

# GEOLOGI FOR SAMFUNNET

*GEOLOGY FOR SOCIETY*



Rapport nr.: 2010.034		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Refraksjonsseismiske målinger for løsmassekartlegging ved Rødde i Melhus kommune.			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU / SINTEF (NVE, Statens vegvesen, Jernbaneverket og Statens naturskadefond)	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Melhus	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1621 IV Trondheim	
Forekomstens navn og koordinater: Rødde 32V 567900 7021000		Sidetall: 9 Kartbilag: 2	Pris: 70,-
Feltarbeid utført: 17.-24. nov. 2009	Rapportdato: 06.12.2010	Prosjektnr.: 323800	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er tidligere utført omfattende 2D resistivitetsmålinger i Rødde-området i forbindelse med vurdering av denne metodens egnethet for karakterisering av leire og påvisning av kvikkleire. De refraksjonsseismiske målingene er en oppfølging av disse undersøkelsene, spesielt for kontroll av dyp til fjell. Målingene omfatter to kryssende refraksjonsseismiske profiler over en ryggform i østligste del av området for de elektriske målingene, og samlet profillengde er 1100 m.</p> <p>I løsmassene er det indikert to lag. Et tynt overflatelag på rundt 2 m med seismisk hastighet 300-700 m/s regnes å bestå av ikke vannmettet materiale, stedvis finstoffrikt materiale (silt/leire (tørreskorpe)) og vekslende til grovere (sand/grus). Løsmassene under med seismisk hastighet 1400-1600 m/s regnes hovedsakelig å bestå av marin leire. Det har ikke vært mulig å påvise grovere avsetninger mot dypet (sand/grus eller morene).</p> <p>Fjelloverflaten kommer høyest opp under østskråningen av ryggen og i nordlige del, dvs. til vel 90 og 85 moh., og løsmasseykkelsen er der begrenset til henholdsvis 9-13 og 15-17 m. Øst for ryggen er det en forsenkning i fjelloverflaten med en løsmasseykkelse på 48 m. Fjelloverflaten skråner bratt nedover under vestsiden av ryggen, og ved fjernskudd lengst vest kan den nå ned til 50 m under havnivå og løsmasseykkelsen kan være opp mot 115 m. Lengst mot nord skråner fjelloverflaten ned ca. 14-15 m og løsmasseykkelsen øker til 36-37 m. Mot sør skråner fjelloverflaten ned til 35-40 moh. og løsmasseykkelsen øker til 45-47 m.</p> <p>Seismisk hastighet i fjellgrunnen er stort sett i området 5100-6200 m/s. De høye verdiene tilsier massivt fjell og hastighetsvariasjonene kan skyldes variasjoner i bergartssammensetning/struktur, men kan også skyldes variabelt innslag av oppsprekking. De høyeste hastighetene opptrer der fjelloverflaten ligger høyest. Under fjellforsenkningen øst for ryggen er det en ca. 40 m bred markert sone med seismisk hastighet anslått til 2300 m/s. Dette indikerer en svakhetssone med kraftig oppsprukket/oppknust fjell. Østfor sonen er det også relativt lav hastighet (4200 m/s), noe som tyder på en del oppsprekking der. Likeså kan det være fjell med oppsprekking litt sør for toppen av ryggen der det er beregnet en hastighet på 4500 m/s i en ca. 60 m bred sone.</p>			
Emneord: Geofysikk	Refraksjonsseismikk	Løsmasser	
		Fagrapport	

## **INNHold**

1. INNLEDNING .....	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE .....	4
3. RESULTATER .....	5
4. KONKLUSJON .....	7
5. REFERANSER .....	7

## **TABELLER**

Tabell 1      Detaljert informasjon om de refraksjonsseismiske profilene **S1** og **S2**

## **DATABILAG**

Databilag 1    UTM-koordinater for de refraksjonsseismiske profilene **S1** og **S2**

## **KARTBILAG**

2010.034-01    Oversiktskart Rødde (M 1:50 000)  
2010.034-02    Geofysisk tolkning av de refraksjonsseismiske profilene **S1** og **S2**  
                    Lokaliseringskart for profilene (M 1:5 000)

## 1. INNLEDNING

De refraksjonsseismiske målingene ved Rødde i Melhus kommune i Sør-Trøndelag er utført i forbindelse med et samarbeidsprosjekt mellom NGU og SINTEF. Det er i prosjektet tidligere utført omfattende målinger i området med 2D resistivitetsmetoden for å undersøke hvor godt denne metoden er egnet til karakterisering av leire, samt til å lokalisere/modifisere fare/risikosoner for kvikkleire (Dalsegg 2008). Refraksjonsseismikken er en oppfølging av disse målingene for å få bedre oversikt over fjelltopografi og eventuelt indikasjon på grovere avsetninger i den østligste del av området for resistivitetsmålingene.

Feltarbeidet ble utført av Jan Fredrik Tønnesen (NGU) sammen med Magne Wold (SINTEF) i periodene 17.-19. og 23.-24. november 2009.

Rapporten dokumenterer datainnsamlingen og presenterer geofysisk tolkning av de to målte refraksjonsseismiske profilene. Sammenstilling av resultater fra alle de geofysiske målingene sammen med geotekniske data fra borerer vil inngå i en vitenskapelig artikkel (Solberg m.fl.).

Beliggenheten av det undersøkte området er vist i kartbilag -01 (M 1:50 000), mens lokaliseringen av de to refraksjonsseismiske profilene er vist i kartbilag -02 (M 1:5 000).

## 2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

I det følgende blir metoden og utførelsen kort beskrevet. En mer omfattende beskrivelse av metoden finnes på

<http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/Seismiske-metoder/>

For innsamling av måledata ble det benyttet et registreringsinstrument av typen ABEM Terraloc MK6 med 24 kanaler. Måleutlegget bestod av to seismiske kabler plassert etter hverandre langs profilretningen og med 12 geofoner tilkoblet langs hver kabel. Profil **S1** er sammensatt av tre slike måleutlegg, mens det er to i profil **S2**. Geofonavstanden langs måleutleggene var gjennomgående 10 meter, men i hver ende av de seismiske kablene er geofonavstanden halvert for å oppnå bedre kontroll med seismiske hastigheter i overflatematerialet.

I hvert måleutlegg ble det plassert skuddpunkt 5 meter ut fra hver endegeofon, dvs. at avstanden mellom disse to endeskuddene var 220 m. Inne i utlegget ble det plassert skuddpunkter for hver 55 meter, dvs. mellom geofon nr. 6 og 7, 12 og 13, og 18 og 19. For å få best mulig dekning av refraksjoner fra fjelloverflaten ble det i tillegg plassert fjernskudd i begge retninger i større avstand fra måleutlegget. I tabell 1 er vist posisjon i profilet for alle skuddpunktene for hvert måleutlegg og med fjernskudd vist i skråskrift. På grunn av nærhet til trafikkert veg er endeskudd som skulle vært ved pos. 220 m i profil **S1**, flyttet til pos. 235 m i profilet. Det bemerkes at det ikke er fjernskudd øst for endeskudd i starten av profilet. Lengden av profil **S1** fra østligste til vestligste endeskudd vil være 660 m, mens lengden av profil **S2** fra sørligste til nordligste endeskudd vil være 440 m. Dersom profillengden regnes ut til fjernskuddene vil **S1** være 880 m langt og **S2** 580 m.

**Tabell 1: Detaljert informasjon om de refraksjonsseismiske profilene S1 og S2**

Profil, Måleutlegg	Geofonposisjon (m) <b>G1 - G24</b>	Skuddpunktposisjon (m) <i>(Fjernskudd i kursiv)</i>
S1, Utlegg 1	5 - 215	0, 55, 110, 165, 235, 275, 330, 385, 440
S1, Utlegg 2	225 - 435	55, 110, 165, 235, 275, 330, 385, 440, 495, 550, 605
S1, Utlegg 3	445 - 655	275, 330, 385, 440, 495, 550, 605, 660, 715, 770, 880
S2, Utlegg 1	5 - 215	-50, 0, 55, 110, 165, 220, 275, 330
S2, Utlegg 2	225 - 435	55, 110, 165, 220, 275, 330, 385, 440, 530

Det ble benyttet dynamitt med elektrisk tenning som energikilde, og det ble gjennomgående brukt 0,5-1 dynamittgubbe (ca 50-100 gram) for hvert skudd. De ble plassert i grunnen i håndspettet hull.

Profilene er posisjonsbestemt med håndholdt GPS-mottaker, og UTM-koordinater for alle skuddpunktene framgår av databilag 1.

Datakvaliteten på seismikkopptakene var gjennomgående god, og for de aller fleste opptakene har det vært mulig å avlese førsteankomsttider for alle geofonene.

### 3. RESULTATER

Geofysisk tolkning av de to kryssende refraksjonsseismiske profilene (**S1** og **S2**) er framstilt i kartbilag -02, og lokaliseringen er vist i kartutsnittet ved siden av. Profilene går over en markert ryggform på gården Rødde, og de krysser hverandre nær toppen av ryggen. Terrengoverflatens forløp langs profilene er hovedsakelig tegnet ut fra kartgrunnlaget, men en del lokale variasjoner er framkommet ut fra visuell vurdering langs måleutleggene.

Profillengden er 660 m for profil **S1** som går fra Ø mot V, og 440 m for profil **S2** som går fra SSV mot NNØ. Tolkningen av fjelloverflatens forløp er forsøkt forlenget ut til vestligste fjernskudd i profil **S1** slik at totallengden blir 880 m. I profil **S2** er tolkingen forlenget ut til fjernskudd ut fra begge endeskuddene slik at totallengden blir 580 m. Tolkningen må regnes å ha større usikkerhet i disse områdene uten geofondekning, da det her må antas at lagdeling og seismiske hastigheter er tilsvarende som registrert ellers langs profilet.

Det er i begge profilene registrert to hastighetslag i løsmassene. I overflatelaget varierer seismisk hastighet i området 300-700 m/s, mens den i laget under stort sett varierer i området 1400-1600 m/s. Overflatelaget er tynt og tykkelsen er for det meste rundt 2 m, men varierer fra 1,5 til 3 m.

Langs profil **S1** har fjelloverflaten et toppnivå under østskråningen på ryggen, og løsmassetykkelsen er der bare 9-13 m i området pos. 230-330 m i profilet. Fjelloverflaten når over 80 moh. i området pos. 225-375 m med et maksimum på 92-93 moh. pos. 320-325 m. Mot vest skråner fjelloverflaten ganske jevnt og bratt nedover og går under havnivå fra pos. 630 m, og kan nå ned mot 50 m under havnivå ved det vestligste fjernskuddet (pos. 880 m). Løsmassetykkelsen er der anslått til å være opp mot 115 m, mens dypet ned til fjell ved endeskuddet (pos. 660 m) er beregnet til 87 m. Mellom østenden av profilet og vegen (pos. 0-220 m) er det en betydelig forsenkning i fjelloverflaten og den kommer ned til et nivå på 45 moh. i området pos. 100-130 m og løsmassetykkelsen er der beregnet til 48 m. Ved østenden av profilet er løsmassetykkelsen ca. 10 m.

Seismisk hastighet i fjellet langs profil **S1** varierer betydelig. Under fjellforsenkningen i øst er det en ca. 40 m bred sone (pos. 95-135 m) med en anslått hastighet på 2300 m/s. Denne lave hastigheten må indikere en meget oppsprukket eller oppknust sone i fjellet. Hastigheten på 4200 m/s i fjellet øst for sonen er også forholdsvis lav og kan indikere en del oppsprekking også der. Vestover langs profilet varierer seismisk hastighet i fjellet i området 5100-5900 m/s, og de høyeste verdiene opptrer under toppen av fjellryggen (ca. pos. 230-430 m). De laveste verdiene kan skyldes områder med innslag av oppsprekking, men variasjonene kan også skyldes variasjoner i bergartstype.

Langs profil **S2** har fjelloverflaten et toppnivå i nordlige del av profilet og når opp mot 85 moh. i området pos. 330-380 i profilet og med en løsmassetykkelse på 15-17 m. Fjelloverflaten skråner nedover mot nord til ca. 77 moh. ved endeskudd (pos. 440 m) og er anslått til 66 moh. ved fjernskuddet (pos. 530), mens løsmassetykkelsen øker til henholdsvis 23 m og 36-37 m. Fjelloverflaten skråner også forholdsvis jevnt nedover mot sør og når ned til 42-43 moh. ved endeskuddet (pos. 0 m) og er anslått til 36 moh. ved fjernskuddet 50 m sønnafør, mens løsmassetykkelsen øker til 45-47 m i sørligste del av profilet.

Seismisk hastighet i fjellet langs profil **S2** varierer også en del. I en ca 60 m bred sone i området pos. 150-210 m er det antydning av en lavhastighetszone med anslått hastighet på 4500 m/s, noe som kan indikere en svakhetssone med en del oppsprekking. I fjellryggen nordafor er det indikert en ganske høy hastighet på 6200 m/s, mens hastigheten sør for svakhetssonen er anslått til 5700 m/s. Dette indikerer ganske massivt fjell.

For begge profilene regnes overflatelaget med seismisk hastighet 300-700 m/s å bestå av ikke vannmettet materiale, varierende fra finstoffrikt (silt og leire (tørrskorpe)) til grovere materiale (sand/grus). Overflaten av løsmassene under med seismisk hastighet 1400-1600 m/s følger tilnærmet parallelt med terrengoverflaten, og indikerer at materialet er dominert av vannmettet finkornige avsetninger (leire).

Det kan ikke utelukkes at det i dypet kan finnes grovere og bedre sortert materiale (sand/grus), men dersom avsetningene er vannmettede, vil de ha nær tilsvarende hastighet som leire og kan dermed ikke påvises. Dersom det under leirelaget opptrer sand/grus som ikke er vannmettet, vil materialet kunne ha lavere hastighet. En slik hastighetsinversjon kan heller ikke påvises, men beregnede dyp til fjell vil da være for store. Det kan også være mulighet for at det ligger kompakt morenemateriale mellom leirelaget og fjell. Dersom dette materialet har seismisk hastighet på 2000-2300 m/s, må det være ganske tykt for å kunne påvises, da det ellers vil opptre i blindsonen. De beregnede dyp til fjell vil da være noe for små.

I tolkningene er det antatt at svakhetssonene i fjell er vertikale. Ut fra målingene kan det ikke sies noe om fallretning, og sonene kan heller ikke avgrenses mot dypet.

#### 4. KONKLUSJON

I to kryssende refraksjonsseismiske profiler over ryggform ved Rødde er det indikert to løsmasselag. Et tynt overflatelag på rundt 2 m med seismisk hastighet 300-700 m/s regnes å bestå av ikke vannmettet materiale, stedvis finstoffrikt materiale (silt/leire (tørrskorpe)) og vekslende til grovere (sand/grus). Løsmassene under med seismisk hastighet 1400-1600 m/s regnes hovedsakelig å bestå av marin leire. Det har ikke vært mulig å påvise grovere avsetninger mot dypet (sand/grus eller morene).

Fjelloverflaten kommer høyest opp under østskråningen av ryggen og i nordlige del, dvs. til vel 90 og 85 moh., og løsmassetykkelsen er der begrenset til henholdsvis 9-13 og 15-17 m. Øst for ryggen er det en forsenkning i fjelloverflaten med en løsmassetykkelse på 48 m. Fjelloverflaten skråner bratt nedover under vestsiden av ryggen, og ved fjernskudd lengst vest kan den nå ned til 50 m under havnivå og løsmassetykkelsen kan være opp mot 115 m. Lengst mot nord skråner fjelloverflaten ned ca. 14-15 m og løsmassetykkelsen øker til 36-37 m. Mot sør skråner fjelloverflaten ned til 35-40 moh. og løsmassetykkelsen øker til 45-47 m.

Seismisk hastighet i fjellgrunnen er stort sett i området 5100-6200 m/s. De høye verdiene tilsier massivt fjell og hastighetsvariasjonene kan skyldes variasjoner i bergartssammensetning/struktur, men kan også skyldes variabelt innslag av oppsprekking. De høyeste hastighetene opptrer der fjelloverflaten ligger høyest. Under fjellforsenkningen øst for ryggen er det en ca. 40 m bred markert sone med seismisk hastighet anslått til 2300 m/s. Dette indikerer en svakhetszone med kraftig oppsprukket/oppknust fjell. Østfor sonen er det også relativt lav hastighet (4200 m/s), noe som tyder på en del oppsprekking der. Likeså kan det være fjell med oppsprekking litt sør for toppen av ryggen der det er beregnet en hastighet på 4500 m/s i en ca. 60 m bred sone.

#### 5. REFERANSER

Dalsegg, E. 2008: Geofysiske målinger for løsmassekartlegging ved Rødde i Melhus kommune, Sør-Trøndelag. *NGU Rapport 2008.084*.

Solberg, I.L., Hansen, L., Rønning, J.S, Haugen, E.D., Dalsegg, E. & Tønnesen, J.F.: Combined geophysical and geotechnical approach for ground investigations and hazard zonation of a quick-clay area, Mid Norway. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. (akseptert manus des. 2010)

## Kartkoordinater for de refraksjonsseismiske profilene S1 og S2 målt i november 2009 ved Rødde, Melhus kommune.

UTM-koordinater (WGS84, sone 32) er bestemt med GPS-instrument.

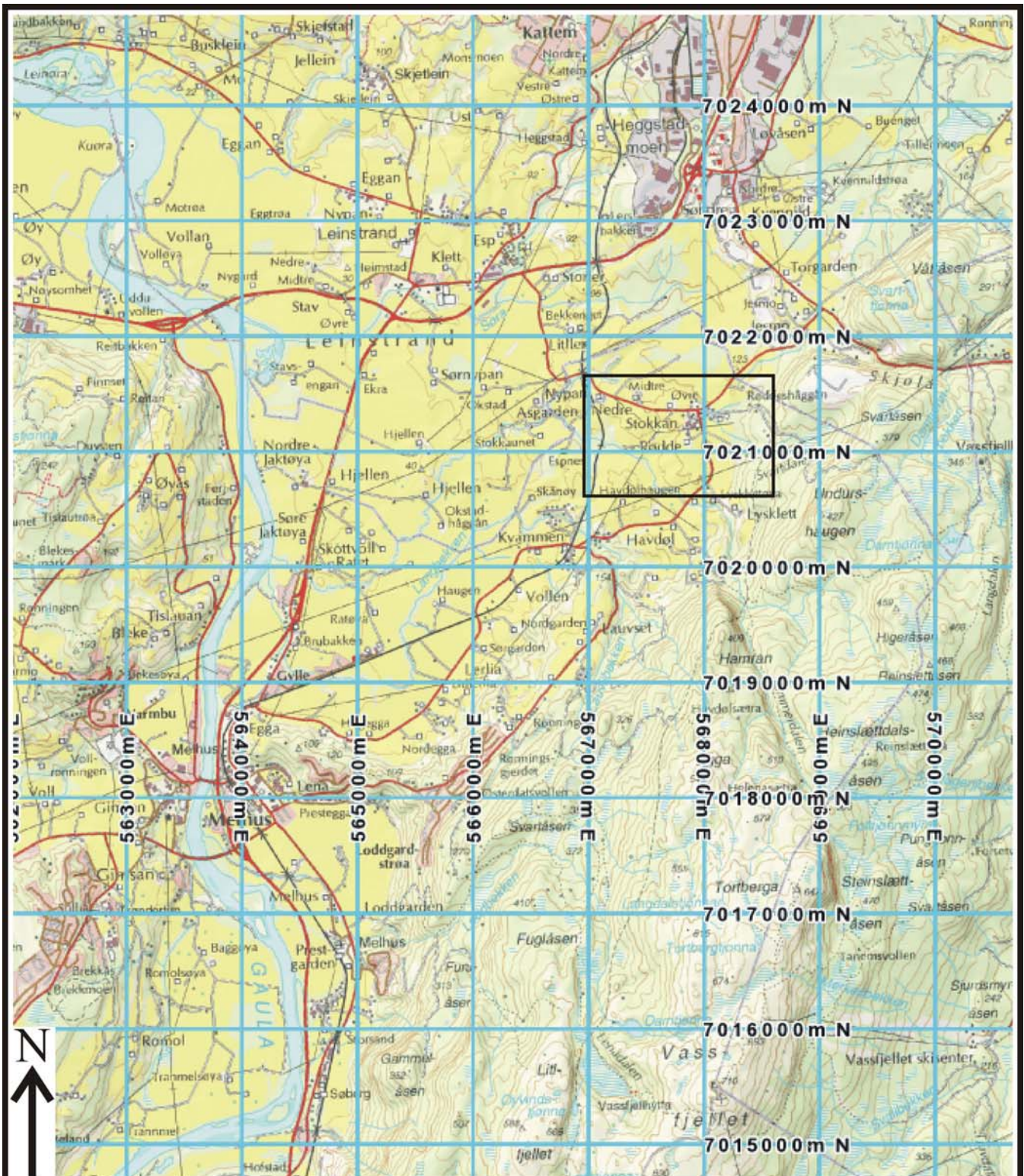
### Koordinatene angir skuddpunkt-posisjonene langs profilene

**Fet skrift:** Endepunkter og knekkpunkt i profilene

*Skråskrift:* Fjernskudd (for profilforlengelse)

Profilxposisjon (m)	UTM-N (m)	UTM-E (m)
<b>S1x0</b>	<b>7020930</b>	<b>568263</b>
S1x55	7020938	568206
S1x110	7020946	568153
S1x165	7020950	568098
S1x235	7020950	568030
S1x275	7020953	567989
S1x330	7020957	567934
S1x385	7020962	567879
<b>S1x440</b>	<b>7020967</b>	<b>567826</b>
S1x495	7020976	567771
S1x550	7020986	567718
S1x605	7020997	567665
<b>S1x660</b>	<b>7021006</b>	<b>567611</b>
<i>S1x715</i>	<i>7021014</i>	<i>567557</i>
<i>S1x770</i>	<i>7021021</i>	<i>567503</i>
<i>S1x880</i>	<i>7021042</i>	<i>567395</i>
<i>S2x-50</i>	<i>7020730</i>	<i>567758</i>
<b>S2x0</b>	<b>7020773</b>	<b>567780</b>
S2x55	7020822	567803
S2x110	7020873	567828
S2x165	7020923	567852
<b>S2x220</b>	<b>7020970</b>	<b>567876</b>
S2x275	7021020	567901
S2x330	7021067	567926
S2x385	7021116	567951
<b>S2x440</b>	<b>7021165</b>	<b>567976</b>
<i>S2x530</i>	<i>7021245</i>	<i>568017</i>

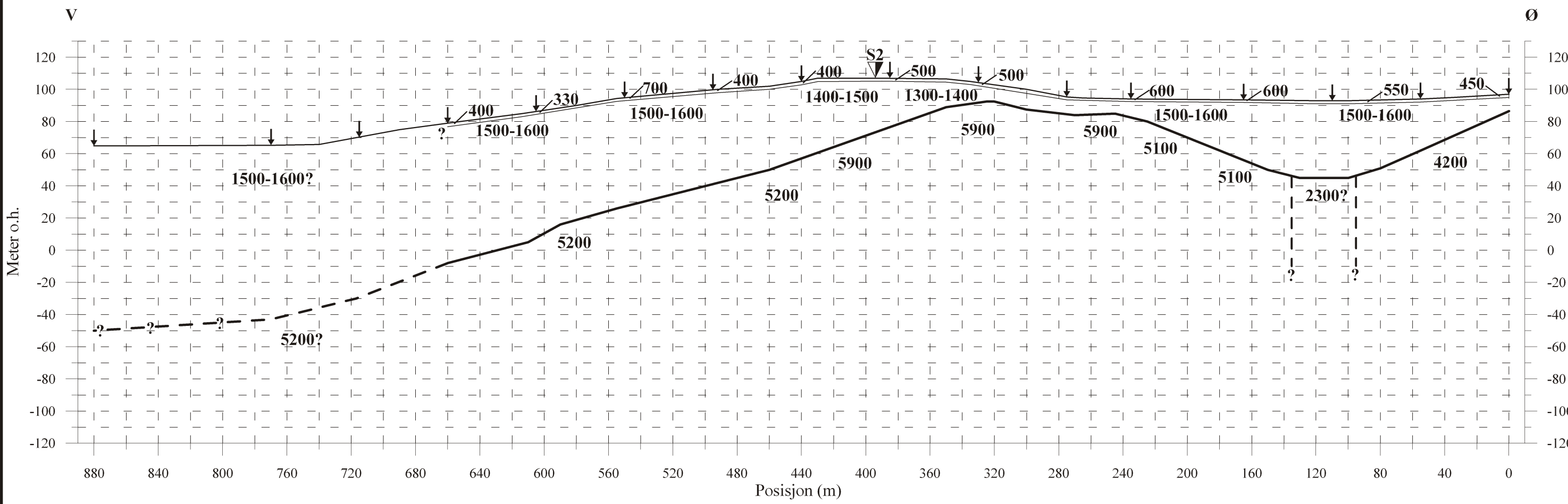




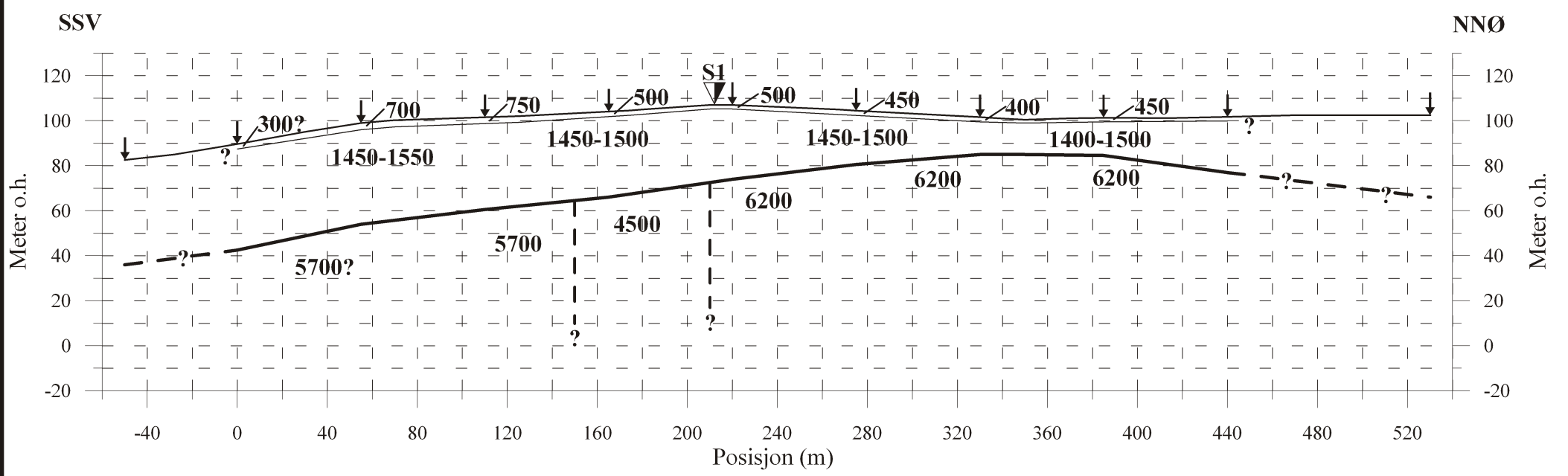
Utsnitt vist i kartbilag -02

NGU / SINTEF OVERSIKTSKART <b>RØDDE</b> MELHUS KOMMUNE, SØR-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	NOV. 2009
	1:50 000	TEGN JFT	JUNI 2010
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2010.034-01	KARTBLAD NR 1621 IV	

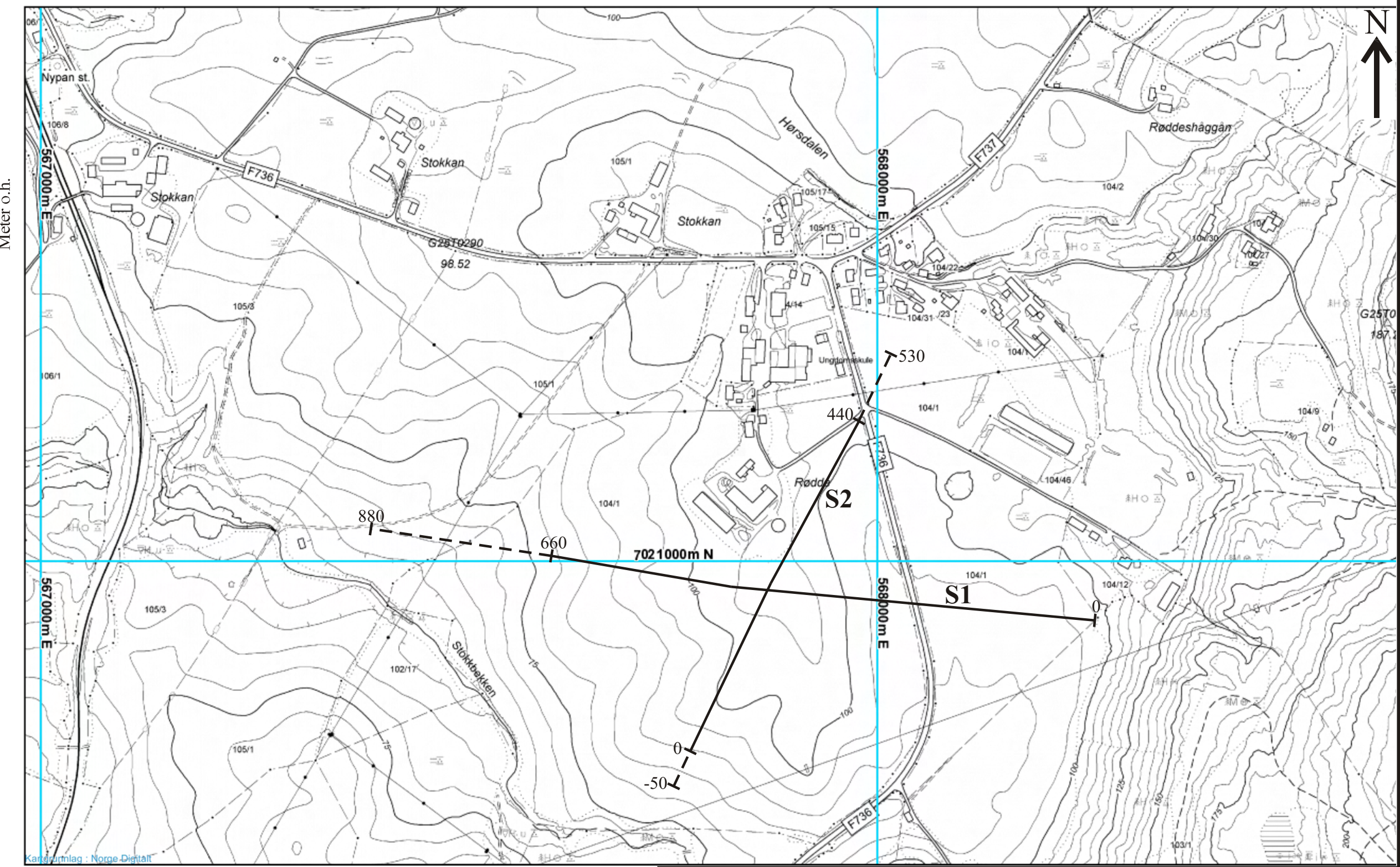
### Profil S1



### Profil S2



- Tegnforklaring**
- Terrengoverflate
  - Refraktor 1 (Løsmasser)
  - Refraktor 2 (Fjell)
  - S1 ↓ Kryssende seismikkprofil
  - ↓ Skuddpunkt
  - 1500 Seismisk hastighet (m/s)



<b>TEGNFORKLARING KART</b> — Refraksjonsseismisk profil (med geofondekning) - - - Profilforlengelse til fjernskudd		NGU / SINTEF REFRAKSJONSSEISMIKK, PROFIL S1 OG S2 <b>RØDDE</b> MELHUS KOMMUNE, SØR-TRØNDELAG		MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT TRAC NOV. 2009 JUNI 2010
		NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		KARTBILAG NR 2010.034-02	KARTBLAD NR 1621 IV



Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
Telefax 73 92 16 20  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

*Geological Survey of Norway  
PO Box 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norway*

*Visitor address  
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

*Tel (+ 47) 73 90 40 00  
Fax (+ 47) 73 92 16 20  
E-mail [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Web [www.ngu.no/en-gb/](http://www.ngu.no/en-gb/)*