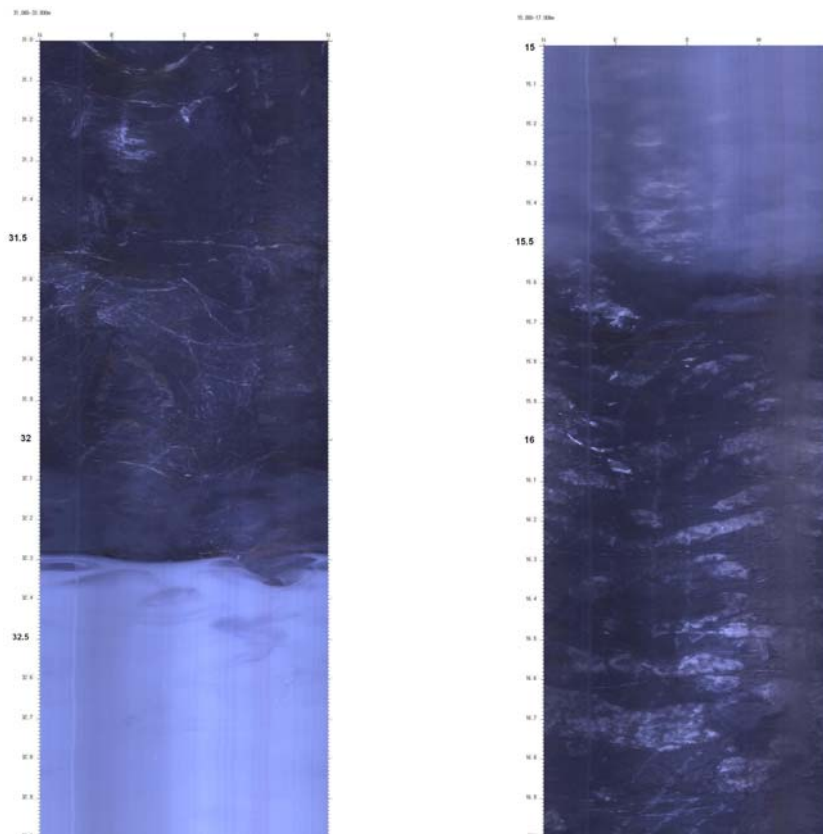


Figur 15. Sterogram Storengveien 30A.

Figur 16 viser frekvenshistogram for Storengveien 30A. I det begrensede område som er tolket er sprekkfrekvensen størst ved ca 25 m og 32 m. Det ser ut som om sikten også i denne brønnen er bestemt av vannstrømning i hullet. Sikten er god mellom 32.3 m (innstrømning) og 15 m (utstrømning). Dette er vist i figur 17. Der vann strømmer inn i brønnen blir sikten god, og når det strømmer ut blir sikten dårlig igjen.



Figur 16. Storengveien 30A. Frekvenshistogram.



Figur 17. Dårlig sikt under 32.3 m (venstre) og over 15.5 m (høyre), Storengveien 30A.

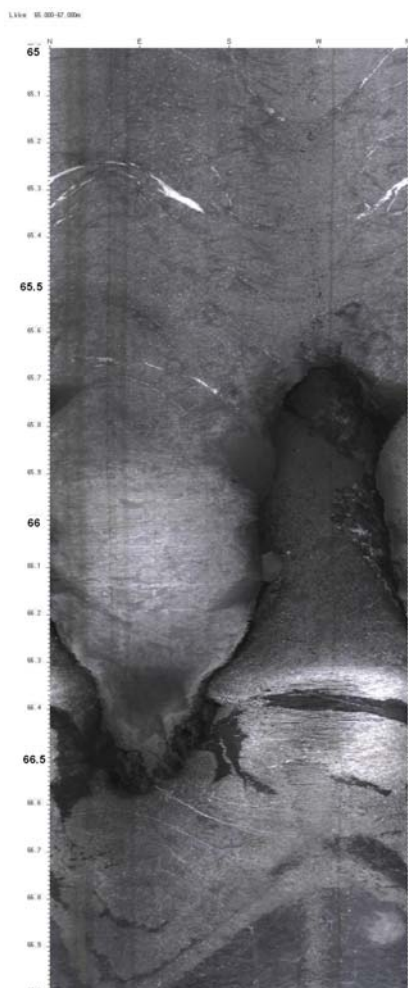
4.3 Løkkeveien 1

I denne brønnen måtte sondene stakes ned på grunn av det slake fallet på 30 grader. Det ble derfor vanskelig å gjøre strømningsmålinger da disse må gjøres kontinuerlig konstant hastighet opp og ned. Brønnen skulle være boret til 80 m, men bunnen ble nådd på 68.8 m.

4.3.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. Løkkeveien 1

Loggene fra Løkkeveien 1 er vist i figur 18. Bortsett fra en åpen sprekkeseone ved 66 m dyp, er det ingen interessante hendelser i dette hullet. Det er relativt høy ledningsevne i vannet, og denne øker merkbart mellom 25 og 30 m. Ingen andre logger indikerer oppsprekking i dette området. Gammastrålingen er konstant, 70 – 90 cps, langs hele brønnen ned til en indikert gang , hardgang, fra 62 – 65 m. Der øker gammastrålingen kraftig opp mot 300 cps.

Resistiviteten er konstant lav, 600 – 800 ohmm, i hele brønnen, men øker i hardgangen fra 62 m til over 3000 ohmm. I forbindelse med slike hardganger kan det være oppsprekking og dette vises på P-bølgehastigheten som indikerer en lavhastighetssone ved 65 – 67 m. Optisk televiewer viser en åpen sprekk ved dette dyp, se figur 19.

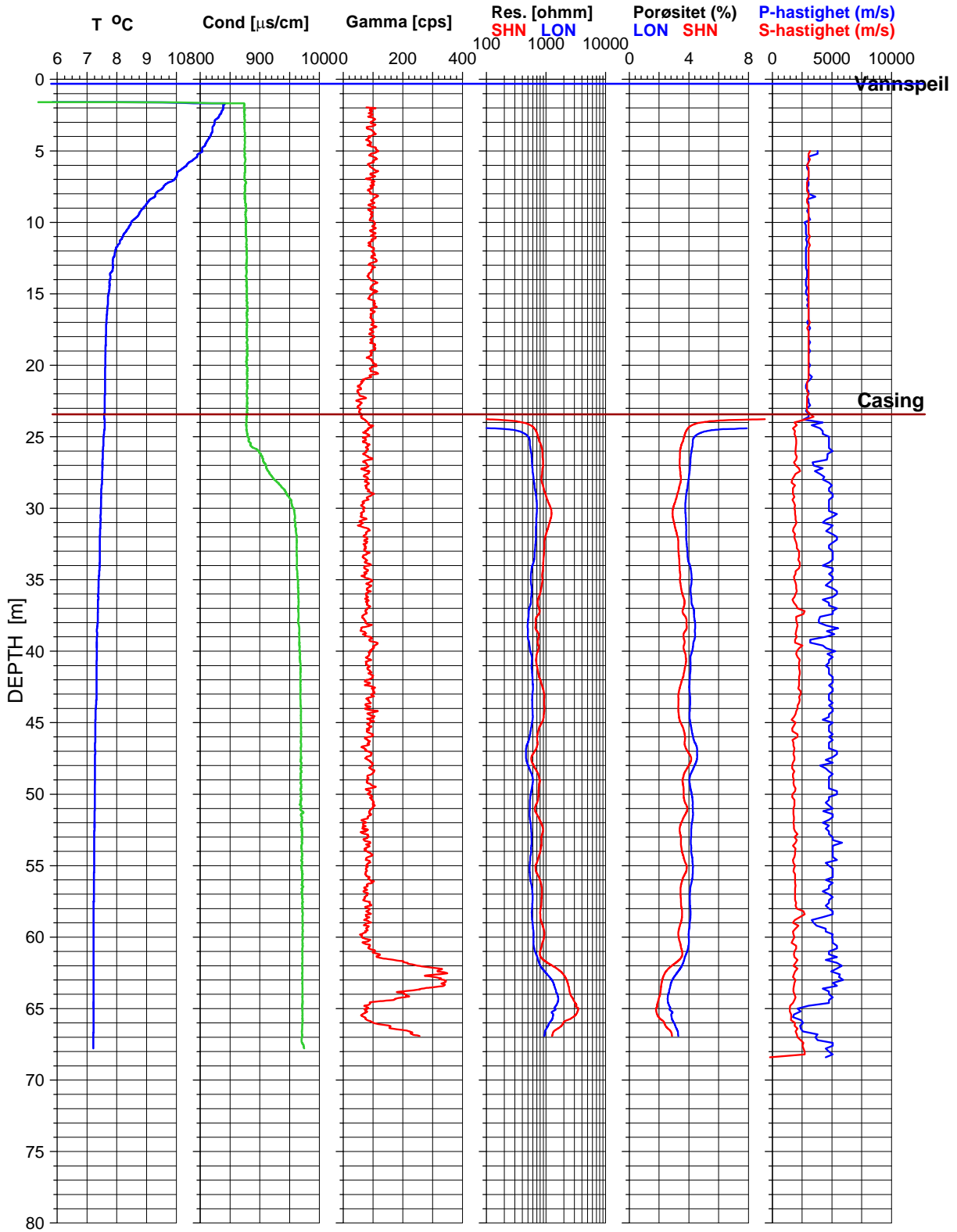


Figur 19. Åpen sprekk ved 66 m i Løkkeveien 1.

Løkkeveien 1

24.09.2007

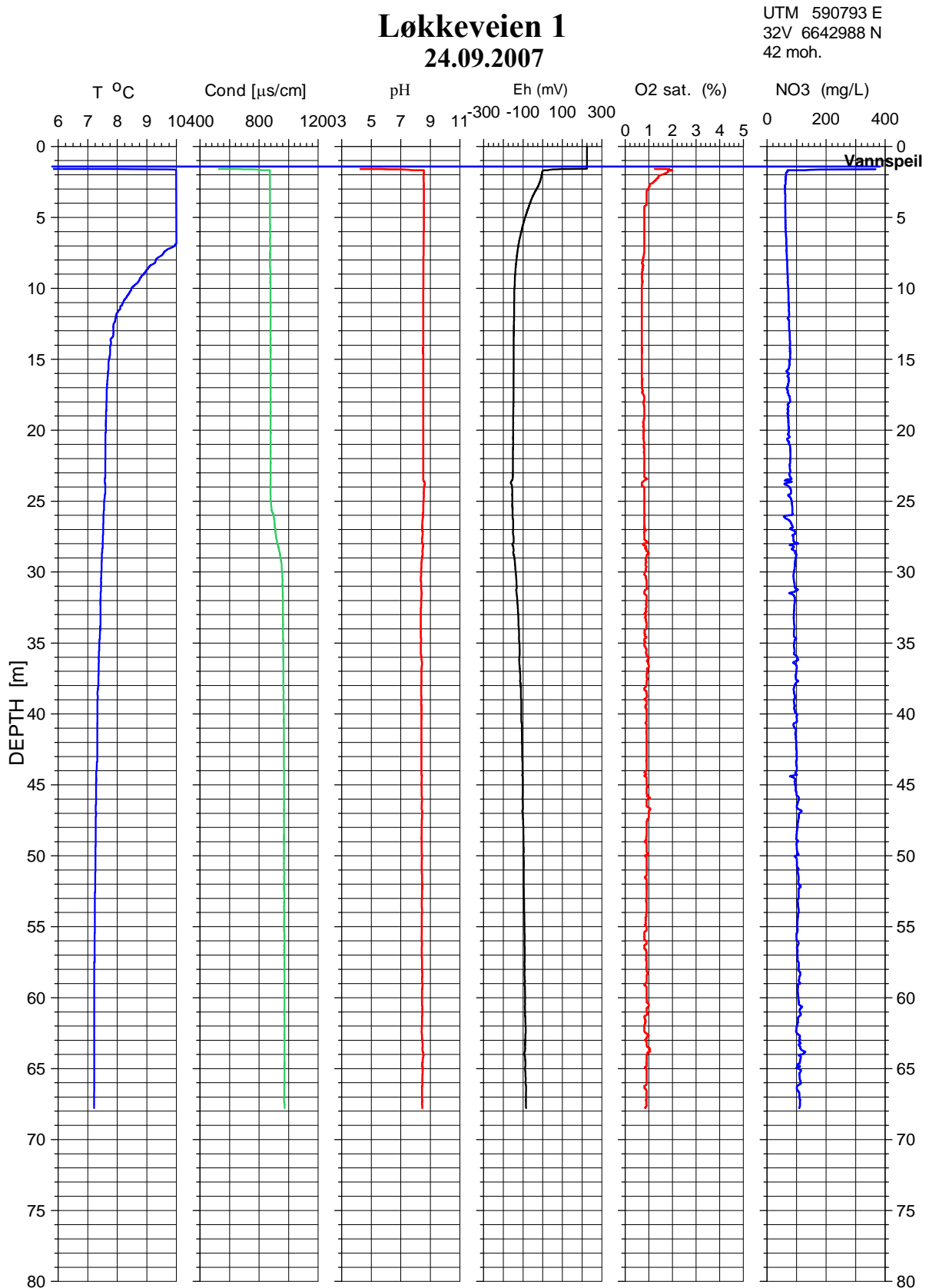
UTM 589897 E
32V 6642867 N
42 moh.



Figur 18. Løkkeveien 1. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

4.3.2 Vannkvalitetslogg, Løkkeveien 1

Figur 20 viser vannkvalitetslogg fra Løkkeveien 1. Det er ingen spesielle hendelser.

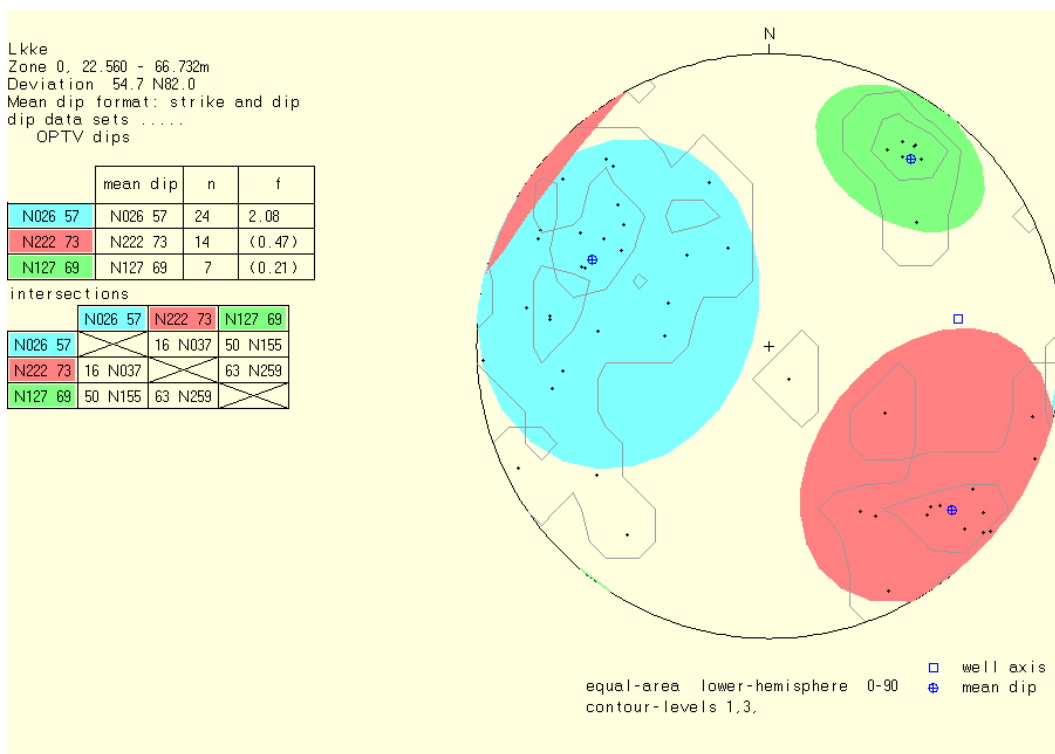


Figur 20. Løkkeveien 1, Vannkvalitetslogg.

4.3.3 Optisk televiewer, Løkkeveien 1

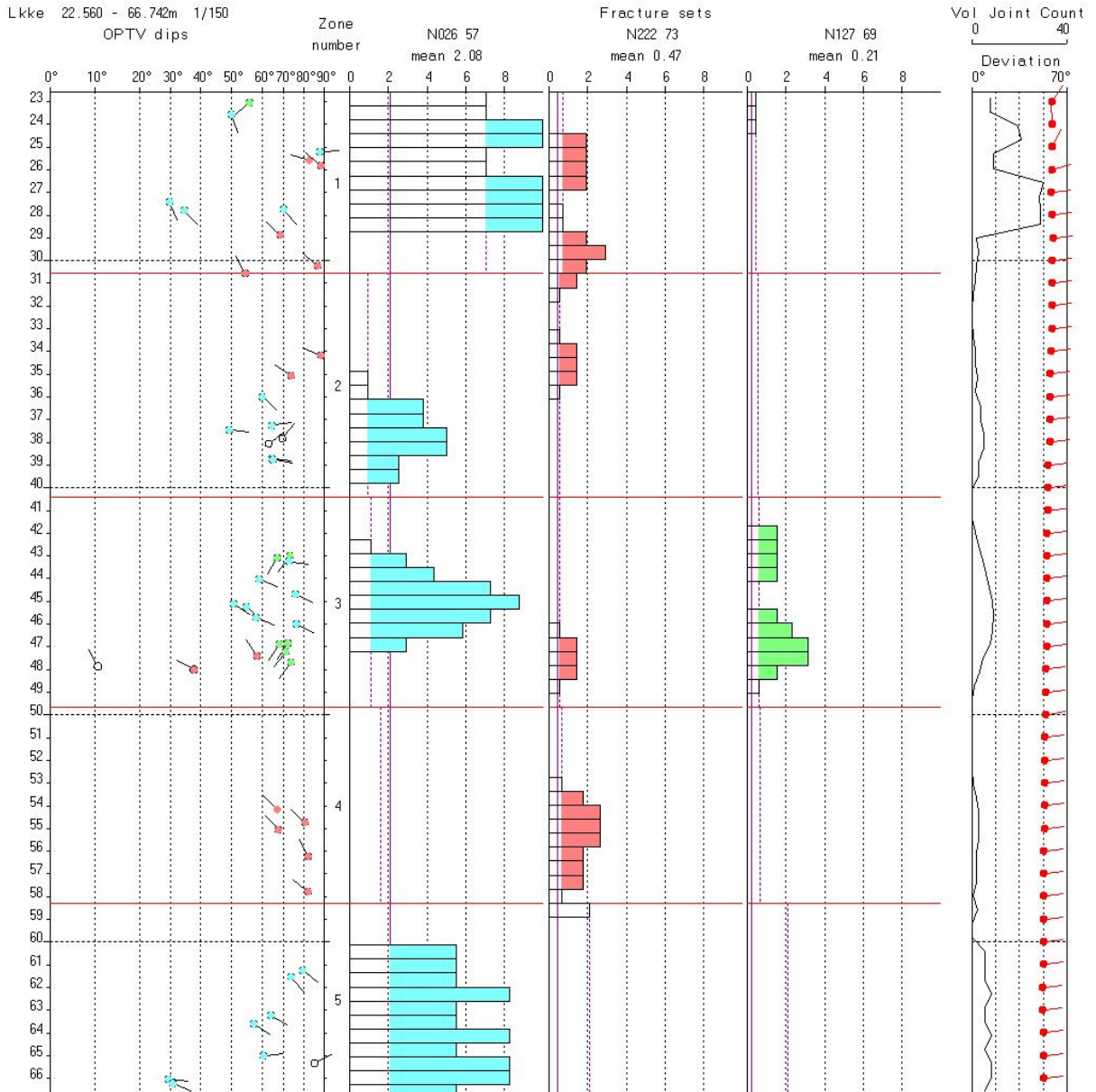
Figur 21 viser sprekkestereogram for alle indikerte sprekker. I denne brønnen var det god sikt i hele brønnen.

De aller fleste indikerte sprekker er mineraliserte sprekker. Karakteristikk av sprekkene er vist i tabellform i databilag 1. En ofte brukt karakteristikk er "mineralized, hairline-fracture" eller "calcite-vein". Sprekkene kan være fra under en mm tykkelse til flere cm. Det er usikkert hvilken betydning de kan for fjellets stabilitet. De er ikke vannførende hvis dette ikke er indikert med andre logger. Gjennomsnittlig strøk, fall og sprekkfrekvens kan leses av tabellen i figur 21.



Figur 21. Stereogram Løkkeveien 1.

Figur 22 viser frekvenshistogram for indikerte sprekker i Storengveien 53A. Sprekkfrekvensen er størst ved 27 – 29 m og 44 – 48 m. Vol Joint Count er summen av alle frekvenser i alle sprekkegrupper (farger). Den viser dermed totalfrekvensen.



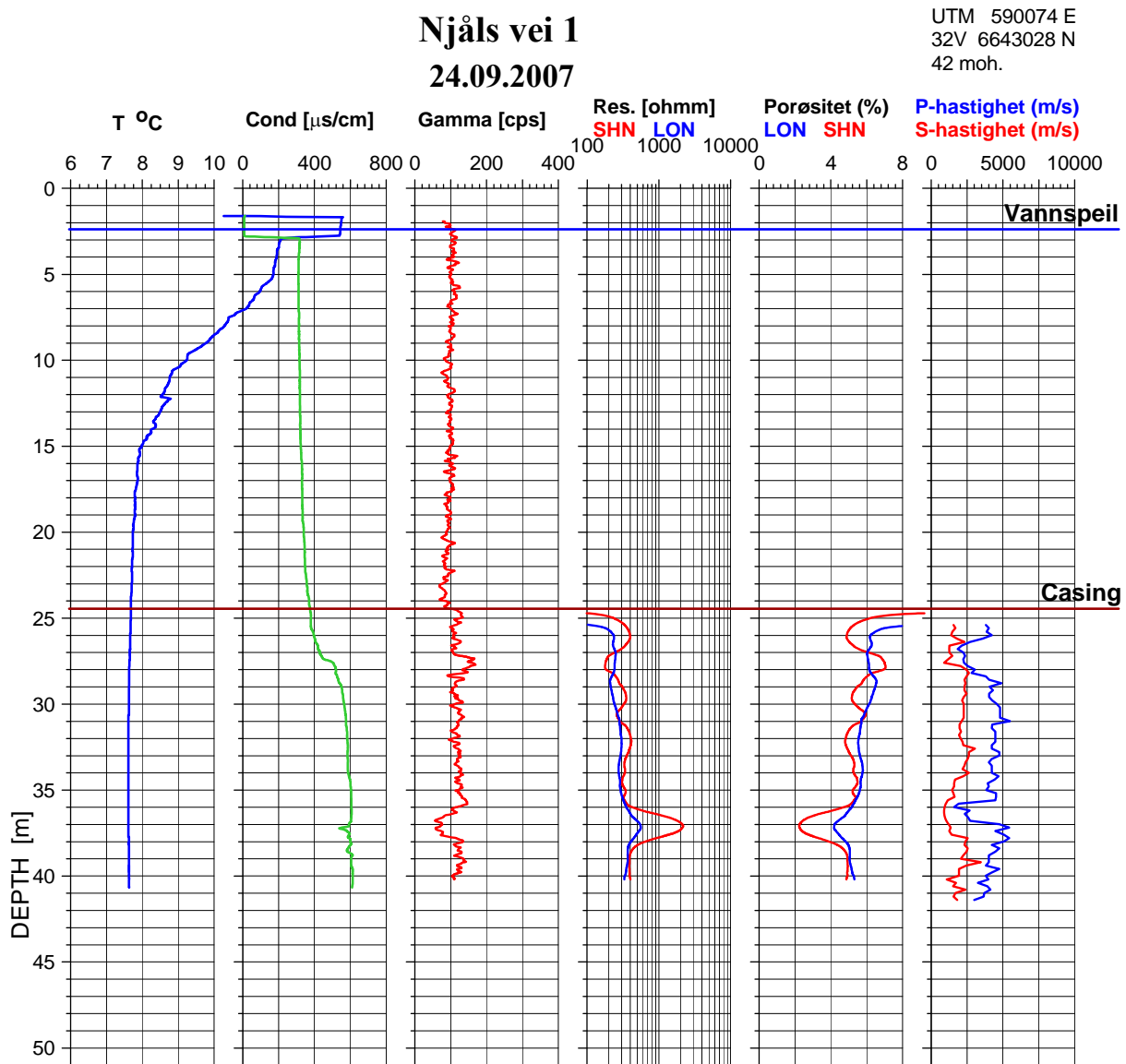
Figur 22. Løkkeveien 1, frekvenshistogram.

4.4 Njålsveien 1

Brønnen ble bare boret til 42 m på grunn av ras. Med casing til 24 m ble det bare logget 16 – 17 m. Fra 34 m var det dårlig sikt i vannet og en fikk ikke tolkbare optak med optisk televiewer under dette dyp.

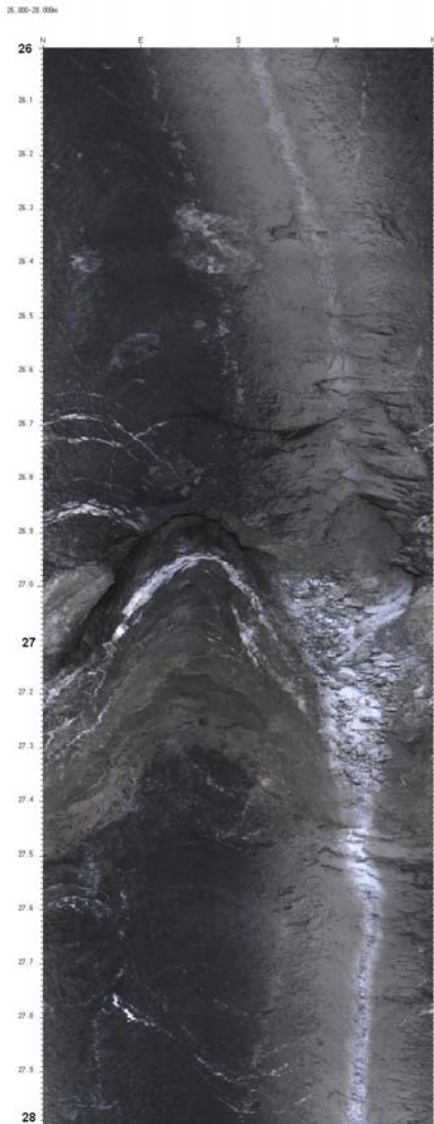
4.4.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. Njålsveien 1

Figur 23 viser logger for Njålsveien 1. Ledningsevnen viser en tydelig økning ved ca 27 m. Gammastrålingen øker litt mellom 27 og 28 m. Resistiviteten er generelt lav, 200 – 400 ohmm og P-bølgehastigheten ligger i underkant av 5000 m/s. Både resistivitet (SN) og P-bølgehastighet indikerer oppsprekking ved ca 27 m, med en resistivitet under 200 ohmm og P-bølgehastighet ned mot 2000 m/s. Figur 24 viser et OPTV-bilde, 26 – 28 m, som bekrefter at det er en sprekkesone ved 27 m. Ettersom ledningsevnen i vannet endrer seg kan sonen være vannførende.



Figur 23. Njålsveien 1. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

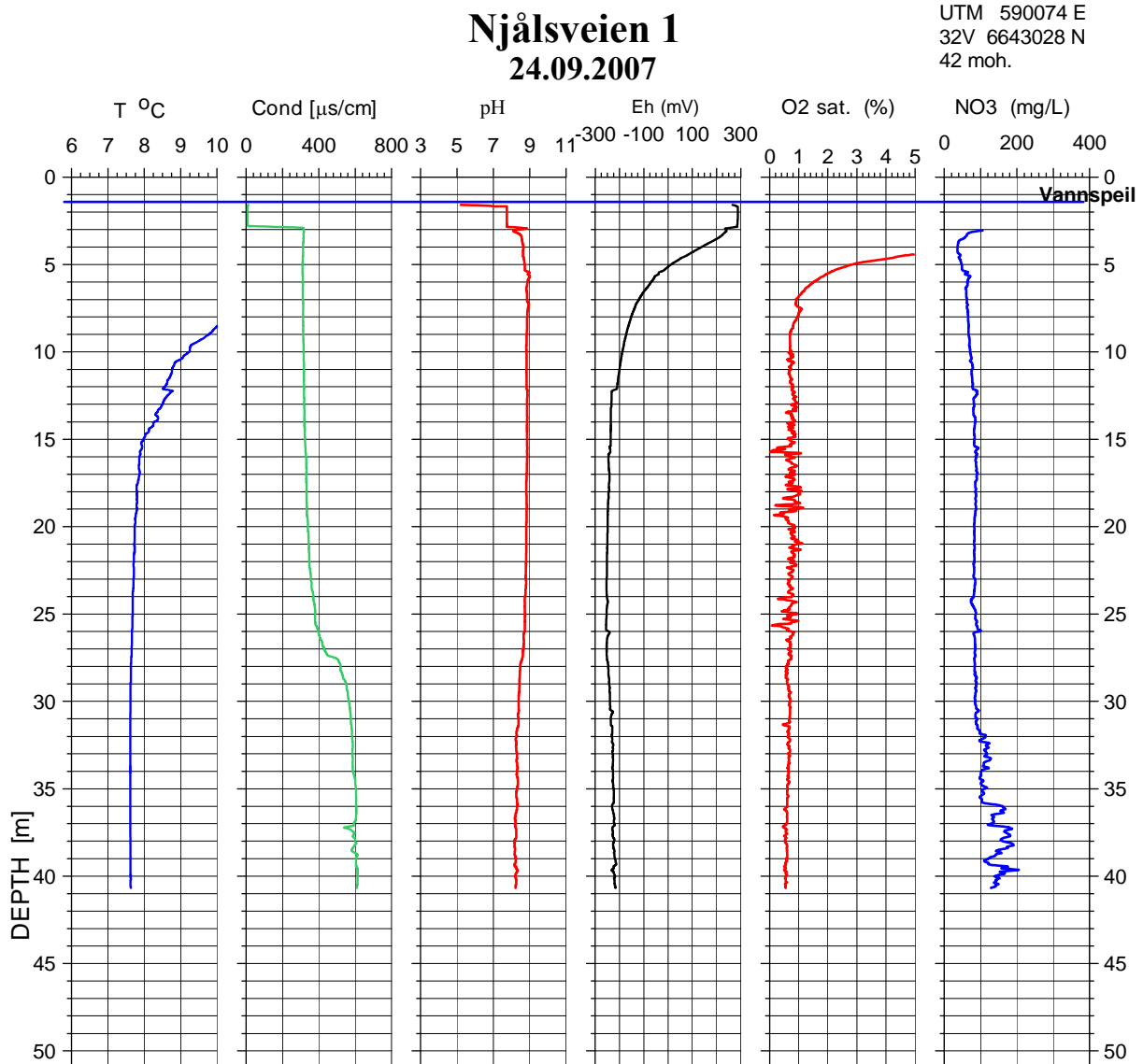
P-bølgehastigheten viser også en lavhastighetszone ved 36 – 37 m med en hastighet ned mot 1600 m/s. Resistiviteten indikerer ikke denne sonen, men en høymotstandssone (hardgang ?) indikeres fra 36 – 38. Som nevnt foran kan sprekker opptre i forbindelse med slike ganger. Gangen indikeres også på gammaloggen som nedgang i strålingen. Det kan bety økende kvartsinnhold. På grunn av dårlig sikt kan en ikke se gangen med OPTV.



Figur 24.Njålsveien 1. Bilde av sprekk ved 27 m.

4.4.2 Vannkvalitetslogg, Njålsveien 1

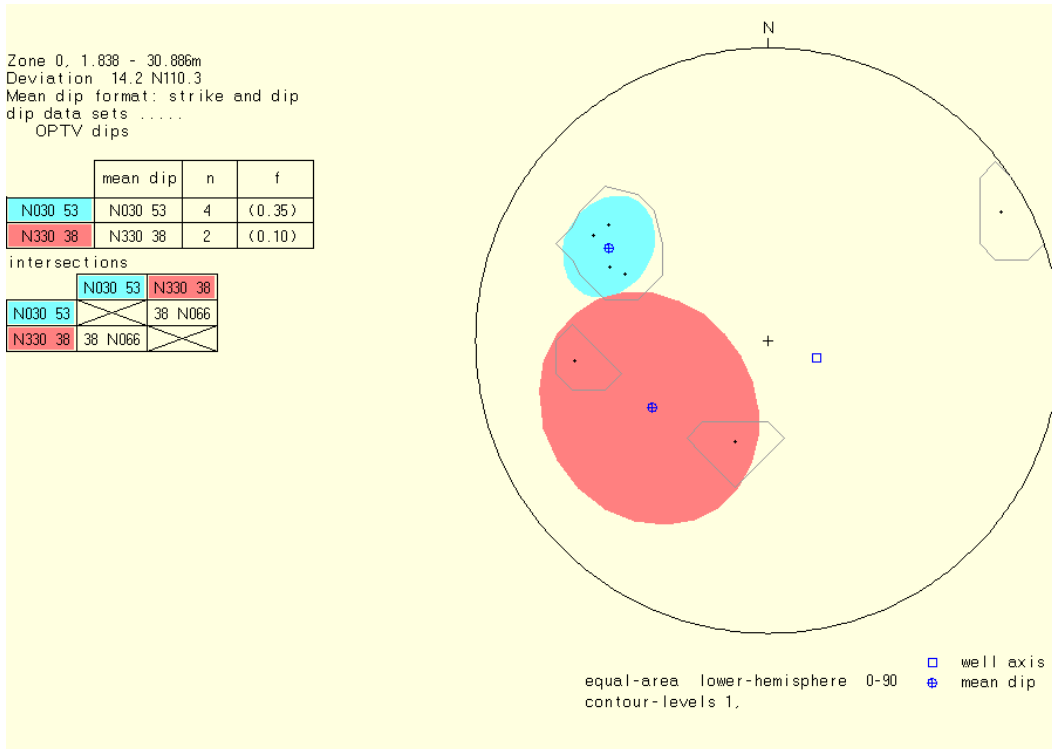
Figur 25 viser vannkvalitetslogg for Njålsveien 1. I tillegg til at ledningsevnen i vann endrer seg fra 27 m observeres en svak nedgang i pH og en svak økning i Eh ved samme dyp. Dette indikerer at sonen ved 27 m kan være vannførende.



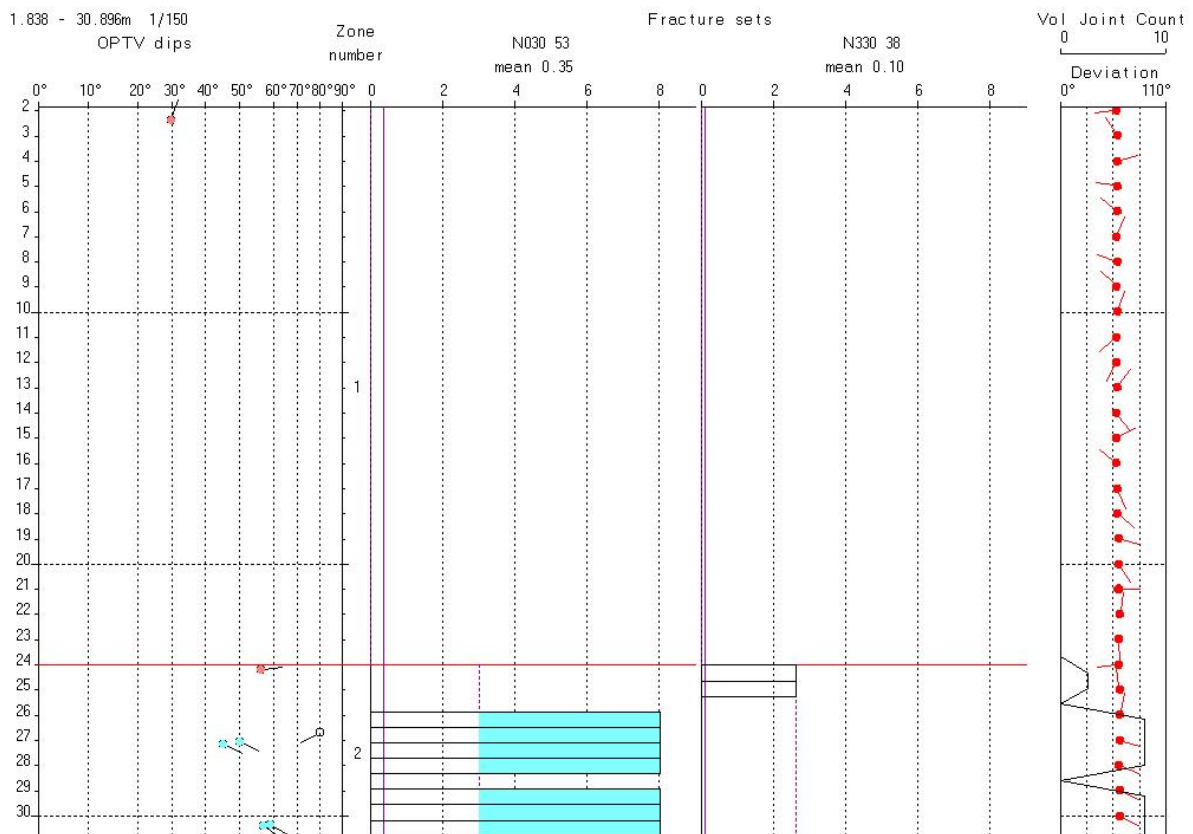
Figur 25. Njålsveien 1. Vannkvalitetslogg.

4.4.3 Optisk televiewer Njålsveien 1

Figur 26 viser sprekkestereogram for alle indikerte sprekker. I denne brønnen var det god sikt i ca 10 m av brønnen under casing. Sprekken som er indikert opptrer i all hovedsak i forbindelse med sprekkesonen ved ca 27 m dyp, se foran. Figur 27 viser frekvenshistogram.



Figur 26. Stereogram, Njålsveien 1.



Figur 27. Frekvenshistogram, Njålsveien 1.

4.5 Nordraaks vei 13A

Sikten i denne brønnen var dårlig. En kan skimte enkelte strukturer der det for eksempel opptrer lyse bånd (mineraliserte sprekker). Åpne sprekker og dårlig fjell som vanligvis opptrer som mørke strukturer på et OPTV-opptak, er vanskelig å se. Det er likevel gjort en tolkning i de deler av hullet hvor dette var mulig.

4.5.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. Nordraaks vei 13A

Figur 28 viser logg fra Nordraaks vei 13A. Temperaturen viser ingen hendelser. Ledningsevnen i vannet er relativt høy, 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i starten, og øker til ca 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ved ca 50 m dyp. Økningen er størst mellom 45 og 50 m. Gammastrålingen varierer en del og ligger litt over det som en vanligvis ser i kambrosilurske kalkskifere. Resistiviteten er lav, 400–500 ohmm, ned til 40 m. Herfra synker den ytterligere og er spesielt lav mellom 45 og 50 m der en ser enkeltmålinger under 100 ohmm. Dette er lavt til å være i fast fjell og betyr vanligvis sterkt oppsprukket fjell, gjerne med leirsoner. Lav resistivitet kan også skyldes ledende mineraler. Fra 50 m øker resistiviteten litt, 200–250 ohmm, med enkelte lokale økninger. Long Normal resistivitet viser kraftige variasjoner fra ca 40 m. Dette er trolig en form for støy (strømmer i bakken, metall, jernbane). Etersom porøsiteten er beregnet ut fra resistiviteten og ledningsevnen i porevannet blir porøsiteten høy, 6–8 %.

P-bølgehastigheten ligger på ca 4500 m/s ned til 40 m. Herfra varierer hastigheten mye med flere lavhastighetssoner. Laveste hastighet er ca 1500 m/s som indikerer sterkt oppsprukket fjell. Fra ca 54 m øker hastigheten igjen. Det er ikke gode OPTV-opptak som kan verifisere om fjellet er sterkt oppsprukket.

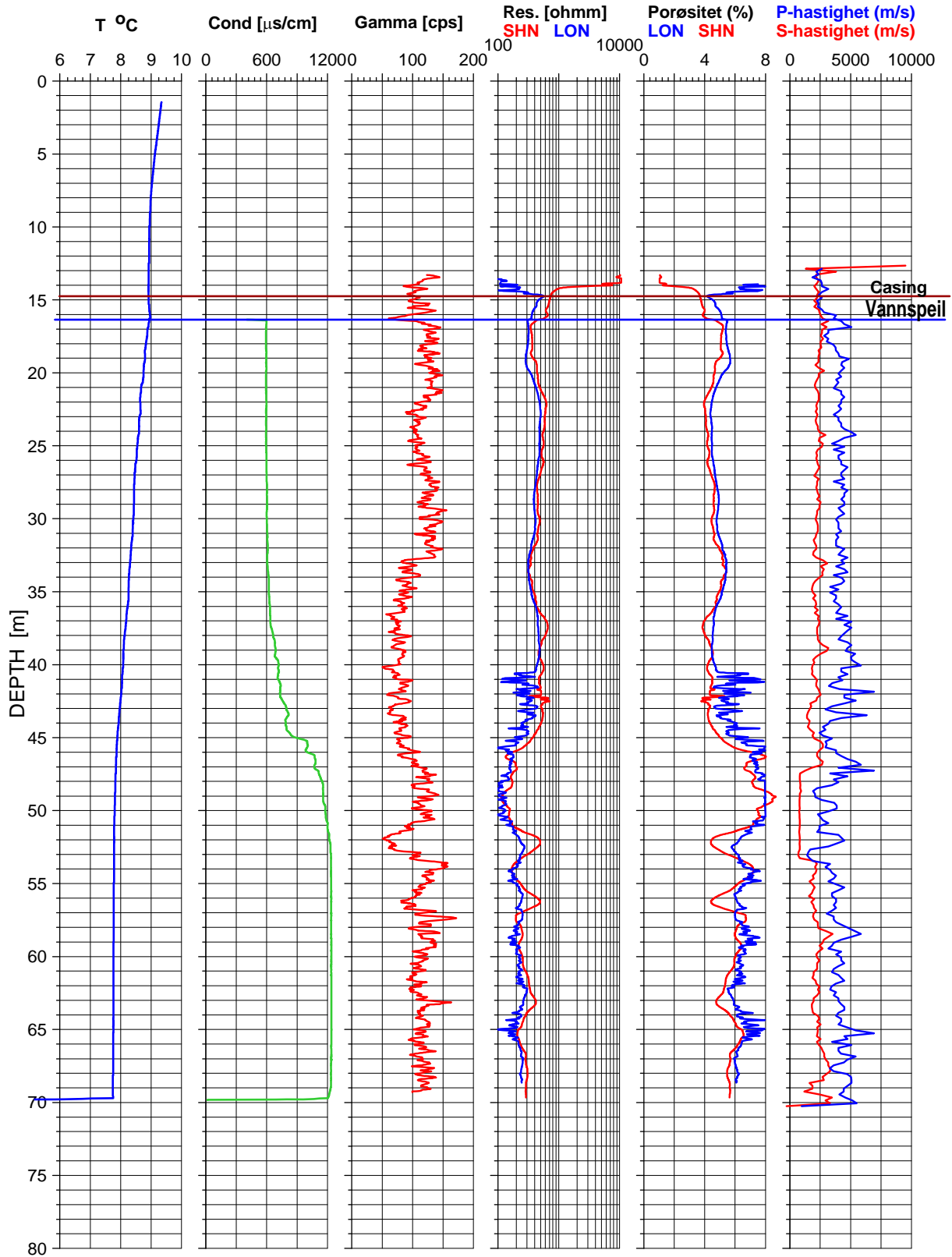
4.5.2 Vannkvalitetslogg, Nordraaks vei 13 A

Figur 29 viser vannkvalitetslogg for Nordraaks vei 13. Foruten ledningsevnen, se foran, viser pH, eH og O₂ endringer ved 40–45 m som tyder på en endring i vannkvaliteten i dette området. Dette kan tyde på vanninnstrømning brønnen. Det ble forsøkt å gjøre strømningsmåling oppover, etter å ha staket sonden ned, men det var for mye partikler i vann slik at propellen satte seg fast.

Nordraaks vei 13

21.09.2007

UTM 590996 E
32V 6642940 N
23 moh.

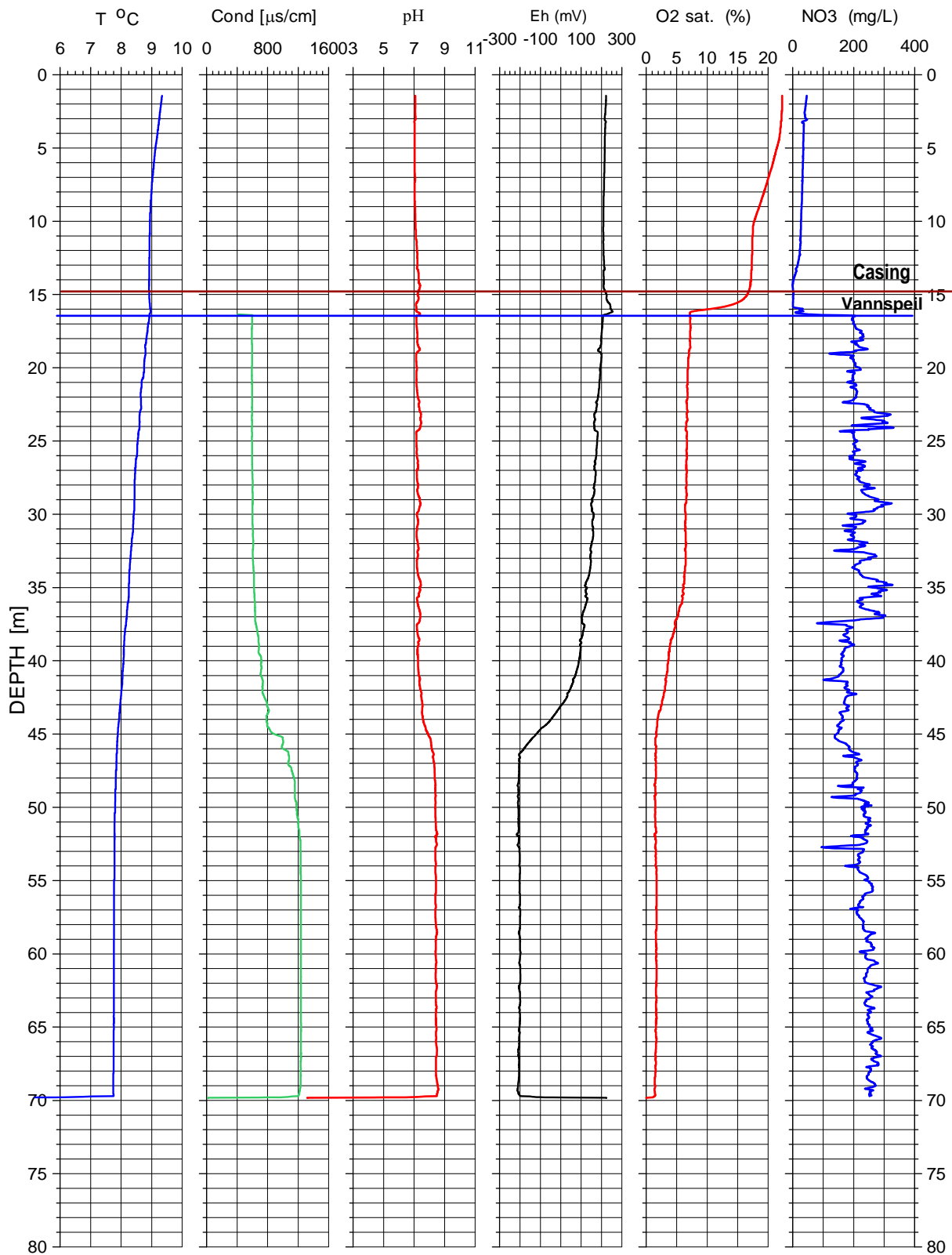


Figur 28. Nordraaks vei 13. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

Nordraaks vei 13

21.09.2007

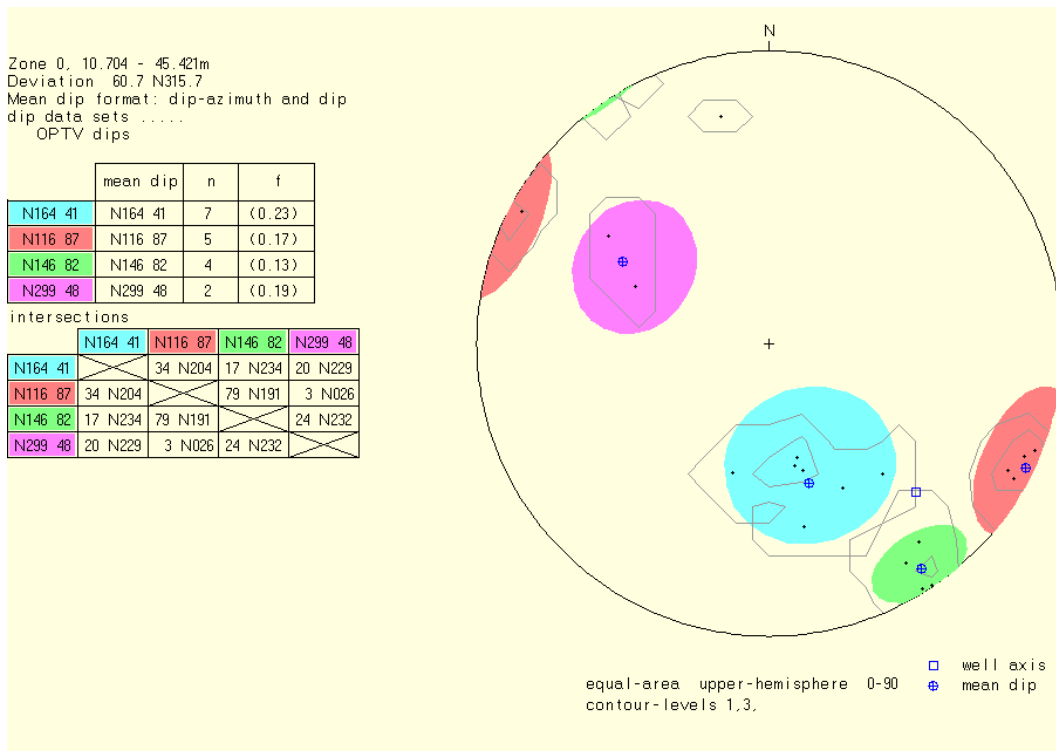
UTM 590996 E
32V 6642940 N
23 moh.



Figur 29. Vannkvalitetslogg, Nordraaks vei 13.

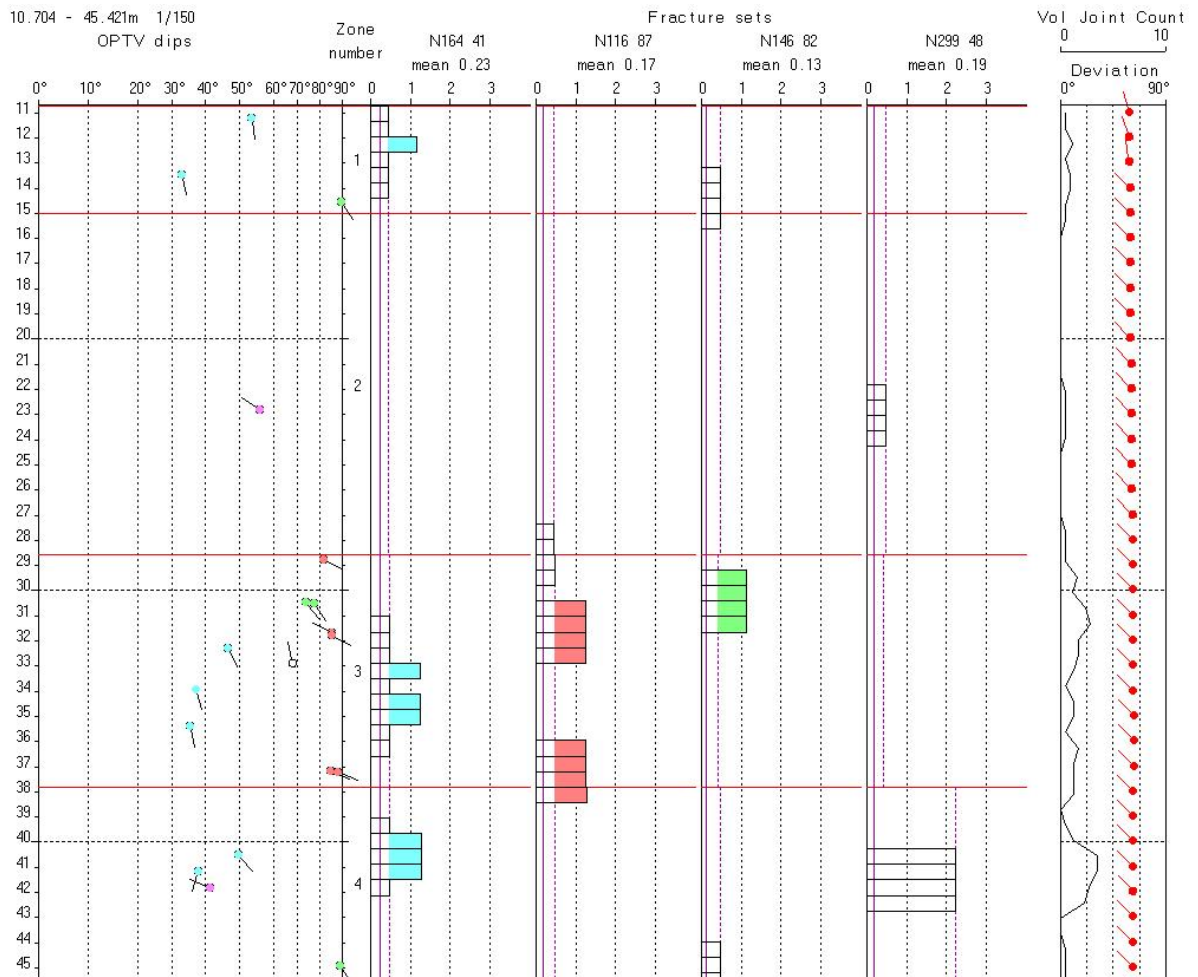
4.5.3 Optisk televiewer, Nordraaks vei 13.

Som nevnt foran var sikten i denne brønnen meget dårlig. En presenterer likevel de tolkninger som er gjort. Alle strukturer som er identifisert er mineraliserte sprekker. Figur 30 viser sprekkestereogram av observerte strukturer.



Figur 30. Stereogram Nordraaks vei 13.

Figur 31 viser frekvenshistogram av observerte strukturer i Nordraaks vei 13. Det var ikke tolkbare data under 45 m dyp.



Figur 31. Frekvenshistogram, Nordraaks vei 13.

4.6 Marstranderveien



Figur 32. Logging i Marstranderveien.

4.6.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølge hastighet. Marstranderveien

Figur 32 viser bilder fra loggingen i Marstranderveien hvor alle sonder måtte stakes ned. Den høye temperaturen øverst er årstidsvariasjon med høy temperatur etter sommervarmen. Ellers er temperaturen konstant ned til 96 m der den øker svakt. Ledningsevnen får en merkbar økning mellom 35 og 40 m.. Gammaloggen indikerer kalk/kambrosilur. Gammastrålingen øker nederst i hullet og faller sammen med høy resistivitet mellom 105 og 110 m som trolig er en hardgang. Mindre ganger med lav gamma indikeres ved 39-40 m og 53-55 m. Resistiviteten ligger på 700-800 ohmm. Den er lav men noe høyere enn i de andre brønnene som for eksempel i Nordraaks vei. Fra 37 – 59 m er det et parti med tydelig høyere resistivitet, 2000 – 3000 ohmm. OPTV viser ingen spesielle endringer i geologien bortsett fra de mindre gangene med lav gamma. Sikten er dessuten dårlig slik at tolkningen er usikker. Long Normal resistivitet viser store variasjoner som er noe merkelig. Trolig skyldes dette en form for støy (strømmer, metall, jernbane).

P-bølge hastigheten er noenlunde konstant på ca 5000 m/s. En lavhastighets sone ved 105 – 112 m faller sammen med ”gangen” som er indikert med gamma og resistivitet. Fra 103 m er det ikke sikt i vannet slik at OPTV ikke kan bekrefte at dette er en hardgang. Den lave P-bølge hastigheten tyder på at den er noe oppsprukket.

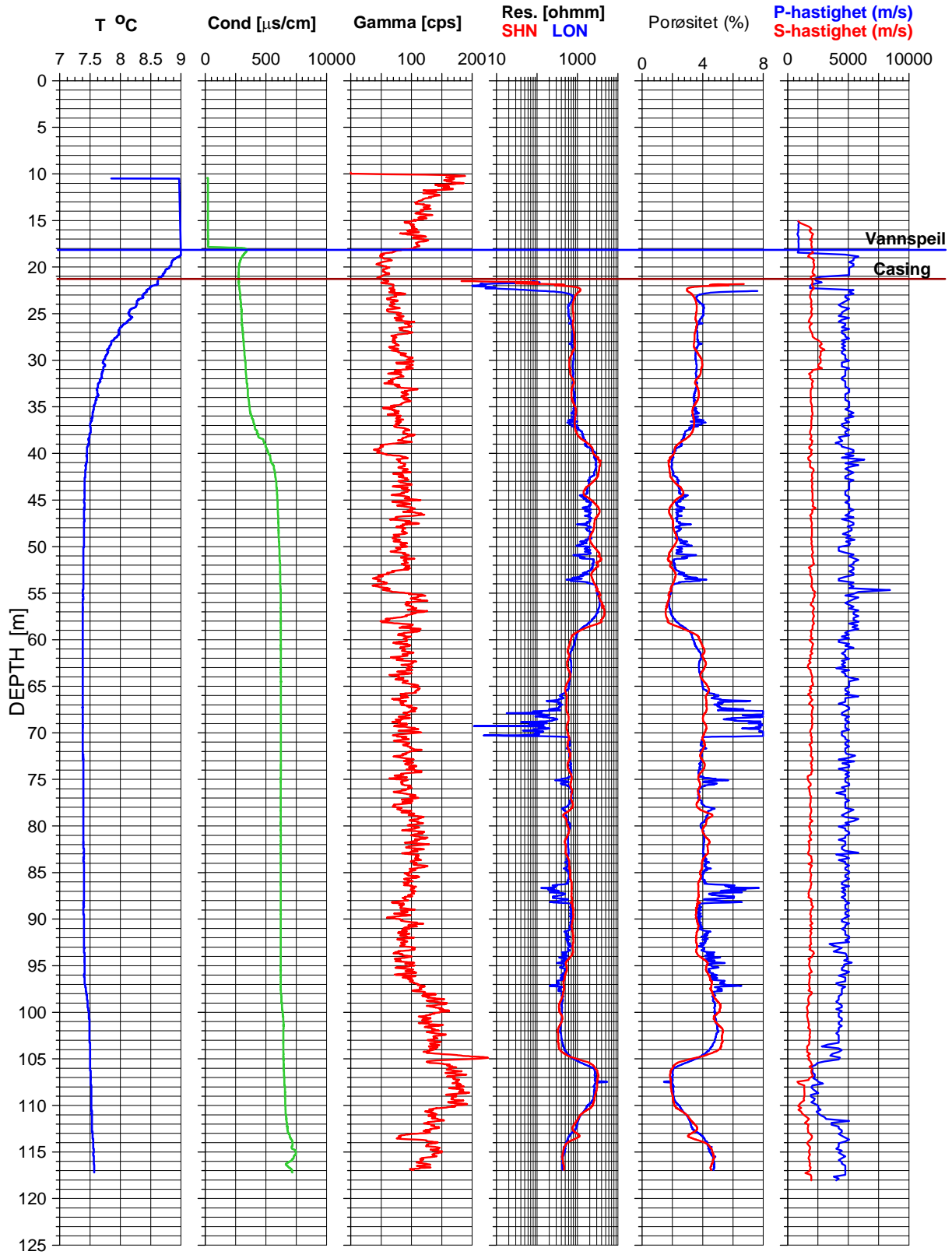
4.6.2 Vannkvalitetslogg, Marststranderveien

Figur 33 viser vannkvalitetslogg for Marstranderveien. Foruten endringene i temperatur og ledningsevne som beskrevet foran, er det en tydelig nedgang i pH mellom 35 og 40 m. Dette kan tyde på at det er noe vanninnstrømning he

Marstrandveien 13

23.09.2007

UTM 590793 E
32V 6642988 N
ca 35 moh.

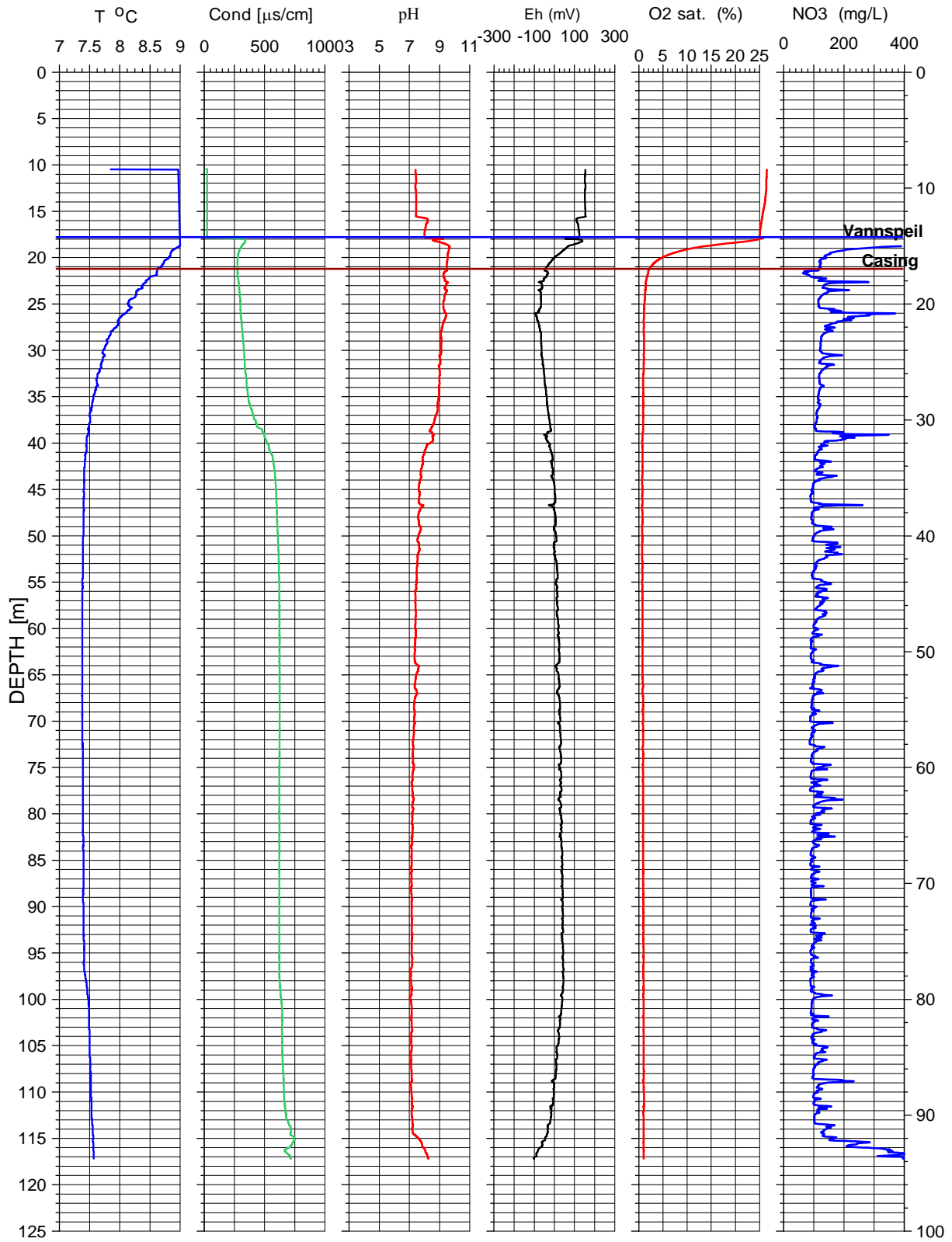


Figur 33. Marstranderveien. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.

Marstrandveien 13

23.09.2007

UTM 590793 E
32V 6642988 N
ca 35 moh.

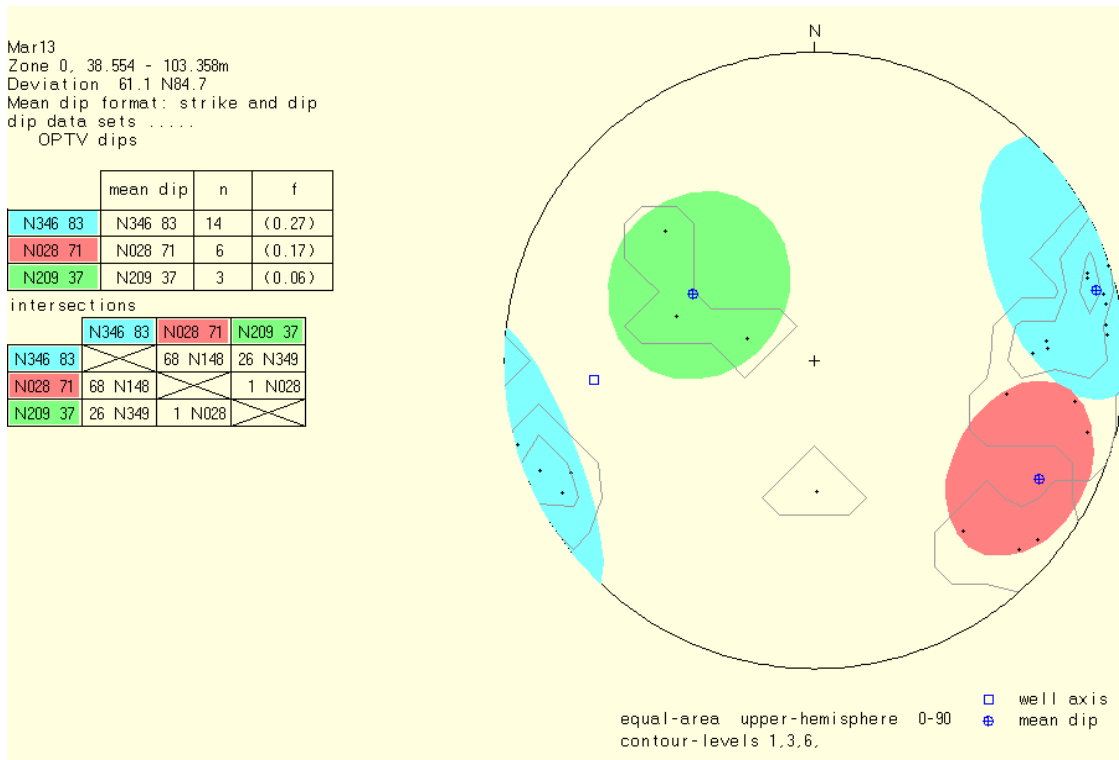


Figur 34. Marstranderveien. Vannkvalitetslogg.

4.6.3 Optisk televiewer, Marstranderveien

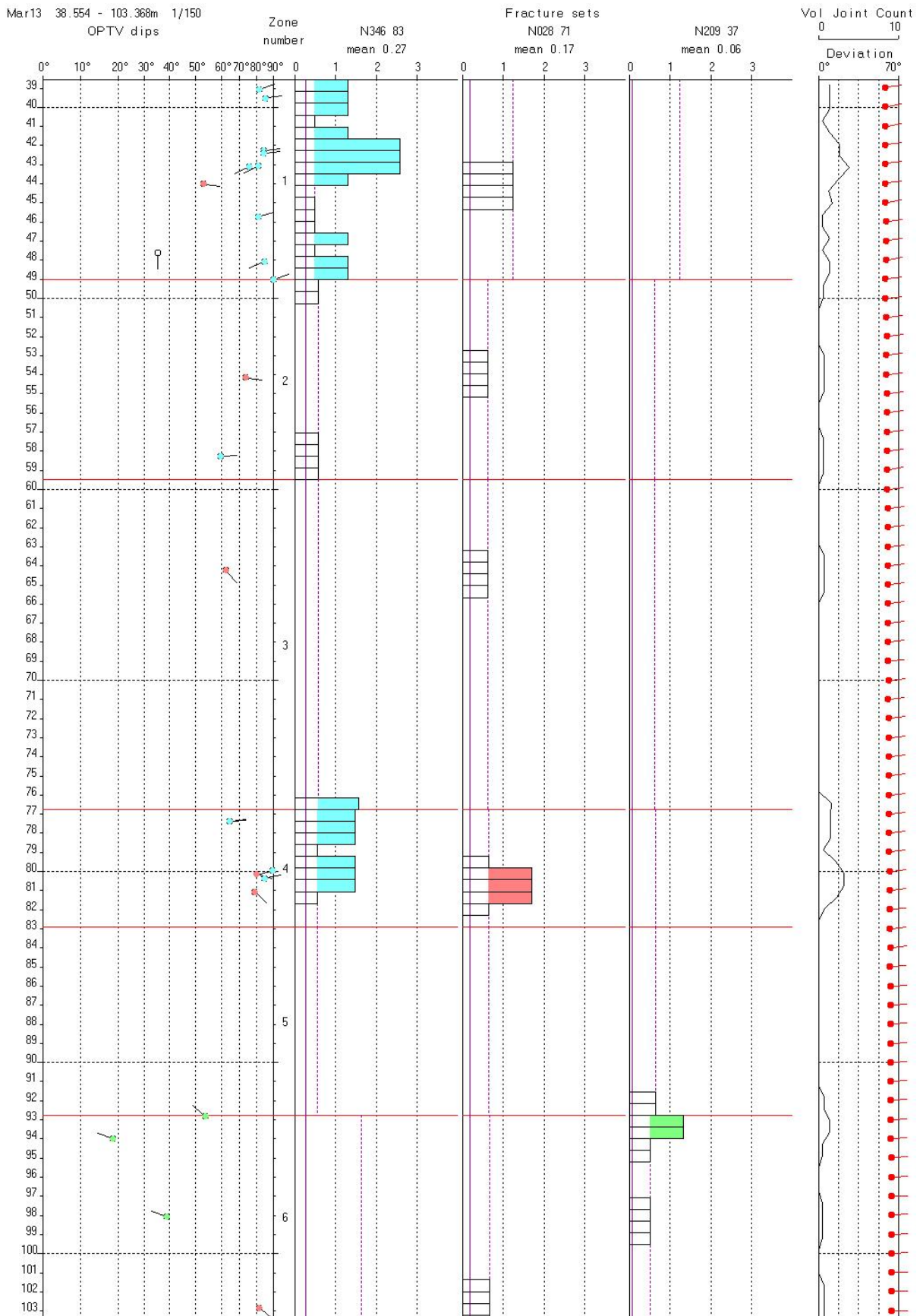
Tolkningen av OPTV-opptakene er noe mangelfull på grunn av dårlig sikt i deler av hullet. Fra 103 m er det ingen sikt så data mangler de nederste 15 m.

Figur 35 viser sprekkestereogram av indikerte strukturer i Marstranderveien.



Figur 35. Stereogram. Marstranderveien.

Figur 36 viser sprekkefrekvenshistogram for indikerte strukturer i Marstranderveien. De fleste sprekker opptrer mellom 40 og 50 m, altså i deler av det området med forhøyet resistivitet. De fleste er tynne bånd/ganger med lav gamma.



Figur 36. Frekvenshistogram, Marstranderveien.

4.7 K 205 Engerjordet

Dette hullet var et diamantborehull med diameter 56 mm. Total lengde var 227 m og fall 30°. Den gamle temperatursonden (TCN) gled ned av egen vekt (så vidt) og hullet ble logget helt til bunnen. De andre sondene, resistivitet og lyd hastighet måtte stakes ned. Dette ble gjort til ca 140 m. Avvikssonen gled også ned slik at avvik ble målt av hele hullet. Figur 37 viser bilder fra loggingen med stakestenger i K 205 Engerjordet. Det ble ikke logget med vannkvalitetssonden i dette hullet.



Figur 37. Logging i K 205, Engerjordet.

4.7.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølge hastighet. K 205, Engerjordet.

Figur 38 viser alle logger fra K 205, Engerjordet. Temperaturen går tydelig ned ved 11 m. Derfra øker temperaturen jevnt ned til 150 m hvor den øker ytterligere. Ledningsevnen er relativt høy, ca 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, men øker kraftig til over 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fra 166 m som kan skyldes saltvannsinnblanding i grunnvannet. Gammaloggen viser tydelig en bergartsgrense ved ca 50 m. Verdiene tyder på kambrosilur (kalk) øverst, mens den nedre delen har mye lavere gammastråling. Sammen med økt resistivitet og økt P-bølge hastighet kan dette tyde på sandstein som en vet finnes i området. Økt kvartsinnhold vil gi slike utslag.

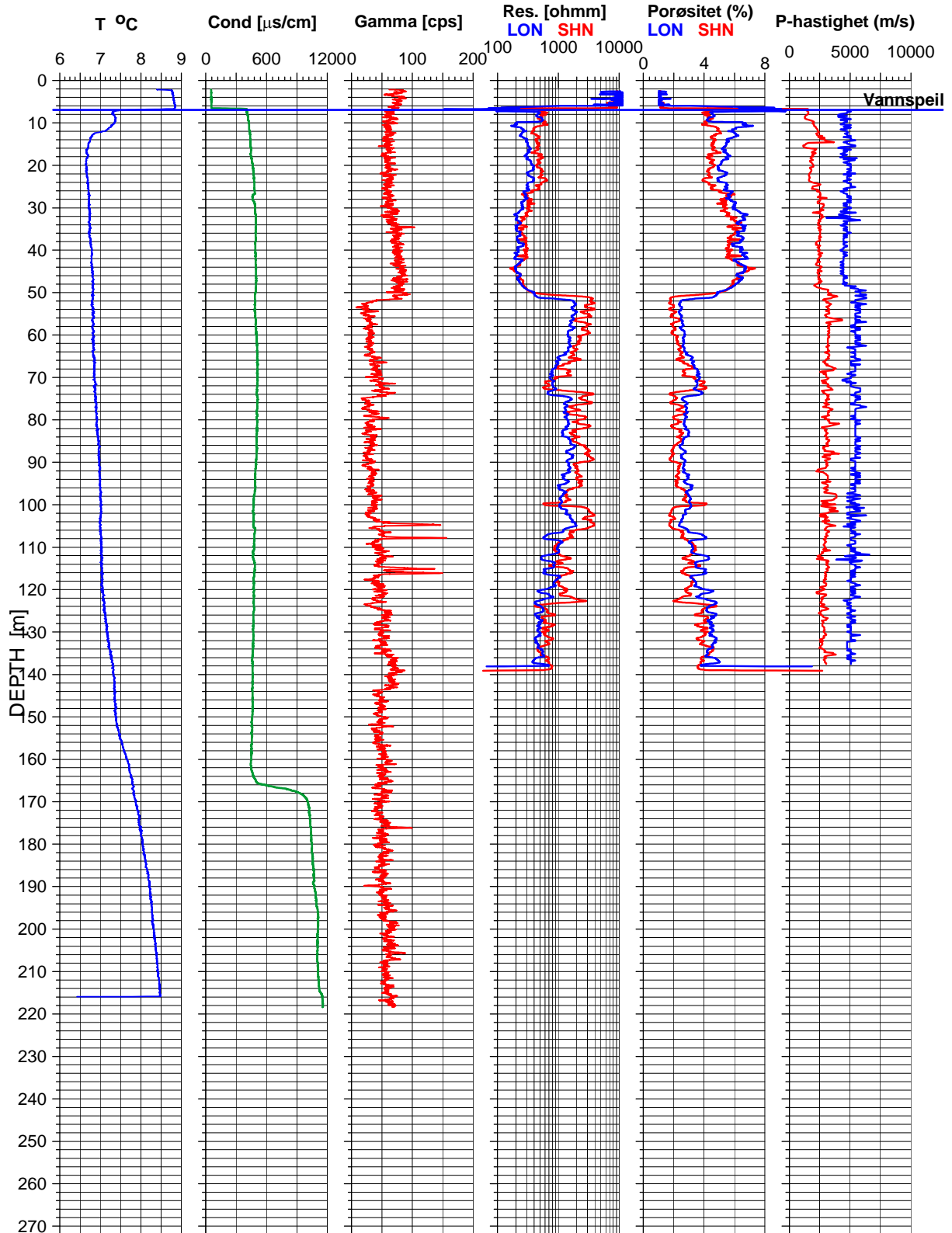
Resistiviteten er lav, 200 – 500 ohmm, de øverste 50 m. Ved 11 m indikeres en sprekk. Ved 50 m øker resistiviteten til 2000 – 4000 ohmm (sandstein). Resistiviteten avtar gradvis ned mot 140 m, men kommer ikke ned på nivået til kalkskifrene.

P-bølge hastigheten viser også tydelig bergartsgrensen. Med litt i underkant av 5000 m/s i kalkskiferen skiller den seg tydelig ut fra sandsteinen på 5500-6000 m/s. Forøvrig synes fjellkvaliteten god med lite oppsprekking.

K 205 Engerjordet

26.09.2007

UTM 586752 E
32V 6641548 N
17.6 moh.



Figur 38. K 205 Engerjordet. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølge hastighet.

4.8 K 203 Ekebergveien

Dette var også et diamantborehull, boret 279 m med 30⁰ fall. TCN-sonden og avvikssonden gled ned hele hullet. De andre ble staket ned til 140 m.

4.8.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. K 203, Ekebergveien

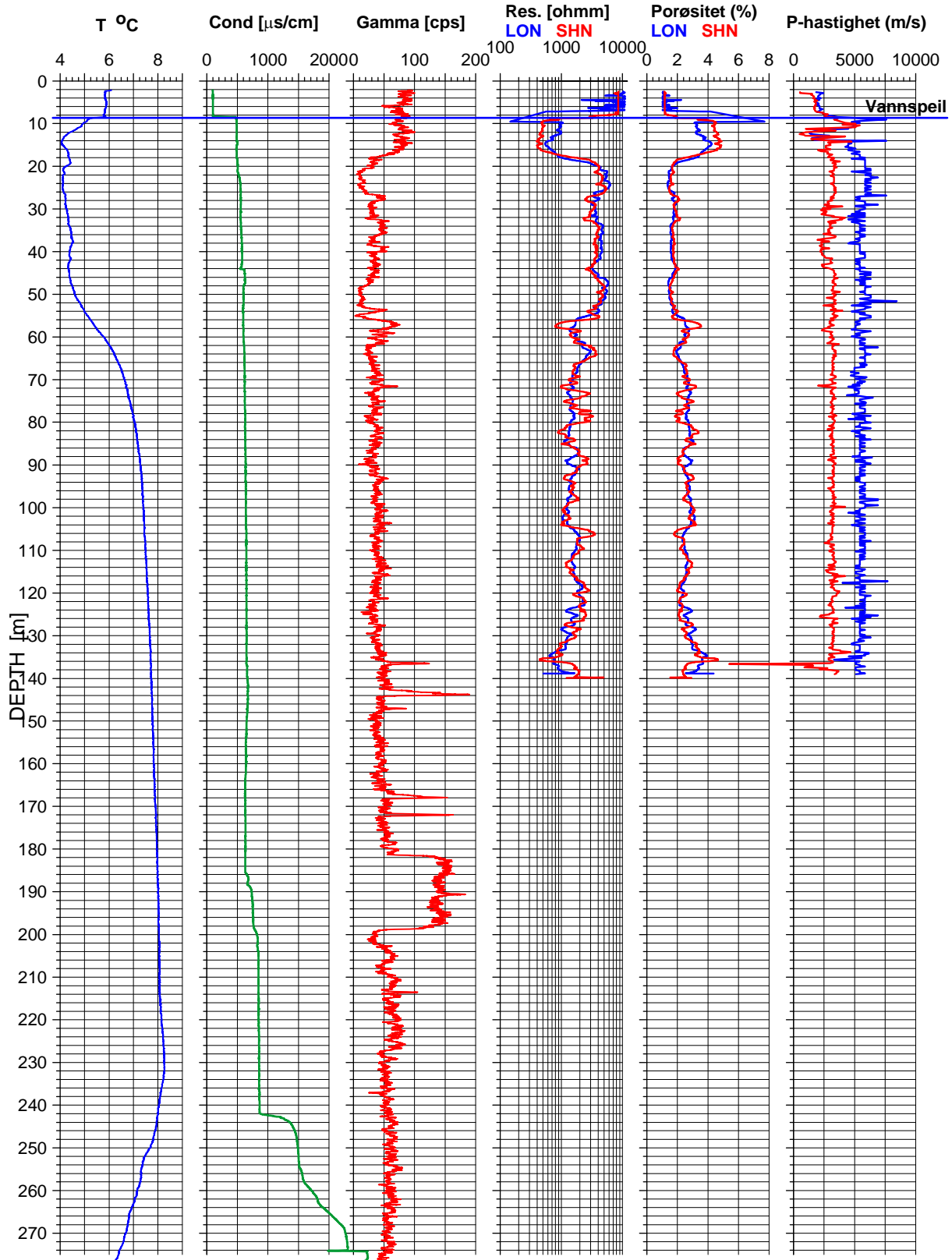
Figur 39 viser logger fra K203, Ekebergveien. Temperaturen viser et noe merkelig forløp og er veldig lav de øverste 50 m. Fr 50 – 70 stiger den merkbart, for deretter å øke svakt ned til 235 m. Fra 235 til bunnen av hullet synker temperaturen tydelig. At temperaturen i store deler av hullet varierer lite (liten gradient) kan forklares med at hullet er slakt og det vertikale dypet blir lite. At temperaturen synker mot bunnen kan forklares med at terrengvariasjoner på overflaten gjør at hullet kommer nærmere overflaten, dvs det vertikale dypet til hullet blir mindre.

Ledningsevnen er høy og relativt konstant ned til 186 m. Her øker den litt i et parti som kan være en hardgang indikert av gammaloggen, 182 –198 m. Sprekker i gangen kan være vannførende. Fra 242 m øker ledningsevnen kraftig, og det er nærloggende å tro at dette er saltvannsinnslag i grunnvannet. Gammaloggen indikerer ellers kalkskifere/kambrosilur ned til ca 18 m. Mellom 18 og 52 m er det lav gamma og høy resistivitet som kan være sandstein. Resten av hullet har forholdsvis lav gamma (50 cps) og en resistivitet som er tydelig høyere enn kalkskifrene. Dette kan også være sandsteiner. Den høye P-bølgehastigheten 5500 – 6000 m/s indikerer sandstein. P-bølgehastigheten indikerer en lavhastighetssone (sprekk) ved 12 m. For øvrig er det ingen hendelser i hullet som indikerer oppsprukket fjell med dårlig stabilitet.

K 203 Ekebergveien

27.09.2007

UTM 587362 E
32V 6642109 N
39.5 moh.



Figur 39. K 203 Ekebergveien. TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

4.9 Bh 5091

Brønnen er boret like ved JBV's anleggskontor mellom Stabekk og Bekkestua. Sondene måtte stakes ned i hullet. Det var mye slam i hullet og bare øvre del av hullet (76 m) ga tolkbare bilder med optisk televiewer. Figur 40 viser bilder fra logging i Bh 5091 og Bh 5092 ved JBV's anleggskontor. Det er ikke gjort strømningsmåling i hullet da det ikke er mulig å stake sonden ned med konstant hastighet.

4.9.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. Bh 5091



Figur 40. Logging i Bh 5091 (venstre) og Bh 5092 (høyre).

Figur 41 viser alle logger fra BH 5091. Vannspeilet lå på 11 m (vertikalt dyp 5.5 m). Både temperatur og ledningsevne viser endringer ved 14-15 m som kan tyde på oppsprekking og vanninnstrømning. Ellers er ledningsevnen høy i hele hullet. Dette er i samsvar med resultatene fra de andre brønnene i området. Gammaloggen viser en tydelig økning mellom 118 og 123 m. Dette kan være en "hardgang". Mindre gammaindikasjoner observeres ved 45, 82 og 99 m.

Resistiviteten viser en tydelig lavmotstandssone (ca 150 ohmm) ved 14-15 m som indikerer oppsprukket fjell. Ellers er resistiviteten generelt lav (600-1000 ohmm) som den er i kambrosilur (knollekalk). Soner med noe høyere resistivitet (3000-4500 ohmm) observeres ved samme dyp som gammaindikasjonene, 45, 82, 99 og 120 m.

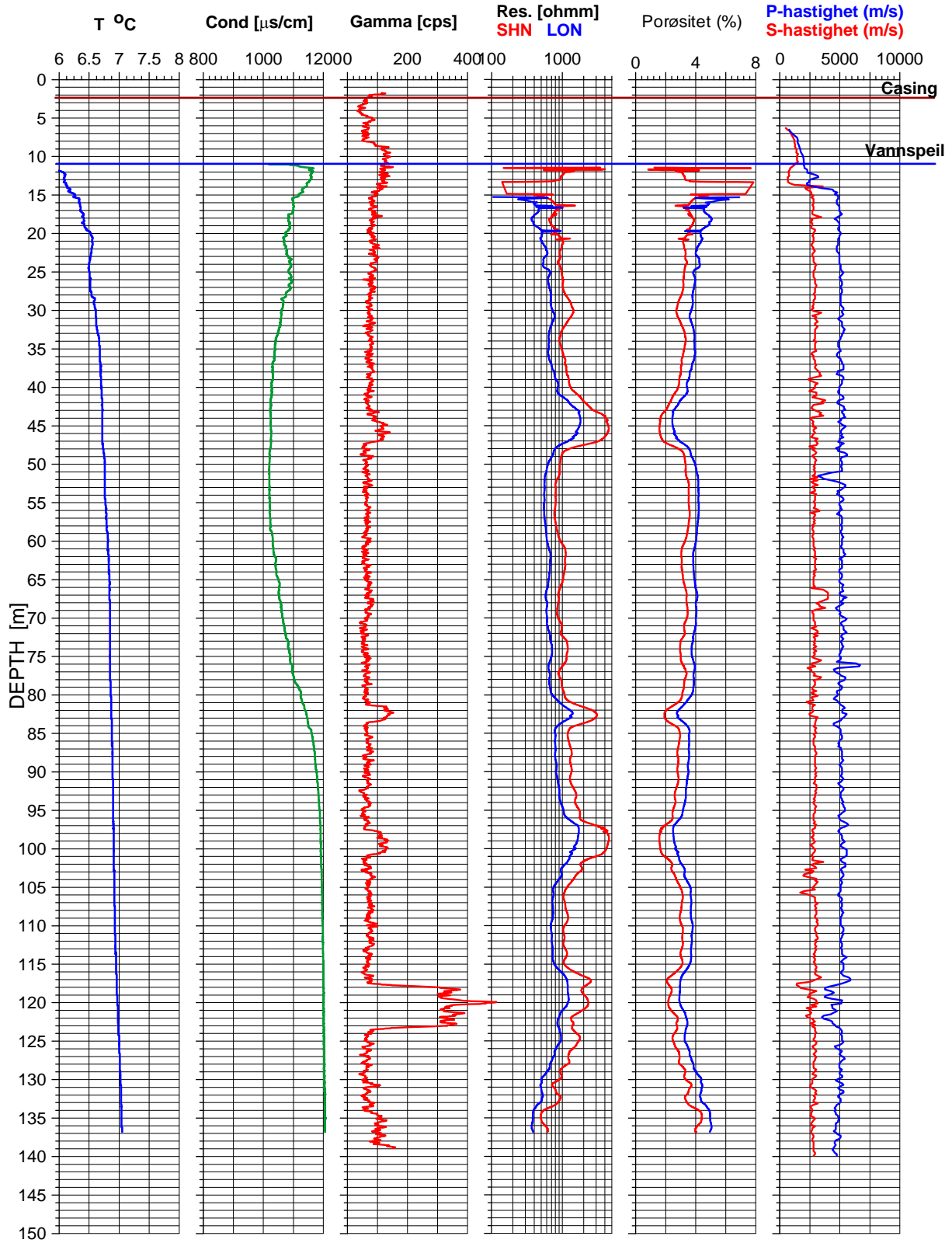
P-bølgehastigheten viser en tydelig lavhastighetszone ved ca 14 m som bekrefter at det er en sprekkesone der. Det er videre indikasjon på en sprekk ved 51.5 m og flere mellom 118 og 122 m. De sistnevnte faller sammen med den indikerte "hardgangen". Det er ikke OPTV opptak fra dette dyp som kan bekrefte dette.

4.9.2 Vannkvalitetslogg, Bh 5091

Figur 42 viser vannkvalitetslogg for Bh 5091. Temperatur og ledningsevne er beskrevet ovenfor. De andre parametrene sier lite om oppsprekking.

Bh 5091

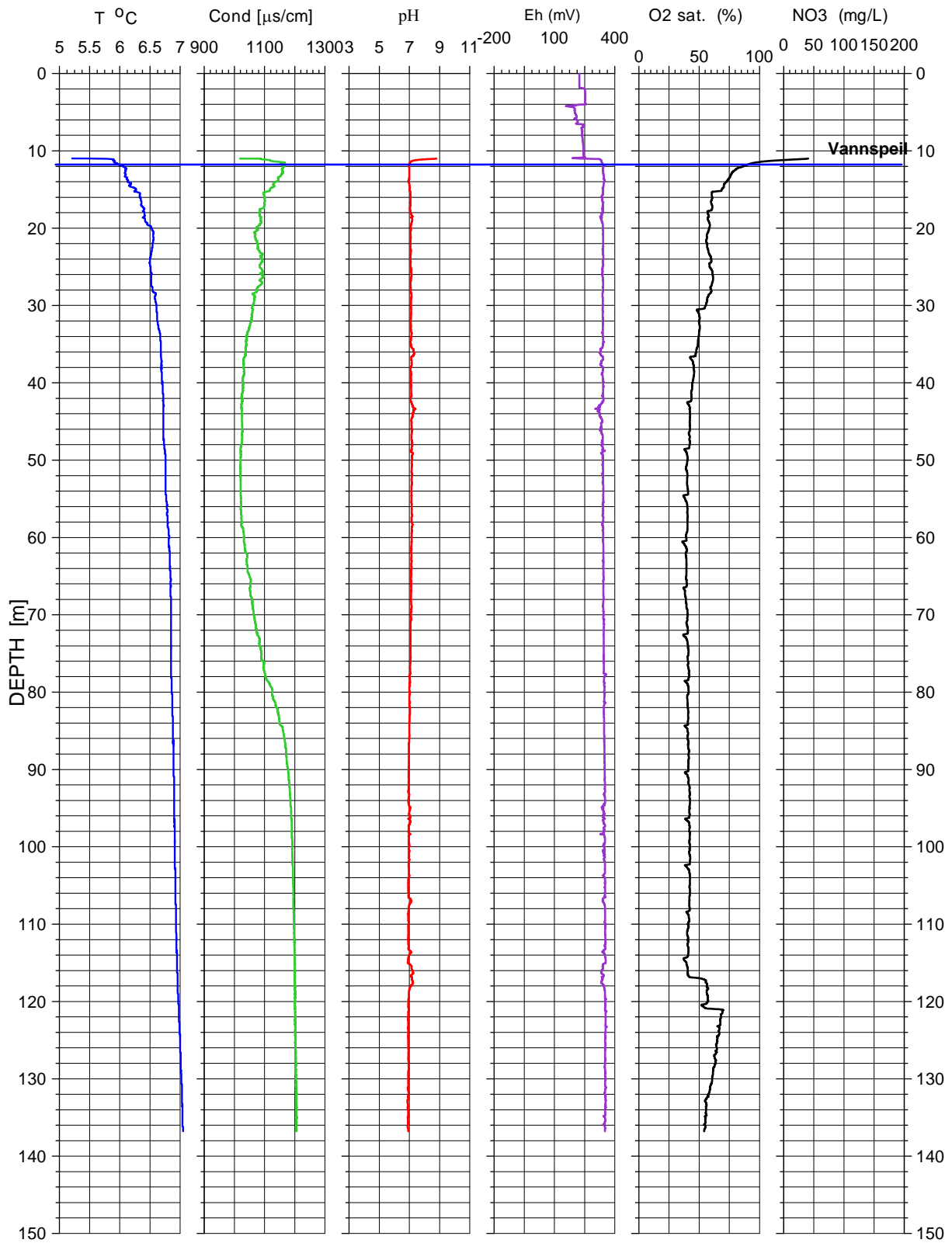
05.03.2008



Figur 41. Bh 5091, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

Bh 5091

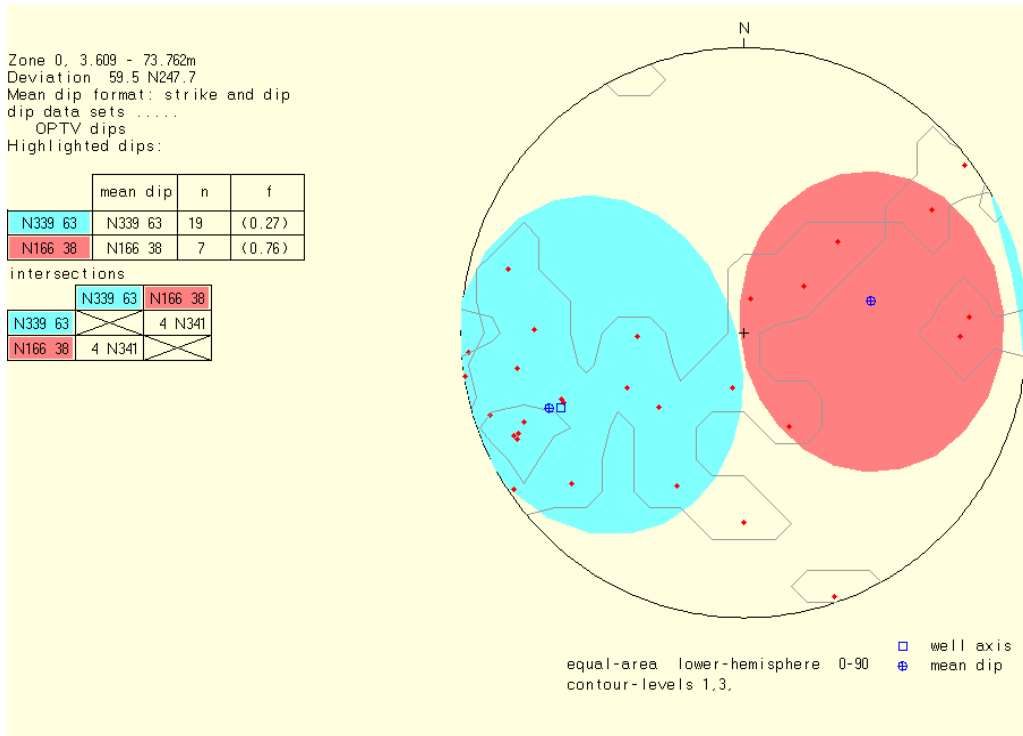
05.03.2008



Figur 42. Bh 5091, vannkvalitetslogg.

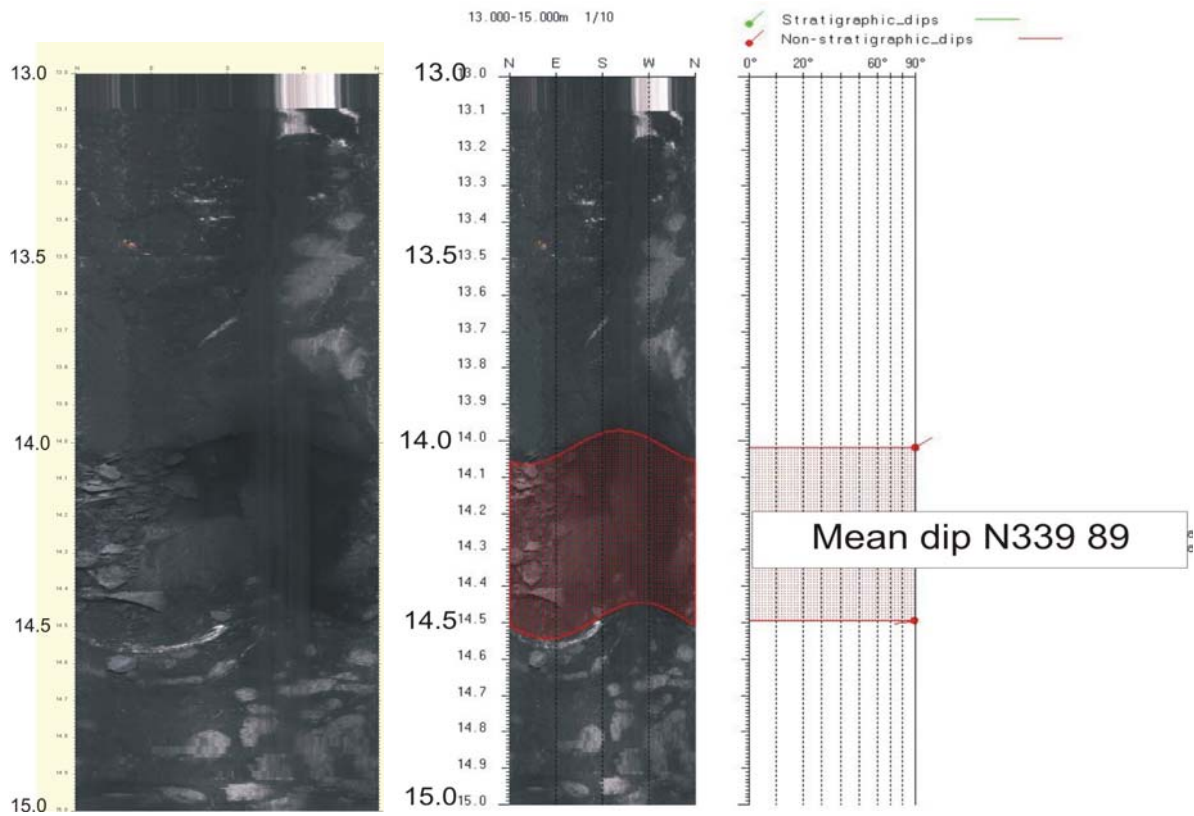
4.9.3 Optisk televiewer, Bh 5091

Figur 43 viser sprekkestereogram for alle indikerte sprekker. Som nevnt foran var det tolkbare bilder bare ned til 76 m selv om sikten i vannet stedvis var dårlig der også. De fleste sprekker er tynne mineraliserte sprekker uten betydning for fjellets stabilitet. En tydelig åpen, oppknust sone observeres mellom 14 og 15 m, se figur 44. Sonen står nesten vertikalt, N339 89.

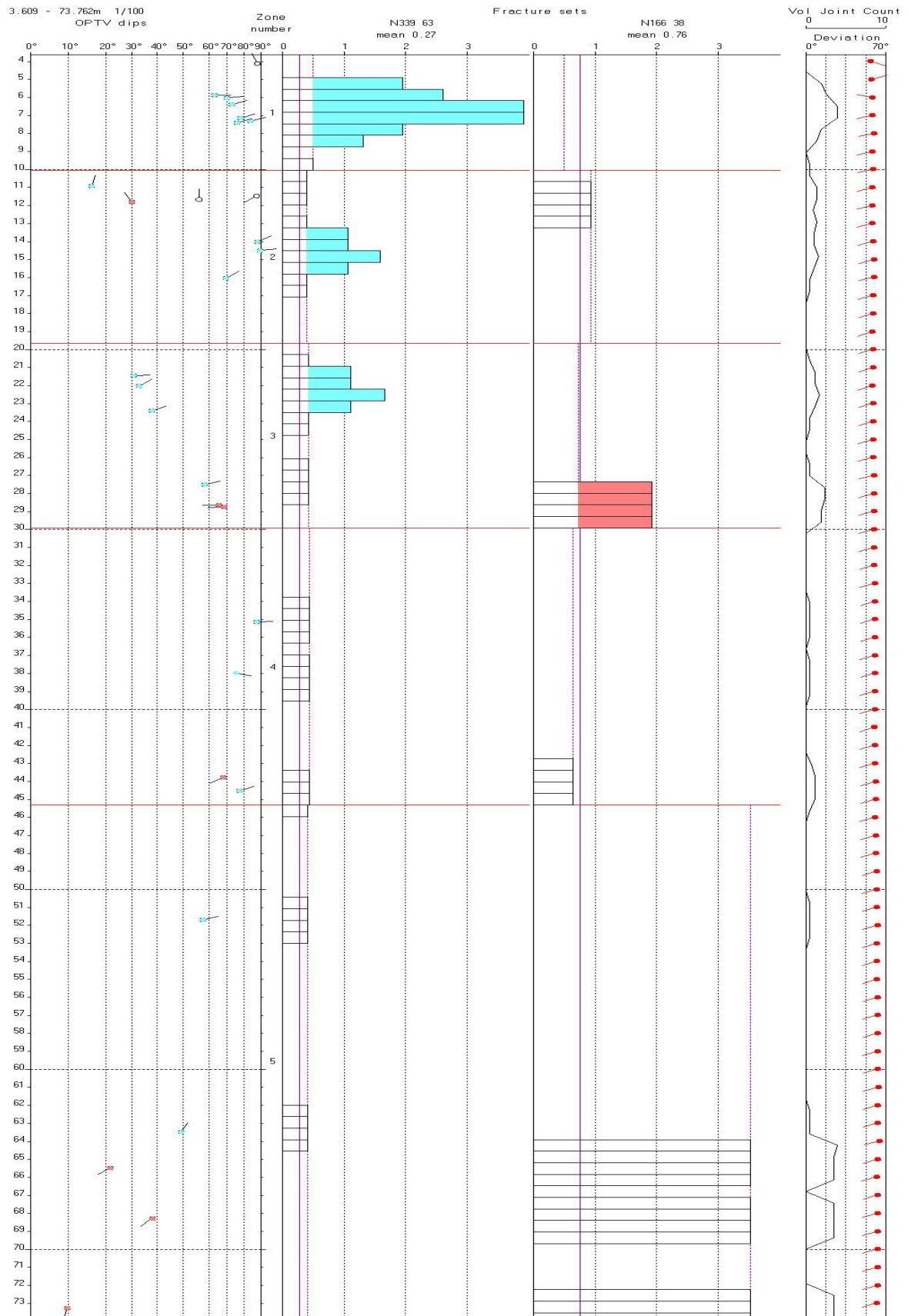


Figur 43. Sprekkestereogram Bh 5091.

Figur 45 viser frekvenshistogram for Bh 5091. I den delen av hullet som kunne tolkes er sprekkefrekvensen størst i øvre del av hullet, 6-8 m og 14-15 m.



Figur 44. Bilde av oppknust sone ved 14.0 -14.5 m i Bh 5091.



Figur 45. Bh 5091, frekvenshistogram

4.10 Bh 5092

I Bh 5091 var vannet grumset i hele hullet og en fikk ikke tolkbare opptak med optisk televiwer. De øvrige sondene gled så vidt ned av egen tyngde slik at en slapp staking.

4.10.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølge hastighet. Bh 5092

Figur 46 viser alle logger for Bh 5092. Den klare temperaturøkningen ned til ca 20 m skyldes trolig at målingen er utført om vinteren. Vannet vil da bli avkjølt nær bakken og slike årstidsvariasjoner kan observeres 20-30 m ned i bakken. Fra 20 m øker temperaturen svakt. Det er liten gradient på grunn av hullets helning som er ca 30 grader. Ved 173 m er det en svak økning i temperaturen som faller sammen med en tydelig nedgang i vannets ledningsevne. Dette kan skyldes vanninnstrømning i hullet.

Resistivitsloggen viser flere soner med høye verdier, opp mot 5000 ohmm. En slik sone observeres ved 62-72 m sammen med en svak nedgang i gamma. Ved 80-83 m øker resistiviteten mens gammastrålingen går merkbart ned. Dette kan være en kvartsgang da det er lite kalium i slike ganger mens resistiviteten er høy. Mellom 141 og 148 m opptrer en sone med høy resistivitet og høy gamma (hardgang?). Ved 28 m observeres en sone med lav resistivitet (200-300 ohmm). Nivået på gammastrålingen øker ved samme dyp som kan tyde på endring i bergarten.

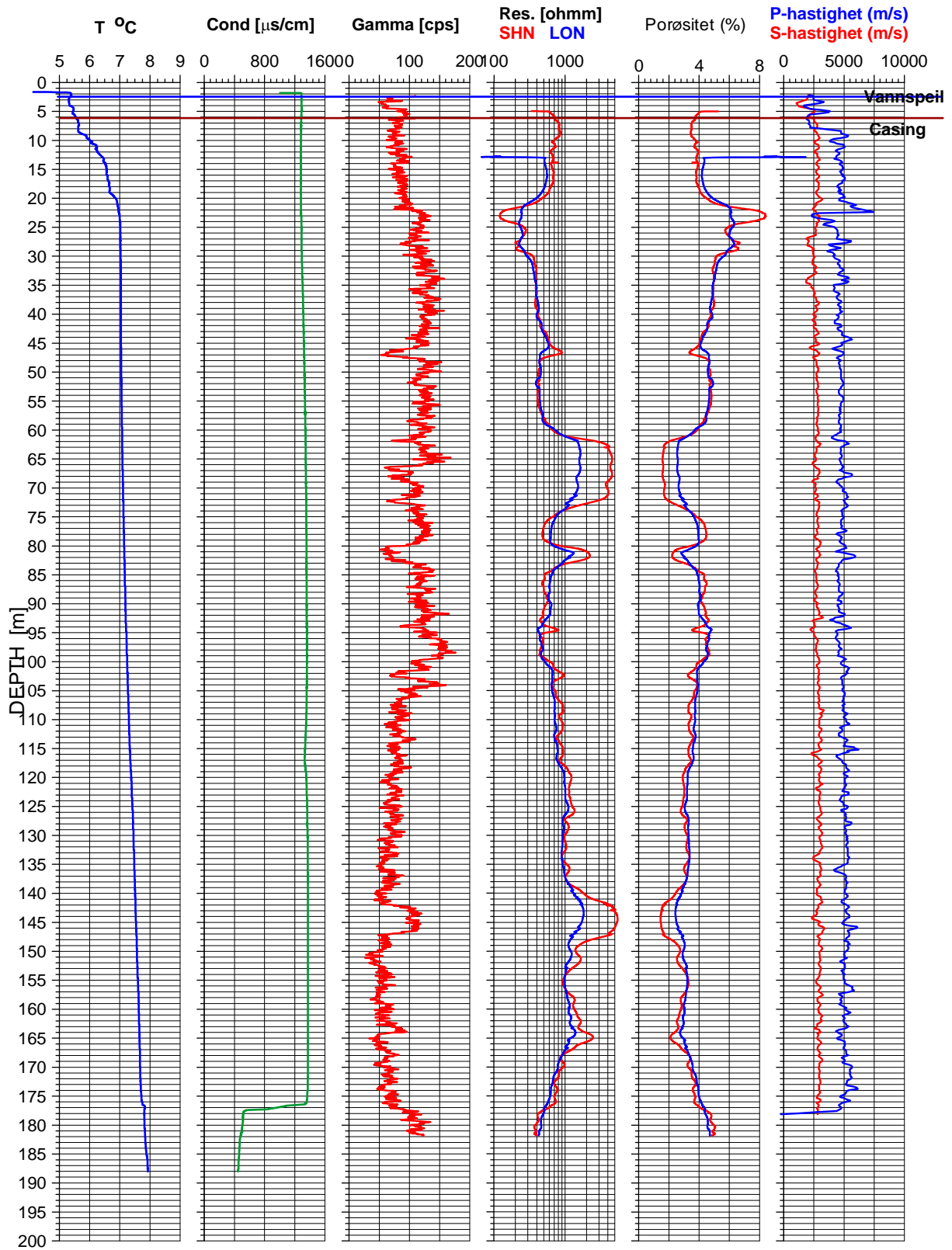
En meget tydelig sone med lav P-bølge hastighet observeres ved 23 m og er sammenfallende med lav resistivitet. Dette kan være en "alvorlig" sprekk. Da data fra optisk televiwer mangler kan en ikke si noe om retning og fall. For øvrig ligger P-bølge hastigheten på ca 5000 m/s som er normalt. Mindre lavhastighetssoner observeres ved 46 m, 62 m, 93 m, 116 m og 136 m.

4.10.2 Bh 5092, vannkvalitetslogg

Figur 47 viser vannkvalitetslogg for Bh 5092. I tillegg til det som er beskrevet foran om temperatur og ledningsevne, skjer det noe ved 176-177 m. Vannets ledningsevne går kraftig ned, pH øker litt og Eh går kraftig ned. Vannets egenskaper endres og det er nærliggende å tro at det skyldes oppsprekning med innstrømning av vann.

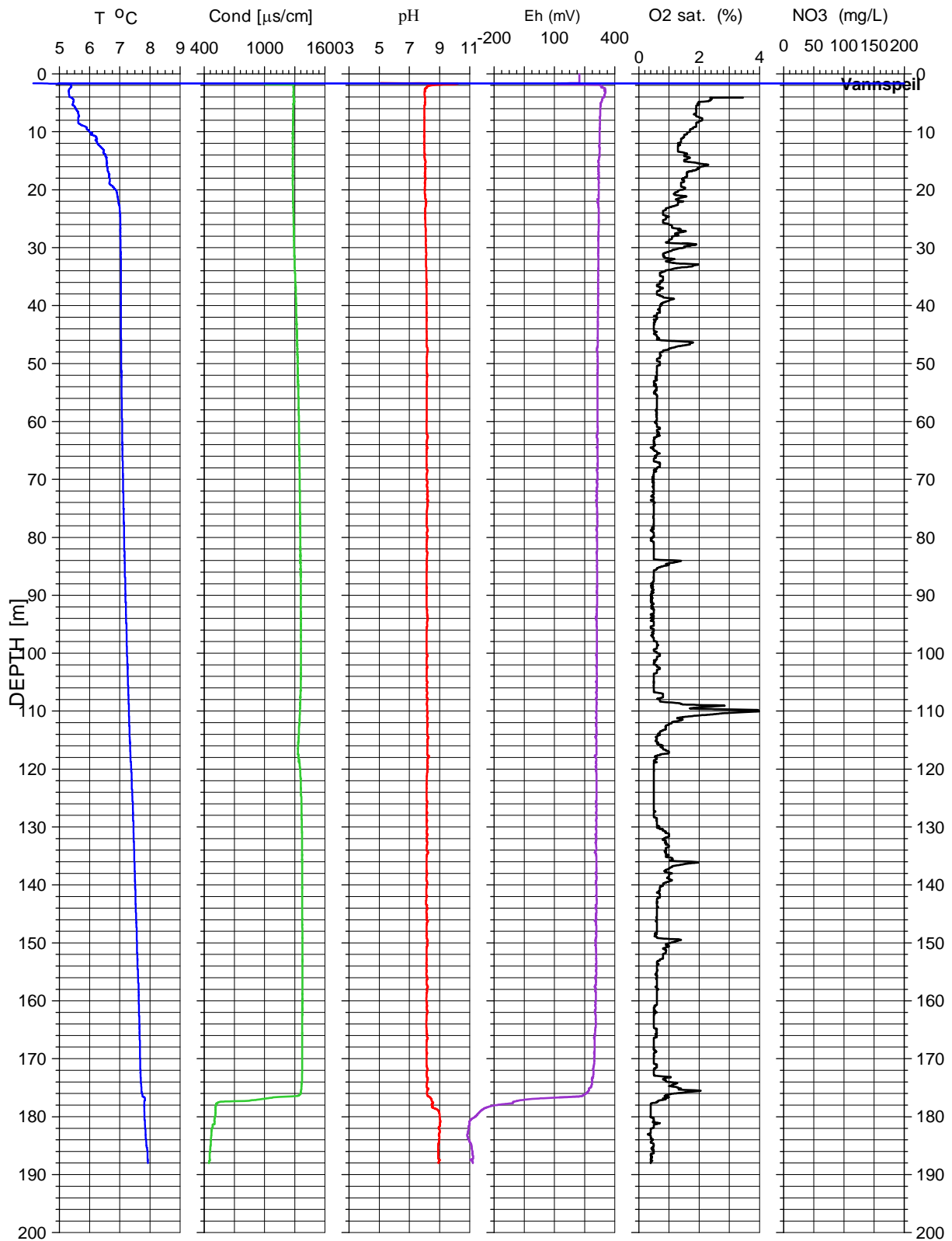
Bh 5092

04.03.2008



Figur 46. Bh 5092, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

Bh 5092
Stabekk 04.03.2008



Figur 47. Bh 5092, vannkvalitetslogg.

4.11 K1

Resultatene fra logging i diamantborehullene K1 og K2 er tidligere rapportert i NGU Rapport 2006.007 (Elvebakk 2006). Da NGU i ettertid har anskaffet ny software for prosessering av seismiske borehullsdata, er de seismiske data fra disse hullene reprocessert. De reprocesserte loggene for P- og S-bølgehastighet blir presentert sammen med de andre loggene for å få helheten.

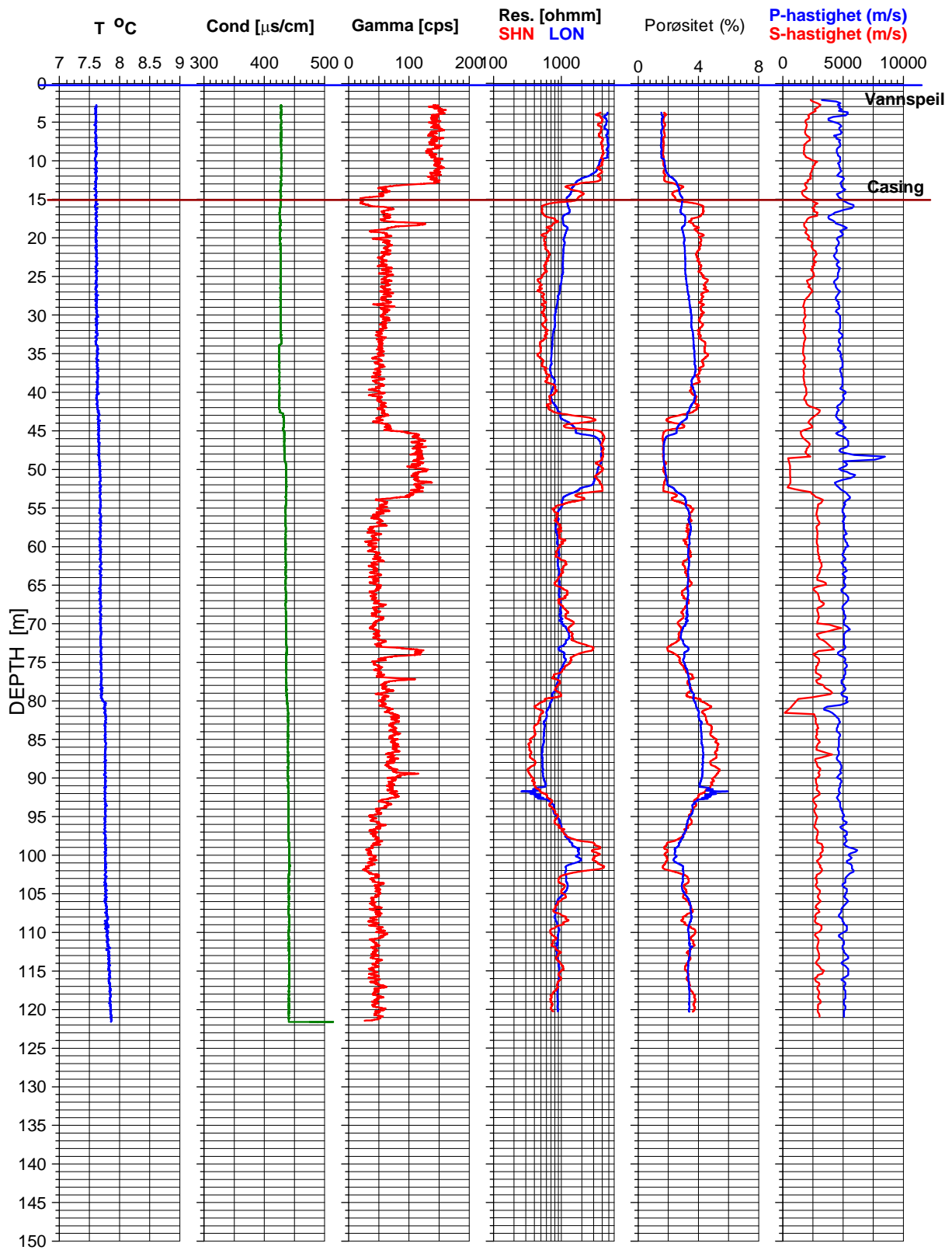
4.11.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. K1

Figur 48 viser borehullslogger fra diamantborehull K1. Gammastrålingen er tydelig høyere i casingen. Dersom casingen kun går gjennom løsmasser, kan det være leire som gir høy gamma.

Det er en liten endring både i temperatur og elektrisk ledningsevne ved 43 m. Dette er i overgangen til en gang, 45-54 m, som tydelig indikeres både på gammaloggen og resistiviteten. Det er litt variasjon i P-bølgehastighet og S-bølgehastigheten er tydelig lavere. Det må sies at tolking av ankomsttid til S-bølgen var svært vanskelig, og resultatene er noe usikre.

En svak temperaturøkning ved 80 m faller sammen med tydelig nedgang i P-bølgehastighet. Dette kan være en sprekk. P-bølgehastigheten er 4500 – 5000 m/sek.

K 1, Jar



Figur 48. K 1, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

4.12 K 2

Figur 49 viser logging i diamantborehull K2, Ekebergveien.

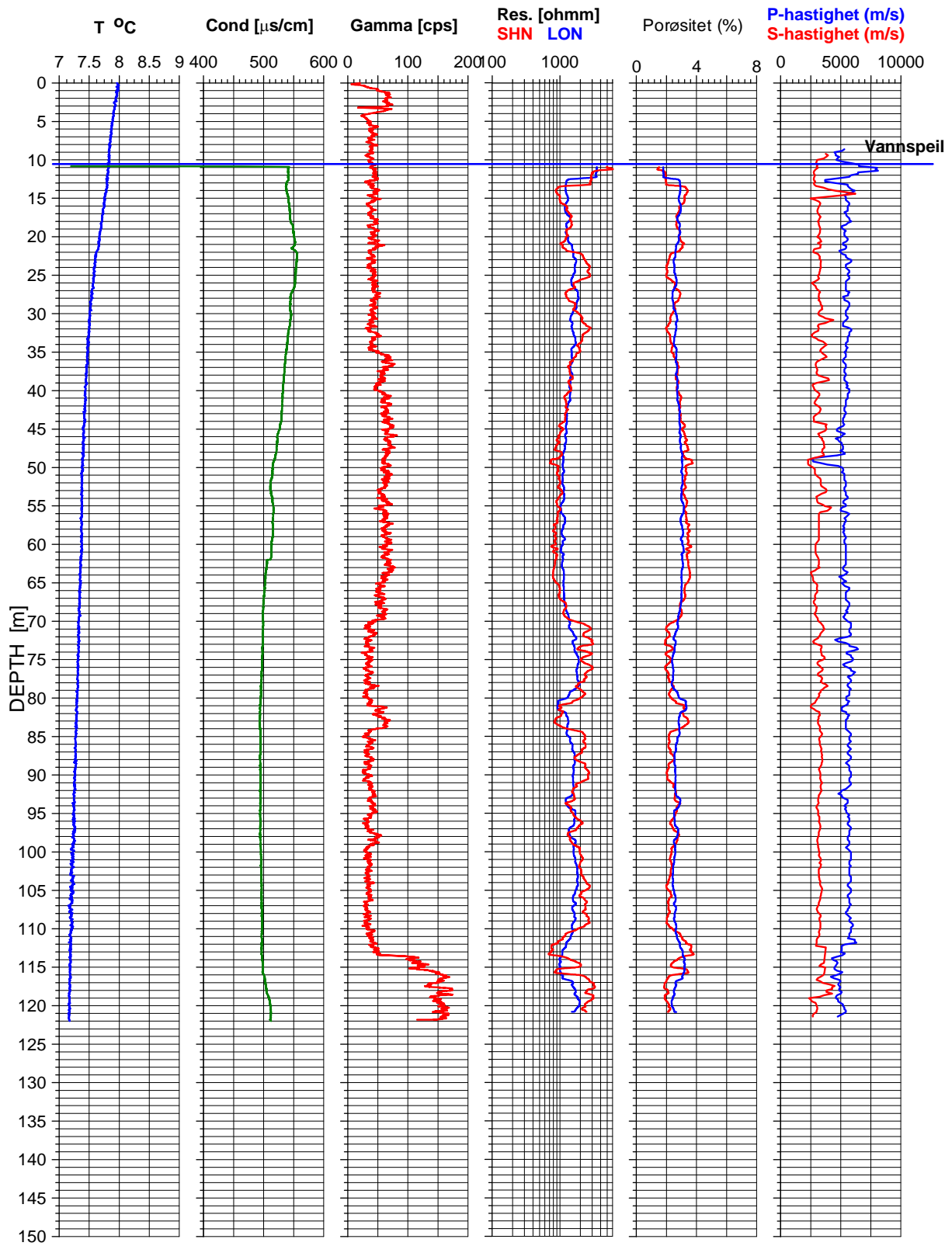


Figur 49. Logging i diamantborehull K 2.

4.12.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet. K2

Figur 50 viser borehullsloggene fra K 2. Loggene viser ingen spesielle hendelser som kan si noe om oppsprekking bortsett fra en tynn lavhastighetszone ved 49 m. En svak nedgang i resistiviteten samme sted kan tyde på at det er en sprekk. Det er en tendens til at Short Normal (lilla kurve) viser tydelige utslag på soner med forhøyet resistivitet. Dette tyder vanligvis på soner i borehullsveggenes umiddelbare nærhet. Generelt er resistiviteten litt høyere i dette hullet (1000-2000 ohmm) enn det en vanligvis måler i kambrosilur. Gammastrålingen øker merkbart fra ca 114 m noe som trolig skyldes overgang til mer K-rik bergart. Det er også en nedgang i resistivitet og P-bølgehastighet i det samme området.

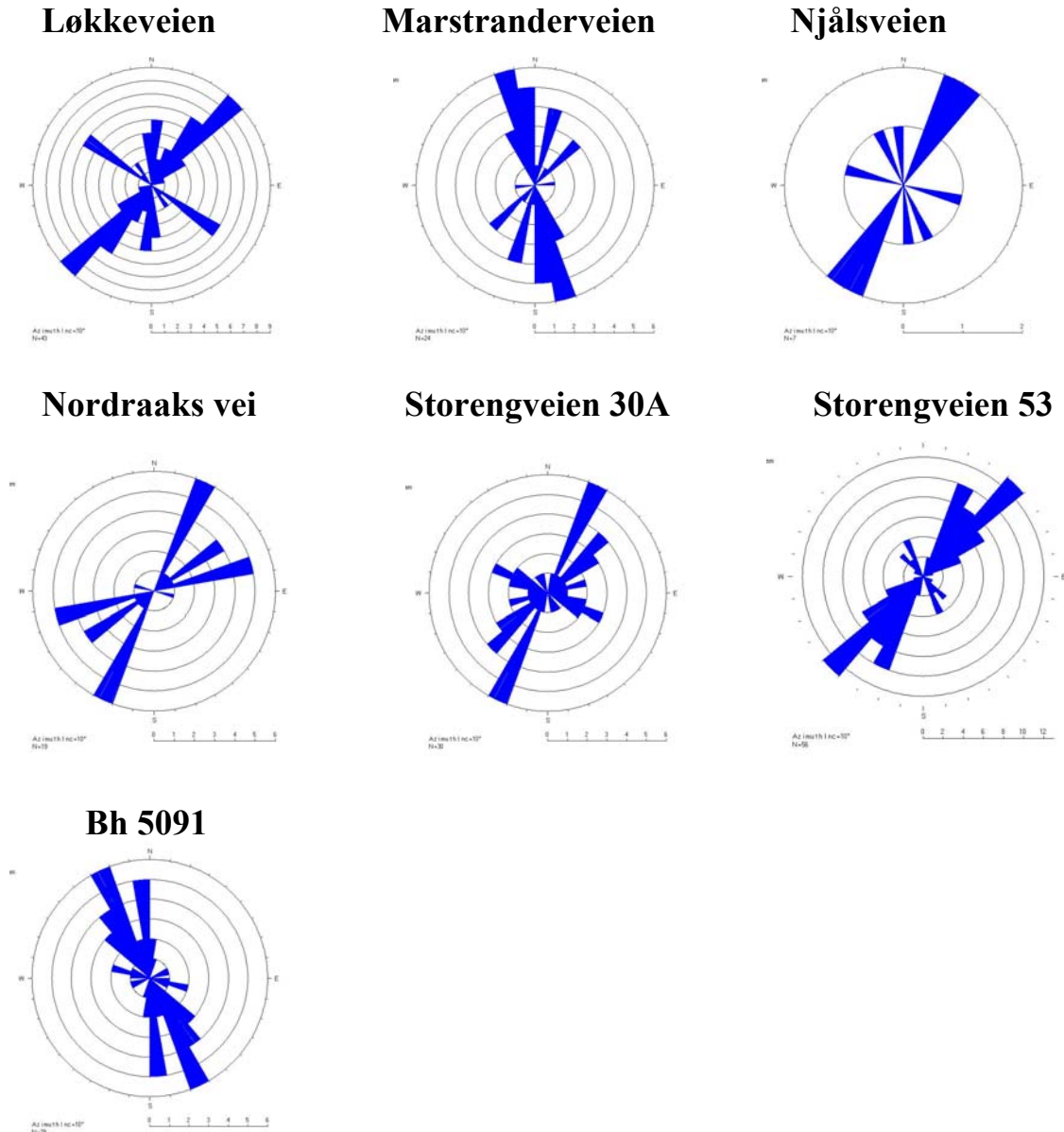
K 2, Jar



Figur 50. K 2, TCN, resistivitet, porøsitet, P- og S-bølgehastighet.

4.13 Rosediagram

Figur 51 viser rosedigrammer for alle indikerte sprekker i alle borehull. En hovedsprekkeretning ser ut til å være NØ – SV.

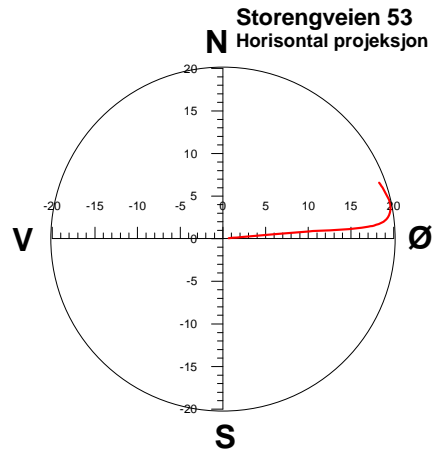
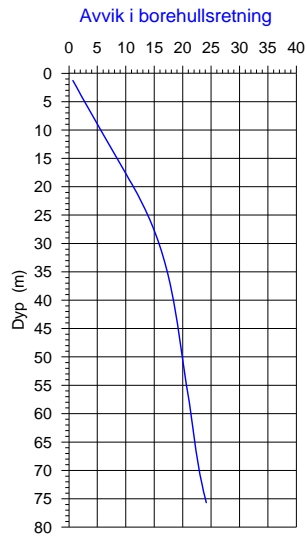


Figur 51. Rosediagrammer for indikerte sprekker i alle borehull.

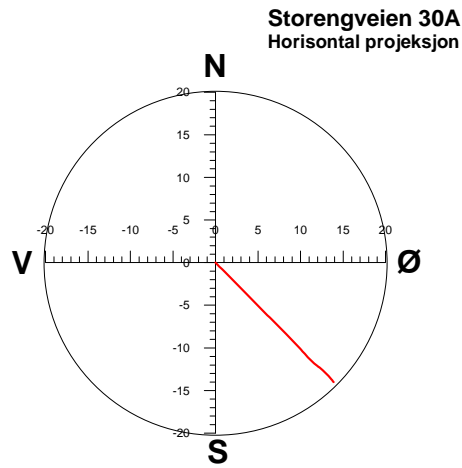
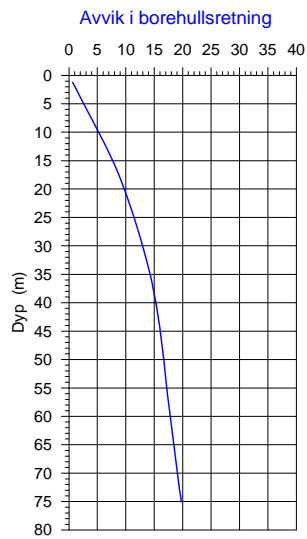
4.14 Borehullsavvik.

Figurene 52-56 viser borehullsforløpet til alle brønner. Engerjordet og Ekebergveien ble målt med egen avvikssonde, mens de øvrige brønner ble målt med optisk televiewer som har avviksmåling som en integrert del. Måleprissippet er det samme for begge sonder. På grunn av til dels lang casing (jernrør) vil retningsvinkelen bli feil i den delen av brønnen som er foret. For å fornuftige plott er det antatt at retningsvinkelen i casingen er den samme som like under casing. Alle hull bortsett fra Storengveien 53, viste stabil retning. Denne brønnen dreier 90° mot nord i nedre del. Både Storengveien 30 og 53 blir betydelig brattere mot dypet

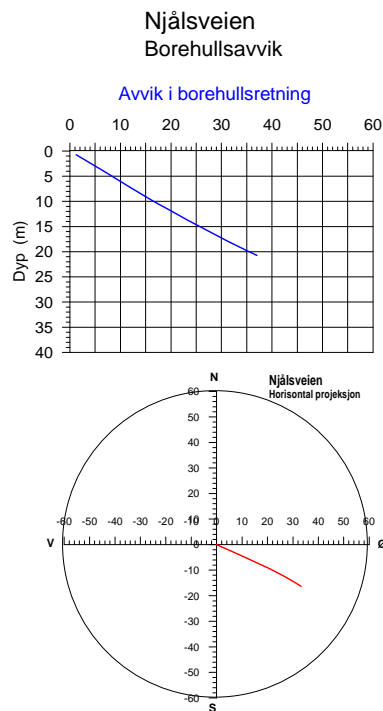
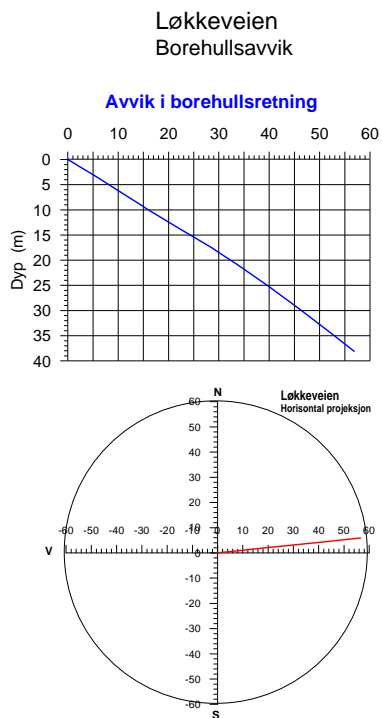
Storengveien 53
Borehullsavvik



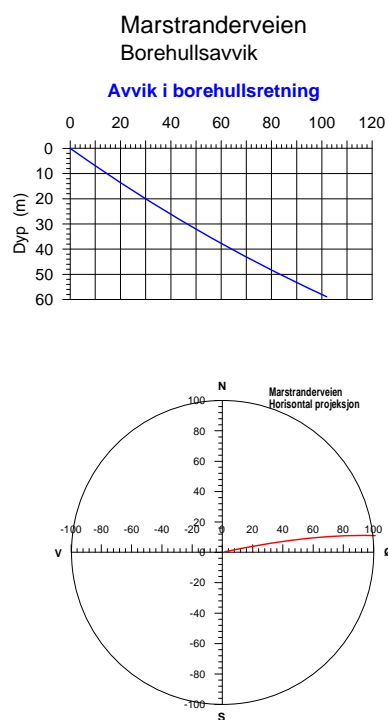
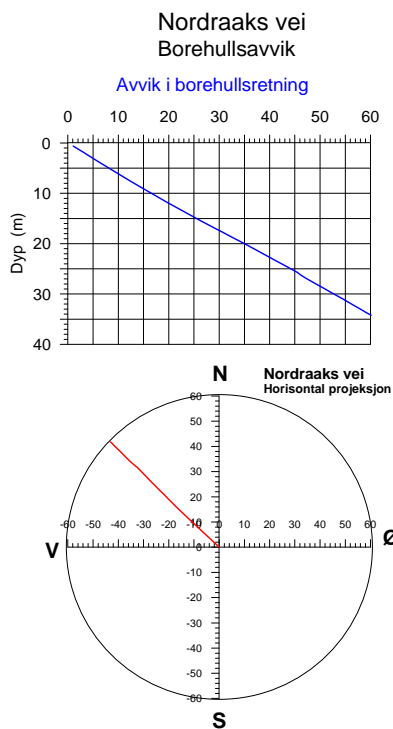
Storengveien 30A
Borehullsavvik



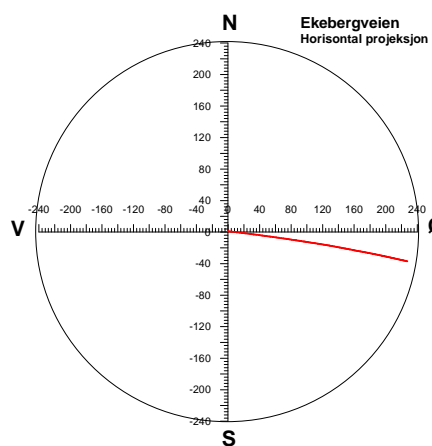
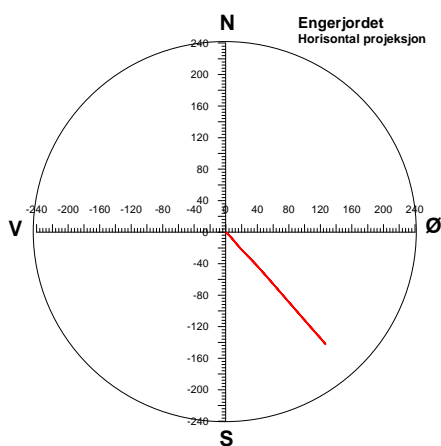
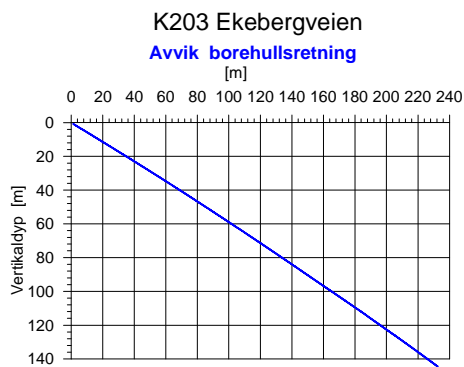
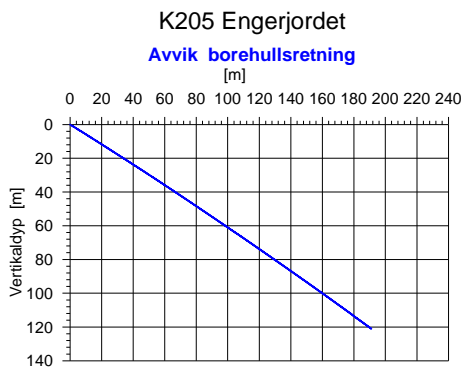
Figur 52. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Storengveien 53 (øverst), og Storengveien 30 (nederst).



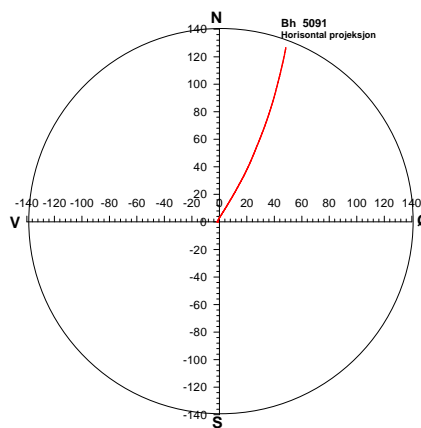
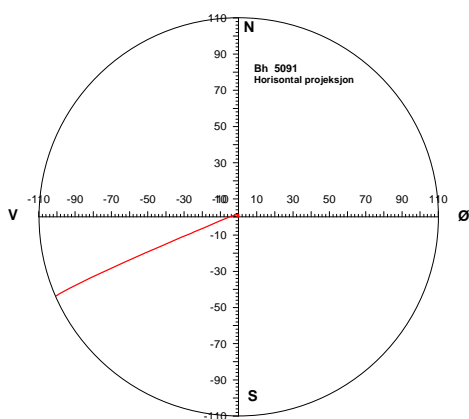
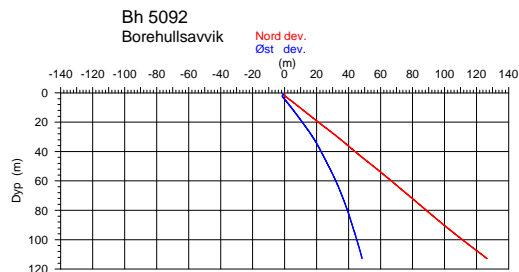
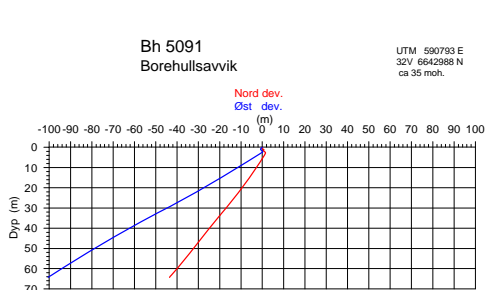
Figur 53. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Løkkeveien (venstre), og Njålsveien (høyre).



Figur 54. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Nordraaks vei (venstre) og Marstranderveien (høyre).



Figur 55. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, av Engerjordet (venstre) og Ekebergveien (høyre).



Figur 56. Borehullsforløp, vertikal- og horisontalprojeksjon, Bh 5091 (venstre) og Bh 5092 (høyre).

5. KONKLUSJON

Det er gjort borehullslogging i åtte kombinasjonsbrønner og to diamantborehull i forbindelse med forundersøkelser for ny jernbanetunnel mellom Sandvika og Lysaker i Bærum kommune. I tillegg er lydastighetene i diamantborehullene K1 og K2 repressert. Hensikten var å påvise sprekker, vannførende sprekker eller andre svakhetssoner som kan ha betydning for fjellets stabilitet.

Generelt kan en si at fjellkvaliteten er god. Alle hull er boret i kalkskifere, knollekalk (kambrosilur) samt sandstein. Det er indikert vannstrømning i to brønner i Storengveien 30A og 53 i forbindelse med sprekker på 32 m og 42 m dyp. I Storengveien 53 er det påvist innslag av salt grunnvann på 60 m dyp ved vannprøvetaking og økt ledningsevne i vannet. Økt ledningsevne i vannet mot dypet ser en i alle brønner og det er grunn til å tro at det er saltvannsinnslag (varierende) som er årsak til dette.

I Nordraaks vei 13 er det indikert en sone mellom 45 og 50 m dyp med veldig lav resistivitet og lav P-bølgeastighet. Resistivitetsverdier ned mot 100 ohm indikerer vanligvis stekt oppsprukket fjell gjerne med leiromvandling.

I forbindelse med hardganger kan det opptre sprekker. Dette er trolig tilfelle i Løkkeveien ved 66 m dyp og Marstrandveien mellom 105 og 112 m dyp. Lav P-bølgeastighet indikerer oppsprekking, mens gangen i seg selv indikeres tydelig på gammalogg og resistivitet.

Uklart vann i deler av brønnene ga dårlige opptak med optisk televiewer, og kan ikke bekrefte alle indikerte sprekkesoner.

I diamantborehullene i Engerveien og Ekebergveien ser fjellkvaliteten ut til å være meget god. Bergartsgrenser mellom kalkstein og sandstein indikeres tydelig på gamma, resistivitet og P-bølgeastighet. En hardgang (?) indikeres mellom 181 og 198 m (høy gamma).

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.

Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2003: Tunnelprosjektet. Geofysiske bakkemålinger og borehullslogging, Jong – Asker, Asker og Bærum kommuner, Akershus. *NGU Rapport 2003.006*.

Elvebakk, H. 2007: Borehullslogging i forbindelse med ny jernbanetunnel Sandvika – Lysaker, Bærum kommune. *NGU Rapport 2007.046*.

Robertson Geologging Ltd. 2004: Interpretation manual. RGLDIP Version 6.2.

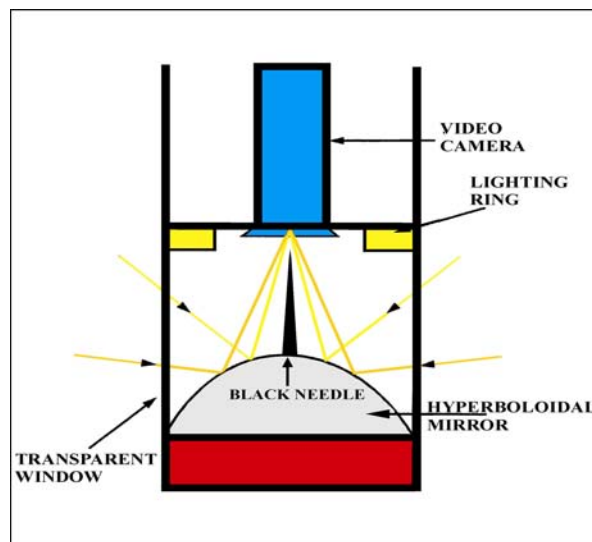
Thunhead, H. & Olsson, O. 2004: Borehole corrections for a thick resistivity probe. *JEEG*, December 2004, Volume 9, Issue 4, pp. 217 – 224.

METODEBESKRIVELSE OPTISK TELEVIEWER (OPTV)

Optisk televiewer kan benyttes til inspeksjon av grunnvannsbrønner, grunnvarmebrønner, forundersøkelser for fjellanlegg (tunneler, fjellrom), og er i mange tilfeller bedre enn tradisjonell kjerneboring da en får orienterte sprekker og strukturer. I det følgende blir måleprinsipp for optisk televiewer beskrevet. Analyse av data blir illustrert ved eksempler fra borehull.

Måleprinsipp og utførelse.

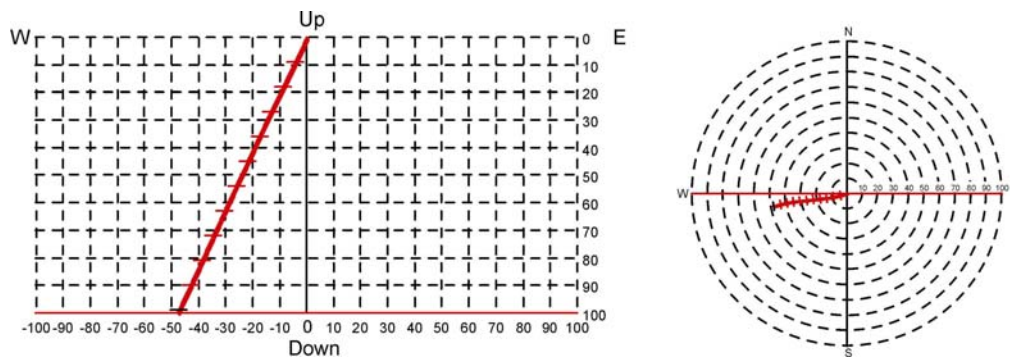
Optisk televiewer er et instrument som brukes ved inspeksjon av borehull med en diameter fra 70 – 160 mm. Instrumentet består av et digitalt kamera som filmer mot et hyperbolsk speil, se prinsippskisse figur 1. Kameraet ”ser” vinkelrett en større del av borehullsveggen, men bare en sirkel med høyde 1 mm registreres. Sonden senkes med en maksimal hastighet 1 meter pr minutt ned i borehullet, og for hver millimeter gjøres en registrering. Det kan samples 360 eller 720 punkter sirkelen rundt, og i vanlige fjellbrønner gir dette en pikselstørrelse på ca. 1mm x 1 mm. Med en slik oppløsning kan metoden påvise sprekker med tykkelse ned mot 0,5 mm. Metoden kan benyttes i tørre og vannfylte hull, men krever selvsagt relativt klart vann.



Figur 1: Prinsippskisse av optisk televiewer.

Sonden har innbygget et trekomponent magnetometer, og dette sammen med tre akselerometre sørger for å orientere bildet (opptaket) uansett sonden og borehullets forløp. På grunnlag av det orienterte bildet av borehullsveggen kan strøk, fall og sann tykkelse av kryssende strukturer beregnes.

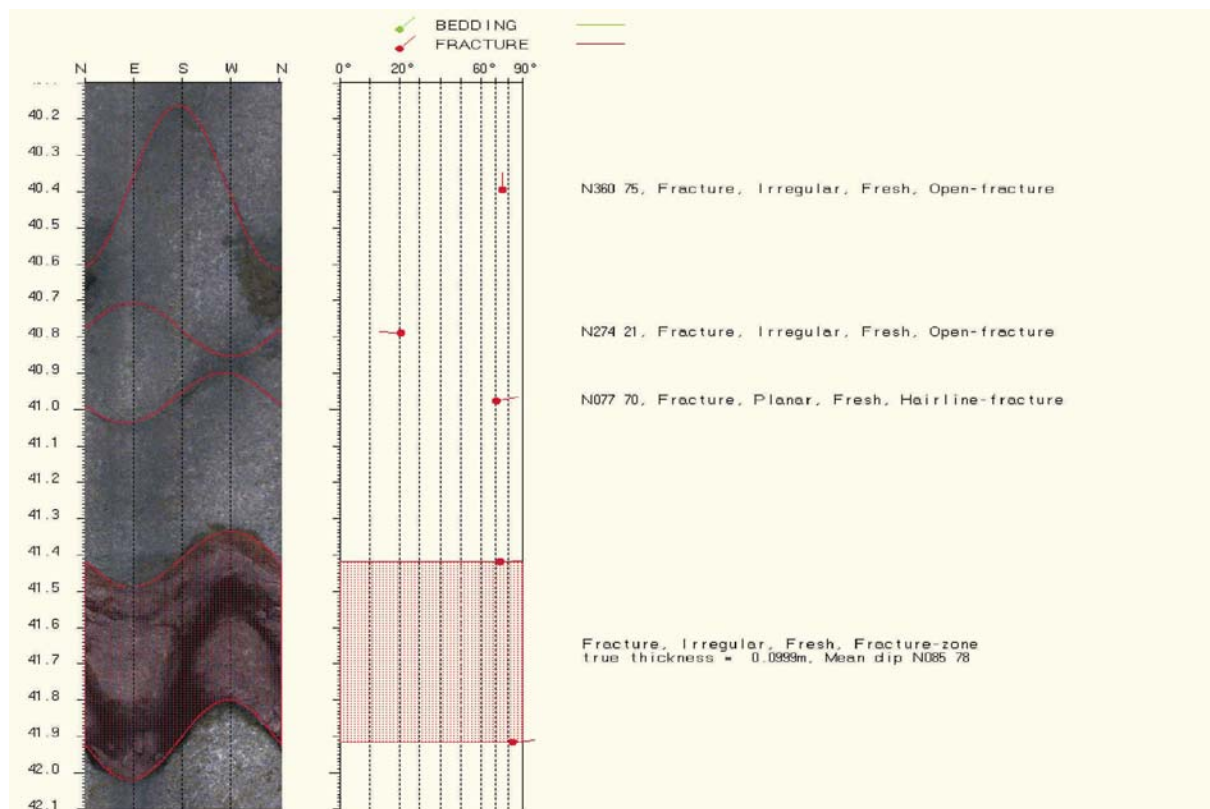
Med data fra denne instrumenteringen kan også borehullets forløp (avvik) beregnes (Figur 2). Borehullsvinkel kan måles i området 0 – 180° med en nøyaktighet på +/- 0.25°. Retningen kan måles fra 0 til 360° med en nøyaktighet på +/- 2.5°. Avviket måles kontinuerlig langs hele borehullet. Data kan plottes ut grafisk og i tabellform. Vertikalsnitt (tre retninger), horisontalprojeksjon og 3D-plott kan plottes ut. I tillegg til at det er viktig å vite hvor hullet går, må en vite fall og retning på hullet for å bestemme strøkretnings og fallvinkel til sprekke som observeres.



Figur 2: Eksempel på borehullsforløp, vertikalprojeksjon øst-vest (venstre) og horisontalprojeksjon (høyre).

Analyse av data.

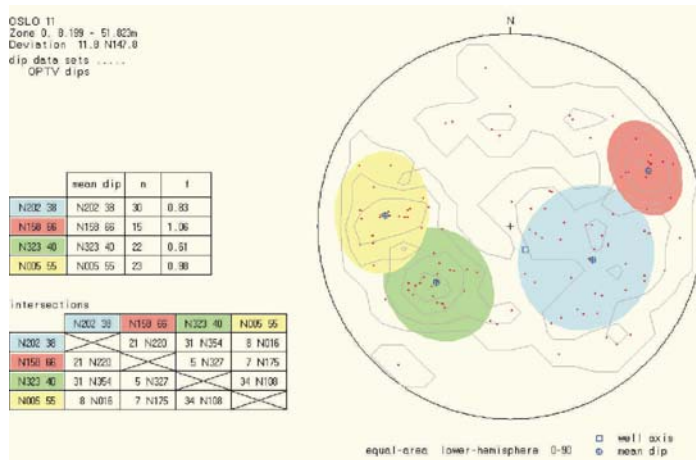
Ved analyse brettes det orienterte digitale bildet ut (se Figur 4). Plane sprekker vil da indikeres som en sinusformet kurve. Steile sprekker vil indikeres med store amplituder ved loddrette hull. Dersom borehullet skjærer sprekkene vinkelrett, vil disse vises som rette linjer. Siden bildet er orientert, kan sprekkenes retning og fall beregnes ved å tilpasse (digitalisere) en sinuskurve til hver av dem. Har sprekkene en viss utbredelse, kan både topp og bunn digitaliseres, og derved kan den sanne tykkelsen beregnes. Analyseprogrammet inneholder en menystyrt beskrivelse av de enkelte hendelser. Tilsvarende analyse kan gjøres for primære geologiske strukturer (ganger, lagdeling).



Figur 4: Eksempel på opptak og analyse. Enkeltstående sprekker er tilordnet sinusfunksjon og fallretning og vinkel beregnet. Pilhodet angir individuelle sprekkers fall mens halen viser fallretning (nord opp). Ved større åpne sprekker er topp og bunn digitalisert og sann åpning på sprekkene er beregnet (nederst på bildet – fracture zone).

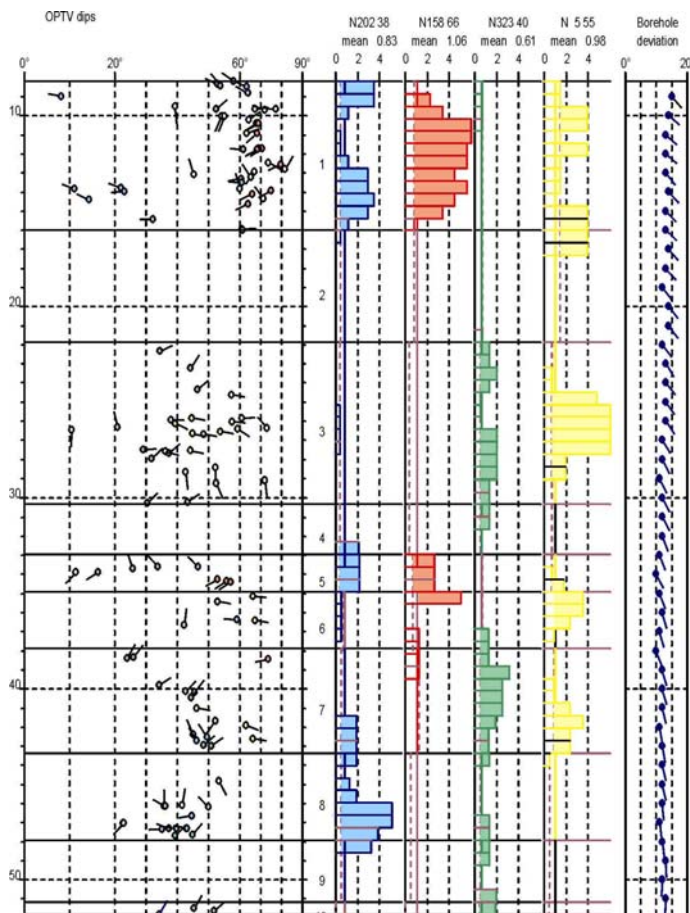
Når alle hendelser er digitalisert, kan en utføre sprekke- og strukturanalyse. Etter å ha plottet polen (normalvektoren) til alle digitaliserte sprekker i et stereogram (Figur 5), kan forskjellige sprekkegrupper

defineres. Disse får tildelt en farge, og sprekkegruppens middelverdi for strøk og fall beregnes. Det kan også gjøres analyse på skjæringslinjer mellom midlere sprekkoplan.



Figur 5. Eksempel på analyse av sprekker i stereogram. I øverste tabell er midlere sprekkeretning og fallvinkel for hver sprekkegruppe beregnet, og antall sprekker og sprekketrekvens for hele hullet beregnet for hver av gruppene. Nederste tabell viser retning og fall på skjæringslinjen mellom de midlere sprekkoplanene.

Neste steg er å plote alle digitaliserte hendelser, nå med tilordnet gruppefarge, som funksjon av dyp. De forskjellige sprekkemønstrene tilordnes histogrammer, og på grunnlag av disse kan hullet deles inn i soner som hver er karakterisert med spesielle sprekkemønstre. Sprekketrekvens for alle definerte grupper kan deretter beregnes innenfor hver sone i borehullet. Tilsvarende analyser kan også gjøres for bergartsganger og eventuelt bergartsgrenser. I tillegg til grafisk presentasjon kan alle data listes i tabellform.



Figur 6. Sprekkelogg for tolket borehull. Til venstre vises de individuelle sprekkene som pilplott. Pilhodene angir individuelle sprekkers fall, mens halen viser fallretning (nord opp). Histogrammene viser hvor i borehullet de forskjellige sprekkemønstrene opptrer (sprekketrekvens). Høyre kolonne viser borehullsforløp med fall og retning. Heltrukne horisontale linjer angir grenser mellom definerte soner.

Figur 6 viser frekvenshistogrammer for et borehull som er undersøkt med optisk televiewer. Frekvenshistogrammene (rød, blå, grønn og gul) viser beregnet sprekketrekvens i definerte soner av hullet, og viser dermed detaljert hvordan oppsprekningen er i hullet. Alle sprekker er angitt i "pilplott" der

pilens hode angir fallet, mens halen angir fallretning. Nord er opp på arket. Hvert pilhode er fylt med den gruppefarge tilsvarende sprekk tilhører. Piler uten farge er sprekker utenfor noen av de definerte gruppene.

Strøk og fall til et plan er entydig bestemt i et stereografisk plott (her plottet som plan- normalens skjæringspunkt, pol, med nedre kuleskall, lower hemisphere). Planets strøk er en horisontal linje i planet, mens fallet er vinkelen mellom planet og horisontalen målt 90° på strøket.

Planets fallretning der strøkretningen er den samme (f.eks. N180 og N0), bestemmes av retningen til planets normal, og vil være normalens retning pluss 180°. Planets strøkretning er fallretning minus 90 grader. Dermed er også strøkretningen entydig bestemt. Strøkretning beregnes som vinkel fra nord. Hvis for eksempel strøkretning og fall er N180 45, er strøkretningen 180° fra nord (NS) og fallet er 45° mot vest (fallretning N270), mens N0 45 faller mot øst (fallretning N90).

Alle sprekk- og borehullsdata kan listes opp i tabeller. Eksempler på slike tabeller med forklaring er vist i tabell 1, 2 og 3.

RGLDIPv5.2 OPTV results
K = 0: BEDDING
K = 2: FRACTURE

borehole OSLO 11
zone from 1.350 to 53.043 m

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well deviation Dev
1	51.823	36	34.1	0.000	3		2	51.778	51.868	0.135	177.92	12.46
2	51.617	55	51.8	0.000	3		2	51.533	51.701	0.135	180.58	13.00
3	51.514	39	45.2	0.000	3		2	51.448	51.580	0.135	180.64	13.00
4	47.671	53	39.4	0.000	3		2	47.617	47.725	0.135	168.50	11.50
5	47.629	48	44.8	0.000	3		2	47.563	47.695	0.135	168.68	12.00
6	47.352	269	35.0	0.000	3		2	47.305	47.349	0.135	169.00	12.00
7	47.312	281	43.0	0.000	3		2	47.330	47.375	0.135	168.33	12.00
8	47.311	280	42.8	0.000	3		2	47.250	47.372	0.135	168.31	12.00
9	47.296	285	37.3	0.000	3		2	47.246	47.346	0.135	168.01	12.00
10	47.294	276	39.7	0.000	4		2	47.239	47.349	0.135	168.18	12.00
11	47.041	230	22.9	0.000	3		2	47.024	47.070	0.135	170.00	11.91
12	47.040	228	22.6	0.000	3		2	47.025	47.068	0.135	170.00	11.89
13	46.651	263	44.7	0.000	3		2	46.585	46.717	0.135	169.11	11.11
14	46.205	307	50.0	0.000	3		2	46.258	46.285	0.135	172.00	12.00
15	46.151	292	36.3	0.000	3		2	46.140	46.201	0.135	172.90	12.00
16	46.125	359	35.7	0.000	3		2	46.078	46.172	0.135	173.41	12.00
17	46.093	12	41.5	0.000	3		2	46.035	46.151	0.135	174.00	12.00
18	44.807	148	53.3	0.000	3		2	44.718	44.896	0.135	169.23	12.00
19	42.991	61	50.9	0.000	3		2	42.910	43.072	0.135	167.10	12.00
20	42.949	58	48.5	0.000	3		2	42.874	43.024	0.135	167.92	12.00

Tabell 1, Data for borehullene og digitaliserte sprekker.

Depth	- Dyp langs borehullet
Azimuth	- Sprekkens fallretning
Dip	- Sprekkeplanetets fallvinkel
n	- Antall punkter brukt for å digitalisere en sprekk
K	- Type sprekk (2 = sprekk, 0 = bånding)
Upper depth	- Dyp til sprekkeplanetets øvre skjæringspunkt med borehullsveggen
Lower depth	- Dyp til sprekkeplanetets nedre skjæringspunkt med borehullsveggen
Well diam.	- Borehulldiameter
Well deviation:	
Azimuth	- Borehullets fallretning
Dev	- Borehullets fallvinkel målt fra loddlinjen

RGLDIPv5.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS
borehole
zone from 8.000 to 52.000 m
16 Aug 2000

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips
Quality cut-off level: *
Mean well deviation: 11.8deg to N147.8
4 small-circles defined

SEARCH AREA			MEAN DIP				
azim	pl	cone	strike	dip	n	f	
1	112.2	53.7	30.0	202	38	30	0.83
2	66.5	23.8	17.6	158	66	15	1.06
3	231.2	49.3	23.7	323	40	22	0.61
4	276.3	31.8	22.8	5	55	23	0.98

Total number of data = 90
Number of data unaccounted for = 26

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	13.3	128.8	8.20	16.01	42	197	40	13	1.88	157	69	11	3.10	328	52	1	0.24	358	65	5	2.46
2	13.3	133.8	16.01	21.87	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	12.2	139.9	21.87	30.34	27	253	21	1	0.12	0	0	0	0.00	329	36	8	1.23	8	48	12	2.67
4	11.7	149.6	30.34	32.94	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
5	11.0	150.0	32.94	34.90	8	217	28	4	2.16	155	55	3	2.68	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
6	11.3	157.1	34.90	37.90	5	182	59	1	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	5	62	3	9.38
7	11.5	162.6	37.90	43.36	16	234	47	3	0.68	170	73	1	0.60	321	39	8	1.82	9	58	3	1.26
8	11.7	168.0	43.36	47.92	15	192	40	8	2.19	0	0	0	0.00	320	42	2	0.56	0	0	0	0.00
9	12.4	177.8	47.92	51.17	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
10	13.0	180.5	51.17	51.82	3	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	314	43	3	5.64	0	0	0	0.00

Tabell 2 . Data for definerte soner i borehullet for hver sprekkgruppe (search area).

Zone deviation:

Dev og azimuth - Sonens (borehullets) fallvinkel (fra lodd) og fallretning

Top og base - Sonens topp og bunn langs borehullet

No data - Antall sprekker i sonen

Mean dips and frequencies:

Str - Gjennomsnittlig strøkretning for hver av de definerte gruppene (i sonen)

Dip - Gjennomsnittlig fallvinkel for hver av de definerte gruppene (i sonen)

n - Antall sprekker i hver av de definerte sprekkgruppene (i sonen)

f - Gjennomsnittlig sprekkfrekvens i hver av de definerte sprekkgruppene (i sonen)

Borehole:

Depth range: 1.396 - 52.996m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
2.046	-0.108	0.124	0.629	131.00	15.00
3.046	-0.265	0.330	1.595	134.00	15.00
4.046	-0.409	0.546	2.560	120.00	16.00
5.046	-0.533	0.770	3.526	129.00	14.00
6.046	-0.671	0.979	4.495	122.00	14.00
7.046	-0.799	1.177	5.466	122.00	14.00
8.046	-0.936	1.380	6.435	127.00	13.00
9.046	-1.105	1.558	7.405	132.00	15.00
10.046	-1.238	1.751	8.377	125.00	14.00
11.046	-1.367	1.943	9.349	125.00	13.00
12.046	-1.488	2.144	10.322	122.00	13.00
13.046	-1.629	2.313	11.297	137.00	13.00
14.046	-1.807	2.467	12.269	132.00	14.00
15.046	-1.955	2.635	13.243	125.00	13.00

Tabell 3. Data for borehullsforløp (avvik).

Depth - Dyp langs borehullet

North - Nordkomponent

East - Østkomponent

Down - Vertikalt dyp

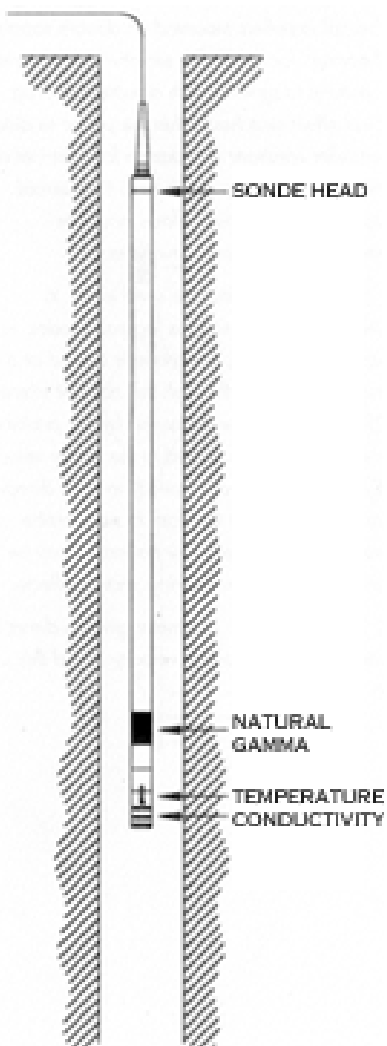
Devaz - Hullets fallretning

Dev - Hullets fallvinkel målt fra lodd.

METODEBESKRIVELSE

LOGGING TEMPERATUR, ELEKTRISK LEDNINGSEVNE, NATURLIG GAMMA.

Måling av temperatur, vannets ledningsevne og naturlig gammastråling kan gi verdifull informasjon ved en rekke undersøkelser. Temperatur benyttes tradisjonelt i varmestrøms-studier og vurdering av energiuttak, men kan også gi verdifull informasjon om vanninnslag knyttet til sprekker i fjell. Vannets ledningsevne er viktig for studie av vannkvalitet, men også her er det mulig å få indikasjoner om vanninnslag fra sprekker. Naturlig gamma-stråling gir informasjon om litologi da forskjellige bergarter har forskjellig innhold av de naturlig forekomne radioaktive elementene uran, thorium og kalium. Temperatur, vannets ledningsevne og gammastråling logges med en og samme sonde, ofte kalt TCN-sonde, med en loggehastighet på 3 m/min. Enhetene for de målte størrelser er henholdsvis grader celsius (°C), mikro-Siemens pr. centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) og tellinger pr. sekund (counts pr second, cps). Produsent er Robertson Geologging Ltd.



Temperatursensoren produserer en elektrisk strøm som er proporsjonal med temperaturen. Selve sonden er plassert i et kammer nederst på sonden hvor vannet strømmer igjennom. Målenøyaktigheten ved RGLs sensor er oppgitt til $\pm 0,5$ °C, men erfaring tilsier at denne kan være bedre. Sondene kan benyttes i temperaturintervallet 0 til 70 °C.

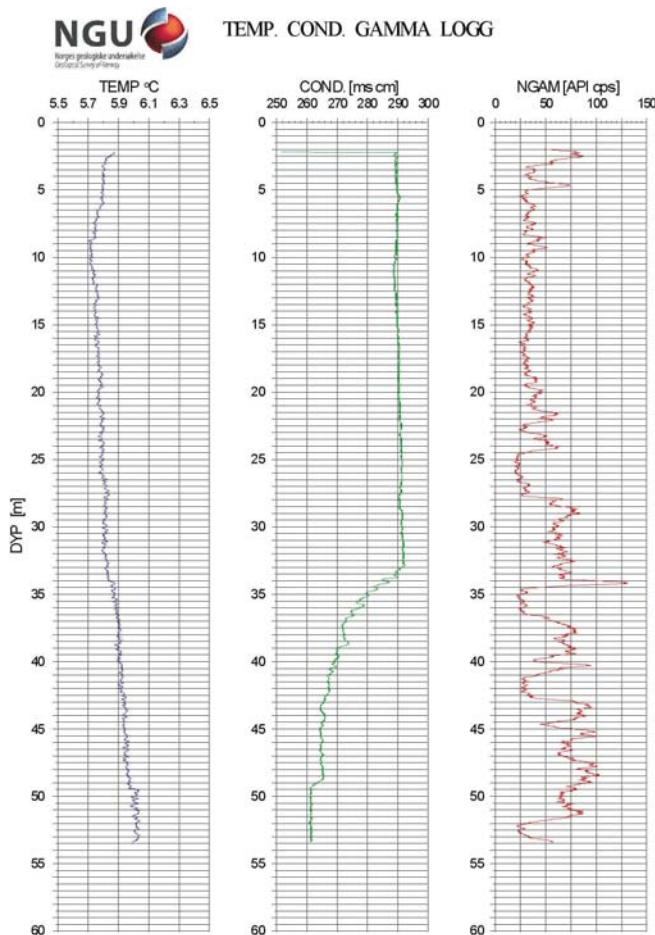
Ledningsevnen i vannet måles ved å måle strømmen i en vannfylt celle. Strømstyrken er avhengig av ledningsevnen og det kan måles i området 50 – 50,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nøyaktigheten er angitt til $\pm 2,5$ % ved 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Naturlig gammastråling måles med en NaI-krystall (sylinder) som måler 50 mm x 25 mm. NGUs utstyr har ikke mulighet til å skille mellom de forskjellige elementene som gir naturlig stråling (U, Th og K). Måleenheten er counts per second API standard (API cps). API er en felles internasjonal standard som sonden er kalibrert etter, slik at målinger med forskjellig utforming kan sammenlignes.

Forandring i vanntemperatur og elektrisk ledningsevne indikerer innstrømning av vann i hullet med andre egenskaper enn i brønnen forøvrig. Dette kan igjen tyde på åpne sprekker. Temperaturgradienten mot dypet har betydning for grunnvarmekapasiteten. Økt ledningsevne betyr økt ioneinnhold i vannet. Lavere ledningsevne kan tyde på innstrømning av overflatevann, da slikt vann vanligvis har noe lavere ioneinnhold enn vann som har oppholdt seg lenge i fjellet. Kravet til drikkevann er en ledningsevne mindre enn 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Figur 1 viser eksempel på logg.

Figur 1: TCN-sonde

Med gammalogg kartlegges den naturlige gammastrålingen (totalstråling) langs borehullet. Forandringer i gammastråling er knyttet til endringer i geologien og den mineralogiske sammensetningen i bergartene. Det er i hovedsak elementene kalium, uran og thorium som gir gammastråling. Mest vanlig er kalium som finnes i feltspat. Feltspat (kalifeltspat) er et mineral som finnes i de vanligste bergartene. Sandstein, f. eks., har liten gammastråling (mye kvarts), mens noen granitter har sterkere stråling da de inneholder feltspat og i enkelte tilfeller uran og thorium. Alunskifer har høy stråling da den inneholder mye uran.



Figur 1. Temperatur-, ledningsevne- og gammalogg fra borehull. Litt høyere temperatur dagnært skyldes påvirkning fra solinnstråling. En svak økning ved 33 m kan skyldes innstrømning av vann med høyere temperatur. En tydelig nedgang i den elektriske ledningsevnen ved samme dyp indikerer det samme. Mest sannsynlig er det overflatevann som strømmer inn gjennom en åpen sprekk. Gammalogg viser stor variasjon fra 20 m. Dette skyldes trolig varierende feltspatinnhold (kalium)

Eksempler på målte verdier er vist i tabell 1.

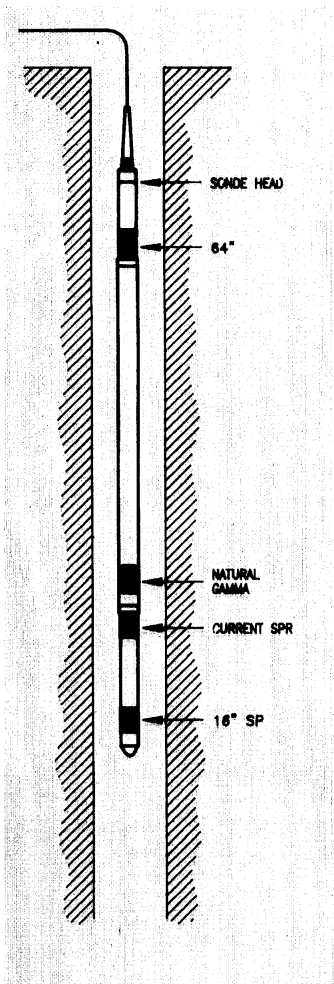
Bergart	Sted	Ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Naturlig gamma (API cps)
Alunskifer	Oslofeltet	1000 – 1300	1000 – 2000
Rombeporfyrr	Oslofeltet	200 – 220	150 – 200
Syenittporfyrr	Oslofeltet	30 – 140	100 – 120
Kalkskifre	Oslofeltet	270 – 600	40 – 80
Sandsteiner	Oslofeltet	180 – 230	30 – 80
Sandstein	Båtsfjord, Finmark	50 - 75	25 - 75
Basalt,	Oslofeltet		15 – 30
Diabas,	Oslofeltet		15 – 20
Gneis, grunnfjell		40 – 350	20 – 100
Monsonittgneis	Leknes, Lofoten	300 – 1000 (saltvann?)	100 - 125
Dioritt, grunnfjell		300 – 350	10 – 20
Grønnstein,	Trondheim	200 – 400	5 – 25
Trondhjemitt	Trondheim	300 – 400	40 – 50
Kvartsdioritt	Nordvestlandet	Saltvannsinntrengning	50 – 100
Granitt/granodioritt	Drag, Nordland	Saltvannsinntrengning	100 - 120
Granitt	Hurdal	250 – 300	130 - 200
Granitt	Fredrikstad	Saltvannsinntrengning	175 - 300
Kalkglimmerskifer	Sulitjelma	100 – 150	50 - 75
Leir- kalkskifer	Hamar	480 - 540	75 - 100

Tabell 1: Eksempler på målte verdier for vannets elektriske ledningsevne og naturlig gammastråling (cps API-standard) fra målinger utført av NGU frem til 2007.

Logging av elektriske motstand (ledningsevne) i borehull.

Spesifikk elektrisk motstand av en bergart er en materialeegenskap med benevnning ohm meter (Ωm). Resistivitet er det navnet som vanligvis brukes for denne egenskapen. Symbolet som brukes er vanligvis rho (ρ) og ofte brukes den inverse størrelsen konduktivitet med benevnningen siemens pr. m (S/m) og symbolet sigma (σ). I dagligtale og rapporter brukes uttrykket "elektrisk motstand" eller bare "motstand" når dette ikke kan misforståes.

Elektrisk motstand (resistivitet), eller den inverse størrelsen elektrisk ledningsevne, kan måles i borehull på tilnærmet samme måte som ved bakkemålinger. Strøm sendes vanligvis ut gjennom to strømelektroder, mens potensialforskjeller måles ved hjelp av to andre elektroder. Ut fra målt strømstyrke, målt potensialforskjell og en geometrisk faktor bestemt av elektrodekonfigurasjonen, kan en elektrisk motstand (resistivitet) beregnes. Som oftest er variasjonen av resistivitet i bergarter så stor at det som måles er en blanding av flere forskjellige virkelige resistiviteter innen målevolumet. Derfor kalles den målte verdien "tilsynelatende resistivitet". Ved målinger i borehull er målevolumet så lite at de målte resistivitetsverdier med god tilnærming ofte kan settes lik de sanne verdier av resistivitet.



Elektrisk motstand kan i prinsippet måles både i løsmasser og fjell. På grunn av at en vanligvis må stabilisere løsmasser med rør av tett plast eller metall, er det ikke mulig å måle resistivitet i borehull gjennom løsmasser med en loggemetode som her omtales. Et plastrør isolerer borehullet elektrisk fra løsmassene omkring mens et stålrør kortslutter den elektriske strømmen slik at den ikke når ut i formasjonen. Dersom et foringsrør av plast perforeres er dette mulig, og i tette plastrør kan en benytte elektromagnetiske målemetoder for bestemmelse av resistivitet.

NGU benytter vanligvis utstyr produsert av Robertsson Geologging Inc. ved sine elektriske borehullslogginger. En prinsippskisse av sonden er vist i figur 1. Strøm sendes ut ved elektrodene kalt SPR og i tillegg benyttes selve loggekabelen som strømelektrode. For å oppnå en god inntrengning i mediet, er loggekabelen isolert i en lengde av 10 meter fra selve sonden. Potensial-forskjeller måles mellom elektrodene merket 16" og 64" og en elektrode som plasseres på bakken. De to målingene kalles vanligvis "Short Normal" (SN) og "Long Normal" (LN). Dette er en såkalt pol/pol-konfigurasjon hvor avstanden mellom de aktive elektrodene er henholdsvis 16" (36 cm) og 64" (160 cm). Ved den korte konfigurasjonen (SN) er det kun volumet i en avstand på ca 10 cm rundt borehullet som påvirker måle-resultatene. Ved LN-konfigurasjonen økes inntregingsdypet til ca 30 cm. Denne sonden kan også utstyres med en sensor for detektering av naturlig radioaktiv stråling. NGUs sonde har ikke denne muligheten.

Figur 1: Resistivitets-sonde.

I tillegg til SN og LN måles også overgangsmotstanden ved sondens strømelektrode (SPR), en størrelse som på engelsk kalles "Single Point Resistance". Denne størrelsen bestemmes av resistiviteten i elektrodens umiddelbare nærhet. I tynne borehull hvor sonden kommer nær borehullsveggen, vil denne størrelsen være følsom for lokale variasjoner (f.eks sprekker) i

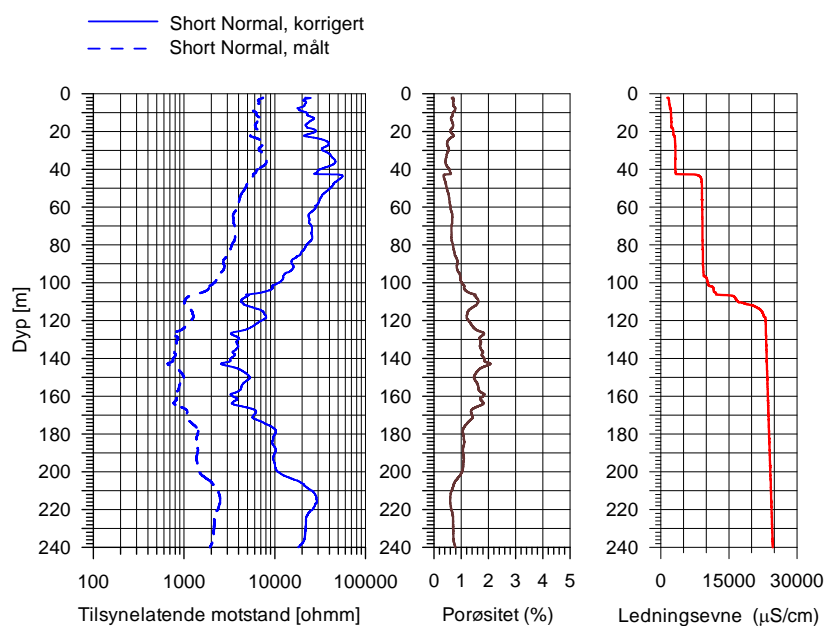
borehullsveggen. Dersom en måler i borebrønner hvor diameteren kan være 13 – 15 cm, utviskes denne effekten.

Den målte tilsynelatende resistiviteten påvirkes av borehullets diameter, sondens størrelse og den elektriske ledningsevnen i vannet i borehullet. Dersom en har tilgang på loggedata som viser variasjoner i borehullets diameter (caliper-logg) og målt elektrisk ledningsevne i vannet (Fluid conductivity), kan en korrigere for disse parametrene (Thunehead & Olsson 2005). Dersom caliper-logg mangler, kan en likevel gjøre visse korreksjoner ved å anta at borehullet har konstant diameter.

Ut fra beregnet elektrisk resistivitet i en bergart (ρ_a) og målt elektrisk resistivitet i porevannet (ρ_w) kan porøsiteten (Φ) i en bergart beregnes (Archie 1942). En modifisert variant av denne sammenhengen kan uttrykkes ved hjelp den inverse størrelsen, elektriske ledningsevnen ($\sigma = 1/\rho$, $\sigma_w = 1/\rho_w$) (Thunehead & Olsson 2005):

$$\sigma = a \cdot \sigma_w \cdot \Phi^m + \sigma_s \quad (1)$$

der konstanten a blir kalt "kornformfaktor" og konstanten m "sementeringsfaktor". Størrelsen σ_s utgjør en nødvendig korreksjon for elektrisk ledningsevne på mineralenes overflate. I tilfeller hvor en har godt ledende mineraler (sulfider, oksyder og leirmineraler) kan denne faktoren være dominere, og muligheter for å beregne porøsitet faller bort. Archies lov ble opprinnelig utledet for sandstener, og i prinsippet må faktorene a og m bestemmes for hver enkelt bergart for å kunne gi gode estimat av porøsiteten. Måling av resistivitet og porøsitet på prøver av metamorft grunnfjell i Sverige har vist at en kan etablere en sammenheng mellom bergartens elektriske ledningsevne og porøsitet ved å sette størrelsene a , m og σ_s til henholdsvis 1,92 – 1,1 og 10^{-5} (Thunehead & Olsson 2005). En kan benytte tilsvarende verdier for norsk grunnfjell, men da må en kun se på beregnet porøsitet som en relativ størrelse ved at verdiene avspeiler variasjonen av porøsitet langs borehullet.



Figur 2: Eksempel på målt og korrigert resistivitetslogg og beregnet porøsitet. Kurve til høyre viser variasjonen i vannets elektriske ledningsevne (inngår i beregningene).

Internasjonal litteratur viser at resistiviteten i forskjellige bergarter kan variere betydelig (Tabell 1). Ut fra NGUs målinger både på bakken og i borehull får en fått et klarere bilde av verdier for norske bergarter (tabell 2).

Vulkanske og metamorfe bergarter	Resistivitet (Ωm)	Sedimentære bergarter	Resistivitet (Ωm)
Granitt	300 – 1 000 000	Skifre	20 – 2 000
Syenitt	100 – 1 000 000	Konglomerat	2 000 – 10 000
Dioritt	10 000 – 100 000	Sandstein	1 – 640 000 000
Diabas	20 – 50 000 000	Kalkstein	50 – 10 000 000
Gabbro	1000 – 1 000 000	Dolomitt	350 – 5 000
Basalt	10 – 13 000 000		
Hornfels	8 000 – 60 000 000		
Grafittskifer	10 – 100		

Tabell 1: Resistivitet på utvalgte bergarter (Fra Telford & al. 1984).

Bergart	Resistivitet, massiv (Ωm)	Resistivitet oppsprukket (Ωm)
Grunnfjellsbergarter, Gneiser, granitter o.l	4 000 – 50 000	500 – 5 000
Dekkebergarter i Trøndelag, grønnstein, skifre	3 000 – 10 000	200 – 3 000
Oslofeltet, rombeporfyr	3000 – 15 000	1000 – 4000
Oslofeltet, syenitt	3 000 – 30 000	300 – 3 000
Oslofeltet, Syenittporfyr	10 000 – 30 000	3000 – 10000
Oslofeltet, leirskifer, kalkskifer og knollekalk	300 – 3 000	30 – 200
Oslofeltet, sandstein, breksje, konglomerat	700 – 1200	
Oslofeltet, alunskifer	10 – 20	

Tabell 1: Resistivitet på utvalgte norske bergarter målt av NGU ved bakke- og borehullsmåling.

Referanser:

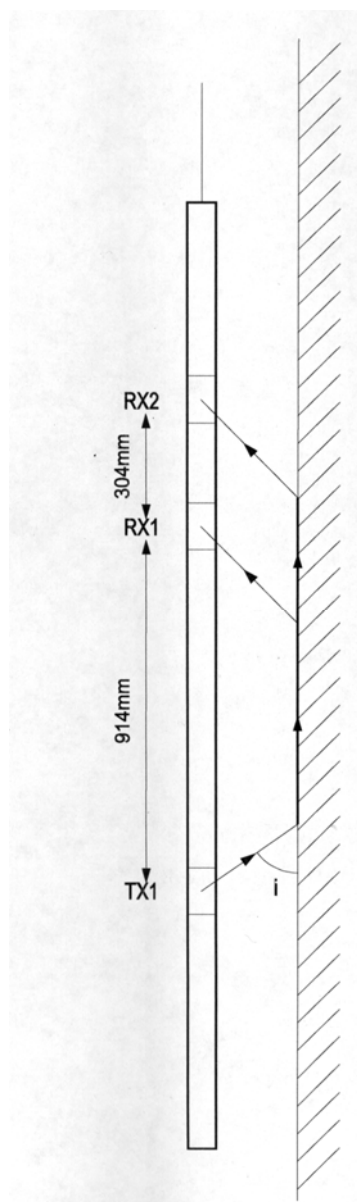
Archie, G.E. 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics: *Petroleum Technology*, 5, 1422 – 1430.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. & Keys, D.A. 1984: *Applied Geophysics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Thunehead, H. & Olsson, O. 2005: Borehole Corrections for a Thick Resistivity Probe. *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, Vol. 9, Issue 4, pp. 217- 224.

Akustisk logging av borehull.

Bruk av lydølger for å måle hastighet av seismiske bølger i borehull kalles vanligvis akustisk logging, men noen bruker navnet Sonisk logging om det samme. Hensikten med en akustisk logging av borehull er å bestemme formasjonens seismiske hastighet, P- og S-bølgehastighet. For bergarter er dette relativt greit, men for løsmasser er det i praksis veldig vanskelig å logge seismiske hastigheter bl.a. på grunn av at signalet som kommer frem til mottakerne er for svakt. Seismisk hastighet angis i meter pr. sekund (m/s) eller kilometer pr. sekund (km/s).



En prinsippskisse av en akustisk sonde er vist i figur 1. Høyfrekvente lydølger (23 kHz) genereres i senderenheten (TX1) av et piezo-elektrisk keramisk element. Bølgerne brer seg gjennom borehullsvannet, og ved borehullsvæggen brytes disse kritisk og går videre i bergarten langs veggene i borehullet. Energien spres tilbake til to mottagere som er montert 91,4 og 112,8 cm fra senderen. Med dette oppsettet kan lydølgerhastigheten langs borehullsvæggen bestemmes, uavhengig av hastigheten i borehullsvæsken. For å hindre at lyden kommer frem fortere langs sonden, er det lagt inn materiale som demper og forsinker signalene gjennom denne. Avstanden mellom de to mottagerne er valgt ut ved å veie økt oppløsning en kan oppnå ved stor avstand mot redusert signalstyrke når avstanden øker. På grunnlag av dette har en valgt 30,4 cm (1 fot). Under normale forhold foretas en måling pr. cm, og med den korte avstanden mellom mottagerne gir dette en meget god oppløsning i seismiske hastigheter langs borehullsvæggen.

Hele bølgeet registreres digitalt. Ankomsten av P-bølgen detekteres automatisk og forskjell i gangtid til de to detektorene brukes for videre beregninger. Ved å beregne forskjell i gangtid for den først ankomne P-bølge og dividere denne med avstanden mellom mottagerne, blir den inverse størrelsen av P-bølgehastigheten ("Slowness") beregnet. Denne kan plottes direkte på papir under måleprosessen. Målingene forutsetter at avstanden fra borehullsvegg til de to mottagerne er den samme, og sonden må derfor sentraliseres i borehullet.

Figur 1: Skisse av målesonde.

Ved en mer avansert prosessering kan en beregne P- og S-bølgehastigheter ved å plukke førsteankomst for P- og S-bølgen. Dette gjøres delvis manuelt direkte fra bølgetogene i et eget full analyse program, WelCad (ALT). En benytter da Full Wave Form data som registreres for hver 20. cm.

Seismiske hastigheter i forskjellig geologisk materiale varierer, og nedenfor er vist noen eksempler.

Jordarter	P-bølgehastighet (m/s)	Bergarter, ikke oppsprukket	P-bølgehastighet (m/s)
Torv	150 – 500	Sandstein	3000 – 3500
Leire (tørr)	600 – 1200	Kalkstein	4000 – 6000
Sand (tørr)	400 – 900	Dolomitt	2500 – 6500
Grus (tørr)	400 – 1000	Kvartsitt	5500 – 6000
Morene (tørr)	400 – 1600	Granitt	4800 – 5500
Leire (vannmettet)	1200 – 100	Gneis	4700 – 5800
Sand (vannmettet)	1400 – 1800	Diabas	5700 – 6500
Grus (vannmettet)	1400 – 1900	Gabbro	6200 – 6700
Morene (løs)	1500 – 1900	Ultramafisk	6500 – 7500
Morene (hard)	1900 – 2800	Oppsprukket fjell	< 4000

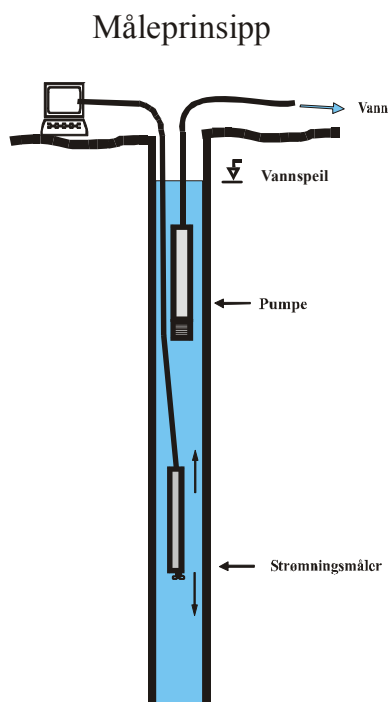
Tabell 1: P-bølgehastighet i noen geologiske materialer. Data er hentet fra norske erfaringer (NGU og Geomap). Oppsprekning av bergarten og leiromvandling vil kunne redusere hastighetene betydelig.

METODEBESKRIVELSE FOR STRØMNINGSMÅLING I BOREHULL

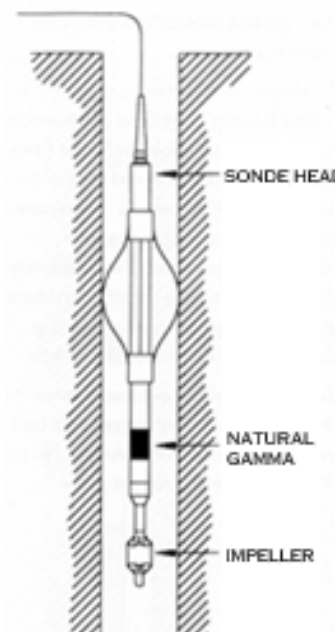
Strømningsmåling i borehull brukes til å kartlegge vertikal vannstrøm i borebrønner og variasjoner av denne vannstrømmen. Ut fra den kartlagte vannstrømmen kan en bestemme hvor i borehullet vann strømmer inn. Dette er viktige grunnlagsdata for forundersøkelser for tunneldrift, grunnvannsbrønner og grunnvarmebrønner.

Strømningsmåling må vanligvis utføres samtidig med pumping. Dersom brønnen er artesisk, kan en få informasjon om vanninnslag uten pumping. Vann trekkes fra vannførende sprekker som gir en strømming oppover i brønnen. Strømningsmåleren måler hastigheten på denne vannstrømmen og består av en propell som roterer med en hastighet som er proporsjonal med vannstrømmen. Vannstrømmen angis vanligvis med et rotasjonstall, runder pr. minutt (RPM). Sonden kan kalibreres slik at en kan kvantifisere strømmingen, noe som forutsetter at sonden står sentralt i hullet og at strømningsprofilen er kjent.

Målingene kan utføres statisk ved at sonden står i bestemte posisjoner hvor vannstrømmen måles f. eks. over og under en sprekk. Dynamiske målinger foretas ved at sonden senkes og heves i borehullet med konstant hastighet. Figur 1 viser måleprinsipp ved dynamiske målinger. Figur 2 viser målesonde.



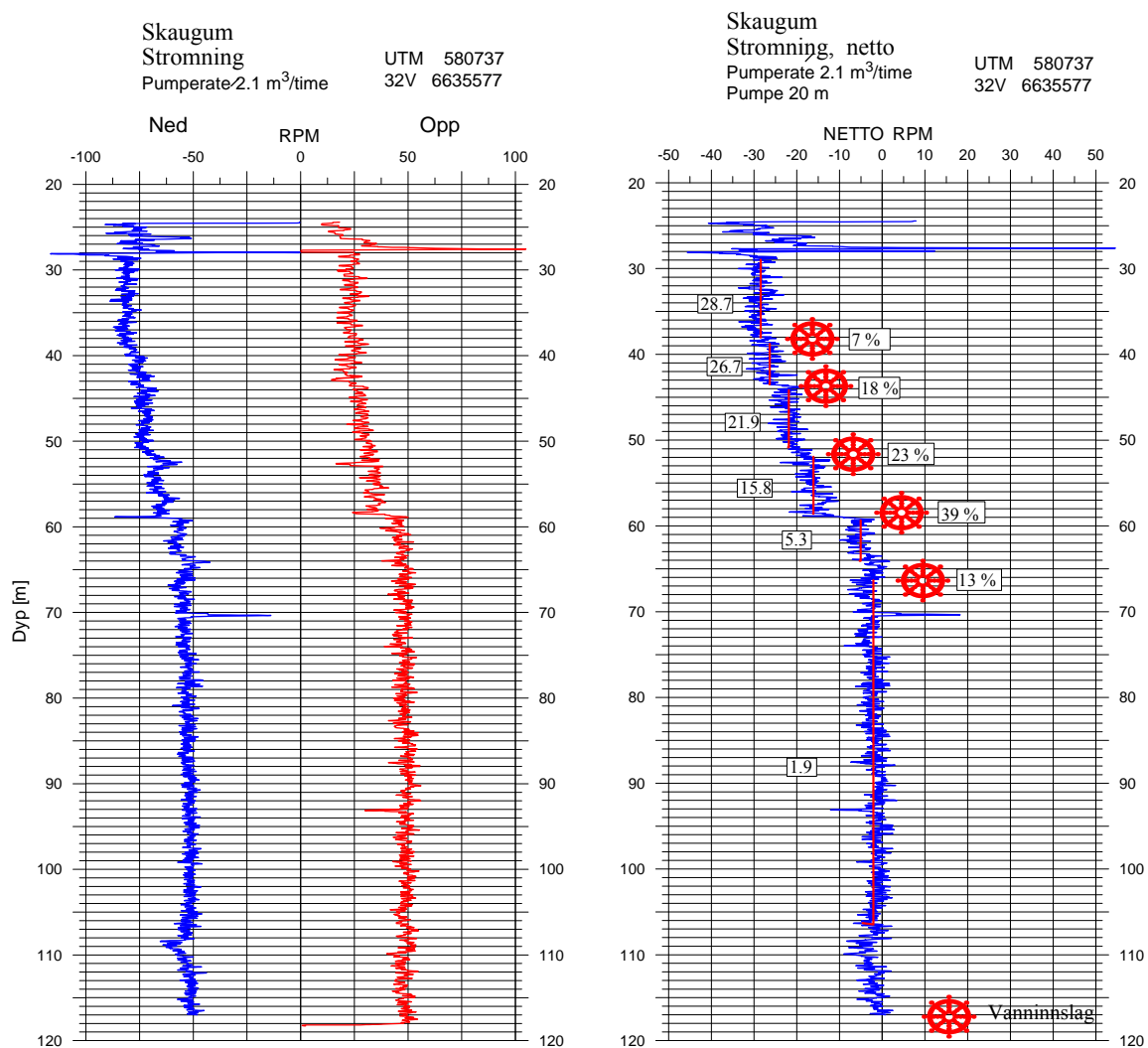
Figur 1. Måleprinsipp for strømningsmåling i borehull. Pumpen er plassert øverst i borehullet og pumper med en konstant vannmengde tilnærmet brønnens kapasitet. Strømningsmåleren kjøres opp og ned i borehullet. Den kan også stå i ro på bestemte dyp. I begge tilfeller registreres propellens turtall.



Figur 2. Målesonde for strømningsmåling (ikke gamma på NGUs sonde).

Ved å bearbeide data etter gitte prosedyrer kan et kontinuerlig strømningsprofil nedover borehullet beregnes. På grunn av at propellen har en viss oppstartsfriksjon, gir dynamiske målinger det beste resultatet. Målingene forutsetter selvsagt en viss strømning noe som oppnås enten ved at brønnen er artesisisk, eller ved at målingene kombineres med pumping av borehullet.

Resultatene presenteres som rotasjonstill (rpm-logg) opp og ned langs hele hullet eller som punktvis rpm-logg (stasjonær måling). Ved å ta differansen mellom opp og ned fjernes bidraget fra sondens hastighet, og en får netto rotasjonstill som avspeiler vannstrømmen. Endringer i rpm betyr endringer i strømningshastigheten og dermed vanninnstrømning i borehullet. Ved stasjonær måling får en netto rpm direkte. Figur 4 viser eksempel på strømningslogg ned og opp samt netto strømning (dynamisk måling).



Figur 2. Eksempel på strømningslogg fra borehull, dynamisk måling. Registrert RPM ned og opp er vist til venstre, mens netto RPM er vist til høyre. Stor endring i RPM ved ca 36 m dyp betyr innstrømning av vann i borehullet. Mindre endring ved ca 110 m tyder på en mindre innstrømning ved dette dyp.

Noen standard vanngiverevne for brønner i forskjellige bergarter er ikke mulig å angi. En brønns vanngiverevne er vanligvis avhengig av hvor mye oppsprukket bergarten er og om disse sprekkene er åpne for vannstrømning.

METODEBESKRIVELSE, VANNKVALITETSSONDE

Vannkvalitetssonden har syv sensorer som logger samtidig. Sonden er basert på industristandarden Ocean Seven 303 og sensorene er produsert av det italienske firmaet Idronaut Srl. Selve sonden er produsert av Robertson Geologging Ltd. Figur 1 viser et bilde av sondehodet med de forskjellige sensorene.

Vannkvalitetssonden har følgende sensorer :

- Temperatur** - høyoppløselig temperatursonde
- Ledningsevne** - måler ledningsevne i vann.
- Trykk** - måler vanntrykk, (meter vannsøyle)
- Oksygen** - måler oppløst oksygen i vann.
- pH** - måler pH i vannet kontinuerlig.
- Redox (Eh)** - måler redokspotensialet i vann
- Nitrat** - måler NO₃ innhold,

Parameter	Måleområde	Nøyaktighet	Oppløsning	Tidskonstant
Trykk	0 – 2000 dbar	0.05 %	0.0015 %	50 ms
Temperatur	-1 – 50 °C	0.00 5 °C	0.001 °C	50 ms
Ledningsevne				
Saltvann	0 – 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm	50 ms
Ferskvann	0 – 6400 µS/cm	1 µS/cm	0.1 µS/cm	50 ms
Oppløst oksygen	0 – 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm	3 s
PH	0 – 14 pH	0.01 pH	0.001 pH	3 s
Redoks potensial	+/- 1000 mV	1 mV	0.1 mV	3 s
Nitrat, NO ₃	0 – 100 mg/l			



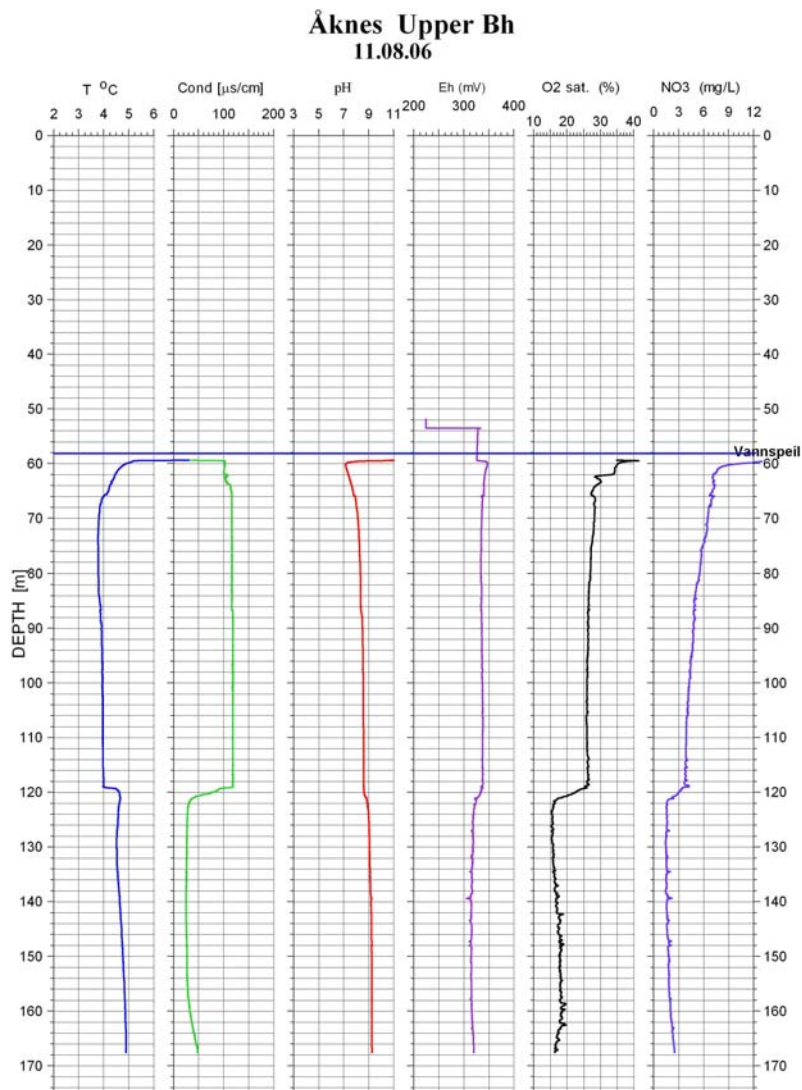
Figur 1.

Bildet viser vannkvalitetssonden med de forskjellige sensorene. Måling forgår med en konstant hastighet på 3 m/min. Sonden brukes sammen med det øvrige loggeutstyret fra Robertson Geologging, RG vinsjer, micrologger og Winlogger software.

Vannkvalitetssonden gir meget stabile og nøyaktige temperaturdata. Nøyaktige temperaturmålinger i borehull er viktig i f.eks klimaforskning, kartlegging av varmestrøm, grunnvarme og vannførende sprekkesoner i borehull. Vannets elektriske ledningsevne er viktig for å studere vannkvalitet, men er også viktig for å kartlegge vannførende sprekker.

Vanntrykket, eller meter vannsøyle, er viktig når en skal beregne vertikale temperaturgradienter dersom en ikke har nøyaktige avviksmålinger av hullet.

pH, Eh, O₂ og NO₃ er alle parametere som har betydning for vannkvalitet og vannkjemi ved for eksempel kartlegging av forurenset grunnvann. Ellers kan disse parametrene også bidra i kartlegging av vannførende sprekker og vannstrømning i borehull. Figur 2 viser eksempel på logg gjort med vannkvalitetssonden. En ser at alle parametrene endres tydelig ved 120 m dyp. I dette tilfellet er det strømning nedover i hullet, og vann strømmer ut av hullet ved dette dyp. Dermed endres vannets egenskaper under sprekken.



Figur 2. Eksempel på vannkvalitetslogg.

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips
K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Storengveien 53**

zone from 1.441 to 80.609 m

North ref is magnetic

Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth Dev	Thickness	
1	79.471	N137	87.6	0.958	4	B	2	79.227	79.715	0.140	327.00 13.85	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
2	78.736	N139	79.3	0.892	5	D	2	78.567	78.905	0.140	326.02 11.92	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
3	78.074	N139	77.4	0.977	4	A	2	77.925	78.223	0.140	327.00 12.70	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
4	77.451	N068	21.7	0.987	4	A	2	77.421	77.481	0.140	328.28 13.34	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
5	75.011	N129	77.3	0.990	4	A	2	74.839	75.183	0.140	330.52 10.21	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
6	71.781	N311	62.4	0.976	5	A	2	71.585	71.978	0.140	332.00 8.54	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
7	67.858	N059	41.7	0.945	5	C	2	67.791	67.924	0.140	339.18 7.38	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
8	65.993	N128	34.3	0.959	4	B	2	65.957	66.029	0.140	342.00 9.24	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
9	65.674	N109	41.1	0.999	4	A	2	65.623	65.726	0.140	344.00 9.30	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
10	65.633	N142	28.1	0.981	4	A	2	65.608	65.658	0.140	344.16 9.19	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
11	65.466	N112	69.2	0.962	5	B	2	65.323	65.610	0.140	346.59 9.20	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
12	65.140	N053	56.1	0.934	5	C	2	65.018	65.261	0.140	347.95 8.60	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
13	63.963	N115	66.5	0.926	6	C	2	63.834	64.091	0.140	348.52 9.01	0.0159	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
14	63.923	N114	66.3	0.983	4	A	2	63.795	64.051	0.140	348.00 9.07	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
15	63.582	N147	29.1	0.905	4	C	2	63.554	63.609	0.140	350.21 8.35	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
16	62.836	N297	41.6	0.967	7	B	2	62.765	62.907	0.140	359.96 7.55	0.0183	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
17	62.812	N296	43.0	0.965	6	B	2	62.736	62.887	0.140	358.47 7.71	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
18	62.599	N146	32.7	0.927	4	C	2	62.565	62.633	0.140	357.24 8.26	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
19	62.357	N305	48.9	0.900	5	D	2	62.259	62.456	0.140	356.41 8.59	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
20	61.445	N134	40.0	0.940	5	C	2	61.398	61.492	0.140	356.33 8.96	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
21	60.998	N148	26.6	0.988	4	A	2	60.974	61.023	0.140	0.23 9.27	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
22	60.883	N126	38.3	0.973	4	B	2	60.836	60.929	0.140	0.09 9.04	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
23	60.405	N219	19.6	1.000	3	A	2	60.389	60.422	0.140	3.73 9.18	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
24	60.230	N154	37.0	0.975	4	A	2	60.191	60.269	0.140	2.14 9.25	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
25	59.910	N158	25.5	0.951	4	B	2	59.887	59.932	0.140	4.55 9.09	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
26	52.660	N147	26.3	1.000	3	A	2	52.627	52.694	0.140	44.47 7.98	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
27	49.739	N161	20.0	0.930	5	C	2	49.716	49.762	0.140	48.00 8.53	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
28	44.232	N135	38.3	1.000	4	A	2	44.165	44.299	0.140	70.10 11.01	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
29	44.155	N142	59.3	0.964	4	B	2	44.013	44.298	0.140	72.90 11.05	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
30	42.994	N297	12.8	0.989	4	A	2	42.981	43.006	0.140	70.13 12.28	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
31	42.049	N134	29.8	0.973	5	B	2	41.996	42.102	0.140	73.53 12.06	0.0985	Fracture Planar Weathered Fracture-zone
32	41.938	N130	23.7	1.000	3	A	2	41.894	41.983	0.140	75.00 12.30	0.0000	Fracture Planar Weathered Fracture-zone
33	41.769	N221	9.4	1.000	3	A	2	41.760	41.778	0.140	76.63 12.45	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
34	40.426	N142	34.4	0.981	5	A	2	40.363	40.488	0.140	78.00 13.55	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein

35	40.046	N125	16.5	0.984	5 A	2	40.009	40.083	0.140	80.00	13.80	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
36	40.027	N130	14.3	0.989	4 A	2	39.994	40.060	0.140	80.20	13.88	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
37	33.172	N131	45.2	0.993	5 A	2	33.053	33.292	0.140	83.00	19.46	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
38	27.551	N138	39.8	0.958	5 B	2	27.435	27.667	0.140	87.00	25.64	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
39	25.696	N242	70.0	0.954	5 B	2	25.625	25.767	0.140	87.00	28.04	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
40	25.627	N242	72.1	0.990	4 A	2	25.551	25.704	0.140	88.19	28.11	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
41	24.835	N135	46.6	1.000	3 A	2	24.864	25.012	0.140	87.00	28.65	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
42	23.039	N228	78.4	0.986	4 A	2	22.930	23.149	0.140	88.95	29.47	0.0000	Fracture Irregular Fresh Hairline-fracture
43	22.085	N118	47.7	0.982	4 A	2	21.987	22.332	0.140	87.00	29.53	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
44	21.554	N303	82.3	0.975	7 A	2	21.437	21.670	0.140	88.00	29.31	0.0038	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
45	21.525	N301	82.6	0.975	6 A	2	21.409	21.640	0.140	87.51	29.45	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
46	18.941	N222	86.5	0.953	5 B	2	18.790	19.091	0.140	86.07	30.77	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
47	18.486	N216	88.1	0.972	6 B	0	18.313	18.660	0.140	82.98	30.40	0.9676	Intrusion Irregular Bedding
48	18.109	N114	30.6	0.985	4 A	2	18.069	18.221	0.140	81.56	30.06	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
49	17.758	N101	19.6	0.955	5 B	2	17.676	17.840	0.140	79.41	30.83	0.0413	Fracture Irregular Fresh Open-fracture
50	17.714	N126	17.0	1.000	3 A	2	17.647	17.781	0.140	78.54	30.74	0.0000	Fracture Irregular Fresh Open-fracture
51	17.480	N290	71.8	0.984	4 A	2	17.404	17.555	0.140	78.00	30.56	0.0000	Fracture Irregular Fresh Hairline-fracture
52	17.314	N333	64.8	1.000	3 A	2	17.311	17.443	0.140	76.93	30.67	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
53	17.281	N310	59.1	1.000	3 A	2	17.212	17.324	0.140	77.43	30.59	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
54	17.019	N043	86.1	0.801	4 D	0	16.864	17.173	0.140	64.19	30.48	0.0000	Intrusion Irregular Bedding
55	16.855	N290	51.8	0.951	4 B	2	16.789	16.922	0.140	48.83	30.18	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
56	15.982	N207	78.0	0.973	4 A	2	15.892	16.085	0.140	348.27	30.32	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
57	15.650	N061	83.6	0.992	4 A	2	15.333	15.494	0.140	9.27	30.43	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
58	14.903	N158	28.6	0.985	4 A	2	14.898	14.907	0.140	330.61	29.76	0.0000	Casing

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips
 K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Storengveien 30**
 zone from 1.335 to 79.074 m
 North ref is magnetic
 Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well deviation Dev	Thickness		
	1	32.079	N148	24.2	1.000	3	A	2	32.018	32.140	0.145	137.05	15.99	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
	2	31.537	N114	5.4	0.984	4	A	2	31.510	31.564	0.145	136.88	15.56	0.0000	Fracture Irregular Fresh Hairline-fracture
	3	31.122	N165	9.7	1.000	3	A	2	31.090	31.156	0.145	137.18	16.31	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized Hairline-
fracture	4	30.973	N115	41.5	0.922	6	C	2	30.860	31.085	0.145	136.83	16.69	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	5	29.154	N295	75.6	0.965	5	B	2	29.033	29.275	0.145	133.00	17.47	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	6	28.965	N112	86.3	0.934	4	C	2	28.626	29.305	0.145	134.31	17.00	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Calcite-vein
	7	27.875	N121	56.4	0.996	4	A	2	27.637	28.113	0.145	136.00	17.13	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	8	27.282	N312	72.6	1.000	3	A	2	27.177	27.387	0.145	135.98	17.23	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	9	26.943	N178	11.5	1.000	3	A	2	26.906	26.981	0.145	135.75	17.70	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	10	26.920	N103	33.6	1.000	3	A	2	26.836	26.915	0.145	136.00	17.66	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized Hairline-
fracture	11	26.402	N311	71.5	0.977	4	A	2	26.305	26.500	0.145	135.42	18.13	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	12	26.111	N318	68.2	0.957	4	B	2	26.025	26.196	0.145	136.00	18.48	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	13	25.658	N202	17.9	0.986	4	A	2	25.615	25.700	0.145	135.54	18.45	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	14	24.998	N294	68.4	0.935	4	C	2	24.909	25.087	0.145	135.34	19.08	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	15	24.970	N190	10.4	1.000	3	A	2	24.935	25.006	0.145	135.00	19.03	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	16	24.526	N186	32.2	1.000	3	A	2	24.449	24.603	0.145	136.00	19.30	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	17	24.363	N021	9.5	1.000	3	A	2	24.340	24.386	0.145	136.36	19.24	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
	18	24.086	N299	73.4	0.981	4	A	2	23.983	24.189	0.145	136.19	19.56	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
	19	23.624	N149	16.8	1.000	3	A	2	23.570	23.678	0.145	136.00	20.20	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
	20	22.616	N022	45.2	1.000	3	A	2	22.555	22.670	0.145	136.70	21.19	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
	21	22.564	N038	28.0	0.922	4	C	2	22.518	22.609	0.145	136.00	21.30	0.0000	Fracture Irregular Fresh Open-fracture
	22	22.325	N199	17.6	0.973	4	A	2	22.278	22.372	0.145	135.00	21.71	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	23	20.456	N163	18.0	0.940	4	C	2	20.400	20.513	0.145	133.51	21.25	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	24	20.182	N078	18.7	1.000	3	A	2	20.130	20.234	0.145	134.00	21.76	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	25	20.017	N214	12.4	1.000	3	A	2	19.981	20.054	0.145	133.73	21.96	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	26	19.958	N059	25.8	0.947	4	B	2	19.902	20.014	0.145	133.00	21.88	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	27	18.427	N136	76.9	1.000	4	A	2	18.039	18.814	0.145	136.00	23.75	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Calcite-vein
	28	17.965	N320	75.2	1.000	3	A	2	17.875	18.054	0.145	136.00	24.26	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Calcite-vein
	29	15.693	N067	15.9	1.000	3	A	2	15.643	15.743	0.145	135.76	25.84	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
	30	9.427	N159	13.5	1.000	3	A	2	9.363	9.490	0.145	135.00	28.51	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein

RGLDIPv6.2 OPTV results

NGU Rapport 2008.065
 Databilag 1 side 3

K = 0: Stratigraphic dips
 K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Løkkeveien**

zone from 1.441 to 68.840 m

North ref is magnetic

Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth	Dev	Thickness	
1	67.392	N140	83.6	0.921	5	C	0	67.212	67.572	0.145	84.00	52.84	0.0000	Primary-structure Irregular Lithological-banding
2	66.175	N107	29.7	0.934	5	C	2	65.766	66.584	0.145	85.00	51.98	0.0000	Fracture Irregular Fresh Open-fracture
3	65.995	N127	35.3	0.827	4	D	2	65.546	66.444	0.145	85.00	52.35	1.0157	Vein Discontinuous
4	63.942	N134	85.5	0.923	5	C	2	63.807	64.077	0.145	85.00	52.37	0.0000	Vein Discontinuous
5	63.218	N120	65.1	0.995	5	A	2	63.006	63.431	0.145	84.55	51.96	0.4051	Vein Irregular
6	61.567	N146	87.2	1.000	3	A	2	61.366	61.768	0.145	84.00	52.20	0.0000	Vein Irregular
7	61.263	N130	80.7	0.980	5	A	2	61.120	61.406	0.145	84.66	52.27	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
8	57.789	N309	80.0	0.978	5	A	2	57.706	57.873	0.145	84.00	52.54	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
9	55.040	N314	65.4	0.999	4	A	2	54.968	55.113	0.145	83.11	53.35	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
10	54.909	N278	86.0	0.915	4	C	2	54.858	54.961	0.145	83.27	53.50	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
11	54.731	N313	79.0	0.960	5	B	2	54.641	54.821	0.145	84.00	53.38	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
12	54.183	N317	64.5	0.994	4	A	2	54.106	54.259	0.145	84.00	53.42	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
13	48.038	N307	39.3	1.000	3	A	2	47.989	48.068	0.145	83.15	54.41	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
14	47.702	N216	74.4	0.977	4	A	2	47.625	47.779	0.145	83.24	54.57	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
15	47.417	N326	65.4	0.928	4	C	2	47.315	47.518	0.145	83.00	54.74	0.0000	Fracture Irregular Fresh Hairline-fracture
16	47.199	N222	58.9	0.998	4	A	2	47.140	47.258	0.145	88.67	53.13	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
17	46.876	N214	70.5	0.982	5	A	2	46.803	46.949	0.145	82.20	55.29	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
18	46.829	N216	71.0	0.953	4	B	2	46.759	46.900	0.145	82.35	55.31	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
19	45.684	N111	59.1	0.900	5	D	2	45.476	45.891	0.145	84.00	54.88	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized
20	45.256	N133	55.0	0.992	4	A	2	44.608	45.903	0.145	84.00	54.85	0.0683	Fracture Discontinuous Mineralized
21	45.136	N132	55.6	0.934	5	C	2	44.557	45.714	0.145	83.41	54.98	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized
22	44.021	N113	60.3	0.980	6	A	2	43.824	44.218	0.145	86.49	54.41	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Calcite-vein
23	43.249	N098	73.2	0.954	5	B	2	43.152	43.346	0.145	84.05	55.07	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
24	43.100	N213	68.2	0.908	4	C	2	43.022	43.179	0.145	84.91	54.89	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
25	43.009	N217	71.4	0.944	4	C	2	42.935	43.082	0.145	84.75	55.16	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
26	39.119	N260	80.3	0.934	4	C	2	39.086	39.152	0.145	84.54	56.24	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
27	39.029	N260	82.9	0.960	4	B	2	38.992	39.067	0.145	85.00	56.07	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
28	38.760	N097	65.2	0.980	6	A	2	38.636	38.884	0.145	84.29	56.32	0.0149	Fracture Planar Mineralized
29	38.724	N096	66.1	0.977	6	A	2	38.605	38.843	0.145	84.00	56.35	0.0000	Fracture Planar Mineralized
30	38.045	N050	65.0	0.907	6	C	2	37.880	38.211	0.145	83.99	56.82	0.0756	Fracture Discontinuous Mineralized
31	37.836	N031	73.1	0.968	6	B	2	37.636	38.037	0.145	83.19	57.56	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized
32	37.363	N096	80.2	0.846	5	D	2	37.293	37.433	0.145	84.66	57.33	0.0294	Fracture Discontinuous Mineralized
33	37.221	N084	76.0	0.889	4	D	2	37.145	37.298	0.145	84.00	57.40	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized
34	36.001	N130	58.9	0.921	4	C	2	35.682	36.319	0.145	84.00	57.08	0.0000	Fracture Irregular Mineralized
35	35.079	N305	76.8	0.972	5	B	2	35.015	35.144	0.145	84.00	57.59	0.0000	Fracture Irregular Mineralized
36	34.148	N293	86.3	0.980	6	A	2	34.088	34.207	0.145	84.03	57.93	0.0000	Fracture Planar Mineralized
37	27.851	N143	35.2	0.949	6	B	2	27.619	28.265	0.145	83.00	59.07	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized
38	27.749	N134	64.3	0.936	7	C	2	27.494	27.895	0.145	83.89	58.98	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized
39	27.403	N159	28.2	0.950	8	B	2	27.214	27.591	0.145	83.00	59.05	0.0000	Fracture Irregular Mineralized
40	25.800	N127	88.0	0.942	6	C	2	25.669	25.931	0.145	73.00	58.79	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
41	25.582	N289	88.7	0.922	4	C	2	25.498	25.667	0.145	67.16	58.88	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
42	25.183	N269	86.2	0.942	5	C	2	25.104	25.263	0.145	47.24	59.08	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
43	23.556	N160	49.4	0.908	6	C	2	23.311	23.802	0.145	141.79	58.99	0.0000	Fracture Irregular Mineralized
44	23.058	N231	55.5	0.993	5	A	2	23.055	23.062	0.145	51.49	58.49	0.0000	

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips

K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Njålsveien**

zone from 1.441 to 42.532 m

North ref is magnetic

Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth	Well deviation Dev	Thickness	
1	30.396	N126	56.8	0.993	4	A	2	30.260	30.533	0.145	117.00	61.74	0.0359	Fracture Irregular Mineralized
2	30.329	N121	59.0	0.964	5	B	2	30.206	30.452	0.145	117.00	61.64	0.0000	Fracture Irregular Mineralized
3	27.148	N115	45.1	0.993	4	A	2	26.900	27.396	0.145	109.00	61.38	0.0732	Fracture Irregular Fresh Open-fracture
4	27.040	N115	50.0	0.966	5	B	2	26.852	27.227	0.145	107.05	61.54	0.0000	Fracture Irregular Fresh Open-fracture
5	26.655	N241	80.0	1.000	3	A	2	26.597	26.715	0.145	98.72	61.50	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Open-fracture
6	24.172	N084	56.1	0.981	4	A	2	24.165	24.178	0.145	265.38	60.83	0.0000	Casing
7	2.338	N018	29.9	0.984	4	A	2	2.295	2.380	0.145	210.82	58.76	0.0000	Vannspeil

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips
K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Nordraaks vei 13** zone from 69.899 to -1.251 m
North ref is magnetic
Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well deviation Dev	Thickness		
	1	44.921	N148	88.9	1.000	3	A	2	44.879	44.963	0.145	315.00	61.33	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	2	41.808	N293	41.3	1.000	3	A	2	41.420	42.195	0.145	315.18	61.95	0.0000	Fracture Irregular Clayey Open-fracture
	3	41.137	N196	37.9	1.000	3	A	2	41.048	41.226	0.145	315.00	62.09	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	4	40.480	N139	49.4	1.000	3	A	2	40.463	40.497	0.145	315.00	62.15	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	5	37.231	N112	87.9	0.972	4	B	2	37.183	37.279	0.145	315.00	62.28	0.0043	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	6	37.164	N114	84.7	1.000	3	A	2	37.123	37.206	0.145	315.00	62.36	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	7	35.358	N168	35.3	1.000	3	A	2	35.305	35.411	0.145	315.00	62.48	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized Hairline-
fracture	8	33.926	N165	36.9	1.000	3	A	2	33.880	33.974	0.145	315.00	61.99	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized Hairline-
fracture	9	32.901	N348	68.2	0.993	4	A	2	32.781	33.021	0.145	315.00	62.19	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	10	32.284	N153	46.3	1.000	3	A	2	32.256	32.312	0.145	315.00	61.99	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	11	31.784	N119	85.1	1.000	3	A	2	31.761	31.823	0.145	315.00	61.79	0.0000	Fracture Discontinuous Mineralized Hairline-
fracture	12	31.680	N298	85.5	1.000	3	A	2	31.625	31.734	0.145	315.92	61.83	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	13	30.507	N148	77.3	0.997	4	A	2	30.481	30.532	0.145	315.00	61.96	0.0156	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	14	30.444	N143	73.8	0.978	4	A	2	30.426	30.462	0.145	315.00	61.97	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	15	28.760	N118	81.5	1.000	3	A	2	28.726	28.794	0.145	315.00	61.59	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
	16	22.786	N304	55.8	1.000	3	A	2	22.635	22.937	0.145	314.00	60.60	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	17	14.531	N146	89.3	1.000	3	A	2	14.485	14.578	0.145	312.00	59.17	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
	18	13.440	N166	33.0	0.961	4	B	2	13.394	13.487	0.145	318.25	59.19	0.0000	Vannspeil
	19	11.204	N169	53.5	1.000	3	A	2	11.194	11.214	0.145	342.05	58.19	0.0000	Casing

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips

K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Marstranderveien**

zone from 1.837 to 118.354 m

North ref is magnetic

Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth	Well deviation Dev	Thickness	
1	102.868	N129	81.8	1.000	3	A	2	102.776	102.959	0.145	89.30	63.75	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
2	98.056	N288	38.8	0.968	4	B	2	98.016	98.096	0.145	88.46	63.67	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
3	93.966	N288	18.6	0.985	4	A	2	93.891	94.041	0.145	87.33	63.11	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
4	92.824	N311	53.8	0.975	4	A	2	92.765	92.883	0.145	86.18	63.38	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
5	81.075	N133	79.1	0.951	6	B	2	80.949	81.202	0.145	85.00	62.07	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
6	80.385	N077	84.9	1.000	3	A	2	80.336	80.434	0.145	85.96	62.11	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
7	80.141	N105	80.2	1.000	3	A	2	80.075	80.208	0.145	85.00	61.96	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
8	79.938	N254	89.7	1.000	3	A	2	79.895	79.980	0.145	85.91	61.76	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
9	77.379	N087	64.3	0.952	4	B	2	77.279	77.479	0.145	84.00	61.62	0.0154	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
10	77.343	N085	64.3	0.982	4	A	2	77.243	77.444	0.145	84.00	61.57	0.0000	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
11	64.247	N139	62.5	0.906	5	C	2	63.932	64.562	0.145	84.72	60.55	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
12	58.283	N088	59.7	0.937	4	C	2	58.157	58.410	0.145	84.00	60.20	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
13	56.965	N083	81.2	0.919	4	C	0	56.907	57.023	0.145	83.64	60.02	0.1481	Vein Planar Bedding
14	56.312	N087	72.5	0.910	4	C	0	56.233	56.392	0.145	83.00	60.07	0.0000	Vein Planar Bedding
15	54.136	N099	73.9	0.983	4	A	2	54.053	54.218	0.145	84.00	59.37	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
16	53.698	N252	83.1	0.978	4	A	0	53.663	53.733	0.145	83.61	59.44	2.4588	Vein Planar Bedding
17	51.228	N074	79.9	0.946	4	C	0	51.163	51.293	0.145	83.00	59.11	0.0000	Vein Planar Bedding
18	49.384	N075	79.5	1.000	3	A	0	49.317	49.451	0.145	83.98	58.70	0.4158	Vein Planar Mineralized Bedding
19	49.038	N072	89.8	1.000	3	A	2	48.991	49.085	0.145	83.00	58.85	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
20	48.079	N248	84.9	1.000	3	A	2	48.039	48.119	0.145	82.00	58.70	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
21	47.596	N179	35.2	1.000	3	A	2	47.464	47.729	0.145	82.75	58.72	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
22	45.727	N073	81.2	0.945	4	C	2	45.664	45.790	0.145	81.00	58.44	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
23	45.479	N079	88.2	1.000	3	A	0	45.431	45.527	0.145	81.92	58.35	0.0000	Vein Planar Mineralized Bedding
24	43.993	N100	52.9	0.960	4	B	2	43.780	44.206	0.145	80.58	58.40	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Calcite-vein
25	43.116	N245	75.8	0.995	4	A	2	43.086	43.146	0.145	81.00	58.58	0.0117	Vein Planar Mineralized Quartz-vein
26	43.058	N242	81.1	1.000	3	A	2	43.018	43.098	0.145	81.50	58.50	0.0000	Vein Planar Mineralized Quartz-vein
27	42.424	N083	84.1	1.000	3	A	2	42.368	42.479	0.145	81.19	58.42	0.0162	Vein Planar Mineralized Quartz-vein
28	42.265	N085	84.1	1.000	3	A	2	42.209	42.321	0.145	81.00	58.31	0.0000	Vein Planar Mineralized Quartz-vein
29	39.525	N079	85.4	1.000	3	A	2	39.471	39.578	0.145	82.16	58.29	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
30	39.054	N072	81.7	1.000	3	A	2	38.991	39.116	0.145	80.00	58.32	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
31	21.171	N175	54.1	0.989	4	A	0	21.168	21.174	0.145	353.76	56.06	0.0000	Casing Planar Fresh Bedding

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips
 K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Bh 5091**

zone from 1.441 to 133.311 m

North ref is magnetic

Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth	Dev	Thickness	
1	73.262	N192	9.9	1.000	3	A	2	73.076	73.448	0.145	246.50	62.67	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
2	68.301	N226	37.9	0.969	4	B	2	67.833	68.768	0.145	247.00	63.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
3	65.491	N232	21.9	0.963	4	B	2	64.832	66.150	0.145	246.08	62.38	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
4	63.486	N024	49.1	0.941	4	C	2	63.430	63.542	0.145	246.97	63.05	0.0000	Fracture Planar Mineralized Open-fracture
5	51.680	N069	57.6	1.000	3	A	2	51.673	51.687	0.145	246.71	62.92	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
6	44.535	N065	77.3	1.000	3	A	2	44.514	44.556	0.145	246.04	61.12	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
7	43.769	N237	68.1	1.000	3	A	2	43.677	43.860	0.145	247.00	61.09	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
8	37.960	N105	75.5	0.934	4	C	2	37.903	38.017	0.145	246.55	60.57	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
9	35.130	N086	87.4	0.975	4	A	2	35.083	35.177	0.145	246.00	60.37	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
10	28.755	N266	68.8	0.977	5	A	2	28.652	28.858	0.145	247.00	59.59	0.0358	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
11	28.663	N271	65.6	0.981	5	A	2	28.540	28.786	0.145	247.48	59.59	0.0000	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
12	27.511	N070	58.2	1.000	3	A	2	27.509	27.514	0.145	249.51	60.04	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
13	23.415	N065	37.6	0.976	4	A	2	23.387	23.443	0.145	246.00	58.63	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
14	22.023	N049	32.9	0.993	4	A	2	21.982	22.064	0.145	247.17	59.31	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
15	21.437	N088	30.9	0.982	4	A	2	21.393	21.482	0.145	246.00	58.78	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
16	16.043	N049	69.9	0.979	5	A	2	16.017	16.069	0.145	247.00	59.02	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
17	14.507	N081	89.6	0.982	5	A	2	14.459	14.554	0.145	247.61	58.86	0.0107	Fracture Irregular Fresh Fracture-zone
18	14.012	N056	88.0	0.957	5	B	2	13.968	14.055	0.145	247.51	58.70	0.0000	Fracture Irregular Fresh Fracture-zone
19	11.785	N334	30.2	0.982	4	A	2	11.625	11.944	0.145	249.05	58.75	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairlinefracture
20	11.670	N000	56.1	0.900	4	D	2	11.556	11.785	0.145	250.00	58.84	0.0000	Fracture Planar Fresh Open-fracture
21	11.468	N233	87.1	0.904	4	C	2	11.412	11.524	0.145	250.00	58.77	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
22	10.924	N012	16.3	0.981	5	A	2	10.835	11.014	0.145	250.00	58.40	0.0000	Fracture Planar Mineralized
23	7.396	N066	76.2	0.986	4	A	2	7.372	7.420	0.145	250.36	58.27	0.0000	Fracture Planar Mineralized
24	7.287	N072	83.6	0.969	4	B	2	7.252	7.322	0.145	248.00	58.26	0.0000	Fracture Planar Mineralized
25	7.133	N066	78.0	1.000	4	A	2	7.107	7.160	0.145	248.92	58.16	0.0000	Fracture Planar Mineralized Calcite-vein
26	6.373	N068	72.6	1.000	3	A	2	6.343	6.404	0.145	267.46	57.72	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
27	6.044	N081	70.1	0.973	4	A	2	6.014	6.074	0.145	282.08	58.13	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
28	5.859	N091	63.2	0.964	4	B	2	5.827	5.892	0.145	298.00	58.18	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
29	4.109	N341	87.9	0.919	6	C	2	4.053	4.165	0.145	137.65	57.28	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Storengveien 53**

zone from 14.000 to 79.000 m
 North ref is magnetic
 09 Nov 2007

Data is classed into 1 types
 5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 11.0°deg to N 56.9°

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	340.0°	66.1°	36.2°	46°	27°	30	0.53
2	309.5°	9.1°	24.2°	36°	80°	9	1.27
3	116.2°	36.1°	20.4°	210°	54°	7	0.16
4	47.2°	10.1°	22.2°	140°	80°	6	0.26

Total number of data = 52
 Number of data unaccounted for = 4

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	24.1	75.8	14.40	27.87	19	38	32	7	0.81	212	82	2	0.37	207	61	3	0.31	140	80	6	0.85
2	19.5	84.0	27.87	39.42	1	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	12.3	74.2	39.42	45.19	9	49	18	8	1.54	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
4	8.1	39.9	45.19	59.31	2	63	23	2	0.15	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
5	8.5	352.3	59.31	68.29	19	51	30	11	1.33	24	67	3	0.74	210	44	3	0.52	0	0	0	0.00
6	10.1	330.3	68.29	79.97	6	338	22	1	0.09	46	80	4	1.03	221	62	1	0.28	0	0	0	0.00

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Storengveien 30A**

zone from 8.000 to 32.000 m
 North ref is magnetic
 05 Nov 2007

Data is classed into 1 types
 5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 22.1°deg to N135.5°

2 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	338.2°	79.1°	37.4°	42°	12°	19	0.96
2	125.4°	5.6°	26.8°	216°	78°	9	0.68

Total number of data = 28
 Number of data unaccounted for = 2

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	26.5	135.5	8.93	17.55	2	18	10	2	0.29	0	0	0	0.00								
2	20.2	135.2	17.55	29.25	24	47	10	13	1.28	216	78	9	1.44								
3	16.9	136.2	29.25	32.58	4	41	19	4	1.48	0	0	0	0.00								

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Løkkeveien**

zone from 22.000 to 66.000 m

North ref is magnetic

01 Nov 2007

Data is classed into 1 types

5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 54.6°deg to N 82.0°

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	310.3°	48.4°	29.3°	40°	49°	12	8.90
2	119.7°	33.3°	34.5°	218°	72°	9	0.28
3	42.9°	21.5°	18.8°	128°	67°	7	0.21
4	271.7°	16.9°	14.1°	4°	72°	5	0.19

Total number of data = 33

Number of data unaccounted for = 10

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	54.4	68.3	22.56	29.33	8	58	44	4	1.87	199	89	1	0.23	141	55	1	0.15	0	0	0	0.00
2	58.0	84.3	29.33	39.80	11	40	59	1	0.41	209	82	2	0.25	0	0	0	0.00	3	72	4	0.61
3	54.8	84.1	39.80	50.27	13	32	57	4	1.67	228	52	2	0.26	126	69	6	0.80	8	73	1	0.16
4	53.2	84.0	50.27	60.12	5	0	0	0	0.00	223	72	4	0.60	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
5	52.1	84.3	60.12	66.68	6	29	43	3	94.74	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Njålsveien 1**

zone from 1.000 to 30.000 m

North ref is magnetic

07 Nov 2007

Data is classed into 1 types

5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 14.2°deg to N110.3°

2 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	300.6°	36.3°	13.2°	30°	53°	4	0.35
2	240.4°	49.5°	31.7°	330°	38°	2	0.10

Total number of data = 6

Number of data unaccounted for = 1

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	1.7	135.9	1.85	24.01	1	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
2	45.8	107.8	24.01	30.89	6	30	53	4	4.31	354	56	1	0.94	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Nordraaks vei**

zone from 10.000 to 45.000 m
North ref is magnetic
07 Nov 2007

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 60.7°deg to N315.7°

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	341.6°	53.1°	22.9°	74°	41°	7	0.23
2	294.8°	3.0°	16.0°	26°	87°	5	0.17
3	325.7°	9.1°	11.3°	56°	82°	4	0.13
4	119.7°	45.3°	17.9°	209°	48°	2	0.19

Total number of data = 18
Number of data unaccounted for = 1

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	56.9	325.5	10.71	15.02	3	78	43	2	0.50	0	0	0	0.00	56	89	1	0.27	0	0	0	0.00
2	60.4	313.7	15.02	28.57	1	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	62.1	315.1	28.57	37.81	11	71	39	3	0.38	26	87	5	0.63	56	76	2	0.23	0	0	0	0.00
4	61.8	315.1	37.81	45.42	4	74	40	2	0.31	0	0	0	0.00	58	89	1	0.15	203	41	1	0.71

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Marstranderveien 13**

zone from 38.000 to 103.000 m
North ref is magnetic
07 Nov 2007

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 61.1°deg to N 84.7°

3 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	249.7°	9.4°	28.0°	346°	83°	14	0.27
2	298.0°	24.6°	20.8°	28°	71°	6	0.17
3	123.1°	52.2°	24.5°	209°	37°	3	0.06

Total number of data = 23
Number of data unaccounted for = 1

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES											
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f
1	58.5	81.6	38.56	49.03	10	343	89	8	0.91	10	53	1	0.29	0	0	0	0.00
2	59.6	83.2	49.03	59.50	3	349	75	2	0.27	9	74	1	0.15	0	0	0	0.00
3	60.8	84.1	59.50	76.74	1	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
5	62.7	86.6	82.90	92.75	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
6	63.5	88.2	92.75	103.36	4	0	0	0	0.00	39	82	1	0.16	209	37	3	0.35

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **Bh 5091**

zone from 3.000 to 73.000 m

North ref is magnetic

29 Jul 2008

Data is classed into 1 types

5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 59.5°deg to N247.7°

2 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	257.4°	42.3°	45.6°	339°	63°	19	0.27
2	85.1°	49.9°	41.2°	166°	38°	7	0.76

Total number of data = 26

Number of data unaccounted for = 3

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES							
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f
1	38.2	266.8	3.61	10.02	7	344	74	6	1.17	0	0	0	0.000
2	58.8	247.5	10.02	19.65	7	328	66	4	0.42	244	30	1	0.25
3	59.3	247.0	19.65	29.91	6	338	39	4	0.42	178	67	2	0.36
4	60.5	246.9	29.91	45.30	4	355	80	3	0.22	147	68	1	0.11
5	62.6	246.6	45.30	73.76	5	318	51	2	0.07	133	23	3	0.95

Borehole: **Storengveien 53** Sonde: OPTV
 Depth range: 1.441 to 80.587m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 10.93 to N39.57
 End deviation components
 North: 11.091
 East : 9.183
 Down : 74.488
 Azimuth of end: N39.62
 Distance start-end: 14.399m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
1.441	0.000	0.000	0.000	298.00	28.48
2.441	0.178	-0.367	0.873	341.00	29.01
3.441	0.626	-0.506	1.749	358.00	28.92
4.441	1.098	-0.484	2.624	25.00	29.09
5.441	1.307	-0.432	3.496	4.00	29.19
6.441	1.757	-0.289	4.369	357.00	29.23
7.441	2.013	-0.312	5.241	48.00	29.47
8.441	2.427	-0.434	6.112	335.00	29.36
9.441	2.412	-0.765	6.983	232.00	29.45
10.441	2.740	-0.703	7.853	119.00	29.53
11.441	3.046	-0.690	8.723	295.00	29.46
12.441	3.403	-0.962	9.593	334.00	29.57
13.441	3.888	-0.926	10.462	354.00	29.61
14.441	4.296	-0.936	11.331	239.00	29.70
15.441	4.581	-1.107	12.199	318.00	30.11
16.441	5.000	-1.222	13.062	356.00	30.42
17.441	5.282	-0.847	13.924	78.00	30.33
18.441	5.364	-0.348	14.787	82.00	30.50
19.441	5.404	0.156	15.649	86.00	29.92
20.441	5.432	0.650	16.518	87.00	29.09
21.441	5.463	1.137	17.391	85.00	29.32
22.441	5.489	1.626	18.263	86.00	29.31
23.441	5.502	2.117	19.134	88.00	30.06
24.441	5.531	2.607	20.005	86.00	28.35
25.441	5.551	3.084	20.884	88.00	28.23
26.441	5.566	3.549	21.768	89.00	27.27
27.441	5.584	3.995	22.663	87.00	25.75
28.441	5.610	4.423	23.567	87.00	25.22
29.441	5.639	4.837	24.476	85.00	24.00
30.441	5.670	5.234	25.394	84.00	22.44
31.441	5.707	5.609	26.320	85.00	21.75
32.441	5.734	5.968	27.253	86.00	20.63
33.441	5.768	6.306	28.193	85.00	19.50
34.441	5.804	6.625	29.141	82.00	18.00
35.441	5.837	6.932	30.092	84.00	17.62
36.441	5.873	7.221	31.048	82.00	16.52
37.441	5.912	7.496	32.009	81.00	15.81
38.441	5.958	7.754	32.974	81.00	15.11
39.441	5.999	8.006	33.941	79.00	14.52
40.441	6.042	8.243	34.911	78.00	13.56
41.441	6.093	8.464	35.885	77.00	12.76
42.441	6.149	8.668	36.862	72.00	11.93
43.441	6.219	8.866	37.840	70.00	12.00
44.441	6.283	9.048	38.821	70.00	10.87
45.441	6.349	9.221	39.804	70.00	10.49
46.441	6.423	9.382	40.788	64.00	10.11
47.441	6.500	9.534	41.774	61.00	9.66
48.441	6.587	9.670	42.760	57.00	9.12
49.441	6.674	9.799	43.748	51.00	8.60
50.441	6.773	9.910	44.737	49.00	8.32
51.441	6.872	10.009	45.727	41.00	8.02
52.441	6.978	10.099	46.717	38.00	8.05
53.441	7.083	10.185	47.708	35.00	7.84
54.441	7.205	10.253	48.698	24.00	8.16
55.441	7.328	10.310	49.689	24.00	8.08
56.441	7.461	10.363	50.679	20.00	8.16
57.441	7.592	10.403	51.669	14.00	8.10
58.441	7.732	10.437	52.659	11.00	8.63
59.441	7.886	10.457	53.647	5.00	9.02
60.441	8.044	10.468	54.634	5.00	9.24
61.441	8.205	10.467	55.621	356.00	8.94
62.441	8.355	10.457	56.610	358.00	8.43
63.441	8.491	10.451	57.600	353.00	8.13
64.441	8.643	10.424	58.588	348.00	9.02
65.441	8.795	10.394	59.576	346.00	9.13
66.441	8.948	10.349	60.563	343.00	8.68
67.441	9.082	10.310	61.554	344.00	7.43
68.441	9.203	10.269	62.545	337.00	7.10
69.441	9.318	10.218	63.537	334.00	7.62
70.441	9.434	10.150	64.528	330.00	7.81
71.441	9.561	10.080	65.518	332.00	8.33
72.441	9.689	10.014	66.507	334.00	7.78
73.441	9.819	9.944	67.496	330.00	9.13
74.441	9.968	9.863	68.482	333.00	9.70
75.441	10.128	9.777	69.465	329.00	10.97
76.441	10.297	9.680	70.446	332.00	11.36
77.441	10.481	9.571	71.423	328.00	13.33
78.441	10.668	9.454	72.398	326.00	11.62
79.441	10.849	9.332	73.374	327.00	13.91
80.441	11.059	9.202	74.343	328.00	14.28

Borehole: **Storengveien 30A** Sonde: OPTV
 Depth range: 1.335 to 79.031m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 11.43 to N131.60
 End deviation components
 North: -9.972
 East : 11.243
 Down : 74.409
 Azimuth of end: N131.57
 Distance start-end: 15.028m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
1.381	0.000	0.000	0.000	157.00	27.91
2.381	-0.412	0.179	0.884	163.00	27.75
3.381	-0.475	-0.044	1.770	3.00	27.35
4.381	-0.014	-0.011	2.657	3.00	27.56
5.381	0.306	0.027	3.546	289.00	26.12
6.381	0.455	-0.274	4.435	3.00	27.25
7.381	0.908	-0.229	5.324	10.00	27.18
8.381	1.376	-0.145	6.201	28.00	29.40
9.381	1.159	0.246	7.077	135.00	28.60
10.381	0.827	0.563	7.965	136.00	26.52
11.381	0.499	0.883	8.854	136.00	28.36
12.381	0.170	1.208	9.740	136.00	26.85
13.381	-0.157	1.520	10.632	136.00	26.38
14.381	-0.466	1.823	11.534	135.00	25.75
15.381	-0.777	2.131	12.433	137.00	26.37
16.381	-1.087	2.432	13.335	136.00	25.04
17.381	-1.391	2.731	14.239	135.00	24.88
18.381	-1.681	3.020	15.152	136.00	23.56
19.381	-1.967	3.300	16.068	135.00	23.10
20.381	-2.225	3.572	16.995	134.00	21.24
21.381	-2.475	3.831	17.928	133.00	21.12
22.381	-2.733	4.100	18.856	133.00	21.41
23.381	-2.988	4.346	19.791	136.00	20.74
24.381	-3.234	4.581	20.731	136.00	19.26
25.381	-3.469	4.809	21.676	135.00	18.79
26.381	-3.697	5.030	22.624	135.00	18.21
27.381	-3.913	5.242	23.577	135.00	17.28
28.381	-4.127	5.447	24.532	137.00	16.86
29.381	-4.333	5.654	25.489	135.00	18.14
30.381	-4.552	5.877	26.439	136.00	17.66
31.381	-4.763	6.074	27.396	137.00	15.95
32.381	-4.964	6.257	28.358	138.00	15.76
33.381	-5.159	6.447	29.320	136.00	15.91
34.381	-5.348	6.638	30.284	136.00	15.16
35.381	-5.544	6.818	31.248	138.00	15.94
36.381	-5.738	6.992	32.213	137.00	14.51
37.381	-5.917	7.157	33.183	136.00	13.87
38.381	-6.078	7.326	34.155	133.00	13.05
39.381	-6.232	7.482	35.131	136.00	12.75
40.381	-6.387	7.627	36.108	138.00	11.50
41.381	-6.530	7.764	37.088	136.00	10.97
42.381	-6.665	7.893	38.071	138.00	11.03
43.381	-6.800	8.012	39.054	138.00	9.69
44.381	-6.932	8.115	40.040	143.00	9.40
45.381	-7.051	8.216	41.028	139.00	8.63
46.381	-7.158	8.317	42.017	135.00	8.44
47.381	-7.261	8.411	43.007	136.00	7.44
48.381	-7.354	8.506	43.998	134.00	8.07
49.381	-7.443	8.602	44.990	133.00	7.02
50.381	-7.532	8.696	45.981	132.00	7.51
51.381	-7.611	8.796	46.973	128.00	6.90
52.381	-7.684	8.890	47.966	128.00	6.71
53.381	-7.761	8.979	48.959	136.00	6.70
54.381	-7.833	9.060	49.953	129.00	6.54
55.381	-7.903	9.149	50.947	127.00	6.17
56.381	-7.968	9.232	51.941	128.00	6.21
57.381	-8.042	9.318	52.935	131.00	5.61
58.381	-8.109	9.399	53.929	126.00	6.23
59.381	-8.164	9.475	54.925	128.00	5.81
60.381	-8.234	9.564	55.918	129.00	6.62
61.381	-8.313	9.659	56.911	130.00	7.36
62.381	-8.399	9.758	57.902	131.00	7.57
63.381	-8.491	9.860	58.892	131.00	8.06
64.381	-8.580	9.961	59.833	129.00	8.01
65.381	-8.662	10.055	60.825	135.00	6.55
66.381	-8.737	10.143	61.818	129.00	6.19
67.381	-8.811	10.230	62.812	133.00	7.42
68.381	-8.903	10.329	63.803	133.00	7.60
69.381	-8.988	10.411	64.796	137.00	6.41
70.381	-9.082	10.488	65.788	141.00	7.99
71.381	-9.181	10.578	66.779	138.00	7.72
72.381	-9.280	10.668	67.770	136.00	7.11
73.381	-9.370	10.752	68.763	141.00	7.07
74.381	-9.458	10.831	69.755	138.00	7.06
75.381	-9.558	10.914	70.747	141.00	7.56
76.381	-9.664	10.997	71.738	141.00	7.81
77.381	-9.775	11.089	72.727	140.00	8.31
78.381	-9.888	11.180	73.717	143.00	8.45

Borehole: **Løkkeveien 1**
 Depth range: 1.450 - 68.796m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 46.57 to N73.26
 End deviation components
 North: 11.366
 East : 37.951
 Down : 37.468
 Azimuth of end: N73.33
 Distance start-end: 39.617m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
1.496	0.000	0.000	0.000	341.00	59.04
2.496	0.565	0.430	0.519	77.00	58.50
3.496	1.272	0.726	1.034	3.00	59.59
4.496	1.583	0.780	1.561	316.00	58.88
5.496	2.175	0.357	2.084	318.00	58.27
6.496	2.923	0.145	2.611	60.00	58.58
7.496	2.968	-0.338	3.140	289.00	58.08
8.496	3.273	-1.099	3.669	306.00	57.78
9.496	3.716	-1.455	4.201	9.00	57.75
10.496	3.790	-1.960	4.740	319.00	57.45
11.496	4.438	-1.921	5.277	342.00	57.70
12.496	4.166	-2.010	5.816	1.00	57.13
13.496	4.242	-2.220	6.353	326.00	57.46
14.496	4.657	-1.916	6.892	110.00	57.25
15.496	5.219	-2.047	7.431	3.00	57.64
16.496	5.686	-2.163	7.969	45.00	57.99
17.496	5.670	-1.366	8.501	88.00	57.70
18.496	5.757	-1.148	9.035	346.00	57.37
19.496	5.851	-0.717	9.564	46.00	58.25
20.496	6.243	0.026	10.089	81.00	58.24
21.496	6.174	0.814	10.611	37.00	58.75
22.496	6.291	1.395	11.131	65.00	59.01
23.496	6.484	2.039	11.650	142.00	59.01
24.496	6.884	2.330	12.165	0.00	58.65
25.496	7.561	2.730	12.679	64.00	58.95
26.496	7.793	3.552	13.195	80.00	58.90
27.496	7.930	4.400	13.708	83.00	59.05
28.496	8.026	5.253	14.220	84.00	59.51
29.496	8.122	6.112	14.724	82.00	60.15
30.496	8.208	6.967	15.234	84.00	59.26
31.496	8.287	7.823	15.746	85.00	59.32
32.496	8.370	8.679	16.256	85.00	59.09
33.496	8.447	9.530	16.775	84.00	58.37
34.496	8.531	10.374	17.304	84.00	57.59
35.496	8.618	11.213	17.841	85.00	57.08
36.496	8.703	12.050	18.382	84.00	57.76
37.496	8.789	12.889	18.919	83.00	57.17
38.496	8.879	13.724	19.461	84.00	56.69
39.496	8.958	14.551	20.017	85.00	56.11
40.496	9.030	15.375	20.579	85.00	55.55
41.496	9.101	16.197	21.145	86.00	55.23
42.496	9.174	17.014	21.716	84.00	55.02
43.496	9.250	17.830	22.290	85.00	54.89
44.496	9.324	18.643	22.867	87.00	54.18
45.496	9.405	19.456	23.443	84.00	54.92
46.496	9.497	20.270	24.017	83.00	54.88
47.496	9.589	21.081	24.593	83.00	54.76
48.496	9.683	21.889	25.175	83.00	54.15
49.496	9.780	22.694	25.760	83.00	53.98
50.496	9.879	23.497	26.348	83.00	53.87
51.496	9.974	24.298	26.939	84.00	53.79
52.496	10.055	25.100	27.531	84.00	53.77
53.496	10.137	25.901	28.123	84.00	53.61
54.496	10.220	26.700	28.719	85.00	53.11
55.496	10.306	27.497	29.317	84.00	53.12
56.496	10.389	28.291	29.918	84.00	52.96
57.496	10.473	29.083	30.523	84.00	52.63
58.496	10.554	29.873	31.131	84.00	52.57
59.496	10.636	30.662	31.739	84.00	52.65
60.496	10.715	31.451	32.349	84.00	52.34
61.496	10.791	32.239	32.960	85.00	52.30
62.496	10.873	33.023	33.575	84.00	51.67
63.496	10.953	33.805	34.193	85.00	51.97
64.496	11.025	34.594	34.804	84.00	52.61
65.496	11.104	35.384	35.412	84.00	52.56
66.496	11.181	36.166	36.030	84.00	50.29
67.496	11.256	36.945	36.653	84.00	52.35
68.496	11.338	37.719	37.279	84.00	51.17

Borehole: **Njålsveien** Sonde: OPTV
 Depth range: 1.441 to 42.487m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 34.55 to N118.08
 End deviation components
 North: -6.563
 East : 12.281
 Down : 20.086
 Azimuth of end: N118.12
 Distance start-end: 13.924m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
1.441	0.000	0.000	0.000	304.00	58.75
2.441	-0.253	-0.426	0.511	188.00	58.99
3.441	0.057	-1.009	1.024	310.00	59.37
4.441	-0.013	-0.791	1.534	22.00	59.47
5.441	0.064	-1.268	2.042	294.00	59.44
6.441	0.582	-1.952	2.553	300.00	58.90
7.441	1.188	-2.001	3.070	359.00	58.76
8.441	1.379	-2.451	3.589	293.00	58.75
9.441	1.940	-3.091	4.110	313.00	58.48
10.441	2.344	-2.939	4.633	55.00	58.65
11.441	1.874	-3.145	5.155	196.00	58.43
12.441	1.178	-3.575	5.679	255.00	58.37
13.441	1.250	-3.475	6.203	224.00	58.36
14.441	0.719	-2.882	6.725	117.00	58.59
15.441	0.788	-2.089	7.245	82.00	58.72
16.441	1.096	-2.062	7.762	110.00	58.96
17.441	0.416	-1.576	8.274	144.00	59.29
18.441	-0.070	-0.955	8.782	89.00	59.68
19.441	0.266	-0.698	9.281	346.00	60.13
20.441	-0.271	-0.069	9.774	137.00	60.62
21.441	-0.288	0.578	10.259	33.00	61.10
22.441	0.545	0.799	10.741	356.00	61.07
23.441	-0.066	0.631	11.226	219.00	60.88
24.441	-0.229	-0.208	11.714	235.00	60.62
25.441	0.012	-0.396	12.198	342.00	61.35
26.441	0.276	-0.143	12.676	85.00	61.34
27.441	0.058	0.703	13.154	111.00	61.30
28.441	-0.288	1.506	13.638	115.00	61.21
29.441	-0.665	2.299	14.117	116.00	61.48
30.441	-1.064	3.082	14.593	117.00	61.58
31.441	-1.474	3.862	15.065	118.00	61.88
32.441	-1.899	4.636	15.535	119.00	62.30
33.441	-2.325	5.414	15.997	119.00	62.44
34.441	-2.765	6.185	16.457	120.00	62.75
35.441	-3.212	6.954	16.914	120.00	63.07
36.441	-3.658	7.726	17.366	116.00	64.64
37.441	-4.119	8.487	17.822	121.00	62.99
38.441	-4.578	9.251	18.276	121.00	63.23
39.441	-5.053	10.007	18.726	123.00	63.14
40.441	-5.538	10.759	19.172	123.00	63.88
41.441	-6.035	11.502	19.620	122.00	64.17
42.441	-6.536	12.244	20.065	119.00	65.69

Borehole: **Nordraaks vei 13** Sonde: OPTV
 Depth range: -1.247 to 69.899m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 58.42 to N318.10
 End deviation components

North: 42.408
 East : -38.088
 Down : 35.039

Azimuth of end: N318.07
 Distance start-end: 57.001m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
-1.197	0.000	0.000	0.000	354.00	59.06
2.197	1.702	0.013	1.733	350.00	58.67
3.197	2.540	-0.113	2.253	5.00	58.59
4.197	2.285	-0.377	2.777	336.00	58.33
5.197	3.107	-0.597	3.302	347.00	58.34
6.197	3.948	-0.718	3.827	358.00	58.26
7.197	4.482	-0.997	4.352	348.00	58.27
8.197	5.274	-1.268	4.878	334.00	58.25
9.197	6.023	-1.624	5.404	303.00	58.24
10.197	5.580	-2.035	5.930	333.00	58.27
11.197	6.409	-2.214	6.456	341.00	58.28
12.197	6.952	-2.702	6.978	324.00	59.05
13.197	7.737	-2.910	7.493	330.00	58.96
14.197	8.357	-3.501	8.005	313.00	59.19
15.197	8.932	-4.139	8.518	312.00	59.24
16.197	9.510	-4.775	9.028	313.00	59.50
17.197	10.099	-5.407	9.532	313.00	59.80
18.197	10.688	-6.038	10.037	313.00	59.60
19.197	11.277	-6.669	10.543	313.00	59.65
20.197	11.870	-7.296	11.047	314.00	59.85
21.197	12.472	-7.920	11.546	314.00	60.32
22.197	13.078	-8.546	12.036	314.00	60.69
23.197	13.684	-9.172	12.527	314.00	60.71
24.197	14.290	-9.799	13.017	314.00	60.76
25.197	14.897	-10.427	13.503	314.00	60.99
26.197	15.506	-11.055	13.988	314.00	61.00
27.197	16.117	-11.682	14.470	315.00	61.40
28.197	16.740	-12.302	14.948	315.00	61.52
29.197	17.363	-12.923	15.423	315.00	61.63
30.197	17.987	-13.545	15.897	315.00	61.85
31.197	18.612	-14.168	16.368	315.00	61.89
32.197	19.236	-14.790	16.839	315.00	61.94
33.197	19.861	-15.415	17.307	315.00	62.25
34.197	20.489	-16.037	17.775	315.00	61.97
35.197	21.114	-16.664	18.240	315.00	62.49
36.197	21.741	-17.290	18.704	315.00	62.23
37.197	22.367	-17.916	19.168	315.00	62.39
38.197	22.993	-18.542	19.634	315.00	62.14
39.197	23.619	-19.165	20.102	315.00	62.39
40.197	24.244	-19.791	20.569	315.00	62.07
41.197	24.869	-20.416	21.037	315.00	62.11
42.197	25.496	-21.038	21.507	315.00	62.13
43.197	26.118	-21.658	21.983	315.00	61.20
44.197	26.738	-22.278	22.464	315.00	61.25
45.197	27.359	-22.899	22.944	315.00	61.30
46.197	27.979	-23.519	23.424	315.00	61.28
47.197	28.606	-24.135	23.902	316.00	61.61
48.197	29.241	-24.743	24.376	316.00	61.30
49.197	29.875	-25.349	24.857	317.00	61.44
50.197	30.508	-25.959	25.333	317.00	61.89
51.197	31.148	-26.563	25.809	317.00	61.07
52.197	31.795	-27.157	26.287	320.00	62.37
53.197	32.561	-27.626	26.622	294.00	52.46
54.197	32.797	-28.352	27.247	308.00	57.63
55.197	33.416	-28.965	27.736	315.00	61.10
56.197	34.033	-29.581	28.226	315.00	60.76
57.197	34.649	-30.196	28.718	315.00	60.38
58.197	35.264	-30.812	29.210	315.00	60.77
59.197	35.879	-31.428	29.702	315.00	60.55
60.197	36.490	-32.049	30.194	314.00	60.58
61.197	37.094	-32.674	30.688	314.00	60.17
62.197	37.698	-33.299	31.182	314.00	60.46
63.197	38.302	-33.923	31.677	314.00	60.31
64.197	38.911	-34.543	32.173	315.00	60.34
65.197	39.524	-35.158	32.669	315.00	60.03
66.197	40.137	-35.771	33.166	315.00	60.28
67.197	40.749	-36.383	33.667	315.00	59.57
68.197	41.358	-36.993	34.175	315.00	59.50
69.197	41.960	-37.615	34.675	314.00	60.85

Borehole: **Marstranderveien** Sonde: OPTV
 Depth range: 1.837 to 118.333m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 56.00 to N80.25
 End deviation components
 North: 14.561
 East : 84.991
 Down : 58.118
 Azimuth of end: N80.28
 Distance start-end: 86.229m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
1.883	0.000	0.000	0.000	329.00	55.88
2.883	0.085	-0.718	0.538	215.00	55.51
3.883	0.619	-0.990	1.109	339.00	55.17
4.883	1.242	-0.556	1.681	84.00	55.08
5.883	0.923	0.004	2.252	138.00	55.19
6.883	1.476	0.566	2.822	51.00	55.36
7.883	1.845	0.578	3.389	143.00	55.61
8.883	1.867	1.362	3.952	89.00	55.81
9.883	2.397	1.980	4.512	46.00	55.96
10.883	3.056	2.025	5.071	283.00	56.13
11.883	3.734	1.572	5.631	328.00	55.96
12.883	4.538	1.540	6.190	17.00	55.98
13.883	4.771	1.868	6.748	276.00	56.14
14.883	4.600	1.217	7.308	254.00	56.12
15.883	5.339	1.237	7.866	3.00	56.12
16.883	5.778	1.620	8.423	92.00	56.13
17.883	5.491	2.240	8.982	156.00	56.07
18.883	4.715	2.168	9.536	203.00	56.27
19.883	4.296	2.459	10.091	358.00	56.25
20.883	5.112	2.313	10.648	347.00	56.18
21.883	5.916	2.147	11.208	333.00	55.54
22.883	6.238	2.542	11.768	16.00	56.47
23.883	6.887	3.031	12.320	56.00	56.54
24.883	7.268	3.769	12.874	68.00	56.20
25.883	7.496	4.567	13.431	77.00	56.27
26.883	7.649	5.386	13.983	80.00	56.76
27.883	7.773	6.215	14.529	81.00	57.20
28.883	7.902	7.043	15.074	80.00	56.87
29.883	8.055	7.866	15.621	79.00	56.88
30.883	8.219	8.690	16.164	80.00	57.17
31.883	8.389	9.514	16.704	78.00	57.52
32.883	8.563	10.339	17.242	78.00	57.32
33.883	8.729	11.166	17.779	79.00	57.65
34.883	8.890	11.995	18.315	80.00	57.62
35.883	9.053	12.825	18.847	80.00	57.58
36.883	9.205	13.655	19.383	80.00	57.56
37.883	9.355	14.486	19.919	79.00	57.83
38.883	9.504	15.319	20.451	80.00	58.23
39.883	9.639	16.159	20.976	81.00	58.42
40.883	9.769	17.000	21.501	80.00	58.15
41.883	9.902	17.841	22.027	81.00	58.51
42.883	10.033	18.682	22.551	81.00	58.37
43.883	10.162	19.525	23.073	81.00	58.54
44.883	10.284	20.367	23.598	85.00	58.42
45.883	10.407	21.210	24.122	82.00	58.40
46.883	10.521	22.058	24.640	82.00	58.96
47.883	10.635	22.905	25.159	82.00	58.65
48.883	10.743	23.752	25.679	83.00	58.92
49.883	10.846	24.601	26.198	84.00	58.56
50.883	10.952	25.450	26.714	83.00	59.14
51.883	11.059	26.303	27.225	83.00	59.55
52.883	11.169	27.157	27.734	82.00	59.42
53.883	11.270	28.011	28.244	85.00	59.37
54.883	11.361	28.868	28.751	83.00	59.82
55.883	11.460	29.727	29.253	84.00	59.85
56.883	11.565	30.588	29.751	84.00	60.05
57.883	11.669	31.448	30.250	83.00	60.02
58.883	11.766	32.310	30.748	84.00	60.19
59.883	11.867	33.171	31.247	83.00	60.04
60.883	11.966	34.032	31.745	83.00	60.42
61.883	12.065	34.894	32.242	84.00	60.25
62.883	12.165	35.757	32.738	83.00	60.21
63.883	12.266	36.620	33.232	83.00	60.62
64.883	12.360	37.486	33.723	83.00	60.66
65.883	12.456	38.351	34.215	83.00	60.49
66.883	12.547	39.219	34.704	85.00	60.72
67.883	12.645	40.086	35.192	83.00	60.77
68.883	12.734	40.955	35.679	85.00	61.01
69.883	12.822	41.824	36.165	84.00	60.92
70.883	12.907	42.696	36.648	84.00	61.14
71.883	12.993	43.566	37.132	86.00	60.80
72.883	13.076	44.439	37.613	85.00	61.21
73.883	13.159	45.312	38.094	84.00	61.44
74.883	13.244	46.186	38.573	85.00	61.55
75.883	13.325	47.060	39.051	84.00	61.42
76.883	13.400	47.936	39.528	85.00	61.47
77.883	13.477	48.812	40.004	85.00	61.69

78.883	13.550	49.690	40.478	85.00	61.71
79.883	13.619	50.568	40.950	87.00	61.64
80.883	13.689	51.449	41.419	85.00	62.09
81.883	13.762	52.328	41.889	85.00	62.00
82.883	13.828	53.210	42.356	87.00	62.32
83.883	13.889	54.093	42.821	86.00	62.32
84.883	13.946	54.978	43.283	86.00	62.45
85.883	14.003	55.862	43.746	86.00	62.63
86.883	14.052	56.749	44.206	88.00	62.37
87.883	14.109	57.636	44.664	87.00	62.61
88.883	14.157	58.523	45.123	87.00	62.67
89.883	14.203	59.411	45.581	88.00	62.69
90.883	14.252	60.299	46.038	86.00	62.99
91.883	14.299	61.187	46.494	87.00	63.00
92.883	14.349	62.078	46.947	86.00	63.45
93.883	14.396	62.969	47.397	87.00	63.11
94.883	14.435	63.861	47.848	88.00	63.17
95.883	14.472	64.753	48.299	87.00	63.48
96.883	14.513	65.647	48.745	87.00	63.54
97.883	14.540	66.542	49.190	89.00	63.56
98.883	14.568	67.437	49.635	89.00	63.63
99.883	14.595	68.333	50.077	88.00	63.83
100.883	14.622	69.230	50.520	88.00	63.89
101.883	14.635	70.127	50.962	89.00	63.91
102.883	14.643	71.024	51.403	90.00	63.78
103.883	14.652	71.922	51.842	90.00	63.88
104.883	14.662	72.820	52.282	89.00	64.15
105.883	14.671	73.720	52.719	89.00	63.90
106.883	14.669	74.619	53.156	90.00	64.15
107.883	14.666	75.518	53.593	90.00	64.04
108.883	14.666	76.419	54.027	90.00	64.48
109.883	14.669	77.322	54.457	89.00	64.83
110.883	14.673	78.224	54.889	89.00	64.12
111.883	14.673	79.125	55.322	91.00	64.39
112.883	14.669	80.025	55.758	90.00	64.12
113.883	14.657	80.928	56.188	91.00	64.51
114.883	14.638	81.830	56.619	92.00	64.45
115.883	14.621	82.731	57.051	91.00	64.25
116.883	14.601	83.633	57.484	91.00	64.58
117.883	14.573	84.536	57.911	91.00	65.22

