

NGU Rapport 96.114

TFEM-målinger Grasvatnet, Hemnes, Nordland

Rapport nr.: 96.114		ISSN 0800-3416	Gradering: <i>ÅPEN</i>
Tittel: TFEM-målinger Grasvatnet, Hemnes, Nordland			
Forfatter: Einar Dalsegg		Oppdragsgiver: NGU v/Nordlandsprogrammet	
Fylke: Nordland		Kommune: Hemnes	
Kartblad (M=1:250.000) Mosjøen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2027 III Storakersvatnet	
Forekomstens navn og koordinater: Grasvatnet 33W 4735 73235		Sidetall: 55	Pris: kr
Feltarbeid utført: 27.08 - 07.09. 1996		Rapportdato: 13.11. 1996	Prosjektnr.: 2543.29
		Ansvarlig: <i>Jan S. Rømming</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>Innenfor Nordlandsprogrammet er det i Bleikvassliprosjektet gjort TFEM-målinger i et ca. 7 km² stort område sør for Grasvatnet i Hemnes kommune. Området ble prioritert innenfor prosjektet da de geologiske strukturene i området, som representerer kontakten mellom Kongsfjell og Lifjellgruppen, var vurdert til å kunne være malmførende. Det var og påvist Cu-mineralisering i tillegg til en sterk geokjemisk anomali og helikopter EM-anomalier innenfor måleområdet.</p> <p>De elektromagnetiske bakkemålingene (TFEM) sør for Grasvatnet har vist at det innenfor det undersøkte området er flere både grunne og dype ledende soner.</p> <p>De mest interessante indikasjonene, med tanke på økonomisk mineralisering, kom fram på et mineralisert nivå som langs fallet mot vest ser ut til å ha to bedre ledende partier. Spesielt peker den dypeste ledende sonen seg ut som interessant med tanke på en mulig kompakt sulfidmalm. Denne har gitt meget sterke indikasjoner i frekvensdomenet og på de sene tidskanalene. Sonens dyp er tolket til 200 m og strøklengden til ca. 1,5 km. Målingene gir ikke grunnlag for å si om disse bedre ledende partiene skyldes grafitt eller kompakt sulfidmalm.</p> <p>Dersom også de geologiske indikasjonene er interessante, anbefales det boringer på de to dype sonene.</p>			
Emneord: Geofysikk		Elektromagnetisk måling	
Sulfid			
		Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER OG TOLKNING	5
3.1 Resultater tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz frekvensdomenet.	6
3.2 Beregning av tidskonstanter.....	10
4. KONKLUSJON OG ANBEFALING	12
5. REFERANSER.....	13

TABELLER

Tabell 1: Gradering av TFEM-anomalier	5
Tabell 2: Indikerte ledere i tidsdomenet, Grasvatnet.....	8
Tabell 3: Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Grasvatnet.....	9
Tabell 4: Indikerte ledere ved 25 Hz frekvensdomenet, Grasvatnet	10
Tabell 5: Beregnede tidskonstanter, horisontalfeltet, Grasvatnet	11

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: TFEM, metode- og instrumentbeskrivelse

DATABILAG

Databilag 1: Figur 1a - 18a, Profilplott av vertikal- og horisontalkanaler i tidsdomenet
Figur 1b - 18b, Profilplott av normalisert primærfelt og 25 Hz

KARTBILAG

96.114-01 Oversiktskart
-02 TFEM tolkningskart

1. INNLEDNING

Innenfor Nordlandsprogrammet er det i Bleikvassliprosjektet gjort TFEM-målinger innenfor et ca. 7 km² stort område sør for Grasvatnet i Hemnes kommune. Området ble prioritert innenfor prosjektet da de geologiske strukturene i området, som representerer kontakten mellom Kongsfjell og Lifjellgruppen, var vurdert til å kunne være malmførende (Bjerkgård, Larsen og Marker 1996). Det var og påvist Cu-mineralisering ved Rabolsbekken, i tillegg til en sterk geokjemisk anomali sør for Grasvatnet. De tidligere utførte regionale helikoptermålingene (Mogaard 1996) viser at det innenfor det interessante området er flere grunne ledende soner. Hensikten med å utføre TFEM-målinger var å se om mineraliseringer av betydning kunne påvises på dypet.

Måleområdets beliggenhet framgår av kartbilag -01.

Målingene ble utført i tiden 27.08. - 07.09 1996 av Einar Dalsegg med Håvard Tverrå som feltmedarbeider.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Den elektromagnetiske metoden TFEM (Time and Frequency Electro Magnetic) ble valgt som undersøkelsesmetode. Metoden har stor dybderekkevidde (400-500 m) i tillegg til at den gir grunnlag for å vurdere kvaliteten (ledningsevnen) til en leder. Ved undersøkelsen ble NGUs egenproduserte TFEM-utrustning benyttet. TFEM-målinger gjøres både i tids- og frekvensdomenet. En metode og instrumentbeskrivelse er vedlagt i tekstbilag 1. Brukerdokumentasjon og dataprosessering for metoden er beskrevet av Elvebakk (1996).

TFEM-målingene ble utført med konduktiv energisering (jordet kabel). Strømstyrken var 1.1 A.. Profilene ble stukket samtidig med målingene med en avstand på 400 m. Der det ut fra måleresultatene ble vurdert som nødvendig ble det målt mellomprofiler. Målepunktavstanden ble valgt til 50 m da det primært var dype mineraliseringer som var av interesse. Med en så stor målepunktavstand vil også grunne ledere av betydning påvises, men en vil ikke få en så nøyaktig plassering av anomaliårsaken som en målepunktavstand på 25 m ville gitt. Profilene er merket i terrenget med trestikker med påførte koordinater for hver 50 m. Tolkningskartet (kartbilag -02) viser måleområdet med kabelplassering og alle målte profiler.

Målingene foregikk uten tekniske problemer av betydning, men mye rein i området forårsaket flere kabelbrudd og følgelig store forsinkelser. Perioder med meget sterk vind reduserte

kvaliteten av måldata på enkelte profiler, uten at dette har hatt vesentlig betydning for tolkningen.

3. RESULTATER OG TOLKNING

I det følgende blir resultatet fra målingene kommentert. Kvalitetsvurdering av TFEM-anomalier er kort beskrevet i metodebeskrivelsen i tekstbilag 1. Ut fra erfaring fra målinger over kjente forekomster er graderingene i tabell 1 benyttet til å angi styrken på TFEM-anomalier. I tidsdomenet er signalstyrken på kanal H2 benyttet, mens den prosentvise svekningen av det normaliserte vertikalfeltet er benyttet til å angi styrken av 25 Hz- og primærfeltmålingene. Av de tre prinsipielt forskjellige målingene er primærfeltkanalene mest følsom, mens 25 Hz er minst følsom og gir anomalier på soner med relativt god ledningsevne. Dybderekkevidden er best for sene tidskanaler og 25 Hz frekvensdomenet. Ut fra kurveform kan dypet til strømkonsentrasjon og lederens fall tolkes.

Tabell 1. Gradering av TFEM-anomalier

Primærfelt	Tidsdomenet	25 Hz	Gradering
> 200 %	> 50 $\mu\text{V/A}$	> 50 %	Meget sterk
100 - 200 %	25 - 50 $\mu\text{V/A}$	30 - 50 %	Sterk
50 - 100 %	10 - 25 $\mu\text{V/A}$	10 - 30 %	Svak
< 50 %	< 10 $\mu\text{V/A}$	< 10 %	Meget svak

I tidsdomenet kan en i tillegg til anomalistyrken også vurdere ledningsevnen til lederen for å få et begrep om lederens kvalitet. Ledningsevnen kan vurderes ut fra hvor mange kanaler anomalien observeres på.

- Meget god ledningsevne: Anomali på kanal 1 - 7
- God ledningsevne: Anomali på kanal 1 - 5
- Dårlig ledningsevne: Anomali på kanal 1 - 3
- Meget dårlig ledningsevne Anomali på kanal 1

3.1 Resultater tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz frekvensdomenet.

Måleresultatene er vist i databilag 1 og de anomalier som framkom er presentert i tabellene 2, 3 og 4. De indikerte lederne ved de tre metodene er sammenstillt i et felles tolkningskart (kartbilag -02). Anomaliene fra de regionale helikoptermålingene som ligger utenfor vårt måleområde, men som har betydning for tolkningen av TFEM-målingene, er også tatt med på tolkningskartet.

Som tolkningskartet viser ble det innenfor det undersøkte området påvist flere soner. For å lette beskrivelsen av tolkningskartet er de mest fremtredende sonene gitt bokstaver fra A til D.

Sone A er en grunn sone som gir meget sterke anomalier i tidsdomenet. Ledningsevnen er meget god. Sonen fortsetter ut av måleområdet like nord for Rabolsbekken, og de regionale helikoptermålingene indikerer at sonen fortsetter vel 2 km mot nord. Mot sør er det usikkert om sonen på 1000 Y - 1237 X er sone A, eller om denne sonen er den samme som er påvist ca. 100 vest for sone A på profilene 1400 Y og 1600Y. Ut fra anomalistyrke ansees det siste alternativet som mest sannsynlig. De regionale helikoptermålingene viser at denne sonen fortsetter ut av måleområdet i sør.

Sone B er en grunn sone som faller sammen med en påvist Cu-mineralisering i Rabolsbekken. Sonen har på de fleste profilene gitt anomalier både i tidsdomenet og på primærfeltmålingene. Målingene indikerer en meget god ledningsevne på profilene 1400 Y til og med 2200 Y, mens den videre nordover er indikert som god. Mot nord blir sonen gradvis dypere og den kan følges nordover til profil 4200 Y.

Sone C er en dypere sone som er indikert fra profil 2000 Y til 3400 Y. En sone på 3800 Y - 1500 X (ca 150 m dyp) og på profilene 4200 Y og 4400 Y ved 1387 X (100 -150m dyp) kan være samme sonen. Ledningsevnen er indikert som meget god på profilene 2000 Y til og med 2600 Y og som god på profilene videre mot nord. Ledningsevnen til sonen på profilene 3800 Y til og med 4400 Y, og som kan representere sone C, er indikert som meget god. De geologiske undersøkelsene i området viser et fall mot vest fra 20 - 40°. Ut fra dette er det grunn til å anta at sone C representerer en bedre ledende del av sone B mot dypet.

Sone D kommer best fram på målingene ved 25 Hz i frekvensdomenet, men har på flere profiler også gitt anomalier på de sene tidskanalene. De primærfeltanomaliene som faller sammen med denne sonen fra profil 2600 Y og nordover, representerer en grunnere sone (25-50m). Dypet til sone D er tolket til 150-200m langs hele sonen. Ledningsevnen er meget god, mens anomaliårsaken blir gradvis svakere mot nord. I likhet med sone C representerer trolig sone D også et bedre mineralisert nivå i utbredelsen av sone B mot dypet. I og med at det er

kun sone D som har gitt anomalier ved 25 Hz i frekvensdomenet ansees denne sonen å være den klart mest interessante med tanke på en eventuell økonomisk mineralisering.

Nord for profil 3800 Y er det påvist flere soner. De mest utholdende er to grunne soner ved ca. 1200 X på profilene 4800 Y til 5400 Y og ved ca. 1550 X på profilene 4600 Y til 5000 Y. Den sistnevnte faller sammen med påvist grafittskifer i dette området. De andre sonene som er påvist i området ser ikke ut til å være utholdende nok til å være av økonomisk interesse.

Målingene gir ikke grunnlag for å si om sone C og D skyldes grafitt eller kompakt sulfidmalm. For å se om gravimetri kunne benyttes for å angi mineraliseringstype i lederne, er det kjørt et modelleringsforsøk (Geo Vista AB Intractive Gravity and Magnetic Modelling) over en tenkt sulfidmineralisering. Modellens parametre var:

- strøklengde 1,5 km
- fall 30°
- tykkelse 10 m
- høyde 200 m
- dyp til øvre kant 100 m
- egenvekt leder 4500 kg/m^3
- egenvekt sideberg 2700 kg/m^3

Denne modellen ga kun en anomali på 0.2 mgal, noe som antas å ligge under støynivået for metoden. Gravimetri vil derfor ikke være egnet som metode for å skille om anomaliårsaken til de to dyplederne er grafitt eller kompakt malm.

Tabellene 2, 3 og 4 viser alle indikerte ledere i tidsdomenet, ved primærfeltmålingene og ved 25 Hz frekvensdomenet. Tabellene viser anomalistyrke, en kvalitativ vurdering av ledningsevnen ut fra hvor mange kanaler lederen indikeres på, stedsangivelse og tolket dyp.

Tabell 2. Indikerte ledere i tidsdomenet, Grasvatnet

Profil (Y)	Koordinat (X)	Signal H2 ($\mu\text{V/A}$)	Kanaler	Anomali-styrke	Lednings-evne	Dyp (m)	Sone
1000	1237	100.2	1 - 7	m. sterk	m. god	utg.	
1000	2037	19.5	1 - 3	svak	dårlig	0 - 25	
1400	1137	87.8	1 - 4	m. sterk	god	0 - 25	A
1400	1262	67.2	1 - 7	m. sterk	m. god	utg.	
1400	1362	66.5	1 - 5	m. sterk	god	0 - 25	B
1400	1500		1 - 7		m. god	0 - 25	
1400	2012	12.6	1 - 3	svak	dårlig	25 - 50	
1400	2250	17.1	1 - 3	svak	dårlig		
1600	1150 ?	125.7	1 - 4	m. sterk	god	0-25	A
1600	1350	94.6	1 - 3	m. sterk	dårlig	0-25	
1600	1437	93.7	1 - 7	m. sterk	m. god	0 - 25	B
1600	1587	34.4	1 - 7	sterk	m. god	0 - 25	
1800	1100	154.9	1 - 7	m. sterk	m. god	utg.	A
1800	1481	67.1	1 - 7	m. sterk	m. god	0 - 25	B
1800	1550		5 - 7		m. god	0 - 25	
1800	2012	4.3	1 - 4	m. svak	god	0 - 25	
1800	2325	17.3	1 - 3	svak	dårlig		
2000	1406	66.9	1 - 2	m. sterk	dårlig	0 - 25	
2000	1475	92.4	1 - 7	m. sterk	m. god	utg.	B
2000	1537		6 - 7		m. god	100	C
2200	1362	81.9	1 - 5	m. sterk	god	utg.	B
2200	1500		6 - 7		m. god		C
2200	1650		6 - 7		m. god	200	D
2200	2000	4.4	1 - 7	m. svak	m. god	0 - 25	
2600	1262	93.1	1 - 5	m. sterk	god	0 - 25	B
2600	1387		6 - 7		m. god	100	C
2600	1562		6 - 7		m. god	200	D
3000	1287	76.3	1 - 4	m. sterk	god	0 - 25	B
3000	1387	64.1	1 - 5	m. sterk	god	25 - 50	C
3000	1562		6 - 7		m. god	200	D
3000	1812	11.0	1 - 3	svak	dårlig	0 - 25	
3000	1950	7.6	1 - 3	m. svak	dårlig		
3200	1275	121.8	1 - 5	m. sterk	god	utg.	B
3200	1437		3 - 5		god	100	C
3400	1237	128.4	1 - 5	m. sterk	god	25 - 50	B
3400	1400		3 - 5		god		C
3400	1612		6 - 7		m. god	200	D
3800	1262	34.7	1 - 4	sterk	god	25 - 50	B
3800	1500		5 - 7		m. god	150	C ?
4200	1200	7.9	1 - 4	m. svak	god	50 - 75	B
4200	1387		5 - 7		m. god	100 - 150	C ?
4200	1637	39.3	1 - 2	sterk	dårlig	0 - 25	
4200	1875	29.5	1 - 3	sterk	dårlig	0 - 25	
4200	2250	25.1	1 - 3	sterk	dårlig		
4400	1262	54.7	1 - 4	m. sterk	god	0 - 25	
4400	1387		4 - 7		m. god	100 - 150	C ?
4400	1637	25.5	1 - 3	sterk	dårlig	0 - 25	
4600	1237	54.8	1 - 5	m. sterk	god	100	
4600	1450	13.2	1 - 3	svak	dårlig		
4600	1800	11.4	1 - 3	svak	dårlig		
4800	1262	49.6	1 - 4	sterk	god	0 - 25	

Tabell 3. Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Grasvatnet

Profil (Y)	Koordinat (X)	Svekning (%)	Styrke	Dyp (m)	Sone
1000	1225	30	m. svak	25 - 50	
1000	1300	33	m. svak	25 - 50	
1000	1625	9	m. svak	50 - 75	
1000	2025	11	m. svak	0 - 25	
1400	1125	62	svak	0 - 25	A
1400	1275	44	m. svak	0 - 25	
1600	1425	98	svak	50	
1600	1575	50	svak	0 - 25	
1600	1675	30	m. svak	0 - 25	
1800	1050	80 ?	svak	0 - 25	A
1800	1487	55	svak	0 - 25	B
1800	2025	12	m. svak	25 - 50	
2000	1412	46	m. svak	0 - 25	
2000	1462	62	svak	0 - 25	B
2200	1375	101	sterk	0 - 25	B
2200	2025	26	m. svak	0 - 25	
2600	1275	55	svak	0 - 25	B
2600	1575	24	m. svak	0 - 25	
3000	1275	103	sterk	0 - 25	B
3000	1625	14	m. svak	25 - 50	
3000	1825	20	m. svak	0 - 25	
3200	1275	134	sterk	0 - 25	B
3200	1650	15	m. svak	50	
3400	1225	140	sterk	0 - 25	B
3400	1650	10	m. svak	50	
3800	1175	105	sterk	50 - 75	B ?
4200	1175	54	svak	100	B
4200	1625	20	m. svak	0 - 25	
4400	1275	43	m. svak	0 - 25	
4400	1625	27	m. svak	0 - 25	
4600	1250	52	svak	100	
4600	1725	27	m. svak	100	
4800	1275	28	m. svak	0 - 25	
4800	1425	24	m. svak	75	
4800	1575	21	m. svak	0 - 25	
5000	1225	63	svak	50	
5000	1575	52	svak	0 - 25	
5200	1125	54	svak	0 - 25	
5200	1250	27	m. svak	100	
5200	1625	15	m. svak	50	
5400	1175	57	svak	0 - 25	
5400	1725	26	m. svak	100	

Tabell 4. Indikerte ledere ved 25 Hz frekvensdomenet, Grasvatnet

Profil (Y)	Koordinat (X)	Svekning (%)	Styrke	Dyp (m)	Sone
1000	1275	93	m. sterk	25 - 50	
1000	1675	17	svak	75	
1400	1325	27	sterk	75	
1400	1625	30	sterk	75	
1400	2150	35	sterk	75	
1600	1475	6	m. svak	25 - 50	B
1600	1625	20	svak	0 - 25	
1600	1750	61	m. sterk	150	D
1800	1525	37	sterk	25 - 50	B
1800	1700	65	m. sterk	150	D
1800	2100	43	sterk	75	
2000	1550	20	svak	50 - 75	C
2000	1725	70	m. sterk	150	D
2200	1650	47	sterk	200	D
2200	2025	15	svak	25 - 50	
2600	1575	42	sterk	200	D
3000	1600	57	m. sterk	150 - 200	D
3200	1650	66	m. sterk	100 - 150	D
3400	1650	70	m. sterk	100 - 150	D
3800	1625	37	sterk	150 - 200	D
4200	1625	19	svak	150 - 200	D
4400	1625	18	svak	150 - 200	D
4600	1700	18	svak	200	D
5200	1275	22	svak	100	
5400	1450	16	svak	25 - 50	

3.2 Beregning av tidskonstanter

For å få en bedre vurdering av kvaliteten til en leder som er indikert i tidsdomenet, kan en studere tidskonstanten og «decay»-kurven til lederen, se tekstbilag 1.

Tidskonstanten beregnes etter formelen:

$$T_n = (t_{n+1} - t_n) / \ln(H_n / H_{n+1})$$

der t_n er måletidspunkt for kanal n og H_n er målesignal for kanal n

Tidskonstanten er et mål på hvor fort strømmen dør ut i en leder. Jo større tidskonstant jo lengre varer strømmen i lederen og jo bedre er ledningsevnen. Erfaring har vist at tidskonstanter større enn 3 - 4 ms mellom kanal 6 og 7 (T6) kan indikere massiv kis. Grafittskifre vil selvsagt også ha stor tidskonstant, gjerne mye større enn for massive sulfider. En har ikke kriterier for å skille grafitt og sulfider ved hjelp av tidskonstantens størrelse.

Tabell 5. Beregnede tidskonstanter, horisontalfeltet, Grasvatnet

Profil (Y)	Koordinat (X)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Sone
1000	1250	-2.05	0.43	0.93	1.60	2.81	2.99	
1000	2050	0.14	0.49					
1400	1150	0.33	0.11	0.24				A
1400	1250	-2.22	0.18					
1400	1350	-0.08	1.83	0.77	0.94			B
1400	2250	0.13	-8.17					
1600	1150	0.12	0.18	0.58				A
1600	1350	-1.13	22.26					
1600	1450	-0.11	0.62	0.67	0.81	1.16	5.52	B
1600	1600	-3.93	-0.65	0.57	2.13	2.36	2.88	
1800	1150	0.09	0.20	0.60	0.47	0.89	1.44	A
1800	1475	-1.57	0.24	1.89	1.45	1.73	2.88	B
1800	1850	0.12	-0.44					
1800	2000	0.11	0.32	0.34				
2000	1425					1.87	3.34	
2000	1475	-0.05	-3.49	0.41	1.06	1.44	2.94	B
2200	1350	-2.06	0.37	1.18	0.72			
2200	1500						3.45	C
2200	2000	0.30	-0.33	0.37	7.19	4.16	5.04	
2600	1300	0.47	0.46	0.84	0.63			B
2600	1400						3.85	C
2600	1550						5.70	D
3000	1300	0.56	0.25	1.33				B
3000	1400	-0.22	1.14	0.62	0.72			C
3000	1600						4.85	D
3000	1800	0.11	0.25					
3000	1950	0.10	-0.44					
3200	1300	0.27	0.23	0.79	0.40			B
3200	1450			0.96	0.58			C
3400	1250	-0.34	0.25	0.71	0.53			B
3400	1350			0.97	0.76			C
3400	1600						5.03	D
3800	1250	-1.35	0.26	0.59				B
3800	1500					3.11	6.15	C ?
4200	1200	0.09	-1.24	1.01				B
4200	1900	0.18	0.12					
4200	2250	0.16	0.16					
4400	1250	0.20	0.16	1.53				
4400	1400				0.75	1.27	2.74	C ?
4400	1650	0.28	0.23					
4600	1200	0.15	0.49	0.45	0.69			
4600	1450	0.51	0.45					
4600	1800	0.58	1.09					
4800	1250	0.10	0.15	0.50				
4800	1400	0.13	0.21	0.61	0.61	1.27	4.05	
4800	1600	0.14	0.18	0.40	0.71	1.32		
5000	1200	0.10	0.31	0.47	0.74	1.37	3.35	
5000	1600	0.22	0.22	0.51				
5200	1150	0.09	0.11	1.10	0.77			
5200	1450	0.13	0.17					
5400	1200	0.09	0.15	0.41	0.73			
5400	1400					3.39	3.88	

Som tabell 5 viser er strømmen i sone A ikke utholdende nok til å kunne beregne tidskonstantene T4, T5 og T6 på profilene 1400 Y og 1600 Y. Dette sammen med relativt lave verdier på profil 1800 Y indikerer at sonen ikke er spesielt godt ledende.

I sone B er strømmen utholdende på profilene 1600 Y, 1800 Y og 2000 Y, mens den på profilene 2600 Y til 4200 Y ikke er utholdende nok til at tidskonstanten på T5 og T6 kan beregnes. Dette indikerer god ledningsevne i den sydlige delen av sonen, mens den ikke er spesielt godt ledende fra profil 2600 Y og nordover.

Sone C viser høye verdier på profilene 2200 Y og 2600 Y, mens de også her avtar mot nord. Dette indikerer i likhet med sone B en meget god ledningsevne i den sørlige delen av sonen, mens den blir lavere mot nord. Sonene som er påvist på profilene 3800 Y til 4400 Y, og som kan være en fortsettelse av sone C, viser meget høye verdier for T6 og dermed indikasjon på meget god ledningsevne.

Sone D har gitt meget høye verdier på de tre profilene som har gitt grunnlag for å beregne tidskonstanten. Dette i tillegg til at den har gitt meget sterke anomalier i frekvensdomenet indikerer at sonen er meget godt ledende. Målingene gir ikke grunnlag for å si om den høye ledningsevnen skyldes massiv mineralisering eller grafitt.

I tillegg til disse fire hovedsonene viser tabellen at det er beregnet høye tidskonstanter (god ledningsevne) også for noen av de andre sonene i området.

4. KONKLUSJON OG ANBEFALING

De elektromagnetiske bakkemålingene (TFEM) sør for Grasvatnet har vist at det innenfor det undersøkte området er flere både grunne og dype ledende soner.

Det mest interessante som fremkom med tanke på økonomisk mineralisering, er indikasjonen på et mineralisert nivå (B) som langs fallet mot vest ser ut til å ha to bedre ledende partier (C og D). Spesielt peker sone D seg ut som interessant med tanke på en mulig kompakt sulfidmalm, da den har gitt meget sterke indikasjoner i frekvensdomenet og de sene tidskanalene. Målingene gir ikke grunnlag for å si om disse bedre ledende partiene skyldes grafitt eller kompakt sulfidmalm.

Dersom også de geologiske indikasjonene er interessante, anbefales det boringer på sone C og D.

5. REFERANSER

Bjerkgård, T., Larsen R.B. & Marker, M. 1995: Regional Geology of the Okstindene Area, the Rødingsfjell Nappe Complex, Nordland, Norway. *NGU Report 95.153*

Elvebakk, H. 1996: NGU-TFEM, brukerdokumentasjon og dataprosessering. *NGU Internrapport 96.015*

Mogaard, J.O. 1996: Helikoptermålinger i Bleikvassli 1993, 1994 og 1995. *NGU Rapport 96.050*

TFEM, METODE OG INSTRUMENTBESKRIVELSE

1 Metodebeskrivelse

TFEM, (Time and Frequency Electro Magnetic) er en elektromagnetisk metode hvor målingene foregår både i tidsdomenet og i frekvensdomenet. Med NGUs egenproduserte TFEM-utrustning blir strømpulser sendt ut i en kabelsløyfe eller jordet kabel som legges langs strøket i måleområdet. Magnetfeltet fra kabelen, primærfeltet, vil indukere sekundære strømmer i eventuelle ledere. Induserte returstrømmer under kabelen vil også diffundere ut og ned og samles i ledere som er tilstede. Ved jordet kabelutlegg vil i tillegg også konduktive strømmer samles i de samme lederne. Strømmen som sendes ut i kabelen slås av og på hvert 10. ms vekselvis med motsatt fortegn. Målinger blir gjort langs profiler ut fra kabelen, og i tidsdomenet måles sekundærfeltet fra strømmene i ledere direkte. I frekvensdomenet må måledata normaliseres mot det teoretiske primærfeltet fra kabelutlegget. Sekundærfeltet er satt opp både av de direkte induserte strømmene i en leder, og av de induserte returstrømmer under kabelen som diffunderer ned og samles i ledere. I tidsdomenet trenger måledata ingen normalisering da målingene blir foretatt i tidskanaler (tidsvindu) i den tiden strømmen er slått av og det ikke er noe primærfelt tilstede. Det induserte sekundærfeltet er faseforskjøvet i tid etter primærfeltet, og induksjon oppstår når primærfeltet slås av og på eller skifter retning. Konduktive strømmer vil være noe faseforskjøvet langt borte fra senderen. Derfor vil feltet fra disse også kunne måles i tidsdomenet og forsterke det målte sekundærfeltet. I løpet av 10 ms måles 7 vertikale og 7 horisontale kanaler ved forskjellig (økende) tidspunkt etter at strømmen er slått av (tidsdomenemålinger). I tillegg måles vertikal- og horisontal-komponent av primærfeltet, kanal 0, som måles like før strømmen blir null. I frekvensdomenet måles vertikalkomponenten av totalfeltet ved 25 Hz som er grunnfrekvensen av strømpulsene som sendes ut. Både reell- og imaginærkomponent måles.

De tidlige kanalene i tidsdomenet indikerer grunne ledere både med god og dårlig ledningsevne, mens de sene kanalene overser grunne dårlige ledere og indikerer gode ledere på dyp ned til 400 - 500 m. På denne måten kan en vurdere kvaliteten til en leder. Med kvalitet menes her elektrisk ledningsevne. Det er flere faktorer å ta hensyn til når en skal vurdere kvaliteten til en leder. En faktor er selve anomalistyrken (styrken på målesignalet) på de forskjellige kanaler. Dette er en konkret verdi som kan leses direkte av måledata (H-kanalene) og en kan sette grenser for å gradere anomalien styrke. Lederens ledningsevne er avgjørende for styrken på anomalien, men kvaliteten på ledere må også vurderes ut fra hvor fort anomalien dør ut som funksjon av tid. Til dette kan en beregne en tidskonstant som er en indikasjon på hvor god ledningsevnen er. En anomali som dør raskt ut vil ha en liten tidskonstant, mens en anomali som er sterk på de sene kanaler har stor tidskonstant. Tidskonstanten beregnes ut fra en kurve der en plotter målesignalet (H-kanaler,

logaritmisk skala) som funksjon av tid etter strømbrydd (lineær skala), og beregnes der denne kurven er lineær (konstant vinkelkoeffisient). Jo flatere kurven er i den lineære delen jo større er tidskonstanten og jo bedre er ledningsevnen.

En tredje faktor som påvirker anomalistyrken er lederens form og størrelse samt beliggenhet i forhold til kabelutlegg. Lederens lengde, bredde og fall vil ha betydning for den elektromagnetiske koblingen og dermed for styrken på de induserte strømmene. Det er vanskelig å tallfeste betydningen av disse faktorene slik at her må en gjøre en vurdering i hvert enkelt tilfelle ut fra det erfaringsmaterialet en har tilgjengelig.

I frekvensdomenet vil primærfeltmålingene (kanal 0) særlig indikere grunne dårlige ledere godt, men dype ledere vil også indikeres, spesielt ved konduktiv energisering. Målinger på 25 Hz, som er en meget lav frekvens, vil være godt egnet til å indikere dype gode ledere dersom måleforholdene er gode. Ledere med dårlig ledningsevne vil ikke indikeres.

Anomalier fra TFEM-målinger har en form lik anomalier fra tradisjonelle Turam-målinger og tolkningen skjer etter samme manuelle metoder. Ved TFEM-målinger i tidsdomenet måles i tillegg også retningen på magnetfeltet. Dette kan ha betydning for bestemmelse av kantstrømmer. Øvre og nedre kant i en plateleder har strømmer med motsatt retning og dermed motsatt retning på sekundærfeltet.

2 Instrumentbeskrivelse

NGU's TFEM (Time and Frequency domain Electro Magnetic) er et instrument utviklet ved NGU i perioden 1982-1985. Senderdelen består av en generator (1,5-2 kW), en strømforsyning som konverterer AC til DC og selve senderen som er mikroprosessorstyrt. I tillegg til dette kommer kabelutlegg som kan variere i form og størrelse. Mottakersystemet består av 4 spoler, selve mottakeren (mikroprosessorstyrt) og en batterikasse.

Prosessoren i mottakeren kan utføre følgende funksjoner:

- stiller inn forsterkning i forhold til signalnivå
- kontrollerer og viser måledata
- utfører statistiske beregninger under måling
- utfører instruksjoner gitt av operatøren
- behandler "overflows"
- lagrer data i bobleminne
- overfører data til PC

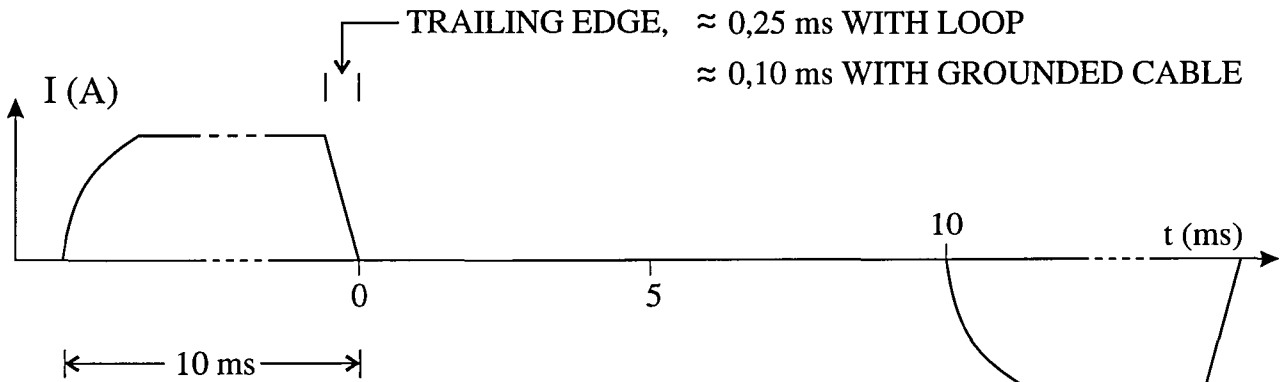
Koblingen mellom sender og mottaker er etablert ved hjelp av høyfrekvente oscillatorer koblet opp mot tellere både i sender og mottaker. Ved å nullstille tellerne ved målingenes start (synkronisering), vet mottakeren til enhver tid hvordan strømforløpet er, og kan styre måleprosessen ut fra dette.

Instrumentet måler 8 vertikale og 8 horisontale kanaler (medregnet kanal 0) i tidsdomenet. Svært gode ledere kan bli oversett ved transientmålinger, og for å gardere seg mot dette måles 2 vertikalkanaler ved 25 Hz i frekvensdomenet. Figur B1 viser strømforløpet ut fra sender og hvordan de 16 tidskanalene måles i forhold til strømpulsene. For å tilfredsstillere krav til følsomhet og frekvensrespons måles de fire første kanalene i tidsdomenet i en spole og de fire siste i en annen spole. Dette gjelder både horisontal- og vertikalkomponenten, derfor 4 målespoler. Figur B2 viser hvordan de to frekvensdomenekanalene måles i forhold til strømforløpet. Periodetiden for den utsendte strømmen er 40 ms, noe som tilsvarer en frekvens på 25 Hz. V8 måles tilnærmet i fase med primærfeltet og V9 tilnærmet ut av fase.

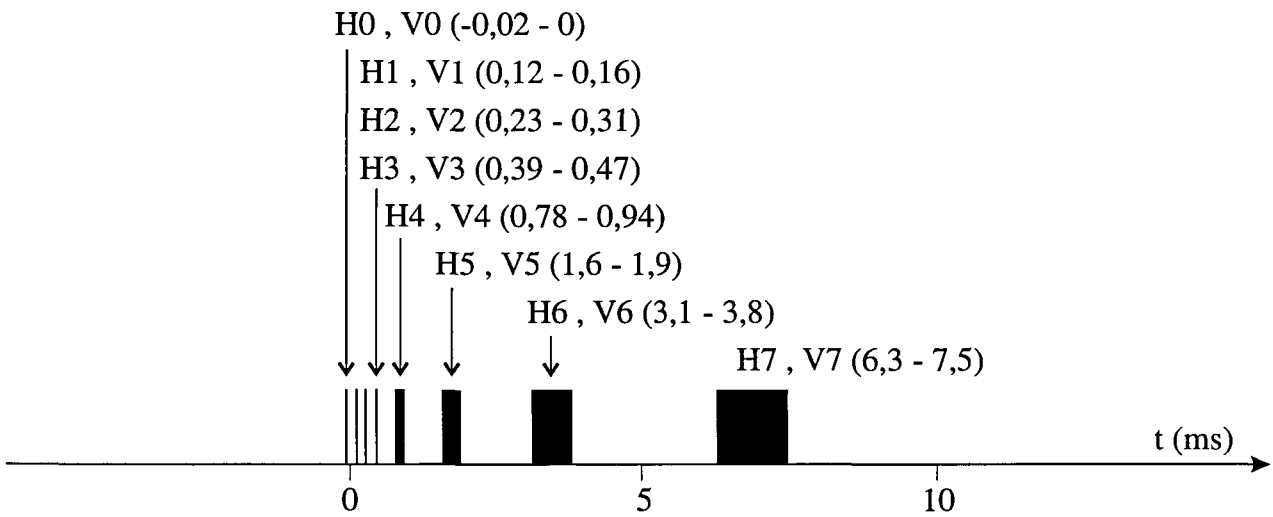
Figur B3 viser datastrømmen fra målespoler frem til presentasjon av data. Hele måleprosessen og all dataoverføring styres av den sentrale prosessoren. Fra målespolen går data via prosessoren til midlertidig lagring i RAM. Under måling utføres kontinuerlig statistiske beregninger, og data overvåkes slik at perioder med mye støy kan vrakes. Antall måleserier kan bestemmes ved å stille krav til standardavvik i de enkelte kanaler, eller ved å sette et øvre tak for antall måleserier. Etter avsluttet måleserie kan beregnede data for alle kanaler listes ut på display for sjekk. Er data OK legges de inn på boblelageret. Etter endt måledag overføres data fra boble via mikroprosessoren til PC. Her kan en liste ut måleverdiene og en kan få profilplott av de forskjellige kanaler. For hver målestasjon blir følgende data lagret i bobleminnet:

- middelvei i 18 kanaler
- usikkerhet i 18 kanaler
- forsterkningskode i 18 kanaler
- antall målesykluser
- informasjon om "overflows"
- tid (måned, dato, time, minutt, sekund)
- koordinater (X,Y)
- senderparametre (strømstyrke, sløyfestørrelse m.m)

CURRENT TIME, $T = 40 \text{ ms}$ ($f = 25 \text{ Hz}$)

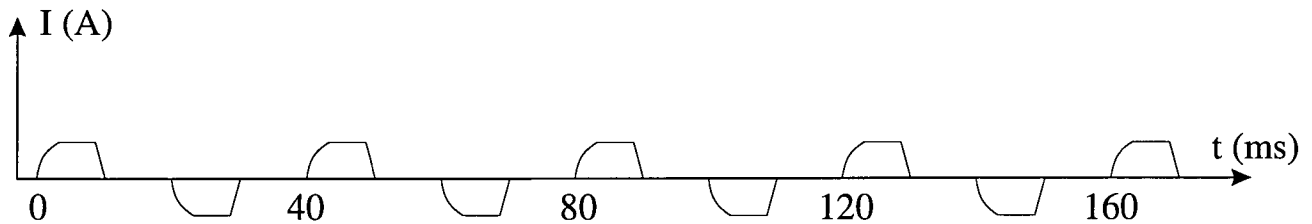


MEASURING TIME (TIME DOMAIN)

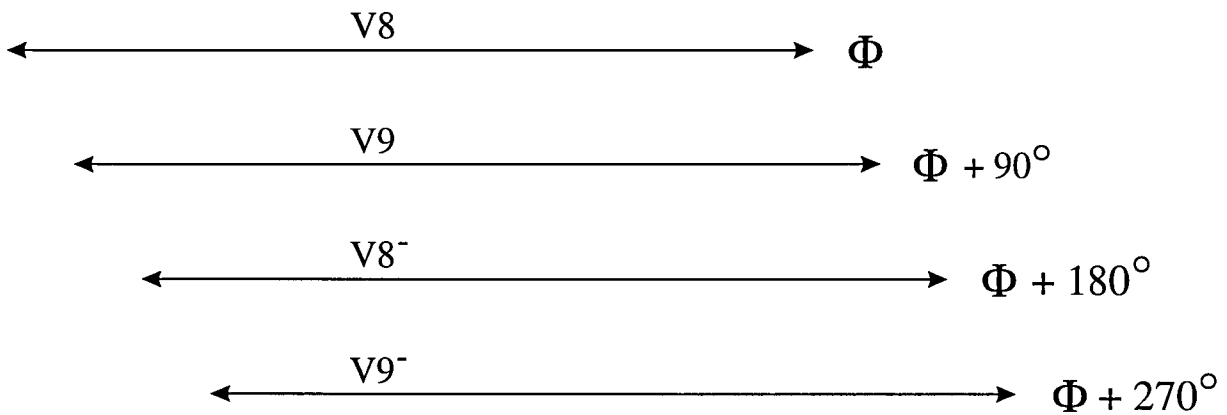


Figur B1. Strømførløp og måletidspunkt for tidsdomenekanalene

CURRENT TIME,



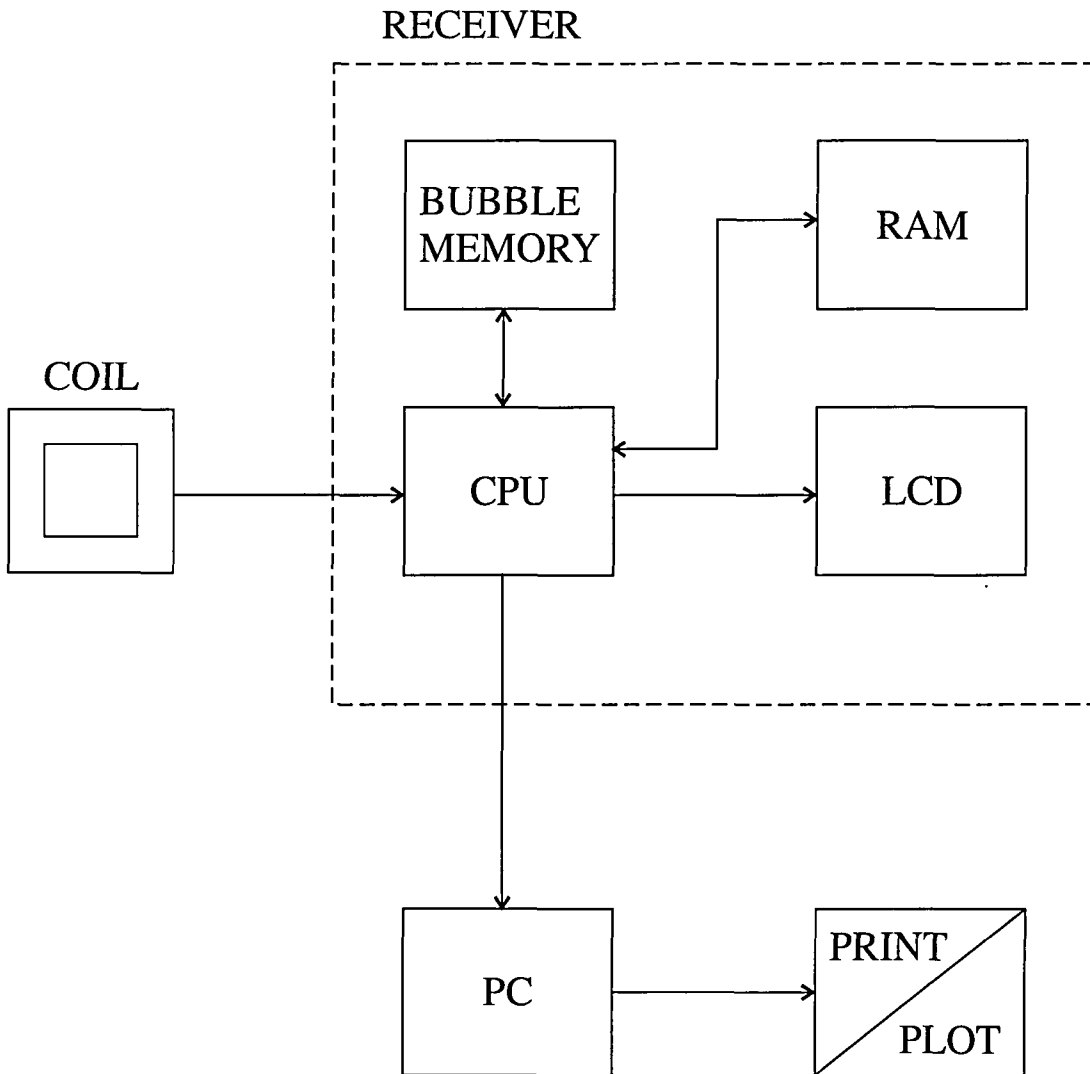
MEASURING TIME (FREQUENCY DOMAIN)



$$V8 = V8 - V8^- \quad (\approx \text{IN PHASE})$$

$$V9 = V9 - V9^- \quad (\approx \text{OUT OF PHASE})$$

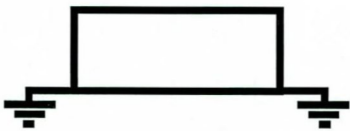
Figur B2. Strømførlop og måletidspunkt for frekvensdomenekanalene



Figur B3. Flytskjema for måleprosessen ved fem-målinger



MÅLEOMRÅDE MED ELEKTRODEPLASSERINGER



NGU V/NORDLANDSPROGRAMMET
 OVERSIKTSKART
GRASVATNET
 HEMNES, NORDLAND

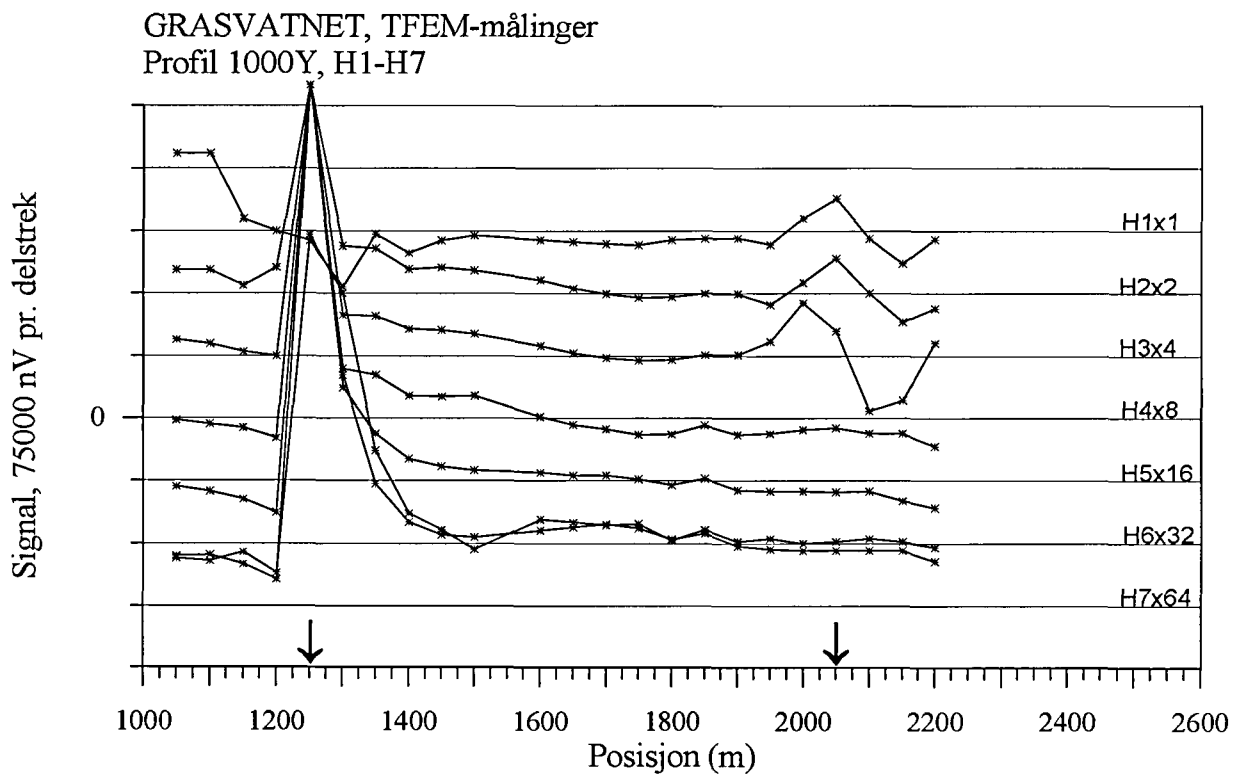
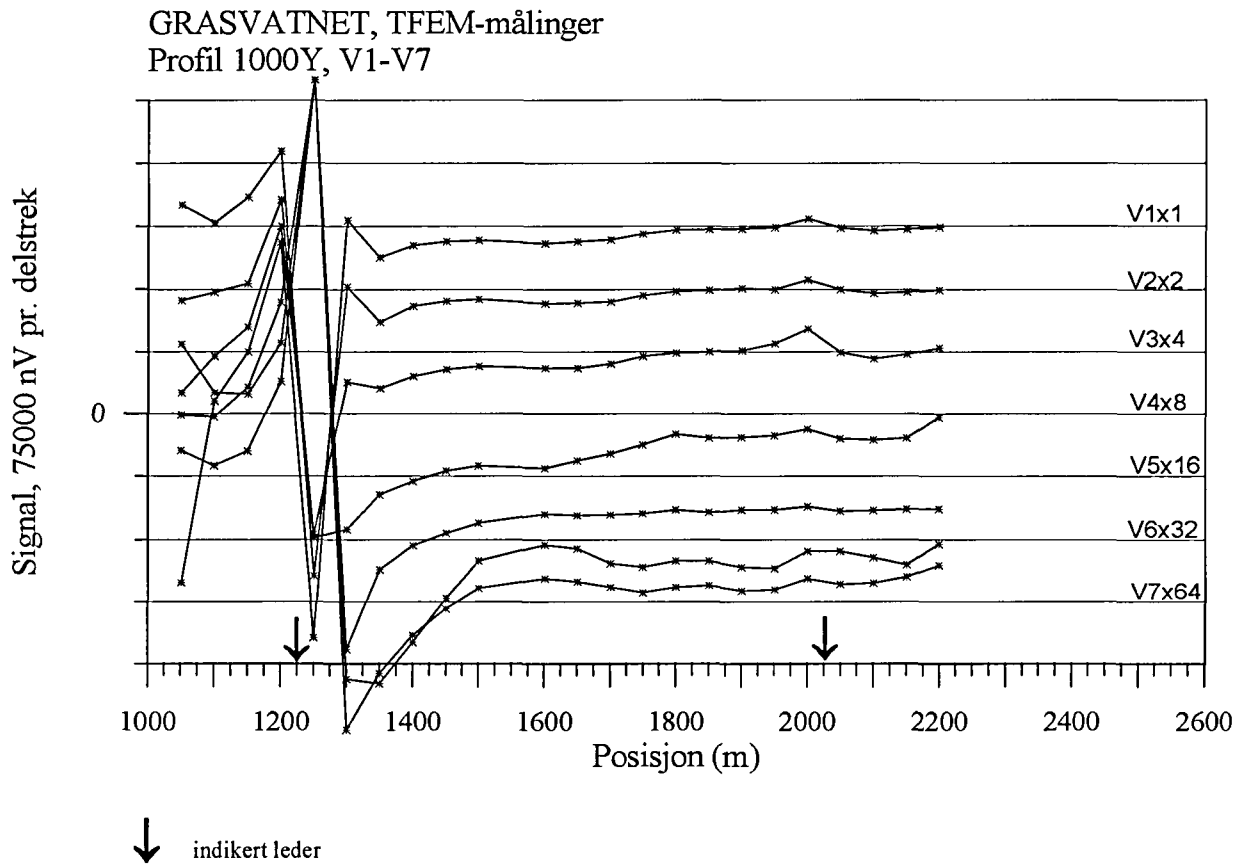
MÅLESTOKK 1 : 50000	MÅLT ED	Aug.-Sept. -96
	TEGN E.D.	Okt. -96
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR
 96.114-01

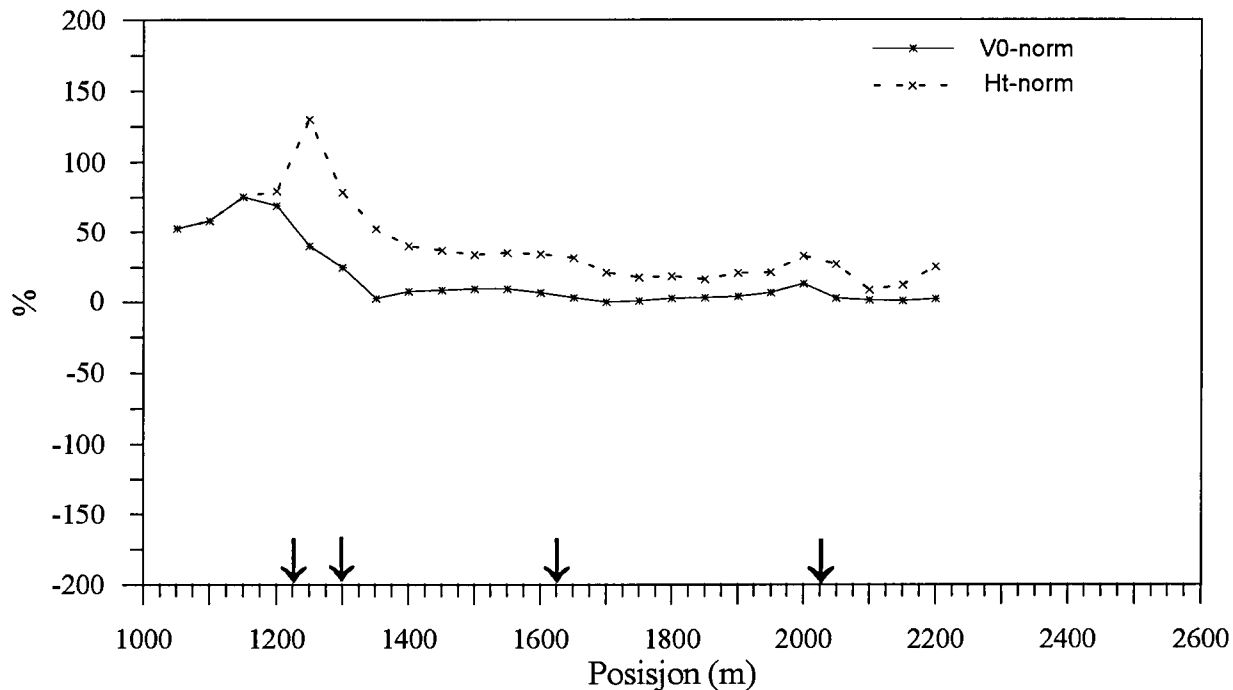
KARTBLAD NR
 2027 III

Databilag 1: Figur 1 - 18 TFEM profilplott av tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz frekvensdomenet.



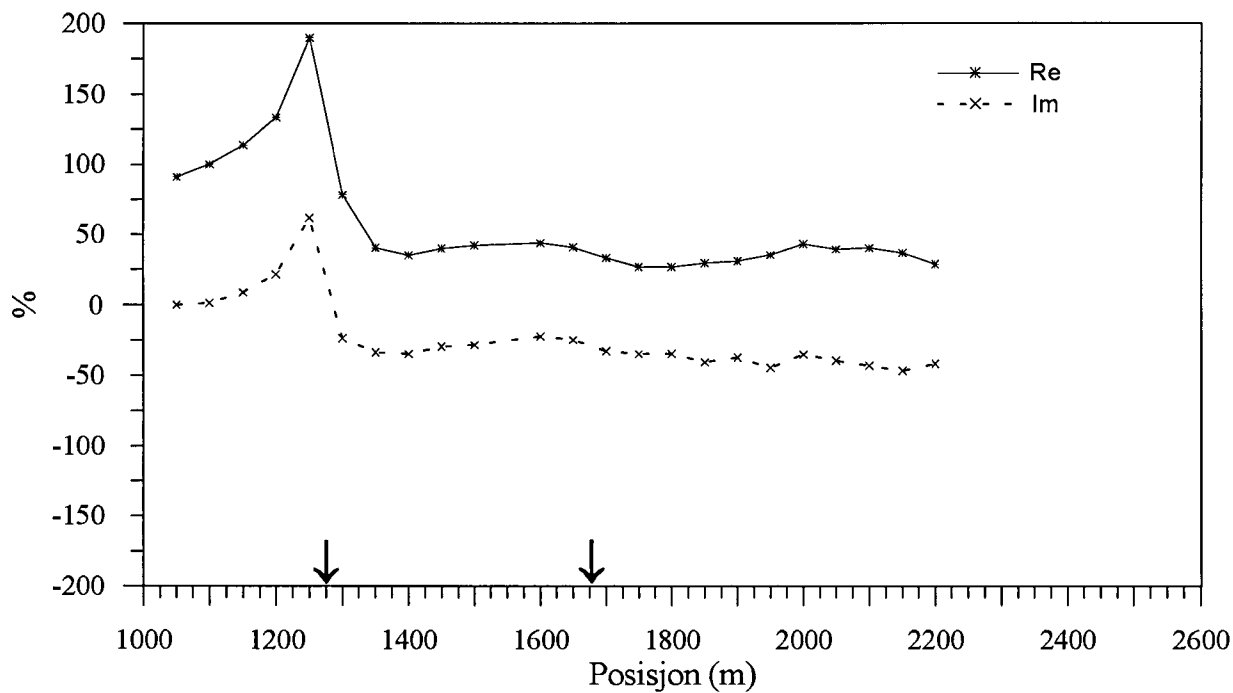
Figur 1a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 1000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1000Y, Primærfelt



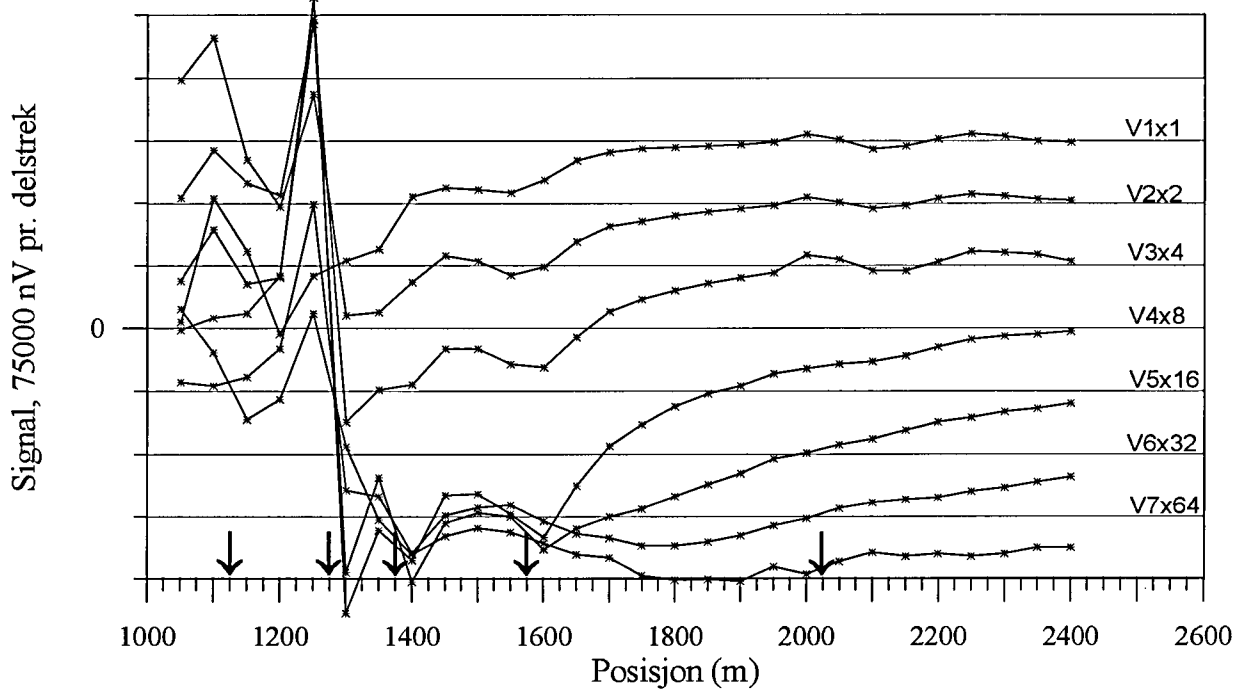
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1000Y, norm. 25 Hz



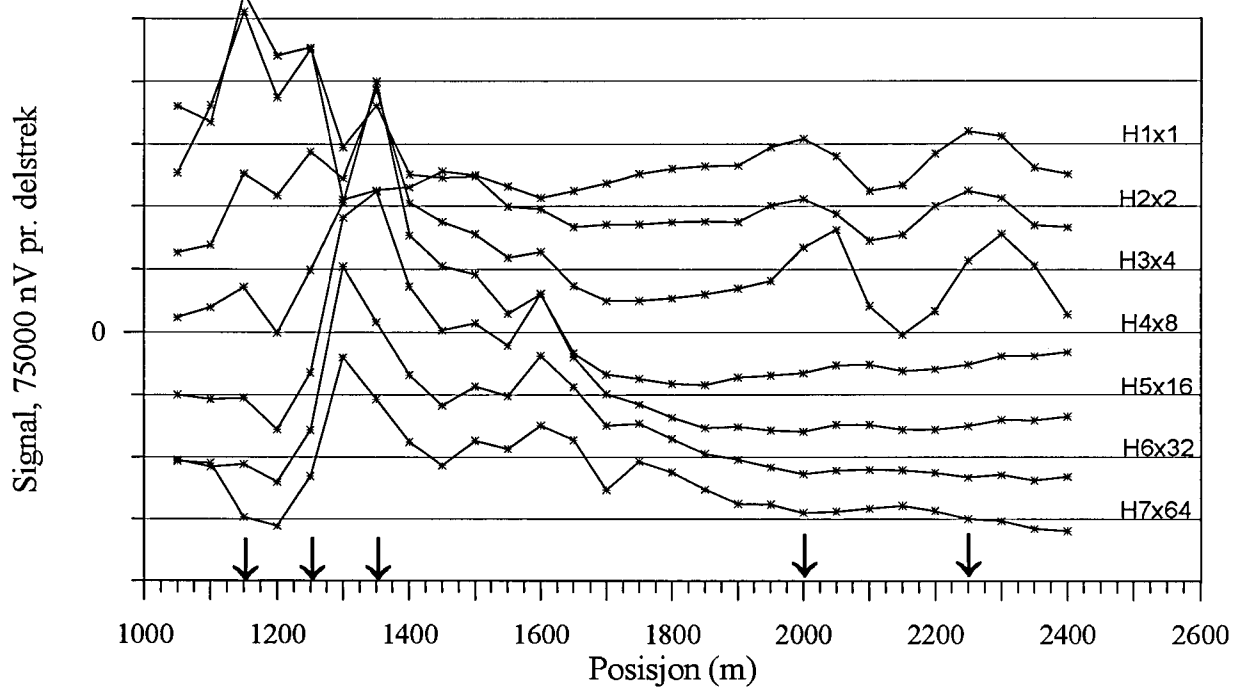
Figur 1b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1400Y, V1-V7



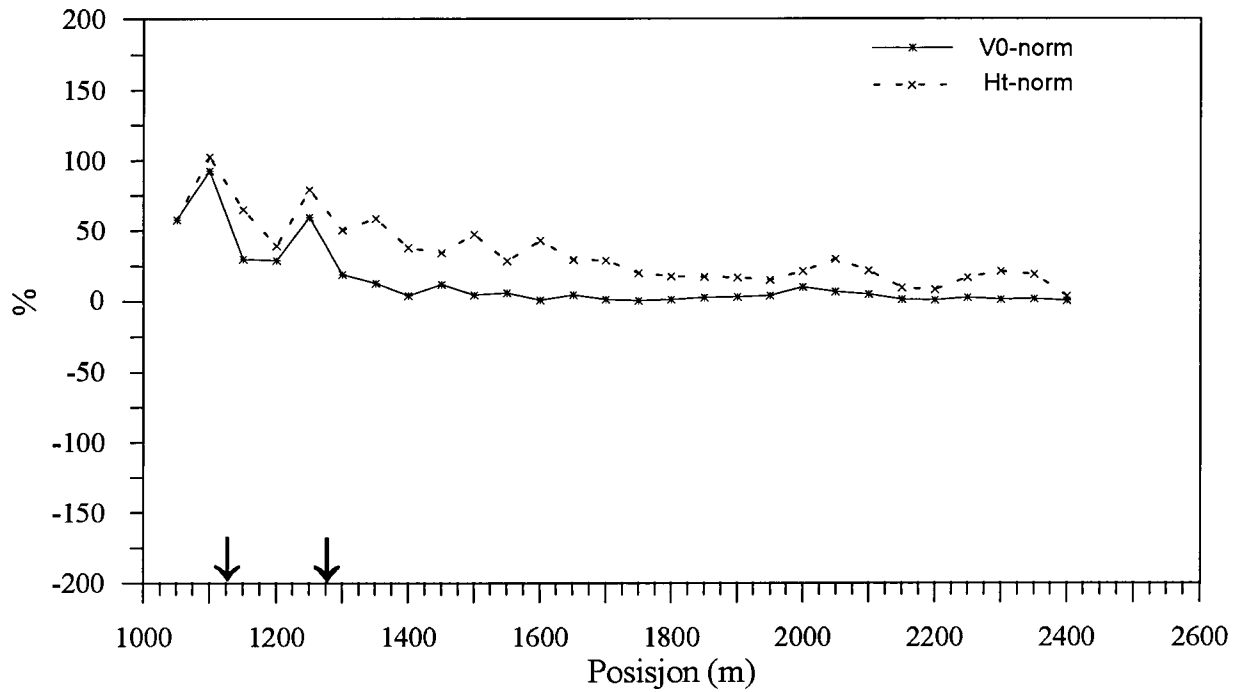
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1400Y, H1-H7



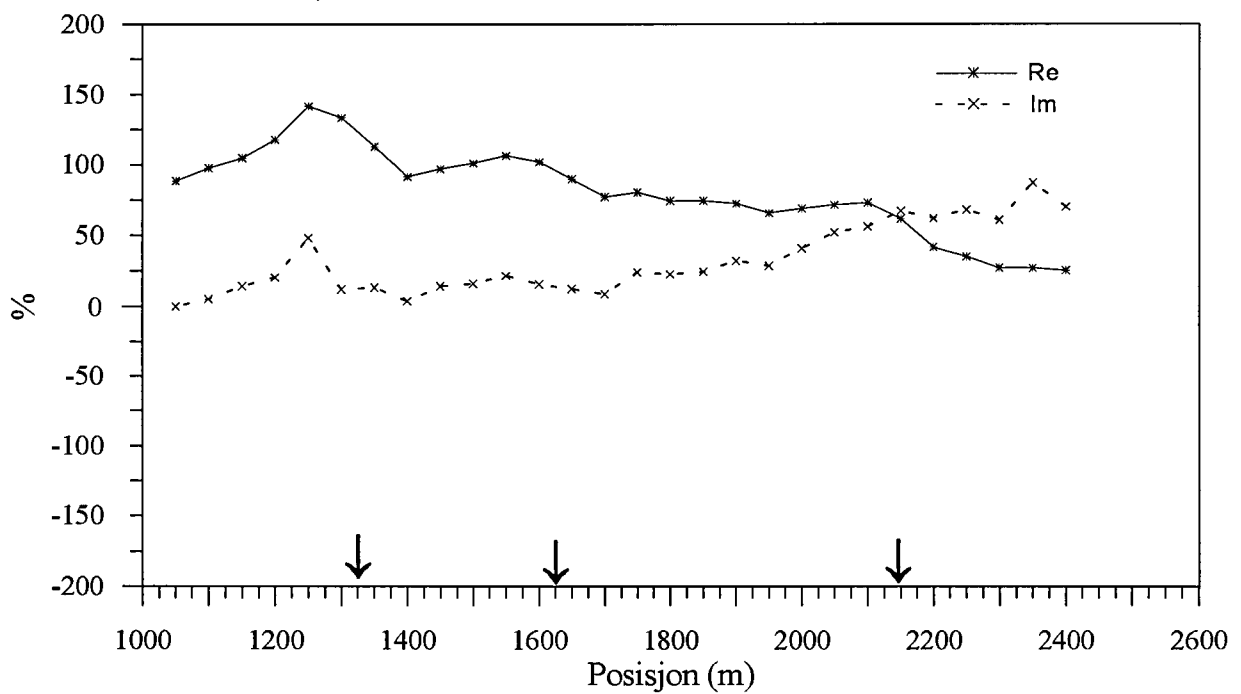
Figur 2a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 1400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1400Y, Primærfelt



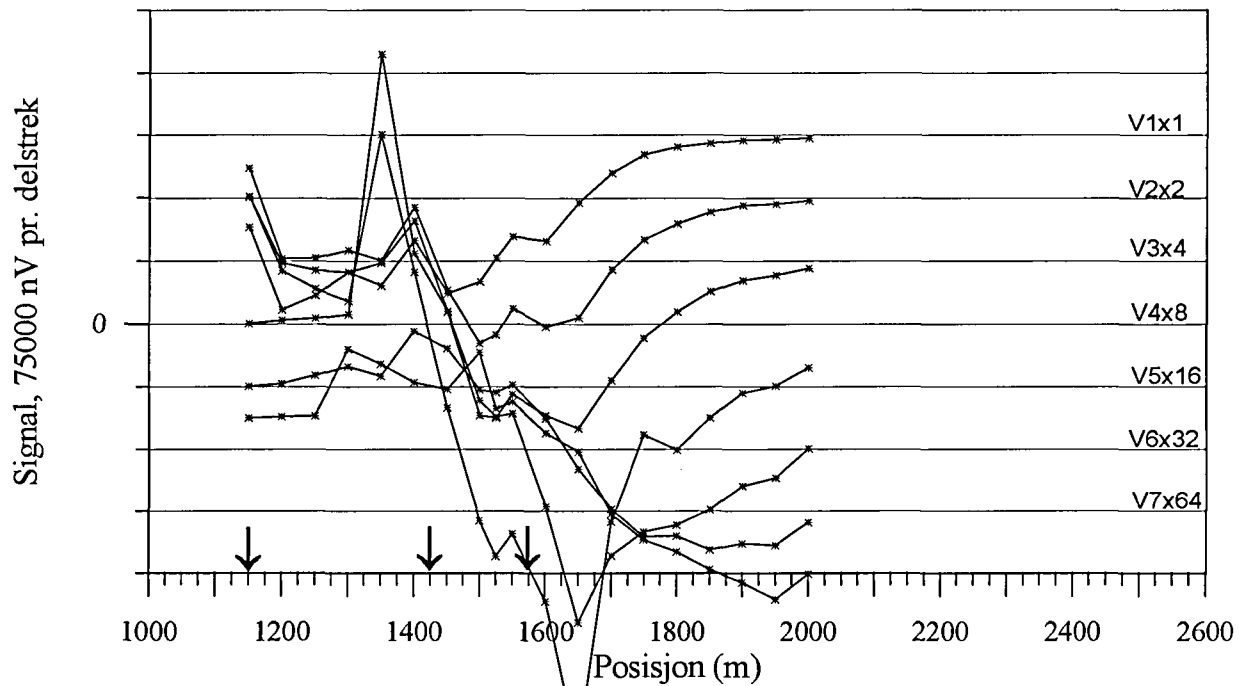
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1400Y, norm. 25 Hz



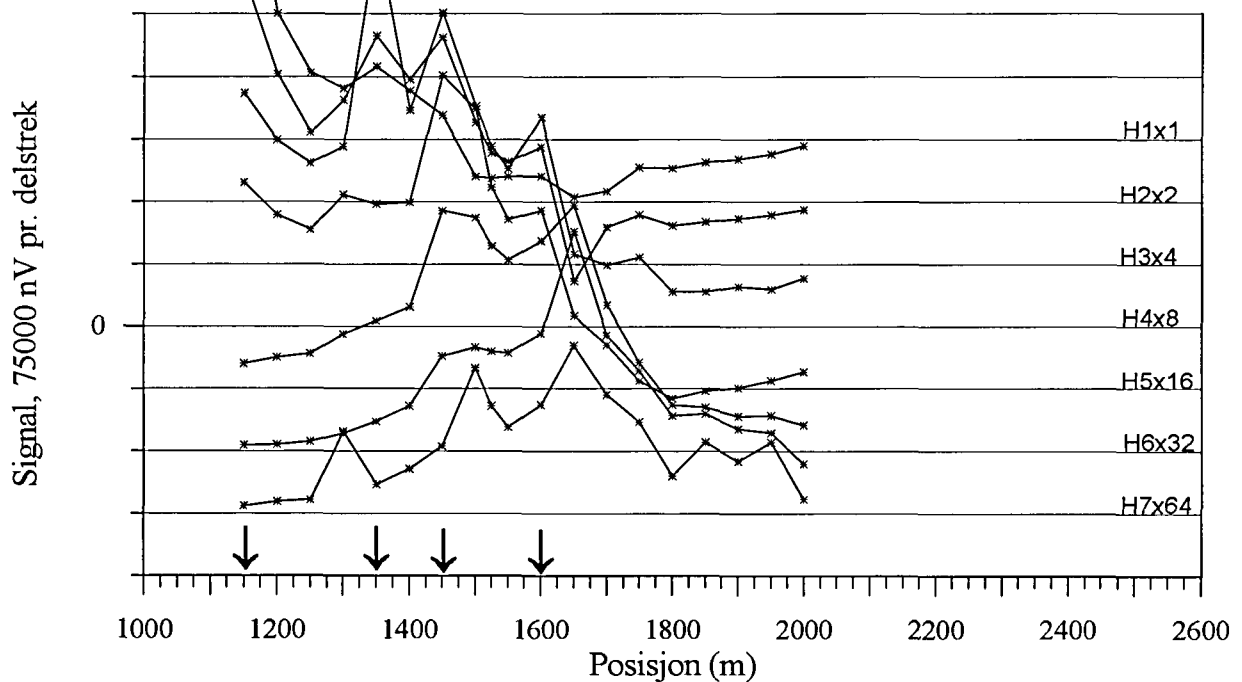
Figur 2b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1600Y, V1-V7



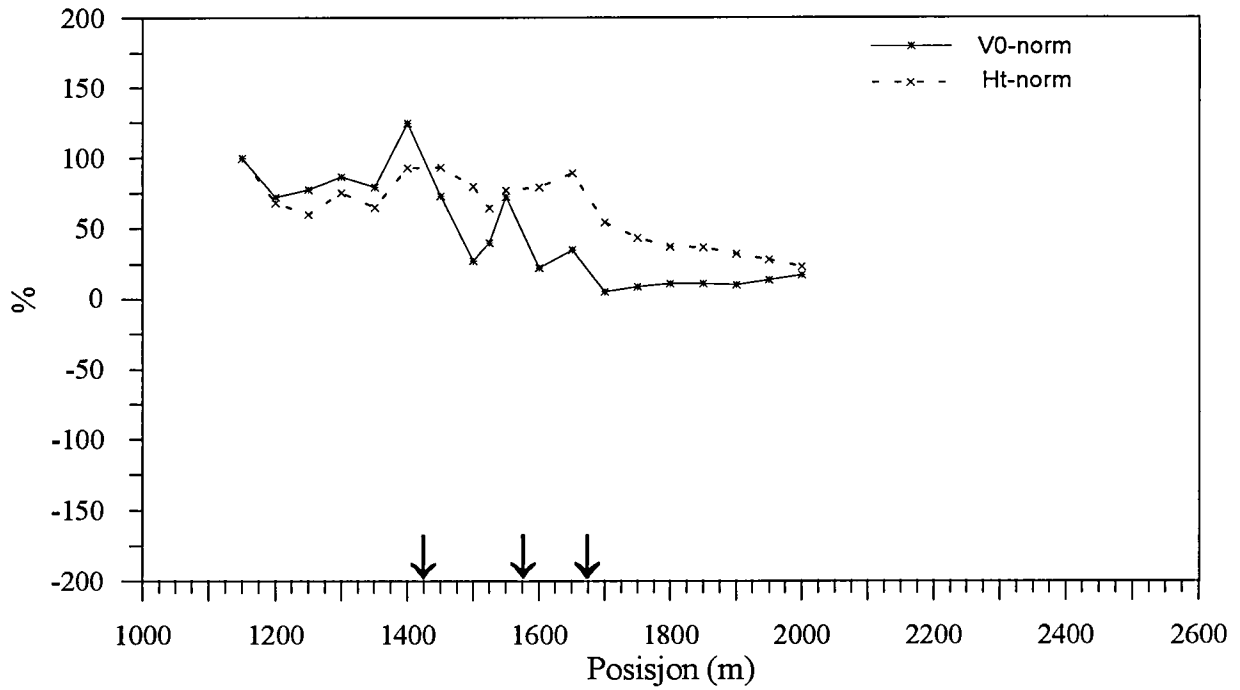
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1600Y, H1-H7



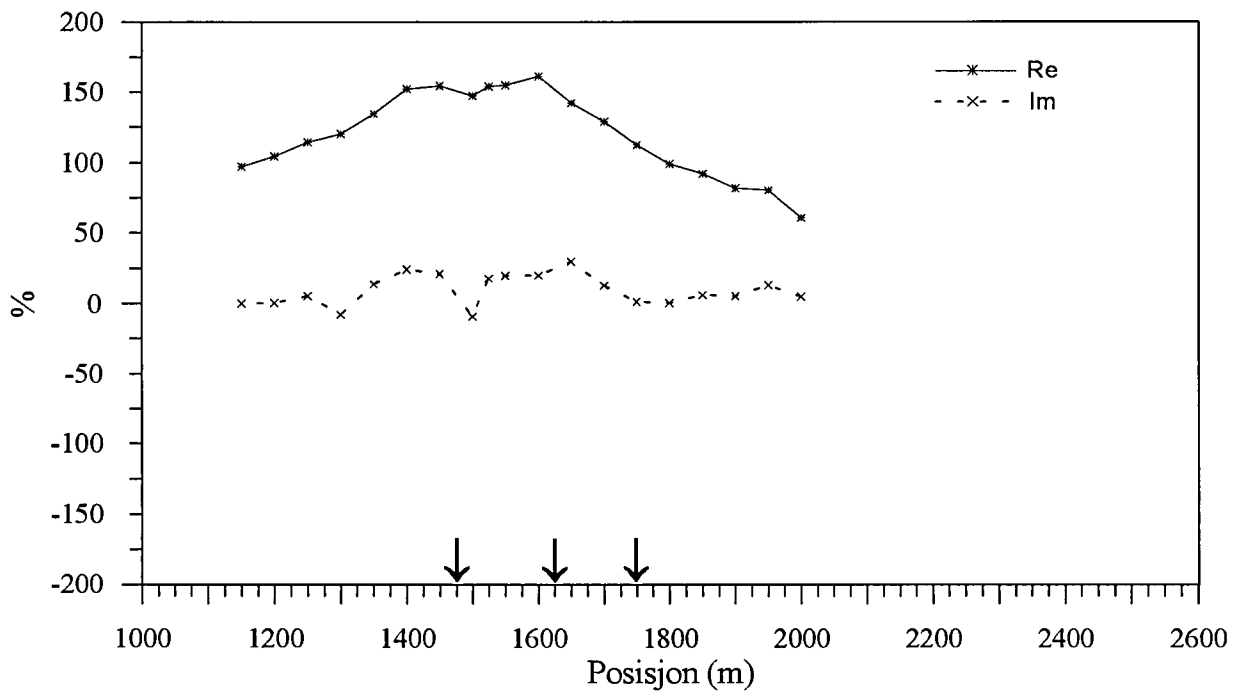
Figur 3a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 1600Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1600Y, Primærfelt

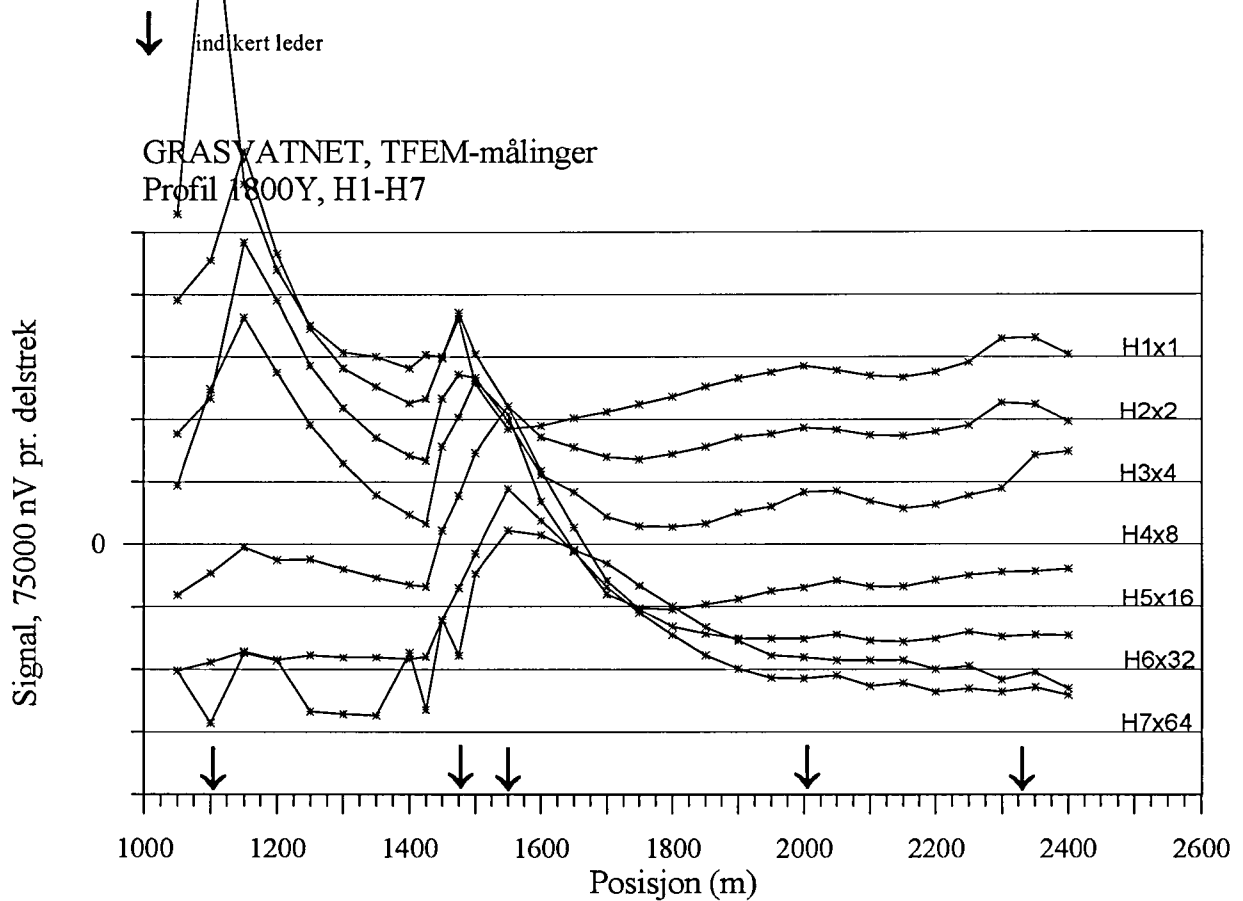
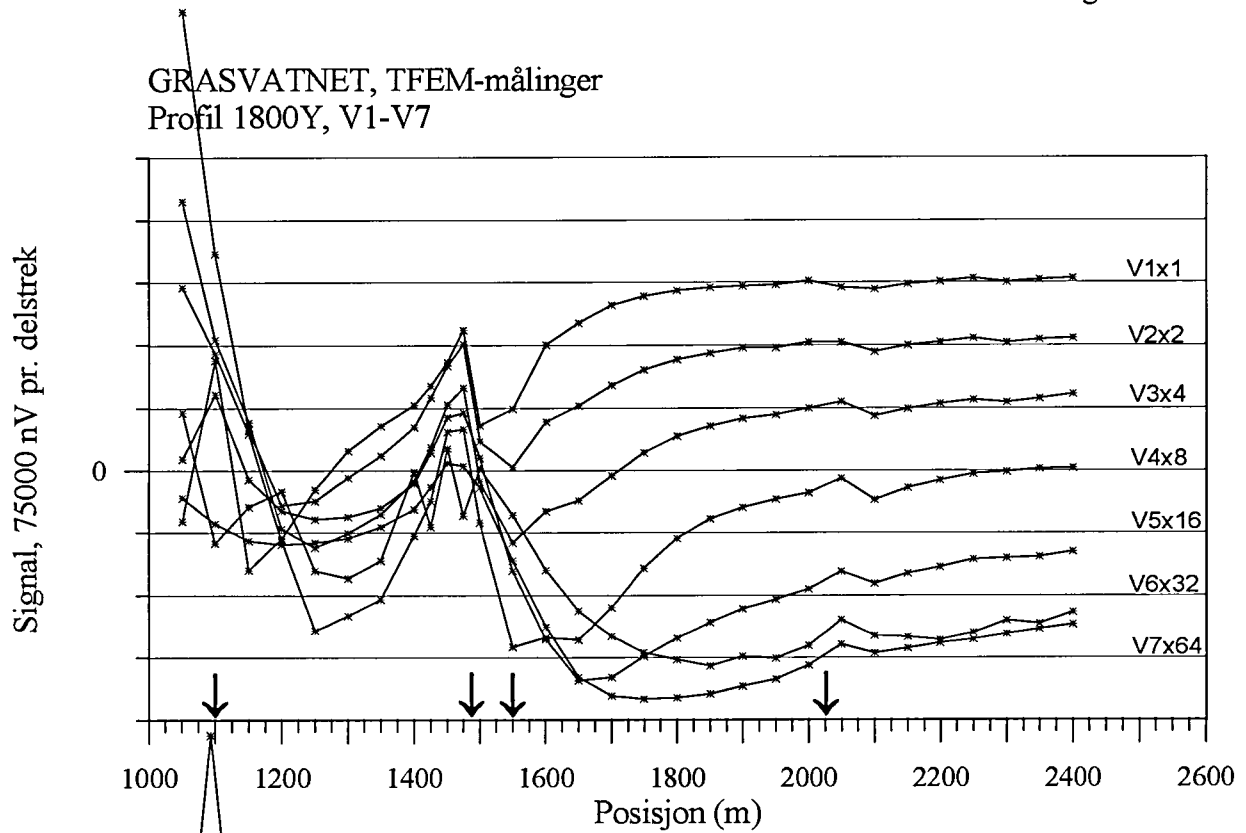


↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1600Y, norm. 25 Hz

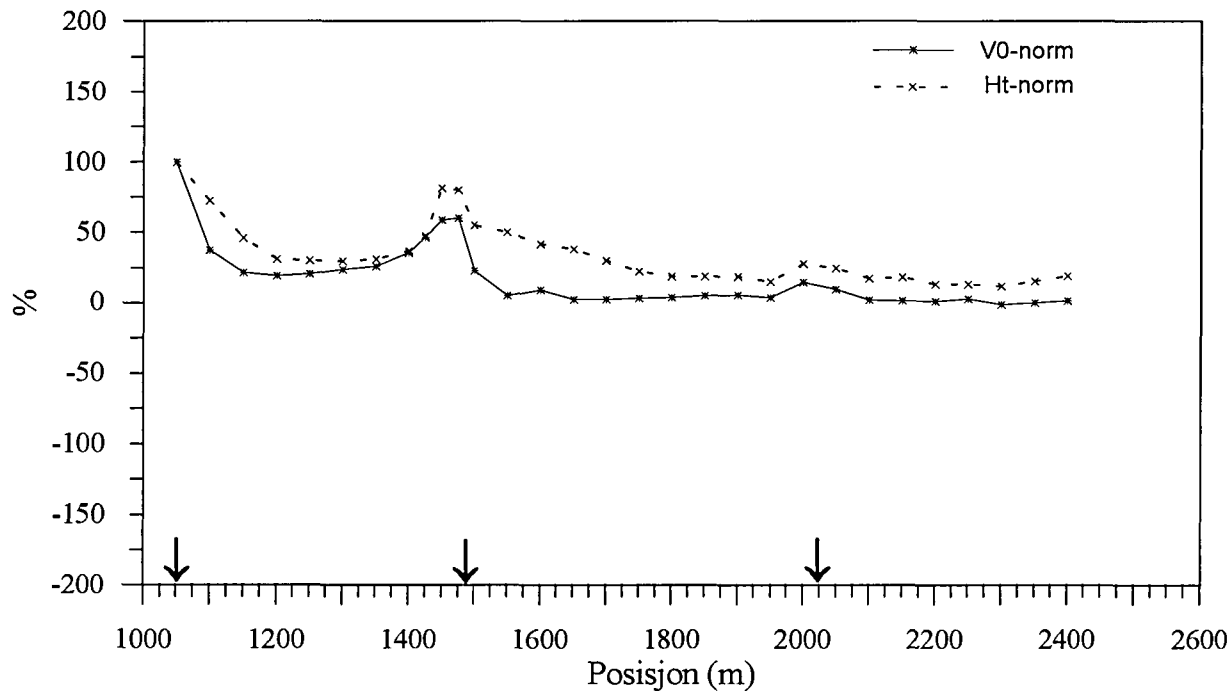


Figur 3b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1600Y



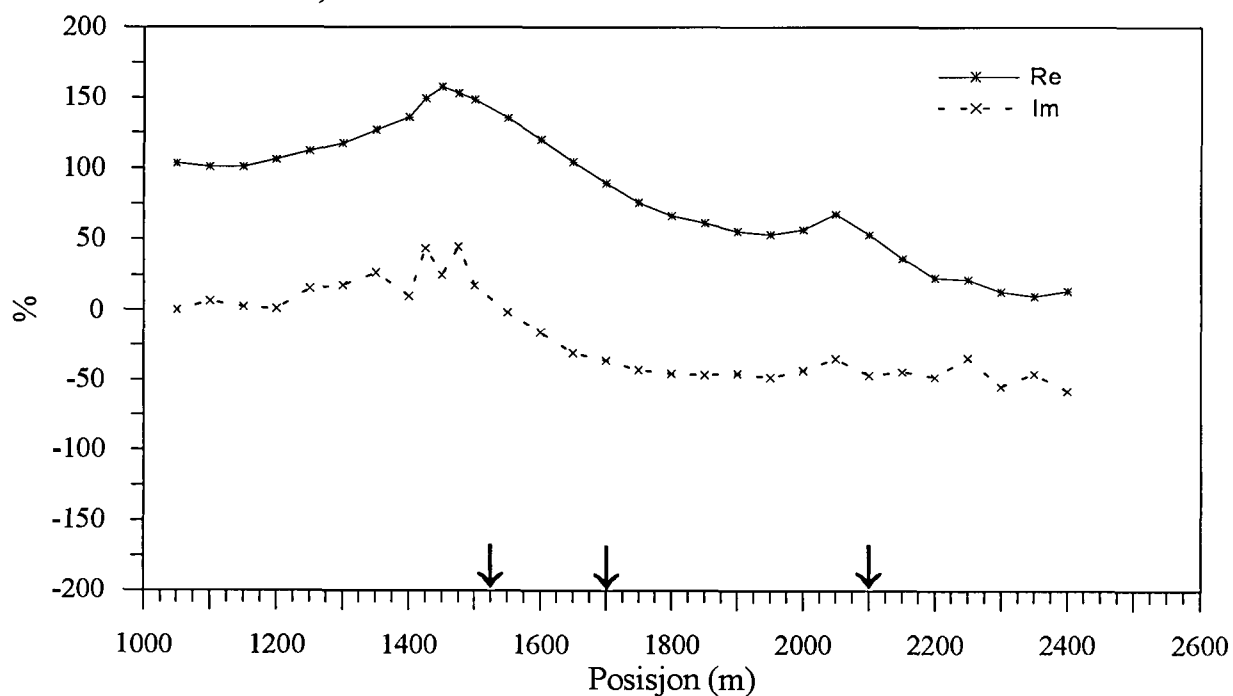
Figur 4a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 1800Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1800Y, Primærfelt



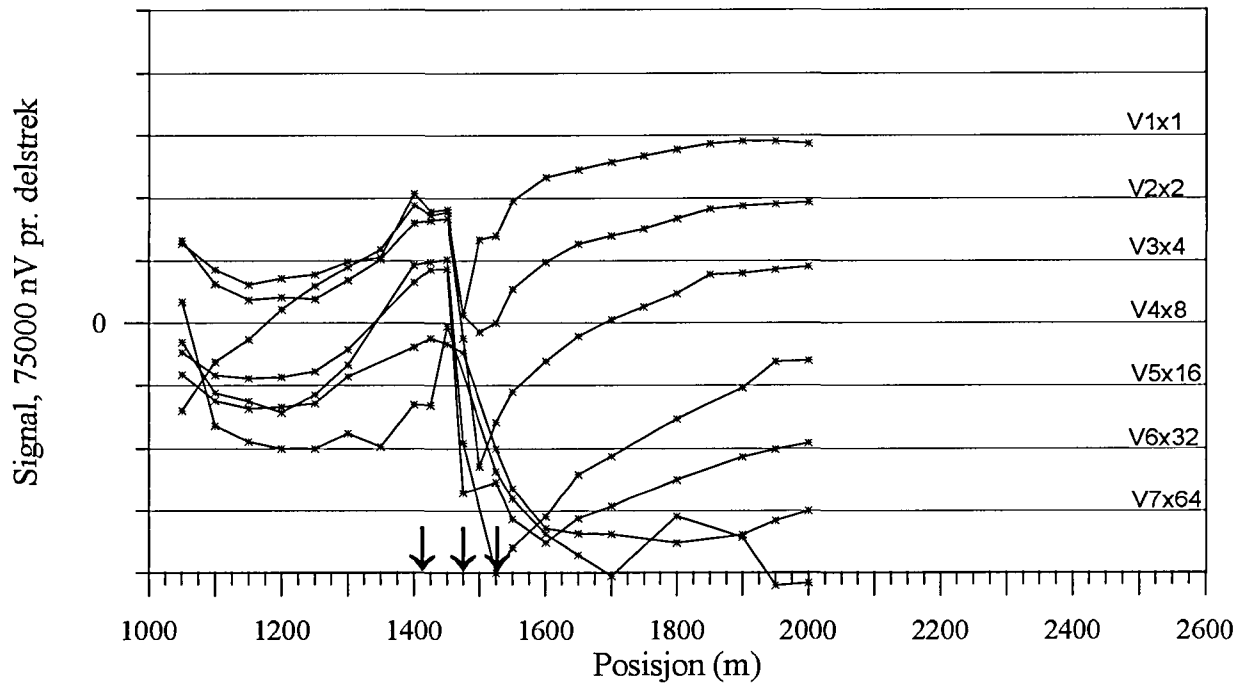
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 1800Y, norm. 25 Hz



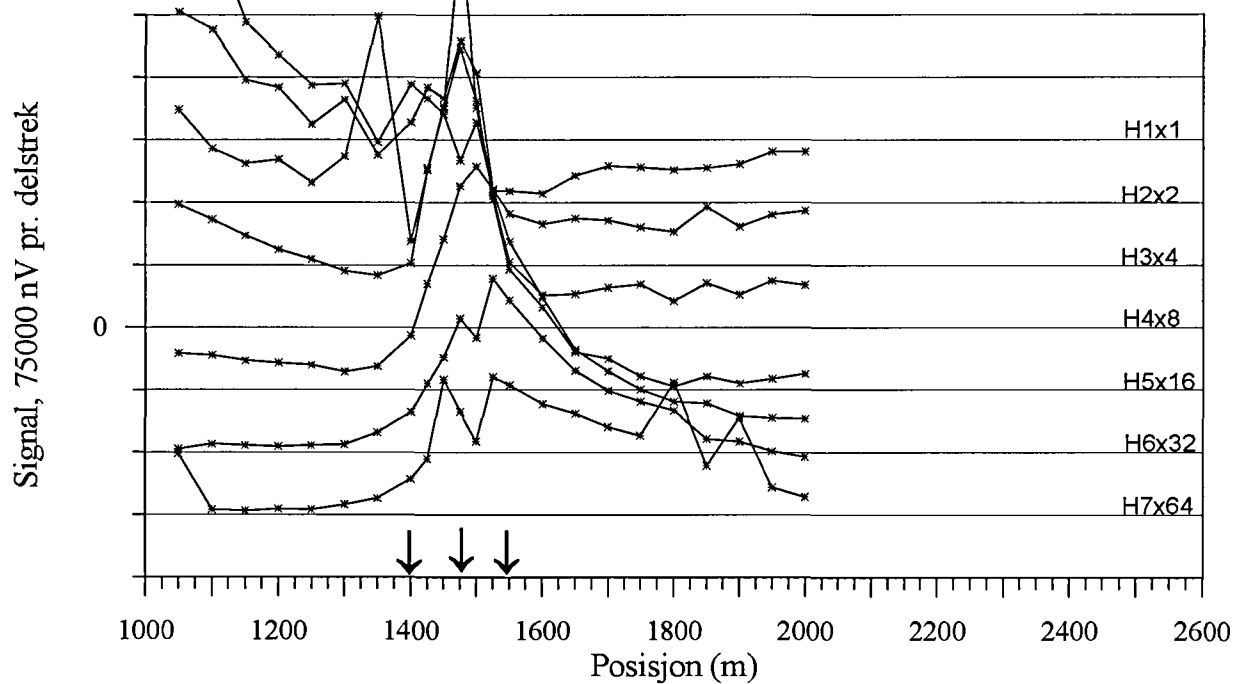
Figur 4b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1800Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2000Y, V1-V7



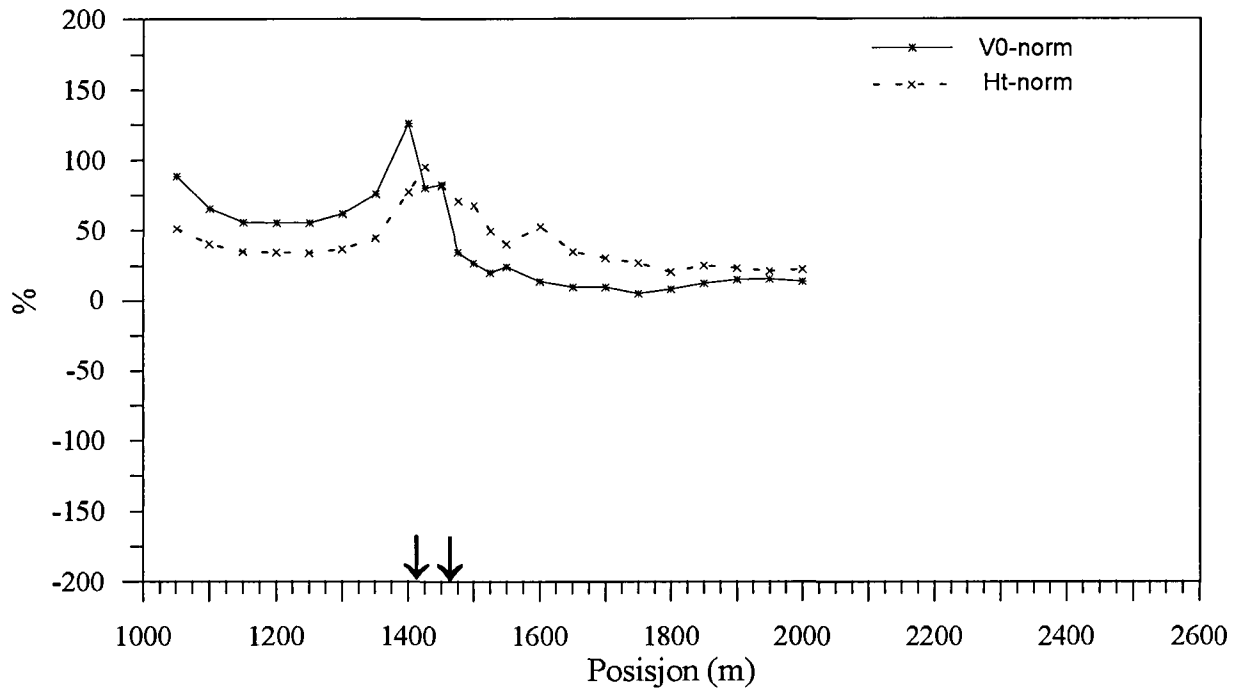
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2000Y, H1-H7



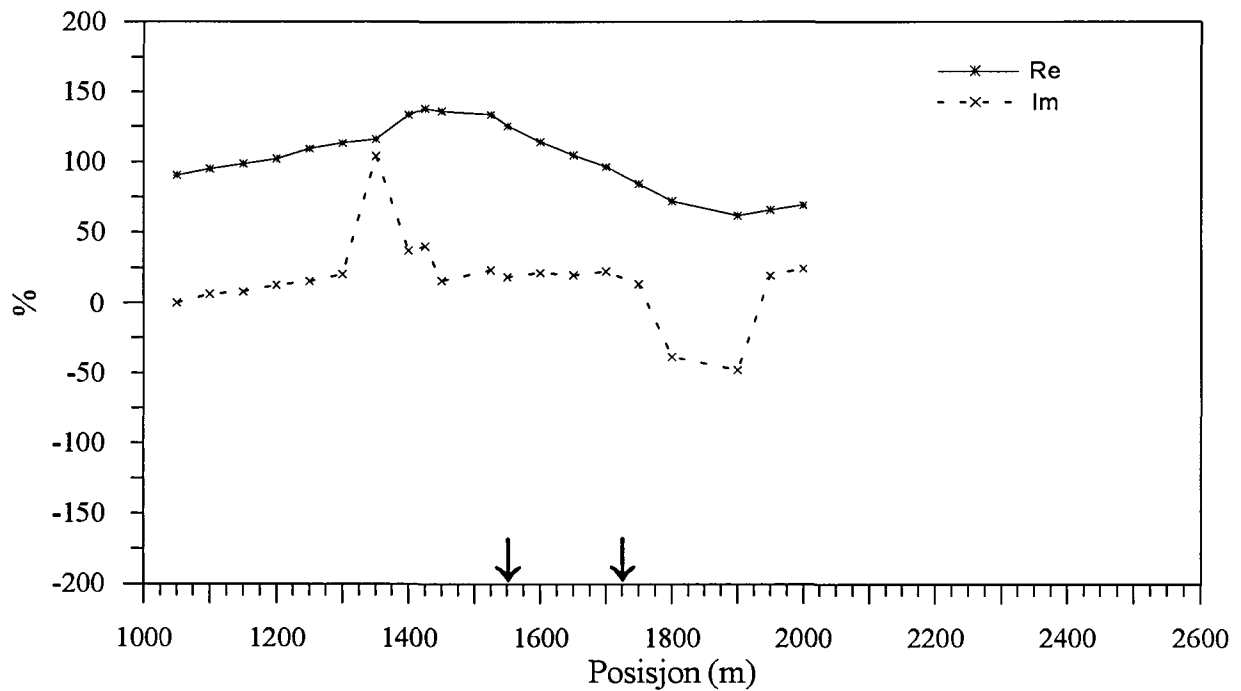
Figur 5a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 2000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2000Y, Primærfelt



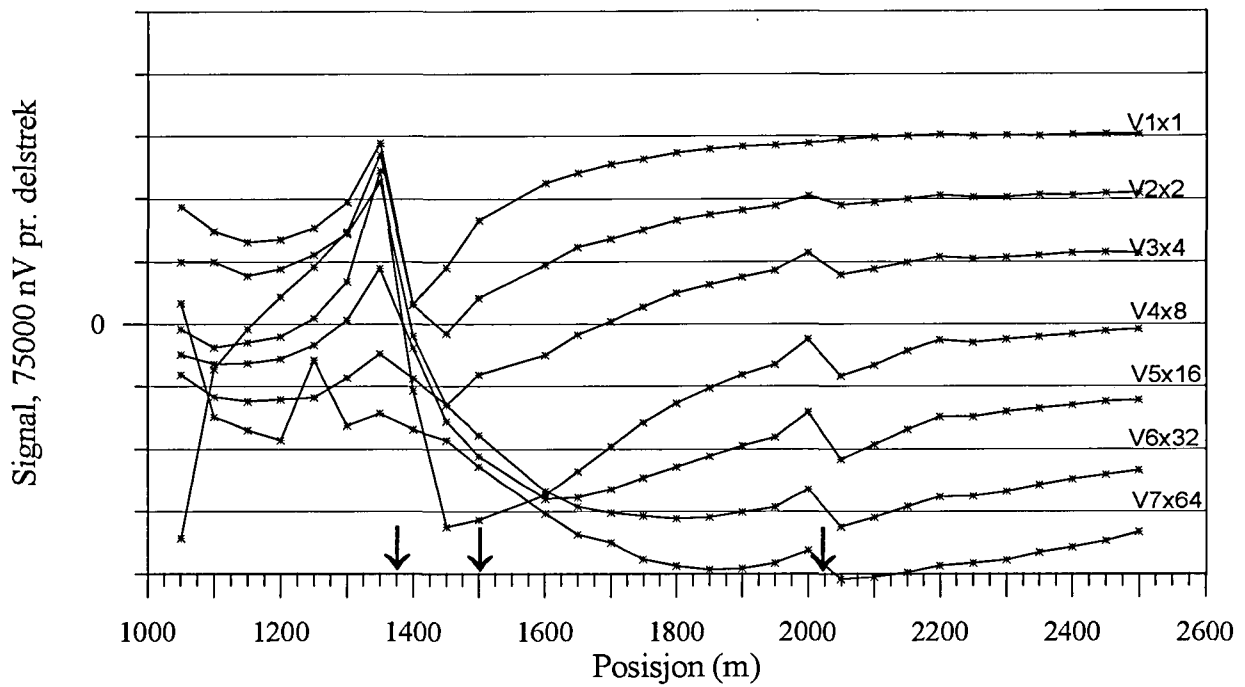
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2000Y, norm. 25 Hz



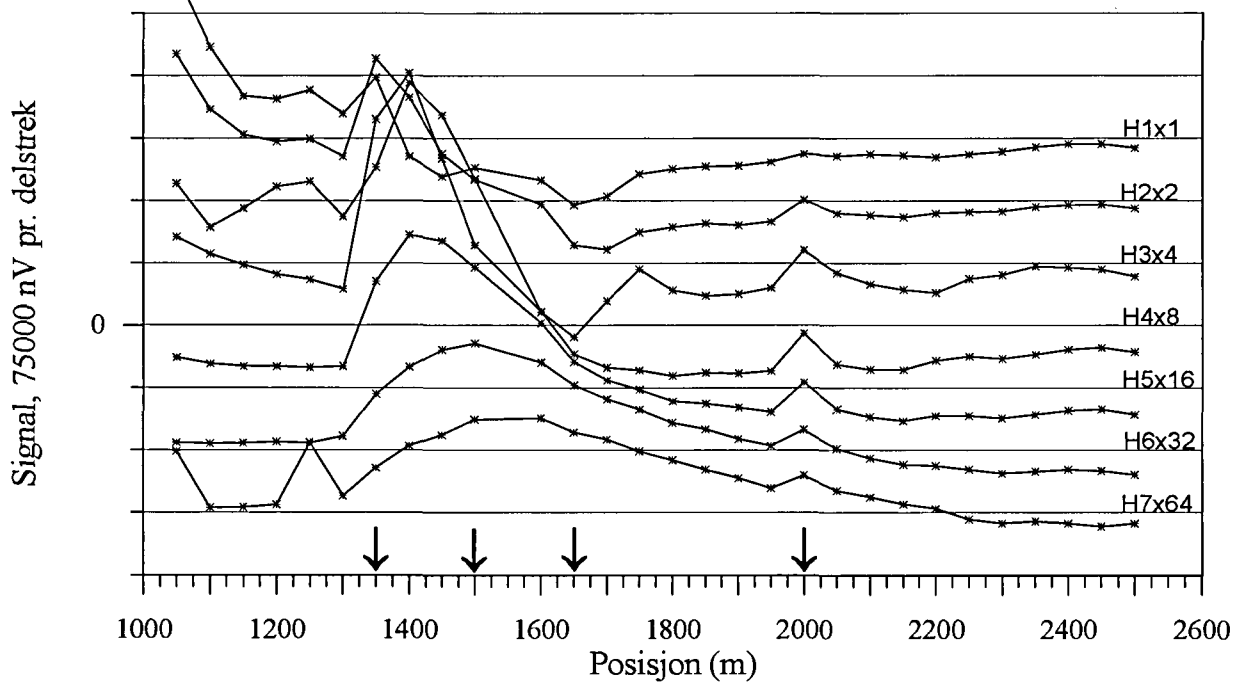
Figur 5b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 2000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2200Y, V1-V7



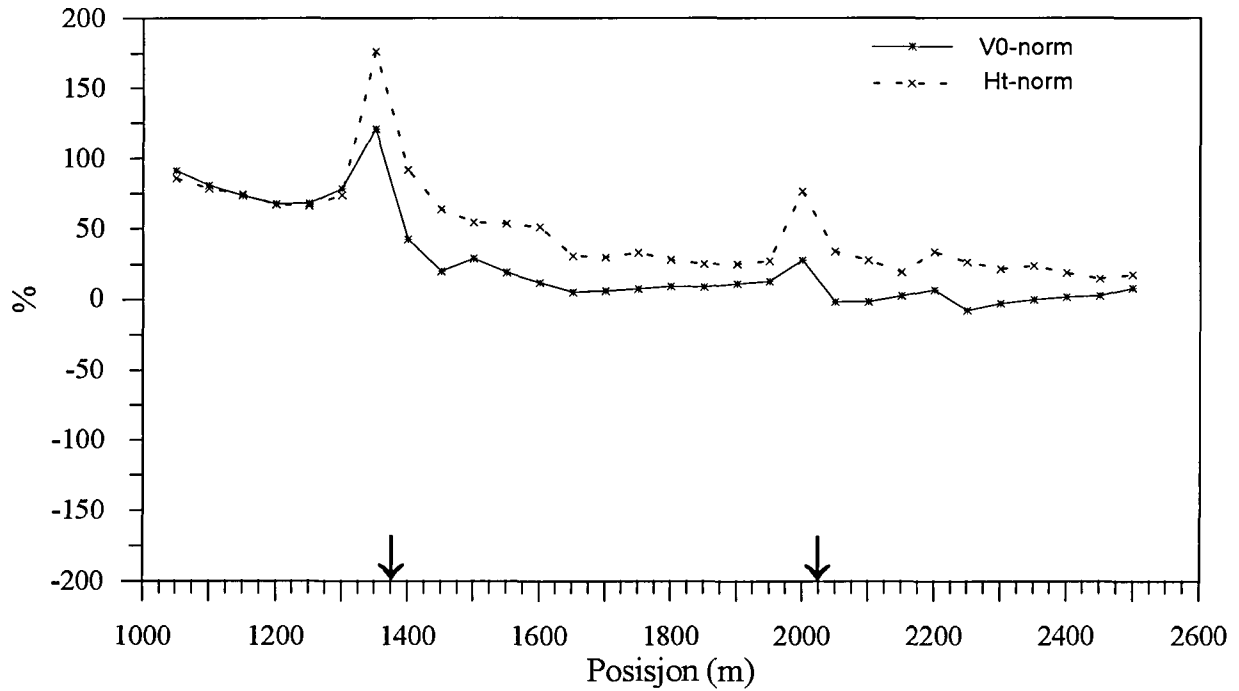
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2200Y, H1-H7



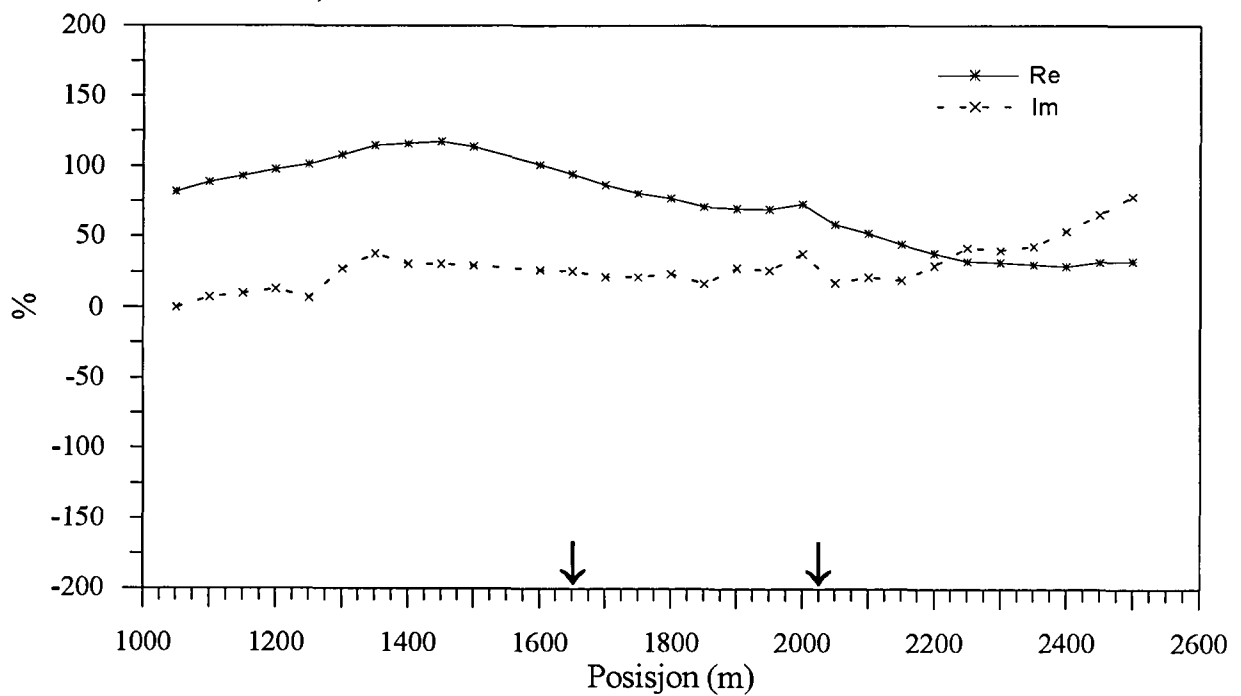
Figur 6a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 2200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2200Y, Primærfelt



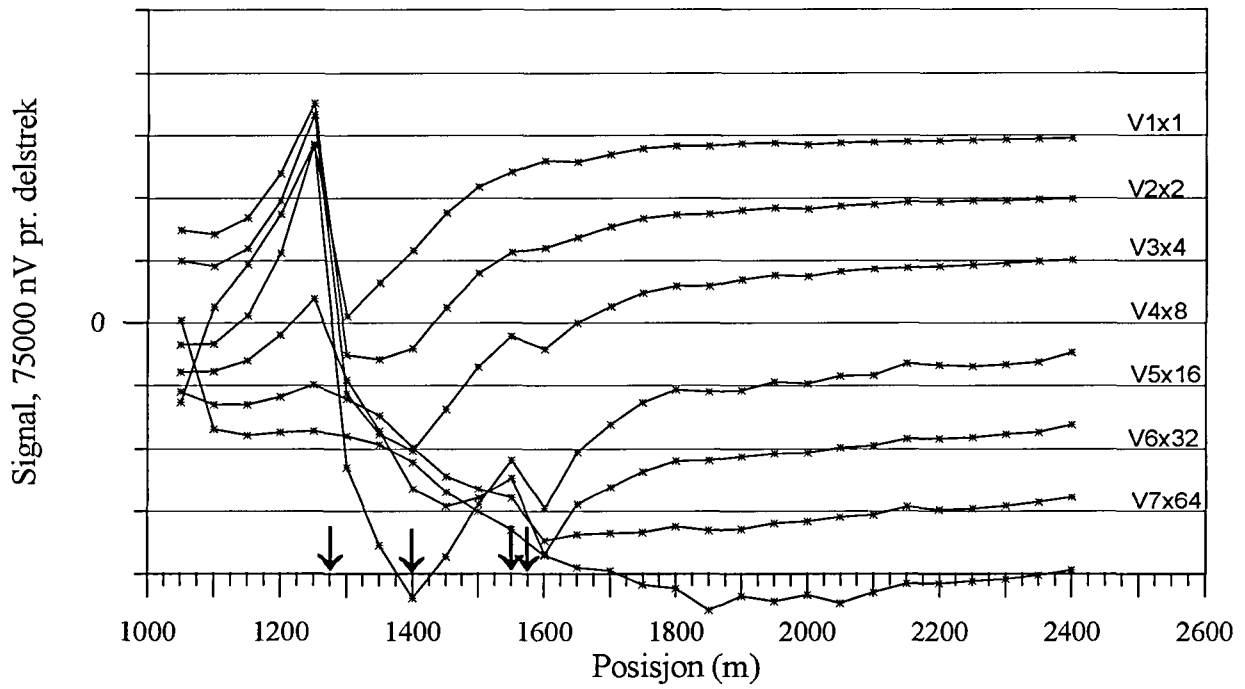
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2200Y, norm. 25 Hz



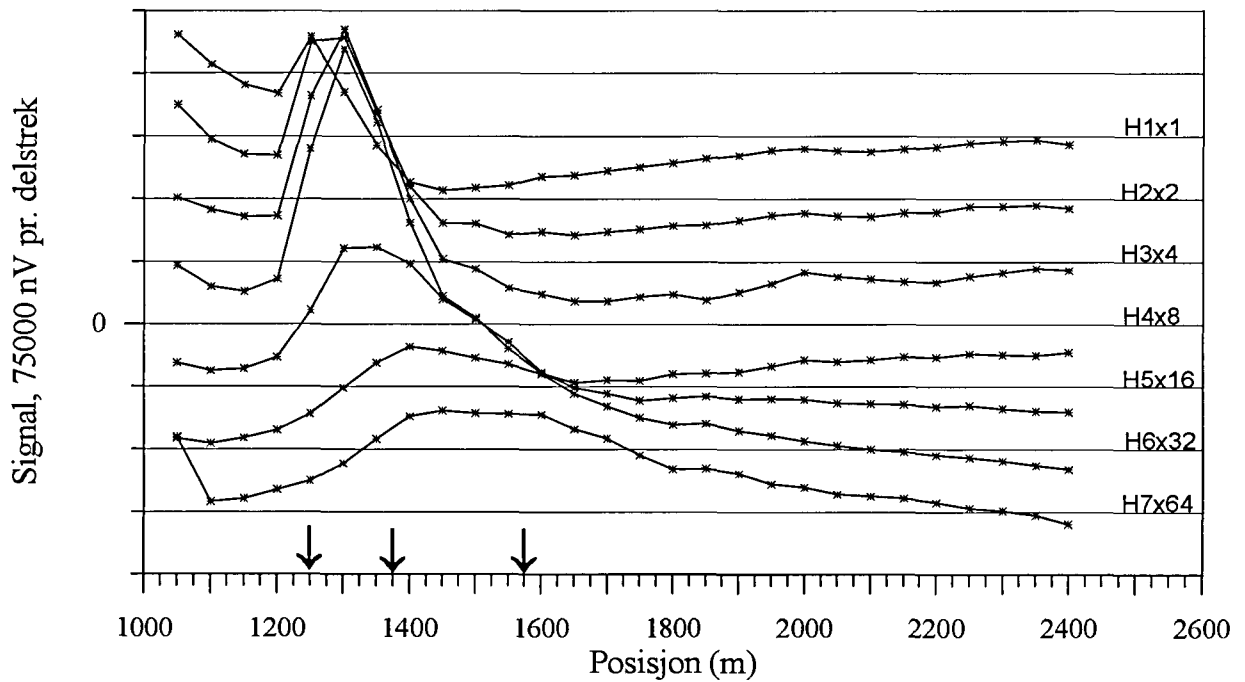
Figur 6b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 2200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2600Y, V1-V7



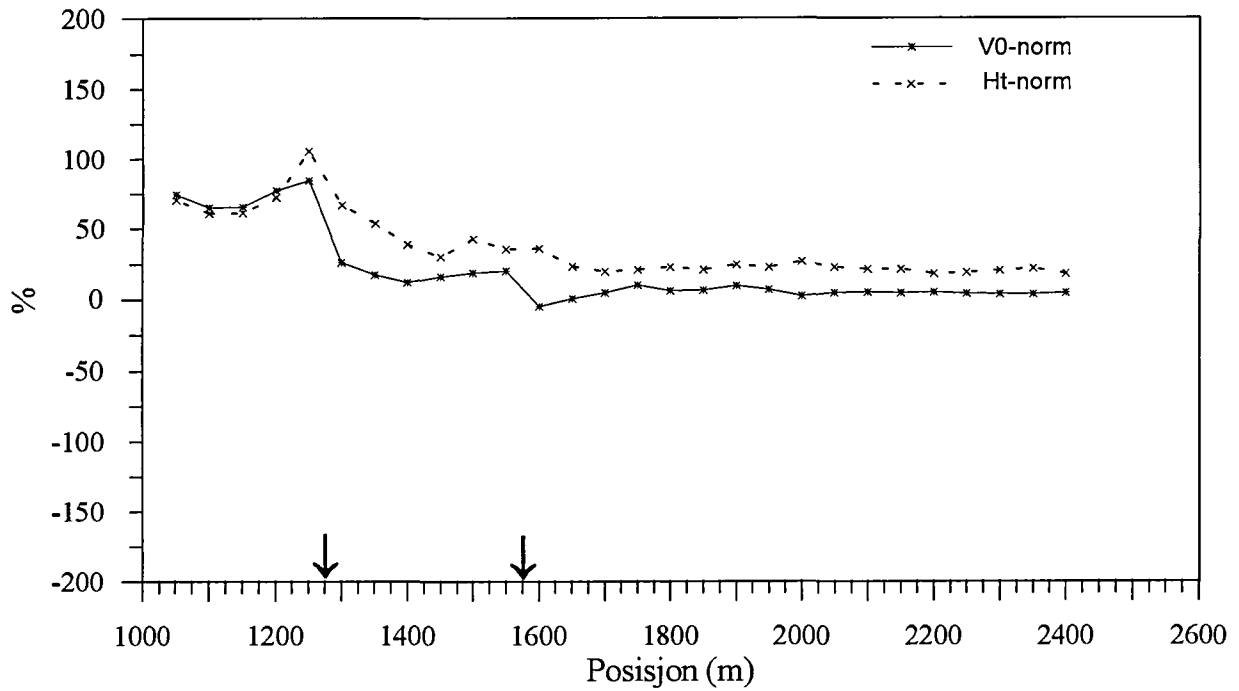
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2600Y, H1-H7



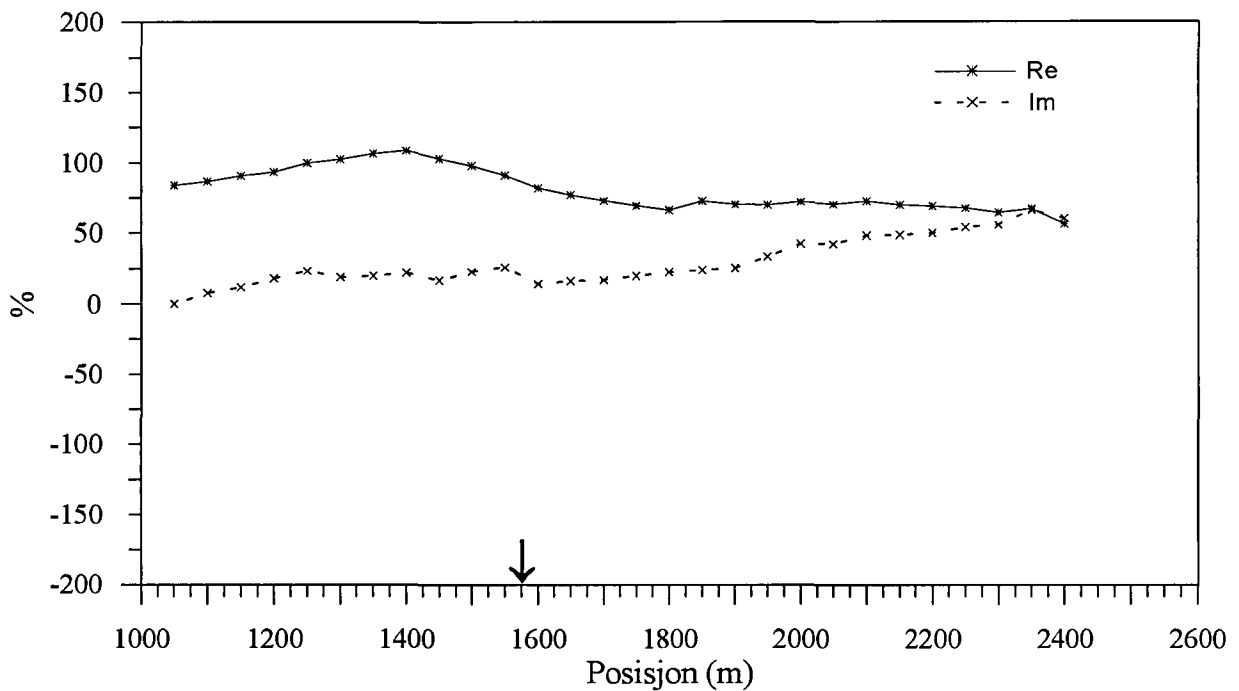
Figur 7a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 2600Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2600Y, Primærfelt



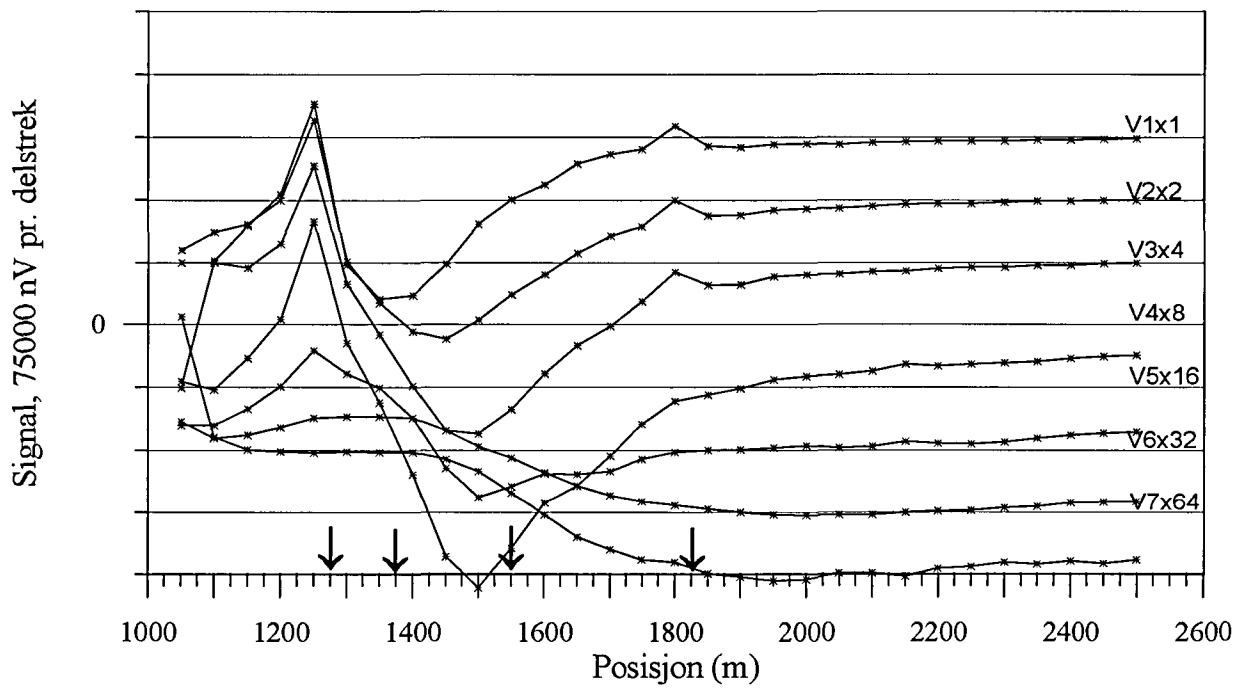
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 2600Y, norm. 25 Hz



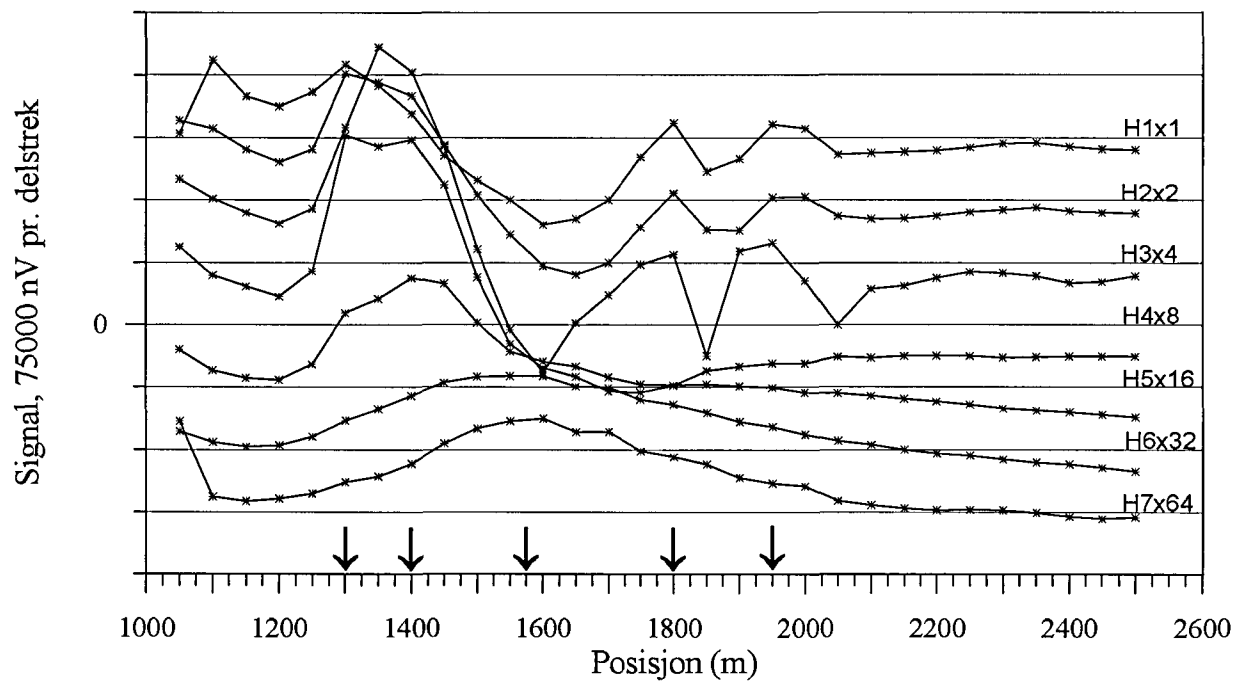
Figur 7b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 2600Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3000Y, V1-V7



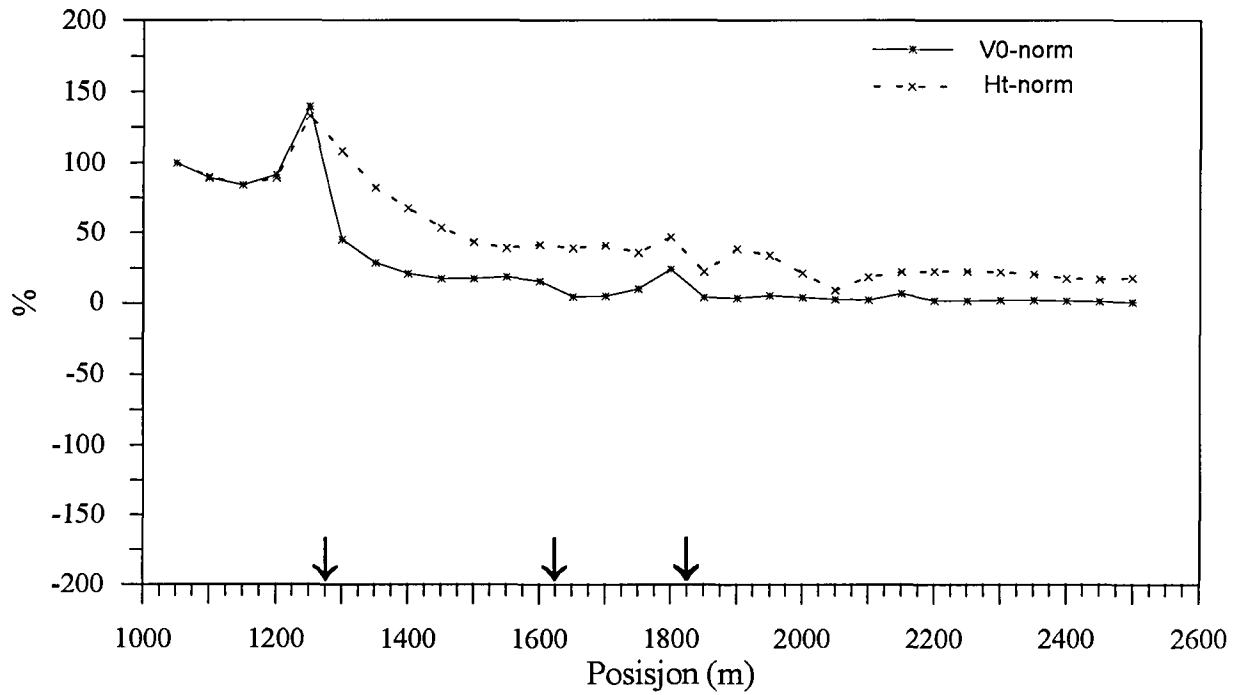
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3000Y, H1-H7



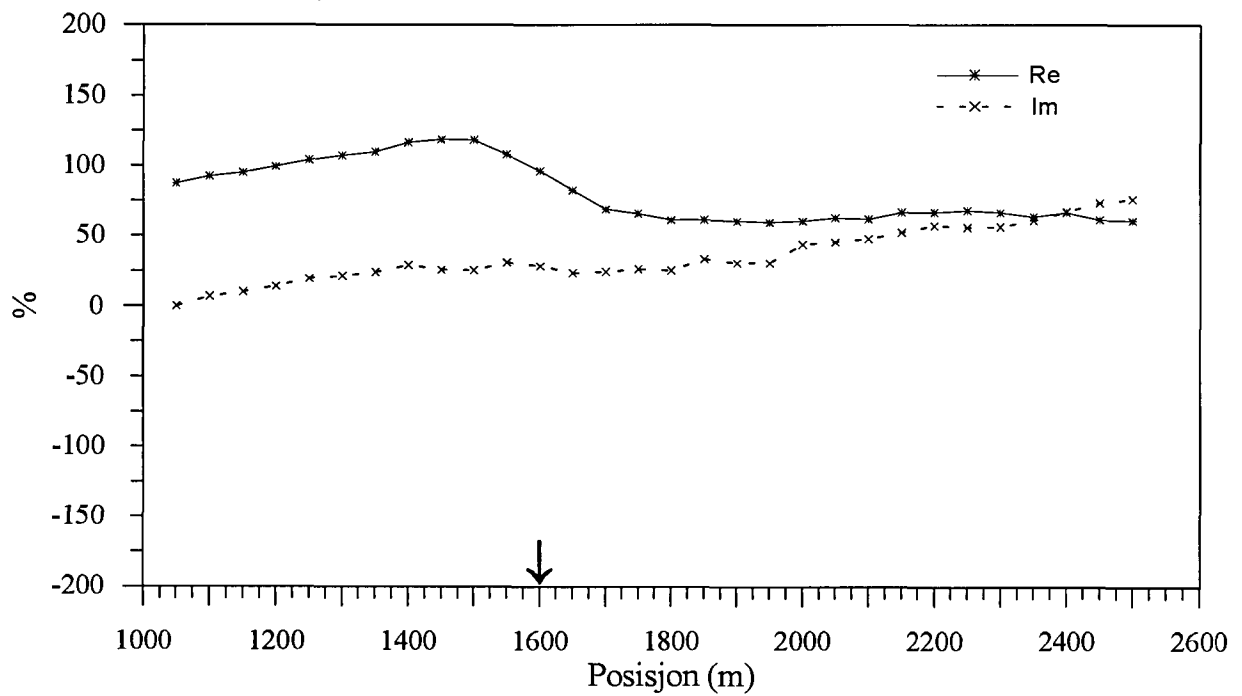
Figur 8a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 3000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3000Y, Primærfelt



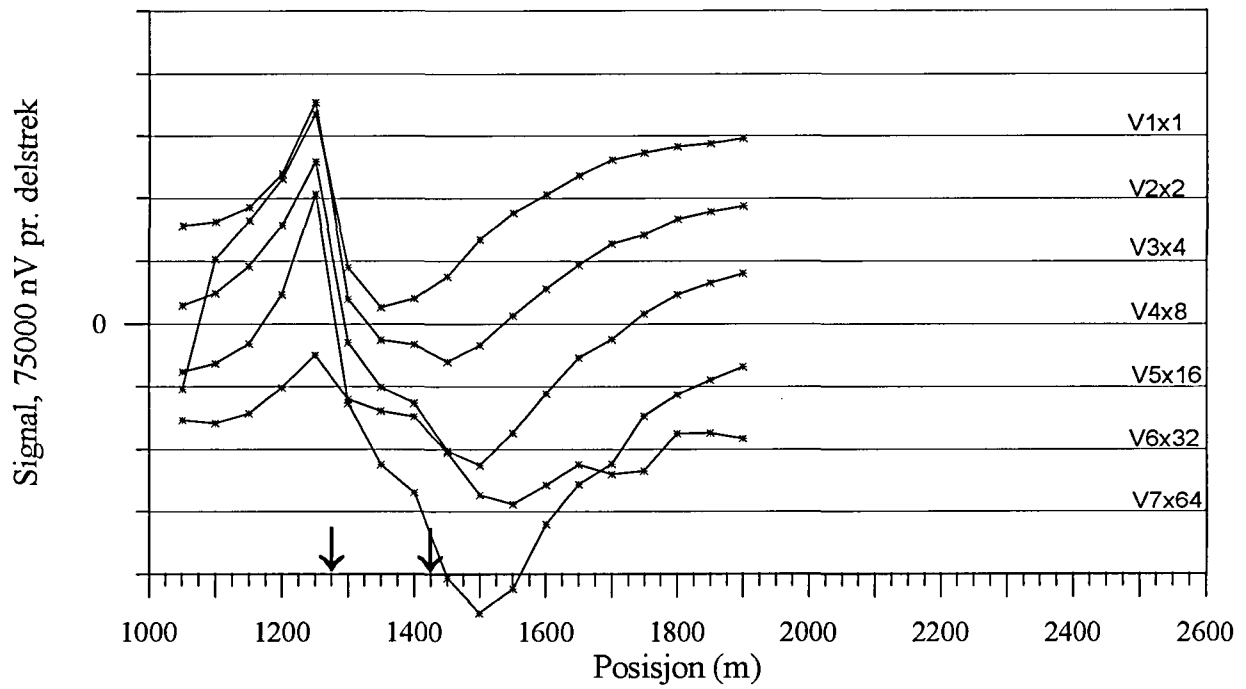
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3000Y, norm. 25 Hz



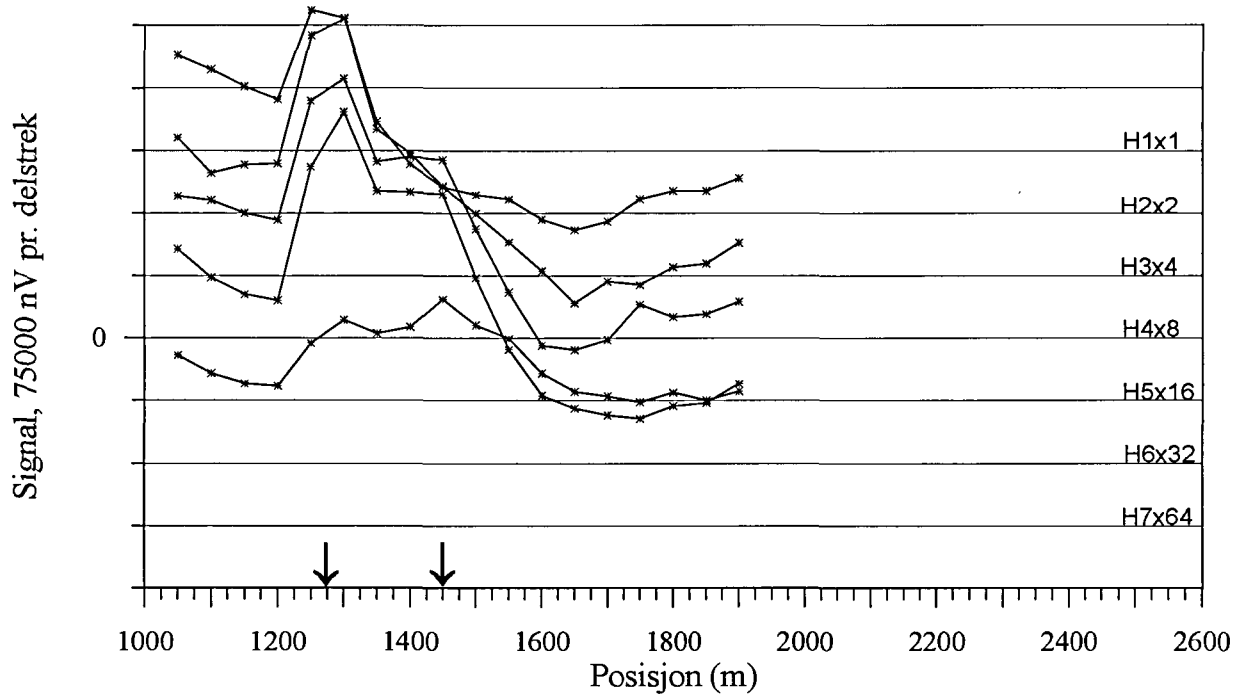
Figur 8b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 3000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3200Y, V1-V7



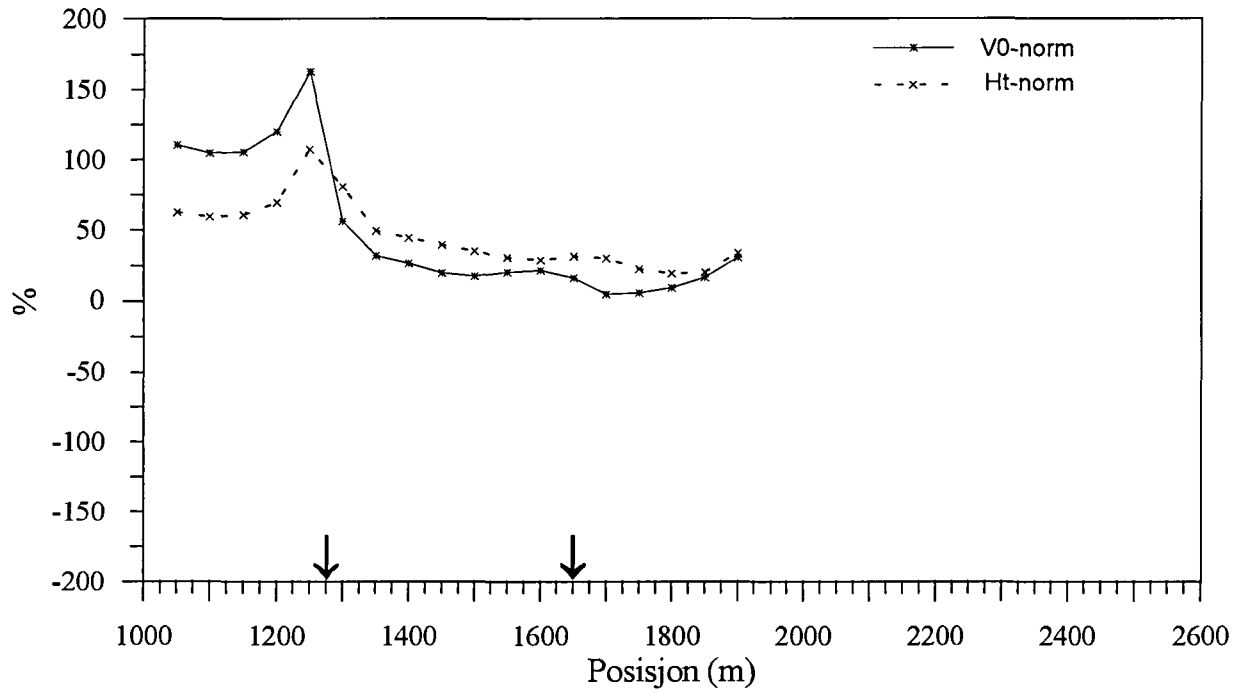
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3200Y, H1-H7



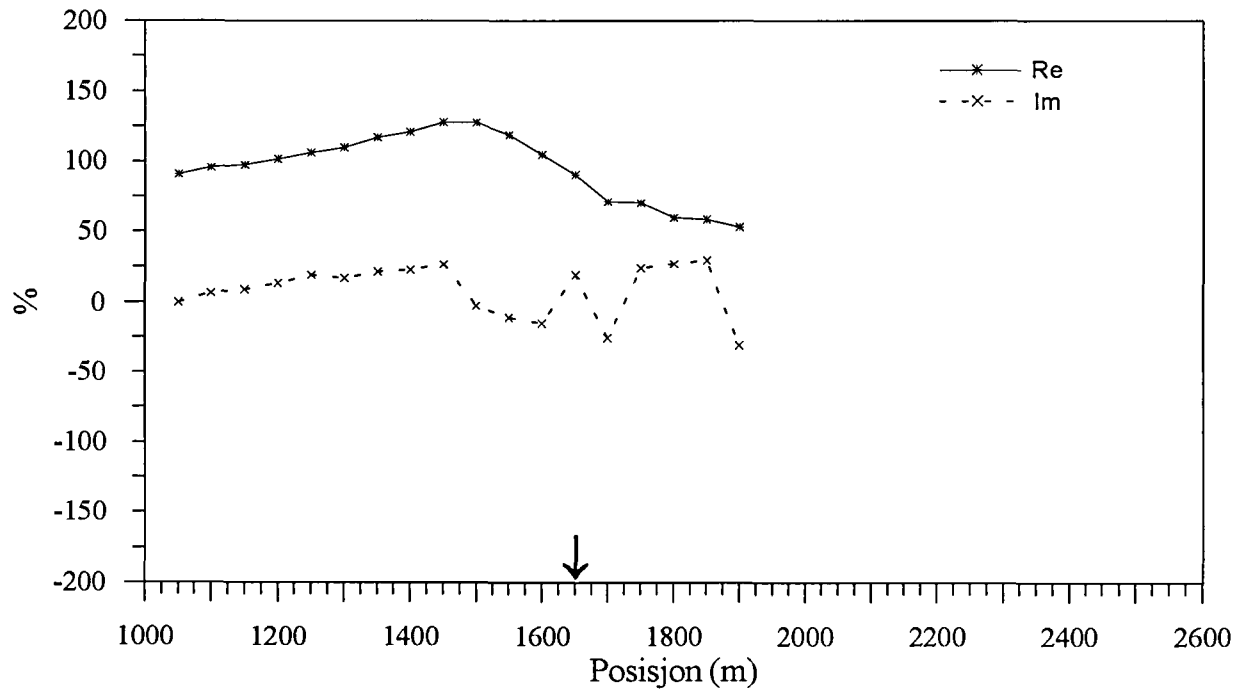
Figur 9a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 3200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3200Y, Primærfelt



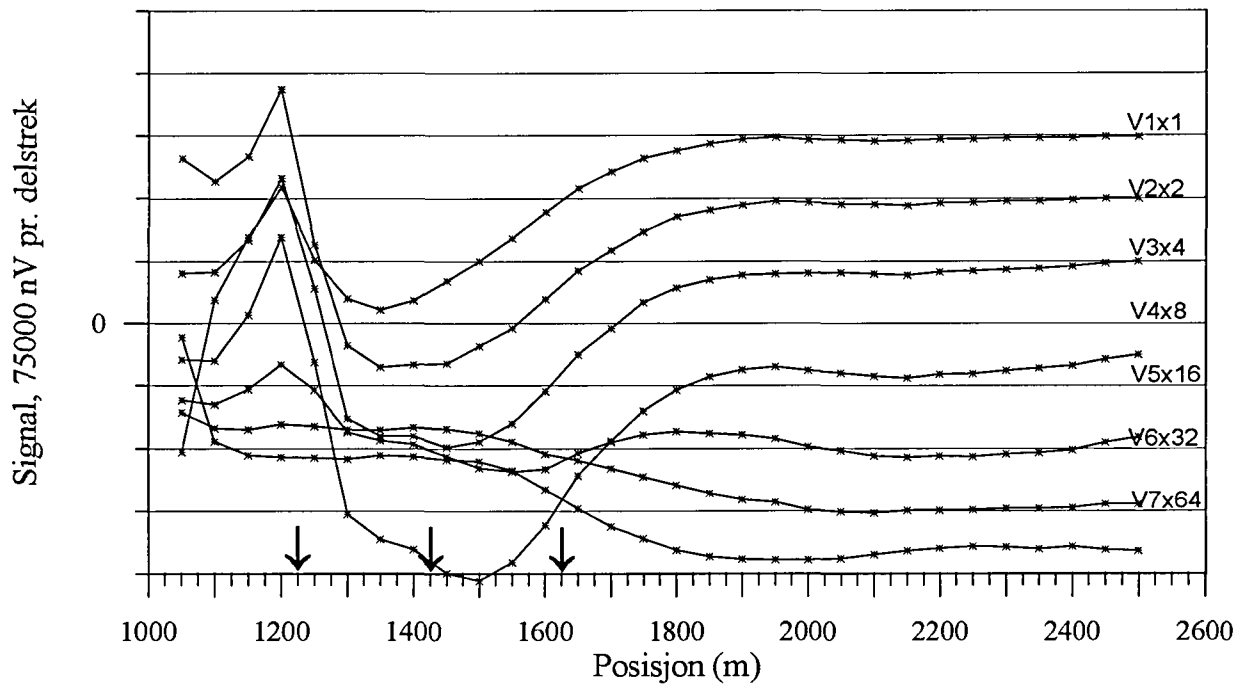
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3200Y, norm. 25 Hz



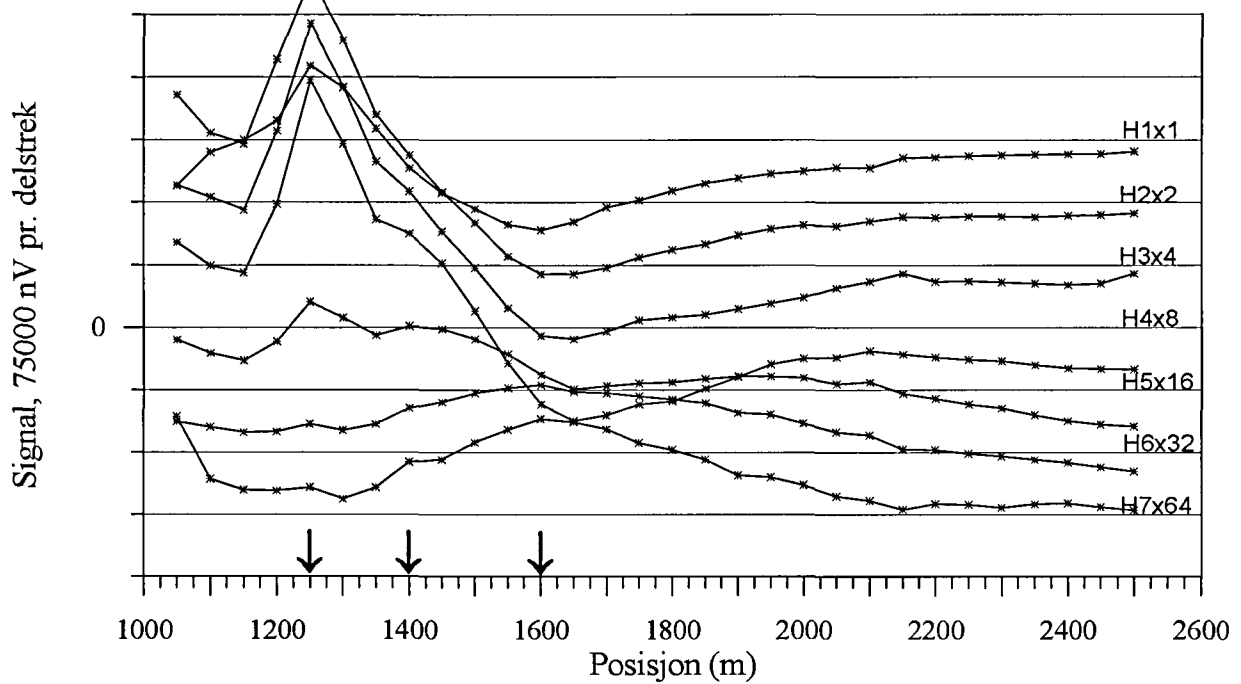
Figur 9b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 3200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3400Y, V1-V7



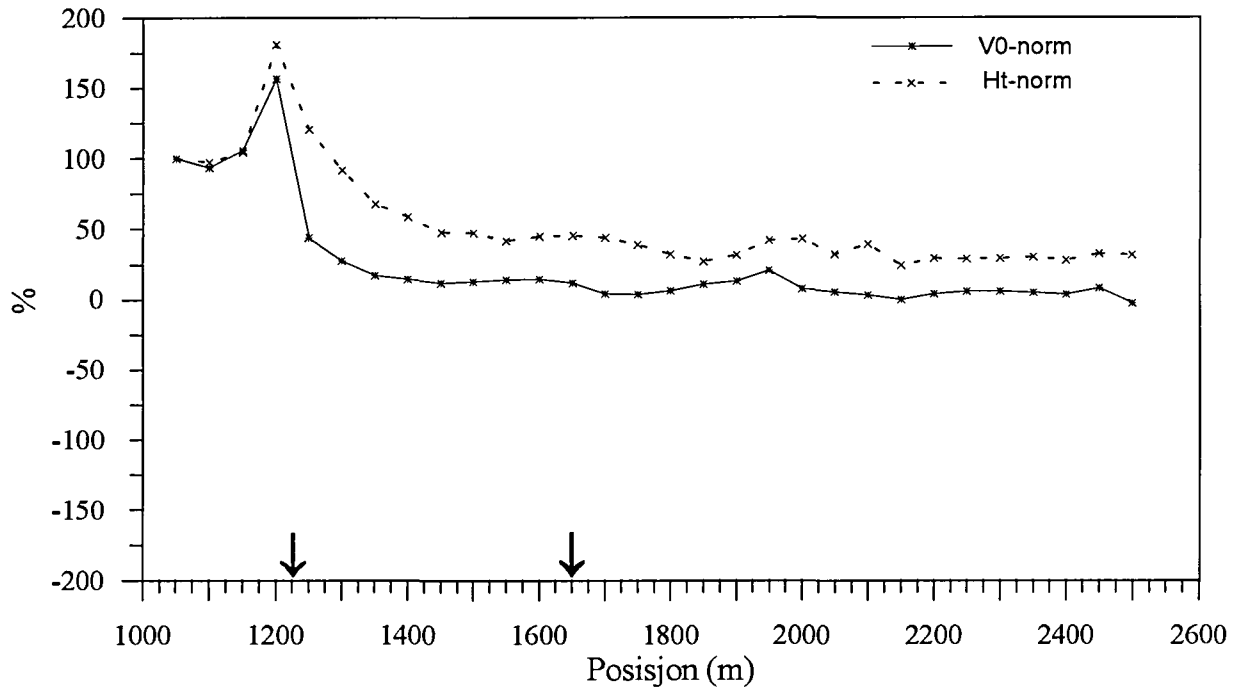
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3400Y, H1-H7



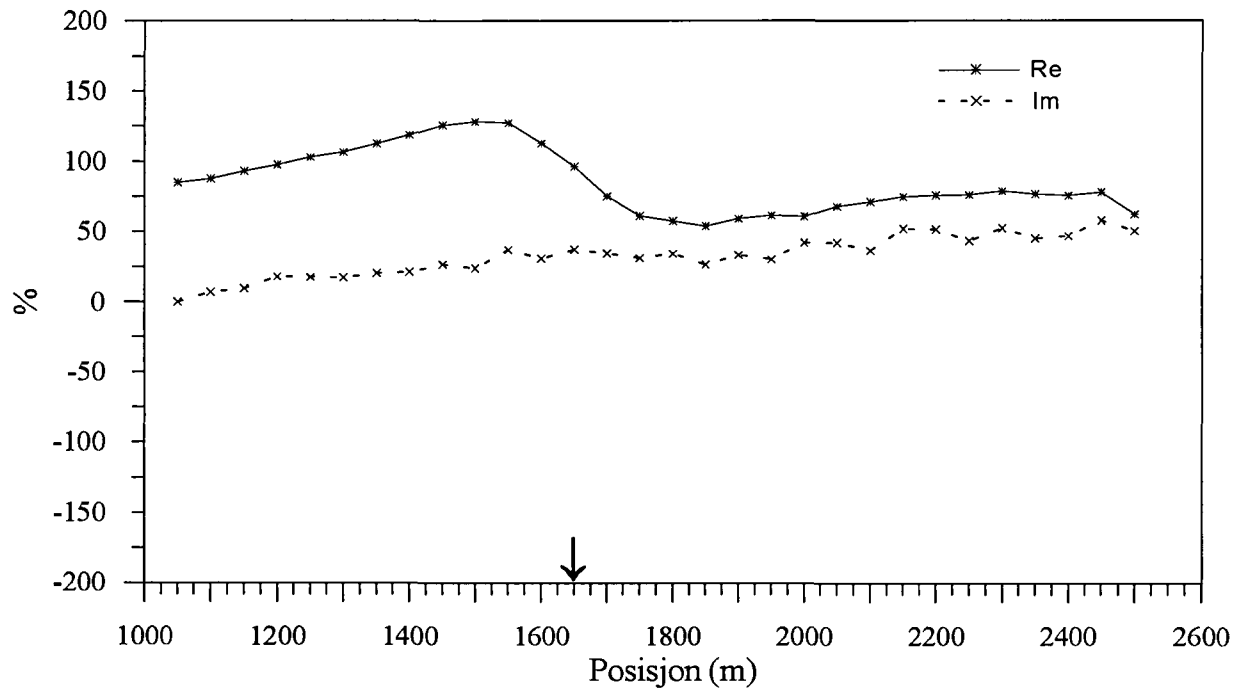
Figur 10a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 3400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3400Y, Primærfelt



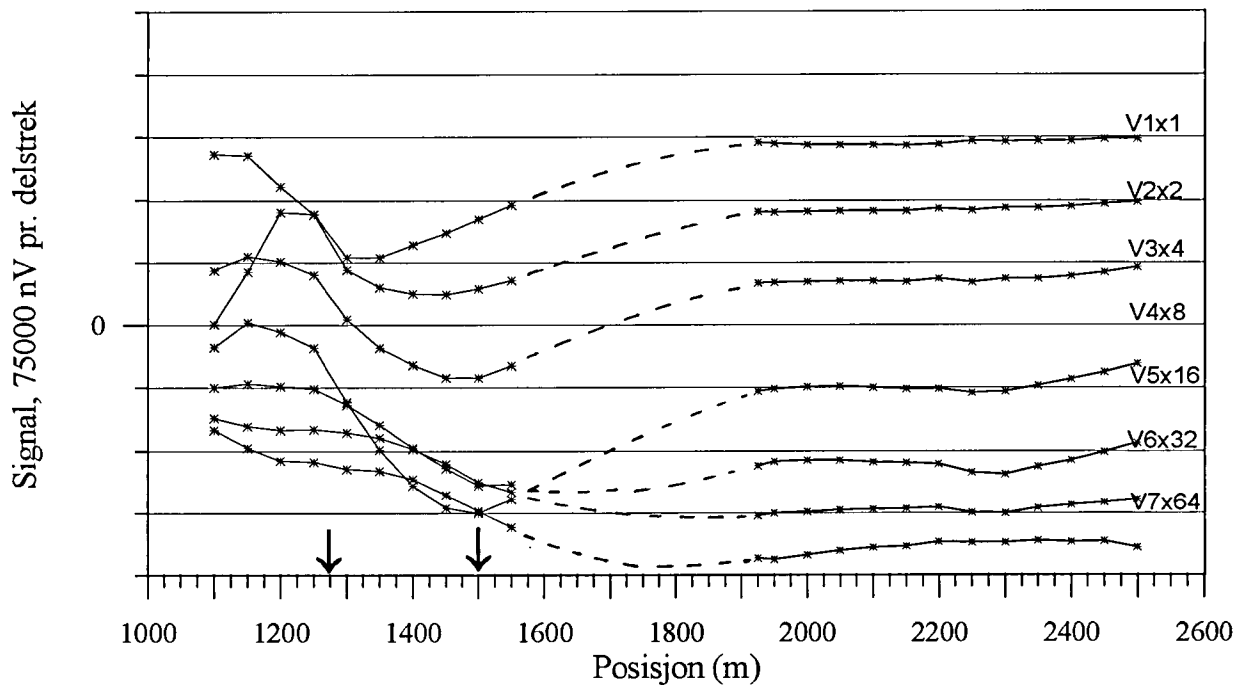
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3400Y, norm. 25 Hz



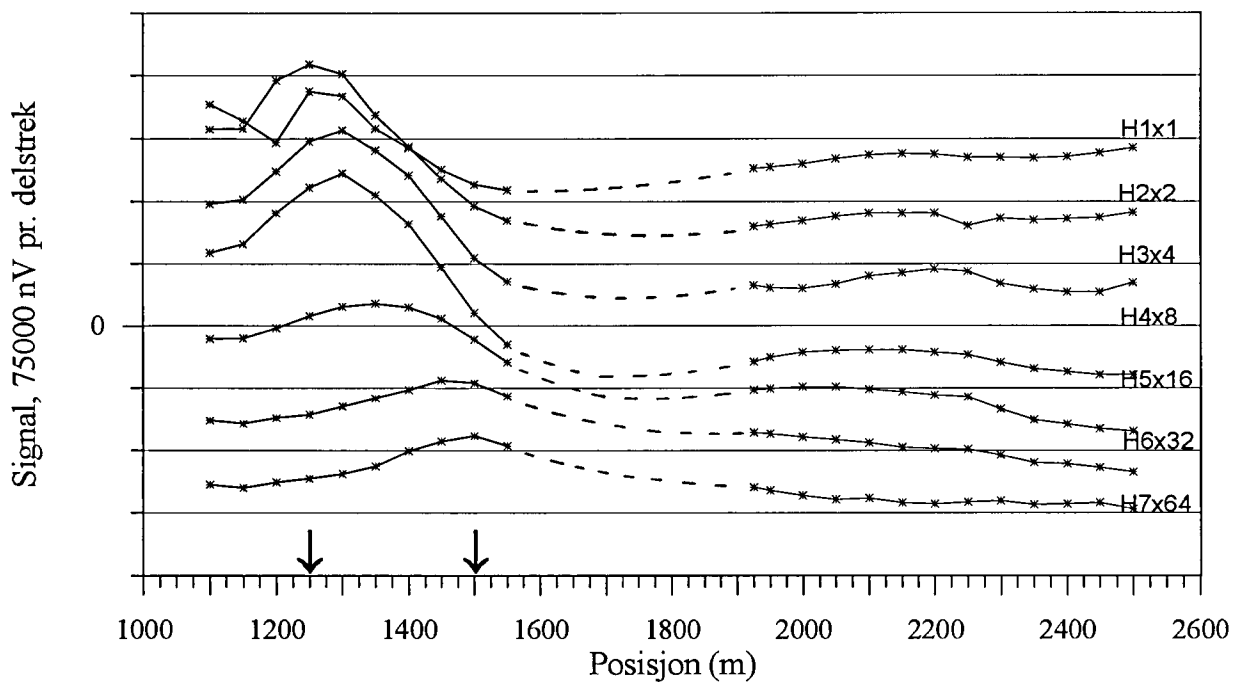
Figur 10b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 3400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3800Y, V1-V7



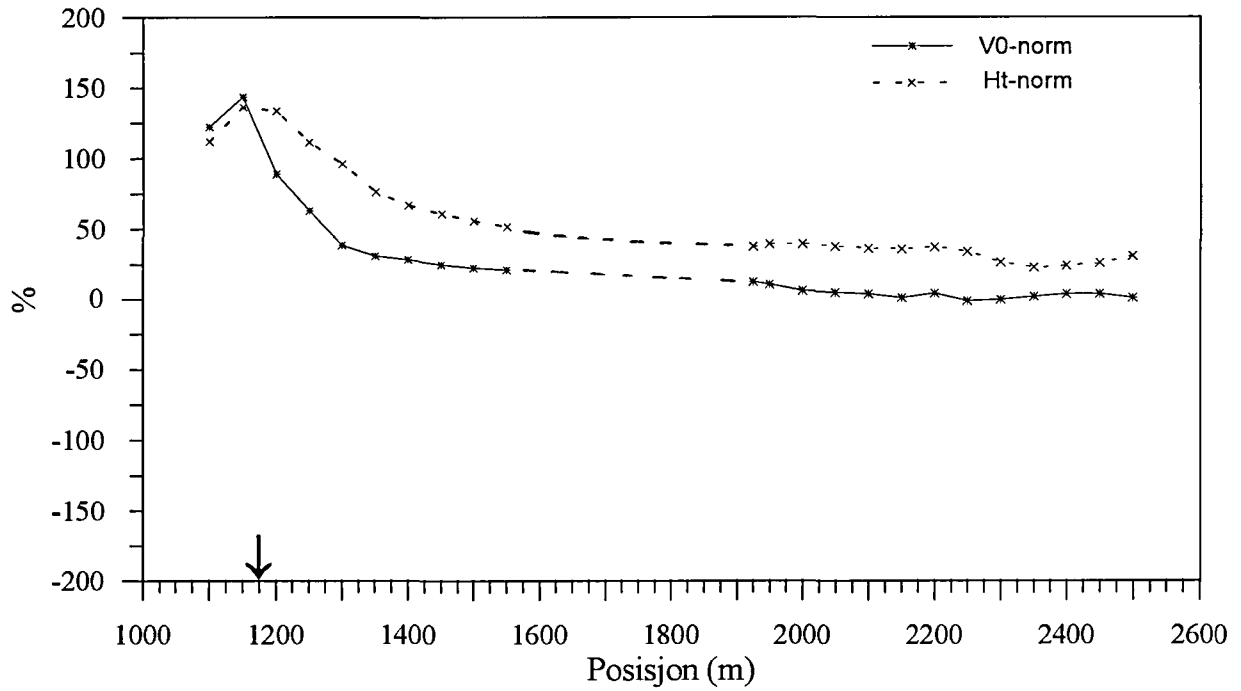
↓ indikert leder - - - antatt kurveforløp

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3800Y, H1-H7



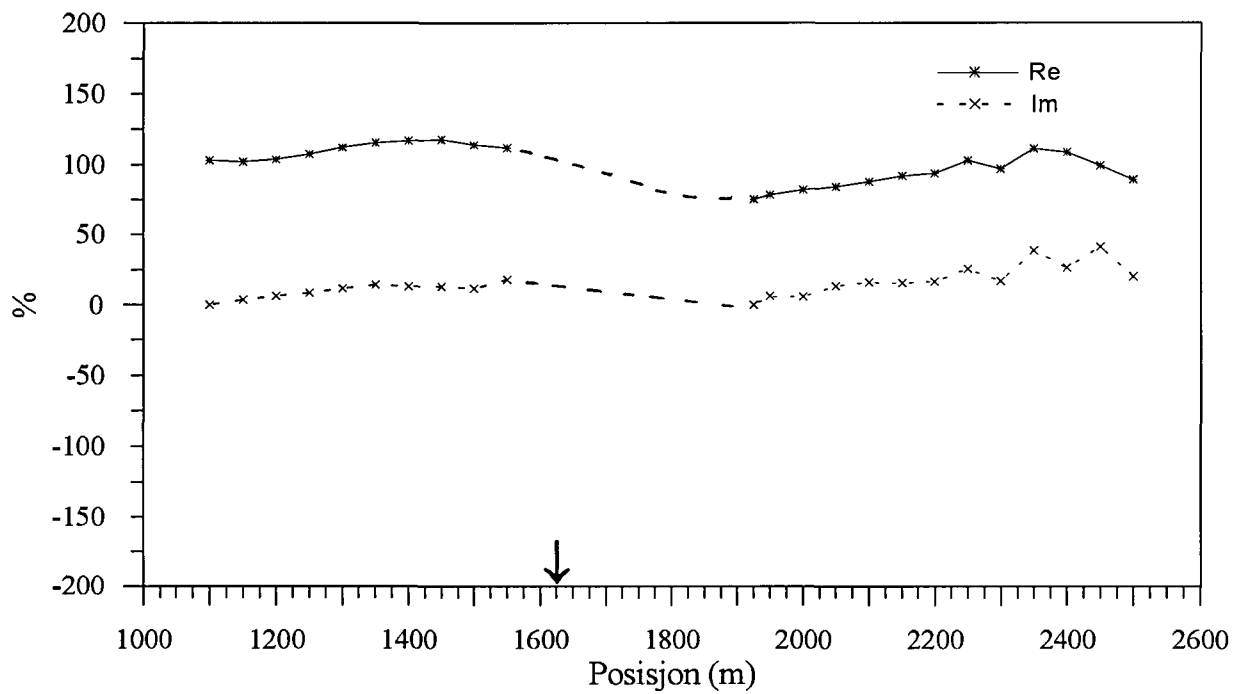
Figur 11a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 3800Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3800Y, Primærfelt



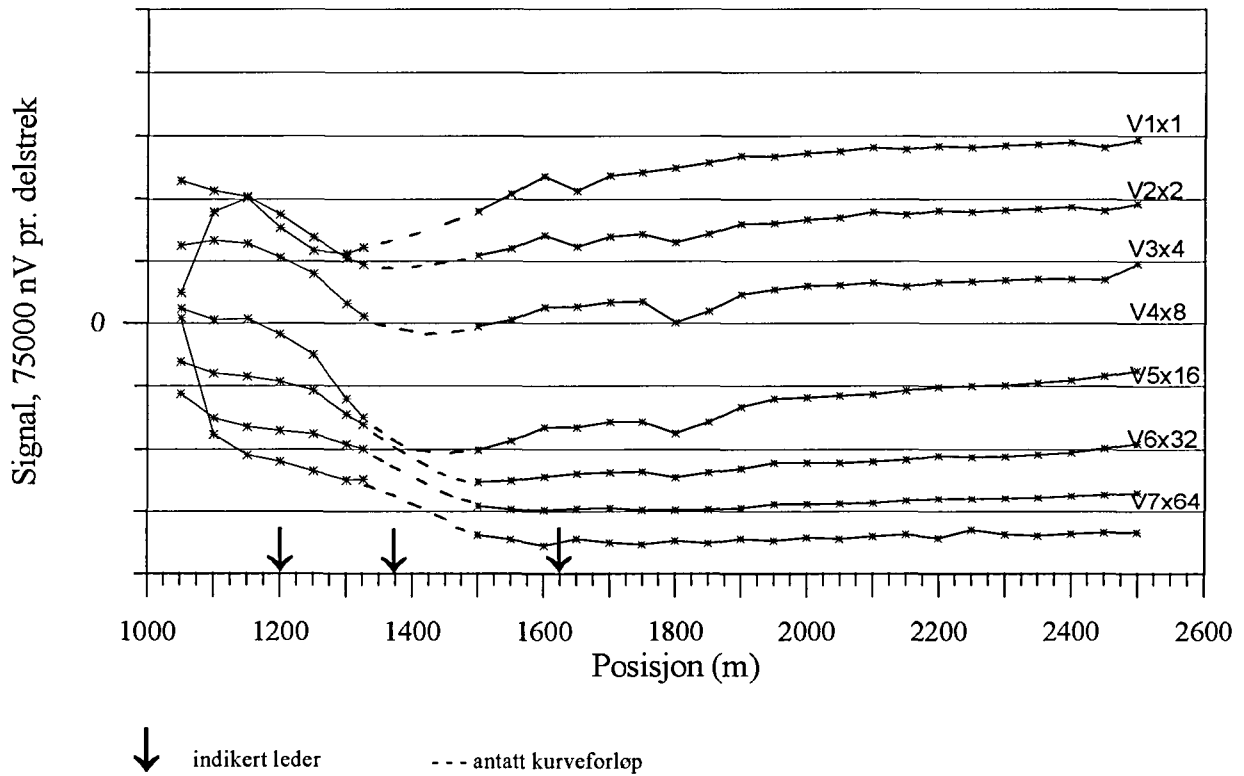
↓ indikert leder - - - antatt kurveforløp

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 3800Y, norm. 25 Hz

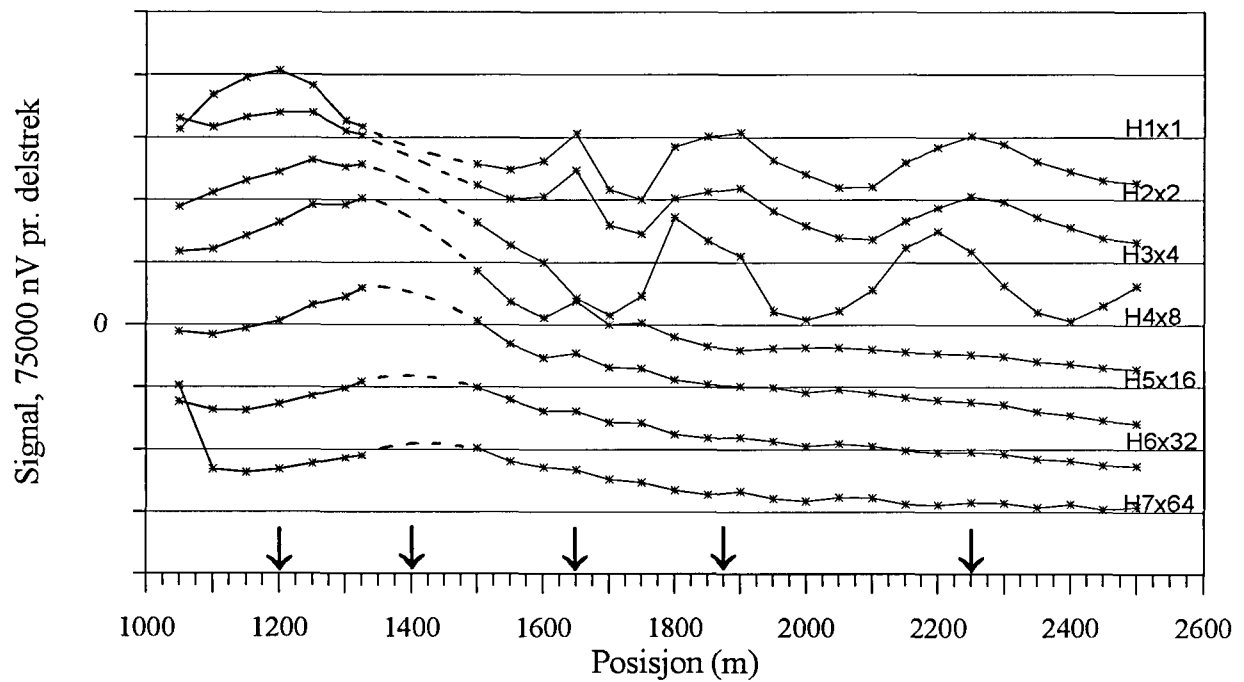


Figur 11b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 3800Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4200Y, V1-V7

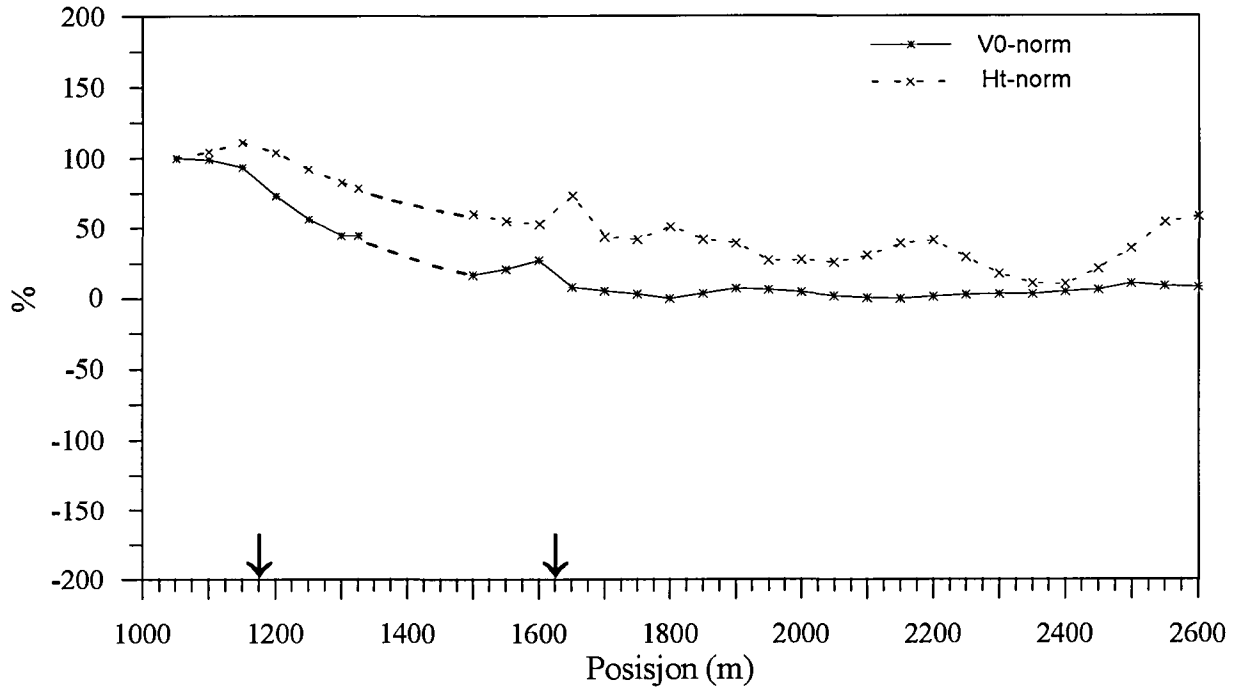


GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4200Y, H1-H7



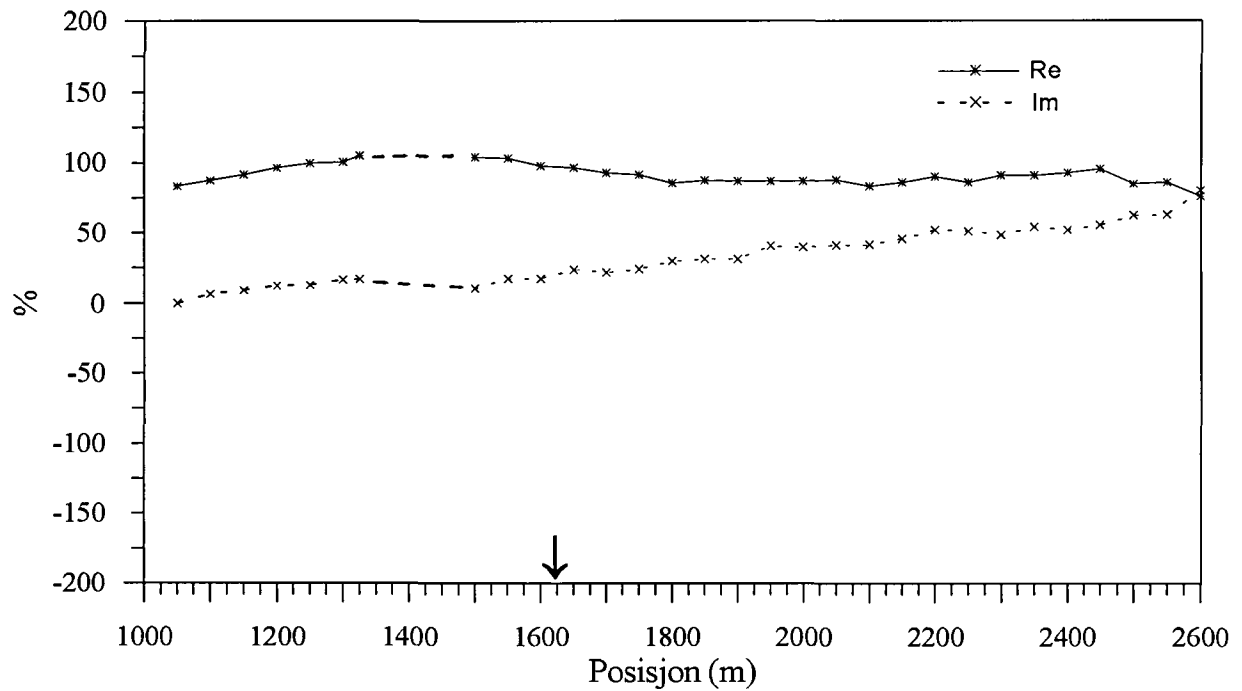
Figur 12a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 4200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4200Y, Primærfelt



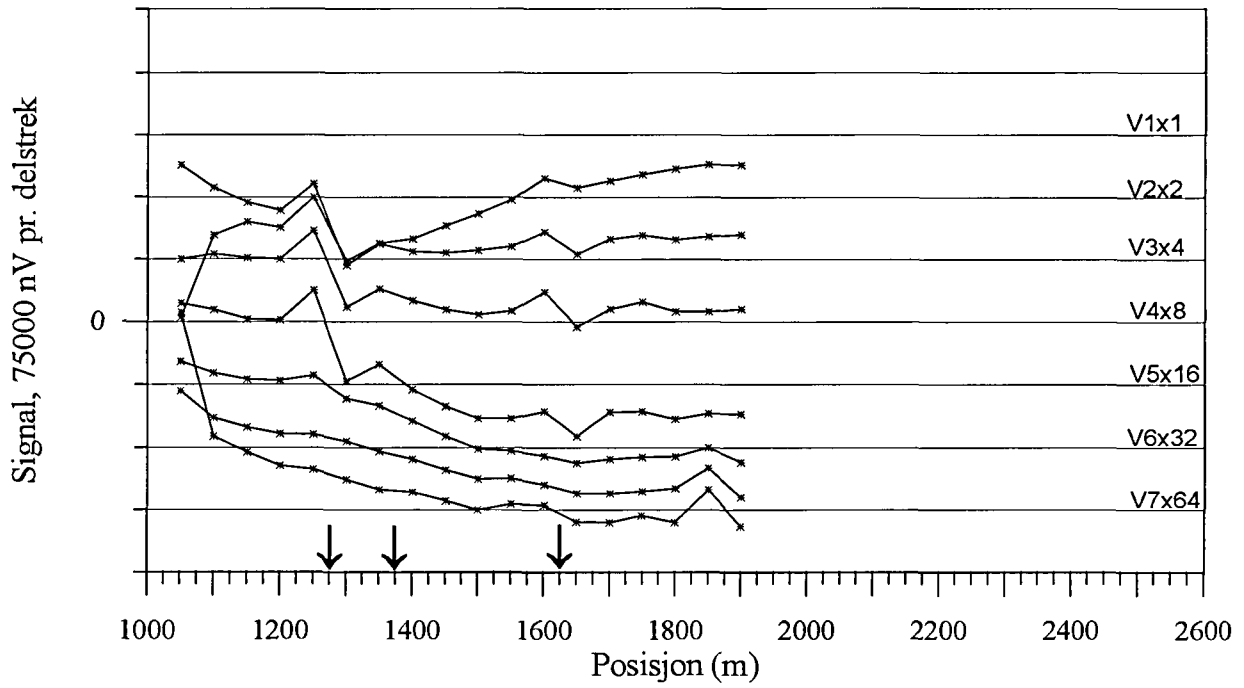
↓ indikert leder - - - antatt kurveforløp

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4200Y, norm. 25 Hz



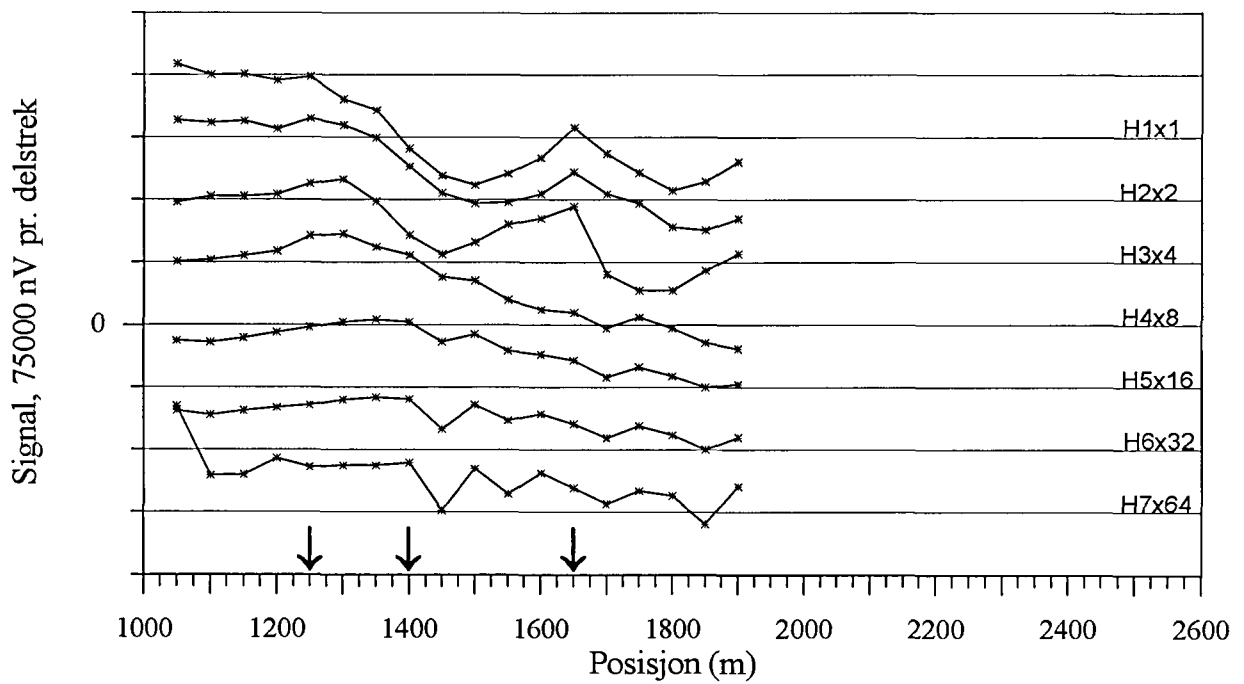
Figur 12b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 4200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4400Y, V1-V7



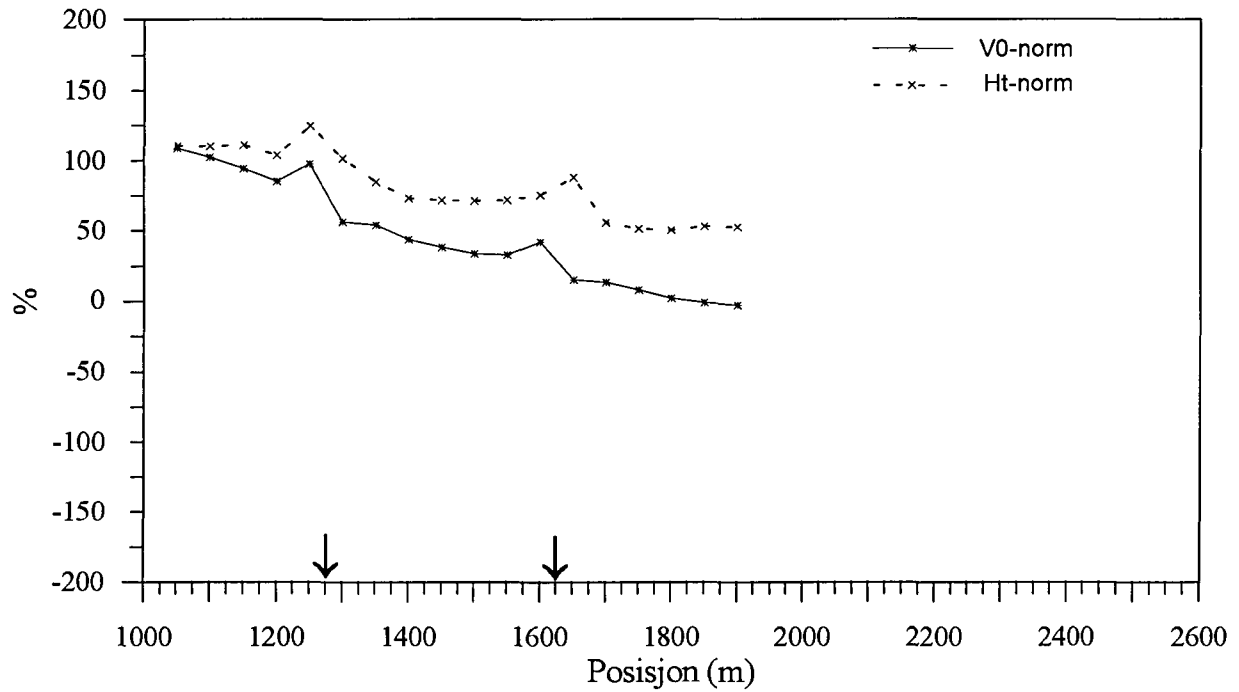
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4400Y, H1-H7



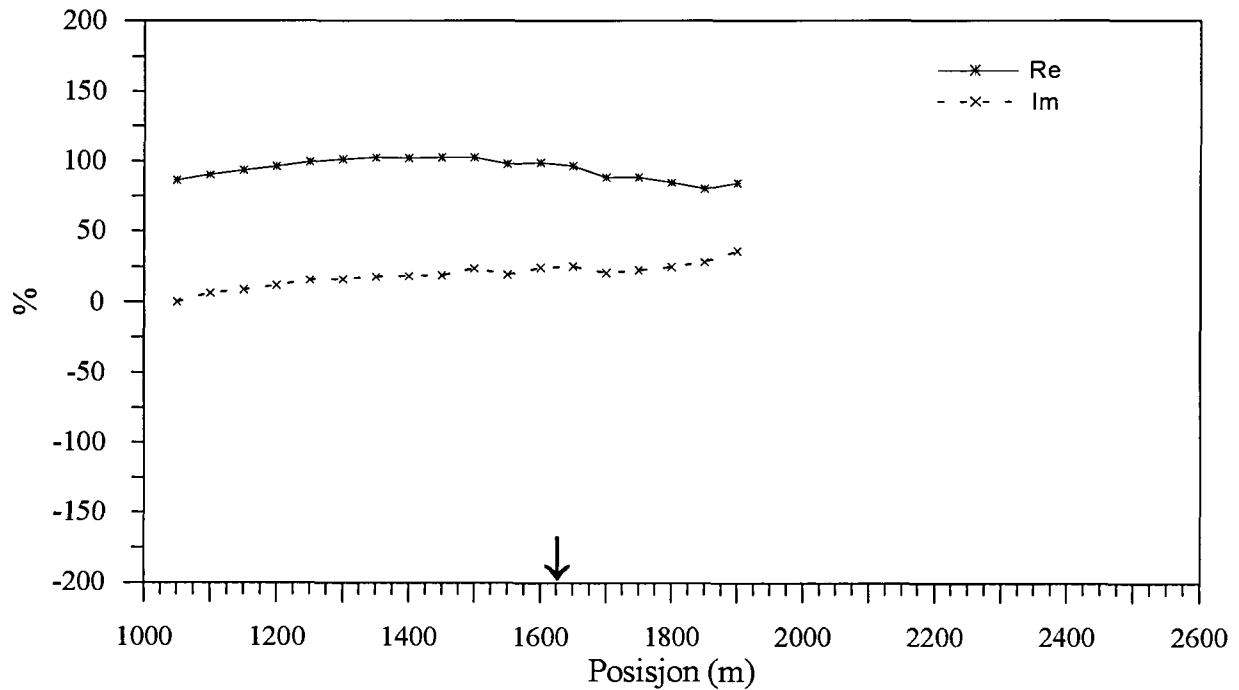
Figur 13a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 4400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4400Y, Primærfelt



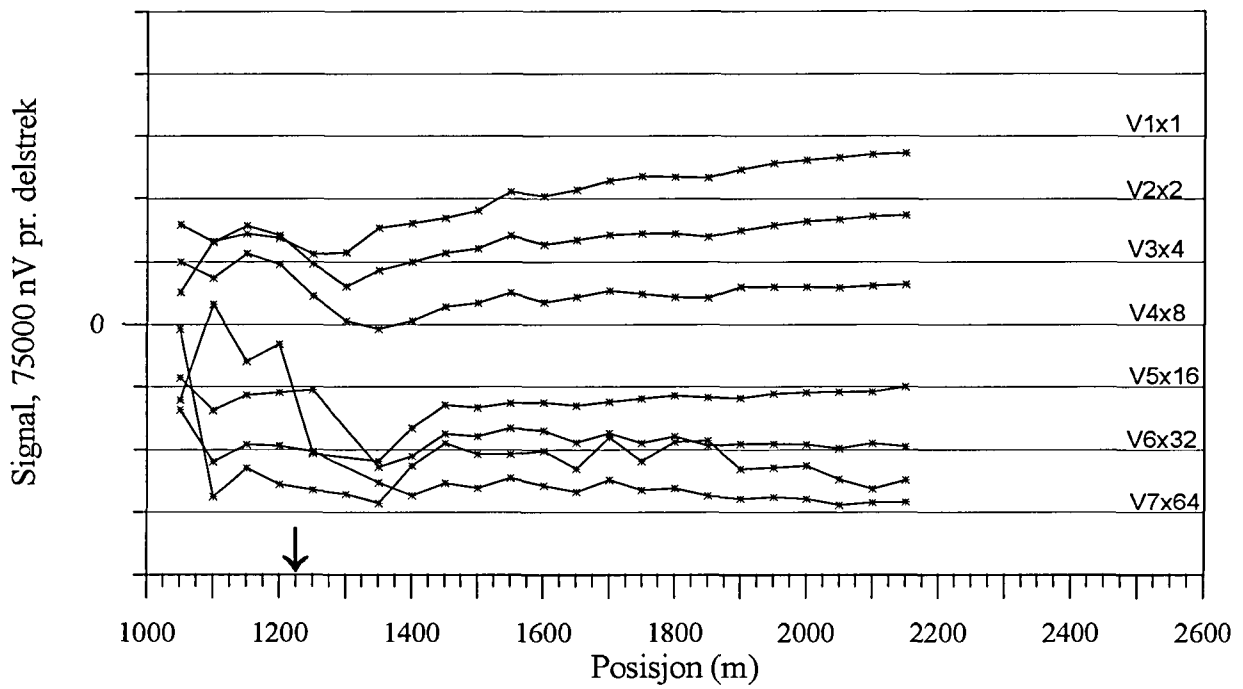
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4400Y, norm. 25 Hz



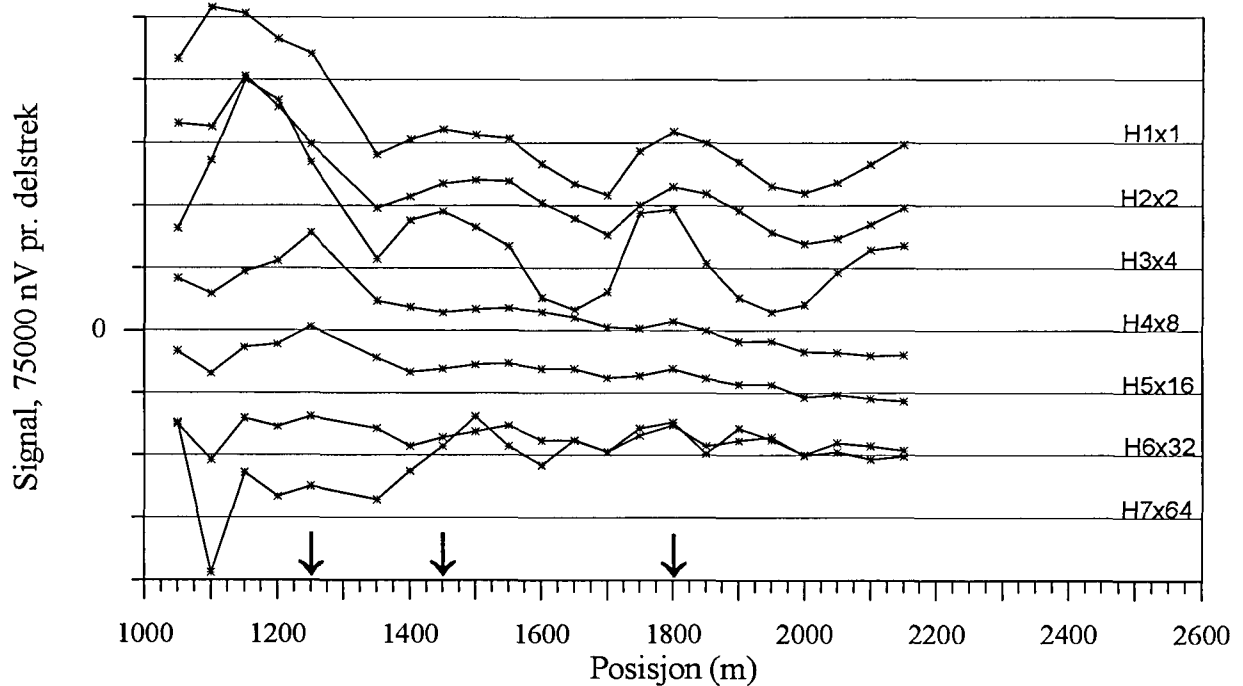
Figur 13b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 4400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4600Y, V1-V7



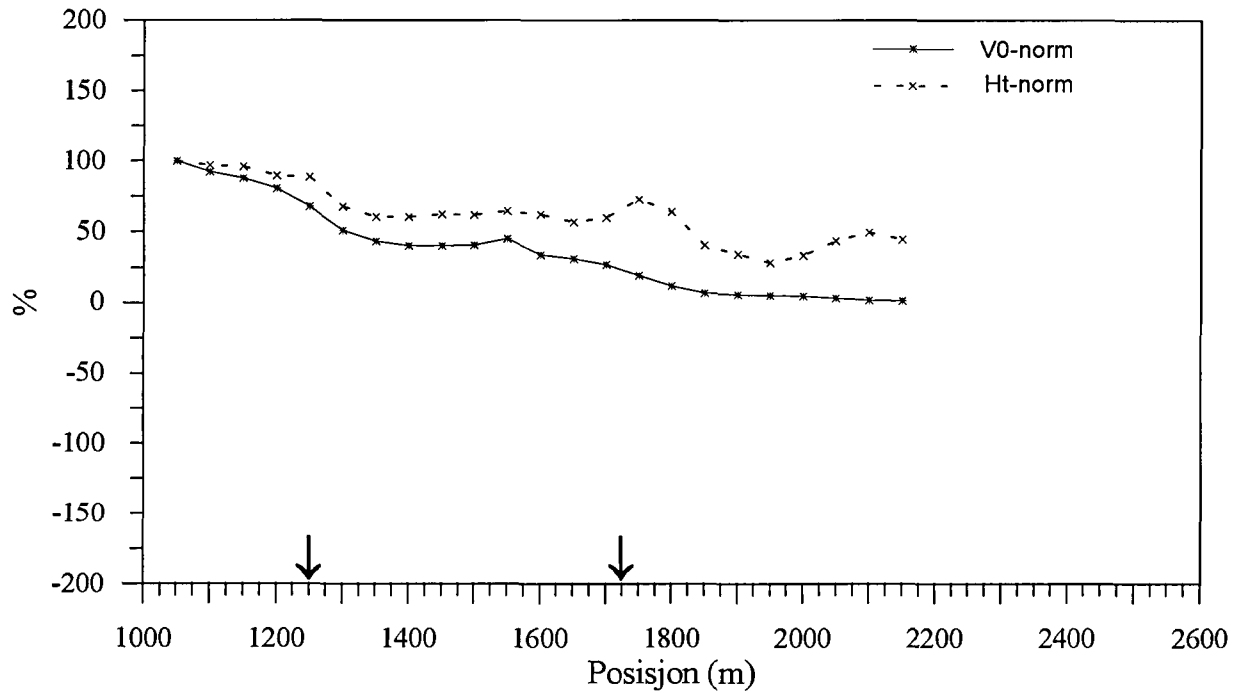
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4600Y, H1-H7



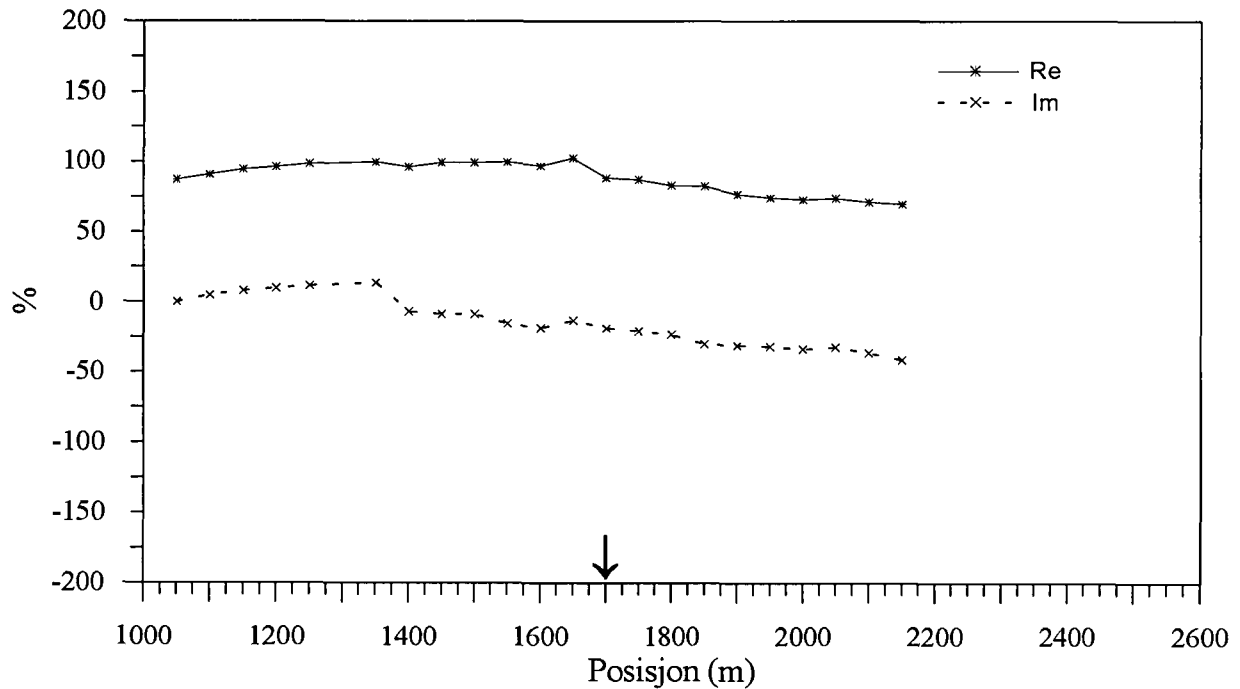
Figur 14a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 4600Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4600Y, Primærfelt



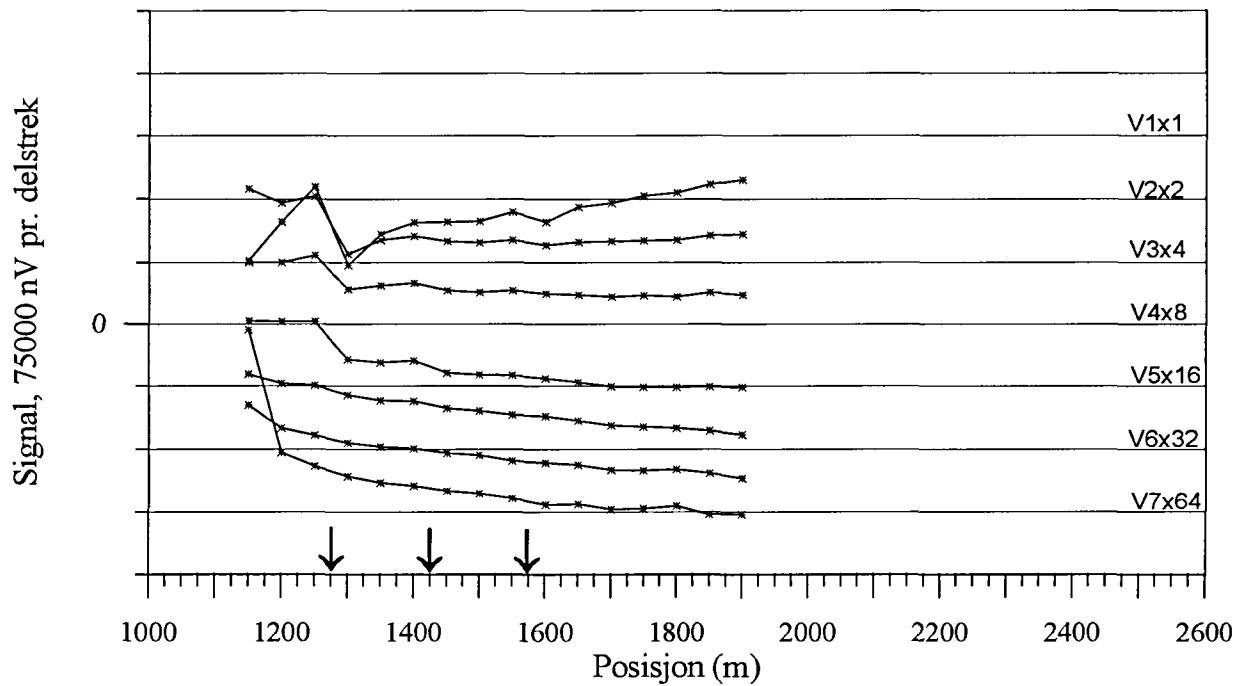
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4600Y, norm. 25 Hz

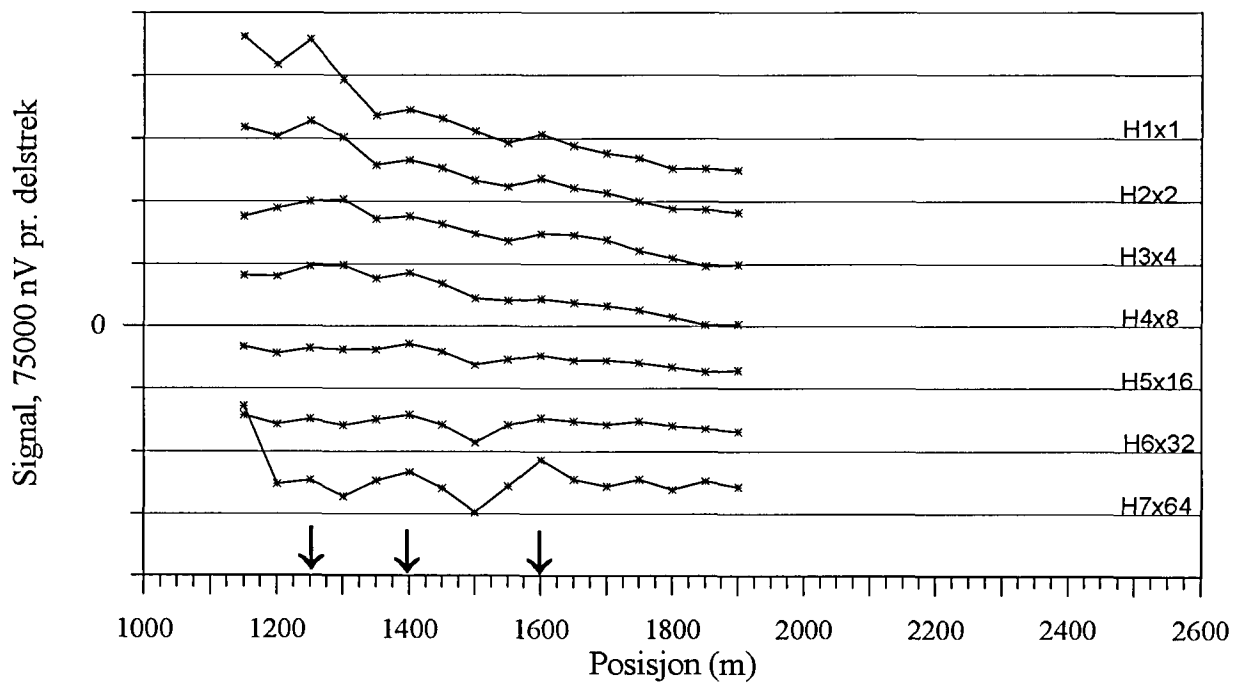


Figur 14b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 4600Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4800Y, V1-V7

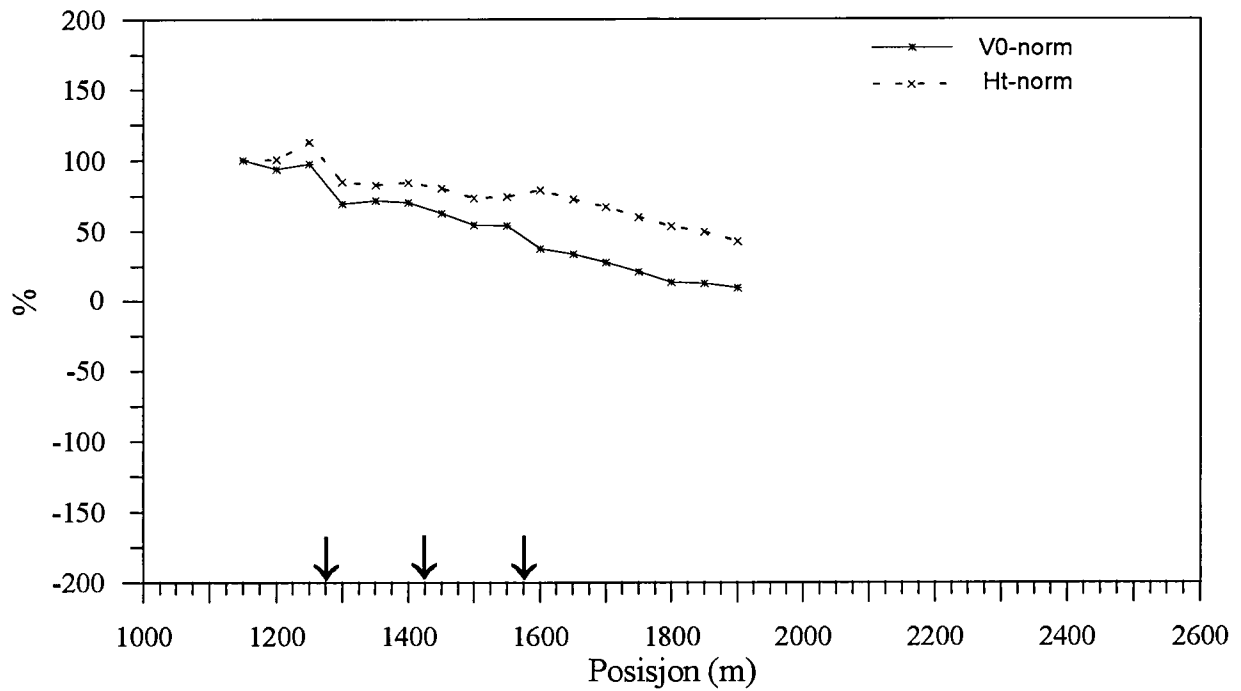


GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4800Y, H1-H7



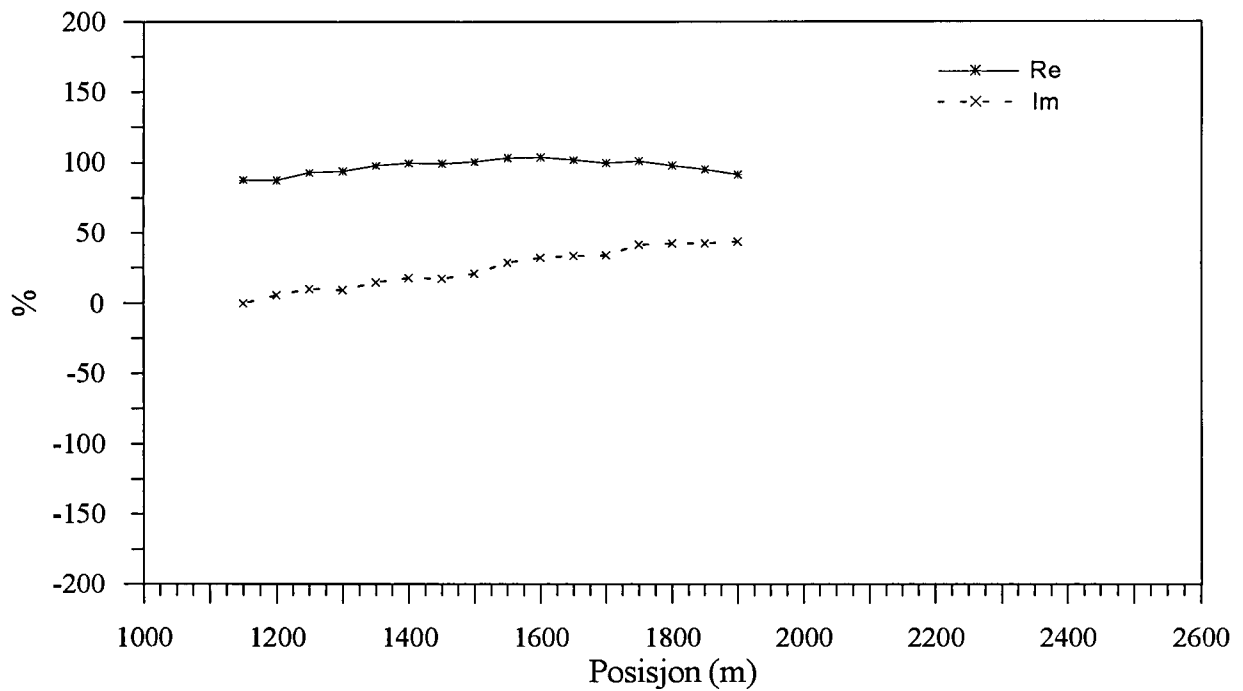
Figur 15a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 4800Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4800Y, Primærfelt



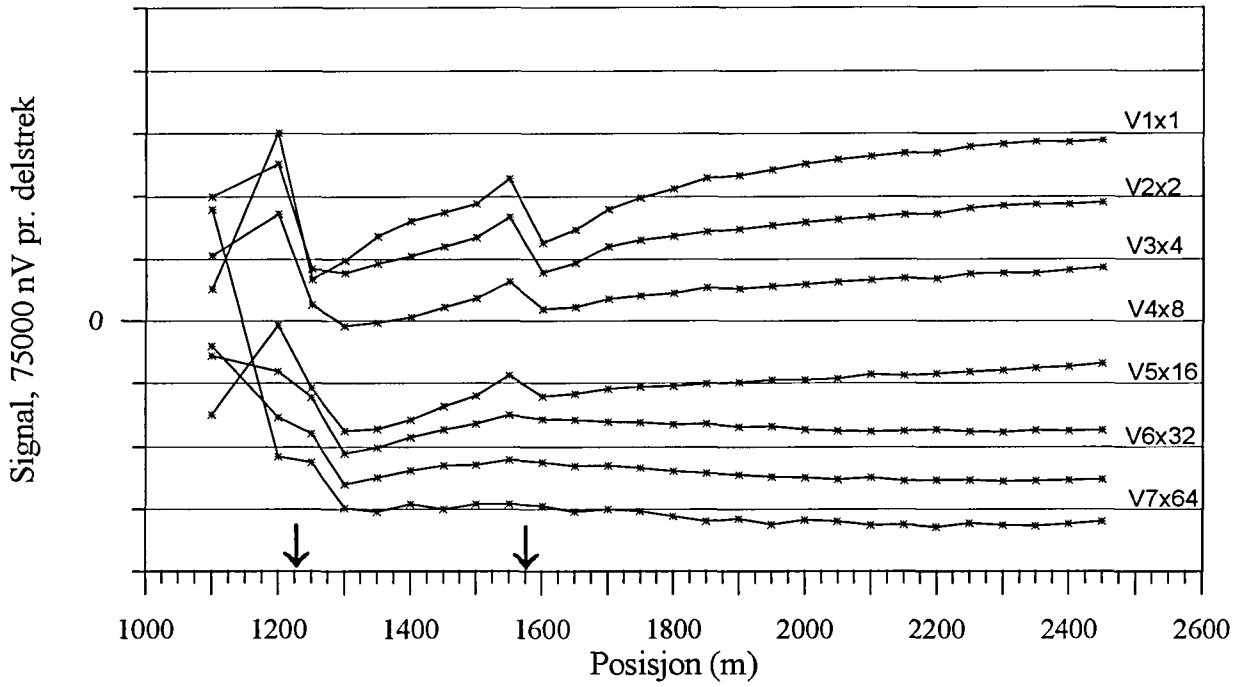
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 4800Y, norm. 25 Hz



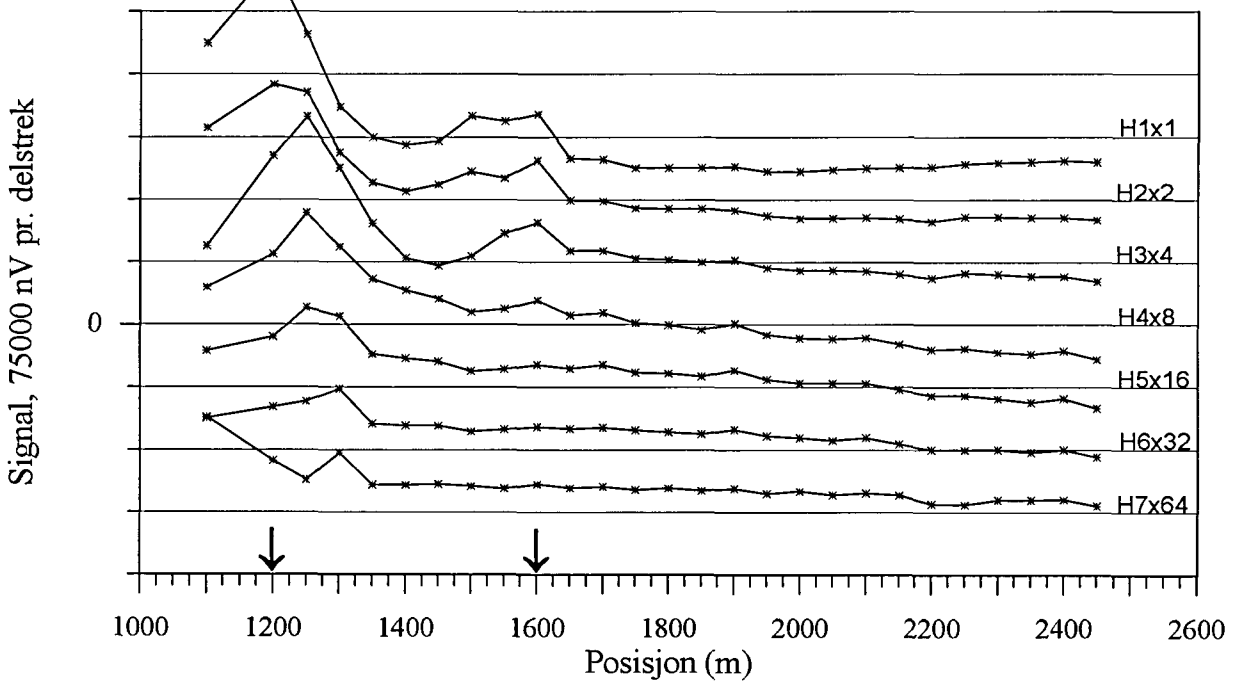
Figur 15b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 4800Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5000Y, V1-V7



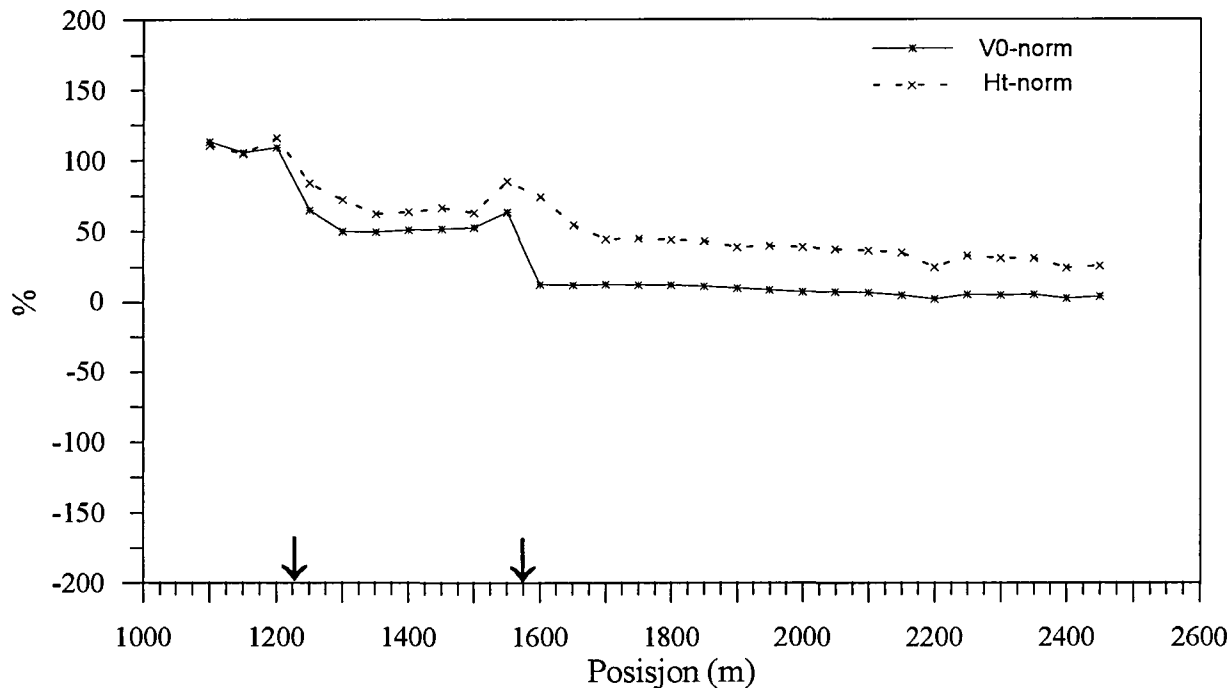
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5000Y, H1-H7



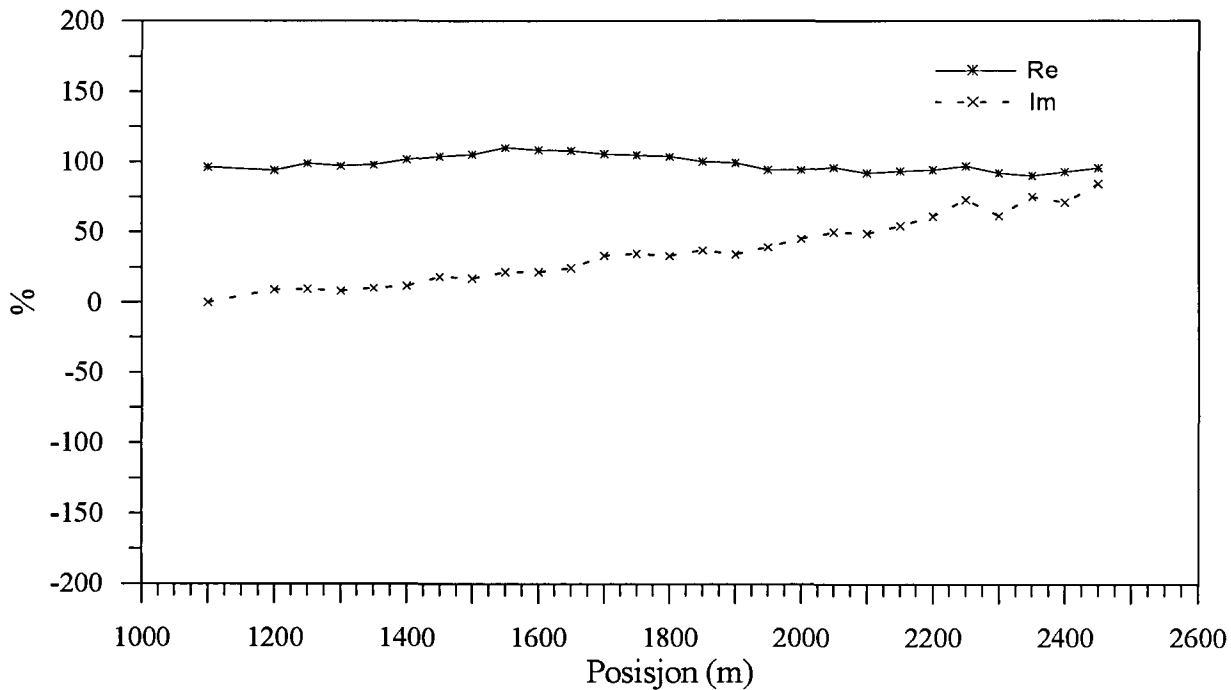
Figur 16a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 5000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5000Y, Primærfelt



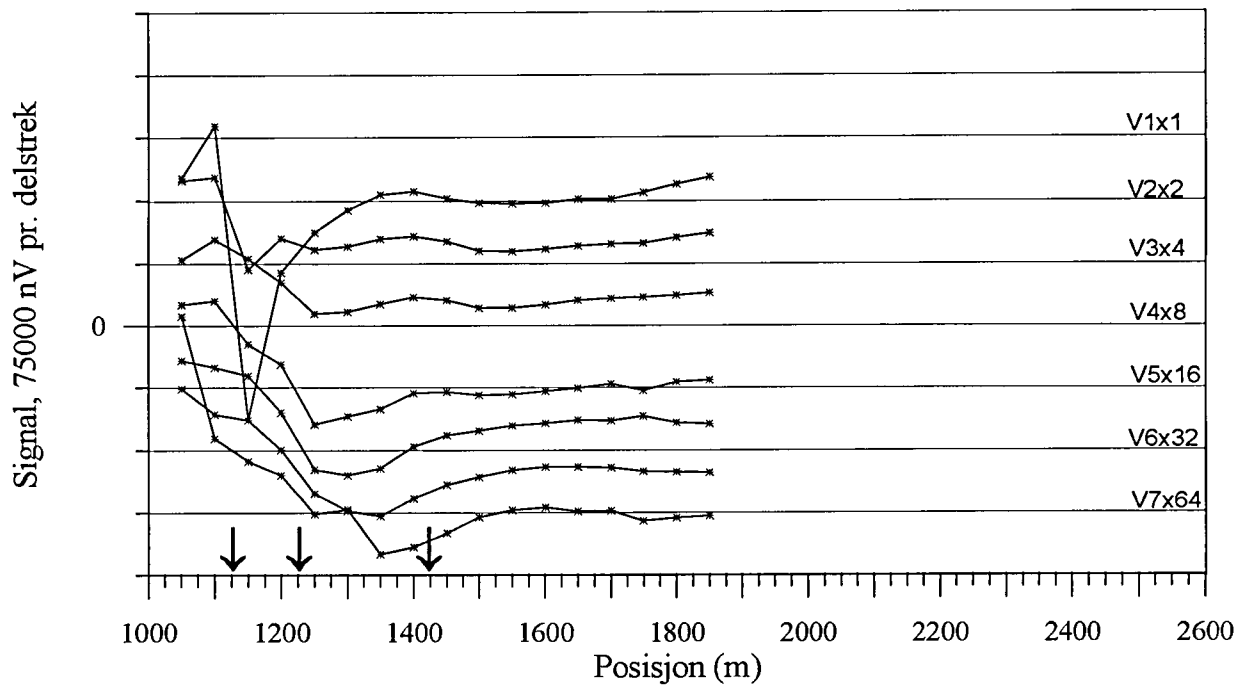
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5000Y, norm. 25 Hz

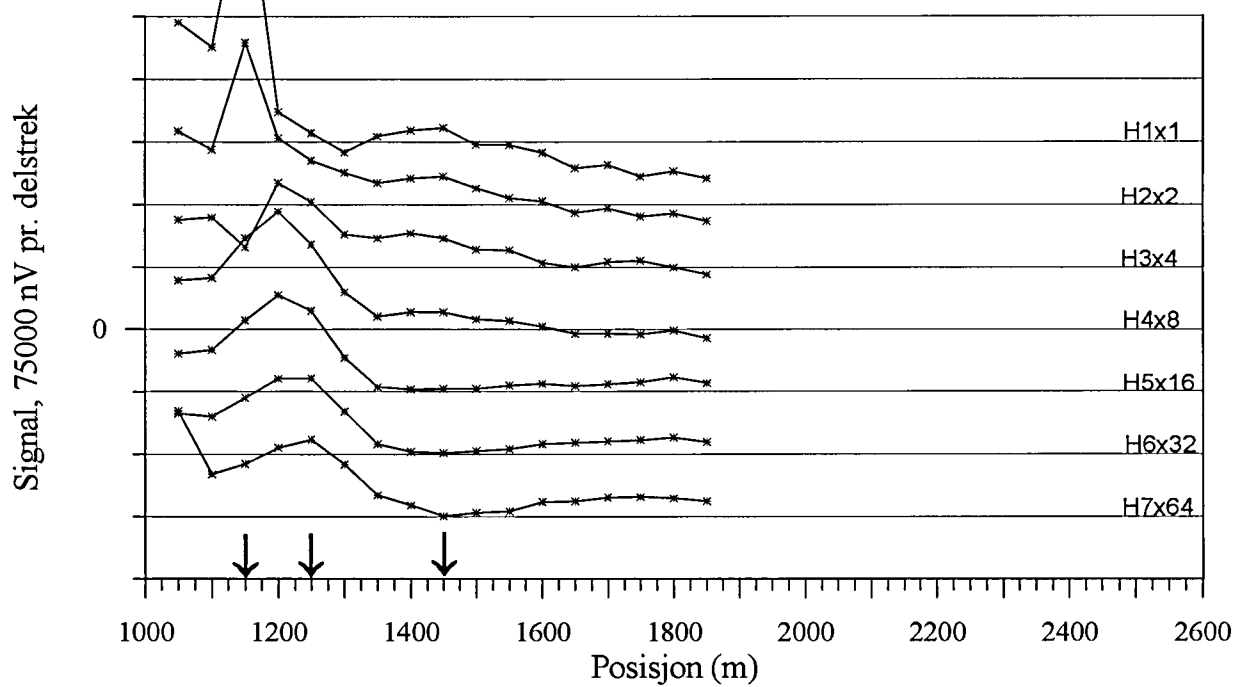


Figur 16b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 5000Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5200Y, V1-V7

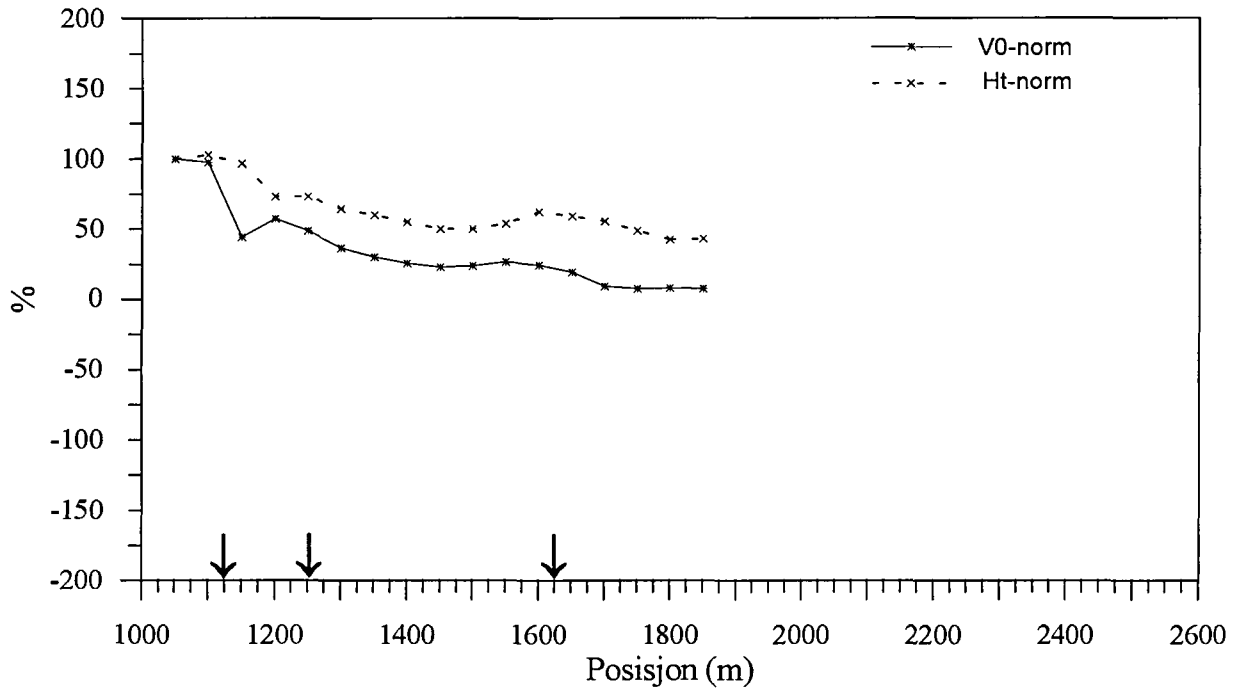


GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5200Y, H1-H7



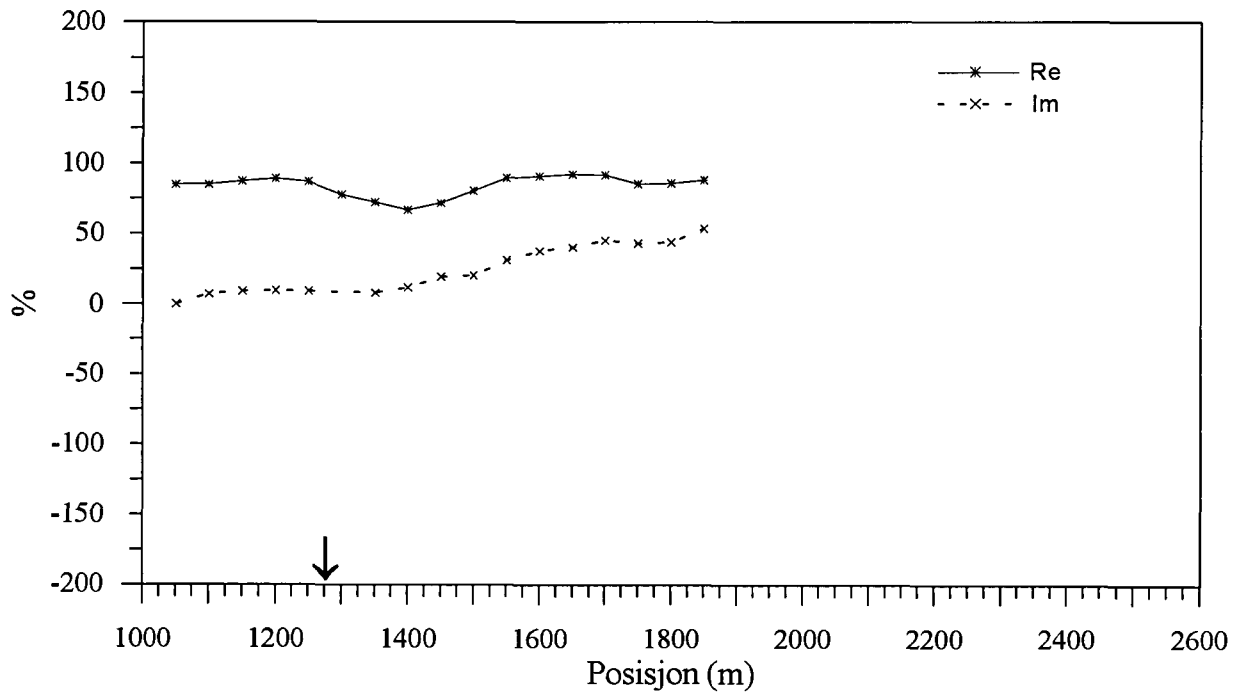
Figur 17a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 5200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5200Y, Primærfelt



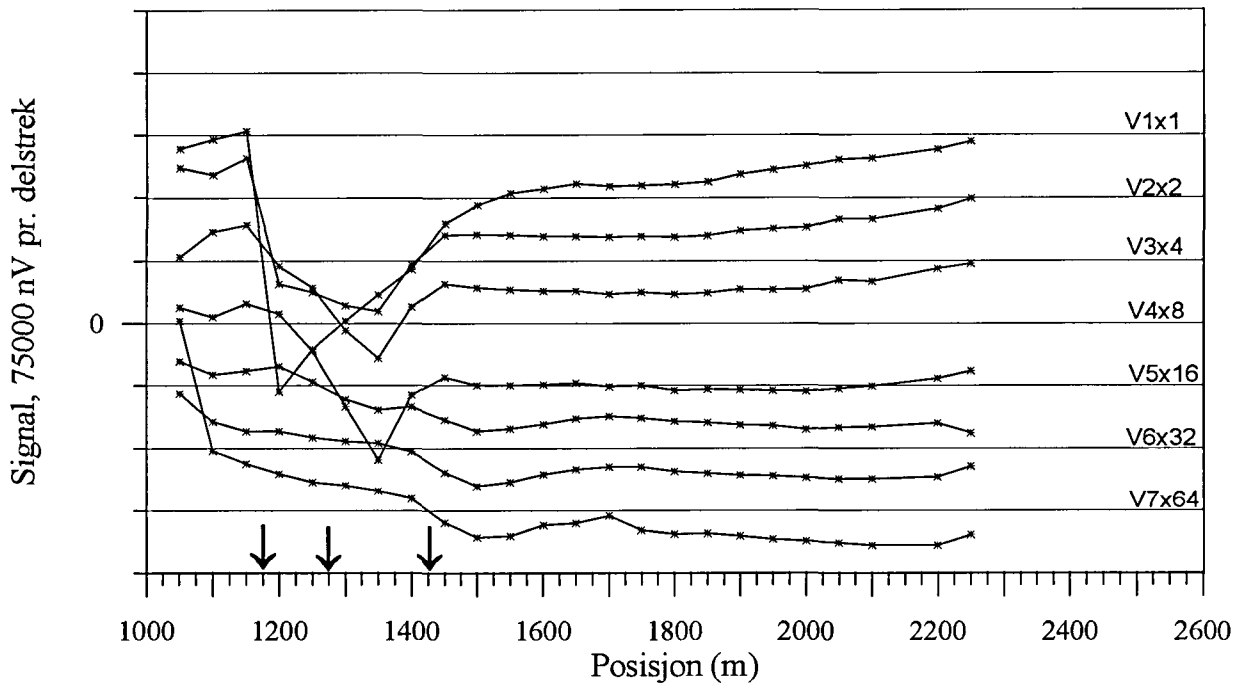
↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5200Y, norm. 25 Hz

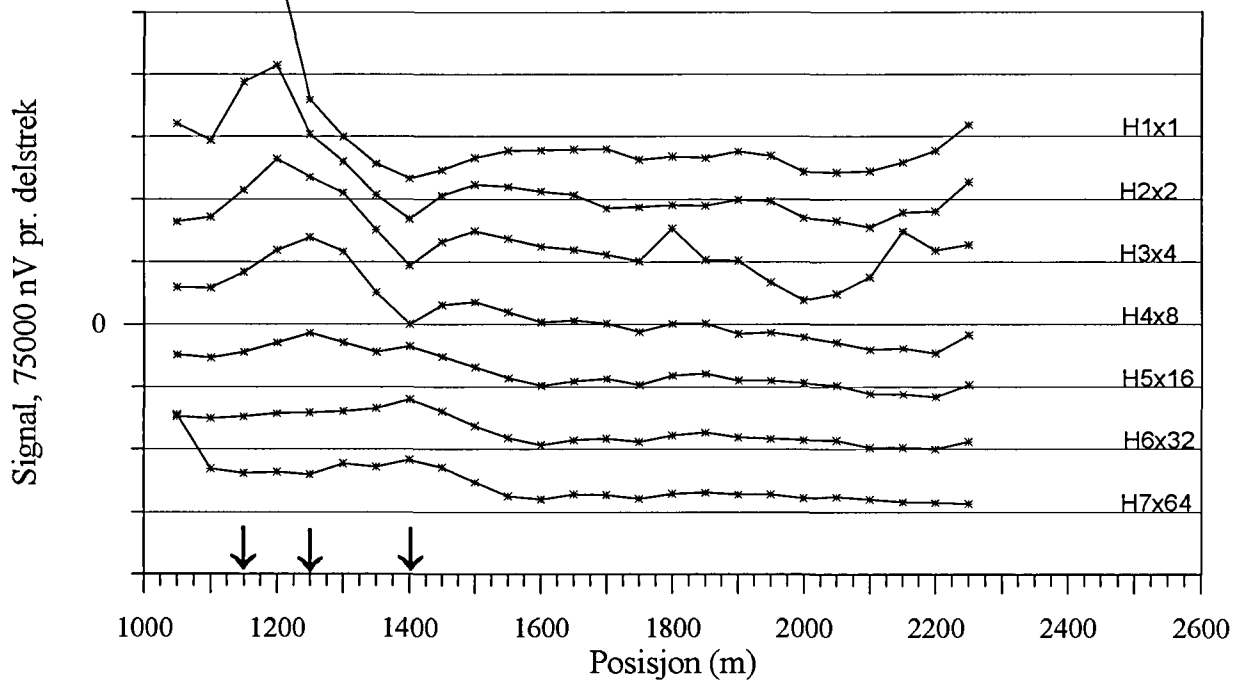


Figur 17b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 5200Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5400Y, V1-V7

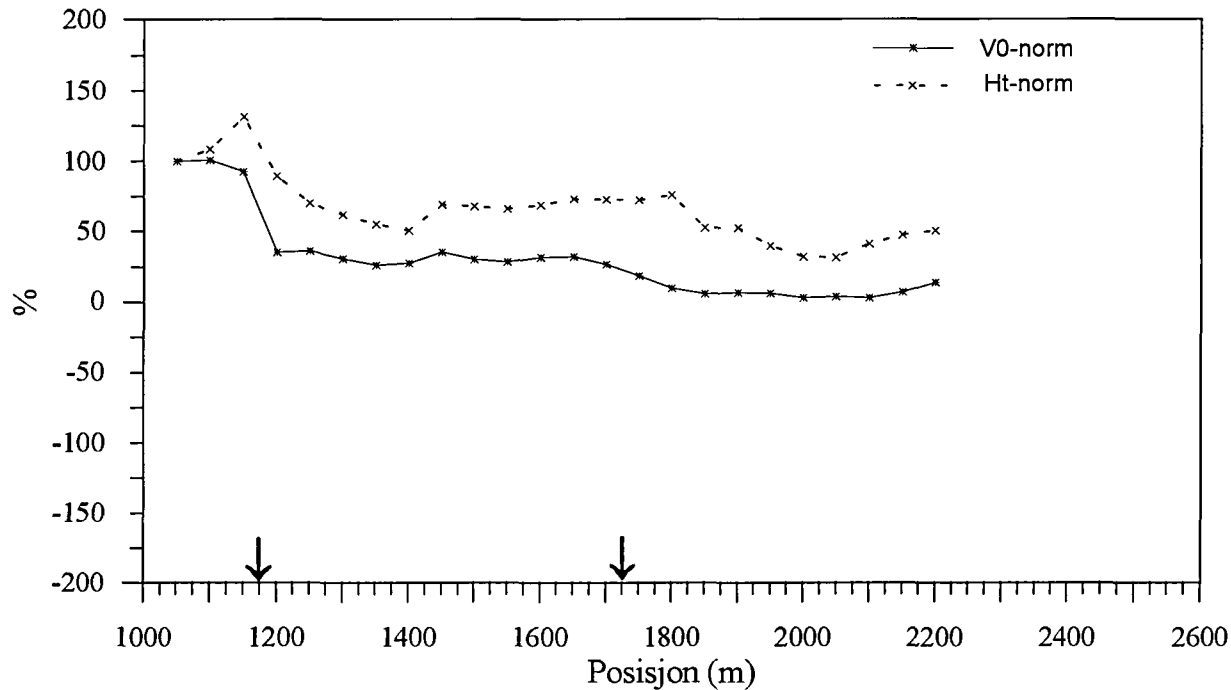


GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5400Y, H1-H7



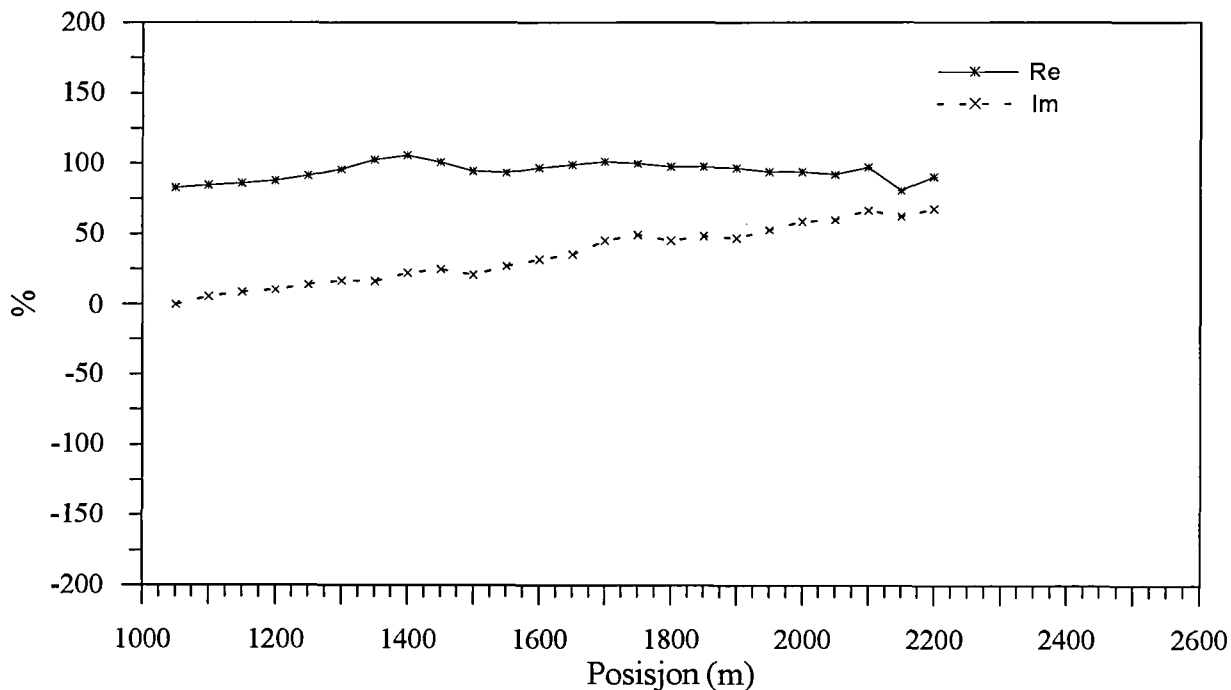
Figur 18a. Vertikal- og horisontalkanaler, profil 5400Y

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5400Y, Primærfelt

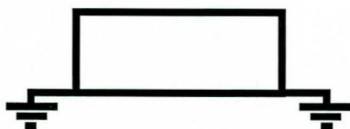
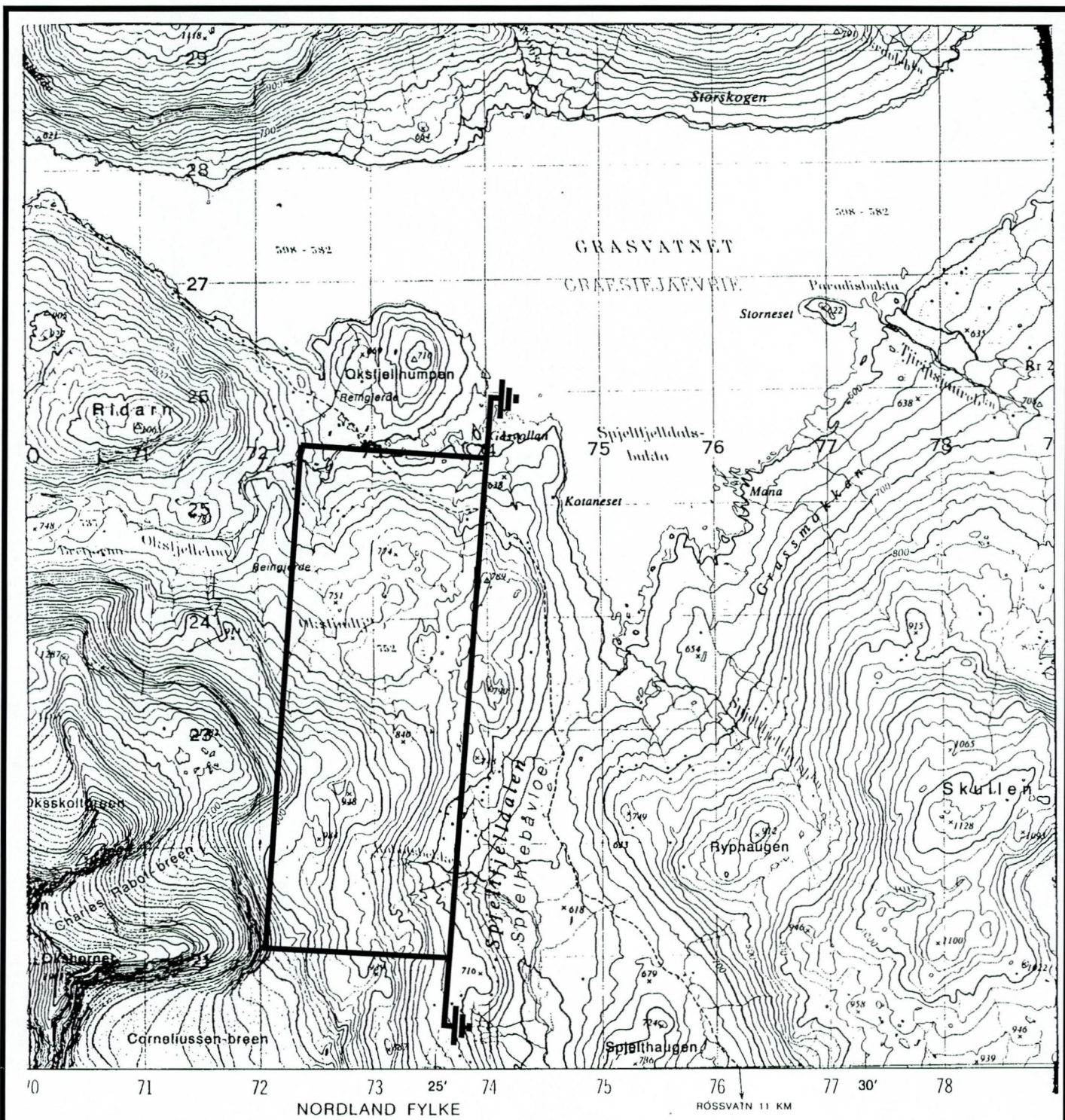


↓ indikert leder

GRASVATNET, TFEM-målinger
Profil 5400Y, norm. 25 Hz

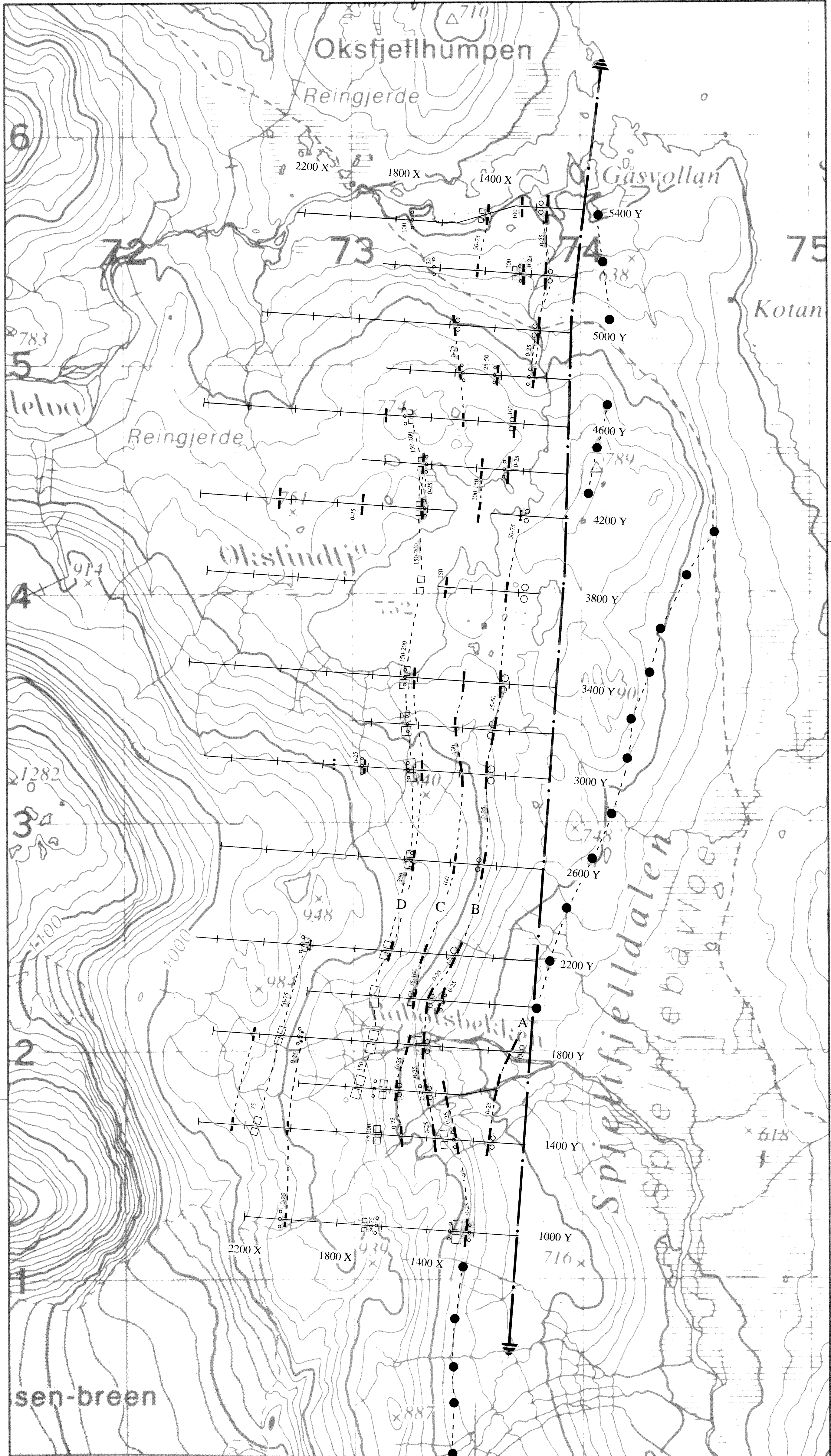


Figur 18b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 5400Y



MÅLEOMRÅDE MED ELEKTRODEPLASSERINGER

NGU V/NORLANDSPROGRAMMET OVERSIKTSKART GRASVATNET HEMNES, NORDLAND	MÅLESTOKK	MÅLT ED	Aug.-Sept. -96
	1 : 50000	TEGN E.D.	Okt. -96
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
96.114-01	2027 III		



TEGNFORKLARING

PRIMÆR-FELT	TIDS-DOMENE	25 Hz	
○ ○	---	□ □	MEGET STERK TFEM-ANOMALI
○ ○	---	□ □	STERK TFEM-ANOMALI
○ ○	---	□ □	SVAK TFEM-ANOMALI
○ ○ ○	...	□ □ □	MEGET SVAK TFEM-ANOMALI
	0-25		TOLKET DYP TIL LEDER
	●		EM-ANOMALIER (regionale helik. målinger)
	—+—		MÅLTE PROFILER
	- · - ·		KABELANLEGG
	⏏		ELEKTRODE

NGU V/NORDLANDSPROGRAMMET
 TFEM - TOLKNINGSKART
GRASVATNET
 HEMNES, NORDLAND

MÅLESTOKK 1 : 10000	MÅLT E.D.	Aug.-Sept. -96
	TEGN E.D.	Okt. -96
	TRAC	
	KFR	
TEGNING NR 96.114-02	KARTBLAD NR 2027 III	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM