

Rapport nr. 88.174

Vertikale elektriske sonderinger
ved Salsnes,
Nord-Trøndelag

Rapport nr. 88.174		ISSN 0800-3416		Åpen/Forfattet	
Tittel: Vertikale elektriske sonderinger ved Salsnes, Nord-Trøndelag					
Forfatter: Lars Harald Blikra Jan Steinar Rønning			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Nord-Trøndelag			Kommune: Fosnes		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Namsos			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1724 III Jøa		
Forekomstens navn og koordinater: Salsnes			Sidetall: 25		Pris: kr. 50,-
			Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført: 09.-10.06.88		Rapportdato: 01.11.1988		Prosjektnr.: 1889.40.32	
				Seksjonssjef: <i>Jan S. Rønning</i>	
Sammendrag:					
<p>Det er foretatt 8 vertikale elektriske sonderinger ved Salsnes som ledd i NGUs generelle kvartærgeologiske kartlegging i området (kartblad 1724 III, Jøa). Det er tidligere utført 4 refraksjonsseismiske profiler i området (Dalsegg 1988).</p> <p>Hensikten med målingene var å kartlegge materialtyper og genese.</p> <p>Målingene viser at en i hele området har et topplag med høye motstander, noe som er tolket til å være strandmateriale. Under dette topplaget er motstandene generelt lave, og er antatt å være finkornige moreneavsetninger og marine sediment. Sonderingene som ble foretatt på hovedryggen ved Salsnes har ikke motstandsforhold som tilsier at dette er noen "typisk" randavsetning med sortert sand og grus.</p> <p>Motstandsforløpet i sonderingene nord for Urdsvatnet tyder på at denne ryggsformen kan være en randavsetning.</p>					
Emneord		Vertikal elektrisk sondering			
Geofysikk		Bakkemåling			
Løsmasse		Kvartær		Fagrapport	

INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. UTFØRELSE OG DATABEHANDLING	4
3. RESULTATER OG KOMMENTARER	5
Heimen (Sondering 1.1 og 1.2)	
Nord for Urdsvatnet (Sondering 2.1 og 2.2)	
Moelva (Sondering 3)	
Austtun (Sondering 4.1 og 4.2)	
Sørbekkmoen (Sondering 5)	
4. DISKUSJON OG KONKLUSJON	13
5. REFERANSER	14

VEDLEGG

- Vedlegg 1: Vertikale elektriske sonderinger (VES) - metodebeskrivelse
- " 2: Sonderingskurver, med fysiske og geologiske modeller

KARTBILAG

88.174-01: Oversiktskart

1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra seksjon for løsmassekartlegging er det utført 8 vertikale elektriske sonderinger for å klarlegge motstandsforholdene i de mektige løsmasseavsetningene ved Salsnes i Nord Trøndelag. Hensikten med målingene var å prøve å kartlegge løsmassenes materialtyper og genese. De mektige løsmassene er tidligere tolket til å være en del av en randavsetning, avsatt fra en brearm ut Salsvatnet. Løsmassene ligger i en stor ryggform som demmer opp Salsvatnet. Mindre snitt i løsmassene og overflateformene ellers tyder på at avsetningene har vært sterkt påvirket av strandprosesser.

I 1987 ble det utført 4 refraksjonsseismiske profiler i området (Dalsegg 1988).

2. UTFØRELSE OG DATABEHANDLING

Lokaliseringen av de 8 sonderingene (se kartbilag 88.174-01) ble foretatt på grunnlag av de seismiske målingene.

Samtlige sonderinger er målt med et kabelsystem for Schlumberger elektrode-konfigurasjon hvor AB/2 var 300 m. Selve målingene ble utført med ABEM Terrameter og Booster. Måleteknikk og svakheter ved metoden er beskrevet i vedlegg 1.

Måledata er korrigert for Wenner effekt (Mundry 1980) og elektrode effekt. Kurvetilpasning er foretatt med tolkningsprogram for Schlumberger VES (Kihle 1978). Under tolkningsprosessen er de seismiske data brukt som utgangspunkt.

Målingene ble utført i løpet av to dager i juni 1988 av J.S. Rønning og J.O Claesson.

3. RESULTATER OG KOMMENTARER

Kurvetilpasninger og tolket geologisk modell for de enkelte sonderinger er vedlagt (Vedlegg 2). Sonderingene er fremstilt grafisk sammen med deler av de seismiske profilene i figurer.

Heimen (Sondering 1.1 og 1.2), Fig. 1.

Sonderingene ligger i Salsvatnets sørvestlige hjørne, altså i proksimalkanten av den antatte randsonen. Sonderingene ble i første rekke utført for å klarlegge forholdene i lag nr. 2 i det seismiske profilet. I dette laget hadde en påvist hastighetsforskjeller (1500 og 1900 m/s).

Sondering 1.2 har gode data med god tilpasning til de målte verdier. Siste del av sondering 1.1 viser et uregelmessig forløp som ikke er mulig å modelltilpasse. Årsaken til dette kan være laterale ledningsevnevariasjoner, og konsekvensen blir da at tolkede motstandsverdier mot dypet blir usikre. Tolkningene er tilpasset de seismiske målingene med et fastlåst dyp til fjell.

Det øverste laget i sondering 1.1 (5 m) og de 2 øverste lagene i 1.2 (14 m) med motstander fra 1000 til 7500 ohm m korreleres med det øverste lavhastighetslaget fra seismikken (450 - 850 m/s). De geofysiske målingene indikerer at dette er sand og grus. Geologisk er denne lagpakken tolket til å være strandmateriale.

De refraksjonsseismiske målingene viser at en fra koordinat 400 og oppover har en 40 - 60 m mektig lagpakke med hastighet 1500 m/s. Bunn av dette laget har ingen tilsvarende grense i motstandsmålingene. Relativt lave motstandsverdier (250 og 300 ohm m) samt lav seismisk hastighet (1500 m/s) indikerer her finkornige sedimenter. Det kan imidlertid også være løst pakket morene. Motstandsmålingene gir ikke entydige svar på hvilke materialtyper en har og dermed genese i denne sekvensen, men de antyder at det ikke er tale om sorterte sand/grus avsetninger av større mektigheter.

Sedimentene under denne refraktoren (2000 m/s), som altså har de samme motstandsforholdene som over refraktoren (250 - 350 ohm m), er tolket til å være morenemateriale. I sondering 1.2 måtte en legge inn et lavmotstandslag for å få tilpasning av kurven. Dette kan representere en tynn marin horisont mellom moreneavsetninger. En må her understreke at sonderingskurven ikke viser dette laget direkte, og tolkningen er derfor usikker.

Nord for Urdsvatnet (Sondering 2.1 og 2.2), Fig. 2.

Sonderingene er lagt over en ryggform i nordlig del av Urdsvatnet, like sør for Salsnes. Geologisk er denne ryggen antatt å være en randavsetning avsatt fra sør.

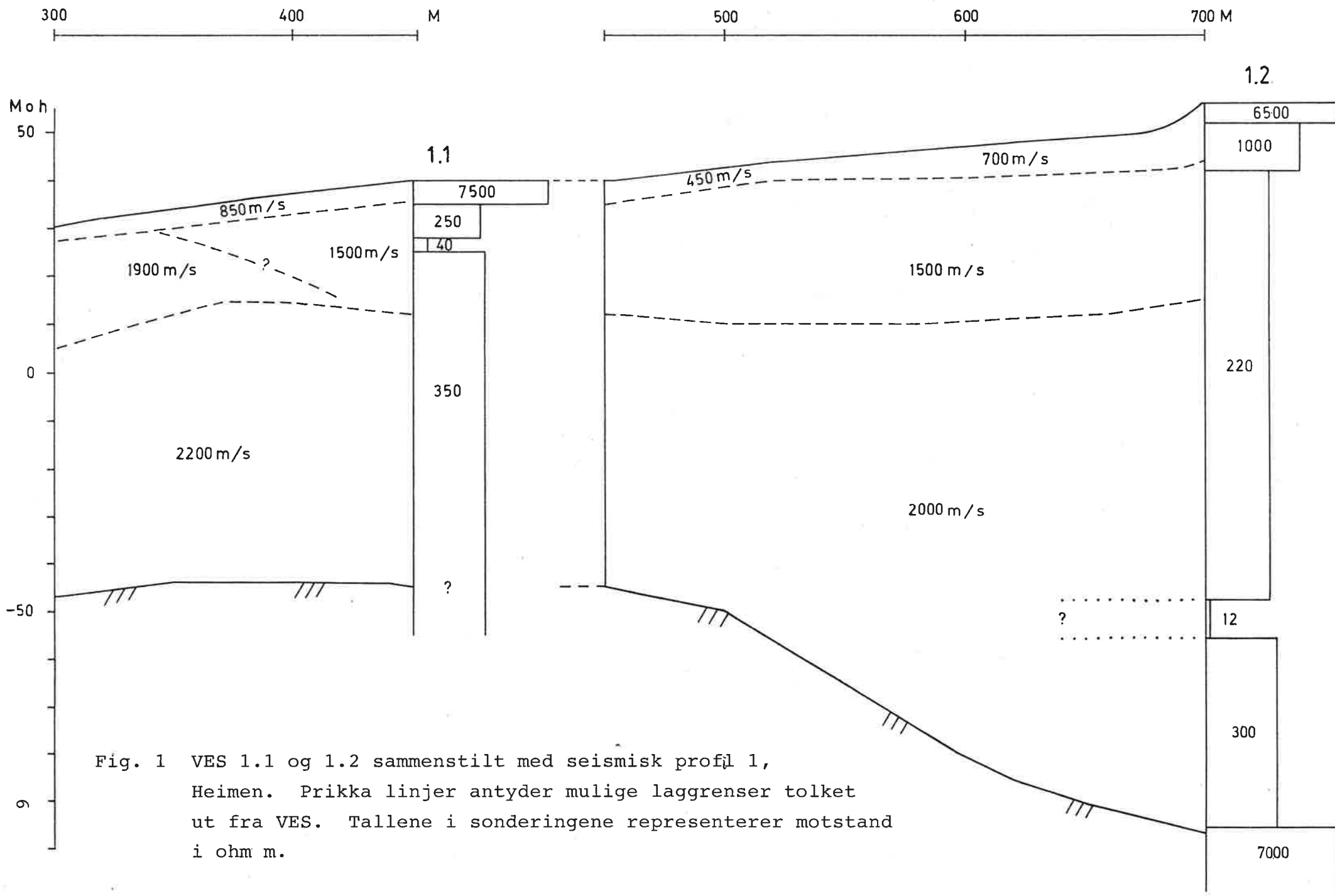


Fig. 1 VES 1.1 og 1.2 sammenstilt med seismisk profil 1, Heimen. Prikka linjer antyder mulige laggrænser tolket ut fra VES. Tallene i sonderingene representerer motstand i ohm m.

Det seismiske profilet viser at en i lag nr. 2 har hastigheter på henholdsvis 1600 m/s og 2000 m/s uten at en har klart å finne ut hvordan grensa mellom disse delene går. Noe av hensikten med sonderingene var å prøve å avklare forløpet av denne grensa.

Tilpasningen av data til modellen er god i øverste del, men svingninger i motstandsforholdene ved $AB/2 = 25 - 80$ m var ikke mulig å få tilpasset. Dette gjelder begge sonderingene, men er særlig markert i sondering 2.2.

De 2 øverste lagene i sondering 2.1 og det øverste laget i 2.2 som alle har relativt høye tilsynelatende motstandsverdier sammenfaller med lavhastighetslaget fra de refraksjonsseismiske målingene (950 m/s). Deler av dette laget er trolig strandavsetninger eller deler av en randavsetning (sand og grus) over grunnvannsnivået. Lag 2 i sondering 2.1 antas å ha høyere innhold av finstoff.

Tolkningene indikerer skiftinger i motstander på 30 - 60 meters dyp. På dette dypet kan en ha et høymotstandslag (stiplet i fig. 2). Det kan tenkes at disse skiftingene representerer laterale ledningsevnevariasjoner. Tendens til samme forløp i begge sonderingene tyder imidlertid på at en har å gjøre med et høymotstandslag. Helt i bunn av sonderingen har en indikasjoner på finkornige masser (60 ohm m).

Sonderingene indikerer en kompleks lagfølge med veksling mellom lavmotstands- og høymotstandslag. En tolker derfor avsetningen til å være en del av en randavsetning.

Moelva (Sondering 3), Fig. 3.

Det er foretatt en vertikal elektrisk sondering parallellt med, ca 170 m nordvest for seismisk profil 3. De seismiske målingene påviste kun 2 lag i de over 180 m mektige løsmasseavsetningene. Sonderingen ble utført i den hensikt å prøve å avdekke flere detaljer omkring løsmassestratigrafien her.

Sonderingskurven viser et meget spesielt forløp, og kurvetilpasningen ble noe vanskelig. Datakvaliteten var generelt god, og det motstandsforløp som indikeres synes troverdig.

Da sonderingen er trukket en del nordvest for det seismiske profilet, er det noe vanskelig å sammenligne dataene direkte. Det øverste laget (4 m) kan tilsvare topplaget fra seismikken (800 m/s). Denne refraktoren kan imidlertid også representere grensen mellom lag 3 og 4.

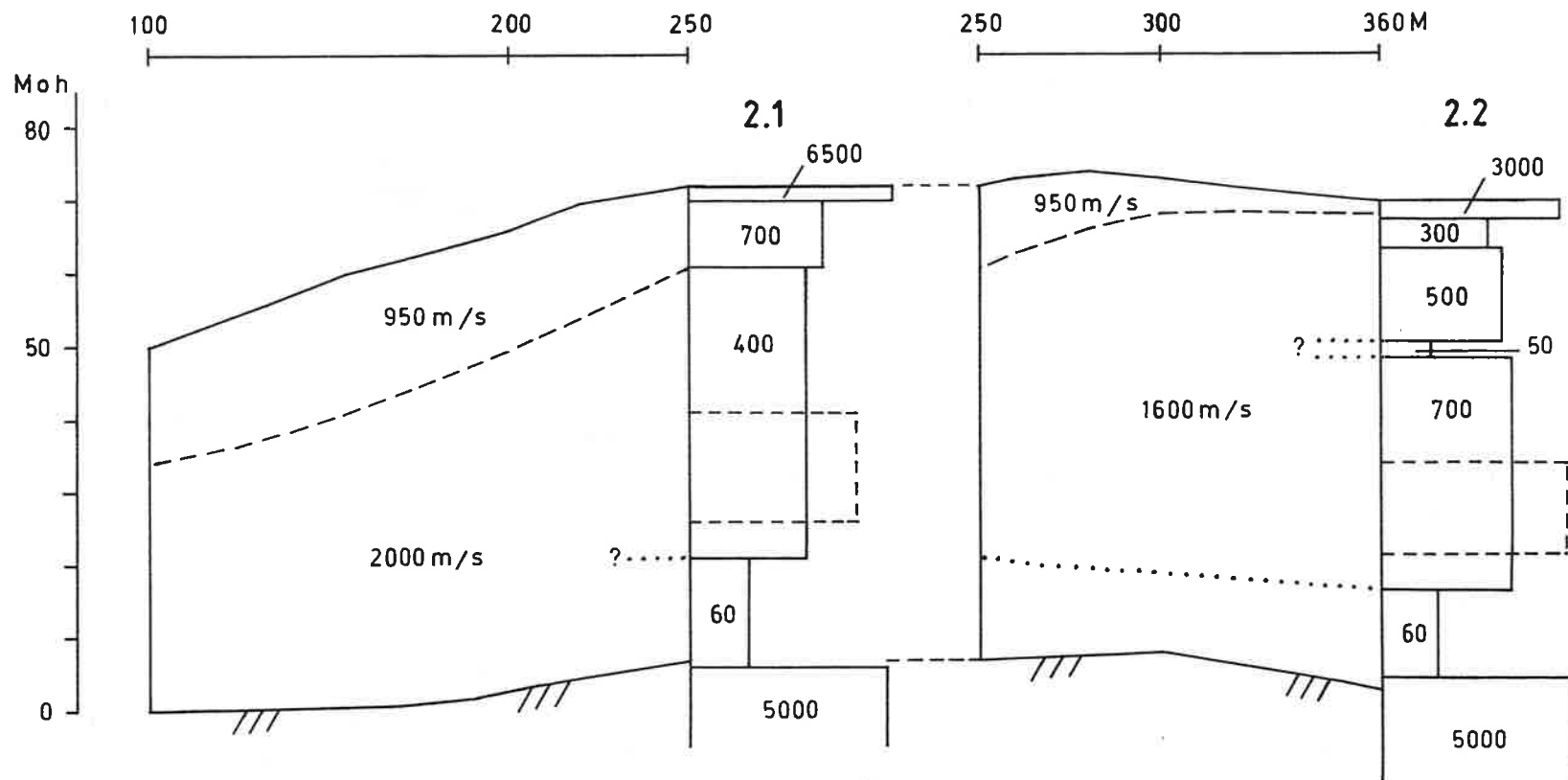


Fig. 2 VES 2.1 og 2.2 lagt inn i en del av seismisk profil 2, nord for Urdsvatn. Stiplet sekvens i sonderingene indikerer omtrentlig nivå av et høymotstandslag som en ikke fikk tilpasset i modellen. Prikka linjer antyder mulige laggrenser ut fra VES. Tallene i sonderingene representerer motstand i ohm m.

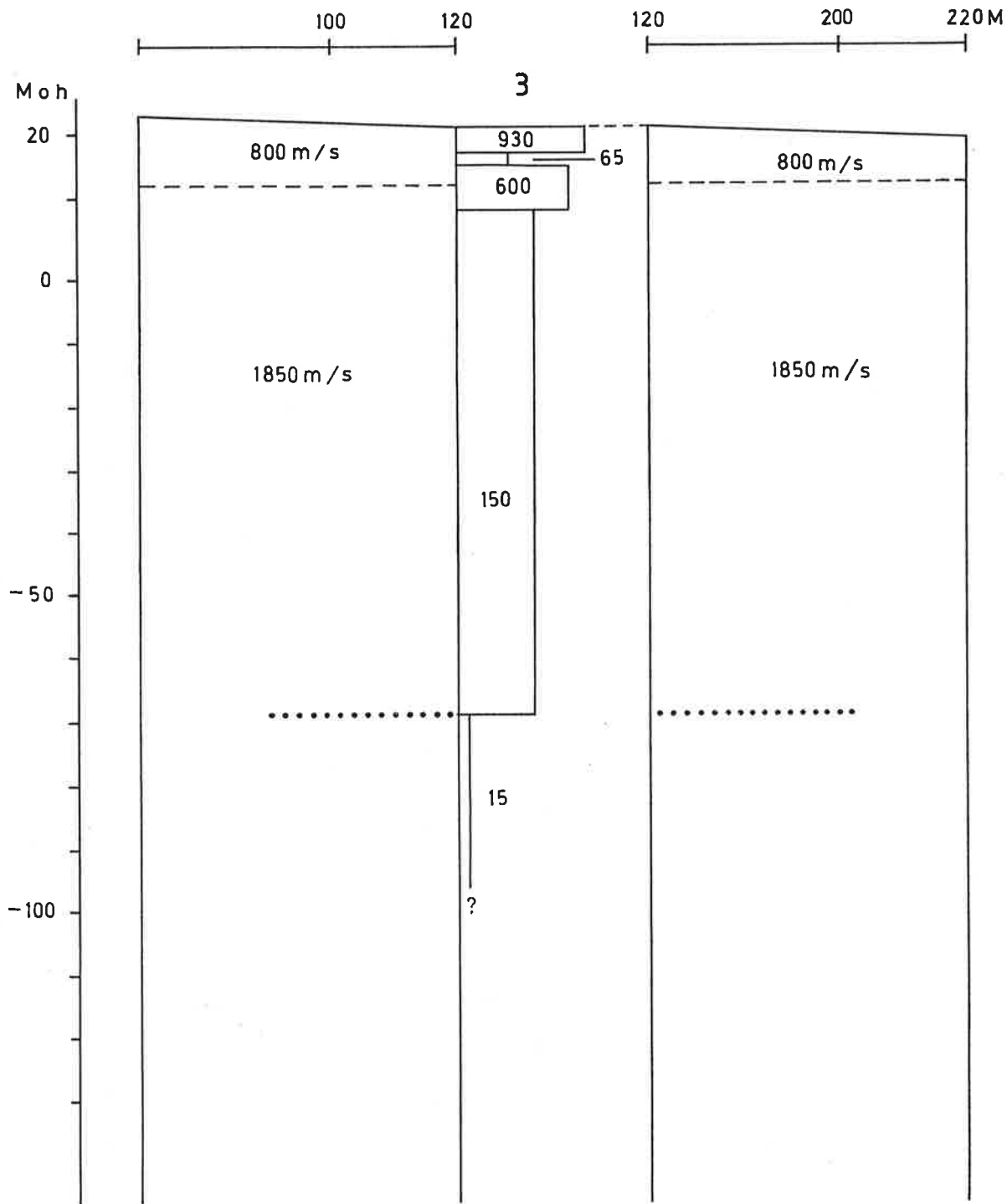


Fig. 3 VES 3 sammenstilt med seismiske data fra profil 3, Moelva. Prikket linje antyder laggrense ut fra VES. Tallene i sonderingen representerer motstand i ohm m.

Det øverste laget med tilsynelatende motstand på 930 ohm m er tolket til å være et strandsediment. Mellom dette laget og en horisont med 600 ohm m ligger et tynt lavmotstandslag som kan representere marint, finkornig materiale. Horisonten under (600 ohm m) kan være strandavsetninger eller en del av en randavsetning.

Den mektige horisonten under som har en høy seismisk hastighet (1850 m/s) og forholdsvis lave motstandsverdier (150 ohm m) er tolket til å være en finkornig morene. Under dette nivået går motstandsverdiene drastisk ned, noe som indikerer godt ledende marint materiale. Det er ingen indikasjoner på fjell i sonderingen, noe som har sammenheng med at sonderingen er for kort i forhold til fjelldypet.

Austtun (Sondering 4.1 og 4.2), Fig. 4.

Sonderingene ligger i nordvestlige deler av "Salsnesryggen", ut mot Follafjorden. De refraksjonsseismiske målingene viser at en i lag nr. 2 har forskjellige hastigheter (1550 og 1900 m/s). Sonderingene ble m.a utført for å finne ut om disse lagenes forløp. Ved kurvetilpasningen ble fjelldypet låst til tolket dyp til fjell fra seismikken.

I første del av sonderingen har en gode data. Siste del av sondering 2.1 er trolig påvirket av sjøen. Forløpet mot slutten av sondering 2.2 kan være påvirket av laterale ledningsevnevariasjoner.

Begge sonderingene viser et forholdsvis tynt topplag på ca. 1.5 - 2 m (1050 - 5800 ohm m). Dette kan korreleres med topplaget fra seismikken (700 m/s), og tolkes som strandvasket sand og grus. Under dette topplaget går motstandene ned til 230 og 350 ohm m (1900 m/s). En tolker dette som morene. Motstandsverdiene viser at det ikke er tale om noen randavsetning med mye sand og grus. I sondering 4.1 kan det se ut som om en får inn marint materiale under (90 og 9 ohm m). Dette kan være sedimentene som lengst ute i det seismiske profilet gir hastigheter på 1550 m/s. Det kan da se ut som om morenehorisonten tynner ut/kiler ut mot NV. Disse marine sedimentene i 4.1 kan forklare de lave motstandsverdiene i bunn av sondering 4.2.

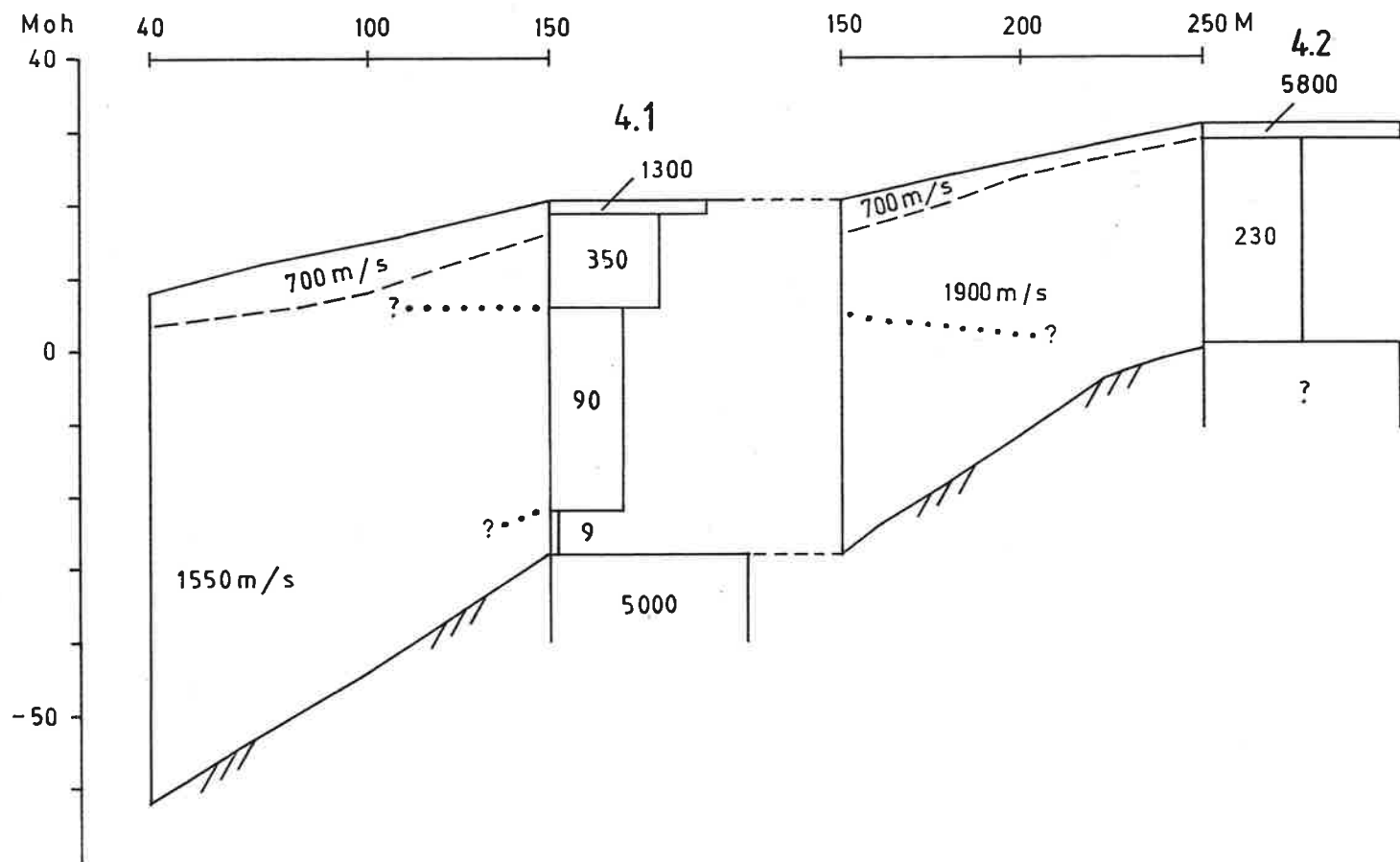


Fig 4 VES 4.1 og 4.2 lagt inn i en del av seismisk profil 4, Austtun. Prikka linjer antyder mulige laggrenser tolket ut fra VES. Tallene i sonderingen representerer motstand i ohm m.

Sørbekkmoen (Sondering 5), Vedlegg 2.

En vertikal elektrisk sondering er foretatt over en ryggform ved Sørbekkmoen. Det er ikke målt seismikk her, men en var likevel interessert i å studere lagfølgen over denne ryggen.

Dataene og tilpasningene til modellen er gode, unntatt mot bunnen av sonderingen da stigningen i motstandsverdier er for skarp.

Et tynt topplag er tolket til å være strandmateriale (2100 ohm m). Under dette er det tolket inn et ca. 6 m mektig lag med tilsynelatende motstander på 220 ohm m, noe som trolig er morenemateriale. Mot dypet faller motstandsverdiene drastisk, ned til under 40 ohm m. Dette representerer trolig marine sedimenter.

4. DISKUSJON OG KONKLUSJON

Sondering 1.1 og 1.2 gav ikke entydige svar på forløpet og materialtypen til laget med hastighet på 1500 m/s (fig. 1). Den seismiske hastigheten viser at det ikke er tale om noen bunnmorene. Forholdsvis lave tilsynelatende motstander indikerer at det kan være tale om finkornige sediment, eller løst pakket morenemateriale. Under denne lagpakken finner en trolig bunnmorene.

Motstandsmålingene over ryggformen like nord for Urdsvatnet indikerer at dette er en randavsetning (Fig. 2). En har her forholdsvis raske skiftinger mellom høyhastighetslag og lavhastighetslag, noe som tyder på en kompleks lagfølge.

Motstandsmålingene i sondering 3 har avdekket en mer kompleks stratigrafi enn det som kom frem ved de seismiske målingene (Fig. 3). Øverst i sonderingen har en to lag med forholdsvis høye motstandsverdier adskilt av et tynt lavmotstandslag. Dette er en indikasjon på at lag nr. tre kan være en del av en randavsetning. Under en mektig morenehorisont har en sterke indisier på godt ledende marint materiale.

De vertikale elektriske sonderingene ved Austtun (fig. 4) ser ut til å ha avdekket forløpet av partiene med henholdsvis 1900 og 1550 m/s. Morenehorisonten (1900 m/s) ser ut til å kile ut / tynnes ut mot NV, over marine sediment. Denne morena kan være avsatt som en lesidemorene for en fjellrygg som går fra Litlhuskleppen mot SV.

Sonderingen ved Sørbeekmoen (vedlegg 2) indikerer en tredelt løsmassestratigrafi med strandavsetninger, morene og godt ledende marine sediment.

Målingene som er utført på hovedryggformen som demmer opp Salsvatnet (1.1, 1.2, 3, 4.1, og 4.2) viser alle et lavhastighetslag med høy elektrisk motstand i toppen. Dette er tolket til å være et strandavsatt sediment. Store deler av løsmassesekvensene mot dypet er tolket til å være finkornige moreneavsetninger og marine sedimenter, og det tyder på at dette ikke er en typisk randavsetning som før antatt. Er Salsnesryggen en randavsetning må den være oppbygd av store mengder oppskjøvne marine sediment. En kan imidlertid begynne å vurdere om de antatt mektige moreneavsetningene kan være dannet som en drumlin/bunnmorene parallellt hovedisbevegelsene i området (mot NV). Både materialsammensetning, ryggens orientering og det markerte fjellpartiet i SØ kan være med på å støtte opp om en slik teori.

5. REFERANSER

- Dalsegg, E. 1988: Seismiske målinger. Salsnes og Otterøy, Nord-Trøndelag. Nor. geol. unders. Rapport nr. 88.050, 7s.
- Kihle, O. 1978: VESABS - Et program for interaktiv tolkning av vertikale elektriske sonderinger. Nor. geol. unders. EDB dokumentasjon 78-02, 8s.
- Mundry, E. 1980: The effect of a finite distance between potential electrodes on Schlumberger resistivity measurements - A simple correcting graph. Geophysics Vol. 45 No. 12, s 1872 - 1875.

VERTIKALE ELEKTRISKE SONDERINGER (VES) - METODEBESKRIVELSE

Elektriske dybdesonderinger (VES) benyttes for å kartlegge undergrunnens elektriske motstandsforhold. Målingene foretas med Schlumberger elektrodekonfigurasjon (se fig.). Strøm sendes i bakken ved hjelp av to strømelektroder A og B, og elektrisk potensialforskjell måles mellom to potensialelektroder M og N. Ut fra målt potensialdifferens, målt strømstyrke og en geometrisk faktor bestemt av elektrodeplasse-ringene kan elektrisk motstand i undergrunnen beregnes. Ved homogene og isotrope forhold er denne størrelsen lik materialets resistivitet eller spesifikke motstand (ρ) med enhet ohm m. I de aller fleste tilfeller har ikke undergrunnen homogene motstandsforhold og verdien som beregnes fra målingene vil være en tilsynelatende resistivitet (ρ_a , a =apparat).

Ved å flytte strømelektroden A og B stegvis utover oppnås stadig dypere strøminntrengning og den beregnede tilsynelatende resistivitet vil i økende grad være påvirket av resistiviteten i dypere liggende lag. Etter hvert som avstanden AB øker, reduseres potensialdifferansen mellom M og N, og signal/støy-forholdet avtar. Dette problemet løses ved også å øke avstanden mellom potensialelektroden (MN) noen få ganger i løpet av en sondering. Når MN-avstanden økes blir det målt om igjen på minst de to siste (største) AB-avstandene fra forrige MN-verdi.

Måleresultatene plottes i et dobbellogaritmisk diagram med tilsynelatende resistivitet langs vertikal akse og AB/2-avstand langs horisontal akse. Kurvesegmenter kan nå trekkes opp for hver MN-avstand som er benyttet. Kurvesegmentene vil som regel ikke være helt sammenfallende for overlappende AB/2-avstander. Dette har to årsaker. Ved endring av MN-avstanden innføres en liten feil kalt "Wenner-effekten" som er avhengig av elektrodegeometri og geologiske forhold. Effekten kan relativt lett korrigeres. Spesielt for steile sonderingskurver vil korreksjonen være nødvendig, mens feilen ofte vil være neglisjerbar for mindre motstandskontraster. Dårlig samsvar mellom kurvesegmentene skyldes som regel hovedsakelig laterale inhomogeniteter mellom potensialelektroden. Dette korrigeres for ved å forskyve hvert kurvesegment langs vertikalaksen til det gir god overlapp med foregående segment. På

denne måten kan det oppnås en sammenhengende sonderingskurve. De korrigerte sonderingsdata er lagt inn på NGUs dataanlegg og er "tolket" ved bruk av kurvetilpasningsprogrammet VESABS. I programmet legges inn en geologisk modell, bestående av planparallelle lag og med angivelse av resistivitet (ρ) og tykkelse (h) for hvert lag. Programmet beregner den teoretiske sonderingskurven som modellen gir. Modellen justeres slik at det oppnås best mulig tilpasning mellom den teoretiske modellkurven (heltrukket) og den målte sonderingskurven (plottet).

En slik tolkning er ikke entydig og det er vesentlig to forhold som kan gjøre tolkningene usikre. Det ene som kalles likeverdighet eller ekvivalens skyldes at et lags tykkelse og resistivitet kan variere innenfor visse grenser, men ha tilnærmet samme innvirkning på sonderingskurven. For et høymotstandslag som ligger mellom to lag med lavere motstand er det produktet av lagets resistivitet og tykkelse ($\rho \cdot h$) som bestemmer kurveformen og ikke de to størrelser hver for seg. For et lavmotstandslag som ligger mellom to lag med høyere motstand vil kurveformen være bestemt av forholdet mellom lagets tykkelse og resistivitet (h/ρ). Ekvivalensproblemet er spesielt stort ved store resistivitetskontraster og/eller dersom laget er tynt i forhold til overliggende materiale.

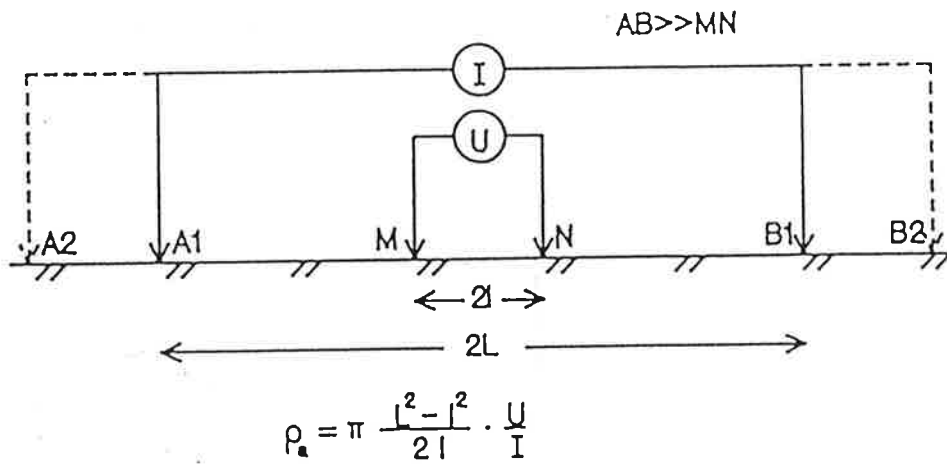
Det andre forhold som skaper tolkningsproblemer skyldes undertrykking (suppresjon) av et lag. Når lagets resistivitet har en verdi som ligger imellom de to omgivende lag, vil laget ikke kunne erkjennes av sonderingskurven hvis det ikke er tykt nok. Suppresjonsproblemet er størst ved store resistivitetskontraster. Den kritisk minste lagtykkelse som kan erkjennes vil også være avhengig av overliggende mektighet og vil være størst når resistiviteten i laget ligger nærmest resistivitetsverdien for underliggende materiale.

Anisotropi i det geologiske materiale kan også føre til feiltolkninger. Inhomogene forhold i grunnen kan dessuten medføre at sonderingskurvene ikke kan tolkes med de modelltyper som benyttes.

For å redusere flertydigheten er det viktig å benytte den geologiske informasjon som forøvrig finnes når tolkningsmodellene bygges opp.

På neste side er vist resistivitetssområdene for de mest vanlige materialtyper.

Schlumberger elektrodekonfigurasjon:



Tegnforklaring:

A OG B : STRØMELEKTRODER
 M OG N : POTENSIALELEKTRODER

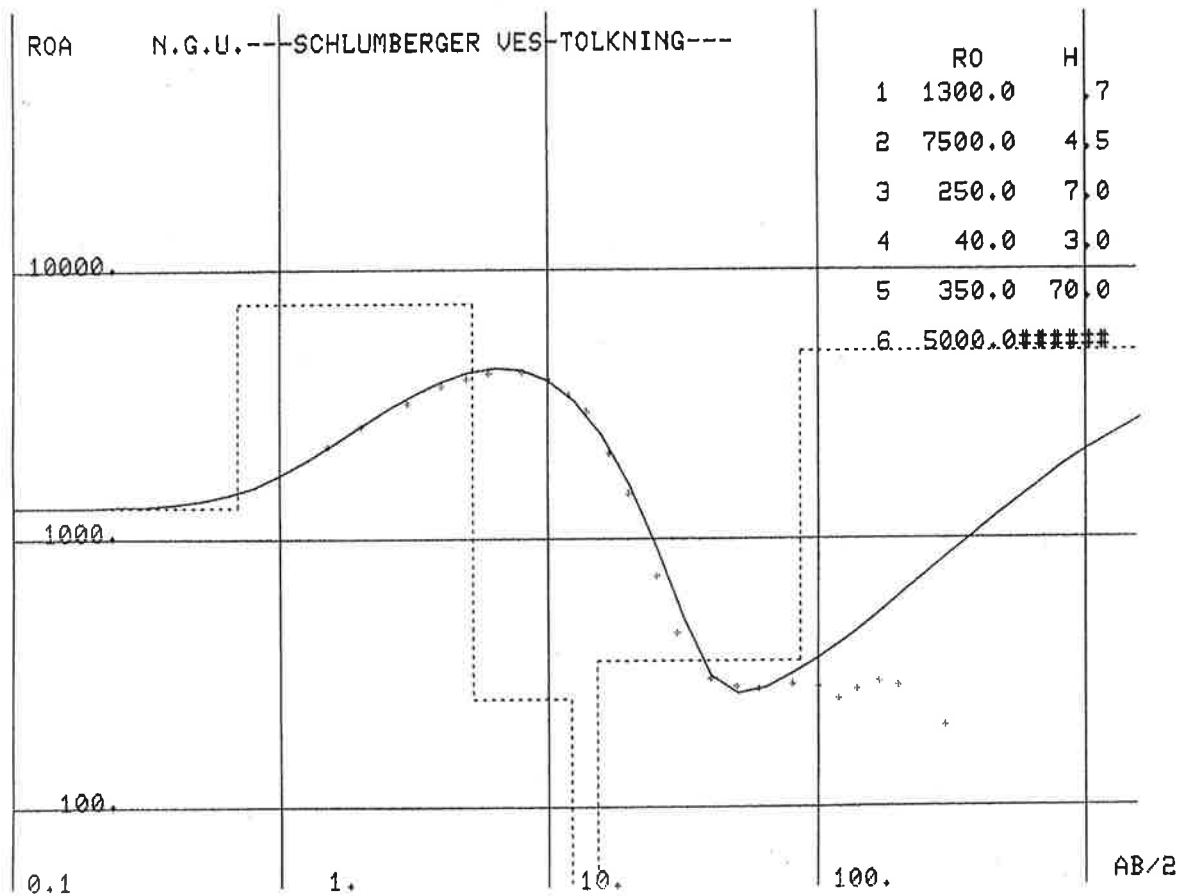
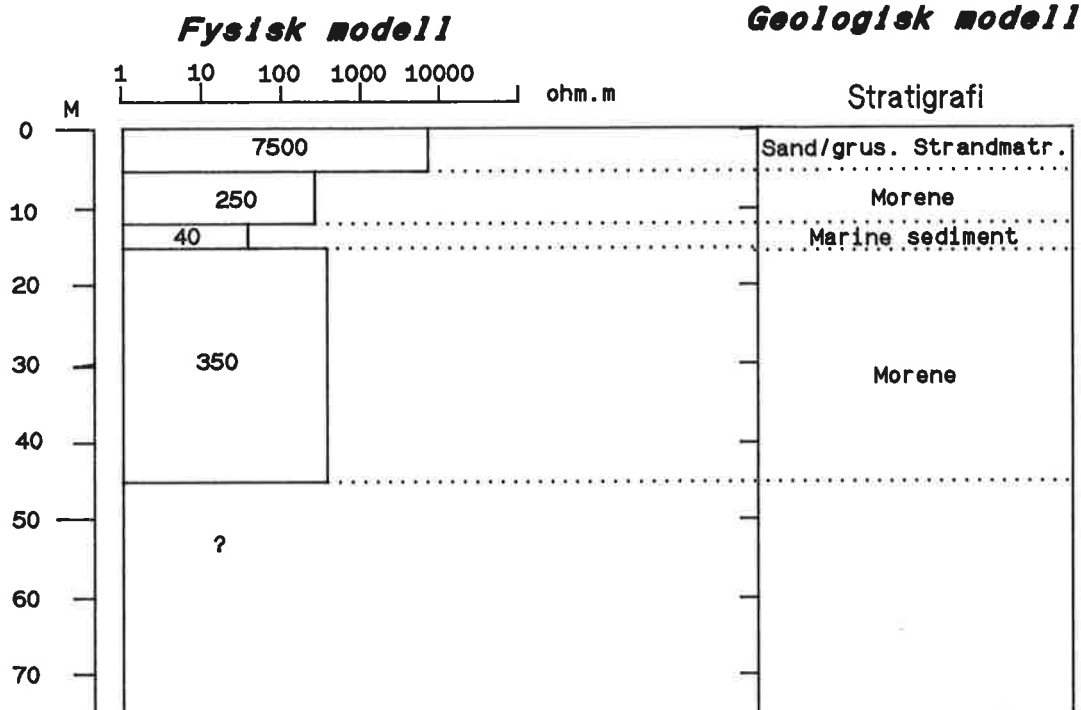
(I) : AMPEREMETER

(U) : VOLTMETER

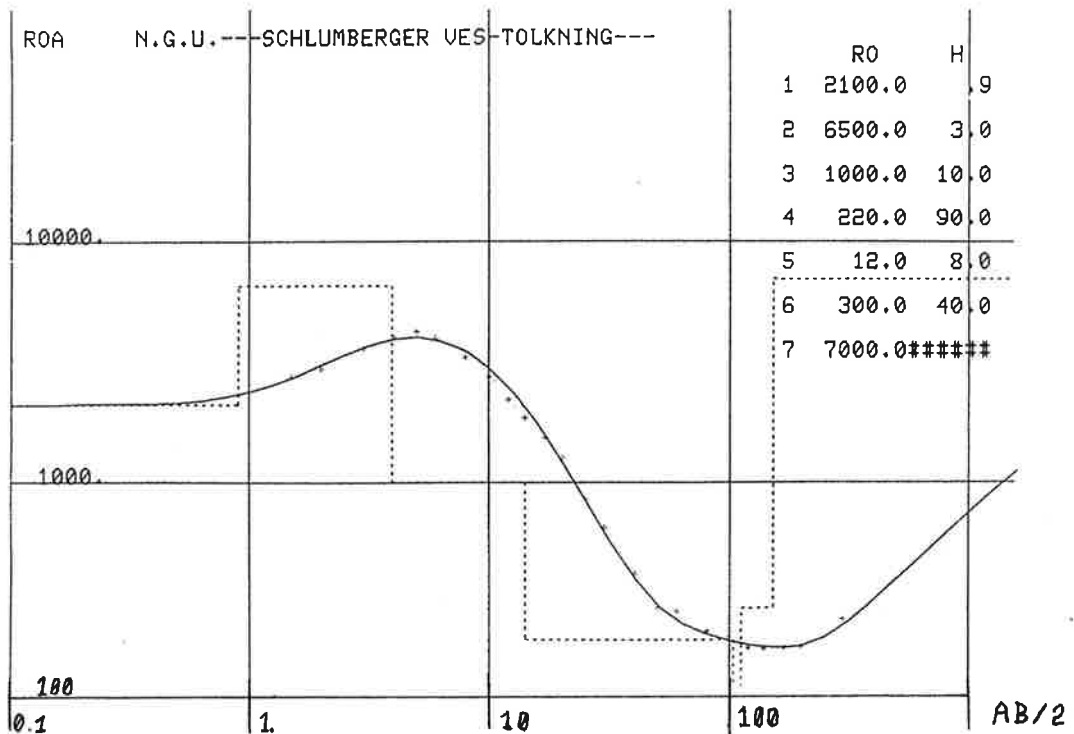
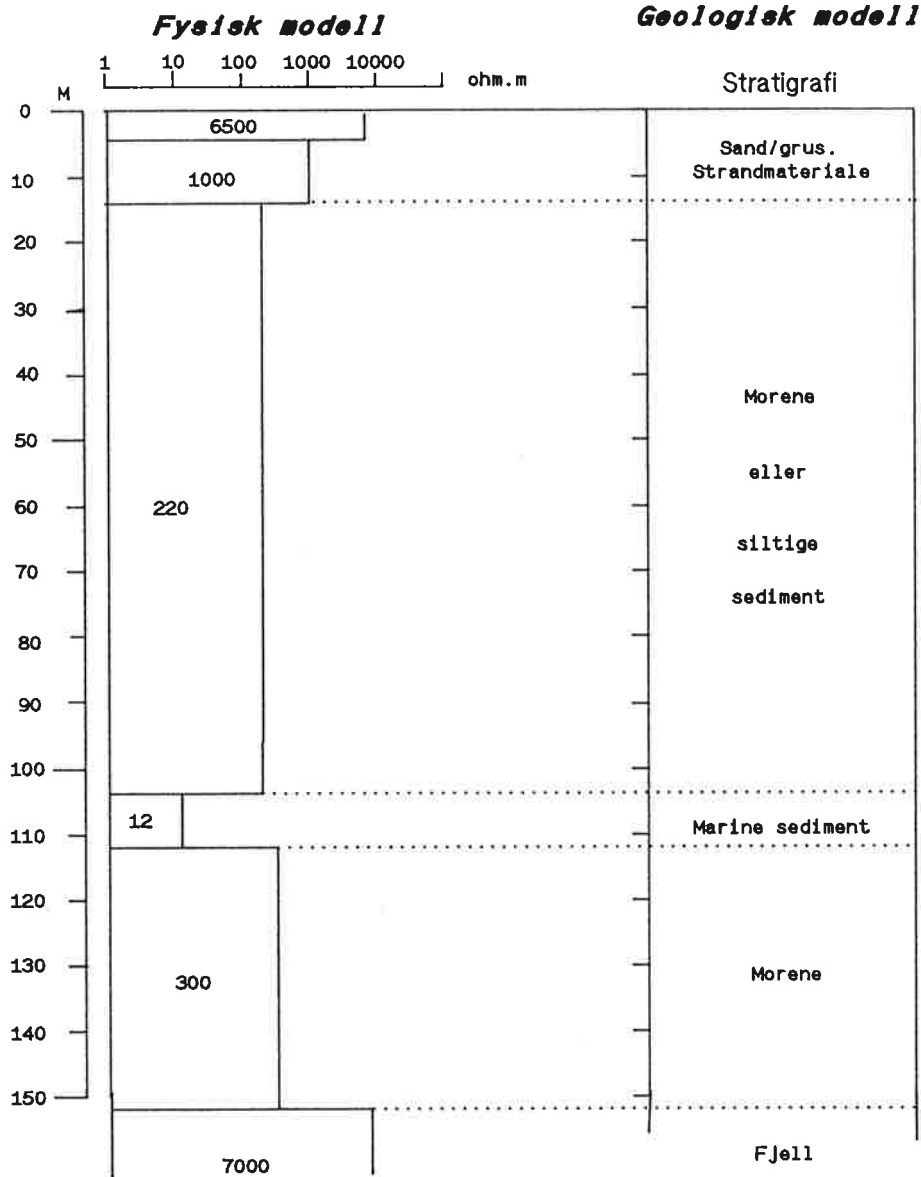
Spesifikk motstand (resistivitet) i noen geologiske materialer:

Materiale	Spesifikk motstand (ohm m)					
	1	10	100	1000	10000	100000
Leire, salt	[Horizontal line from 1 to 10]					
Leire, utvasket	[Horizontal line from 10 to 100]					
Silt, våt	[Horizontal line from 100 to 1000]					
Sand, vannm.	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, vannm.	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, tørr	[Horizontal line from 10000 to 100000]					
Morene	[Horizontal line from 100 to 10000]					
Fjell	[Horizontal line from 1000 to 10000]					

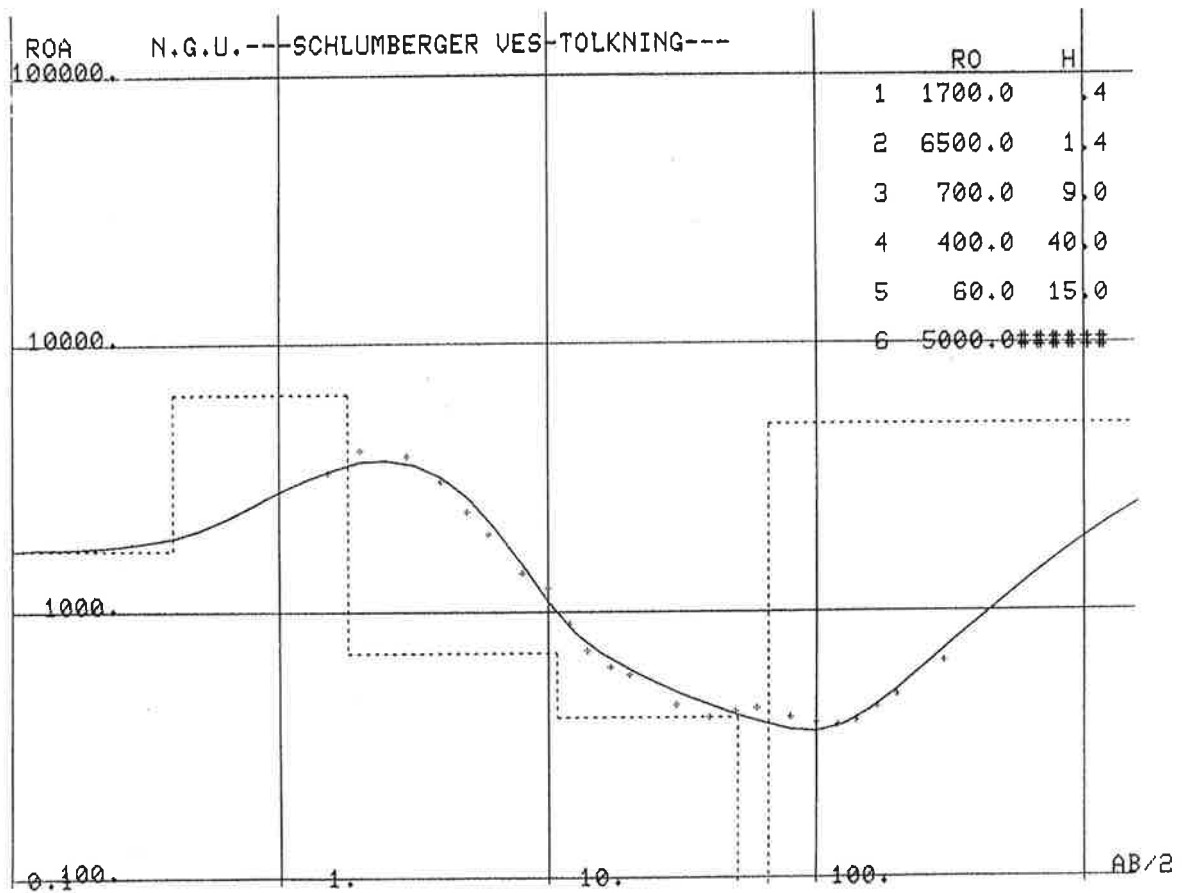
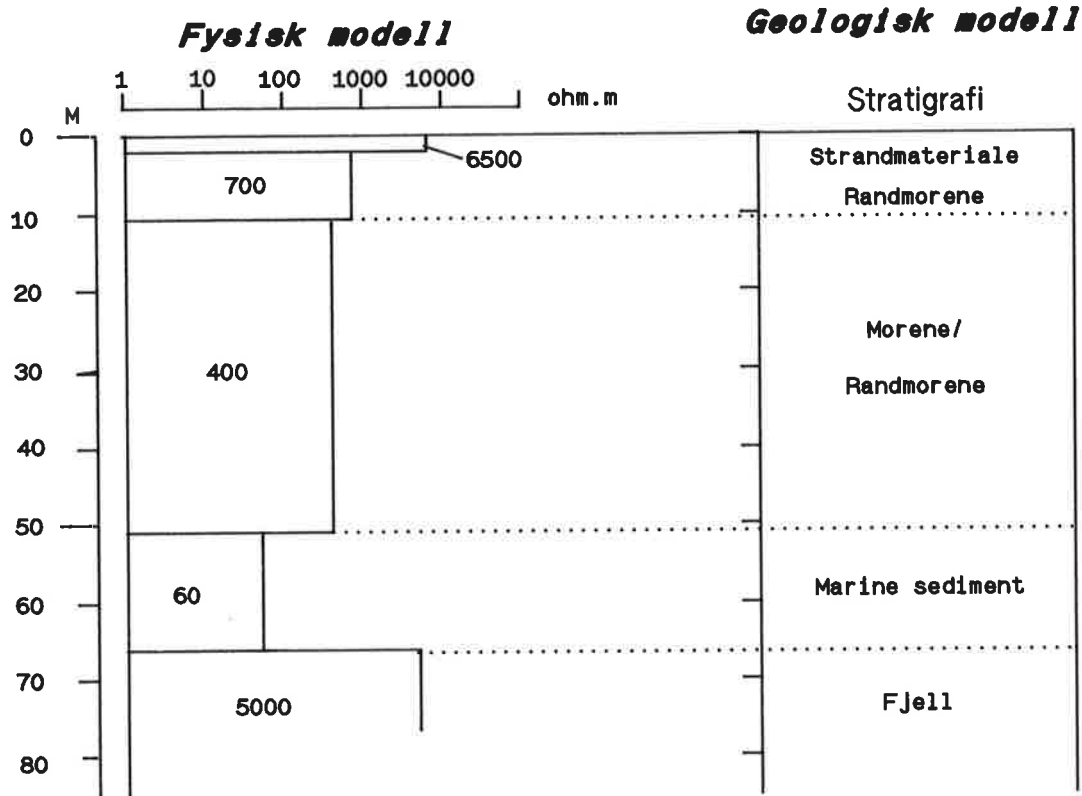
VES Nr. 1.1



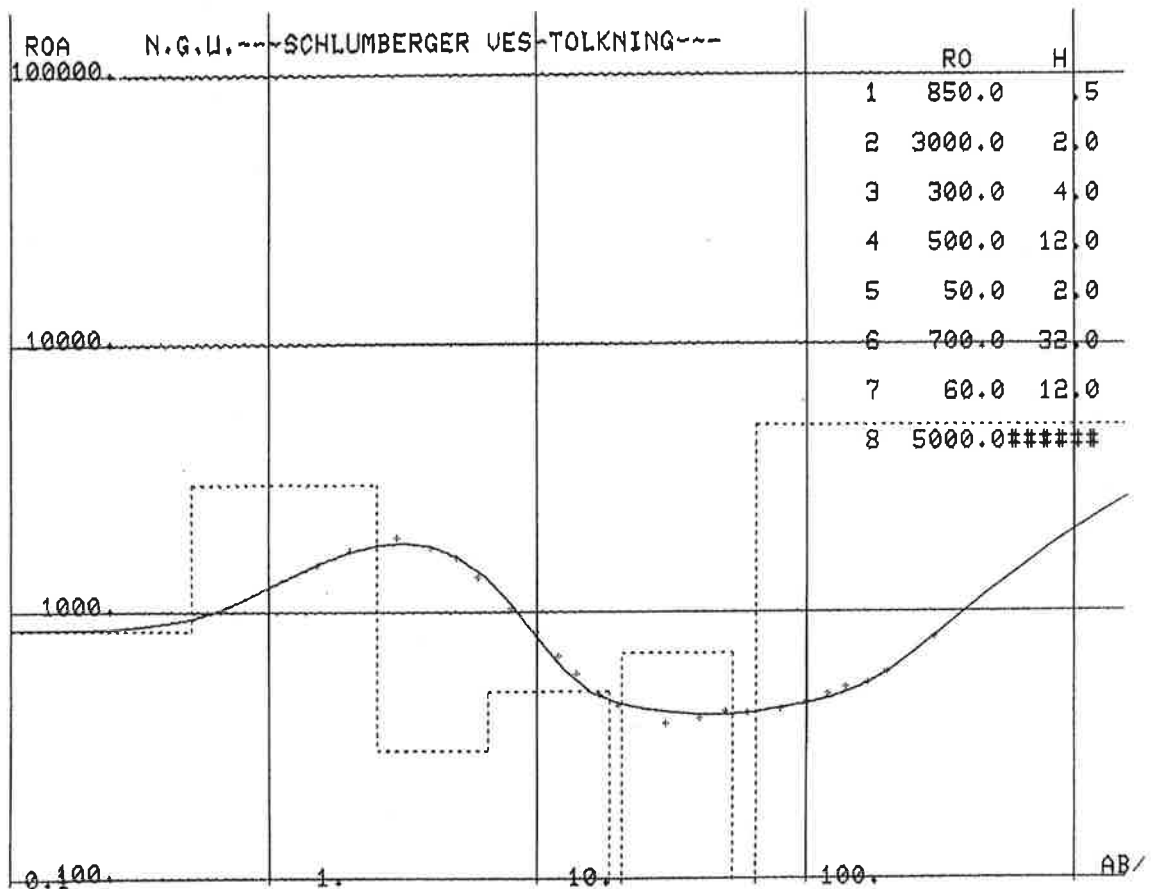
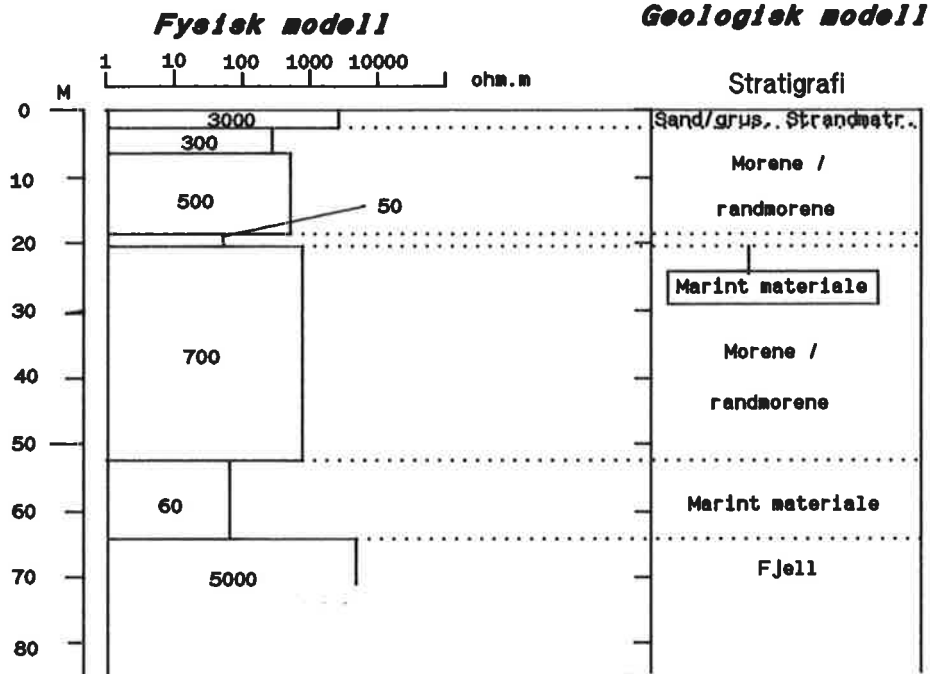
VES Nr. 1.2



VES Nr. 2.1



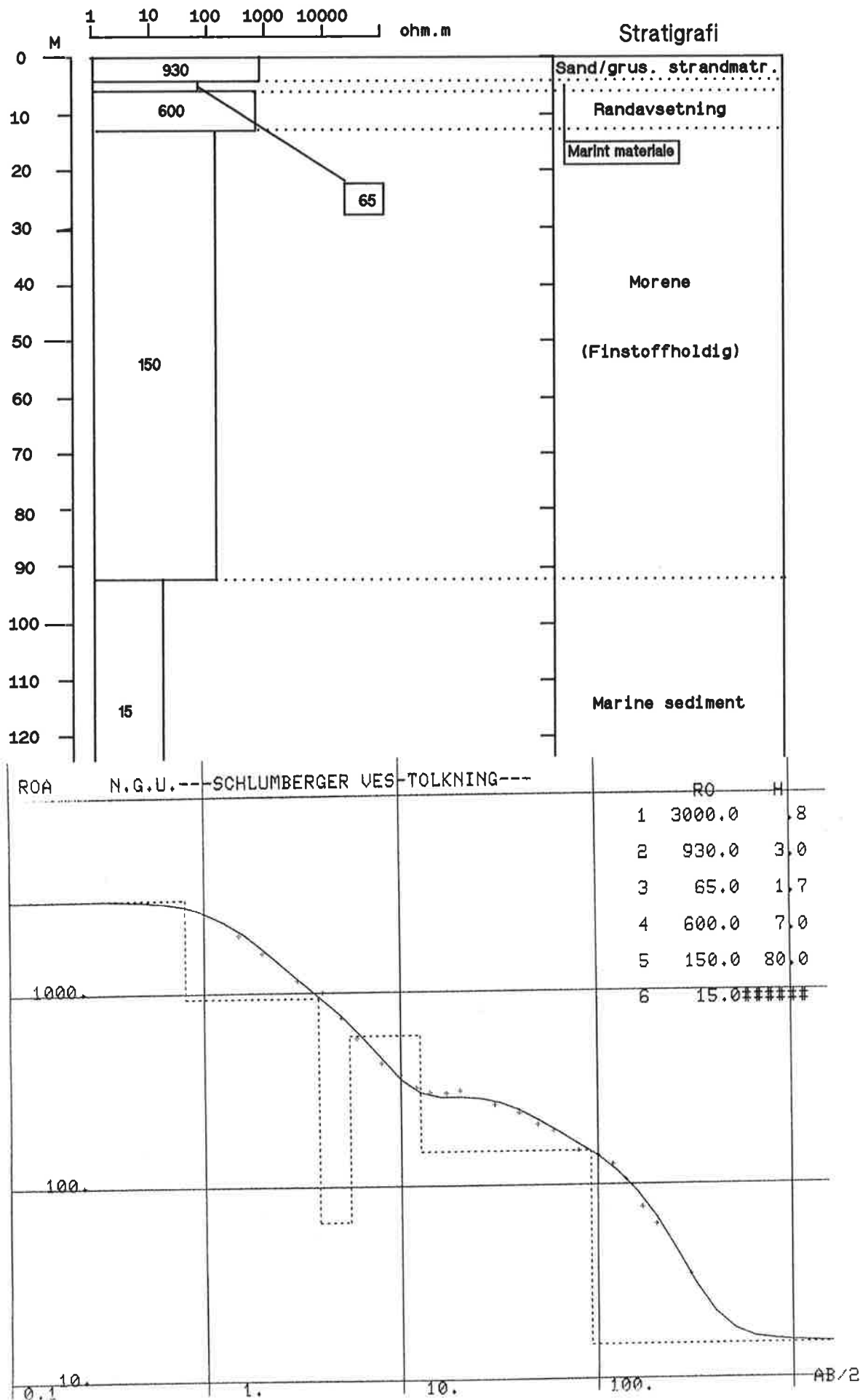
VES Nr. 2.2



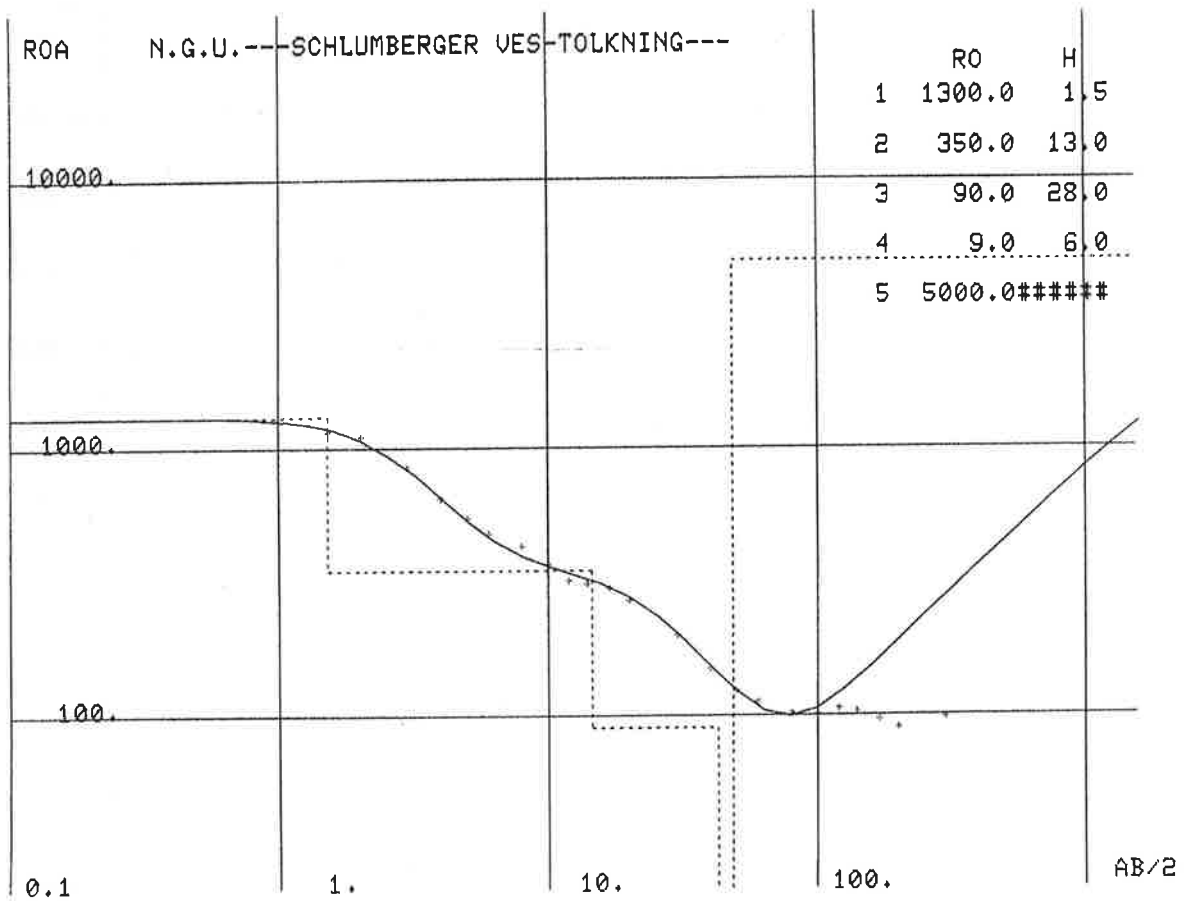
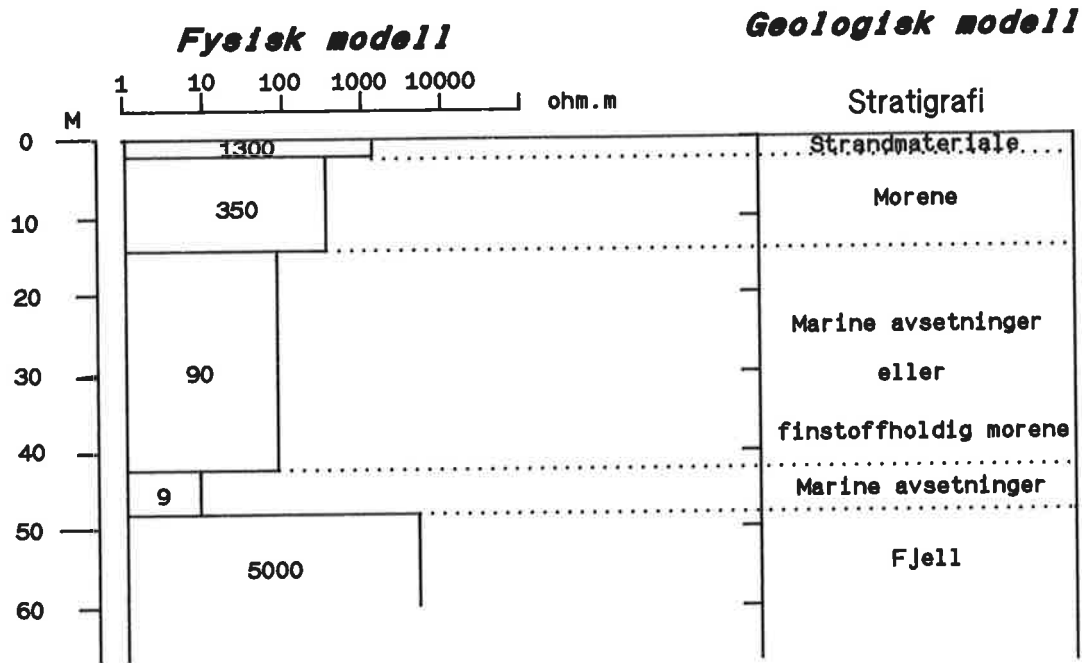
VES Nr. 3

Fysisk modell

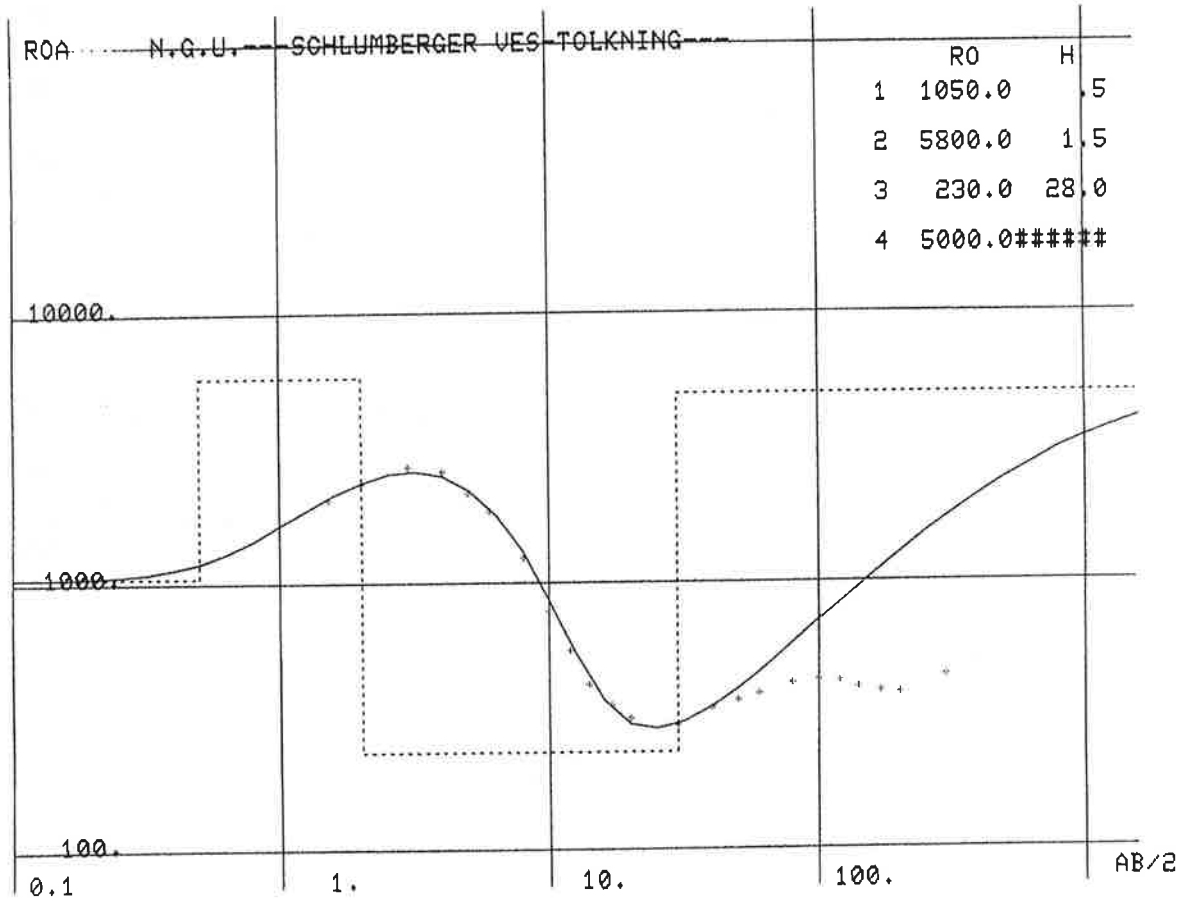
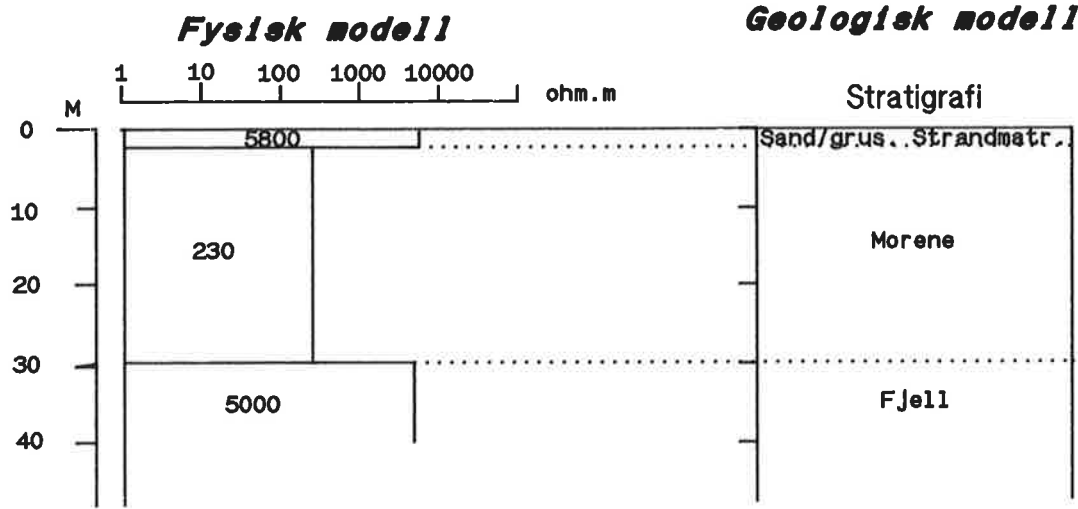
Geologisk modell



VES Nr. 4.1



VES Nr. 4.2



VES Nr. 5

