

NGU Rapport 2011.005

Geofysiske målinger ved Holm – Holmestrand
jernbanetunnel, Holmestrand, Vestfold fylke.

Rapport nr.: 2011.005		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysiske målinger ved Holm–Holmestrand jernbanetunnel, Holmestrand, Vestfold fylke.			
Forfatter: Guri V. Ganerød og Einar Dalsegg		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Vestfold		Kommune: Holmestrand	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1813-IV Holmestrand	
Forekomstens navn og koordinater: Holm–Holmestrand jernbanetunnel 32 V 572140 6598520		Sidetall: 17 Kartbilag:	Pris: 90,-
Feltarbeid utført: 08.11. 2010	Rapportdato: 07.04.2011	Prosjektnr.: 329501	Ansvarlig: <i>Jan S. Kvernberg</i>
Sammendrag:			
<p>I oppfølgende studier av tidligere arbeid har NGU utført geofysisk kartlegging med 2D resistivitet på tvers av tunnellopet Holm-Holmestrand, nord for Holmestrand i Vestfold fylke. Det er samlet inn ca. 800 meter resistivitetsdata, som så er prosessert og tolket. Det er tatt hensyn til eksisterende geologiske data fra kartlegging i tolkningen av de geofysiske dataene. Hensikten med dette var å følge opp svakhetssoner som ble kartlagt under tidligere kartlegging i 2009. Det er indikert mulig dypforvitring i noen soner langs tunneltraseen, noe som bør tas hensyn til når en planlegger tunnelutbyggingen. En slik sone er her fulgt opp med kryssende resistivitetsprofil for å kartlegge utstrekning og dyp av forvitringen. Det forekommer flere potensielle dypforvitringssoner langs tunneltraseen som ikke er kartlagt nærmere. NGU vil poengtere at karakterisering av svakhetssoner ved hjelp av resistivitetsdata er en ny teknologi, og at dette prosjektet er et ledd i å bygge opp kompetanse på tolking av denne type data.</p> <p>Målet med den oppfølgende undersøkelsen var å indikere og kartlegge utstrekningen til en påvist dypforvitringssone som følger tunneltraseen i ca. 900 m, fra ca. pelnr. 81230 til 82170. Erfaring tilsier at en slik sone kan være lengre enn hva dypforvitringssonen viser. Resultatet av resistivitetsprofilen viser tre sub-parallelle soner som har NV-SØ retning, hvor den ene sonen har steilt fall mot øst (1) mens de to andre er steile (2 og 3). Tverrprofilen indikerer også en ca. 150 m bred og ca. 50 m dyp sone med lavere resistivitetsverdier, i et område hvor det er observert fjellblotninger, som er tolket til å være dypforvitring. Dypforvitringssonen samt de tre sonene (forkastninger) som går parallelt med tunneltraseen påvirker trolig fjellkvaliteten i stor grad. Tidligere målt resistivitetsprofil 1c som går langs tunneltraseen, viser lave resistivitetsverdier i ca. 1000 m lengde, med resistivitetsverdier under 100 ohmm som indikerer redusert fjellkvalitet. Det er høyst sannsynlig at de parallelle forkastningssonene vil gi problemer under tunneldrivingen, med ustabil fjell og potensielt vannlekkasje fra ca. pelnr. 81230 til 82170. Sonen med markert dypforvitring er påvist ned til ca. 45 m dyp og vil trolig ikke påvirke tunnelen. Dette studiet bygger opp under flere andre studier med 2D resistivitet, hvor metoden er godt evnet til å kartlegge svake soner som sprekkesoner og/eller forkastninger, samt påvise områder / soner hvor dypforvitring forekommer.</p>			
Emneord: Geofysikk	2D resistivitet	Tunnel	
	Dypforvitring	Sprekkesone	
		Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	1
2. METODEBESKRIVELSE.....	3
2.1. GEOFYSIKK - resistivitet og induert polarisasjon (IP)	3
2.1.1. Målemetode og utførelse	3
2.1.2. Datainnsamling.....	3
2.1.3. Strømstyrke og datakvalitet.....	3
2.1.4. Inversjon.....	3
2.2 AMAGER-metoden (AeroMagnetiske og GEomorfologiske Relasjoner)	4
3. DYPFORVITRING I SONE LANGSETTER TUNNELTRASEEN	4
4. RESULTATER FRA 2D RESISTIVITET	6
5. SAMMENDRAG / KONKLUSJON	11
6. REFERANSER	12

FIGURER

Figur 1. Kartlegging av sannsynlig og mulig dypforvitring.....	2
Figur 2. Påvisning av sone med sannsynlig dypforvitring.....	5
Figur 3. Profil 3, resistivitet øverst og IP nederst med tolkede svakhetssoner..	7
Figur 4. Tverrprofil 3 med tolkning. Tre svakhetssoner er påvist.....	9
Figur 5. Profil 1c går langsetter tunneltraseen og krysser tverrprofil 3	10

TABELLER

Tabell 1. Klassifisering av soner	6
Tabell 2. Karakterisering av soner	8

TEKSTBILAG

For tekstbilag for metoden(e) som er anvendt vennligst gå til våre nettsider www.ngu.no/geofysiske metoder

DATABILAG

Databilag 1: Innmålt profil 2D resistivitet

KARTBILAG

Kartbilag 01: Oversiktskart 1 : 50 000.

1. INNLEDNING

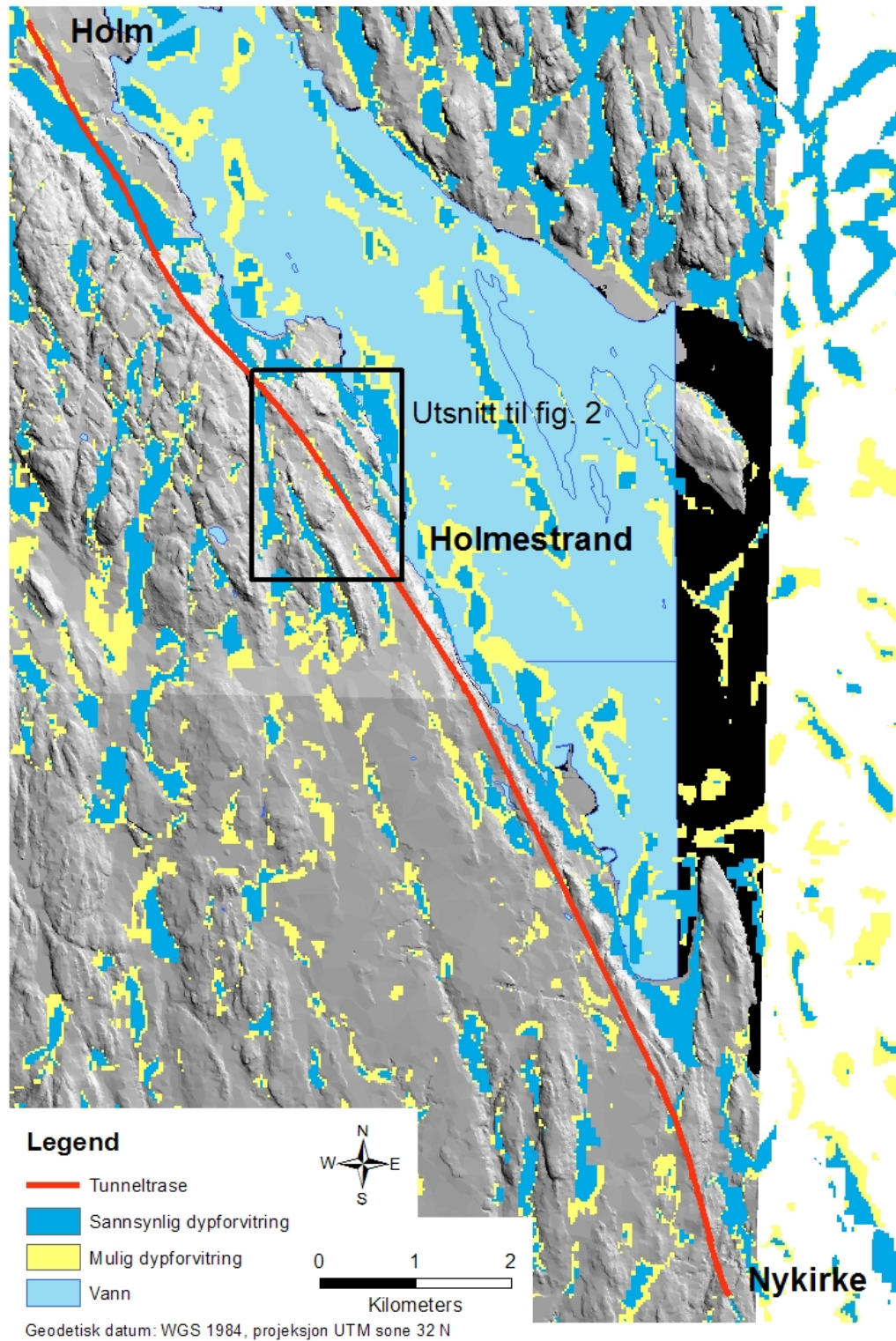
Høsten 2010 utførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i egen regi oppfølgene geofysiske kartlegging med metoden 2D resistivitet på tvers av traseen for jernbanetunnelen Holm-Holmestrand, nord for Holmestrand i Vestfold fylke. Tverrprofilen er 800 meter lang og går i ca. V-Ø retning. I 2009 foretok NGU en geofysisk kartlegging for Jernbaneverket (JBV) i forbindelse med den planlagte tunneltraseen mellom Holm og Nykirke, med ny stasjon i fjellet ved Holmestrand (Ganerød, Dalsegg og Rønning, 2009). Ca. 14 km langs tunneltraseen ble kartlagt. Hensikten med dette var å påvise og karakterisere svakhetssoner forut for tunneldrivingen. NGU vil poengtere at karakterisering av svakhetssoner ved hjelp av resistivitetsdata er en ny teknologi, og at dette prosjektet er et ledd i å bygge opp kompetanse på tolking av denne type data.

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 tunneler (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 Ohmm stabilt godt drivbart fjell; soner med resistivitet i området 1000 til 3000 Ohmm store vannlekkasjer, mens i soner hvor resistiviteten var lavere enn 500 Ohmm var det mindre vann og i tillegg var fjellet ustabil (leirsone). I ettertid har NGU utført modellberegninger som viser at resistivitetsmetoden har muligheter for geometrisk karakterisering av svakhetssoner (Rønning et al. 2009). Disse modelleringene viser at metoden kan angi sonens utstrekning mot dypet, sonens bredde dagnært og i tillegg kan metoden indikere sonens 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 (Reiser et al., 2009).

Metoden 2D resistivitet er en elektrisk målemetode som ved disse undersøkelsene angir motstanden i fjellet ned til ca. 120 meters dyp. Dataene er prosessert og tolket, og det er tatt hensyn til eksisterende geologiske data fra kartlegging i tolkingen av de geofysiske dataene. Soner som er tolket til å være sprekkesoner eller forkastninger er lagt inn i profilene, og er vist som figurer. Plassering av sonene er i tillegg angitt i tabellform med ca. koordinat langs måleprofilen og UTM-koordinat, med +/- 5 m nøyaktighet. I tillegg er tolket fall og fallretning på sonene angitt. Området hvor dataene er samlet inn er dekket av vegetasjon og dyrket mark. Fra overflaten er det derfor vanskelig å angi retning (strøk) på sonene. En tolkning av retningen på sonene som er kartlagt er basert på digital topografisk høydemodell over området.

Den oppfølgende kartleggingen er for å se på utstrekningen av dypforvitring som er påvist i en av flere soner, som ligger langs tunneltraseen (Figur 1). Soner hvor det er påvist dypforvitring er antatt å ha dårligere fjellkvalitet enn omkringliggende fjell, og kan gi ekstra problemer ved driving av tunnelen. Sonen med mulig dypforvitring som undersøkes nærmere her er opp til 900 meter lang og 200 meter bred, og ligger parallelt med tunneltraseen. Andre

studier som er utført av NGU i forbindelse med jernbanetunnelen er; Bøe, Lutro og Nordgulen (1999), Ganerød, Dalsegg og Rønning (2009) og Elvebakk (2010).



Figur 1. Kartlegging av sannsynlig og mulig dypforvitring langs den nye jernbanetunnelen Holm-Nykirke, ved Holmestrand i Vestfold (utsnitt fra Olesen, 2006).

2. METODEBESKRIVELSE

2.1. GEOFYSIKK - resistivitet og induisert polarisasjon (IP)

2.1.1. Målemetode og utførelse

Ved denne undersøkelsen ble det foretatt måling av **2D resistivitet og induisert 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. Høy IP indikerer mineraliseringer (sulfider, grafitt og o.l.) som kan gi tilsvarende anomalier som vannfylte sprekkesoner med eller uten leire. Dette er det tatt hensyn til i tolkningen presentert i denne fagrapporten og 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/>.

2.1.2. Datainnsamling

Måledata ble innsamlet med et kabelsystem utviklet ved den tekniske høyskolen i Lund (LUND-systemet, Dahlin 1993). Systemet består av en releboks (Electrode Selector ES10-64) og to eller fire multi-elektrode kabler. Måleprosessen styres av et ABEM Terrameter SAS 4000 (ABEM, 1999). Ved denne undersøkelsen ble det benyttet fire kabler med 10 meters elektrodeavstand og Gradient elektrodekonfigurasjon. Dybderekkevidden er ca 120 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).

2.1.3. Strømstyrke og datakvalitet

Strømstyrken for mesteparten av målingene lå i områdene 50 og 100 mA. Datakvaliteten var meget god for resistivitetsmålingene, og kun et fåtall måledata måtte fjernes før inversjon. Kvaliteten var noe dårligere for IP-målingene. Tidligere målinger har vist at en må forvente blandet kvalitet på måledata i urbane strøk. Dette gjelder spesielt for IP-målingene. Grunnen er det store innslag av elektrisk ledende tekniske anlegg, som vil "stjele" strøm og dermed gi feil måledata.

2.1.4. 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 og "oppladbarhet" (IP-effekt) i ulike deler av undergrunnen må data inverteres. Dette utføres ved at bakken deles opp i blokker som tilordnes en bestemt måleverdi. 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 2007). 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-filer 2, som gjør at vertikale strukturer fremheves.

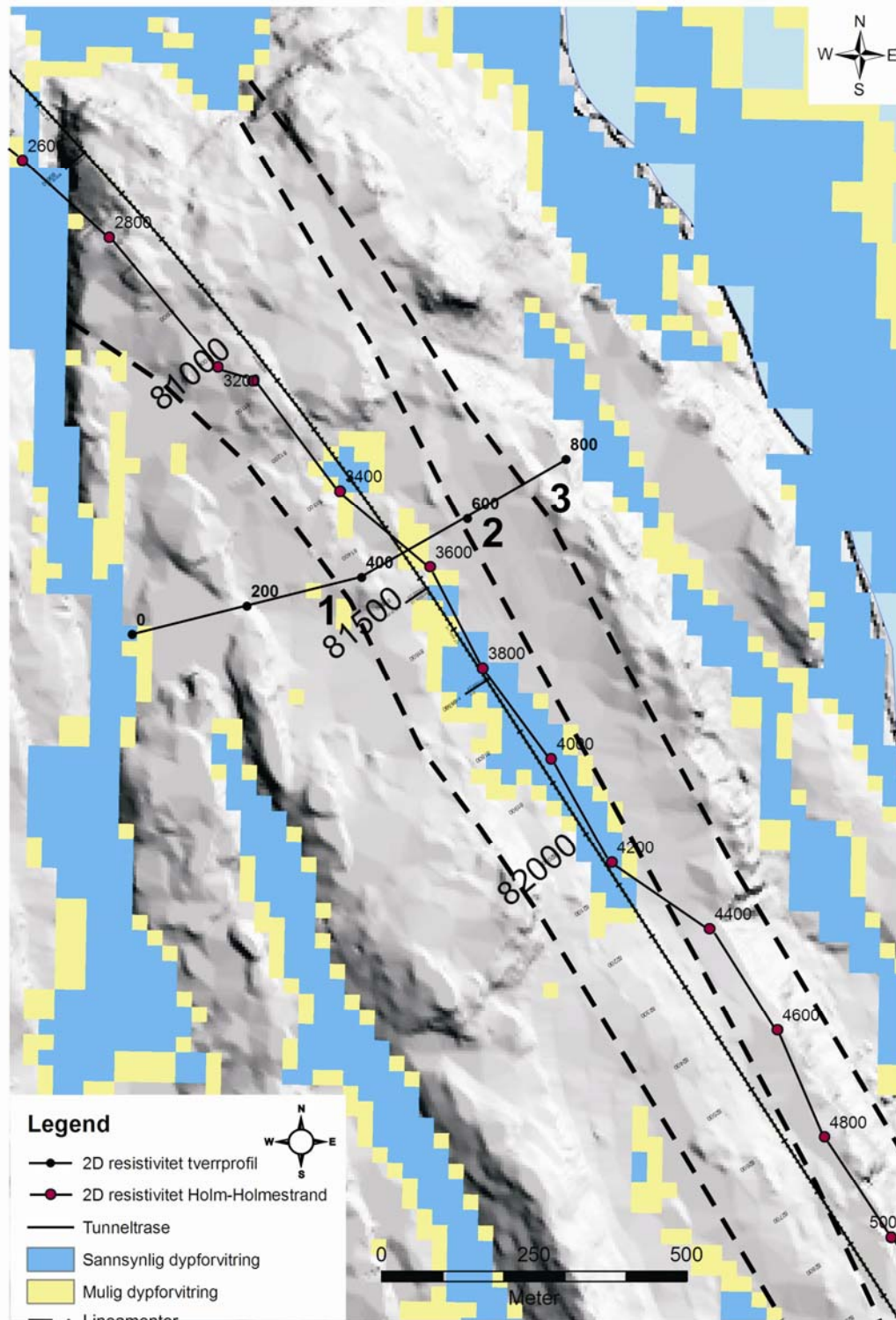
2.2 AMAGER-metoden (AeroMagnetiske og GEomorfologiske Relasjoner)

Metoden for analyse av dypforvitring bygger på en samvariasjon mellom svekket magnetfelt og depresjoner i terrenget (Olesen m.fl., 2007). Magnetiske målinger utført fra fly og helikopter blir samlet inn med en magnetisk sonde 30 eller 60 m over bakken. I tettbebygde områder økes sensorhøyden til 100 m. Jordens magnetfelt inducerer en sekundær magnetisering i berggrunnen som igjen vil gi et bidrag til det målte jordfeltet. Det induserte feltet avhenger av bergartens magnetiserbarhet (magnetisk suseptibilitet). Når bergartsdannende silikatmineraler brytes ned til leirmineraler som smektitt og kaolin under tropiske forhold, vil de magnetiske mineralene magnetitt og hematitt omdannes til mindre magnetiske jernhydroksyder (Grant 1984, Clark 1997, Henkel & Guzman 1977). Det er denne prosessen som gir den karakteristiske røde fargen i tropisk jordsmonn. Dypforvitring vil derfor gi et negativt avvik i det målte magnetfeltet. NGU har utviklet en filtreringsmetode for å fremheve signalet fra dypforvitringen (Olesen et al. 2007).

Sammenfallende forsenkninger (negative anomalier) i det filtrerte magnetfeltet og filtrerte terrengetdata (topografi/batymetri) brukes som indikasjoner på leiromvandling i den såkalte AMAGER-metoden. Avhengig av signal/støy-forholdet blir dypforvitringen klassifisert som "sannsynlig" eller "mulig". Metoden ser ut til å fungere for de fleste størkningsbergarter og omdannede bergarter på det sentrale Østlandet. Anvendelsen i lavmagnetiske avsetningsbergarter ser ut til å være mer begrenset. Depresjoner i terrenget er ofte sammenfallende med lave magnetiske anomalier. Metoden har en fordel ved at den også fungerer på havbunnen dersom vanddypet ikke overstiger 50-100 meter. AMAGER-metoden vil også kunne påvise leiromvandling som er dannet av sirkulerende hydrotermale løsninger i berggrunnen, med disse leirsonene vil sannsynligvis være av mer lokal karakter enn dypforvitringssonene. Et produkt av denne metoden er "Aksomhetskart for tunnelplanlegging", et oversiktskart hvor blå-grønn farge indikerer *sannsynlig* dypforvitring mens gul farge indikerer *mulig* dypforvitring.

3. DYPFORVITRING I SONE LANGSETTER TUNNELTRASEEN

Den oppfølgende kartleggingen, med et 800 meter langt tverrprofil, er for å se på utstrekningen av dypforvitring i den opp til 900 meter lange og 200 meter brede sonen som ligger langsetter tunneltraseen (Figur 2). Soner hvor det er påvist dypforvitring er antatt å bestå av dårligere fjellkvalitet enn omkringliggende fjell, og kan gi ekstra problemer ved driving av tunnelen. Sonen med mulig dypforvitring følger retningen av tre parallelle lineament som har NV-SØ retning. I felt er det også observert kraftig oppsprekking som viser den samme NV-SØ retning på sprekkene. I tverrprofilet med resistivitetsmålinger (Figur 3) er alle tre lineamentene påvist, og de viser steil fall mot øst (1) og vest (2 og 3). NV-SØ er også retningen til hovedlineamentet som er antatt å gå i fjorden rett utenfor Holmestrand, og som har laget den bratte kanten som karakteriserer området, fra strandområdet til høydedraget (se bilde i Figur 2).



Figur 2. Påvisning av sone med sannsynlig dypforvitring som går langs tunneltraseen til jernbanetunnelen Holm-Holmestrand. Oppfølgende målinger med 2D resistivitet er utført på tvers av sonen, for å kartlegge utstrekning og dyp av sonen. Lineamenter tolket på overflaten samsvarer med sone 1 til 3 i resistivetsprofilen og er markert på kartet. Tverrprofilen går ca. Ø-V og krysser tunnelen ved ca. pelnr. 81445.

4. RESULTATER FRA 2D RESISTIVITET

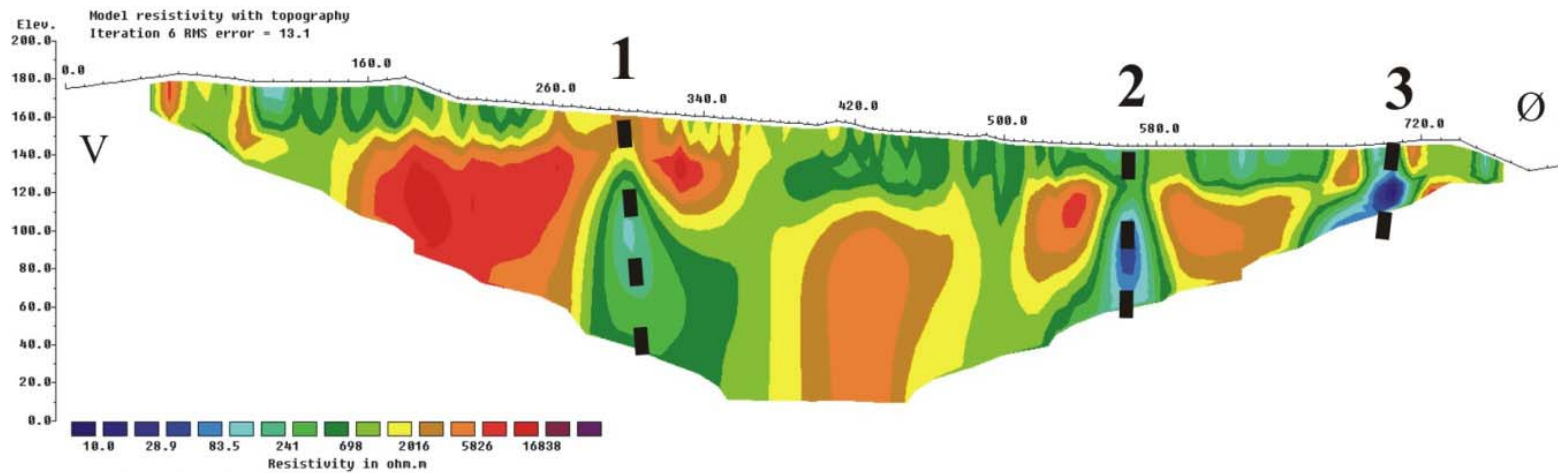
Måleresultatene er presentert i Figur 3 og Tabell 2. Resistivitetmålingene er fremstilt i Figur 3 med et fargeflott som gjenspeiler resistiviteten (det inverse av elektrisk ledningsevne i bergrunnen), hvor det er tatt hensyn til topografi. Fargeskalaen går fra lav resistivitet gitt i blått og grønt (10-500 Ωm) til høy resistivitet gitt i rødt (>5.000 Ωm). 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 sprekken og derved ustabile forhold (Rønning et al., 2009). En samlet oversikt over alle påviste soner er vist i Tabell 2. Her angis koordinater langs resistivetsprofilene, UTM-koordinater og sonenummer. I tillegg angis tolket fall og om det kan være sulfider eller andre mineraler som kan forklare lave resistivetsverdier.

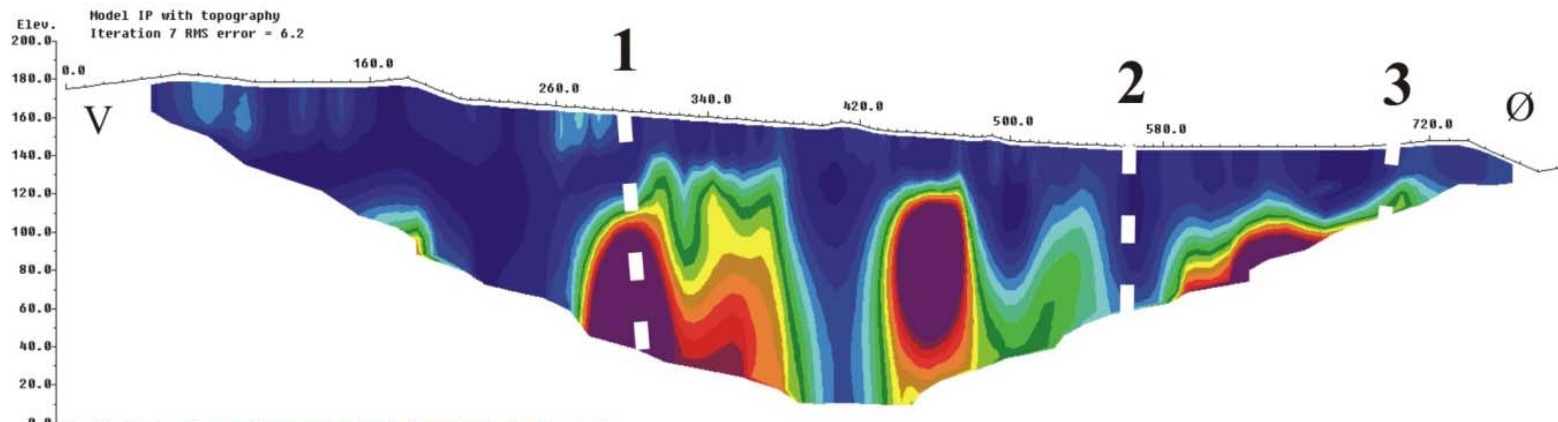
Tabell 1. Klassifisering av soner. Sonene er indikert ved hjelp av 2D resistivitet og er klassifisert i klasse 0-4 ut i fra dybde (A), bredde (B) og resistivitet (C) på sonen.

A - Dybde på sone	B - Bredde på sone	C - Resistivitet på sone	Klasse
		> 2000 ohmm	0
0-20 m	0-10 m	2000-1000 ohmm	1
20-40 m	10-20 m	1000-500 ohmm	2
40-60 m	20-40 m	500-200 ohmm	3
> 60 m	> 40 m	< 200 ohmm	4

V/H-filter = 2



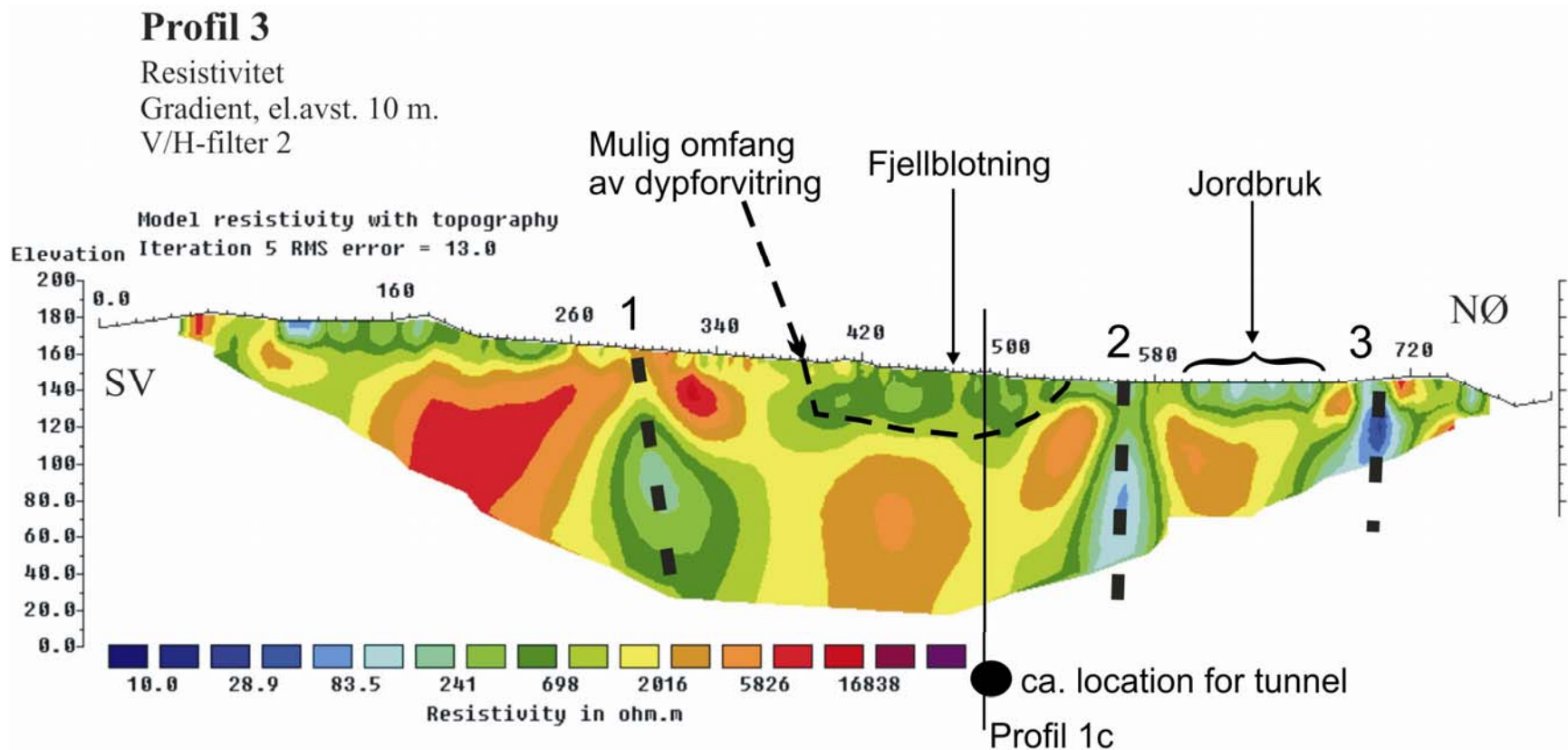
V/H-filter = 2



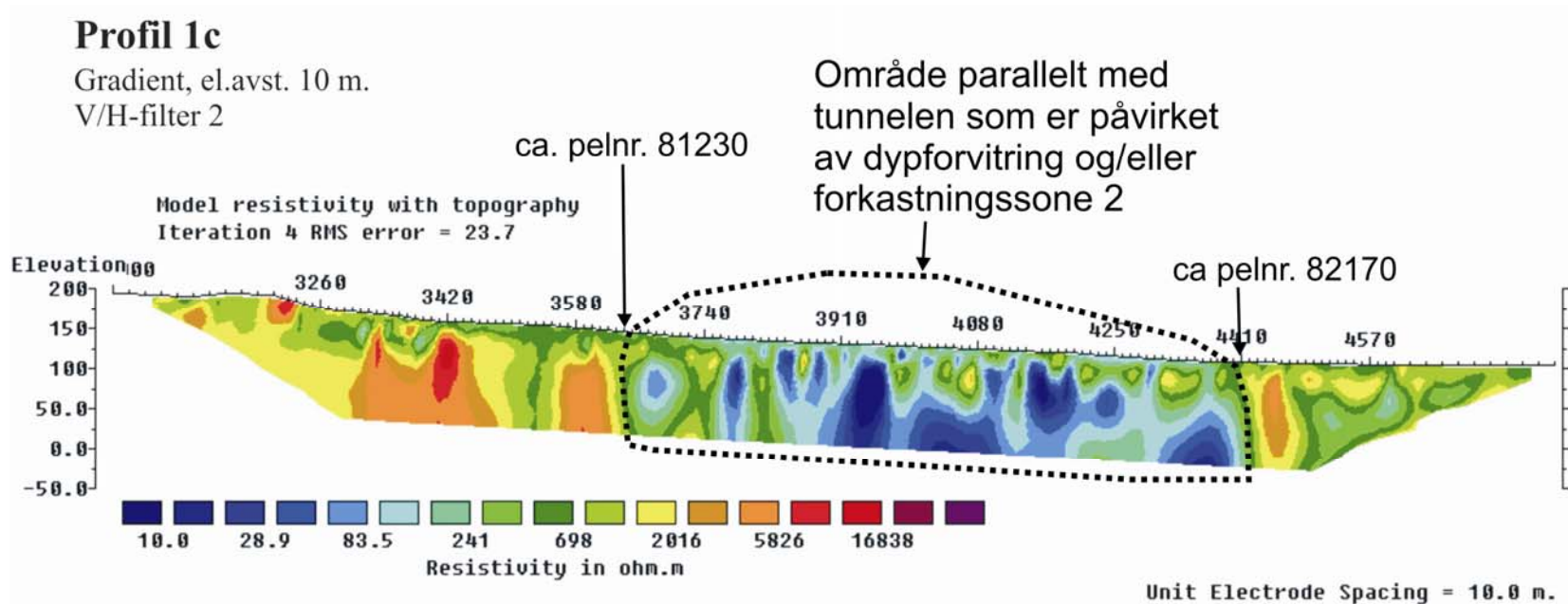
Figur 3. Profil 3, resistivitet øverst og IP nederst med tolkede svakhetssoner. Dataene er samlet inn med 10 meters elektrodeavstand og Gradient elektrodekonfigurasjon. Profil 3 er et tverrprofil som krysser profil 1 ved ca. 3550 eller pelnr. 81445 (Ganerød et al. 2009).

Tabell 2. Karakterisering av soner. 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 X WGS-84 UTM sone 32	Koordinat Y WGS-84 UTM sone 32	Fallretning	A Dybde	B Bredde	C Resistivitet	Kommentar
P 3 - 295	1	572042	6598492	≈ Steil mot øst	4	2	3	IP, mulig sulfider
P 3 - 565	2	572281	6598601	≈ Steil	4	1	4	
P 3 - 705	3	572395	6598666	≈ Steil mot vest	2 ?	2	4	Usikker pga liten dybderekkevidde



Figur 4. Tverrprofil 3 med tolkning. Tre svakhetssoner er påvist, indikert med nr. 1 til 3 hvor fall på sonene er vist. En sone som er ca. 150 m bred og ca. 50 m dyp er tolket til å være dypforvitring. Her er fjellblotninger observert i overflaten. Område med jordbruk er tegnet inn siden faktorer som gjødsling trolig vil gi utslag i målingene, som vist i profilet. Ca. krysningspunkt med profil 1c (Figur 5) er tegnet inn.



Figur 5. Profil 1c går langsetter tunneltraseen og krysser tverrprofil 3 ved ca. 470 m. I profil 1c er det et stort parti med veldig lave resistivitetsverdier, fra ca. 3640 til 4400 meter, som er trolig påvirket av sone med dypforvitring og/eller forkastningssone 2, som markert i Figur 4 og Figur 2.

5. SAMMENDRAG / KONKLUSJON

Målet med den oppfølgende undersøkelsen var å indikere og kartlegge utstrekningen til en påvist dypforvittringssone som følger tunneltraseen i ca. 900 m, fra ca. pelnr. 81230 til 82170. Resultatet av resistivitetsprofilen viser tre sub-parallelle soner som har NV-SØ retning, hvor den ene sonen har steilt fall mot øst (1) mens de to andre er steile (2 og 3). Tverrprofilen indikerer også en ca. 150 m bred og ca. 50 m dyp sone med lavere resistivitetsverdier, i et område hvor det er observert fjellblotninger, som er tolket til å være forvitret fjell (Figur 4). For å unngå forstyrrende teknisk anlegg ble ikke tverrprofilen plassert der dypforvittringssonen er påvist å være bredest på dypforvittringskartet (Figur 2). Derfor ble ikke maksimal bredde og dyp på sonen kartlagt.

Dypforvittringssonen samt de tre sonene (forkastninger) som går parallelt med tunneltraseen påvirker trolig fjellkvaliteten i stor grad. Resistivitetsprofil 1c som går langs tunneltraseen viser lave resistivitetsverdier i ca. 1000 m, med resistivitetsverdier under 100 ohmm (blå farge) som indikerer redusert fjellkvalitet (Figur 5). Det er høyst sannsynlig at disse sonene vil gi problemer under tunneldrivingen, med ustabil fjell og potensielt vannlekkasje fra ca. pelnr. 81230 til 82170.

Dette studiet bygger opp under flere andre studier med 2D resistivitet, hvor metoden er godt evnet til å kartlegge svake soner som sprekkesoner og/eller forkastninger, samt påvise områder / soner hvor dypforvittring forekommer.

6. REFERANSER

ABEM 1999. ABEM Terrameter SAS 4000/SAS 1000. Instruction Manual. ABEM Printed Matter 93101. ABEM, Sverige.

Bøe, R., Lutro, O og Nordgulen, N., 1999. Geologiske forhold langs jernbanetrasé Holm-Holmestrand-Nykirke. NGU rapport nr. 1999.037

Clark, D.A., 1997. Magnetic petrophysics and magnetic petrology: aids to geological interpretation of magnetic survey. AGSO Journal of Geology & Geophysics 17, 83-103.

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., 2010. Geofysisk logging av 4 borehull langs planlagt jernbanetunnel Holm-Holmestrand-Nykirke. NGU rapport 2010.032.

Ganerød, G.V., Dalsegg, E., Rønning, J.S., 2009. 2D resistivitetsmålinger langs den planlagte Holm-Holmestrand-Nykirke jernbanetunnel. NGU rapport 2009.068.

Grant, F.S., 1984. Aeromagnetics, geology and ore environments, I. Magnetite in igneous, sedimentary and metamorphic rocks: an overview. Geosurveying 23, 303-333.

Henkel, H. & Guzman, M., 1977. Magnetic features of fracture zones. Geosurveying 15, 173-181.

Loke, M.H. 2007. RES2INV ver. 3.56. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.

Olesen, O. 2006. Aktsomhetskart for tunnelplanlegging, sentrale Østland, geofysisk tolking av tropisk dypforvitring, Målestokk 1: 100.000. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.

Olesen, O., Dehls, J., Ebbing, J., & Lundin, E., 2007. Aeromagnetic mapping of deep-weathered fracture zones in the Oslo Region – a new tool for improved planning for tunnels. Norwegian Journal of Geology, Vol 87, pg 253-267.

Reiser, F., Dalsegg, E., Dahlin, T., Ganerød, G.V. og Rønning, J.S., 2009. Resistivity modelling of fracture zones and horizontal layers in bedrock. NGU rapport 2009.070.

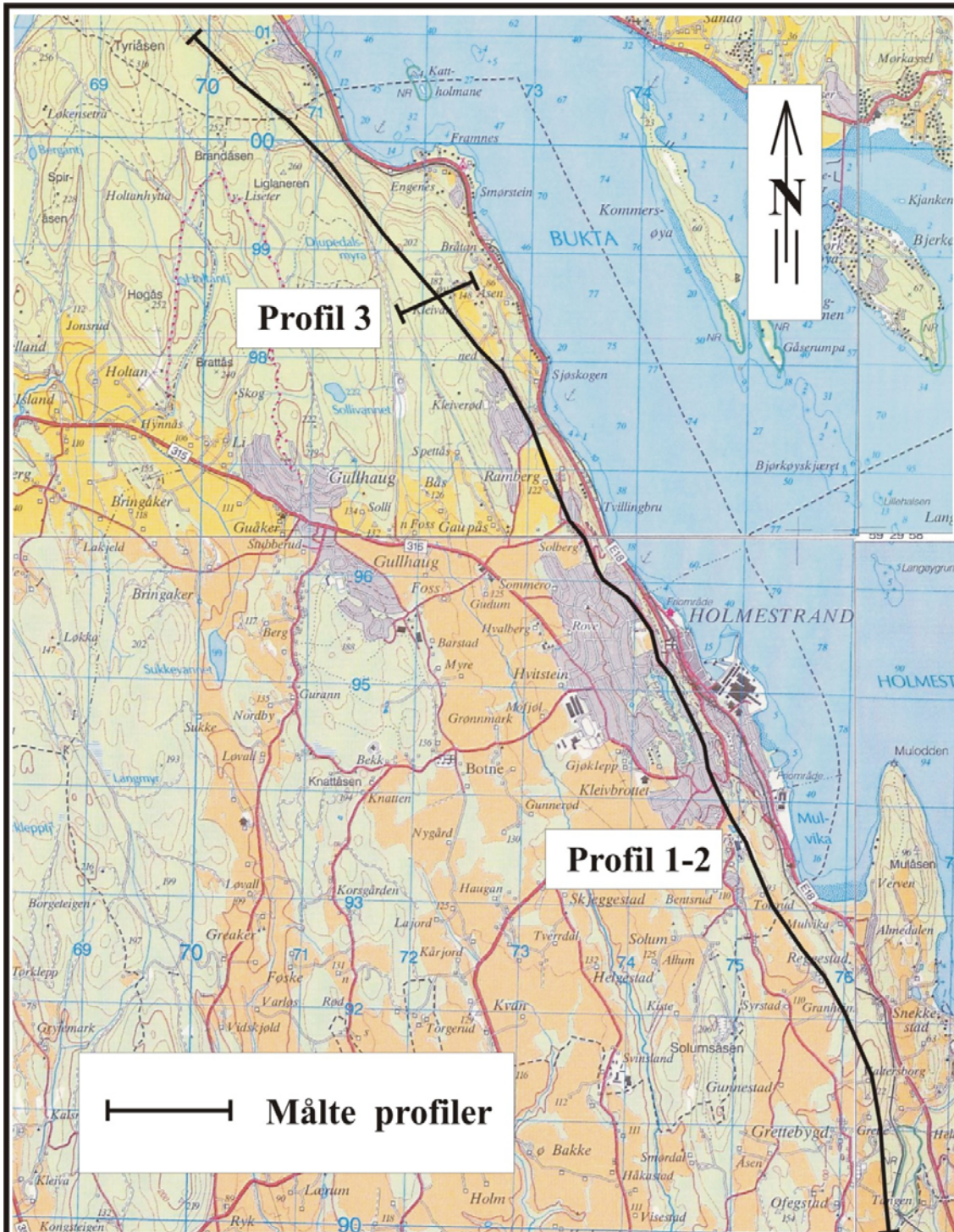
Rønning, J.S. 2003. Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Sluttrapport delprosjekt A, Forundersøkelser. Statens vegvesen, Publikasjon nr. 102.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Storrø, G. 2003. Characterization of fracture zones in bedrock using 2D resistivity. 9th EGS 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)

Tabell 3. GPS-posisjoner for profilet.

Koordinat X WGS-84 UTMsone 32	Koordinat Y WGS-84 UTMsone 32	Profil	Koordinat
571766	6598414	P3	0
571953	6598468		200
572140	6598519		400
572311	6598618		600



—|— Målte profiler

NGU OVERSIKTSKART HOLMESTRAND HOLMESTRAND, VESTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT E.D.	2009 og 2010
	1 : 50 000	TEGN E.D.	Jan. 2011
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2011.005-01	KARTBLAD NR 1813 IV/1814 III	