

MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE TUNNELER

Rapport nr:

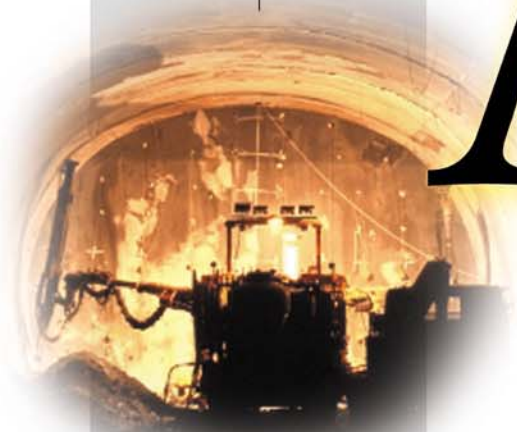
9

Borehullsinspeksjon

En utprøving og sammenligning av
optisk og akustisk televiewer



A



Intern rapport nr. 2255



Statens vegvesen

Rapport nr.:2001.011		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Borehullsinspeksjon. En utprøving og sammenligning av Optisk og Akustisk Televiever.			
Forfatter: Harald Elvebakk & Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Oslo		Kommune: Oslo	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1914 IV Lørenskog	
Forekomstens navn og koordinater: Bh 11, Lutvann 32V 604950 6644025 (WGS84)		Sidetall: 42 Kartbilag: 1	Pris: kr 250
Feltarbeid utført: Okt. 1999, Aug. 2000	Rapportdato: 31.01.2001	Prosjektnr.: 282701	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>Som en del av forprosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige Tunneler" har NGU testet ut akustisk og optisk televiever. Det ble leid en optisk televiever, BIPS, Raax Co, (Japan) fra Malå Geoscience og en akustisk televiever fra Robertson Geologging (UK). Ut fra de erfaringer en gjorde anskaffet NGU våren 2000 optisk televiever, OPTV, fra Robertson Geologging. Målinger er gjort i flere brønner bl.a. ved Holmedal, Askvoll kommune i Sogn og Fjordane og i Østmarka i Oslo. Resultatene fra ett borehull, der alle tre instrumenter er brukt, er studert i detalj. Dette er et borehull, Bh 11, i nordenden av Lutvann.</p> <p>Det ble tidlig klart at optisk televiever var å foretrekke for det formål den var tenkt brukt til, inspeksjon av grove borehull på land i forbindelse med forundersøkelser for fjellanlegg, grunnvannsbrønner og grunnvarmebrønner. Metoden gir et meget detaljert bilde av borehullsveggen og viser både oppsprekking og geologiske hendelser (bergartsgrenser, ganger, bånd) og er i mange tilfeller et bedre alternativ enn tradisjonell kjerneboring. Brønnboringer er betydelig billigere enn kjerneboring og siden bildet er orientert, kan sprekkenes strøk og fall beregnes.</p> <p>Sammenlignet med akustisk televiever er optisk klart å foretrekke. Ved akustisk kan en vanskelig skille mellom åpne og fylte (mineraliserte) sprekker, og metoden kan bare brukes i vannfylte (også mud) hull. På den annen side krever optisk god sikt i vannet, men dette er vanligvis ikke noe problem. Resultatene fra BH 11, Lutvann viste at optisk televiever identifiserte om lag dobbelt så mange hendelser i borehullet som akustisk. Mange av hendelsene som med akustisk ble tolket som sprekker, viste seg å være mineraliserte bånd (fylte sprekker) når en fikk studert det optiske bildet. De to optiske instrumentene har tilnærmet samme oppløsning. Tolkingsprogrammene er noe forskjellig, men begge benytter kjente teknikker fra ingeniørgeologien for presentasjon av sprekkestatistikker. I tillegg til den rene visuelle informasjonen får en etter tolkning statistikk på sprekkenes strøketretning, fallvinkel og fallretning, sprekkefrekvens, sprekkeåpning, sprekkekarakterisering og borehullsforløp.</p> <p>Med optisk televiever har NGU fått en unik mulighet til å studere geologien i dype, grove borehull. I tillegg har NGU også anskaffet sonde for måling vannets temperatur, elektrisk ledningsevne og naturlig gammastråling (totalstråling). En kombinasjon av temperatur, ledningsevne, og optisk televiever gir verdifull informasjon om åpne sprekker og vanninnstrømning i borehull.</p>			
Emneord: Geofysikk	Optisk Televiever	Akustisk Televiever	
Sprekkesone		Borehullslogging	
		Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING.....	5
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	5
2.1 Akustisk Televiewer, AKTV.....	5
2.2 Optisk Televiewer, OPTV.....	6
2.3 Optisk Televiewer, BIPS.....	8
2.4 Databehandling, presentasjon av data.....	9
2.4.1 Standard borehullslogg.....	9
2.4.2 Stereografisk projeksjon.....	9
2.4.3 Sprekkefrekvens.....	10
2.5 Brukervennlighet.....	11
3. RESULTATER, BH 11 LUTVANN.....	15
3.1 Bildekvalitet, BIPS, OPTV, AKTV.....	16
3.2 Stereogram, rosedigram.....	20
3.3 Sprekkefrekvenser, histogrammer.....	23
3.4 Åpen sprekke ved 34 m. Temperatur, ledningsevne og total gamma.....	28
3.5 Borehullsforløp.....	30
4. DISKUSJON.....	32
5. KONKLUSJON.....	32
6. REFERANSER.....	34

FIGURER

- Figur 1 : Akustisk Televiewer, BHTV, sonde og måleprinsipp.
- Figur 2 : Måleprinsipp og sonde for Optisk Televiewer, OPTV (Robertson Geologging).
- Figur 3 : BIPS utrustning. Logger, vinsj og sonde.
- Figur 4 : Akustisk Televiewer. Eksempel på tolket logg. BH 11 Lutvann, 15.3 – 19.8 m.
- Figur 5 : Optisk Televiewer, OPTV. Eksempel på tolket logg. BH 11 Lutvann, 15 – 20 m.
- Figur 6 : Optisk Televiewer BIPS. Eksempel på tolket logg, Bh 11 Lutvann, 15 – 19 m).
- Figur 7 : Geologisk kart, Lutvann, Østmarka (NVE).
- Figur 8 : Bh 11, Lutvann, 8.5 – 14.2 m. BIPS, OPTV og AKTV borehullsilde.
- Figur 9 : Bh 11, Lutvann, 14.5 – 20.1 m. BIPS, OPTV og AKTV borehullsilde.
- Figur 10 : Bh 11, Lutvann, 25.3 – 31.1 m. BIPS, OPTV og AKTV borehullsilde.
- Figur 11 : Akustisk Televiewer, AKTV. Bh 11 Lutvann. Stereogram av indikerte sprekker.
- Figur 12 : Optisk Televiewer, AKTV. Bh 11 Lutvann. Stereogram av indikerte sprekker.
- Figur 13 : Optisk Televiewer, BIPS. Stereogram og rosedigram over indikerte sprekker.
- Figur 14 : Akustisk Televiewer, AKTV. Frekvenshistogram for Bh 11, Lutvann.
- Figur 15 : Optisk Televiewer, OPTV. Frekvenshistogram for Bh 11, Lutvann.
- Figur 16 : Optisk Televiewer, BIPS. Sprekkefrekvens, kumulert antall, kumulert Sprekkeåpning.
- Figur 17 : BIPS, OPTV og AKTV bildelogg fra Bh 11, 33.2 – 34.8 m, Lutvann. Åpen sprekke ved 34 m.
- Figur 18 : Temperatur, elektrisk ledningsevne og total gamma, Bh 11 Lutvann.
- Figur 19 : Borehullsforløp, Bh 11, Lutvann 3D-projeksjon.
- Figur 20 : Bh 11, Lutvann. Horisontalprojeksjon.

TABELLER

Tabell 1 : Oversikt over antall indikerte sprekker og sprekkeretninger, Bh 11

DATABILAG

- Databilag 1 : Akustisk Televiwer. Indikerte sprekker og strukturer Bh 11. Tabelloversikt som viser dyp, fall, retning, diameter, borehullsforløp.
- Databilag 2 : Optisk Televiwer, OPTV. Indikerte sprekker og strukturer Bh 11. retning, Tabelloversikt som viser dyp, fall, retning, diameter, borehullsforløp.
- Databilag 3 : Optisk Televiwer, BIPS. Tabell over indikerte sprekker og strukturer Bh 11.
- Databilag 4 : Akustisk Televiwer. Tabell over gjennomsnittlig retning, fall og sprekkefrekvens i definerte soner i BH 11.
- Databilag 5 : Optisk Televiwer, OPTV. Tabell over gjennomsnittlig retning, fall og og sprekkefrekvens i definerte soner i BH 11.
- Databilag 6 : Akustisk og optisk televiwer. Borehullsforløp Bh 11. Tabell over dyp, nord- og østkomponent, retning og fallvinkel (fra lodd).

1. INNLEDNING

Krav om forbedrede metoder for forundersøkelser for fjell- og tunnelanlegg har ført til økt forskning på dette området de siste par årene. I samarbeid med NVE og "Forskningsrådet" har NGU testet ut nye metoder for borehullsinspeksjon. Utprøvingen har vært utført som en del av forprosjektet "Miljøsikre og Samfunnstjenlige tunneler". NGU har utført borehullsinspeksjon med optisk og akustisk televiwer høsten 1999. Testmålingene ble gjort med optisk televiwer fra RaaX Co Ltd (BIPS) lånt fra Malå Geoscience, og akustisk televiwer, AKTV, fra Robertson Geologging Ltd. Ut fra resultatene og fra bedriftsbesøk anskaffet NGU våren 2000 optisk televiwer, OPTV, fra Robertson Geologging Ltd.

Denne rapporten beskriver metodene og resultater fra testmålingene i 1999 og målinger med NGUs nye OPTV. Alle målinger er gjort i samme borehull, Bh 11 ved Lutvann i Østmarka, Oslo (kartbilag -01), slik at en direkte kan sammenligne resultatene. I dette området ble det boret flere hull i forbindelse med miljøproblemer forårsaket av Romeriksporten. Det er også logget akustisk i Bh2 og Bh 8 (Elvebakk & Rønning 2000) og optisk i Bh 16, 17, 18 og 21 (NorFA research course, 2000).

Målingene ble utført av Harald Elvebakk og Jan S. Rønning høsten 1999 og høsten 2000.

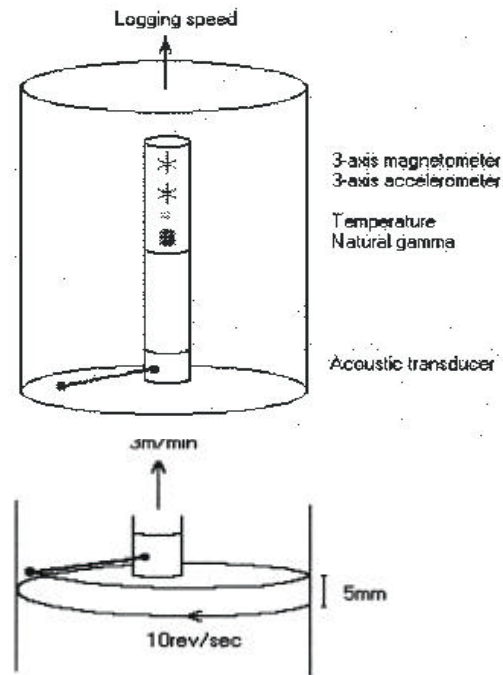
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Felles for både optisk og akustisk televiwer er at en får et bilde av borehullsveggen. Målingene kan utføres i grove borehull, 70 – 150 mm. Bildet er brettet ut 360° og er orientert fra nord via øst, sør og vest til nord. Hele borehullets lengde blir "filmet", og ved hjelp av dette bildet kan en digitalisere sprekker og strukturer som observeres. Både retning og fall til observerte sprekker blir beregnet og en får et sluttprodukt som er bedre enn tradisjonell kjerneboring når en ser bort fra muligheten til eksakt prøvetaking. Borehullsinspeksjon med televiwer kan benyttes ved forundersøkelser ved fjell- og tunnelanlegg, grunnvannsundersøkelser i fjell, grunnvarme og mineralundersøkelser. Instrumentet passer best til bruk i steiltstående hull der sonden glir ned i hullet av egen tyngde. Det finnes stive kabler som kan nyttes til å dytte sonden inn i hullet, for eksempel ved horisontale hull. Logging skjer da når en drar ut sonden med konstant hastighet (vinsj). Utstyret er tungt, og det beste er om det er kjørbart veg fram til borehullet.

2.1 Akustisk Televiwer, AKTV

Akustisk televiwer er et geofysisk instrument som brukes til å få et akustisk bilde av borehullsveggen. Figur 1 viser måleprinsipp og et bilde av sonden og stativ med tellehjul for dybde. Instrumentet produserer et akustisk bilde som dekker 360° av borehullsveggen, dvs. bildet blir "brettet ut" fra $0 - 360^{\circ}$. En roterende piezoelektrisk enhet sender akustiske pulser, ultralyd, ut til borehullsveggen samtidig med at sonden heves sakte. Amplitude og gangtid til det reflekterte signal registreres digitalt og resultatet vises som et bilde av

borehullsveggen på en PC-skjerm. Ujevnheter (sprekker) vil påvirke amplitude og gangtid p.g.a. variasjoner i refleksivitet og borehullsdiameter. Sprekker som skjærer borehullet i en vinkel mellom 0 og 90° vil observeres som en sinusfunksjon på det "utbredte" bildet, mens sprekker vinkelrett hullet vil vises som en horisontal linje. Ved å digitalisere de indikerte hendelser kan sprekkenes strøk, fall og åpning beregnes. I tillegg kan sprekkfrekvens for hele borehullet og for definerte soner bestemmes. Orientering av bildet gjøres ved hjelp av et sett akselerometre og et treaksialt magnetometer. Dette systemet kan også benyttes til å avviksmåle borehullet.



Figur 1. Akustisk Televiewer, AKTV sonde (venstre), måleprinsipp (høyre)

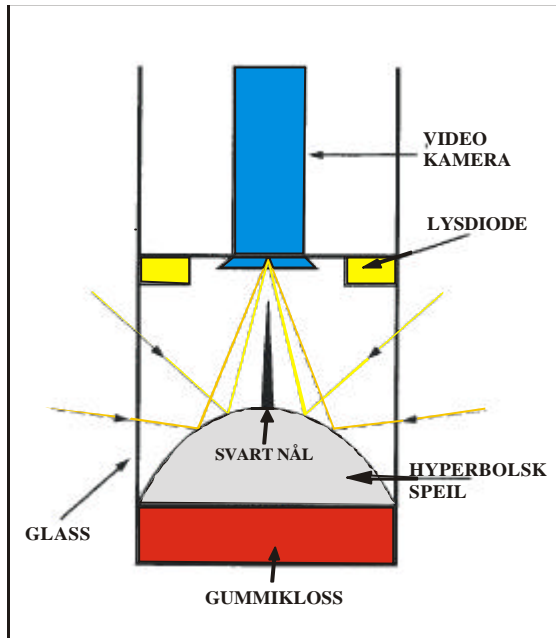
Akustisk televiewer kan bare brukes i væskefylte (vann, mud) borehull pga. den akustiske koblingen som er nødvendig for å overføre en ultrasonisk lydimpuls. Det kan være vanskelig å skille mellom rene sprekker og geologisk bånding, f.eks kvarts/kalkbånd.

Borehull blir inspisert fra bunnen og oppover med en hastighet på ca 2 meter pr. minutt. Med 600 omdreininger pr. minutt og 128 "skudd" pr. omdreining gir dette en pikselstørrelse på ca $3 \times 4 \text{ mm}^2$ på borehullsveggen. Oppløsningen er bedre enn dette, og i følge leverandøren kan systemet se sprekker med tykkelse ned mot 0,5 mm.

2.2 Optisk Televiewer, OPTV

Optisk televiewer er et geofysisk instrument som brukes til å få et optisk bilde av borehullsveggen. Instrumentet består av et videokamera som kan senkes ned i borehull med en diameter på 70 – 160 mm. Instrumentet senkes med en konstant hastighet på ca 1m/min og gjør et kontinuerlig opptak av den innvendige borehullsveggen. Det blir tatt et bilde for hver mm nedover i hullet (hele omkretsen, 360°) og bildet deles i 360 eller 720 pixler rundt hele

omkretsen. Dette gir meget høy oppløsning og en kan se sprekker med en åpning ned til 0.5 mm. Figur 2 viser prinsippet for OPTV. Lysdioder sender ut lys som reflekteres fra borehullsveggen inn på et hyperbolsk speil som igjen reflekterer lysstrålene opp til et videokamera.



Figur 2. Måleprinsipp for Optisk Televiewer, OPTV (venstre), sonde (høyre) (Robertson Geologging).

Bildet som presenteres er borehullsveggen brettet ut 360° . På samme måte som for AKTV indikeres sprekker og strukturer som en sinusfunksjon på det utbrettede bildet når skjæringsvinkelen er mellom 0 og 90° . Ved å digitalisere de indikerte hendelser kan sprekkenes strøk, fall og åpning beregnes. I tillegg kan sprekkefrekvens for hele borehullet og for definerte soner bestemmes. Orientering av bildet gjøres ved hjelp av et sett akselerometre og et treaksialt magnetometer. Dette systemet kan også benyttes til å avviksmåle borehullet.

Den høye oppløsningen gir et meget detaljert bilde av borehullsveggen. OPTV kan brukes både i vannfylte og tørre borehull, men vannfylte hull gir best bilde. Vannet må være klart, så i vannfylte hull bør en vente en stund etter boring før en starter logging. NGUs OPTV har en vinsj med 500 m kabel slik at en kan logge opp til 500 m dype hull. Datafilene blir store, et 100 m hull lager en fil på 200 Mb med 720 pixler oppløsning. Under loggingen kan en se bilde av borehullsveggen på PC skjerm. Umiddelbart etter logging kan en kjøre en replay av loggen der en kan se gjennom hele hullet.

Optisk televiewer kan benyttes til inspeksjon av grunnvannsbrønner, grunnvarmebrønner, forundersøkelser for fjellanlegg (tunneler, fjellrom) og er i de fleste tilfeller bedre enn tradisjonell kjerneboring da en får orientert sprekker og strukturer.

2.3 Optisk Televiewer, BIPS

Prinsippet for BIPS (RaaX Co Ltd) er det samme som for OPTV (Robertson Geologging). Utrusningen som brukes er vist i figur 3. Borehullssonden består av et videokamera, lyskilde og digitalt kompass og kan senkes ned i hullet ved en motorisert vinsj. Analoge data fra kameraet blir konvertert til digitale data i loggeenheten på overflaten. Bildet som lages er et 360⁰ utbrettet orientert bilde av borehullsveggen. I tillegg til å orientere bildet ved hjelp av magnetometre er det mulighet til å orientere bildet ved hjelp av en gravitasjonskule som legger seg i laveste punkt på hullveggen i hellende hull. Bildet blir da orientert fra bunn-venstre-topp-høyre-bunn. Retning, fall og sprekkfrekvenser til indikerte sprekker og strukturer kan beregnes. En kan også karakterisere hendelsene (åpen sprekk, mineralisert sprekk, plan eller uregelmessig osv.)

Oppløsningen er god. En kan velge mellom 360 eller 720 pixler. Datalagringen skjer på MO disketter (Magneto Optical disk). En slik diskett kan lagre 640 Mb. Dette krever at en må ha en egen diskettstasjon (MO drive) for å overføre data til PC.



Figur 3. BIPS utrustning. Logger, vinsj og sonde.

BIPS Optisk Televiewer kan benyttes til inspeksjon av grunnvannsbrønner, grunnvarmebrønner, forundersøkelser for fjellanlegg (tunneler, fjellrom). Sonden har en diameter på 50 mm, men en anbefaler noe større borehullsdiameter (70 – 150 mm). Det er viktig at sonden sentraliseres for å få jevn belysning av borehullsveggen. Dette skjer ved hjelp av to sett med fjærer som monteres på sonden.

2.4 Databehandling, presentasjon av data

Analyse og presentasjon av måledata foretas med egen programvare. Både RaaX Co og Robertson Geologging har egen programvare som følger med utstyret (RaaX Co, BIPS Data Processing Program og Robertson Geologging, RGLDIP v5.1 – 5.3). OPTV og AKTV benytter same programpakke fra Robertson Geologging. Det benyttes kjente ingeniørgeologiske teknikker for å presentere statistikk over kartlagte sprekker så som stereografisk projeksjon, sprekkeroser, sprekkefrekvenser (histogrammer) i tillegg til spesielle borehullslogger. En slik logg viser bilde av borehullsveggen med indikerte og digitaliserte sprekker og strukturer.

2.4.1 Standard borehullslogg

Figur 4, 5 og 6 viser standard borehullslogg av henholdsvis AKTV (akustisk), OPTV og BIPS. Loggene er fra Bh 11 ved Lutvann. For AKTV og OPTV er loggene noenlunde lik da de benytter samme programvare (Robertson Geologging). Først vises det utbredte bilde av borehullsveggen, orientert. For AKTV, figur 1, er bildet laget på grunnlag av reflektert amplitude som klartest viser sprekker og strukturer. Lyst bilde angir høy amplitude mens mørkt bilde signaliserer liten amplitude på reflektert signal. OPTV-loggen, figur 5, viser videoopptak av borehullsveggen, det samme gjør BIPS-loggen, figur 6. For AKTV og OPTV presenteres så et pil-plott ("arrow plot") hvor det skilles mellom sprekker og geologisk bånding ifølge den tolkning som er gjort. Pilens hode viser sprekkes fall ($0 - 90^\circ$), mens halen viser normalvektorens asimut, eller fallretningen (nord rett opp). Denne er entydig bestemt ved stereografisk projeksjon. Sprekkeplanetets strøkretning blir da 90° på denne retningen. Videre på borehullsloggen vises to snitt av borkjernen vinkelrett på hverandre slik de tar seg ut fra en valgt retning, f. eks. $N315^\circ$ og $N45^\circ$. For OPTV skrives tolkede kommentarer for hver sprekke, f. eks. fracture, planar, fresh, hairline-fracture. Tilslutt vises borehullets fall og retning som pilplott hvor hodet indikerer hullets fallvinkel (vinkel fra lodd) mens halen viser retningen. Borehullsforløpet kan også plottes separat som 3D-plott og vertikal- og horisontalprojeksjon, se eksempel senere. På BIPS-loggen merkes hver sprekke med retning og fall.

Alle data fra borehullsloggen, både sprekkeedata og borehullsforløp, kan skrives ut i tabellform.

2.4.2 Stereografisk projeksjon

En vanlig måte å presentere sprekkeedata på i ingeniørgeologisk sammenheng er å benytte stereografisk projeksjon av sprekkenes retning og fall. Her blir hver sprekke representert ved normalvektoren, et punkt (pol) i et stereografisk nett. Ved en slik projeksjon kan en lett se hovedretninger og hovedfall til de sprekker som opptrer i borehullet. Det er benyttet nedre halvkule ved denne projeksjonen. Punkter som ligger langt ut mot periferien på nettet indikerer steile sprekker, mens punkter nær sentrum indikerer sprekker med lite fall. Tolkingsprogrammet for AKTV og OPTV plottes alle indikerte sprekker i et slikt nett. Under tolkningen av data definerer en sprekkeansamlinger som har noenlunde samme fall og retning

ved å sirkle inn disse på det stereografiske nettet. Hver sirkel får en bestemt farge som det også refereres til senere (frekvenshistogrammer). Resultatene presenteres i et stereonett hvor de definerte grupper (sirkler) vises med ulike farger. For hver gruppe beregnes et middelplan dvs. et gjennomsnittlig strøk og fall. En tabell viser gjennomsnittlig strøkretning og fall for hver gruppe, antall sprekker og sprekkefrekvens. Eksempel på plott vises under kapittel 3, figur 11 og 12 . Videre beregnes retning og fall til skjæringslinjen (intersection) mellom middelplanene for to og to definerte sprekkegrupper. Dette kan være viktig fordi svakhetssoner kan dannes der to hovedsprekkesoner (retninger) krysser hverandre.

Også BIPS (figur 13) presenterer data i stereogram samt at det i tillegg lages tradisjonelle rosedigrammer, både av strøkretning og fällretning (normalvektorens retning)

2.4.3 Sprekkefrekvens

AKTV og OPTV benytter samme type presentasjon av sprekkefrekvenser i frekvenshistogrammer. Sprekkefrekvens er antall sprekker pr. meter målt vinkelrett på sprekkenes middelplan. Ettersom sprekkenes telles langs borehullet, må det korrigeres for borehullsvinkelen og gjennomsnittsfallet til sprekkenes i den definerte gruppen. Dette blir gjort automatisk. Hele borehullets lengde er benyttet i beregningen av denne sprekkefrekvensen.

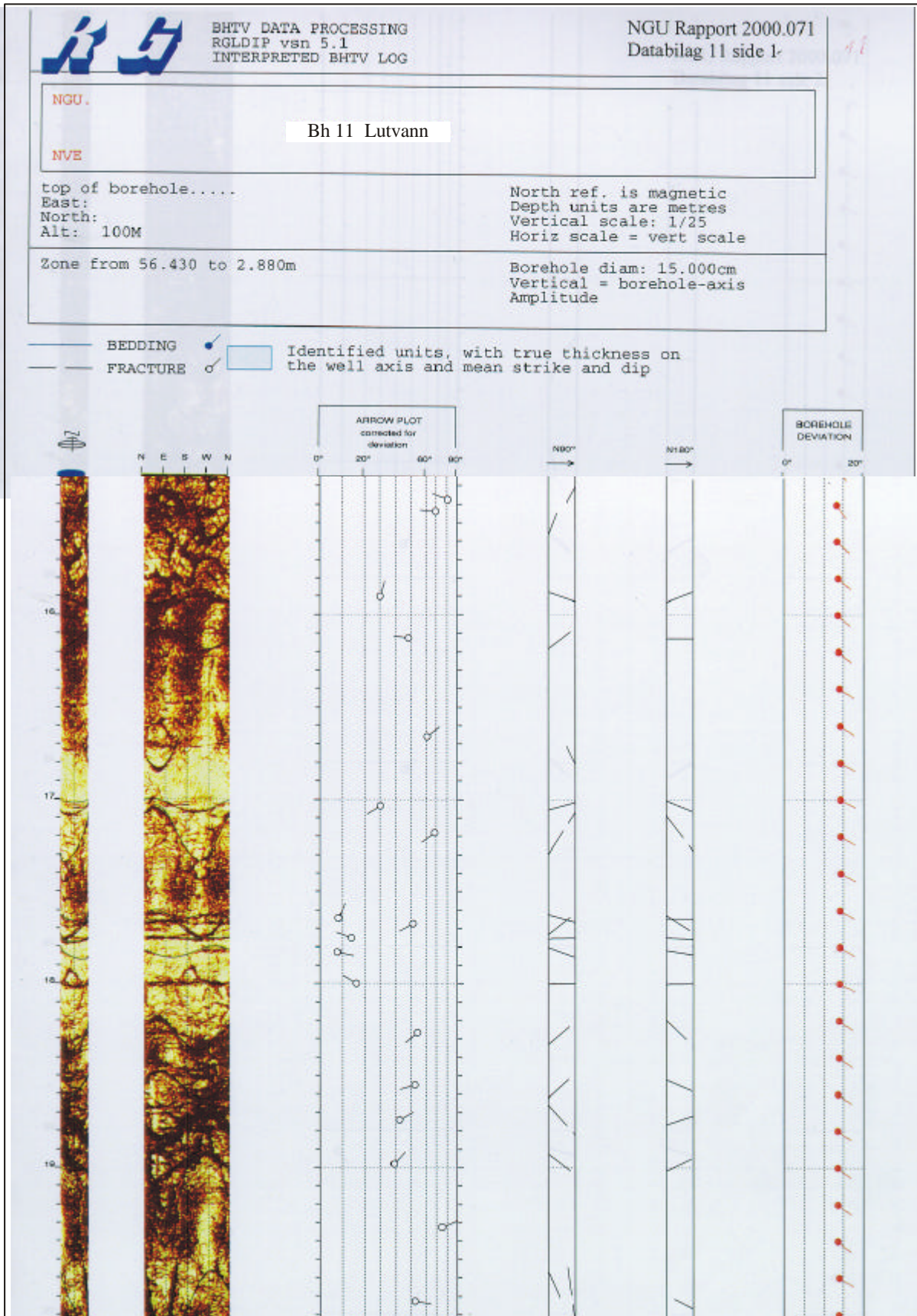
Ved å gå et skritt videre kan en beregne sprekkefrekvensen i definerte soner i borehullet. Sonene kan defineres hvor en vil, for eksempel i områder som er sterkt oppsprukket. Dette gjøres på en egen logg , sprekkehistogram, se eksempel under kapittel 3, figur 14 og 15. Til venstre vises sprekkenes som pilplott av normalvektorens asimut og sprekkenes fall. Hver enkelt sprekke har fått fargen til den gruppen de tilhører. Til høyre vises sprekkefrekvensen som histogrammer regnet ut innen hver definerte sone for hver av de tidligere definerte sprekkegruppene representert med de samme fargene. Her brukes en valgt oppløsning "measurement distance" som grunnlag for frekvensberegningen. Dette blir gjort for å fange opp sprekkegrupperinger innen en definert sone. Histogrammene fylles helt med riktig farge når frekvensen ligger over gjennomsnittet i sonen. Under denne beregningen gattes data slik at en kan få utslag utenfor den definerte sonen. Av histogrammene kan en se hvor og hvordan (retning og fall) hovedsprekkeretningene opptrer i hullet samt sprekkefrekvensen i hver sone. Som nevnt tidligere beregnes frekvensen som antall sprekker pr. meter målt vinkelrett på sprekkenes, dvs. vinkelrett på det gjennomsnittlige fallet i hver sone. Sprekker med steilt fall og liten vinkel i forhold til borehullsvinkelen vil dermed få en større frekvens enn det en tilsynelatende kan lese ut av en meter logget borehull. Over hver histogramlogg står gjennomsnittlig retning, fall og frekvens for hver definerte sprekkegruppe.

BIPS presenterer sprekkeedata i en "Rock Mass Condition Graph". Først presenteres indikasjon av tynne sprekker (hair cracks) og åpne sprekker (width of aperture). BIPS beregner også sprekkefrekvensen i antall sprekker pr. meter og presenterer disse som histogram langs borehullet, se eksempel kapittel 3, figur 16. Dersom det under tolkningen er indikert både åpne og tette sprekker angis dette på histogrammene. På samme plott presenteres også akkumulert antall sprekker og akkumulert sprekkeåpning fra nederste sprekke og opp. En bratt kurve vil da indikere mange sprekker over kort avstand (høy frekvens) og sterk økning i åpne sprekker.

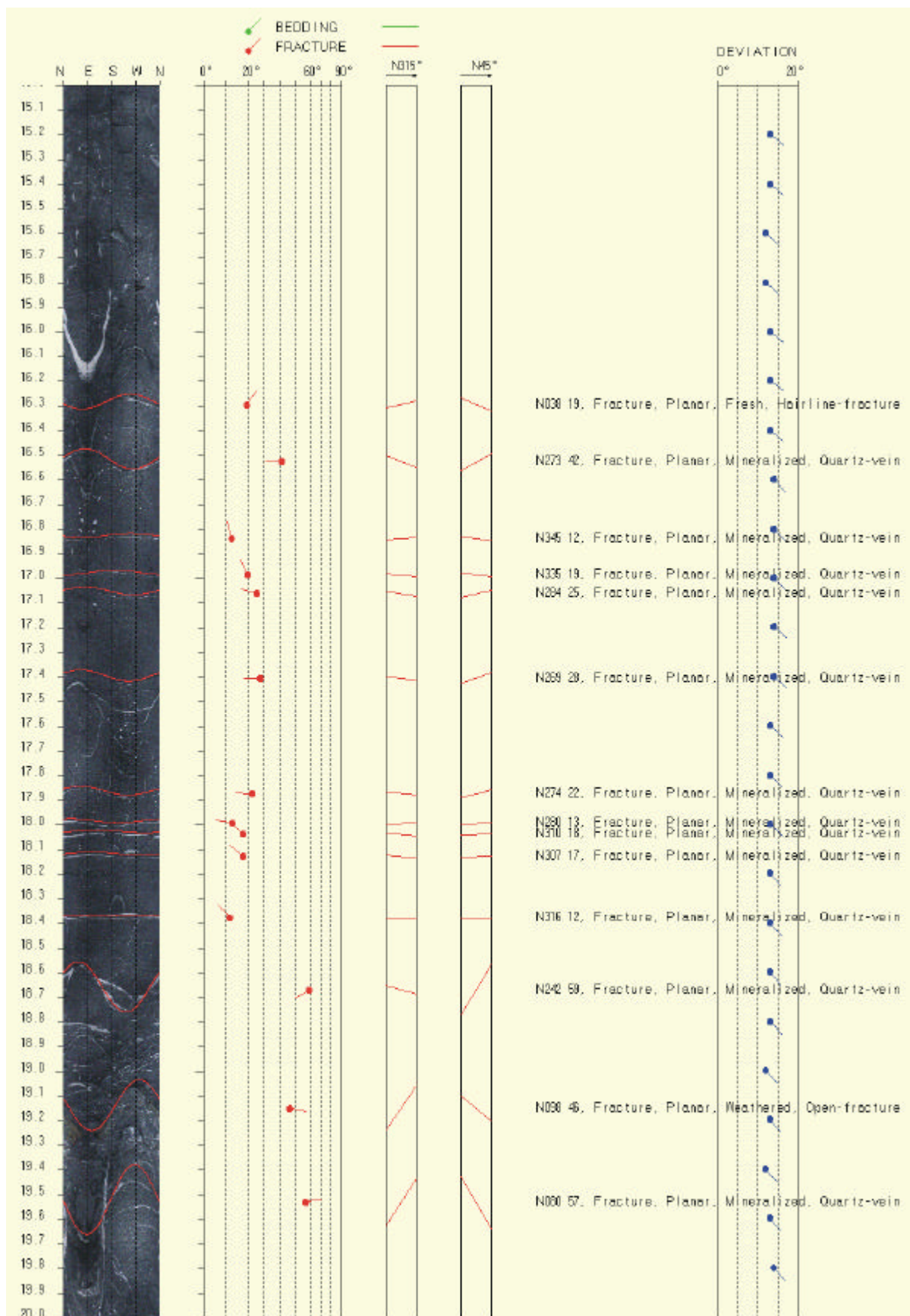
2.5 Brukervennlighet

Det bød ikke på nevneverdige problemer å lære seg å bruke de forskjellige instrumentene. Alle krever tilgang på strøm, 220V, enten fra aggregat eller fra nett. Utstyret er nokså tungt, og det beste er om det er kjørbart fram til borehullet. Vinsjen på OPTV (500 m kabel) er ca 100 kg. BIPS vinsjen hadde 300 m kabel og kunne bæres over korte avstander. Dataloggingen styres med PC (innbygd).

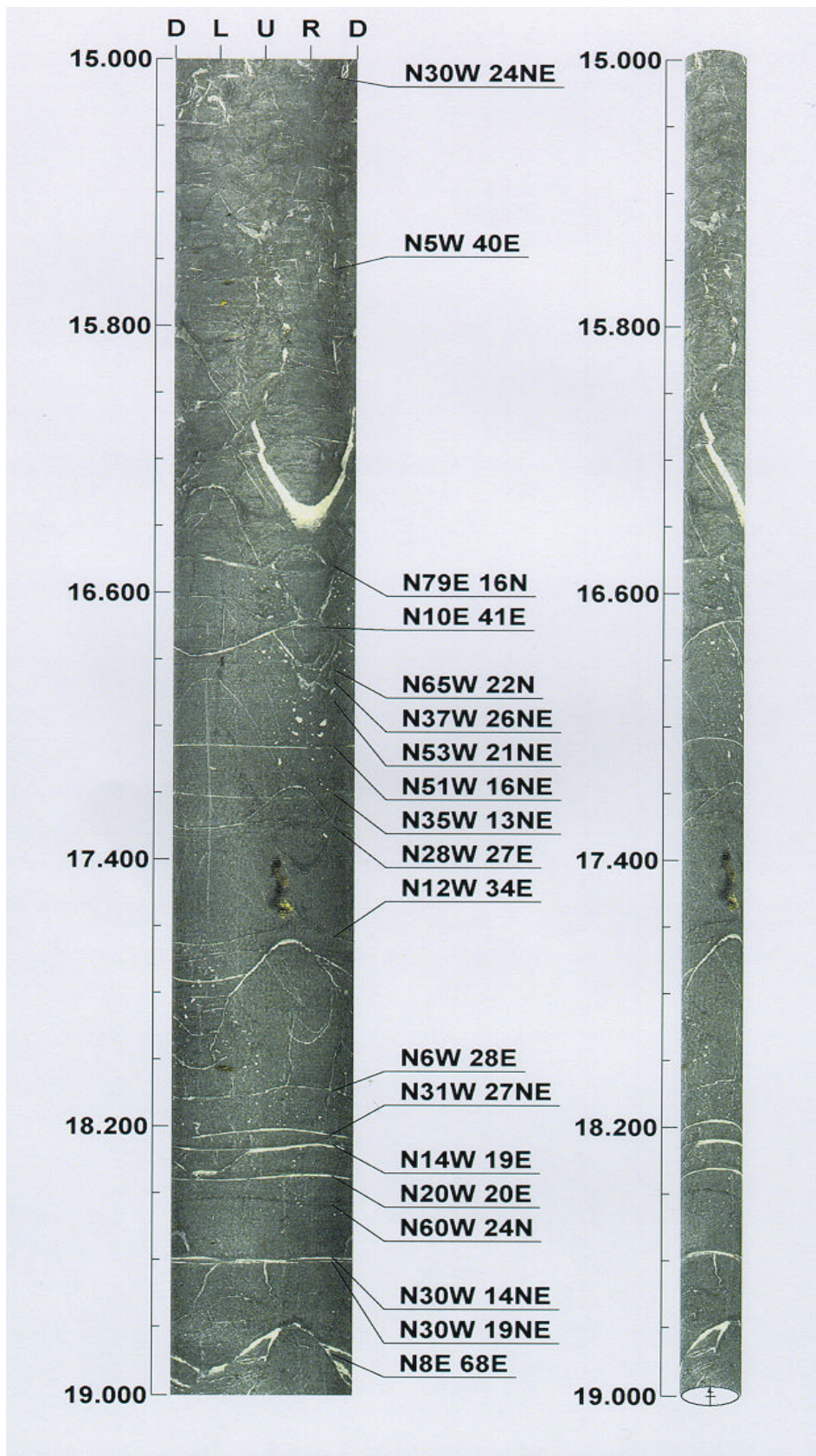
Opplæring i bruk av tolkningsprogrammene har krevd mye tid. BIPS har i alt fem forskjellige programmer for prosessering av data (Processing, Analysis, Print, Image view, Image utility). OPTV programvaren har hatt en del "bugs". Flere versjoner har kommet, men den er fremdeles ikke perfekt. Noe kan skyldes Windows 98 – Windows NT problematikk. Når OPTV programvaren (RGLDIP) fungerer som den skal, er den grei å bruke med rask utskrift til statistikker og tabeller. En fordel er at figurene kan lagres som Bitmap-filer eller EMF-filer slik at de enkelt kan taes inn som en del av en rapport. Dessuten finnes et Replay program som kan legges ved rapporten på CD. Også data kan legges på CD slik at kunden kan spille av hele borehullsloggen.



Figur 4. Akustisk Televiver. Eksempel på tolket logg. BH 11 Lutvann (15.3 – 19.8 m)



Figur 5. Optisk Televiver, OPTV. Eksempel på tolket logg. BH 11 Lutvann(15 – 20 m)

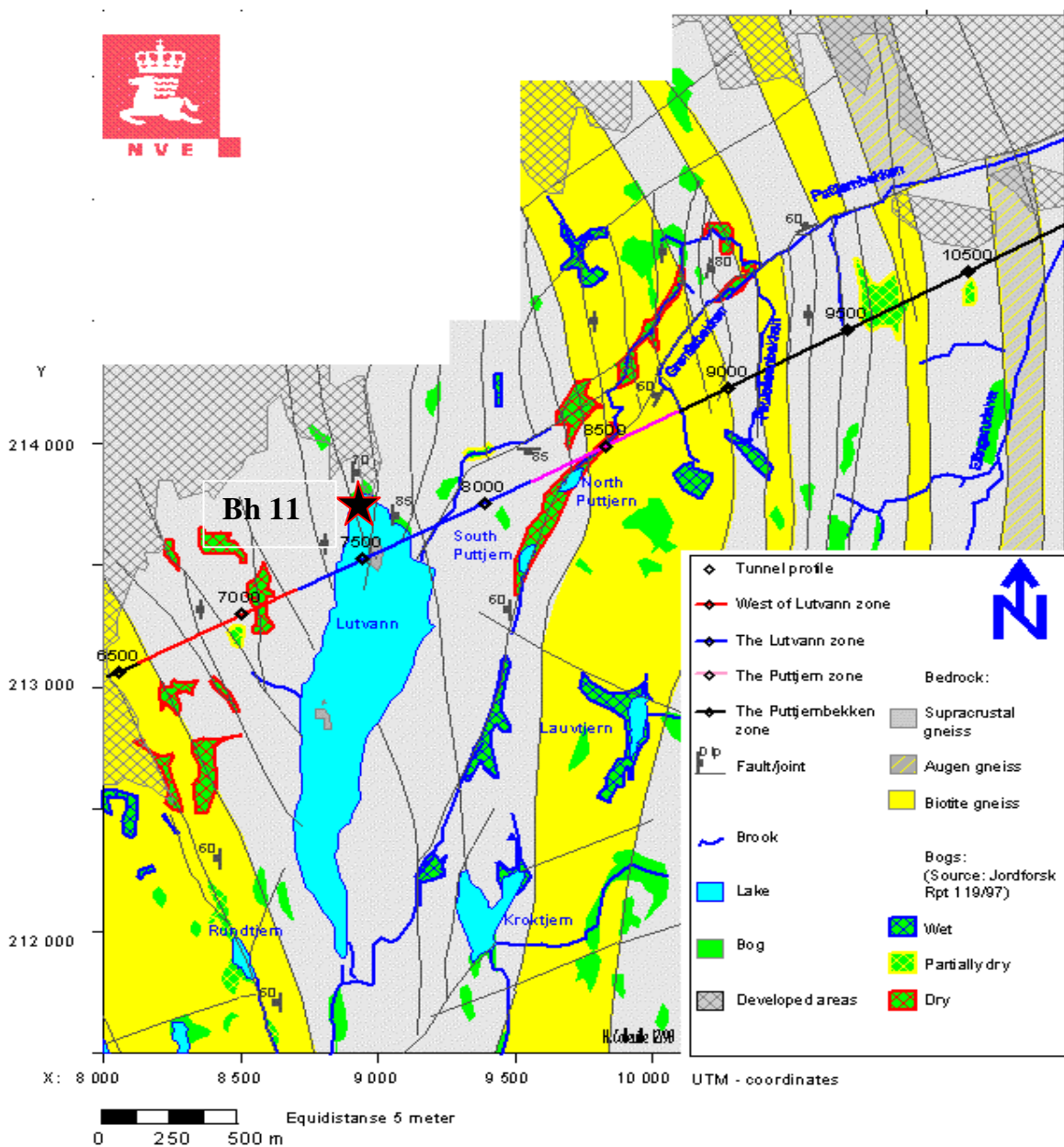


Figur 6. Optisk Televiwer BIPS. Eksempel på tolket logg, Bh 11 Lutvann (15 – 19 m).

3. RESULTATER, BH 11 LUTVANN

Data fra Bh 11 ved Lutvann er tolket med de forskjellige programpakken tilhørende det benyttede utstyret. Data fra de tre instrumentene er tolket uavhengig av hverandre og det er ikke gjort en bevisst sammenligning av alle sprekker. Det er likevel gjort en kvalitetsvurdering av instrumentene med hensyn til brukervennlighet ved måling og tolkning, presentasjon av statistikker og bilder (datakvalitet) og tilknytning til andre borehullssonder.

Figur 10 viser et forenklet geologisk kart over Østmarka med tunneltraseen , Romeriksporten, inntegnet. Kartet viser også sprekker og forkastningssoner. Den dominerende strøkretning er tilnærmet nord-syd. I nordenden av Lutvann går en sprekk/forkastning i retning NNV-SSØ.



Figur 7. Geologisk kart, Lutvann, Østmarka (NVE)

3.1 Bildekvalitet, BIPS, OPTV, AKTV

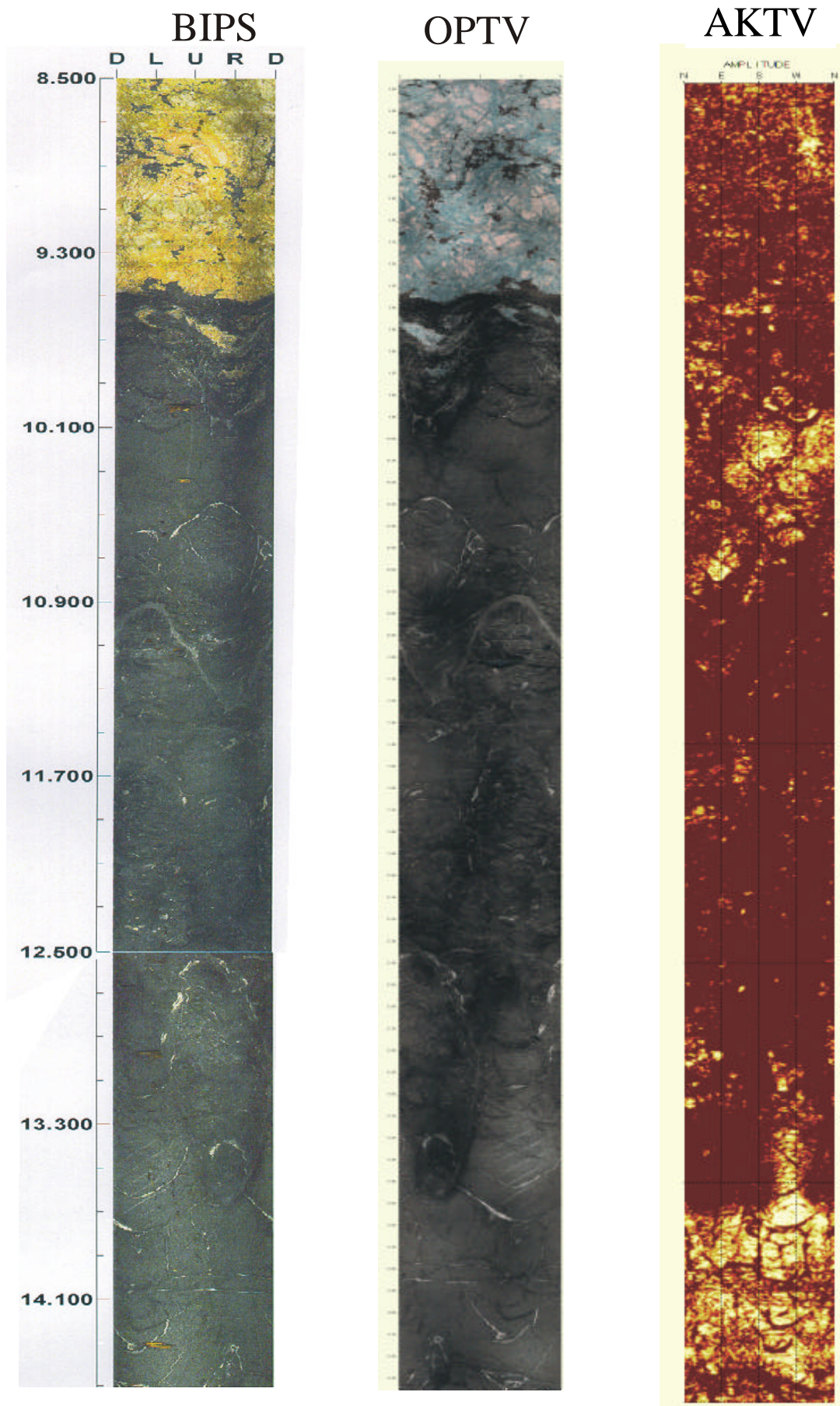
Grunnlaget for all tolkning med televiwer, enten det er optisk eller akustisk, er kvaliteten på det bildet som lages av borehullsveggen. Med kvalitet menes oppløsning, lys- og fargeforhold, eller i det hele tatt hva en ser og ikke ser av hendelser i borehullet. Figur 8, 9 og 10 viser tre utsnitt fra Bh 11, Lutvann. Her kan en direkte sammenligne bildekvaliteten. OPTV og AKTV-bildene er begge orientert fra nord via øst, sør og vest til nord slik at hendelsene kan sammenlignes direkte. BIPS har orientert bilde fra bunn via venstre, topp, høyre til bunn (Down-Left-Up-Right-Down). Generelt kan en si at kvaliteten på de to optiske er noenlunde lik. Det er noe forskjell i fargenyansene uten at det går utover oppløsningen og mulighetene til å identifisere hendelser. Det akustiske bildet skiller seg vesentlig fra de optiske, og en kan entydig si at en ikke ser alle hendelser som kommer fram på de optiske bildene.

Figur 8 viser bilder fra Bh 11, 8.5 – 14.2 m. Det er tydelig forskjell i fargenyansene på BIPS og OPTV, særlig på den lyse bergarten øverst. Begge tolkningsprogrammer har muligheter for justering av fargene, men det kan være vanskelig å få naturlige farger. Belysning og optiske forhold i borehullet har også betydning for fargene. Dette borehullet er vannfylt. På grunn av forskjellig orientering (180° forskyvning) er formen på strukturene forskjellig, men det er lett å kjenne igjen de samme strukturene på de to bildene. De fleste strukturene som observeres er mineraliserte sprekker (fylte). På AKTV ser en på langt nær så mange strukturer, og en kan heller ikke si om de er åpne eller mineraliserte sprekker. AKTV-bildet er laget på grunnlag av forandringer (dempning) av amplituden til lydsignalet som sendes mot borehullsveggen. Ujevnheter (sprekker) og forandringer i bergart vil (kan) påvirke reflektiviteten. Oppsprukket og porøst fjell vil dempe lydbølgene og kommer frem som mørke strukturer på AKTV-bildet. Bare et fåtall strukturer kan kjennes igjen på både akustisk og optisk logg. De mørke partiene på den akustiske loggen kan se ut som noe "dårlig fjell" på de optiske loggene.

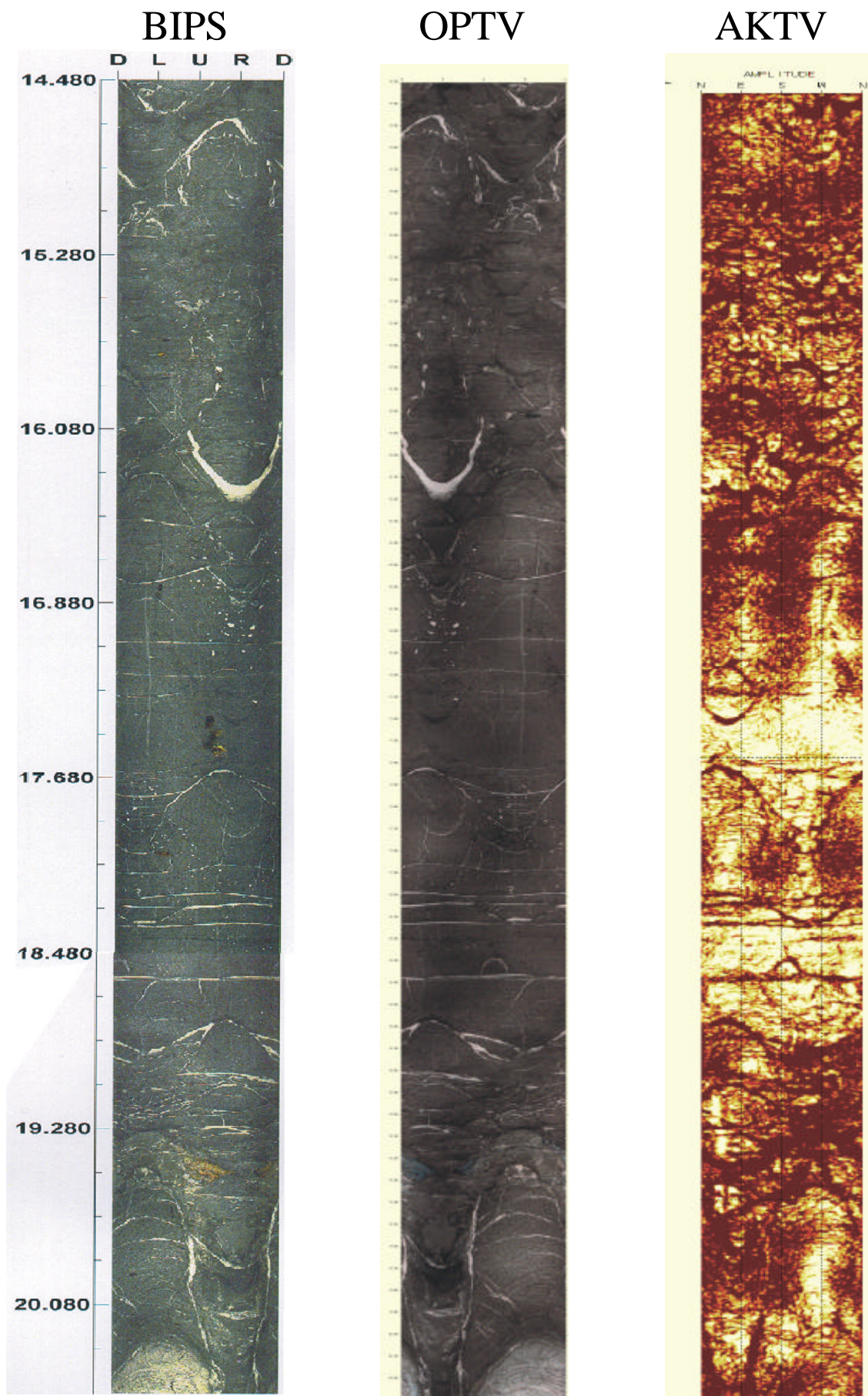
Figur 9 viser bilder fra 14.4 – 20.1 m. De to optiske loggene viser en mengde strukturer som indikeres like godt på BIPS og OPTV. I området 16.8 – 19.5 m kan en observere noenlunde de samme strukturene på OPTV og AKTV. Disse ble tolket som sprekker på den akustiske loggen (Elvebakk & Rønning 2000). Den optiske viser imidlertid at det er tynne mineraliserte (kvarts ?) sprekker som trolig ikke representerer noe problem verken m.h.p. stabilitet eller vannlekasje. Også her er det mørke partier på den akustiske loggen som ser noe porøs ut på de optiske loggene.

Figur 10 viser bilder fra 25.5 – 31.1 m. Dette bildet er tatt med for å vise en tydelig åpen sprekk ved 28.7 m. Særlig OPTV-loggen viser at sprekkene er åpne, 20 – 30 cm åpning. På den akustiske loggen vises dette som et svært mørkt område. Det tyder på at svært lite av den utsendte lydimpuls blir reflektert. En kan imidlertid ikke entydig si ut fra den akustiske loggen at dette er en åpen sprekk, men at det bare er store muligheter for det. På den optiske er det ingen tvil.

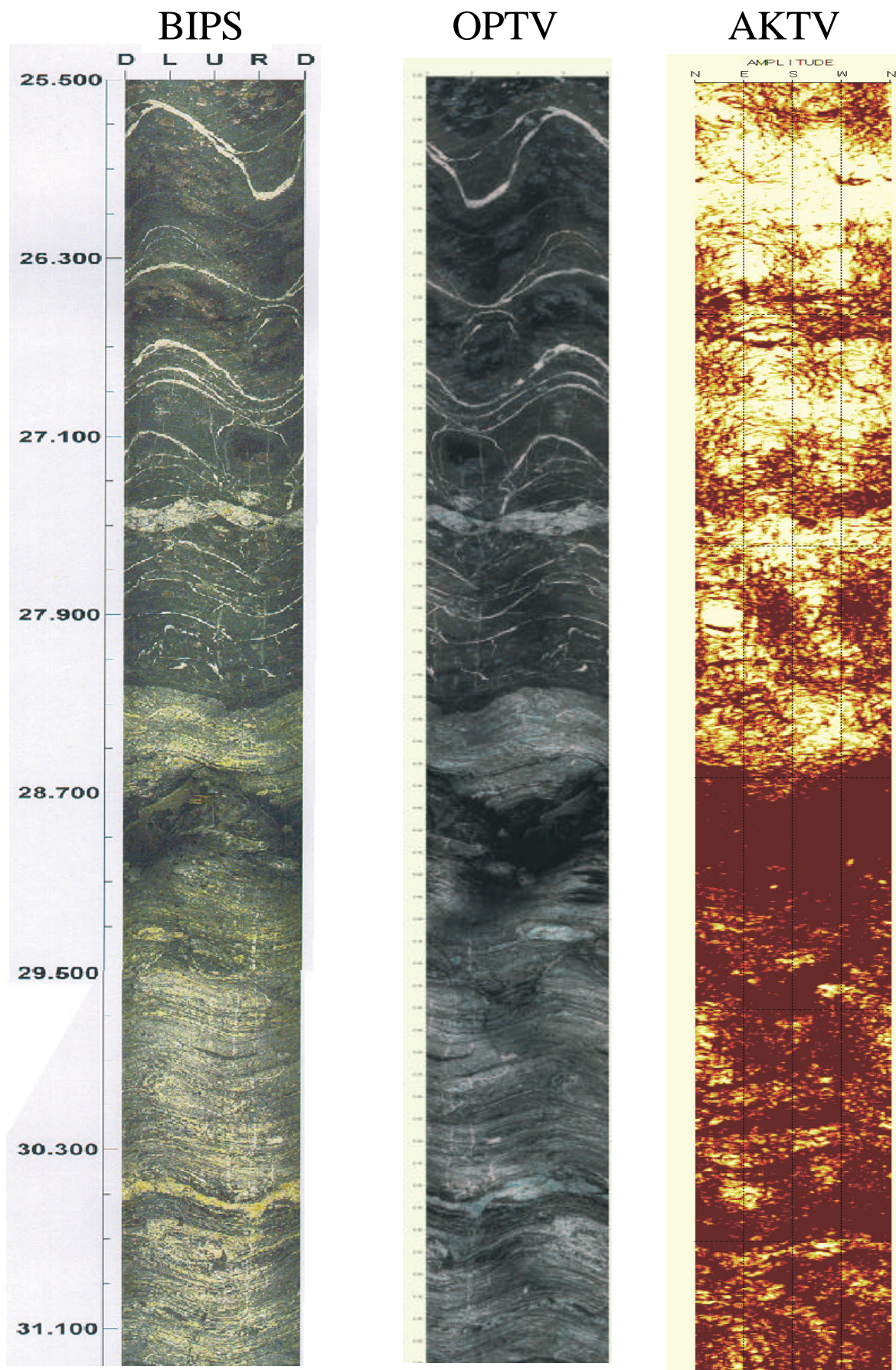
Konklusjonen på vurdering av bildekvaliteten er at OPTV og BIPS er nokså like når det gjelder å observere hendelser for de aller fleste tilfeller. På de presenterte bildene kan det se ut som om OPTV er noe skarpere enn BIPS, men dette har (kan ha) sammenheng med at BIPS bildene er skannet før presentasjon. Fargenyansene varierer noe uten at det ser ut til å bety noe. Bildekvaliteten på AKTV er mye dårligere, og det er ikke mulig å skille mellom åpne og fylte sprekker. Ut fra statistikk er det klart at AKTV ikke kan indikere så mange hendelser som OPTV (se senere). Fordelen er at akustisk televiwer kan brukes i uklart vann og mud som for eksempel i oljebrønner.



Figur 8. Bh 11, Lutvann, 8.5 – 14.2 m. BIPS, OPTV og AKTV borehullsbilde



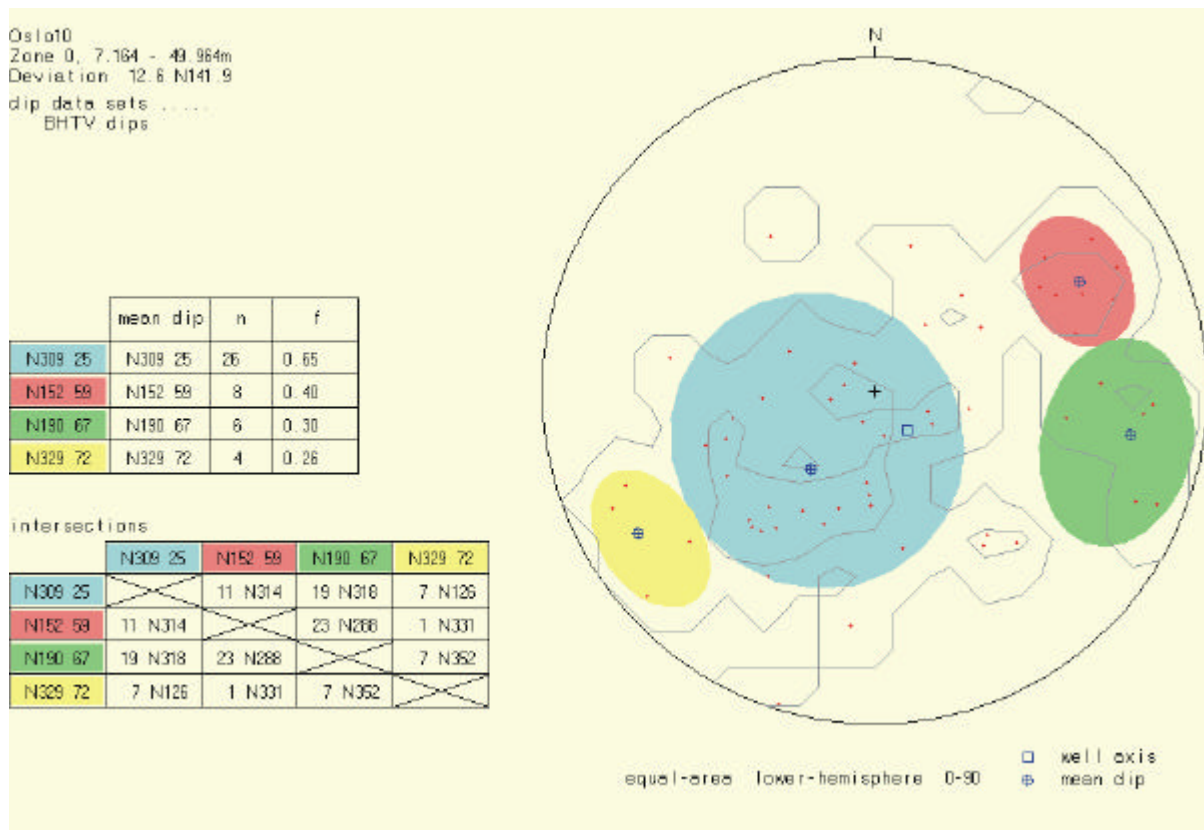
Figur 9. Bh 11, Lutvann, 14.5 – 20.1 m. BIPS, OPTV og AKTV borehullsbilde



Figur 10. Bh 11, Lutvann, 25.5 – 31.1 m. BIPS, OPTV og AKTV borehulls-bilde

3.2 Stereogram, rosediagram

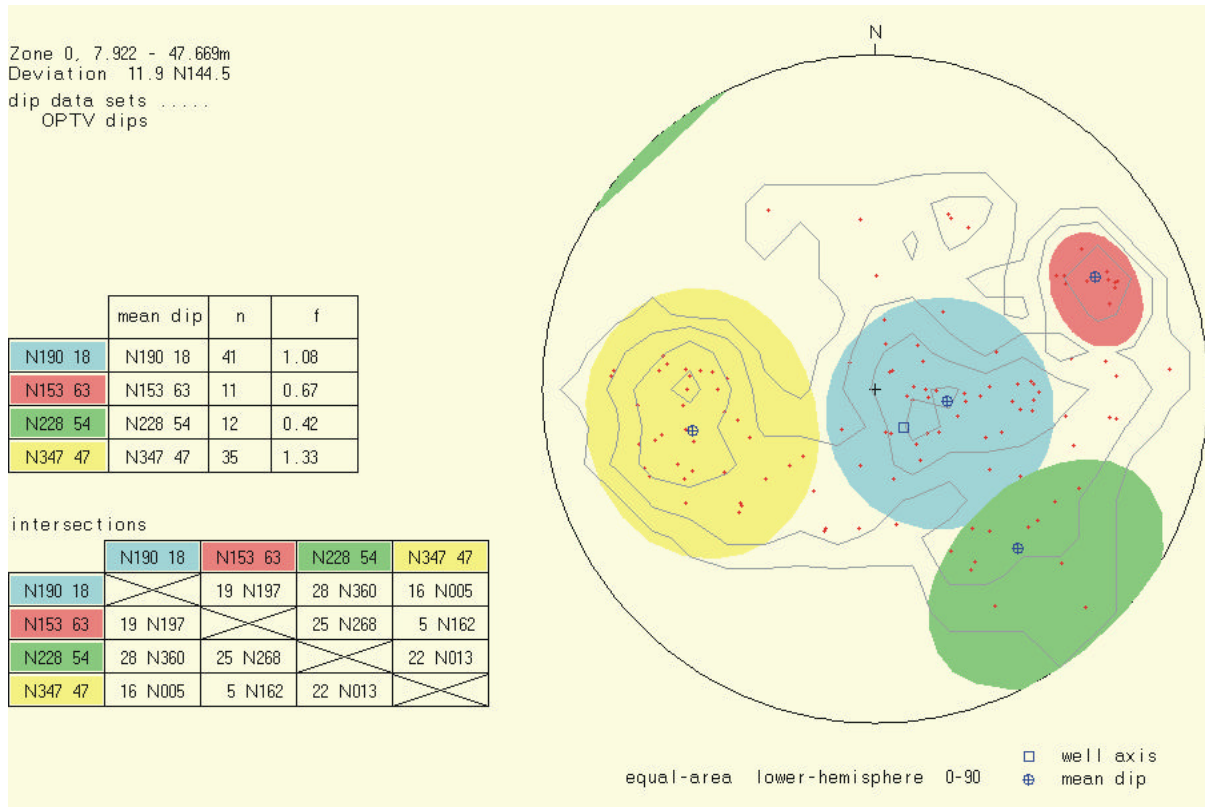
Som nevnt tidligere er det i ingeniørgeologiske sammenheng vanlig å presentere data i stereogrammer. Det såkalte polpunktet til et sprekkeplan bestemmer entydig planets strøkretning og fallvinkel. En annen måte er å plote data i rosediagram som viser hvilke sprekkeretninger som er mest fremtredende.



Figur 11. Akustisk Televiver, AKTV. Bh 11 Lutvann. Stereogram av indikerte sprekker.

Figur 11 viser stereografisk projeksjon av indikerte sprekker med AKTV i Bh 11, Lutvann. De fargede sirklene indikerer sprekkeansamlinger og kan i utgangspunktet defineres der man ønsker det. I dette tilfellet er det definert fire hovedgrupper, noen inneholder få sprekker og representerer neppe hovedsprekkeretninger. De fleste sprekkenes ligger innenfor den blå sirkelen (26 sprekker/strukturer). Gjennomsnittlig strøkretning og fallvinkel for denne gruppen er N309 og 25°. Ellers er det få andre store sprekkeansamlinger å se. Det er likevel definert i alt fire grupper (4, 6 og 8 sprekker). Tabellen ved siden av stereogrammet viser gjennomsnittlig strøkretning og fallvinkel (middelplan) for sprekkenes innenfor hver definerte gruppe (sirkel). Den nederste tabellen viser beregnet fall og retning til skjæringslinjen (intersection) mellom middelsprekkeplanene for to og to definerte sprekkegrupper. Dette kan være viktig fordi svakhetssoner kan dannes der to sprekkesoner krysser hverandre.

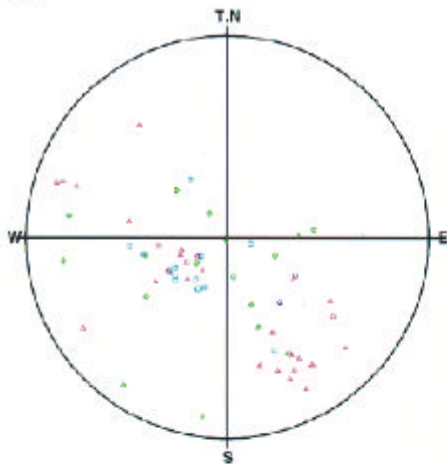
Figur 12 viser stereografisk projeksjon av indikerte sprekker med OPTV. Det er indikert langt flere sprekker med denne enn med akustisk (120 vs. 56). Billedloggene viste da også mange flere sprekker/strukturer med optisk.



Figur 12. Optisk Televier, OPTV. Bh 11, Lutvann. Stereogram av indikerte sprekker

To klare sprekkeansamlinger observeres på figur 12. Disse er indikert med blå og gul sirkel. Gjennomsnittlig strøkkretningen til de blå er N190 med 18° fall mot vest (plottepunktet for gjennomsnittsnormalen ligger på "østlige halvkule"). Den gule gruppen har gjennomsnittlig strøkkretning N347 med 47° fall mot øst. Begge disse gruppene har tilnærmet strøkkretning N-S, noe som stemmer bra med de angitte sprekkeretninger på det geologiske kartet, se figur 7.

Lutvann
<<Bh 11>>

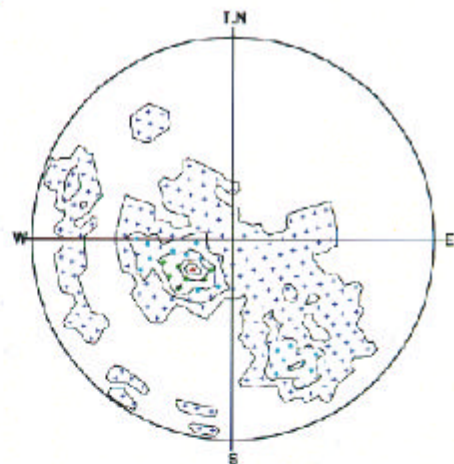


- <Legend>
- : Prim-str - 2
 - ◇: Open-crk - 17
 - : Hair-crk - 15
 - △: Frac-zn - 0
 - △: Mine-vn - 29

Schmidt (L.H)

Number of data:61/61

<<>>



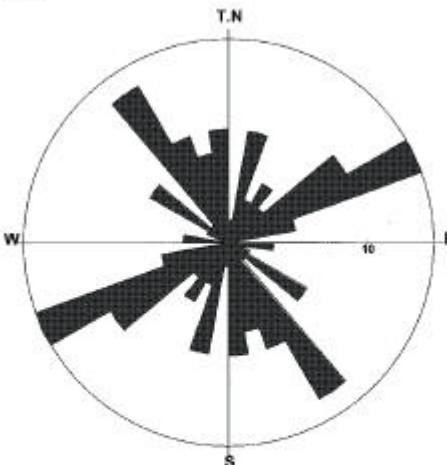
- Contour Value (%)
- C1: 0
 - C2: 5
 - C3: 10
 - C4: 15
 - C5: 20

- <Legend> Sym. (%)
- △: 25
 - △: 20 - 26
 - △: 15 - 20
 - △: 10 - 15
 - △: 5 - 10
 - + : 0 - 5

Schmidt (L.H)

Number of Data:61

Lutvann
<<Bh 11>>

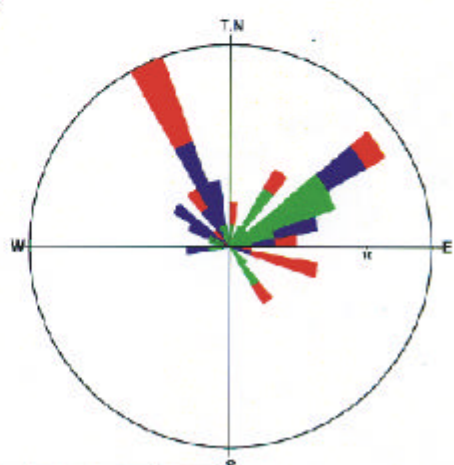


Strike	Point	%	Strike	Point	%
0-9	1	2	90-99	2	3
10-19	5	8	100-109	0	0
20-29	2	3	110-119	1	2
30-39	3	5	120-129	4	7
40-49	2	3	130-139	1	2
50-59	6	10	140-149	8	13
60-69	9	15	150-159	5	8
70-79	3	5	160-169	4	7
80-89	0	0	170-179	5	8

Max : 14.8%

Number of Data:61/61

<<>>



Dir	%	Dir	%	Dir	%	Dir	%
0-	3	90-	2	180-	0	270-	0
10-	0	100-	7	190-	0	280-	2
20-	2	110-	0	200-	0	290-	3
30-	7	120-	0	210-	0	300-	5
40-	2	130-	2	220-	0	310-	0
50-	13	140-	5	230-	0	320-	5
60-	9	150-	0	240-	0	330-	15
70-	7	160-	0	250-	0	340-	5
80-	5	170-	0	260-	0	350-	0

Max : 14.8%

Number of Data:61/61

Figur 13. Optisk Televiver, BIPS. Stereogram og rosedigram over indikerte sprekker.

Figur 13 viser stereogram og rosedigram for indikerte sprekker og strukturer med BIPS. Det ene stereogrammet viser fordelingen av sprekkene etter karakteristikk (Primary structure, open crack, hair crack, mineral vein). Det andre viser konturert stereogram og viser hvilke sprekkegrupperinger som er mest dominerende. Det ene rosedigrammet (farger) viser

sprekkeplanenes fallretning, mens det andre viser strøkkretninger. En har to dominerende strøkkretninger, NNV-SSØ og ØNØ-VSV.

Tabell 1. Oversikt over antall indikerte sprekker og sprekkeretninger, Bh 11

Instrument	Retning 1	Retning 2	Retning 3	Retning 4	Andre	Sum
	Antall	Antall	Antall	Antall	Antall	Antall
BIPS	160-180	50 –70	140-160	10-20		
	9	15	13	5	19	61
OPTV	190	347	153	228		
	41	35	11	12	21	120
AKTV	190	329	152	309		
	6	4	8	26	12	56

Tabell 1 viser en oversikt over indikerte sprekkeretninger for de tre instrumentene. Det er åpenbart at OPTV totalt (se også stereogrammene) indikerer flest sprekker og strukturer. Det kan en også se på bildeloggene på figur 8, 9 og 10. Databilag 1, 2 og 3 viser tabeller med data for alle indikerte sprekker for hvert instrument. OPTV indikerer 120 sprekker/strukturer mens AKTV indikerer 56 dvs. omtrent dobbelt så mange. Noen av sprekkeene som er digitalisert med OPTV er bare deler av en sprekk, de skjærer ikke gjennom hele hullets tverrsnitt. BIPS indikerer 61 hendelser, også det omtrent halvparten av OPTV. Dette er ikke direkte sammenlignbart. Det er forskjellige personer som har gjort analysen og en har ikke tatt med alle småsprekker (delsprekker) med BIPS.

Videre kan en fra tabell 1 se at noenlunde samme strøkkretninger er indikert. Retning 1, f. eks., er sammenfallende for alle tre instrumenter. Det samme kan sies om retning 3. Dette er ingen kvantitativ sammenligning da en ikke har kontroll over hvilke sprekker som er med i de definerte gruppene. En ser i alle fall at retningene N-S og NNV-SSØ er sterkt representert i tabell 1 og at strøkkbestemmelsen dermed er noenlunde korrekt (jfr. geologisk kart figur 7) ut fra det som er kartlagt i dagen.

3.3 Sprekkefrekvenser, histogrammer

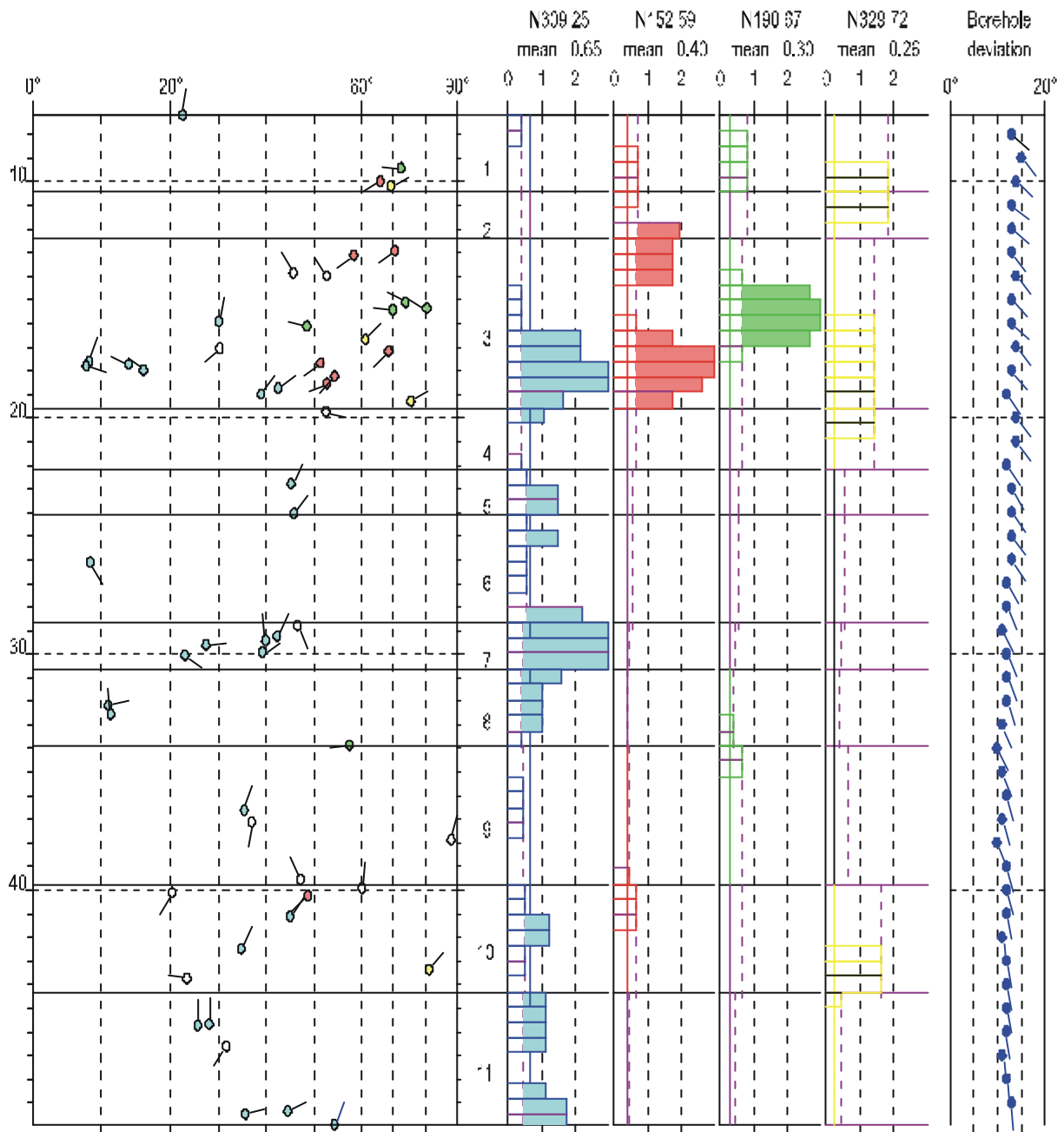
Sprekkefrekvens er definert og omtalt under kapittel 2.4.3. Her er også beskrevet hvordan et borehull kan inndeles i soner med beregning av sprekkefrekvens innen disse sonene. Databilag 4 og 5 viser sprekkeedata for hver sone. Dette er gjennomsnittsverdier innen hver sone av strøkkretning, fallvinkel og sprekkefrekvens. Innen hver sone vil frekvensen variere som en vil se av frekvenshistogrammene.

Figur 14 viser frekvenshistogram for akustisk televiewer, AKTV, for Bh 11, Lutvann. Borehullet er inndelt i 11 soner. Til venstre på plottet vises pilplott av indikerte sprekker

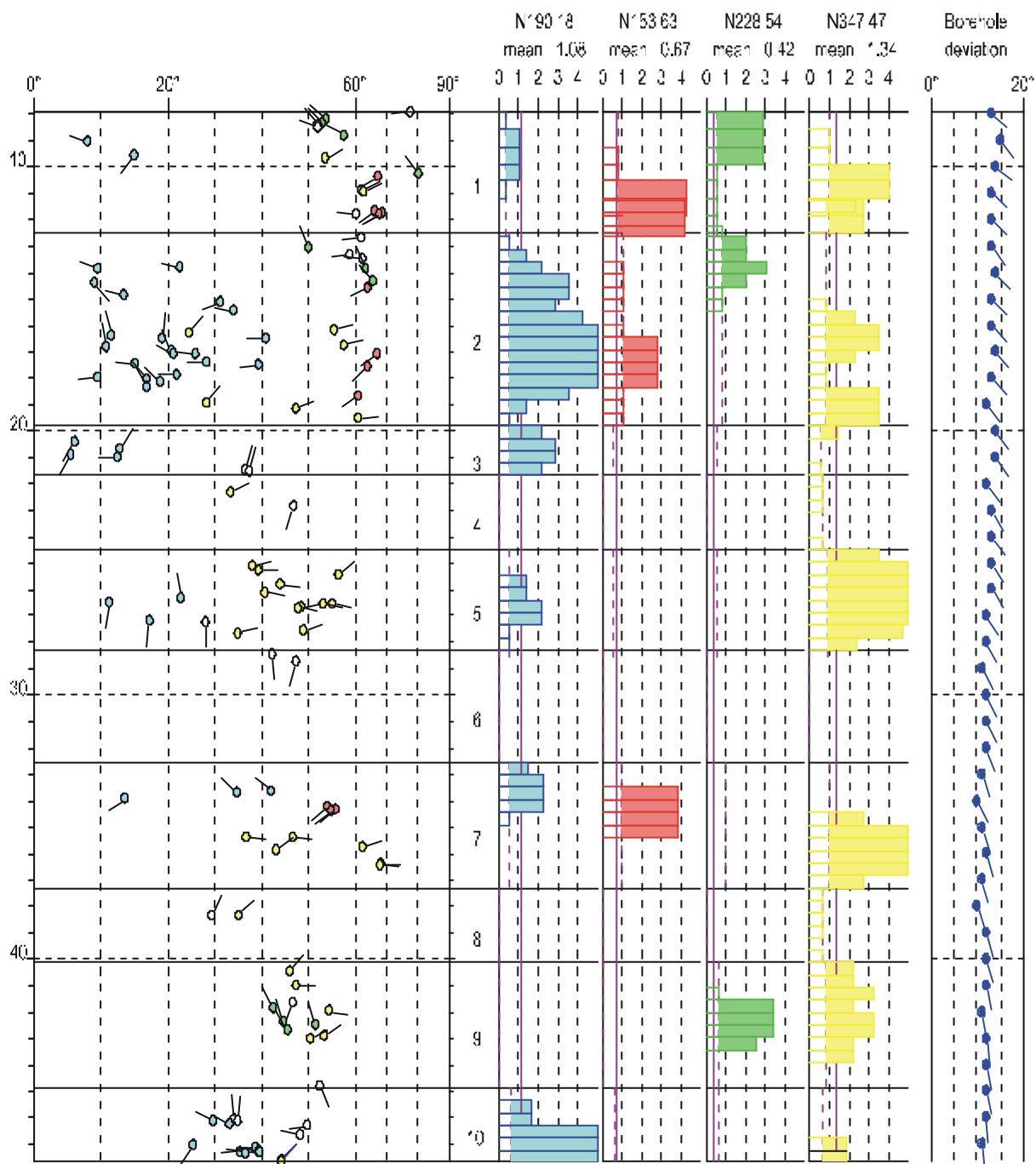
angitt med samme farge som den gruppe de tilhører (se stereogrammer). Over hver gruppe står gjennomsnittsfrekvensen for hele borehullet. Videre vises frekvenshistogrammer for hver definerte gruppe og sone i borehullet. Histogrammene representerer de samme fargene som gruppene i stereogrammet. Figur 14 viser mange hendelser mellom 12 og 20 m, og her er alle sprekkegrupperinger representert. Sprekker som ikke er tilordnet noen farge faller utenfor de definerte gruppene. Høyeste frekvens er beregnet til ca 3 sprekker pr. meter i deler av sonen. Av tabell i databilag 4 ser en at gjennomsnittlig sprekkefrekvens i sone 3 er 1.04, 1.42 og 0.48. (blå, rød, grønn). Ved 28 – 31 m er det en ansamling av sprekker fra den blå gruppen, med en frekvens på ca 3 sprekker pr. meter i den definerte sonen (2.97 i sone 7).

Figur 15 viser frekvenshistogram for optisk televiwer, OPTV, for BH 11, Lutvann. Hullet er inndelt i 10 soner. Det er indikert mange hendelser mellom 10 og 20 m (sone 1 og 2) med en frekvens på opp til ca 5 sprekker pr. meter mellom 16 og 18.5 m. Som for AKTV er alle fire hovedsprekkeretninger representert. Databilag 5 viser gjennomsnittlig sprekkefrekvens for alle sonene relatert til tidligere definerte grupper (farger). Største gjennomsnittsfrekvens i en sone er i den gule gruppen med 4.87 i sone 5 mellom 25 og 28 m. Ved 28.7 m er det observert en åpen sprekk (20 – 30 cm), se figur 10. Det ser ut som om sprekkeretningen N347 (gul) fordeler seg i soner langs hele hullet. Hendelser med retning N190 (blå) opptrer særlig mellom 15 og 20 m samt nederst i hullet, 46 – 48 m. I forhold til akustisk viser den optiske loggen mye større oppsprekking under 20 m dyp. Optisk vil uten tvil gi mest opplysninger om fjellkvaliteten i dette tilfellet. I tillegg til å indikere flest hendelser kan en med optisk med sikkerhet si hvilke er åpne sprekker og hvilke er fylte (mineraliserte).

Hvis en sammenligner frekvenshistogrammene for AKTV og OPTV ser en at den gule gruppen er sterkt representert på OPTV-histogrammene. Mellom 25 og 29 m, f.eks., er det mange sprekker indikert med OPTV mens AKTV indikerer kun en sprekk. En nærmere studie av bildelaggen, se figur 10, viser at det er tynne, mineraliserte sprekker som her indikeres med OPTV og som ikke kan sees på AKTV loggen.



Figur 14. Akustisk Televiver, AKTV. Frekvenshistogram for Bh 11, Lutvann



Figur 15. Optisk Televiver, OPTV. Frekvenshistogram Bh 11, Lutvann.

Title: Lutvann Bh 11
 Comment: 0 - 54.52 m
 Depth: 0.000 - 100 m
 Aperture: 0.0 - 105.0 mm

Sort: 5/5
 Form: 8/8
 Condition: 5/5
 Remark: 11/11

Elevation: 0.000m
 Water Level: 0.000m

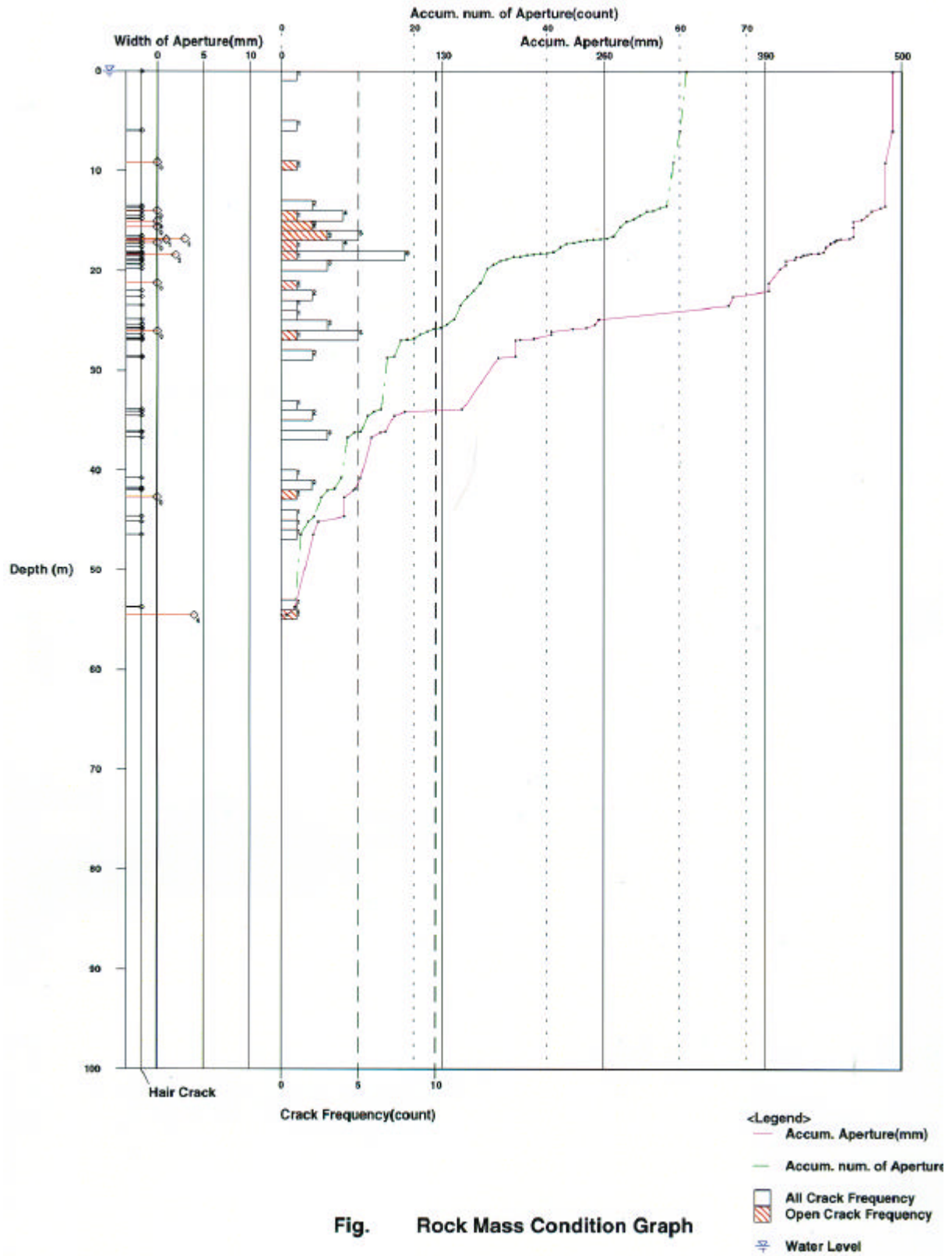


Fig. Rock Mass Condition Graph

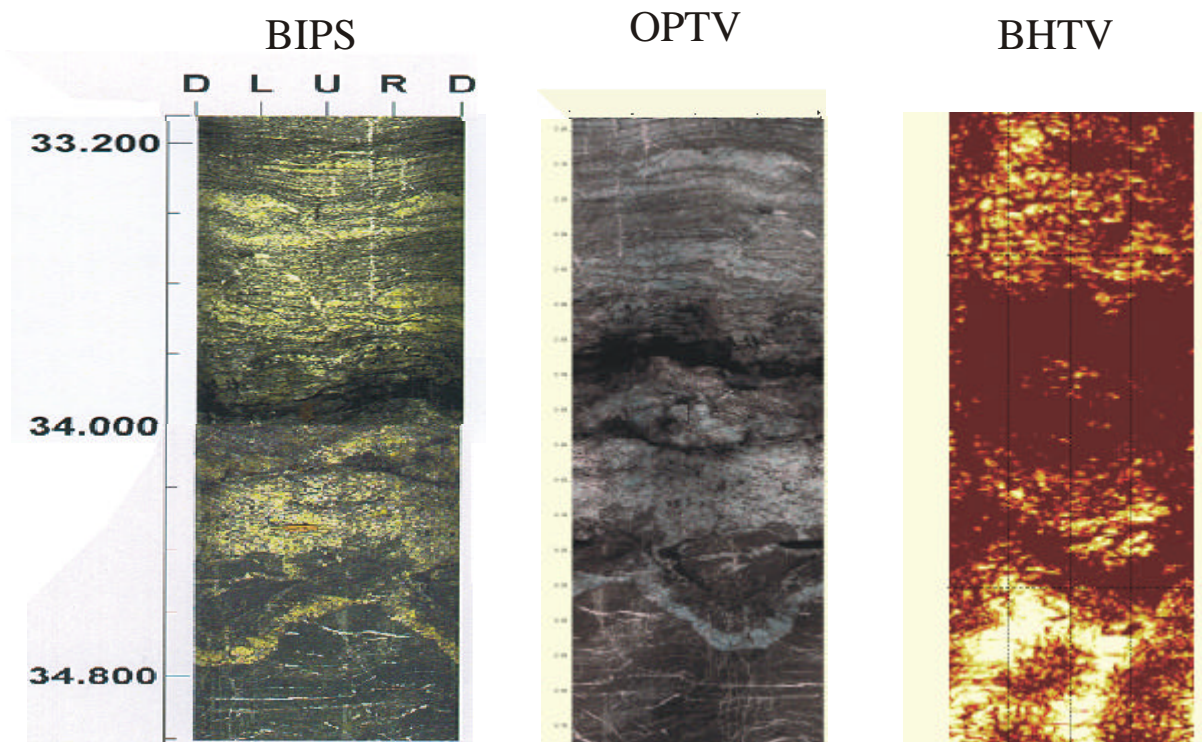
Figur 16. Optisk Televierer, BIPS. Sprekkefrekvens, kumulert antall, kumulert sprekkeåpning

Figur 16 viser en "Rock Mass Condition Graph" av BIPS data fra Bh 11, Lutvann. Her vises sprekkefrekvens pr.meter (for hver meter nedover hullet), akkumulert antall sprekker og akkumulert sprekkeåpning. I dette tilfellet er tykkelsen på mineraliserte sprekker tatt med i statistikken sammen med rene åpne sprekker. Videre vises opptreden av åpne sprekker og tynne sprekker (hair crack). Som for AKTV og OPTV er sprekkefrekvensen størst mellom 14 og 20 m med en topp på 8 sprekker pr. meter ved 18-19 m. Området fra 25 – 28 m viser også sterk oppsprekking med en topp på 5 sprekker pr.meter. De akkumulerte kurvene vil være brattest der sprekkefrekvensen er størst og hvor det er sprekker med stor åpning. Dette ser en ved de samme sonene som nevnt ovenfor.

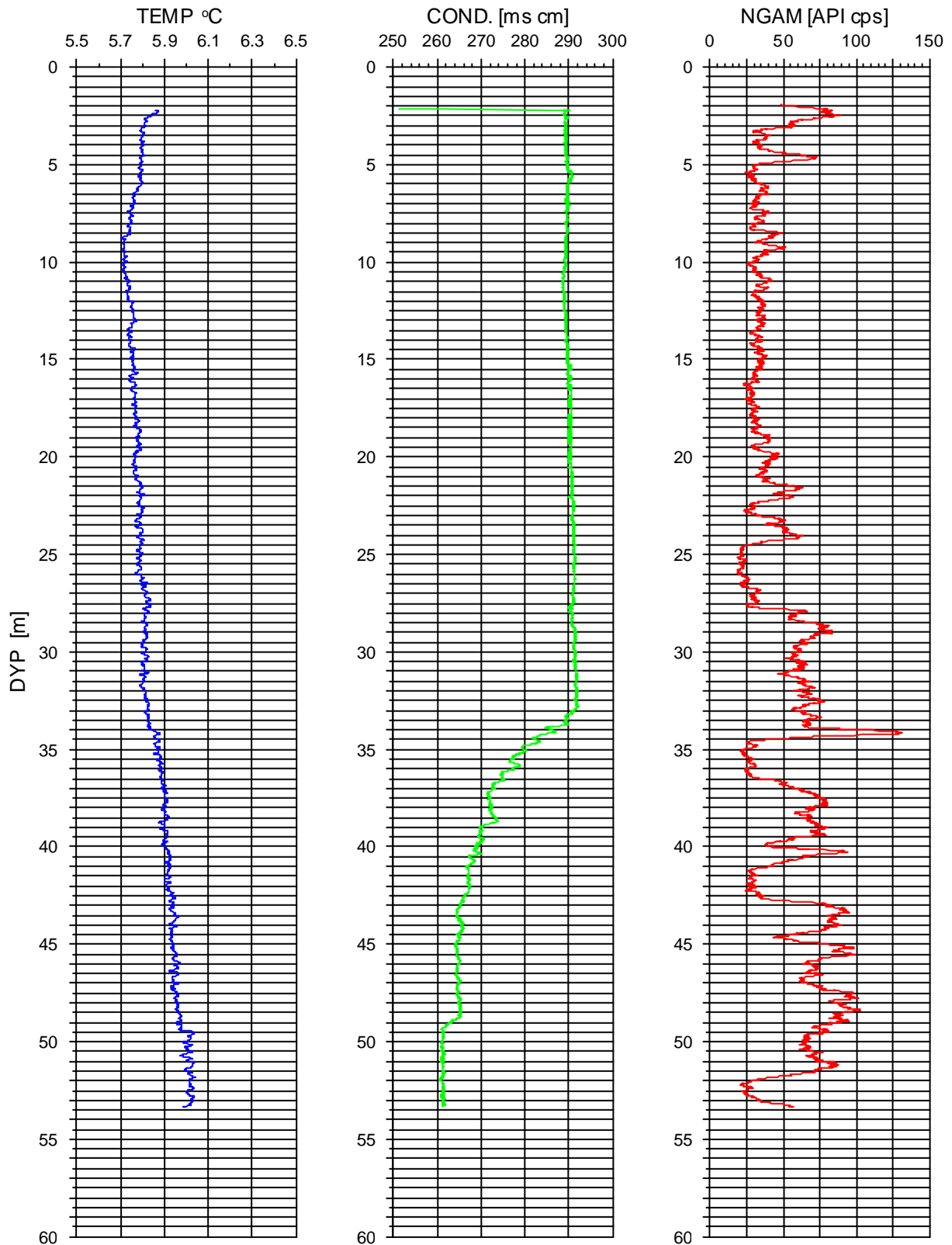
3.4 Åpen sprekk ved 34 m. Temperatur, ledningsevne og total gamma

Da NGU anskaffet OPTV (Robertson Geologging) ble det samtidig anskaffet sonde for logging av vanntemperatur, vannets elektriske ledningsevne og total (naturlig) gammastråling. Denne sonden kan kobles på samme loggeenhet som OPTV, bare sonden skiftes. En forandring i temperatur og ledningsevne kan tyde på innstrømming av vann med andre egenskaper enn i borehullet for øvrig. Det er stor sannsynlighet for at dette skyldes en åpen sprekk. Total gamma kartlegger totalstrålingen fra uran, kalium og thorium og skyldes forandringer i geologien. I de fleste tilfeller skyldes gammastrålingen kalium som blant annet finnes i feltspat (kalifeltspat).

Figur 17 viser et utsnitt av Bh 11, Lutvann fra 33.2–34.8 m. En tydelig åpen sprekk observeres ved 34 m. Figur 18 viser temperatur, ledningsevne og total gamma logg for bh 11.



Figur 17. BIPS, OPTV og AKTV bildelogg fra Bh 11, 33.2 – 34.8 m, Lutvann. Åpen sprekk ved 34 m.



Figur 18. Temperatur, elektrisk ledningsevne og total gamma, Bh 11 Lutvann

Ledningsevnen er konstant på ca 290 ms cm ned til ca 33 m. Herfra avtar ledningsevnen raskt til den stabiliserer seg på ca 245 ms cm ved 43 m. En nedgang i vannets ledningsevne tyder på innstrømning av vann med mindre ioneinnhold. Overflatevann har vanligvis lavere ledningsevne enn vann som har oppholdt seg i en bergart over lengre tid. Det er derfor grunn til å tro at den åpne sprekken ved 34 m har kommunikasjon med overflaten.

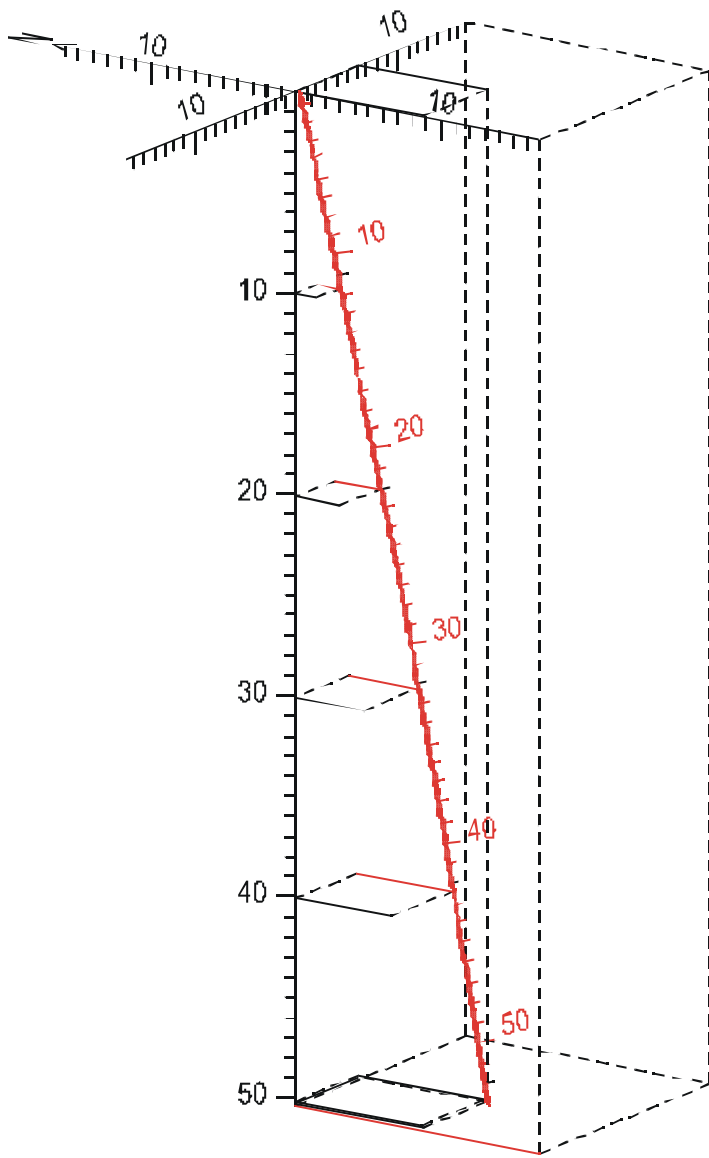
Vanntemperaturen har et minimum på 5.7°C ved ca 10 m. Deretter stiger den relativt jevnt til ca 6.0°C ved 50 m (0.75°C pr. 100 m). En liten , ekstra temperaturstigning kan observeres ved 34 m. Dette betyr at vannet som strømmer inn har noe høyere temperatur. Ved ca 49 m observeres en svak temperaturøkning og en svak nedgang i ledningsevnen uten at noen åpen sprekk er indikert her med OPTV. Gammaloggen viser variasjoner langs hele borehullet som trolig skyldes varierende innhold av feltspat (kalium). I borehullet opptrer feltspat i en lysere bergart (bånd). En tydelig topp ved sprekkens på 34 m (34.2 m) skyldes trolig en slik lys feltspatrik bergart like under sprekkens, se figur 17. En kombinasjon av optisk televiewer og temperatur, ledningsevne og gamma gir nyttig informasjon om åpne sprekker.

3.5 Borehullsforløp

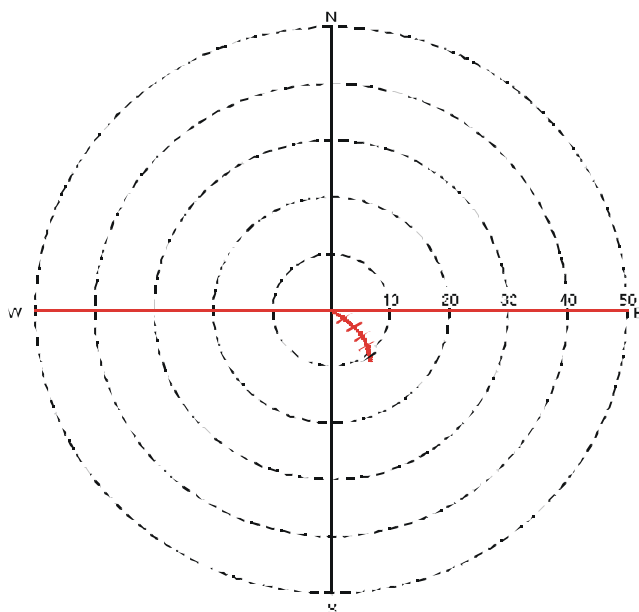
OPTV og AKTV beregner borehullsforløpet (avvik) kontinuerlig under logging. Data for borehullsforløpet kan plottes ut som 3D-plott, horisontalprojeksjon, og flere vertikalkomponenter (sett fra forskjellige retninger). Data kan også skrives ut i tabell som viser nord- og østkomponent (i forhold til lodd), dyp, retning (devaz) og vinkel fra lodd (dev). Dype loddhull (100 – 300 m) kan ha flere titalls meter i horisontalavvik. Det er derfor viktig å måle avviket for å vite hvor man befinner seg i undergrunnen. Beregning av sprekkers fall og strøkretning tar hensyn til borehullsavviket. BIPS plotter ikke ut borehullsforløpet, men borehullsvinkelen kan avleses kontinuerlig under logging.

Figur 19 viser 3D plott av borehullsforløpet til Bh 11, Lutvann. Hullet er satt på med 75° fall mot sørøst, N130. Figur 20 viser horisontalprojeksjon av samme borehull. Hullet dreier mot sør og retningen i bunn er N177, se databilag 6 som viser borehullsdata i tabell. Avviket i forhold til utgangsvinkel (vertikalavvik) er ikke stort, men horisontalavviket øker mot dypet.

Borehullsforløpet er også plottet sammen med frekvenshistogrammene, se figur 14 og 15 (borehole deviation). Små variasjoner i borehullsvinkel ($2 - 3^{\circ}$) over 1 – 2 m lengde kan virke urealistisk, men en ser nøyaktig de samme variasjoner både med AKTV og OPTV noe som bekrefter at de er reproducerbare. Siden sondene er relativt lange, kan dette skyldes reelle variasjoner i borehullets forløp. En kan imidlertid ikke se bort fra at lokale anrikninger av magnetisk materiale påvirker måleresultatene.



Figur 19. Borehullsforløp, Bh 11, Lutvann
3D projeksjon



Figur 20. Bh 11, Lutvann. Horisontalprojeksjon

4. DISKUSJON

En sammenligning mellom optisk og akustisk televiwer brukt i grove borehull på land viser at optisk gir mest detaljrikdom om sprekker og geologiske hendelser i borehullet. I mange tilfeller er ikke AKTV i stand til å identifisere hendelser som lett kan sees med OPTV og BIPS. Dette illustreres tydelig i Bh 11 mellom 25 og 29 m der OPTV identifiserer en rekke mineraliserte sprekker som ikke vises på AKTV loggen. OPTV krever god sikt i vann, men dette er vanligvis ikke noe problem i de undersøkelser den er tenkt brukt.

Presentasjon av data er den samme for OPTV og AKTV da begge benytter samme programvare fra Robertson Geologging. Her presenteres sprekkelogg med beskrivelse (karakterisering av sprekker). Stereogrammer og frekvenshistogrammer viser tydelig fordelingen av identifiserte sprekker. Sprekkefrekvensen regnes ut som antall sprekker pr. meter vinkelrett på middelplanet til definerte sprekkegrupper. Borehullsforløp presenteres både som 3D-plott, projeksjoner og i tabellform. Presentasjon av rosedigram, kumulativ frekvens og kumulativ åpning savnes ved prosessering av OPTV og AKTV fra Robertson Geologging.

BIPS viser stereogram med symboler som karakteriserer sprekkeene samt rosedigram av strøkretning og fallretning. Rosedigram er en enkel og lettfattelig måte å presentere sprekke-data på og er en teknikk de fleste kjenner. BIPS viser i tillegg kurver for akkumulert sprekkeåpning og akkumulert antall sprekker langs borehullet. BIPS regner ut sprekkefrekvensen pr. meter borehull og tar ikke hensyn til sprekkenes fallvinkel, noe som er uheldig. Et hull som skjærer sprekkeplanene i liten vinkel vil da gi lav sprekkefrekvens selv om sprekkeene ligger tett i lagdelingen, f.eks flere parallelle sprekkeplan. Borehullsforløp kan ikke plottes ut, men borehullsvinkel kan avleses kontinuerlig under logging.

Optisk televiwer og logg som viser vannets temperatur og elektrisk ledningsevne samt naturlig gammastråling (totalstråling) er sammen et godt redskap til å identifisere åpne sprekker med vanninnstrømning. Dette vises tydelig ved åpen sprekke på 34 m dyp i Bh 11 hvor ledningsevnen faller markert og temperaturen øker litt. En lignende observasjon ved 49 m vises imidlertid ikke som åpen sprekke på OPTV loggen. Variasjonen i ledningsevne er mye mindre her, og det er vanskelig å si hva årsaken er.

5. KONKLUSJON

Som en del av forprosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige Tunneler" har NGU testet ut akustisk og optisk televiwer. Det ble leid en optisk televiwer, BIPS, Raax Co (Japan) fra Malå Geoscience og en akustisk televiwer fra Robertson Geologging (UK). Ut fra de erfaringer en gjorde anskaffet NGU våren 2000 optisk televiwer, OPTV, fra Robertson Geologging. Målinger er gjort i flere brønner bl.a. ved Holmedal, Askvoll kommune i Sogn og Fjordane og i Østmarka i Oslo. Resultatene fra ett borehull, der alle tre instrumenter er brukt, er studert i detalj. Dette er et borehull, Bh 11, i nordenden av Lutvann.

Det ble tidlig klart at optisk televiwer var å foretrekke for det formål den var tenkt brukt til, inspeksjon av grove borehull på land i forbindelse med forundersøkelser for fjellanlegg, grunnvannsbrønner og grunnvarmebrønner. Metoden gir et meget detaljert bilde av borehullsveggen og viser både oppsprekking og geologiske hendelser (bergartsgrenser,

ganger, bånd) og er i mange tilfeller et bedre alternativ enn tradisjonell kjerneboring. Brønnboringer er betydelig billigere enn kjerneboring og siden bildet er orientert, kan sprekkenes strøk og fall beregnes.

Sammenlignet med akustisk televiwer er optisk klart å foretrekke. Ved akustisk kan en vanskelig skille mellom åpne og fylte (mineraliserte) sprekker, og metoden kan bare brukes i vannfylte (også mud) hull. På den annen side krever optisk god sikt i vannet, men dette er vanligvis ikke noe problem. Resultatene fra BH 11, Lutvann viste at optisk televiwer identifiserte om lag dobbelt så mange hendelser i borehullet som akustisk. Mange av hendelsene som med akustisk ble tolket som sprekker, viste seg å være mineraliserte bånd (fylte sprekker) når en fikk studert det optiske bildet. De to optiske instrumentene har tilnærmet samme oppløsning. Tolkingsprogrammene er noe forskjellig, men begge benytter kjente teknikker fra ingeniørgeologien for presentasjon av sprekkestatistikker. I tillegg til den rene visuelle informasjonen får en etter tolkning statistikk på sprekkens strøkretning, fallvinkel og fallretning, sprekkefrekvens, sprekkeåpning, sprekkekarakterisering og borehullsforløp.

Med optisk televiwer har NGU fått en unik mulighet til å studere geologien i dype, grove borehull. I tillegg har NGU også anskaffet sonde for måling vannets temperatur, elektrisk ledningsevne og naturlig gammastråling (totalstråling). En kombinasjon av temperatur, ledningsevne, og optisk televiwer gir verdifull informasjon om åpne sprekker og vanninnstrømning i borehull.

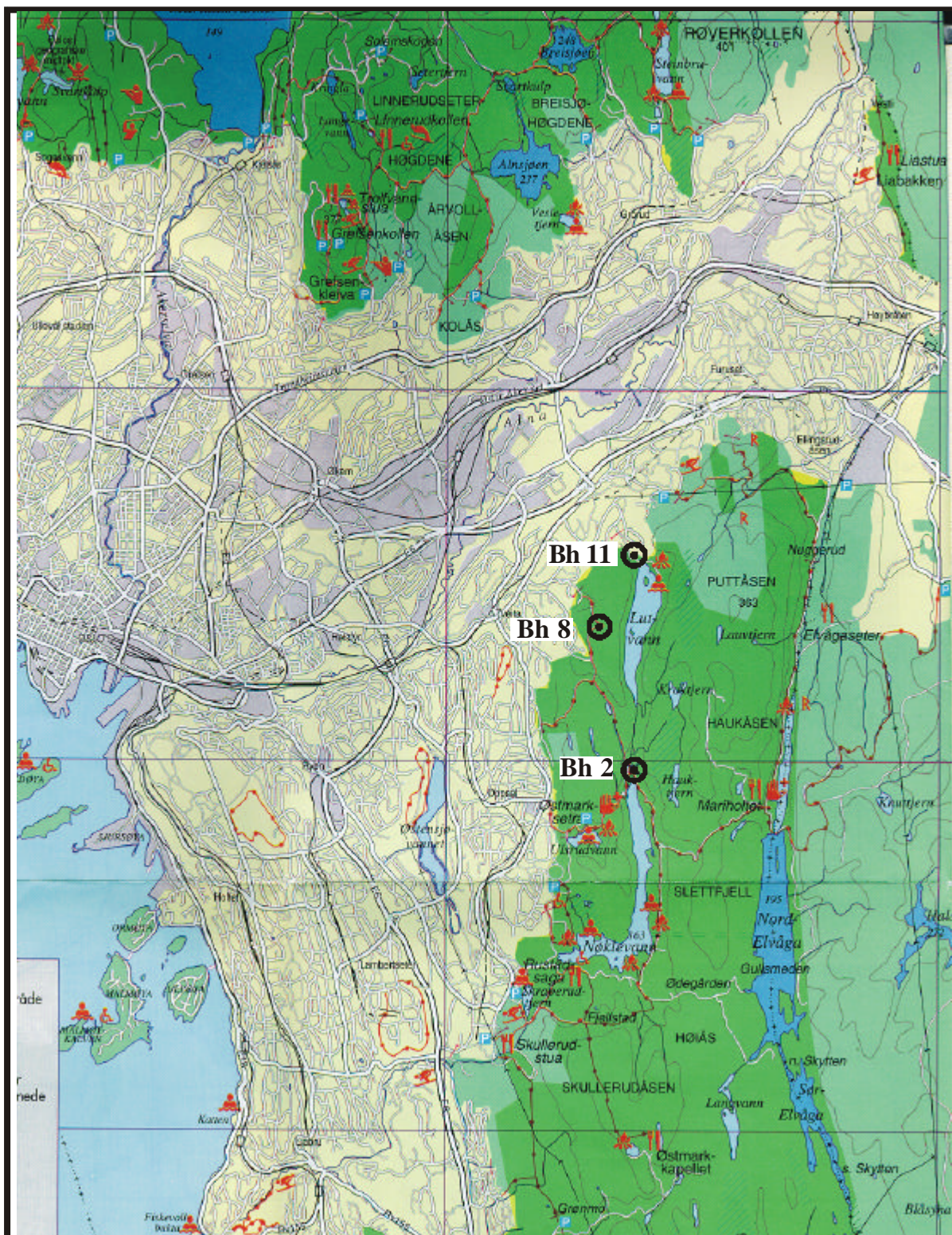
6. REFERANSER

RaaX Co. Ltd. : BIPS. Data Processing Program for Windows95. Users Guide. Version 2.0, 1997. *Document No. MPWE0200-001.*

Robertson Geologging Ltd. :, Interpretation manual. RGLDIP Version 5.1, 5.2 og 5.3. 1999 – 2000.

Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2000: Inspeksjon av borehull med Akustisk Televier ved Lutvann og Nøklevann, Østmarka, Oslo. *NGU Rapport 2000.071*

NorFA research course 2000: Geophysical investigations at the Romerike Tunnel site Oslo, August 6 – 18, 2000. Geologisk Inst. UiO.



OVERSIKTSKART

ØSTMARKA, OSLO

OSLO KOMMUNE, OSLO

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:70 000	MÅLT JSR, HE	Okt 99,00
	TEGN HE	Jan. 2001
	TRAC	
	KFR	

TEGNING NR
2001.011-01

KARTBLAD NR
1914 IV

RGLDIPv5.2 AKTV results

K = 0: BEDDING
K = 2: FRACTURE

borehole bh 11, Lutvann
zone from 56.430 to 2.880 m
15 May 2000

	Depth	Azimuth	Dip	l-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth	Dev
1	49.964	30	54.4	0.986	6	A	2	49.862	50.066	0.150	176.00	13.14
2	49.505	79	35.8	0.992	4	A	2	49.452	49.558	0.150	175.00	12.87
3	49.371	72	44.6	0.971	5	B	2	49.299	49.443	0.150	175.00	12.92
4	46.665	222	31.8	0.964	6	B	2	46.620	46.710	0.150	168.69	12.78
5	45.773	3	25.7	0.970	6	B	2	45.738	45.808	0.150	168.00	12.90
6	45.690	2	28.3	0.924	5	C	2	45.651	45.729	0.150	167.00	12.80
7	43.755	281	23.5	0.747	4	*	2	43.723	43.787	0.150	163.10	12.74
8	43.402	48	81.3	0.941	8	C	2	42.924	43.880	0.150	163.00	12.66
9	42.512	31	34.8	0.953	5	B	2	42.461	42.563	0.150	164.00	13.02
10	41.136	44	45.1	0.948	5	B	2	41.063	41.209	0.150	164.00	12.47
11	40.293	238	48.9	0.924	5	C	2	40.207	40.320	0.150	162.12	12.09
12	40.154	217	20.4	0.844	5	D	2	40.130	40.182	0.150	164.00	12.09
13	39.964	6	60.2	0.972	5	B	2	39.836	40.092	0.150	162.71	12.22
14	39.550	325	47.4	0.970	5	B	2	39.470	39.630	0.150	159.00	12.20
15	37.897	17	88.4	0.909	7	C	2	35.212	38.501	0.150	154.00	11.96
16	37.125	194	37.0	0.936	4	C	2	37.119	37.182	0.150	156.00	11.95
17	36.659	21	35.6	0.874	5	D	2	36.607	36.711	0.150	155.19	12.28
18	33.883	268	57.4	0.944	4	C	2	33.768	33.998	0.150	148.00	12.03
19	32.549	348	11.4	1.000	3	A	2	32.534	32.564	0.150	148.99	12.64
20	32.220	79	11.1	0.955	4	B	2	32.206	32.234	0.150	147.42	12.74
21	30.096	115	23.2	0.995	5	A	2	30.065	30.127	0.150	142.08	12.39
22	29.911	72	39.2	0.964	5	B	2	29.851	29.971	0.150	142.00	12.61
23	29.634	86	27.6	0.972	4	B	2	29.596	29.672	0.150	140.00	12.65
24	29.463	350	39.9	0.952	4	B	2	29.402	29.524	0.150	140.00	12.68
25	29.278	36	42.3	0.977	4	A	2	29.211	29.345	0.150	139.56	12.69
26	28.810	146	46.7	0.961	5	B	2	28.732	28.888	0.150	137.79	12.73
27	26.115	144	8.5	0.885	6	D	2	26.104	26.126	0.150	137.00	13.52
28	24.043	42	46.0	0.966	7	B	2	23.968	24.118	0.150	134.00	13.57
29	22.824	39	45.2	0.957	7	B	2	22.751	22.897	0.150	135.00	13.76
30	19.726	99	52.7	0.983	5	A	2	19.628	19.774	0.150	123.47	14.11
31	19.326	66	75.6	0.957	6	B	2	19.416	19.618	0.150	128.00	13.72
32	18.981	42	39.1	0.929	4	C	2	18.922	19.040	0.150	127.26	13.69
33	18.742	60	42.6	0.982	6	A	2	18.675	18.809	0.150	127.15	13.69
34	18.553	254	52.8	0.950	5	B	2	18.457	18.649	0.150	126.88	13.84
35	18.268	232	54.5	0.921	7	C	2	18.166	18.370	0.150	126.38	14.17
36	18.002	301	16.2	0.918	5	C	2	17.981	18.023	0.150	118.14	14.19
37	17.829	103	7.8	0.961	5	B	2	17.819	17.839	0.150	122.00	14.31
38	17.754	291	14.0	0.955	4	B	2	17.736	17.772	0.150	121.08	14.20
39	17.675	242	51.5	0.949	7	B	2	17.584	17.766	0.150	120.49	14.15
40	17.644	22	8.3	0.864	4	D	2	17.633	17.655	0.150	121.00	14.16
41	17.182	235	68.7	0.976	7	A	2	16.996	17.368	0.150	121.34	14.46
42	17.035	239	30.5	0.948	5	B	2	16.992	17.078	0.150	119.40	14.44
43	16.661	51	61.2	0.967	5	B	2	16.644	16.797	0.150	123.76	14.40
44	16.128	278	48.6	0.953	5	B	2	16.045	16.211	0.150	131.00	13.81
45	15.902	17	30.3	0.936	5	C	2	15.859	15.945	0.150	132.00	13.55
46	15.440	275	69.8	0.995	4	A	2	15.236	15.387	0.150	142.56	13.41
47	15.378	292	80.8	0.917	5	C	2	15.490	15.841	0.150	145.87	13.41
48	15.115	293	74.1	0.985	5	A	2	15.209	15.378	0.150	141.92	13.56
49	13.985	317	52.8	0.924	4	C	2	13.892	14.084	0.150	121.00	14.13
50	13.884	322	45.7	0.950	5	B	2	13.809	13.959	0.150	122.00	14.04
51	13.125	245	58.4	0.970	4	B	2	13.131	13.247	0.150	119.02	13.99
52	12.898	243	70.7	0.989	4	A	2	12.924	13.112	0.150	121.95	13.74
53	10.167	69	69.2	0.898	5	D	2	9.975	10.359	0.150	135.00	13.76
54	10.011	249	65.9	0.938	11	C	2	9.843	10.179	0.150	134.00	13.88
55	9.432	273	72.5	0.984	4	A	2	9.201	9.663	0.150	125.00	14.22
56	7.164	5	22.6	0.963	4	B	2	7.134	7.194	0.150	121.30	13.68

74	17.991	266	9.5	0.000	4	2	17.980	18.002	0.135	130.92	13.00
75	17.873	273	21.8	0.000	4	2	17.847	17.899	0.135	130.79	13.00
76	17.540	236	63.9	0.000	4	2	17.402	17.675	0.135	131.00	14.00
77	17.500	268	39.3	0.000	4	2	17.446	17.555	0.135	131.00	14.00
78	17.448	272	15.1	0.000	3	2	17.430	17.466	0.135	128.18	14.00
79	17.404	269	28.3	0.000	4	2	17.369	17.439	0.135	128.83	14.00
80	17.096	288	21.2	0.000	3	2	17.071	17.121	0.135	127.00	14.98
81	17.083	243	66.9	0.000	4	2	16.925	17.087	0.135	127.72	14.76
82	17.062	274	25.8	0.000	3	2	17.030	17.094	0.135	129.02	14.33
83	16.983	327	20.6	0.000	4	2	16.958	17.008	0.135	131.76	14.00
84	16.836	346	10.8	0.000	4	2	16.824	16.848	0.135	133.00	14.00
85	16.783	77	57.6	0.000	4	2	16.677	16.866	0.135	132.75	14.00
86	16.520	271	40.8	0.000	6	2	16.463	16.577	0.135	132.00	14.00
87	16.497	11	19.1	0.000	3	2	16.474	16.520	0.135	132.00	14.00
88	16.391	341	11.5	0.000	3	2	16.377	16.405	0.135	127.81	13.00
89	16.294	47	24.4	0.000	6	2	16.264	16.324	0.135	123.07	13.00
90	16.191	78	55.4	0.000	4	2	16.093	16.289	0.135	124.26	13.00
91	15.419	275	34.0	0.000	6	2	15.375	15.463	0.135	129.40	13.00
92	15.094	253	31.1	0.000	4	2	15.053	15.135	0.135	125.97	13.00
93	14.841	279	13.3	0.000	6	2	14.825	14.857	0.135	128.90	13.00
94	14.616	250	63.9	0.000	5	2	14.482	14.750	0.135	130.94	13.00
95	14.381	136	9.1	0.000	4	2	14.370	14.392	0.135	135.00	13.00
96	14.321	313	65.6	0.000	4	2	14.172	14.470	0.135	135.00	13.00
97	13.850	286	9.6	0.000	4	2	13.839	13.861	0.135	132.00	14.00
98	13.826	331	63.2	0.000	6	2	13.696	13.956	0.135	133.92	14.00
99	13.782	278	22.4	0.000	3	2	13.755	13.809	0.135	138.08	14.00
100	13.480	277	62.2	0.000	6	2	13.356	13.604	0.135	143.26	14.00
101	13.321	263	58.9	0.000	4	2	13.275	13.433	0.135	142.50	13.00
102	13.078	330	50.0	0.000	3	2	13.002	13.158	0.135	137.65	13.00
103	12.697	267	61.8	0.000	4	2	12.646	12.823	0.135	133.00	12.00
104	11.795	277	60.3	0.000	4	2	11.721	11.913	0.135	118.00	13.00
105	11.763	246	67.7	0.000	4	2	11.598	11.725	0.135	119.29	13.00
106	11.722	246	68.7	0.000	4	2	11.549	11.696	0.135	120.00	13.47
107	11.683	245	66.2	0.000	4	2	11.530	11.684	0.135	120.00	14.00
108	10.930	71	62.6	0.000	7	2	10.803	11.057	0.135	123.39	13.00
109	10.895	69	62.0	0.000	5	2	10.771	11.019	0.135	122.00	13.00
110	10.383	247	67.2	0.000	7	2	10.227	10.539	0.135	123.73	14.00
111	10.251	316	80.3	0.000	4	2	10.142	10.646	0.135	128.21	14.00
112	9.662	69	53.4	0.000	4	2	9.571	9.686	0.135	124.04	13.00
113	9.554	224	14.9	0.000	5	2	9.537	9.571	0.135	124.00	14.00
114	9.016	283	8.0	0.000	6	2	9.007	9.025	0.135	132.00	15.00
115	8.817	296	57.4	0.000	4	2	8.797	8.923	0.135	133.56	14.44
116	8.487	286	51.9	0.000	4	2	8.403	8.571	0.135	134.65	14.00
117	8.419	312	51.9	0.000	7	2	8.335	8.503	0.135	133.53	14.00
118	8.364	309	52.8	0.000	4	2	8.280	8.453	0.135	132.73	14.00
119	8.196	302	53.7	0.000	4	2	8.106	8.286	0.135	135.95	13.02
120	7.922	266	77.6	0.000	4	2	7.623	8.221	0.135	120.42	13.00

Lutvann Bh 11

No.	Depth (m)	Strike,Dip	Sort	Aperture (mm)	Form	Condition	Remark
1	0.000	WE 1N	Open-crk	0.0	Irreg		
2	5.966	N39W 16NE	Open-crk	6.0	Plain		
3	9.165	N39W 27NE	Hair-crk	0.0	Plain		
4	13.485	N18E 78E	Mine-vn	4.0	Irreg		
5	13.686	N19E 68E	Mine-vn	7.0	Irreg		
6	14.000	N11W 35E	Hair-crk	0.0	Irreg		
7	14.059	N46W 23NE	Mine-vn	4.0	Plain		
8	14.498	N52E 60SE	Mine-vn	4.0	Irreg		
9	14.818	N19E 75E	Mine-vn	7.0	Irreg		
10	15.056	N30W 24NE	Hair-crk	0.0			
11	15.632	N6W 40E	Hair-crk	0.0			
12	16.519	N79E 16N	Open-crk	3.0	Irreg		
13	16.737	N10E 41E	Mine-vn	7.0	Irreg		
14	16.820	N65W 22N	Hair-crk	3.0	Plain		
15	16.859	N37W 26NE	Hair-crk	1.0	Plain		
16	16.919	N53W 21NE	Hair-crk	1.0	Plain		
17	17.059	N51W 16NE	Mine-vn	3.0	Irreg		
18	17.208	N35W 13NE	Hair-crk	0.0	Plain		
19	17.295	N28W 27E	Mine-vn	4.0	Plain		
20	17.631	N12W 34E	Open-crk	2.0	Plain		
21	18.098	N6W 28E	Mine-vn	4.0	Irreg		
22	18.218	N31W 27NE	Mine-vn	6.0	Plain		
23	18.260	N14W 19E	Mine-vn	3.0	Irreg		
24	18.351	N20W 20E	Mine-vn	3.0	Plain		
25	18.421	N60W 24N	Hair-crk	2.0	Plain		
26	18.594	N30W 14NE	Mine-vn	4.0	Irreg		
27	18.604	N30W 19NE	Mine-vn	1.0	Irreg		
28	18.885	N8E 68E	Open-crk	7.0	Irreg		
29	19.042	N31W 34NE	Mine-vn	0.0	Irreg		
30	19.376	N62E 55N	Open-crk	5.0	Un-cont		
31	19.791	N63E 63N	Mine-vn	9.0	Irreg		
32	21.233	N30W 27NE	Hair-crk	0.0	Plain		
33	22.013	N50E 34NW	Prim-str	29.0	Irreg		
34	22.572	N70E 39N	Open-crk	3.0	Plain		
35	23.493	N29E 32W	Prim-str	105.0	Plain		Bedding
36	25.353	N64E 43N	Mine-vn	7.0	Irreg		
37	25.709	N31E 50NW	Mine-vn	11.0	Plain		
38	25.825	N62E 74N	Mine-vn	17.0	Irreg		
39	26.086	N67E 51N	Hair-crk	0.0	Plain		
40	26.402	N75E 55N	Mine-vn	14.0	Plain		
41	26.801	N68E 66N	Mine-vn	11.0	Plain		
42	26.950	N69E 60N	Mine-vn	0.0	Plain		
43	26.894	N61E 66N	Mine-vn	4.0	Plain		
44	24.891	N56E 65NW	Mine-vn	3.0	Irreg		
45	28.569	N69E 29N	Open-crk	14.0	Irreg		
46	28.709	N55W 79NE	Open-crk	29.0	Crushed		
47	33.913	N43E 28SE	Open-crk	46.0	Irreg		
48	34.162	N36W 41NE	Open-crk	9.0	Irreg		
49	34.525	N8W 71E	Open-crk	7.0	Plain		
50	36.103	N36E 55NW	Mine-vn	4.0	Plain		
51	36.186	N31E 32NW	Mine-vn	7.0	Plain		
52	36.727	N43E 69NW	Mine-vn	9.0	Plain		
53	40.771	N20E 21W	Open-crk	4.0	Plain		
54	41.822	N2W 29W	Open-crk	2.0	Plain		
55	41.980	N32W 73NE	Mine-vn	7.0	Plain		
56	42.717	N57E 28SE	Hair-crk	0.0	Plain		
57	44.645	N5W 36W	Open-crk	21.0	Un-cont		
58	45.147	N82W 79N	Open-crk	4.0	Plain		
59	46.425	N55E 12SE	Open-crk	15.0	Irreg		
60	53.728	N59E 59NW	Mine-vn	7.0	Irreg		
61	54.515	N14E 10W	Hair-crk	4.0	Plain		

RGLDIPv5.1 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS
borehole Oslo10
zone from 7.000 to 50.000 m
31 May 2000

Data is classed into 1 types3 AKTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 12.6deg to N141.9

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	229.2	70.3	36.6	309	25	26	0.65
2	61.6	30.6	14.8	152	59	8	0.40
3	102.1	25.1	21.8	190	67	6	0.30
4	236.6	19.3	15.0	329	72	4	0.26

Total number of data = 44
Number of data unaccounted for = 12

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	Str	Dip	n	f				
1	14.0	122.7	7.16	10.42	4	275	23	1	0.33	159	66	1	0.58	183	72	1	0.62	339	69	1	1.45	0	0	0	0.00
2	13.7	122.9	10.42	12.38	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	13.9	125.5	12.38	19.55	22	298	16	7	1.04	152	59	6	1.42	195	68	4	0.98	329	68	2	1.03	0	0	0	0.00
4	14.1	127.4	19.55	22.15	1	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
5	13.6	134.6	22.15	24.11	2	311	46	2	1.48	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
6	13.3	135.8	24.11	28.67	1	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
7	12.7	140.3	28.67	30.62	6	324	27	5	2.97	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
8	12.4	146.8	30.62	33.88	2	303	8	2	0.63	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
9	12.0	153.5	33.88	39.74	5	291	36	1	0.19	0	0	0	0.00	178	57	1	0.28	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
10	12.6	163.6	39.74	44.31	7	308	40	2	0.53	148	49	1	0.37	0	0	0	0.00	318	81	1	0.91	0	0	0	0.00
11	12.8	168.8	44.31	49.96	6	311	33	5	0.99	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00

GLDIPv5.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole
zone from 7.000 to 48.000 m
24 Jan 2001

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 11.9deg to N144.5

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	110.6	72.6	28.2	190	18	41	1.08
2	65.8	27.7	12.4	153	63	11	0.67
3	137.2	22.6	27.6	228	54	12	0.42
4	258.7	44.0	31.0	347	47	35	1.34

Total number of data = 99
Number of data unaccounted for = 19

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	Str	Dip	n	f				
1	13.6	125.7	7.92	12.48	17	154	10	2	0.45	156	67	4	1.82	217	59	5	1.56	340	59	3	1.72	0	0	0	0.00
2	13.1	132.7	12.48	19.76	37	195	18	21	2.92	153	64	4	1.10	234	59	3	0.60	342	45	6	1.35	0	0	0	0.00
3	13.5	136.2	19.76	21.66	6	184	3	4	2.15	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
4	12.6	137.3	21.66	24.50	2	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	339	33	1	0.46	0	0	0	0.00
5	12.3	139.7	24.50	28.28	15	147	4	3	0.81	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	356	45	11	4.87	0	0	0	0.00
6	11.7	146.5	28.28	32.55	2	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
7	11.2	153.8	32.55	37.28	12	204	28	3	0.68	149	55	3	1.15	0	0	0	0.00	356	54	6	2.42	0	0	0	0.00
8	11.1	158.3	37.28	40.12	2	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	321	35	1	0.42	0	0	0	0.00
9	11.8	165.2	40.12	44.86	11	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	238	46	4	1.03	344	49	5	1.63	0	0	0	0.00
10	11.8	169.4	44.86	47.67	14	183	33	8	3.37	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	320	44	2	0.92	0	0	0	0.00

Borehole: OSLO_11
 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
16.046	-2.088	2.810	14.218	124.00	13.00
17.046	-2.238	2.990	15.190	130.00	14.00
18.046	-2.388	3.170	16.163	133.00	13.00
19.046	-2.549	3.325	17.137	134.00	12.00
20.046	-2.712	3.483	18.111	136.00	14.00
21.046	-2.883	3.649	19.082	136.00	14.00
22.046	-3.044	3.801	20.057	134.00	12.00
23.046	-3.202	3.942	21.035	141.00	13.00
24.046	-3.371	4.092	22.009	133.00	13.00
25.046	-3.525	4.243	22.985	139.00	13.00
26.046	-3.694	4.386	23.960	141.00	12.00
27.046	-3.853	4.522	24.938	142.00	12.00
28.046	-4.011	4.651	25.917	143.00	12.00
29.046	-4.167	4.769	26.897	150.00	11.00
30.046	-4.338	4.896	27.874	145.00	12.00
31.046	-4.505	5.003	28.854	146.00	12.00
32.046	-4.681	5.106	29.833	153.00	12.00
33.046	-4.862	5.203	30.812	153.00	11.00
34.046	-5.028	5.293	31.794	146.00	11.00
35.046	-5.190	5.393	32.775	153.00	11.00
36.046	-5.374	5.474	33.755	160.00	11.00
37.046	-5.554	5.544	34.736	161.00	11.00
38.046	-5.729	5.618	35.718	152.00	10.00
39.046	-5.906	5.702	36.698	162.00	12.00
40.046	-6.092	5.758	37.679	163.00	12.00
41.046	-6.280	5.811	38.660	165.00	12.00
42.046	-6.478	5.858	39.639	163.00	12.00
43.046	-6.682	5.918	40.616	169.00	12.00
44.046	-6.876	5.968	41.596	164.00	12.00
45.046	-7.079	6.019	42.574	166.00	12.00
46.046	-7.277	6.058	43.553	174.00	12.00
47.046	-7.476	6.092	44.532	170.00	12.00
48.046	-7.677	6.127	45.511	176.00	12.00
49.046	-7.886	6.140	46.489	178.00	12.00
50.046	-8.097	6.147	47.466	183.00	12.00
51.046	-8.319	6.151	48.441	182.00	14.00
52.046	-8.544	6.151	49.416	177.00	13.00