

Detaljprosjektering sikringstiltak - Lia mellom veg 228 og 230

GEOFYSISK KARTLEGGING AV PERMAFROST OG
DYBDE TIL BERG VED HJELP AV ERT OG
GEORADAR

DOK.NR. 20170299-03-R
REV.NR. 0 / 2017-12-14

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Prosjekt

Prosjekttittel: Detaljprosjektering sikringstiltak - Lia mellom veg 228 og 230
Dokumenttittel: Geofysisk kartlegging av permafrost og dybde til berg ved hjelp av ERT og Georadar
Dokumentnr.: 20170299-03-R
Dato: 2017-12-14
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Kontaktperson: Stian Bue Kanstad
Kontraktreferanse: Kontrakt dato 2017-05-02 (Sign. NGI)

for NGI

Prosjektleder: Ulrik Domaas
Utarbeidet av: Jürgen Scheibz, Isiris Heidi Haugen
Kontrollert av: Kjersti Gisnås, Asgeir Kydland Lysdahl, Regula Frauenfelder

Sammendrag

Det er utført Elektroresistivitets tomografi (ERT) og Georadar-målinger (GPR) i Lia ovenfor Longyearbyen for å kartlegge romlig fordeling av dybde til toppen av permafrost og dybde til berg, som er nødvendig informasjon for prosjektering og planlegging av installasjoner i området. Undersøkelser er utført i mens tinedybden var på det maksimale, og borehulldata er inkludert i tolkningen av de geofysiske resultatene.

Samtlige ERT-profiler viser et relativt konstant topplag på 1,5–3,5 m dybde med lav resistivitet. Dette laget tolkes å være det aktive laget, altså dybde til toppen av permafrost. Tolkningen stemmer generelt godt overens med laggrenser observert i boredata, som viser aktivt lag dybder på 1,5–1,6 m, og en varierende dybde til berg på 2–8 m. Boredataene viser også at det er flere overganger mellom mer og mindre porøst fjell, og ikke en absolutt grense til berg.

Innhold

1	Innledning	5
2	Undersøkelse	6
2.1	Undersøkelsens omfang	6
2.2	Datainnsamling og analyse	6
3	Resultater og tolkning	10
3.1	Resultater ERT	10
3.2	Resultater GPR	10
3.3	Tolkning	10
4	Oppsummering	14
5	Referanser	14

Vedlegg

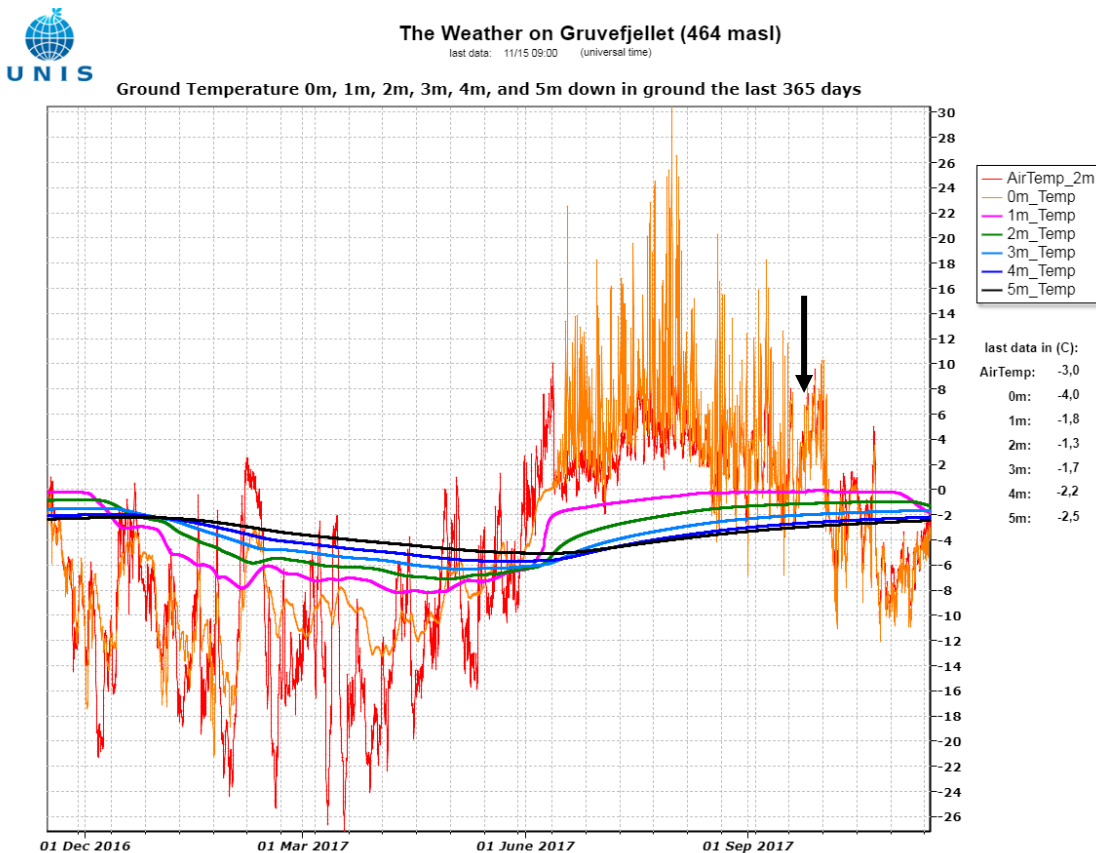
Vedlegg A	ERT- profiler
Vedlegg B	GPR-profiler
Vedlegg C	Punktliste for laggrense
Vedlegg D	Metodebeskrivelser

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med prosjektering av sikringstiltak mot snøskred i Lia over Longyearbyen er NGI engasjert av NVE for å utføre geofysiske målinger av grunnforholdene i området som skal vurderes sikret. Longyearbyen ligger i et område med kontinuerlig permafrost, dvs. bakken er frosset hele året. De øverste ca. 1–2 m i grunnen tiner hver sommer, og dybden på dette aktive laget er viktig å kjenne for å forstå drenering, massebevegelser i skråninger og generell stabilitet. Viktige parametere som påvirker dybden på det aktive laget er lokale variasjoner i snødybde og type bakkemateriale. Lia er dominert av solifluksjon (kryp av bakkemateriale grunnet tine/fryseprosesser), og dybde til berg er derfor antatt å kunne variere vesentlig. Hensikten med de geofysiske målingene er derfor å kartlegge romlig fordeling av dybde på det aktive laget og dybde til berg, som er nødvendig informasjon for prosjektering og planlegging av installasjoner i området.

Målingene er utført mellom 12. og 19. september 2017, som sammenfalt med tidspunkt for maksimal tinedybde i nærmeste borehull med temperaturobservasjoner på Gruvefjellet (Figur 1). Videre er data innhentet fra totalsonderinger utført mellom 2. og 9. oktober 2017 inkludert i tolkningen av de geofysiske resultatene.



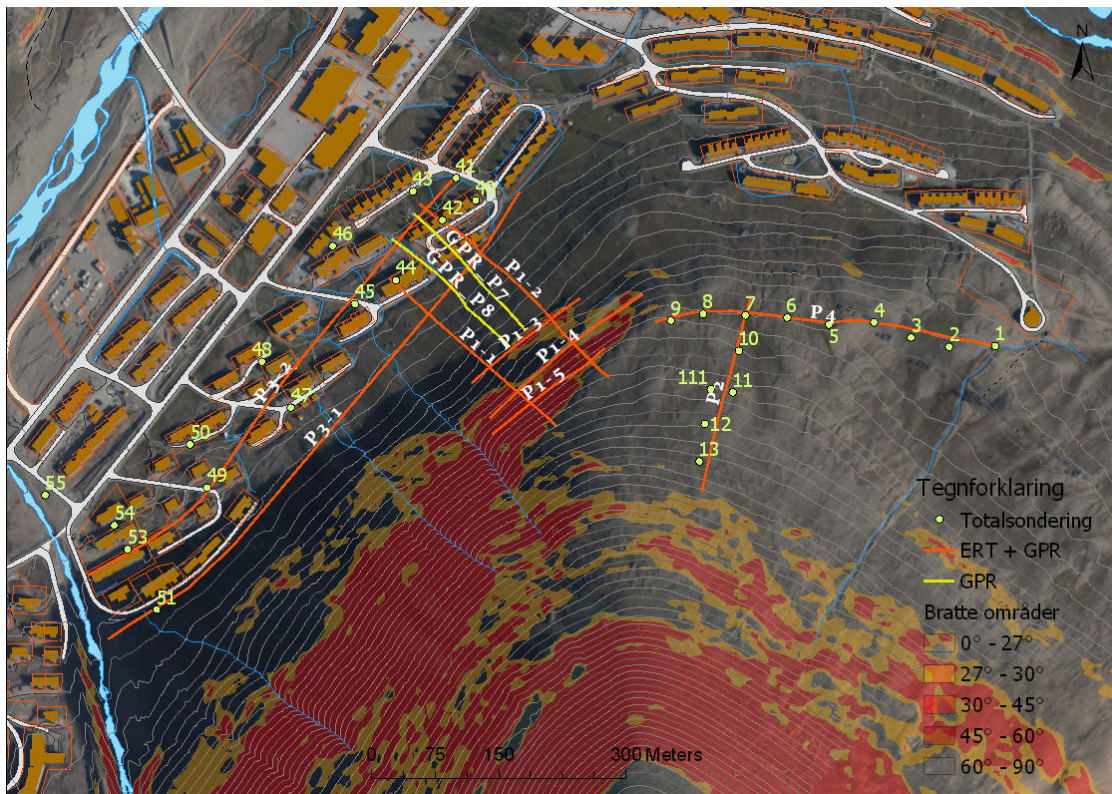
Figur 1: Bakketemperaturer observert i borehullet på Gruvefjellet (464 moh). Tidspunkt for geofysisk feltkampanje er indikert med svart pil.

2 Undersøkelse

2.1 Undersøkelsens omfang

Ni ERT-profiler (Elektroresistivitets tomografi) og elleve GPR-linjer (Ground penetrating radar) er utført i Lia som vist på kartet i Figur 2. Undersøkelsene ble utført av Jürgen Scheibz og Kjersti Gisnås i tidsrommet 12. til 19. september 2017.

Undersøkelsesdybden for ERT og GPR-målingene er begrenset til om lag henholdsvis 35 og 2 m. I tillegg er undersøkelsesdybden i enden av hvert ERT-profil begrenset som følge av måten strømmen fordeler seg i grunnen på.



Figur 2: Oversikt over undersøkelsesområde.

2.2 Datainnsamling og analyse

Det er viktig å bruke korrekte topografidata for at den geofysiske dataanalysen skal bli så korrekt som mulig. Posisjonene av alle geofysiske målinger ble målt inn med en DGPS. Profilenes start- og sluttkoordinater, sammen med innstillinger spesifikke for ERT og GPR, er listet opp i Tabell 1.

Tabell 1: Start- og sluttkoordinater for samtlige linjer

Linje	Lengde ERT (m)	Lengde GPR (m)	ERT elektrode-avstand (m)	GPR-frekvens (MHz)	Start x (UTM 33N)	Start y (UTM 33N)	Slutt x (UTM 33N)	Slutt y (UTM 33N)
P 1-1	280	220	2	100	514842.09	8682448.78	514648.65	8682620.53
P 1-2	276	330	3	100, 400	514905.15	8682506.01	514683.26	8682709.04
P 1-3	160	220	2	100	514745.21	8682499.25	514870.81	8682597.29
P 1-4	230	220	2	100	514944.90	8682602.33	514766.31	8682457.53
P 1-5	160	160	2	100	514899.67	8682538.31	514769.36	8682438.78
P 2	230	230	2	100, 400	515072.72	8682597.23	515015.63	8682370.18
P 3-1	720	720	3	400	514800.00	8682722.80	514316.50	8682196.86
P 3-2	648	720	3	100, 400	514724.49	8682741.09	514293.37	8682272.62
P 4	400	360	2	100, 400	515360.25	8682542.37	514961.86	8682570.89
GPR7	-	180	-	100, 400	514805.50	8682562.75	514677.44	8682696.69
GPR8	-	182	-	100, 400	514787.42	8682543.27	514651.29	8682667.13

2.2.1 ERT

Et ABEM Terrameter LS 2 (ABEM, 2011) med innsamlingsprotokoll Gradient XL 4x21 ble benyttet til ERT-målingene (Figur 3). Kilden har generert strøm og elektrisk spenning med verdier opp til 2000 mA og 600 V. Stacking på 2–4 er blitt benyttet for å redusere signalets standardavvik til under 1 %.



Figur 3: ERT-målinger.

ERT-dataene ble prosessert og invertert i programvaren Res2DInv (Res2dinvx64 ver. 4.06.23, 2017), hvor følgende operasjoner ble anvendt:

- ↗ Manuell editering av negative resistiviteter og utenforliggende datapunkter
- ↗ Topografikorreksjon fra terrengmodell
- ↗ Modell med cellestørrelse lik halvparten av elektrodeavstanden
- ↗ Robust datainversjon (legger mindre vekt på datapunkter med høye standardavvik)
- ↗ Robust datamodell (tillater større overganger i resistivitetsverdier)

Endelig produkt er et todimensjonalt profilsnitt som tar hensyn til *depth of investigation (DOI)*, et uttrykk som referer til den dybden hvor innsamlet geofysisk data ikke lenger gjengir undergrunnens fysiske forhold. Disse dybdene vises som transparente områder i resistivetsfigurene.

Det er kun estimert en konstant standardavvik ved inversjonen, og de faktiske standardavvikene registrert under måling er ikke benyttet. Det er spesielt for høye residualverdier det er viktig å benytte målte standardavvik. Når dette ikke benyttes har modellenes DOI en tendens til å bli overdrevet.

2.2.2 GPR

Et GSSI-SIR 4000 instrument (GSSI, 2015) med antennefrekvens på henholdsvis 100 MHz og 400 MHz ble benyttet til GPR-målinger. GPR-profiler ble målt langs de samme linjene som ERT, og i tillegg ble enda to linjer målt (P7 og P8, jf. Figur 2). Det var delvis ikke mulig å måle nedover lia med den lavfrekvente antenna på grunn av bratt helning, enkelte steder var denne opp mot 50°. Noen av profilene ble derfor målt oppover. Det er viktig at antennen ligger så tett som mulig inntil bakken slik at bidrag fra terrengrefleksjonen blir så små så mulig. Dette var det vanskelig å oppnå i deler av undersøkelsesområdet hvor profilene gikk over områder med grovt blokkmateriale, og førte til forminskert signalstyrke og mye støy på dataene i disse områdene. Figur 4 gir et inntrykk av forhold i felt under måling.



Figur 4: GPR målinger med 100 MHz antenne.

Rådataene ble prosessert med programvaren REFLEXW (Sandmeier, 2017). Følgende innstillinger ble brukt i prosesseringen.

- ↗ Fjerning av automatisk gain (forsterkning av signalet) lagt til av instrumentet
- ↗ Flytte starttiden for hver måling
- ↗ Fjerning av bakgrunnsstøy (dewow)
- ↗ Bandpassfilter
- ↗ Kompensering for spredning av signalet (divergence compensation)
- ↗ "Subtract average" for å redusere effekten av den direkte bølgen
- ↗ Midling av xy (spor og samples) for å glatte signalet (average xy)
- ↗ Topografisk korreksjon

Det ble brukt en gjennomsnittlig hastighet på 0,09 m/ns for å konvertere toveis gangtid av radarsignalet til dybde. Denne verdien ble funnet ved å tilpasse hyperbler i radargrammene. Lokale avvik av denne hastigheten og dermed av de oppgitte dybdeverdiene kan forekomme på grunn av heterogent materiale i bakken.

3 Resultater og tolkning

3.1 Resultater ERT

ERT-resultatene er presentert i sin helhet i vedlegg A1–A3. Figurene viser resistivitetsfordelingen i bakken sammen med grenser funnet ved totalsondering. Sonderingene viser utstrekningen av ikke-frosne sedimenter (aktivt lag), frosne sedimenter (permafrost) og overgang til berg. Søylene på overflaten er angitt ved identifikasjonsnummer, samt avstand mellom borehull og profilinje, hvor avstanden er oppgitt i meter og står i parentes.

Lav resistivitet er angitt med blå farger, mens rødt viser områder med høy resistivitet (for en oversikt over typiske resistivitetsverdier se Figur 4). I dette tilfellet er det hovedsakelig fire parametere som er antatt å innvirke på målte verdier:

- 1) Is har svært høye resistivitetsverdier sammenlignet med flytende vann.
- 2) Metningsgrad (vanninnhold) og leirinnhold reduserer grunnens resistivitet.
- 3) Kornstørrelse og mineralogi har en innvirkning ved at finere kornstørrelse og uforvitrede masser som regel fører til høyere resistivitetsverdier.
- 4) Saltfattig og isrik permafrost vil generere høye resistivitetsverdier.

Datakvaliteten for ERT er bra, noe som kommer frem av lav modellusikkerhet angitt som residual i inversjonsresultatene. Penstrasjonsdybden avhenger av profillengde og elektrodeavstand, og ligger på 30–40 m for samtlige profiler. Vertikal oppløsning i øverste lag er ca. 1 m for profiler med elektrodeavstand 2 m, og ca. 1,5 m for profiler med elektrodeavstand 3 m.

3.2 Resultater GPR

GPR-profilene er vist i Vedlegg B. Figurene viser det reflekterte signalets amplitude.

På grunn av leirholdig materiale i bakken penetrerer 400 MHz antennen bare 1–1,5 m dypt, og datakvaliteten er ellers dårlig. Derfor er det ikke mulig å lese grenseflater ut av disse dataene alene, og de ble brukt som tilleggsinformasjon til tolkningen som i utgangspunktet baserer seg på ERT-data. Der det var mulig å tolke enten dybde til toppen av permafrost og/eller dybde til berg ble den tilsvarende horisonten hentet ut av GPR-dataene og sammenlignet med ERT-data. Det er hovedsakelig brukt data fra 100 MHz antennen, men for noen profiler ble det også brukt data fra 400 MHz antennen.

3.3 Tolkning

Resistivitetsfordelingen i de målte profilene kjennetegnes i stor grad av et elektrisk ledende lag (verdier mellom 100 og 700 Ωm) i øvre del, og et betydelig mindre ledende (mer resistivt) lag i dybden med verdier fra 1000 til 10 000 Ωm . Overgang fra tinte

løsmasser til permafrost og overgang til berg er kartlagt i ved hjelp av totalsonderinger i flere deler av området, hovedsakelig langs profil P2, P4 og P3-2 (plottet med gult i Figur 2).

I ERT-profil P2 og P4 (Figur 7) sammenfaller dybden på det elektrisk ledende laget i stor grad med dybde til toppen av permafrost i boringene. Ved profil P3-2 indikerer flere av boringene overgang til berg eller betydelig grovere masser på rundt 3–4 m, mens dybde til toppen av permafrost varierer fra 1,5 til 2 m. Grenseflaten mellom de to lagene i ERT-dataene tolkes derfor som overgang fra det aktive laget til permafrost. Det må likevel understrekes at overgang til berg vil ha mye av den samme signaturen i ERT-dataene som overgangen til permafrost. F.eks. viser boring 42 i nordvestlig ende av profil P1-2 dybde til fjell på 2 m, og ingen grense til permafrost. Ut i fra kun denne referansen kan den observerte grensen også være grense til berg. Utvalgte GPR-reflektorer er plottet der det er tolket grenseflater i ERT-dataene. Tolkningen er eksportert som en xyz-fil og er skrevet ut i Vedlegg C.

Generelt kan det sies at resistivitetsfordelingen i den nederste delen av ERT-profilene ikke er pålitelig, fordi målte standardavvik ikke er benyttet i inversjonen. Dette arter seg ofte som lommer med høye eller lave verdier inntil hverandre, eller som vertikale seksjoner ned mot bunnen av profilet. Overgang mellom sedimenter og berg kommer ikke tydelig frem i ERT data og er derfor ikke tolket her.

Berget i området er til dels sterkt forvitret sandstein, og bergets resistivitetsverdi antas å ikke ligge spesielt mye høyere enn 1000 Ωm . Der resistivitetsverdiene er svært mye høyere tyder dette på stort isinnhold i grunnen, slik det kan sees i profilene i dalbunnen (P3-1, P3-2 og nederste del av P1-1 og P1-2).

Enkelte steder (f.eks. i profil P1-3) sees lokalt avgrensede høy-resistive anomalier i topplaget, som kan skyldes grovere materiale i overflaten, lokal frossen grunn eller svært ulike overgangsmotstander der elektrodene er installert.

Tykkelsen på det elektrisk ledende, aktive laget varierer fra 1,5 til 3 m i alle profilene, bortsett i sørvestre ende av profil P1-4 (160–220 m), P1-5 (80–160 m) og i sørøstre ende av profil P1-1 der tykkelsen til dette laget øker til opptil 13 m. Figur 5 visualiserer deler av P1-1 og P1-5 samt P1-4 i 3D, og illustrerer sammenfallende grenser der hvor profilene P1-5 og P1-1 krysser. Man ser at det lavresistive topplaget er lokalt dypere i kryssningspunktet mellom profilene P1-1 og P1-5. Selv om det er urealistisk at det aktive laget rekker så dypt som 13 m, er det mulig at det er en god del tykkere i dette området. Det går et tydelig dreneringsløp i lia her, og det er mulig at bakkematerialene er mer drenert i denne delen.

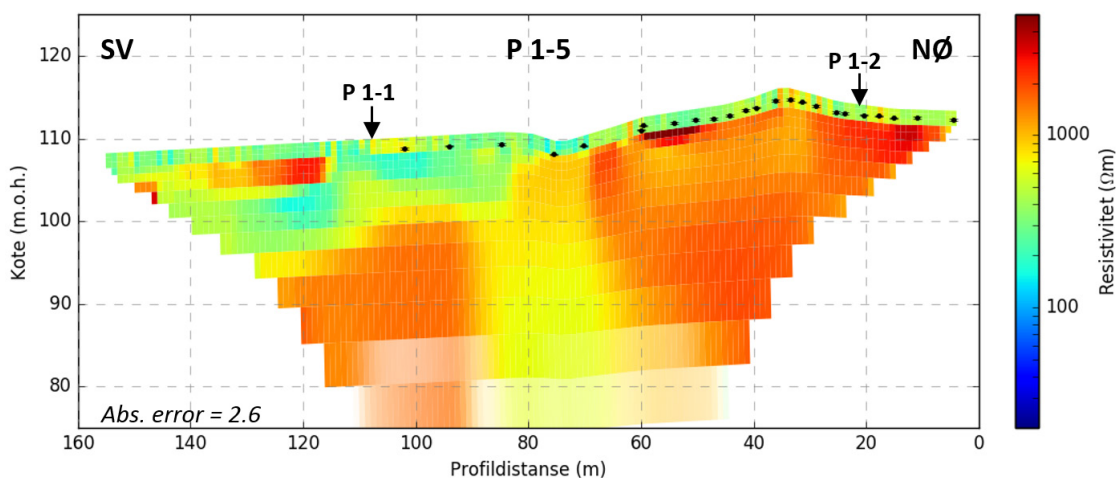
I det øverste sjiktet ligger det også en lomme med noe høyere resistivitetsverdier (synlig bl.a. fra 120 til 140 m i profil P1-5; Figur 5). Dette laget kan tolkes som et lokalt islag i det aktive laget. På omtrent 15 m dyp er det en tydelig overgang til lavere resistivitet, og denne overgangen kan tolkes som overgang til fastere og mindre oppsprukket fjell med

lavere isinnhold. Alternativt kan overgangen fra lave til høyere verdier i dette området representere overgangen fra løsmasser til berg.

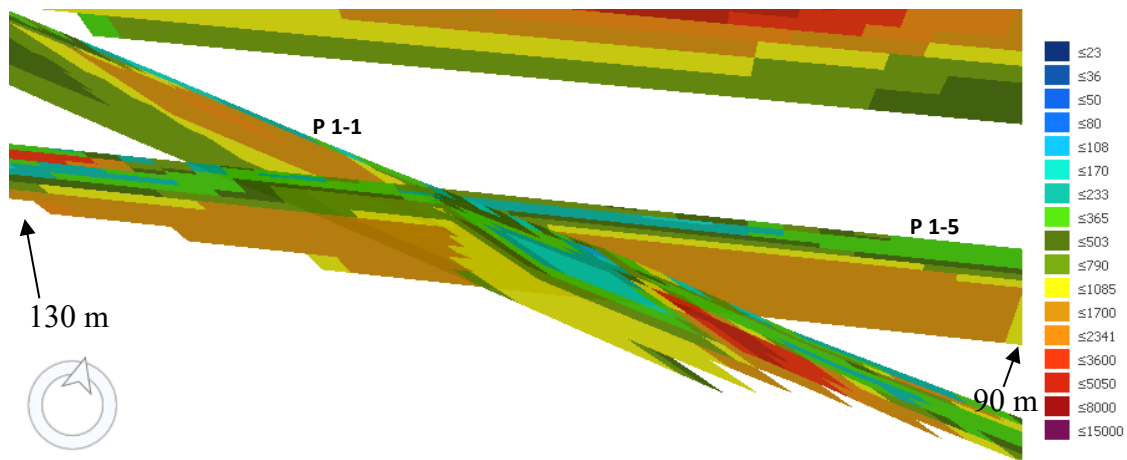
I Lia og spesielt fra 110–220 m i profil P1-2 er grensen mellom ledende og mer resistive masser mindre tydelig, og verdiene i dybden er i gjennomsnitt lavere. Dette kan tyde på dypere tinedybde, eller eventuelt masser med lavere isinnhold i bakken i denne delen av fjellsiden. For å endelig bestemme dette er det nødvendig med en referanseboring i det aktuelle området.

I profil P3-2 ser man flere lokale anomalier av lav resistivitet langs hele profilet, for eksempel rundt 360 m og 290 m. Disse skyldes infrastruktur (rør og lignende) i bakken da dette profilet krysser bebyggelse.

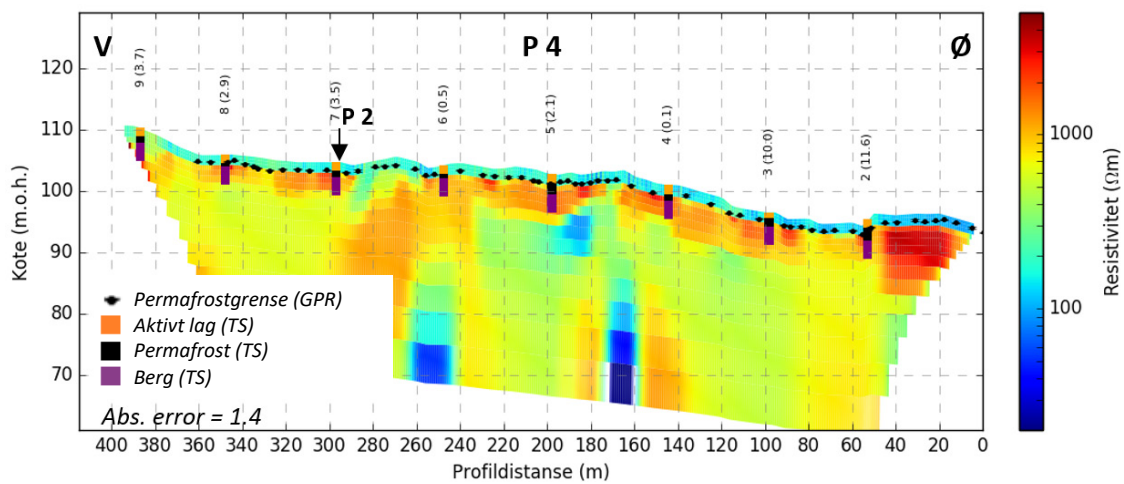
Borprofiler er hentet ut fra dybder ned til seks meter (SINTEF 2017). Tilhørende kornfordelings-kurver viser at masseprosenten varierer mellom en jevn fordeling og overvekt av for eksempel grov sand/fin grus. Disse variasjonene er ikke synlige på resistivetsprofilene, hvor verdien på tilsvarende dybder ligger mellom 100–250 Ωm . Det finnes ikke prøvetakninger fra overflateområder med resistiviteter høyere enn 250 Ωm .



Figur 5: Resistivetsverdier fra ERT-profil P1-5 med grenselag fra GPR tolket som grense til permafrost (svarte prikker).



Figur 6: 3D-visualisering av krysningspunkt mellom P1-1 og P1-5. Figuren viser P1-5 fra ca. 90–130 m.



Figur 7: Resistivitetsverdier fra ERT-profil P4 med grenselag fra GPR tolket som grense til permafrost (svarte prikker). Observerte dybder på aktivt lag og til berg fra borerer er illustrert i oransje, svarte og lilla farger.

4 Oppsummering

Grunnforholdene i Lia opp mot Sukkertoppen i Longyearbyen er studert basert på ERT og GPR-målinger med 100 og 400 MHz antenner utført under en feltkampanje i september 2017. ERT-dataene er av god kvalitet, mens GPR-dataene har mere støy på grunn av grovt materiale på overflaten.

Samtlige ERT-profiler viser et relativt konstant topplag med lav resistivitet. Dette laget er fra 1,5 til 3,5 m dypt. Dette avviker i sørvestlig del av P1-4 og P1-5 samt i øvre del av P1-1. I disse områdene er det lavresistive laget mye dypere, og strekker seg ned til 9-13 m. Selv om det er urealistisk at det aktive laget rekker så dypt som 13 m, er det mulig at det er dypere i dette området. Det går et tydelig dreneringsløp i lia sør for dette området, og det er mulig at bakkematerialene er mer drenert i denne delen og at resistiviteten derfor er lavere.

Under det lavresistive laget er det et lag med høyere, men variabel resistivitet, enkelte steder opp mot 10 000 Ω m.

Horisonter fra GPR-målingene med 100 MHz-antennen er brukt til å følge bunnen av det aktive laget tolket fra ERT-dataene.

De geofysiske resultater sammenfaller med laggrenser observert i boredata, som viser aktivt lag dybder på 1,5–1,6 m, og en varierende dybde til berg på 2–8 m. Boredataene viser også at det er flere overganger mellom mer og mindre porøst fjell, og ikke en absolutt grense til berg.

5 Referanser

ABEM. (2011). Terrameter LS, Instructions Manual. Hentet fra [http://abem.se/files/upload/User Guide Terrameter LS 1.7.pdf](http://abem.se/files/upload/User%20Guide%20Terrameter%20LS%201.7.pdf)

GSSI. (2015). SIR 4000, Rugged, High-Performance Digital and Analog GPR Controller. Hentet fra <http://www.geophysical.com/Documentation/Brochures/GSSI-SIR4000Brochure.pdf>

Res2dinvx64 ver. 4.06.23. (2017). Hentet fra <http://geotomosoft.com/>

Sandmeier, s. g. (2017). ReflexW ver. 8.2. Hentet fra <http://sandmeier-geo.de/>

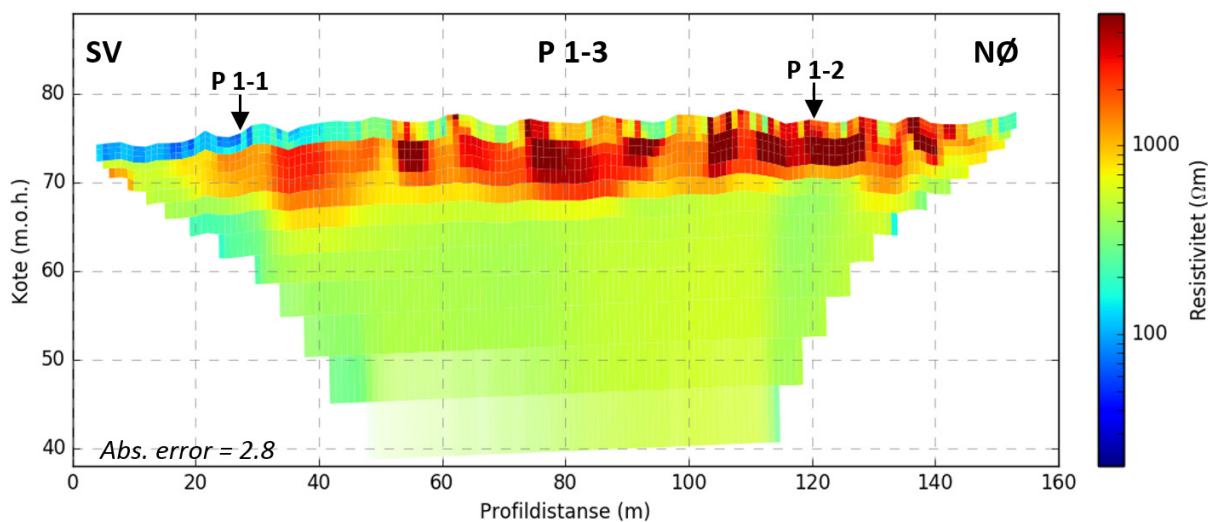
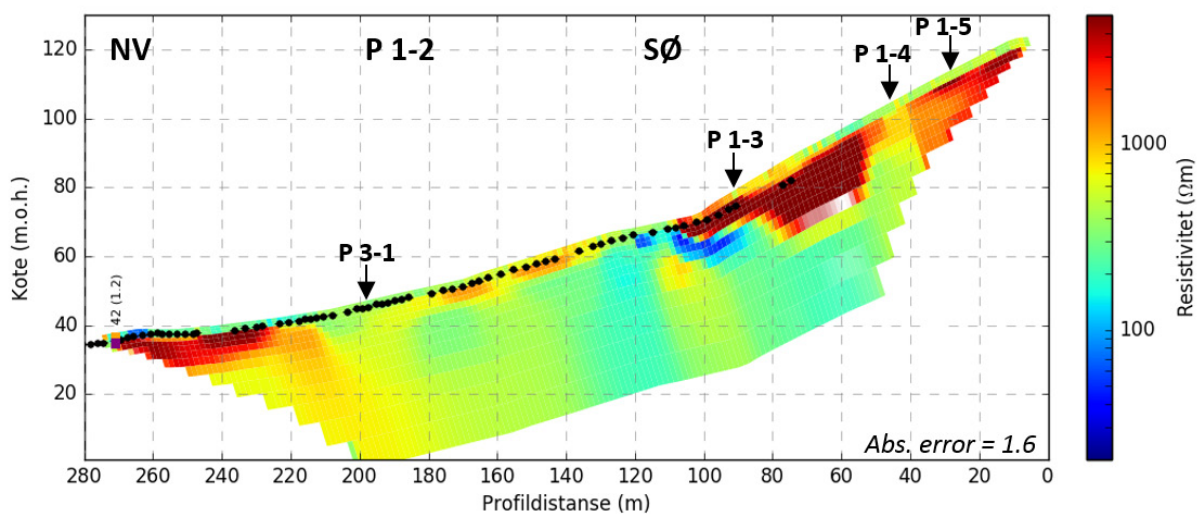
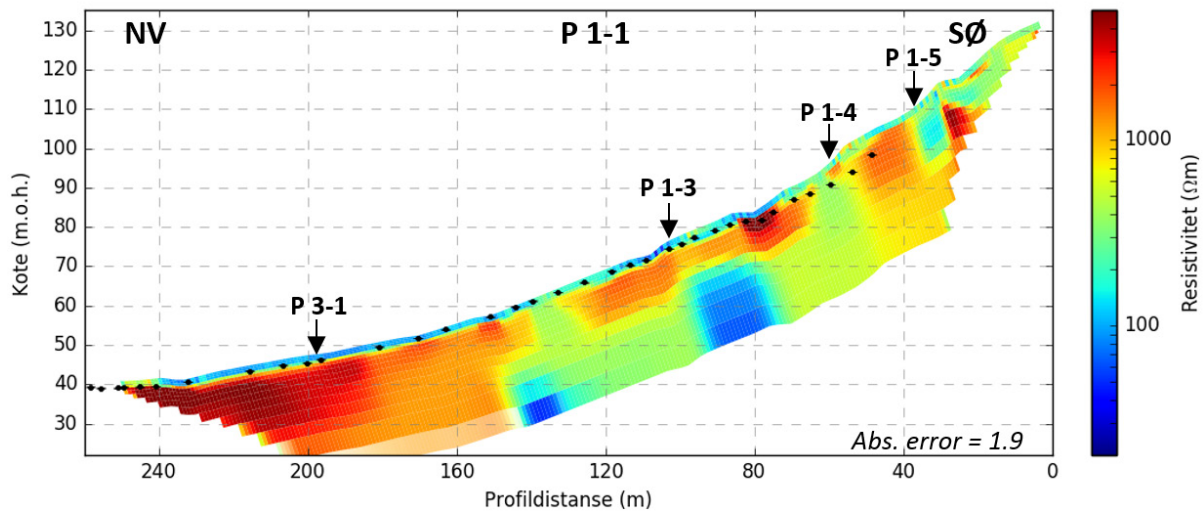
SINTEF (2017). Snøsamleskjerm og dreneringskanal ovenfor spisshusene i Longyearbyen. Feltrapport - Grunnundersøkelser. Rapport no 2017:00607.

Vedlegg A

ERT- PROFILER

Innhold

A1	ERT-profiler	2
A1.1	ERT-profil P1-1, P1-2 og P1-3	2
A1.2	ERT-profil P1-4, P1-5 og P2	3
A1.3	ERT-profil P3-1, P3-2 og P4	4



Detaljprosjektering sikringstiltak Lia - Geofysisk kartlegging

ERT-profil P1-1, P1-2 og P1-3

◆ Permafrostgrense (GPR)

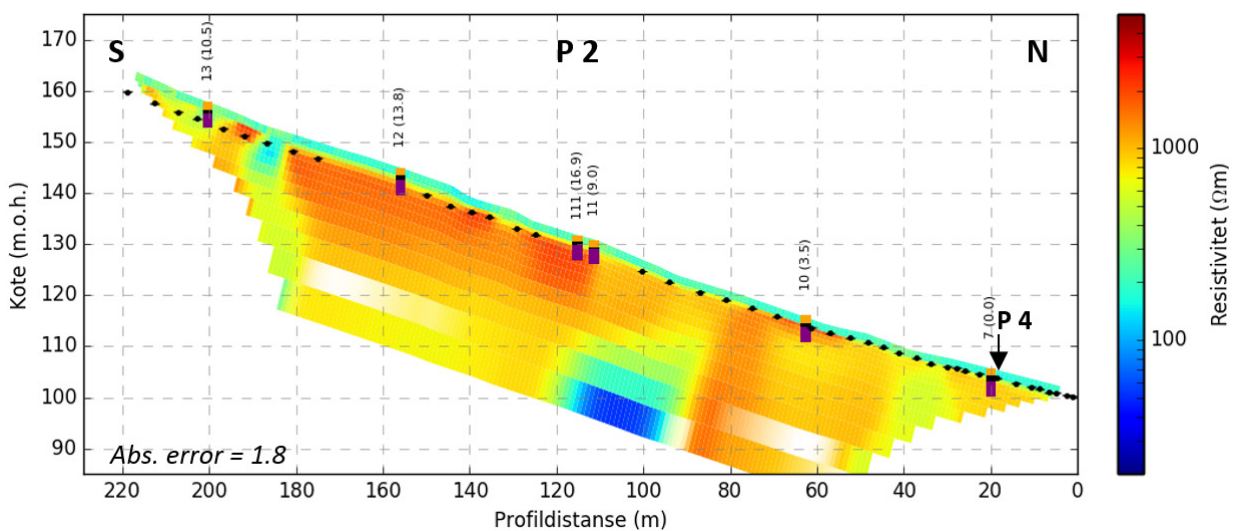
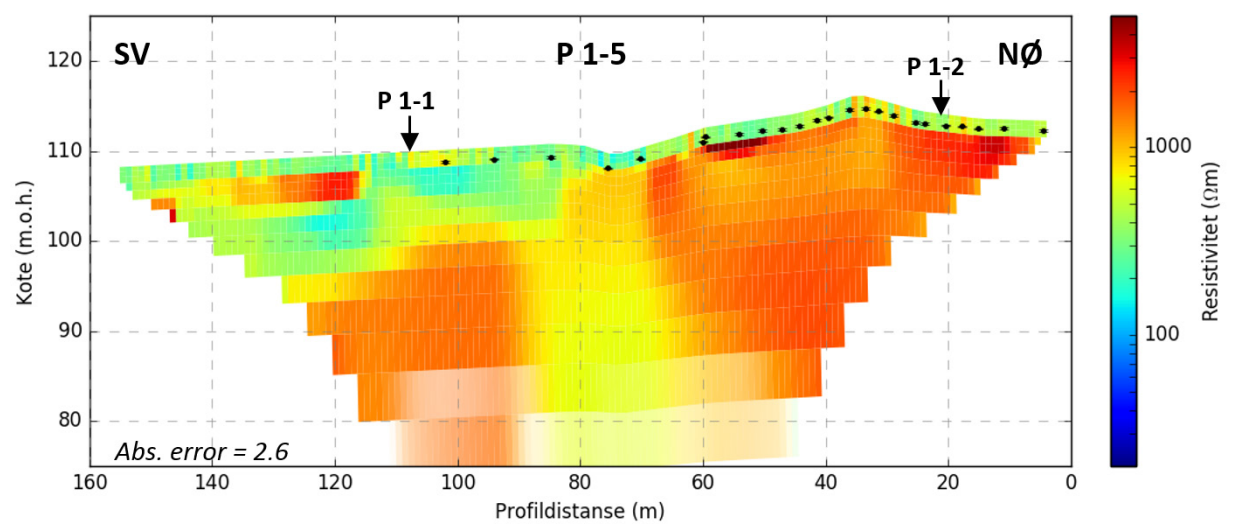
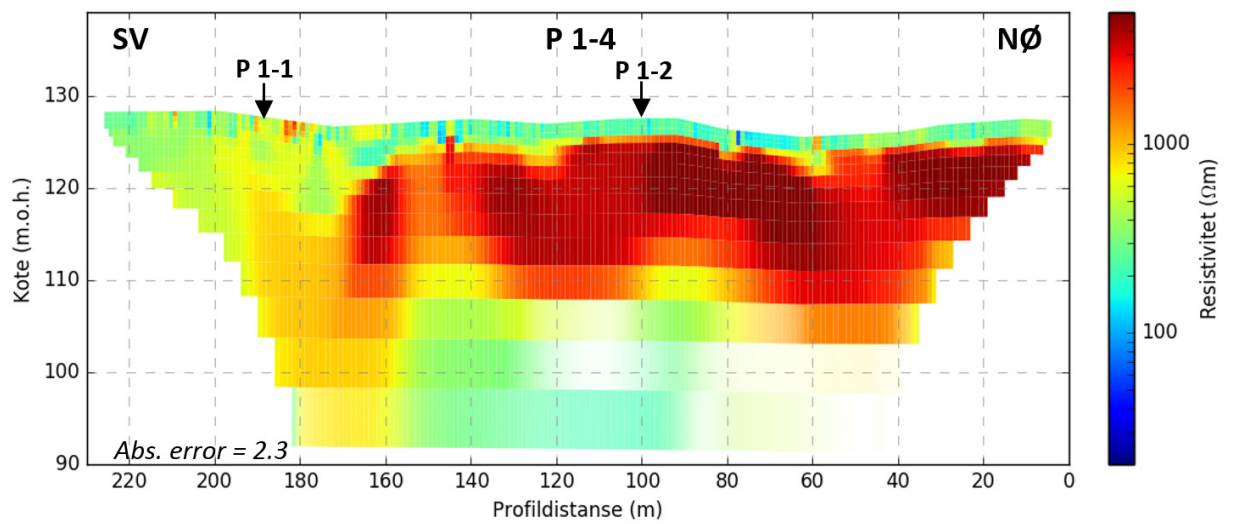
Dokumentnr.
20170299-01-R

Figurnr.
A1

Dato
12.11.2017

Tegnet av
IHH





Detaljprosjektering sikringstiltak Lia - Geofysisk kartlegging

ERT-profil P1-4, P1-5 og P2

- ◆ Permafrostgrense (GPR)
- Aktivt lag (TS)
- Permafrost i sediment (TS)
- Berg (TS)

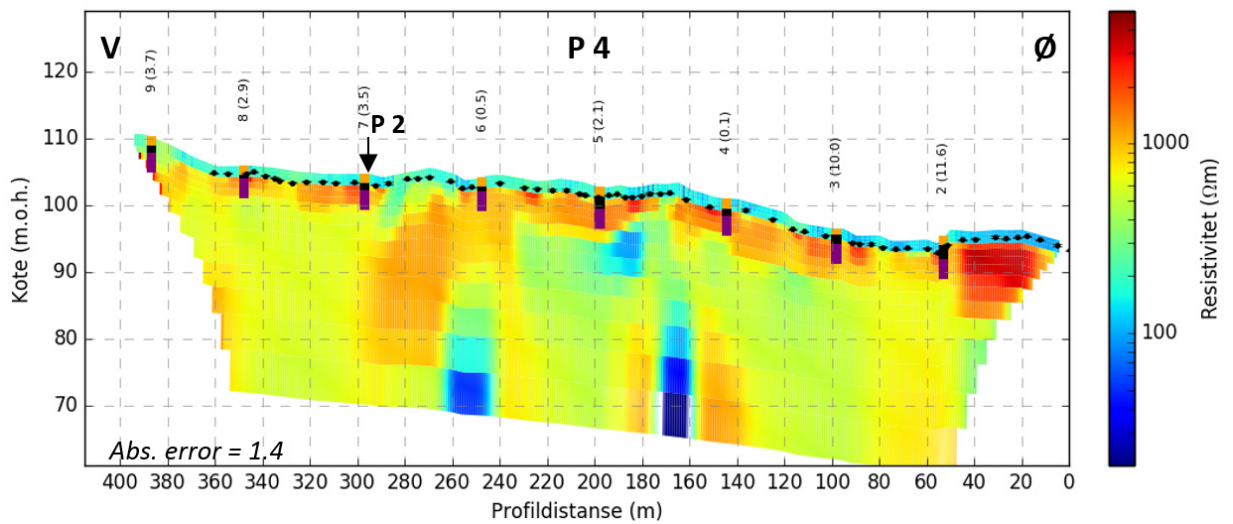
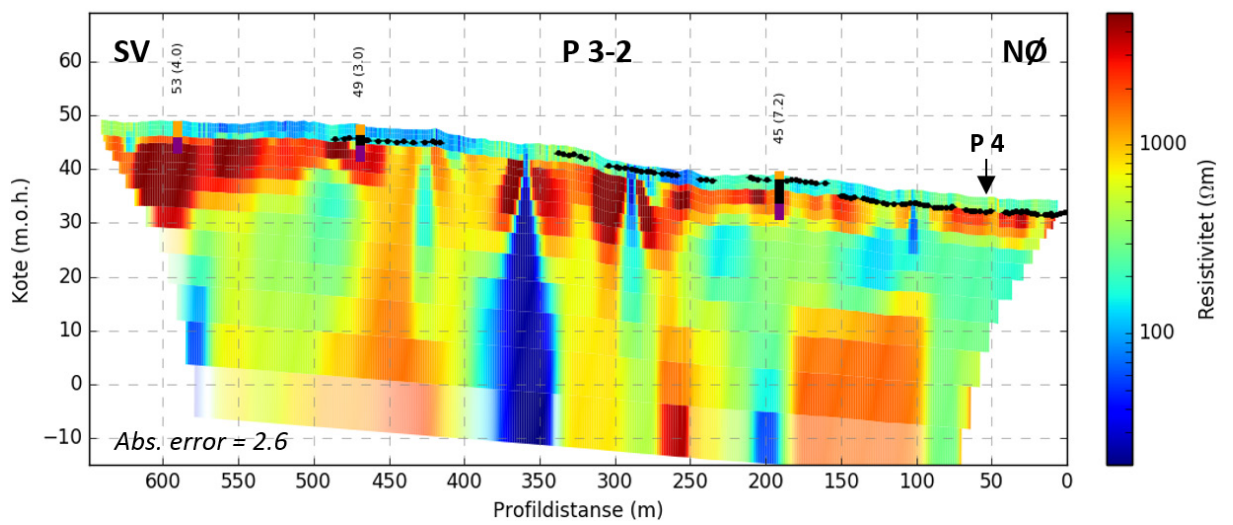
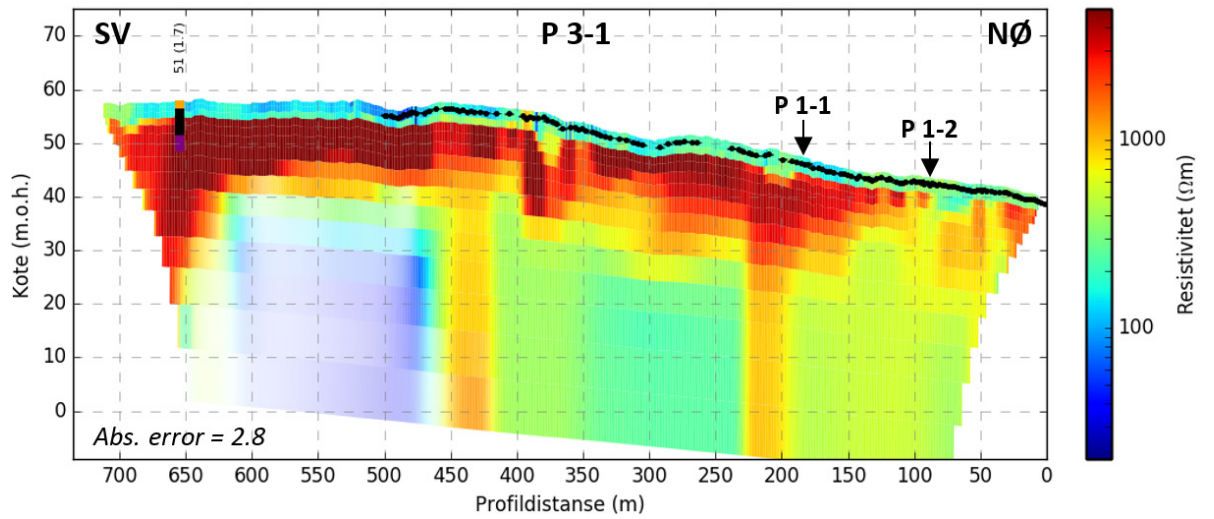
Dokumentnr.
20170299-01-R

Figurnr.
A2

Dato
12.11.2017

Tegnet av
IHH





Detaljprosjektering sikringstiltak Lia - Geofysisk kartlegging

ERT-profil P3-1, P3-2 og P4

- ◆ Permafrostgrense (GPR)
- Aktivt lag (TS)
- Permafrost i sediment (TS)
- Berg (TS)

Dokumentnr.
20170299-01-R

Figurnr.
A3

Dato
12.11.2017

Tegnet av
IHH



Vedlegg B

GPR PROFILER

Innhold

B1	GPR profiler	2
	B1.1 P1-1	3
	B1.2 P1-2	4
	B1.3 P1-3	6
	B1.4 P1-4	7
	B1.5 P1-5	8
	B1.6 P1-7	9
	B1.7 P1-8	11
	B1.8 P2	13
	B1.9 P3-1	15
	B1.10 P3-2	17
	B1.11 P4	19

B1 GPR profiler

Dette vedlegget viser alle GPR profiler. Tolkningen og en generell beskrivelse er gitt i hoveddokumentet. Noen profiler (P1-1, P1-3, P1-4 og P1-5) ble bare målt med 100 MHz, ellers ble både 100 MHz og 400 MHz brukt. Vær oppmerksom på at profillengde ikke alltid er den samme for de to forskjellige antenner grunnet topografi og terrengforhold.

B1.1 P1-1



Figur 1. P1-1, 100 MHz. NV – SØ

B1.2 P1-2

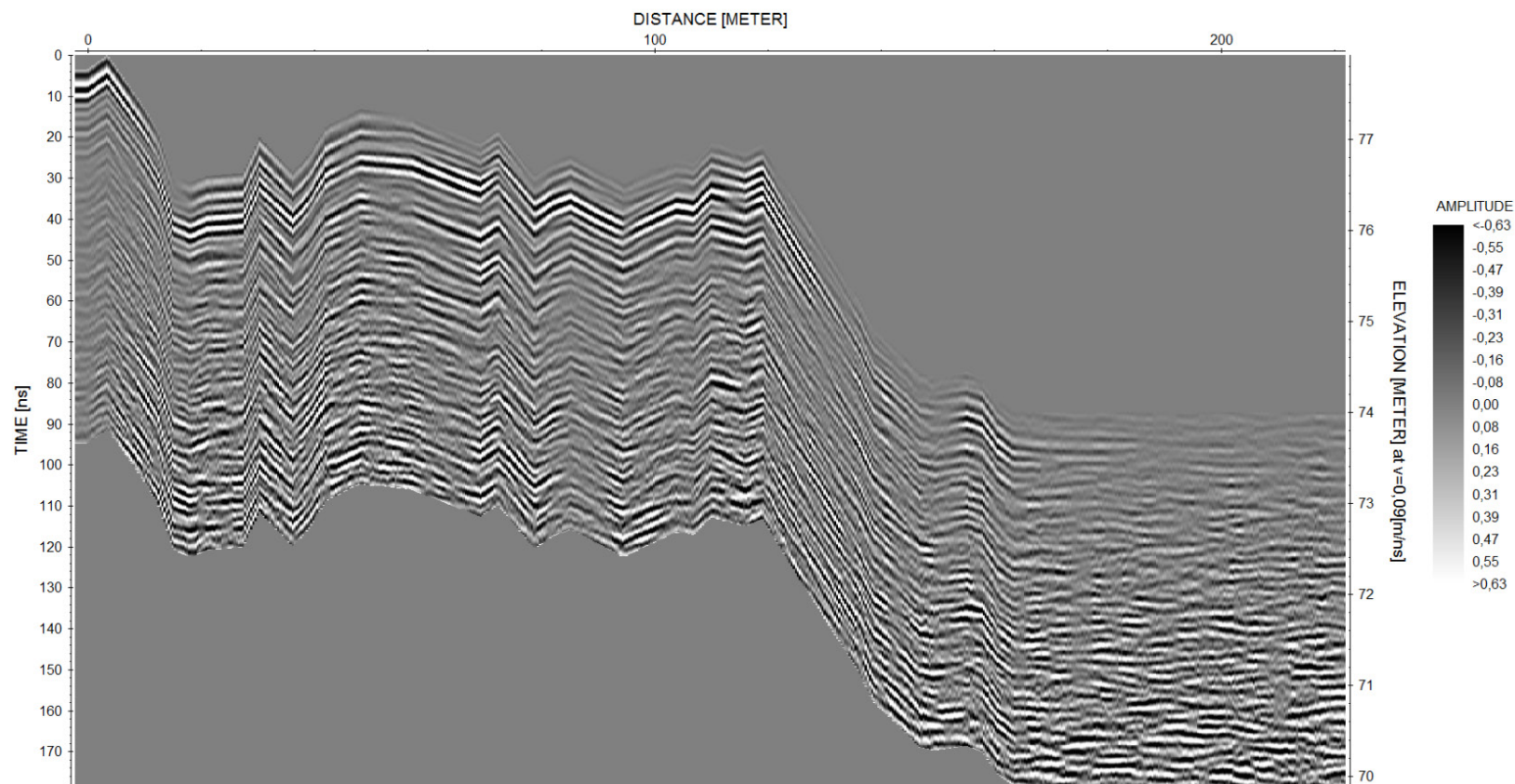


Figur 2. P1-2, 100 MHz. NV – SØ



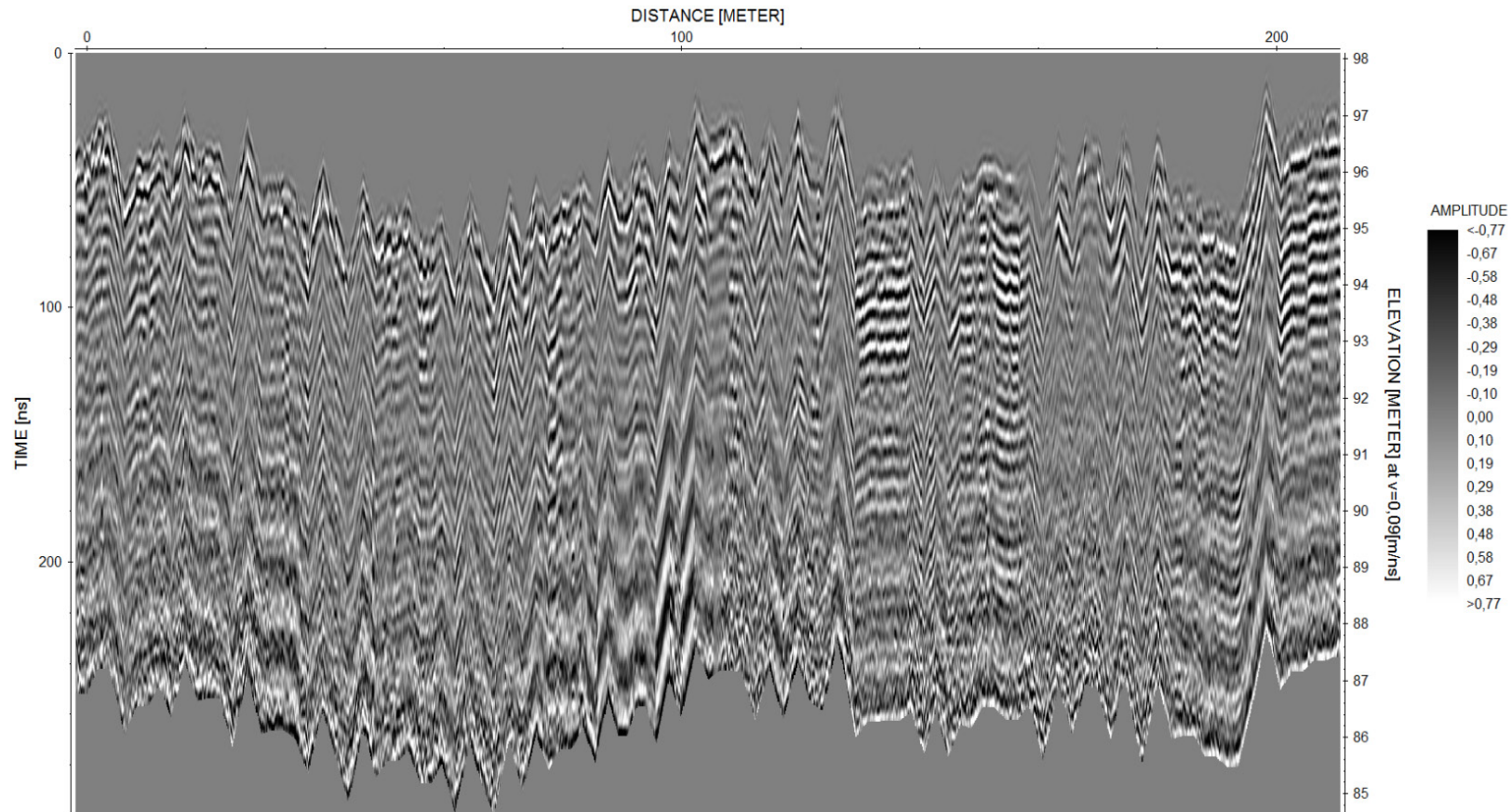
Figur 3. P1-2, 400 MHZ. NV-SØ.

B1.3 P1-3



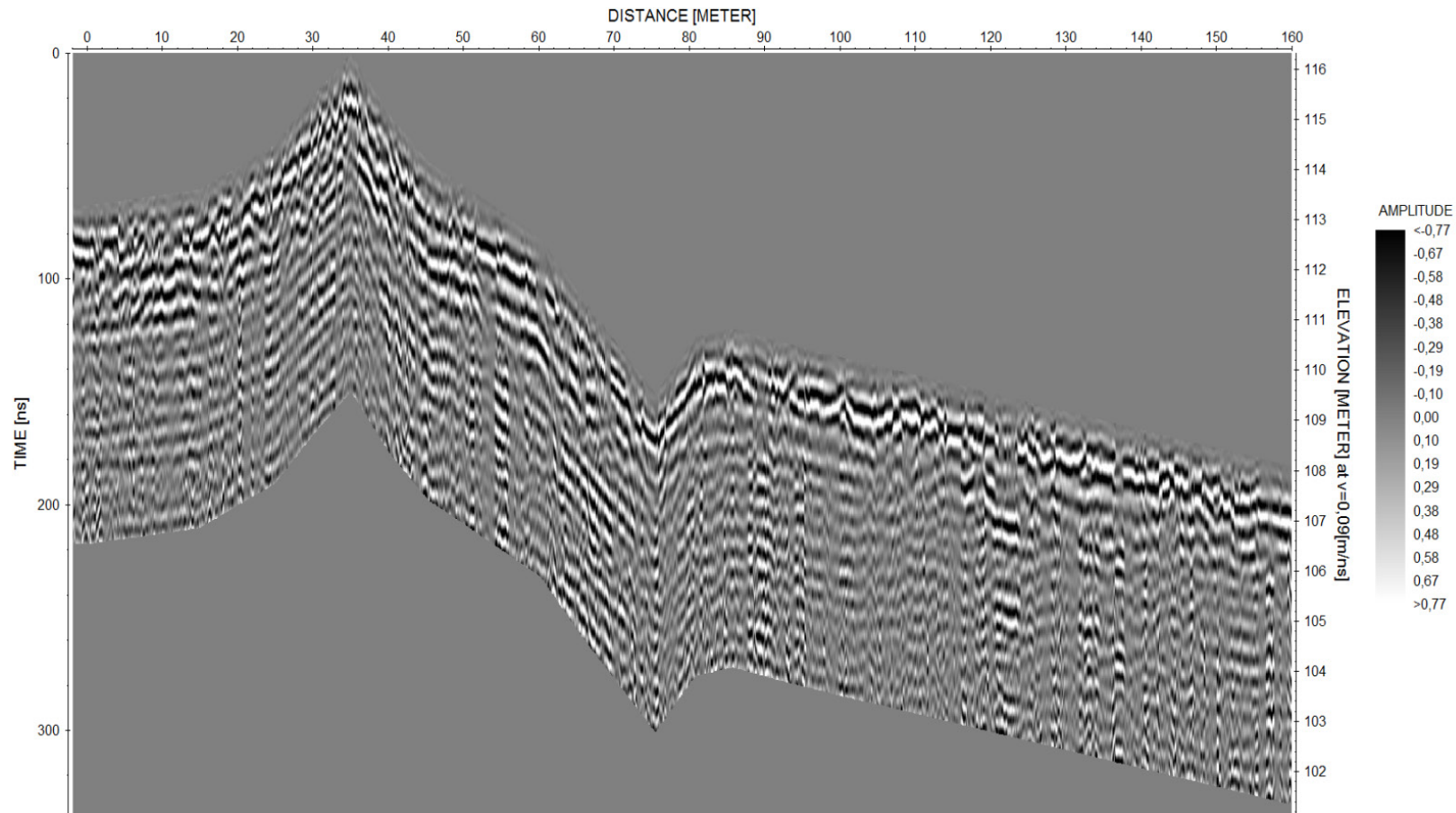
Figur 4. P1-3, 100 MHz, SV - NØ.

B1.4 P1-4



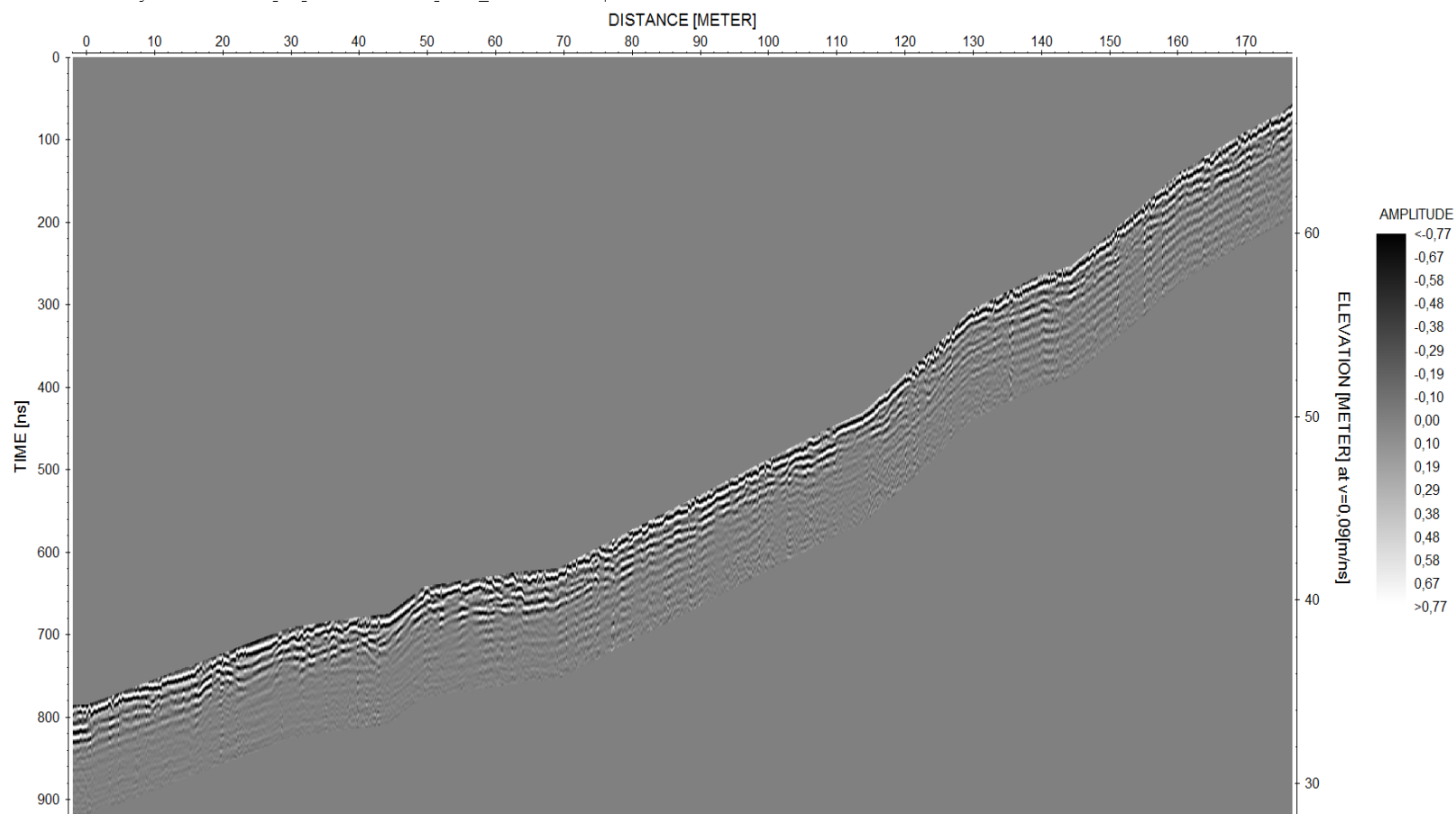
Figur 5. P1-4, 100 MHz, SV-NØ.

B1.5 P1-5

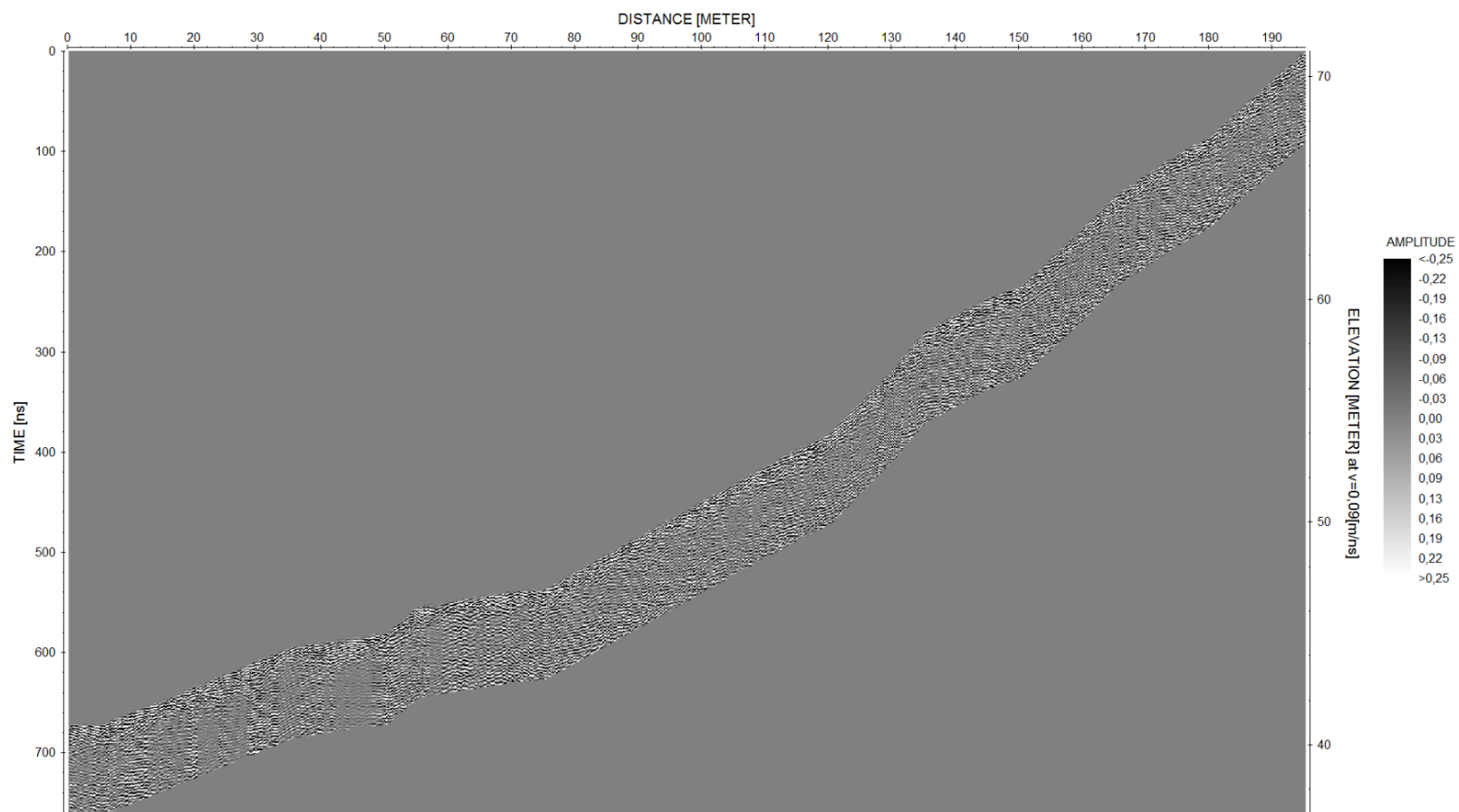


Figur 6. P1-5, 100 MHz, SV-NØ.

B1.6 P1-7

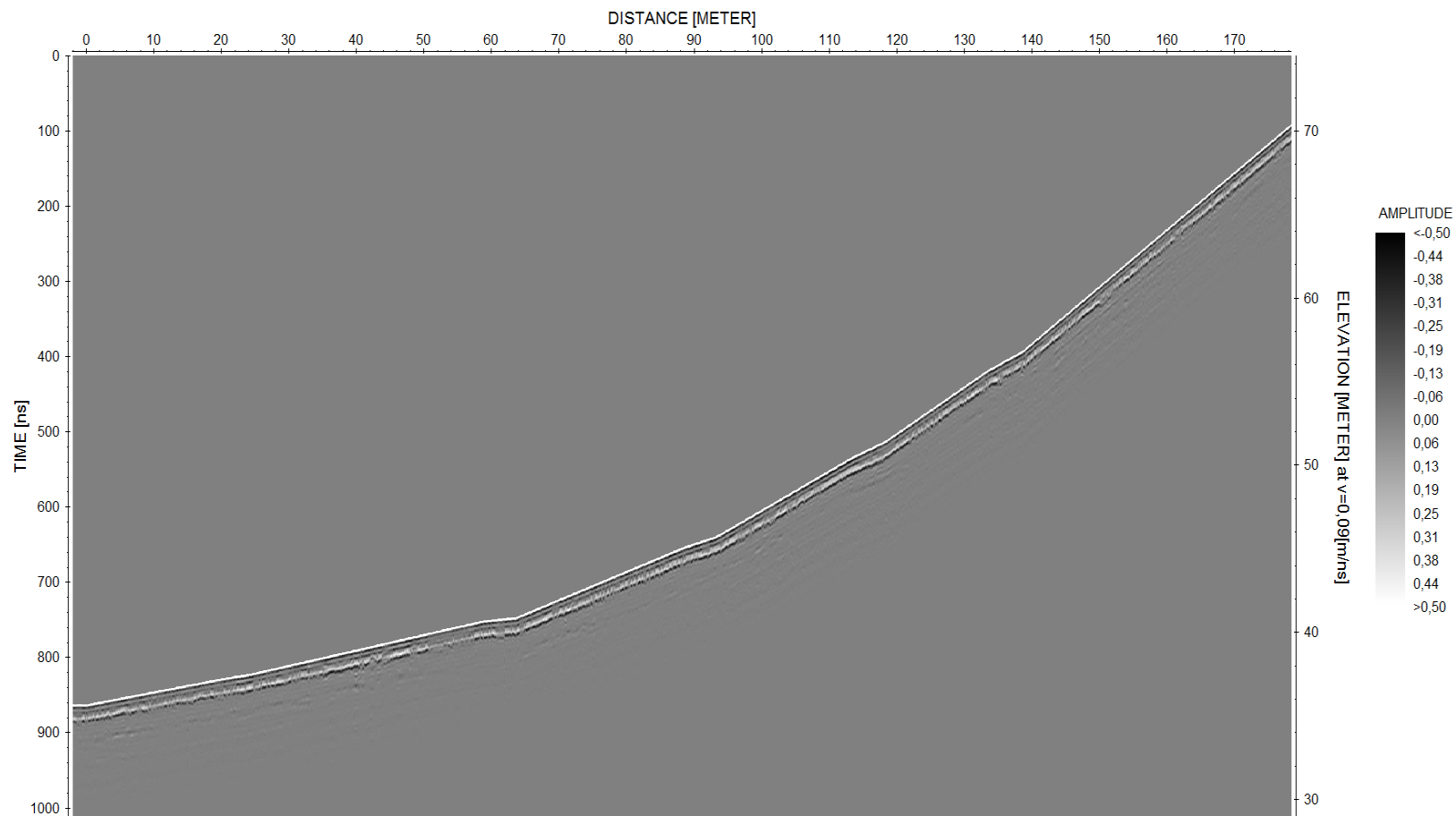


Figur 7. P1-7, 100 MHz, NV-SØ.

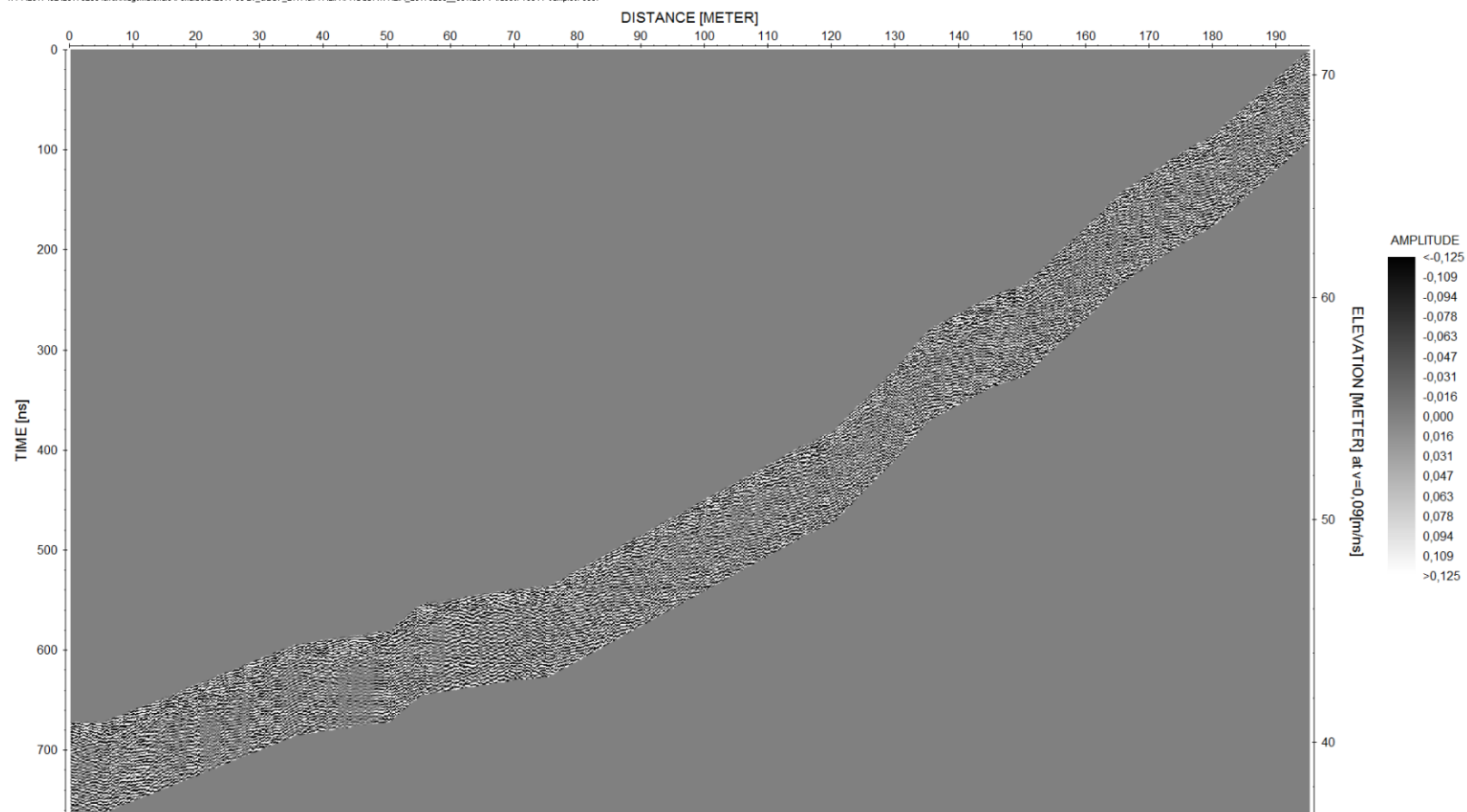


Figur 8. P1-7, 400 MHz, NV-SØ.

B1.7 P1-8

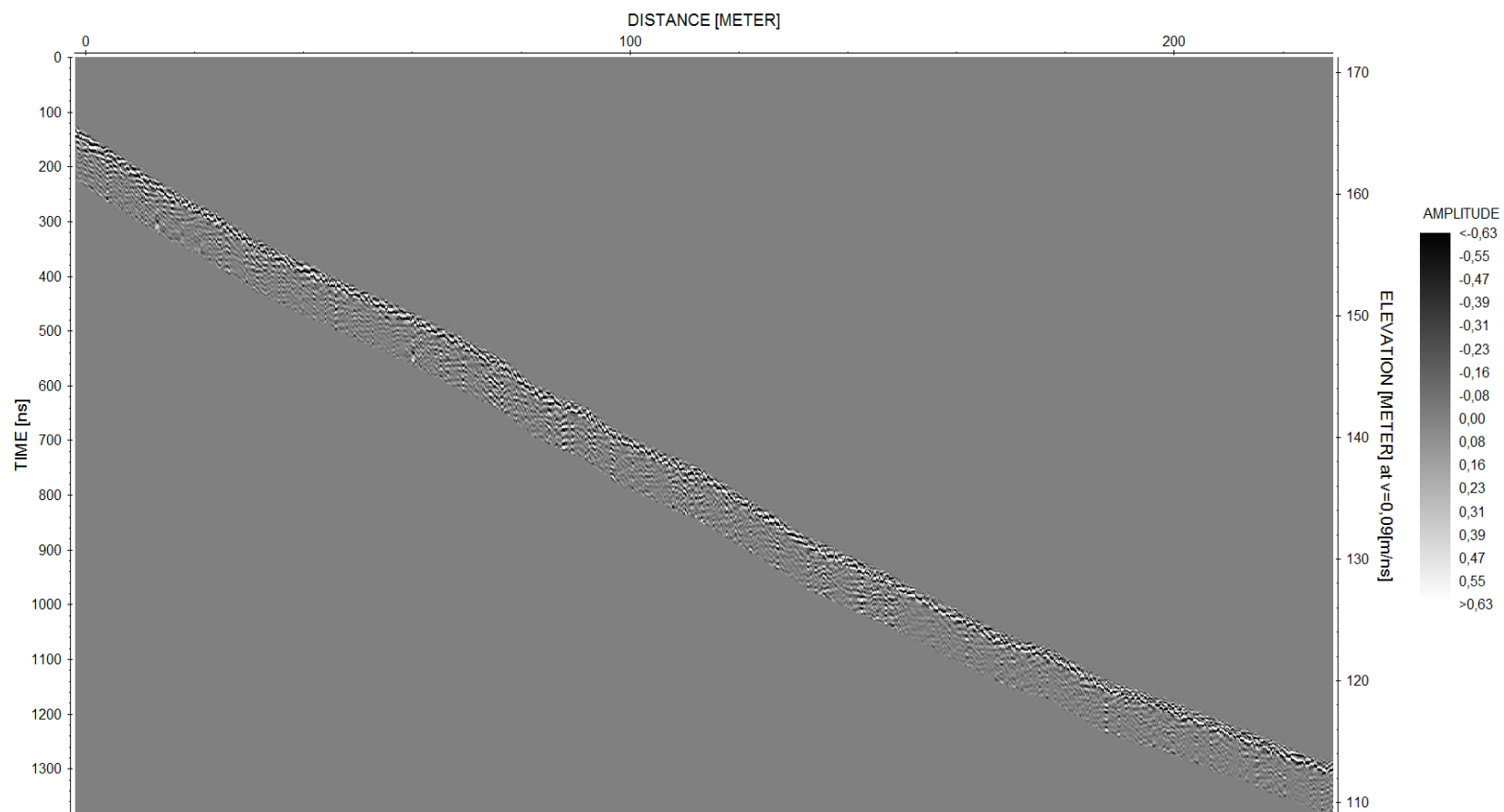


Figur 9. P1-8, 100 MHz, NV-SØ

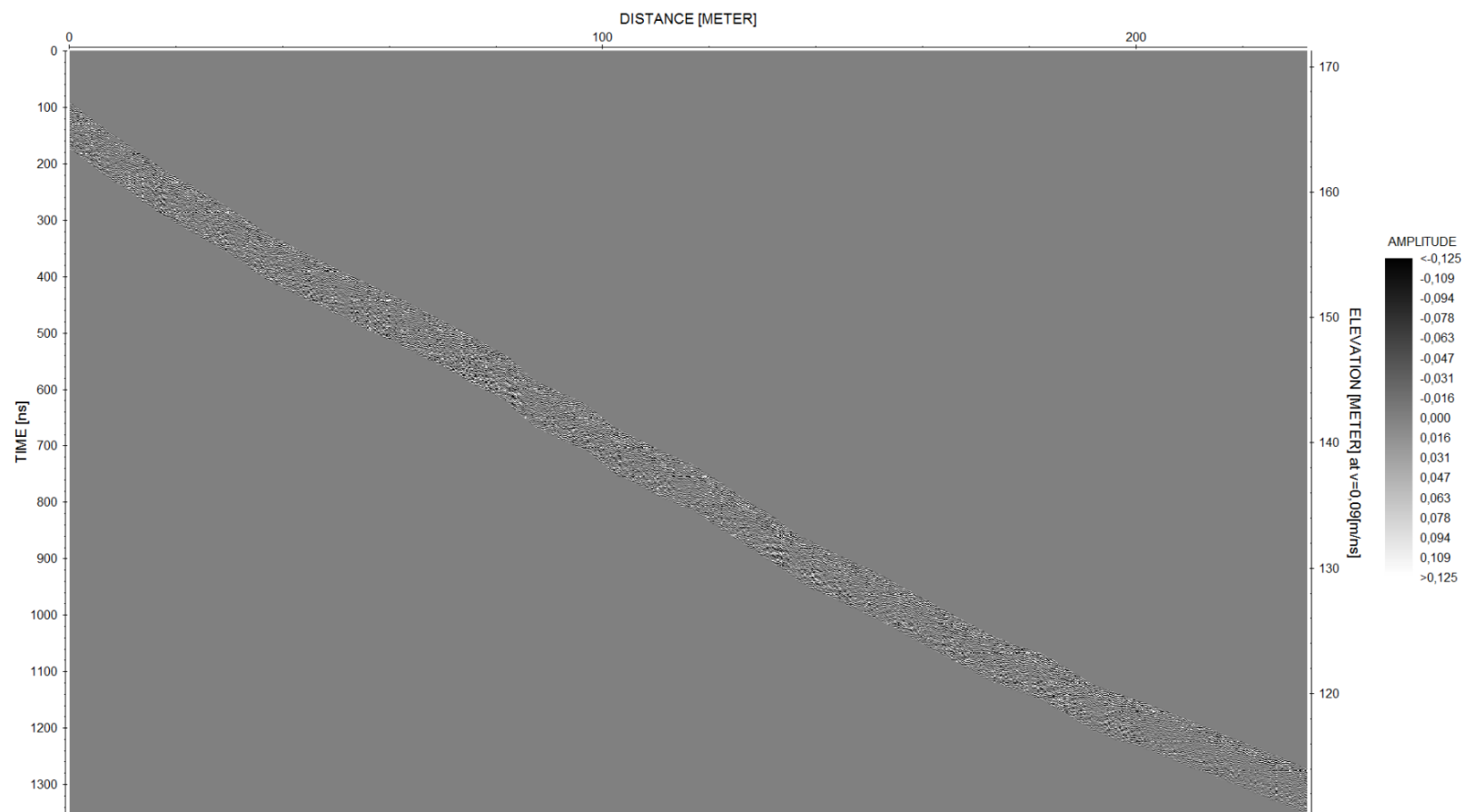


Figur 10. P1-8, 400 MHz, NV-SØ.

B1.8 P2

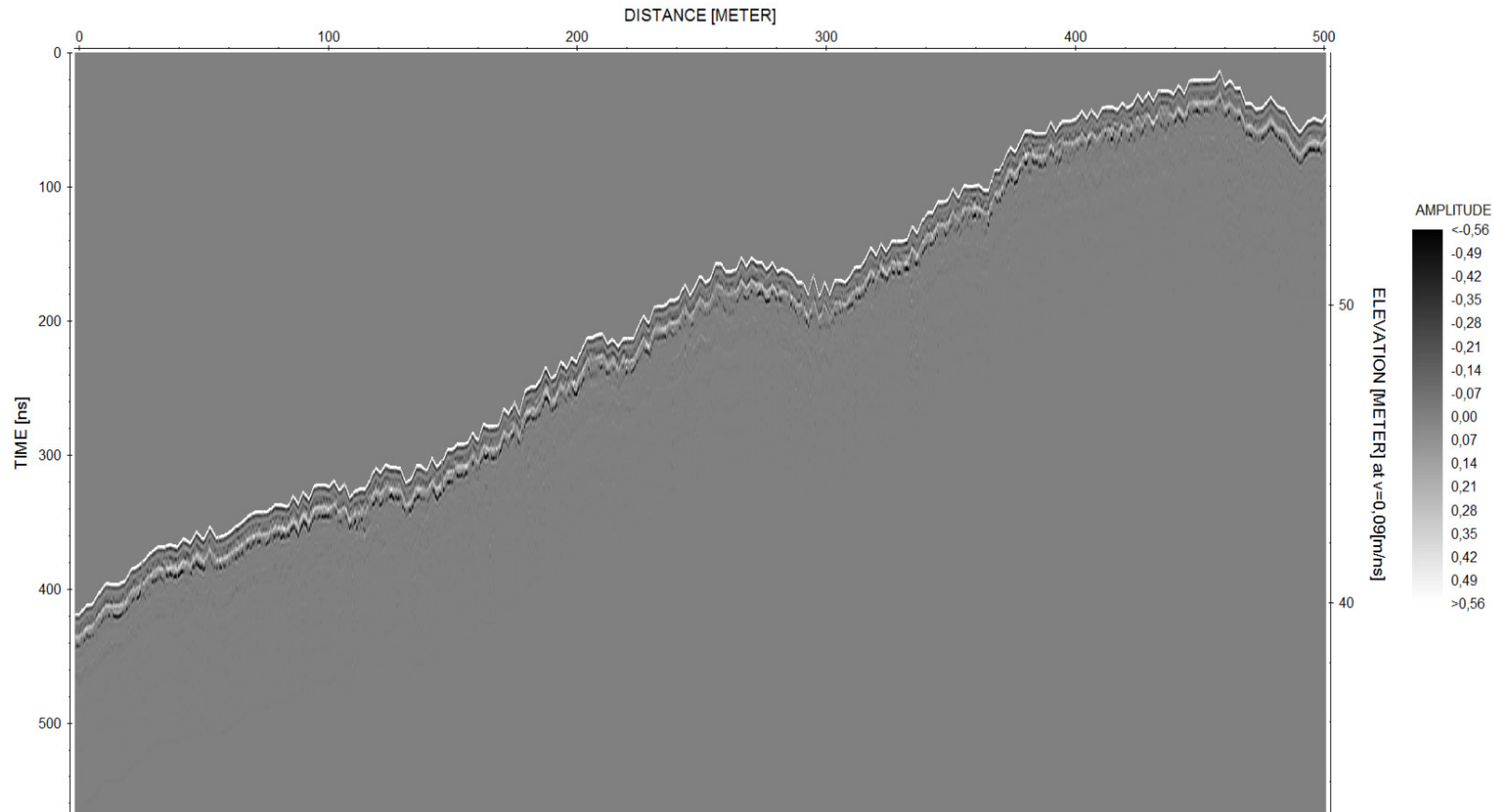


Figur 11. P2, 100 MHz, S-N.

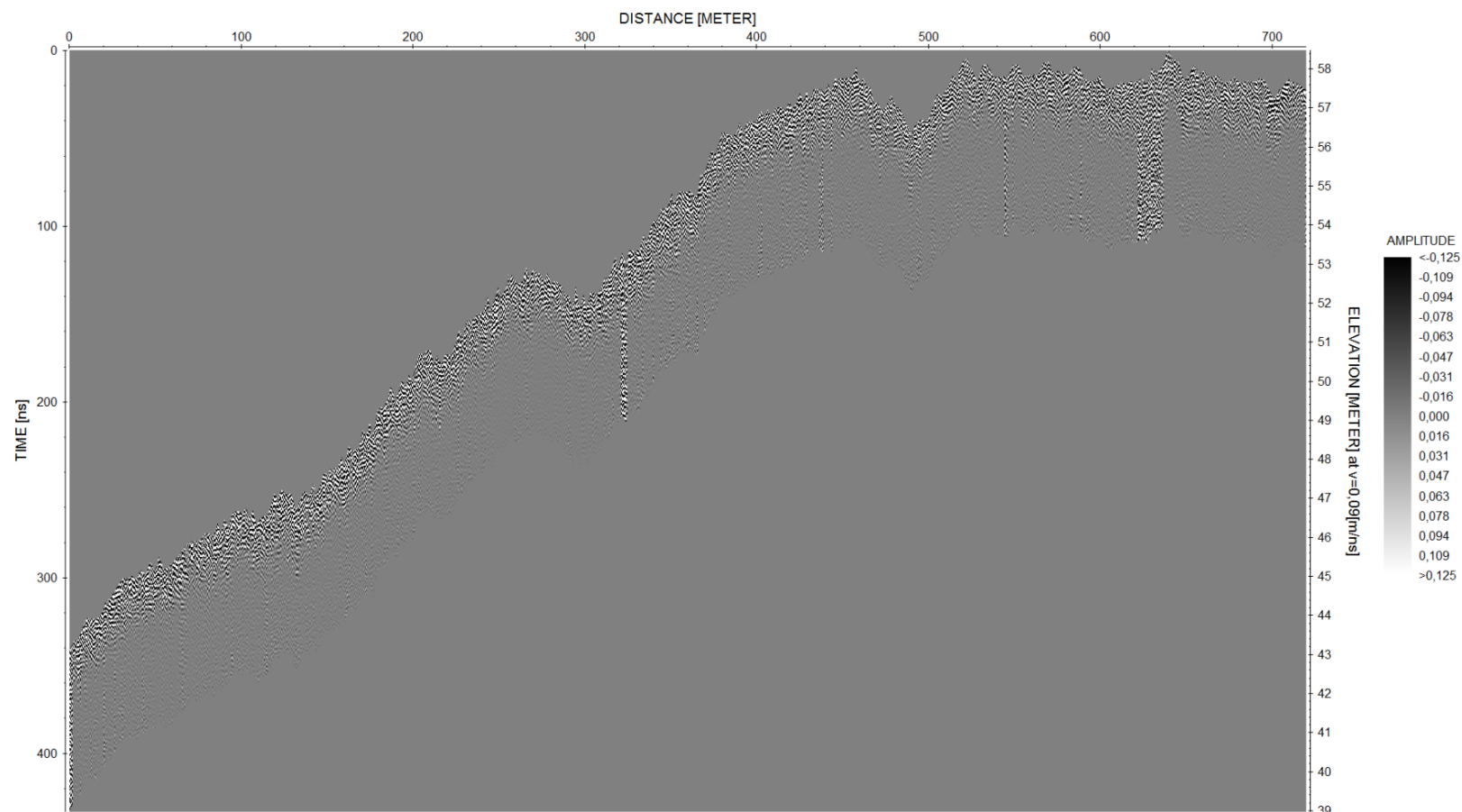


Figur 12. P2, 400 MHz, S-N.

B1.9 P3-1

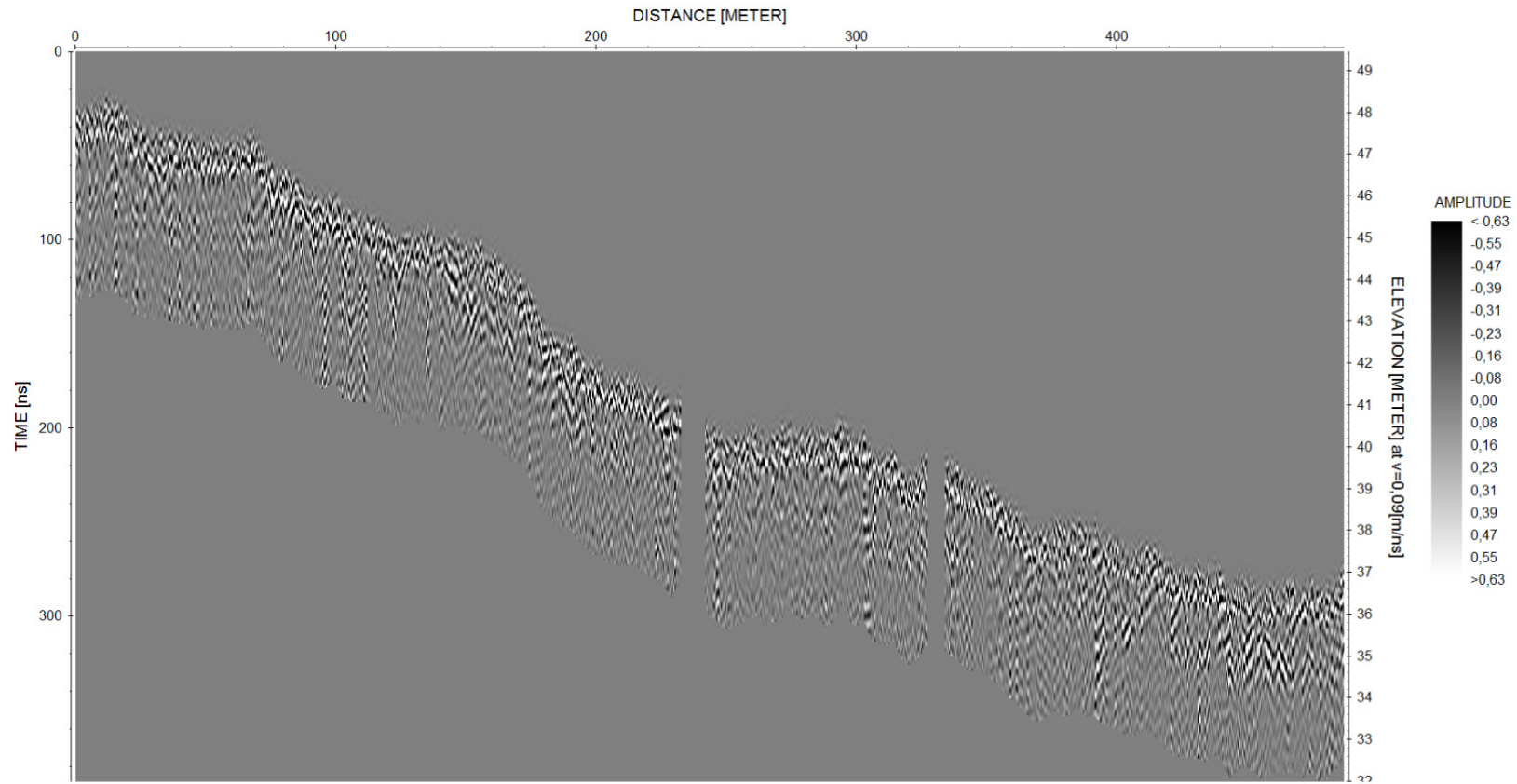


Figur 13. P3-1, 100 MHz, NØ-SV

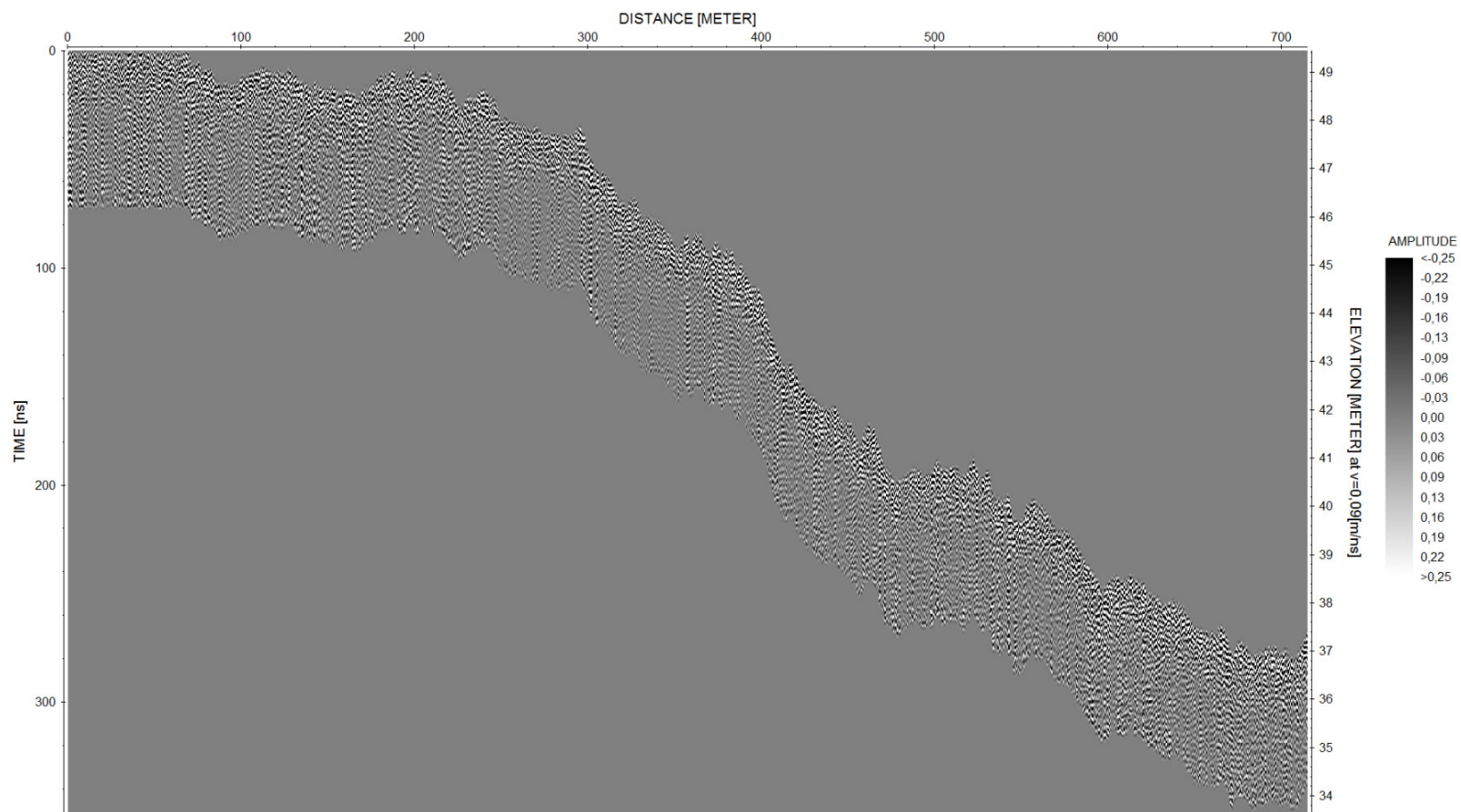


Figur 14. P3-1, 400 MHz, NØ-SV

B1.10 P3-2

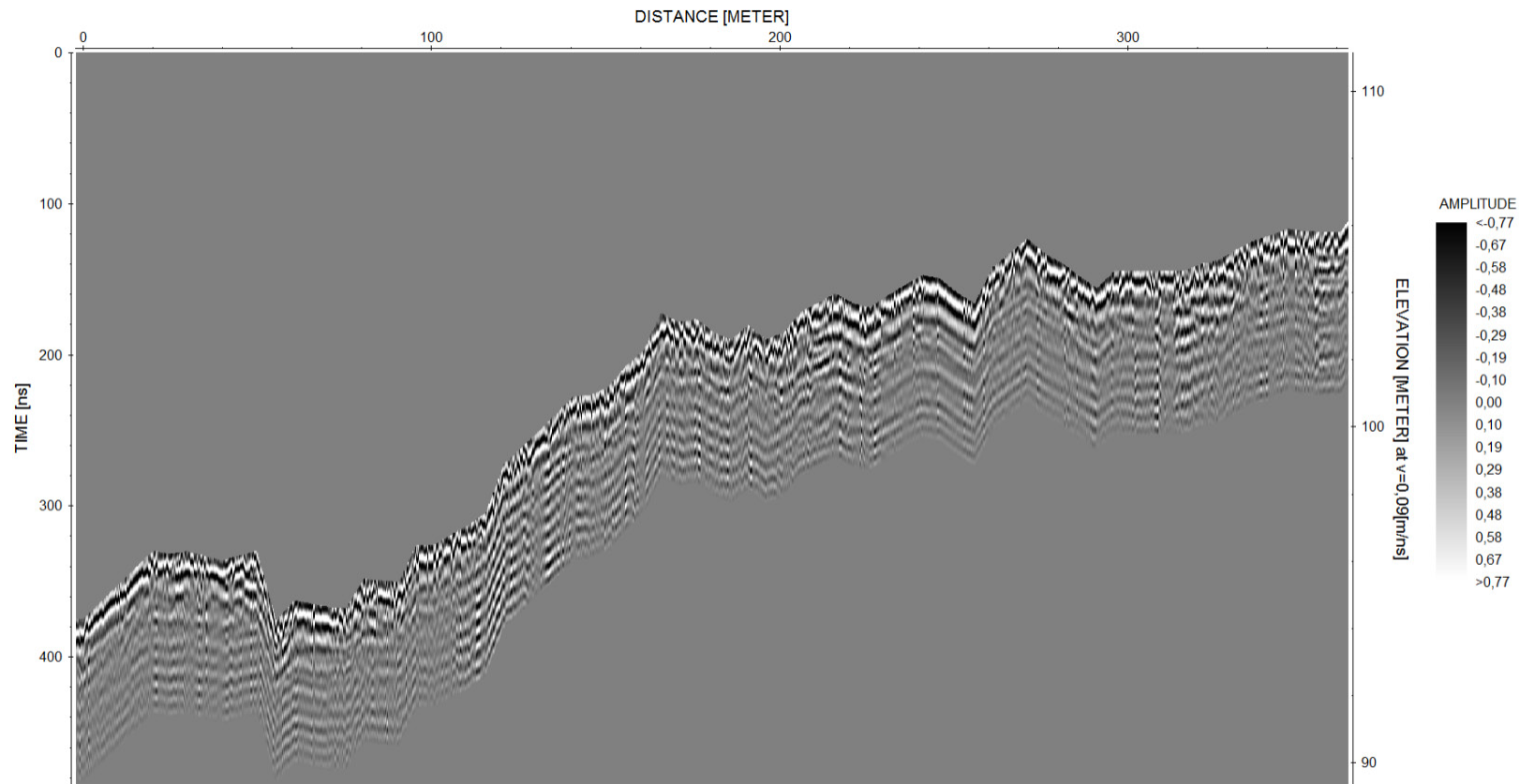


Figur 15. P3-2, 100 MHz, SV-NØ.

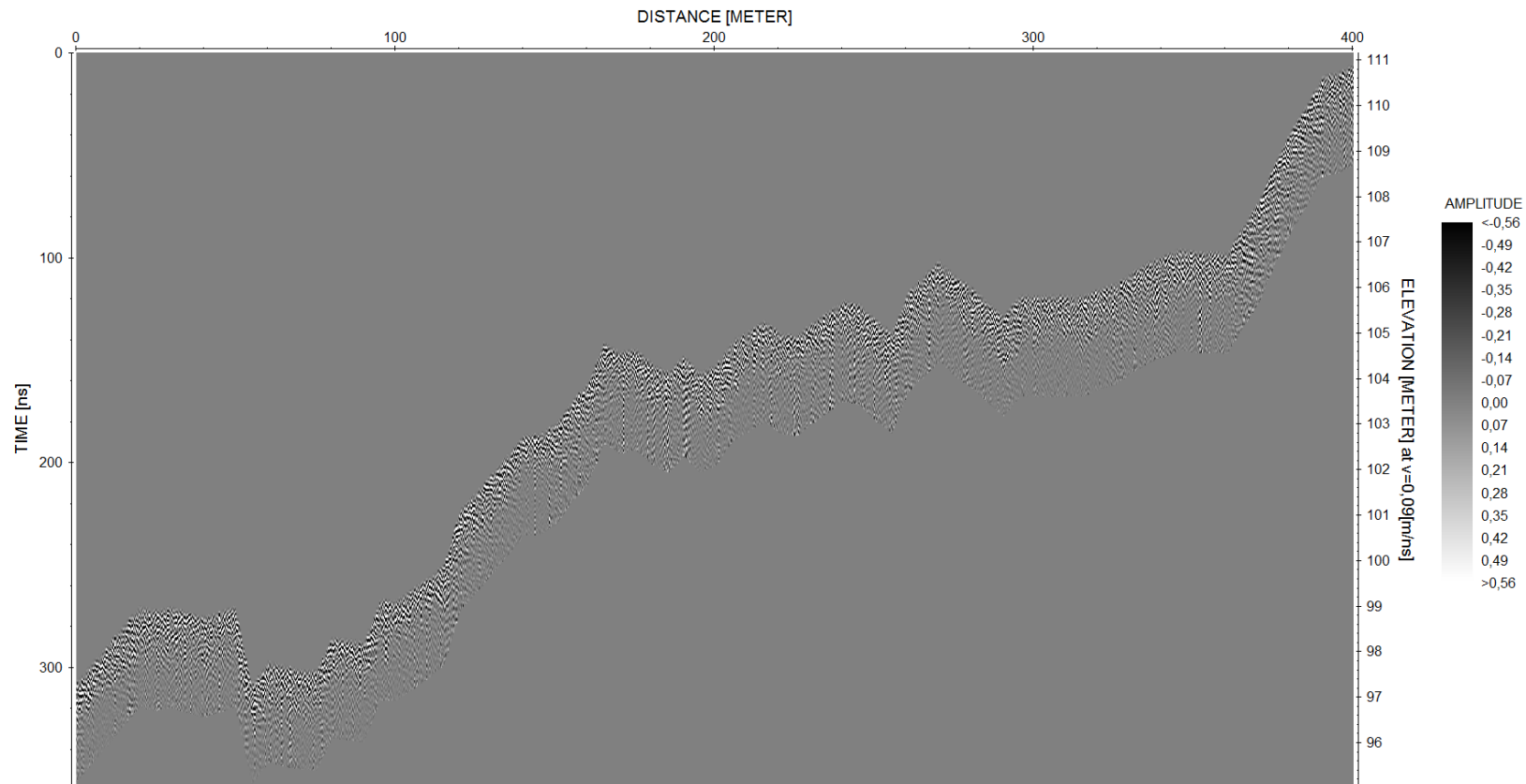


Figur 16. P3-2, 400 MHz, SV-NØ.

B1.11 P4



Figur 17. P4, 100 MHz, \emptyset -V



Figur 18. P4, 400 MHz, Ø-V.

Vedlegg C

PUNKTLISTE FOR LAGGRENSER

Innhold

C1	Punktliste over laggrenser fra GPR	2
C1.1	P1-1	2
C1.2	P1-2	4
C1.3	P1-5	7
C1.4	P1-7	8
C1.5	P1-8	9
C1.6	P2	12
C1.7	P3-1	14
C1.8	P3-2	18
C1.9	P4	21

C1 Punktliste over laggrenser fra GPR

Dette vedlegget inneholder lister over punkter identifisert som laggrenser i GPR-profilene. Tolket kote er gitt i høyde over havet (meter) for laggrense. Terrengekote er høyde for terrengoverflate i det tilsvarende punktet. Tolkningen og en generell beskrivelse er gitt i hoveddokumentet. Noen profiler (P1-1, P1-3, P1-4 og P1-5) ble bare målt med 100 MHz, ellers ble både 100 MHz og 400 MHz brukt.

C1.1 P1-1

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514812,044	8682476,137	98,4	48,5	0,1	108,08327
514808,231	8682479,22	94,02	53,83	0,1	105,8975354
514804,456	8682482,794	90,83	59,6476	0,1	103,2711757
514800,951	8682486,086	88,48	65,104	0,1	100,7004181
514798,431	8682487,869	87,08	69,6479	0,1	97,13741138
514795,292	8682490,449	83,86	74,9142	0,1	93,77608579
514793,211	8682492,173	81,83	77,9941	0,1	92,26569011
514790,085	8682494,661	81,51	82,3858	0,1	90,40365587
514787,117	8682497,127	80,61	86,7586	0,1	88,37117938
514784,696	8682499,384	79,14	90,8271	0,1	85,9645433
514780,999	8682502,647	77,35	96,3215	0,1	83,68132366
514778,319	8682504,991	75,79	99,6106	0,1	83,65251114
514775,945	8682507,071	74,5	103,014	0,1	82,36158709
514771,759	8682510,787	71,62	109,06	0,1	80,07163393
514768,724	8682513,496	70,3	113,413	0,1	78,52137205
514765,132	8682516,56	68,73	118,546	0,1	76,50528054
514760,524	8682520,788	65,99	125,942	0,1	72,54111955
514755,358	8682525,223	63,48	132,881	0,1	70,72877416
514750,639	8682529,355	61,15	139,593	0,1	68,34217959
514747,431	8682532,165	59,7	144,155	0,1	66,71963976
514742,686	8682536,321	57,22	150,905	0,1	64,31952424
514734,224	8682543,731	53,97	162,939	0,1	60,03992048
514728,917	8682548,371	51,75	170,449	0,1	57,46444818
514721,369	8682554,95	49,59	180,715	0,1	55,09223737
514709,846	8682565,051	46,34	196,457	0,1	51,54016593
514707,028	8682567,426	45,47	200,202	0,1	50,8701524
514702,238	8682571,613	44,84	206,686	0,1	49,62670376
514695,818	8682577,468	43,39	215,545	0,1	47,8972654
514683,511	8682588,626	40,69	232,333	0,1	45,4604762

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514677,276	8682594,21	39,51	240,831	0,1	43,98695316
514674,17	8682597	39,48	245,071	0,1	43,25190419
514671,016	8682599,794	39,37	249,405	0,1	42,22536054
514669,963	8682600,729	39,14	250,85	0,1	41,89764802
514666,468	8682603,958	39,06	255,698	0,1	41,07829145
514664,65	8682606,039	39,32	258,398	0,1	41,43713558
514662,501	8682608,091	38,9	261,345	0,1	41,50168305
514660,323	8682609,753	38,79	264,082	0,1	41,19948469

C1.2 P1-2

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514743,6726	8682665,675	82,085	74,891	0,1	41,528
514745,4585	8682664,406	80,847	77,098	0,1	41,796
514752,9073	8682653,162	74,657	90,744	0,1	43,912
514754,0335	8682651,472	73,794	92,799	0,1	44,230
514755,8493	8682649,273	72,095	95,730	0,1	44,752
514758,6482	8682647,481	70,540	99,079	0,1	45,586
514761,1743	8682645,573	69,882	102,314	0,1	46,333
514763,9043	8682643,375	68,932	105,911	0,1	47,139
514765,6088	8682642,002	68,414	108,157	0,1	47,641
514767,5588	8682640,431	68,155	110,726	0,1	48,217
514770,7221	8682637,883	67,147	114,894	0,1	49,150
514775,2641	8682634,61	66,276	120,622	0,1	50,366
514777,6414	8682632,884	65,441	123,629	0,1	51,007
514780,1841	8682631,038	64,549	126,845	0,1	51,693
514782,6366	8682629,258	63,599	129,947	0,1	52,354
514784,3969	8682627,979	63,023	132,173	0,1	52,829
514787,4667	8682625,371	61,555	136,360	0,1	53,932
514792,177	8682620,43	59,318	143,535	0,1	56,306
514794,0563	8682618,683	58,599	146,218	0,1	57,091
514795,8023	8682617,06	57,821	148,711	0,1	57,820
514797,9481	8682615,064	57,044	151,775	0,1	58,716
514800,4328	8682612,741	56,123	155,334	0,1	59,761
514802,8825	8682610,32	54,827	158,950	0,1	60,865
514805,5989	8682607,675	53,784	162,927	0,1	62,067
514807,2282	8682606,097	52,862	165,306	0,1	62,783
514808,662	8682604,708	52,258	167,399	0,1	63,414
514810,6173	8682602,814	51,221	170,254	0,1	64,273
514812,5855	8682600,908	50,646	173,128	0,1	65,139
514814,4234	8682599,127	50,185	175,811	0,1	65,947
514816,6915	8682596,93	49,321	179,122	0,1	66,944
514821,1936	8682592,123	48,146	185,802	0,1	68,129
514822,5319	8682590,721	47,657	187,781	0,1	68,529
514824,0503	8682589,13	47,081	190,027	0,1	68,983
514825,2471	8682587,876	46,649	191,797	0,1	69,341
514826,4438	8682586,622	46,304	193,567	0,1	69,698
514827,602	8682585,409	46,074	195,279	0,1	70,045

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514829,0432	8682583,898	45,296	197,411	0,1	70,475
514830,3558	8682582,523	44,836	199,352	0,1	70,868
514831,4238	8682581,404	44,749	200,932	0,1	71,187
514833,3154	8682579,422	43,885	203,729	0,1	71,753
514835,7108	8682576,558	42,993	208,049	0,1	73,897
514836,9587	8682574,982	42,705	210,485	0,1	75,354
514838,2071	8682573,474	42,244	212,769	0,1	76,531
514839,1017	8682572,394	41,813	214,405	0,1	77,374
514839,8715	8682571,464	41,899	215,814	0,1	78,100
514840,9014	8682570,221	41,323	217,698	0,1	79,071
514842,5762	8682568,199	40,949	220,762	0,1	80,650
514843,9078	8682566,591	40,517	223,198	0,1	81,905
514846,7374	8682563,174	39,797	228,374	0,1	84,572
514847,6945	8682562,019	39,567	230,125	0,1	85,475
514849,4838	8682559,858	39,135	233,398	0,1	87,161
514851,1691	8682557,823	38,588	236,481	0,1	88,750
514857,8643	8682551,103	37,840	247,271	0,1	93,891
514858,5626	8682550,405	37,437	248,394	0,1	94,425
514859,983	8682548,984	37,408	250,678	0,1	95,511
514861,5573	8682547,41	37,552	253,209	0,1	96,715
514862,883	8682546,084	37,494	255,341	0,1	97,729
514864,2442	8682544,722	37,638	257,529	0,1	98,770
514865,1201	8682543,847	37,782	258,937	0,1	99,439
514866,2209	8682542,746	37,379	260,707	0,1	100,281
514867,7005	8682541,266	37,120	263,086	0,1	101,413
514869,3221	8682539,644	36,803	265,693	0,1	102,653
514870,5294	8682538,437	36,400	267,634	0,1	103,576
514871,6066	8682537,359	35,997	269,366	0,1	104,400
514872,8139	8682536,152	35,565	271,307	0,1	105,323
514874,9089	8682534,057	34,989	274,676	0,1	106,925
514875,7493	8682533,216	34,788	276,027	0,1	107,568
514877,0395	8682531,926	34,471	278,101	0,1	108,554
514878,602	8682530,363	34,442	280,613	0,1	109,749
514879,9158	8682529,049	34,068	282,726	0,1	110,754
514881,443	8682527,519	33,953	285,181	0,1	111,917
514883,1635	8682525,755	33,665	287,940	0,1	113,159
514884,7296	8682524,15	33,550	290,452	0,1	114,292
514885,5598	8682523,303	33,751	291,784	0,1	114,899

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514886,39	8682522,456	33,464	293,117	0,1	115,506
514887,3032	8682521,525	33,147	294,582	0,1	116,173
514888,7381	8682520,061	33,003	296,885	0,1	117,222
514890,2205	8682518,549	32,917	299,263	0,1	118,306

C1.3 P1-5

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514896,2528	8682535,284	112,261	4,579	0,1	113,382
514891,5233	8682531,093	112,558	10,899	0,1	113,516
514888,4157	8682528,338	112,504	15,054	0,1	113,607
514886,3604	8682526,449	112,746	17,856	0,1	113,856
514884,4217	8682524,667	112,854	20,500	0,1	114,091
514881,9578	8682522,404	113,069	23,859	0,1	114,386
514880,8371	8682521,408	113,204	25,369	0,1	114,559
514878,0443	8682519,178	113,957	29,006	0,1	115,264
514876,1462	8682517,638	114,415	31,491	0,1	115,715
514874,6783	8682516,434	114,711	33,419	0,1	116,051
514872,44	8682514,834	114,576	36,221	0,1	116,024
514869,5952	8682513,15	113,742	39,580	0,1	115,193
514868,0977	8682512,228	113,419	41,369	0,1	114,837
514865,6604	8682510,709	112,827	44,291	0,1	114,298
514863,2076	8682509,165	112,396	47,213	0,1	113,944
514860,5825	8682507,507	112,315	50,333	0,1	113,628
514857,4398	8682505,523	111,911	54,070	0,1	113,242
514852,8429	8682502,62	111,588	59,536	0,1	112,678
514852,4419	8682502,367	111,050	60,013	0,1	112,627
514844,0327	8682497,112	109,139	70,150	0,1	110,493
514839,6093	8682494,273	108,116	75,496	0,1	109,640
514832,2179	8682488,633	109,337	84,719	0,1	110,816
514824,8572	8682482,859	109,122	94,080	0,1	110,458
514818,5953	8682478,002	108,799	102,011	0,1	110,165

C1.4 P1-7

X (UTM33)	Y (UTM33)	XDIST	TOLKET KOTE
514804,637	8682563,65	1,248527	64,181756
514800,09	8682568,41	7,82809	62,773094
514794,921	8682573,81	15,308426	60,864584
514789,346	8682579,65	23,376223	58,220533
514785,746	8682583,41	28,585043	56,614961
514779,792	8682589,64	37,201137	55,145711
514765,014	8682605,09	58,584715	48,960115
514760,873	8682609,43	64,576817	47,581746
514758,059	8682612,37	68,649879	46,794107
514752,456	8682618,23	76,75684	45,385446
514746,434	8682624,53	85,470844	43,034234
514742,889	8682628,24	90,601336	42,055957
514739,966	8682631,29	94,831055	41,428662
514735,906	8682635,54	100,705664	40,868227
514732,09	8682639,53	106,227797	39,959413
514727,705	8682644,12	112,572375	39,732209
514726,068	8682645,83	114,941801	39,668792
514723,51	8682648,5	118,642805	39,444418
514721,765	8682650,33	121,168887	39,320413
514719,775	8682652,41	124,047446	39,353537
514714,66	8682657,76	131,449454	37,596496
514712,901	8682659,6	133,995118	37,611643
514711,033	8682661,55	136,697438	37,672231
514706,595	8682666,2	143,120344	36,642241
514700,992	8682672,06	151,227305	35,703133
514697,284	8682675,93	156,592782	35,233579
514695,769	8682677,52	158,785969	34,64285
514691,114	8682682,39	165,522188	33,76433
514685,782	8682687,97	173,237508	32,613165

C1.5 P1-8

X (UTM33)	Y (UTM33)	XDIST	TOLKET KOTE
514788,872	8682541,95	-1,963258	69,320445
514787,283	8682543,39	0,185548	68,626453
514786,791	8682543,84	0,849725	68,266111
514785,173	8682545,31	3,0376	67,545427
514783,714	8682546,64	5,010595	66,784705
514782,688	8682547,58	6,397551	66,317595
514781,012	8682549,1	8,663565	65,743717
514779,48	8682550,49	10,734233	64,859408
514778,339	8682551,53	12,277466	64,48572
514776,966	8682552,78	14,133253	63,818421
514776,2	8682553,48	15,168587	63,271235
514774,279	8682555,23	17,766689	62,497167
514773,614	8682555,83	18,665281	62,150171
514772,473	8682556,87	20,208514	61,629677
514770,999	8682558,21	22,201044	61,055799
514770,016	8682559,1	23,529396	60,548651
514769,092	8682559,95	24,779611	60,028157
514768,384	8682560,59	25,736806	59,587739
514767,777	8682561,14	26,55726	59,467625
514766,549	8682562,26	28,217701	59,027207
514765,176	8682563,51	30,073488	58,413291
514763,442	8682565,09	32,41764	57,532455
514761,795	8682566,59	34,644584	56,838464
514760,278	8682567,97	36,695717	56,144472
514758,833	8682569,28	38,649178	55,570594
514756,651	8682571,27	41,598902	54,834442
514755,452	8682572,36	43,220274	54,500792
514754,18	8682573,51	44,939319	53,94026
514753,053	8682574,54	46,463018	53,53988
514751,565	8682575,89	48,475082	52,992694
514749,643	8682577,64	51,073184	52,245318
514748,314	8682578,85	52,870367	51,844938
514746,58	8682580,43	55,214519	51,20433
514745,005	8682581,86	57,343791	50,443608
514743,286	8682583,43	59,668408	49,989844
514741,393	8682585,15	62,227441	49,53608

X (UTM33)	Y (UTM33)	XDIST	TOLKET KOTE
514739,385	8682586,98	64,94275	48,922164
514737,767	8682588,45	67,130626	48,412219
514735,325	8682590,67	70,431973	47,664843
514734,328	8682591,58	71,779861	47,251117
514732,55	8682593,19	74,182617	46,703931
514731,019	8682594,59	76,253284	46,236821
514729,646	8682595,84	78,109071	45,796403
514727,811	8682597,51	80,589966	45,275909
514726,15	8682599,02	82,836445	44,661993
514724,632	8682600,4	84,887578	44,515187
514722,971	8682601,91	87,134057	44,181537
514721,54	8682603,21	89,067982	43,781157
514719,373	8682605,18	91,998173	43,300702
514717,856	8682606,56	94,049306	42,953706
514716,238	8682608,04	96,237181	42,686786
514714,793	8682609,35	98,190641	42,393174
514713,507	8682610,52	99,929221	41,886026
514712,076	8682611,82	101,863146	41,60576
514710,545	8682613,22	103,933814	41,243971
514709,736	8682613,95	105,027751	41,243971
514709,1	8682614,53	105,887274	40,843591
514707,959	8682615,57	107,430507	40,656747
514706,47	8682616,92	109,442571	40,309751
514705,314	8682617,98	111,005339	40,122907
514704,144	8682619,04	112,587642	39,842641
514703,234	8682619,87	113,818322	39,815949
514702,54	8682620,5	114,755983	39,602413
514701,717	8682621,25	115,869455	39,695835
514700,821	8682622,06	117,0806	39,655797
514699,737	8682623,05	118,545695	39,655797
514699,029	8682623,69	119,502891	39,468953
514697,339	8682625,23	121,788439	39,255417
514693,452	8682628,77	127,043247	38,748269
514691,299	8682630,73	129,953902	38,468003
514690,446	8682631,5	131,106444	38,214429
514689,666	8682632,21	132,161312	38,254467
514688,164	8682633,58	134,192911	38,201083
514685,303	8682636,18	138,060762	37,731851

X (UTM33)	Y (UTM33)	XDIST	TOLKET KOTE
514684,219	8682637,17	139,525857	37,518315
514683,237	8682638,06	140,854209	37,344817
514682,731	8682638,52	141,537921	37,384855
514680,982	8682640,11	143,901607	37,238049
514679,465	8682641,49	145,95274	36,984475
514678,555	8682642,32	147,18342	36,891053
514677,125	8682643,62	149,117346	36,757593
514675,333	8682645,25	151,539636	36,450635
514673,874	8682646,58	153,512631	36,330521
514672,487	8682647,84	155,387953	36,157023
514671,042	8682649,16	157,341413	36,036909
514669,972	8682650,13	158,786973	35,876757
514668,542	8682651,43	160,720899	35,703259
514666,924	8682652,91	162,908774	35,729951
514665,349	8682654,34	165,038045	35,516415
514663,731	8682655,81	167,225921	35,249495
514662,502	8682656,93	168,886362	35,156073
514661,404	8682657,93	170,370991	35,142727
514660,364	8682658,87	171,777483	34,995921
514658,803	8682660,29	173,88722	34,742347
514655,524	8682663,28	178,321574	34,582195

C1.6 P2

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
515072,4	8682596	100,245	1,178	0,1	101,585
515072	8682595	100,406	2,526	0,1	101,871
515071,3	8682593	100,936	5,030	0,1	102,403
515070,8	8682591	101,038	6,667	0,1	102,750
515070,1	8682589	101,729	8,785	0,1	103,200
515069,6	8682587	102,038	10,615	0,1	103,589
515068,5	8682584	102,743	14,274	0,1	104,366
515067,4	8682580	103,743	18,414	0,1	105,229
515066,3	8682576	104,639	22,555	0,1	106,093
515065,4	8682573	105,212	25,925	0,1	106,800
515064,8	8682571	105,727	27,755	0,1	107,183
515064,2	8682569	105,977	30,066	0,1	107,665
515063,5	8682565	106,594	33,918	0,1	108,319
515062,8	8682562	107,755	37,096	0,1	108,899
515061,9	8682559	108,714	41,044	0,1	109,780
515061	8682555	109,831	44,607	0,1	110,916
515060,2	8682552	110,786	48,362	0,1	112,070
515059,1	8682548	111,639	52,310	0,1	112,949
515057,7	8682544	112,579	57,029	0,1	113,827
515056,6	8682540	113,696	61,266	0,1	114,836
515054,8	8682532	115,887	69,162	0,1	117,088
515053,6	8682527	117,474	74,939	0,1	118,731
515052,2	8682521	119,046	81,102	0,1	120,441
515050,7	8682516	120,619	87,073	0,1	121,919
515048,9	8682509	122,603	94,102	0,1	123,677
515047,3	8682503	124,734	100,458	0,1	125,966
515040,9	8682481	131,837	124,724	0,1	133,223
515039,6	8682477	133,086	129,250	0,1	134,388
515038,8	8682471	135,364	135,509	0,1	136,880
515037,7	8682467	136,305	139,553	0,1	137,804
515036,4	8682463	137,436	144,561	0,1	139,055
515035,1	8682458	139,612	149,857	0,1	141,467
515029,6	8682435	146,876	174,893	0,1	148,249
515028,2	8682429	148,272	180,671	0,1	149,711
515027	8682424	149,845	186,738	0,1	151,279
515025,9	8682419	151,271	191,841	0,1	152,592

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
515025	8682414	152,696	196,752	0,1	154,044
515024	8682409	154,636	202,915	0,1	156,190
515023,1	8682405	155,915	207,248	0,1	157,534
515022	8682400	157,620	212,545	0,1	159,110
515020,6	8682394	159,795	218,996	0,1	161,360

C1.7 P3-1

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514799,2139	8682721,514	38,797	1,511	0,1	40,022
514797,9278	8682719,416	38,816	3,972	0,1	40,146
514796,901	8682717,742	39,049	5,936	0,1	40,245
514795,8432	8682716,016	39,300	7,960	0,1	40,347
514794,8579	8682714,409	39,494	9,845	0,1	40,442
514793,7481	8682712,599	39,610	11,968	0,1	40,548
514792,3169	8682710,265	39,475	14,706	0,1	40,686
514791,2278	8682708,489	39,669	16,789	0,1	40,791
514790,1285	8682706,696	39,746	18,893	0,1	40,897
514789,0706	8682704,971	39,959	20,916	0,1	40,999
514788,2616	8682703,651	40,153	22,464	0,1	41,077
514787,4008	8682702,247	40,308	24,111	0,1	41,160
514784,6835	8682697,815	40,754	29,309	0,1	41,421
514783,8745	8682696,496	40,831	30,857	0,1	41,499
514782,9722	8682695,024	40,831	32,583	0,1	41,586
514781,4061	8682692,47	40,870	35,579	0,1	41,737
514779,4977	8682689,358	40,909	39,230	0,1	41,921
514778,2324	8682687,294	41,083	41,651	0,1	42,043
514776,3655	8682684,249	41,180	45,223	0,1	42,222
514775,484	8682682,812	41,316	46,909	0,1	42,307
514774,5609	8682681,306	41,180	48,675	0,1	42,396
514773,8038	8682680,071	41,238	50,123	0,1	42,469
514772,3414	8682677,686	41,354	52,921	0,1	42,610
514771,688	8682676,621	41,102	54,171	0,1	42,673
514770,4953	8682674,675	41,122	56,453	0,1	42,788
514769,4685	8682673,001	41,296	58,417	0,1	42,887
514768,4625	8682671,36	41,374	60,342	0,1	42,984
514767,1764	8682669,262	41,509	62,802	0,1	43,107
514766,0148	8682667,368	41,567	65,025	0,1	43,219
514764,7806	8682665,355	41,819	67,386	0,1	43,338
514763,619	8682663,461	41,955	69,608	0,1	43,450
514762,2142	8682661,693	42,013	71,870	0,1	43,526
514760,4114	8682659,553	41,936	74,668	0,1	43,609
514758,7365	8682657,566	42,071	77,267	0,1	43,685
514757,5858	8682656,2	42,246	79,053	0,1	43,738
514756,3201	8682654,698	42,271	81,017	0,1	43,796

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514755,131	8682653,287	42,211	82,862	0,1	43,851
514753,9164	8682651,845	42,392	84,747	0,1	43,906
514752,8424	8682650,571	42,493	86,414	0,1	43,956
514751,7428	8682649,266	42,190	88,120	0,1	44,006
514750,4259	8682647,703	42,614	90,164	0,1	44,067
514748,9556	8682645,958	42,332	92,446	0,1	44,134
514747,9839	8682644,805	42,796	93,954	0,1	44,179
514746,2451	8682642,741	42,715	96,652	0,1	44,258
514744,698	8682640,906	42,917	99,053	0,1	44,329
514743,5345	8682639,525	42,937	100,859	0,1	44,383
514742,2815	8682638,038	42,897	102,803	0,1	44,440
514739,4815	8682634,715	42,897	107,149	0,1	44,569
514738,5865	8682633,653	42,534	108,537	0,1	44,610
514737,4998	8682632,363	42,574	110,224	0,1	44,659
514736,8733	8682631,62	42,675	111,196	0,1	44,688
514735,4541	8682629,935	42,735	113,399	0,1	44,753
514732,6796	8682626,643	43,200	117,704	0,1	44,881
514731,823	8682625,626	43,442	119,034	0,1	44,920
514730,7234	8682624,321	43,301	120,740	0,1	44,970
514727,9106	8682620,983	43,590	125,105	0,1	45,099
514725,8777	8682618,571	43,449	128,260	0,1	45,193
514723,653	8682615,931	42,976	131,713	0,1	45,295
514721,8759	8682613,821	43,539	134,471	0,1	45,376
514720,2137	8682611,849	43,565	137,050	0,1	45,452
514717,158	8682608,223	43,859	141,792	0,1	45,593
514715,8411	8682606,66	43,526	143,836	0,1	45,653
514713,1945	8682603,519	43,872	147,943	0,1	45,774
514711,5451	8682601,562	44,089	150,503	0,1	45,850
514709,6912	8682599,361	44,256	153,380	0,1	45,935
514708,0291	8682597,389	44,333	155,959	0,1	46,011
514704,9734	8682593,763	44,538	160,701	0,1	46,151
514703,209	8682591,669	44,819	163,440	0,1	46,232
514701,1633	8682589,241	44,755	166,614	0,1	46,326
514699,1304	8682586,828	45,178	169,769	0,1	46,419
514697,3916	8682584,765	45,319	172,468	0,1	46,499
514694,8345	8682581,73	45,408	176,436	0,1	46,617
514692,1879	8682578,589	46,164	180,543	0,1	46,738
514690,7175	8682576,844	46,125	182,825	0,1	46,805

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514688,9148	8682574,705	46,381	185,623	0,1	46,888
514686,575	8682571,928	46,496	189,254	0,1	46,995
514684,7211	8682569,728	46,688	192,131	0,1	47,080
514680,0033	8682564,129	47,021	199,452	0,1	47,297
514673,2525	8682556,118	47,909	209,929	0,1	47,606
514671,7822	8682554,373	47,704	212,210	0,1	47,674
514666,8086	8682548,471	47,730	219,929	0,1	47,902
514664,9931	8682546,316	47,909	222,746	0,1	47,985
514663,7529	8682544,844	48,152	224,671	0,1	48,042
514660,8122	8682541,354	48,370	229,235	0,1	48,177
514658,6259	8682538,76	48,921	232,628	0,1	48,277
514654,9308	8682534,375	49,023	238,362	0,1	48,447
514638,348	8682514,695	50,175	264,097	0,1	49,208
514635,9316	8682511,828	50,265	267,847	0,1	49,318
514632,2365	8682507,443	50,303	273,581	0,1	49,488
514630,0502	8682504,848	50,111	276,974	0,1	49,588
514628,0813	8682502,511	50,226	280,030	0,1	49,678
514624,1177	8682497,808	49,919	286,180	0,1	49,860
514620,0136	8682492,937	49,279	292,550	0,1	50,049
514611,4856	8682482,816	49,727	305,784	0,1	50,440
514609,4527	8682480,404	49,906	308,939	0,1	50,533
514606,9596	8682477,445	50,201	312,808	0,1	50,647
514603,7504	8682473,637	50,687	317,788	0,1	50,795
514600,2472	8682469,479	50,854	323,225	0,1	50,955
514596,2197	8682464,7	51,051	329,475	0,1	51,140
514593,6243	8682461,62	51,256	333,503	0,1	51,259
514591,6169	8682459,237	51,460	336,618	0,1	51,351
514589,3155	8682456,506	51,921	340,190	0,1	51,457
514587,2443	8682454,048	52,037	343,404	0,1	51,552
514583,8945	8682450,073	52,421	348,603	0,1	51,705
514582,1556	8682448,009	52,728	351,301	0,1	51,785
514580,5319	8682446,082	52,459	353,821	0,1	51,860
514579,2533	8682444,565	52,946	355,805	0,1	51,918
514576,9136	8682441,788	52,971	359,436	0,1	52,026
514573,0651	8682437,221	52,728	365,408	0,1	52,202
514569,7793	8682433,322	53,573	370,508	0,1	52,353
514567,6313	8682430,773	54,175	373,841	0,1	52,451
514565,56	8682428,315	54,239	377,056	0,1	52,546

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514563,7445	8682426,16	54,917	379,873	0,1	52,630
514561,2641	8682423,216	54,636	383,722	0,1	52,743
514558,8476	8682420,349	54,674	387,472	0,1	52,854
514557,1088	8682418,285	55,045	390,171	0,1	52,934
514555,4467	8682416,313	54,610	392,750	0,1	53,010
514553,4905	8682413,991	55,071	395,786	0,1	53,100
514547,0338	8682406,329	55,532	405,806	0,1	53,396
514540,9479	8682399,106	55,596	415,251	0,1	53,675
514535,4373	8682392,567	55,634	423,803	0,1	53,928
514533,0337	8682389,714	55,852	427,533	0,1	54,038
514530,1569	8682386,3	55,916	431,997	0,1	54,170
514528,2391	8682384,024	56,018	434,974	0,1	54,258
514526,7304	8682382,234	55,890	437,315	0,1	54,327
514524,5441	8682379,639	56,197	440,708	0,1	54,428
514522,6902	8682377,439	56,133	443,585	0,1	54,513
514521,5651	8682376,104	56,274	445,331	0,1	54,564
514519,4938	8682373,646	56,479	448,545	0,1	54,659
514517,3714	8682371,127	56,454	451,839	0,1	54,757
514515,6837	8682369,124	56,505	454,458	0,1	54,834
514511,2599	8682363,874	56,466	461,323	0,1	55,037
514508,1275	8682360,157	56,108	466,185	0,1	55,181
514505,8644	8682357,471	55,698	469,697	0,1	55,285
514501,6068	8682352,418	55,609	476,304	0,1	55,480
514500,3539	8682350,931	55,839	478,248	0,1	55,537
514499,1137	8682349,46	55,737	480,173	0,1	55,594
514497,4516	8682347,487	55,365	482,752	0,1	55,670
514495,4954	8682345,166	55,276	485,788	0,1	55,760
514493,6415	8682342,966	54,853	488,665	0,1	55,845
514492,657	8682341,797	54,687	490,193	0,1	55,890
514490,7775	8682339,567	54,994	493,110	0,1	55,977
514489,2305	8682337,731	55,071	495,511	0,1	56,048
514487,4149	8682335,576	55,173	498,328	0,1	56,131
514486,6222	8682334,635	55,212	499,558	0,1	56,167

C1.8 P3-2

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514723,6	8682740	32,094	1,354	0,1	65,854
514721,3	8682738	31,736	4,727	0,1	65,891
514719,7	8682736	31,532	7,163	0,1	65,917
514718	8682734	31,302	9,698	0,1	65,945
514717	8682733	31,787	11,175	0,1	65,961
514715,5	8682731	31,685	13,371	0,1	65,985
514714,6	8682730	31,532	14,768	0,1	66,001
514711	8682726	31,532	20,098	0,1	66,059
514709,9	8682725	31,915	21,735	0,1	66,077
514708,4	8682723	31,839	23,871	0,1	66,100
514707	8682722	31,992	26,027	0,1	66,124
514706,1	8682721	32,196	27,325	0,1	66,138
514704,5	8682719	32,196	29,800	0,1	66,165
514703,5	8682718	32,017	31,237	0,1	66,181
514701,7	8682716	32,298	33,912	0,1	66,210
514700,1	8682714	32,017	36,288	0,1	66,236
514698,7	8682713	31,864	38,344	0,1	66,259
514697,6	8682712	31,992	39,921	0,1	66,276
514697	8682711	32,043	40,959	0,1	66,287
514690,2	8682703	32,350	51,060	0,1	66,398
514688,4	8682701	32,120	53,735	0,1	66,427
514685,6	8682698	32,247	57,827	0,1	66,472
514683,5	8682696	32,247	60,941	0,1	66,506
514682,6	8682695	32,324	62,279	0,1	66,520
514681,4	8682694	32,298	64,036	0,1	66,540
514679,1	8682691	32,503	67,569	0,1	66,578
514673,3	8682685	33,039	76,173	0,1	66,672
514672,4	8682684	32,937	77,530	0,1	66,687
514670,5	8682681	32,861	80,524	0,1	66,770
514668,5	8682679	32,937	83,639	0,1	66,859
514667	8682677	33,014	86,014	0,1	66,927
514665,8	8682676	32,988	87,891	0,1	66,981
514662,9	8682672	33,269	92,522	0,1	67,113
514661,3	8682670	33,397	95,137	0,1	67,188
514659,5	8682668	33,653	98,052	0,1	67,272
514658,1	8682666	33,806	100,187	0,1	67,333

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514657,3	8682665	33,755	101,565	0,1	67,372
514655,3	8682663	33,755	104,679	0,1	67,461
514653,4	8682660	33,653	107,733	0,1	67,549
514652	8682658	33,653	109,989	0,1	67,613
514648,6	8682654	33,601	115,379	0,1	67,767
514646,1	8682651	33,653	119,391	0,1	67,882
514644,2	8682649	33,780	122,306	0,1	67,966
514641,6	8682646	34,010	126,458	0,1	68,084
514640,1	8682644	34,189	128,854	0,1	68,153
514639,1	8682642	34,215	130,530	0,1	68,201
514637,5	8682641	34,394	133,006	0,1	68,272
514636	8682639	34,598	135,441	0,1	68,341
514632	8682634	34,853	141,729	0,1	68,521
514630,9	8682632	34,751	143,566	0,1	68,574
514628,8	8682630	34,879	146,800	0,1	68,666
514627,7	8682628	35,032	148,656	0,1	68,720
514626,8	8682627	35,109	150,094	0,1	68,761
514620,3	8682619	37,468	160,340	0,1	69,054
514616	8682614	37,413	167,033	0,1	69,183
514614,1	8682612	37,600	170,030	0,1	69,240
514611,7	8682609	37,699	173,826	0,1	69,311
514609,2	8682606	37,865	177,722	0,1	69,385
514607,6	8682604	38,052	180,120	0,1	69,430
514605,9	8682602	38,008	182,817	0,1	69,481
514603,7	8682599	37,953	186,314	0,1	69,547
514595,5	8682590	38,052	199,001	0,1	69,786
514591,4	8682585	38,173	205,494	0,1	69,909
514589,2	8682582	38,295	208,891	0,1	69,973
514588,4	8682581	38,537	210,090	0,1	69,996
514571,8	8682561	37,986	235,964	0,1	70,484
514569,5	8682558	38,030	239,660	0,1	70,554
514567	8682556	38,140	243,456	0,1	70,625
514556,6	8682543	38,957	259,640	0,1	70,931
514554,8	8682541	39,045	262,537	0,1	71,081
514553,4	8682539	39,277	264,835	0,1	71,215
514550,6	8682536	39,266	269,230	0,1	71,471
514547,6	8682532	39,409	273,926	0,1	71,745
514546,2	8682530	39,607	276,223	0,1	71,878

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
514544,3	8682528	39,641	279,220	0,1	72,053
514542	8682525	39,696	282,817	0,1	72,263
514540,3	8682523	39,861	285,514	0,1	72,420
514538,1	8682520	40,148	289,111	0,1	72,630
514535,3	8682517	40,379	293,506	0,1	72,886
514532,8	8682514	40,346	297,502	0,1	73,119
514531,9	8682513	40,567	298,901	0,1	73,200
514528,6	8682509	40,666	304,096	0,1	73,503
514519,2	8682496	42,033	319,480	0,1	74,347
514517,2	8682494	42,353	322,877	0,1	74,504
514514,7	8682490	42,860	327,272	0,1	74,708
514512,8	8682487	42,563	330,469	0,1	74,856
514510,6	8682484	42,882	334,365	0,1	75,036
514508,8	8682482	43,026	337,562	0,1	75,185
514464,6	8682417	45,033	416,083	0,1	78,117
514462,9	8682414	45,088	419,180	0,1	78,213
514461,7	8682413	45,165	421,178	0,1	78,275
514458,8	8682408	45,110	426,573	0,1	78,444
514454,7	8682402	44,978	433,966	0,1	78,674
514450,8	8682396	45,154	440,759	0,1	78,825
514448,4	8682393	45,088	444,955	0,1	78,899
514444,7	8682388	45,287	451,348	0,1	79,013
514441,3	8682383	45,331	457,242	0,1	79,117
514437,3	8682377	45,397	464,335	0,1	79,242
514436,5	8682376	45,496	465,734	0,1	79,267
514433,6	8682372	45,827	470,729	0,1	79,356
514430,1	8682367	45,827	476,823	0,1	79,463
514428,4	8682364	45,706	479,820	0,1	79,516
514424,2	8682359	45,617	486,213	0,1	79,684

C1.9 P4

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
515202,112	8682572	100,904	161,720	0,1	102,668
515195,4943	8682572	101,821	168,388	0,1	103,210
515191,2034	8682572	101,795	172,668	0,1	103,173
515187,228	8682572	101,742	176,649	0,1	103,090
515183,4547	8682571	101,402	180,431	0,1	102,811
515179,7791	8682571	101,232	184,113	0,1	102,639
515176,8283	8682571	101,232	187,099	0,1	102,781
515173,0984	8682570	101,703	190,881	0,1	102,960
515169,8363	8682570	101,507	194,165	0,1	102,680
515165,4678	8682569	101,271	198,544	0,1	102,741
515159,9683	8682570	101,493	204,118	0,1	103,313
515157,4097	8682570	101,742	206,706	0,1	103,517
515151,9802	8682571	102,240	212,180	0,1	103,819
515146,1613	8682572	102,240	218,052	0,1	103,795
515140,1478	8682573	102,462	224,123	0,1	103,580
515134,8086	8682573	102,671	229,497	0,1	103,875
515124,4241	8682574	103,365	239,947	0,1	104,525
515112,5056	8682576	102,711	252,090	0,1	103,859
515108,5711	8682577	102,514	256,071	0,1	103,905
515103,7473	8682578	103,588	260,947	0,1	104,830
515095,2852	8682579	104,242	269,507	0,1	105,563
515089,9595	8682579	104,033	274,881	0,1	105,176
515085,6209	8682580	103,933	279,260	0,1	104,922
515077,7475	8682581	103,292	287,222	0,1	104,328
515072,3919	8682581	103,004	292,597	0,1	104,399
515063,4656	8682582	103,397	301,554	0,1	104,645
515055,6515	8682583	103,318	309,417	0,1	104,648
515050,607	8682583	103,554	314,492	0,1	104,650
515043,6198	8682583	103,501	321,459	0,1	104,889
515037,6543	8682583	103,331	327,431	0,1	105,119
515031,8919	8682583	103,685	333,203	0,1	105,446
515030,1033	8682583	104,077	334,995	0,1	105,540
515026,0249	8682583	104,418	339,075	0,1	105,679
515021,2512	8682583	105,007	343,853	0,1	105,859
515018,1797	8682583	104,745	346,938	0,1	105,874

X (UTM33)	Y (UTM33)	TOLKET KOTE	XDIST	USIKKERHET	TERRENGKOTE
515010,6599	8682582	104,778	354,502	0,1	105,817
515004,5393	8682581	104,817	360,672	0,1	105,901

Vedlegg D

METODEBESKRIVELSE

Innhold

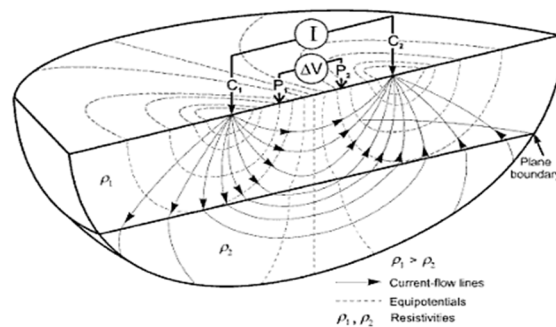
D1 Metodebeskrivelse ERT og GPR	2
D1.1 Elektroresistiv tomografi (ERT)	2
D1.2 Georadar (GPR)	3

D1 Metodebeskrivelse ERT og GPR

Geofysiske grunnundersøkelser er en indirekte metode som tar utgangspunkt i fysiske overflatemålinger, hvor disse danner et beregningsgrunnlag for en tomografmodell og deretter en geologisk tolkning av de fysiske parametere. Selve beregningen av tomografien er matematisk sett flertydig og dermed vil forskjellige beregningsmåter levere forskjellige resultater.

D1.1 Elektroresistiv tomografi (ERT)

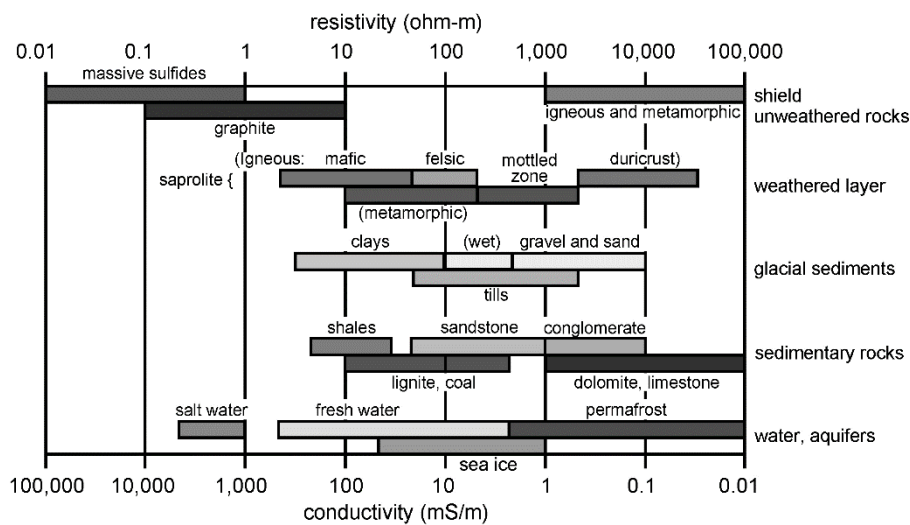
Elektroresistiv tomografi (ERT) er en geofysisk metode som benytter likestrøm til å måle grunnens resistivitetsfordeling. Her sendes strøm i undergrunnen ved hjelp av stålelektroder som installeres 10-20 cm ned i bakken (merket C, se Figur 1). Et annet elektrodepar (merket P) måler potensialforskjellene mellom injeksjonspunktene, hvor den målte resistansen gjenspeiler motstanden i den elektriske kretsen. Ved å prosessere dataene og foreta en inversjonsalgoritme genereres en to- eller tredimensjonal resistivtetsmodell av grunnen.



Figur 1: Prinsipp for ERT-målinger

Oppløsningen er bestemt av avstand mellom elektrodene, mens maksimal dybde er avhengig av både profillengde og elektrodeavstand. Et generelt anslag for undersøkelsesdybden er 10-20 % av profillengden avhengig av jordens resistivtetsfordeling. NGI sitt instrument er i stand til å rekke ned til maksimalt 70 meters dybde.

Resistivtetsfordelingen i bakken varierer vanligvis mye og bestemmes hovedsakelig av sedimentene og bergartene (litologien) i området. ERT gjør oss derfor i stand til å skille mellom forskjellige typer materialer, alt fra ledende leire til resistivt berg. Figur 4 viser typiske resistivtetsverdier for forskjellige geologiske materialer.



Figur 2: Typiske resistivetsverdier for geologiske materialer. Konduktivitet er den inverse av resistivitet.

Inversjon

De endelige ERT-profilene fremkommer ved å konstruere en resistivetsmodell basert på et rutenett, hvor hver celle består av én resistivitet. Hensikten med inversjon er å finne en modell som representerer de målte verdiene best mulig. Denne prosedyren er iterativ på den måten at hver iterasjon søker å minimere avstanden mellom de målte verdiene og de beregnet ved inversjon. Modellen endres og prosedyren kjøres igjen og igjen inntil en tilfredsstillende lav RMS (root-mean-square) verdi oppnås.

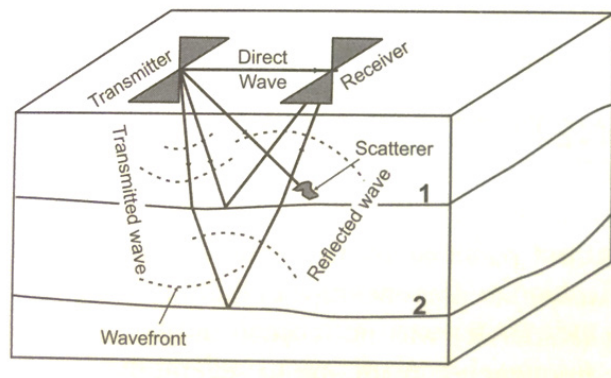
Normalt passer en såkalt robust inversjon bedre til data med store resistivetsvariasjoner. En robust inversjon er dermed egnet til å lokalisere grenseflater mellom forskjellige soner. Imidlertid kan ikke-fysikalske effekter (resistivetsfordelinger som er et resultat av inversjonen og ikke faktiske lagdelinger i bakken) oppstå fordi metoden tillater oscillasjoner mellom nærliggende celler som gir bedre samsvar med dataene, men som ikke stemmer med grunnens resistivetsfordeling. En tilsvarende overdrevet forskjell i verdiene i to nabosoner kan også oppstå dersom det foreligger en fysisk grenseflate som innebærer at et stort resistivetsprang må gjengis.

D1.2 Georadar (GPR)

Georadar (GPR) er en elektromagnetisk impulsrefleksmetode som baserer seg på de samme prinsippene som refleksjonsseismikk. Høyfrekvente (typisk fra flere MHz og opp til et par GHz) elektromagnetiske bølger sendes inn i et materiale og deretter måles tiden de reflekterte bølgene bruker på å komme tilbake igjen, samt disse bølgegenes signalstyrke (Figur 3). Refleksjoner forekommer dersom bølgene går inn i et nytt materiale med ulik elektrisk ledningsevne og elektrisk permittivitet enn det forrige. I godt ledende

materialer som leire, marin silt og (sjø)vann blir signalet sterkt dempet, mens i dårlig ledende materialer som kompetent fjell, is eller tørr sand/grus penetrerer signalet dypere.

Styrken på det reflekterte signalet avhenger av kontrasten i permittivitet og i ledningsevne mellom de to materialene. Objekter i bakken (for eksempel oljefat, større stein og lignende) gir diffraksjoner som fremkommer som hyperbler i radargrammene. Slike hyperbler brukes for å bestemme gjennomsnittlig hastighet i grunnen.



Figur 3: Prinsipp GPR målinger

Oppløsningen et georadarsystem kan gi er avhengig av antennefrekvensen. Høyere frekvenser tillater høyere oppløsning, men rekker ikke så langt ned i bakken (avhengig av materialets elektriske ledningsevne). Lavere frekvenser gir dårligere oppløsning, men penetrerer dypere. Derfor er det svært viktig å velge riktig antenne for den aktuelle problemstillingen.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Geofysisk kartlegging av permafrost og dybde til berg ved hjelp av ERT og gravimetri		Dokumentnr./Document no. 20170299-03-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client	Dato/Date 2017-12-14
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Feltnavn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2017-10-30 Jürgen Scheibz	2017-12-08 Kjersti Gisnås	2017-12-11 Asgeir O. K. Lysdahl	2017-12-12 Regula Frauenfelder

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 14. desember 2017	Prosjektleder/Project Manager Ulrik Domaas
--	---------------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

