

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·

NGU RAPPORT

2021.029

Bakkegeofysiske målinger ved Elvål,
Rendalen kommune, Innlandet



| | | |
|---|---|---|
| Rapport nr.: 2021.029 | ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online) | Gradering: Åpen |
| Tittel: Bakkegeofysiske målinger ved Elvål, Rendalen kommune, Innlandet | | |
| Forfatter: Bjørn Eskil Larsen & Georgios Tassis | Oppdragsgiver: NVE | |
| Fylke: Innlandet | Kommune: Rendalen | |
| Kartblad (M=1:250.000) Lillehammer | Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1918-4 Hanestad | |
| Forekomstens navn og koordinater: Elvål: UTM Z32, X=607920, Y=6868120 | Sidetall: 25 Kartbilag: | Pris: 100 |
| Feltarbeid utført: Vår 2021 | Rapportdato: 06.04.22 | Prosjektnr.: 388000 |
| | | Ansvarlig: <i>Marco Brønner</i> |
| Sammendrag: <p>NGU har i samarbeid med NVE utført resistivitets- og georadar-målinger ved Elvål. Til sammen er det gjort 5 km georadar fordelt på 7 profiler og 1,7 km resistivitet fordelt på 3 profiler. Målet med undersøkelsene var å karakterisere løsmasstype og finne dyp til fjell. Georadar ble brukt siden metoden egner seg godt til å kartlegge avsetningsstrukturer, grunnvannstand og dyp til fjell. Resistivitet utnytter de elektriske egenskapene til løsmassene. Finkornige løsmasser leder strøm bedre enn grovkornige masser og fast fjell. I tillegg leder også vannholdige løsmasser strøm bedre enn tørre.</p> <p>Undersøkelsene viser at det er mektige grove løsmasser som sand og grus som dominerer. Enkelte siltige lag kan tolkes fra GPR-data. ERT målinger har påvist morene under de sandige massene basert på nedsatt resistivitet i morenelaget. GPR-profiler mister dybdepenetrasjon i dypet, noe som er typisk for morene. Kun i de nordligste profiler er det påvist fjell og resten av profilene viser sand/grus over morene med vannspeil som følger nivået til Tysla.</p> | | |
| Emneord: Georadar | Resistivitet | Kvartærgeologi |
| Dyp til fjell | Løsmasser | |
| | | Fagrapport |

Innholdsfortegnelse

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. Innledning..... | 5 |
| 2. Metodikk og datafangst..... | 6 |
| 2.1. Elektrisk resistivitet..... | 6 |
| 2.2. Georadar..... | 7 |
| 3. Resultater og tolkninger..... | 9 |
| 3.1. Resistivitet..... | 9 |
| 3.2. Georadar..... | 14 |
| 4. Oppsummering..... | 24 |
| 5. Referanser..... | 25 |

Figuroversikt

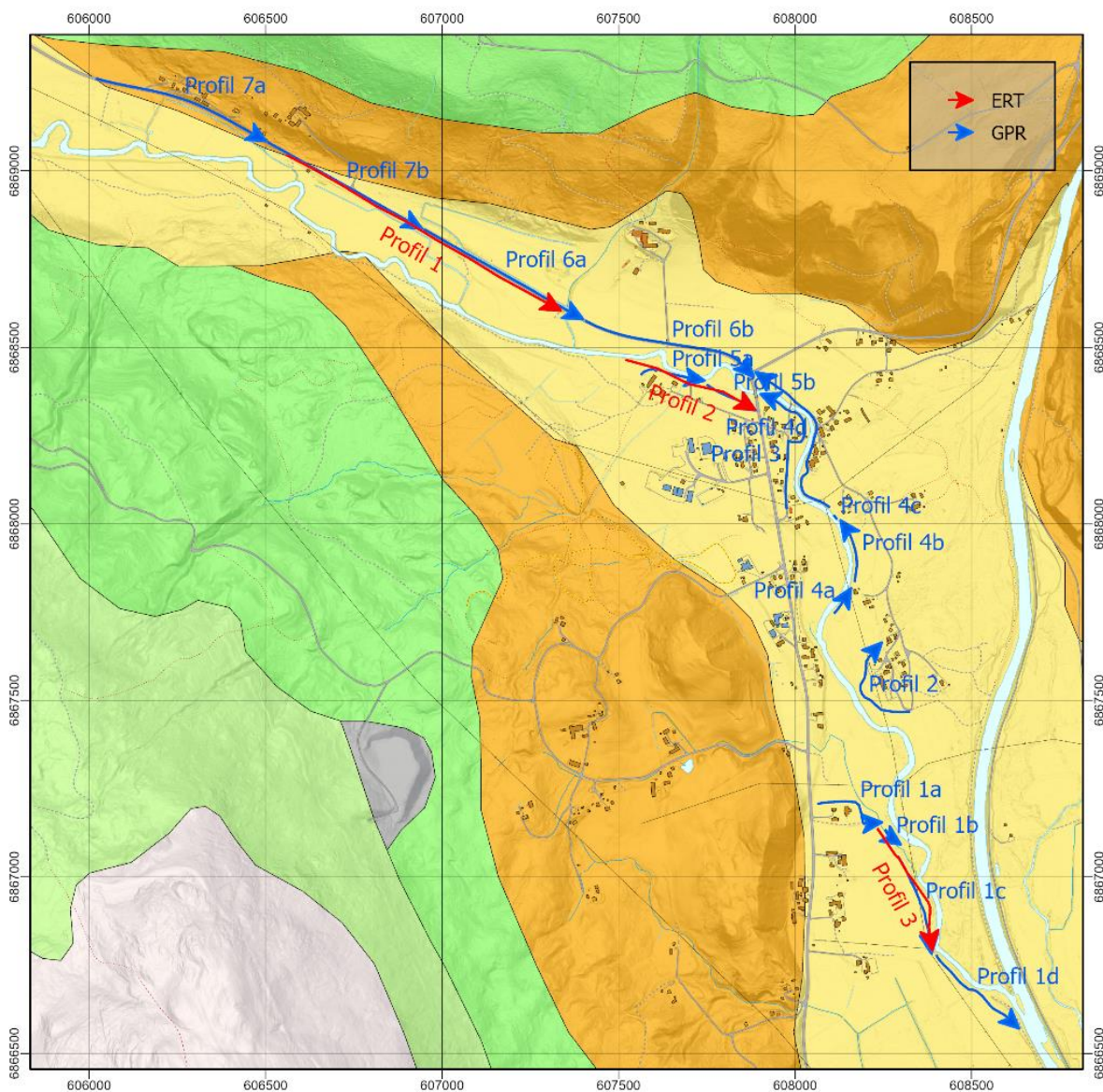
| | |
|---|----|
| Figur 1: Oversiktskart med bakkegeofysiske målinger | 5 |
| Figur 2: LUND-systemet med 4 multi-elektrode kabler. Figuren viser også hvordan roll-along systemet fungerer..... | 6 |
| Figur 3: Foto fra gård ca 100 m nordvest for starten av ERT Profil 3. (Foto: Line Haukanes, NVE)..... | 11 |
| Figur 4: ERT Profil 1-3 målt ved Elvål med tolket dyp til vannspeil (blå stiplet linje) og eventuelt fjell (sort stiplet linje). Stratigrafi fra boringer er plottet på toppen..... | 12 |
| Figur 5: ERT Profil 1-3 målt ved Elvål med tolkninger fra ERT og strukturer fra GPR..... | 13 |
| Figur 6: GPR Profil 1. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal..... | 15 |
| Figur 7: GPR Profil 2. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal..... | 16 |
| Figur 8: GPR Profil 3. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal og lilla linjer er grunnvannsnivå..... | 17 |
| Figur 9: GPR Profil 4. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal og lilla linjer er grunnvannsnivå. Støy er fremhevet med grønn farge..... | 18 |
| Figur 10: GPR Profil 5. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal..... | 19 |
| Figur 11: GPR Profil 6. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal og lilla linjer er grunnvannsnivå. Støy er fremhevet med grønn farge..... | 20 |
| Figur 12: GPR Profil 7. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal. Støy er fremhevet med grønn farge..... | 21 |
| Figur 13: GPR Profil 1 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene..... | 22 |
| Figur 14: GPR Profil 2 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene..... | 22 |
| Figur 15: GPR Profil 3 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene..... | 22 |
| Figur 16: GPR Profil 4 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene..... | 23 |
| Figur 17: GPR Profil 5 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene..... | 23 |
| Figur 18: GPR Profil 6 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, lilla: morene..... | 24 |
| Figur 19: GPR Profil 7 samtolket med stratigrafi fra borehull. GPR Profil 6 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, lilla: morene..... | 24 |

Tabelloversikt

| | |
|---|---|
| Tabell 1: Tabellen viser lengde og elektrodeavstand for målte profiler..... | 7 |
| Tabell 2: Resistivitetsverdier i utvalgte materialer. (Reynolds, 2011)..... | 7 |
| Tabell 3: Georadar-profilene målt ved Elvål..... | 8 |

1. Innledning

Som en del av forundersøkelser som gjøres i forbindelse med bygging av flomvoller i Elvål ved utsatte steder langs elvene Tysla og Unsetåa har NGU utført georadar (GPR)- og resistivitets (ERT)-målinger. Målet er å karakterisere løsmasstype og mektighet slik at dette kan sammenliknes med kjente permeabilitetsverdier og på den måte kan det være mulig å tolke permeabilitet ut fra de geofysiske målingene.

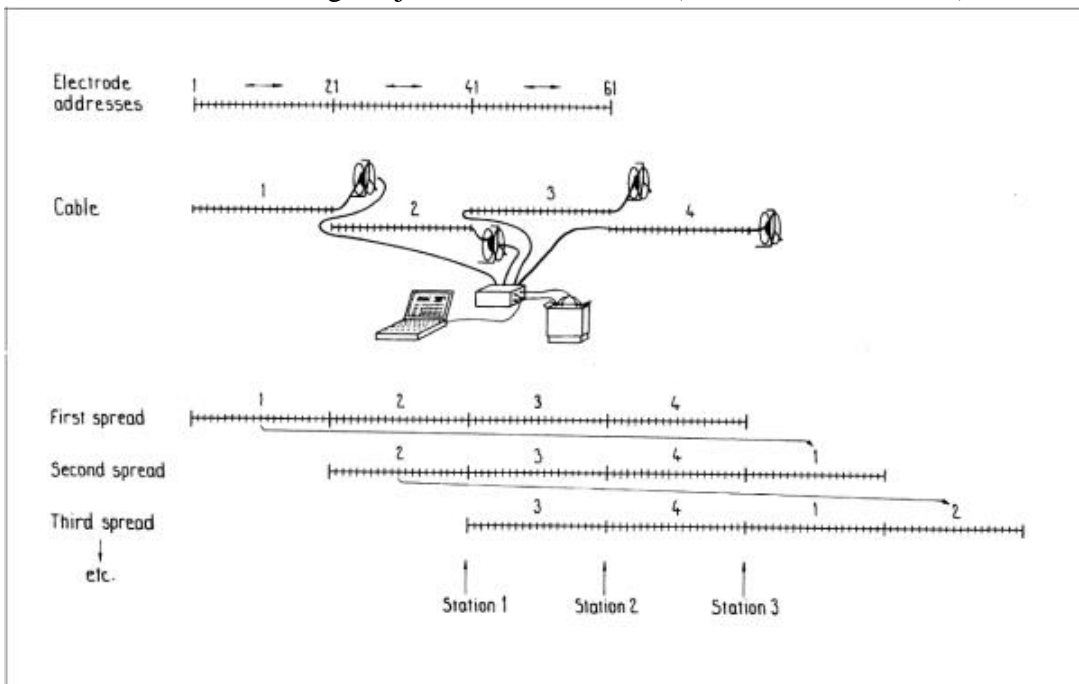


Figur 1: Oversiktskart med bakkegeofysiske målinger

2. Metodikk og datafangst

2.1. Elektrisk resistivitet

Elektrisk Resistivitet Tomografi (ERT) utføres ved å sende strøm mellom et elektrodepar samtidig som det måles potensial og motstand mellom et annet elektrodepar. Basert på strømstyrke, målt spenning og elektrodene posisjon i forhold til hverandre (geometrisk faktor) beregnes tilsynelatende resistivitet. Utstyret brukt i undersøkelsene er utført med Lund kabelsystem (Dahlin, 1993) og ABEM Terrameter LS (ABEM, 2012). Som vist i Figur 2, kobles fire multielektrode-kabler med 21 elektroder hver til instrumentet, så kjøres en protokollfil med elektrodekonfigurasjoner. I denne undersøkelsen ble elektrodekonfigurasjonen Gradient Pluss (Dahlin & Zhou, 2006) brukt.



Figur 2: LUND-systemet med 4 multi-elektrode kabler. Figuren viser også hvordan roll-along systemet fungerer.

Oppløsning på datasettet styres av elektrodeavstanden. Mindre elektrodeavstand gir høyere oppløsning, men det er på bekostning av dybdepenetrasjon. Ved 5 m elektrodeavstand vil fullt utlegg være 400 m langt og pålitelig dybdepenetrasjon være ca. 70 m. Tabell 1 viser lengde og elektrodeavstand for alle profiler.

Tabell 1: Tabellen viser lengde og elektrodeavstand for målte profiler.

| Navn | Lengde | Retning | Elektrodeavstand |
|----------|--------|------------|------------------|
| Profil 1 | 900m | Vest → Øst | 5m |
| Profil 2 | 400m | Vest → Øst | 5m |
| Profil 3 | 400m | Nord → Sør | 5m |

Målte verdier er *tilsynelatende resistivitet* og må inverteres for å få sann resistivitet. All data er invertert med Res2DInv (Loke, 2017) med robust databegrensing.

Ved bruk av ERT kan det forventes å avdekke sprekker, løsmassetykkelse, grunnvannstand samt grenser mellom geologiske enheter (både løsmasser og bergarter) hvor det forekommer en forskjell i elektriske egenskaper. Tabell 2 viser resistivitetsverdier i utvalgte geologiske materialer. Det tas et forbehold om nøyaktigheten langs dybde-dimensjonen. Nøyaktigheten vil minske med dypet, men generelt er nøyaktigheten i øverste halvdel av profilet godt under elektrodeavstanden.

Tabell 2: Resistivitetsverdier i utvalgte materialer. (Reynolds, 2011)

| Materiale | Resistivitet (Ωm) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Marin leire | 1 - 20 |
| Utvasket marin leire (Kvikkleire) | 10 - 100 |
| Silt | 80 - 120 |
| Sand (Vannholdig) | 120 - 3000 |
| Sand (Tørr) | > 3000 |
| Morene | 100 - 13000 |
| Fjell | 1000 - 13000 |

2.2. Georadar

Et georadarsystem består av en sender- og en mottaker-antenne som er koblet opp mot en datalogger via fiberoptiske kabler. Ved måling sendes et elektromagnetisk signal (radiobølge) fra senderen ned i bakken. Dette signalet kan reflekteres når det passerer grenser mellom enheter hvor hastigheten til signalet endres. Den reflekterte bølgen kan da returnere til overflaten hvor den registreres av mottakerantennen. Hvert slikt sett målinger kalles et «trace» og til sammen utgjør disse enkeltmålingene en målelinje. Systemene som er brukt i denne undersøkelsen er Malå RTA (Snake) med 100 MHz antenner med Malå ProEx kontroll-enhet (Malå Geoscience AB, 2015) og Sensor & Software pulseEKKO PRO - Ultra Rx med 100 MHz antenner (Sensor & Software, 2005).

I Snake-systemet er antennene lagt inn i en slange som slepes etter operatøren. Systemet gjør en måling ved et fast intervall, i denne undersøkelsen 0.25 m, som utløses ved hjelp av en tynn hyssing som knyttes fast i bakken og dermed dras ut gjennom en spole mens operatøren går langs målelinja. Systemet logger også posisjon med integrert GPS for hvert målepunkt.

I Sensor & Software sitt system er antennene festet under en vogn, på den måten kan undersøkelsen utføres raskt og effektivt der terrenget tillater det. Systemet har også et sender- og mottaker-system som gir veldig høyt oppløselig data. Målinger utføres ved at et odometerhjul i det ene hjulet på vognen sender et triggingsignal ved fast intervall på 0.25 m.

Til sammen ble det målt sju linjer på til sammen ca. 5 km, informasjon om disse linjene kan sees i Figur 1 og Tabell 3.

Tabell 3: Georadar-profilene målt ved Elvål.

| Navn | Lengde | Retning | Trace avstand | System |
|--------------------------------|--------|-------------------|---------------|--|
| Profil 1a, b, c & d | 934 m | Sørøst → Nordvest | 0.25 m | Malå RTA |
| Profil 2 | 327 m | Sør → Nord | 0.25 m | Malå RTA |
| Profil 3 | 446 m | Sør → Nord | 0.25 m | Sensors & Software PulseEKKO PRO |
| Profil 4a, b, c & d | 846 m | Sør → Nord | 0.25 m | Malå RTA (a, b & c) Sensors & Software PulseEKKO PRO (d) |
| Profil 5a & b | 359 m | Vest → Øst | 0.25 m | Malå |
| Profil 6a & b | 1048 m | Vest → Øst | 0.25 m | Sensors & Software PulseEKKO PRO |
| Profil 7a & b | 1033 m | Sør → Nord | 0.25 m | Sensors & Software PulseEKKO PRO |

3. Resultater og tolkninger

I dette kapitlet presenteres resultater og tolkninger av ERT- og GPR-data. Resistivitetsprofilene presenteres i Figur 4 og Figur 5 og georadar i Figur 6 til 12. Samtolkning mellom borehull og georader presenteres i Figur 13 til og med Figur 19.

3.1. Resistivitet

ERT Profil 1 viser i overflaten i vest veldig høy resistivitet, over 5000 Ωm , noe som samsvarer med tørr sand. Ved ca 5 meters dyp er et lag med lavere resistivitet, dette er tolket som overgang til vannmettete masser. Lengre øst langs profilet fortsetter nivået til vannspeilet på mer eller mindre samme nivå frem til ca. 500 m hvor det er et område med lav resistivitet. Dette stammer sannsynligvis fra noe ikke-geologisk som for eksempel støy fra rørledninger eller elektrisk anlegg. Vannspeilet dukker opp igjen ved ca. 580 m og kan følges helt til enden av profilet. Løsmassene over vannspeilet viser i dette området lavere ledningsevne enn noe annet sted i området, noe som kan skyldes finere løsmasser eller rikere jordsmonn. Multiconsult har utført løsmasseboringer ved utvalgt lokasjoner ved planlagte sikringsanlegg (Overgård & Lyse, 2021). Resultatene fra disse boringene er plottet på de geofysiske profilene der de ligger på eller nær profillinjene. Langs ERT Profil 1 ble det boret to hull. Boring 1-2 er ca 15 meter dyp og har siltig og organisk materiale de øverste metere, mens resten av materialet er tolket som morene (Overgård & Lyse, 2021). Dette laget samsvarer veldig godt et område under vannspeilet som har forhøyet ledningsevne. Når strukturer fra GPR-målinger plottes på ERT (Figur 5) kommer det frem at dette laget også viser avsetningsstrukturer, noe som kan tyde på elveavsetninger. Under disse avsetningene er et område hvor resistiviteten igjen er lavere. Dette er tolket til å være en morene som har høyere innhold av finkornig materiale og har dermed høyere elektrisk ledningsevne. Dette morenelaget har en mektighet på ca 40 – 50 meter i vest før det ved ca 500 meter møter en fjellterskel. Øst for fjellterskelen blir morenelaget igjen mektigere. Dybden til fjell varierer og ved 500 m dukker en fjellterskel opp og er mulig å følge til ca. 600 m hvor den igjen blir diffus og er vanskelig å følge østover. Resistiviteten i morenelaget varierer både lateralt og vertikalt, dette er vanlig for morener da innholdet av finere, mer elektrisk ledende masser kan variere. Figur 5 viser ERT profilene med tolkninger fra GPR-målingene langs samme linje. GPR-profil 7b og 6a dekker ERT profil 1. Her vises i vestre del skrålag som heller mot øst mens det lengre mot vest går over til horisontale lag. Denne lagdelingen kan følges inn i morenelaget, noe som kan tyde på at det er fluviale masser ned til ca 265 moh. Under denne horisonten

Basert på ERT og GPR målinger vil det være naturlig å tolke løsmassene i hele området som sandig, bortsett fra området med de lave resistivitetsverdier i østre del av ERT Profil 1, hvor det er finere masser på toppen.

Tolket stratigrafi langs ERT Profil 1:

1. Tørr sand i overflaten, noe siltinnhold
2. Vannspeil markert med blå linje
3. Vannmettet siltig sand
4. Vannmettet grove masser med avsetningsstrukturer, mellom blå og grønn linje
5. Morene mellom grønn og svart linje
6. Fjell, under svart linje

ERT Profil 2 viser i vestre del en elektrisk ledningsevne i overflaten som er noe bedre enn resten av profilet. Dette skyldes bedre jordsmonn enn resten av linja, noe som også ble observert under målingene. De første 100 m er dominert av tidligere dyrket mark, mens resten stort sett består av tørr sand og grus. Ifølge boringer ligger vannspeilet ved ca 2 meters dyp. Dette samsvarer godt med nivået på elva som renner rett ved. Den vestlige del av profilen har i overflaten lavere resistivitet enn resten av profilet. Dette skyldes nok høyere siltinnhold i vestre del. De resterende overflatenære avsetninger består nok av grove sandige avsetninger med veldig lavt siltinnhold. Ved mellom 10 og 15 meters dyp går en veldig skarp grense til et område med veldig lav resistivitet. Verdier mellom 500 og 1500 Ωm tyder på varierende siltinnhold, manglende strukturer fra GPR i dette laget er med på å underbygge forhøyet siltinnhold. Profilet passerer et hus ved mellom 100 og 200 m og passerer et strømgjerde ved ca. 280 m. Disse områdene er markert med piler på Figur 4 og indikerer støy. Det fins to områder i de dypeste deler av profilet som har forhøyet resistivitet, noe som kan være en indikasjon på fjellterskel, men i dette tilfellet antas disse å skyldes forstyrrelser fra tidligere nevnte infrastruktur. Profilet har også noe høyere RMS error (10.8%) enn de to andre profilene, noe som er typisk ved forstyrrelser fra infrastruktur. I dette området er det mer enn 50 m mektighet på løsmassene.

GPR-tolkningene vist i Figur 5 viser skrålag som faller mot øst. Dette samsvarer med avsetningsmønster som forventes fra elveavsetninger i denne dalen. GPR mister også mye av signalet akkurat ved tolket vannspeil, noe som også forventes siden elektromagnetiske bølger mister energi mye raskere i vann enn ved tørre forhold.

Også langs ERT Profil 2 er dominerende løsmasse-type tolket til grus og sandige masser, med vannspeil på ca 10-12 m dyp. De første 100 profilmeter viser i overflaten lavere resistivitet enn resten av profilet og dette er tolket til rikt jordsmonn men mulig høyere leirinnhold. Verken ERT eller GPR gir tydelig svar på dyp til fjell og det antas å være utenfor rekkevidden til disse metodene med brukte oppsett, dvs mer enn 50 m med løsmasser.

Tolket stratigrafi langs ERT Profil 2:

1. Tørr sand/grus i overflaten, høyt siltinnhold i vest
2. Vannspeil ved 2-3 meter
3. Vannmettet sand/grus
4. Morene
5. Dyp til fjell ikke påvist

ERT Profil 3 viser jordsmonn nær overflaten med resistivitetsverdier under $1000 \Omega\text{m}$. Disse ligger over et lag med høy resistivitet som tolkes til å være tørre sandige masser. Vannspeil er på ca. 15 m dyp og det vises ingen tegn på fjelloverflate. Det vil si at også her er mektigheten til løsmassene mer enn 50 m. GPR-tolkningene viser kun horisontale reflektorer og også her forsvinner dybdepenetrasjon ved tolket vannspeil.

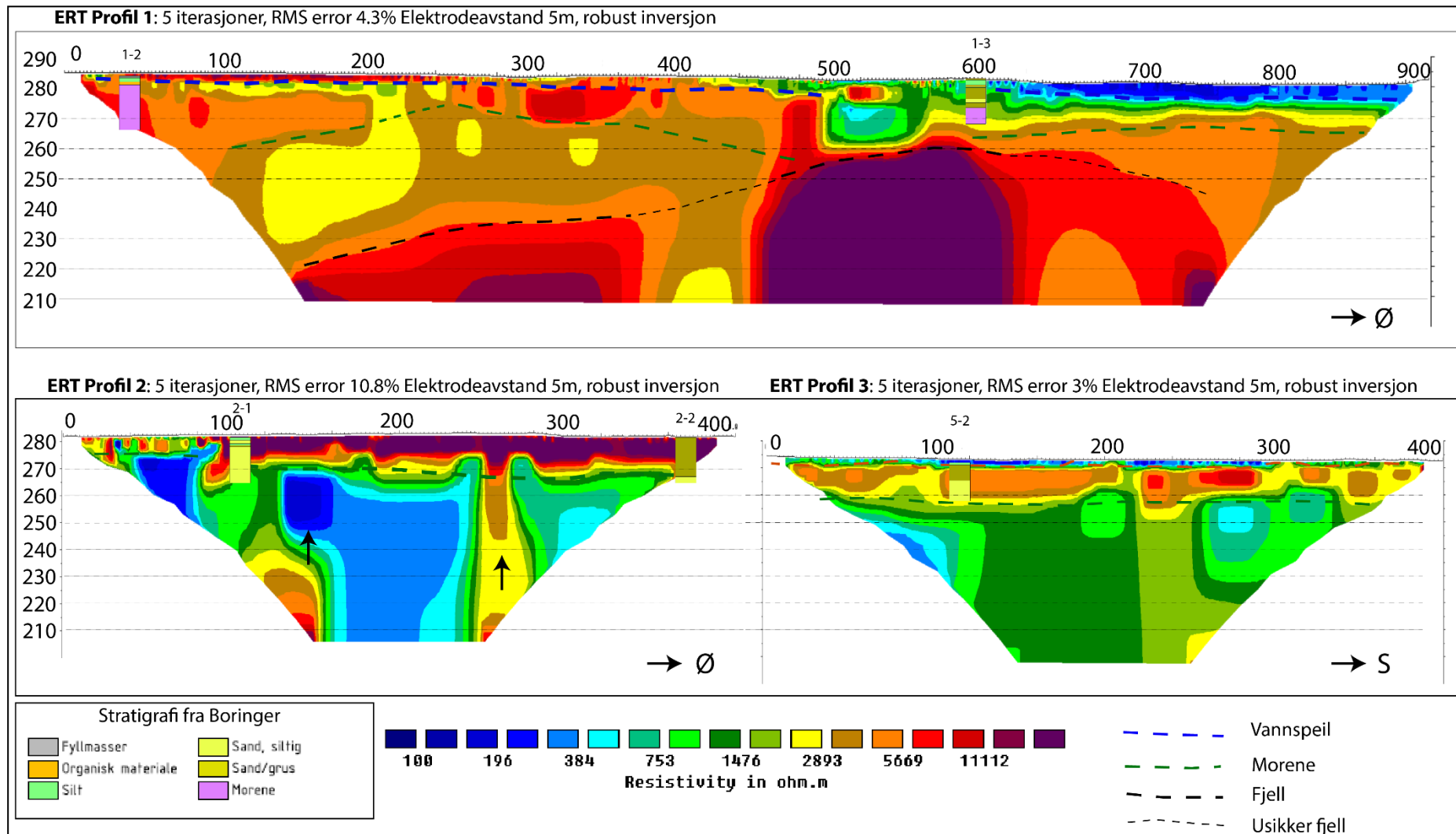
ERT Profil 3 domineres av grus og sandige avsetninger som vist på Figur 3. Det kan være variasjon i kornstørrelse på avsetningene noe som kan forklare varierende resistivitet både over og under vannspeil. I områder med lavere resistivitet vil det da være finere kornstørrelse.

Tolket stratigrafi langs ERT Profil 3:

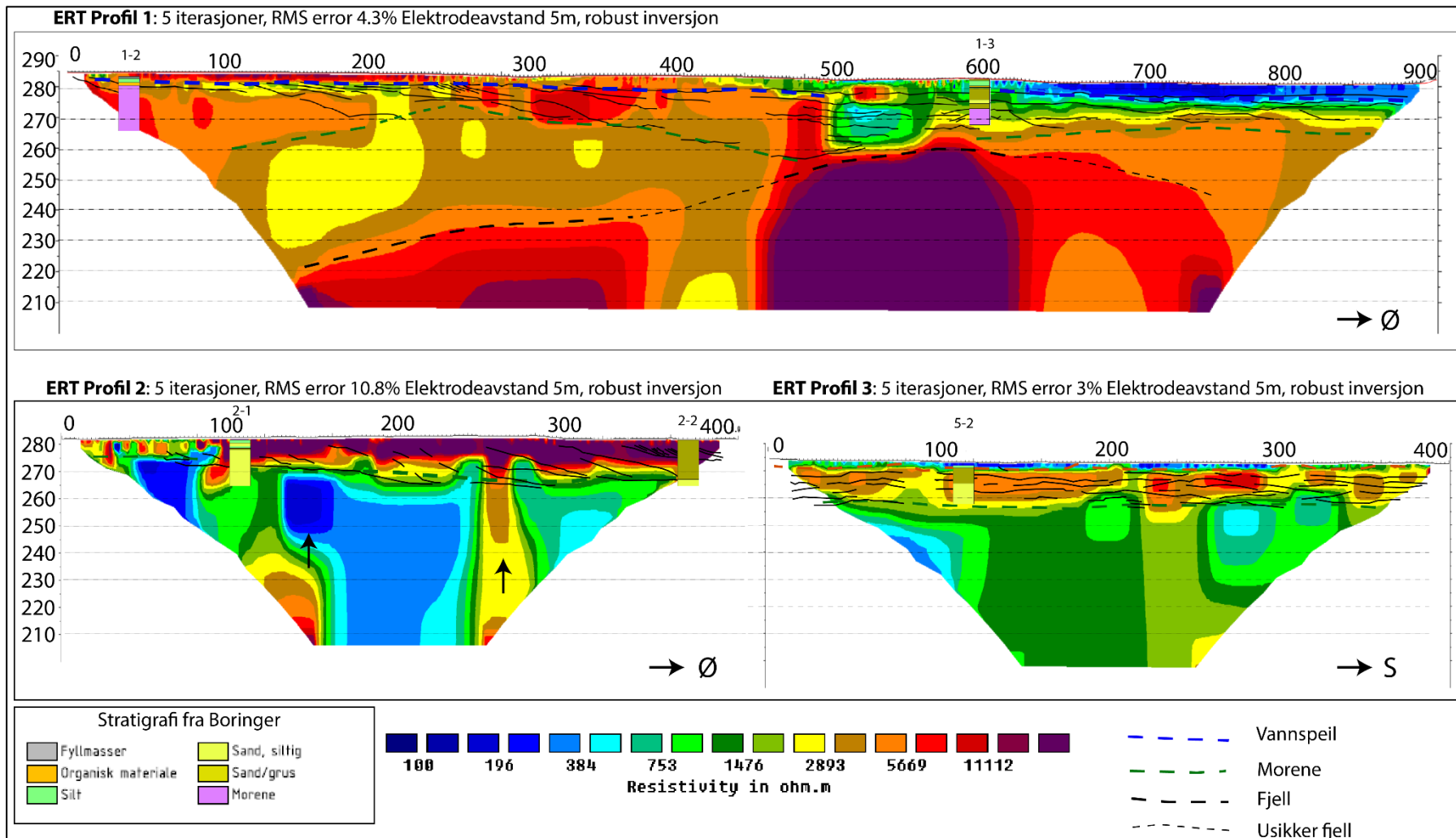
1. Jordsmonn i overflaten
2. Vannspeil ved ca 2 meter
3. Vannmettet sand/grus
4. Morene
5. Dyp til fjell ikke påvist



Figur 3: Foto fra gård ca 100 m nordvest for starten av ERT Profil 3. (Foto: Line Haukanes, NVE)



Figur 4: ERT Profil 1-3 målt ved Elvål med tolket dyp til vannspeil (blå stiplet linje) og eventuelt fjell (sort stiplet linje). Stratigrafi fra borerer er plottet på toppen.



Figur 5: ERT Profil 1-3 målt ved Elvål med tolkninger fra ERT og strukturer fra GPR.

3.2. Georadar

GPR Profil 1a-d (Figur 6) er den sørligste av alle målte profiler og består i all hovedsak av reflektorer som ikke viser noe tydelig avsetningsmønster. Del b og c følger samme linje som ERT Profil 3 og samtolkningen viser at GPR mister penetrasjon ved ca. 15 m dyp, der hvor ERT påviser vannspeil. Del a og d skiller seg ikke nevneverdig ut i forhold til disse delene. Det er ikke mulig å påvise noe dyp til fjell langs dette profilet.

GPR Profil 2 (Figur 7) ligger 250 m nord for GPR Profil 1 og går rundt et gårdstun. Mønsteret på reflektorene skiller seg lite fra det som er observert i GPR Profil 1. De reflektorer som er synlige er hovedsakelig horisontale og ikke mulig å følge mer enn noen titalls meter. Midtre del av profilet, rundt området som er merket med «støy», har færre reflektorer enn omkringliggende områder. Dette kan skyldes lokalt finere masser. Nevnte støy kommer fra nærliggende bygning som reflekterer bølger som ikke går i bakken, men gjennom lufta.

GPR Profil 3 (Figur 8) ligger like vest for GPR Profil 4. Mens GPR Profil 1 og 2 er samlet inn med Malå sitt Snake-system er GPR Profil 3 samlet inn med Sensor & Software sitt pulseEKKO system. Derfor er det bedre oppløsning på datasettet og flere og dypere reflektorer er synlige. På ca. 9m dyp er det en veldig klar sammenhengende horisontal reflektor, dette er vannspeilet. De første 100 metere av profilet har kraftigere reflektorer som er tydelige selv på dyp større enn 40 m. Dette kan være grovere masser som ikke svekker signalet på samme måte som de finere massene lengre nord gjør. Mellom 200 og 300 meter fins det strukturer som former et trau, men siden profilet har knekkpunkter og skifter retning markert med svarte vertikale streker, så faller ikke reflektorene mot hverandre slik bildet gir inntrykk av. Fallretningen til disse reflektorene er alle mot sør-øst.

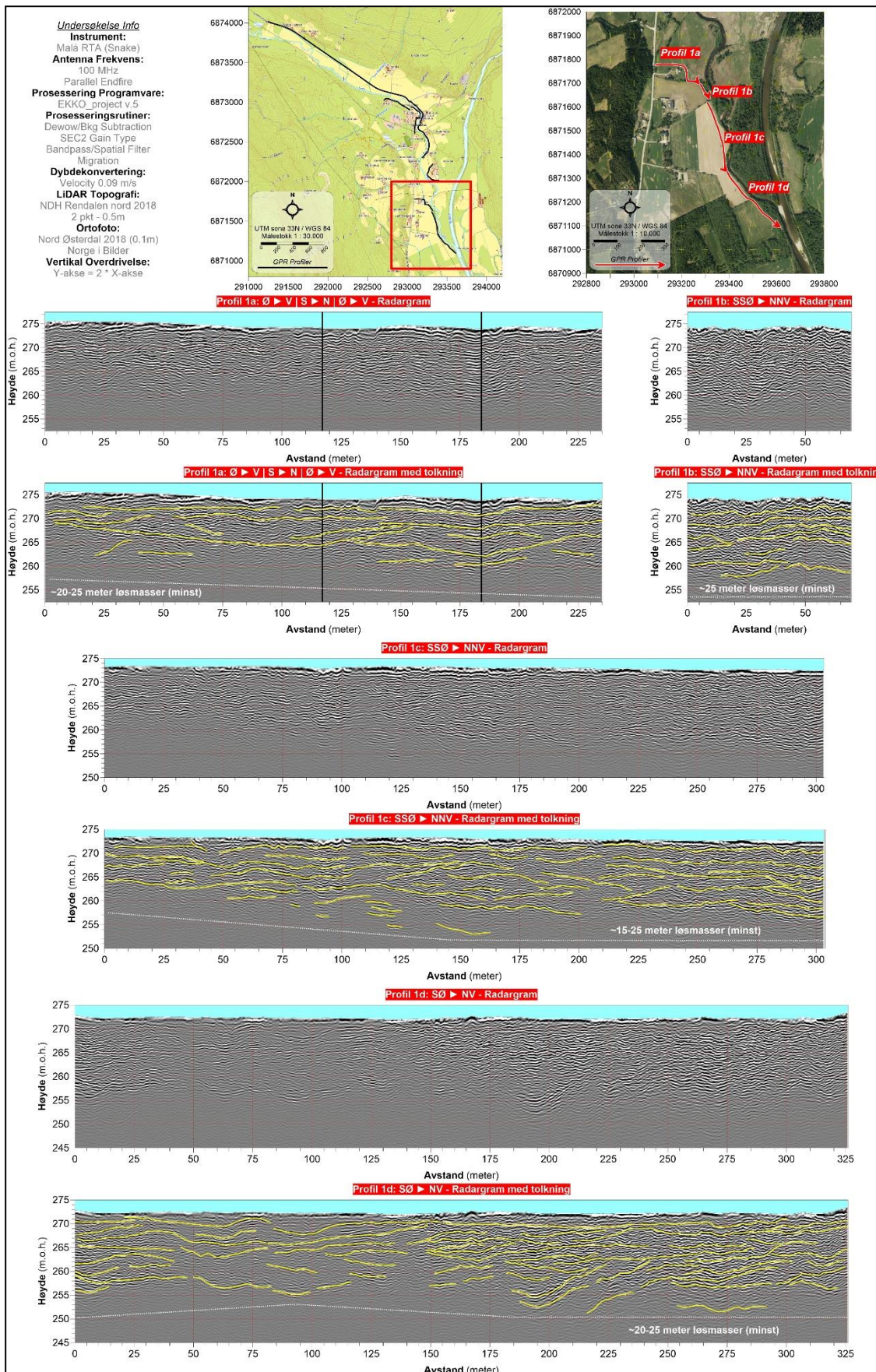
GPR Profil 4 (Figur 9) starter nord for GPR Profil 2 og følger østbredden av Tysla. Del a, b og c er målt med Malå sitt system og d er målt med Sensor & Software. Del a, b og c viser hovedsakelig det samme som Profil 2, horisontale reflektorer og ingen tydelige avsetningsstrukturer. De viser en dybdepenetrasjon på mellom 15 og 20 m.

Del d har høyere oppløsning og viser dermed flere detaljer og har større dybdepenetrasjon. Oppløsning gjør det da mulig å se vannspeilet som en svak reflektor i den sørlige delen av profilet. Det fremstår som noe usammenhengende og forsvinner mot nord. I tillegg til de horisontale reflektorer som profilet har til felles med profilene lengre sør så viser dette profilet skrålag i samme området som Profil 3. Disse skrålag fins på begge sider av elva.

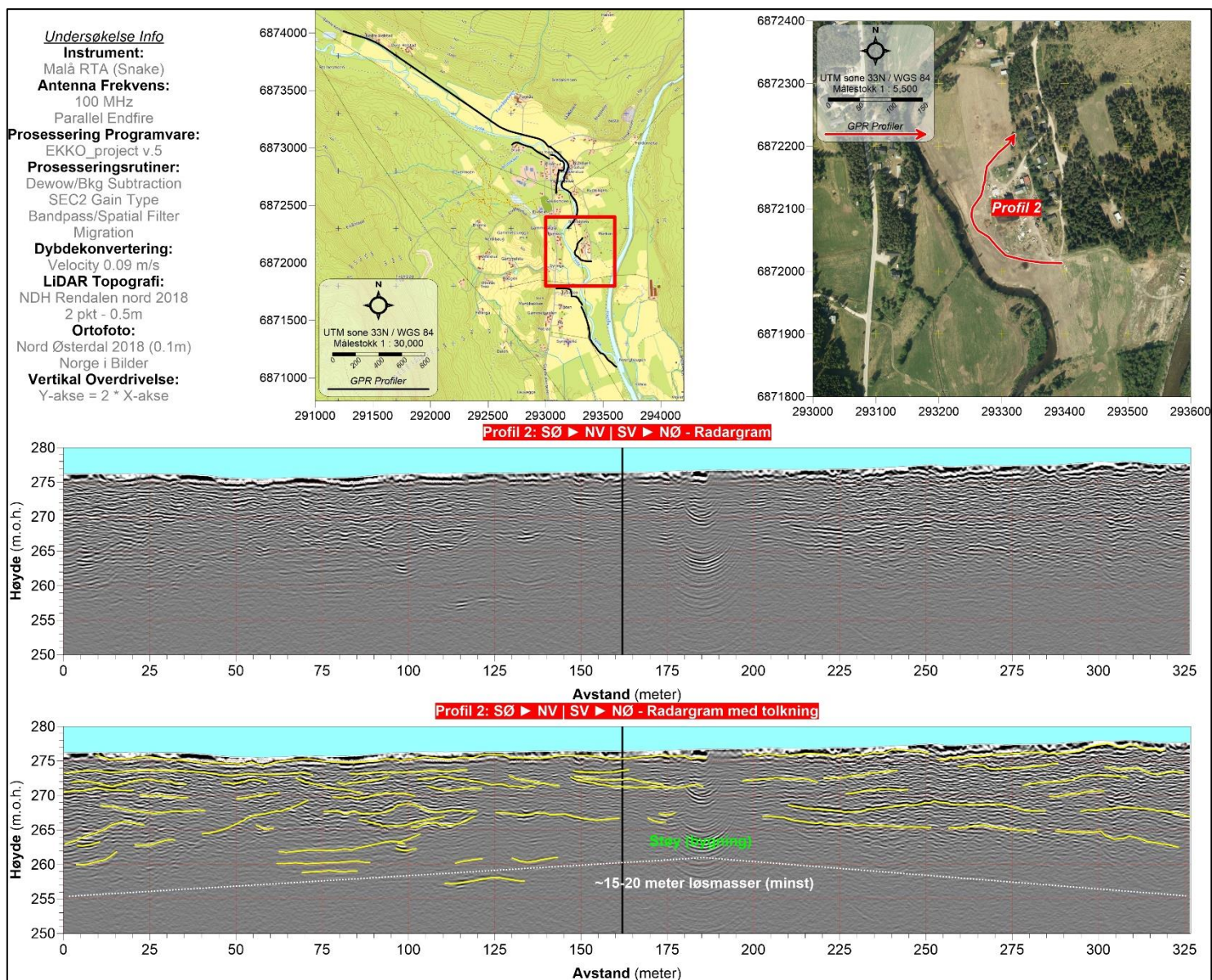
GPR Profil 5 (Figur 10) er beskrevet sammen med ERT Profil 2.

GPR Profil 6 (Figur 11) del a er beskrevet sammen med ERT Profil 1. Hele profilet går langs hovedvei gjennom Elvål. Også langs dette profilet er det hovedsakelig horisontale reflektorer. Langs del b er det mulig å følge vannspeilet gjennom hele profilet, dybden varierer mellom 10 og 13 m. Dyp til fjell er vanskelig å estimere men del a mister dybdepenetrasjon på 10-15 m dyp på samme plass som ERT Profil 1 indikerer en fjellterskel.

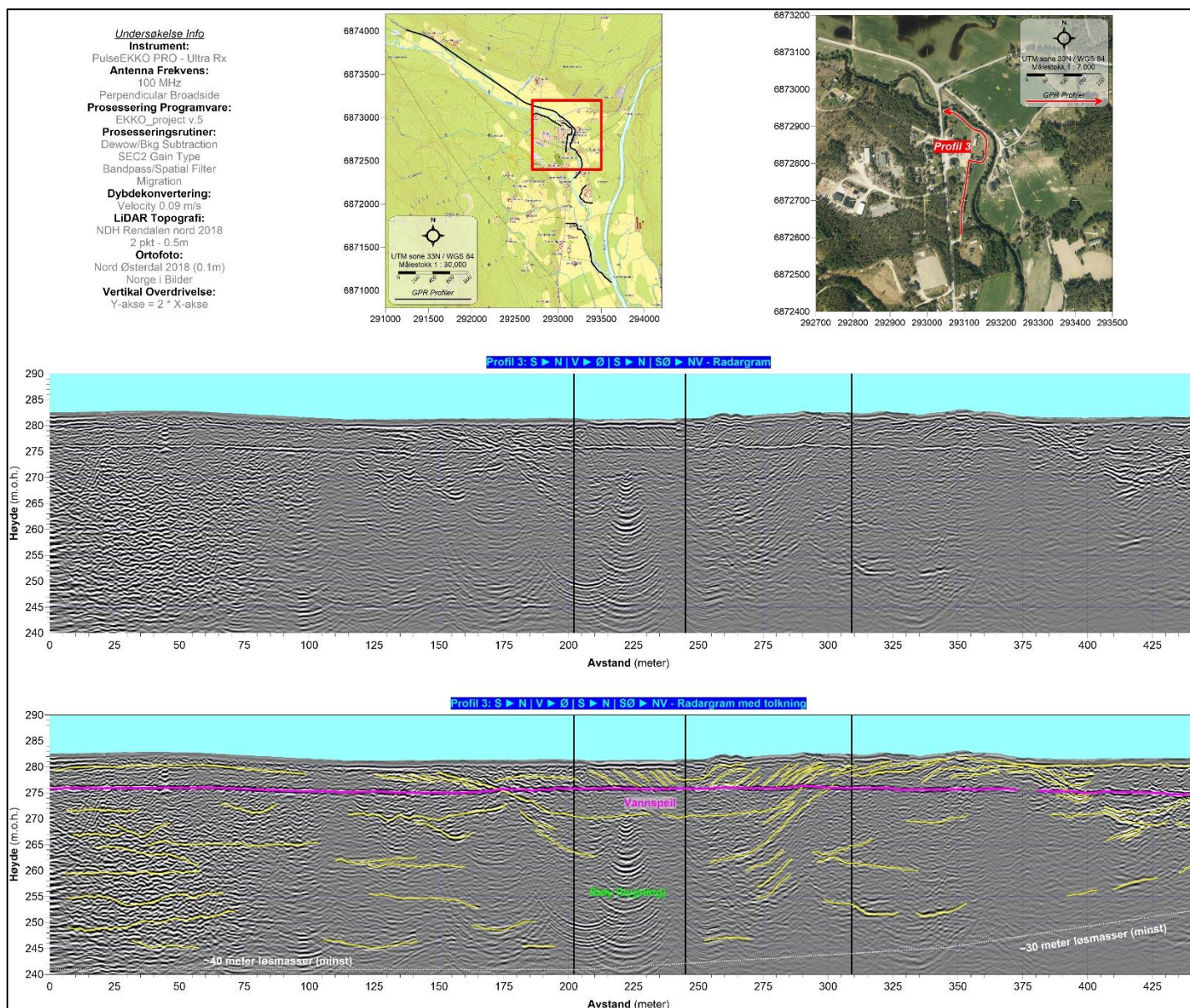
GPR Profil 7 (Figur 12) er det vestligste profilet som er målt i undersøkelsen. Del a viser de første 200 m med relativt høy penetrasjon og løsmassetykkelse på opptil 40 m. Denne tykkelsen reduseres raskt mot øst hvor en mulig fjellterskel dukker opp på 10-15 m dyp. Løsmassene over denne terskelen viser skrålag som faller mot øst. Denne østlige fallretningen er synlig i resten av del a og b. Del b overlapper med de første 400 m av ERT Profil 1. Det som er tolket fjellterskel på ERT-profilet samsvarer veldig godt med en svekkelse av dybdepenetrasjon på GPR-profilet.



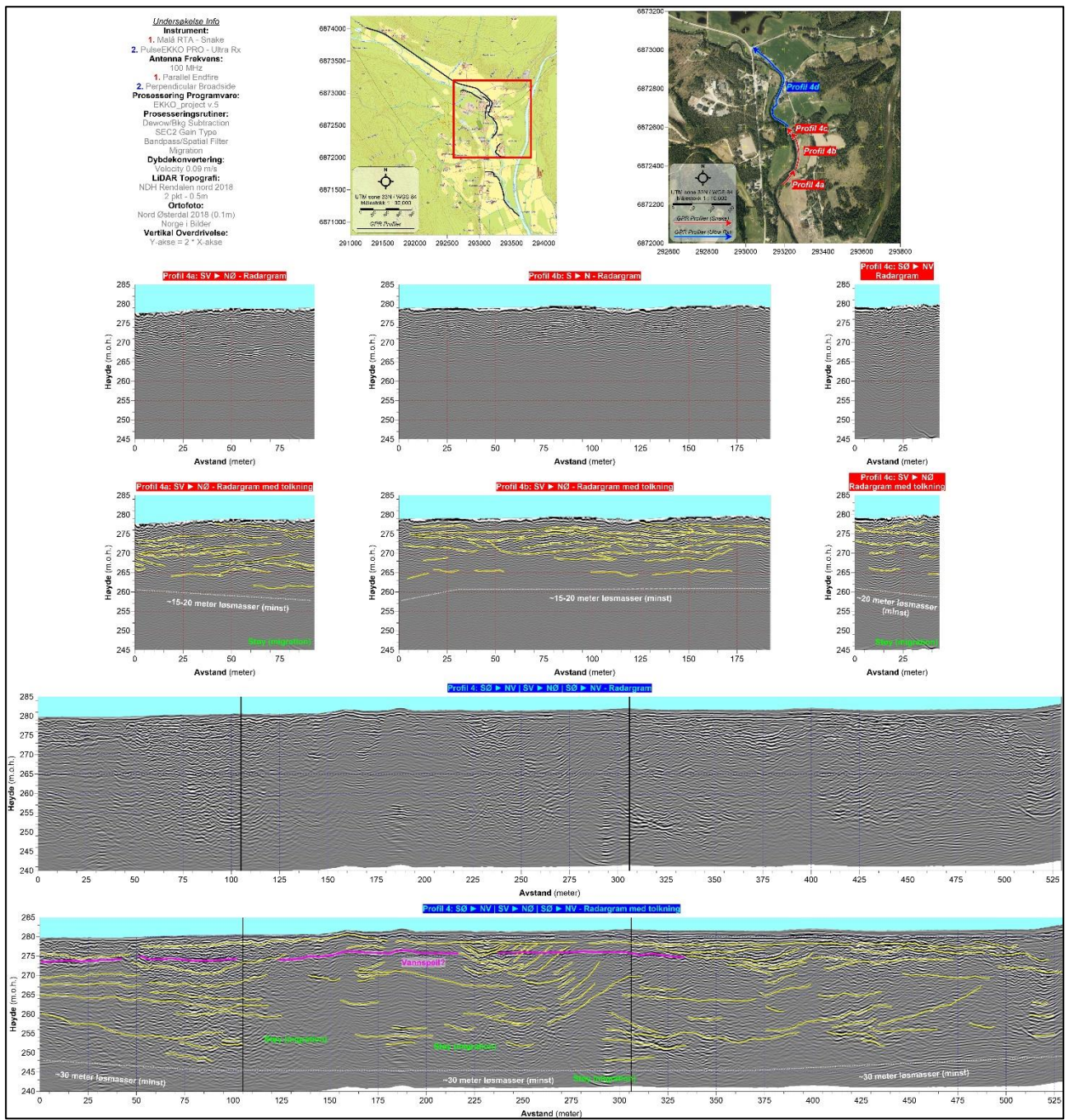
Figur 6: GPR Profil 1. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiple linje indikerer tap av signal.



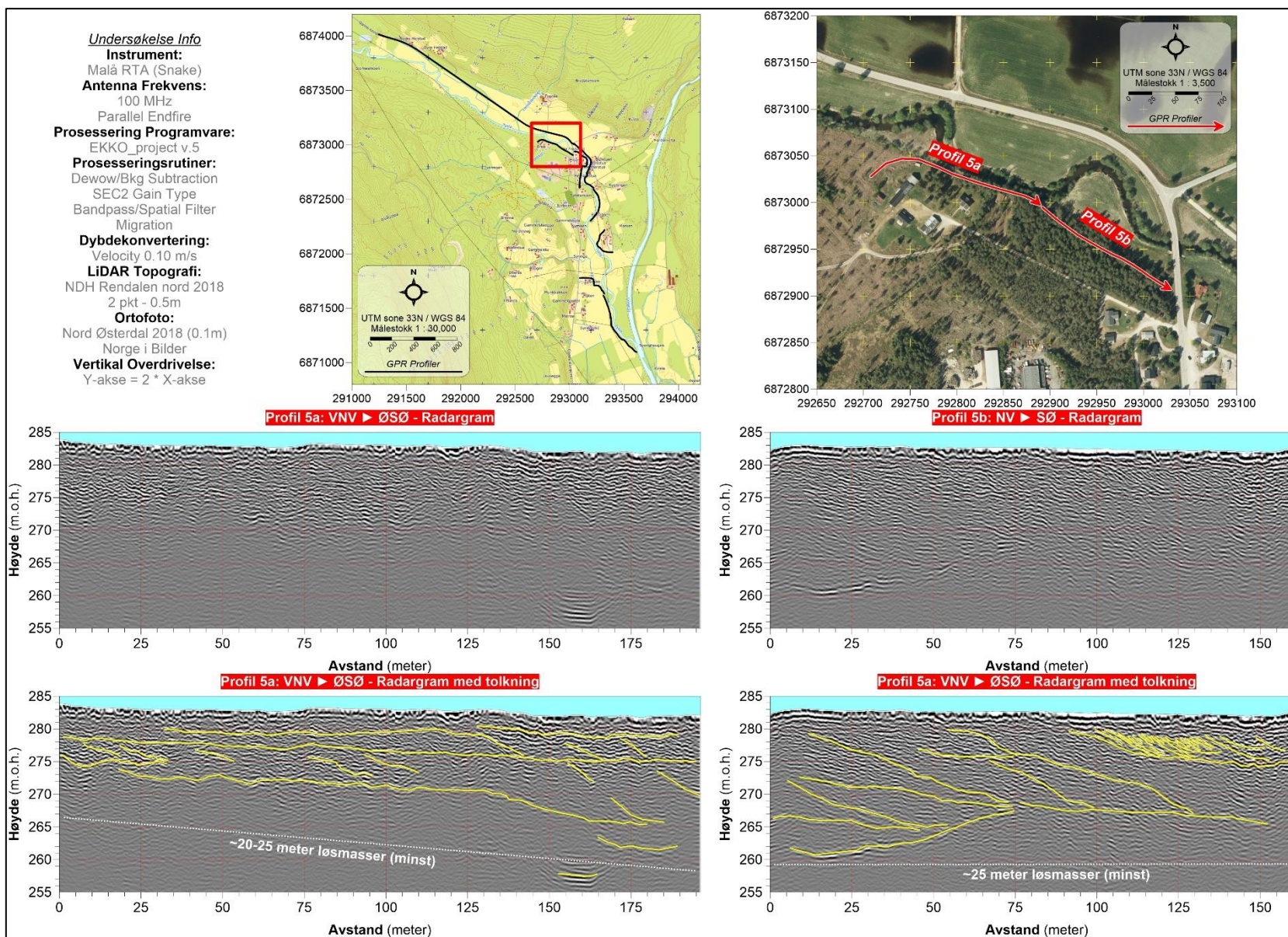
Figur 7: GPR Profil 2. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal.



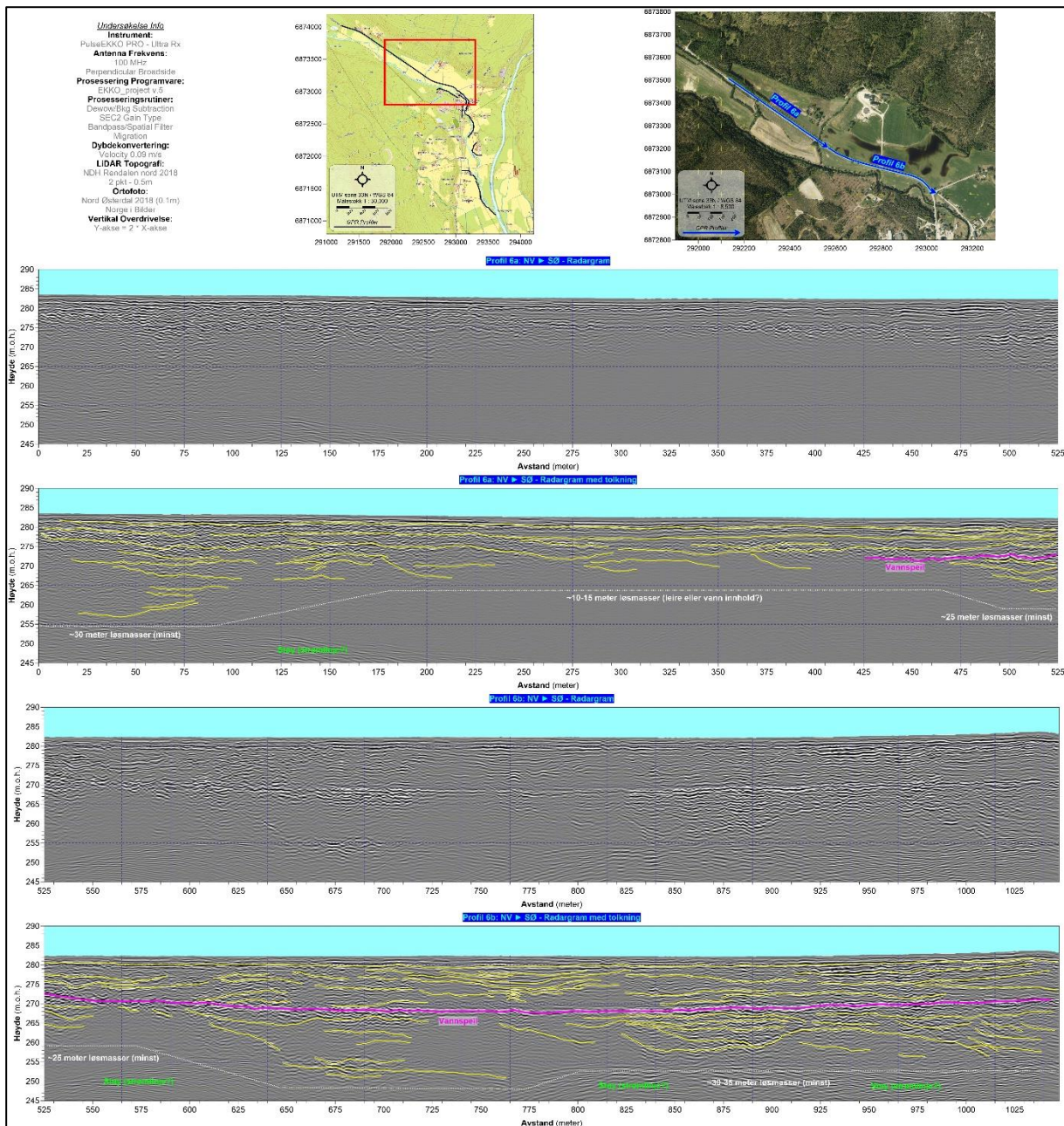
Figur 8: GPR Profil 3. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal og lilla linjer er grunnvannsnivå.



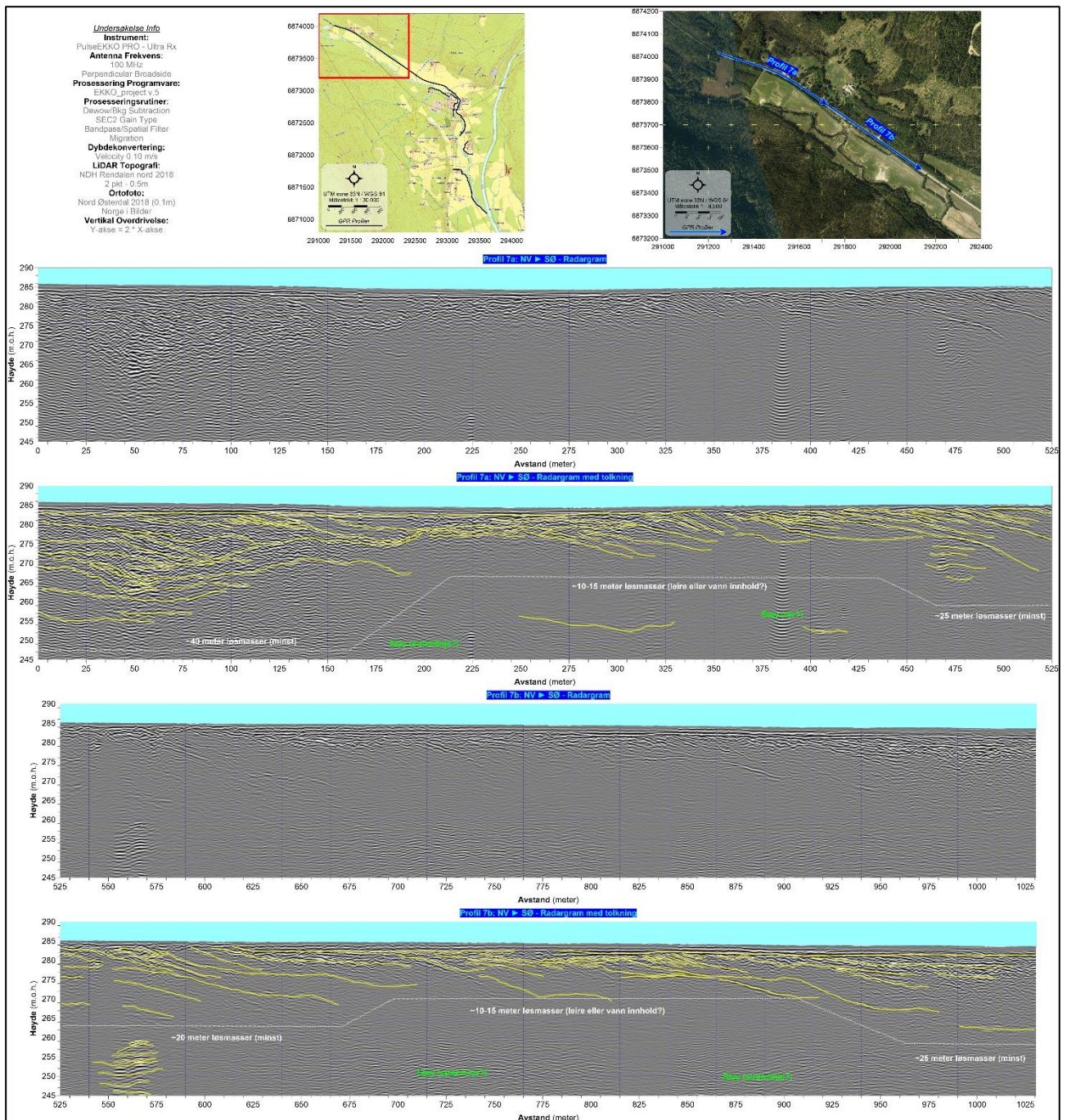
Figur 9: GPR Profil 4. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal og lilla linjer er grunnvannsnivå. Støy er fremhevet med grønn farge.



Figur 10: GPR Profil 5. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiple linje indikerer tap av signal.



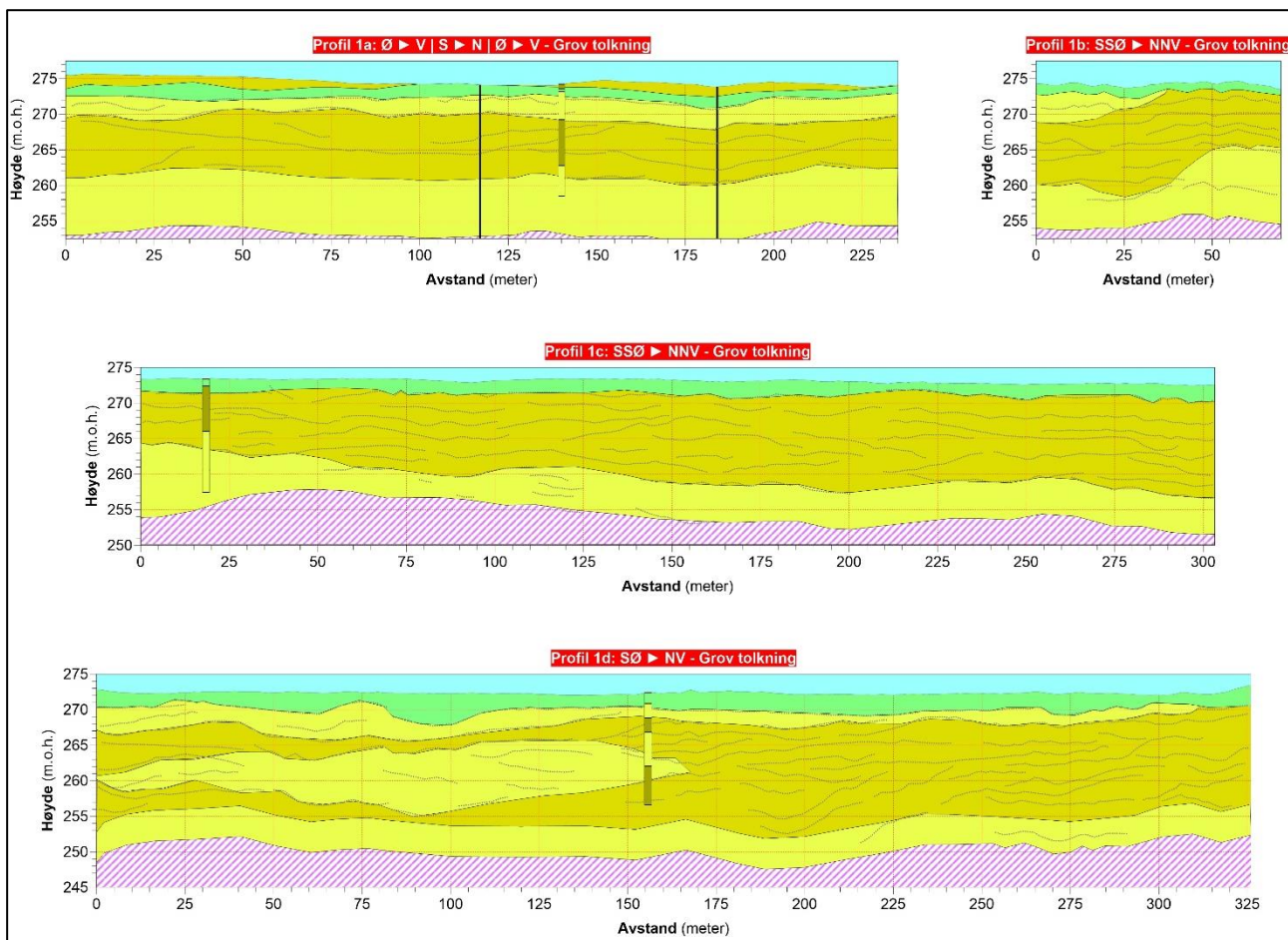
Figur 11: GPR Profil 6. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiptet linje indikerer tap av signal og lilla linjer er grunnvannsnivå. Støy er fremhevet med grønn farge.



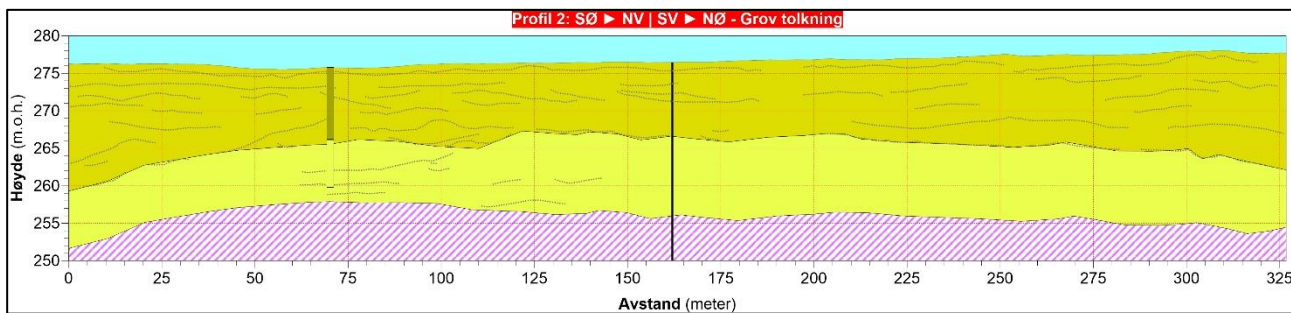
Figur 12: GPR Profil 7. Gule streker fremhever reflektorer, hvit stiplet linje indikerer tap av signal. Støy er fremhevet med grønn farge.

Samtolkning med borehullldata

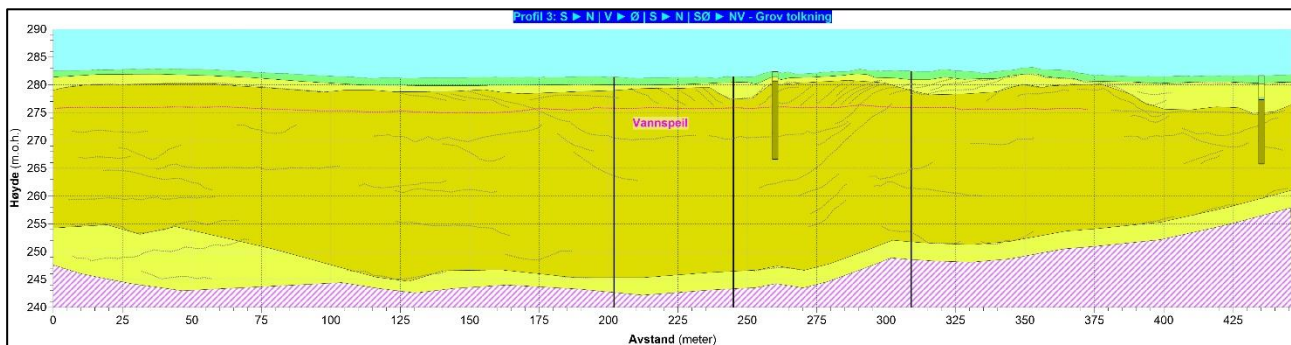
Det er gjort et forsøk på å samtolke borehullsdata med georadar. Basert på stratigrafi (Overgård & Lyse, 2021) og tolkninger fra GPR er det utarbeidet signaturer for de forskjellige lag. Gruslag fra boringer virker å samsvare med områder som har flere reflektorer og dette kan da brukes til å skille mellom grusige og sandige lag. Siltige lag som ligger langt oppe i lagdelingen gjenkjennes ved fraværet av reflektorer der hvor det støttes av boringer. Tap av signal i dypet tolkes som overgang til morene.



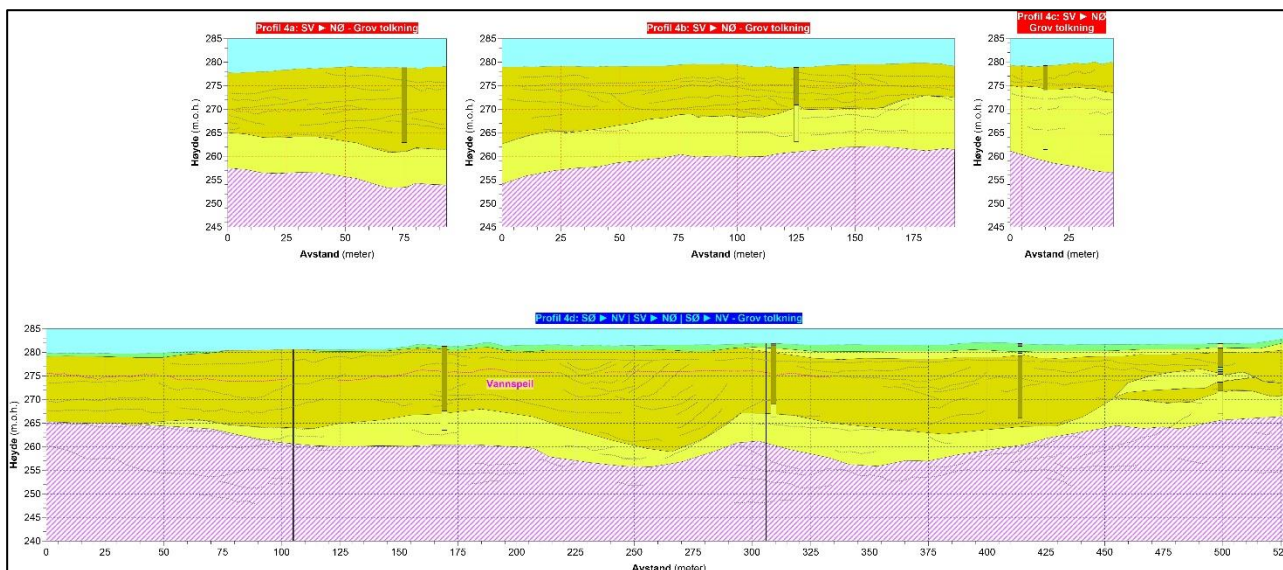
Figur 13: GPR Profil 1 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene.



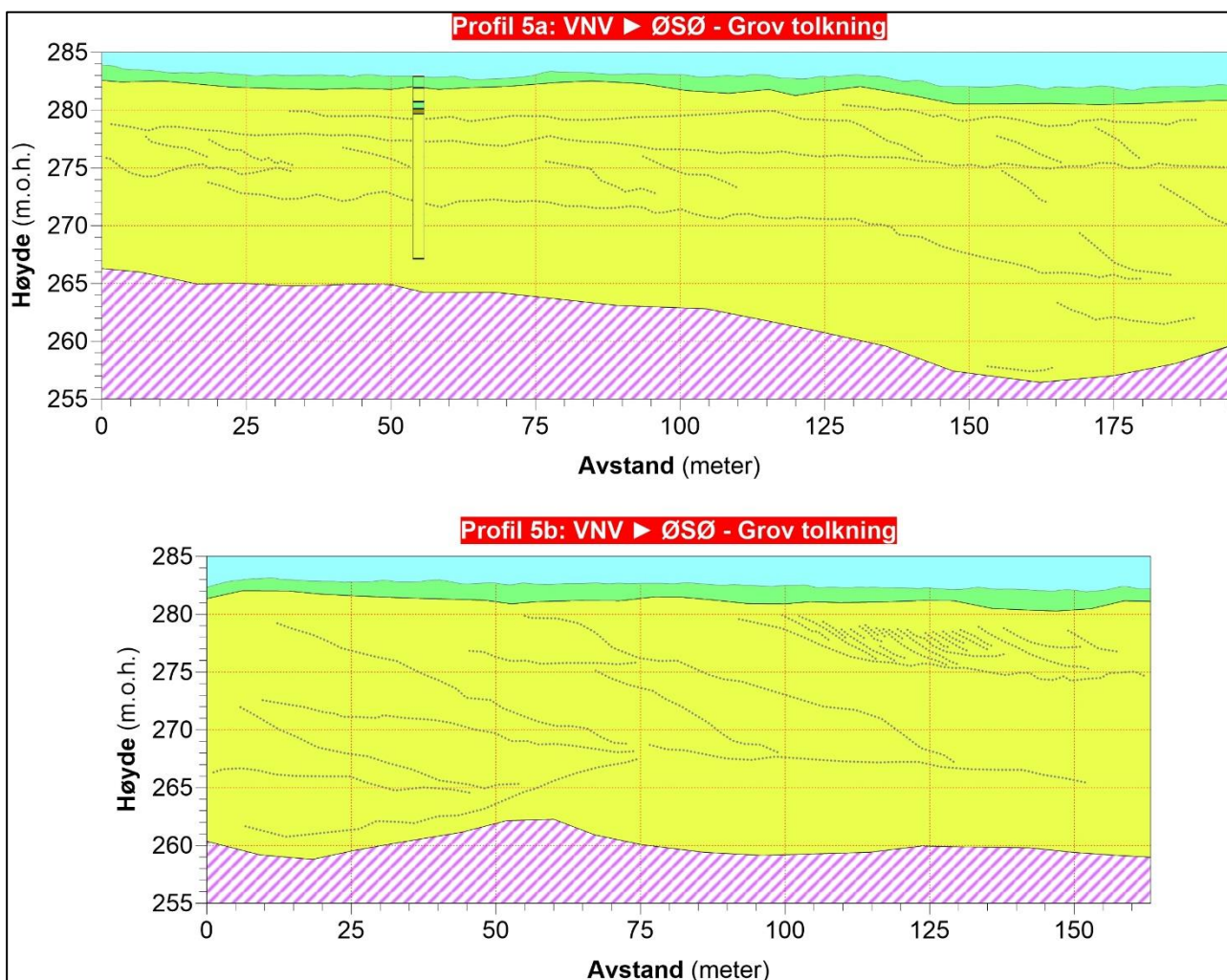
Figur 14: GPR Profil 2 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene.



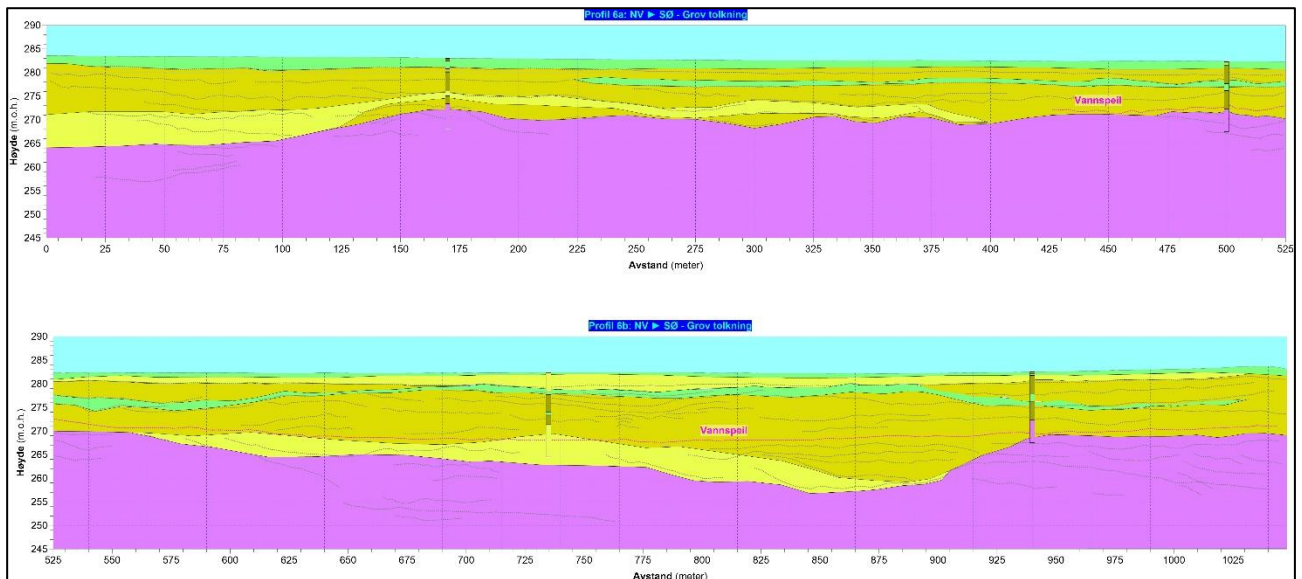
Figur 15: GPR Profil 3 samtolket med stratigrafi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene.



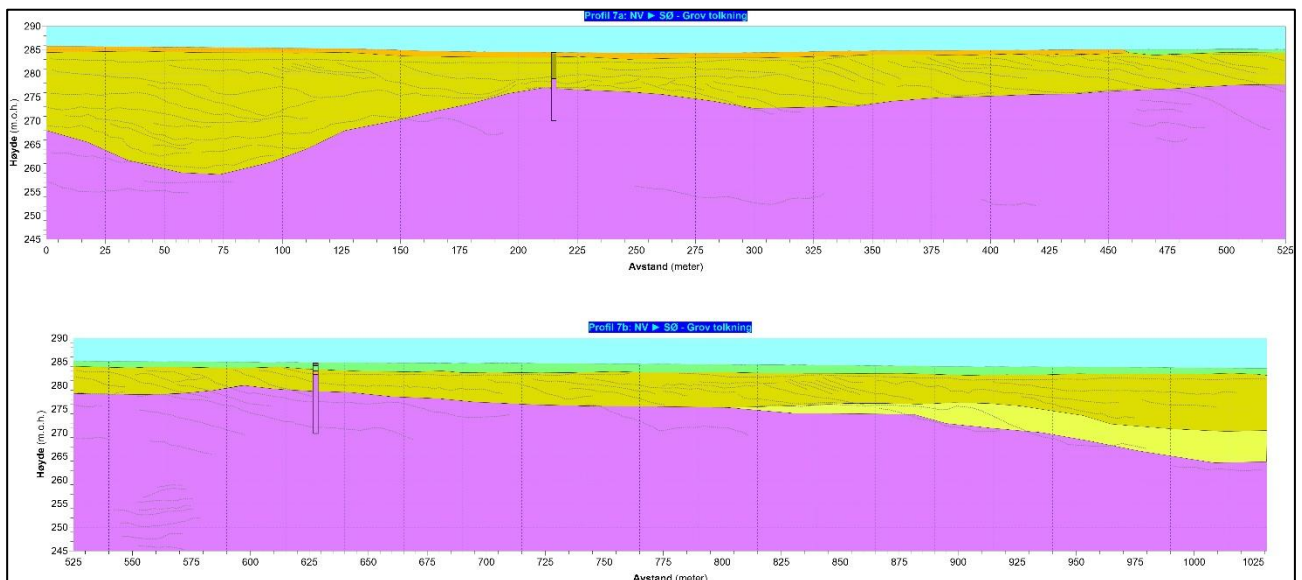
Figur 16: GPR Profil 4 samtolket med stratigrifi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene.



Figur 17: GPR Profil 5 samtolket med stratigrifi fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, stiplet lilla: usikker morene.



Figur 18: GPR Profil 6 samtolket med stratigrافي fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, lilla: morene.



Figur 19: GPR Profil 7 samtolket med stratigrافي fra borehull. GPR Profil 6 samtolket med stratigrافي fra borehull. Grønn: silt, gul: sand, oransje: grus, lilla: morene.

4. Oppsummering

I alle områder hvor det er utført målinger i denne undersøkelsen er det påvist mektige lag med løsmassetykkelse på over 50 m. De fremstår som grove masser med et vannspeil som varierer noe, men som hovedsakelig ligger på rundt 1 - 2 m dyp. Ved elektriske målinger kan mindre kornstørrelse forventes i områder hvor resistiviteten er noe lavere enn omgivelsene. Og tilsvarende ved GPR kan områder hvor det lateralt er dårligere penetrasjon tyde på andel finkornige masser eller morene. Ut over dette er det vanskelig å si noen om permeabilitet i massene, annet enn det som kan forventes i de typer masser som er beskrevet.

5. Referanser

ABEM, 2012. *ABEM Terrameter LS. Instruction Manual, release 1.11*, Sundbyberg: ABEM Instrument AB, Sweden.

Dahlin, T., 1993. *On the automation of 2D resistivity surveying for engineering and environmental applications*. Lund: Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University. 187pp, ISBN 91-628-1032-4.

Dahlin, T. & Zhou, B., 2006. Multiple-gradient array measurements for multichannel 2D. *Near Surface Geophysics, Vol 4, No 2*, April, pp. 113-123.

Hillestad, G. (1991). *Seismiske målinger Jutulhugget, Hedmark*. Trondheim: NGU, Rapport nr 91.143.

Loke, M. H., 2017. *Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction Manual. Res2DInv 4.07*. <http://www.geotomosoft.com/>.

Malå Geoscience AB, 2015. *ProEx Control unit Operating Manual 2.0*. Skolgatan 11, S-93070 Malå, Sweden: GuidelineGeo, <https://www.guidelinegeo.com/>.

Overgård, I. E., & Lyse, S. (2021). *Flomsikring Elvål, Foreløpig Vurderingsrapport, 10228078-TVF-RAP-001*. NVE.

Reynolds, J. M., 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. 2nd ed. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell.

Sensors & Software, 2005: *PulseEKKO PRO – Product Manual.*, 2005-00040-09, Sensors & Software Inc., Mississauga, Ontario - Canada.

Solberg, I.-L., Hansen, L., Rønning, J. S. & Dalsegg, E., 2011. *Veileder for bruk av resistivitetmålinger i potensielle kvikkleireområder. NGU Rapport 2010.048*, Trondheim: NGU.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no