

Rapport nr.: 2006.007		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Borehullslogging i forbindelse med ny jernbanetunnel Sandvika - Lysaker, Bærum kommune.			
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: 72 Kartbilag: 0	Pris: kr 680,-
Feltarbeid utført: 18.11 - 22.11.2005	Rapportdato: 03.02.2006	Prosjektnr.: 296107	Ansvarlig <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag:			
<p>Det er gjort borehullslogging i fem kombinasjonsbrønner og tre diamantborehull i forbindelse med forundersøkelser for planlagt jernbanetunnel mellom Sandvika og Lysaker. Hensikten var å påvise sprekker, vannførende sprekker eller andre svakhetssoner som kan ha betydning for fjellets stabilitet.</p> <p>Det ble funnet to vannførende soner i samme borehull, Kb3, som til sammen gir ca 850 l/time. Denne brønnen er artesisk og gir trolig mye mer vann ved pumping. Dersom disse krysser tunneltraseen vil de kunne føre til lekkasjer. Ellers er det ikke påvist sprekker eller soner som kan føre til store problemer ved tunneldrivingen. Det er ustabil fjell i diamantborehull K4 uten at det er fastslått hva slags soner dette er. Fastkjøring av loggeutstyr tyder på ras i borehullet.</p> <p>På grunn av dårlig sikt i vannet fikk en ikke tolkbare opptak i alle brønnene. Dersom optisk logging skal gjøres i disse, må brønnene spyles og renses slik at de kan fylles med rent vann.</p>			
Koordinater:			
Brønn	X-koordinat	Y-koordinat	Z-koordinat
Kb1 (401)	589973.5	6642929.6	41.9
Kb2 (402)	590039.5	6643035.7	43.2
Kb3 (403)	588978.8	6642721.7	41.1
Kb4 (404)	588504.6	6642576.2	44.6
Kb5 (405)	589586.7	6642806.4	51.7
K1	590802.5	6643024.2	32.0
K2	588017.0	6642426.5	55.7
K4	587076.0	6641825.2	14.3
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Optisk televiwer	
Elektrisk måling	Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	
Lydhastighet	Vannstrømning	Fagrapport	

INNHold

1.	INNLEDNING	5
2.	MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL	5
3.	MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	7
3.1	Optisk televierer.....	7
3.2	Temperatur, ledningsevne og naturlig gamma	7
3.3	Berggrunnens resistivitet.....	7
3.4	Lydhastighet	8
3.5	Strømningsmåling	8
3.6	Avviksmåling	8
4.	RESULTATER	9
4.1	Kombinasjonsbrønn Kb1.....	10
4.2	Kombinasjonsbrønn Kb2.....	11
4.3	Kombinasjonsbrønn Kb3.....	12
4.3.1	Optisk televierer Kb3.....	14
4.4	Kombinasjonsbrønn Kb4.....	17
4.4.1	Optisk televierer i Kb4.....	18
4.5	Kombinasjonsbrønn Kb5.....	19
4.5.1	Optisk televierer i Kb5.....	20
4.6	Rosediagram, Kb3, Kb4 og Kb5	22
4.7	Avviksmåling i kombinasjonsbrønnene	22
4.8	Diamantborehull K1	25
4.9	Diamantborehull K2	26
4.10	Diamantborehull K4	28
5.	KONKLUSJON	29
6.	REFERANSER	29

FIGURER

Figur 1.	Kart over undersøkt område med borehull tegnet inn langs tunneltraseen.	5
Figur 2.	Resultater fra borehullslogging i Kb1.	10
Figur 5.	Resultater fra borehullslogging i Kb2.	12
Figur 6.	Resultater fra borehullslogging i Kb3.	13
Figur 7.	Sprekkestereogram over påviste sprekker i Kb3.	14
Figur 8.	Vannførende sprekk ved 17.5 m i Kb3.....	15
Figur 9.	Vannførende sprekk ved 22 m i Kb3.....	15
Figur 10.	Frekvenshistogram for indikerte sprekker i Kb3.....	16
Figur 11.	Resultater fra borehullslogging i Kb4.	17
Figur 13.	Sprekkestereogram over påviste sprekker i Kb4.	18
Figur 14.	Frekvenshistogram over påviste sprekker Kb4.	19
Figur 15.	Resultater fra borehullslogging i Kb5.	20
Figur 17.	Sprekkestereogram over påviste sprekker i Kb5.	21
Figur 18.	Frekvenshistogram over observerte sprekker i Kb5.....	21
Figur 19.	Rosediagram for sprekker i Kb3, Kb4 og Kb5.....	22
Figur 20.	Borehullsavvik Kb1 (til venstre) og Kb2 (til høyre).	23
Figur 21.	Borehullsavvik Kb3 (til venstre) og Kb4 (til høyre).	23
Figur 23.	Borehullslogger for diamantborehull K1. Blå kurve er LN og lilla SN.	25
Figur 24.	Logging i diamantborehull K2, Ekebergveien.	26
Figur 25.	Borehullslogger for diamantborehull K2. Blå kurve er LN og lilla SN.	27
Figur 26.	Borehullslogger diamantborehull K4	28

TABELLER

Tabell 1. Data for undersøkte brønner og diamantborehull.....	6
Tabell 2. Koordinater for undersøkte borehull.....	6
Tabell 3. Målte gammaverdier i bergarter i Oslofeltet.....	9

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Metodebeskrivelse for optisk televiewer.....	30
Tekstbilag 2: Metodebeskrivelse for logging av temperatur, elektrisk ledningsevne og Naturlig gammastråling.....	35
Tekstbilag 3: Metodebeskrivelse elektriske motstandsmålinger i borehull.....	37
Tekstbilag 4: Metodebeskrivelse for logging av lyd hastighet.....	40
Tekstbilag 5: Metodebeskrivelse for strømningsmåling i borehull.....	42

DATABILAG

Databilag 1: Data over alle digitaliserte sprekker.....	44
Databilag 2: Data for definerte soner, strøkretning, fall og sprekkefrekvens.....	47
Databilag 3: Data for borehullsforløp.....	49
Databilag 4: Detaljerte borehullslogger for alle hull.....	54

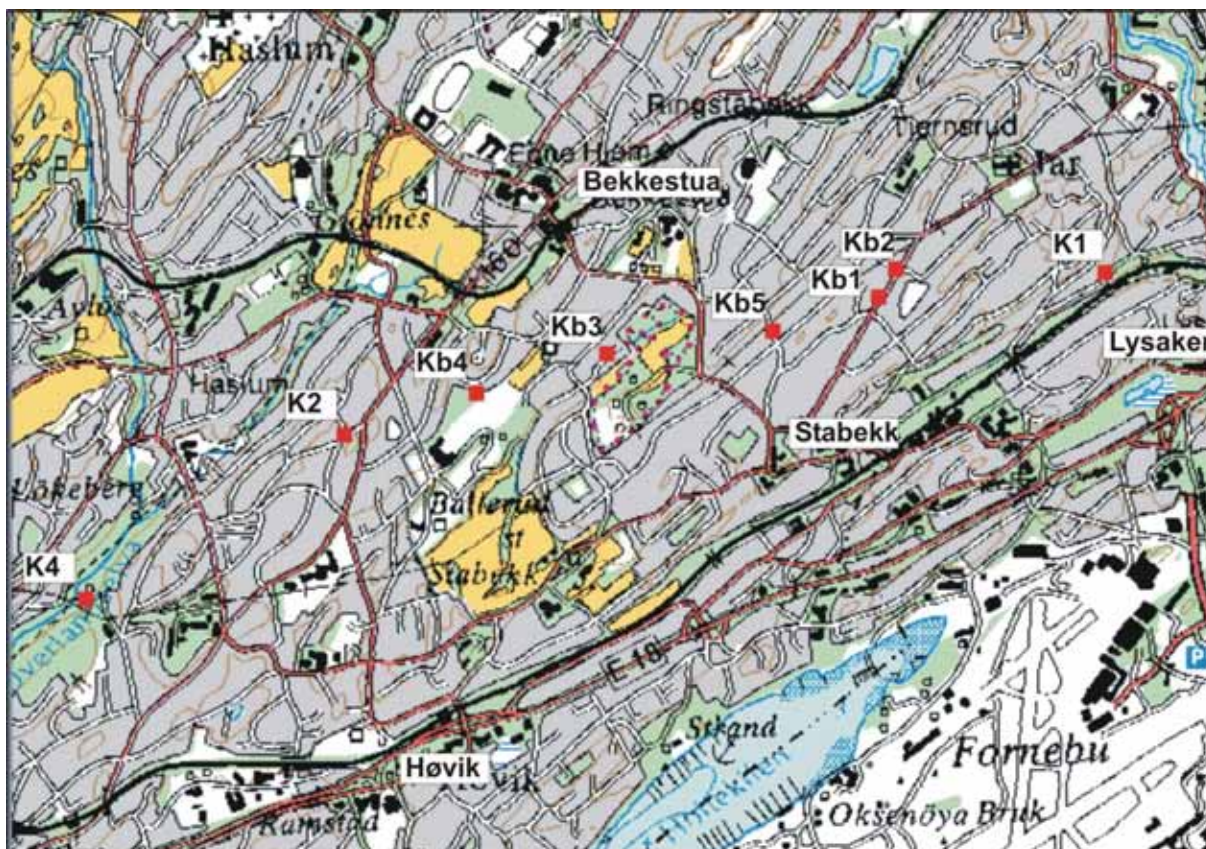
1. INNLEDNING

I forbindelse med Jernbaneverkets bygging av ny jernbanetunnel mellom Sandvika og Lysaker i Bærum kommune, har NGU gjort borehullslogging i fem brønner og tre 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. På grunn av dårlig sikt i vannet kunne optisk televiwer bare brukes i 2 brønner.

Målingene ble utført i tiden 18.11 – 22.11.2005 av Harald Elvebakk med assistanse fra Jernbaneverket.

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 tegnet inn.



Figur 1. Kart over undersøkt område med borehull tegnet inn langs tunneltraseen.

Tabell 1 viser data over undersøkte brønner og diamantborehull. Kombinasjonsbrønnene er benevnt Kb1 – Kb5, mens diamantborehullene heter K1 – K4. Logget lengde i K1 og K2 er 122 m. I K4 er loggedypet 96 m for temperatur, ledningsevne og gamma, og 25 m for resistivitet. Temperatursonden satte seg fast ved 96 m og resistivitetssonden ved ca 30. Dette tyder på ustabil fjell (ras i hullet) og måling ble derfor avsluttet da resistivitetssonden satte seg fast. En fikk etter hvert løs begge sondene.

Resistivitet og lydshastighet 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 lydshastighet.

Tabell 2 viser koordinater for brønner og diamantborehull. Data er hentet fra kart og GPS (Jordforsk/Multikonsult).

Tabell 1. Data for undersøkte brønner og diamantborehull.

Brønn - nummer	Total lengde [meter]	Skråvinkel [grader fra vertikalen]	Borelengde i løsmasser [meter]	Forings lengde [meter]	Diameter [mm]
Kb1 (401)	40	30	14	15	140
Kb2 (402)	38	30	12	12	140
Kb3 (403)	50	0	2,5	3	140
Kb4 (404)	45	0	4	5	140
Kb5 (405)	47	0	7	8	140
K1	354	70	14	15	60
K2	444	60			60
K4	170	60	0	0	60

Tabell 2. Koordinater for undersøkte borehull.

Brønn	X-koordinat	Y-koordinat	Z-koordinat
Kb1 (401)	589973.5	6642929.6	41.9
Kb2 (402)	590039.5	6643035.7	43.2
Kb3 (403)	588978.8	6642721.7	41.1
Kb4 (404)	588504.6	6642576.2	44.6
Kb5 (405)	589586.7	6642806.4	51.7
K1	590802.5	6643024.2	32.0
K2	588017.0	6642426.5	55.7
K4	587076.0	6641825.2	14.3

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Målingene er utført med NGUs måleutstyr produsert av Robertson Geologging Ltd. I diamantborehullene, som hadde et fall på 20 – 30 grader måtte målesondene staves inn. Til dette ble det brukt 3 m skjøtestenger av aluminium og måling ble da gjort oppover i hullet. I diamantborehull K4 satte temperatursonden seg fast på ca 95 m dyp. En fikk omsider løsnet sonden, men måling i dette hullet ble da avsluttet.

Under blir det gjort en kort beskrivelse av hver målesonde og metodebeskrivelser er lagt ved i rapporten.

3.1 Optisk televiewer

Metodebeskrivelse for optisk televiewer er lagt ved i tekstbilag 1. Med optisk televiewer filmes hele borehullsveggen. Fra bildeloggen kartlegges alle sprekker og geologiske strukturer. Strøketning og fallvinkel til sprekkeplan beregnes og det utarbeides statistikk på alle indikerte sprekker i form av stereoplott og sprekkehistogrammer (sprekkefrekvens). 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 2004).

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, borehullsdiameter 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 40 cm. En P-bølgehastighet på 4500 m/s og høyere indikerer vanligvis massivt fjell. Lavere hastigheter kan indikere oppsprukket fjell. Det gjøres en måling for hver cm så både sprekkesoner og enkeltsprekker kan indikeres.

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. Artesiske brønner kan logges uten pumping. 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 OPTV 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 magnetitteholdige bergarter vil være feilkilder under avviksmålingen. Borehullsforløpet presenteres som horisontal- og vertikalprojeksjoner. Målehastighet er 1 m/min og målepunktavstand er 5 cm.

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 i innledningen fikk en tolkbare opptak (god sikt) med optisk televiewer i bare 2 hele hull, Kb3 og Kb4. I tillegg var sikten god i halve Kb5. Da televieweren registrerer borehullsavviket, ble likevel alle hull logget. 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.

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.

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). Tydelige variasjoner vil likevel indikere sprekker. På plottene er LN (Long Normal) vist med blå farge og SN (Short Normal) med lilla.

Mer detaljerte logger for alle borehull er vist i databilag 4. 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 i bergarter i Oslofeltet.

Bergart	Sted	Gamma (counts/second)	Ledningsevne i vann ($\mu\text{S/cm}$)
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
Rombeporfyr	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
Syenittporfyr	Småvatn, Bærum	100 - 120	120 - 135

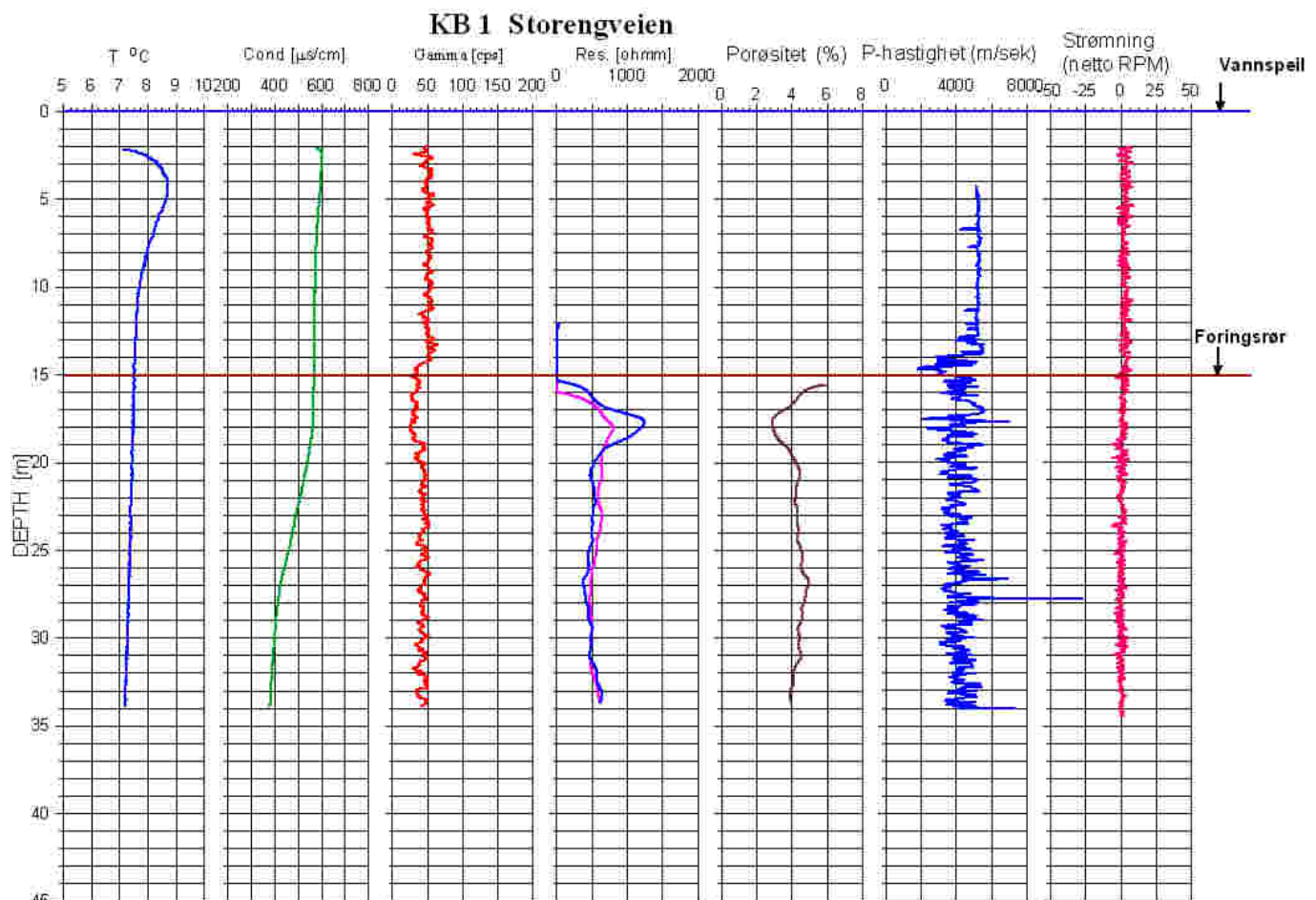
4.1 Kombinasjonsbrønn Kb1

Figur 2 viser resultatene fra Kb1, Storengveien. Det er ikke gjort OPTV i denne brønnen pga. dårlig sikt. Det er ingen spesielle hendelser i Kb1 som kan tyde på enkeltsprekker eller oppsprukket fjell. Ledningsevnen i vann (Cond.) minker tydelig fra 17 m. Ingen andre parametere tyder på endringer i fjellkvaliteten fra dette dyp. Gammastrålingen er lav som den er i disse kalkbergartene. Den er spesielt lav mellom 14 og 19 m. I dette området øker også fjellresistiviteten. Da en mangler OPTV data i dette hullet er det vanskelig å si noe om årsaken til dette, men det er mest trolig at et er endringer i mineralogien som gir dette utslaget.

Resistiviteten er lav 500 – 600 ohmm. Dette er normalt for kambrosilurske kalkbergarter i Oslofeltet, se tabell 1 og 2 i tekstbilag 3. Porøsiteten på ca 4 % er forholdsvis høy og kan forklare den lave resistiviteten. Dette er en relativ verdi og avhenger av bl.a. riktig valgte parametere i Archies lov, jfr. kap. 3.3. P-bølgehastigheten varierer mellom 4000 og 5000 m/sek. Det måles for hver cm og den varierende hastigheten kan ha sammenheng med høy porøsitet og høyt vanninnhold. P-bølgehastigheten er imidlertid ikke spesielt lav og indikerer neppe oppsprukket fjell.

Strømningsmålingene viser ingen indikasjoner på vanninnstrømning. Det ble kun målt strømning uten pumping, hvilket betinger artesiske forhold i brønnen for å få registrert strømning i hullet.

Figur 3 og 4 viser bilder fra logging i hhv. Kb1 og Kb2, Storengveien.



Figur 2. Resultater fra borehullslogging i Kb1.



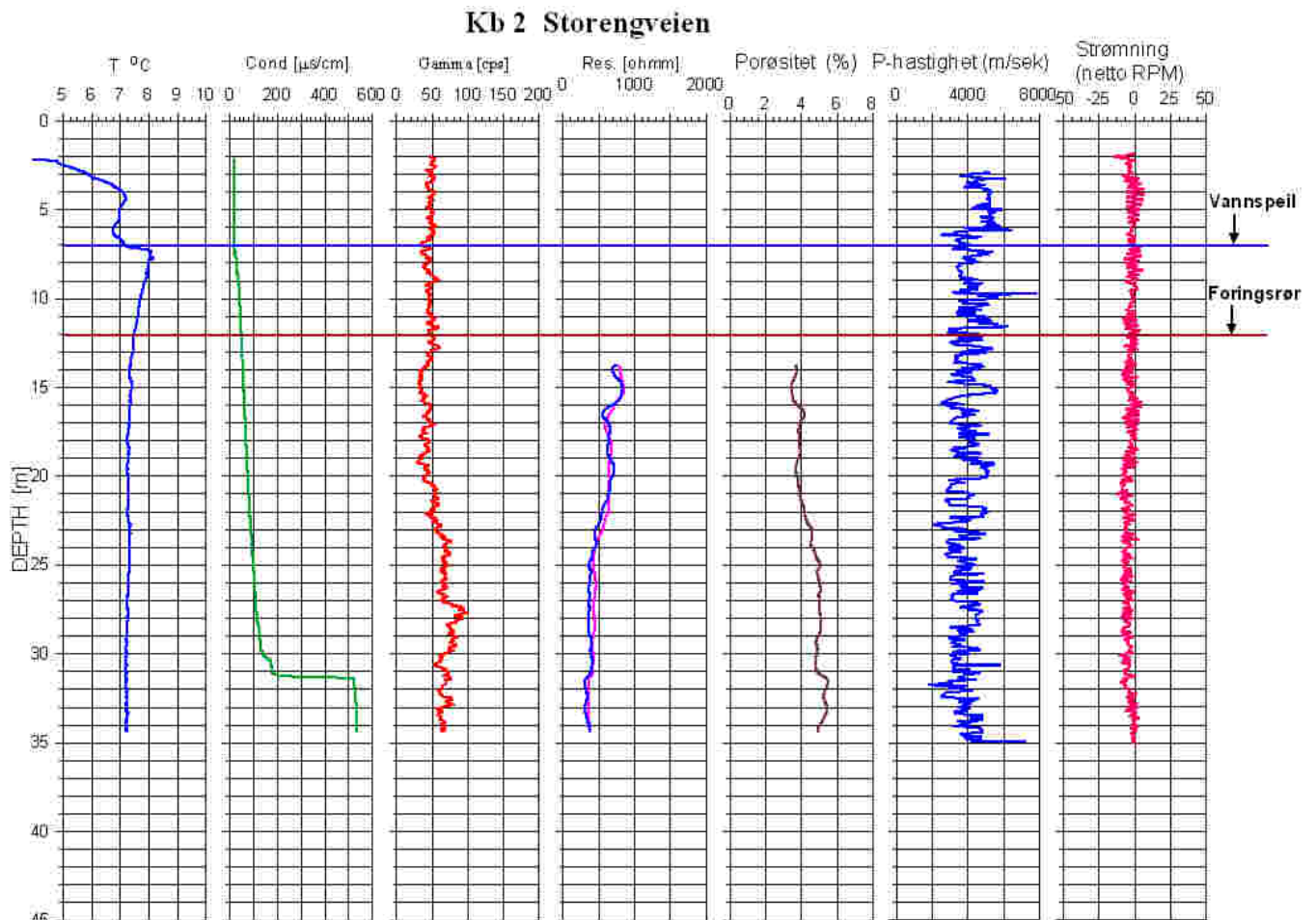
*Figur 3. Logging i Kb1,
Storengveien*



*Figur 4. Logging i Kb2,
Storengveien*

4.2 Kombinasjonsbrønn Kb2

Figur 5 viser resultatene fra Kb2. En spesiell hendelse registreres i det vannets ledningsevne øker merkbart ved 31.5 m dyp. Ingen andre logger tyder på at noe skjer ved dette dyp. Ledningsevnen er imidlertid svært lav ned til dette dyp. Det er først ved 31.5 m at ledningsevnen kommer opp på samme nivå som i de andre brønnene. En mulig forklaring kan være vannstrømning (ferskere overflatevann?) internt i hullet. Mellom 18 m og 32 m er det en liten økning i strømningshastigheten oppover (rpm). Dette kan tolkes som svak strømning inn i hullet ved 31.5 m og ut ved 18 m. Ellers er resistiviteten lav, porøsiteten høy og noe lavere P-bølgehastighet enn i Kb1.

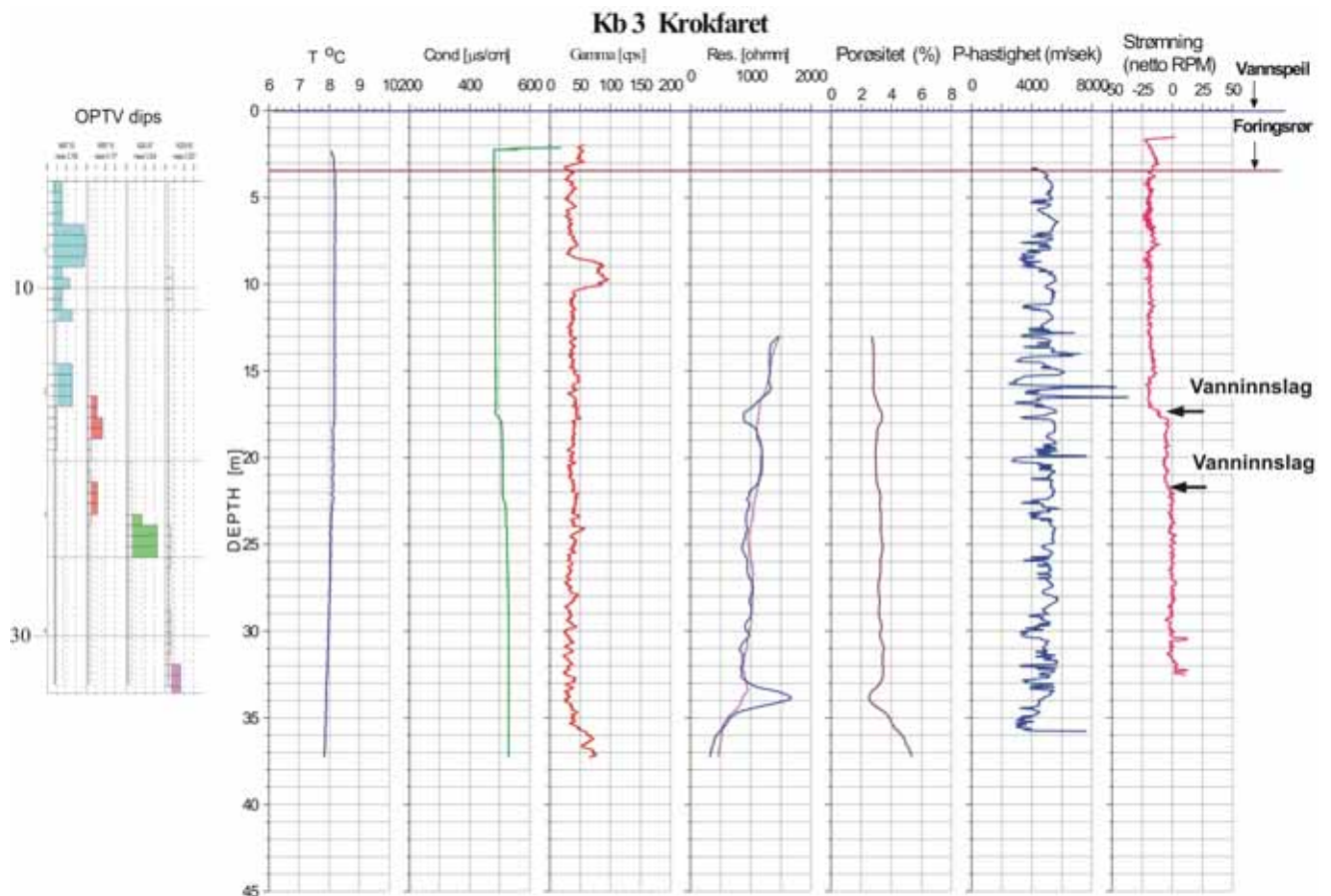


Figur 5. Resultater fra borehullslogging i Kb2.

4.3 Kombinasjonsbrønn Kb3

Figur 6 viser resultatene fra Kb3. I denne brønnen er det også logget med optisk televiwer. Denne brønnen var artesisk med en betydelig vannmengde som strømmet ut kontinuerlig.

Både temperatur og elektrisk ledningsevne i vann viser små endringer ved 17,5 og 22 m dyp. Resistiviteten viser en tydelig nedgang ved samme dyp. Dette indikerer vannførende sprekker. Dette bekreftes av strømningsmålingen som viser en tydelig netto vannstrøm oppover i hullet. Størst er endringen ved 17,5 m, men også ved 22 m vises en svak endring i rotasjonstall (rpm). Ved å bruke disse endringene i rpm kan en grovt beregne strømningsraten fra de to sprekke, se under.



Figur 6. Resultater fra borehullslogging i Kb3.

Beregning av vannstrøm fra Kb3 er gjort ut fra registrerte strømningshastigheter (rpm) over og under påviste sprekker ved 17.5 og 22 m.

rpm over 17 m : 19.4
 rpm 19 – 21 m : 5.18 rpm fra sprekk ved 17.5 m : 14.2
 rpm 23 – 25 m : 0.46 rpm fra sprekk ved 22.0 m : 4.7

Logging ved 5 m/min gir et omdreiningstall på ca 50. Det gir 1 rpm= 0.1m/min.

14.2 rpm=1.42 m/min, 4.7 rpm=0.47 m/min

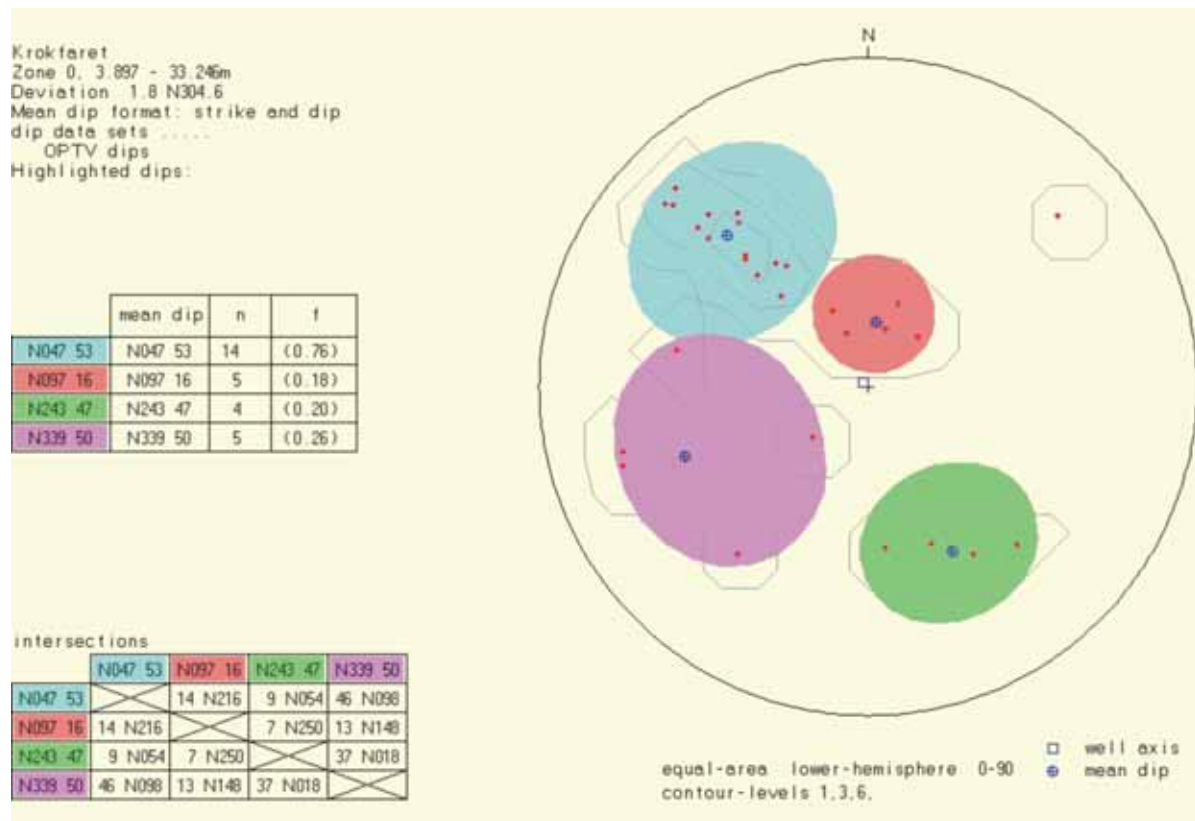
1 m borehull tilsvarer ca 15 l vann. En antar laminær strømning og $V_{\text{gjennomsnitt}} = V_{\text{max}} / 2$ der V_{max} er den hastighet som måles midt i hullet, dvs rpm=14.2 og 4,7.

Strømning fra sprekk ved 17.5 m : 15 l x (1.42/2) x 60 = 639 l/time
 Strømning fra sprekk ved 22 m : 15 l x (0.47/2) x 60 = 211 l/time
 Total strømning ut av brønnen : 850 l/time

Mesteparten av vannet kommer altså fra en sprekk på 17.5 m dyp. OPTV opptaket viser en tydelig sprekkeseone ved dette dyp, se senere.

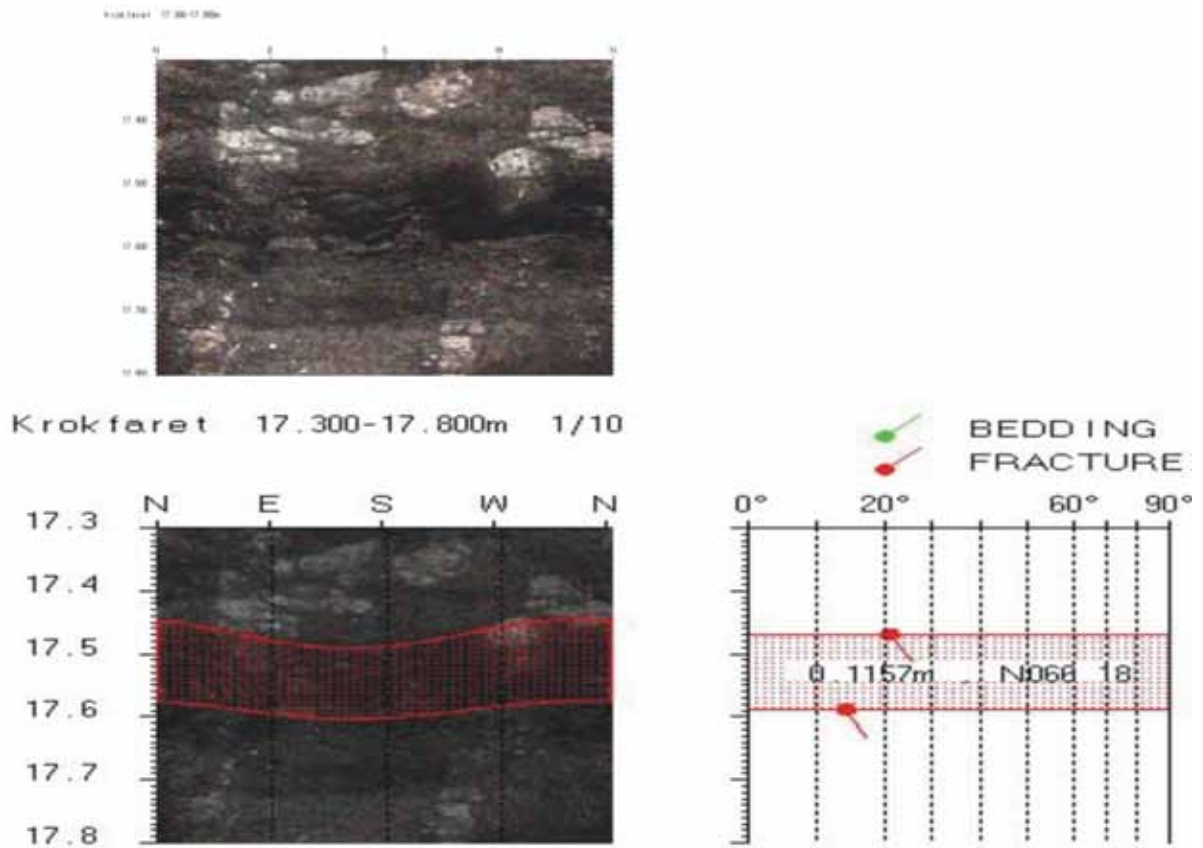
4.3.1 Optisk televiewer Kb3

Figur 7 viser sprekestereogram over påviste sprekker i Kb3. Hovedsprekkeretningen, som faller sammen med foliasjonen, er NØ-SV med fall mot SØ (N047 53) (blå farge i figur 7). De fleste av disse sprekkene er foliasjonssprekker, gjerne mineraliserte. Dette er tynne sprekker og har neppe noen betydning for fjellets stabilitet.

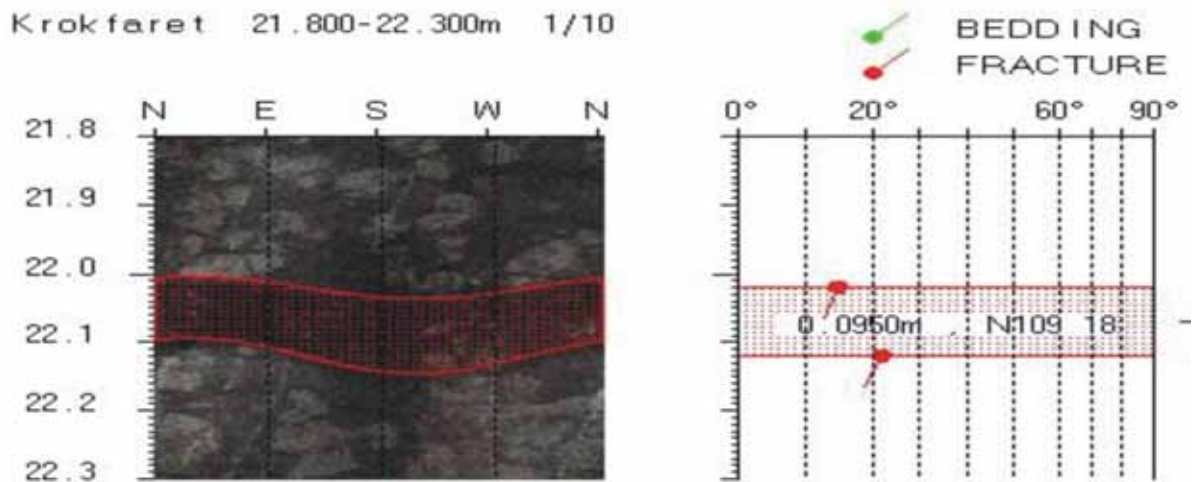


Figur 7. Sprekestereogram over påviste sprekker i Kb3.

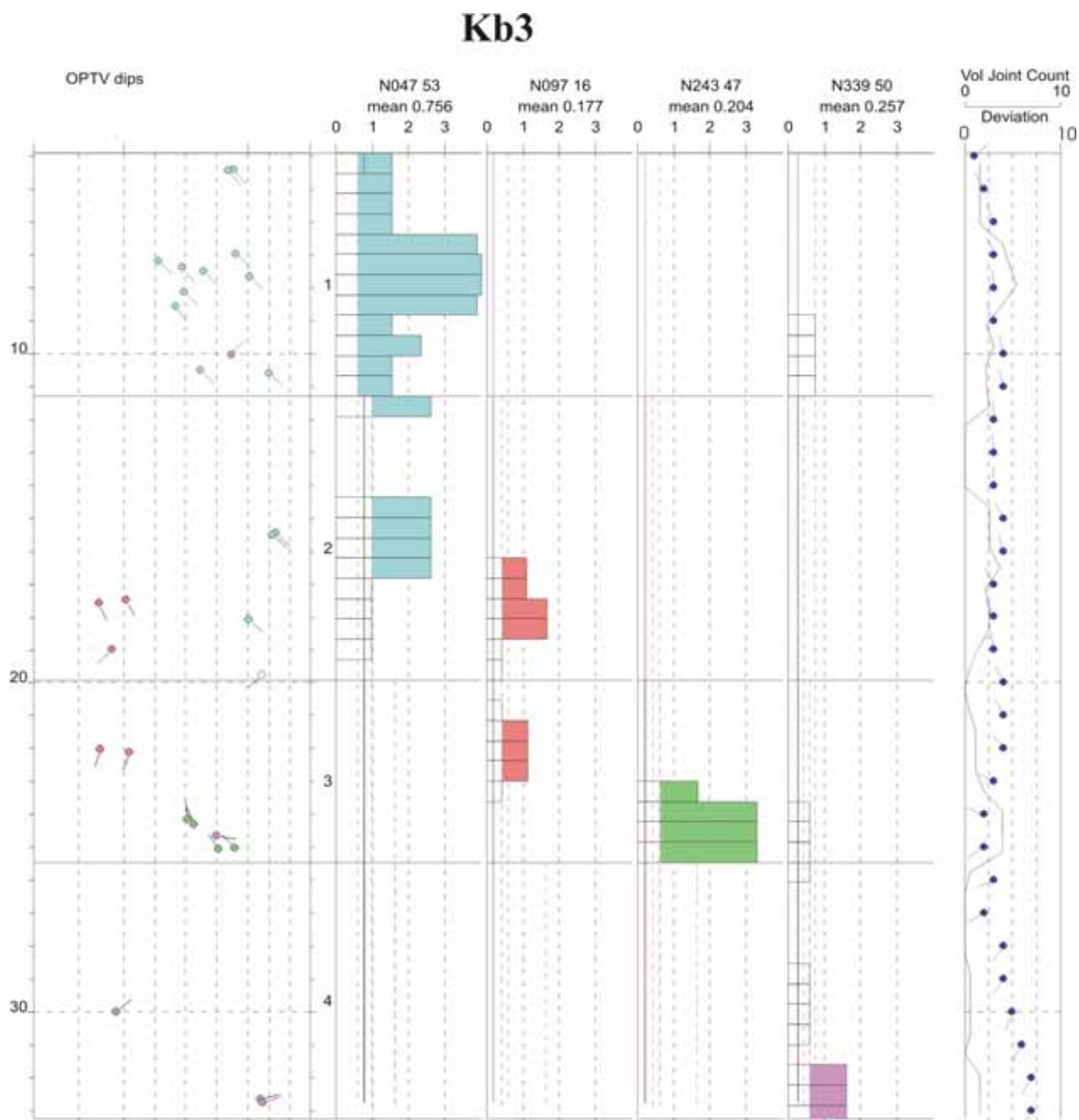
Figur 8 viser utsnitt av bildelogg og tolket logg fra Kb3 17. – 17.8 m. Mellom 17.45 og 17.56 m observeres en ca 11 cm tykk sprekkeson (forvitret) med retning og fall N066 18. Dette er den vannførende sonen som gir ca 640 l/time. En litt tynnere sone av samme type observeres ved 22 m (ca 210 l/time, se foran). Utsnitt av tolket logg er vist i figur 9.



Figur 8. Vannførende sprekk ved 17.5 m i Kb3.



Figur 9. Vannførende sprekk ved 22 m i Kb3.

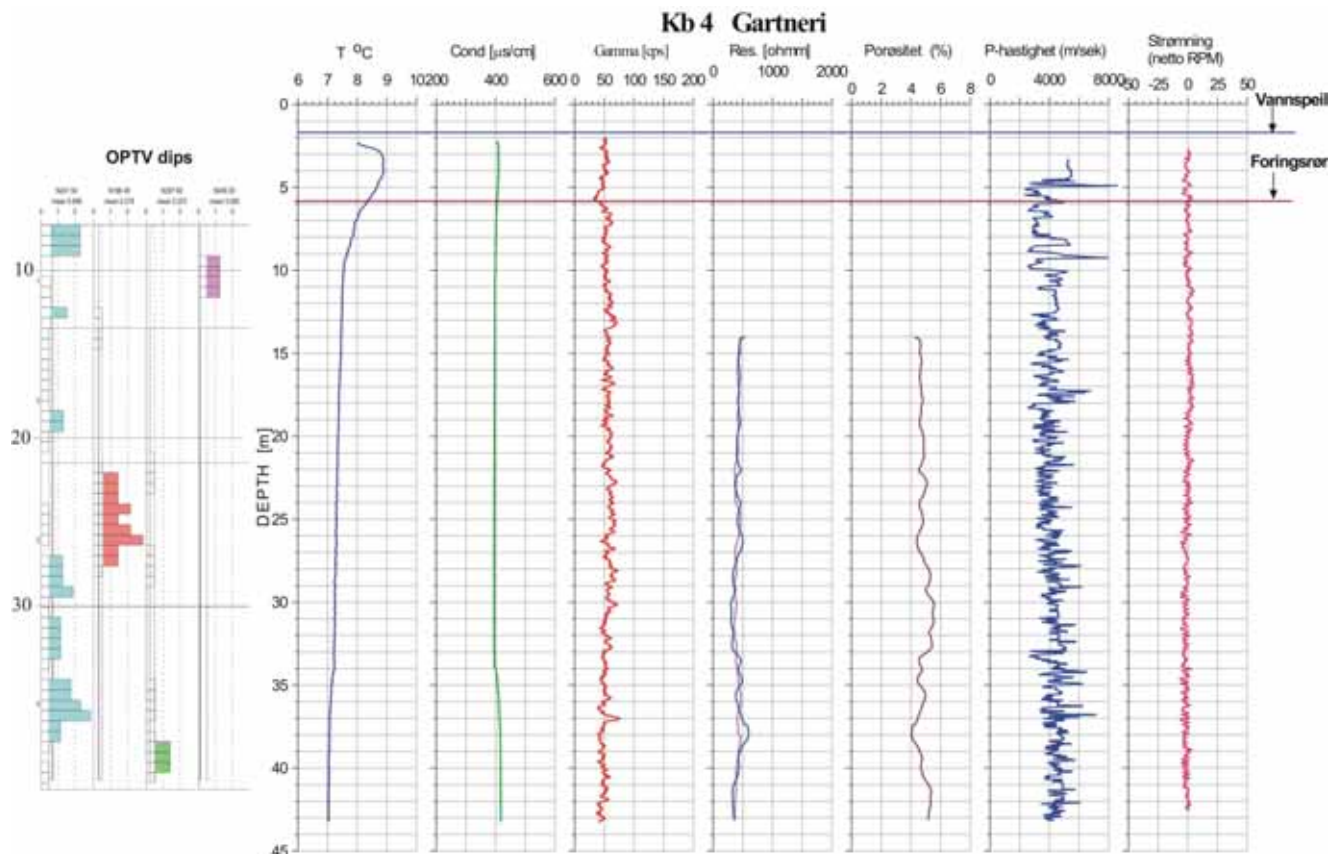


Figur 10. Frekvenshistogram for indikerte sprekker i Kb3.

Figur 10 viser frekvenshistogram av indikerte sprekker i Kb3. Sprekkefrekvensen er størst over 10 m dyp (blå histogram) og representerer som nevnt foran mineraliserte foliasjonssprekker. De to vannførende sprekke ved 17.5 og 22 m er representert ved de røde histogrammene i figur 10. Deviation log viser små lokale variasjoner i hullets helningsvinkel. Vol Joint Count er summen av alle frekvensene i hver gruppe (farge).

4.4 Kombinasjonsbrønn Kb4

Borehullslogger for Kb4 er vist i figur 11. Det er en svak endring i temperatur og elektrisk ledningsevne i vann ved 34-35 m. Det er ingen hendelser på de andre loggene som kan tyde på vannførende sprekker. Resistiviteten er lav og den relative porøsiteten forholdsvis høy. P-bølgehastigheten ligger rundt 4000 m/sek, noe høyere mot bunnen. Det må understrekes at strømningsmålingene er gjort uten pumping. Det er derfor vanskelig å registrere vannførende sprekker dersom brønnen ikke er artesisk. Figur 12 viser logging i Kb4.



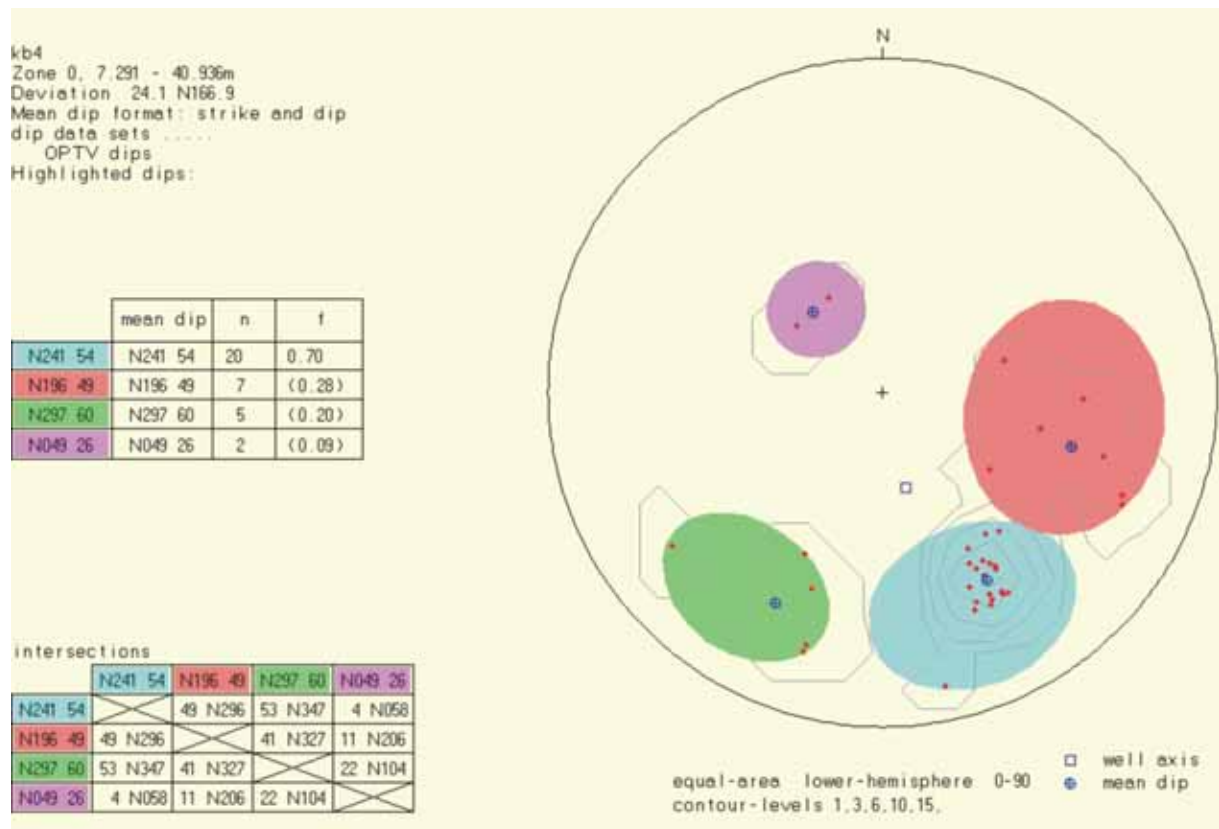
Figur 11. Resultater fra borehullslogging i Kb4.



Figur 12. Logging i Kb4, Gartneri.

4.4.1 Optisk televiewer i Kb4

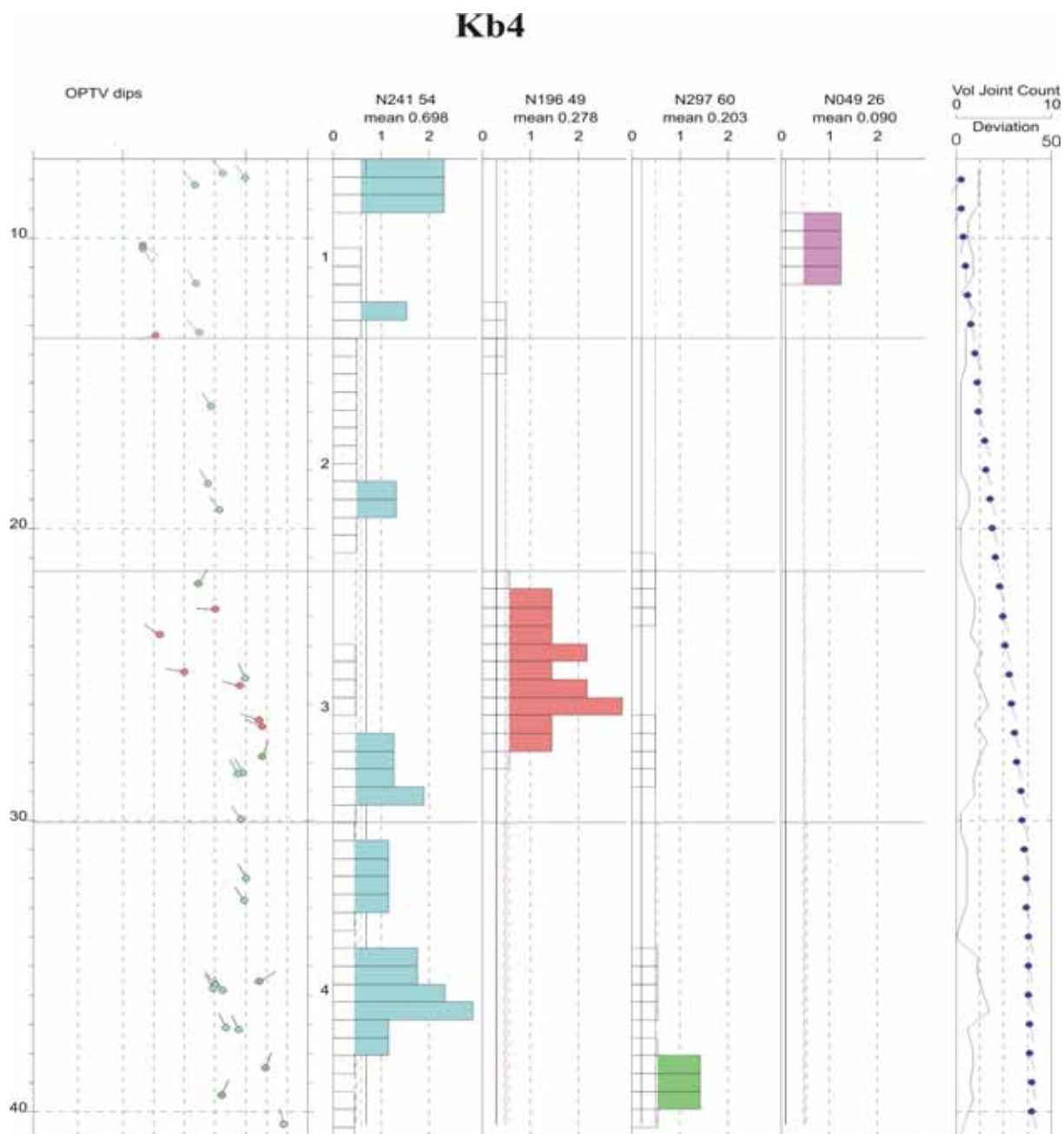
Figur 13 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i Kb4. Hovedsprekkeretningen er NØ-SV med fall mot NV (N241 54). Strøkretningen er nesten den samme som i Kb3, men fallretningen er motsatt. Det er ikke observert åpne sprekker eller svakhetssoner som kan synes å ha betydning for fjellets stabilitet.



Figur 13. Sprekkestereogram over påviste sprekker i Kb4.

Figur 14 viser frekvenshistogram over observerte sprekker i Kb4. Sprekkene er fordelt langs hele hullet med en overvekt i nedre halvdel.

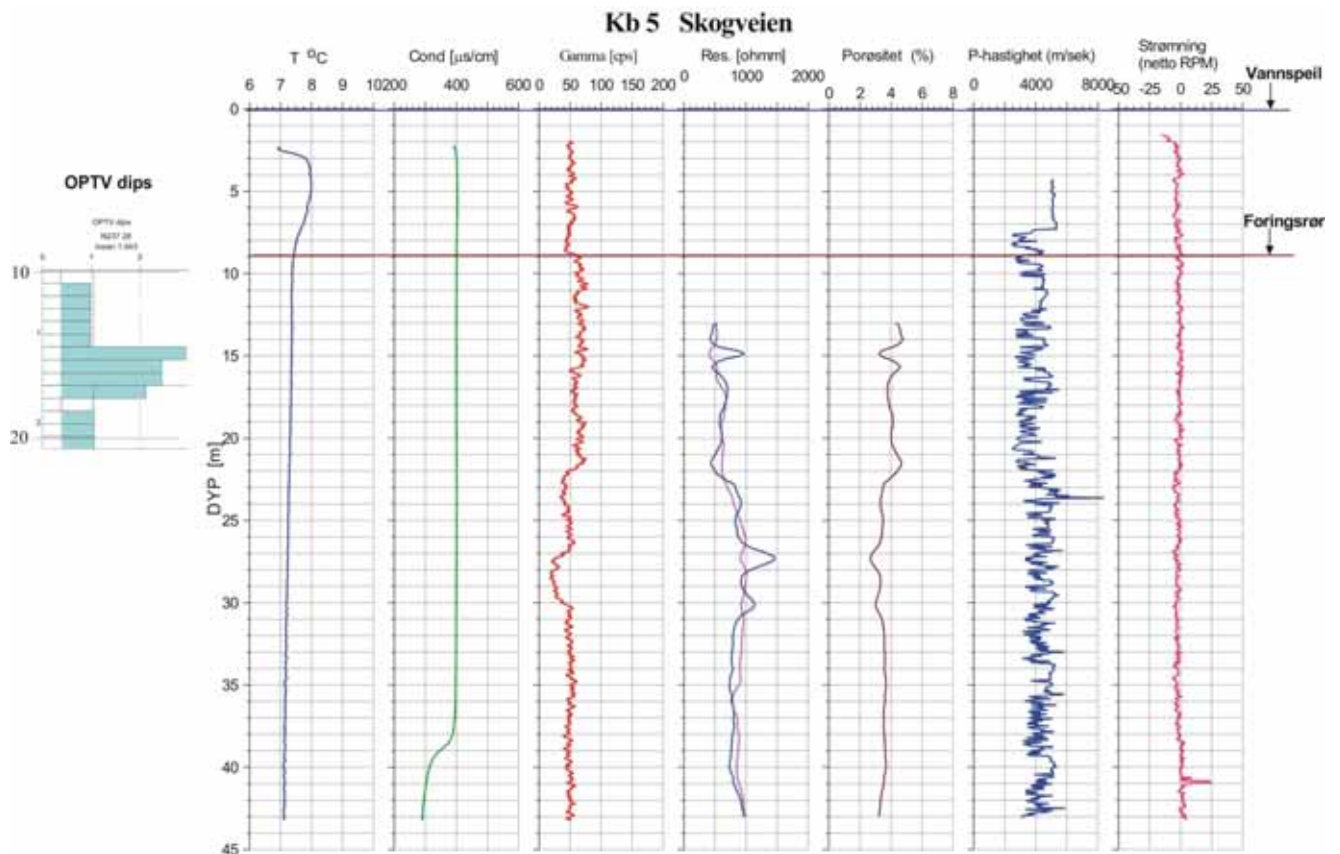
Hullvinkelen øker betydelig nedover i hullet, se avsnitt 4.7 om avviksmåling. Vol Joint Count er summen av alle frekvensene i hver gruppe (farge).



Figur 14. Frekvenshistogram over påviste sprekker Kb4.

4.5 Kombinasjonsbrønn Kb5

Borehullslogger for Kb5 er vist i figur 15. Ledningsevnen i vann går merkbart ned fra 38 m. Øvrige logger viser ingen indikasjon på sprekker, med eller uten vann. Nivået på gammastrålingen går svakt ned fra ca 22 m. Resistiviteten øker fra tilsvarende dyp, og P-bølgehastighet har svak økning. Dessverre avtok sikten i borehullet sterkt fra ca 20 m slik at den optiske loggen ikke kan forklare årsaken til endringen beskrevet ovenfor. Slike endringer tyder ofte på overgang til annen bergart eller endringer i mineralske og fysiske egenskaper. Figur 16 viser logging i Kb5.



Figur 15. Resultater fra borehullslogging i Kb5.

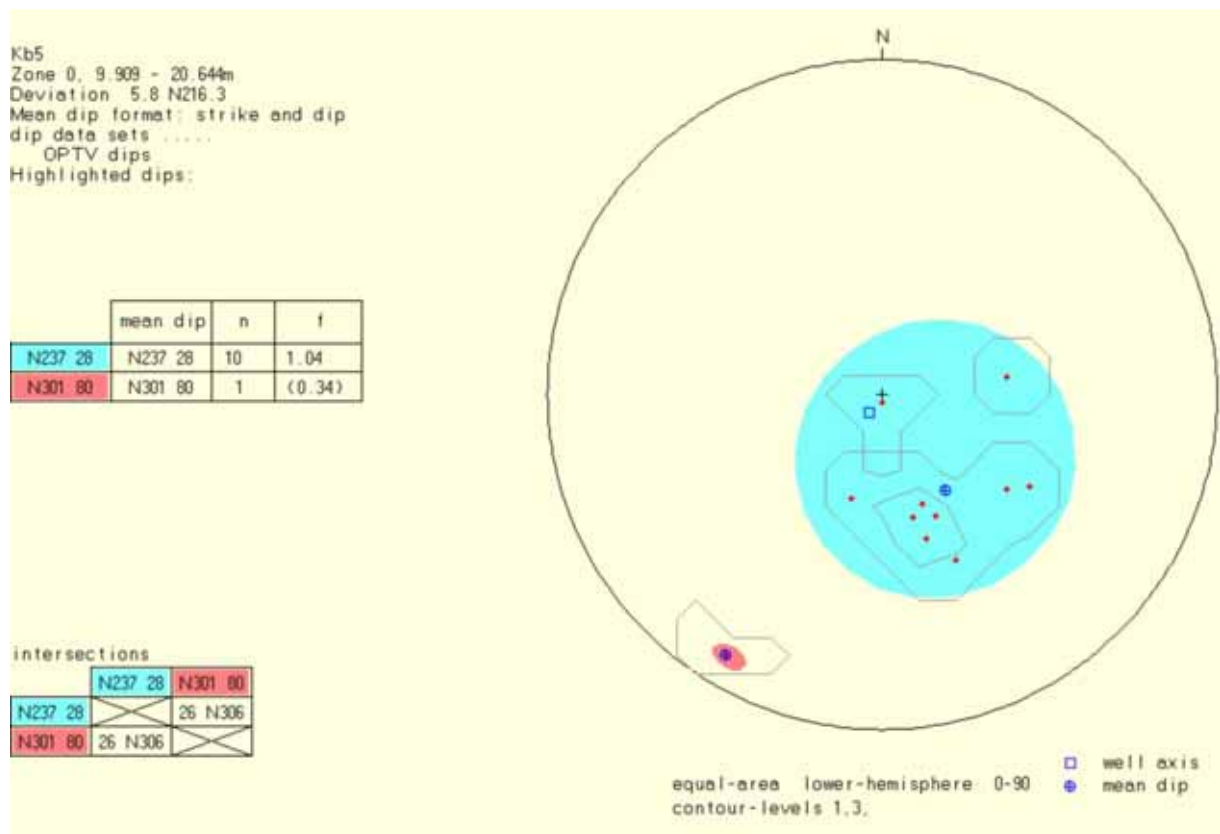


Figur 16. Logging i Kb5, Skogveien.

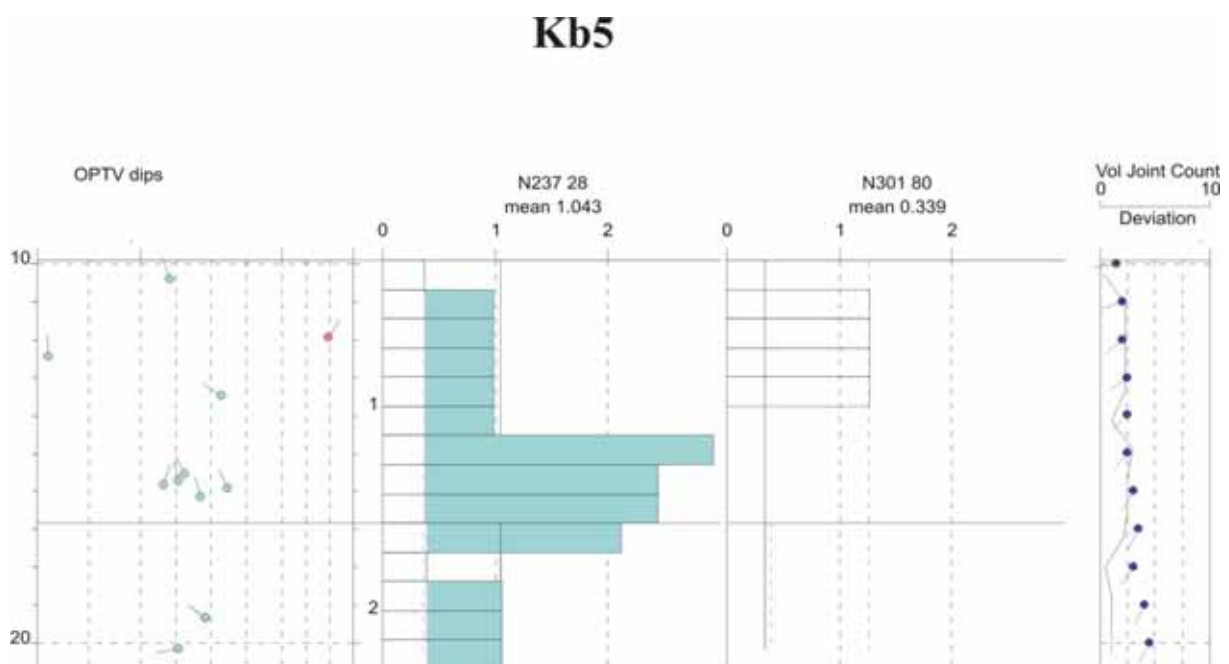
4.5.1 Optisk televiewer i Kb5

Dårlig sikt i vannet fra ca 20 m dyp gjorde at en ikke fikk tolkbare bilder under dette dypet. Det er gjort en tolkning ned til 20 m, og figur 17 viser sprekestereogram for denne delen borehullet. De indikerte sprekker er stort sett foliasjonssprekker og de er ofte mineraliserte. Hovedsprekkeretningen avspeiler derfor bergartens strøk og fall, N237 28 (NØ-SV med fall mot NV).

Figur 18 viser frekvenshistogram. I den delen som er analysert er det flest sprekker ved ca 15 m.



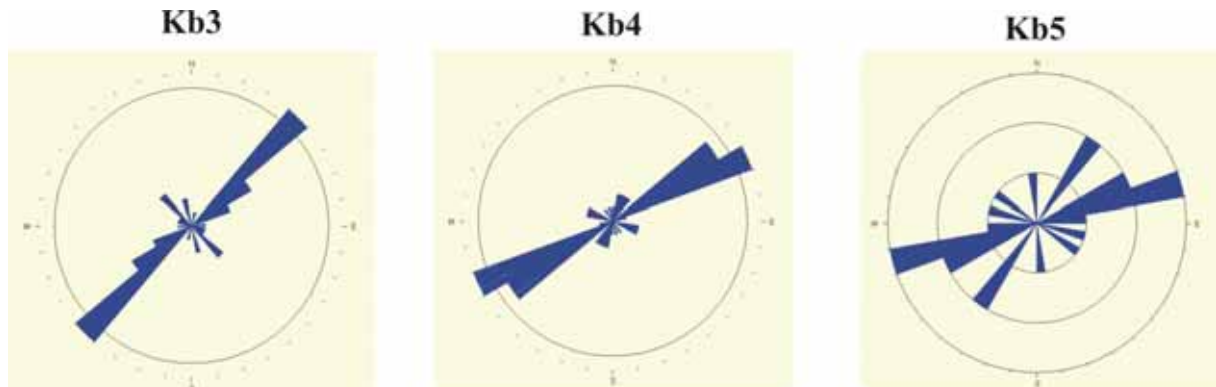
Figur 17. Sprekkestereogram over påviste sprekker i Kb5.



Figur 18. Frekvenshistogram over observerte sprekker i Kb5.

4.6 Rosediagram, Kb3, Kb4 og Kb5

Figur 19 viser rosedigram for de observerte sprekke i Kb3, Kb4 og Kb5. Hovedsprekkeretning NØ-SV går igjen i alle hull, men dreier mer mot Ø-V i Kb5. Det antas at dette også er bergartenes strøkretning i dette området da de fleste sprekker er foliasjonssprekker.



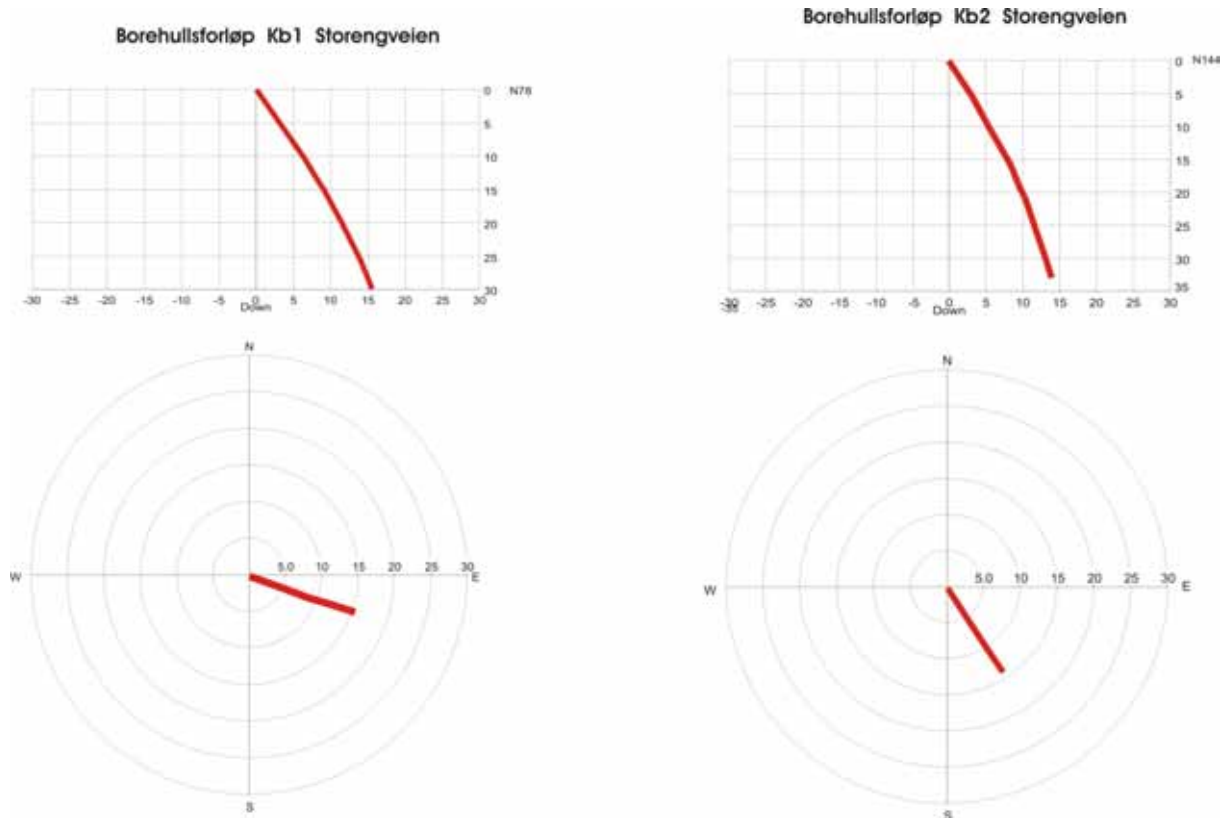
Figur 19. Rosediagram for sprekker i Kb3, Kb4 og Kb5.

4.7 Avviksmåling i kombinasjonsbrønnene

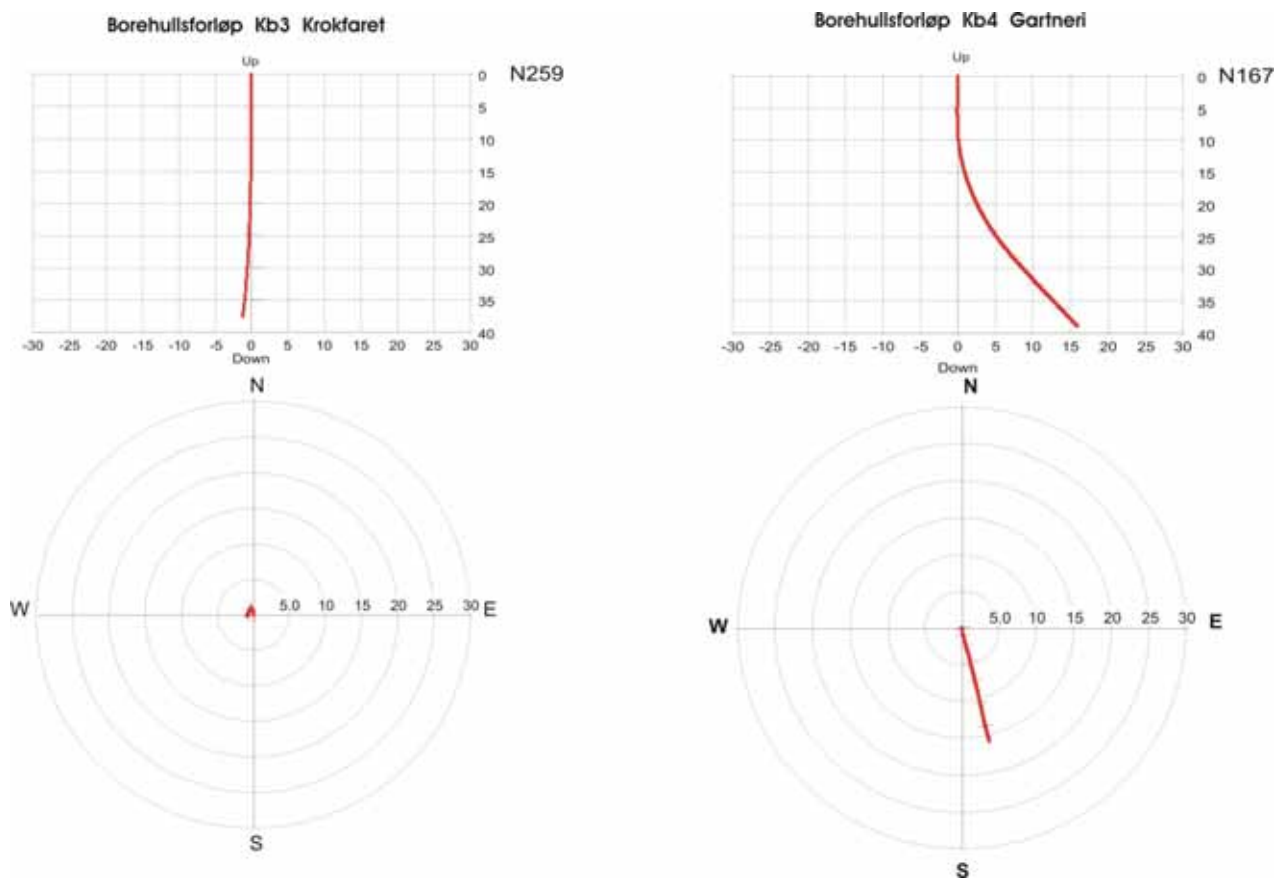
Da avviksmålingen er en integrert del av optisk televiwer er alle brønnene målt selv om sikten var for dårlig i to av brønnene. Avviksmålingen er ikke avhengig av den.

Figur 20, 21 og 22 viser vertikal- og horisontalprojeksjon av borehullsforløpet til alle kombinasjonsbrønnene. Avviket er ikke stort fra planlagt forløp i skrårbrønnene Kb1 og Kb2 samt vertikalbrønnen Kb3. I Kb4 er det derimot stort avvik med et horisontalavvik på 15 m i bunnen av hullet. Dette er usedvanlig stort til å være et såpass kort hull. Det er ting som tyder på at hullet innstiller seg loddrett på fjellets lagdeling. Dette kan en se ved å studere den optiske loggen. Kb5 har et horisontalavvik på ca 5 m i bunnen.

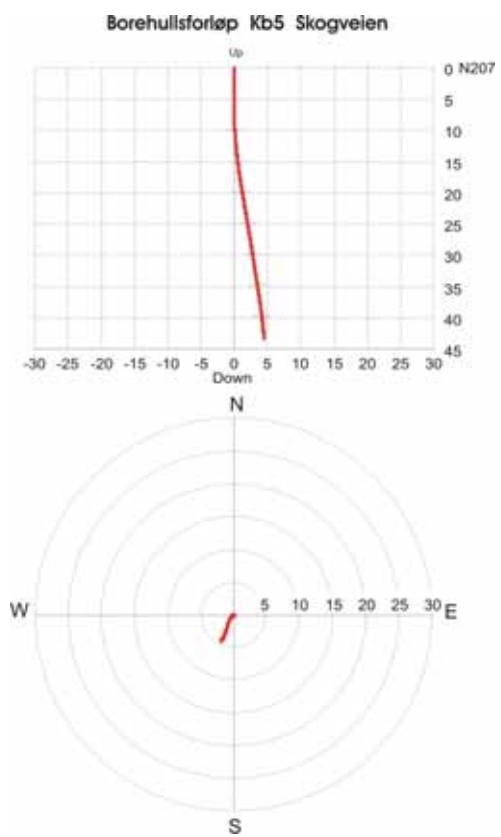
Alle data fra avviksmålingene er vist i tabellform databilag 3. Forklaring på tabellene er finnes i tekstbilag 1.



Figur 20. Borehullsavvik Kb1 (til venstre) og Kb2 (til høyre).



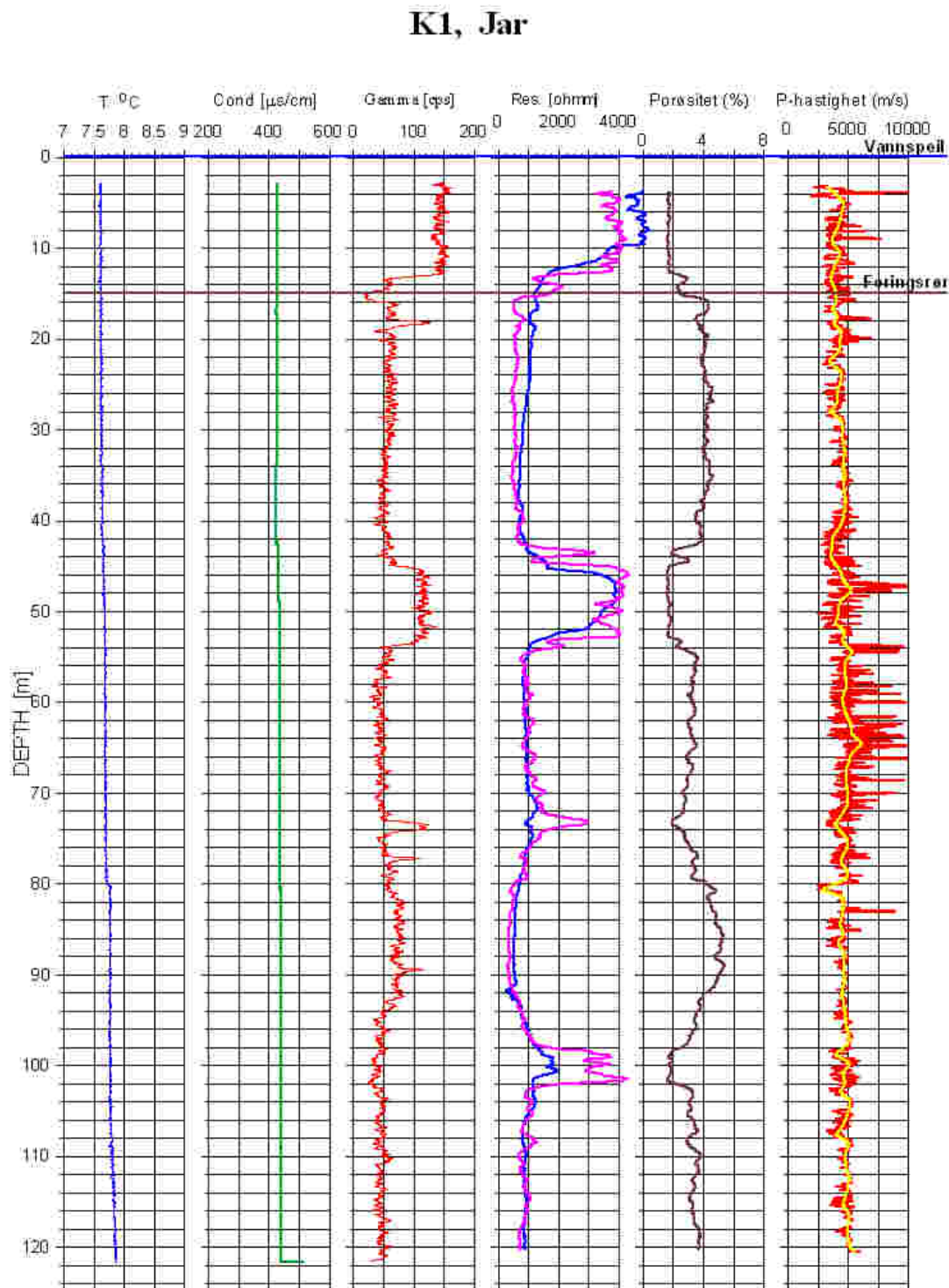
Figur 21. Borehullsavvik Kb3 (til venstre) og Kb4 (til høyre).



Figur 22. Borehullsavvik Kb5

4.8 Diamantborehull K1

Figur 23 viser borehullslogger fra diamantborehull K1. Det er en liten endring både i temperatur og elektrisk ledningsevne ved 41.5 m. Dette er i overgangen til en gang (diabas?) som tydelig indikeres både på gammaloggen og resistiviteten. P-bølgehastigheten går litt ned ved 41 m, men får en svak økning midt i gangen. Svak temperaturøkning ved 80 m faller sammen med tydelig nedgang i P-bølgehastighet. Dette kan være en sprekk. P-bølgehastigheten er beheftet med mye støy og det er derfor lagt på en filtrert kurve hvor den verste støyen er fjernet. Hastigheten er 4500 – 5000 m/s, noe som indikerer ikke oppsprukket fjell.



Figur 23. Borehullslogger for diamantborehull K1. Blå kurve er LN og lilla SN.

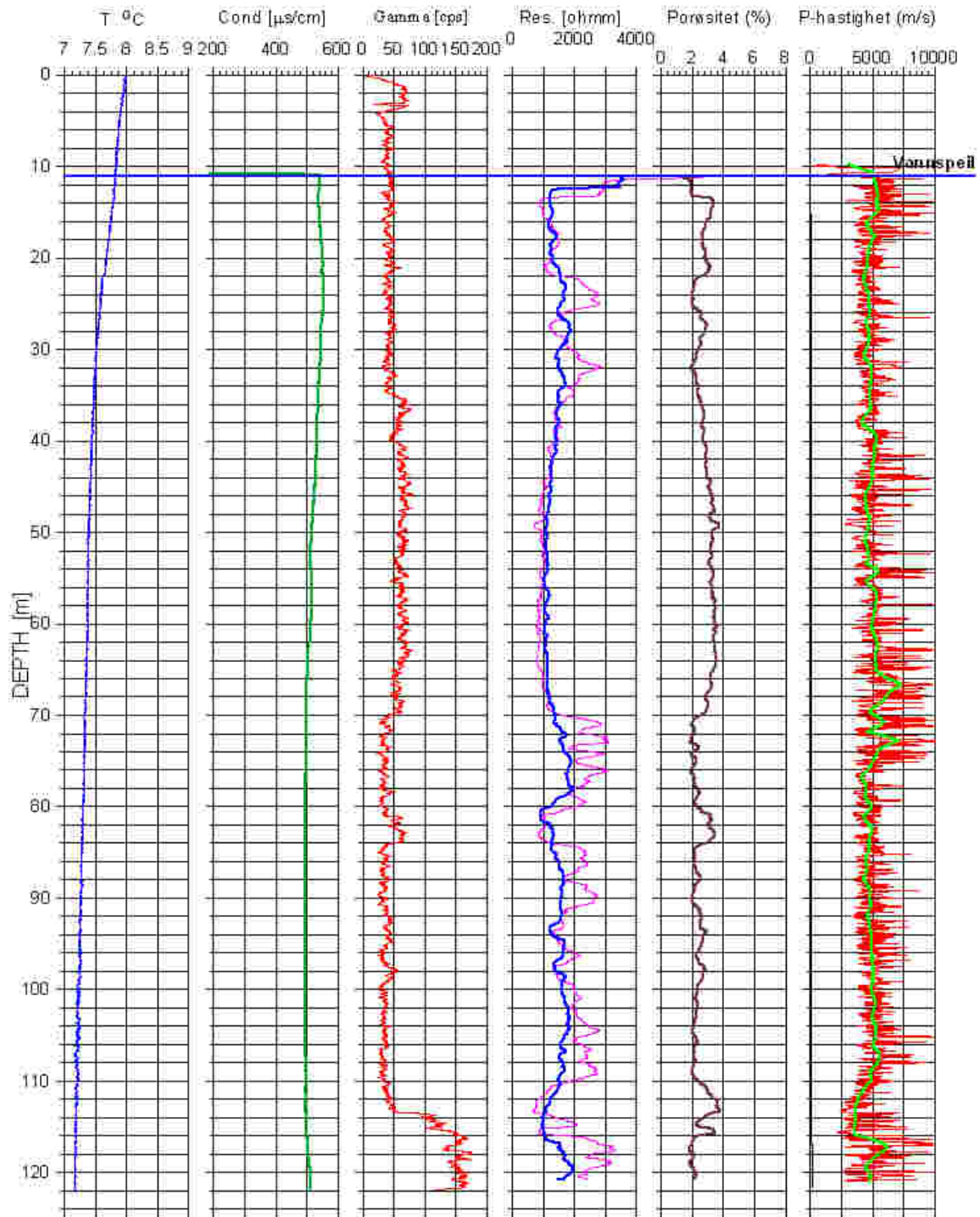
4.9 Diamantborehull K2

Figur 24 viser logging i diamantborehull K2, Ekebergveien. Figur 25 viser borehullsloggene fra samme borehull. Loggene viser ingen spesielle hendelser som kan si noe om oppsprekking. 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. 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. P-bølgehastigheten er nede i 2500 m/sek. hvilket vanligvis betyr oppsprukket fjell.



Figur 24. Logging i diamantborehull K2, Ekebergveien.

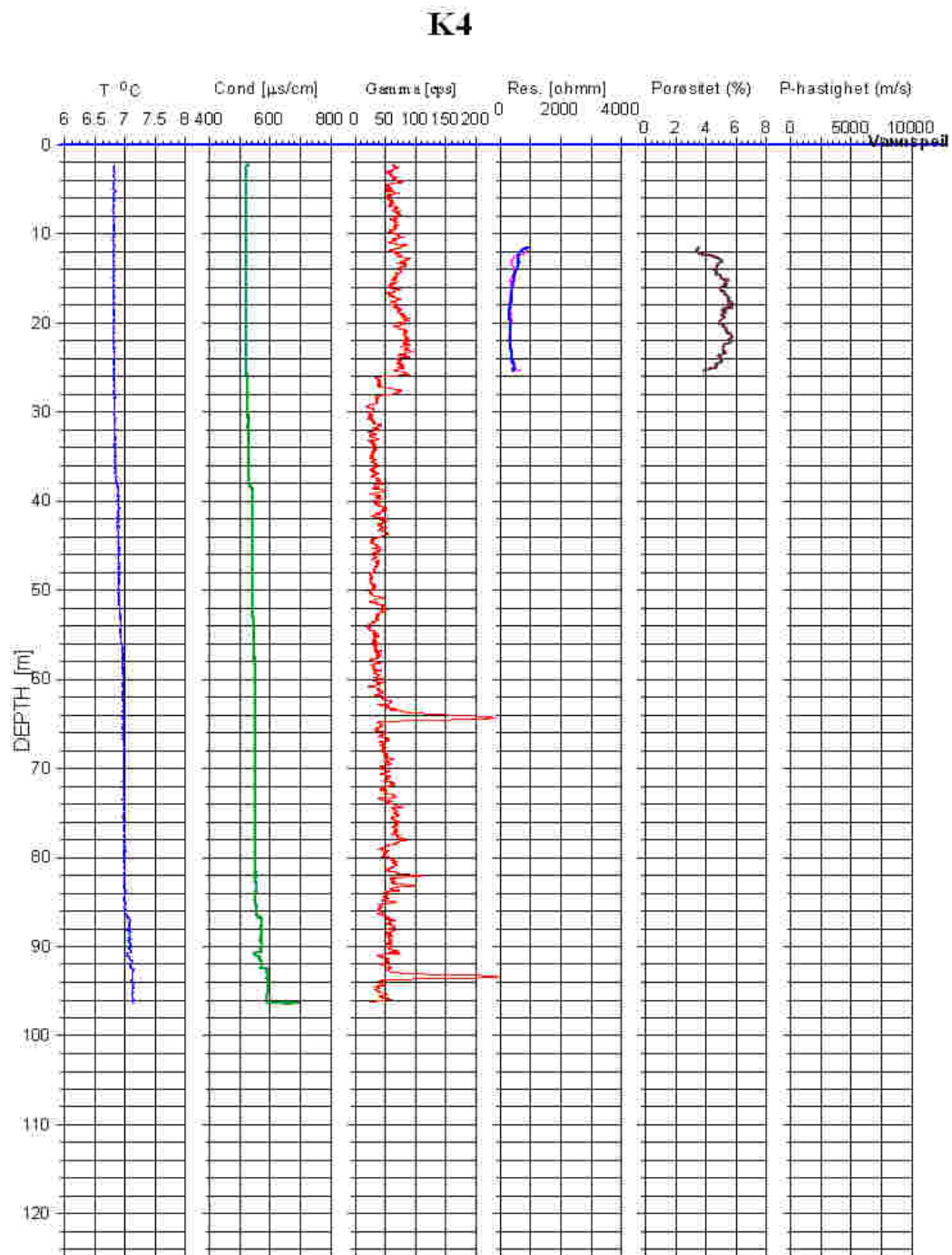
K2 Ekebergveien



Figur 25. Borehullslogger for diamantborehull K2. Blå kurve er LN og lilla SN.

4.10 Diamantborehull K4

Figur 26 viser borehullslogger fra diamantborehull K4. Det ble store problemer å logge i dette hullet. Temperatursonden satte seg fast ved ca 96 m. Etter mye strev løsnet den, og det ble da målt temperatur, ledningsevne og gamma fra 96 m og opp. Ved nedstaking av resistivitetssonden satte den seg fast ved 26-27 m. Den løsnet etter hvert og resistivitet ble målt fra 26 m. På grunn av risiko for videre fastsetting ble logging avsluttet. Temperatur og ledningsevne viser svak endring ved 38 m og ved 86 m. Det at sondene satte seg fast indikerer i seg selv at fjellet er ustabilt da det trolig går ras i hullet. En tydelig nedgang i gammastrålingen ved 26 m, kan tyde på bergartsgrense.



Figur 26. Borehullslogger diamantborehull K4

5. KONKLUSJON

Det er gjort borehullslogging i fem kombinasjonsbrønner og tre diamantborehull i forbindelse med forundersøkelser for planlagt jernbanetunnel mellom Sandvika og Lysaker. Hensikten var å påvise sprekker, vannførende sprekker eller andre svakhetssoner som kan ha betydning for fjellets stabilitet.

Det ble funnet to vannførende soner i samme borehull, Kb3, som til sammen gir ca 850 l/time. Denne brønnen er artesisk og gir trolig mye mer vann ved pumping. Dersom disse krysser tunneltraseen vil de kunne føre til lekkasjer. Ellers er det ikke påvist sprekker eller soner som kan føre til problemer ved tunneldrivingen. Det er ustabil fjell i diamantborehull K4 uten at det er fastslått hva slags soner dette er. Fastkjøring av loggeutstyr tyder på ras i borehullet.

På grunn av dårlig sikt i vannet fikk en ikke tolkbare opptak i alle brønnene. Dersom optisk logging skal gjøres i disse, må brønnene spyles og renses slik at de kan fylles med rent vann.

6. REFERANSER

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*.

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

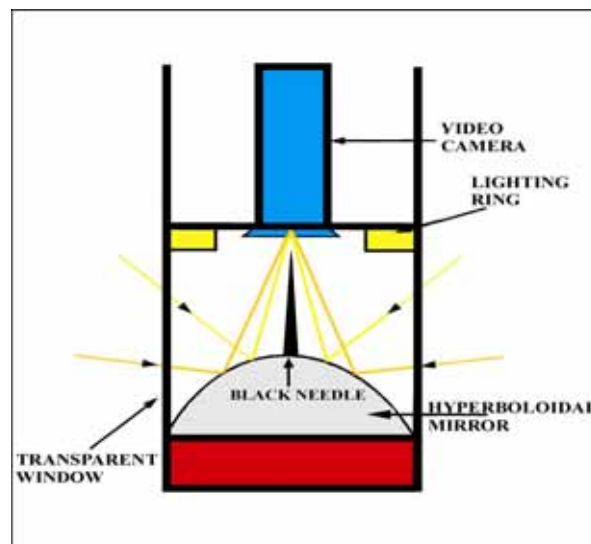
Thunhead, H. & Olsson, O. 2004: Borehole corrections for a thick resistivity probe. *JEEG*, December 2004, Volume 9, Issue 4, pp. 217 – 224.

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.

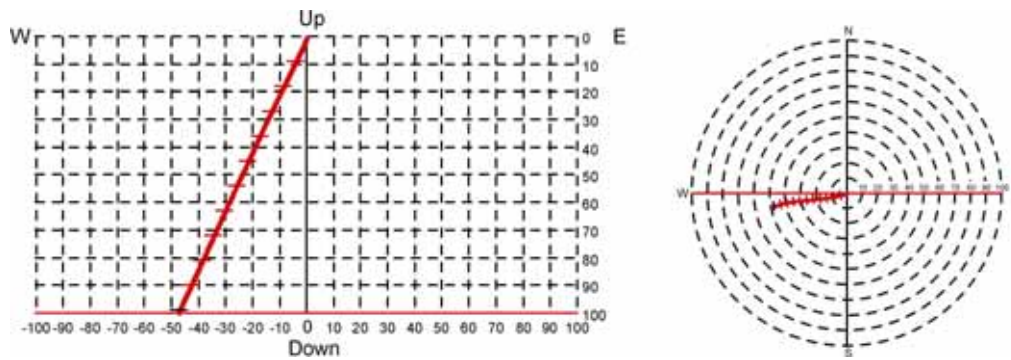
Optisk televiewer er et instrument som brukes ved inspeksjon av borehull med en diameter fra 70 – 160 mm. Instrumentet består av et digitalt kamera som filmer mot et hyperbolsk speil, se prinsippskisse figur 1. Kameraet ”ser” vinkelrett en større del av borehullsveggen, men bare en sirkel med høyde 1 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.

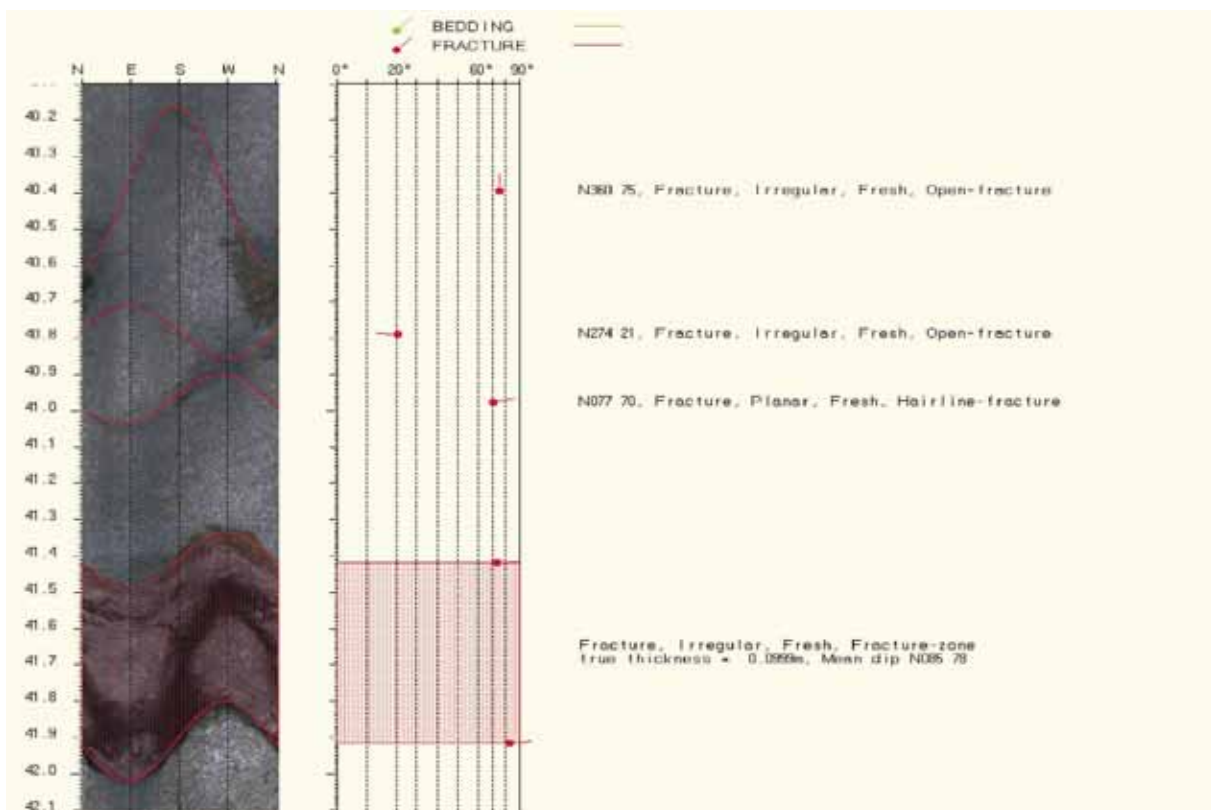
Med data fra denne instrumenteringen kan også borehullets forløp (avvik) beregnes (Figur 2). Borehullsvinkel kan måles i området 0 – 180° med en nøyaktighet på +/- 0.25°. Retningen kan måles fra 0 til 360° med en nøyaktighet på +/- 2.5°. Avviket måles kontinuerlig langs hele borehullet. Data kan plottes 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 strøkretning og fallvinkel til sprekken som observeres.



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

Analyse av data.

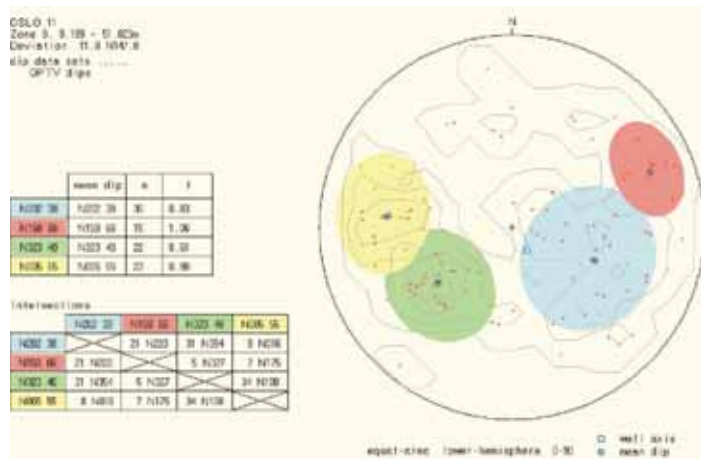
Ved analyse brettes det orienterte digitale bildet ut (se figur 3). Plane sprekker vil da indikeres som en sinusformet kurve. Steile sprekker vil indikeres med store amplituder ved loddrette hull. Dersom borehullet skjærer sprekken vinkelrett, vil disse vises som rette linjer. Siden bildet er orientert, kan sprekkenes retning og fall beregnes ved å tilpasse (digitalisere) en sinuskurve til hver av dem. Har sprekken 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 3: 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 sprekkenes er beregnet (nederst på bildet – fracture zone).

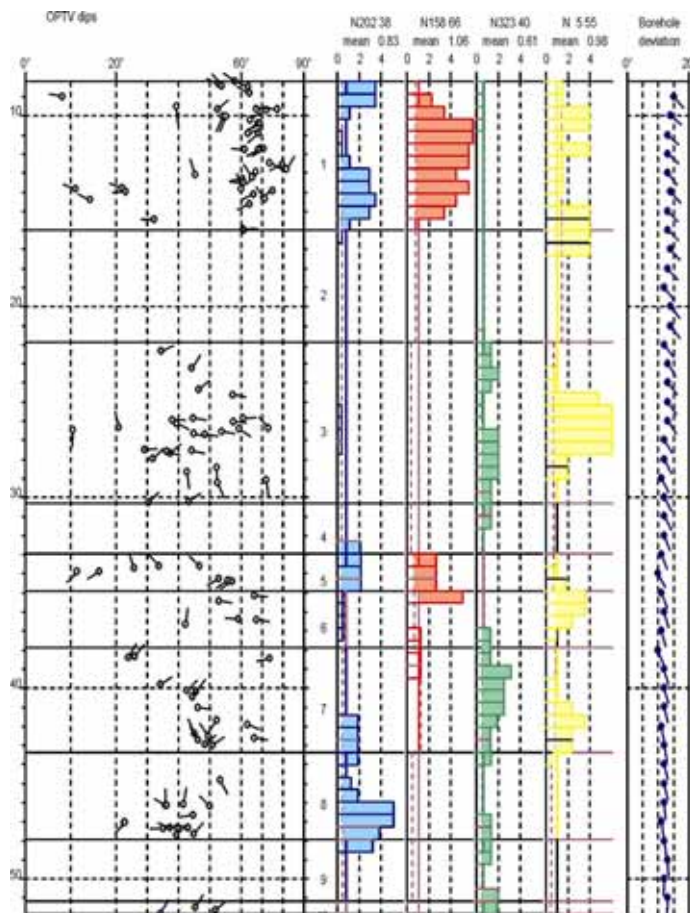
Når alle hendelser er digitalisert, kan en utføre sprekke- og strukturanalyse. Etter å ha plottet polen (normalvektoren) til alle digitaliserte sprekker i et stereogram (figur 4), kan forskjellige sprekkegrupper

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



Figur 4. Eksempel på analyse av sprekker i stereogram. I øverste tabell er midlere sprekkeretning og fallvinkel for hver sprekkegruppe beregnet, og antall sprekker og sprekkefrekvens for hele hullet beregnet for hver av gruppene. Nederste tabell viser retning og fall på skjæringslinjen mellom de midlere sprekkeplanene.

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. Sprekkefrekvens 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 5. 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 (sprekkefrekvens). Høyre kolonne viser borehullsforløp med fall og retning. Heltrukne horisontale linjer angir grenser mellom definerte soner.

Figur 5 viser frekvenshistogrammer for et borehull som er undersøkt med optisk televiewer. Frekvenshistogrammene (rød, blå, grønn og gul) viser beregnet sprekkefrekvens 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 pillhode 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 strøketretningen er den samme (f.eks. N180 og N0), bestemmes av retningen til planets normal, og vil være normalens retning pluss 180°. Planets strøketretning er fallretning minus 90 grader. Dermed er også strøketretningen entydig bestemt. Strøketretning beregnes som vinkel fra nord. Hvis for eksempel strøketretning og fall er N180 45, er strøketretningen 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 deviation Azimuth	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	- Sprekkeplanets fallvinkel
n	- Antall punkter brukt for å digitalisere en sprekk
K	- Type sprekk (2 = sprekk, 0 = bånding)
Upper depth	- Dyp til sprekkeplanets øvre skjæringspunkt med borehullsveggen
Lower depth	- Dyp til sprekkeplanets 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		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
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 Dev Azim		DEPTHS m TOP BASE		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES																	
	Str	Dip	n	f		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	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	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	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	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	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	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 sprekkegruppe (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 sprekkegruppene (i sonen)

f - Gjennomsnittlig sprekkefrekvens i hver av de definerte sprekkegruppene (i sonen)

Borehole:

Depth range: 1.396 - 52.996m

Depth	Deviation components				
	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

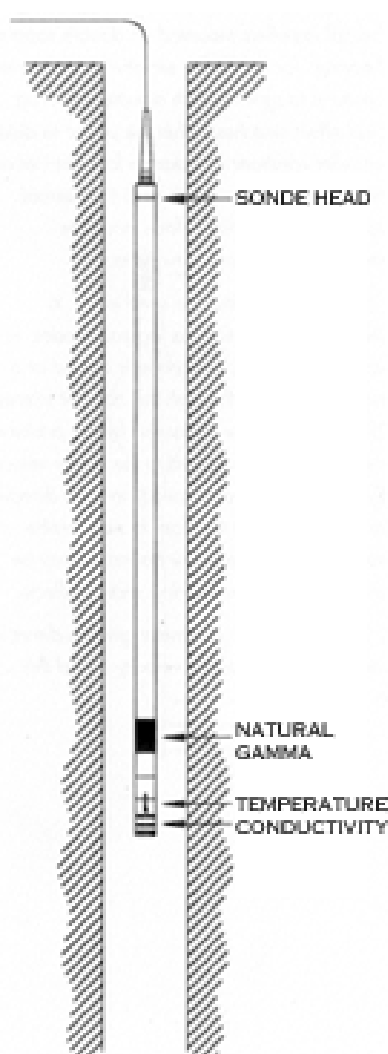
Down - Vertikalt dyp

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 ($^{\circ}\text{C}$), mikro-Siemens pr. centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) og tellinger pr. sekund (counts pr second, cps).



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 NGUs sensor er oppgitt til $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, 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 $500 \mu\text{S}/\text{cm}$.

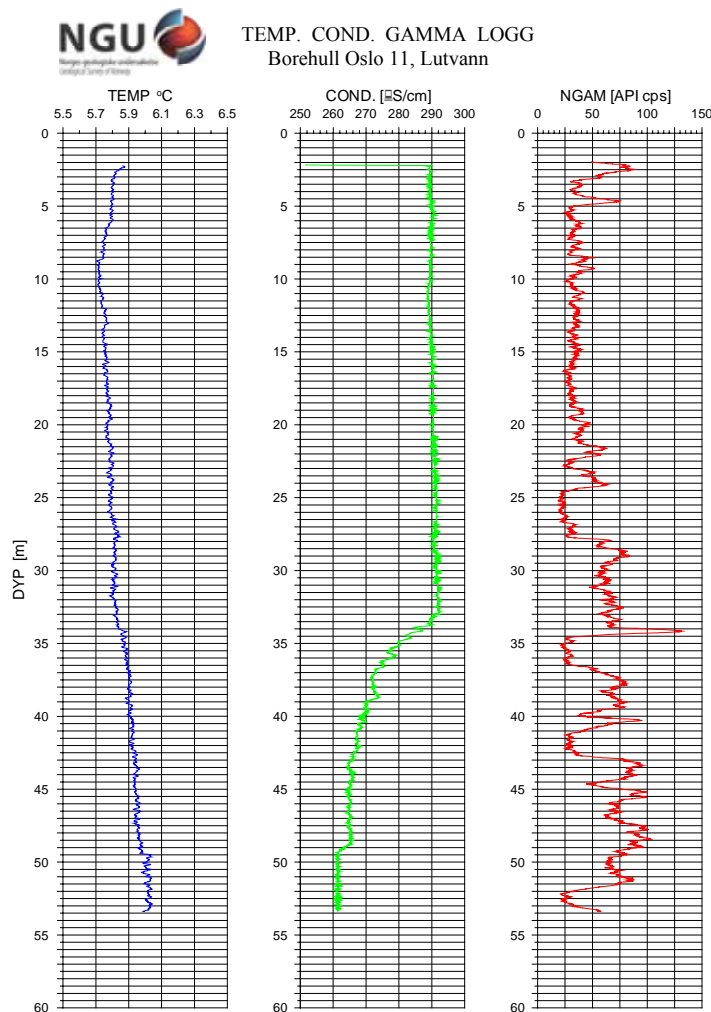
Naturlig gammastråling måles med en NaI-krystall (sylinder) som måler $50 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$. NGUs utstyr har ikke mulighet til å skille mellom de forskjellige elementene som gir naturlig stråling (U, Th og K). Måleenheten er counts per second API standard (API cps). API er en felles internasjonal 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. Gammalloggen viser stor variasjon fra 20 m. Dette skyldes trolig varierende feltspatinnhold (kalium)

Eksempler på målte verdier er vist i tabell 1.

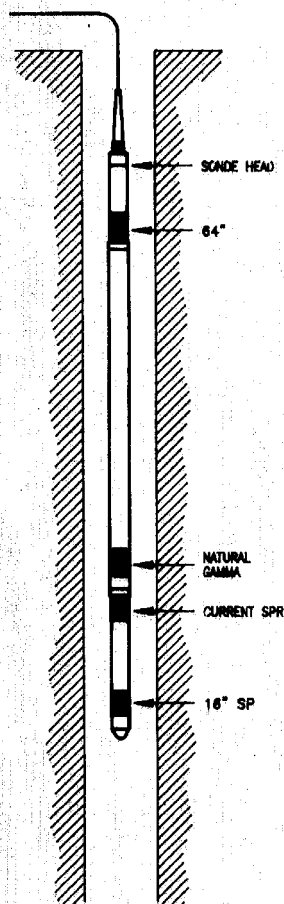
Bergart	Ledningsevne (µS/cm)	Naturlig gamma (API cps)
Alunskifer, Oslofeltet	1000 – 1300	1000 – 2000
Rombeporfyrr, Oslofeltet	200 – 220	150 – 200
Syenittporfyrr, Oslofeltet	30 – 140	100 – 120
Kalkskifre, Oslofeltet	270 – 600	40 – 80
Sandsteiner, Oslofeltet	180 – 230	30 – 80
Basalt, Oslofeltet		15 – 30
Diabas, Oslofeltet		15 – 20
Gneis, grunnfjell	40 – 350	20 – 100
Dioritt, grunnfjell	300 – 350	10 – 20
Grønnstein, Trondheim	200 – 400	5 – 25
Trondhemitt, Trondheim	300 – 400	40 – 50
Kvartsdioritt, Nordvestlandet	Saltvannsinntregning	50 – 100

Tabell 1: Eksempler på målte verdier for vannets elektriske ledningsevne og naturlig gammastråling (cps API-standard) fra målinger utført av NGU frem til 2006.

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 elektrodene plassering, 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 borehullslogger. En prinsippsskisse 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 inntrengingsdypet 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 borehullsvæggen, vil denne størrelsen være følsom for lokale variasjoner (f.eks sprekker) i

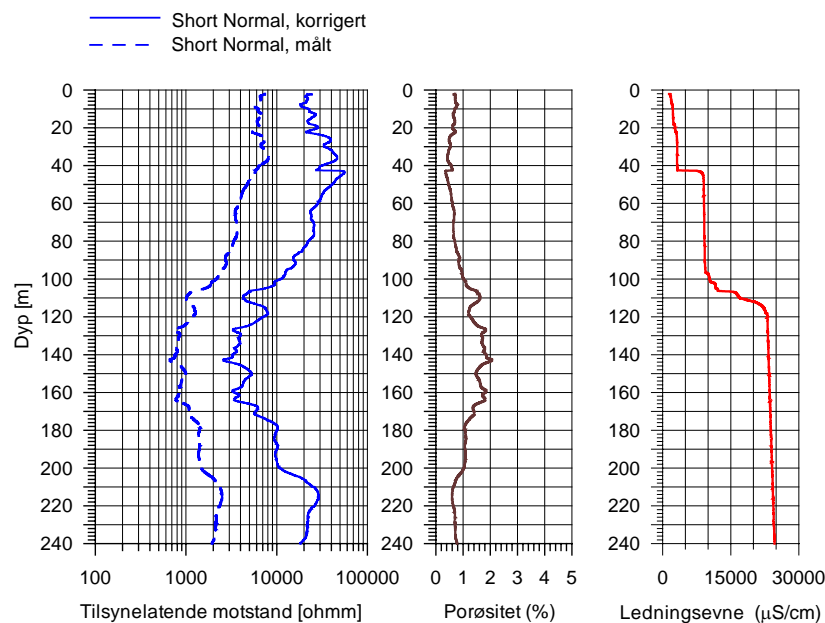
borehullsveggen. Dersom en måler i borebrønner hvor diameteren kan være 13 – 15 cm, utviskes denne effekten.

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 (Thunehed & 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 ($\sigma = 1/\rho$, $\sigma_w = 1/\rho_w$) (Thunehed & 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} (Thunehed & 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:

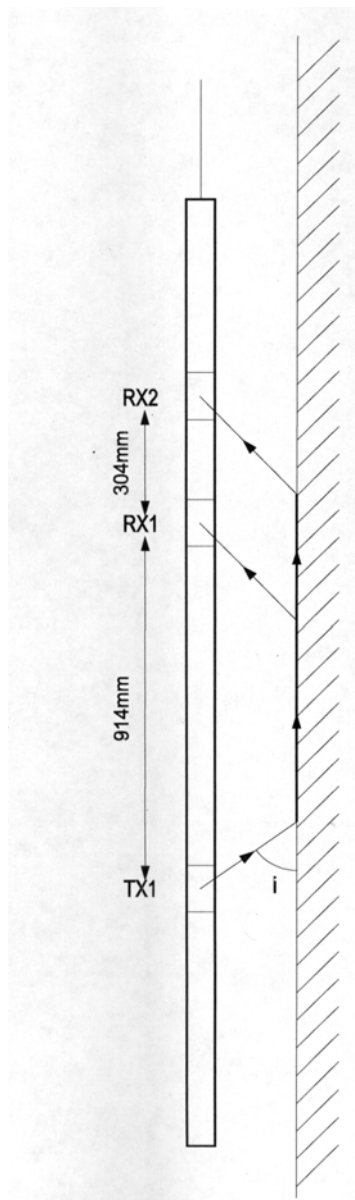
Archie, G.E. 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics: Petroleum Technology, 5, 1422 – 1430.

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

Thunehed, 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 lydbølger 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-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 lydpulser (23 kHz) genereres i senderenheten (TX1) av et piezo-elektrisk keramisk element. Bølgene brer seg gjennom borehullsvannet, og ved borehullsvæggen brytes disse kritisk og går videre i bergarten langs væggen i borehullet. Energien spres tilbake til to mottagere som er montert 91,4 og 112,8 cm fra senderen. Med dette oppsettet kan lydhastigheten langs borehullsvæggen bestemmes, uavhengig av hastigheten i borehullsvæskens. 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 bølgetoget 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.

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

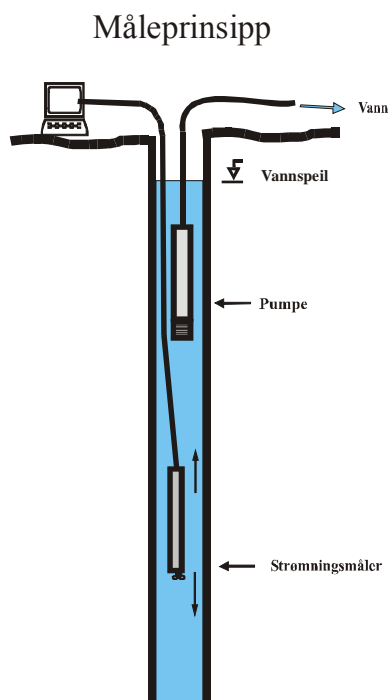
Tabell 1: P-bølgehastighet i noen geologiske materialer. Data er hentet fra norske erfaringer (NGU og Geomap). Oppsprekning av bergarten og leiromvandling vil kunne redusere hastighetene betydelig.

METODEBESKRIVELSE FOR STRØMNINGSMÅLING I BOREHULL

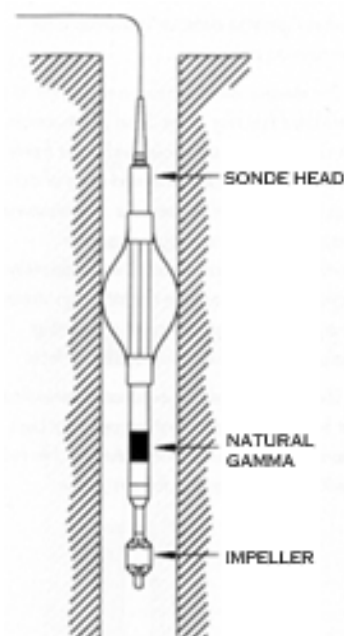
Strømningsmåling i borehull brukes til å kartlegge vertikal vannstrøm i borebrønner og variasjoner av denne vannstrømmen. Ut fra den kartlagte vannstrømmen kan en bestemme hvor i borehullet vann strømmer inn. Dette er viktige grunnlagsdata for forundersøkelser for tunneldrift, grunnvannsbrønner og grunnvarmebrønner.

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 strømning 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.



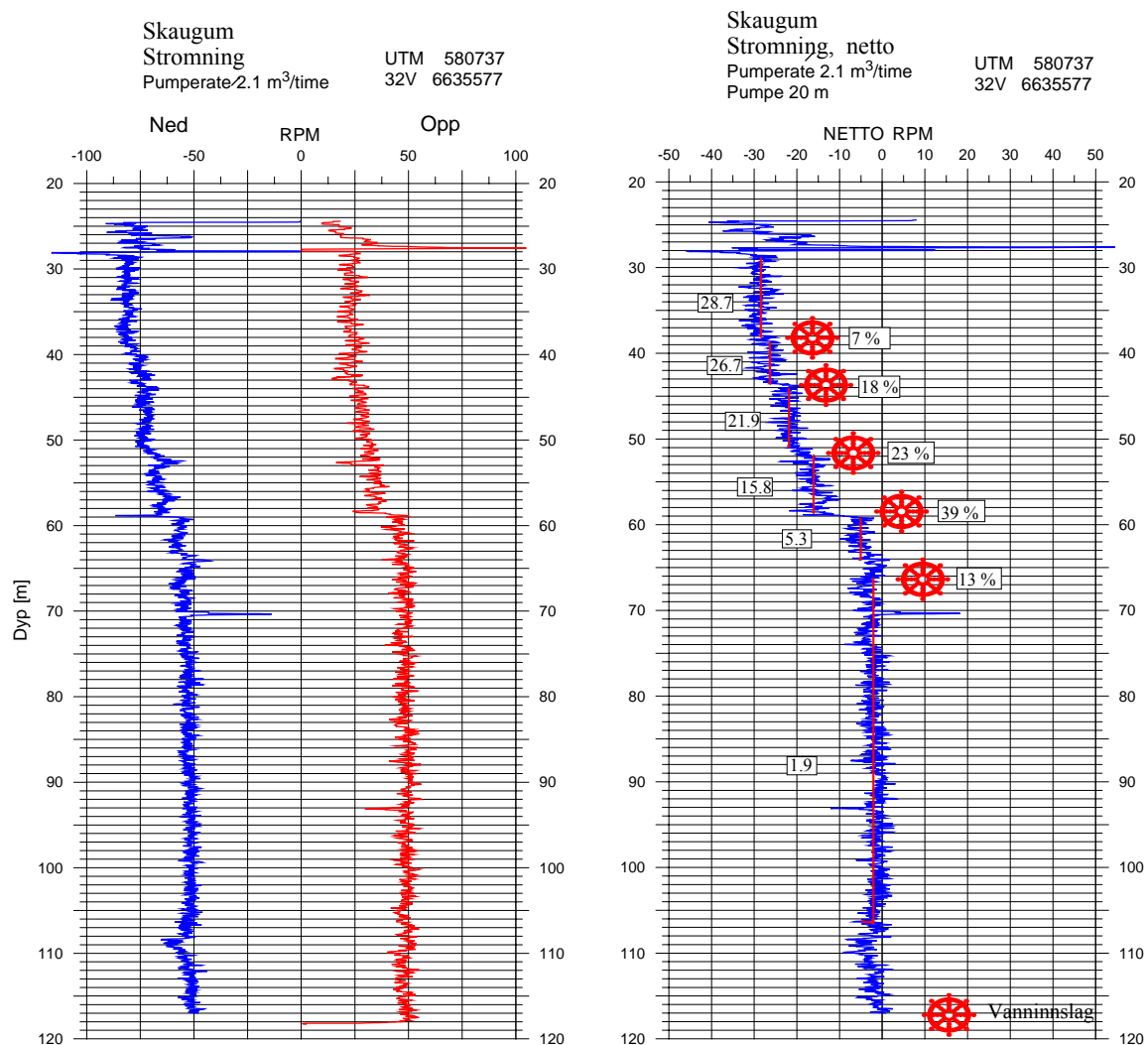
Figur 1. Måleprinsipp for strømningsmåling i borehull. Pumpen er plassert øverst i borehullet og pumper med en konstant vannmengde tilnærmet brønnens kapasitet. Strømningsmåleren kjøres opp og ned i borehullet. Den kan også stå i ro på bestemte dyp. I begge tilfeller registreres propellens turtall.



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 strømming noe som oppnås enten ved at brønnen er artesisk, eller ved at målingene kombineres med pumping av borehullet.

Resultatene presenteres som rotasjonstall (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 rotasjonstall som avspeiler vannstrømmen. Endringer i rpm betyr endringer i strømningshastigheten og dermed vanninnstrømming i borehullet. Ved stasjonær måling får en netto rpm direkte. Figur 3 viser eksempel på strømningslogg ned og opp samt netto strømming (dynamisk måling).



Figur 3. Eksempel på strømningslogg fra borehull, dynamisk måling. Registrert RPM ned og opp er vist til venstre, mens netto RPM er vist til høyre. Ut fra variasjoner i rotasjonstall kan vanninnslag ved forskjellig dyp kvantifiseres.

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 vannstrømming.

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: BEDDING

K = 2: FRACTURE

borehole KB3 Krokfaret

zone from 1.431 to 39.229 m

North ref is magnetic

Dip format: Strike and Dip

	Depth	Azimuth	Strike	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth	Dev	Thickness	
1	32.755	N072	N342	67.2	0.968	5	B	2	32.622	32.889	0.140	205.81	7.00	0.0355	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
2	32.666	N075	N345	66.1	0.965	5	B	2	32.536	32.796	0.140	206.60	6.60	0.0000	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
3	29.994	N048	N318	18.5	0.977	4	A	2	29.976	30.012	0.140	201.04	5.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
4	25.057	N328	N238	50.5	0.995	5	A	2	24.972	25.141	0.140	230.76	2.00	0.0289	Vein Irregular Mineralized Calcite-vein
5	25.009	N317	N227	55.7	0.945	4	C	2	24.905	25.113	0.140	235.00	2.00	0.0000	Vein Irregular Mineralized Calcite-vein
6	24.651	N101	N011	49.7	0.972	4	B	2	24.573	24.728	0.140	252.72	2.00	0.0000	Fracture Irregular Mineralized Hairline-fracture
7	24.304	N338	N248	42.6	1.000	3	A	2	24.237	24.371	0.140	280.96	2.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
8	24.158	N354	N264	40.7	1.000	3	A	2	24.096	24.220	0.140	294.69	2.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
9	22.120	N200	N110	21.9	0.980	4	A	2	22.094	22.146	0.140	316.48	4.00	0.0950	Fracture Crushed Weathered Fracture-zone
10	22.020	N196	N106	14.8	0.931	4	C	2	22.003	22.036	0.140	318.24	4.00	0.0000	Fracture Crushed Weathered Fracture-zone
11	19.753	N228	N138	66.6	0.963	5	B	2	19.598	19.907	0.140	337.74	3.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
12	18.980	N225	N135	17.5	1.000	3	A	2	18.960	19.000	0.140	348.35	3.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
13	18.078	N133	N043	60.1	0.974	4	A	2	17.972	18.183	0.140	337.45	4.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
14	17.589	N158	N068	14.5	0.971	4	B	2	17.575	17.604	0.140	340.32	3.00	0.1157	Fracture Crushed Weathered Fracture-zone
15	17.468	N155	N065	20.8	1.000	3	A	2	17.445	17.491	0.140	344.12	2.56	0.0000	Fracture Crushed Weathered Fracture-zone
16	15.520	N132	N042	72.0	0.981	5	A	2	15.341	15.699	0.140	344.47	4.00	0.0194	Vein Planar Clayey Calcite-vein
17	15.455	N136	N046	73.1	0.961	6	B	2	15.274	15.636	0.140	343.18	4.82	0.0000	Vein Planar Clayey Calcite-vein
18	10.607	N133	N043	70.0	0.978	4	A	2	10.439	10.776	0.140	342.77	3.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
19	10.515	N136	N046	44.6	0.944	4	C	2	10.452	10.578	0.140	346.62	3.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
20	10.289	N135	N045	49.2	0.991	4	A	0	10.218	10.361	0.140	339.26	4.00	1.1524	Intrusion Planar Bedding
21	10.033	N038	N308	54.7	0.954	4	B	2	9.924	10.141	0.140	344.07	4.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
22	8.657	N122	N032	41.3	0.934	6	C	0	8.601	8.714	0.140	340.46	3.00	0.0000	Intrusion Planar Bedding
23	8.555	N146	N056	36.8	0.963	4	B	2	8.508	8.602	0.140	346.14	3.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
24	8.122	N135	N045	39.6	1.000	3	A	2	8.071	8.174	0.140	351.05	4.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
25	7.652	N137	N047	60.6	0.991	4	A	2	7.544	7.760	0.140	342.63	4.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
26	7.489	N137	N047	45.6	1.000	3	A	2	7.424	7.554	0.140	342.71	3.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
27	7.375	N143	N053	38.8	0.944	4	C	2	7.325	7.426	0.140	339.68	3.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
28	7.180	N136	N046	31.4	1.000	3	A	2	7.141	7.219	0.140	347.66	2.67	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
29	6.979	N133	N043	56.1	1.000	3	A	2	6.884	7.073	0.140	342.35	3.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
30	4.416	N142	N052	53.5	0.967	5	B	2	4.326	4.505	0.140	346.19	1.61	0.0000	Fracture Planar Mineralized
31	4.397	N143	N053	55.5	0.958	5	B	2	4.301	4.492	0.140	353.73	1.99	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: BEDDING

K = 2: FRACTURE

borehole kb4

zone from 1.431 to 45.107 m

North ref is magnetic

Dip format: Strike and Dip

	Depth	Azimuth	Strike	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well Deviation Dev	Thickness	
1	40.445	N348	N258	78.6	1.000	3	A	2	40.390	40.501	0.140	166.00	40.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
2	39.454	N020	N290	52.3	1.000	3	A	2	39.419	39.489	0.140	167.31	39.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
3	38.513	N017	N287	69.8	0.979	4	A	2	38.457	38.568	0.140	168.00	39.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
4	37.207	N336	N246	57.9	1.000	3	A	2	37.180	37.234	0.140	168.55	39.00	0.0353	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
5	37.144	N336	N246	53.7	1.000	3	A	2	37.123	37.166	0.140	168.00	39.03	0.0000	Vein Planar Mineralized Calcite-vein
6	35.832	N331	N241	52.5	1.000	3	A	2	35.809	35.856	0.140	167.27	38.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
7	35.784	N332	N242	49.7	1.000	3	A	2	35.764	35.804	0.140	168.00	38.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
8	35.658	N328	N238	50.3	1.000	3	A	2	35.635	35.682	0.140	168.00	38.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
9	35.533	N054	N324	66.8	0.990	4	A	2	35.426	35.641	0.140	168.75	38.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
10	32.764	N329	N239	59.5	1.000	3	A	2	32.731	32.797	0.140	166.00	37.35	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
11	31.984	N333	N243	60.5	1.000	3	A	2	31.951	32.018	0.140	167.00	37.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
12	29.972	N329	N239	58.6	1.000	3	A	2	29.938	30.006	0.140	164.49	35.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
13	28.395	N332	N242	57.6	0.988	4	A	2	28.360	28.430	0.140	166.02	33.00	0.0101	Vein Planar Mineralized
14	28.376	N332	N242	59.2	1.000	3	A	2	28.339	28.413	0.140	166.40	33.00	0.0000	Vein Planar Mineralized
15	27.805	N017	N287	67.9	1.000	3	A	2	27.742	27.868	0.140	166.82	32.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
16	26.769	N295	N205	68.1	0.922	4	C	2	26.677	26.862	0.140	167.47	30.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
17	26.568	N293	N203	66.8	0.986	4	A	2	26.478	26.658	0.140	167.00	30.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
18	25.372	N286	N196	58.2	1.000	3	A	2	25.294	25.450	0.140	165.48	28.52	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
19	25.119	N337	N247	59.8	1.000	3	A	2	25.075	25.164	0.140	166.00	28.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
20	24.896	N283	N193	40.1	1.000	3	A	2	24.848	24.944	0.140	164.00	27.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
21	23.605	N306	N216	32.4	1.000	3	A	2	23.580	23.629	0.140	163.83	25.17	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
22	22.738	N272	N182	50.1	0.965	4	B	2	22.661	22.816	0.140	166.00	24.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
23	21.893	N026	N296	44.6	1.000	3	A	2	21.852	21.935	0.140	165.00	23.00	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
24	19.365	N327	N237	51.7	1.000	3	A	2	19.317	19.413	0.140	164.37	18.37	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
25	18.450	N333	N243	47.9	1.000	3	A	2	18.407	18.492	0.140	164.00	17.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
26	15.794	N329	N239	48.8	1.000	3	A	2	15.741	15.848	0.140	165.00	12.00	0.0000	Fracture Planar Fresh Hairline-fracture
27	13.352	N255	N165	30.8	1.000	3	A	2	13.308	13.396	0.140	168.63	8.12	0.0000	Fracture Planar Mineralized
28	13.279	N320	N230	45.1	1.000	3	A	2	13.224	13.335	0.140	168.00	8.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized
29	11.562	N331	N241	44.1	1.000	3	A	2	11.504	11.619	0.140	175.44	5.31	0.0000	Fracture Planar Mineralized
30	10.379	N150	N060	26.7	0.996	4	A	2	10.338	10.420	0.140	173.39	4.00	0.0985	Vein Planar Weathered Grout-filled
31	10.269	N128	N038	26.6	1.000	3	A	2	10.229	10.308	0.140	176.63	4.00	0.0000	Vein Planar Weathered Grout-filled
32	8.188	N324	N234	43.5	1.000	3	A	2	8.122	8.253	0.140	226.03	3.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
33	7.953	N328	N238	60.0	0.939	4	C	2	7.836	8.070	0.140	219.14	3.00	0.0000	Fracture Planar Weathered Hairline-fracture
34	7.791	N327	N237	52.6	0.987	4	A	2	7.701	7.880	0.140	221.78	3.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: BEDDING
K = 2: FRACTURE

borehole Kb5
zone from 1.431 to 45.252 m
North ref is magnetic
Dip format: Strike and Dip

	Depth	Azimuth	Strike	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well Deviation Dev	Thickness	
1	20.154	N262	N172	30.9	0.992	4	A	2	20.102	20.205	0.140	203.15	9.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
2	19.353	N307	N217	38.6	0.988	4	A	2	19.299	19.406	0.140	204.60	8.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
3	16.146	N343	N253	37.2	1.000	3	A	2	16.101	16.191	0.140	211.00	7.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
4	15.926	N336	N246	44.8	1.000	3	A	2	15.864	15.988	0.140	210.60	6.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
5	15.823	N017	N287	26.5	1.000	3	A	2	15.797	15.849	0.140	207.00	6.00	0.0000	Fracture Planar Weathered Hairline-fracture
6	15.723	N346	N256	30.8	1.000	3	A	2	15.687	15.759	0.140	204.93	5.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture
7	15.551	N336	N246	32.6	0.984	4	A	2	15.511	15.591	0.140	205.10	5.00	0.0000	Fracture Planar Weathered Hairline-fracture
8	15.386	N302	N212	33.5	1.000	3	A	0	15.340	15.432	0.140	205.79	5.00	0.8896	Vein Planar Mineralized Bedding
9	14.309	N309	N219	35.3	0.963	4	B	0	14.258	14.360	0.140	224.00	5.00	0.0000	Vein Planar Mineralized Bedding
10	13.466	N302	N212	42.9	1.000	3	A	2	13.397	13.536	0.140	228.59	5.59	0.0000	Fracture Planar Mineralized
11	12.438	N358	N268	2.2	1.000	3	A	2	12.434	12.441	0.140	220.34	4.17	0.0000	Fracture Irregular Fresh Hairline-fracture
12	11.932	N031	N301	79.8	0.992	4	A	2	11.660	12.218	0.140	237.00	4.00	0.0000	Fracture Discontinuous Fresh Hairline-fracture
13	10.409	N340	N250	28.4	0.986	4	A	2	10.372	10.447	0.140	244.32	3.00	0.0000	Fracture Planar Mineralized Hairline-fracture

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole Kb3 Krokfaret
zone from 3.000 to 33.000 m
North ref is magnetic
04 Jan 2006

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 1.8°deg to N304.6°

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	316.6°	38.1°	25.4°	47°	53°	14	0.76
2	4.2°	71.6°	14.9°	97°	16°	5	0.18
3	152.6°	44.7°	20.9°	243°	47°	4	0.20
4	246.8°	47.9°	27.7°	339°	50°	5	0.26

Total number of data = 28
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	Str	Dip	n	f
1	2.8	344.2	3.90	11.29	12	48	48	11	2.14	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	308	55	1	0.24
2	3.5	344.9	11.29	19.91	7	44	68	3	0.84	88	15	3	0.36	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	2.5	310.0	19.91	25.45	7	0	0	0	0.00	108	18	2	0.38	243	47	4	1.10	11	50	1	0.27
4	4.3	212.8	25.45	33.25	3	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	340	51	3	0.57

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole kb4
zone from 7.000 to 40.000 m
North ref is magnetic
04 Jan 2006

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 24.1°deg to N166.9°

4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	157.1°	30.1°	22.8°	241°	54°	20	0.70
2	97.7°	43.0°	26.6°	196°	49°	7	0.28
3	215.2°	28.4°	18.8°	297°	60°	5	0.20
4	321.3°	63.8°	11.8°	49°	26°	2	0.09

Total number of data = 34
Number of data unaccounted for = 0

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	4.4	182.5	7.29	13.45	8	236	49	5	1.16	165	31	1	0.19	0	0	0	0.00	49	26	2	0.37
2	15.3	164.7	13.45	21.45	3	240	49	3	0.46	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	28.8	165.7	21.45	30.07	12	243	59	4	0.54	199	52	6	0.93	291	56	2	0.28	0	0	0	0.00
4	38.1	167.3	30.07	40.94	11	244	58	8	0.79	0	0	0	0.00	301	62	3	0.36	0	0	0	0.00

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole Kb5
 zone from 9.000 to 20.000 m
 North ref is magnetic
 04 Jan 2006

Data is classed into 1 types
 5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 5.8°deg to N216.3°

2 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	140.2°	68.8°	34.3°	237°	28°	10	1.04
2	210.3°	10.2°	3.4°	301°	80°	1	0.34

Total number of data = 11
 Number of data unaccounted for = 0

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	4.8	223.2	9.91	16.84	9	248	29	8	1.30	301	80	1	0.56	0	0	0	0.00
2	7.8	208.6	16.84	20.64	2	197	33	2	0.64	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00

Borehole: Kb1
 Depth range: 1.450 - 35.896m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 15.50 to N78.04
 End deviation components
 North: 1.706
 East : 8.199
 Down : 30.115
 Azimuth of end: N78.24
 Distance start-end: 8.375m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
1.496	0.000	0.000	0.000	326.00	30.00
2.496	0.475	-0.145	0.866	354.00	30.00
3.496	0.859	-0.037	1.728	140.00	30.00
4.496	1.131	-0.027	2.591	39.00	31.00
5.496	1.590	0.063	3.453	355.00	31.00
6.496	1.706	0.052	4.319	294.00	30.00
7.496	2.179	-0.074	5.178	334.00	31.00
8.496	2.051	-0.426	6.036	331.00	31.00
9.496	2.204	-0.165	6.893	66.00	31.00
10.496	2.499	-0.319	7.751	202.00	31.00
11.496	2.819	-0.536	8.608	41.00	31.00
12.496	3.289	-0.399	9.466	31.00	31.00
13.496	3.460	-0.466	10.323	129.00	31.00
14.496	3.814	-0.660	11.180	7.00	31.00
15.496	4.189	-0.707	12.033	36.00	33.00
16.496	4.240	-0.201	12.879	99.00	32.00
17.496	4.119	0.311	13.729	101.00	32.00
18.496	3.964	0.809	14.582	110.00	32.00
19.496	3.795	1.302	15.435	109.00	31.00
20.496	3.628	1.785	16.295	109.00	30.00
21.496	3.469	2.262	17.159	109.00	30.00
22.496	3.298	2.740	18.021	111.00	30.00
23.496	3.119	3.221	18.879	108.00	31.00
24.496	2.959	3.696	19.744	109.00	30.00
25.496	2.784	4.161	20.612	110.00	30.00
26.496	2.621	4.615	21.488	110.00	28.00
27.496	2.479	5.053	22.375	107.00	27.00
28.496	2.348	5.482	23.269	108.00	26.00
29.496	2.229	5.899	24.170	107.00	26.00
30.496	2.124	6.298	25.081	104.00	24.00
31.496	2.028	6.685	25.998	104.00	23.00
32.496	1.932	7.055	26.922	102.00	21.00
33.496	1.856	7.407	27.855	102.00	21.00
34.496	1.792	7.746	28.793	100.00	20.00
35.496	1.729	8.073	29.736	101.00	19.00

Borehole: KB2
 Depth range: 1.450 - 37.196m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 15.30 to N144.33
 End deviation components
 North: -7.286
 East : 5.251
 Down : 32.850
 Azimuth of end: N144.22
 Distance start-end: 8.981m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
1.496	0.000	0.000	0.000	195.00	27.00
2.496	-0.297	-0.269	0.883	306.00	28.00
3.496	0.160	-0.322	1.766	354.00	28.00
4.496	0.624	-0.331	2.649	29.00	28.00
5.496	0.590	-0.708	3.532	324.00	28.00
6.496	1.045	-0.747	4.416	333.00	28.00
7.496	1.496	-0.715	5.304	349.00	27.00
8.496	1.384	-0.374	6.175	143.00	29.00
9.496	0.982	-0.104	7.050	149.00	29.00
10.496	0.582	0.135	7.935	149.00	27.00
11.496	0.191	0.373	8.823	148.00	29.00
12.496	-0.208	0.618	9.707	149.00	26.00
13.496	-0.596	0.856	10.598	149.00	27.00
14.496	-0.965	1.086	11.498	148.00	25.00
15.496	-1.334	1.324	12.397	147.00	26.00
16.496	-1.702	1.550	13.298	147.00	24.00
17.496	-2.063	1.773	14.204	147.00	25.00
18.496	-2.409	1.995	15.115	148.00	24.00
19.496	-2.756	2.204	16.030	149.00	24.00
20.496	-3.072	2.415	16.954	145.00	22.00
21.496	-3.372	2.614	17.887	147.00	21.00
22.496	-3.673	2.827	18.817	146.00	22.00
23.496	-3.970	3.021	19.752	149.00	20.00
24.496	-4.260	3.209	20.690	148.00	20.00
25.496	-4.533	3.387	21.635	148.00	19.00
26.496	-4.802	3.563	22.582	146.00	19.00
27.496	-5.054	3.734	23.534	144.00	18.00
28.496	-5.299	3.903	24.489	148.00	17.00
29.496	-5.533	4.062	25.448	145.00	17.00
30.496	-5.784	4.239	26.400	145.00	17.00
31.496	-6.028	4.399	27.356	145.00	16.00
32.496	-6.258	4.549	28.318	148.00	16.00
33.496	-6.482	4.700	29.281	144.00	16.00
34.496	-6.701	4.860	30.243	144.00	15.00
35.496	-6.918	5.010	31.207	147.00	16.00
36.496	-7.137	5.153	32.173	147.00	15.00

Borehole: Kb3 Krokfaret
 Depth range: 1.446 - 39.196m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 1.78 to N259.30
 End deviation components
 North: -0.222
 East : -1.152
 Down : 37.631
 Azimuth of end: N259.09
 Distance start-end: 1.173m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
1.446	0.000	0.000	0.000	231.00	1.00
2.446	-0.014	-0.010	1.000	219.00	1.00
3.446	-0.028	-0.019	2.000	199.00	1.00
4.446	-0.016	-0.014	2.999	334.00	1.00
5.446	0.011	-0.028	3.999	342.00	2.00
6.446	0.047	-0.041	4.998	345.00	2.00
7.446	0.093	-0.056	5.997	341.00	3.00
8.446	0.152	-0.069	6.995	346.00	4.00
9.446	0.204	-0.084	7.994	351.00	4.00
10.446	0.269	-0.101	8.991	346.00	4.00
11.446	0.331	-0.114	9.989	351.00	4.00
12.446	0.388	-0.122	10.988	350.00	3.00
13.446	0.444	-0.131	11.986	353.00	3.00
14.446	0.502	-0.137	12.984	351.00	3.00
15.446	0.563	-0.161	13.982	343.00	5.00
16.446	0.629	-0.179	14.929	1.00	3.00
17.446	0.681	-0.197	15.928	331.00	3.00
18.446	0.736	-0.218	16.926	335.00	5.00
19.446	0.796	-0.238	17.924	342.00	3.00
20.446	0.856	-0.264	18.922	332.00	4.00
21.446	0.918	-0.296	19.919	325.00	4.00
22.446	0.964	-0.337	20.917	307.00	3.00
23.446	0.989	-0.379	21.916	293.00	2.00
24.446	1.000	-0.412	22.915	287.00	2.00
25.446	0.981	-0.433	23.915	211.00	2.00
26.446	0.960	-0.463	24.914	244.00	2.00
27.446	0.940	-0.495	25.913	240.00	3.00
28.446	0.888	-0.535	26.911	207.00	4.00
29.446	0.827	-0.569	27.909	217.00	4.00
30.446	0.757	-0.605	28.906	208.00	5.00
31.446	0.676	-0.655	29.901	207.00	6.00
32.446	0.576	-0.710	30.894	207.00	7.00
33.446	0.466	-0.760	31.887	199.00	7.00
34.446	0.359	-0.788	32.881	201.00	7.00
35.446	0.233	-0.843	33.871	205.00	8.00
36.446	0.112	-0.915	34.861	210.00	9.00
37.446	-0.013	-0.994	35.850	214.00	9.00
38.446	-0.135	-1.082	36.839	216.00	8.00

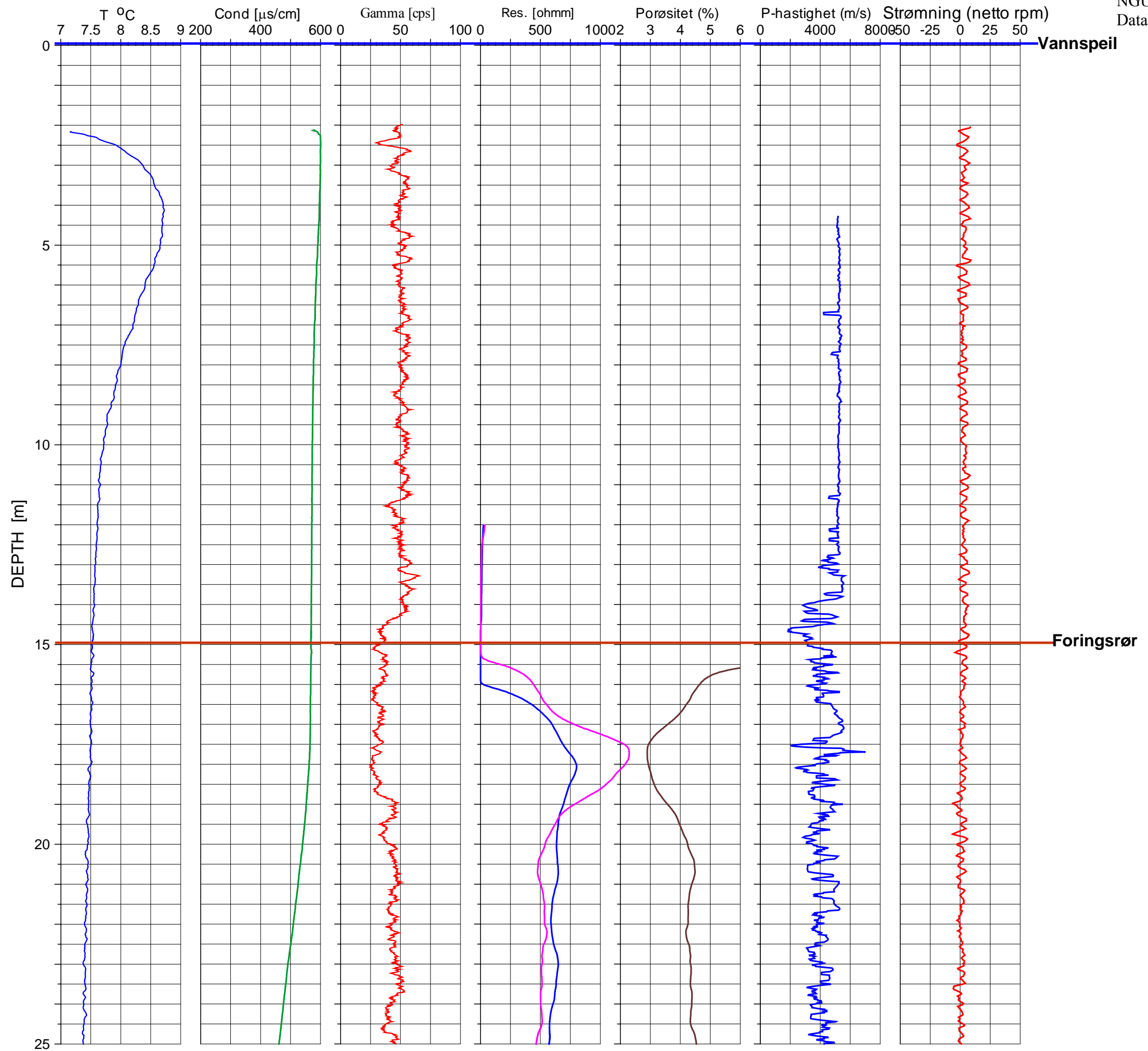
Borehole: Kb4
 Depth range: 1.450 - 45.096m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 22.13 to N166.75
 End deviation components
 North: -15.452
 East : 3.640
 Down : 38.938
 Azimuth of end: N166.74
 Distance start-end: 15.875m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
1.496	0.000	0.000	0.000	321.00	4.00
2.496	0.043	-0.027	0.998	60.00	3.00
3.496	0.091	-0.023	1.997	25.00	3.00
4.496	0.117	0.010	2.995	115.00	3.00
5.496	0.101	-0.023	3.994	302.00	3.00
6.496	0.142	-0.046	4.992	299.00	4.00
7.496	0.127	-0.097	5.990	235.00	3.00
8.496	0.092	-0.130	6.989	210.00	2.00
9.496	0.045	-0.151	7.988	186.00	4.00
10.496	-0.019	-0.153	8.986	173.00	5.00
11.496	-0.107	-0.150	9.982	175.00	5.00
12.496	-0.216	-0.133	10.976	170.00	7.00
13.496	-0.349	-0.105	11.966	164.00	9.00
14.496	-0.512	-0.059	12.952	164.00	11.00
15.496	-0.698	-0.009	13.933	166.00	12.00
16.496	-0.910	0.049	14.908	163.00	14.00
17.496	-1.155	0.122	15.875	164.00	15.00
18.496	-1.424	0.201	16.835	164.00	17.00
19.496	-1.724	0.282	17.785	165.00	19.00
20.496	-2.048	0.367	18.728	167.00	21.00
21.496	-2.395	0.455	19.661	165.00	22.00
22.496	-2.768	0.552	20.584	166.00	23.00
23.496	-3.168	0.659	21.494	164.00	25.00
24.496	-3.590	0.785	22.392	164.00	27.00
25.496	-4.039	0.906	23.277	165.00	29.00
26.496	-4.515	1.018	24.149	167.00	30.00
27.496	-5.012	1.137	25.009	166.00	32.00
28.496	-5.532	1.260	25.854	166.00	33.00
29.496	-6.073	1.394	26.684	166.00	35.00
30.496	-6.627	1.539	27.504	166.00	35.00
31.496	-7.199	1.682	28.312	166.00	37.00
32.496	-7.786	1.821	29.109	166.00	38.00
33.496	-8.375	1.962	29.905	167.00	38.00
34.496	-8.975	2.101	30.693	167.00	38.00
35.496	-9.579	2.227	31.480	168.00	38.00
36.496	-10.182	2.354	32.267	167.00	38.00
37.496	-10.794	2.482	33.047	168.00	39.00
38.496	-11.409	2.613	33.825	168.00	39.00
39.496	-12.033	2.744	34.595	169.00	39.00
40.496	-12.653	2.887	35.367	166.00	40.00
41.496	-13.267	3.037	36.142	165.00	39.00
42.496	-13.877	3.194	36.918	165.00	39.00
43.496	-14.483	3.363	37.695	164.00	39.00
44.496	-15.087	3.535	38.473	165.00	39.00

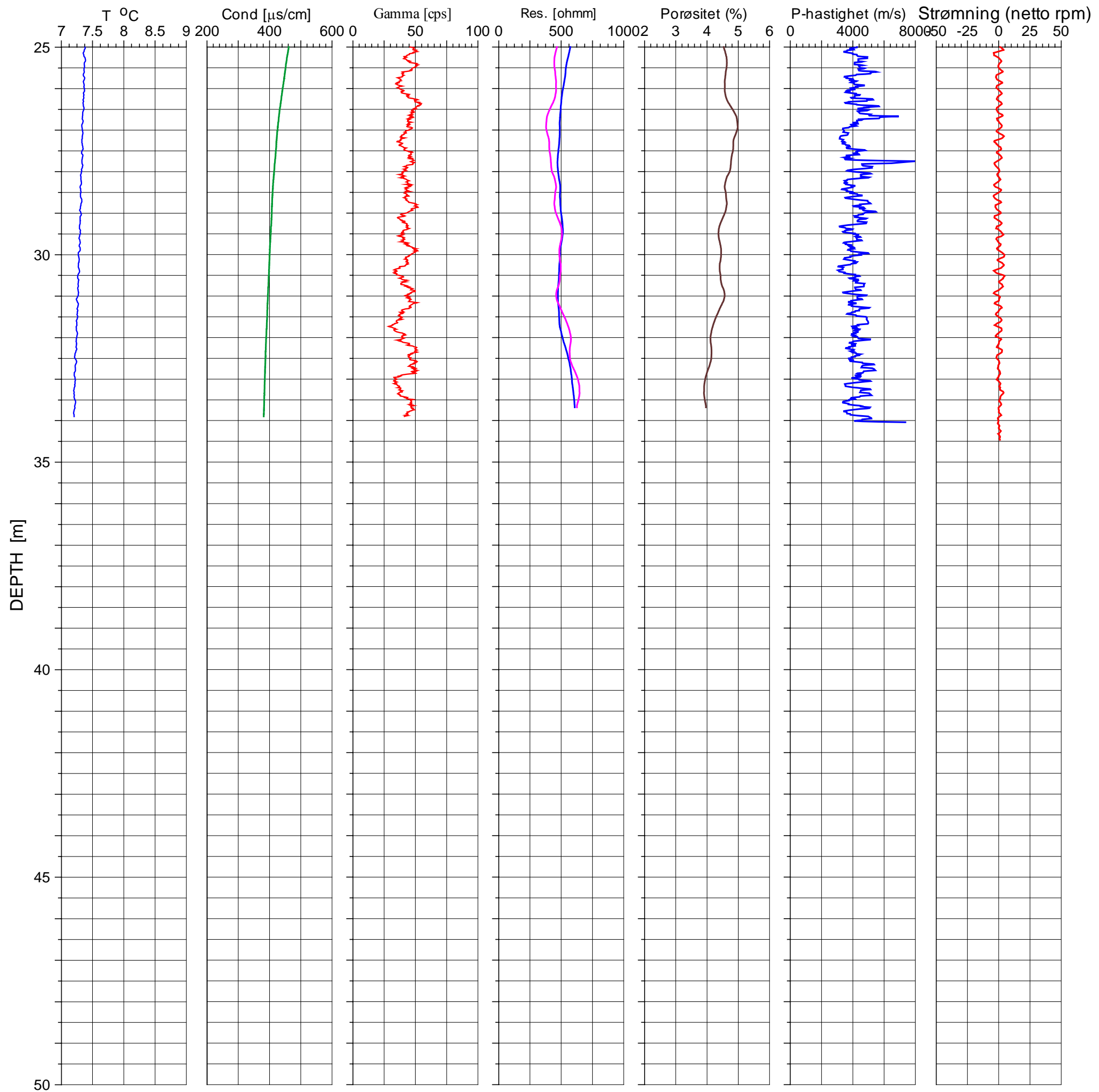
Borehole: Kb5
 Depth range: 1.450 - 45.246m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 5.92 to N207.45
 End deviation components
 North: -3.998
 East : -2.078
 Down : 43.428
 Azimuth of end: N207.47
 Distance start-end: 4.506m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
1.496	0.000	0.000	0.000	339.00	2.00
2.496	0.001	-0.013	1.000	347.00	1.00
3.496	0.006	-0.014	2.000	251.00	2.00
4.496	-0.004	-0.028	2.999	194.00	2.00
5.496	0.001	-0.055	3.999	322.00	2.00
6.496	0.022	-0.072	4.998	61.00	2.00
7.496	0.027	-0.077	5.997	282.00	2.00
8.496	0.048	-0.059	6.996	11.00	2.00
9.496	0.051	-0.102	7.995	259.00	3.00
10.496	0.038	-0.154	8.994	244.00	3.00
11.496	0.009	-0.208	9.992	227.00	4.00
12.496	-0.038	-0.260	10.989	219.00	4.00
13.496	-0.095	-0.323	11.986	228.00	5.00
14.496	-0.168	-0.389	12.981	220.00	6.00
15.496	-0.240	-0.441	13.977	203.00	5.00
16.496	-0.337	-0.496	14.970	210.00	8.00
17.496	-0.446	-0.559	15.962	208.00	7.00
18.496	-0.553	-0.625	16.954	209.00	9.00
19.496	-0.674	-0.690	17.945	206.00	7.00
20.496	-0.811	-0.756	18.933	204.00	9.00
21.496	-0.954	-0.815	19.921	197.00	9.00
22.496	-1.111	-0.866	20.907	204.00	9.00
23.496	-1.250	-0.930	21.895	207.00	8.00
24.496	-1.395	-0.982	22.883	200.00	9.00
25.496	-1.538	-1.036	23.872	199.00	9.00
26.496	-1.693	-1.078	24.859	193.00	10.00
27.496	-1.843	-1.113	25.847	196.00	9.00
28.496	-2.003	-1.160	26.832	198.00	11.00
29.496	-2.159	-1.204	27.819	189.00	9.00
30.496	-2.306	-1.231	28.808	191.00	8.00
31.496	-2.447	-1.274	29.797	203.00	9.00
32.496	-2.585	-1.326	30.786	201.00	8.00
33.496	-2.713	-1.381	31.776	203.00	8.00
34.496	-2.848	-1.431	32.766	201.00	8.00
35.496	-2.982	-1.473	33.756	193.00	9.00
36.496	-3.128	-1.513	34.744	200.00	9.00
37.496	-3.268	-1.561	35.733	201.00	8.00
38.496	-3.393	-1.625	36.723	205.00	8.00
39.496	-3.516	-1.683	37.714	202.00	8.00
40.496	-3.627	-1.743	38.706	210.00	7.00
41.496	-3.719	-1.806	39.699	217.00	6.00
42.496	-3.812	-1.880	40.692	224.00	7.00
43.496	-3.892	-1.957	41.686	232.00	6.00
44.496	-3.953	-2.027	42.681	223.00	5.00

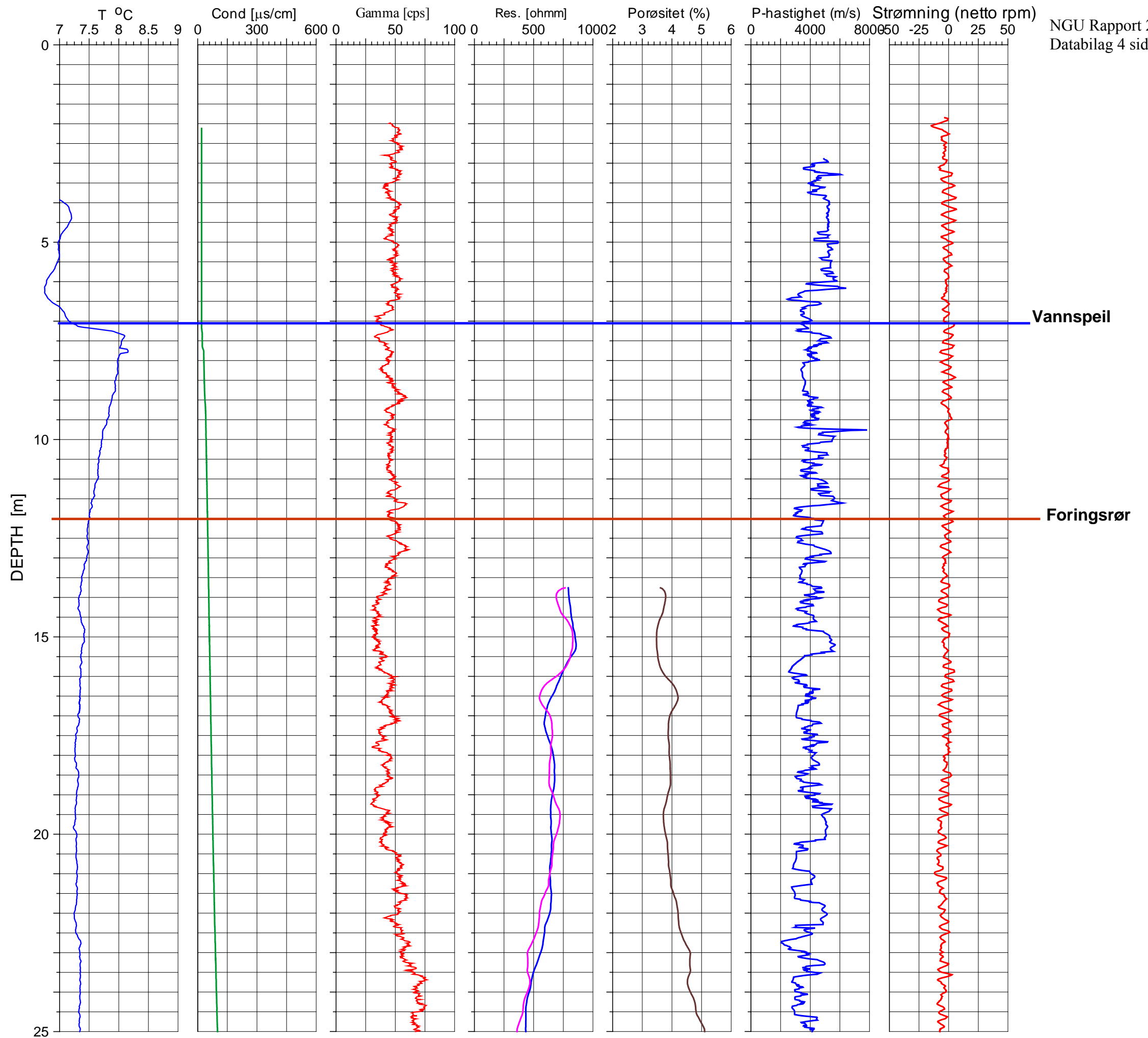
Kb1, Storengveien



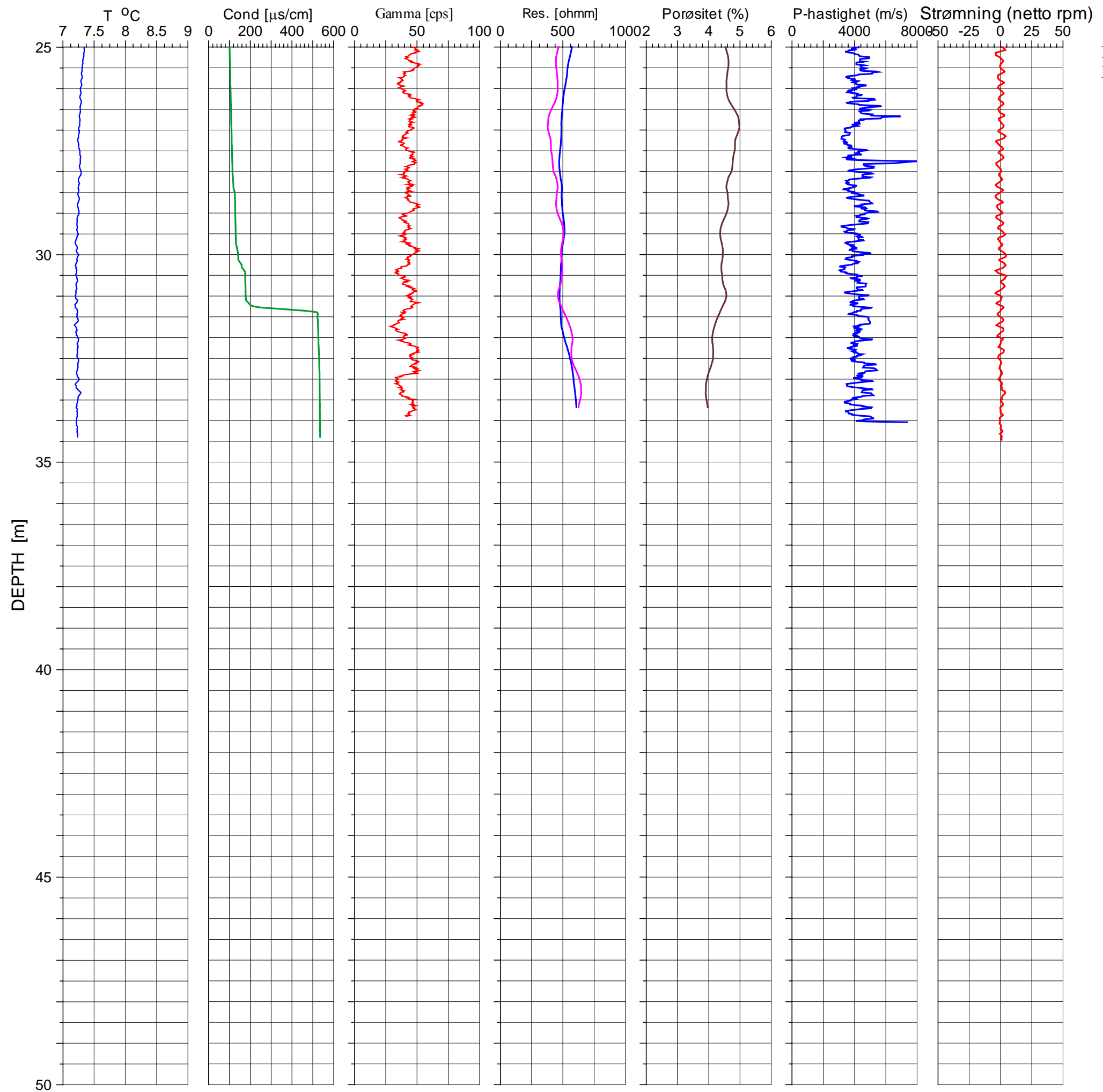
Kb1 Storengveien



Kb2, Storengveien

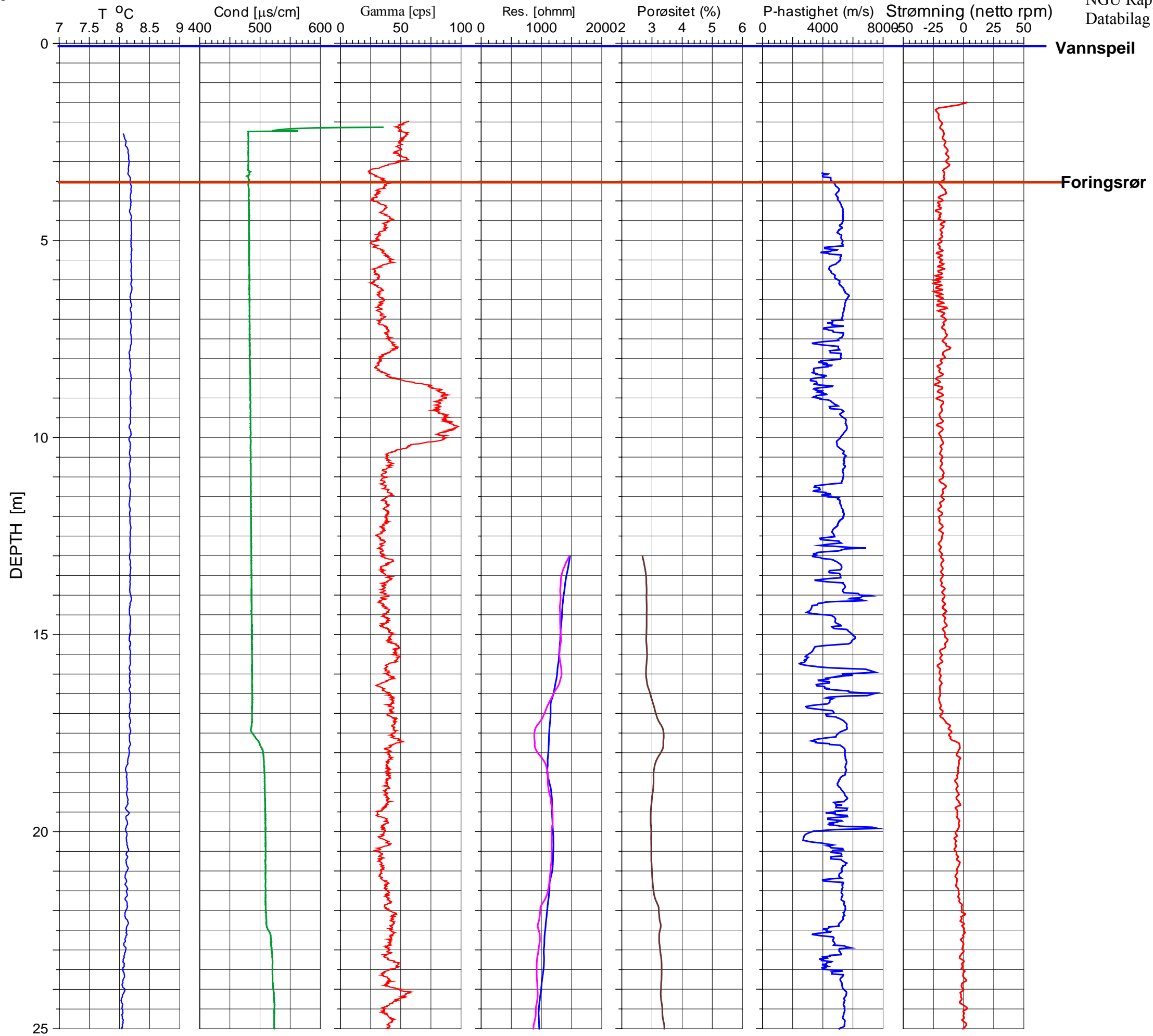
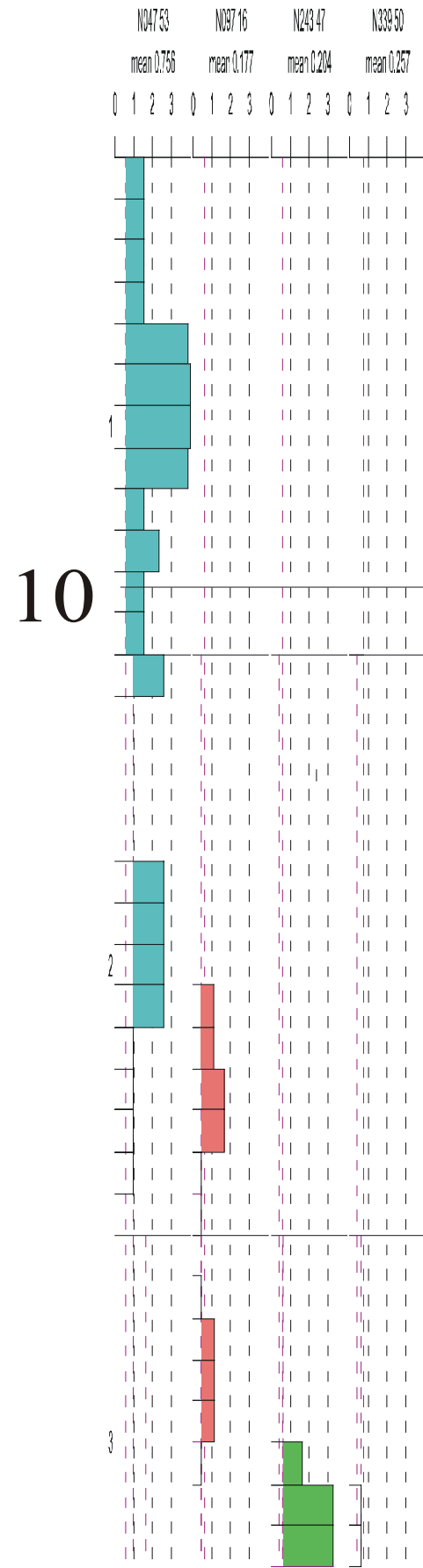


Kb2 Storengveien

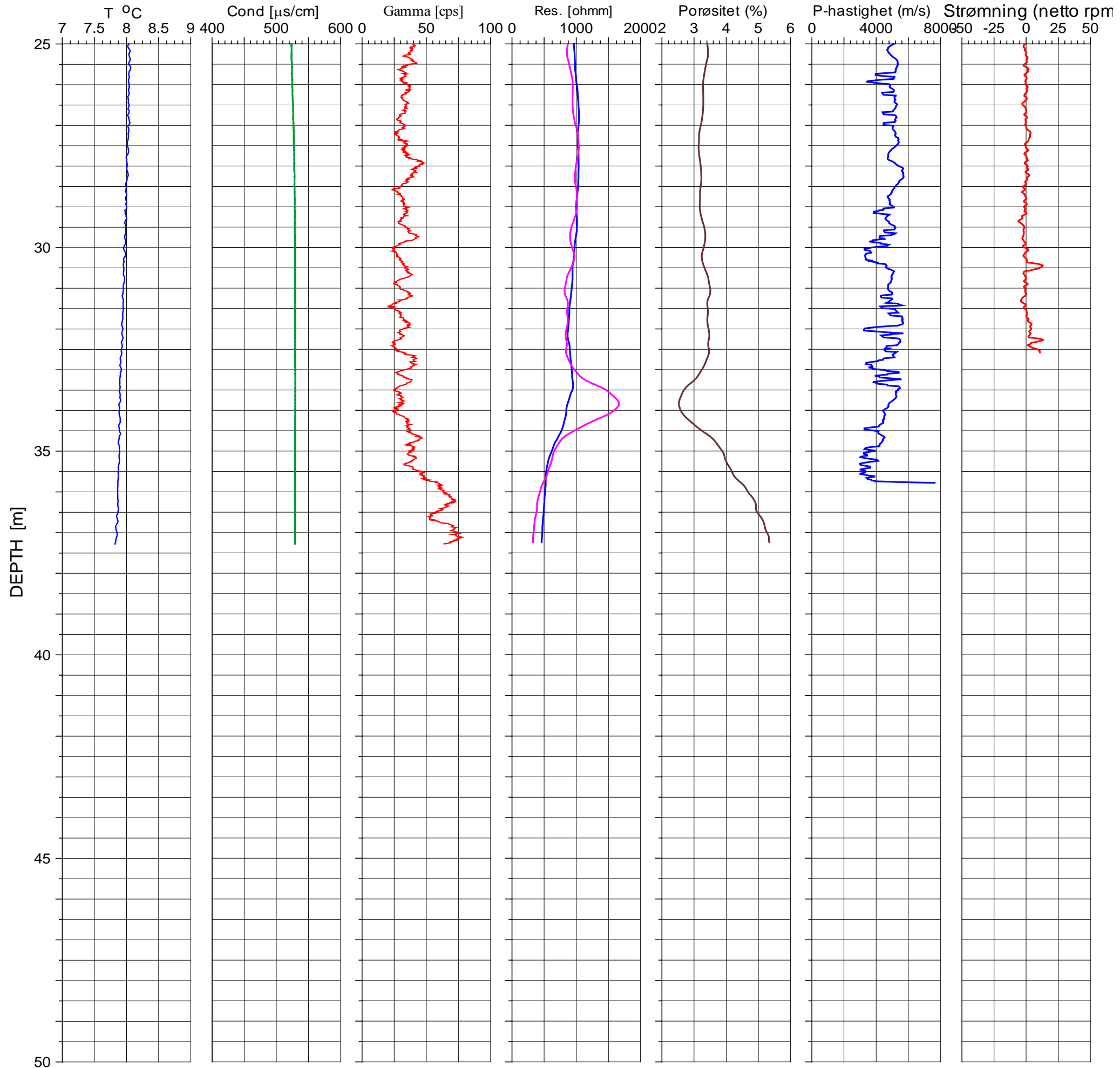
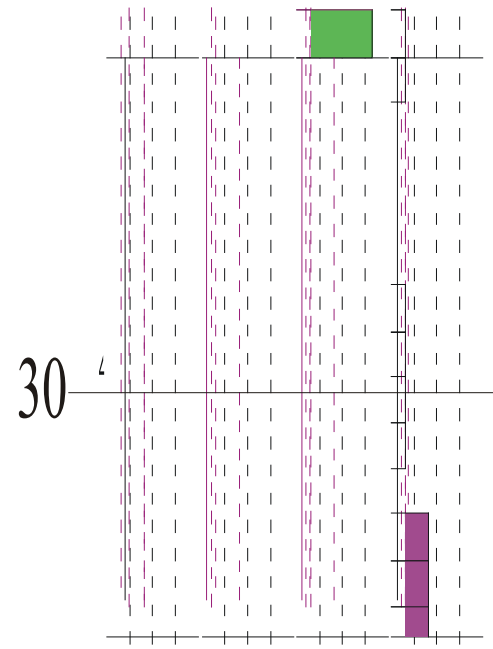


Kb3, Krokfaret

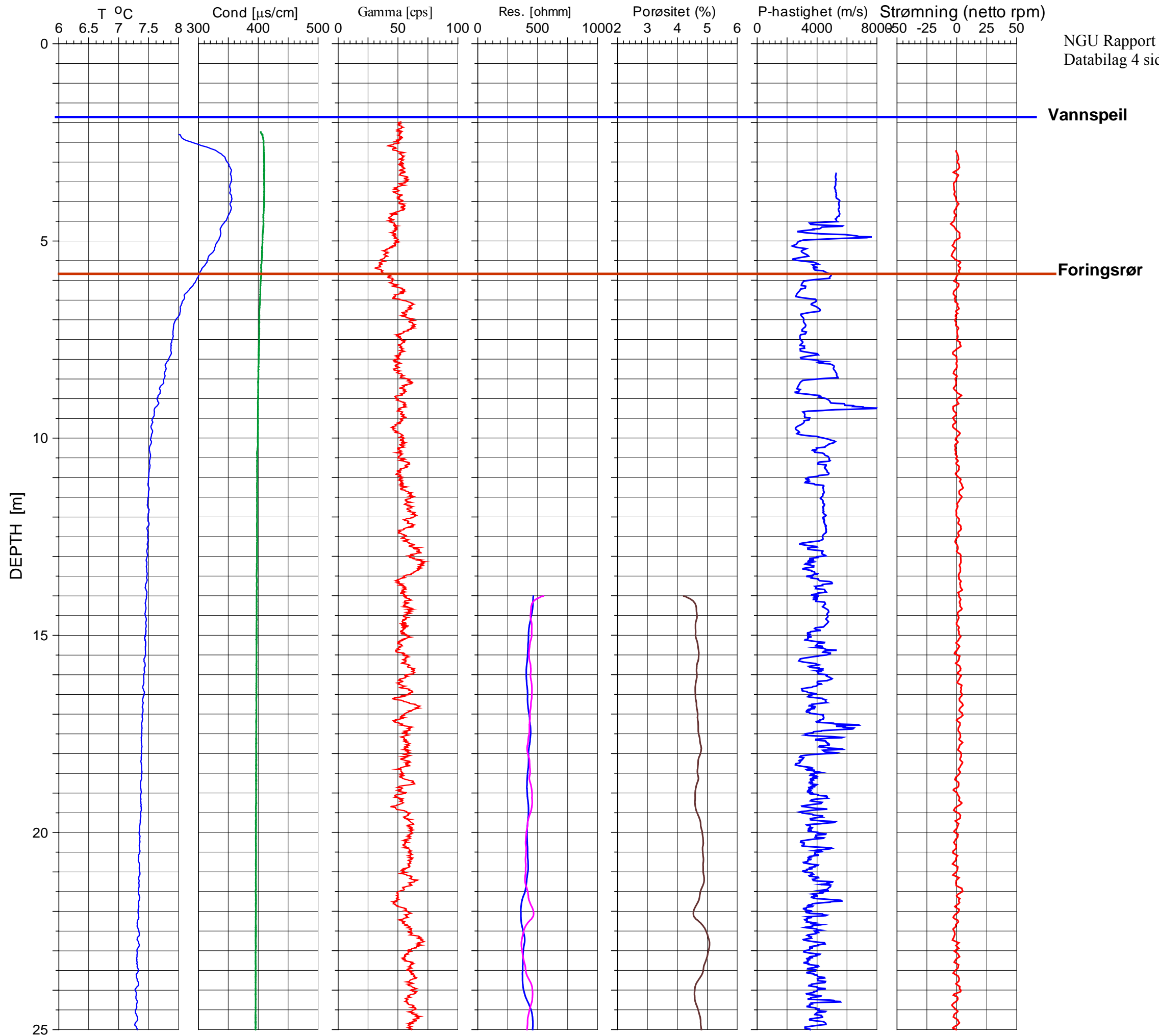
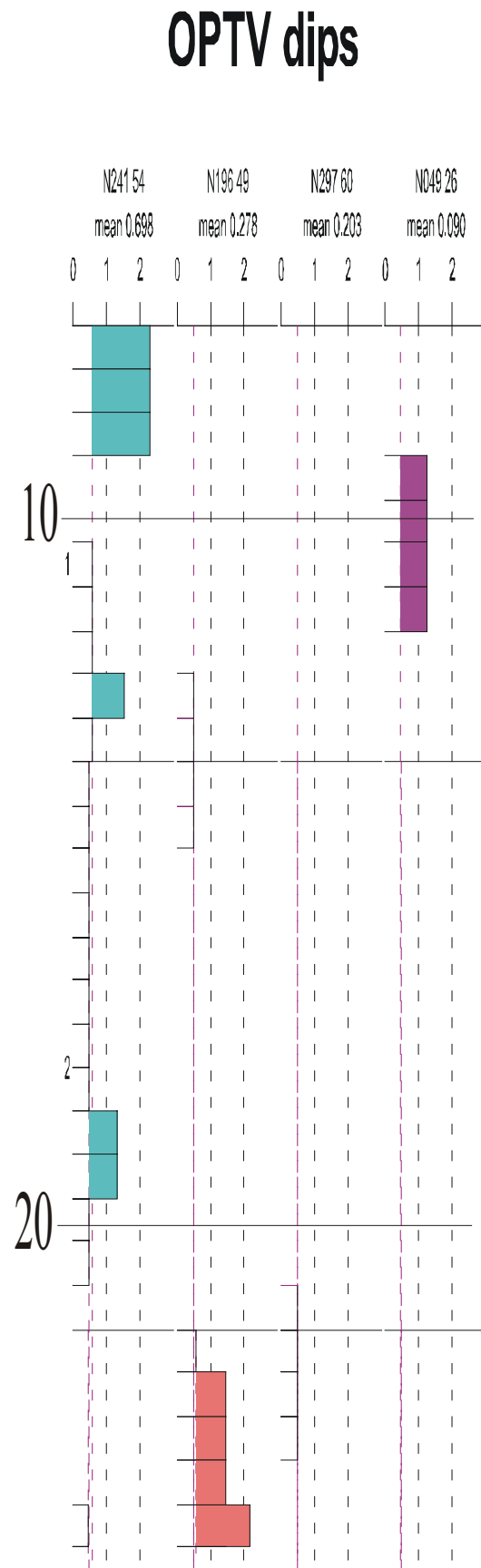
OPTV dips



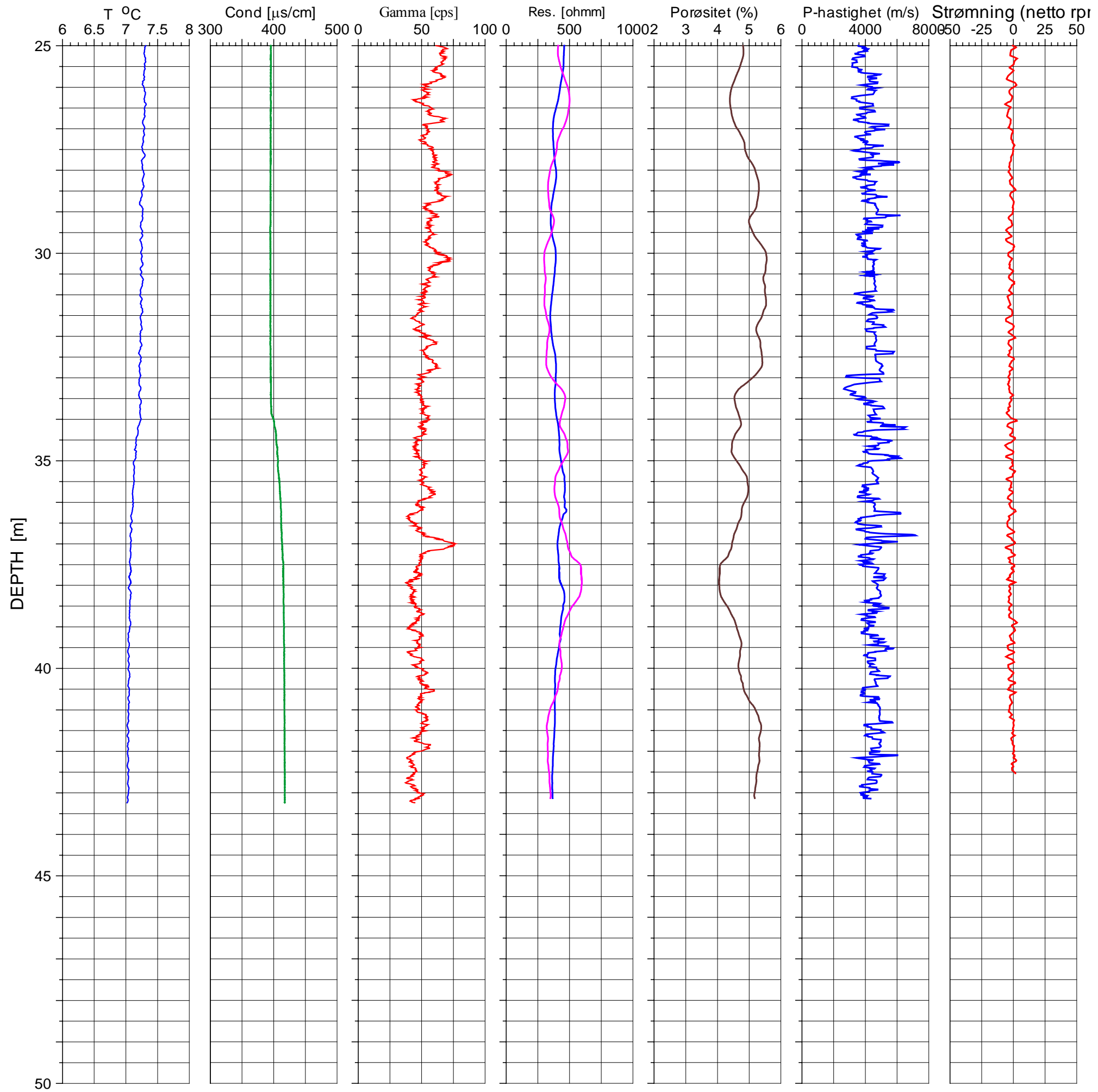
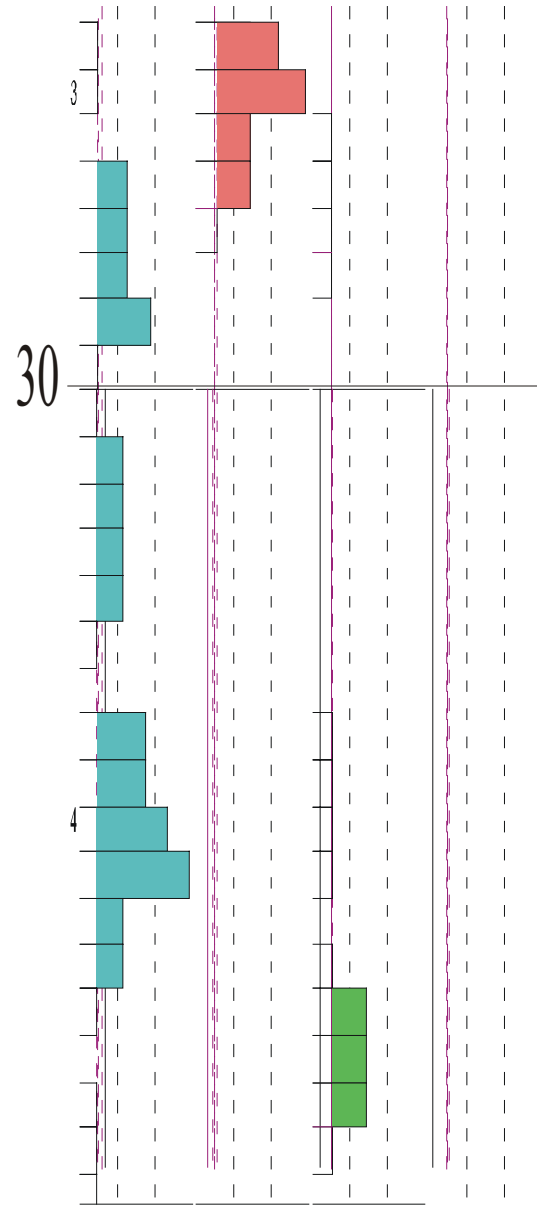
Kb3 Krokfaret



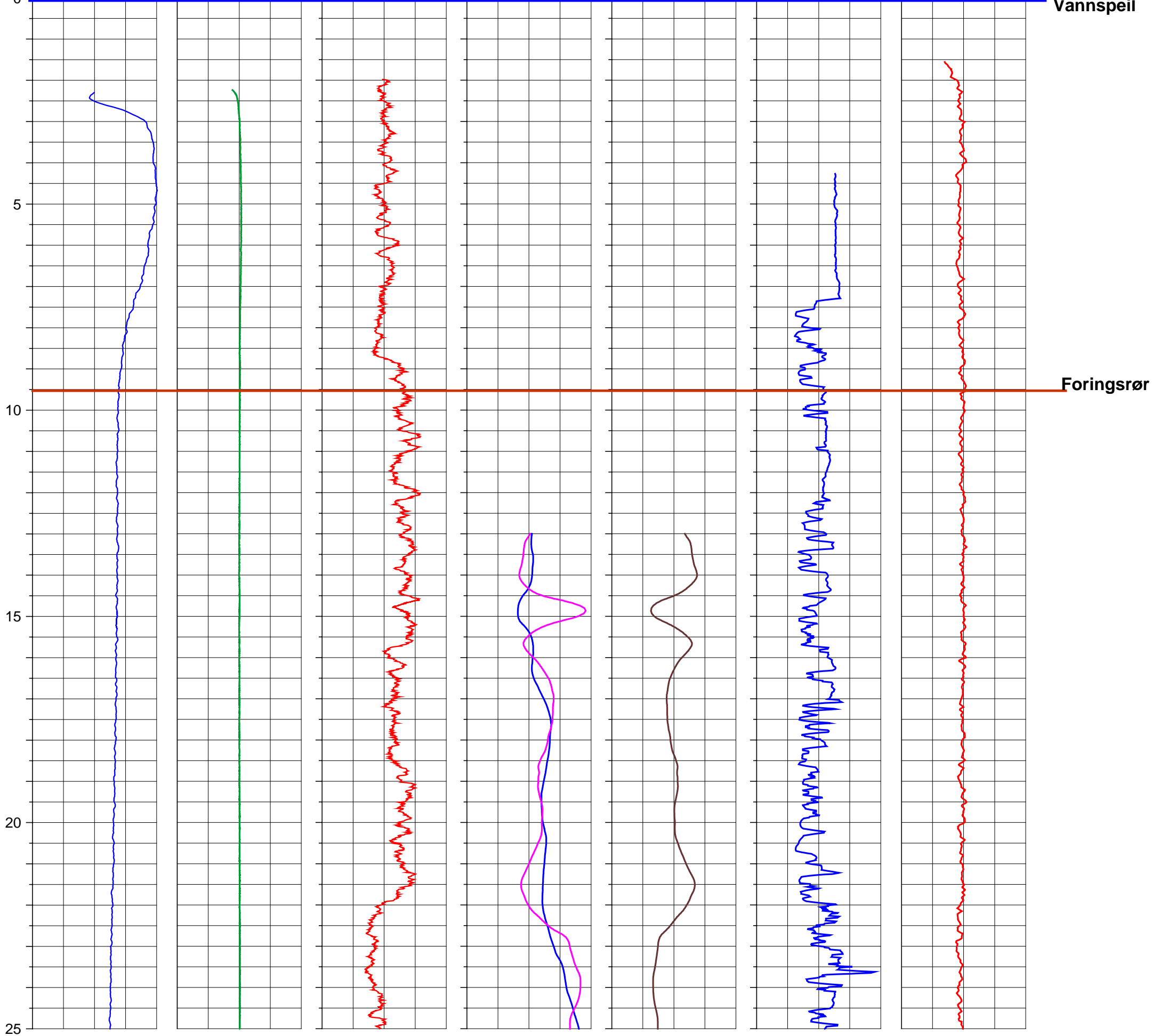
Kb4, Gartneri



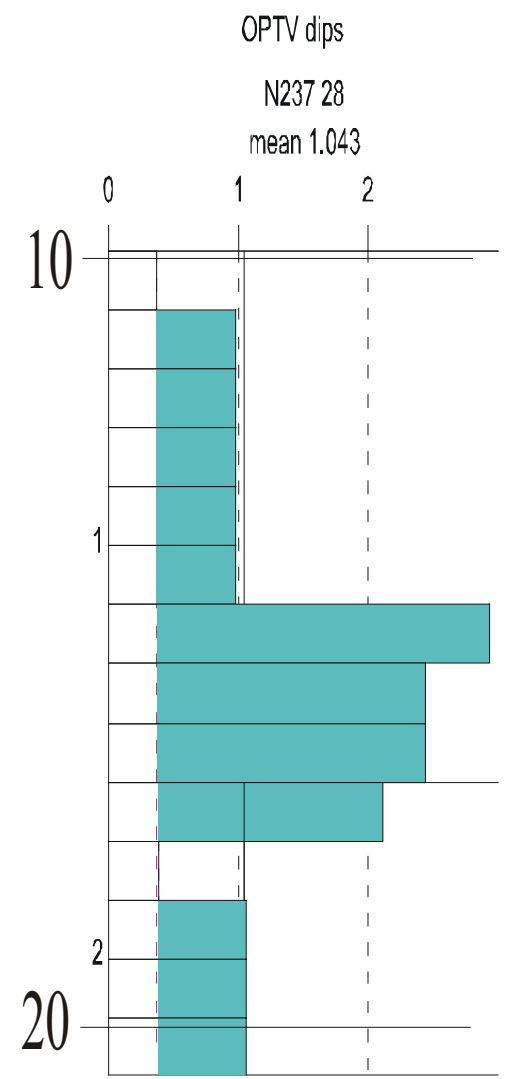
Kb4 Gartneri



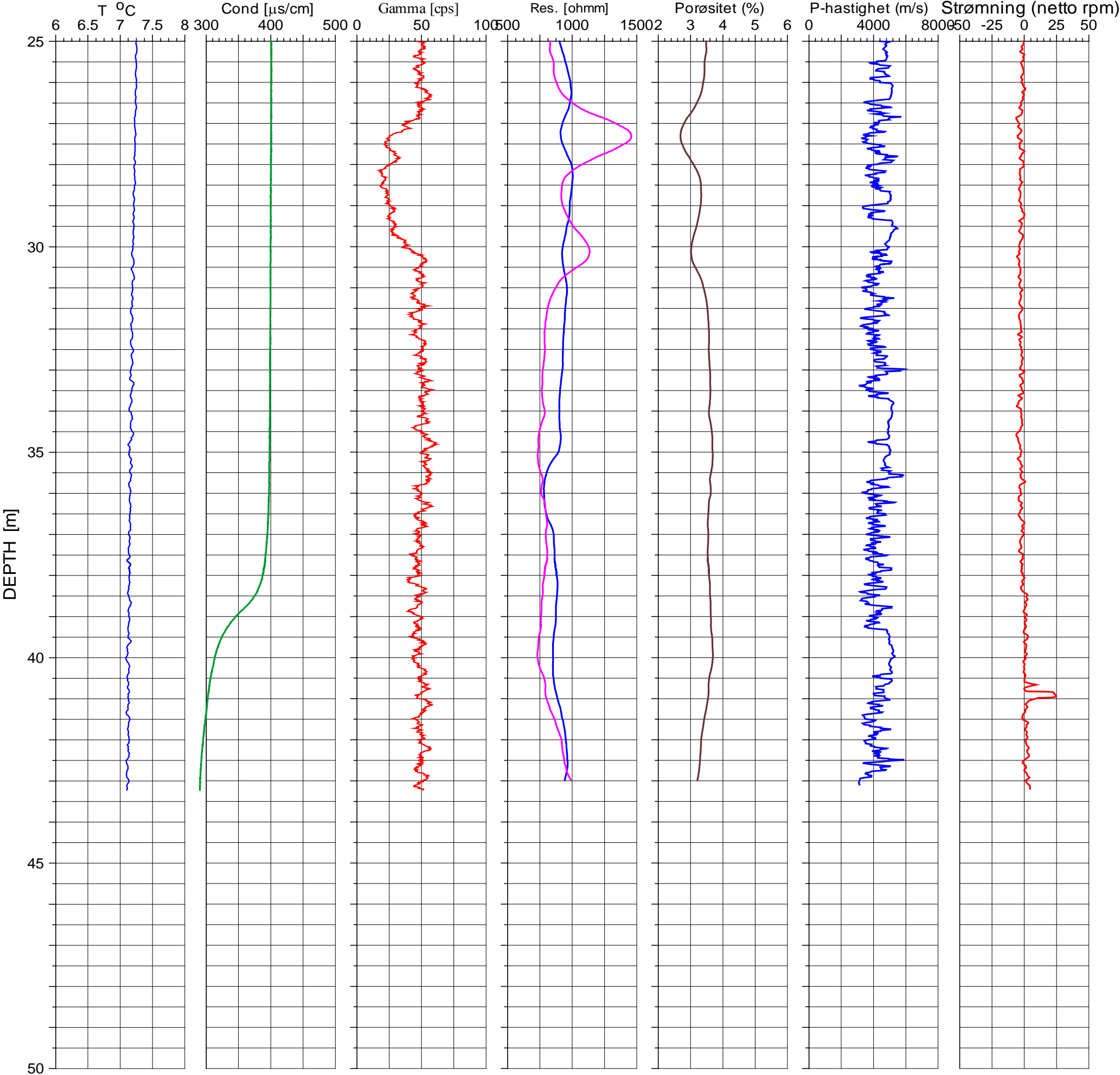
Kb5, Skogveien



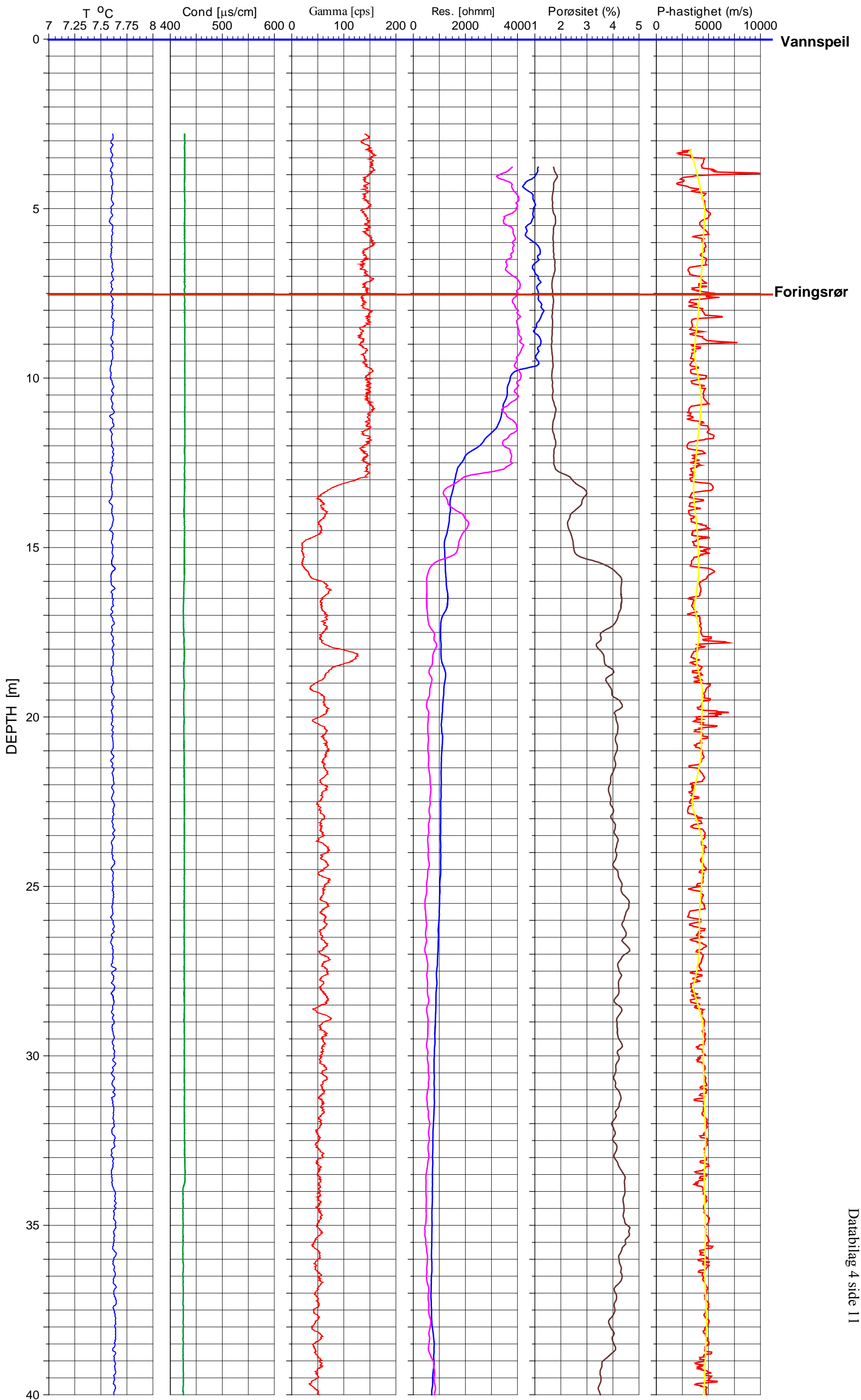
OPTV dips



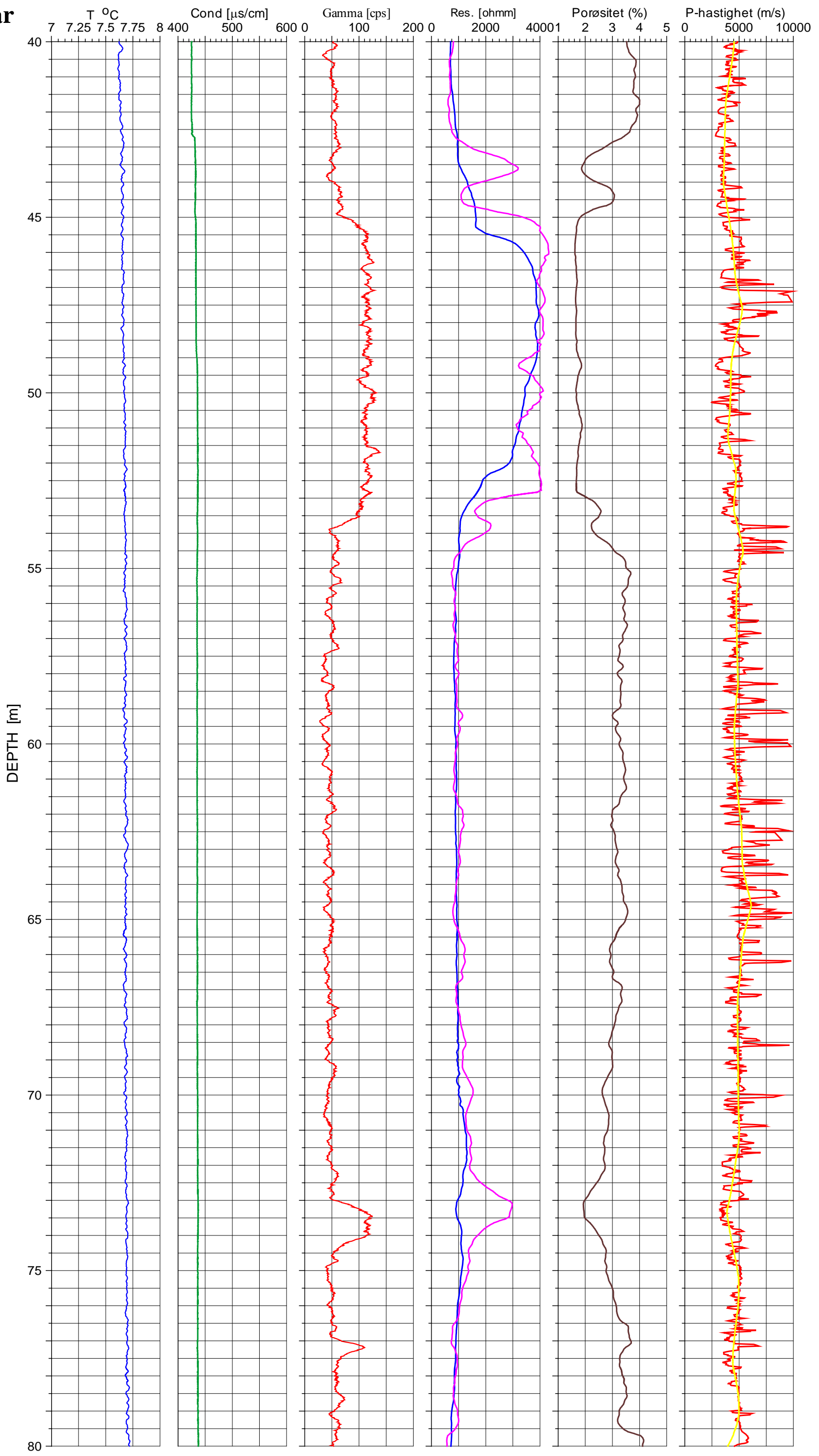
Kb5 Skogveien



K1, Jar

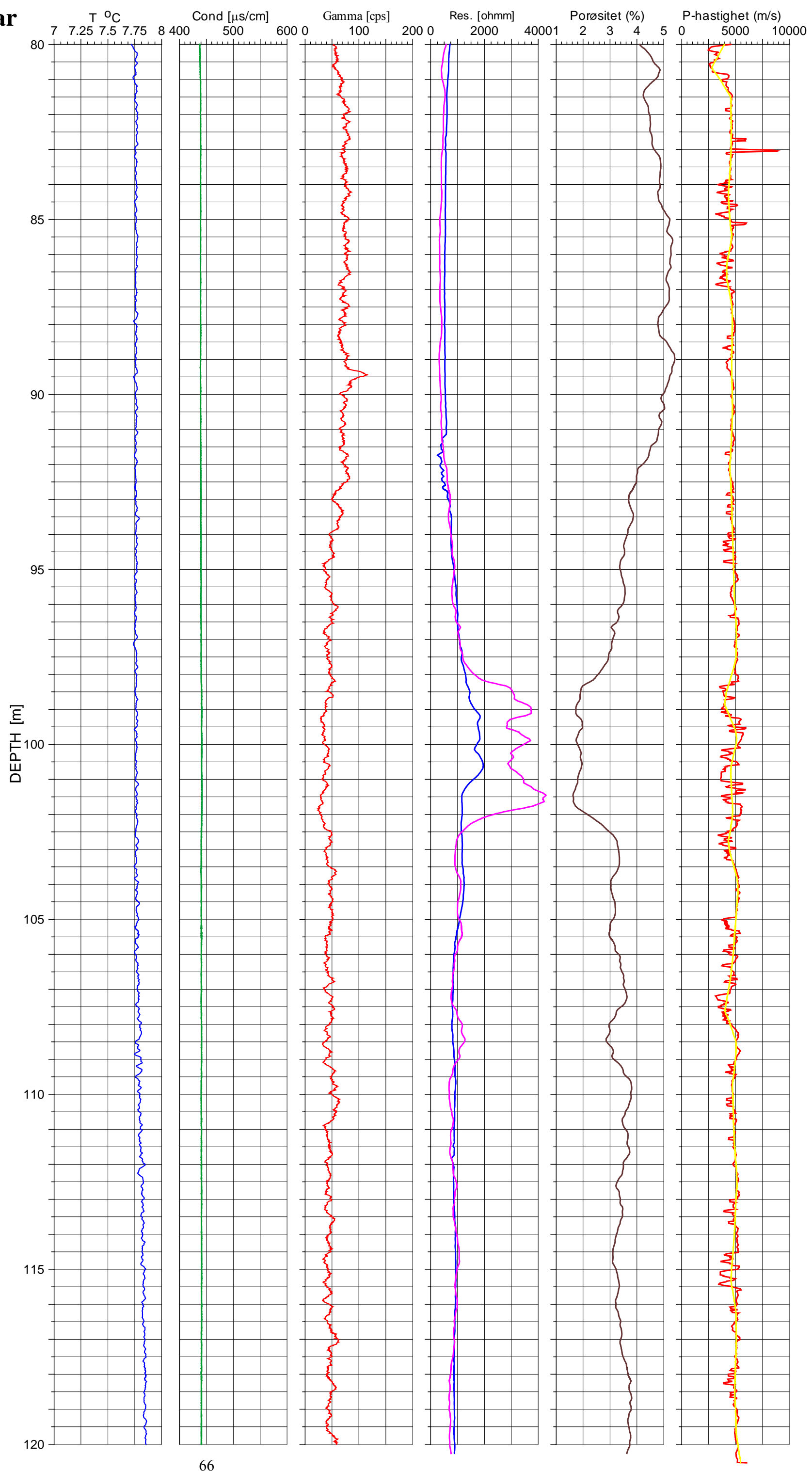


K1, Jar

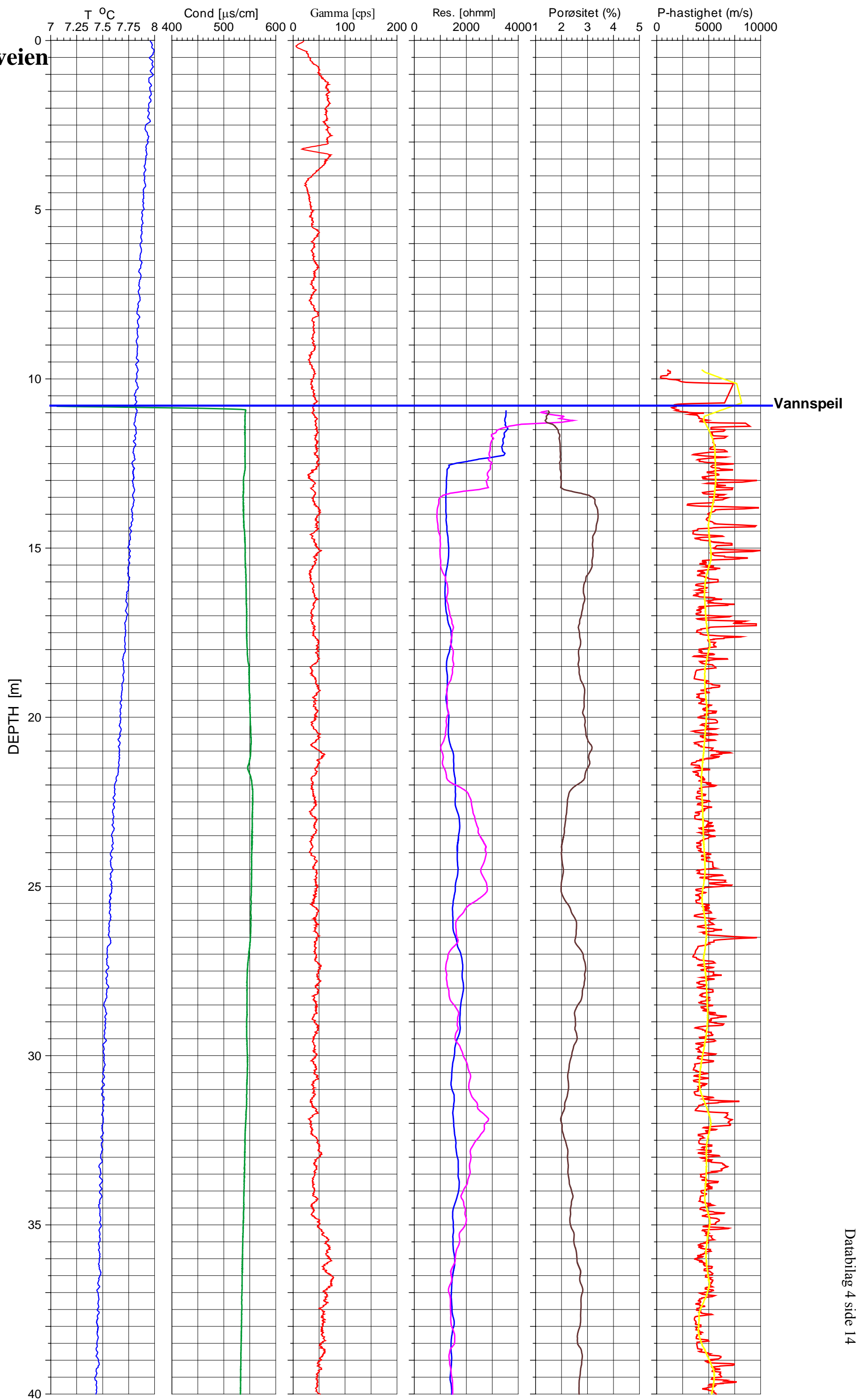


65

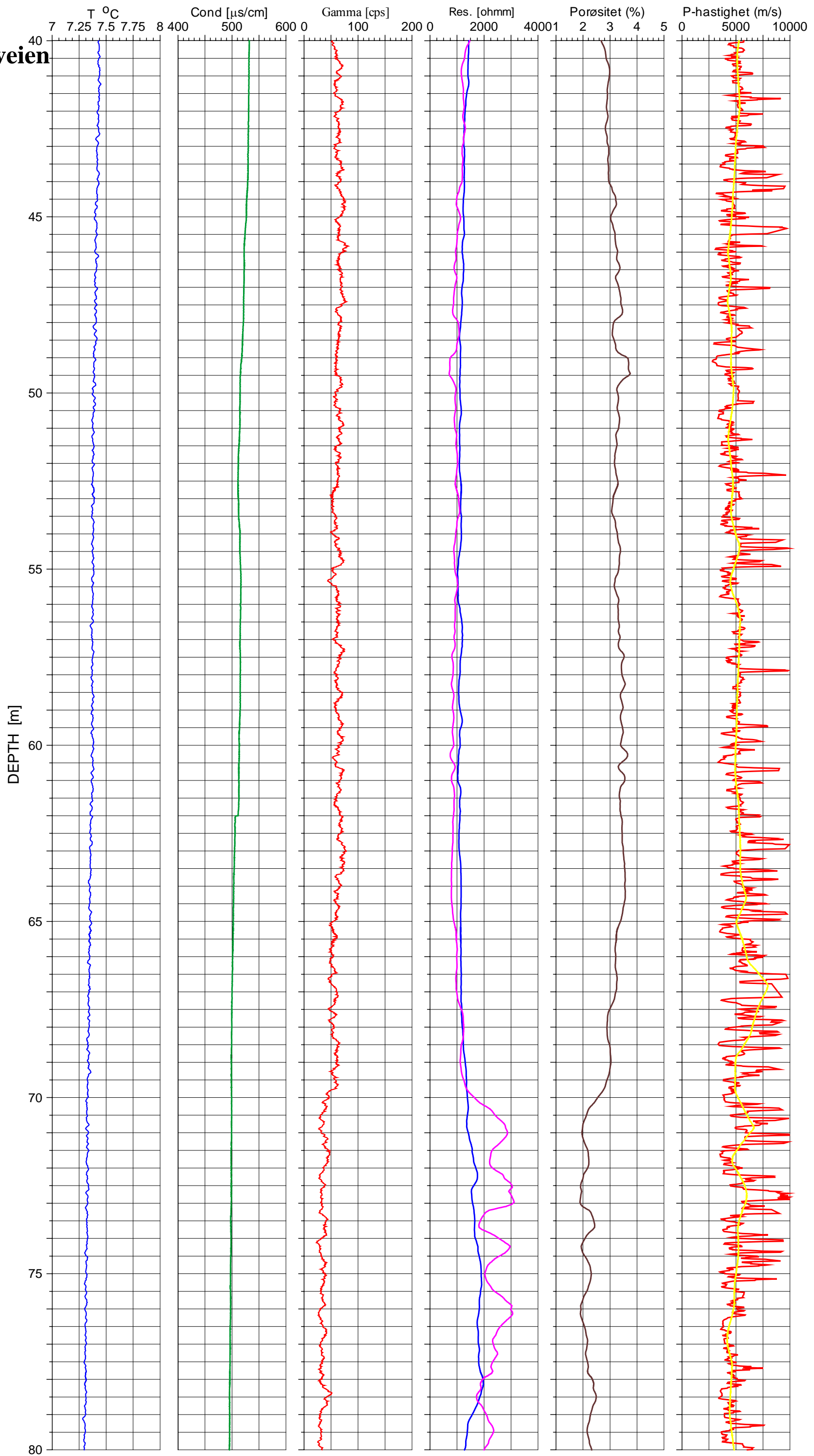
K1, Jar



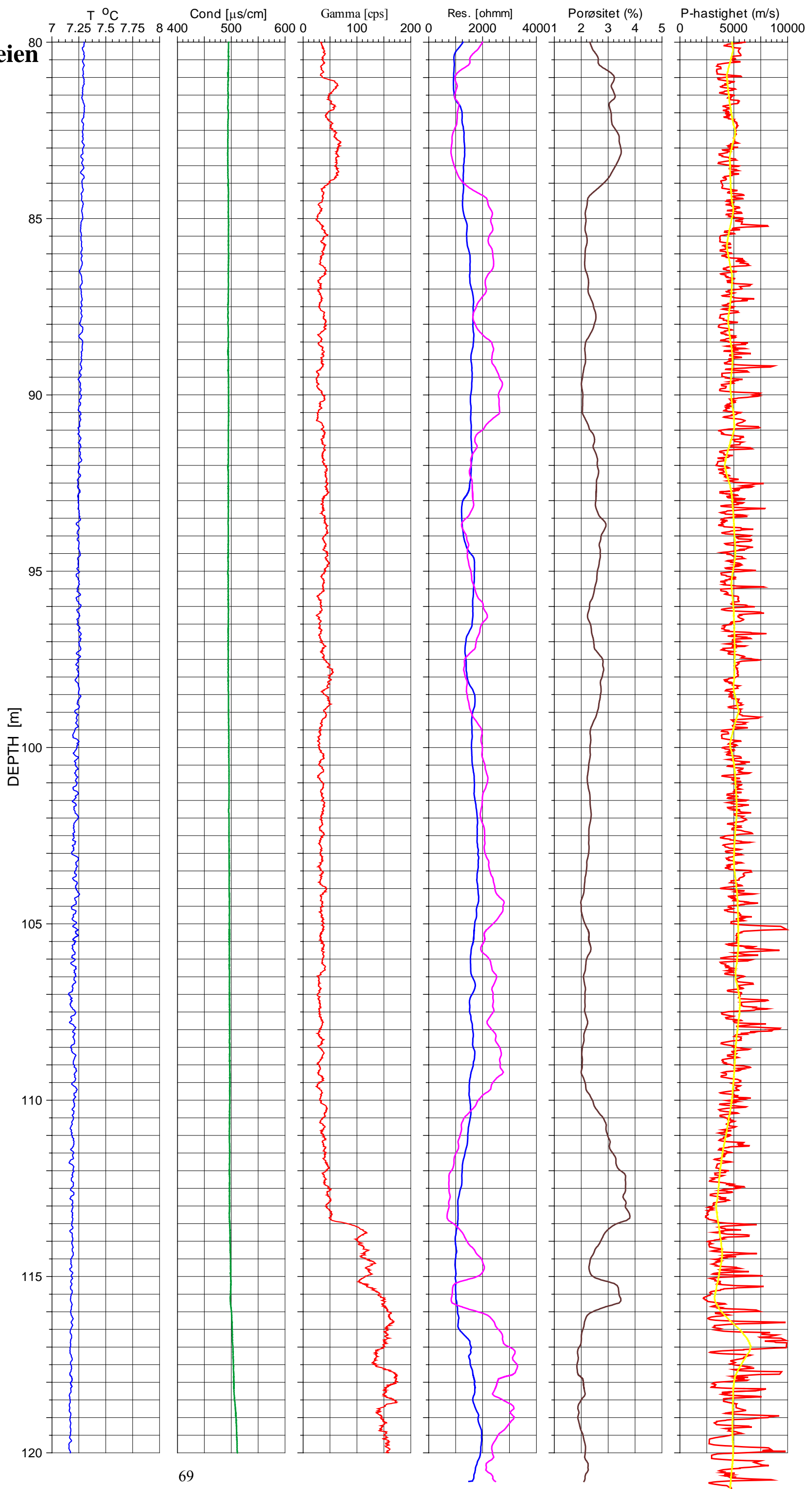
K2, Ekebergveien

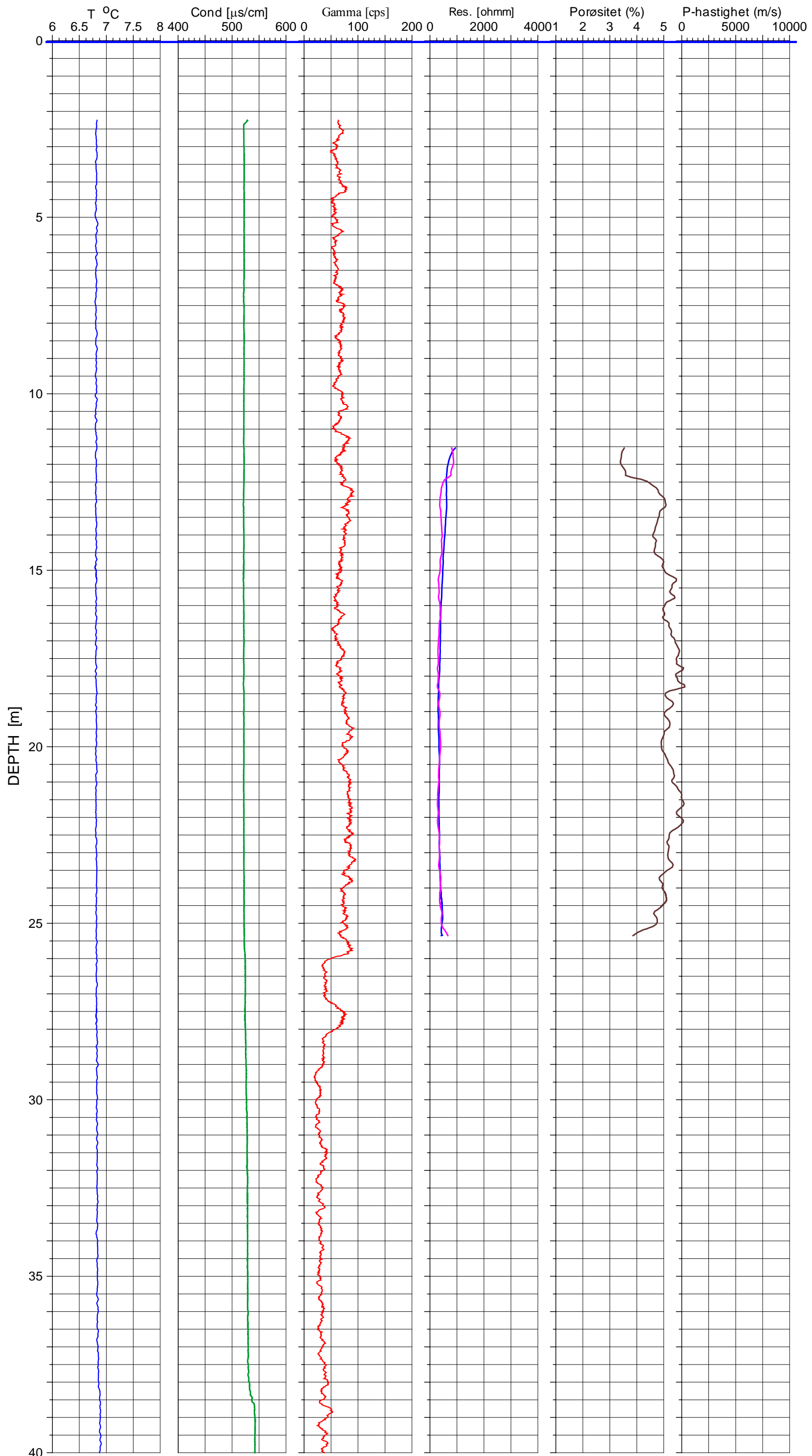


K2, Ekebergveien



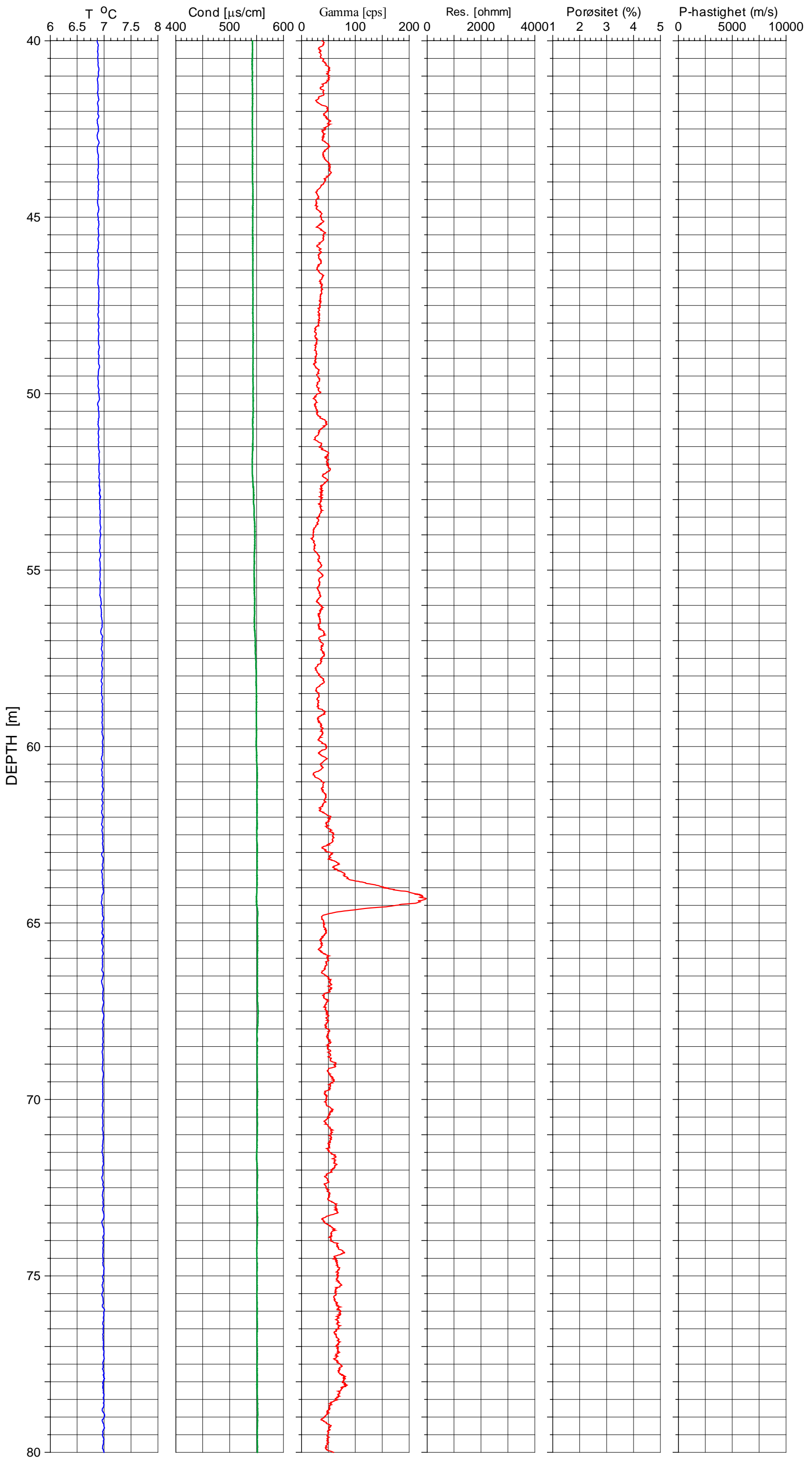
K2, Ekebergveien





Vannspeil

K4



K4

