

# GEOLOGI FOR SAMFUNNET

*GEOLOGY FOR SOCIETY*



Rapport nr.: 2012.033		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger på Kvitsøy, Kvitsøy kommune, Rogaland				
Forfatter: Einar Dalsegg		Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Region Vest		
Fylke: Rogaland		Kommune: Kvitsøy		
Kartblad (M=1:250.000) Haugesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1113-2 Skudeneshavn		
Forekomstens navn og koordinater: Kvitsøy 32 V 493650 7745350		Sidetail: 17	Pris: 42	
Feltarbeid utført: April 2012		Rapportdato: 17.07.2012	Prosjektnr.: 341500	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Statens vegvesen, Region Vest har NGU utført geofysiske målinger på Kvitsøy i Rogaland. Hensikten med målingene var å kartlegge mulige svakhetssoner som kan skape problemer under tunneldrivingen for Rogfast-forbindelsen til Kvitsøy. Det var av spesiell interesse å bestemme sonenes fall.</p> <p>Det ble målt 5 profiler med en samlet lengde på 2,5 km med metoden 2D resistivitet, som er en elektrisk målemetode som angir den elektriske motstanden i fjellet. De geofysiske målingene har kartlagt flere soner som en må forvente vil krysse den planlagte tunneltraséen. Sonene representerer trolig oppsprukket fjell med økt vanninnhold knyttet til forkastninger og/eller svakhetssoner. For flere av sonene er resistiviteten så lav at det ut fra vår tolkningsmodell i tillegg til oppsprekking, også kan forvente leire på sprekken. Dette behøver ikke å være tilfellet ved denne undersøkelsen, da en her må forvente en tilførsel av saltholdig vann i sprekkesystemene som vil redusere resistiviteten. Det er også observert sulfider i området, og to av de indikerte sonene kan skyldes dette.</p> <p>De kartlagte svakhetssonene som ser ut til å få mest betydning for tunneldrivingen er de som er knyttet til Nordbøvågen. Disse vil krysse den planlagte tunneltraséen. En må derfor forvente at en her vil kunne få vannlekkasjer i tilknytning til de oppknuste sonene.</p> <p>De profiler som er målt dekker bare deler av den planlagte tunneltraséen. Da disse har kartlagt så mange soner, må en forvente at det også utenfor disse profiler vil være svakhetssoner i de andre sundene som vil kunne skape problemer ved tunneldrivingen.</p>				
Emneord: Geofysikk		2D resistivitet		
Tunnel		Sprekkesone		
				Fagrapport

## INNHOOLD

1. INNLEDNING .....	4
2. METODEBESKRIVELSE - GEOFYSIKK.....	5
2.1 Målemetode og utførelse .....	5
2.2 Datainnsamling.....	5
2.3 Strømstyrke og datakvalitet.....	5
2.4 Inversjon.....	5
3. RESULTATER .....	6
4. KONKLUSJONER .....	15
5. REFERANSER .....	16

## FIGURER

Figur 1. Profil 1. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.....	8
Figur 2. Profil 2. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.....	9
Figur 3. Profil 3. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.....	10
Figur 4. Profil 4. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.....	11
Figur 5. Profil 5. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.....	12

## TABELLER

Tabell 1. Generell klassifisering av soner. ....	6
Tabell 2. Karakterisering av soner på Kvitsøy.....	7

## TEKSTBILAG

For tekstbilag for metoden(e) som er anvendt, vennligst gå til våre nettsider  
<http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/Elektriske-metoder/>.

## DATABILAG

Databilag 1: Innmålte profiler 2D resistivitet

## KARTBILAG

Kartbilag -01: Oversiktskart over undersøkt område 1 : 50 000.  
Kartbilag -02: Oversiktskart med påviste svakhetssoner

## 1. INNLEDNING

I samarbeid med Statens vegvesen, Region Vest har NGU utført geofysiske målinger på Kvitsøy i Rogaland. Hensikten med målingene var å kartlegge mulige svakhetssoner som kan skape problemer under tunneldrivingen for Rogfast-forbindelsen til Kvitsøy. Det var av spesiell interesse å bestemme sonenes fall.

Det ble målt 5 profiler med en samlet lengde på 2,5 km med metoden 2D resistivitet, som er en elektrisk målemetode som angir den elektriske motstanden i fjellet. To av de målte profilene er målt som en del av et samarbeidsprosjekt med Vegdirektoratet, der effekten av sjøvann langs profilet skal studeres.

Innenfor prosjektet "Miljø- og Samfunnstjenlige tunneler", som ble gjennomført i perioden 2001 til 2003, ble metoden 2D resistivitet introdusert som en interessant teknikk ved forundersøkelser for tunneller (Rønning, 2003). På grunnlag av målinger ved Lunnertunnelen, ble det foreslått en modell for karakterisering av svakhetssoner i fjell (Rønning m.fl. 2003). Under de rådende geologiske forhold, Oslofeltets intrusiver og sedimenter (Syenitt og sandstein) indikerte resistivitetsverdier høyere enn ca 3000  $\Omega\text{m}$  stabilt godt drivbart fjell; soner med resistivitet i området 3000 til 500  $\Omega\text{m}$  store vannlekkasjer, mens i soner hvor resistiviteten var lavere enn 500 ohm var det mindre vann og i tillegg var fjellet ustabil. I ettertid har NGU utført modellberegninger som viser at resistivitetsmetoden har muligheter for geometrisk karakterisering av svakhetssoner (Reiser et al. 2009 og Rønning et al. 2009). Disse modelleringene viser at metoden kan angi sonenes utstrekning mot dypet, sonenes bredde dagnært og i tillegg kan metoden indikere sonenes fall. Ut fra dette har en konkludert med at resistivitetsmetoden har et potensial for å lokalisere svakhetssoner i fjell og i tillegg foreta geometrisk og mineralogisk karakterisering av svakhetssoner. Det finnes også svakheter med denne metoden. Lav resistivitet i ikke oppsprukket bergart gir lavere kontrast og tykt overdekke av godt ledende masser (leire) hindrer strømmen i å nå ned i fjellet. Begge disse effektene reduserer mulighetene for kartlegging av svakhetssoner. I tillegg har modellering vist at det kan oppstå kunstige effekter ved inversjonen av måledata.

Bruk av resistivitet for karakterisering av svakhetssoner i fjell er fremdeles på utviklingsstadiet, og resultatene fra disse målingene må ses i lys av dette. Geometrisk karakterisering av svakhetssonene synes grei, men det er uklart om tolkningsmodell for vann og stabilitet fra Lunnertunnelen kan anvendes. Dette må derfor studeres ved en fremtidig tunnelbygging.

Det undersøkte området og de målte profiler er vist på oversiktskart i kartbilagene -01 og -02.

Målingene ble utført i april 2012 av Einar Dalsegg fra NGU med assistanse av Student Leif Egil Friestad fra Statens vegvesen.

## 2. METODEBESKRIVELSE - GEOFYSIKK

### 2.1 Målemetode og utførelse

Ved denne undersøkelsen ble det foretatt måling av **2D resistivitet og induert polarisasjon (IP)**. IP måles samtidig med resistivitetsmålingene og fører til noe utvidet måletid. Dette er av mindre betydning i forhold til viktigheten av også å måle IP. Ved å kombinere de to metodene kan risiko for feiltolkninger reduseres. I det følgende blir metoden og utførelse kort beskrevet. En mer utførlig beskrivelse av metoden finnes på

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

### 2.2 Datainnsamling

Måledata ble innsamlet med et kabelsystem utviklet ved den tekniske høyskolen i Lund (LUND-systemet, Dahlin 1993). Systemet består av et Terrameter ABEM-LS, og to eller fire multi-elektrode kabler (ABEM 2012). Ved denne undersøkelsen ble det benyttet fire kabler med 5 meters elektrodeavstand og Gradient elektrodekonfigurasjon. Dybderekkevidden er ca 60 meter. Oppløsningen, og dermed nøyaktigheten, er størst i den øvre halvdel av pseudoseksjonen. Hele systemet kan flyttes langs profilet slik at utstrekningen av et profil er ubegrenset. Profilenes beliggenhet er innmålt med GPS (databilag 1).

Strøm ble sendt i pulser på 1 sekund og alternerende polaritet. Dette gir en målesyklus på 3.8 sekund. Målingen av resistivitet (enhet ohmm eller  $\Omega\text{m}$ ) startet 0.4 sekund etter at strømmen ble slått på og måletiden var 0.6 sekund. Indusert polarisasjon ble målt 100 ms etter strømbrudd i 8 tidsvindu på 20, 40, 60, 80, 120, 160, 200 og 280 ms. Integrert IP-signal over tid med enhet mVs, normaliseres mot resistivitetssignalet (mV) og får enheten ms.

### 2.3 Strømstyrke og datakvalitet

Strømstyrken for mesteparten av målingene lå fra 200 til 500 mA. Datakvaliteten ved resistivitetsmålingene var meget god, og kun et fåtall måledata måtte fjernes før inversjon. IP-målingene inneholdt for mye støy til at de var å anse som pålitelige. De er derfor ikke presentert i rapporten.

### 2.4 Inversjon.

Ved alle resistivitetsmålinger måles en tilsynelatende resistivitet. Denne representerer et veid middel av alle resistiviteter som er innenfor målingens influensvolum. For å finne den spesifikke resistivitet i ulike deler av undergrunnen må data inverteres. Dette utføres ved at bakken deles opp i blokker som tilordnes en bestemt resistivitetsverdi. Denne blir så justert i flere trinn (iterasjoner) inntil responsen fra den teoretiske modellen blir mest mulig lik de målte data.

Resistivitetsmålingene ble invertert ved bruk av dataprogrammet RES2DINV (Loke 2010). Det ble gjort forsøk med forskjellige inversjonsmetoder (Least Square og Robust) og det ble eksperimentert med forskjellige inversjonsparametre, dempningsfaktorer og forskjellige filtre. Dette ga ikke noen endringer i hovedtrekkene i de inverterte profilene, men mindre avvik i detaljer. Det er benyttet vertikal/horisontal-filter 1.5, noe som gjør at vertikale strukturer fremheves.



### 3. RESULTATER

Måleresultatene er presentert i figurene 1 til 5, og i tabell 2. Resistivitetmålingene er fremstilt i figurer med et fargeflott som gjenspeiler resistiviteten (det inverse av elektrisk ledningsevne i bergrunnen), hvor det er tatt hensyn til topografi. Fargeskalaen går fra lav resistivitet gitt i blått og grønt (1-500  $\Omega\text{m}$ ) til høy resistivitet gitt i rødt ( $> 6.000 \Omega\text{m}$ ). Rødt indikerer generelt godt fjell, mens blått/grønt indikerer dårligere fjell. Der det er påvist lavresistivitetssoner er disse nummerert og markert (stiplet sort) med angivelse av indikert fall.

I et forsøk på å gjøre tolkningen mer anvendelig har vi kommet opp med en klassifisering hvor det er tatt hensyn til sonens dybde, bredde og resistivetsverdi. Klassene går fra 0 til 4, hvor 0 tilsvarer godt fjell, og 4 antyder antatt problematisk fjell (se tabell 1). Om en sones dybde angis med klasse 4 betyr det at sonen antas å gå ned til tunnelnivå. Øket sonebredde antas å gi større problemer, og lav resistivetsverdi kan indikere leire på sprekkenes og derved ustabile forhold (Rønning et al., 2009).

Tabell 1. Generell klassifisering av soner. Sonene er indikert ved hjelp av 2D resistivitet og er klassifisert i klasse 0-4 ut ifra dybde (A), bredde (B) og resistivitet (C) på sonen.

A - Dybde på sone	B - Bredde på sone	C - Resistivitet på sone	Klasse
		$> 2000 \Omega\text{m}$	0
0-20 m	0-10 m	2000-1000 $\Omega\text{m}$	1
20-40 m	10-20 m	1000-500 $\Omega\text{m}$	2
40-60 m	20-40 m	500-200 $\Omega\text{m}$	3
$> 60$ m	$> 40$ m	$< 200 \Omega\text{m}$	4

En samlet oversikt over alle påviste soner er vist i tabell 2. Her angis koordinater langs resistivetsprofilene, soneidentifikasjon og UTM-koordinater. I tillegg angis tolket fall og klassifisering ut fra tabell 1. Under kommentarer angis usikre forhold ved den enkelte sone, og om det kan være andre forhold som gir lavere resistivitet. Som nevnt er det målt Indusert Polarisasjon (IP) ved undersøkelsen, men at kvaliteten på disse data ikke er pålitelig. Det angis likevel at sulfider kan være årsak til lav resistivitet ved et par soner.

Tabell 2. Karakterisering av soner på Kvitsøy. Sonene er indikert ved hjelp av 2D resistivitet og er klassifisert i klasse 0-4 ut fra dybde (A), bredde (B) og resistivitet (C) på sonen.

Koordinater langs profilet (m)	Sone	Koordinat Øst WGS-84 UTM sone 33	Koordinat Nord WGS-84 UTM sone 33	Fallretning	A Dybde	B Bredde	C Resistivitet	Kommentar
<b>P1-200</b>	1	295695	6553173	Mot øst	4	1	4	
<b>P1-310</b>	2	295803	6553176	Mot vest	2	1	4	
<b>P1-330</b>	3	295823	6553179	Mot øst	4	1	4	
<b>P2-130</b>	1	294452	6552738	≈Steil	2	1	3	
<b>P2-210</b>	2	294496	6552685	Steil mot vest	4	1	4	
<b>P2-310</b>	3	294504	6552680	≈Steil	3	1	3	
<b>P2-405</b>	4	294579	6552633	≈Steil	3	1	3	
<b>P3-110</b>	1	294426	6553269	Mot øst	4	1	4	IP-effekt, mulig sulfider
<b>P3-145</b>	2	294457	6553254	Mot øst	4	1	4	IP-effekt, mulig sulfider
<b>P3-260</b>	3	294505	6553230	Mot vest	3	1	3	
<b>P3-290</b>	4	294560	6553206	Steil mot øst	4	1	3	
<b>P3-330</b>	5	294587	6553194	Steil mot øst	4	2?	3	Bredden er usikker
<b>P4-120</b>	1	295567	6552922	≈Steil	2	1	2	
<b>P4-290</b>	2	295643	6552912	Steil mot øst	4	2?	4	Bredden er usikker
<b>P4-355</b>	3	295729	6552894	Steil mot øst	4	1	3	
<b>P4-430</b>	4	295863	6552874	≈Steil	3?	1	3	
<b>P5-205</b>	1	294616	6553484	≈Steil	4	1	3	
<b>P5-265</b>	2	294675	6553475	Steil mot vest	4	2?	4	Bredden er usikker
<b>P5-305</b>	3	294709	6553469	Steil mot vest	4	1	3	
<b>P5-390</b>	4	294714	6553468	Steil mot vest	3	1	2	

# Kvitsøy

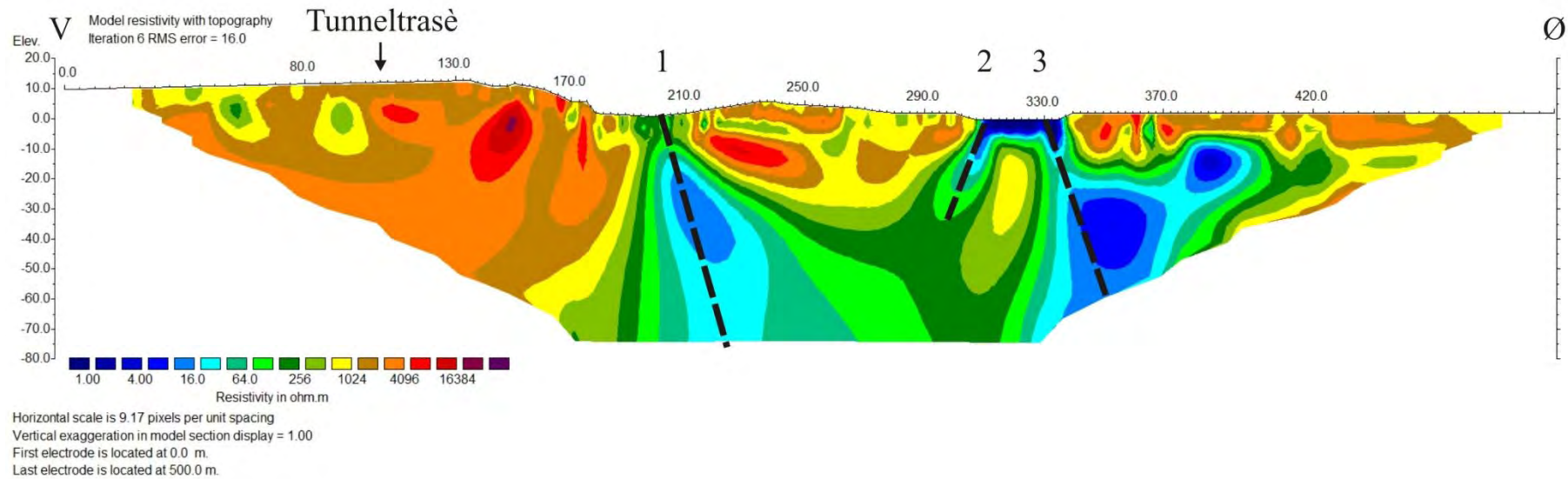
## Profil 1

Gradient, el.avst. 5 m

Standard inversjon

V/H-filter = 1.5

--- Svakhetszone



Figur 1. Profil 1. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.



# Kvitsøy

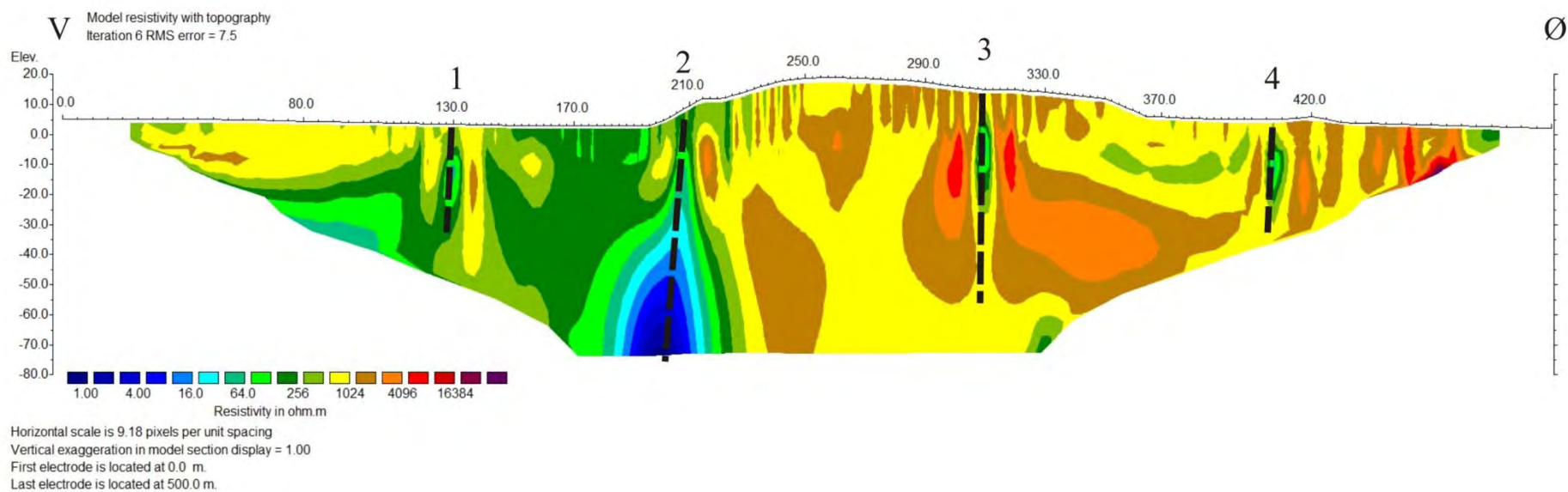
## Profil 2

Gradient, el.avst. 5 m

Standard inversjon

V/H-filter = 1.5

--- Svakhetszone



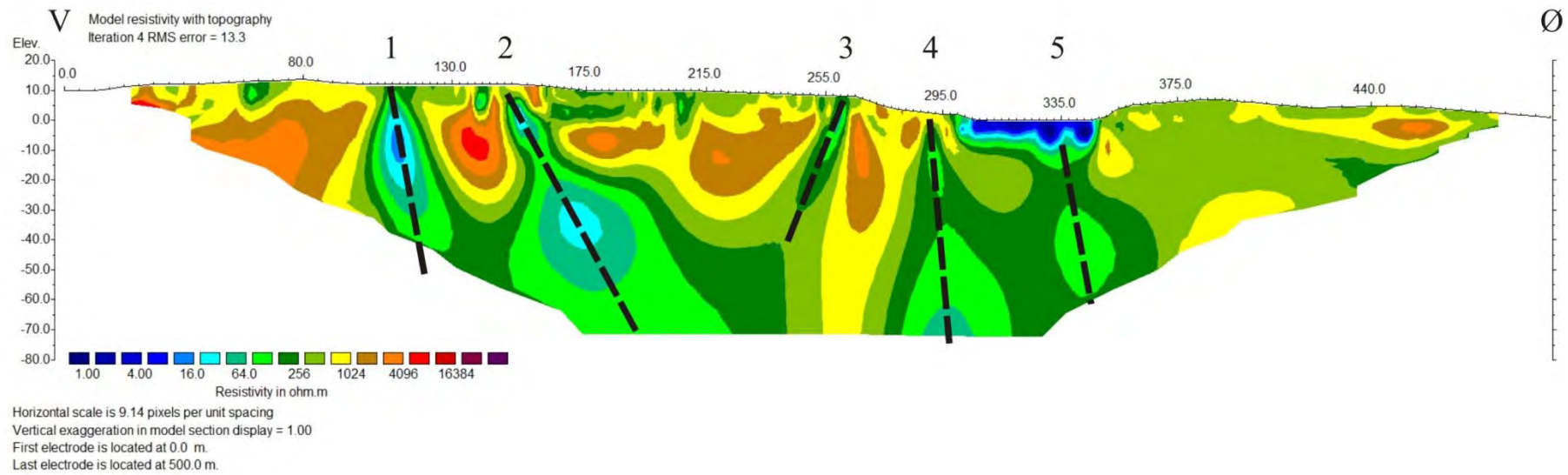
Figur 2. Profil 2. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.

# Kvitøy

## Profil 3

Gradient, el.avst. 5 m  
Standard inversjon  
V/H-filter = 1.5

--- Svakhetszone



Figur 3. Profil 3. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.

# Kvitsøy

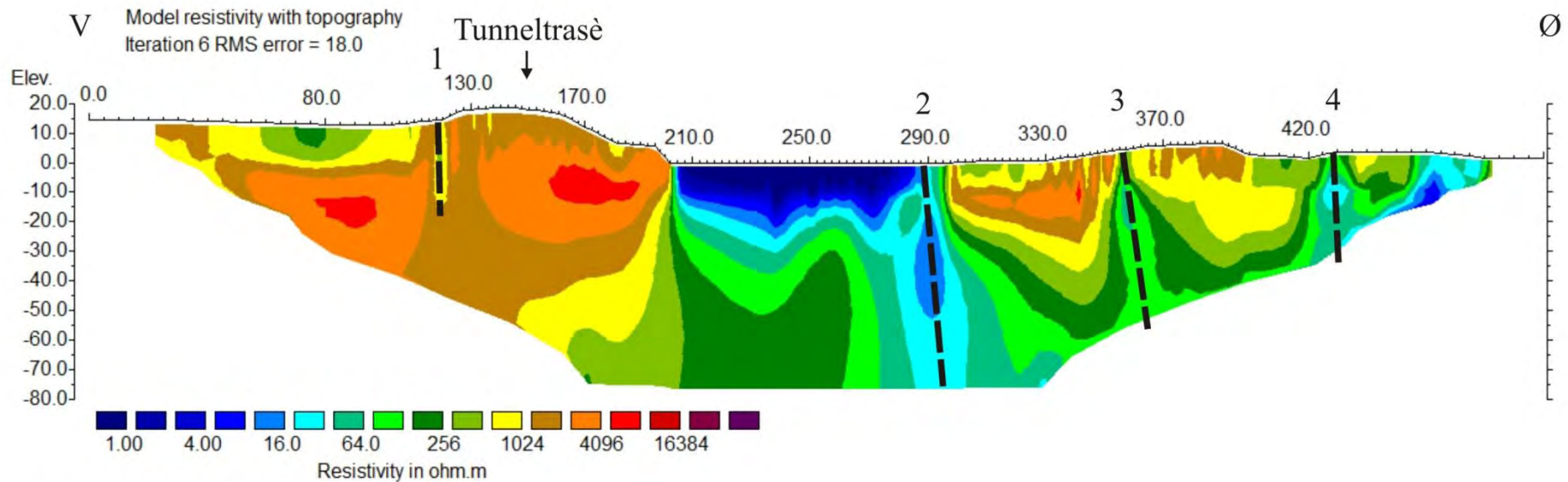
## Profil 4

Gradient, el.avst. 5 m

Standard inversjon

V/H-filter = 1.5

--- Svakhetszone



Horizontal scale is 5.97 pixels per unit spacing

Vertical exaggeration in model section display = 1.00

First electrode is located at 0.0 m.

Last electrode is located at 500.0 m.

Figur 4. Profil 4. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.

# Kvitsøy

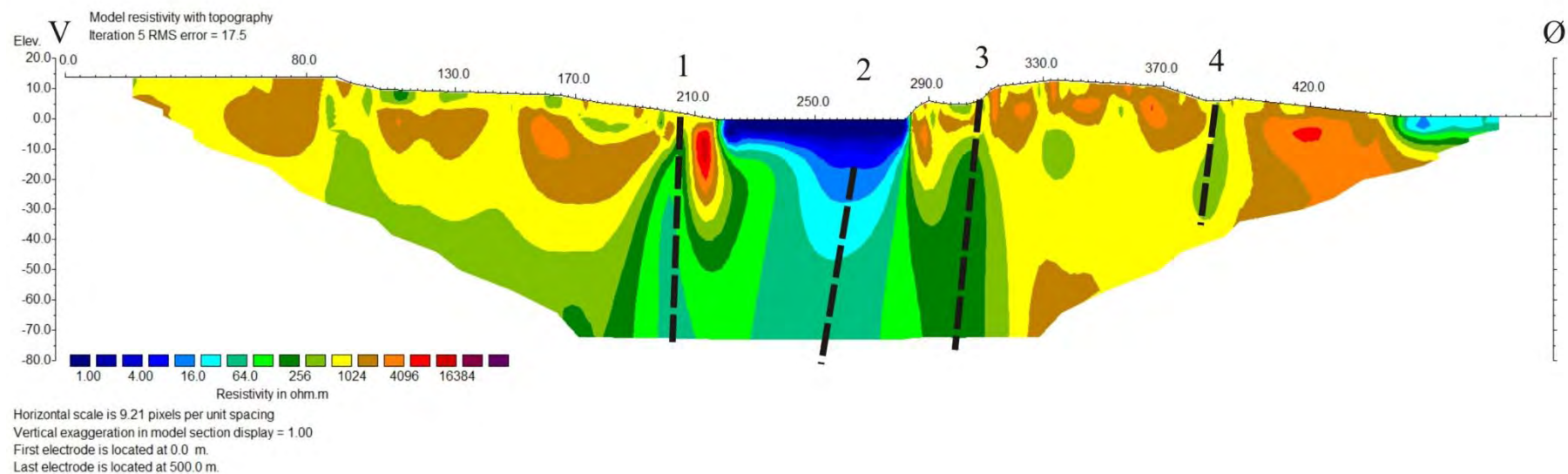
## Profil 5

Gradient, el.avst. 5 m

Standard inversjon

V/H-filter = 1.5

--- Svakhetszone



Figur 5. Profil 5. Invertert resistivitet med tolkede svakhetssoner.

**Profil 1** (figur 1) krysser tunneltrasèen ved koordinat 110 som er ca 400 meter etter det planlagte påhugget. I dette området viser målingene at resistiviteten i fjellet er fra 3000 til 4000  $\Omega\text{m}$ . Bergarten i området består i følge berggrunnskartet (Ragnhildstveit m. fl. 1998) av grønnstein/grønnskifer, og i følge Elvebakk (2011) er dette normale verdier for denne bergarten.

Det er påvist tre svakhetssoner langs profilet hvor sone 1 og 3 er de mest markerte. Resistiviteten på sonene er meget lave, og ut fra vår tolkningsmodell representerer dette i tillegg til oppsprukket fjell også trolig leire på sprekkene. I dette tilfellet ligger sonene i nær tilknytning til sjøen og en må anta at det kan være innslag av saltvann i sonene som vil bidra til den lave resistiviteten. Sonene er utholdende mot dypet men har et indikert å ha et fall mot øst, noe som tilsier at de ikke vil skape noe problemer for tunneldrivingen i dette området. Fra sone 1 og østover viser målingene meget lave resistiviteter på dypet. Dette er trolig ikke reelle verdier, men påvirkning fra sjøen som ligger like nord for profilet. Tidligere målinger har vist at resistiviteten blir kunstig lav for de største elektrodeavstandene når profilet går parallelt og nært med sjøen.

**Profil 4** (figur 4) ligger ca. 250 meter lengre syd og krysser Kråkøyvågen. Profilet ble målt i forbindelse med et annet prosjekt i samarbeid med Vegdirektoratet hvor vi testet ut forskjellen med flytende elektroder i overflaten mot elektroder plassert på bunnen. Profilet er tatt med i denne rapporten da det ligger i det aktuelle området for den planlagte tunneltrasèen. Her presenteres data med elektrodene på sjøbunnen. Dypet ble målt til ca 3 meter. I likhet med profil 1 viser målingene også her at bergartene vest for Kråkøyvågen, har resistiviteter i området 3000 til 4000  $\Omega\text{m}$ . Det er her påvist en vertikal sone ved koordinat 120. Sonen ser ut til å ha begrenset dybderekkevidde, men hvis den er utholdende mot sør, vil den krysse den planlagte tunneltrasèen.

Kråkøyvågen kommer som ventet fram med meget lav resistivitet. Dypet ble logget til å være fra 3 til 4 meter langs profilet, mens resistiviteten er meget lav ned til 20 til 30 meter. Dette skyldes trolig meget godt ledende bunnsedimenter, slik at grensen på 20 til 30 meter representerer fjelldypet. Resistiviteten i det underliggende fjellet har resistiviteter under 500  $\Omega\text{m}$ , noe som tilsier stort innslag av saltholdig porevann. I den østre kanten av vågen indikeres en mer markert svakhetszone. Sonen ser ut til å ha et tilnærmet steilt fall mot øst, og vil derfor ikke skape noe problemer for tunneldrivingen.

Det er videre på østsiden av Kråkøyvågen også påvist to svakhetssoner. Fallet på disse er henholdsvis mot øst og steilt slik at de ikke vil komme i konflikt med tunnelen. Når det gjelder sammenheng mellom profilene 1 og 4, er det grunn til å anta at sone 1 på profil 1 og sone 2 på profil 4 representerer samme sone. Det samme gjelder for sone 3 på begge profiler.

**Profil 2** (figur 2) ligger vest for Kjørkjesundet der tunneltrasèen svinger mot nord. Profilet er ikke ideelt plassert i forhold til trasèen, men plassert ut fra tilgjengelighet og at profilet skulle gå mest mulig vinkelrett på de forventede svakhetssonene i området.

Resistiviteten langs profilet viser markert skille ved koordinat 210. Østover mot Kjørkjesundet ligger resistiviteten fra 500 til 4000  $\Omega\text{m}$ . Dette er noe lavere enn for profilene 1 og 4, men begrunnelsen for den lave resistiviteten er trolig den samme. Det kan også være at bergarten i dette området har noe større oppsprekingsgrad enn på Krossøy. I den vestlige delen av profilet er resistiviteten under 500  $\Omega\text{m}$ , noe som tilsier innslag av godt ledende porevann. Grunnen er trolig at det her er svakhetssoner som fortsetter ut i sjøen.

Den mest markerte svakhetssonen på dette profilet er sone 2. Sonen gir meget lav resistivitet, spesielt mot dypet. Grunnen til dette er at terrenget indikerer at sonen fortsetter ut i sjøen mot nord, noe som tilsier tilførsel av saltholdig vann. Sonen indikeres å være tilnærmet steil mot vest. Det er grunn til å anta at sonen følger det markerte søkket i terrenget som går ut i sjøen i nord (profil 3 og 5), og den sørlige forlengelsen av sonen vil da krysse tunneltraséen. Den lave resistiviteten indikerer tilførsel av saltholdig vann, noe som kan gi lekkasjepoblemer ved tunneldrivingen. Det ble også påvist tre andre soner langs profilet hvor resistiviteten på sonene er noe høyere. Er retningen på disse sonene tilnærmet det som er angitt på kartbilag - 02 vil alle sonene på profilet krysse tunneltraséen, i en relativt åpen vinkel.

**Profil 3** (figur 3) ligger nord for profil 2 og krysser Nordbøvågen helt i sør. Dypet av sjøen er her ca 0.5 meter. Den generelle resistiviteten langs profilet ligger stort sett under 1000  $\Omega\text{m}$ . Dette er lavere enn for de tidligere beskrevne profilene, og kan skyldes større generell oppsprekking og dermed større innslag av godt ledende porevann i bergarten. Det er imidlertid observert sulfider i området, og langs dette profilet er det stedvis påvist IP-effekt. Det er derfor mulig at også sulfider er en mulig årsak til generelt lavere resistivitet.

Mellom koordinat 110 og 330 er det indikert flere svakhetssoner, som alle er utholdende mot dypet. Ut fra vår tolkningsmodell skulle den lave resistiviteten i tillegg til oppsprekking også indikere leire på sprekkene. I dette miljøet kan den lave resistiviteten like godt skyldes saltholdig porevann. Ved sone 1 og 2 mangler topografisk signatur, og tilstedeværelse av tvilsomme IP-responser kan indikere at disse to sonene kan være forårsaket av sulfider eller kanskje grafitt. Sone 3 ser ut til å falle steilt mot vest, mens sone 4 og 5 faller steilt mot øst.

**Profil 5** (figur 5) ligger nord for profil 3 og krysser Nordbøvågen. Profilet ble i likhet med profil 4 målt i forbindelse med et samarbeidsprosjekt med Vegdirektoratet hvor vi testet ut forskjellen med flytende elektroder i overflaten mot elektroder plassert på bunnen. Her presenteres resultatene med elektrodene på sjøbunnen. Dypet var her fra 3,5 til 4 meter.

Den generelle resistiviteten på begge sider av Nordbøvågen ligger mellom 2000 og 500  $\Omega\text{m}$ . Dette er noe høyere enn for profil 3 og kan tyde på at oppsprekkingsgraden i bergarten er noe mindre i dette området. Som for profil 3, kan dette også være styrt av sulfider. En annen forskjell på profilene er at de mest markerte svakhetssoner er begrenset til i og nært opp til selve Nordbøvågen. Det betyr at sonene 1 og 2 på profil 3 ikke kommer fram på dette profilet, noe som indikerer at disse sonene ikke er utholdende mot nord.

Ved Nordbøvågen er det på dette profilet indikert tre markerte svakhetssoner. Alle sonene er utholdende mot dypet og ser ut til å ha et steilt fall mot vest. Resistiviteten på sonene er fra 100 til 500  $\Omega\text{m}$ . Det er grunn til å anta at disse sonene har sammenheng med de sonene som ble påvist langs profil 3 like sør for Nordbøvågen, og sonene 1 og 2 langs profil 2.

Av de svakhetssonene som er påvist på profilene 2, 3 og 5 er sonene knyttet til Nordbøvågen de mest markerte. Disse vil krysse den planlagte tunneltraséen. En må derfor ved tunneldrivingen forvente at en her kan få vannlekkasjer i tillegg til stabilitetsproblemer.



#### 4. KONKLUSJONER

De geofysiske målingene har kartlagt flere soner som en må forvente vil krysse den planlagte tunneltrasèen. Sonene representerer trolig oppsprukket fjell med økt vanninnhold knyttet til forkastninger og/eller svakhetssoner. For flere av sonene er resistiviteten så lav at det ut fra vår tolkningsmodell i tillegg til oppsprekking, også kan forvente leire på sprekke. Dette behøver ikke å være tilfellet ved denne undersøkelsen, da en her må forvente en tilførsel av saltholdig vann i sprekkesystemene som vil redusere resistiviteten. Det er også observert sulfider i området, og to de indikerte sonene kan skyldes dette.

De kartlagte svakhetssonene som ser ut til å få mest betydning for tunneldrivingen er de som er knyttet til Nordbøvågen. Disse vil krysse den planlagte tunneltrasèen. En må derfor forvente at en her vil kunne få vannlekkasjer i tilknytning til de oppknuste sonene.

De profiler som er målt dekker bare deler av den planlagte tunneltrasèen. Da disse har kartlagt så mange soner, må en forvente at det også utenfor disse profiler vil være svakhetssoner i de andre sundene som vil kunne skape problemer ved tunneldrivingen.

## 5. REFERANSER

ABEM 2012: ABEM Terrameter LS. Instruction Manual. ABEM 20120109, based on release 1.10. ABEM, Sverige.

Dahlin, T. 1993: On the Automation of 2D Resistivity Surveying for Engineering and Environmental Applications. Dr. Thesis, Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University. ISBN 91-628-1032-4.

Elvebakk, H. 2011: Sammenstilling av resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling i norske bergarter. NGU Rapport 2011.042.

Loke, M.H. 2010: RES2INV ver. 3.59.70. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. [www.geoelectrical.com](http://www.geoelectrical.com).

Ragnhildstveit, J., Naterstad, J., Jorde, K. og Egeland, B. 1998: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Haugesund - M 1:250000, NGU.

Reiser, F., Dalsegg, E., Dahlin, T., Ganerød, G. & Rønning, J.S. 2009, "Resistivity Modelling of Fracture Zones and Horizontal Layers in Bedrock". NGU Report 2009.070, pp. 1-120, 2009 <http://www.ngu.no/no/hm/Publikasjoner/Rapporter/2009/>

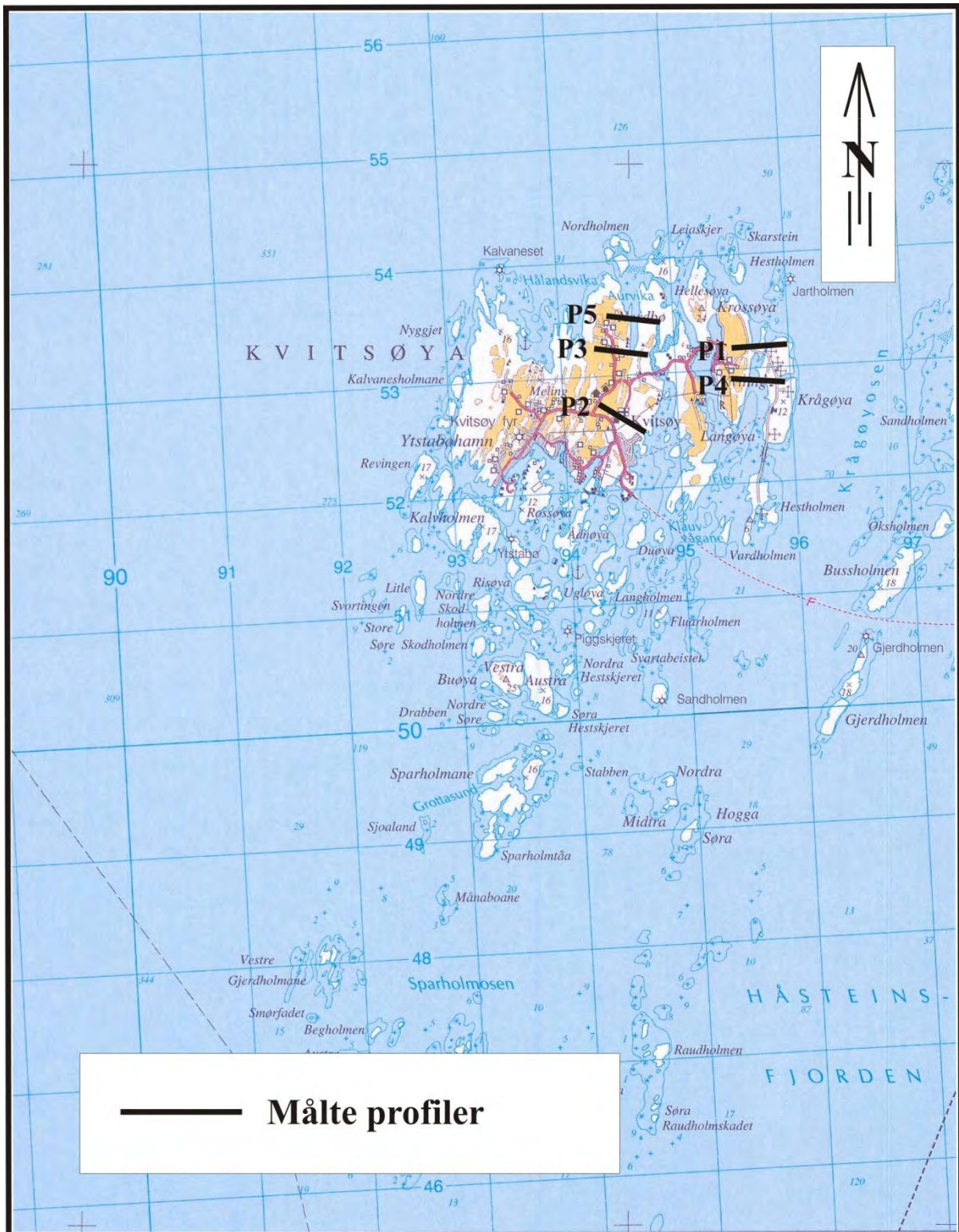
Rønning, J.S. 2003: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Sluttrapport delprosjekt A, Forundersøkelser. Statens vegvesen, Publikasjon nr. 102.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Storrø, G. 2003: Characterization of fracture zones in bedrock using 2D resistivity. 9th EEGS European Meeting, Prague, August 31 – September 4 2003. Extended Abstract: Proceedings P005.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Ganerød, G.V. & Heincke, B.H. 2009: Characterization of fracture zones in bedrock using 2D resistivity. Proceedings from 5th Seminar on Strait Crossings, Trondheim, June 21 – 24 2009, p. 439 - 444 (SINTEF/NTNU)

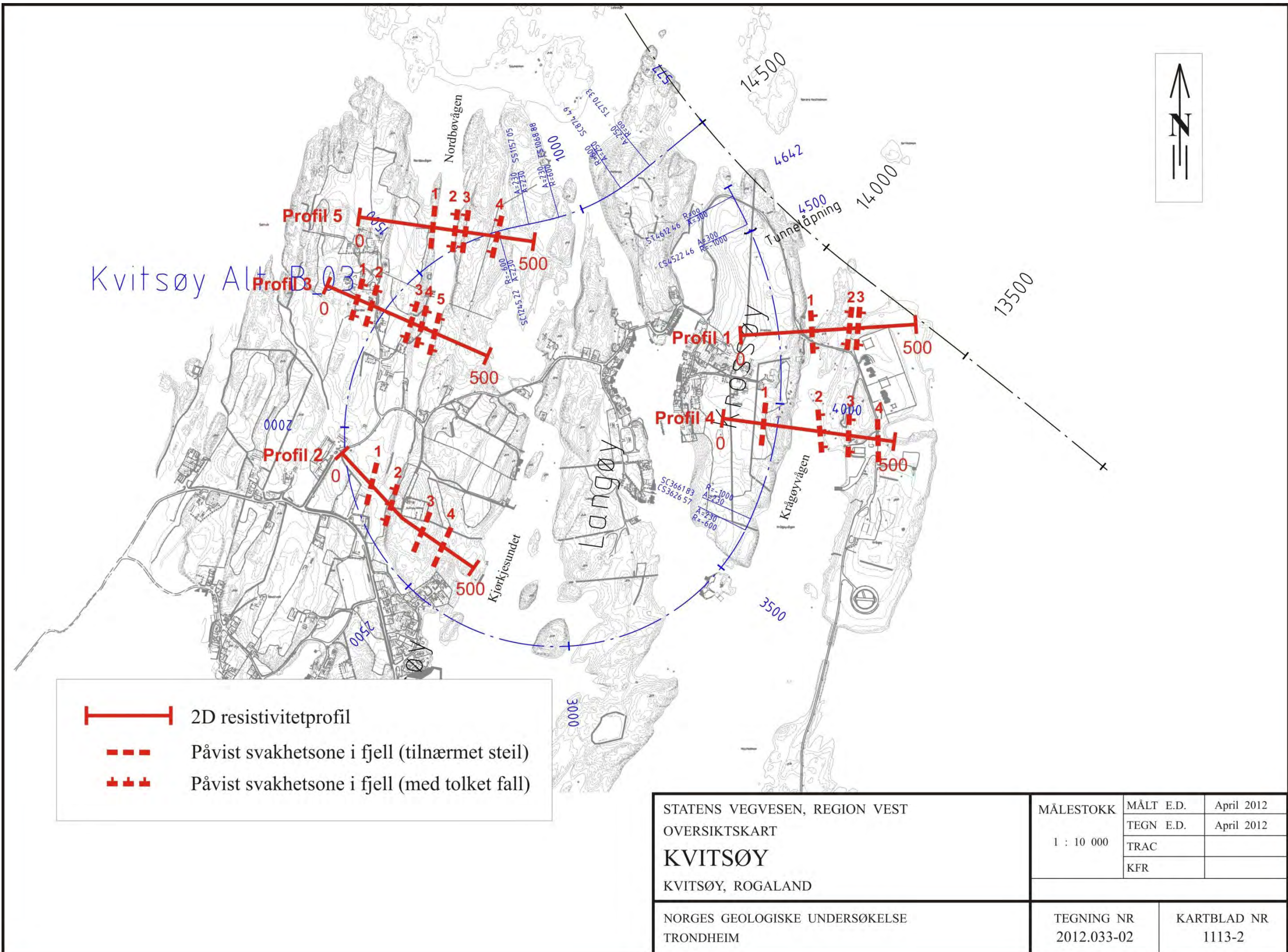
Innmålte profiler ( WGS-84, Sone 32 V)

<b>Profil</b>	<b>Koordinat</b>	<b>UTM-øst</b>	<b>UTM-nord</b>
P1	0	295500	6553169
	100	295603	6553173
	200	295695	6553173
	300	295793	6553174
	400	295892	6553190
	500	295991	6553179
P2	0	294367	6552831
	100	294433	6552761
	200	294496	6552685
	300	294579	6552633
	400	294667	6552588
	500	294750	6552535
P3	0	294328	6553316
	100	294417	6553273
	200	294505	6553230
	300	294596	6553190
	400	294685	6553148
	500	294776	6553107
P4	0	295447	6552934
	100	295548	6552925
	200	295643	6552912
	300	295739	6552892
	400	295834	6552876
	500	295931	6552870
P5	0	294418	6553519
	100	294515	6553502
	200	294611	6553485
	300	294709	6553469
	400	294802	6553453
	500	294903	6553443



STATENS VEGVESEN, REGION VEST OVERSIKTSKART <b>KVITSØY</b> KVITSØY, ROGALAND	MÅLESTOKK	MÅLT E.D.	April 2012
	1 : 50 000	TEGN E.D.	April 2012
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2012.033-01	KARTBLAD NR 1113-2	







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/)*