


NGU Rapport 2007.065

Georadarmålinger ved Endletvatn og Nedre
Æråsvatn på Andøya, Nordland

Rapport nr.: 2007.065		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger ved Endletvatn og Nedre Æråsvatn på Andøya, Nordland				
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: Universitetet i Tromsø		
Fylke: Nordland		Kommune: Andøy		
Kartblad (M=1:250.000) Tromsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1233 I Andenes		
Forekomstens navn og koordinater: Endletvatn 33W 5418 76831 Nedre Æråsvatn 33W 5413 76839		Sidetall: 14 Pris: 75,- Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført: 8.-9. juni 2007	Rapportdato: 01.11.2007	Prosjektnr.: 296200	Ansvarlig: 	
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med kartlegging og undersøkelser av sedimenter fra slutten av siste istid nordligst på Andøya, har NGU utført georadarmålinger i et område like vest for sørenden av Endletvatn og langs vestsiden av Nedre Æråsvatn. Målingene omfatter 14 profiler med samlet lengde 2,6 km.</p> <p>I måleområdene opptrer det en forholdsvis kraftig hovedreflektor / bunnreflektor som mest sannsynlig representerer fjelloverflaten.</p> <p>Dybderekkevidden for georadarmålingene ser ut til å være begrenset til 10-11 meters dyp, og hovedreflektoren er derfor bare kartlagt i deler av løsmassebassenget vest for sørenden av Endletvatnet. Bassenget grunner opp mot nord og øst hvor hovedreflektoren ligger fra 6 til mindre enn 4 meters dyp og grunner bratt opp mot åsen i sør. Langs vestgrensen for måleområdet er dypet større enn 10 m de sørligste 250 m. I øvre del av løsmassene er det kraftig refleksivitet ned til et dyp som varierer fra 4 til 8 m, og det er sannsynlig at dette i hovedsak representerer organisk materiale, vesentlig myrortov. Løsmassene under med svak refleksivitet er trolig forholdsvis finstoffrike innsjøsedimenter med mer begrenset innhold av organisk materiale.</p> <p>Langs vestsiden av Nedre Æråsvatn varierer dypet til hovedreflektoren fra 1 til 8-9 m og med det største dypet like nord for midten av det 370 m lange profilet. Det er en tilsvarende grense i løsmassene som i det andre området, den ligger stort sett 3-4 m dypt, men skråner ned til 6 meters dyp der hovedreflektoren ligger dypest. Denne fordypningen av overflatelaget ser ut til å være en innfylt erosjonsform i avsetningene under.</p>				
Emneord: Geofysikk	Georadar		Kvartærgeologi	
Løsmasse				
			Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING	4
3. RESULTATER	5
3.1 Endletvatn (G1 – G13)	5
3.2 Nedre Æråsvatn (G14)	7
4. KONKLUSJON	7
5. REFERANSER	7

FIGURER

1. Tolkningskart løsmassebasseng vest for Endletvatn

TEKSTBILAG

1. Georadar - metodebeskrivelse

DATABILAG

1. Kartkoordinater for georadarprofilene
2. Hastighetsanalyse (CMP1)
3. Hastighetsanalyse (CMP2)
4. Utsnitt G1, sammenligning 100 MHz og 50 MHz antenner

KARTBILAG

- 2007.065-01 Lokaliseringskart og utskrift av georadaropptakene (G1 – G14)

1. INNLEDNING

Den nordligste del av Andøya regnes å ha vært isfri fra nær siste istids maksimum for ca. 21000 år siden, og fra sedimentkjerner under myrdekte områder er det registrert en tilnærmet ubrutt lagfølge fra ca. 12000 år før nåtid og helt tilbake til denne tiden. Sedimentkjernene er tatt opp i flere omganger, de siste fire kjernene fra 2002-2003 er tatt opp innenfor et område på 20 m like vest for Endletvatnet.

Etter forespørsel fra prof. Karl-Dag Vorren ved Universitetet i Tromsø har NGU utført georadar-målinger i området vest for Endletvatnet for å se om det var mulig å kartlegge den romlige utbredelse av løsmasse-avsetningene. Målingene omfatter 6 målelinjer med hovedretning nord-sør og 5 kryssende målelinjer med hovedretning øst-vest med en samlet profilengde på 2223 m. I tillegg ble det målt ett profil på 370 m langs vestsiden av Nedre Æråsvatn, der det tidligere er målt et refraksjonseismisk profil.

Målingene ble utført 8.-9. juni 2007 av Jan Fredrik Tønnesen og Terje H. Bargel fra NGU sammen med og under rettleiding av Karl-Dag Vorren og Tore O. Vorren fra Universitetet i Tromsø.

2. MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000 V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var på 1200 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. Signalene ble summert ('stacket') 8 ganger ved hvert målepunkt. For å lette gjennomføringen av profilmålingene ble antennene plassert på en håndtrukket spesialvogn med en fast antenneavstand på 1,0 m. Et tilhørende målehjul registrerte avstand langs profilet, og fra en kontrollenhet ble målepunktavstanden forhåndsinnstilt slik at radaren automatisk utførte måling for hver 0,5 m. Ett profil ble målt om igjen med antenner med senterfrekvens 50 MHz for å sammenligne dybderekkevidde og vertikal oppløsning. Det ble utført to CMP-målinger for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. For lokalisering av profilene er det benyttet økonomisk kartverk (M 1:5000) og profilkoordinater er bestemt med en enkel håndholdt GPS-mottaker.

På grunn av relativt mye støy (radiostøy) i opptakene ble de høyeste frekvenser (>125 MHz) forsøkt fjernet ved filtrering. Ved utskrift av georadaropptakene (Kartbilag -01) ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt i opptaket og signalstyrken blir lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. I profilutskriftene er totalt tidsdyp (opptakstiden) redusert til 600 ns. Høydevariasjoner i terrengoverflaten er ikke bestemt langs profilene, og vertikalaksen i profilutskriftene angir derfor dyp under terrengnivå. For å angi en dybdeskala i meter under terrengnivå er det nødvendig å kjenne radarbølgehastigheten i undergrunnen. Ut fra resultatet av hastighetsanalysene fra de to CMP-målingene er det benyttet en hastighet på 0,05 m/ns for beregning av dybdeskala i profilutskriftene. I utskriftene er målestokk for

dybdeskalaen det dobbelte av horisontal skala langs profilet (Målestokk dyp:1:200, Målestokk langs profil: 1:400).

I utskriften er lengden av profil G14 langs Nedre Æråsvatn 370 m, mens lokaliseringen på kartet antyder at det i virkeligheten er ca. 25 m lenger. Dette skyldes problemer som oppstod med målehjulet, noe som resulterte i at det ikke alltid ble registrert for hver 0,5 m.

3. RESULTATER

Utskrift av georadaropptak langs profilene (G1-G14) er vist sammen med lokaliseringskart i Kartbilag -01. Kartkoordinater for profilene er vist i tabell i databilag 1. Utskrift av CMP-målingene (1 og 2) samt resultat av hastighetsanalysene er vist i databilag 2 og 3.

3.1 Endletvatn (G1 – G13)

I de fleste profilene opptrer det stykkevis en meget markert hovedreflektor. I profil G3 har den et tidsdyp på 140 ns ved pos. 15 m og ca. 300 ns ved pos. 75 m (dvs. ved lokalitetene for hastighetsanalysene fra CMP1 og CMP2). Analysene viser at radarbølgehastigheten ned til reflektoren er på 0,05 m/ns ved CMP1 og 0,04-0,05 m/ns ved CMP2. For beregning av dybdeskala i profilene er det valgt å benytte en hastighet på 0,05 m/ns. Analysen indikerer at hastigheten i materialet under hovedreflektoren ved CMP1 trolig er betydelig høyere, noe som gir en tilsynelatende gjennomsnittsverdi fra overflaten og ned til tidsdyp 300 ns på 0,07-0,08 m/ns.

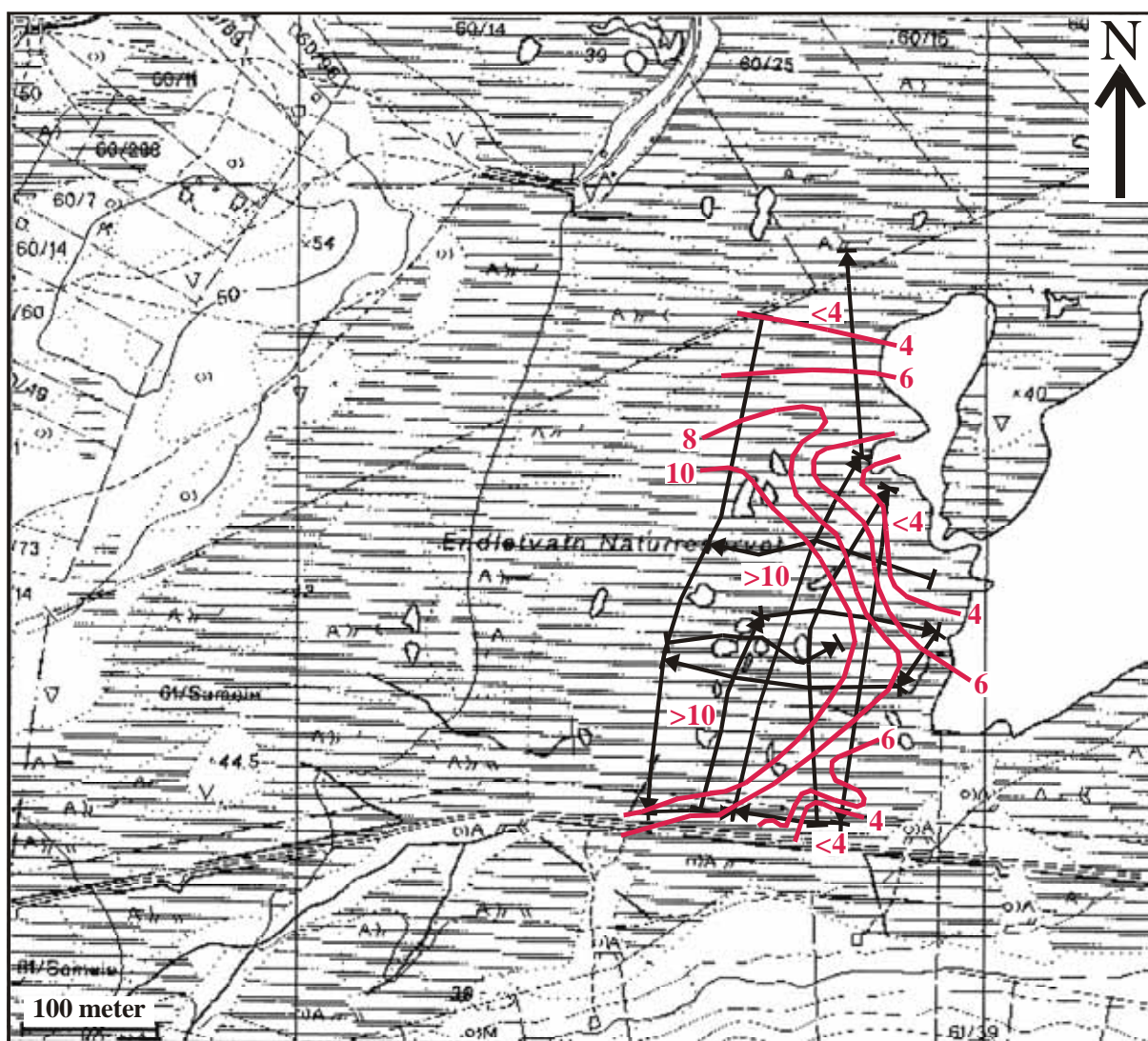
Over hovedreflektoren er det kraftig reflektivitet i den øvre delen varierende fra 4 til 8 m dyp. Sedimentkjerneboringene lokalisert mellom pos. 120 og 140 m i profil G1 viser høyt innhold av organisk materiale ned til 8-9 m dyp (lav densitet, høyt vanninnhold og stort glødetap i prøvene). Det er derfor sannsynlig at den øvre del representerer hovedsakelig varierende sammensetning / lagdeling av myrtorv.

Underliggende materiale over hovedreflektor har svak reflektivitet og representerer antakelig de forholdsvis finstoffrike innsjøsedimentene med mer begrenset innhold av organisk materiale. Det ser ut som materialet draperer noe oppover men tynner ut langs hovedreflektoren der denne skråner opp. Svake skråreflektorer kan antyde at materialet muligens er avsatt i flere retninger fra de grunnere og ut mot de dypere deler av bassenget (se f. eks. profil G4, G5 og G9). Skrålagning langs G7 og sørligste deler av G4, G6 og G8 indikerer at materialet der er avsatt mot nordøst.

Hovedreflektoren kan følges ned til 9-11 meters dyp. Den begrensede dybderekkevidden for georadarmålingene skyldes trolig kraftig demping av signalet i de forholdsvis finstoffrike og antatt godt elektrisk ledende bassensedimentene. Profil G1 ble forsøkt målt med antenner med senterfrekvens 50 MHz, men økningen i dybderekkevidden var svært liten (se databilag 4). Der hvor hovedreflektoren ligger grunnest er det registrert reflekterte signaler en del meter under denne. Det er ikke fastslått med sikkerhet hva hovedreflektoren representerer, men den er mest sannsynlig fjelloverflaten. Den forholdsvis kaotiske reflektiviteten under må da skyldes strukturer i berggrunnen. Det kan imidlertid ikke utelukkes at hovedreflektoren kan representere moreneavsetninger, eventuelt også med innslag av breelv-materiale (f. eks. antydning til skrålagning nordligst i profil G2). Ved sedimentkjerneboringene sentralt i profil G1 er det tatt opp prøver ned til maksimum 12-13 meters dyp. Hovedreflektoren ligger her for dypt til å kunne registreres, men kan antas å ligge på maksimum boredyp eller dypere.

Der hovedreflektoren ligger forholdsvis grunt opptrer den stedvis i utskriftene som en multippel i dobbelt dyp, f.eks. tydelig nordligst i G1 og G6 og østligst i G13. I et tidsdyp på nær 400 ns, dvs. i et dyp på 9-10 m, opptrer det i alle profilene et markert gjennomgående signal. Dette er støy i instrumentsystemet og har ingen geologisk årsak.

For å gi en oversikt over løsmassebassenget er det i figur 1 framstilt et kart som angir dypet ned til hovedreflektoren med koteintervall på 2 m. Generelt grunner bassenget opp mot øst og nord hvor hovedreflektoren ligger fra 6 til mindre enn 4 m dypt. Bassenget avgrenses forholdsvis bratt inn mot åsen i sør. Største dyp oppnås vestover fra sydligste del av Endletvatnet hvor det er mer enn 10 m fra ca. 60 m vest for vatnet. Målingene har ikke avgrenset bassenget mot vest og i det vestligste måleprofilen er dypet større enn 10 m langs de sørligste 250 m av profilet.



Tegnforklaring



Georadarprofil



Dyp i meter ned til hovedreflektor
(beregnet med radarbølggehastighet 0,05 m/ns)

Figur 1. Tolkingskart løsmassebasseng vest for Endletvatn

3.2 Nedre Æråsvatn (G14)

I Profil G14 langs vestsiden av Nedre Æråsvatn er det antatt at radarbølgehastigheten i grunnen er den samme som i det andre området. Dyp ned til hovedreflektor (antatt fjell) er 4-6 m i nordlige del (pos. 0-110 m) og bare 1-3 m i sørlige del (pos. 300-370 m). Reflektoren skråner ned til 8-9 meters dyp i området pos. 140-180 m. Til begge sider for dypområdet (pos. 85-130 m og 185-290 m) er det i løsmassene kraftige reflektorer på 3-4 meters dyp, mens de mot dypområdet skråner ned til rundt 6 meters dyp (pos. 145-175 m). Reflektorene kan muligens representere bunnen av organiskdominerte avsetninger, mens underliggende materiale kan være innsjøsedimenter som i området sønnafor. Skråningen av løsmasse-reflektorene mot dypområdet ser ut til å være en erosjonsform og i overliggende materiale ser det ut til å være innfyllingsstrukturer fra sidene og ut i denne formen.

4. KONKLUSJON

I måleområdene ved Endletvatn og Nedre Æråsvatn opptrer det en forholdsvis kraftig hovedreflektor / bunnreflektor som mest sannsynlig representerer fjelloverflaten.

Dybderekkevidden for georadarmålingene ser ut til å være begrenset til 10-11 meters dyp, og hovedreflektoren er derfor bare kartlagt i deler av løsmassebassenget vest for sørenden av Endletvatnet. Bassenget grunner opp mot nord og øst hvor hovedreflektoren ligger fra 6 til mindre enn 4 meters dyp og grunner bratt opp mot åsen i sør. Langs vestgrensen for måleområdet er dypet større enn 10 m de sørligste 250 m. I øvre del av løsmassene er det kraftig reflektivitet ned til et dyp som varierer fra 4 til 8 m, og det er sannsynlig at dette i hovedsak representerer organisk materiale, vesentlig myrtorv. Løsmassene under med svak reflektivitet er trolig forholdsvis finstoffrike innsjøsedimenter med mer begrenset innhold av organisk materiale.

Langs vestsiden av Nedre Æråsvatn varierer dypet til hovedreflektoren fra 1 til 8-9 m og med det største dypet like nord for midten av det 370 m lange profilet. Det er en tilsvarende grense i løsmassene som i det andre området, den ligger stort sett 3-4 m dypt, men skråner ned til 6 meters dyp der hovedreflektoren ligger dypest. Denne fordypningen av overflatelaget ser ut til å være en innfylt erosjonsform i avsetningene under.

5. REFERANSER

Elverland, E., Vorren, K.-D., Alm, T., Hufthammer, A.K. & Vorren, T.O. 2007:
Planter og dyrefossiler forteller om fortidens klima på Andøya.
Ottar nr. 265, hefte 2, s. 17-23, Tromsø Museum-Universitetsmuseet.

Hillestad, G. 1987: Seismiske målinger ved Møsjevann og Nedre Æråsvann,
Andøy, Nordland. *NGU Rapport 87.042.*

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid (t_{2v}) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten (v) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet (d) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten: $c = 3.0 \cdot 10^8$ m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	1	0.3	0
<i>Ferskvann</i>	81	0.033	0.1
<i>Sjøvann</i>	81	0.033	1000
<i>Leire</i>	5-40	0.05-0.13	1-300
<i>Tørr sand</i>	5-10	0.09-0.14	0.01
<i>Vannmettet sand</i>	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
<i>Silt</i>	5-30	0.05-0.13	1-100
<i>Fjell</i>	5-8	0.10-0.13	0.01-1

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

Kartkoordinater for georadarprofiler på Andøya 2007.
UTM-koordinater (WGS84, sone 33) er bestemt med GPS-instrument, disse er omregnet til NGO-koordinater (NGO1948, Akse-5).

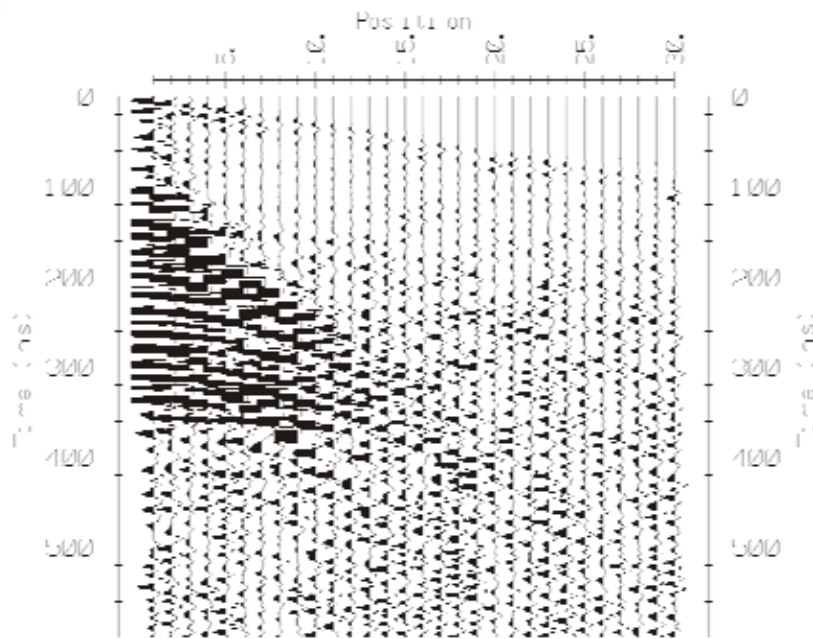
Bh1, Bh2, Bh3 og Bh4 viser lokalisering av borkjerneprøvene fra 2002 og 2003

Profilxposisjon	UTM-N (m)	UTM-E (m)	NGO1948-N (m)	NGO1948-Ø (m)
G1x0	7683020	541808	1254536	-32620
G1x120,5 (Bh1)	7683140	541798	1254656	-32626
G1x125,5 (Bh2)	7683145	541799	1254661	-32625
G1x130 (Bh3)	7683149	541799	1254665	-32625
G1x136 (Bh4)	7683154	541798	1254700	-32626
G1x164	7683182	541804	1254698	-32619
G1x258	7683266	541847	1254780	-32573
G2x0	7683266	541847	1254780	-32573
G2x35	7683230	541847	1254744	-32574
G2x164	7683101	541834	1254616	-32591
G2x246	7683021	541821	1254536	-32607
G3x0	7683021	541821	1254536	-32607
G3x75	7683027	541745	1254544	-32683
G4x0	7683027	541745	1254544	-32683
G4x75	7683105	541763	1254622	-32662
G4x200	7683224	541800	1254740	-32622
G4x272	7683287	541832	1254802	-32588
G5x0	7683287	541832	1254802	-32588
G5x151	7683437	541813	1254952	-32602
G6x0	7683387	541754	1254904	-32663
G6x150	7683242	541727	1254760	-32694
G6x250	7683148	541691	1254667	-32733
G6x374	7683025	541684	1254544	-32744
G7x0	7683025	541684	1254544	-32744
G7x59,5	7683027	541745	1254544	-32683
G8x0	7683022	541723	1254540	-32705
G8x90	7683107	541740	1254625	-32685
G8x150,5	7683168	541761	1254685	-32662
G9x0	7683168	541761	1254685	-32662
G9x39	7683175	541800	1254691	-32623
G9x81	7683173	541840	1254688	-32583
G9x130	7683164	541891	1254677	-32533
G10x0	7683164	541891	1254677	-32533
G10x51	7683122	541862	1254636	-32563
G11x0	7683122	541862	1254636	-32563
G11x60	7683119	541800	1254635	-32625
G11x90	7683120	541769	1254637	-32656
G11x113	7683124	541745	1254641	-32680
G11x164	7683136	541690	1254655	-32734

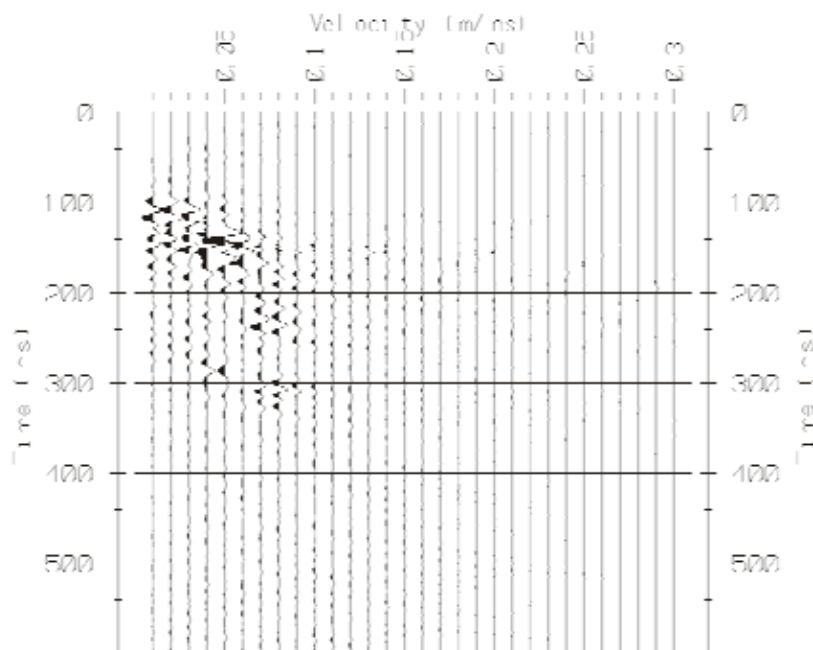
Profilxposisjon	UTM-N (m)	UTM-E (m)	NGO1948-N (m)	NGO1948-Ø (m)
G12x0	7683140	541692	1254659	-32732
G12x35	7683154	541731	1254672	-32693
G12x48	7683152	541745	1254669	-32679
G12x101,5	7683141	541800	1254657	-32624
G12x124	7683153	541823	1254668	-32601
G13x0	7683200	541881	1254713	-32541
G13x57,5	7683214	541828	1254729	-32594
G13x81	7683224	541804	1254740	-32618
G13x130	7683213	541758	1254730	-32664
G13x168	7683213	541720	1254731	-32702
G14x0	7684087	541272	1255619	-33123
G14x100?	7683980	541285	1255512	-33113
G14x171?	7683914	541296	1255445	-33104
G14x300?	7683778	541337	1255308	-33068
G14x370	7683694	541343	1255224	-33064

Andøya, CMP1, lokalisert ved pos. 15 m i G3

CMP-opptak

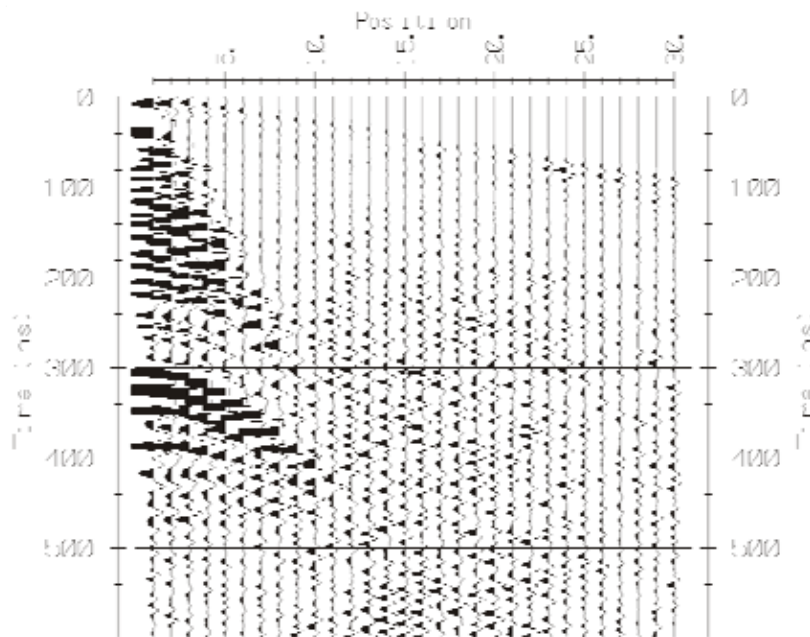


Hastighetsanalyse

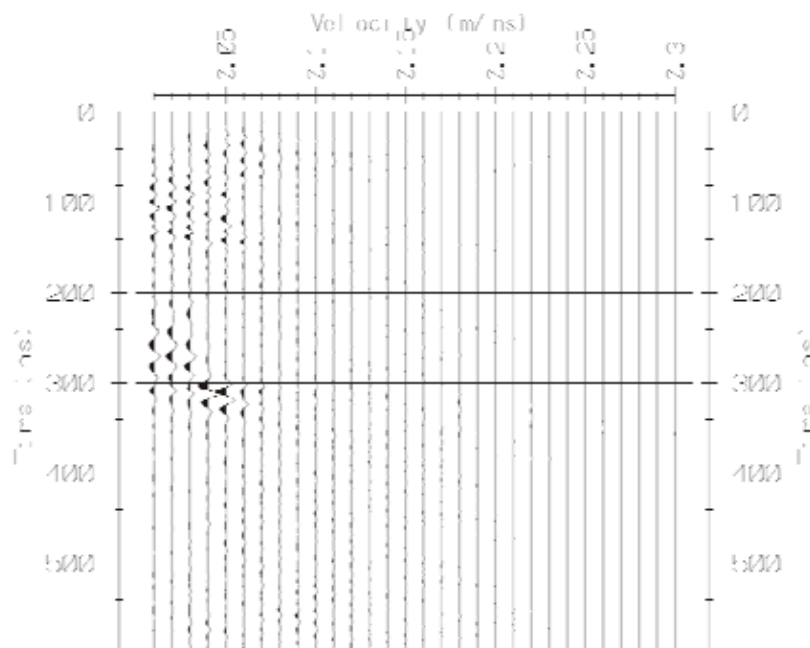


Andøya, CMP2, lokalisert ved pos. 75 m i G3

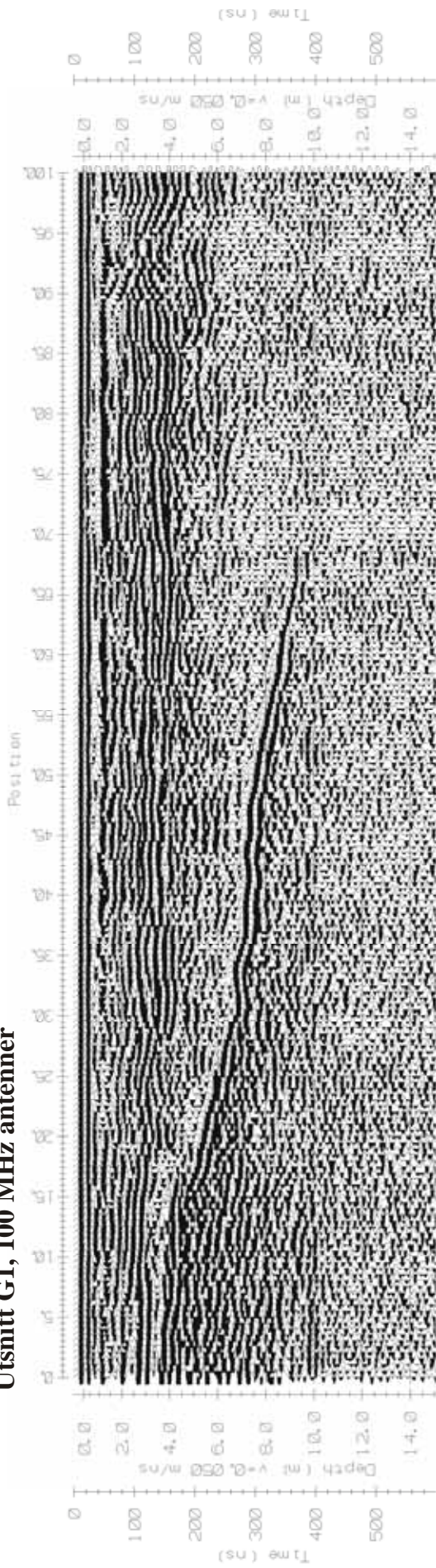
CMP-opptak



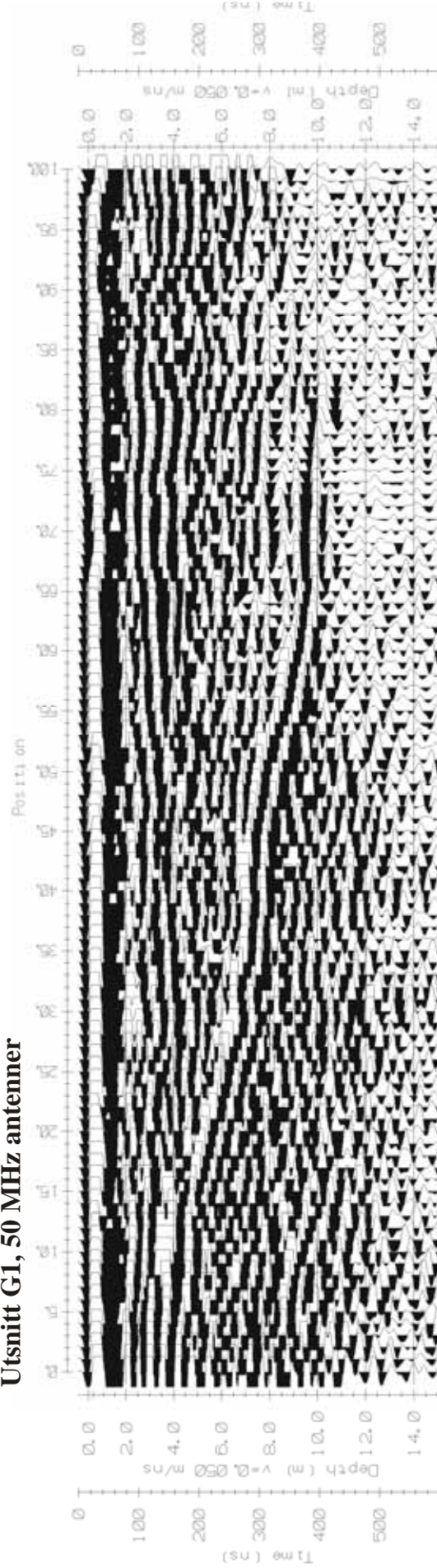
Hastighetsanalyse

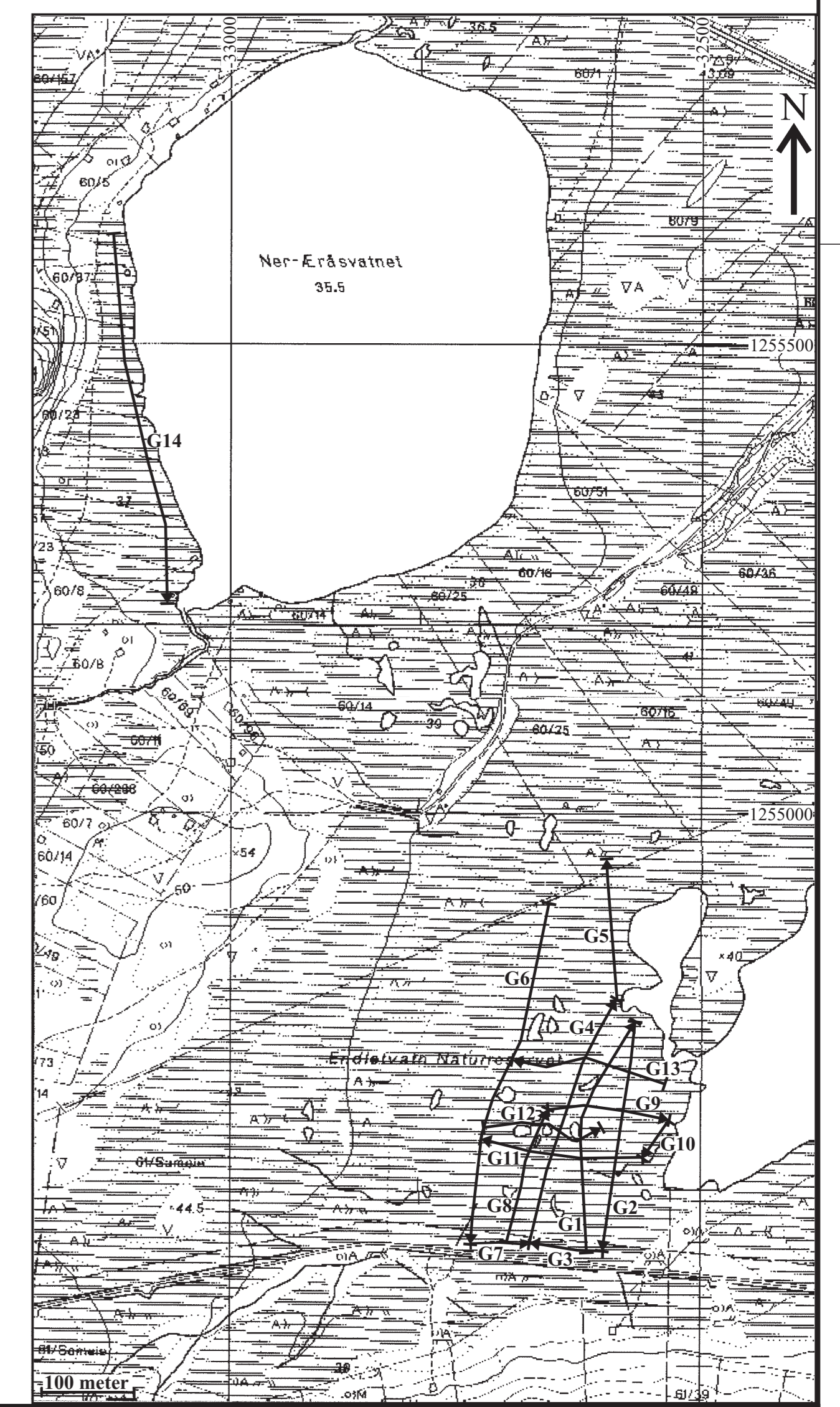
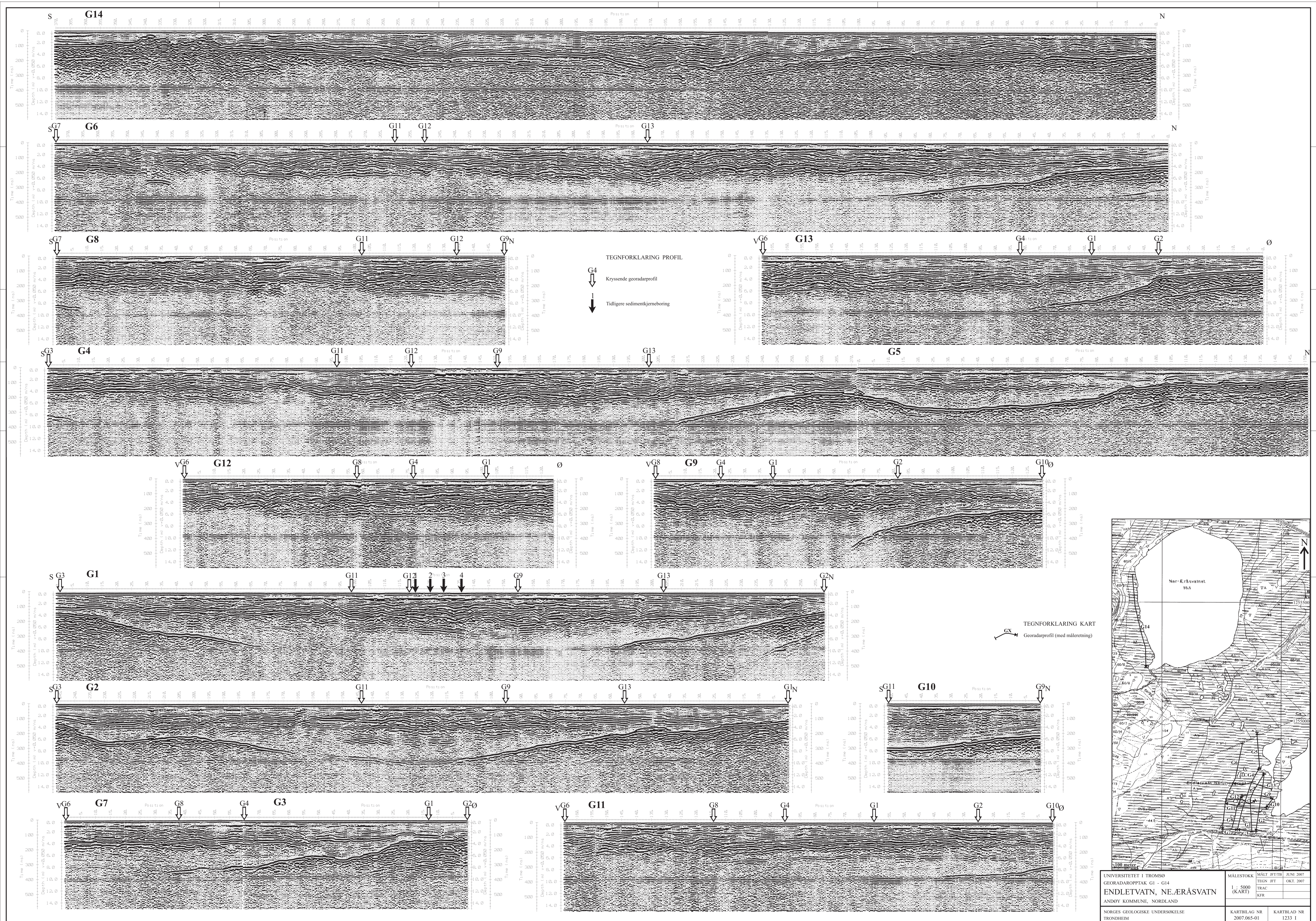


Utsnitt G1, 100 MHz antenner



Utsnitt G1, 50 MHz antenner





UNIVERSITETET I TROMSØ GEORADAROPPTAK G1 - G14 ENDLETVATN, NE.ÆRØSVATN ANDØY KOMMUNE, NORDLAND NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MALESTOKK 1 : 5000 (KART)	MÅLT JFT/BJ JUNI 2007 TEGN JFT OKT 2007 TRAC KFR	KARTBLAG NR 2007.065-01	KARTBLAD NR 1233 1
--	---------------------------------	---	----------------------------	-----------------------