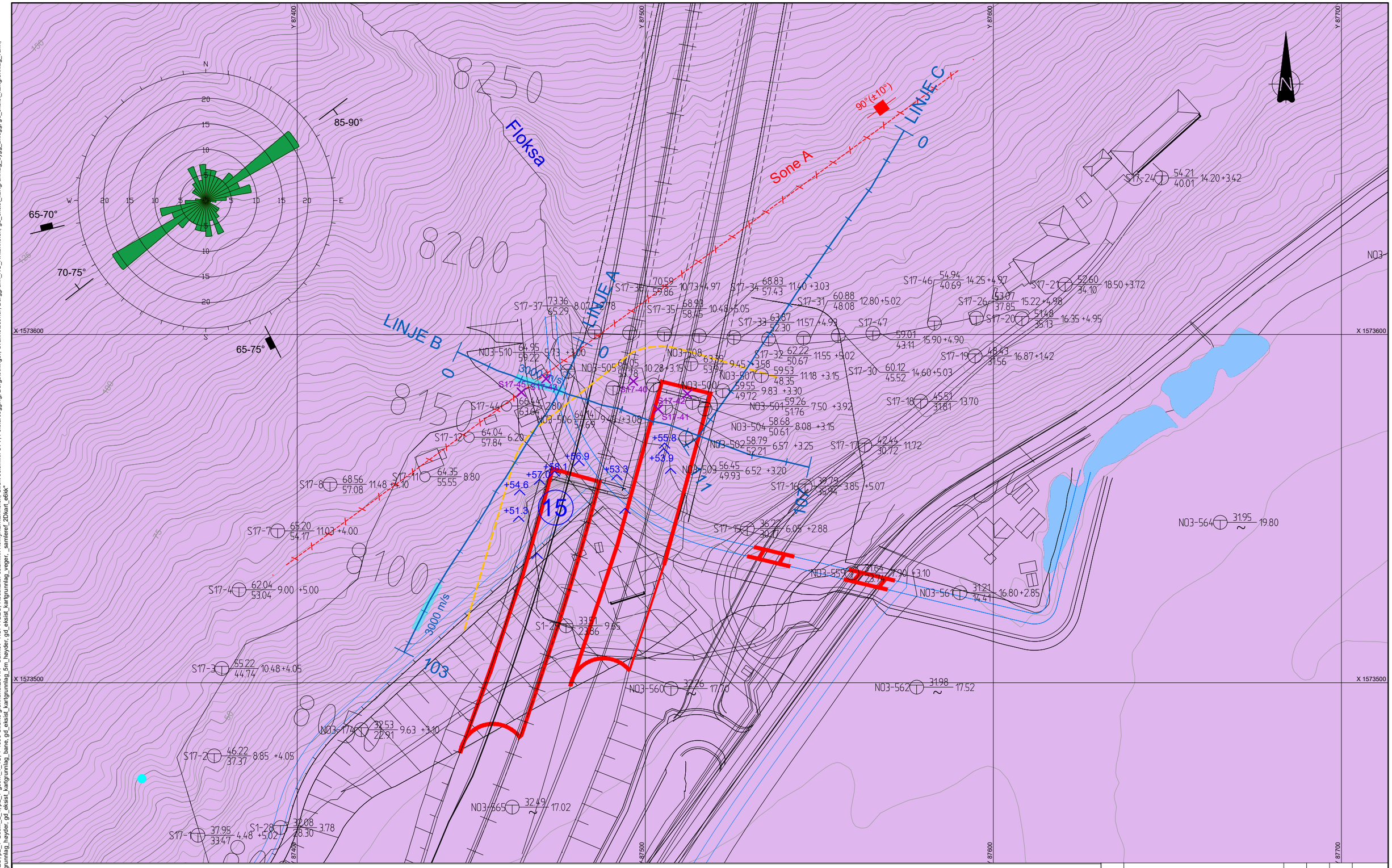
VEDLEGG 1 – INGENIØRGEOLOGISKE PLANTEGNINGER

- V920 – Profil 8 030–8 200
- V921 – Profil 8 200–9 000
- V922 – Profil 9 000–9 720
- V923 – Profil 9 720–10 500
- V924 – Profil 10 500–11 280
- V925 – Profil 11 280–11 750
- V926 – Profil 11 750–12 200
- V927 – Profil 12 200–12 900
- V928 – Profil 12 900–13 650
- V929 – Profil 13 500–13 740



Tegnforklaring

Bergarter

Rhyolittisk sandstein

Geologi

Bergblotning

15 Kartleggingslokalitet

Antatt forløp geologiske strukturer

Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m

90° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

Geofysiske undersøkelser

Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg
Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

Enkel sondering

Nr.	Kote terreng	Kote antatt berg/blokk	Boret i løsmasse
S17-40	65.230	60.230	5.000
S17-41	63.390	60.890	2.500
S17-42	59.740	53.140	6.600
S17-43	66.320	63.720	2.600
S17-45	66.490	63.390	3.100

Sprekkerose, SVV

Grunnvannsoppkomme

Midlertidig støttekonstruksjon for løsmasser i anleggsfasen

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan — Saksnr.: -

NyeVeier — Utført av: Norconsult

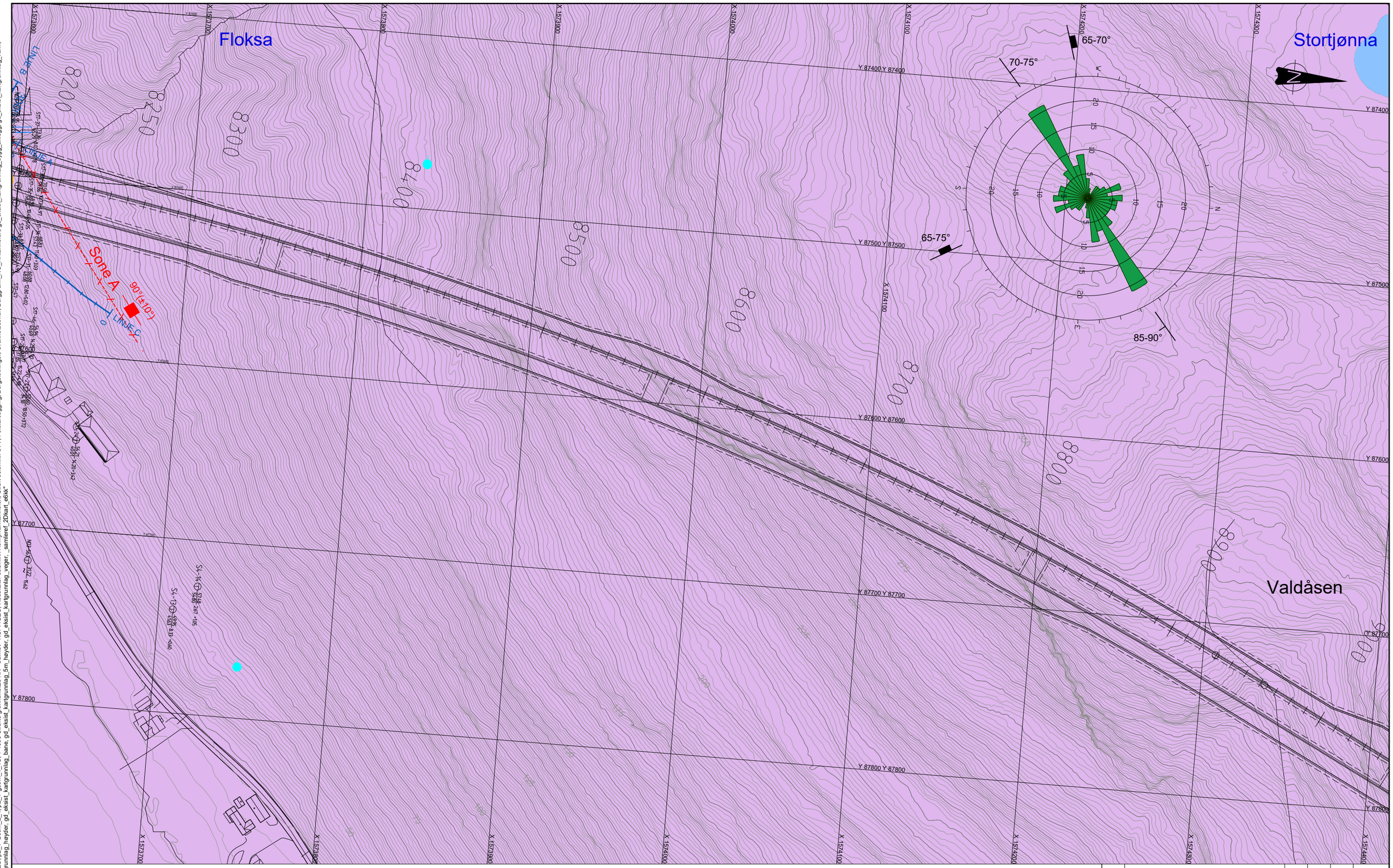
E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 8030-8280
Påhugg sør, Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:500
Halv målestokk A3	1:1000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

Tegningsnummer/revisjon: V920 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-08-27, 10:52:15 - LAYOUT = V920 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brenner_IGEO_gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_stekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnun.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samlerel_20kart_.ctXX"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- 75° 75° Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- 55° 55° Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- 1 A Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking
- Grunnvannsoppkomme

Geofysiske undersøkelser

- Start Slutt Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)
- Start 2500 m/s Slutt Refraksjonsseismikk, utlegg Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg Boret i løsmasse +Boret i berg

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partkontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

NyeVeier

Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus

E6 Gyllan - Kvål

Plantegning, profil 8200-9000

Homyrkamtunnelen

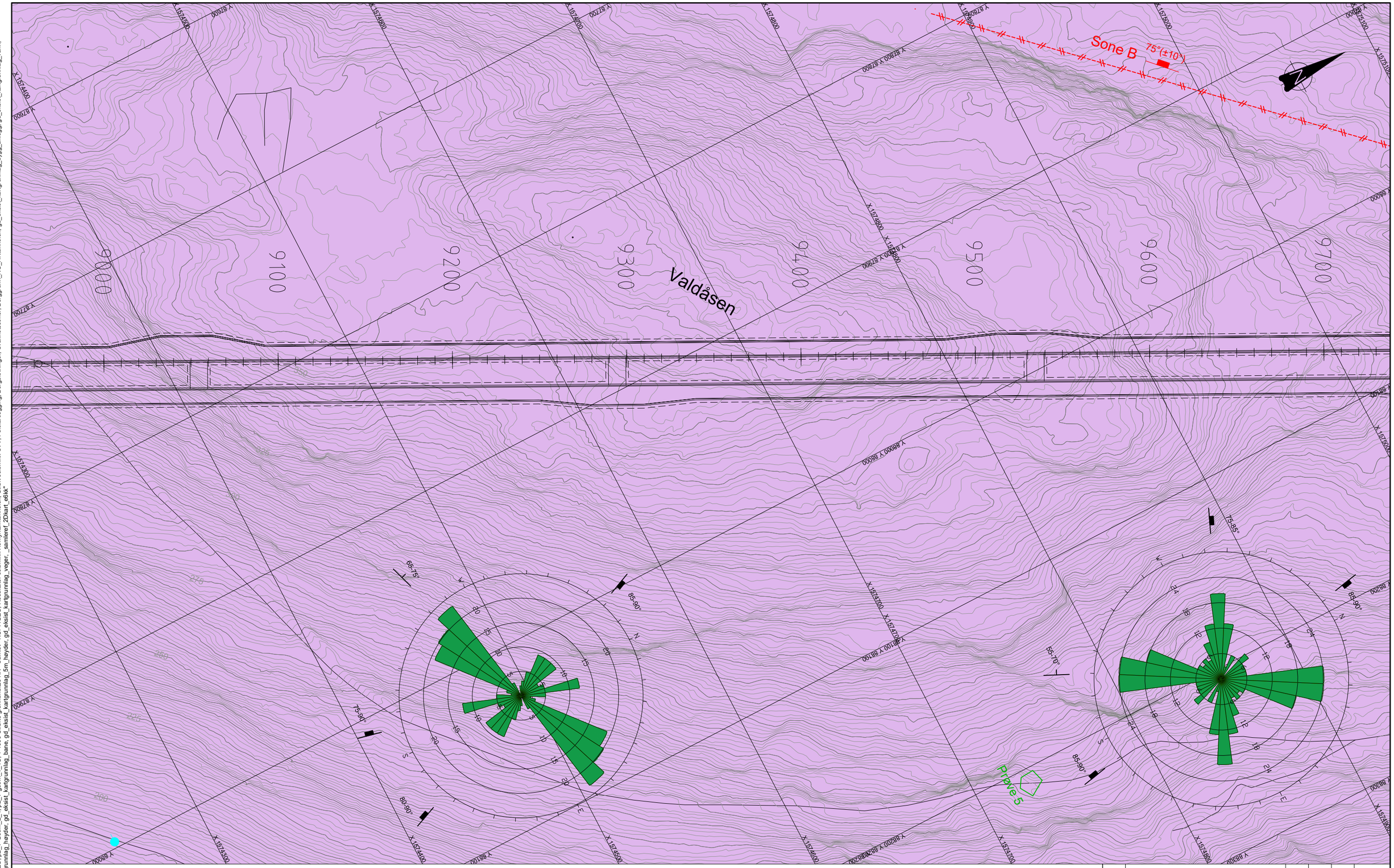
Ingeniørgeologi

Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V921	02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 10:54:35 - LAYOUT = V921 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking
- Grunnvannsoppkomme

Geofysiske undersøkelser

- Start Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)
- Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg. Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus

E6 Gyllan - Kvål

Plantegning, profil 9000-9720

Homyrkamtunnelen

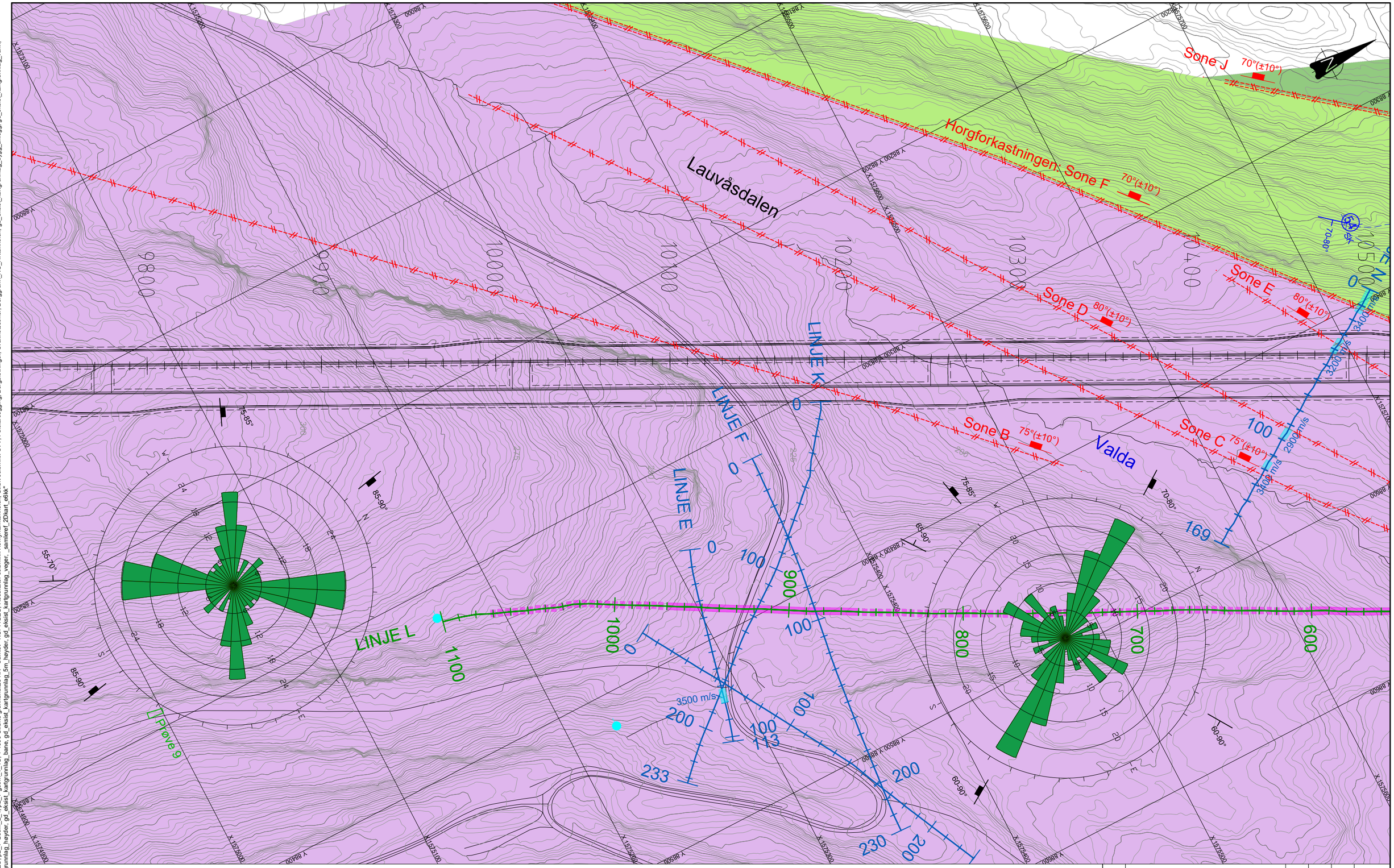
Ingeniørgeologi

Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V922	02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 10:57:16 - LAYOUT = V922 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- 75° — Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- 55° — Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) — Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- 1 / A — Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking
- Grunnvannsoppkomme

Geofysiske undersøkelser

- Start — Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)
- Start — 2500 m/s — Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID — Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato

Reguleringsplan

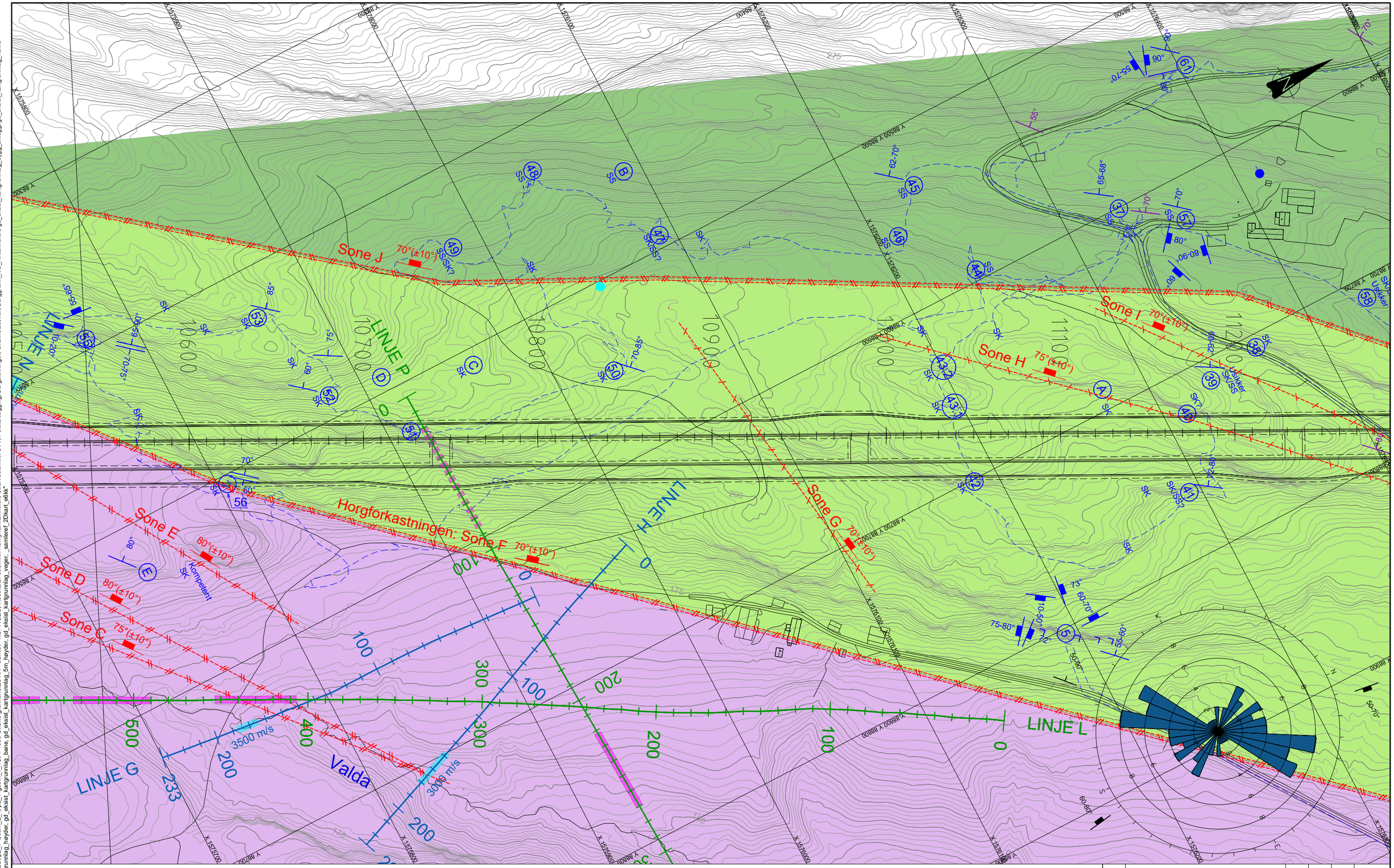
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 9720-10500
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000
Tegningsnummer/ revisjon	V923 02

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 10:59:37 - LAYOUT = V923 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking
- Grunnvannsoppkomme
- Fjellbrønn

Geofysiske undersøkelser

Start Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)

Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

NyeVeier — Utført av: Norconsult

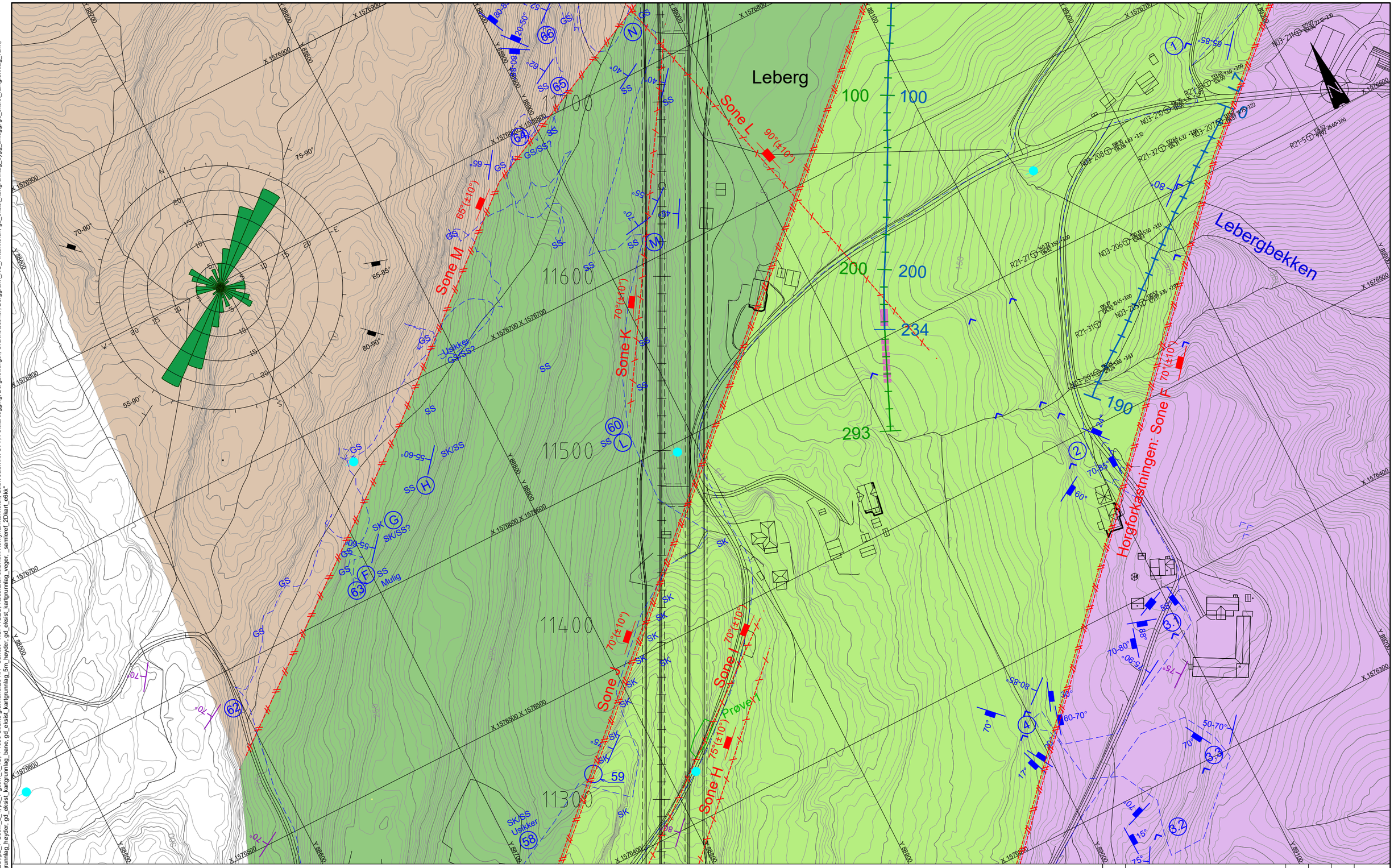
E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 10500-11280
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

Tegningsnummer/revisjon: V924 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 11:10:38 - LAYOUT = V924 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking
- Grunnvannsoppkomme

Geofysiske undersøkelser

- Start Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)
- Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

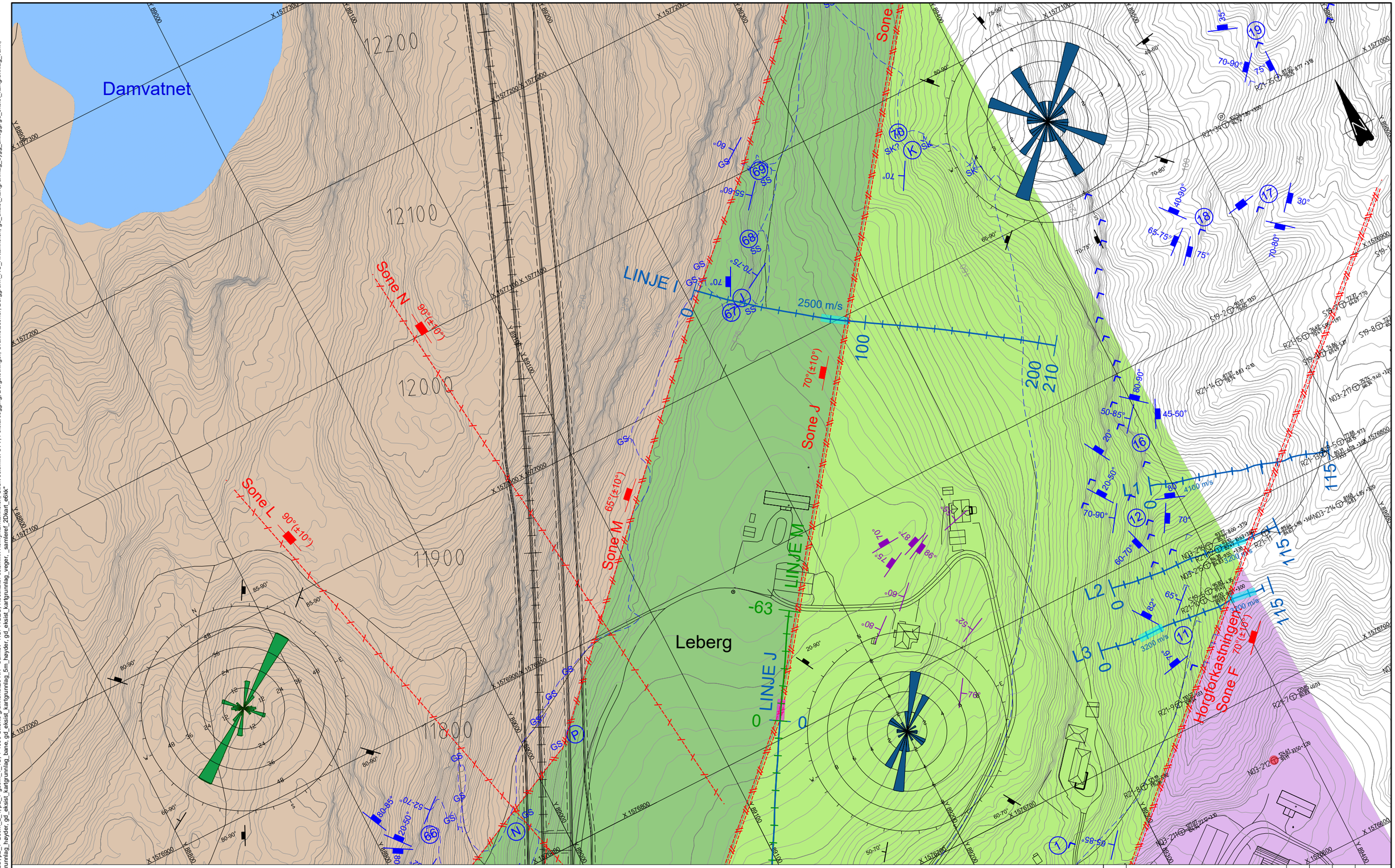
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 11280-11750
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V925	02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 11:12:23 - LAYOUT = V925 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking

Geofysiske undersøkelser

Start Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)

Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

- Påvist sprøbruddsmateriale

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

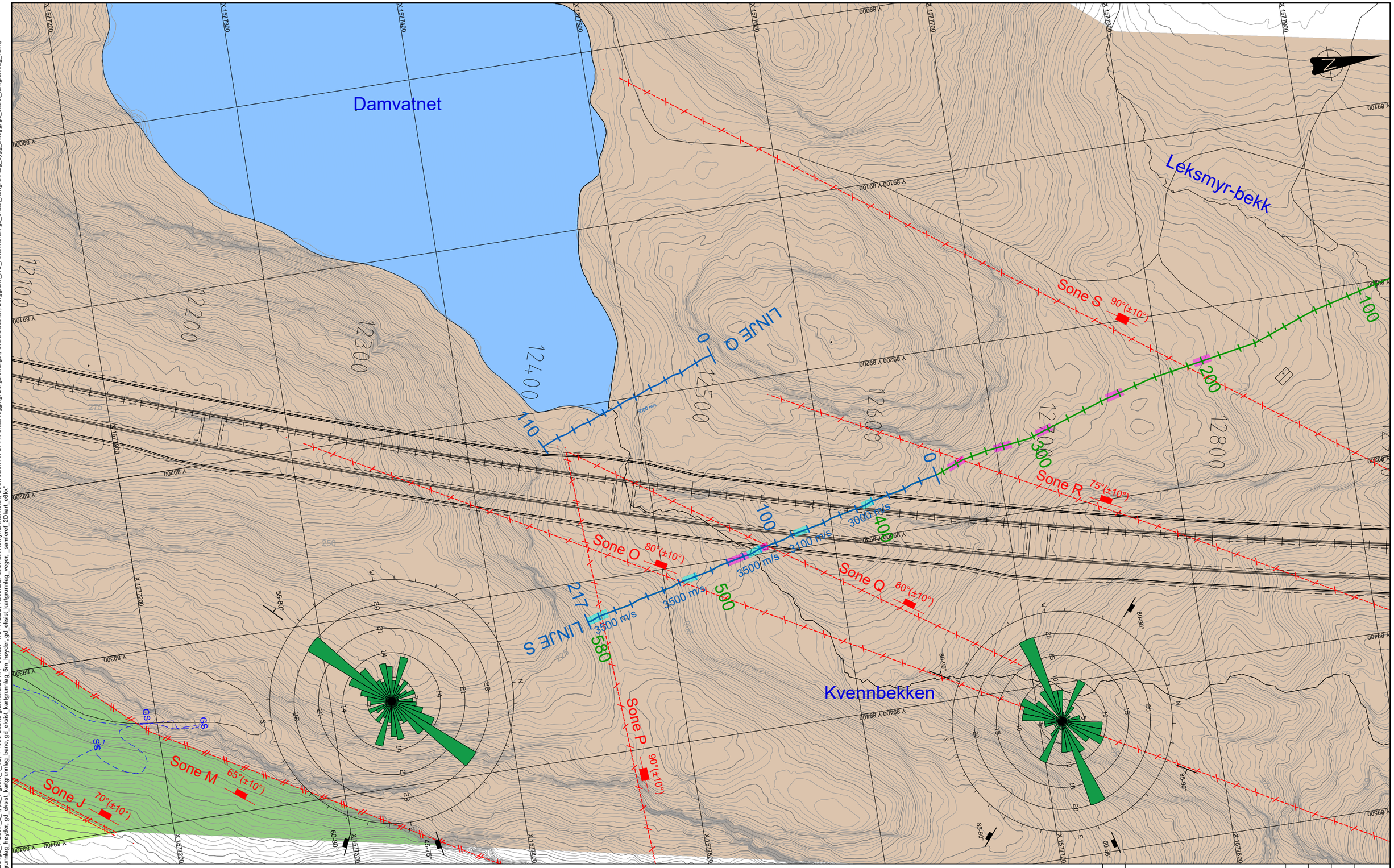
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 11750-12200
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000
Tegningsnummer/revisjon	V926 02

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 11:14:15 - LAYOUT = V926 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

Sprekkerose
NO (blå)
SVV (grønn)

Kartleggingslokalitet

Sporlogg

Lokalitet for steinprøvetaking

Geofysiske undersøkelser

Start Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)

Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg. Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

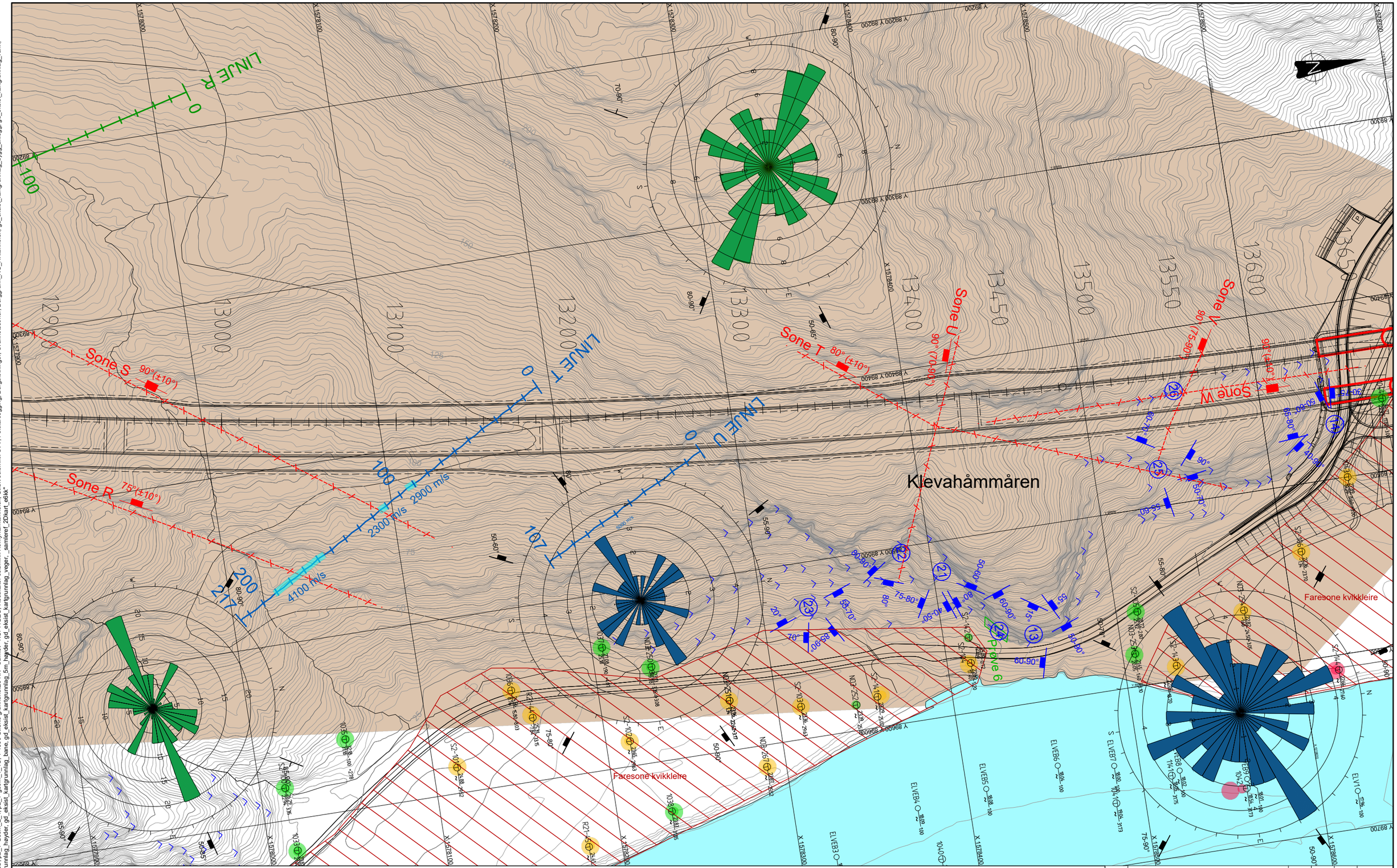
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 12200-12900
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000
Tegningsnummer/ revisjon	V927 02

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 15:42:26 - LAYOUT = V927 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein (RS)
- Sandsteinskonglomerat (SK)
- Siltstein (SS)
- Grønnstein (GS)

Geologi

NO NGU

- Strøk og fall geologisk struktur
- Antatt vertikal geologisk struktur
- Strøk og fall geologisk lagdeling
- Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m
- 70° (±10°) Antatt strøk og fall svakhetssone

- Sprekkerose NO (blå) SVV (grønn)
- Kartleggingslokalitet
- Sporlogg
- Lokalitet for steinprøvetaking

Geofysiske undersøkelser

Start Slutt — Resistivitetsmåling, utlegg. Indikert lav resistivitet < 1000 Ωm (rosa = tolket svakhetssone, stiplet rosa = mulig svakhetssone)

Start 2500 m/s Slutt — Refraksjonsseismikk, utlegg Indikert lav seismisk hastighet (turkis)

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg — Boret i løsmasse +Boret i berg

- Ikke påvist sprøbruddsmateriale
- Antatt sprøbruddsmateriale
- Påvist sprøbruddsmateriale

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

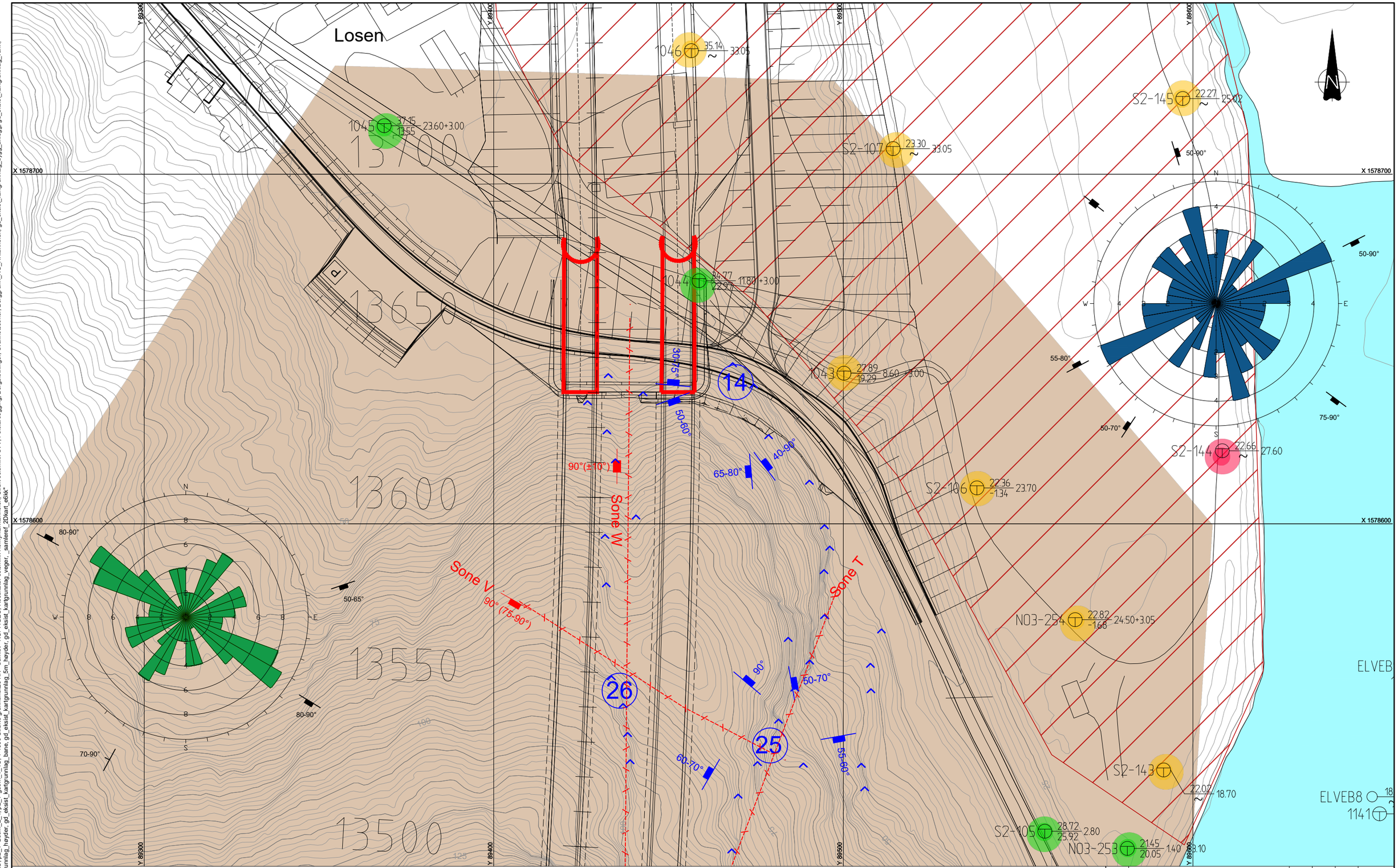
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Plantegning, profil 12900-13650
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/revisjon	
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V928	02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfill\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 15:45:24 - LAYOUT = V928 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"



Tegnforklaring

Bergarter

Grønnstein

Geologi

75° Strøk og fall geologisk struktur

Antatt vertikal geologisk struktur

55° Strøk og fall geologisk lagdeling

Bergblotning

Antatt forløp geologiske strukturer

Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m

70° (±10°) Antatt strøk og fall svahetssone

Sprekkerose
NO (blå)
SVV (grønn)

1 Kartleggingslokalitet

Totalsondering

ID Kote terreng / Antatt kote berg Boret i løsmasse +Boret i berg

Faresone kvikkleire

Ikke påvist sprøbruddsmateriale

Antatt sprøbruddsmateriale

Påvist sprøbruddsmateriale

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

NyeVeier

Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus

E6 Gyllan - Kvål

Plantegning, profil 13500-13740

Påhugg nord, Homyrkamtunnelen

Ingeniørgeologi

Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:500
Halv målestokk A3	1:1000

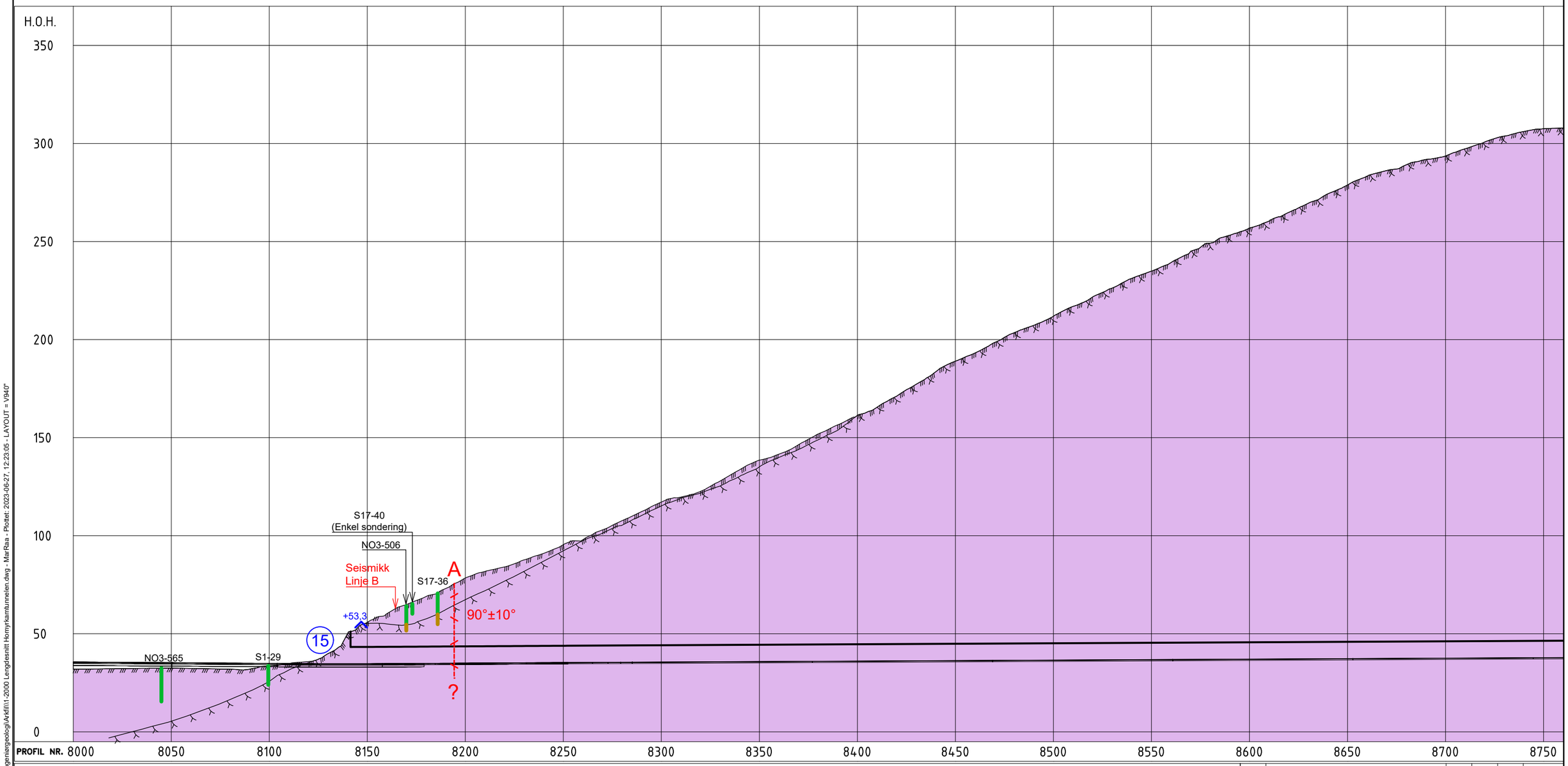
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

Tegningsnummer/revisjon: V929 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 11:27:53 - LAYOUT = V929 - XREF = CL_rørvegg Homyrkam sør 1.1C_KOPI IGEO, Brønner_IGEO, gd_eksist_kartgrunnlag_vannflater, Kvikkleire 1_1C, Kvikkleire 2_1, Rutenett 1-1000, Rutenett 1-500, p2_T_CL_m_henvisning_hele_strekning_KOPI IGEO, p2_T-Geom_2_1, p2_T-geom_1_1C, 1-1000 Utførte grunnund.E6 KK - Samlet - KOPI IGEO, Resultater seismikk Homyrkamtunnelen, Utført seismikk SVV, Feltkartlegging, Bergblotninger, Svakhetssoner, Berggrunn_NO_HKtunnelen, gd_eksist_kartgrunnlag_bygg_anlegg, gd_eksist_kartgrunnlag_vann, gd_eksist_kartgrunnlag_situasjon, gd_eksist_kartgrunnlag_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_bane, gd_eksist_kartgrunnlag_5m_høyder, gd_eksist_kartgrunnlag_veger, _samleref_2Dkart_e6kk"

VEDLEGG 2 – LENGDEPROFIL LANGS TUNNELTRASÉ

- V940 – Profil 8 000–8 750
- V941 – Profil 8 750–9 500
- V942 – Profil 9 500–10 250
- V943 – Profil 10 250–11 000
- V944 – Profil 11 000–11 750
- V945 – Profil 11 750–12 500
- V946 – Profil 12 500–13 250
- V947 – Profil 13 250–13 800



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

1/A Kartleggingslokalitet

A — Antatt forløp for mulig svakhetssone
70°±10° Usikker fallvinkel
? Ukjent dybde

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

NyeVeler — Utført av: Norconsult

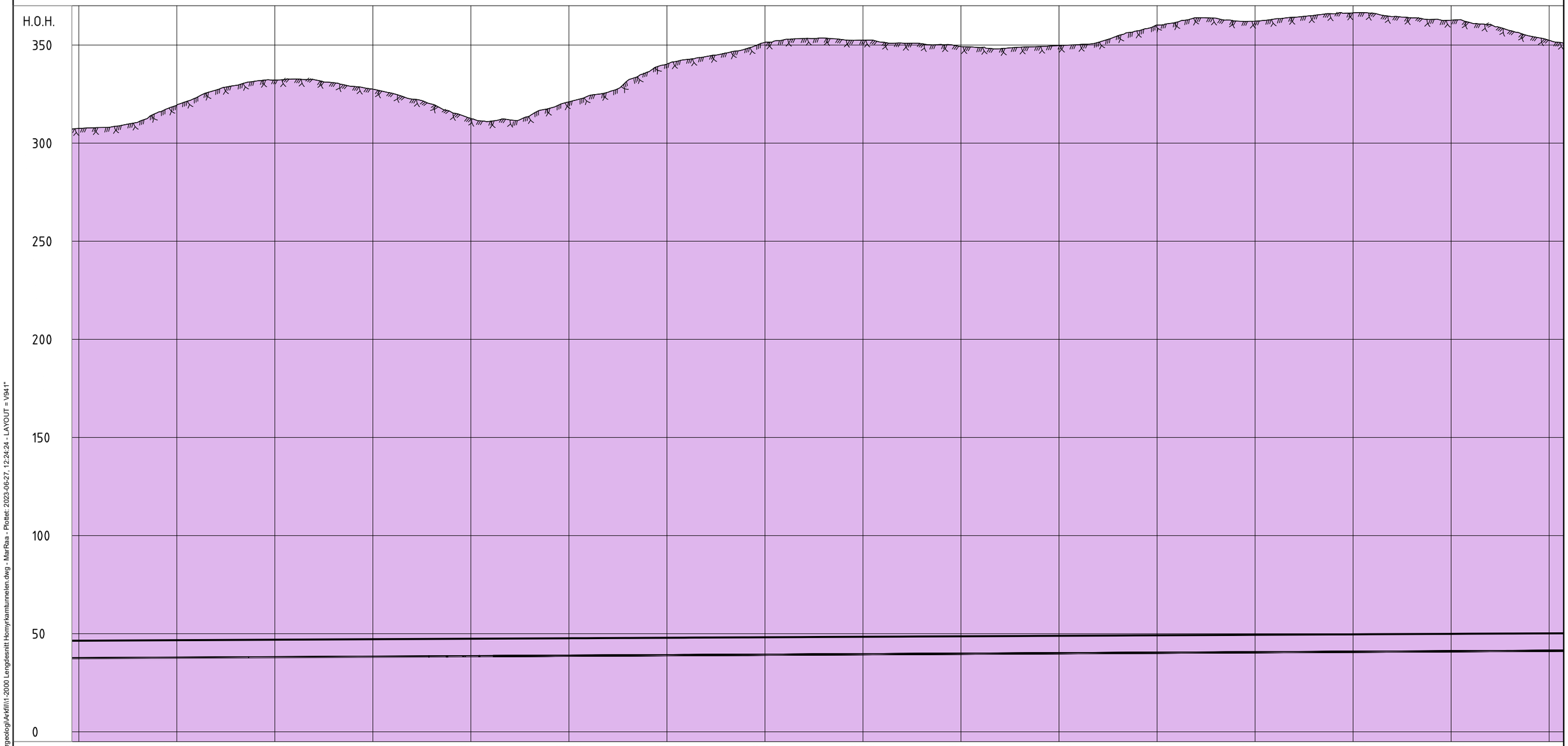
E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Lengdesnitt sørgående løp, profil 8000-8750
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

Tegningsnummer/revisjon: V940 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:23:05 - LAYOUT = V940"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

① / Ⓐ Kartleggingslokalitet

A — 70°±10° Usikker fallvinkel — ? Ukjent dybde

Antatt forløp for mulig svakhetssone

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

NyeVeier — Utført av: Norconsult

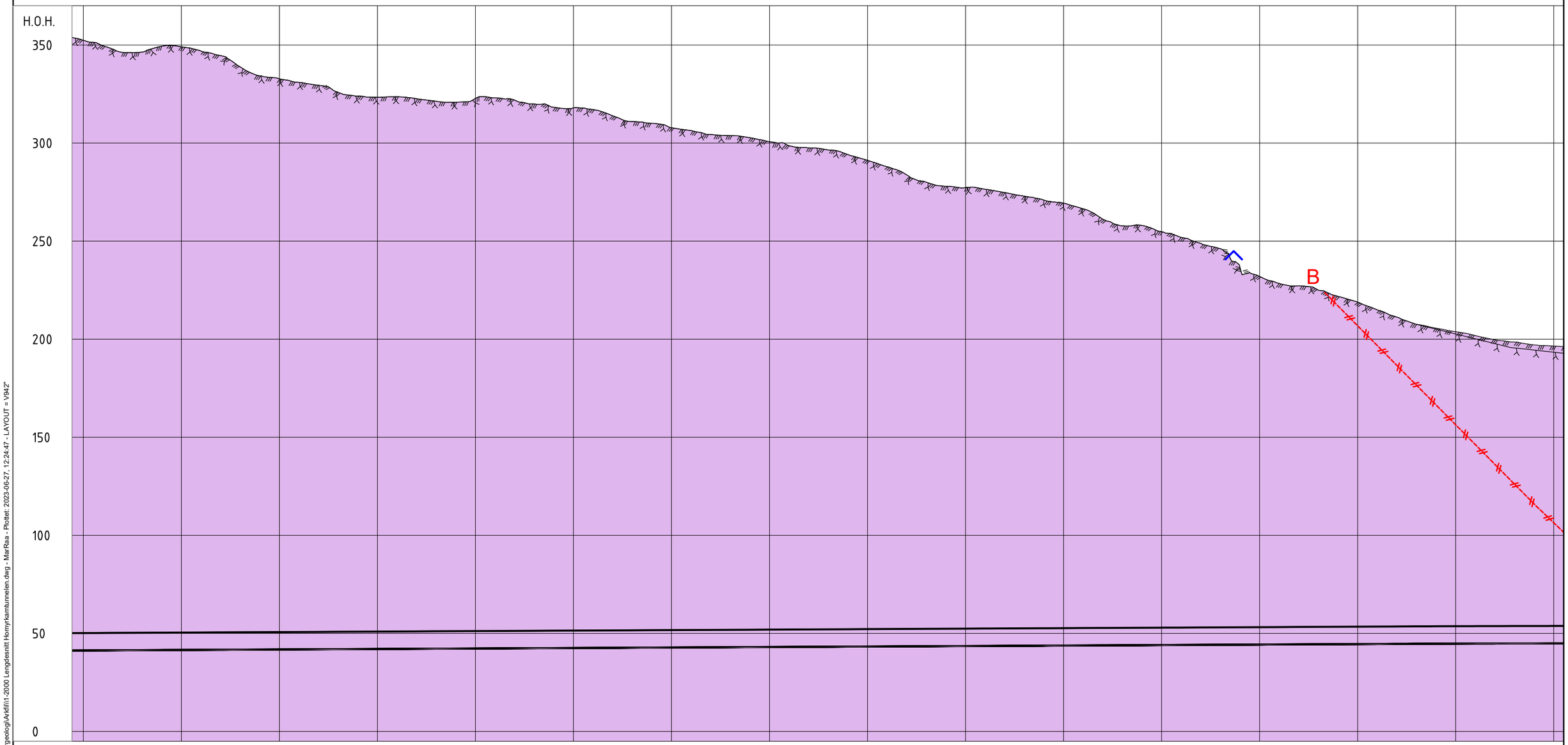
E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Lengdesnitt, profil 8750-9500
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

Tegningsnummer/revisjon: V941 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520761652076176\BIM\Ingeniørgeologi\4xkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:24:24 - LAYOUT = V941"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

① / Ⓐ Kartleggingslokalitet

A — 70°±10° Usikker fallvinkel — ? Ukjent dybde

Antatt forløp for mulig svakhetssone

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

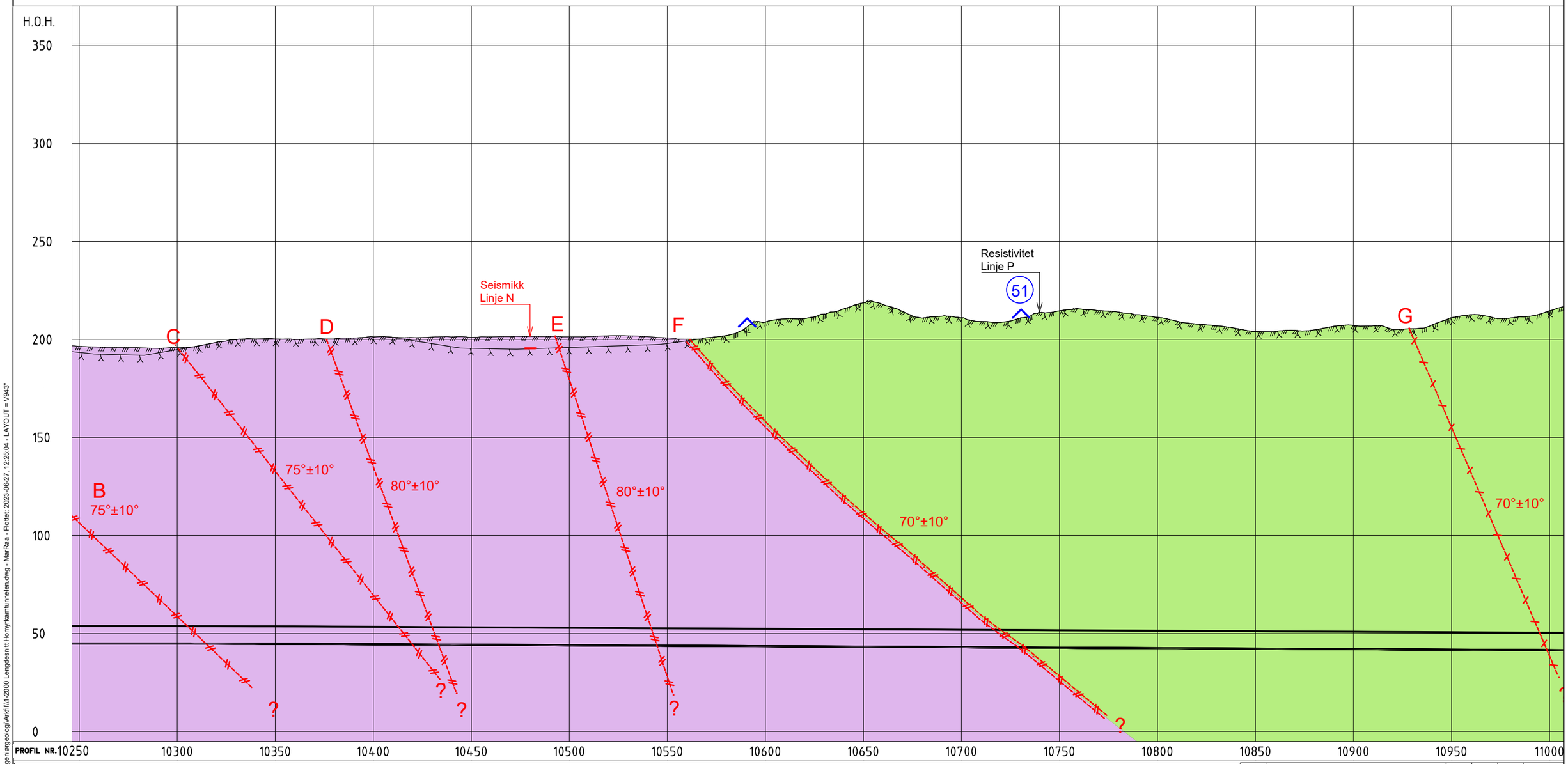
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Lengdesnitt, profil 9500-10250
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Saksnr.	-
Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V942 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:24:47 - LAYOUT = V942"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

① / Ⓐ Kartleggingslokalitet

A — 70°±10° Usikker fallvinkel — ? Ukjent dybde

Antatt forløp for mulig svakhetssone

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

Saksnr.: -

Utført av: NyeVeier / Norconsult

Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000
Tegningsnummer/ revisjon	V943 02

E6 Ulsberg - Melhus

E6 Gyllan - Kvål

Lengdesnitt, profil 10250-11000

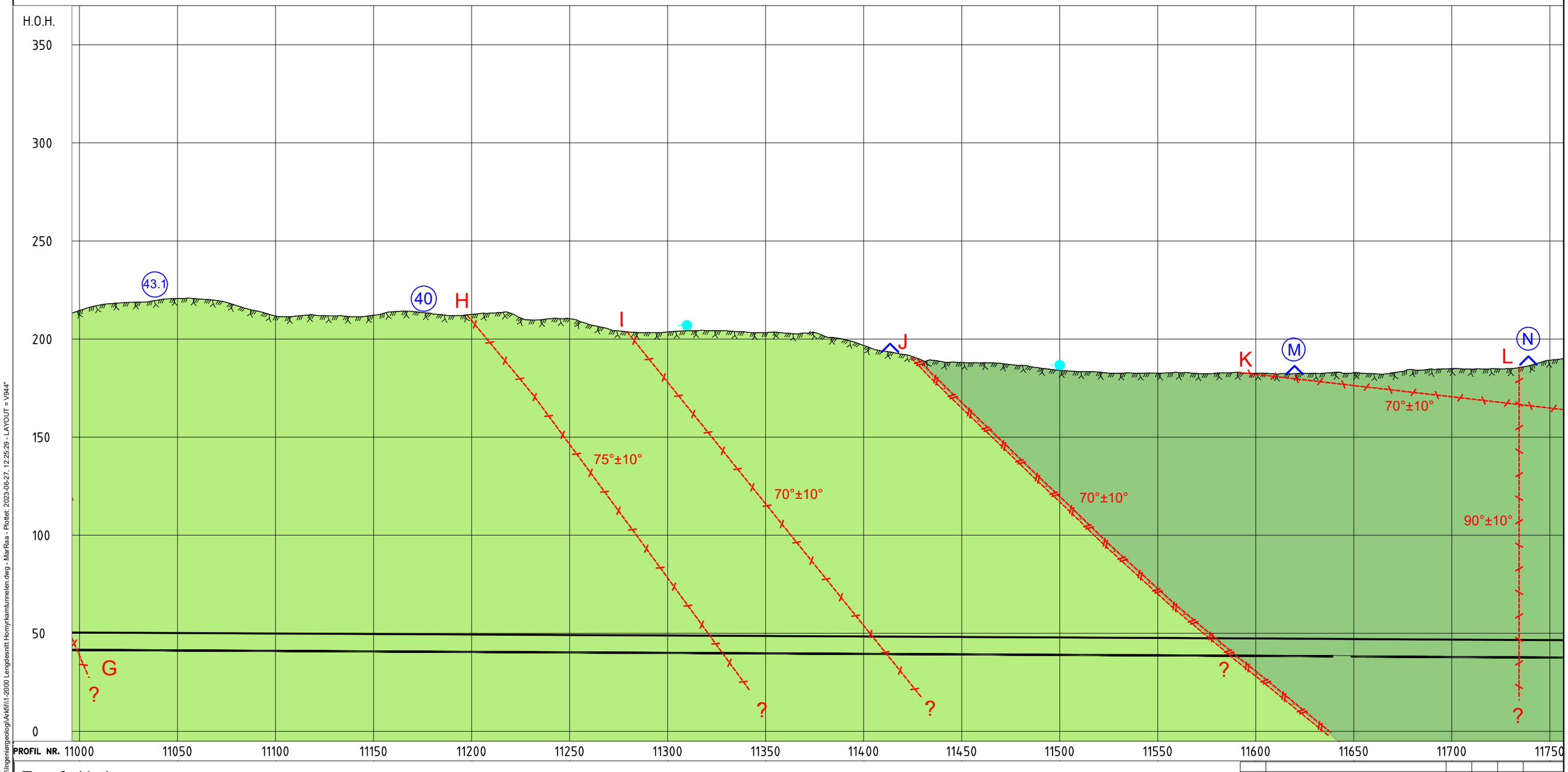
Homyrkamtunnelen

Ingeniørgeologi

Reguleringsplan

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\620\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:25:04 - LAYOUT = V943"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning
- Grunnvannsoppkomme
- 1/A Kartleggingslokalitet

A — Antatt forløp for mulig svakhetssone

70°±10° Usikker fallvinkel

? Ukjent dybde

02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato

Reguleringsplan — Saksnr. -

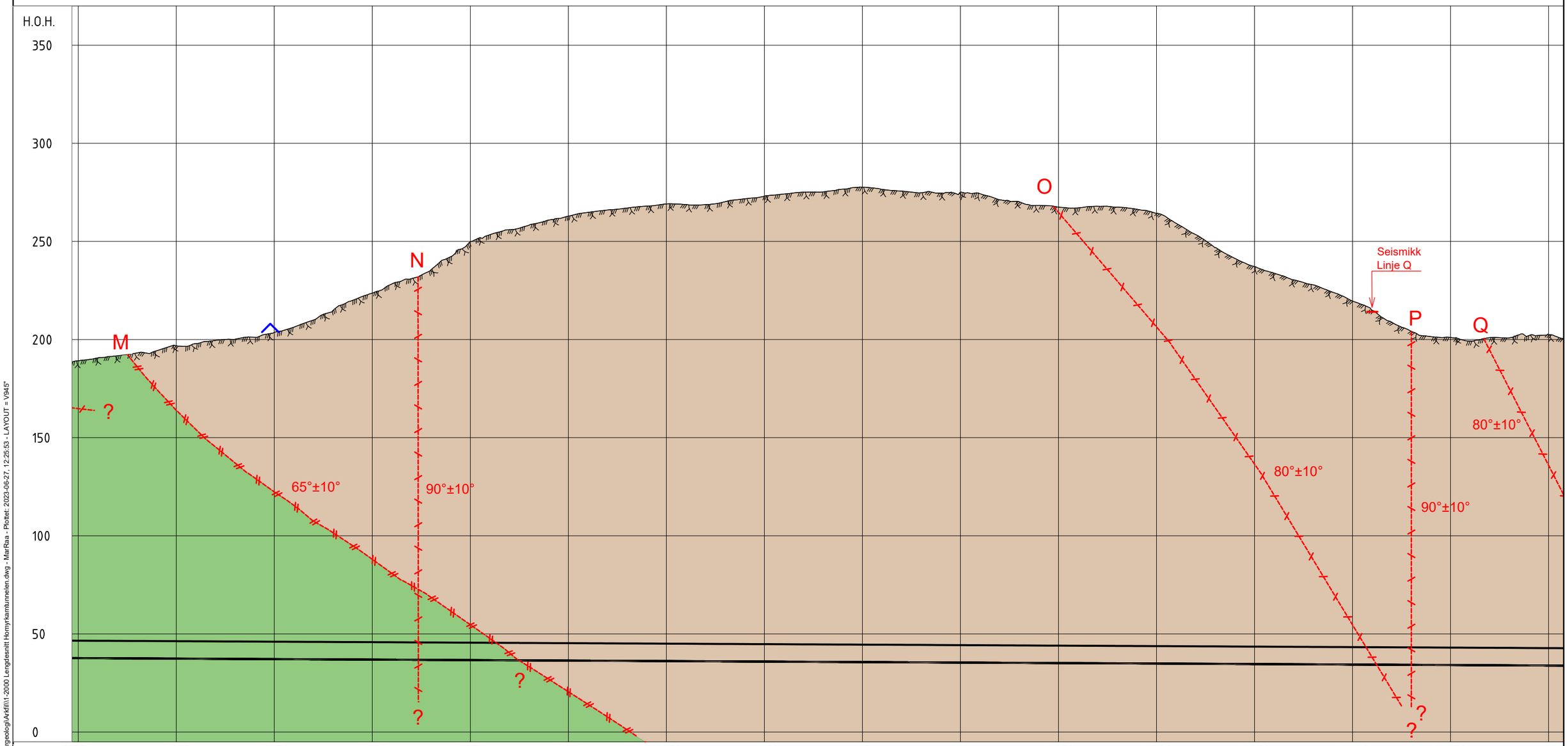
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Lengdesnitt, profil 11000-11750
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V944	02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:25:29 - LAYOUT = V944"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

① Ⓐ Kartleggingslokalitet

A — 70°±10° Usikker fallvinkel — ? Ukjent dybde

Antatt forløp for mulig svakhetssone

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan

Saksnr.: -

Utført av: NyeVeier / Norconsult

Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

E6 Ulsberg - Melhus

E6 Gyllan - Kvål

Lengdesnitt, profil 11750-12500

Homyrkamtunnelen

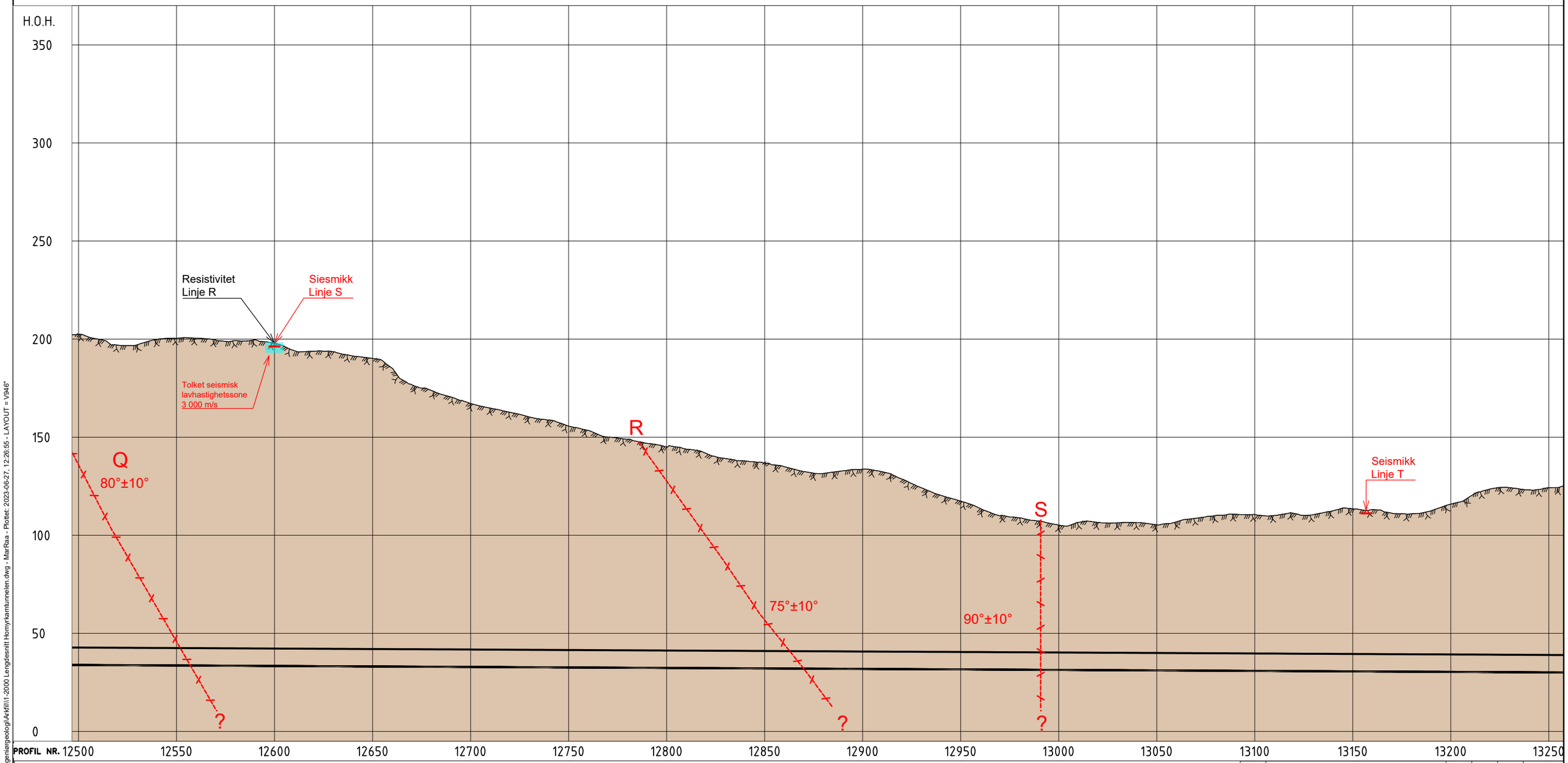
Ingeniørgeologi

Reguleringsplan

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617

Tegningsnummer/revisjon: V945 02

"X:\norl\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:25:53 - LAYOUT = V945"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

① / Ⓐ Kartleggingslokalitet

A — Antatt forløp for mulig svakhetssone

70°±10° Usikker fallvinkel

? Ukjent dybde

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan — Saksnr. -

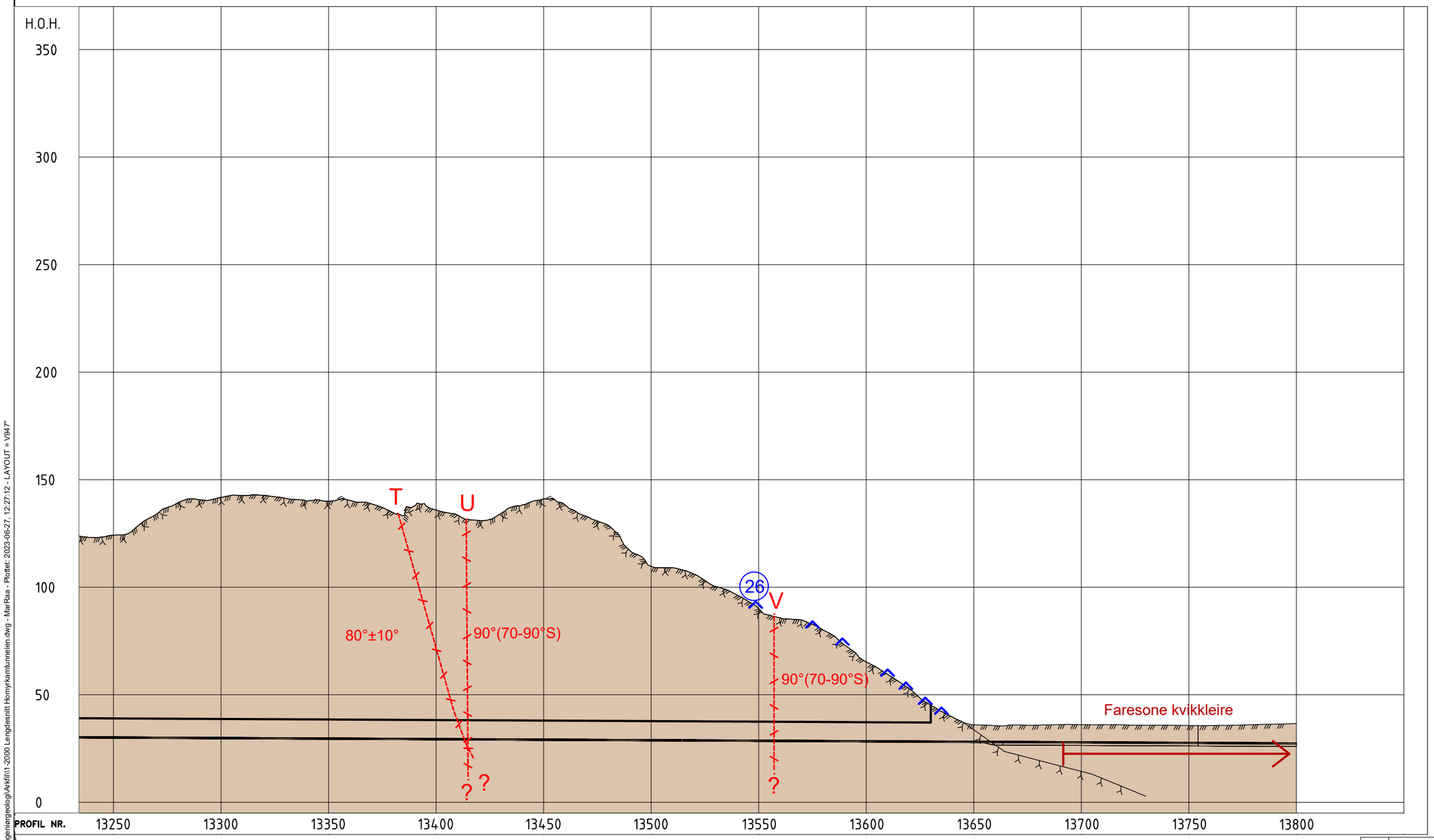
NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Lengdesnitt, profil 12500-13250
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V946	02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:26:55 - LAYOUT = V946"



Tegnforklaring

Bergarter

- Rhyolittisk sandstein
- Sandsteinskonglomerat
- Siltstein
- Grønnstein

Antatt forløp geologiske strukturer

- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde < 3 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 3 - 7 m
- Lineament - mulig svakhetssone, antatt bredde 8 - 12 m

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning

1/A Kartleggingslokalitet

A — 70°±10° Usikker fallvinkel — ? Ukjent dybde

Antatt forløp for mulig svakhetssone

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Revisjonsdato
02	Revisjon etter 3.partskontroll	MarRaa	KTLof	JHSve	31.08.2023

Reguleringsplan — Saksnr. -

NyeVeier — Utført av: Norconsult

E6 Ulsberg - Melhus
E6 Gyllan - Kvål
Lengdesnitt, profil 13250-13800
Homyrkamtunnelen
Ingeniørgeologi
Reguleringsplan

Tegningsdato	31.08.2023
Bestiller	Jan Olav Sivertsen
Produsert for	Nye Veier
Prosjektnummer	112100
Arkivreferanse	-
Byggverk nummer	-
Koordinatsystem	NTM 10
Høydesystem	NN2000
Målestokk A1	1:1000
Halv målestokk A3	1:2000

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon
KRIDOL/MARRAA	KTLOF	JHSVE	5207617	V947 02

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\520\76\5207617\BIM\Ingeniørgeologi\Arkfil\1-2000 Lengdesnitt Homyrkamtunnelen.dwg - MarRaa - Plottet: 2023-06-27, 12:27:12 - LAYOUT = V947"

VEDLEGG 3 – TVERRPROFILER FOR PÅHUGGSOMRÅDENE

- Forskjæring og påhugg Homyrkamtunnelen sør – Profil 8 100–8 210
- Forskjæring og påhugg Homyrkamtunnelen nord – Profil 13 600– 13 670

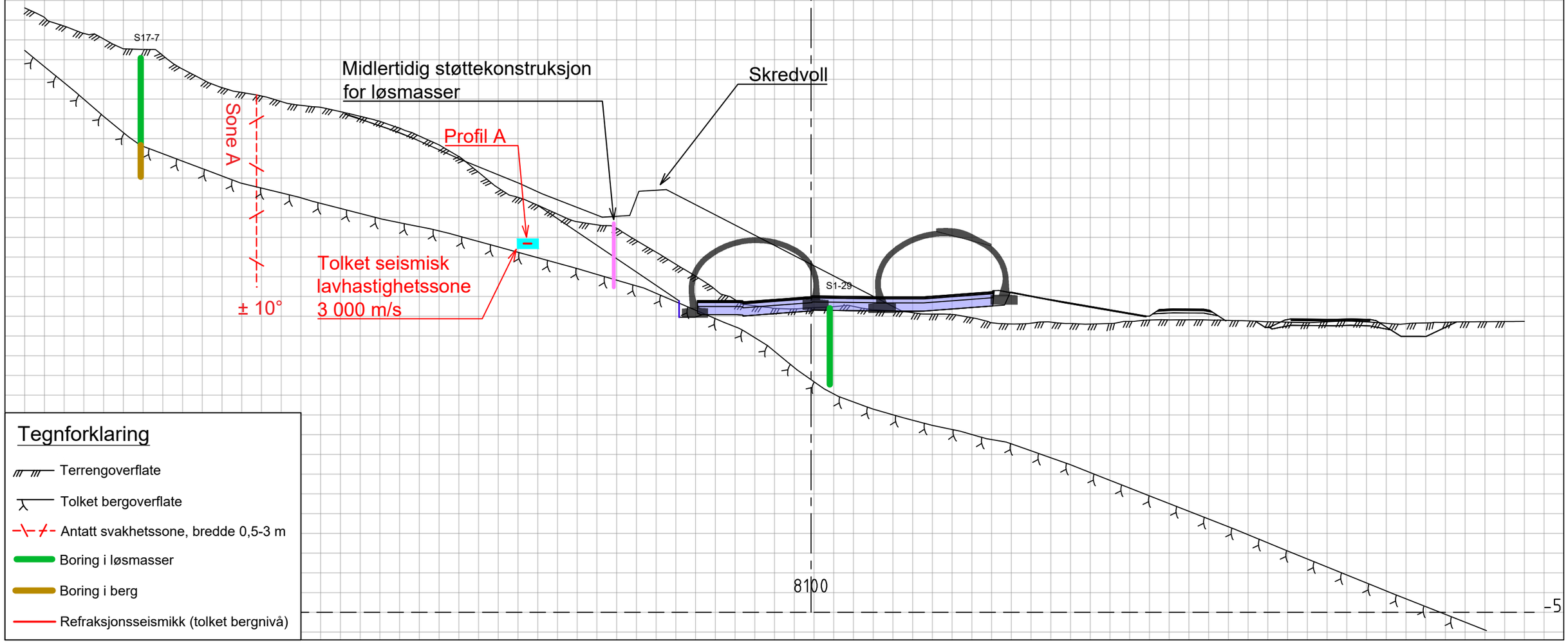
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



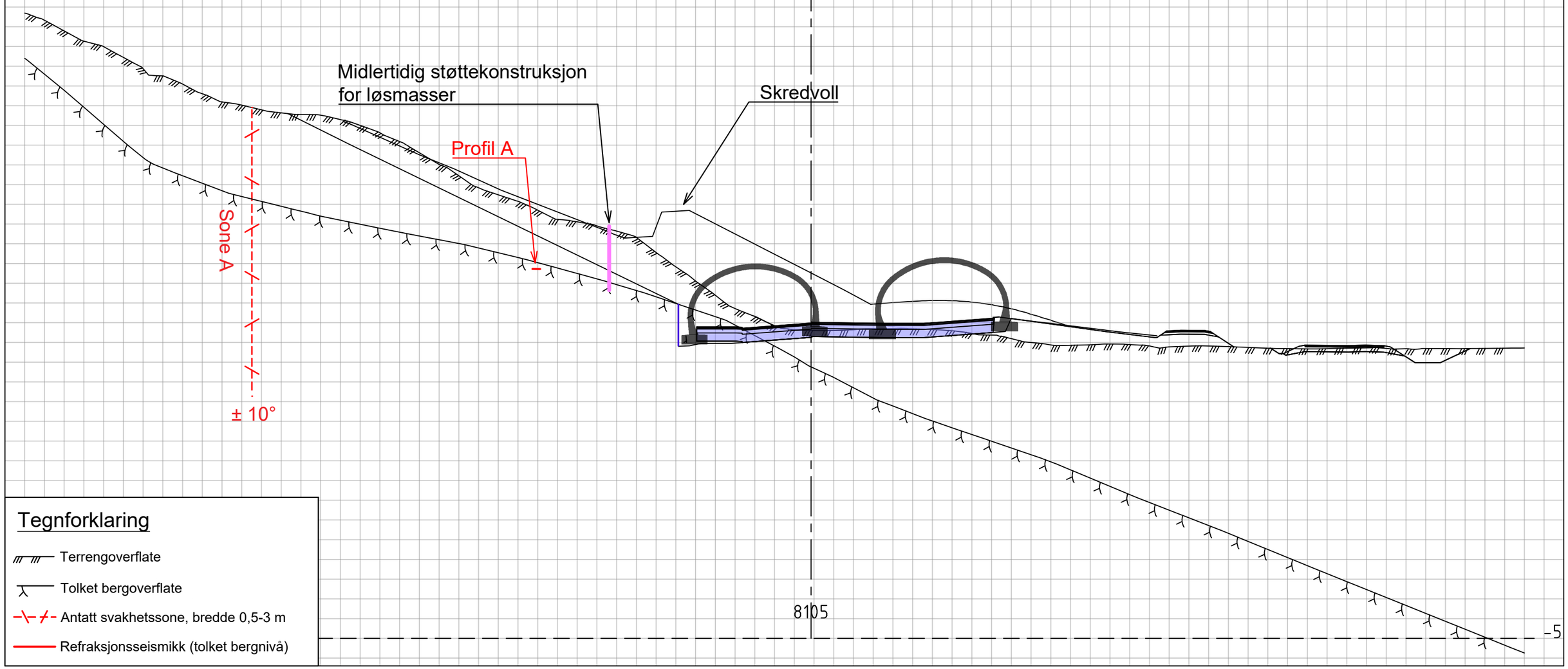
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)

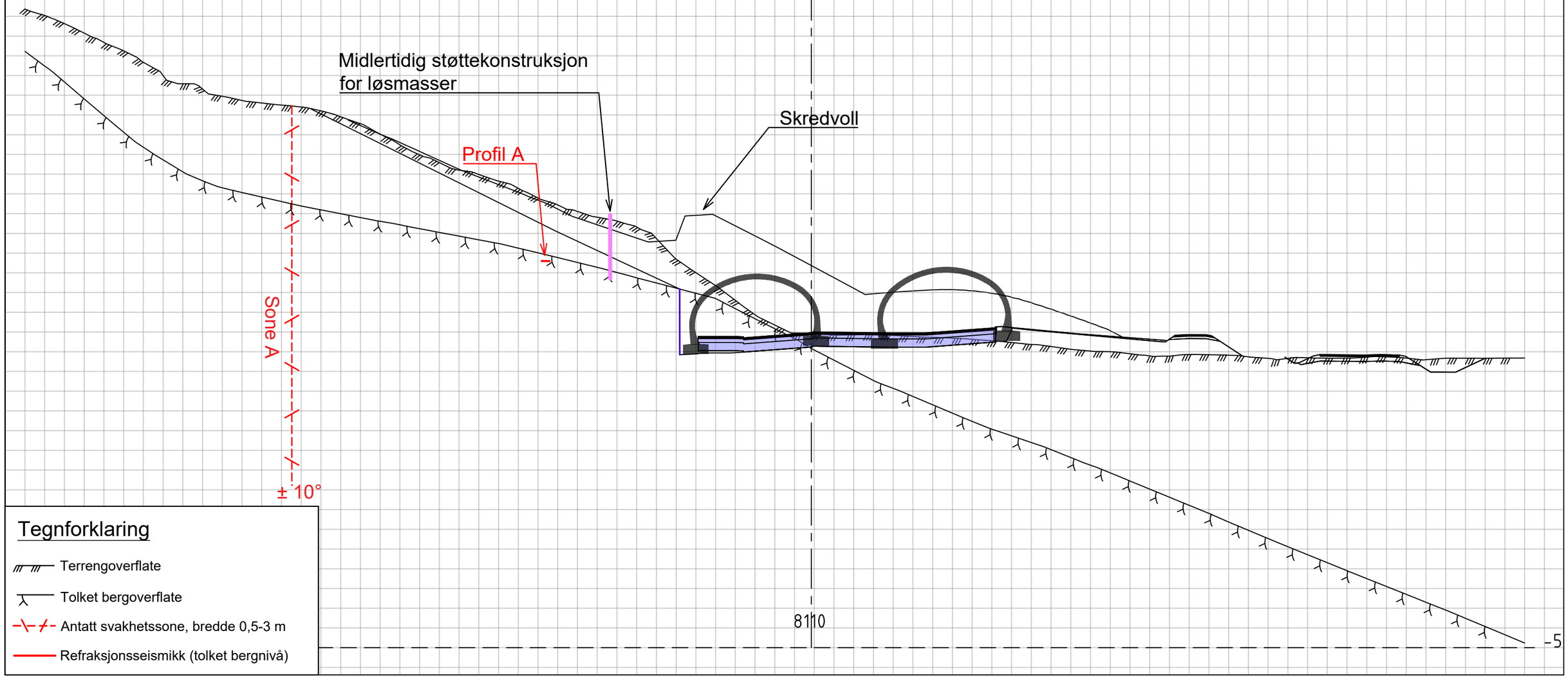
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



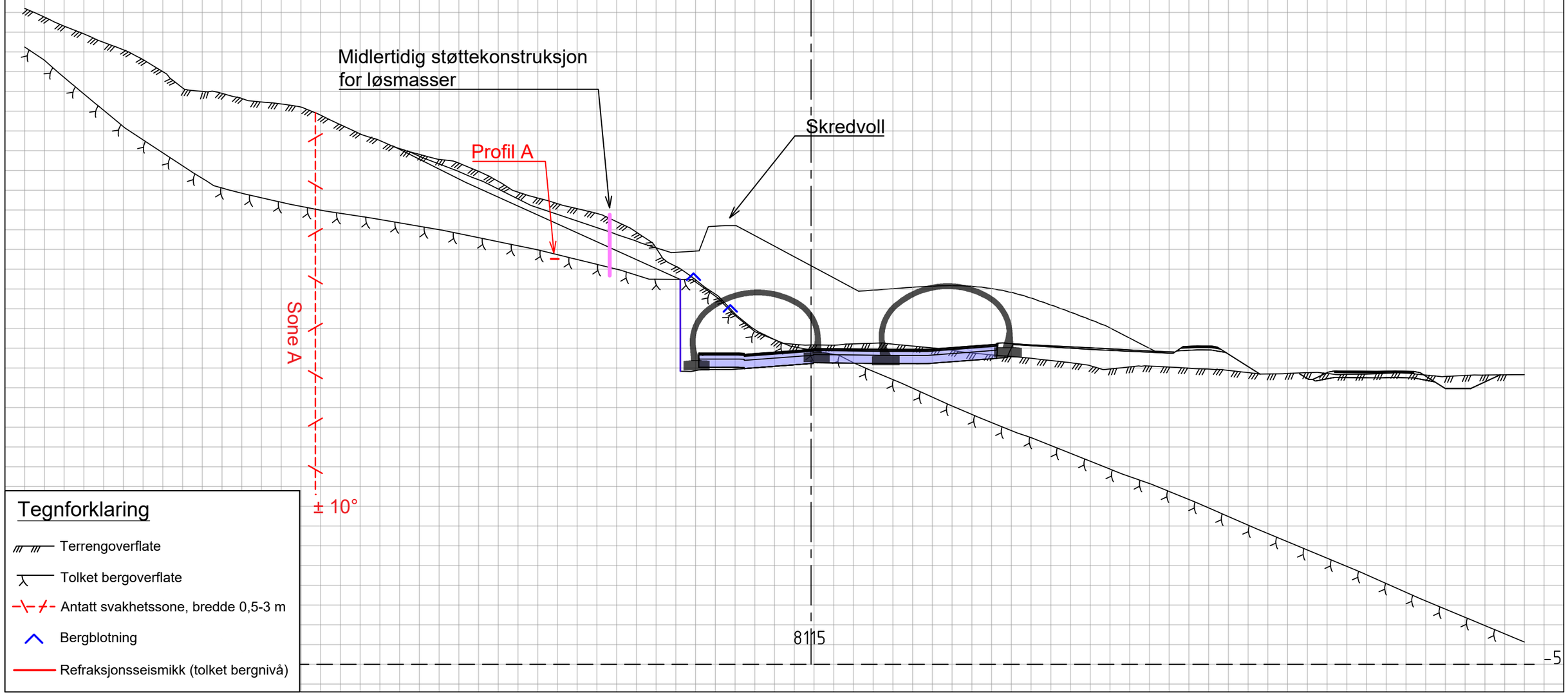
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



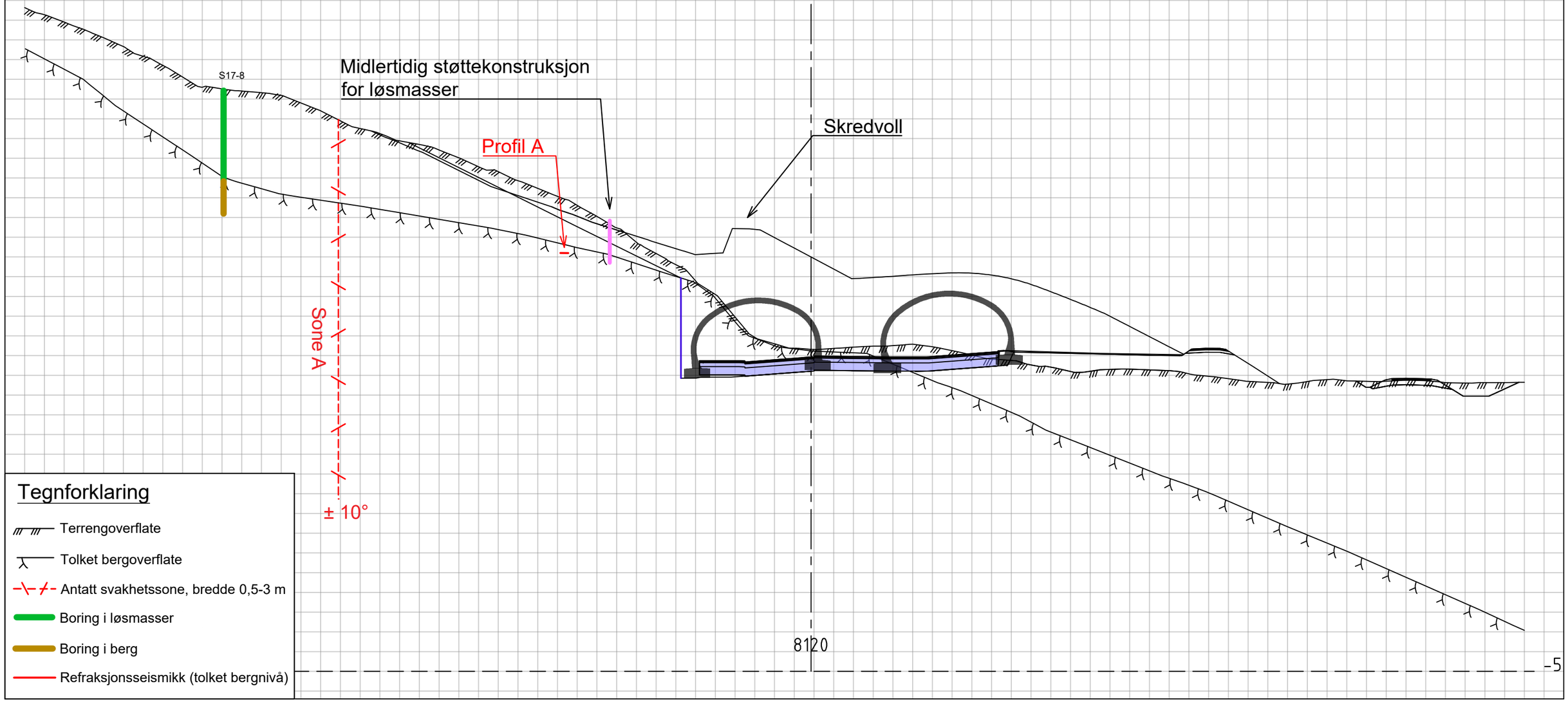
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)

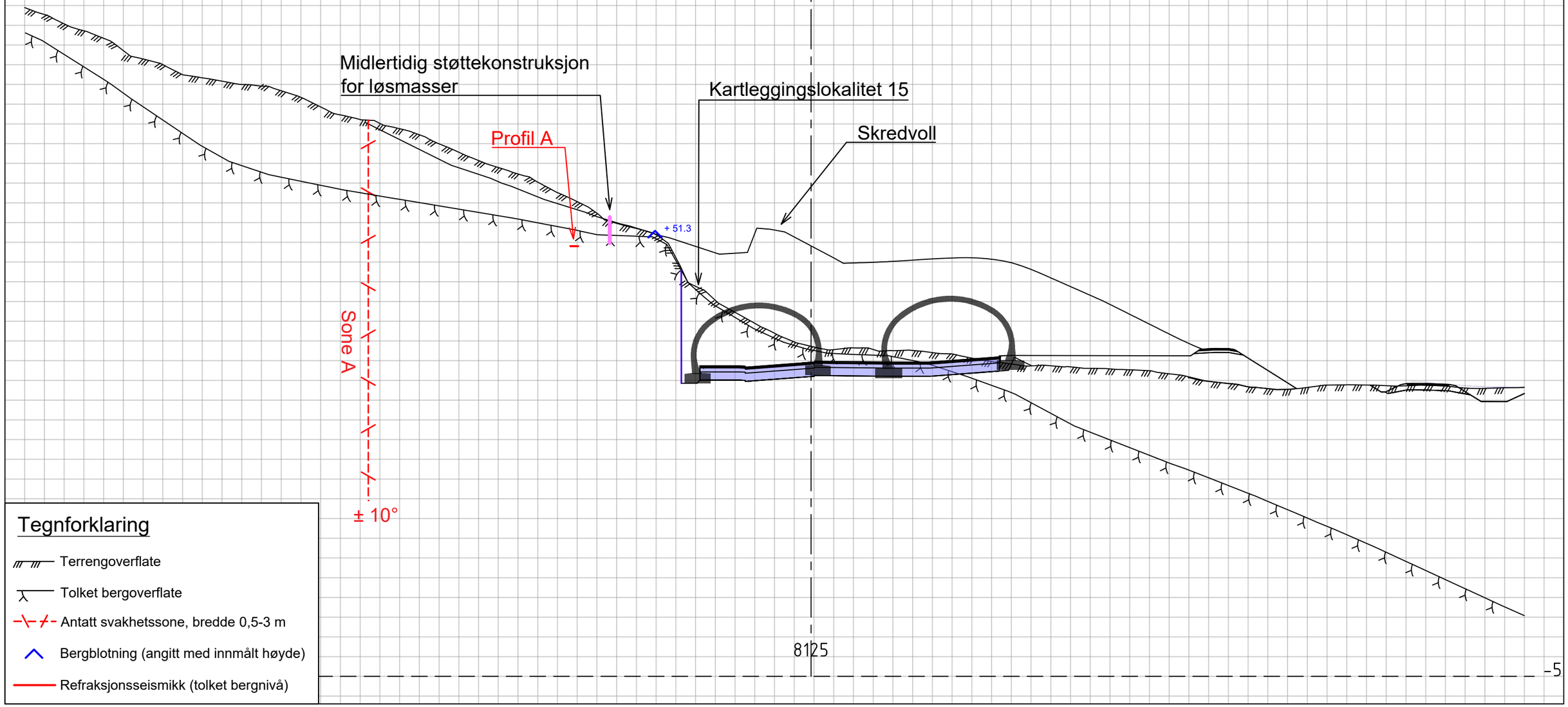
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning (angitt med innmålt høyde)
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)

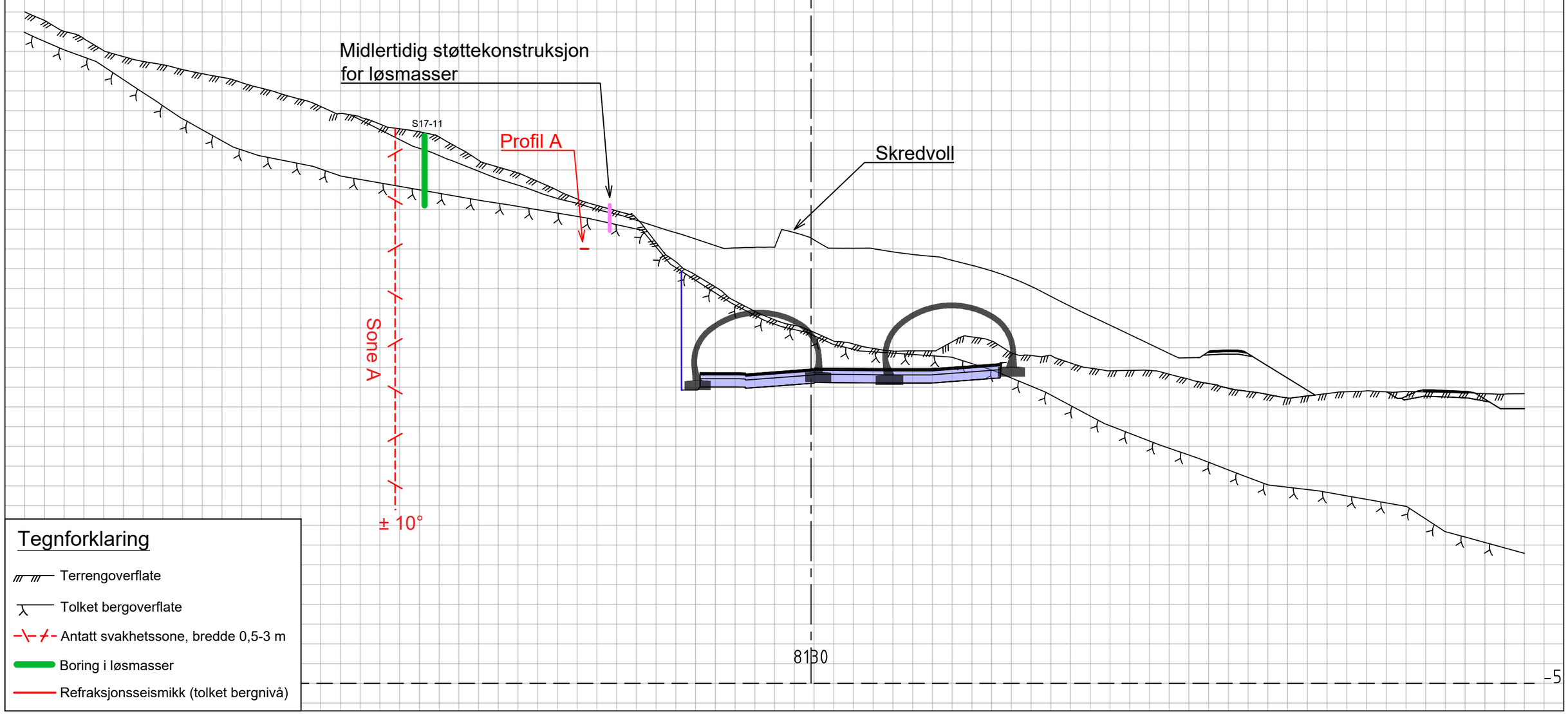
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



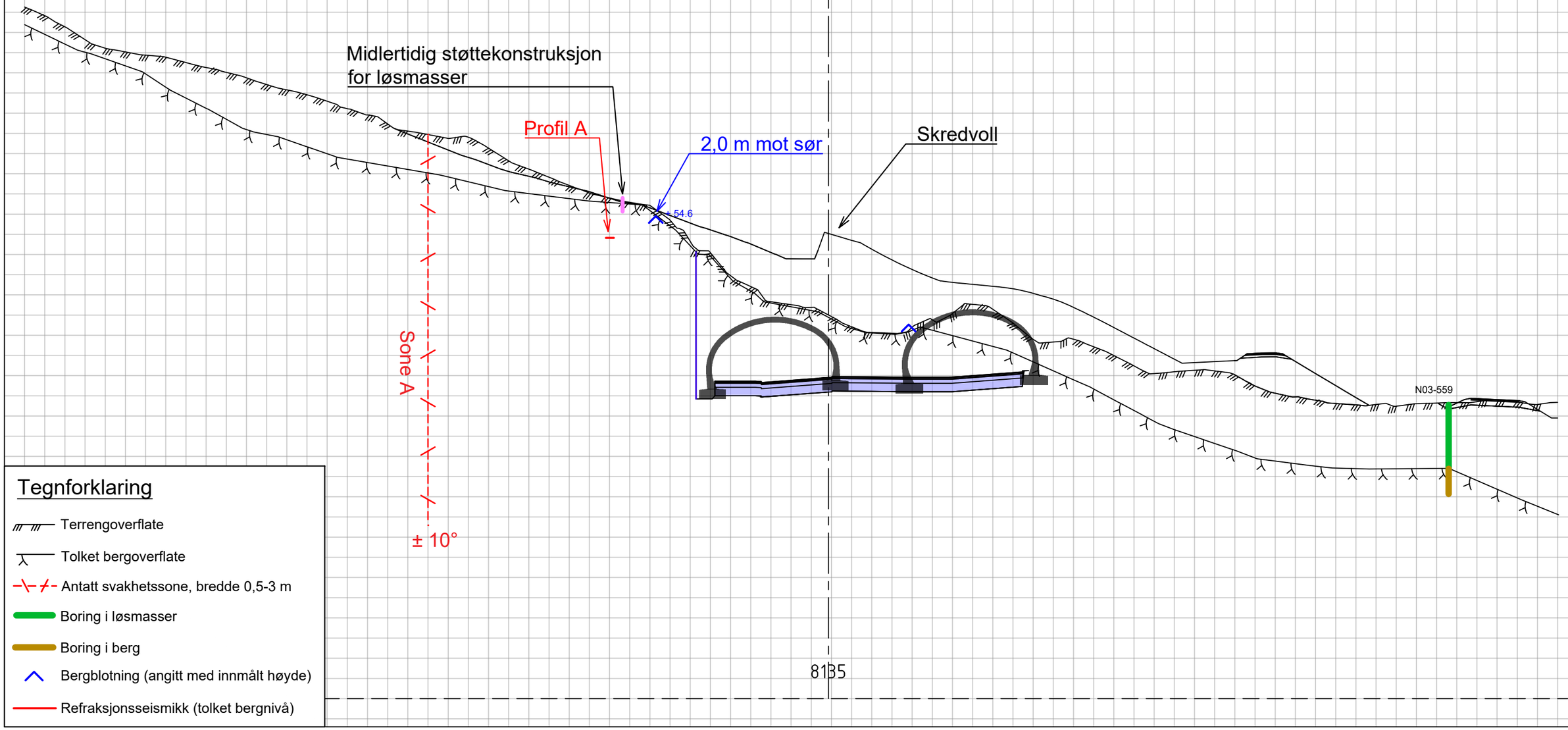
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning (angitt med innmålt høyde)
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

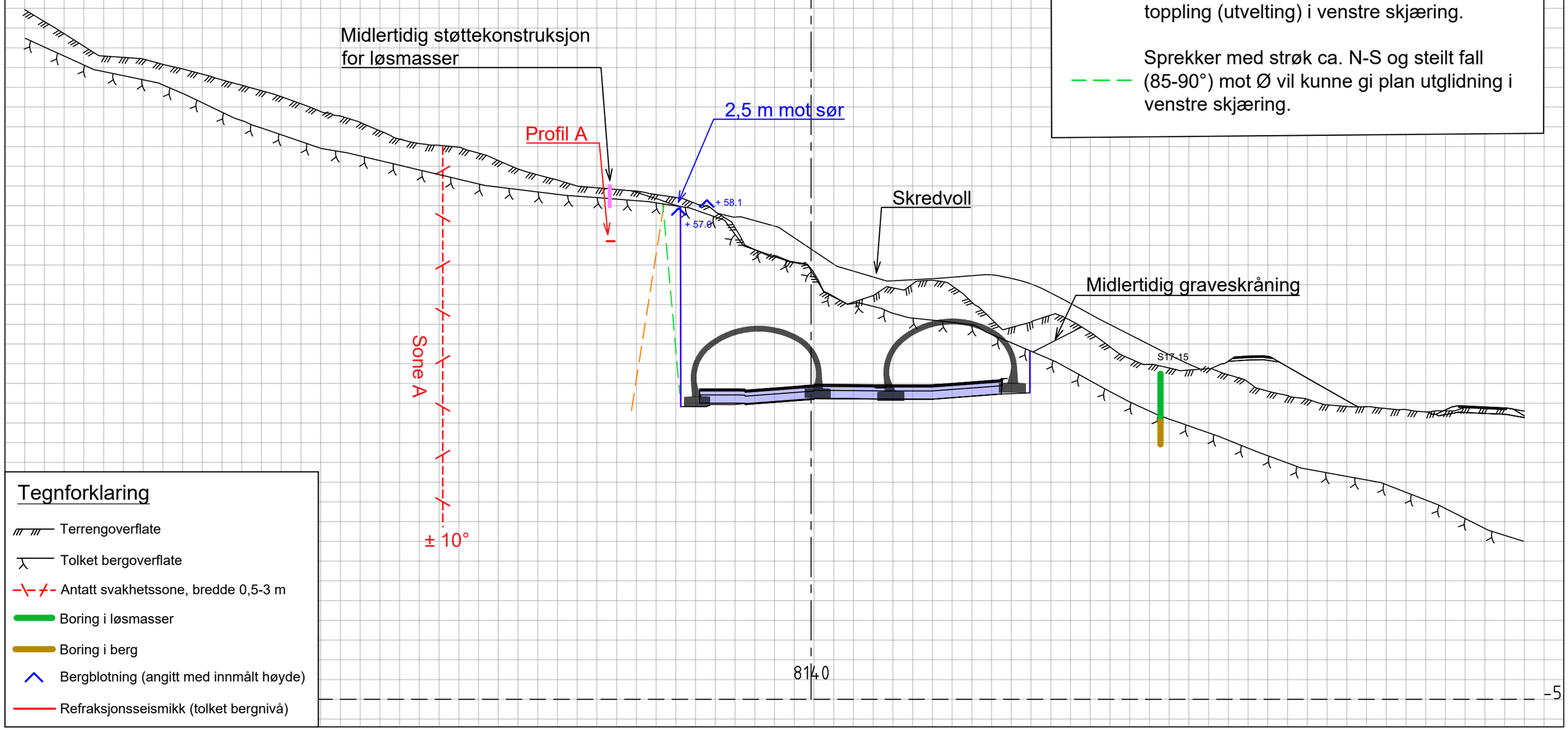
Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Mulige stabilitetsutfordringer i forskjæringer:

Sprekker med strøk ca. N-S og moderat til steilt fall (60-90°) mot V vil kunne gi toppling (utvelting) i venstre skjæring.

Sprekker med strøk ca. N-S og steilt fall (85-90°) mot Ø vil kunne gi plan utglidning i venstre skjæring.



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning (angitt med innmålt høyde)
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)

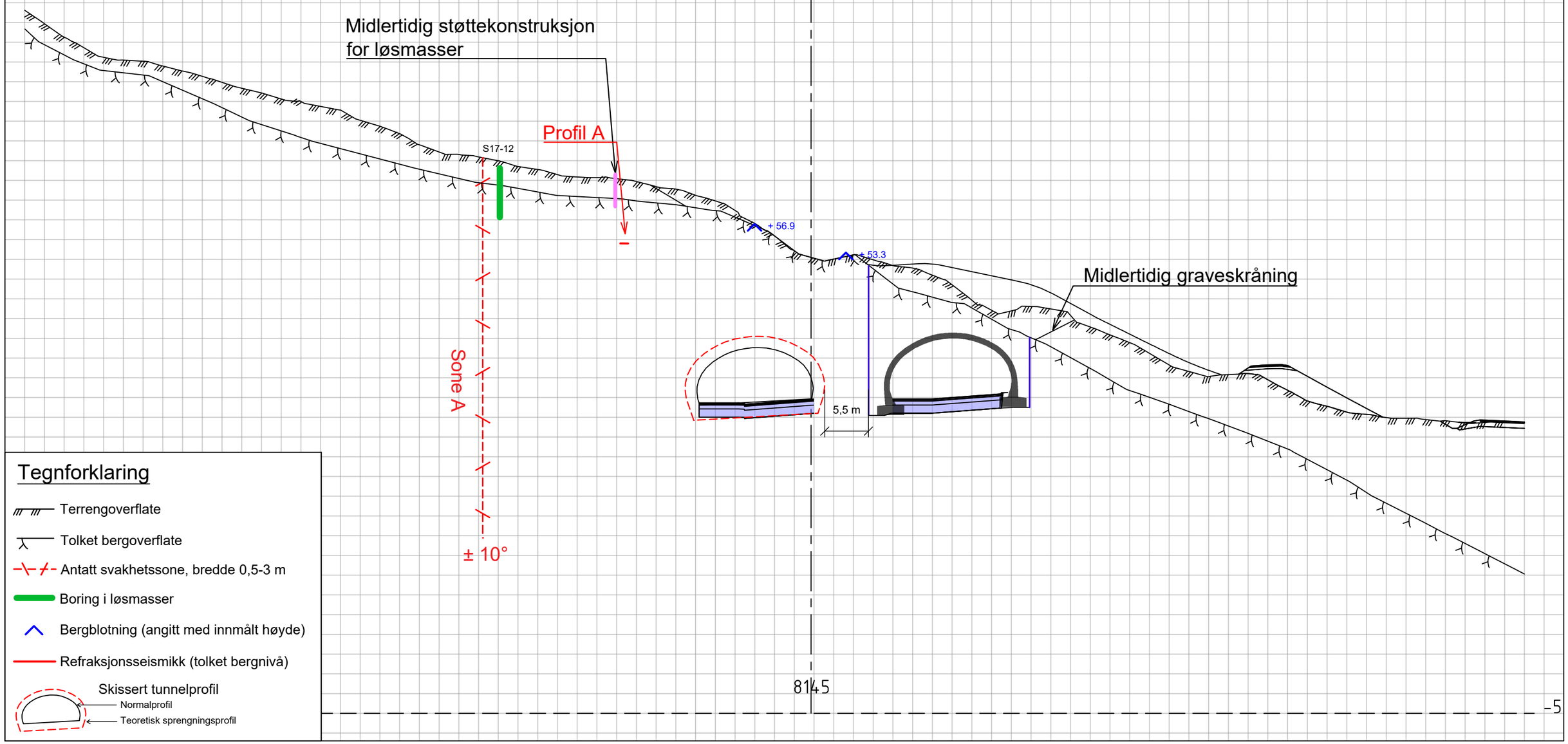
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



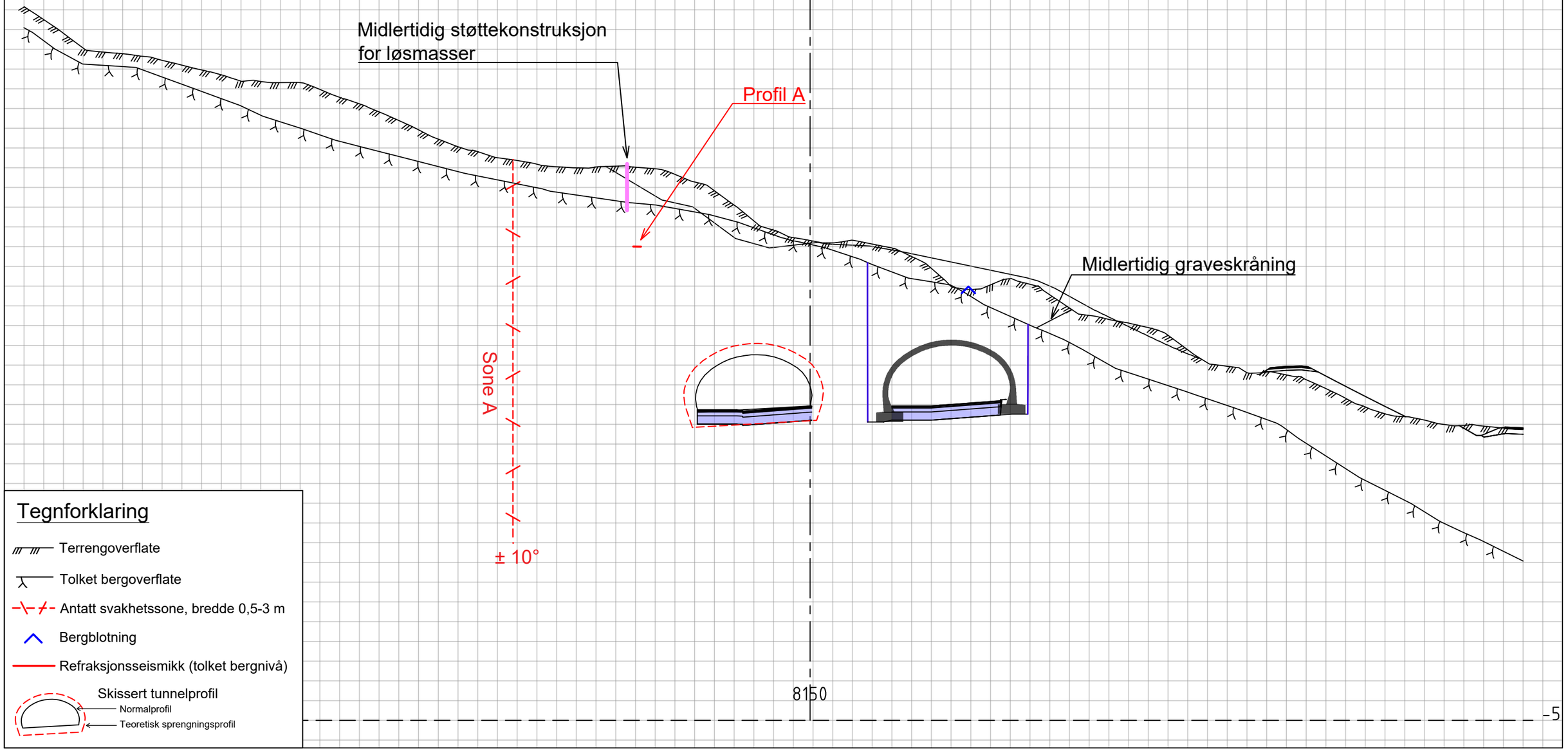
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

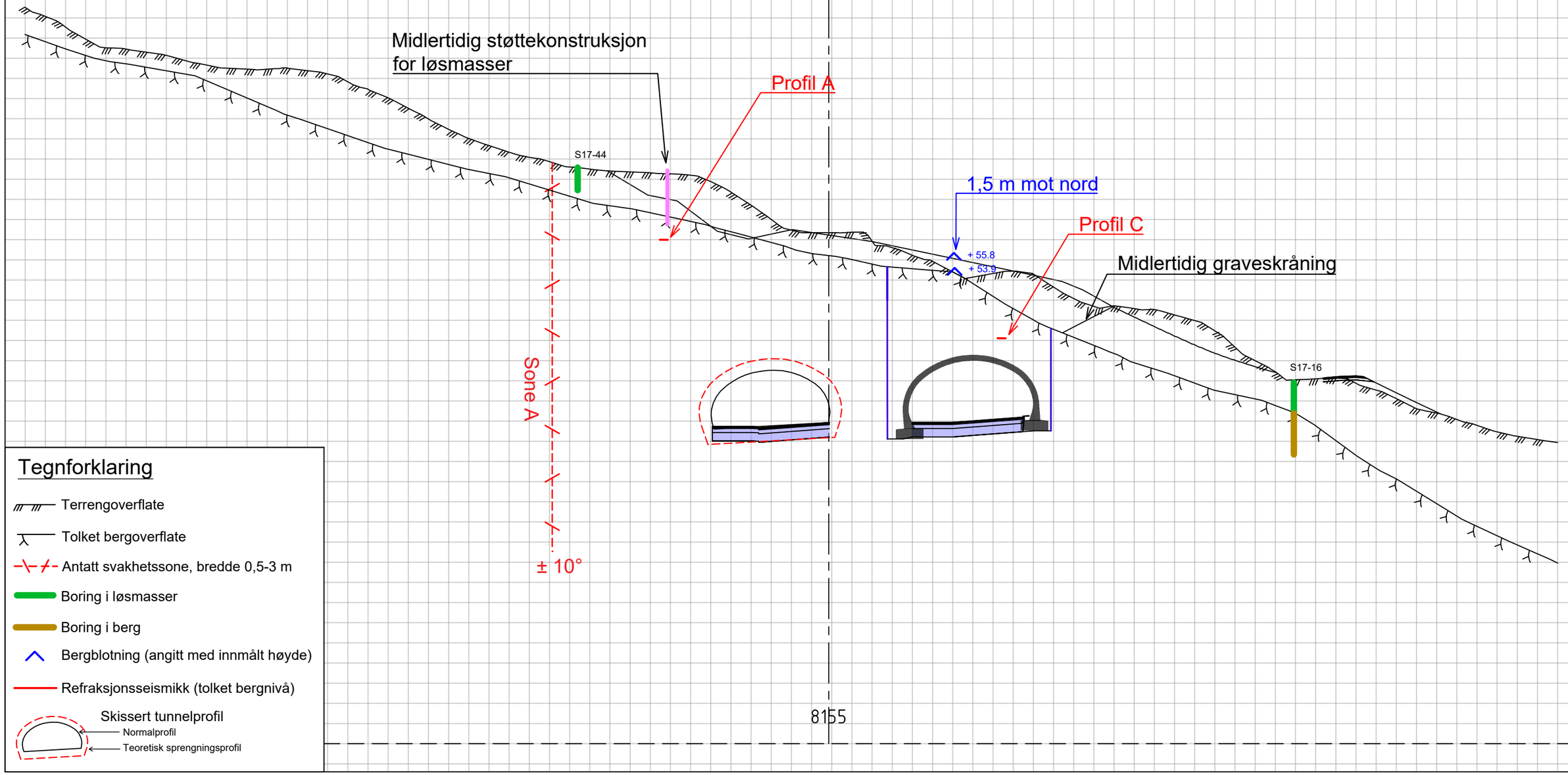
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Bergblotning (angitt med innmålt høyde)
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Midlertidig støttekonstruksjon for løsmasser

Profil A

Profil B

Kryss profil C

S17-45

NO3-503

Midlertidig graveskråning

Sone A

± 10°

8160

-5

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Mulige stabilitetsutfordringer i forskjæringer:

- Sprekker med strøk N-S til NØ-SV og moderat til steilt fall (65-90°) mot V vil kunne gi toppling (utvelting) i vestre skjæring og plan utglidning i østre skjæring.
- Sprekker med strøk ca. N-S og steilt fall (85-90°) mot Ø vil kunne gi plan utglidning i vestre skjæring og toppling (utvelting) i østre skjæring.

Profil B

Kryss profil A

Midlertidig støttekonstruksjon for løsmasser

S17-43

S17-41

NO3-502

Profil C

Midlertidig graveskråning

Tolket seismisk lavhastighetssone 3 000 m/s

Sone A

± 10°

8165

-5

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Profil B

Profil A

Midlertidig støttekonstruksjon for løsmasser

Profil C

Midlertidig graveskråning

NO3-510
NO3-506
S17-40
NO3-505
S17-42
NO3-501
NO3-504
S17-17

Sone A

± 10°

8170

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

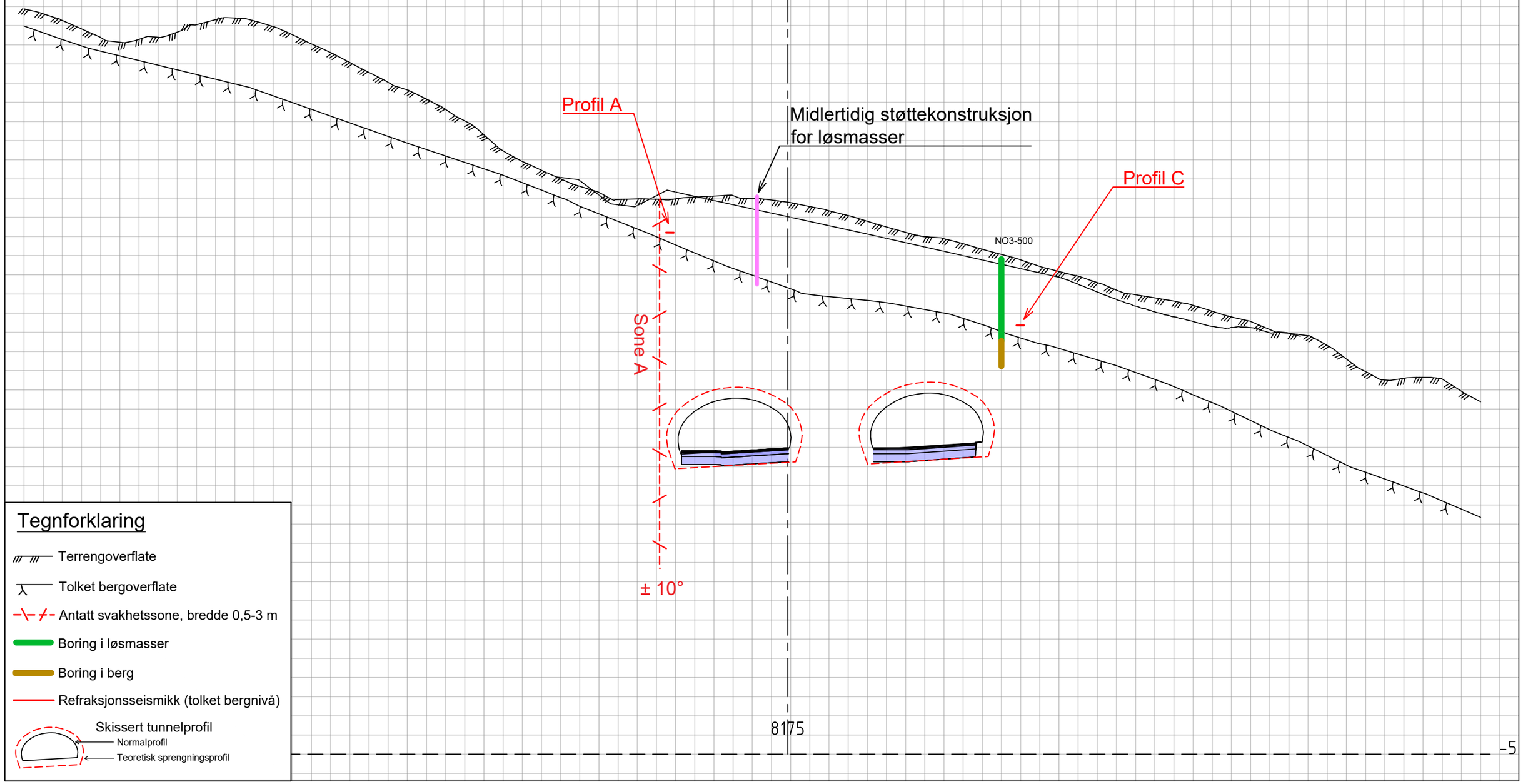
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

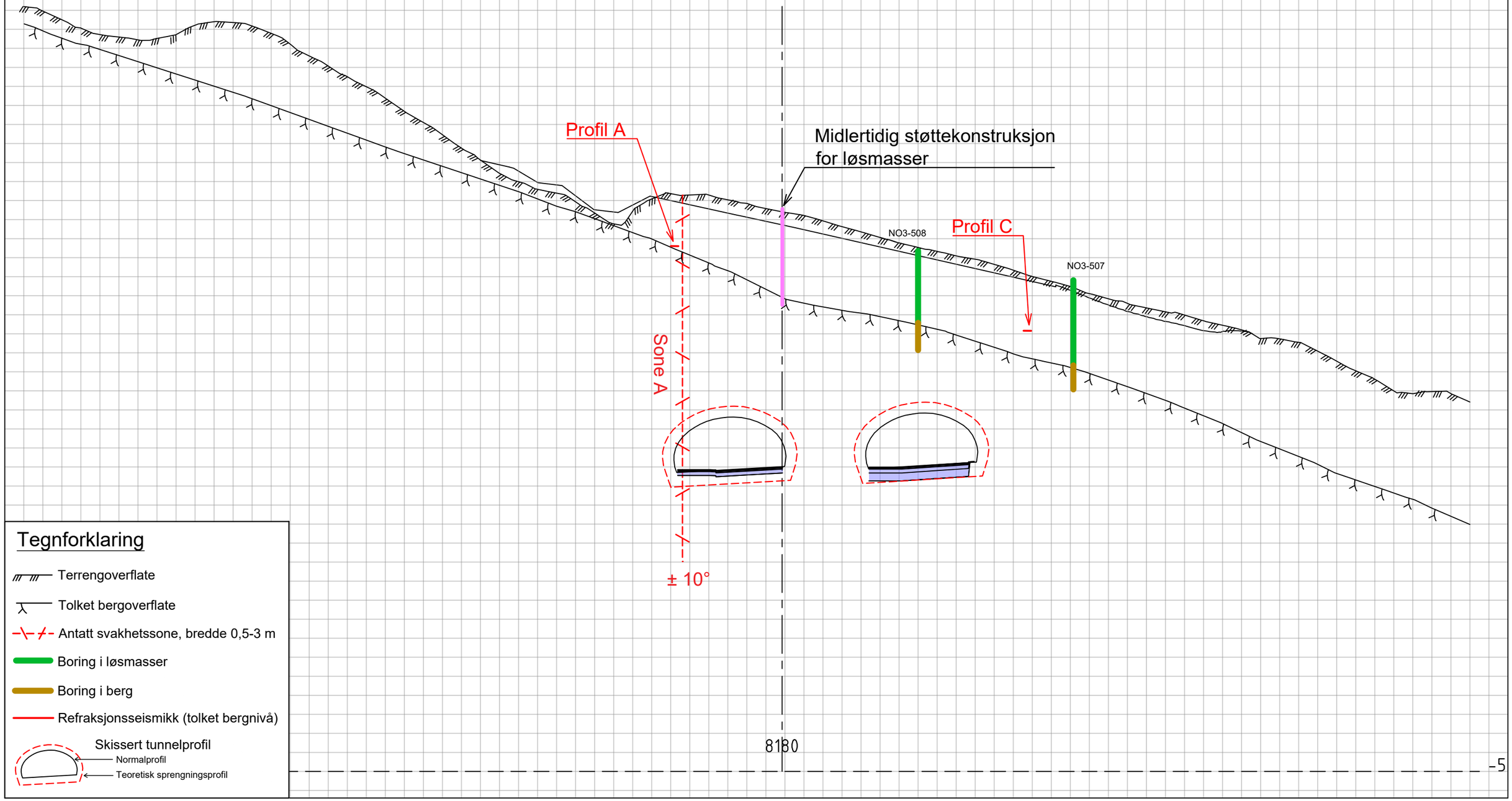
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

S17-37
S17-36
S17-35
S17-18
Profil C
Sone A
± 10°
8185
-5

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

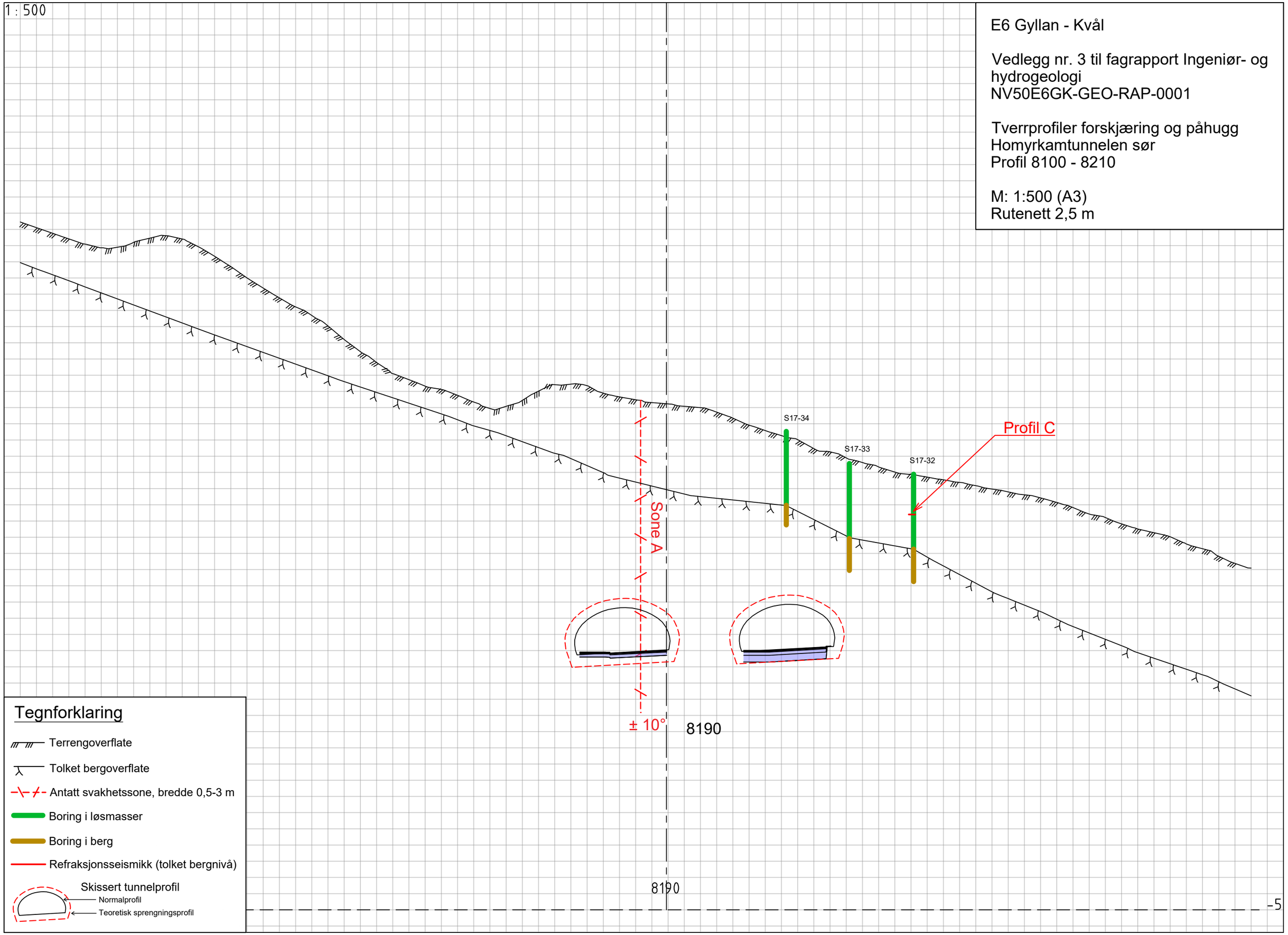
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Profil C

S17-31

S17-30

Sone A

± 10°

8195

-5

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Profil C

Sone A

± 10°

S17-47

8200

-5

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500

Profil C

Sone A

± 10°

S17-46

8205

-5

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

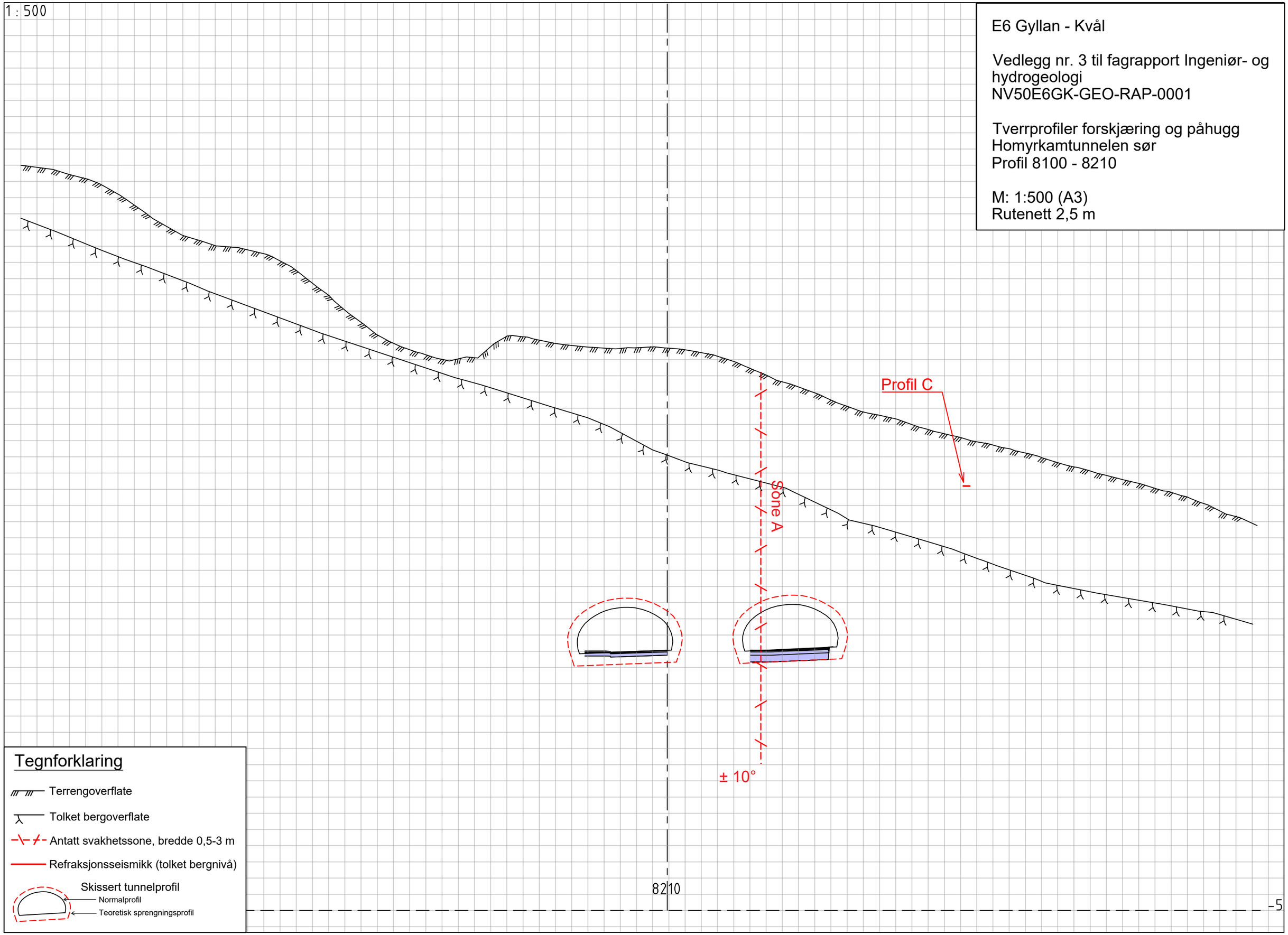
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen sør
Profil 8100 - 8210

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Refraksjonsseismikk (tolket bergnivå)
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Sone W

Fall 90°±10°

13600

-15

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Sone W

Fall 90°±10°

13605

-15

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

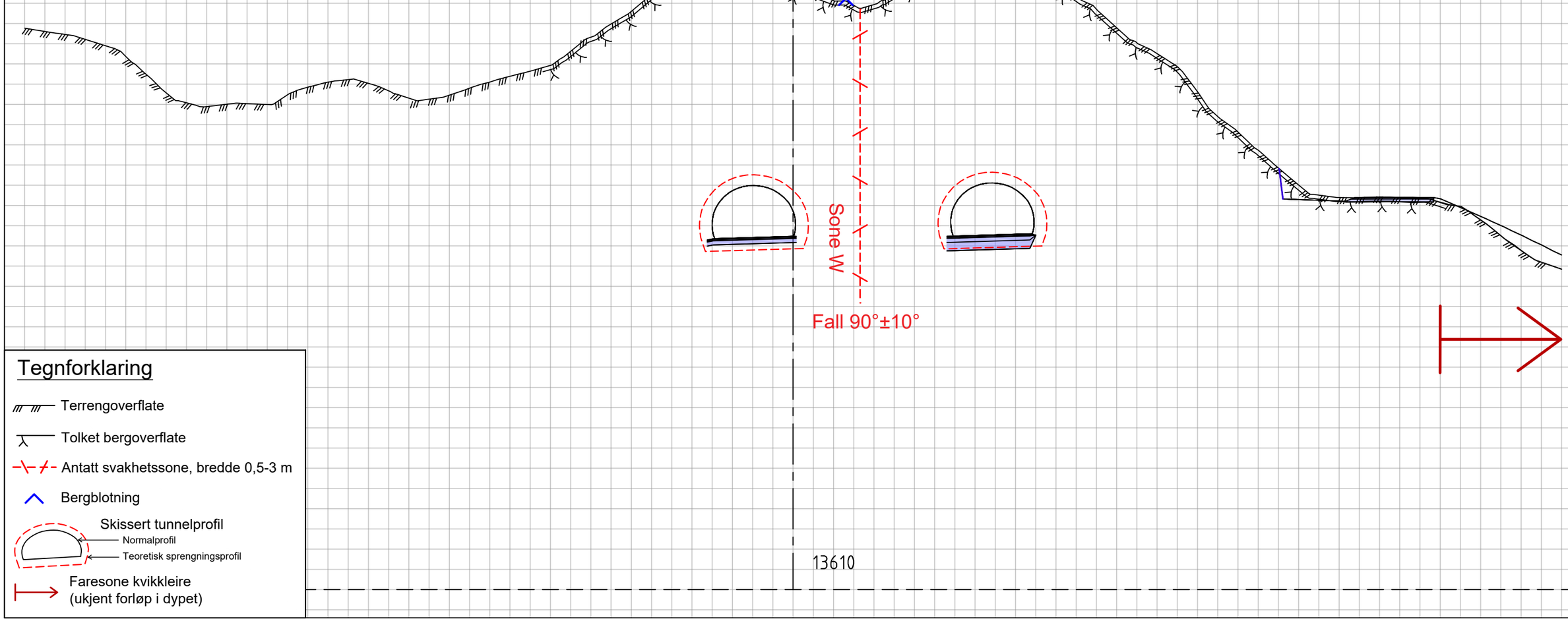
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

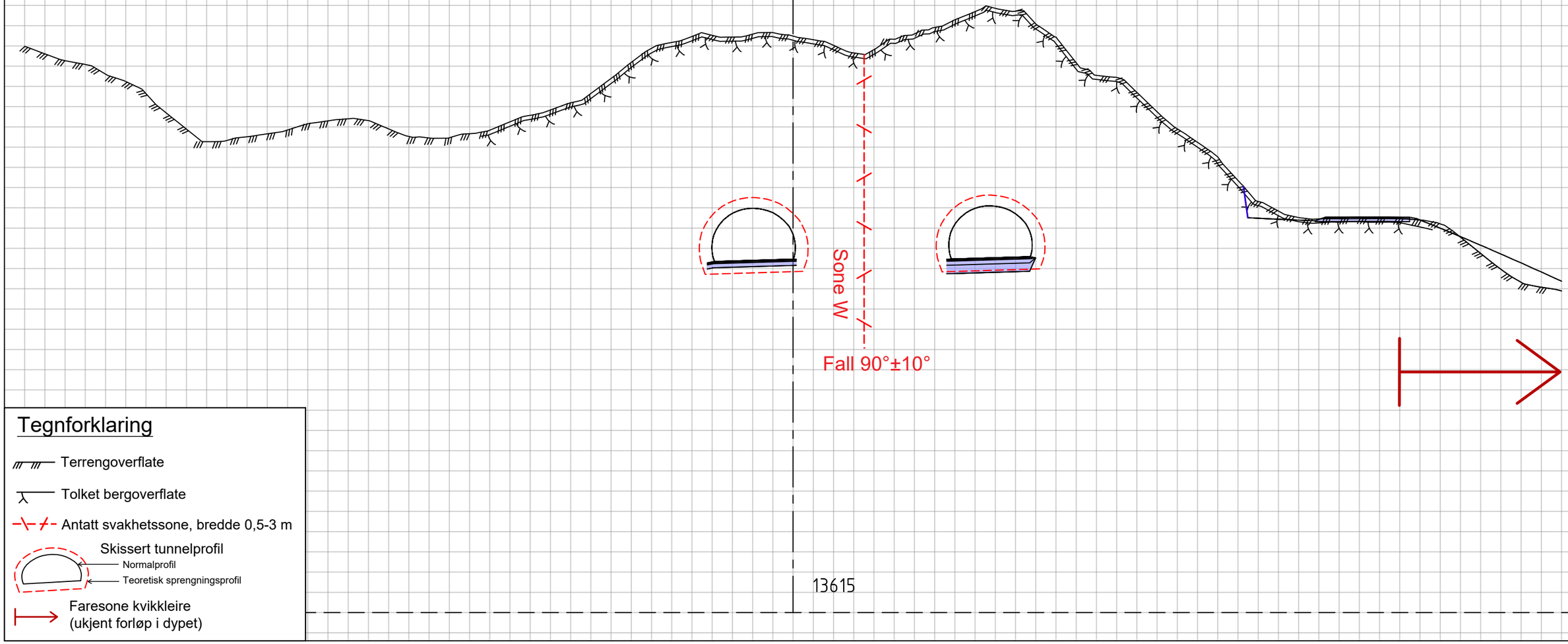
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

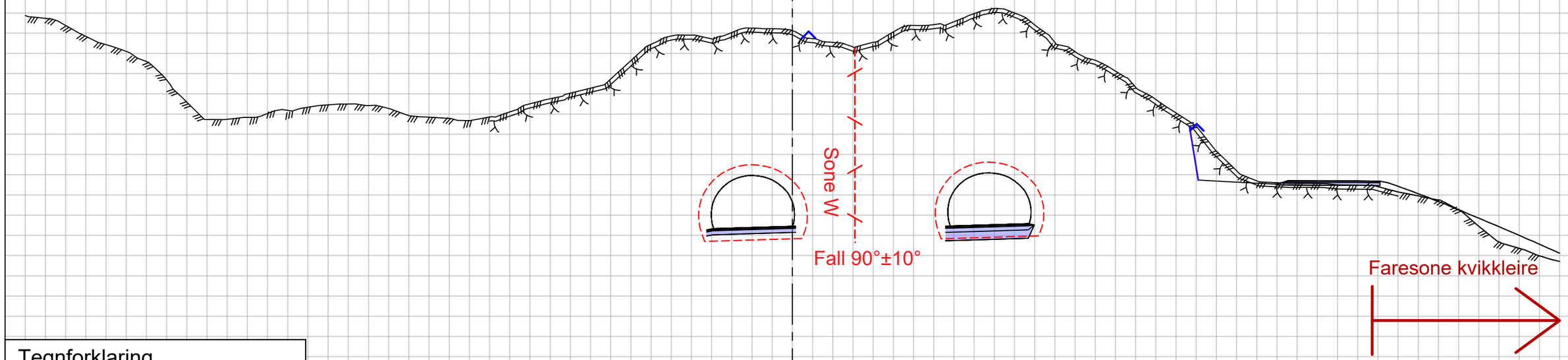
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

13620

-15

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Sone W

Fall 90°±10°

Faresone kvikkleire

13625

-15

Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Skissert tunnelprofil
  - Normalprofil
  - Teoretisk sprengningsprofil
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

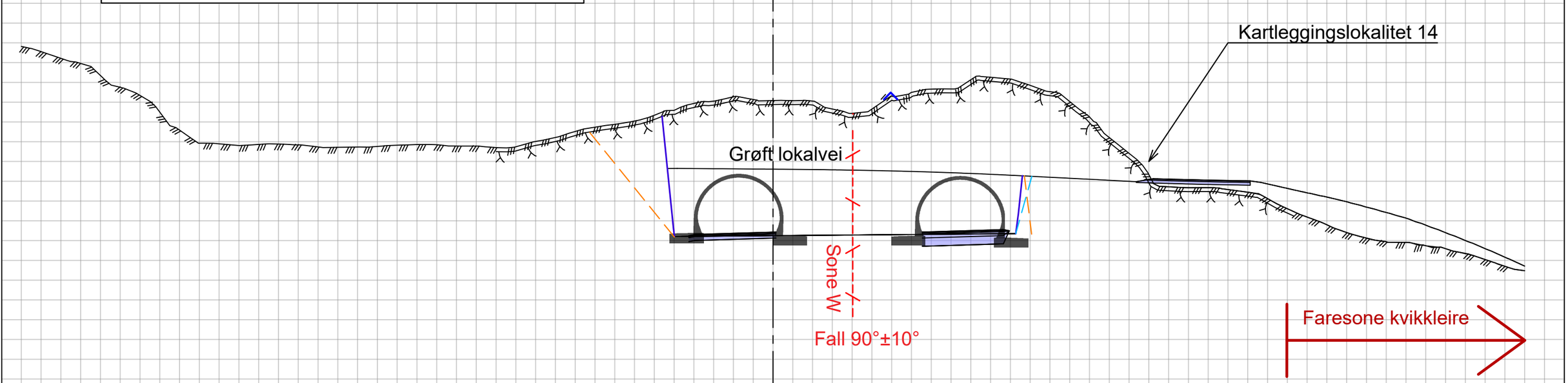
Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

Mulige stabilitetsutfordringer i forskjæringer:

– – – Sprekker med strøk ca. N-S og moderat til steilt fall (50-90°) mot Ø vil kunne gi toppling (utvelting) i østre skjæring og plan utglidning i vestre skjæring.

– – – Foliasjonssprekker (strøk NØ-SV, fall 50-90°NV) i kombinasjon med sprekker med strøk NV-SØ og steilt fall (80-90°SV) vil kunne gi kileutglidning i østre skjæring.



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

13630

-15

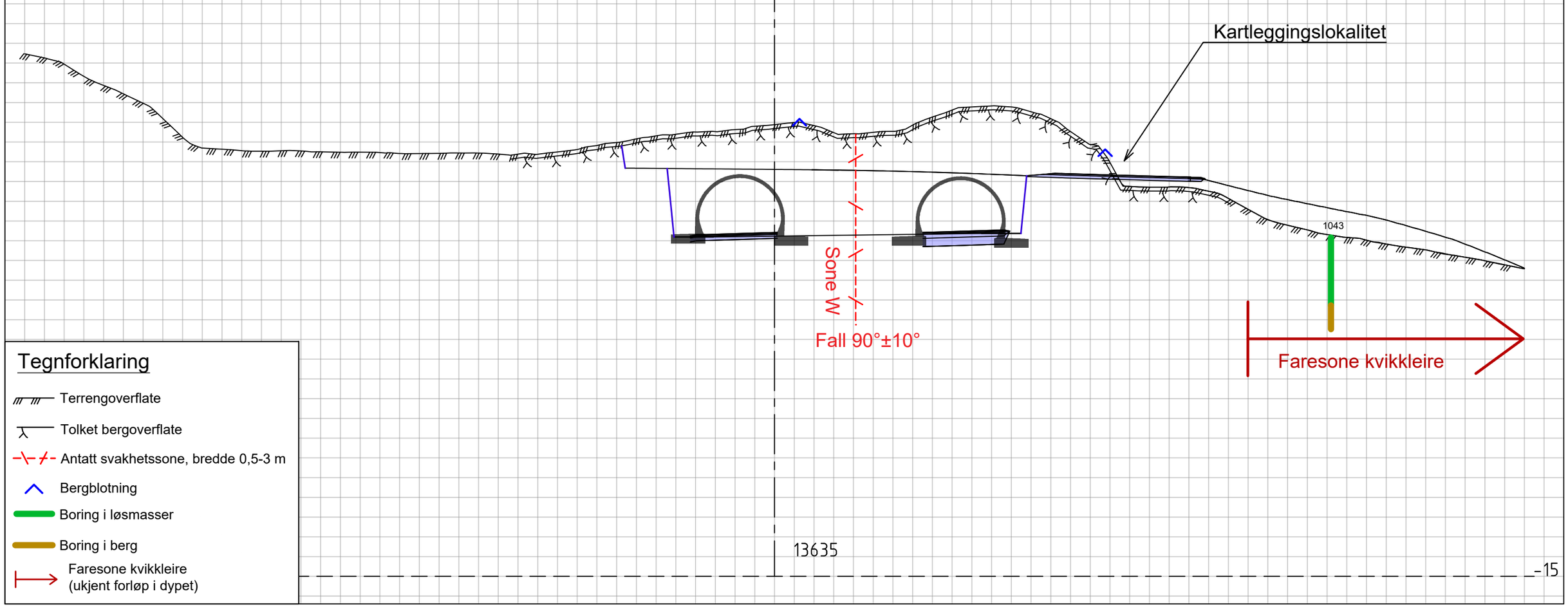
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

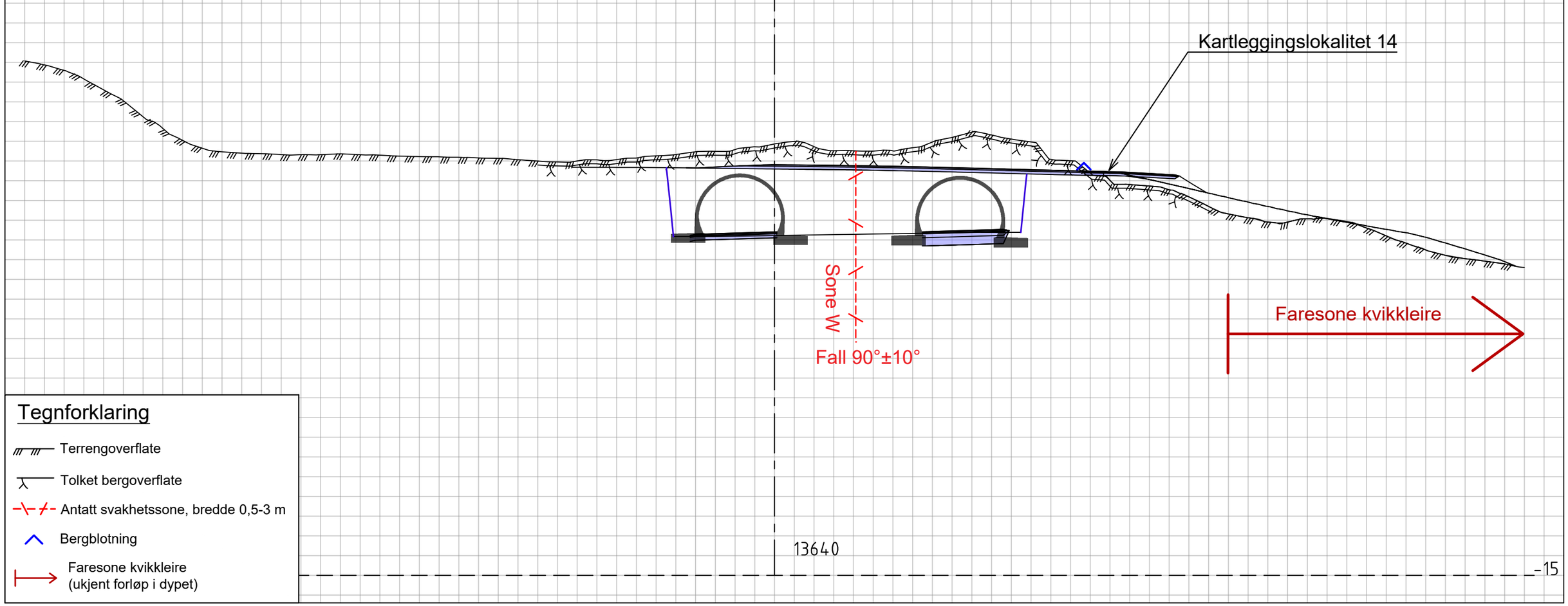
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Bergblotning
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

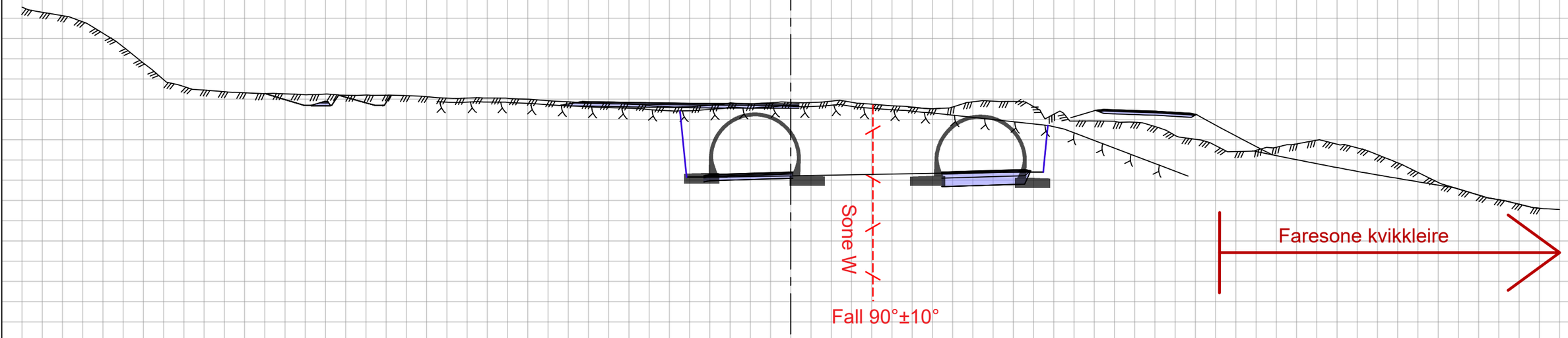
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

13645

-15

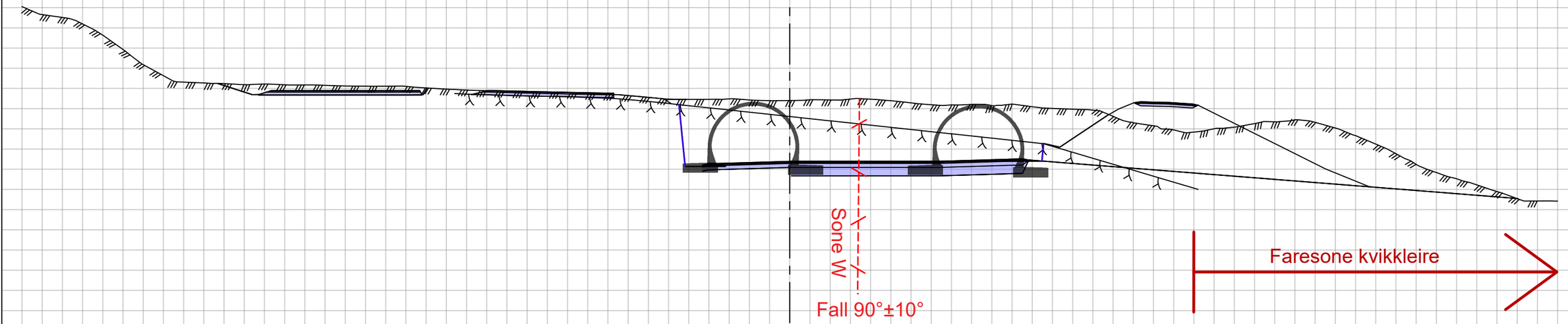
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Antatt svakhetssone, bredde 0,5-3 m
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

13650

-15

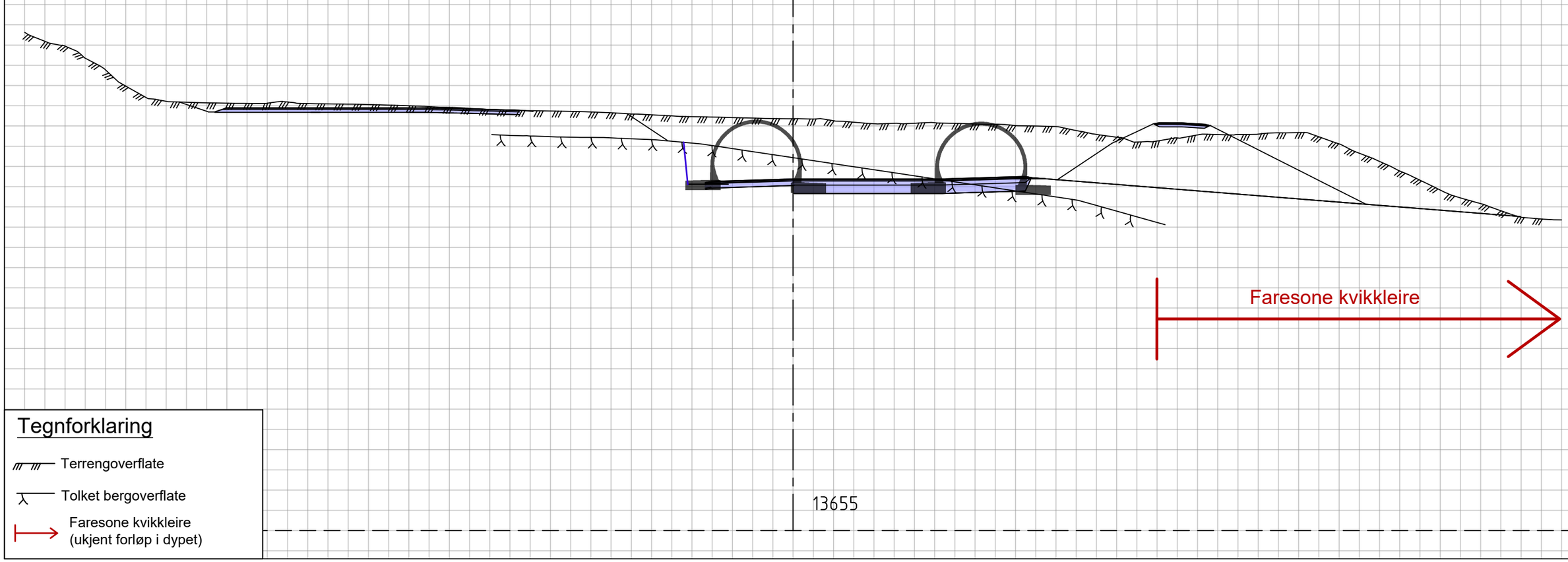
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

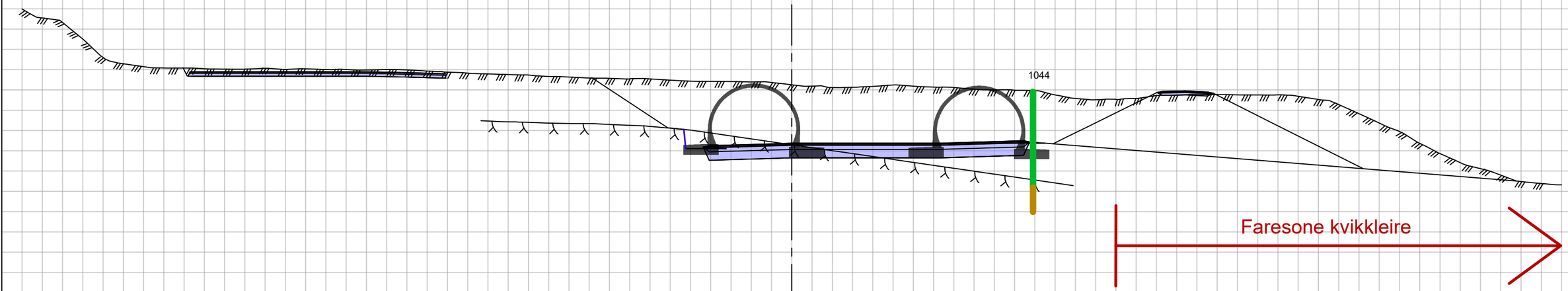
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Tolket bergoverflate
- Boring i løsmasser
- Boring i berg
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

13660

-15

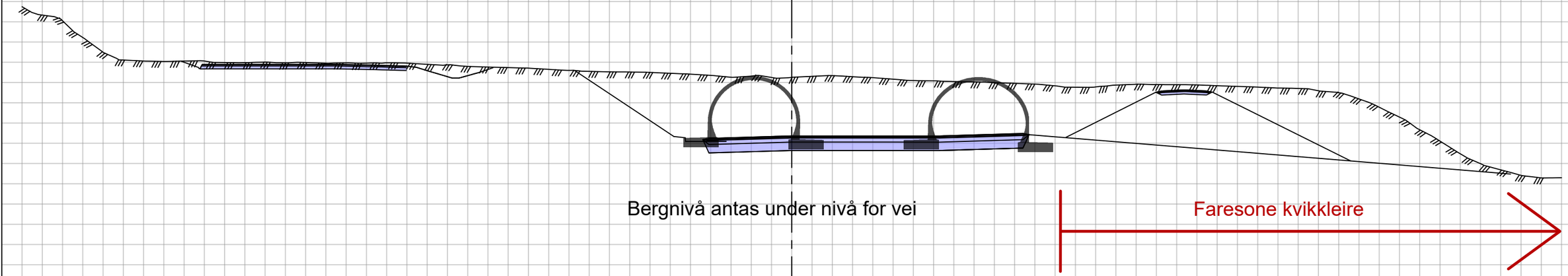
1 : 500

E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m



Tegnforklaring

Terrengoverflate

Faresone kvikkleire
(ukjent forløp i dypet)

13665

-15

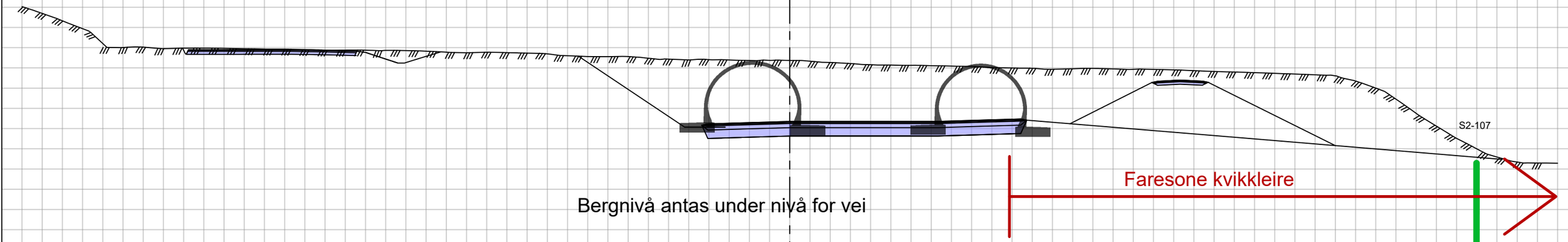
E6 Gyllan - Kvål

Vedlegg nr. 3 til fagrapport Ingeniør- og hydrogeologi
NV50E6GK-GEO-RAP-0001

Tverrprofiler forskjæring og påhugg
Homyrkamtunnelen nord
Profil 13 600 - 13 670

M: 1:500 (A3)
Rutenett 2,5 m

1 : 500



Tegnforklaring

- Terrengoverflate
- Boring i løsmasser
- Faresone kvikkleire (ukjent forløp i dypet)

13670

-15

VEDLEGG 4 – STRUKTURGEOLOGISKE MÅLINGER

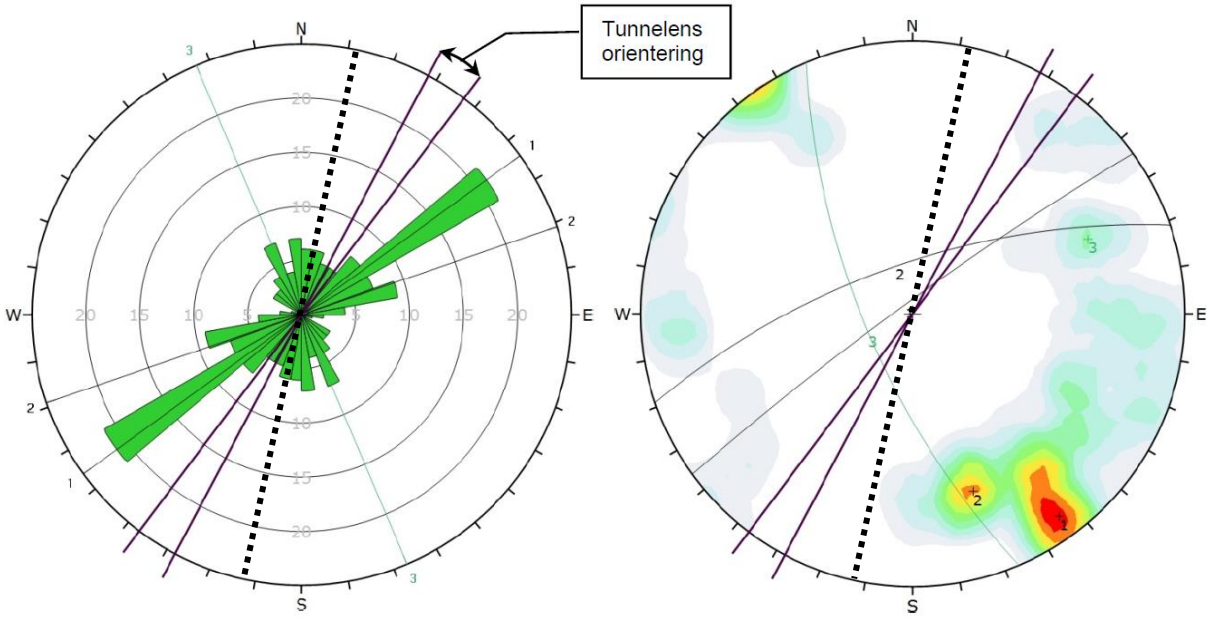
Sprekkeroser og stereoplott er utarbeidet på grunnlag av sprekkekartlegging utført av Norconsult og hentet fra Statens vegvesens rapport [16] for følgende delstrekninger:

- Profil 8 150–8 700 (inkludert søndre påhuggsområde)
- Profil 8 700–9 500
- Profil 9 500–10 000
- Profil 9 200–10 100 (øst for traséen)
- Profil 10 000–10 700
- Profil 10 700–12 000
- Profil 10 500–12 100
- Profil 11 300–12 200 (øst for traséen)
- Profil 12 000–13 200
- Profil 12 700–13 000 (øst for traséen)
- Profil 13 200–13 650
- Profil 13 300–13 650 (inkludert nordre påhuggsområde)

Henvisning til profilnummer gjelder veilinja i denne reguleringsplanen, og profilhenvisning for sprekkeroser i Statens vegvesens rapport er justert i henhold til dette.

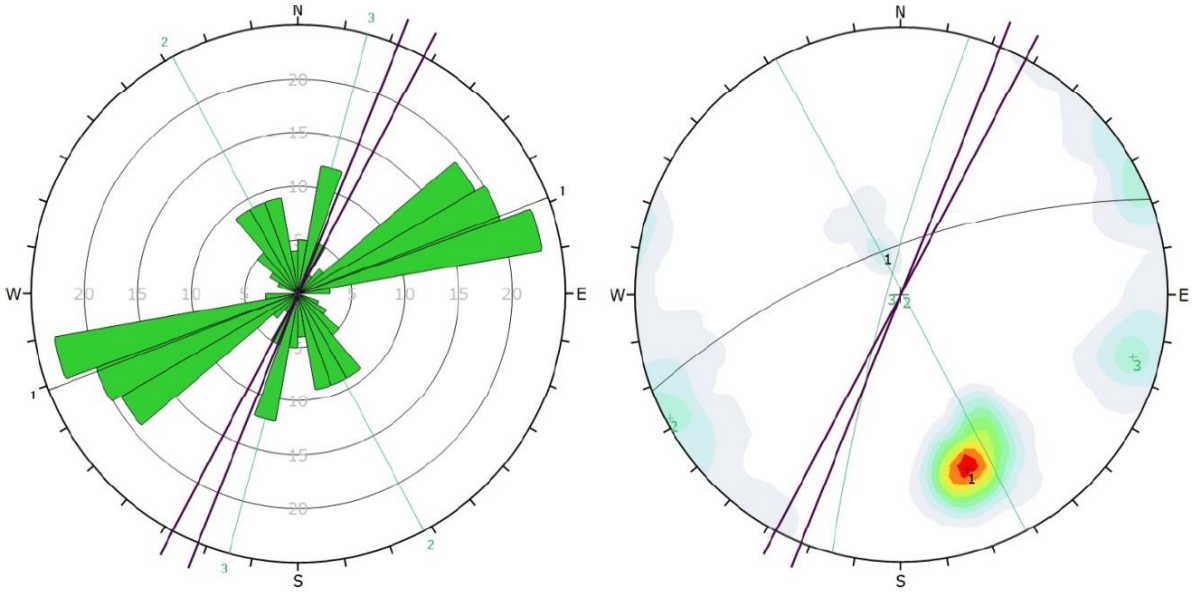
Det gjøres oppmerksom på at henvisning til sprekkesett på figurer fra Statens vegvesens rapport avviker fra ellers i denne rapporten.

Profil 8 150–8 700 (inkludert søndre påhuggsområde)



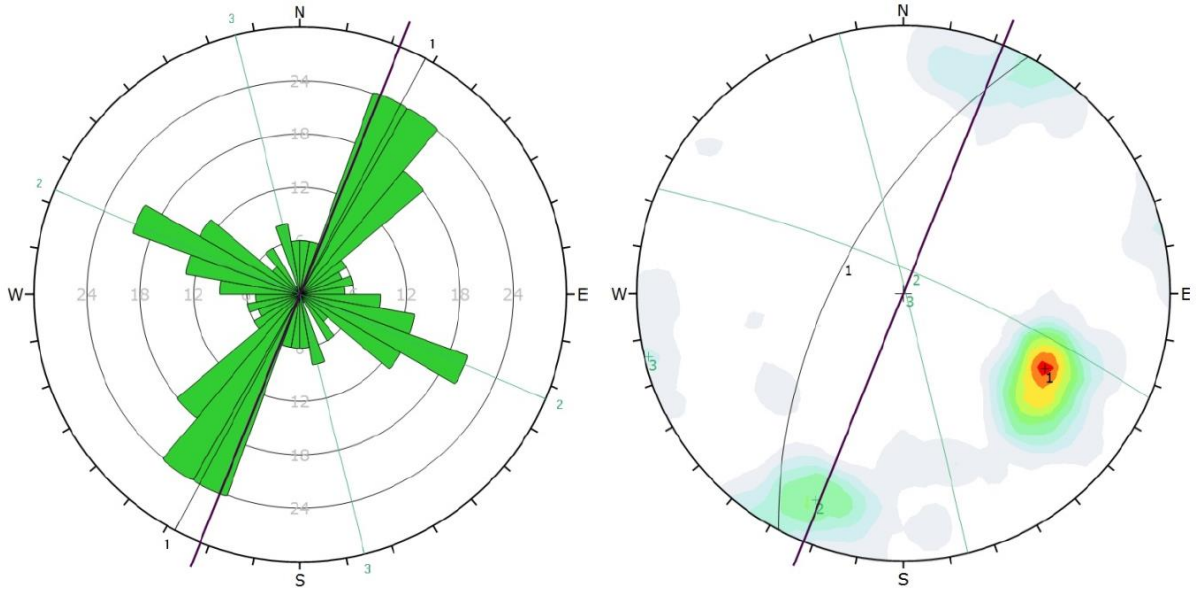
Vedlegg 4-1: Strukturmålinger fra profil 8 150–8 700 (inkludert søndre påhuggsområde) hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering i påhuggsområdet med dagens veilinje er vist med tykk stiplet strek.

Profil 8 700–9 500



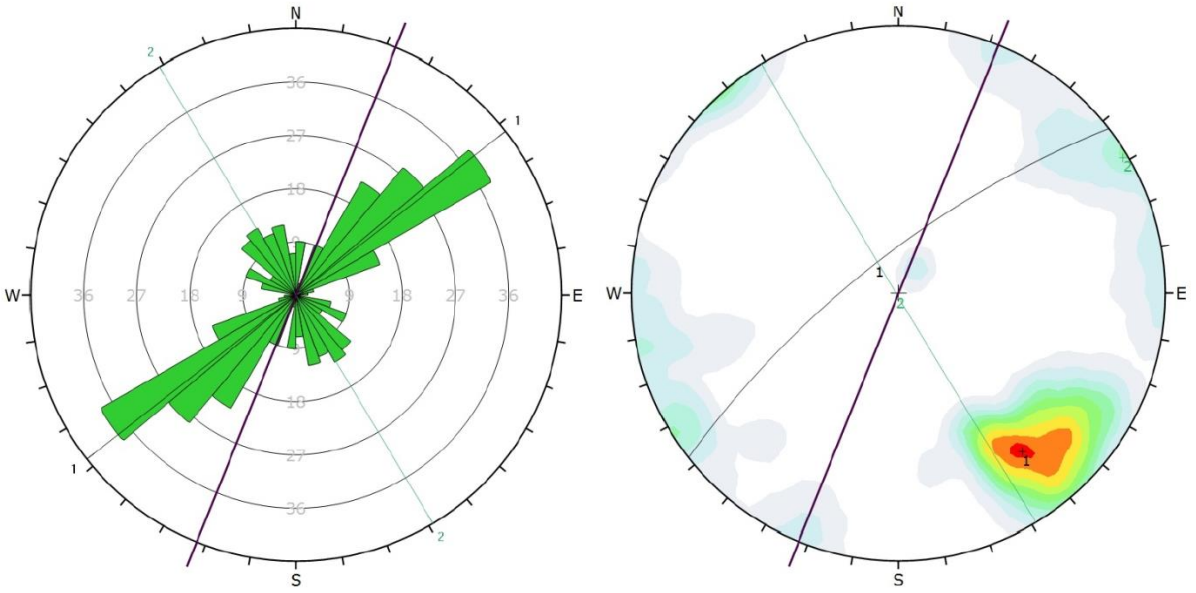
Vedlegg 4-2: Strukturmålinger fra profil 8 700–9 500 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 9 500–10 000



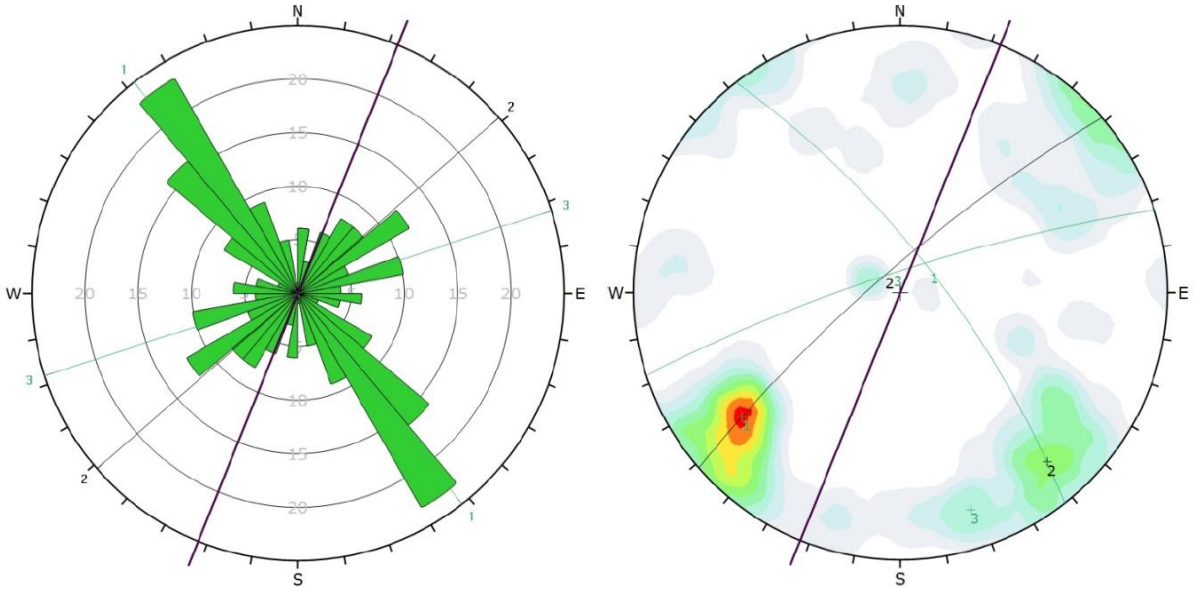
Vedlegg 4-3: Strukturmålinger fra profil 9 500–10 000 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 9 200–10 100 – Øst for tunneltraséen



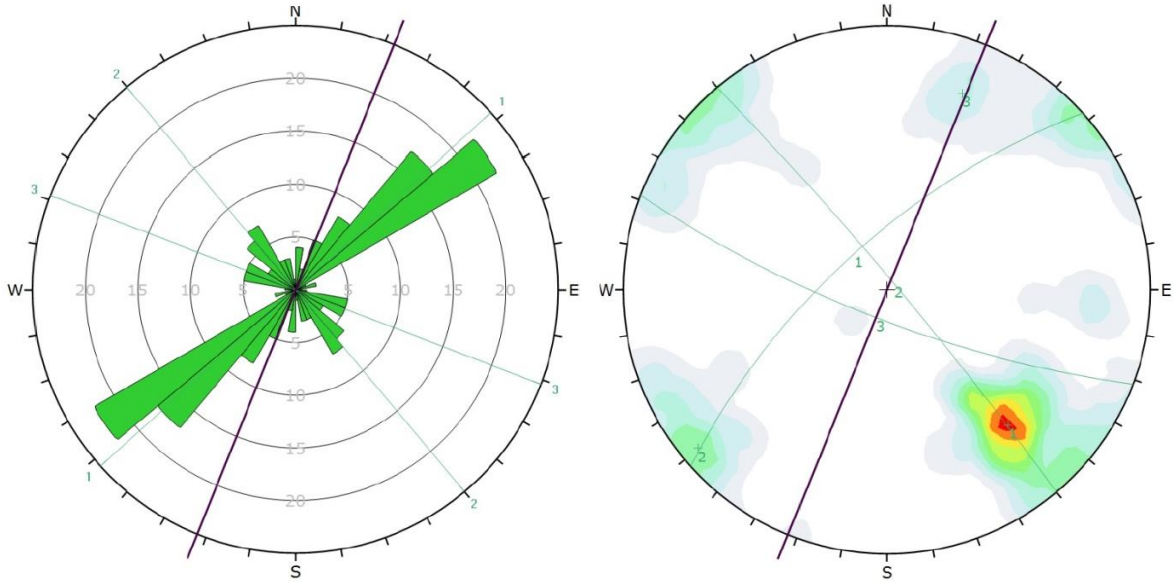
Vedlegg 4-4: Strukturmålinger fra et område øst for traséen angitt for profil 9 200–10 100 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 10 000–10 700



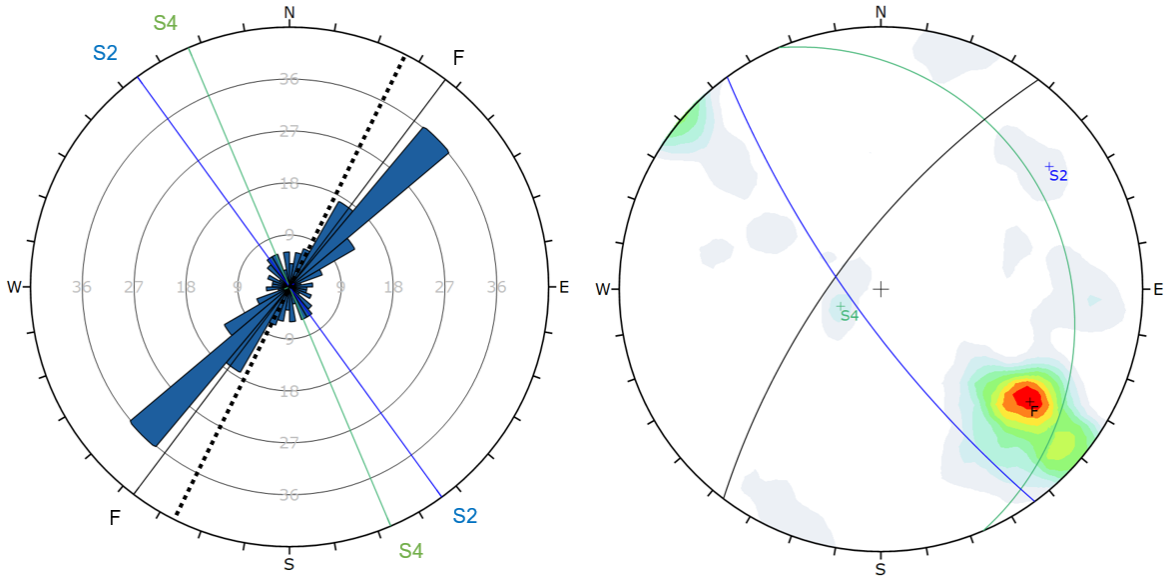
Vedlegg 4-5: Strukturmålinger for profil 10 000–10 700 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 10 700–12 000



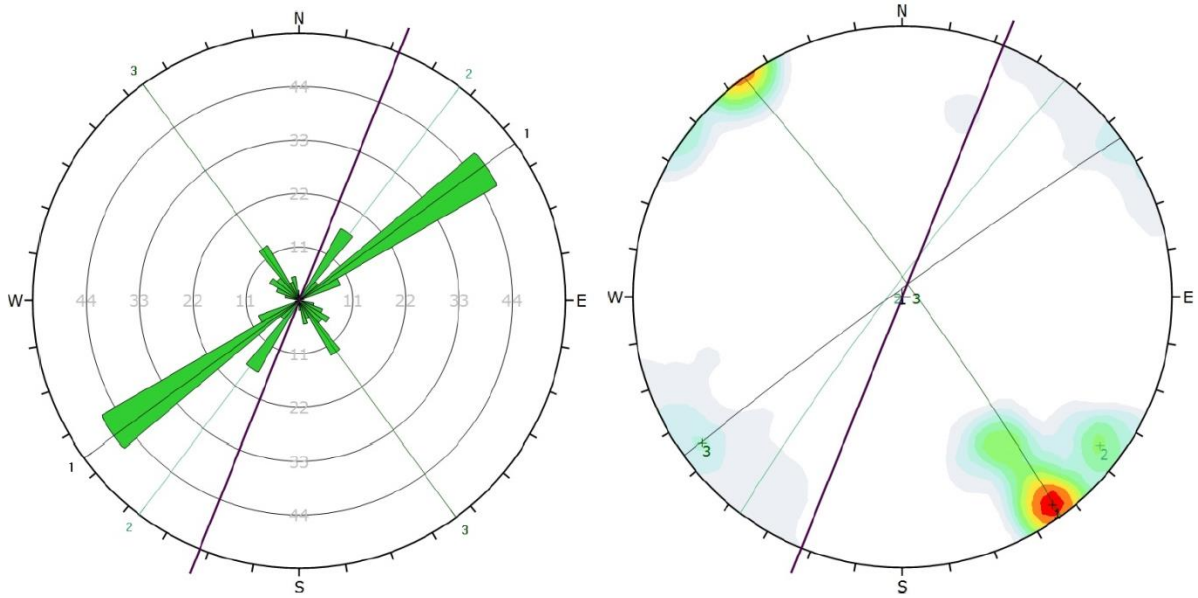
Vedlegg 4-6: Strukturmålinger for profil 10 700–12 000 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 10 500–12 100



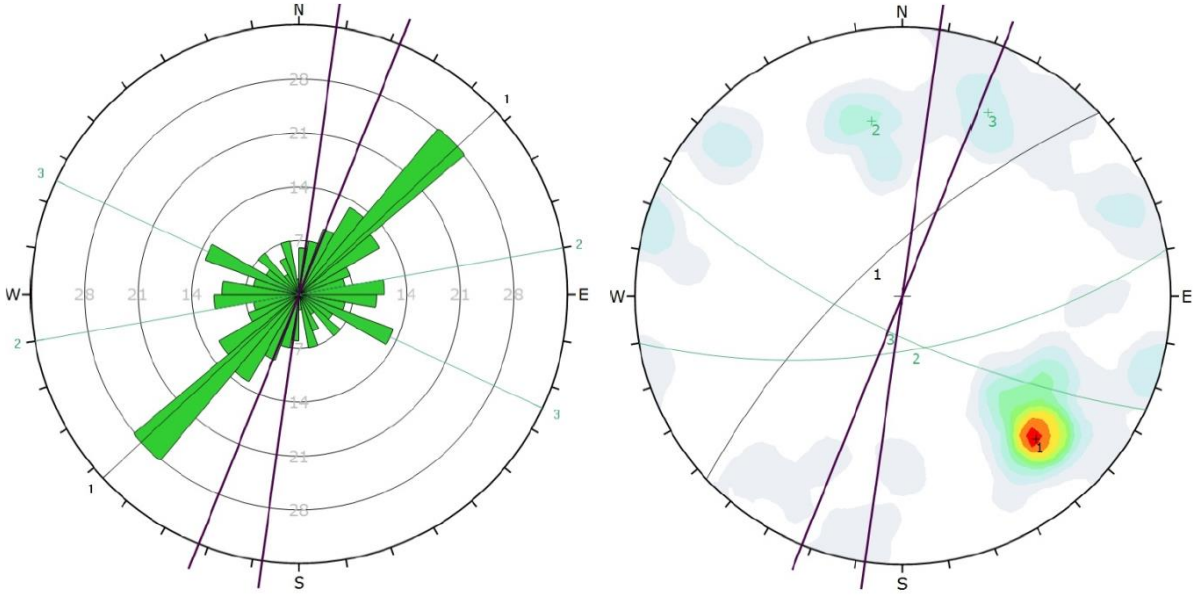
Vedlegg 4-7: Strukturmålinger i de sedimentære bergartene gjort av Norconsult i området over tunneltraséen mellom profil 10 500–12 100. Tunnelens orientering med dagens veilinje er vist med tykk stiplet strek.

Profil 11 300–12 200 – Øst for tunneltraséen



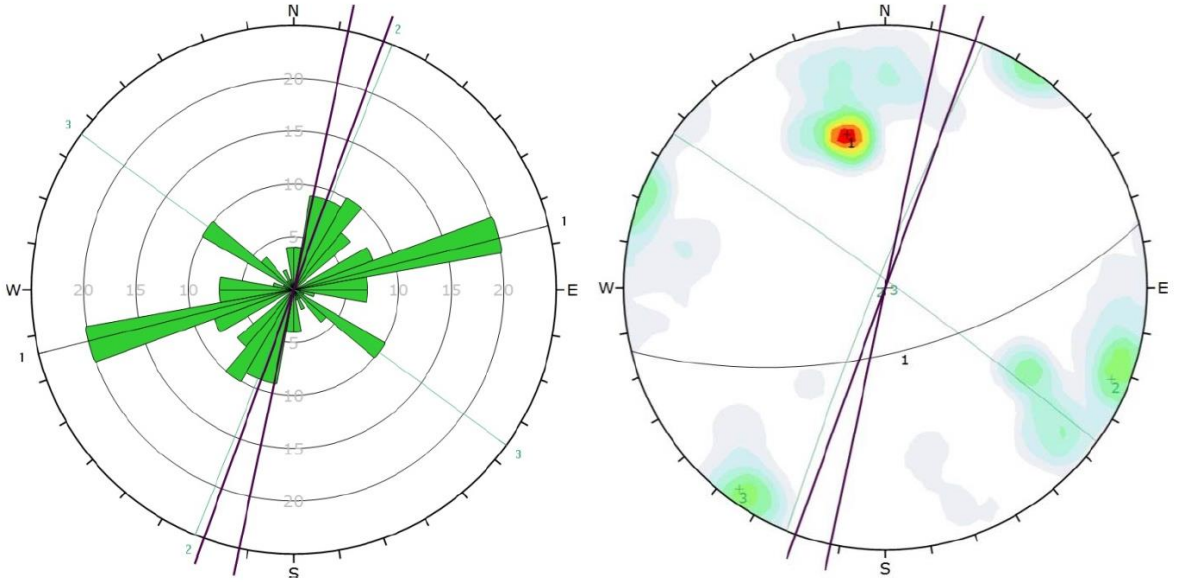
Vedlegg 4-8: Strukturmålinger fra et område øst for traséen angitt for profil 11 300–12 200 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 12 000–13 200



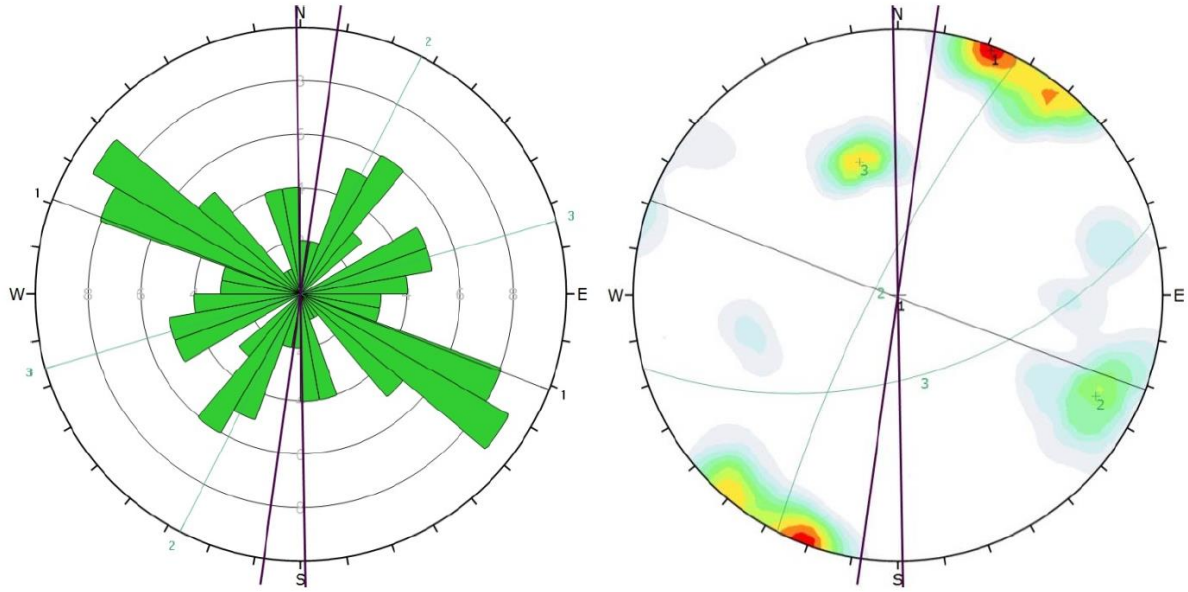
Vedlegg 4-9: Strukturmålinger for profil 12 000–13 200 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 12 700–13 000 – Øst for tunneltraséen



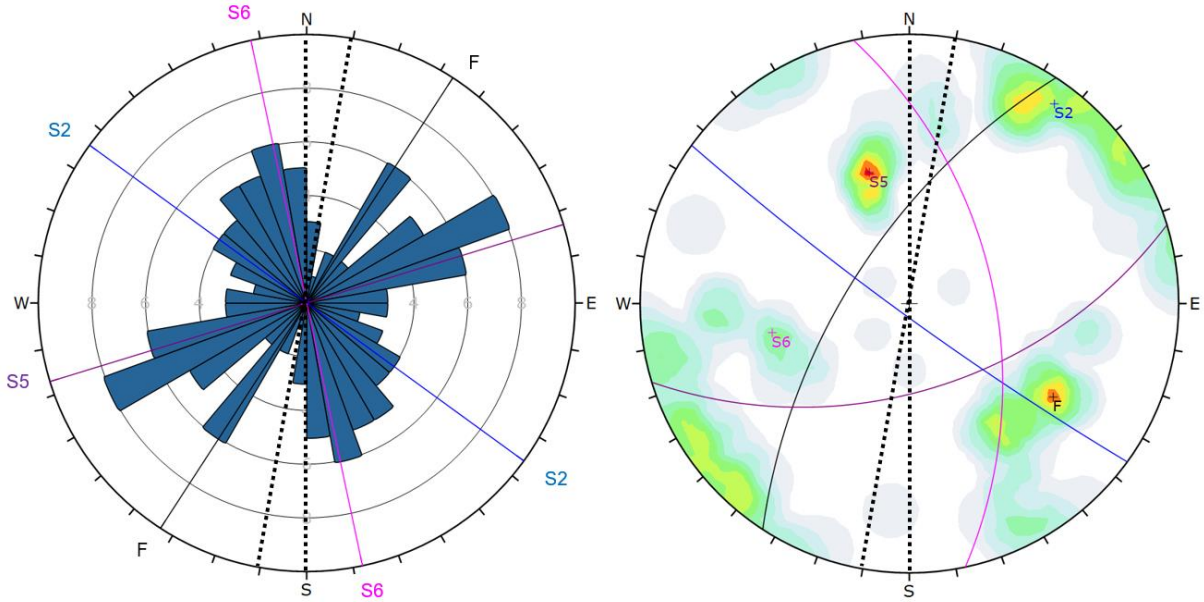
Vedlegg 4-10: Strukturmålinger fra et område øst for traséen angitt for profil 12 700–13 000 hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 13 200–13 650



Vedlegg 4-11: Strukturmålinger for profil 13 200–13 650 (inkludert nordre påhuggsområde) hentet fra SVV-rapport. Tunnelens orientering med dagens veilinje er i liten grad endret.

Profil 13 300–13 650 (inkludert nordre påhuggsområde)



Vedlegg 4-12: Strukturmålinger i grønnstein gjort av Norconsult i området rundt nordre påhugg mellom profil 13 300–13 650. Sprekkerosen inkluderer også enkelte målinger gjort i grønnstein mellom profil 11 700–12 100. Tunnelens orientering med dagens veilinje er vist med tykk stiplet strek.

VEDLEGG 5 – RESULTATER FRA ANALYSE AV STEINMATERIALER TIL BRUK I VEIOPPBYGGING OG BETONGTILSLAG

Rapporter med resultater fra NBTL:

- Rapportnr. 21146A – Prøve 1 – Forenklet petrografi, total svovel
- Rapportnr. 21014A – Prøve 1 – Flisighet, LA-verdi, Micro Deval, kulemølle
- Rapportnr. 21014B – Prøve 2 – Flisighet, LA-verdi, Micro Deval, kulemølle
- Rapportnr. 21146C-2 – Prøve 5 – Forenklet petrografi
- Rapportnr. 21146C – Prøve 5 – Skadelig kis og kvarts, total svovel
- Rapportnr. 21019A – Prøve 5 – Flisighet, LA-verdi, Micro Deval, kulemølle
- Rapportnr. 21146D-2 – Prøve 6 – Forenklet petrografi
- Rapportnr. 21146D – Prøve 6 – Skadelig kis og kvarts, total svovel
- Rapportnr. 21019B – Prøve 6 – Flisighet, LA-verdi, Micro Deval, kulemølle

Rapport fra Statens vegvesen:

- E6 Røskaft–Skjerdingstad steinprøver – Labsys nr. 4150030 1 og 2

Prøvingsrapport

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Maria Thonhaugen Raastad

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 1, sprengstein fra E6 Korporalsbru - Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21146A	29.04.2021	Fortrolig	2 + 2	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 13. januar 2021 inneholdende totalt ca 60 kg tilslag. Merking på bøtter. Andre analyser er utført på samme materiale, se P21014A.
NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Forenklet petrografisk analyse iht. NS-EN 932-3
Totalt svovelinnhold iht. NS-EN 1744-1 del 11.2
Nedknusing av materiale

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Petrografisk type - og sammendrag:

Knust fjellforekomst av grønnstein sammensatt hovedsakelig av kubisk skarpkantede korn. Ingen belegg på kornoverflater, en del forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Tabell: Prøve 1, sprengstein fra E6 Korporalsbru - Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 12620 (NB21)***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Hele korn av kalkstein	*vekt %*	**0**	*krav ≤ 15 %*
Totalt svovelinnhold *les note i vedlegg*	*vekt %*	**0,02**	*krav ≤ 0,1 %***

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Kan inneholde opp til 0,149% total svovel*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:

Vedlegg: Petrografisk analyse, 1 side
Vedlegg: Kjemiske analyser, 1 side

NS-EN 932-3 Forenklet petrografisk analyse

Prøvenummer 21146A **Prøve 1, sprengstein fra E6 Korporalsbru - Kvål**

Bergart(er) og mineraler *les om forbehold i noter*	**Vekt (%)**
Grå-grønn, tett, fin- og middelskornet grønnstein, evt. grønnskifer* eller metagråvakke	**100**
Hele korn av kalkstein	**0**
sum	100
Type forekomst: Knust fjellforekomst	

Kornform (NS 427 del 2)	**Vekt (%)**
Kubisk rundet/kantrundet	**0**
Kubisk skarpkantet	**72**
Flisig/stenglet	**28**
	100

Belegg og fysiske egenskaper (bla. håndbok R210)	
Overflatebelegg:	ingen
Forvitrede korn:	en del
Meget svake korn:	ingen
Forurensninger	ingen
Annet:	de fleste korn inneholder kalkstein

* Supplerende informasjon: *bergarten er stedvis skifrig*

Sammendrag:

Knust fjellforekomst av grønnstein sammensatt hovedsakelig av kubisk skarpkantede korn. Ingen belegg på kornoverflater, en del forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Note 1: *Prøvingen er utført på min. 150 partikler. Bergarts-mineralgrupper er kvantifiseres ved veiing og resultater gitt som vekt %.*

Note 2: *Noen bergarter kan ikke klassifiseres utefra teknikker anvendt ved forenklet petrografisk analyse. I tilfeller mineralkorn er for små å verifiserse under stereomikroskop er bergarten benevnt "tett bergart" (kan være hornfels, vulkansk bergart, mylonitt, kataklasitt).*

Note 3: *En mer sikker identifikasjon, klassifisering og kvantifisering av bergarter- og mineraler er ved bruk av tynnslip analysert under petrografisk mikroskop (som f. eks. kreves for vurdering av alkalireaktivitet iht.NB21/NB32, eller XRD analyse (kun mineralfaser).*

Note 4: *NBTL har ingen andre opplysninger om tilslaget/tilslagsforekomsten enn gitt av oppdragsgiver. Dette er bla. opplysninger om tilslaget er knust, ren natur, delvis knust eller sammensatt av flere forekomster.*

NBTL laboratoriet 29.04.2021

NS-EN 1744-1 Kjemisk analyse

Prøvenummer 21146A Prøve 1, sprengstein fra E6 Korporalsbru - Kvål

Innhold av total svovel	
Totalt svovelinnhold (vekt%)	**0,0160**

Note: *Krav iht. NS -EN 12620: Maks 1 % total S analysert iht.NS-EN 1744-1 avsnitt 11. Hvis magnetkis er påvist er kravet maks 0,1 vekt % S. I tilfeller total svovel er større enn 0,1 vekt % anbefales det å utføre en "skadelig kisanalyse iht. NS-EN 12620: NA 2016 pkt. NA. 10".*

NBTL laboratoriet 29.04.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 1, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21014A	22.01.2021	Fortrolig	2 + 2	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 13. januar 2021 inneholdende totalt ca 60 kg tilslag. Merking på bøtter.

NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Kornform (flisighetsindeks) iht. NS-EN 933-3
Knusing til mekanisk test
Los Angeles knusingsverdi iht. NS-EN 1097-2
Kulemølle - motstand mot piggdekkslitasje iht. NS-EN 1097-9
Micro Deval - motstand mot slitasje iht. NS-EN 1097-1

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Tabell: Prøve 1, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 13242***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Flisighetsindeks**	*FI*	**14**	FI_{20}
Los Angeles verdi - knusingsverdi	*LA*	**17**	LA_{20}
Kulemølleverdi - piggdekkslitasje	*AN*	**24**	A_N30
Micro Deval koefficient	M_{DE}	**18**	M_{DE} *20*

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Utført på lab-knust materiale (2 knusinger)*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:
Vedlegg: Kornform (flisighetsindeks), 1 side
Vedlegg: Mekaniske test, 1 side

NS-EN 933-3 Kornform - flisighetsindeks

Prøvenr. 21014A **Prøve 1, sprengstein fra E6-Kvål**

Fraksjon *(mm)*	**Masse** *(g)*	**Stavsikt** *(mm)*	**Masse** *(g)*	**Flisighet** *(fraksjon)*	**Kontroll og flisighetsindeks**	
d_i/D_i	R_i		m_i	FI_i	Total siktet masse M_o *(g)*	2801
< 80	0,0		0,0	*0*		
63/80	0,0	40	0,0	*0*		
50/63	0,0	32	0,0	*0*		
40/50	0,0	25	0,0	*0*		
32/40	0,0	20	0,0	*0*		
25/32	0,0	16	0,0	*0*	Sum kastet masse (g)	5,40
20/25	0,0	12,5	0,0	*0*	Tap under sikting (%)	0,02
16/20	96,2	10	16,4	*17*		
12,5/16	1162,7	8	123,2	*11*		
10/12,5	780,8	6,3	106,6	*14*		
8/10	611,7	5	122,3	*20*		
6,3/8	141,9	4	27,2	*19*		
5/6,3	1,1	3,15	0,1	*9*		
4/5	0,7	2,5	0,1	*14*		
< 4 mm	*5,4*		*0,0*	*0*		
M_1	2795,1	M_2	395,9		**Flisighetsindeks** *FI*	**14,2**

Note. *Prøving utført på utsiktet 8-16 mm etter 2 runder med knusing av sprengstein i kjeftknuser på laboratoriet.*

NBTL laboratoriet 22.01.2021

Prøvenr. 21014A **Prøve 1, sprengstein fra E6-Kvål**

NS-EN 1097-2 Los Angeles test - knusingsverdi

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm (g)*	**Etter test; m** *>1,6 mm (g)*	
21014A	5000,8	4126,4	
Los Angeles-koeffisient, *LA = (5000 - m)/50*		***LA* =**	**17,47**

NS-EN 1097-1 Micro Deval - slitasjemotstand

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm*	**Etter test; m** >1,6 mm (g)	
delprøve 1	500,4	409,0	18,20
delprøve 2	500,6	411,2	17,76
Gjennomsnitt	*500,5*	*410,1*	
Micro Deval koeffisient, M_{DE} *= (500 - m)/5*		$\boldsymbol{M_{DE}}$ **=**	**17,98**

NS-EN 1097-9 Kulemølle - piggdekkslitasje

Prøvingsporsjonen: 11,2 - 16 mm

Pretørr partikkel dens., **ρs =**	2,74	**m_i** beregnet =	1034,0
Kontroll og resultater	**m_i veiet (g)**	**m_2 veiet (g)**	**A_N**
delprøve 1	1034,6	782,5	24,37
delprøve 2	1034,3	783,1	24,29
Gjennomsnitt	*1034,5*	*782,8*	
Mølleverdi, $AN = 100(m_i - m_2)/m_i$		**A_N =**	**24,33**
		avvik fra middelverdi (%)	***0,3***

NBTL laboratoriet 22.01.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 2, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21014B	22.01.2021	Fortrolig	2 + 2	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 13. januar 2021 inneholdende totalt ca 60 kg tilslag. Merking på bøtter.

NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Kornform (flisighetsindeks) iht. NS-EN 933-3
Knusing til mekanisk test
Los Angeles knusingsverdi iht. NS-EN 1097-2
Kulemølle - motstand mot piggdekkslitasje iht. NS-EN 1097-9
Micro Deval - motstand mot slitasje iht. NS-EN 1097-1

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Tabell: Prøve 2, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 13242***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Flisighetsindeks**	*FI*	**17**	FI_{20}
Los Angeles verdi - knusingsverdi	*LA*	**15**	LA_{20}
Kulemølleverdi - piggdekkslitasje	*AN*	**21**	A_N30
Micro Deval koefficient	M_{DE}	**17**	M_{DE} *20*

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Utført på lab-knust materiale (2 knusinger)*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:
Vedlegg: Kornform (flisighetsindeks), 1 side
Vedlegg: Mekaniske test, 1 side

NS-EN 933-3 Kornform - flisighetsindeks

Prøvenr. 21014B **Prøve 2, sprengstein fra E6-Kvål**

Fraksjon *(mm)*	**Masse** *(g)*	**Stavsikt** *(mm)*	**Masse** *(g)*	**Flisighet** *(fraksjon)*	**Kontroll og flisighetsindeks**	
d_i/D_i	R_i		m_i	FI_i	Total siktet masse M_o *(g)*	3201,5
< 80	0,0		0,0	*0*		
63/80	0,0	40	0,0	*0*		
50/63	0,0	32	0,0	*0*		
40/50	0,0	25	0,0	*0*		
32/40	0,0	20	0,0	*0*		
25/32	0,0	16	0,0	*0*	Sum kastet masse (g)	3,60
20/25	0,0	12,5	0,0	*0*	Tap under sikting (%)	0,01
16/20	240,8	10	55,0	*23*		
12,5/16	1385,5	8	161,0	*12*		
10/12,5	831,2	6,3	158,6	*19*		
8/10	571,9	5	131,0	*23*		
6,3/8	166,3	4	38,3	*23*		
5/6,3	1,8	3,15	0,8	*44*		
4/5	0,2	2,5	0,2	*100*		
< 4 mm	*3,6*		*0,0*	*0*		
M_1	3197,7	M_2	544,9		**Flisighetsindeks** *FI*	**17,0**

Note. *Prøving utført på utsiktet 8-16 mm etter 2 runder med knusing av sprengstein i kjeftknuser på laboratoriet.*

NBTL laboratoriet 22.01.2021

Prøvenr. 21014B **Prøve 2, sprengstein fra E6-Kvål**

NS-EN 1097-2 Los Angeles test - knusingsverdi

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm (g)*	**Etter test; m** *>1,6 mm (g)*	
21014B	5001,1	4258,3	
Los Angeles-koeffisient, *LA = (5000 - m)/50*		***LA* =**	**14,83**

NS-EN 1097-1 Micro Deval - slitasjemotstand

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm*	**Etter test; m** >1,6 mm (g)	
delprøve 1	500,2	415,3	16,94
delprøve 2	500,0	416,8	16,64
Gjennomsnitt	*500,1*	*416,1*	
Micro Deval koeffisient, M_{DE} *= (500 - m)/5*		M_{DE} =	**16,79**

NS-EN 1097-9 Kulemølle - piggdekkslitasje

Prøvingsporsjonen: 11,2 - 16 mm

Pretørr partikkel dens., **ρs =**	2,78	**m_i** beregnet =	1049,1
Kontroll og resultater	**m_i veiet (g)**	**m_2 veiet (g)**	**A_N**
delprøve 1	1049,9	825,4	21,38
delprøve 2	1049,3	825,6	21,32
Gjennomsnitt	*1049,6*	*825,5*	
Mølleverdi, $AN = 100(m_i - m_2)/m_i$		**A_N =**	**21,35**
		avvik fra middelverdi (%)	***0,3***

NBTL laboratoriet 22.01.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21146C-2	20.05.2021	Fortrolig	2 + 1	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 18. januar 2021 inneholdende totalt ca 80 kg tilslag. Merking på bøtter. Opplyst prøvedato 18.01.21. Andre analyser er utført på samme materiale, se P21019A og P21146C. Forenklet petrografisk analyse ble etterbestilt 12. mai 2021.
NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Forenklet petrografisk analyse iht. NS-EN 932-3

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Petrografisk type - og sammendrag:

Lab-knust sprengstein av gråvakke sammensatt hovedsakelig av kubisk skarpkantede korn. Ingen belegg på kornoverflater, enkelte forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Tabell: Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 12620 (NB21)***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Hele korn av kalkstein	*vekt %*	**0**	*krav ≤ 15 %*

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:

Vedlegg: Petrografisk analyse, 1 side

NS-EN 932-3 Forenklet petrografisk analyse

Prøvenummer 21146C-2 Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Bergart(er) og mineraler *les om forbehold i noter*	**Vekt (%)**
Grå, finkornet gråvakke-lignende bergart	**100**
Hele korn av kalkstein	**0**
sum	100
Type forekomst: Lab-knust sprengstein	

Kornform (NS 427 del 2)	**Vekt (%)**
Kubisk rundet/kantrundet	**0**
Kubisk skarpkantet	**81**
Flisig/stenglet	**19**
	100

Belegg og fysiske egenskaper (bla. håndbok R210)	
Overflatebelegg:	ingen
Forvitrede korn:	enkelte
Meget svake korn:	ingen
Forurensninger	ingen
Annet:	enkelte sulfidholdige korn

* Supplerende informasjon: *ingen*

Sammendrag:

Lab-knust sprengstein av gråvakke sammensatt hovedsakelig av kubisk skarpkantede korn. Ingen belegg på kornoverflater, enkelte forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Note 1: *Prøvingen er utført på min. 150 partikler. Bergarts-mineralgrupper er kvantifiseres ved veiing og resultater gitt som vekt %.*

Note 2: *Noen bergarter kan ikke klassifiseres utefra teknikker anvendt ved forenklet petrografisk analyse. I tilfeller mineralkorn er for små å verifiserse under stereomikroskop er bergarten benevnt "tett bergart" (kan være hornfels, vulkansk bergart, mylonitt, kataklasitt).*

Note 3: *En mer sikker identifikasjon, klassifisering og kvantifisering av bergarter- og mineraler er ved bruk av tynnslip analysert under petrografisk mikroskop (som f. eks. kreves for vurdering av alkalireaktivitet iht.NB21/NB32, eller XRD analyse (kun mineralfaser).*

Note 4: *NBTL har ingen andre opplysninger om tilslaget/tilslagsforekomsten enn gitt av oppdragsgiver. Dette er bla. opplysninger om tilslaget er knust, ren natur, delvis knust eller sammensatt av flere forekomster.*

NBTL laboratoriet 20.05.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21146C	11.05.2021	Fortrolig	2 + 1	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 18. januar 2021 inneholdende totalt ca 80 kg tilslag. Merking på bøtter. Opplyst prøvedato 18.01.21. Andre analyser er utført på samme materiale, se P21019A.
NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Nedknusing av materiale
Totalt svovelinnhold iht. NS-EN 1744-1 del 11.2
Innhold av skadelige kismineraler iht. NS-EN 12620:2002+NA:2016

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Tabell: Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 12620 (NB21)***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Totalt svovelinnhold *les note i vedlegg*	*vekt %*	**0,20**	*krav ≤ 0,1 %***
Skadelige kismineraler (magnetkis) *les note i vedlegg*	*vekt %*	**0**	*ingen***

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Se vedlegg. Krav < 1% uten magnetkis.*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:
Vedlegg: Kjemiske analyser, 1 side

NS-EN 1744-1 Kjemisk analyse

Prøvenummer 21146C **Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål**

Innhold av total svovel	
Totalt svovelinnhold (vekt%)	**0,2000**

Note: *Krav iht. NS -EN 12620: Maks 1 % total S analysert iht.NS-EN 1744-1 avsnitt 11. Hvis magnetkis er påvist er kravet maks 0,1 vekt % S. I tilfeller total svovel er større enn 0,1 vekt % anbefales det å utføre en "skadelig kisanalyse iht. NS-EN 12620: NA 2016 pkt. NA. 10".*

Innhold av skadelig kis og kvarts (DTA analyse)* *(Iht. NS-EN 12620:2002+NA:2016)*	
Innhold av kis (vekt%)	**0,05**
Innhold av magnetkis *(vekt %)*	**0**

Innhold av kvarts (vekt%)	*9*

** Utført av eksternt laboratorium (SINTEF)*

Note. *Analysen av prøven viser et eksotermt utslag med en enkeltstående topp ved 453 °C. Dette indikerer at prøven inneholder svovelkis.*

NBTL laboratoriet 11.05.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21019A	29.01.2021	Fortrolig	2 + 2	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 18. januar 2021 inneholdende totalt ca 80 kg tilslag. Merking på bøtter. Opplyst prøvedato 18.01.21.

NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Kornform (flisighetsindeks) iht. NS-EN 933-3
Knusing til mekanisk test
Los Angeles knusingsverdi iht. NS-EN 1097-2
Kulemølle - motstand mot piggdekkslitasje iht. NS-EN 1097-9
Micro Deval - motstand mot slitasje iht. NS-EN 1097-1

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Tabell: Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 13242***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Flisighetsindeks**	*FI*	**21**	FI_{20}
Los Angeles verdi - knusingsverdi	*LA*	**16**	LA_{20}
Kulemølleverdi - piggdekkslitasje	*AN*	**19**	$A_N 19$
Micro Deval koefficient	M_{DE}	**16**	M_{DE} *20*

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Utført på lab-knust materiale (2 knusinger)*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:

Vedlegg: Kornform (flisighetsindeks), 1 side
Vedlegg: Mekaniske test, 1 side

NS-EN 933-3 Kornform - flisighetsindeks

Prøvenr. 21019A **Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål**

Fraksjon *(mm)*	**Masse** *(g)*	**Stavsikt** *(mm)*	**Masse** *(g)*	**Flisighet** *(fraksjon)*	**Kontroll og flisighetsindeks**	
d_i/D_i	R_i		m_i	FI_i	Total siktet masse M_o *(g)*	2622,3
< 80	0,0		0,0	*0*		
63/80	0,0	40	0,0	*0*		
50/63	0,0	32	0,0	*0*		
40/50	0,0	25	0,0	*0*		
32/40	0,0	20	0,0	*0*		
25/32	0,0	16	0,0	*0*	Sum kastet masse (g)	2,00
20/25	0,0	12,5	0,0	*0*	Tap under sikting (%)	0,02
16/20	71,7	10	8,1	*11*		
12,5/16	1121,6	8	212,2	*19*		
10/12,5	763,4	6,3	170,3	*22*		
8/10	616,9	5	153,0	*25*		
6,3/8	45,6	4	12,6	*28*		
5/6,3	0,3	3,15	0,0	*0*		
4/5	0,4	2,5	0,0	*0*		
< 4 mm	*2,0*		*0,0*	*0*		
M_1	2619,9	M_2	556,2		**Flisighetsindeks** *FI*	**21,2**

Note. *Prøving utført på utsiktet 8-16 mm etter 2 runder med knusing av sprengstein i kjeftknuser på laboratoriet.*

NBTL laboratoriet 29.01.2021

Prøvenr. 21019A **Prøve 5, HK, sprengstein fra E6-Kvål**

NS-EN 1097-2 Los Angeles test - knusingsverdi

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm (g)*	**Etter test; m** *>1,6 mm (g)*	
21019A	5000,7	4219,9	
Los Angeles-koeffisient, *LA = (5000 - m)/50*		***LA* =**	**15,60**

NS-EN 1097-1 Micro Deval - slitasjemotstand

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm*	**Etter test; m** >1,6 mm (g)	
delprøve 1	500,8	420,6	15,88
delprøve 2	501,0	423,3	15,34
Gjennomsnitt	*500,9*	*422,0*	
Micro Deval koeffisient, M_{DE} *= (500 - m)/5*		$\boldsymbol{M_{DE}}$ **=**	**15,61**

NS-EN 1097-9 Kulemølle - piggdekkslitasje

Prøvingsporsjonen: 11,2 - 16 mm

Pretørr partikkel dens., **ρs =**	2,765	**m_i** beregnet =	1043,4
Kontroll og resultater	**m_i veiet (g)**	**m_2 veiet (g)**	**A_N**
delprøve 1	1043,5	840,7	19,43
delprøve 2	1043,4	842,6	19,24
Gjennomsnitt	*1043,5*	*841,7*	
Mølleverdi, $AN = 100(m_i - m_2)/m_i$		**A_N =**	**19,34**
		avvik fra middelverdi (%)	***1,0***

NBTL laboratoriet 29.01.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21146D-2	20.05.2021	Fortrolig	2 + 1	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 18. januar 2021 inneholdende totalt ca 80 kg tilslag. Merking på bøtter. Opplyst prøvedato 18.01.21. Andre analyser er utført på samme materiale, se P21019B.og P21146D. Forenklet petrografisk analyse ble etterbestilt 12. mai 2021.
NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Forenklet petrografisk analyse iht. NS-EN 932-3

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Petrografisk type - og sammendrag:

Lab-knust sprengstein av grønnstein sammensatt hovedsakelig av kubisk skarpkantede korn. Ingen belegg på kornoverflater, enkelte forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Tabell: Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 12620 (NB21)***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Hele korn av kalkstein	*vekt %*	**0**	*krav ≤ 15 %*

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:

Vedlegg: Petrografisk analyse, 1 side

NS-EN 932-3 Forenklet petrografisk analyse

Prøvenummer 21146D-2 Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Bergart(er) og mineraler *les om forbehold i noter*	**Vekt (%)**
Grønn og mørkegrønn, finkornet grønnstein*	**100**
Hele korn av kalkstein	**0**
sum	100
Type forekomst: Lab-knust sprengstein	

Kornform (NS 427 del 2)	**Vekt (%)**
Kubisk rundet/kantrundet	**0**
Kubisk skarpkantet	**83**
Flisig/stenglet	**17**
	100

Belegg og fysiske egenskaper (bla. håndbok R210)	
Overflatebelegg:	ingen
Forvitrede korn:	enkelte
Meget svake korn:	ingen
Forurensninger	ingen
Annet:	en del kalkholdige korn, en del sulfidholdige korn

* Supplerende informasjon: *Inneholder mye epidot*

Sammendrag:

Lab-knust sprengstein av grønnstein sammensatt hovedsakelig av kubisk skarpkantede korn. Ingen belegg på kornoverflater, enkelte forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Note 1: *Prøvingen er utført på min. 150 partikler. Bergarts-mineralgrupper er kvantifiseres ved veiing og resultater gitt som vekt %.*

Note 2: *Noen bergarter kan ikke klassifiseres utefra teknikker anvendt ved forenklet petrografisk analyse. I tilfeller mineralkorn er for små å verifiserse under stereomikroskop er bergarten benevnt "tett bergart" (kan være hornfels, vulkansk bergart, mylonitt, kataklasitt).*

Note 3: *En mer sikker identifikasjon, klassifisering og kvantifisering av bergarter- og mineraler er ved bruk av tynnslip analysert under petrografisk mikroskop (som f. eks. kreves for vurdering av alkalireaktivitet iht.NB21/NB32, eller XRD analyse (kun mineralfaser).*

Note 4: *NBTL har ingen andre opplysninger om tilslaget/tilslagsforekomsten enn gitt av oppdragsgiver. Dette er bla. opplysninger om tilslaget er knust, ren natur, delvis knust eller sammensatt av flere forekomster.*

NBTL laboratoriet 20.05.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21146D	11.05.2021	Fortrolig	2 + 1	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 18. januar 2021 inneholdende totalt ca 80 kg tilslag. Merking på bøtter. Opplyst prøvedato 18.01.21. Andre analyser er utført på samme materiale, se P21019B.
NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Nedknusing av materiale
Totalt svovelinnhold iht. NS-EN 1744-1 del 11.2
Innhold av skadelige kismineraler iht. NS-EN 12620:2002+NA:2016

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Tabell: Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 12620 (NB21)***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Totalt svovelinnhold *les note i vedlegg*	*vekt %*	**0,13**	*krav ≤ 0,1 %***
Skadelige kismineraler (magnetkis) *les note i vedlegg*	*vekt %*	**0**	*ingen***

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Se vedlegg. Krav < 1% uten magnetkis.*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:
Vedlegg: Kjemiske analyser, 1 side

NS-EN 1744-1 Kjemisk analyse

Prøvenummer 21146D Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Innhold av total svovel	
Totalt svovelinnhold (vekt%)	**0,1300**

Note: *Krav iht. NS -EN 12620: Maks 1 % total S analysert iht.NS-EN 1744-1 avsnitt 11. Hvis magnetkis er påvist er kravet maks 0,1 vekt % S. I tilfeller total svovel er større enn 0,1 vekt % anbefales det å utføre en "skadelig kisanalyse iht. NS-EN 12620: NA 2016 pkt. NA. 10".*

Innhold av skadelig kis og kvarts (DTA analyse)* *(Iht. NS-EN 12620:2002+NA:2016)*	
Innhold av kis (vekt%)	**0,20**
Innhold av magnetkis *(vekt %)*	**0**

Innhold av kvarts (vekt%)	*3*

** Utført av eksternt laboratorium (SINTEF)*

Note. *Analysen av prøven viser et eksotermt utslag med en enkeltstående topp ved 450 °C. Dette indikerer at prøven inneholder svovelkis.*

NBTL laboratoriet 11.05.2021

Prøvingsrapport

KONTROLLRÅDET

Oppdragsgiver(e)

Norconsult AS

Oppdragsgivers referanse

Kristian Loftesnes

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Prøvematerialet

Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS
Tempevegen 25
7031 Trondheim
Telefon: 73 945150

E-mail:nbtl@nbtl.no
Web: www.nbtl.no
Organisasjonsnr. NO 914144388MVA
Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19

Ansvarlig signatur: Knut Hopland

Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandlere
P 21019B	29.01.2021	Fortrolig	2 + 2	Knut Hopland/Anja Røding/Berit Olsen/Karsten Seljeset

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450, NS-EN 13383-1 og tilhørende prøvingsstandarder samt SVV metoder

2. Prøvematerialet

2 stk plastbøtter mottatt den 18. januar 2021 inneholdende totalt ca 80 kg tilslag. Merking på bøtter. Opplyst prøvedato 18.01.21.

NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Det er utført følgende prøvinger:

Kornform (flisighetsindeks) iht. NS-EN 933-3
Knusing til mekanisk test
Los Angeles knusingsverdi iht. NS-EN 1097-2
Kulemølle - motstand mot piggdekkslitasje iht. NS-EN 1097-9
Micro Deval - motstand mot slitasje iht. NS-EN 1097-1

4. Resultater

Resultater av prøvinger er gitt i etterfølgende tabell. I vedlegg er gitt ytterligere informasjoner om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjoner (noter).

Tabell: Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål

Resultater ***Kategorier iht. NS-EN 13242***	**Enhet**	**Resultat**	***Kategori*/krav***
Flisighetsindeks**	*FI*	**11**	FI_{20}
Los Angeles verdi - knusingsverdi	*LA*	**14**	LA_{20}
Kulemølleverdi - piggdekkslitasje	*AN*	**21**	A_N30
Micro Deval koefficient	M_{DE}	**17**	M_{DE} *20*

**Kategorier kan variere avhengig av produktstandard* ***Utført på lab-knust materiale (2 knusinger)*

***Note** : Det er anvendt vanlige avrundingsregler til desimaler for kategorier*

Vedlegg på etterfølgende sider:
Vedlegg: Kornform (flisighetsindeks), 1 side
Vedlegg: Mekaniske test, 1 side

NS-EN 933-3 Kornform - flisighetsindeks

Prøvenr. 21019B **Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål**

Fraksjon *(mm)*	Masse *(g)*	Stavsikt *(mm)*	Masse *(g)*	Flisighet *(fraksjon)*	Kontroll og flisighetsindeks	
d_i/D_i	R_i		m_i	FI_i	Total siktet masse M_o *(g)*	3009,9
< 80	0,0		0,0	*0*		
63/80	0,0	40	0,0	*0*		
50/63	0,0	32	0,0	*0*		
40/50	0,0	25	0,0	*0*		
32/40	0,0	20	0,0	*0*		
25/32	0,0	16	0,0	*0*	Sum kastet masse (g)	3,00
20/25	0,0	12,5	0,0	*0*	Tap under sikting (%)	0,01
16/20	136,9	10	17,4	*13*		
12,5/16	1292,2	8	96,0	*7*		
10/12,5	832,4	6,3	114,0	*14*		
8/10	668,0	5	106,4	*16*		
6,3/8	77,1	4	10,6	*14*		
5/6,3	0,0	3,15	0,0	*0*		
4/5	0,0	2,5	0,0	*0*		
< 4 mm	*3,0*		*0,0*	*0*		
M_1	3006,6	M_2	344,4		**Flisighetsindeks** *FI*	**11,5**

Note. *Prøving utført på utsiktet 8-16 mm etter 2 runder med knusing av sprengstein i kjeftknuser på laboratoriet.*

NBTL laboratoriet 29.01.2021

Prøvenr. 21019B **Prøve 6, LO, sprengstein fra E6-Kvål**

NS-EN 1097-2 Los Angeles test - knusingsverdi

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm (g)*	**Etter test; m** *>1,6 mm (g)*	
21019B	5000,1	4324,9	
Los Angeles-koeffisient, *LA = (5000 - m)/50*		***LA* =**	**13,50**

NS-EN 1097-1 Micro Deval - slitasjemotstand

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	**Før test** *10-14 mm*	**Etter test; m** >1,6 mm (g)	
delprøve 1	500,5	411,7	17,66
delprøve 2	500,5	413,9	17,22
Gjennomsnitt	*500,5*	*412,8*	
Micro Deval koeffisient, M_{DE} *= (500 - m)/5*		M_{DE} =	**17,44**

NS-EN 1097-9 Kulemølle - piggdekkslitasje

Prøvingsporsjonen: 11,2 - 16 mm

Pretørr partikkel dens., **ρs =**	2,96	**m_i** beregnet =	1117,0
Kontroll og resultater	**m_i veiet (g)**	**m_2 veiet (g)**	**A_N**
delprøve 1	1117,0	885,3	20,74
delprøve 2	1117,4	882,2	21,05
Gjennomsnitt	*1117,2*	*883,8*	
Mølleverdi, $AN = 100(m_i - m_2)/m_i$		**A_N =**	**20,90**
		avvik fra middelverdi (%)	***1,5***

NBTL laboratoriet 29.01.2021

Statens vegvesen
Lab og Vegteknologiseksjon
Postadresse:
Statens vegvesen Region midt
Fylkeshuset, 6404 Molde

Besøksadresse laboratorier:
Sentrallaboratoriet Trondheim
Vestre Rosten 78, 7075 Tiller
Laboratoriet Molde
Årø, 6404 Molde

OPPDRAGSGIVER/KUNDE
NAVN: Statens vegvesen
ADRESSE:

KONTAKTSPERSON: Stig Lillevik

PROSJEKTDATA
ANSVARS NR: 43500
PROSJEKT NR: 405169
PROSJEKTNAVN: E6 Røskaft-Skjerdingstad

OPPDRAGS REFERANSE
NYBYGD VEG:…… FORSTERKNING:……
ANNET:…x…

RAPPORTERT AV: Arnhild Ulvik
RAPPORT DATO: 29. april 2015

Labsys nr	Prøve nr / antall:	Uttakssted /dato	Uttatt av
4150030 1 og 2	2 prøve á ca.60 kg	Tunnelpåhugg/25.03.2015	Stig Lillevik
Prosess nr / Materialtype	**Fraksjon:**	**Mottatt lab / dato**	**Mottatt av:**
11.4 /Fjellskjæring	Håndstykker	25.03.2015	Otto Helge Reitan

Utførte analyser:

Metode nr	Analysenavn	Krav (N200)	Verdi
NS-EN 1097-1	Micro-Deval	Avhenger av bruk	13 og 14
NS-EN 1097-2	Los Angeles	Avhenger av bruk	13 og 10
NS-EN 1097-9	Kulemølle	Avhenger av bruk	14.6 og 20.0
NS-EN 933-3	Flisighetsindeks	Avhenger av bruk	22 og 10
NS-EN 1097-6	Densitet	Ingen krav	2.80 og 2.94

VURDERING/KOMMENTAR

I forbindelse med planlegging av ny E6 på parsellen Røskaft-Skjerdingstad, er det tatt en prøve rundt tunnelpåhugg både sør og nord for prosjektert tunnel vest for Gaula. Bergartskvaliteten er undersøkt med hensyn til å kunne anvende stedegne materialer i prosjektet.

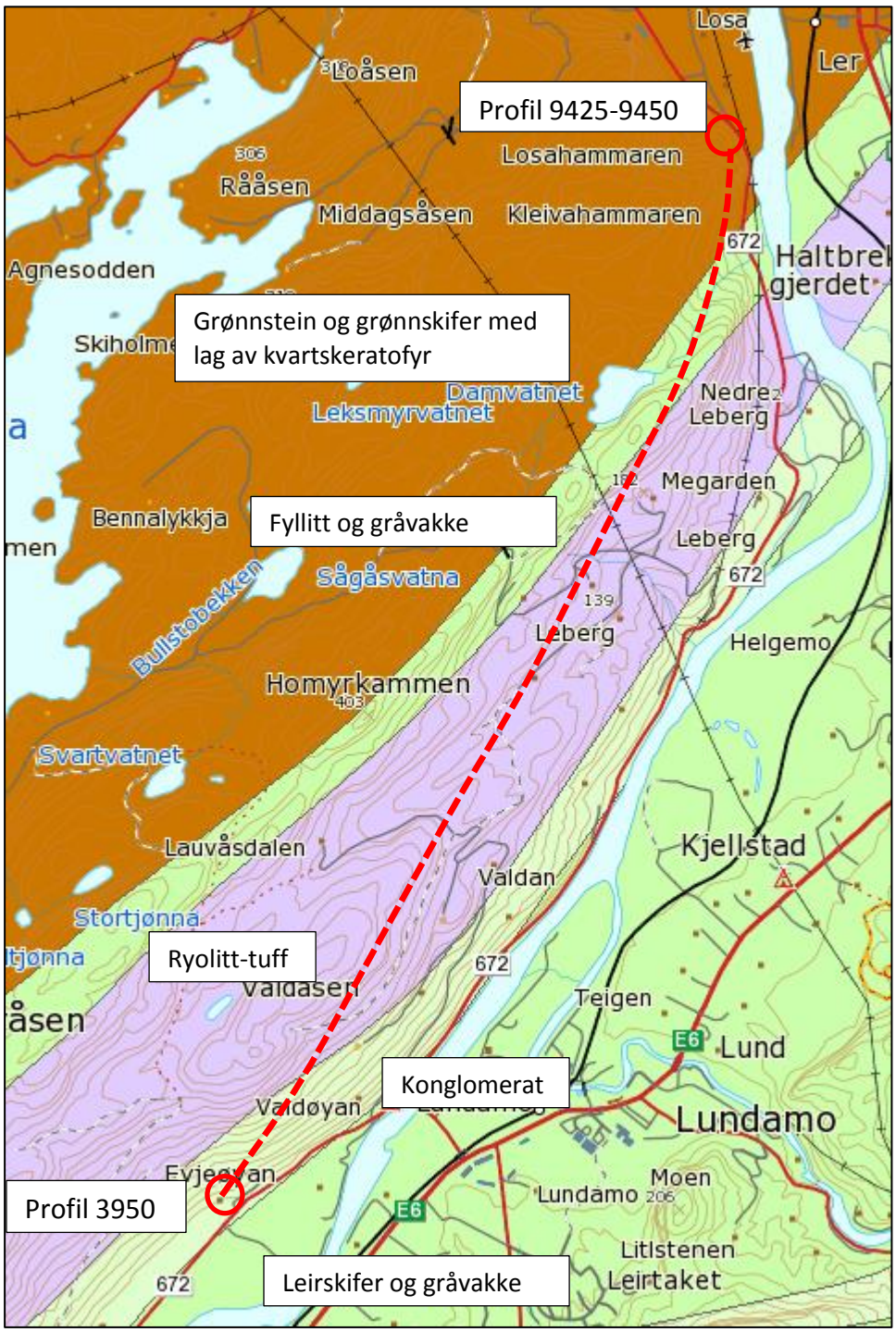
Stedegne materialer fra påhugg for tunnel vest for Gaula mellom Evjeøyan og Losen er godt egnet som forsterknings- og bærelagsmasser. Materiale fra lengst sør (P3950) er egnet som asfalttilslag på lavtrafikkerte veger, mens materiale fra nordligste påhugg (P9400) ikke er egnet som tilslag for vegdekker.

Emneord

Prøvetaking E6 Røskaft – Skjerdingstad

Prøvetaking

Materiale ble prøvetatt av Stig Lillevik ved påhugg langs den planlagte tunneltraséen vest for Gaula mellom Evjeøyan og Losen. Uttaksstedene er markert på kart i figur 1. Prøvene ble levert for analyse 25. mars 2015. Materialet bar preg av noe overflateforvitring ved første øyekast.



Figur 1. Prøvepunkt angitt med profilnummer på berggrunnskart (målestokk 1:250.000)

NGUs berggrunnskart i målestokk 1:250000 antyder at forskjellige bergarter ved prøvetatt område lengst sør (P3950) og lengst nord (P9425-P9450, men benevnt som P9400). Berggrunnskartet navngir leirskifer, gråvakke og konglomerat ved det sørligste punktet ved Evjeøyan. Lengst nord er bergarten kartlagt som grønnstein og grønnskifer med innslag av kvartskeratofyr.

Størstedelen av tunnelen kommer til å gå gjennom ryolitt-tuff, en bergart som kan gi gide analyseresultater.

Figur 2 og 3 viser foto av laboratorieknust materiale fra de to forekomstene.

Figur 2. Knust 11.2-16 mm-materiale fra P3950

Figur 3. Knust 11.2-16 mm-materiale fra P9400

Figur 4 og 5 viser de samme materialene analysert med kulemølle.

Figur 4. Kulemølletestet materiale fra P3950

Figur 5. Kulemølletestet materiale fra P9400

Analyseresultater

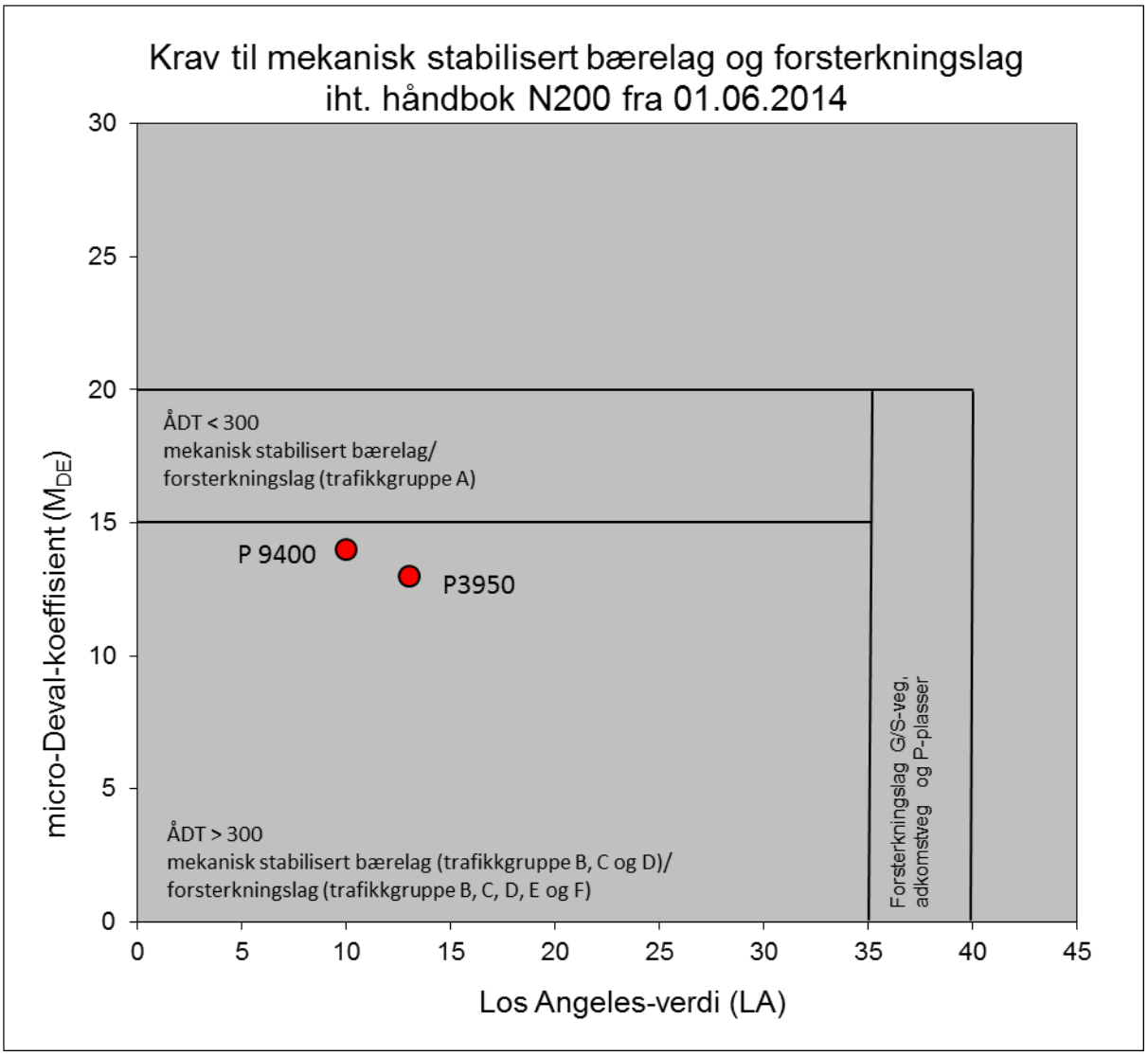
60 kg stein er knust ned i laboratoriet for hver prøve. Det er videre blitt siktet og preparert for utførelse av kulemølle, flisighetsbestemmelse, densitet, Los Angeles og micro-Deval. Analyseresultatene er satt opp i tabell 1, og stilt sammen i figur 6 og 7.

Tabell 1. Analyseresultater

Prøve	A_N	LA	FI	M_{DE}	ρ
P3950	14.6	13	22	13	2.80
P9400	20.0	10	10	14	2.94

A_N – kulemølelverdi, LA – Los Angeles-verdi, FI - flisighetsindeks, M_{DE} - micro-Deval-verdi, ρ – densitet (g/cm^3)

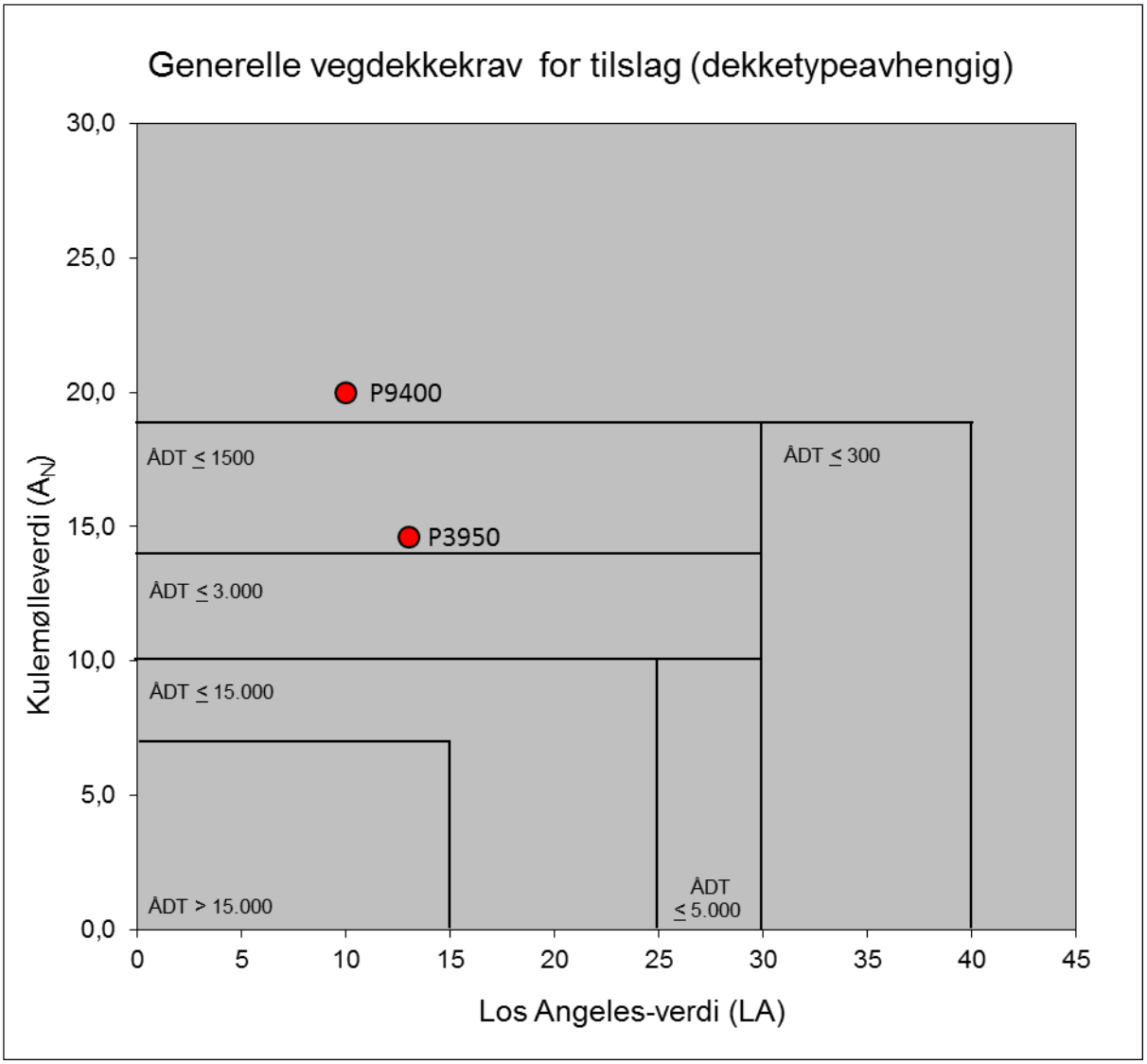
Figur 6 viser at begge materialene er egnet som tilslag som forsterkningslag og mekanisk stabilisert bærelag. Som forsterkningslag kan materialene benyttes for alle trafikkgrupper, dvs. fra A-F, med ubegrenset trafikkmengde. For mekanisk stabilisert bærelag er materialene egnet for trafikkgruppe B, C og D (ÅDT inntil 5000). Dersom materialet stabiliseres med bitumen, kan det benyttes med høyere trafikkbelastning.



Figur 6. Analyseresultater sammenstilt mot krav til bære- og forsterkningslag iht. N200.

Figur 7 viser hvor materialene havner i forhold til krav som stilles for anvendelse i vegdekker. Prøven fra profil 3950 viser seg å være egnet som tilslag i asfalt for trafikkmengder inntil 1500 kjøretøy. Prøven fra profil 9400 faller utenfor og er ikke egnet som vegdekkemateriale.

Flisighetsindeksen oppfylles for begge materialtypene (lavere verdi enn 35).



Figur 7. Analyseresultater sammenstilt mot krav til vegdekker iht. N200.

Konklusjon

Stedegne materialer fra påhugg for tunnel vest for Gaula mellom Evjeøyan og Losen er godt egnet som forsterknings- og bærelagsmasser. Materiale fra lengst sør (P3950) er egnet som asfalttilslag på lavtrafikkerte veger, mens materiale fra nordligste påhugg ikke er egnet som tilslag for vegdekker.

VEDLEGG 6 – RESULTATER FRA ANALYSE AV SYREDANNENDE EGENSKAPER

Rapport med resultater fra ALS Laboratory Group:

- Rapportnr. N2101200 – Prøve 5 HK, Prøve 6 LO og Prøve 9 HK.

Rapporten inneholder også resultater fra prøver fra andre lokaliteter som ikke er relevante for tunnelen.

Rapport

N2101200

19C7INAPG1V

Mottatt dato **2021-03-29**
Utstedt **2022-02-28**

Norconsult AS
Maria Thonhaugen Raastad
Ansattnr: 107665
Pb 8984
7439 Trondheim
Norway

Prosjekt **E6 Korporalsbru-Kvål**
Bestnr **5207617**

Rapport erstatter tidligere rapport N2101200 utstedt 2021-04-29.
Endringer i resultater er angitt med skyggelagte rader.

Analyse av material

Deres prøvenavn **PR 4 ST**
Berg

Labnummer N00747865

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	----------		-	1	1	RAMY
Prøvepreparering *	----------			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	**99.9**		%	3	W	SAHM
SiO2 *	**44.9**		% TS	3	S	SAHM
Al2O3 *	**14.1**		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	**12.2**		% TS	3	S	SAHM
Fe2O3 *	**10.5**		% TS	3	S	SAHM
K2O *	**0.913**		% TS	3	S	SAHM
MgO *	**6.34**		% TS	3	S	SAHM
MnO *	**0.128**		% TS	3	S	SAHM
Na2O *	**2.72**		% TS	3	S	SAHM
P2O5 *	**0.210**		% TS	3	S	SAHM
TiO2 *	**1.50**		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	**5.9**		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	**3.05**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	**161**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	**0.783**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	**0.0989**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	**36.2**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	**294**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	**70.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	**<0.03**		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	**<0.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	**10.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	**130**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	**2.80**		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	**606**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	**30.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	**1.28**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	**527**		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	**264**		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	**<0.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM

Deres prøvenavn	**PR 4 ST** **Berg**
Labnummer	N00747865

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Y (Yttrium) *	**26.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	**62.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	**94.1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	**2.01**		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	**0.583**		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) a ulev	**100**	6.03	%	5	3	TRTO
TOC a ulev	**<0.10**		% TS	5	3	TRTO
TC a ulev	**2.05**	0.31	% TS	6	3	SAHM
TIC a ulev	**2.05**		% TS	7	3	TRTO

Denne rapportert erstatter versjon 1, korrigert TC resultater er lagt til.

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

ALS Sarpsborg
Yvenveien 17, N-1715 Yven

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Web: www.alsglobal.no

Dokumentet er godkjent og digitalt undertegnet av Rapportør

Sabra Hashimi
2022.02.28 12:09:12
Client Service
Sabra.Hashimi@ALSGlobal.com

Deres prøvenavn	**PR 5 HK Berg**
Labnummer	N00747866

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	----------		-	1	1	RAMY
Prøvepreparering *	----------			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	**99.9**		%	3	W	SAHM
SiO2 *	**66.9**		% TS	3	S	SAHM
Al2O3 *	**14.1**		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	**2.20**		% TS	3	S	SAHM
Fe2O3 *	**5.80**		% TS	3	S	SAHM
K2O *	**2.58**		% TS	3	S	SAHM
MgO *	**1.97**		% TS	3	S	SAHM
MnO *	**0.0670**		% TS	3	S	SAHM
Na2O *	**3.23**		% TS	3	S	SAHM
P2O5 *	**0.113**		% TS	3	S	SAHM
TiO2 *	**0.740**		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	**2.2**		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	**13.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	**480**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	**1.84**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	**0.0733**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	**12.1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	**130**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	**13.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	**<0.02**		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	**0.752**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	**13.1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	**22.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	**17.0**		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	**1910**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	**11.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	**2.49**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	**275**		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	**107**		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	**1.43**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	**21.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	**70.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	**212**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	**16.2**		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	**4.88**		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) a ulev	**99.9**	6.02	%	5	3	TRTO
TOC a ulev	**0.16**	0.04	% TS	5	3	TRTO
TC a ulev	**0.30**	0.05	% TS	6	3	SAHM
TIC a ulev	**0.14**		% TS	7	3	TRTO

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

ALS Sarpsborg
Yvenveien 17, N-1715 Yven

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Web: www.alsglobal.no

Dokumentet er godkjent og digitalt undertegnet av Rapportør

Sabra Hashimi
Client Service
Sabra.Hashimi@ALSGlobal.com

2022.02.28 12:09:12

Deres prøvenavn	**PR 6 LO Berg**
Labnummer	N00747867

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	----------		-	1	1	RAMY
Prøvepreparering *	----------			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	**99.9**		%	3	W	SAHM
SiO2 *	**34.9**		% TS	3	S	SAHM
Al2O3 *	**9.67**		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	**21.0**		% TS	3	S	SAHM
Fe2O3 *	**8.95**		% TS	3	S	SAHM
K2O *	**0.144**		% TS	3	S	SAHM
MgO *	**4.58**		% TS	3	S	SAHM
MnO *	**0.179**		% TS	3	S	SAHM
Na2O *	**1.61**		% TS	3	S	SAHM
P2O5 *	**0.0614**		% TS	3	S	SAHM
TiO2 *	**0.856**		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	**15.5**		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	**<3**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	**14.0**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	**<0.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	**0.0872**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	**28.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	**196**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	**28.1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	**<0.02**		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	**<0.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	**<0.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	**116**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	**<1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	**680**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	**20.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	**0.901**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	**180**		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	**188**		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	**<0.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	**17.1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	**54.6**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	**57.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	**0.464**		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	**0.804**		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) a ulev	**99.8**	6.02	%	5	3	TRTO
TOC a ulev	**0.18**	0.04	% TS	5	3	TRTO
TC a ulev	**1.92**	0.29	% TS	6	3	SAHM
TIC a ulev	**1.74**		% TS	7	3	TRTO

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

ALS Sarpsborg
Yvenveien 17, N-1715 Yven

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Web: www.alsglobal.no

Dokumentet er godkjent og digitalt undertegnet av Rapportør

Sabra Hashimi
Client Service
Sabra.Hashimi@ALSGlobal.com

2022.02.28 12:09:12

Deres prøvenavn	**PR 7 SKJ Berg**
Labnummer	N00747868

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	----------		-	1	1	RAMY
Prøvepreparering *	----------			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	**98.6**		%	3	W	SAHM
SiO2 *	**61.0**		% TS	3	S	SAHM
Al2O3 *	**16.5**		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	**1.99**		% TS	3	S	SAHM
Fe2O3 *	**7.59**		% TS	3	S	SAHM
K2O *	**1.76**		% TS	3	S	SAHM
MgO *	**4.24**		% TS	3	S	SAHM
MnO *	**0.0528**		% TS	3	S	SAHM
Na2O *	**4.02**		% TS	3	S	SAHM
P2O5 *	**0.0978**		% TS	3	S	SAHM
TiO2 *	**0.649**		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	**3.9**		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	**18.3**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	**277**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	**1.90**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	**<0.05**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	**39.1**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	**109**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	**61.3**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	**<0.02**		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	**1.70**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	**9.36**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	**80.0**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	**16.0**		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	**4570**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	**21.6**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	**1.83**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	**120**		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	**120**		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	**<0.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	**25.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	**76.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	**86.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	**8.14**		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	**2.44**		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) a ulev	**99.7**	6.01	%	5	3	TRTO
TOC a ulev	**0.42**	0.07	% TS	5	3	TRTO
TC a ulev	**1.62**	0.24	% TS	6	3	SAHM
TIC a ulev	**1.20**		% TS	7	3	TRTO

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

ALS Sarpsborg
Yvenveien 17, N-1715 Yven

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Web: www.alsglobal.no

Dokumentet er godkjent og digitalt undertegnet av Rapportør

Sabra Hashimi
Client Service
Sabra.Hashimi@ALSGlobal.com

2022.02.28 12:09:12

Deres prøvenavn	**PR 8 HOV** **Berg**
Labnummer	N00747869

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	----------		-	1	1	RAMY
Prøvepreparering *	----------			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	**95.7**		%	3	W	SAHM
SiO2 *	**62.1**		% TS	3	S	SAHM
Al2O3 *	**19.4**		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	**1.76**		% TS	3	S	SAHM
Fe2O3 *	**4.26**		% TS	3	S	SAHM
K2O *	**3.73**		% TS	3	S	SAHM
MgO *	**2.88**		% TS	3	S	SAHM
MnO *	**0.0296**		% TS	3	S	SAHM
Na2O *	**1.79**		% TS	3	S	SAHM
P2O5 *	**0.122**		% TS	3	S	SAHM
TiO2 *	**0.494**		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	**4.9**		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	**14.0**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	**489**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	**3.23**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	**0.0696**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	**3.85**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	**50.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	**12.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	**<0.02**		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	**2.53**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	**12.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	**13.2**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	**20.2**		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	**8390**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	**14.2**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	**3.09**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	**302**		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	**85.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	**<0.9**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	**20.3**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	**67.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	**106**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	**9.74**		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	**3.46**		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) a ulev	**97.8**	5.90	%	5	3	TRTO
TOC a ulev	**0.27**	0.05	% TS	5	3	TRTO
TC a ulev	**0.64**	0.10	% TS	6	3	SAHM
TIC a ulev	**0.38**		% TS	7	3	TRTO

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

ALS Sarpsborg
Yvenveien 17, N-1715 Yven

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Web: www.alsglobal.no

Dokumentet er godkjent og digitalt undertegnet av Rapportør

Sabra Hashimi
Client Service
Sabra.Hashimi@ALSGlobal.com

2022.02.28 12:09:12

Deres prøvenavn	**PR 9 HK Berg**
Labnummer	N00747870

Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	----------		-	1	1	RAMY
Prøvepreparering *	----------			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	**94.2**		%	3	W	SAHM
SiO2 *	**67.6**		% TS	3	S	SAHM
Al2O3 *	**16.4**		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	**0.797**		% TS	3	S	SAHM
Fe2O3 *	**4.82**		% TS	3	S	SAHM
K2O *	**3.60**		% TS	3	S	SAHM
MgO *	**2.90**		% TS	3	S	SAHM
MnO *	**0.0902**		% TS	3	S	SAHM
Na2O *	**2.10**		% TS	3	S	SAHM
P2O5 *	**0.0697**		% TS	3	S	SAHM
TiO2 *	**0.474**		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	**3.3**		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	**16.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	**421**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	**2.46**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	**0.0666**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	**10.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	**151**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	**9.20**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	**<0.02**		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	**<0.5**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	**10.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	**68.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	**11.2**		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	**198**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	**13.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	**1.87**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	**115**		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	**67.7**		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	**1.78**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	**19.8**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	**61.4**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	**102**		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	**17.3**		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	**4.01**		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) a ulev	**95.4**	5.76	%	5	3	TRTO
TOC a ulev	**0.71**	0.11	% TS	5	3	TRTO
TC a ulev	**0.87**	0.13	% TS	6	3	SAHM
TIC a ulev	**0.16**		% TS	7	3	TRTO

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

ALS Sarpsborg
Yvenveien 17, N-1715 Yven

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Web: www.alsglobal.no

Dokumentet er godkjent og digitalt undertegnet av Rapportør

Sabra Hashimi
Client Service
Sabra.Hashimi@ALSGlobal.com

2022.02.28 12:09:12

"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.
"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.
"*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.
Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.
n.d. betyr ikke påvist.
n/a betyr ikke analyserbart.
< betyr mindre enn.
> betyr større enn.

	Metodespesifikasjon	
1	**Alunskiferpakke**	
	Metode:	**Metaller:** Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. **TIC/TOC:** ISO 10694, EN 13137, EN 15936
	Prøve forbehandling:	For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105ºC. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO2). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.
	Note:	Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende. ALS kan ikke tolke resultatene og avgjøre hvorvidt materialet er alunskifer.
2	**Knusing/oppmaling**	
3	**Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2**	
	Metode:	Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.
	Prøve forbehandling:	For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105ºC. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO2). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.
	Note:	Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.
4		**Metaller i jord, tillegg til hovedpakke**
	Metode:	Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.
5	**Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri**	
	Metode:	ISO 10694, EN 13137, EN 15936
	Måleprinsipp:	Kolometri

	Metodespesifikasjon
	Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).
6	**Totalt karbon (TC) i jord med IR** Metode: CSN ISO 10694, CSN EN 13137:2002, CSN EN 15936 Prinsipp: IR Rapporteringsgrense: 0.1 % TS
7	**Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord, beregnet verdi** Metode: Prinsipp: Beregnet verdi basert på TOC og TC

	Godkjenner
RAMY	Ragnhild Myrvoll
SAHM	Sabra Hashimi
TRTO	Trine Tonnesson

	Utf[1]
G	AFS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

[1] Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

	Utf[1]

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.
Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

VEDLEGG 7 – RESULTATER FRA GEOFYSISKE UNDERSØKELSER

Rapporter med resultater fra geofysiske undersøkelser:

- Refraksjonsseismikk utført av Geomap Norge i 2020:
  - Rapport 201025
  - Inversjonsmodeller
  - Oversiktskart
  - Profiltegning tradisjonell tolkning for profil L1, L2, L3 og L7.

  Undersøkelsene ble bestilt av Norconsult og rapporten er en samlerapport for strekningen Korporalsbru – Kvål. Linje L1, L2, L3 og L7 er utført for et alternativ for Homyrkamtunnelen som senere ble valgt bort. Øvrige linjer er skutt i andre områder av parsellen. Rapporten er dermed ikke direkte relevant for gjeldende tunneltrase, men er likevel presentert iht krav i vegnormal N500.

- Geofysiske undersøkelser utført av GeoPhysix i 2015:
  - Rapport 15066 – Refraksjonsseismikk
  - Rapport for elektriske målinger utført av Guideline Geo.

- Geofysiske undersøkelser utført av Rambøll Danmark i 2014:
  - Rapport – Geofysiske undersøgelser for E6 Rørskaft–Skjerdingstad. Refraksjonsseismikk og geo-elektrik

  Tunnellinje vist på tegninger og henvisninger til profilnummer i rapport er ikke i samsvar med gjeldende trasé.

- Geoskanning (AEM) utført av EMerald Geomodelling i 2019:
  - Rapport – E6 Trøndelag – Homyrkamtunnelen – Leveranse geoskanning 2019

  Tunnellinje vist på tegninger og henvisninger til profilnummer i rapport er ikke i samsvar med gjeldende trasé.

E6 Korpralsbrua – Kvål
Seismikk

Rapport

Geofysiske undersøkelser

GEOMAP
NORGE

15.01.2021

Søkeord:	Refrakjonsseismikk land
Uppdrags nr.: **Rapportnr.:** **Oppdragsgivere:** **Oppdrag / rapport:**	201025 1 Norconsult AS E6 Korpralsbrua – Kvål Refrektionsseismiske undersøkelser
Datum:	15.01.2021

Rapportutdrag:

Geomap Norge AS har på uppdrag åt Norconsult AS utfört refraktionsseismiska mätningar för projektet E6 Korpralsbrua – Kvål. Syftet med mätningarna var att undersöka markförhållanden så som lösmassemäktighet och eventuella krosszoner i berget.

Rapporten behandlar data från 21 seismiklinjer fördelade på fyra områden. All data är tolkat både traditionellt och med inversionsmodellering. För att belysa skillnader/likheter mellan tolkningsmetoderna är i rapporten resultaten från den traditionella tolkningen inlagd i inversionsmodelleringen.

Land/ fylke:	Kommun:	Ort:
Trøndelag	Midtre Gauldal	Støren

Table of Contents

1. INNLEDNING 1

2. RESULTATER 1

TOLKNINGSMETODER 3

L1 4

L2 5

L3 6

L7 7

L8 8

L9 9

L10 10

L11 11

L12 12

L13 13

L14 14

L15 15

L16 16

L17 17

L18 18

L19 19

L20 20

L21 21

L22 22

L23 23

L24 24

MÄTOSÄKERHET I DJUPBERÄKNINGARNA 25

GENERELLT 25

3. FÄLTARBETE 26

4. TEKNSIK DOKUMENTATION 27

BILAGOR:

G1 Beskrivning av refraktionsseismiska mätningar

Inversionsmodeller

RITINGAR:

201025-01,-02,-03 och -04	Plan seismiska sektioner
201023-05 till 201025-25	Traditonellt tolkade sektioner

1. INNLEDNING

Norconsult AS jobbar med projektet E6 Korpralsbrua – Kvål. För att i delar av denna sträckning få mer information om lösmasseövertäckning och eventuella svaghetszoner i berget har Geomap Norge AS fått i uppdrag att utföra refraktionsseismik. Undersökningarna är utförda i fyra olika områden.

2. RESULTATER

Det är sammantaget för hela projektet utfört 21 seismiklinjer.

Profilernas placering visas i bilaga 201025-01, -02, -03 och -04. All seismikdata är tolkat både traditionellt samt med inversionsmodellering. De traditionellt tolkade sektionerna visas i 201025-05 till 201023-25 medan inversionsmodelleringen bifogas separat. För att tydliggöra skillnader/likheter mellan tolkningsmetoder är den traditionella tolkningen inlagd i inversionsmodelleringen vilken visas nedan i rapporten.

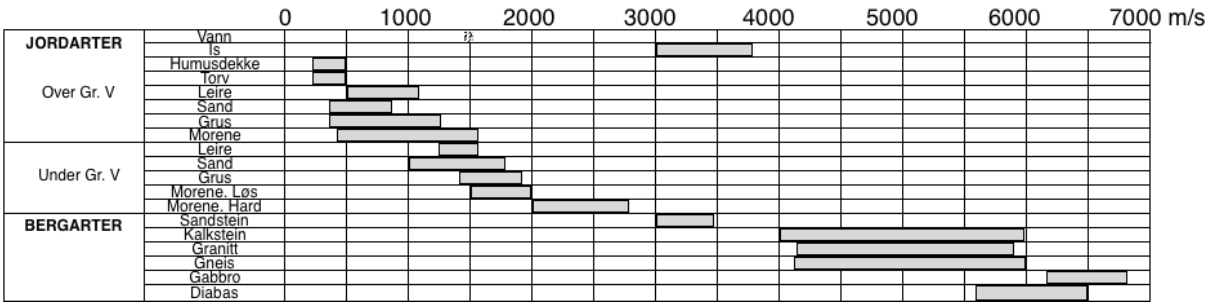
Följande information finns beskrivet i den traditionella tolkningen:

- **Bottenprofil/markyta**
- **Lösmassornas mäktighet**
- **Gränser mellan lösmassor** med olika seismiska hastigheter
- **Berggrundens övre del**
- **Seismisk hastighet i berggrunden.**

Låghastighetszoner, dvs. områden med seismisk ljudhastighet mindre eller lika 4000m/s är markerat.

Seismisk hastighet i lösmassorna är inritade i sektionerna, och beskriver typ av material och packningsgrad. Vattenmättade lösmassor med ljudhastighet 1500-1700 m/s härrör vanligtvis från sorterade material såsom lera, silt eller sand. Vattenmättade lösmassor med ljudhastigheter 1800-2500 m/s härrör vanligtvis från morän.

Seismiska hastigheter i lösmassor och berg, som är representativa för Skandinavien finns beskrivna i tabellen nedan.



Figur 1. Seismiske hastigheter i jord- og bergarter i Skandinavia

Seismisk hastighet i berggrunden (kristallina bergarter) lägre än 4000m/s karaktäriseras som låghastighetszoner, och indikerar större uppsprickningsgrad än för bergarten i övrigt. Låghastighetszoner uppträder där det är tektoniska och andra typer svagheter i berggrunden.

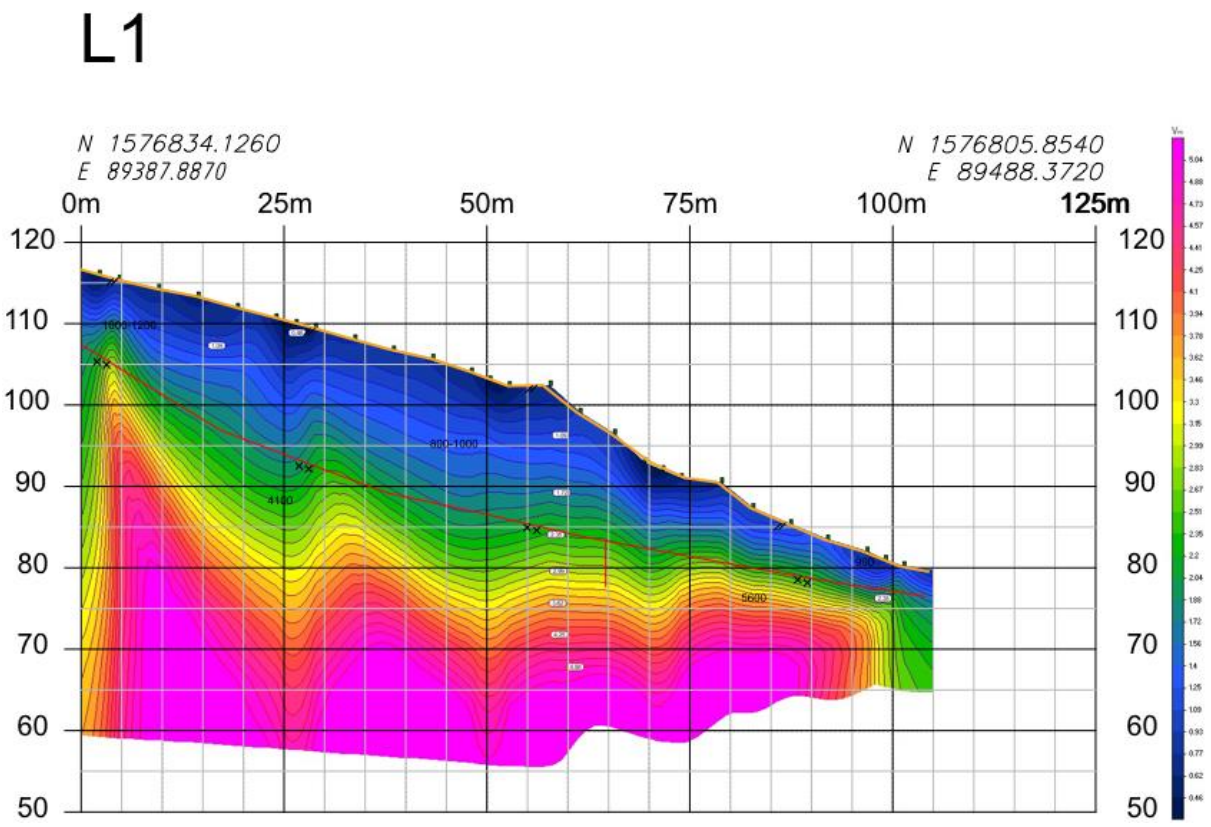
I tillägg till att seismiska hastigheter i lösmassor finns uppritat i profilsektionerna, är också seismisk hastighet i berggrunden angivit på planritningen. Dessa hastigheter representerar «bra», ej ytvittrat, berg. I svaghetszoner kan det generellt förväntas en viss osäkerhet av de beräknade jorddjupen, på grund av gradvis övergång från lösmassor till berg.

Tolkningsmetoder

Insamlat seismikdata har tolkats med två olika metoder. Dels har det tolkats traditionellt med Sjögrens ABC-metod samt även med inversionsmodellering med programvaran ZONDST2D. Bifogat med rapporten finns sektioner från både den traditionella tolkningen och inversionsmodelleringen. För att tydliggöra skillnader/likheter mellan de olika tolkningsmetoderna är resultaten från den traditionella tolkningen inlagd i resultaten från inversionsmodelleringen i rapporten. I de områden med stort avvik i den redovisade tolkningen mellan de båda metoderna torde osäkerheten vara större än där metoderna visar på god samstämmighet. Detta gäller både redovisat djup till berg och krosszoner. Nämnas bör att det kan vara ett visst avvik i topografin mellan tolkningsmetoderna vilket beror på att olika beräkningsmetoder används för att få fram en 2D-topografi. I början av de bifogade inversions-sektionerna finns även en beskrivning av modelleringen och deras statistiska tillförlitlighet.

L1

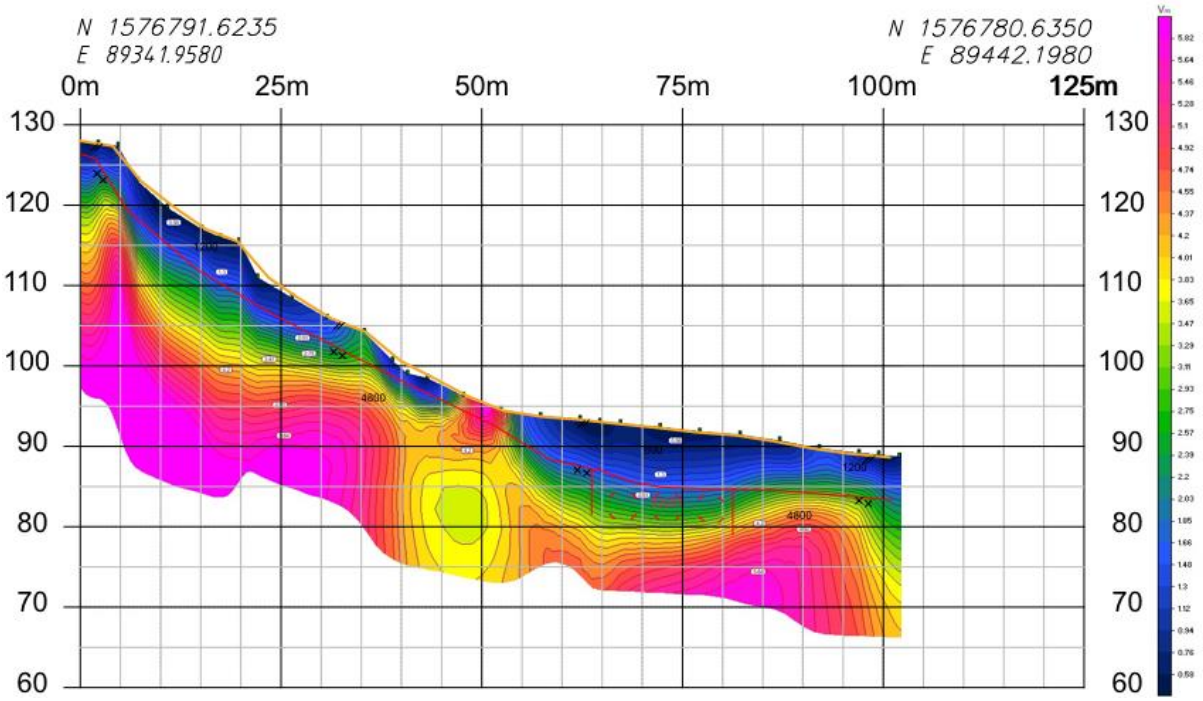
Linjen är mätt i samma område som L2, L3 och L7. I den traditionella tolkningen syntes endast ett hastighetslager i lösmassorna. Ingen zon framkom i berget men den uppmätta ljudhastigheten i berget är något lägre i början av utlägget. I den första halvan av utlägget är avviket mellan de olika tolkningsmetoderna större än mot slutet av utlägget.



L2

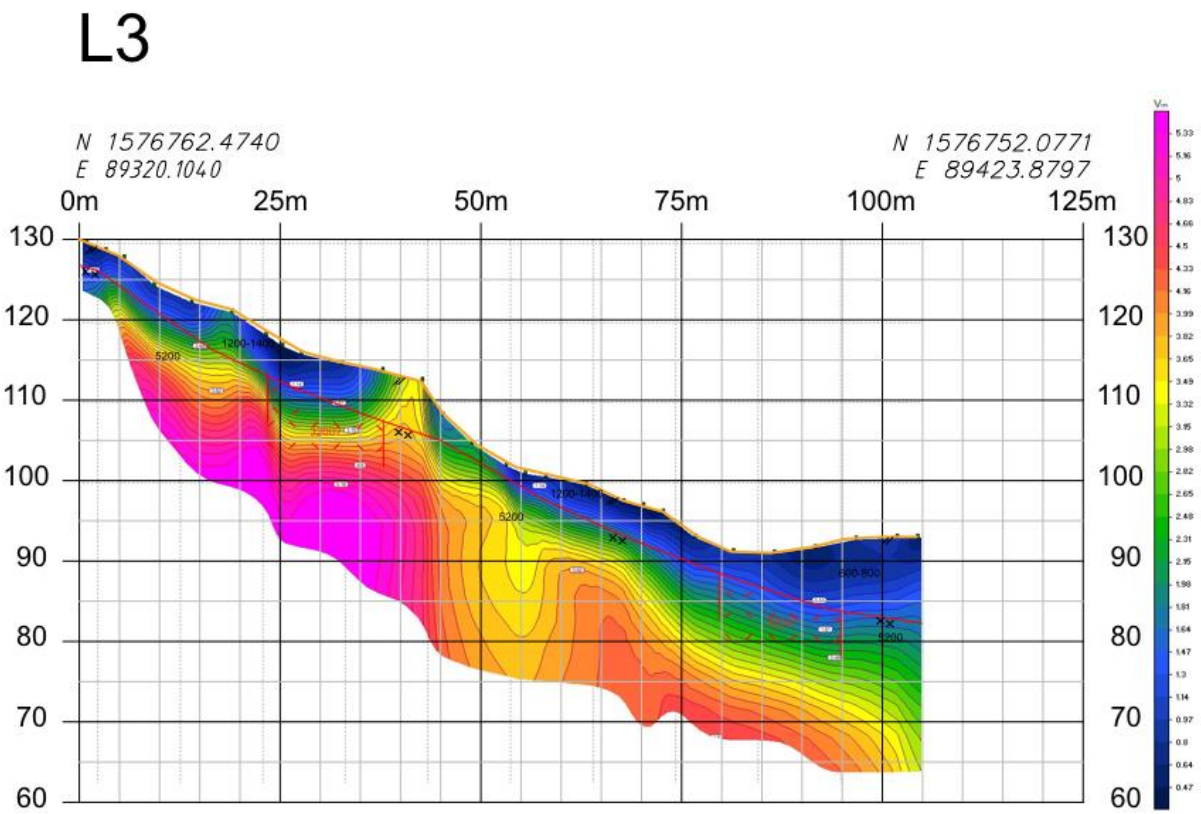
Linjen är mätt i samma område som L1, L3 och L7. I den traditionella tolkningen syntes endast ett hastighetslager i lösmassorna. Vid längdmått ca 75 m framkom en möjlig zon i berget. Inversionsmodellen visar på att lokaliseringen av denna zon eventuellt finns lite tidigare efter utlägget. Samstämmigheten mellan de olika tolkningsmetoderna avseende lösmasseövertäckning är ganska normal

L2



L3

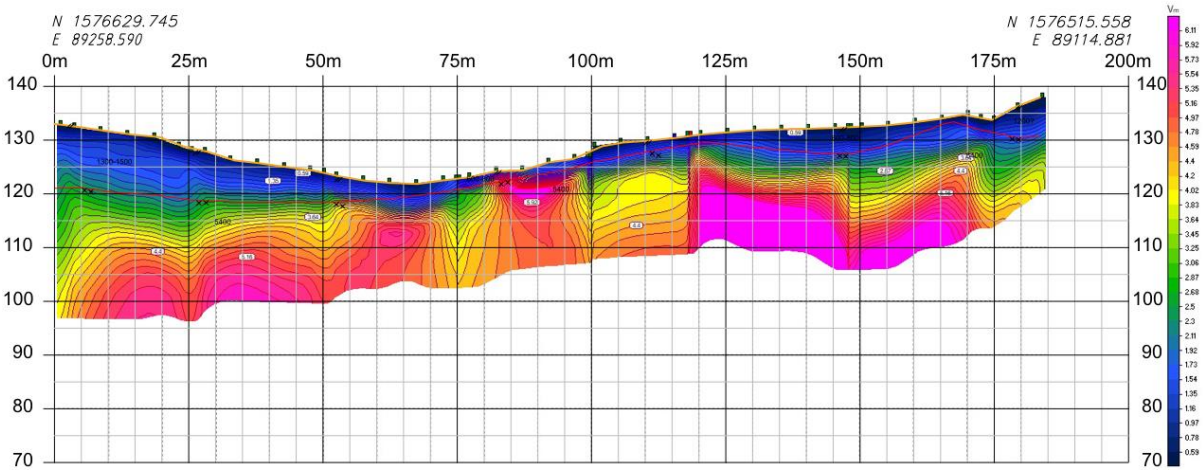
Linjen är mätt i samma område som L1, L2 och L7. I den traditionella tolkningen syntes endast ett hastighetslager i lösmassorna. Vid längdmått ca 30 m och 90 m framkom möjliga zoner i berget. Inversionsmodellen visar på att zon en vid 30 m möjligtvis är en svacka i bergnivån medan inversionsmodellen visar på en möjlig zon vid längdmått ca 55 m. Den möjliga zonen som är lokaliserad vid 90 m kan eventuellt vara en effekt av att bergnivån sjunker undan.



L7

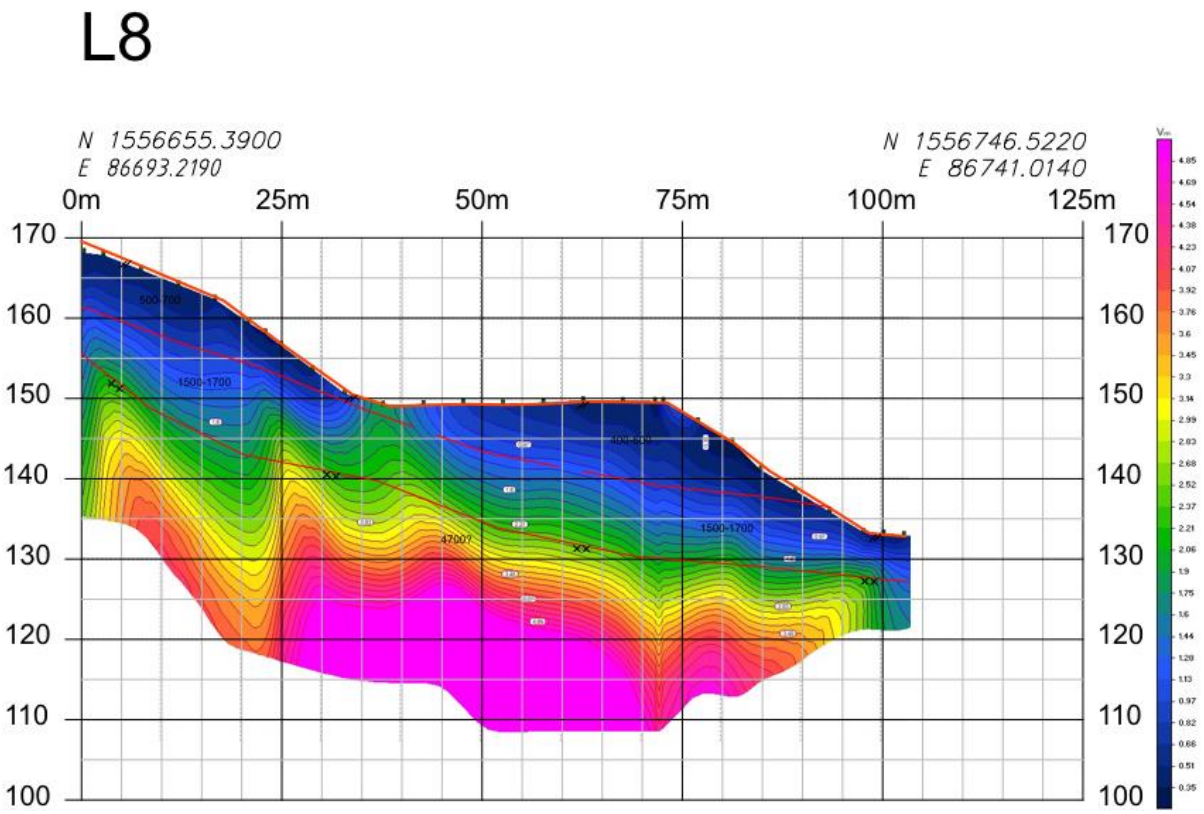
Linjen är mätt i samma område som L1, L2 och L3. I den traditionella tolkningen syntes endast ett hastighetslager i lösmassorna. Ingen zon framkom i berget vid den traditionella tolkningen. Vid längdmått ca 170 m visar den traditionella tolkningen på grundare bergnivå än inversionsmodelleringen. I övrigt är det ”normal” samstämmighet mellan tolkningsmetoderna.

L7



L8

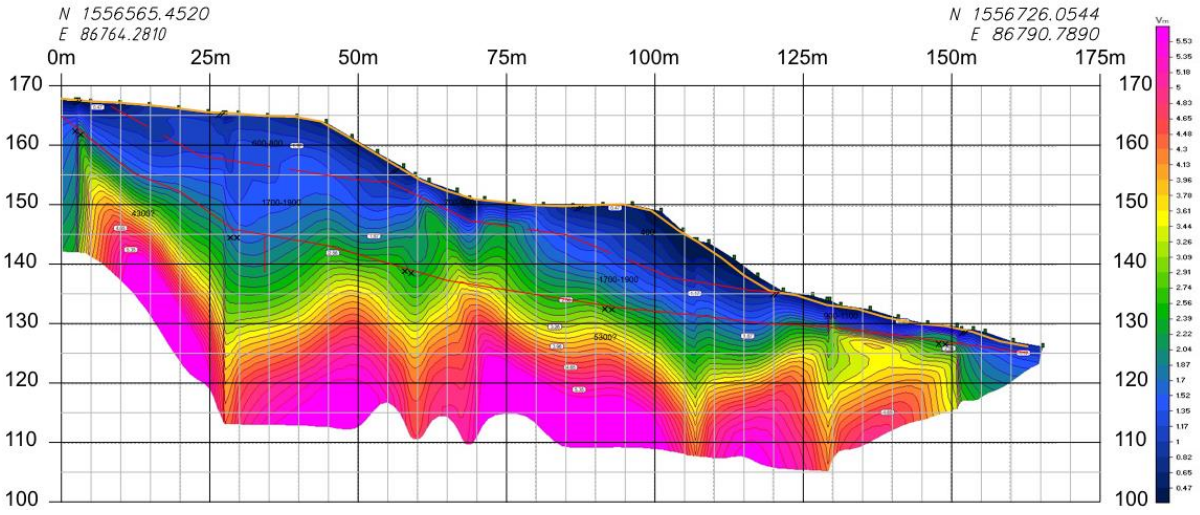
Linjen är mätt i samma område som L9 till L12. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. I berget är den uppmätta ljudhastigheten osäker längs hela linjen och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner. Samstämmigheten mellan tolkningsmetoderna kan anses normal.



L9

Linjen är mätt i samma område som L8 till L12. I stora delar av den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. I berget är den uppmätta ljudhastigheten osäker längs hela linjen och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Samstämmigheten mellan tolkningsmetoderna kan anses normal.

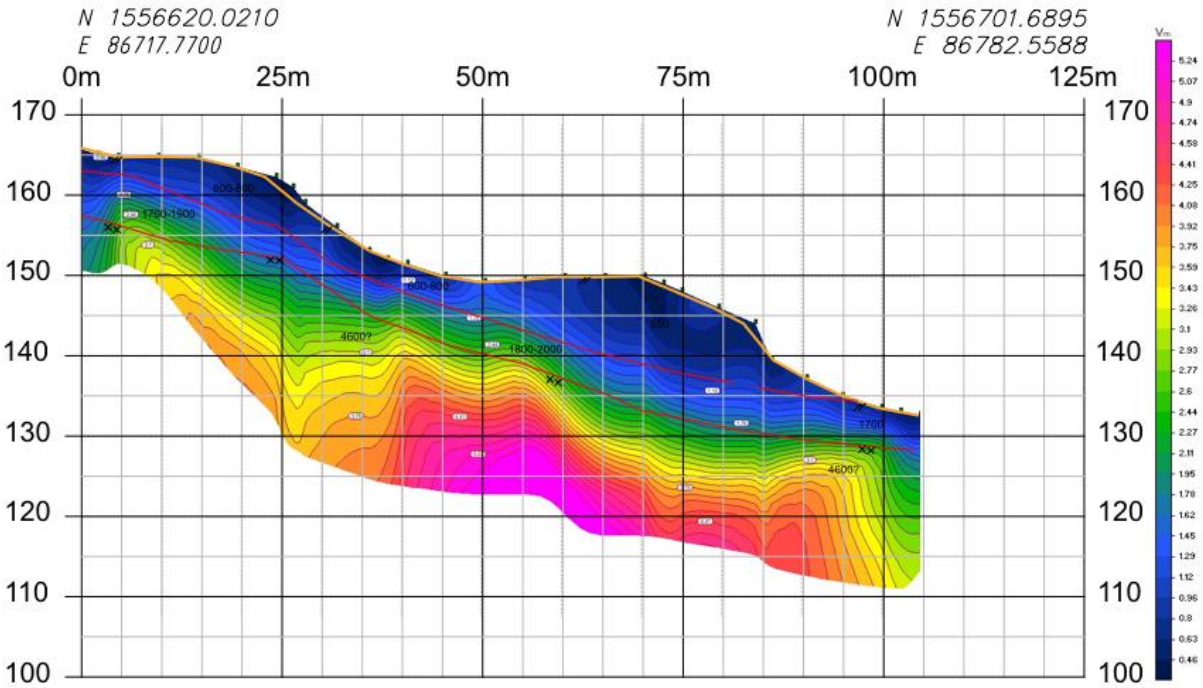
L9



L10

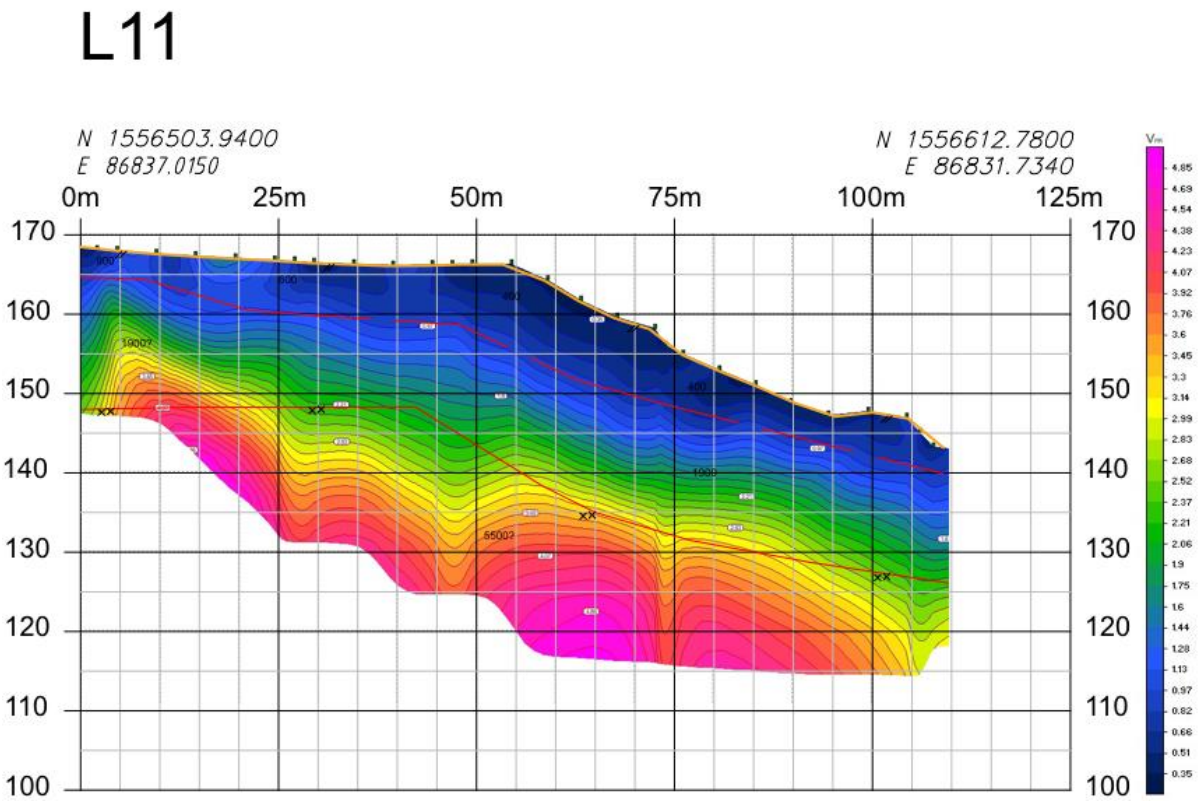
Linjen är mätt i samma område som L8 till L12. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. I berget är den uppmätta ljudhastigheten osäker längs hela linjen och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Inversionsmodellen visar på något mäktigare lösmassedjup vid längdmått ca 25 m, i övrigt anses samstämmigheten mellan tolkningsmetoderna normal.

L10



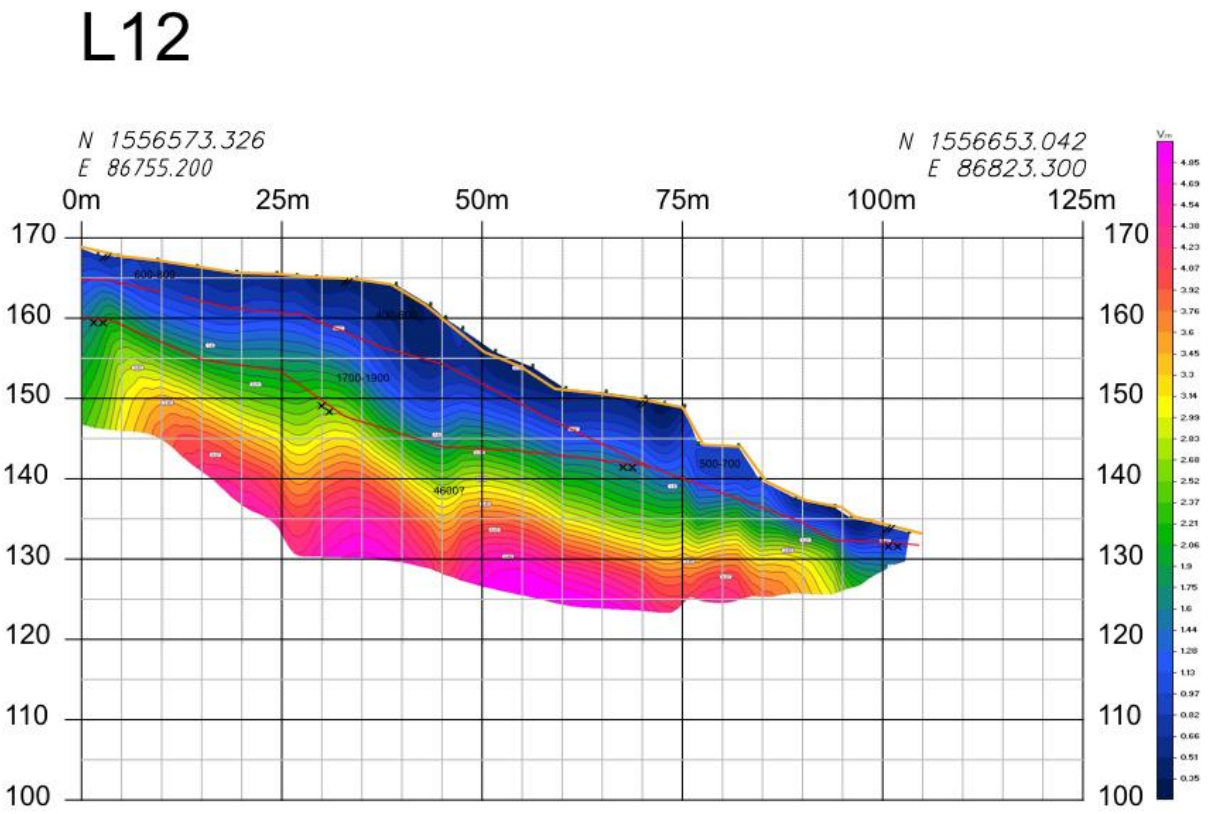
L11

Linjen är mätt i samma område som L8 till L12. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. I berget är den uppmätta ljudhastigheten osäker längs hela linjen och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Samstämmigheten mellan tolkningsmetoderna anses vara normal.



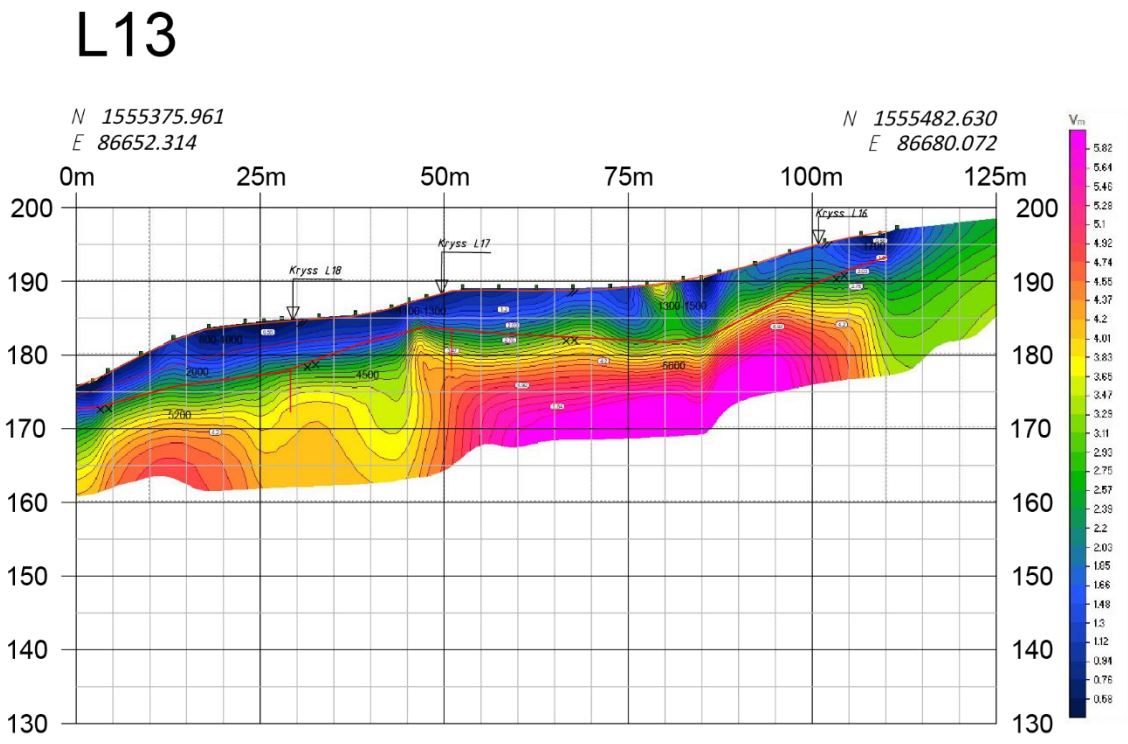
L12

Linjen är mätt i samma område som L8 till L11. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. I berget är den uppmätta ljudhastigheten osäker längs hela linjen och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Samstämmigheten mellan tolkningsmetoderna anses vara normal.



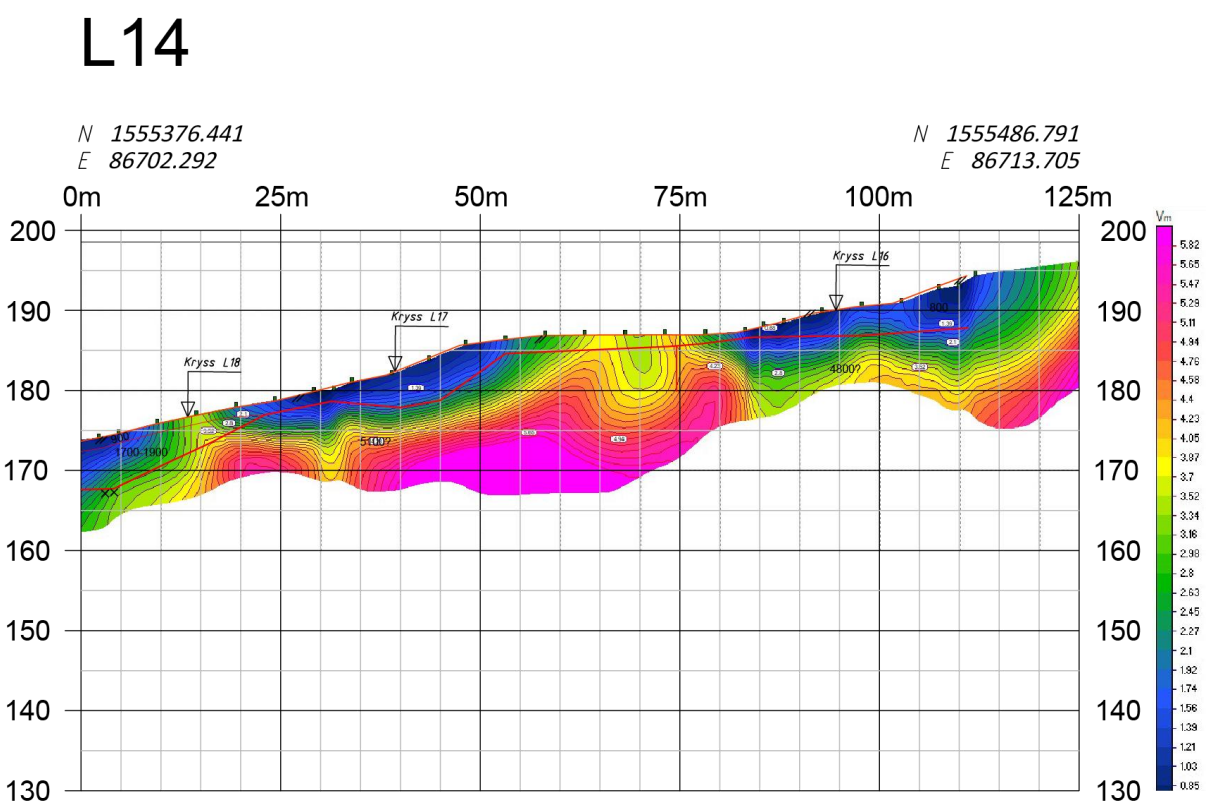
L13

Linjen är mätt i samma område som L14 till L18. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna fram till ca 40 m för att därefter bestå av ett lager. Ingen riktig zon framkom i berget men den uppmätta ljudhastigtenen är något lägre vid längdmått ca 40 m. Detta överensstämmer väl med inversionsmodellen. Samstämmigheten avseende lösmassedjup är ganska bra mellan tolkningsmetoderna.



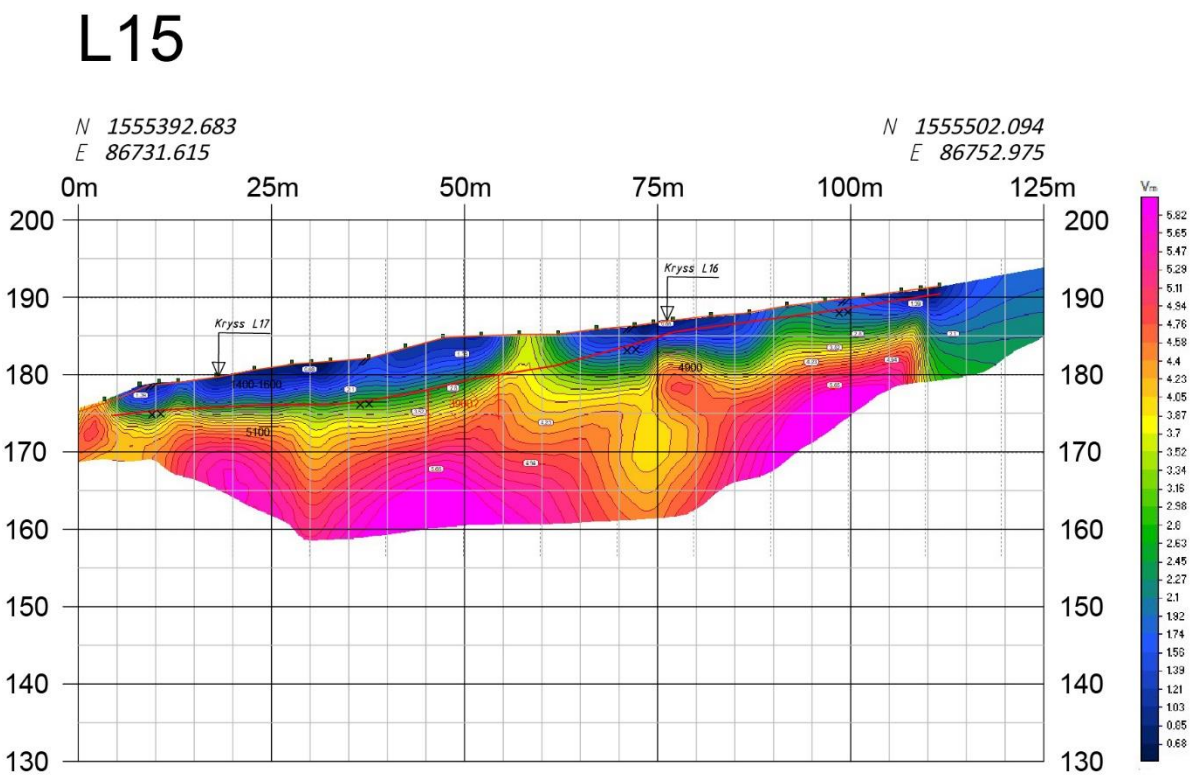
L14

Linjen är mätt i samma område som L13 till L18. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna fram till ca 20 m för att därefter bestå av ett lager. Ingen riktig zon framkom i berget men det verkar som att ljudhastigheterna är något lägre mot slutet än i början av linjen. Inversionsmodellen visar på en möjlig zon vid längdmått ca 90 m. Samstämmigheten avseende lösmassedjup är normal mellan tolkningsmetoderna.



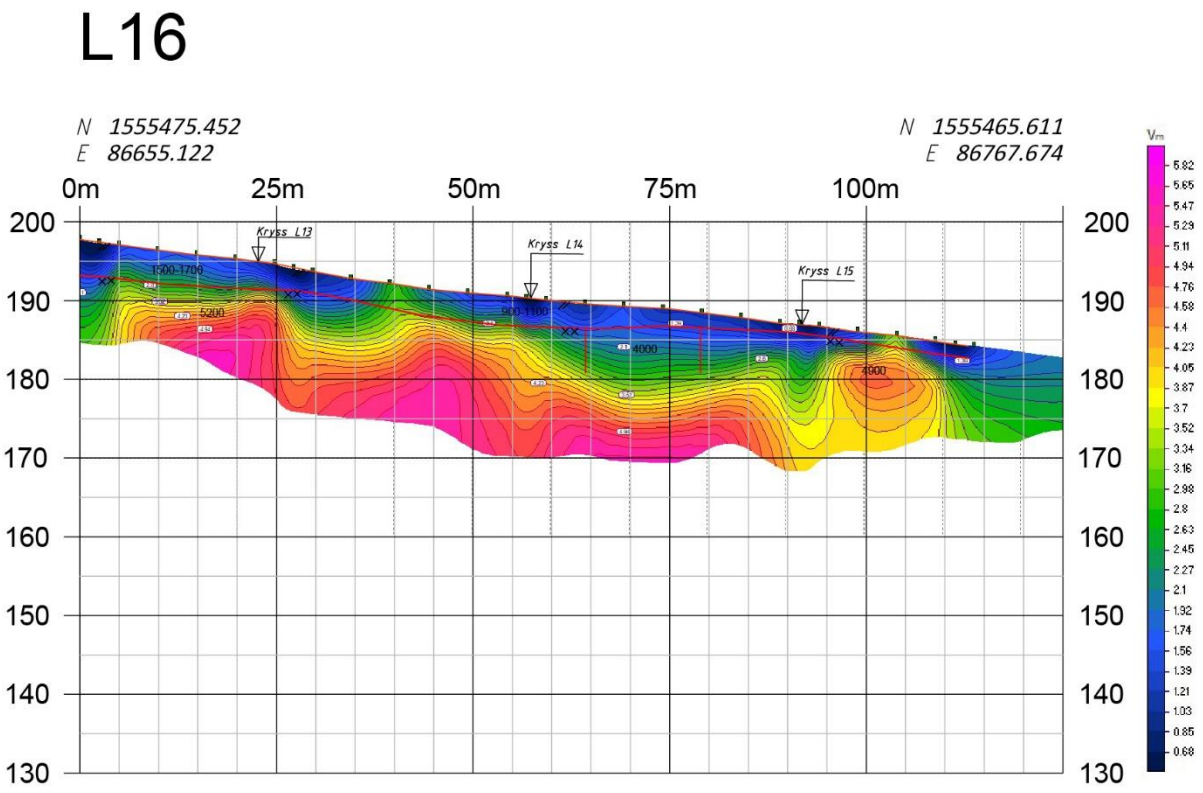
L15

Linjen är mätt i samma område som L13 till L18. I den traditionella tolkningen framkom ett hastighetslager i lösmassorna. Vid längdmått ca 50 m är det redovisat en möjlig zon i den traditionella tolkningen. Den zonen syns inte i inversionsmodelleringen, däremot finns antydningar till en zon i denna lite senare i profilen. De första 60 metrarna stämmer de tolkade lösmassemäktigheterna bra överens mellan de båda tolkningsmetoderna. Efter längdmått 60 m visar inversionsmodelleringen på något mäktigare lösmasselager.



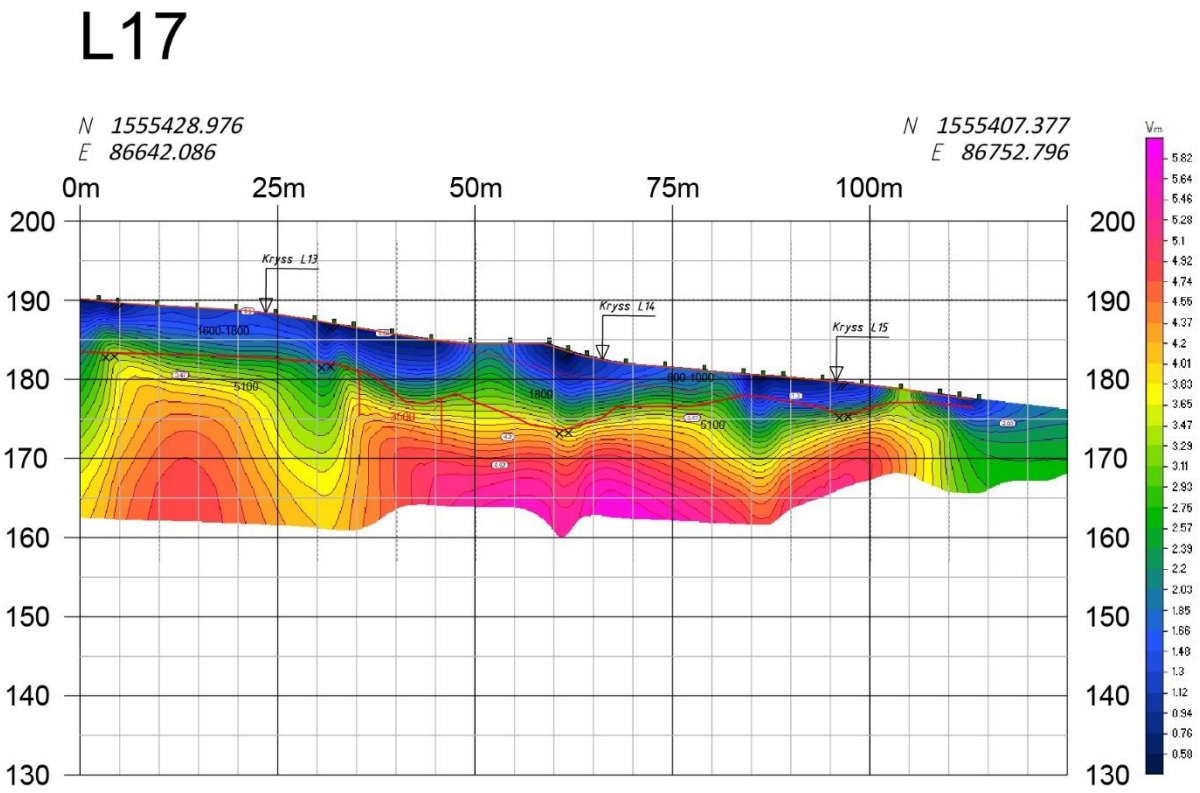
L16

Linjen är mätt i samma område som L13 till L18. I den traditionella tolkningen framkom ett hastighetslager i lösmassorna. Det framkom ingen zon vid tolkningen men vid längdmått ca 70 m är den uppmätta ljudhastigheten i berget ganska låg. Samstämmigheterna mellan tolkningsmetoderna avseende lösmassedjup är bra fram till längdmått ca 60 m. Därefter visar inversionsmodelleringen på något mäktigare lösmassedjup än den traditionella tolkningen.



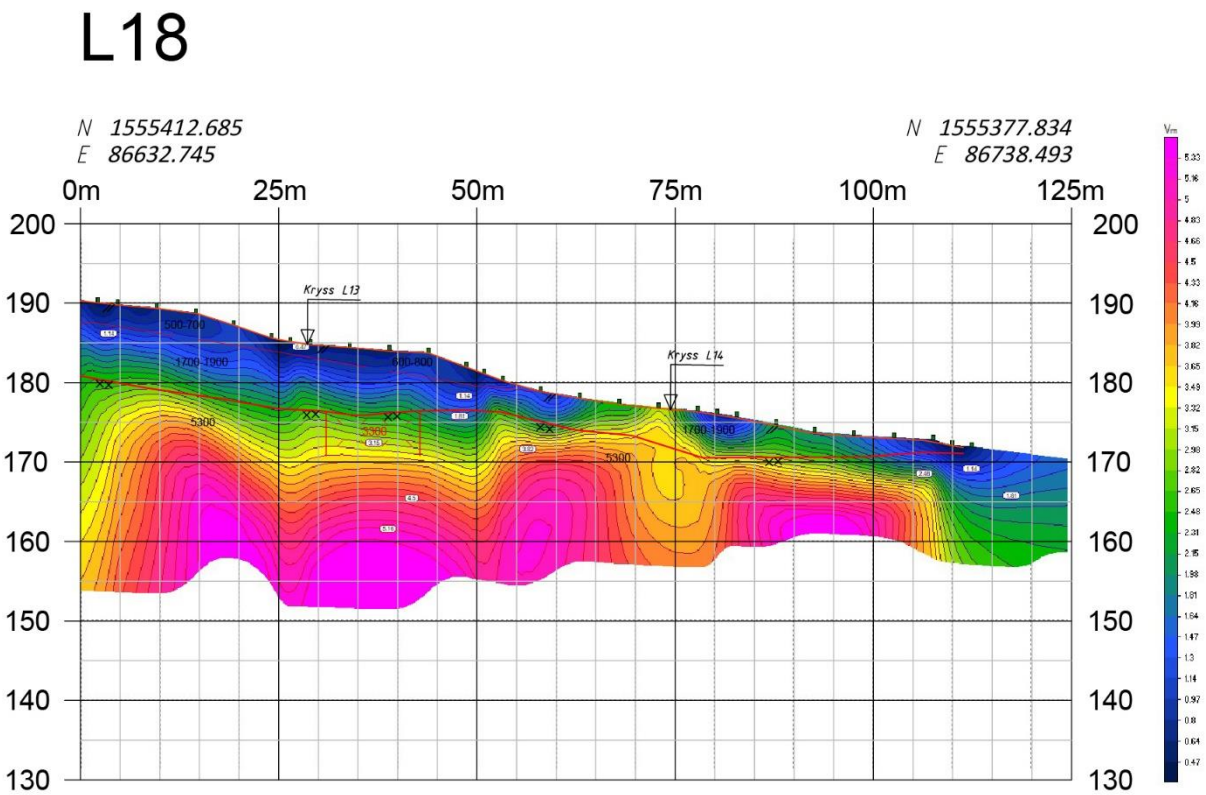
L17

Linjen är mätt i samma område som L13 till L18. I den traditionella tolkningen framkom ett hastighetslager i lösmassorna. Det framkom i den traditionella tolkningen en möjlig zon vid längdmått ca 40 m. Inversionsmodellen tolkar den zonen lite tidigare efter mätlinjen. Samstämmigheterna mellan tolkningsmetoderna avseende lösmassedjup är bra.



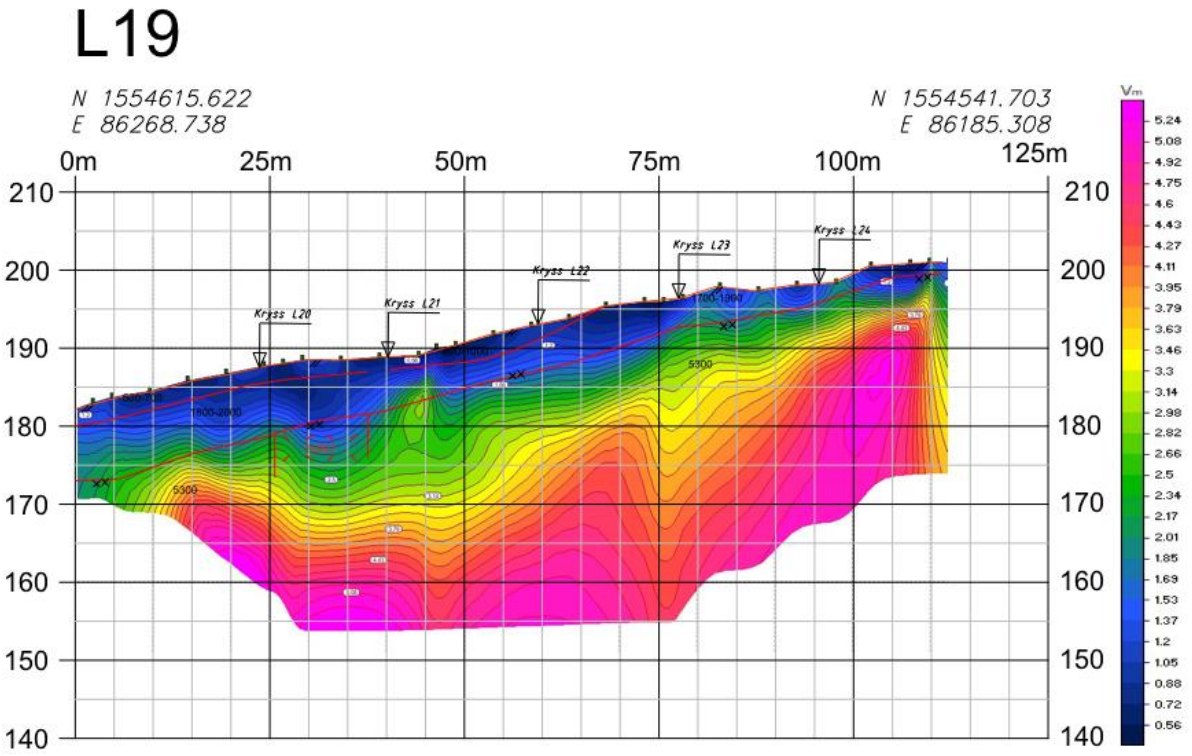
L18

Linjen är mätt i samma område som L13 till L17. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna fram till längdmått ca 55 m för att därefter endast vara ett. Det framkom i den traditionella tolkningen en möjlig zon vid längdmått ca 35 m. I Inversionsmodellen framkommer inte denna zon utan den tolkar in en möjlig zon vid 75 m. Samstämmigheterna mellan tolkningsmetoderna avseende lösmassedjup är ganska bra.



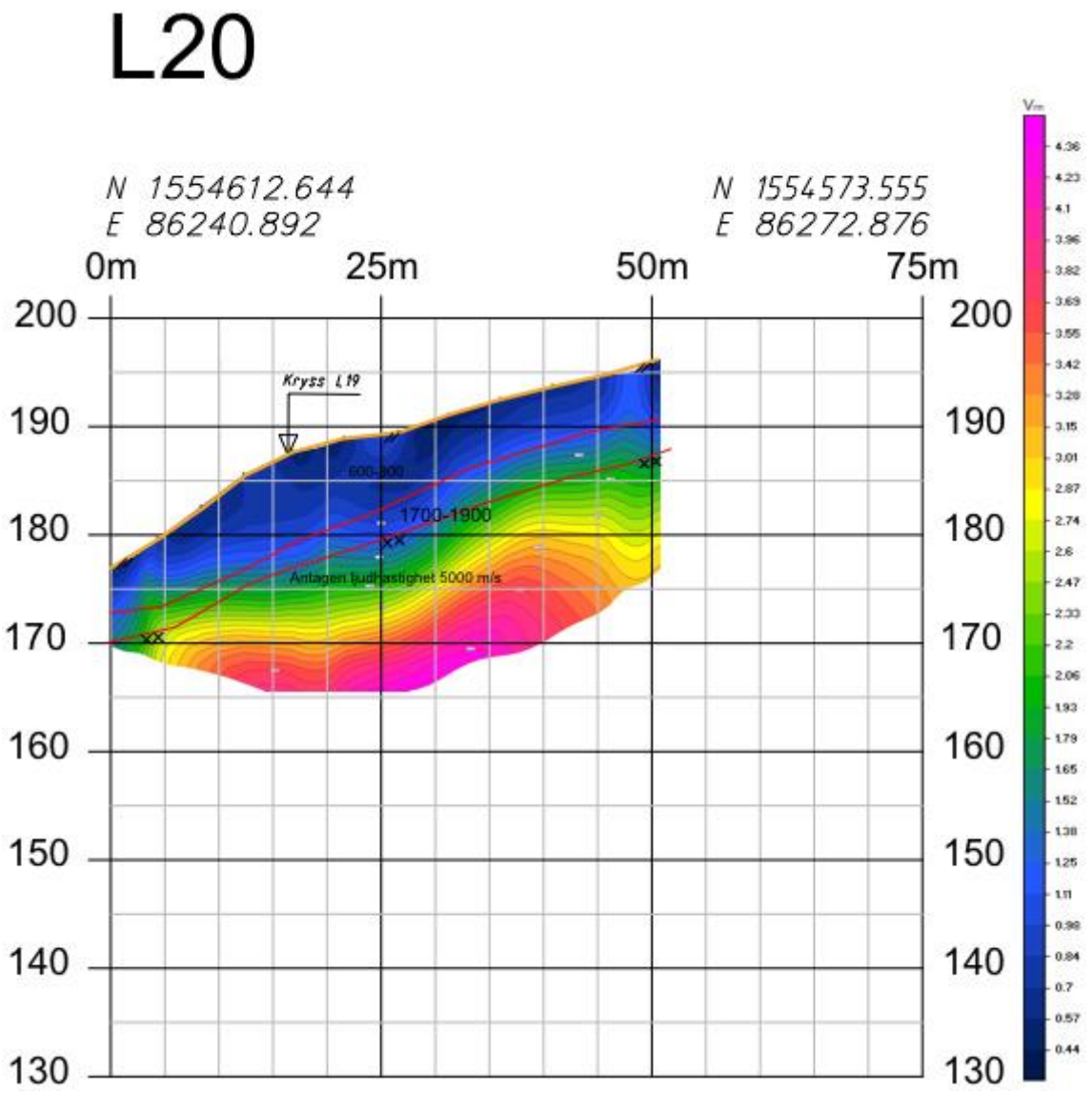
L19

Linjen är mätt i samma område som L20 till L24 och korsas av alla dessa. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna fram till längdmått ca 65 m för att därefter endast vara ett hastighetslager. Inversionsmodellen visar generellt något djupare till berg jämfört med den traditionella tolkningen.



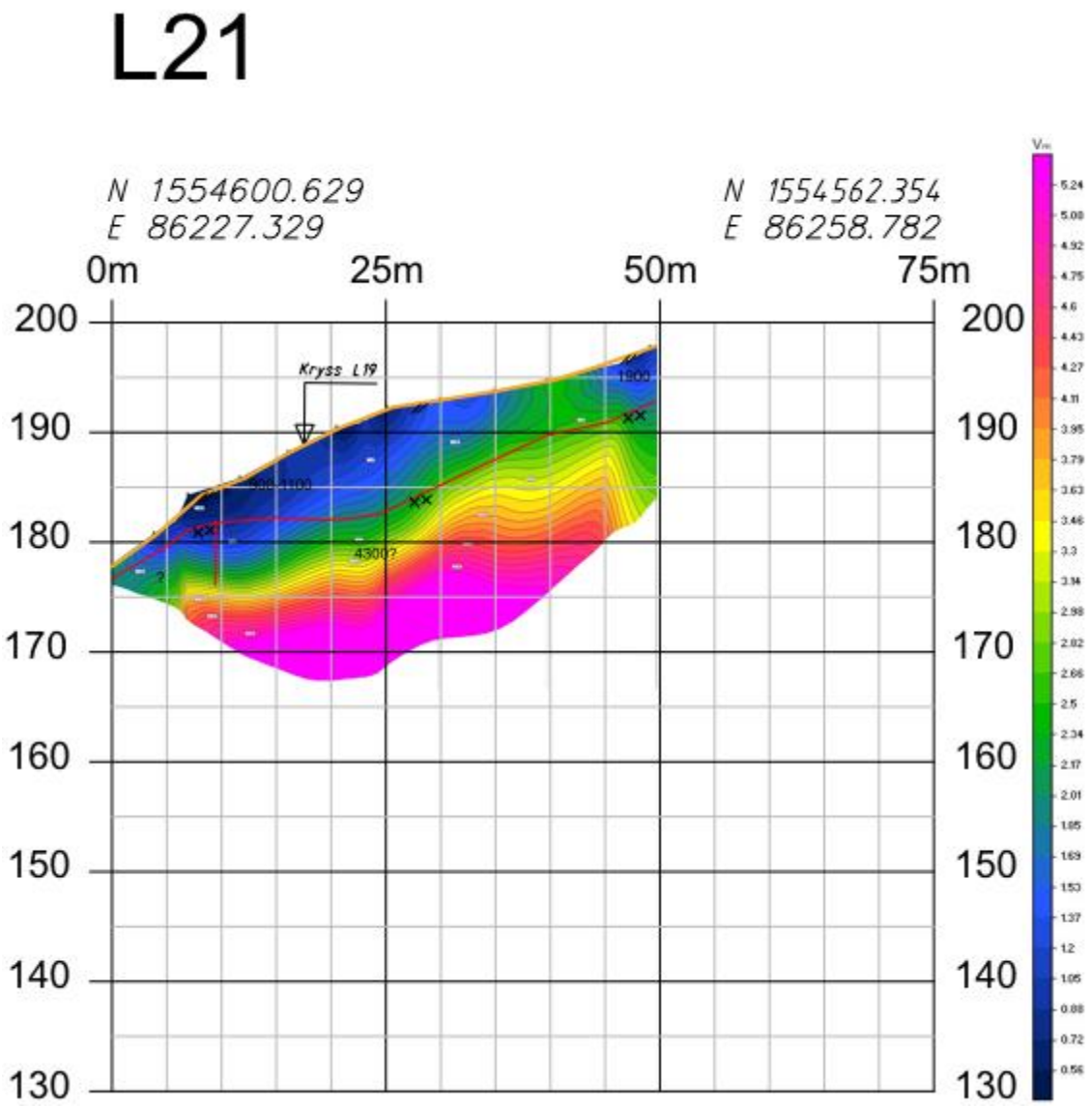
L20

Linjen är mätt i samma område som L19 till L24 och korsas av L19. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. På grund av den korta längden på profilen är tolkningen osäkrare än vanligt. Ljudhastigheten i berget är obestämbar och antagen till 5000 m/s. Inversionsmodellen visar generellt något djupare till berg jämfört med den traditionella tolkningen.



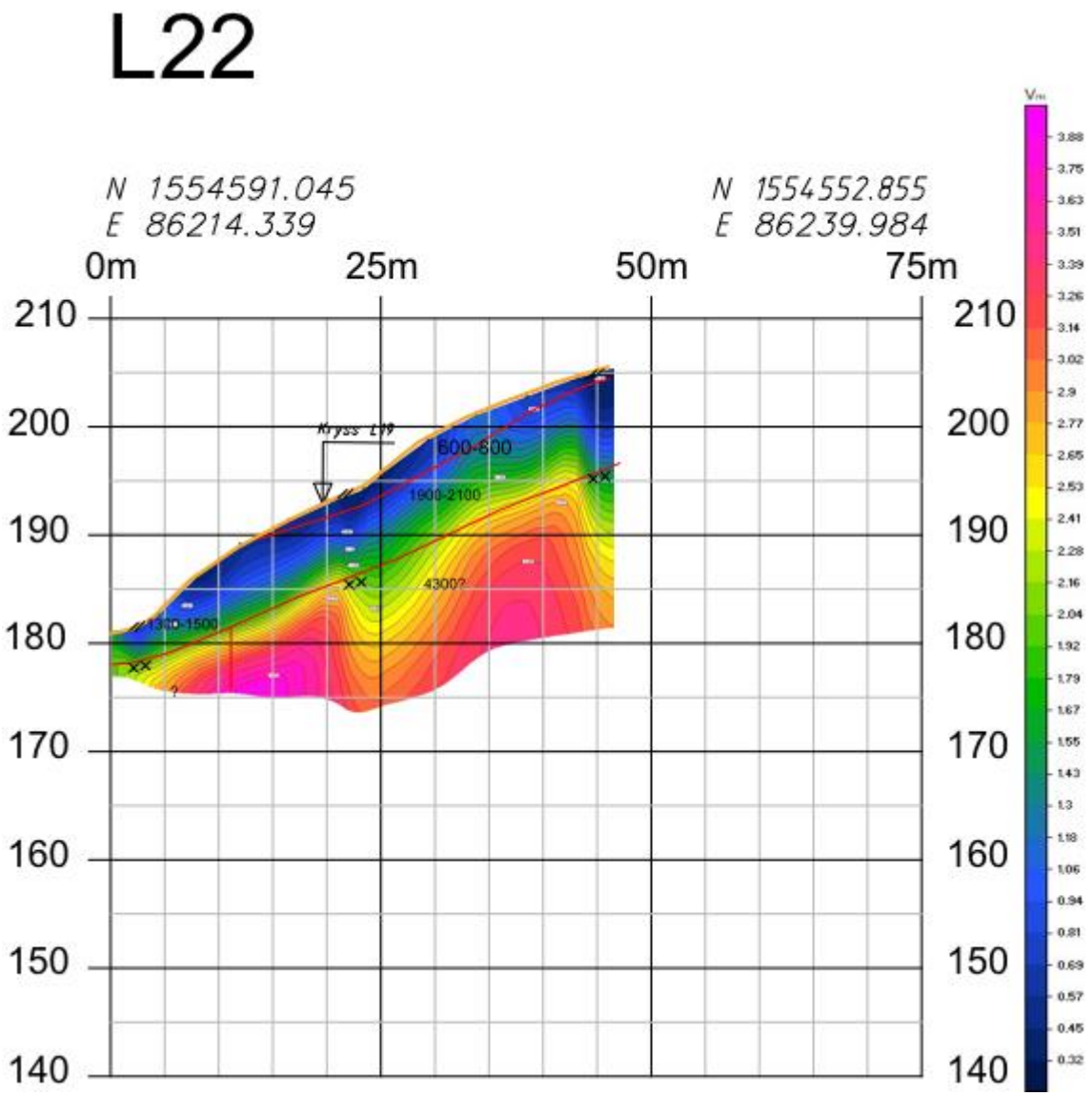
L21

Linjen är mätt i samma område som L19 till L24 och korsas av L19. I den traditionella tolkningen framkom ett hastighetslager i lösmassorna. På grund av den korta längden på profilen är tolkningen osäkrare än vanligt. Ljudhastigheten i berget är osäker och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner Inversionsmodellen visar speciellt i början av profilen något djupare till berg jämfört med den traditionella tolkningen.



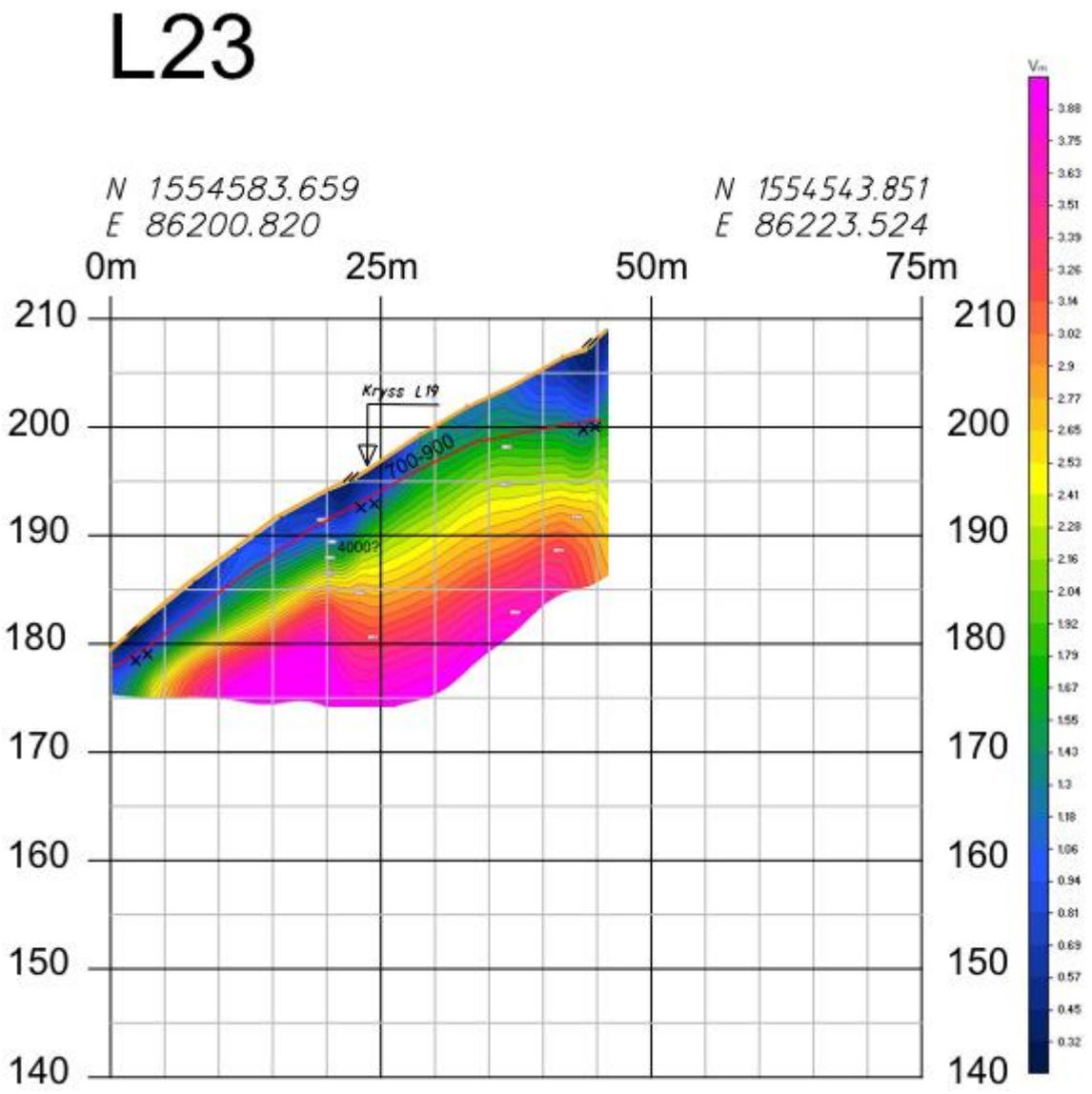
L22

Linjen är mätt i samma område som L19 till L24 och korsas av L19. I den traditionella tolkningen framkom två hastighetslager i lösmassorna. På grund av den korta längden på profilen är tolkningen osäkrare än vanligt. Ljudhastigheten i berget är osäker och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Inversionsmodellen visar på god samstämmighet avseende lösmassedjup med den traditionella tolkningen.



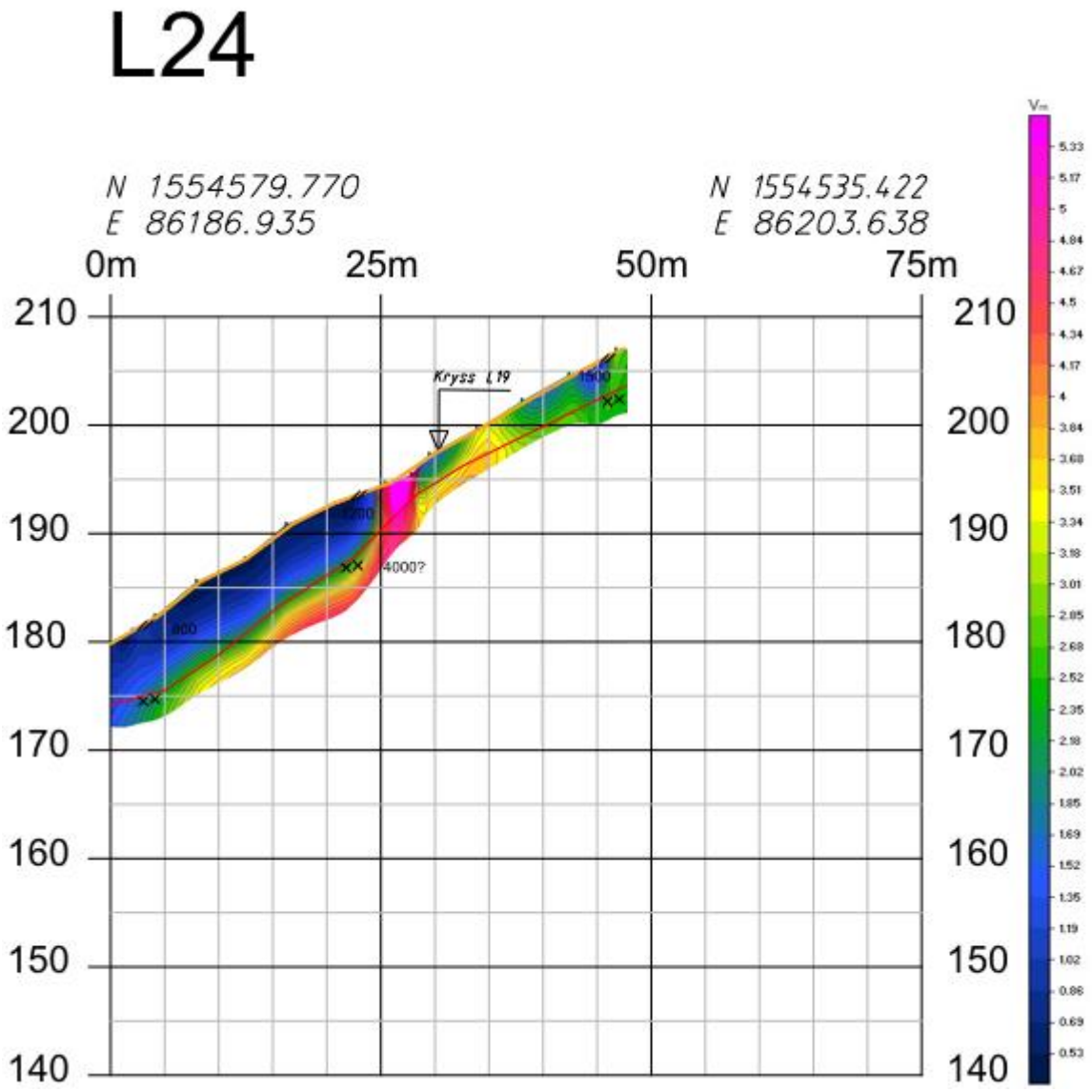
L23

Linjen är mätt i samma område som L19 till L24 och korsas av L19. I den traditionella tolkningen framkom ett hastighetslager i lösmassorna. På grund av den korta längden på profilen är tolkningen osäkrare än vanligt. Ljudhastigheten i berget är osäker och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Inversionsmodellen visar på något mäktigare lösmassedjup jämfört med den traditionella tolkningen.



L24

Linjen är mätt i samma område som L19 till L24 och korsas av L19. I den traditionella tolkningen framkom ett hastighetslager i lösmassorna. På grund av den korta längden på profilen är tolkningen osäkrare än vanligt. Ljudhastigheten i berget är osäker och det är inte möjligt att detektera eventuella zoner i berget. Inversionsmodellen visar den första halvan av utlägget god samstämmighet avseende lösmassedjup med den traditionella tolkningen.

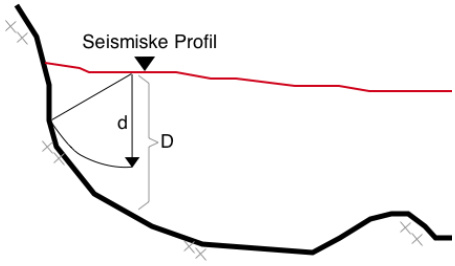


MÄTOSÄKERHET I DJUPBERÄKNINGARNA

Vid refraktionsseismiska mätningar och användning av 5 m geofon-/hydrofonavstånd och ca. 25 m avstånd mellan skotten är vid gynnsamma förhållanden felmarginalen i djupberäkningarna till bergytan erfarenhetsmässigt följande:

- djup mindre än 10m, standardavvikelse +/-1 m
- djup större än 10m, standardavvikelse +/- 10% av beräknat djup

Generellt



Resultaten som är presenterade visar "normaldjupen" d till berg (se illustration). Om bergytan är skrående längs profilen, vill beräkningarna ge närmaste djup till berg. Detaljrikedomen kan ökas genom att mäta kryssande eller parallella profiler.

Seismiska refraktionsmätningar visar seismisk hastighet i den övre delen av berggrunden, och låghastighetszonenes utbredning mot djupet kan variera från plats till plats. I många tillfällen har erfarenhet från tunneldrift visat att zonens bredd avtar mot djupet, medan det vid andra tillfällen har visat sig att zonerna är förhållandevis jämntjocka från ytan och ner till tunnelnivå. Detta bör värderas specifikt vid varje enskilt projekt.

3. FÄLTARBETE

Mätningarna utfördes under december 2020. Mätningarna fortlöpte utan olycka på personal eller utrustning.

Det är totalt mätt 21 seismiska linjer i fyra olika områden. En PASI GEA24 seismograf användes för att registrera data. Under fältarbetet utfördes fortlöpande kontroll och preliminär tolkning av data.

4. TEKNSIK DOKUMENTATION

Uppdragsgivare	Norconsult AS
Kontaktperson	Maria Thonhaugen Raastad
Fältpersonal	Morten Urhaug och Zoltan Opanszky
Mätperiod	December 2020
Inmätning	Geomap Norge AS
Lösmasse- och bergkvalitets undersökning (refraktionsseismik)	PASI GEA24 samt 2x12 landkablar med 5 m geofonavstånd
Traditionell tolkning Inversionsmodellering	Lennart Vikberg Zoltan Opanszky

Lennart Vikberg

Geomap Norge AS

INVERSJONSMODELLER

GEOMAP
NORGE

December. 2020

Table of Contents

L1 INVERSJONSMODEL 1
L2 INVERSJONSMODELL 3
L3 INVERSJONSMODELL 5
L7 INVERSJONSMODELL 7
L8 INVERSJONSMODELL 9
L9 INVERSJONSMODELL 11
L10 INVERSJONSMODELL 13
L11 INVERSJONSMODELL 15
L12 INVERSJONSMODELL 17
L13 INVERSJONSMODELL 19
L14 INVERSJONSMODELL 21
L15 INVERSJONSMODELL 23
L16 INVERSJONSMODELL 25
L17 INVERSJONSMODELL 27
L18 INVERSJONSMODELL 29
L19 INVERSJONSMODELL 31
L20 INVERSJONSMODELL 33
L21 INVERSJONSMODELL 35
L22 INVERSJONSMODELL 37
L23 INVERSJONSMODELL 39
L24 INVERSJONSMODELL 41

The inversion modelling method and consideration of validity

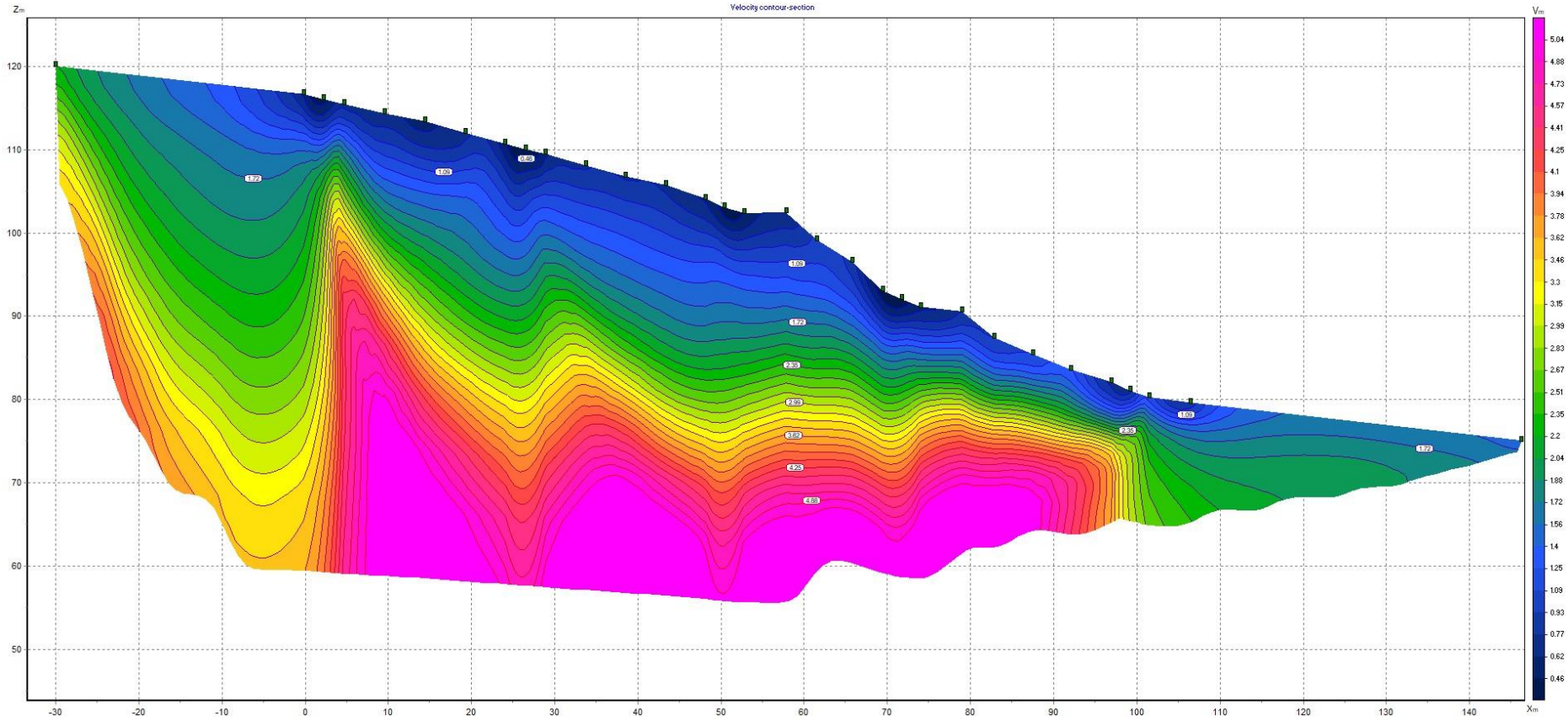
The collected geophysical data have been modeled with inversion technology to create 2D models of the velocity distribution in the ground below the profile. Geophysical inversion is a process in which a physical model is calculated based on a set of collected geophysical data. The calculations are based on special ray tracing algorithm (Shortest path's method) of graph theory. Shortest path method aims to find the minimal traveltime of the refracted wave from one point to all other points in a network of nodes and edges. The main advantages of the shortest path method are its simplicity, capacity for simultaneous calculation of the first arrival times and the associated ray paths of each mode without missing any receiver in a complex geological structure.
The subsurface is divided into rectangular cells. The seismic velocity of the cells is then iteratively adjusted in such a way, that a theoretically calculated response (data generated from the model) to the model corresponds to measurement data.

The model section reliability is determined by 2 factors.

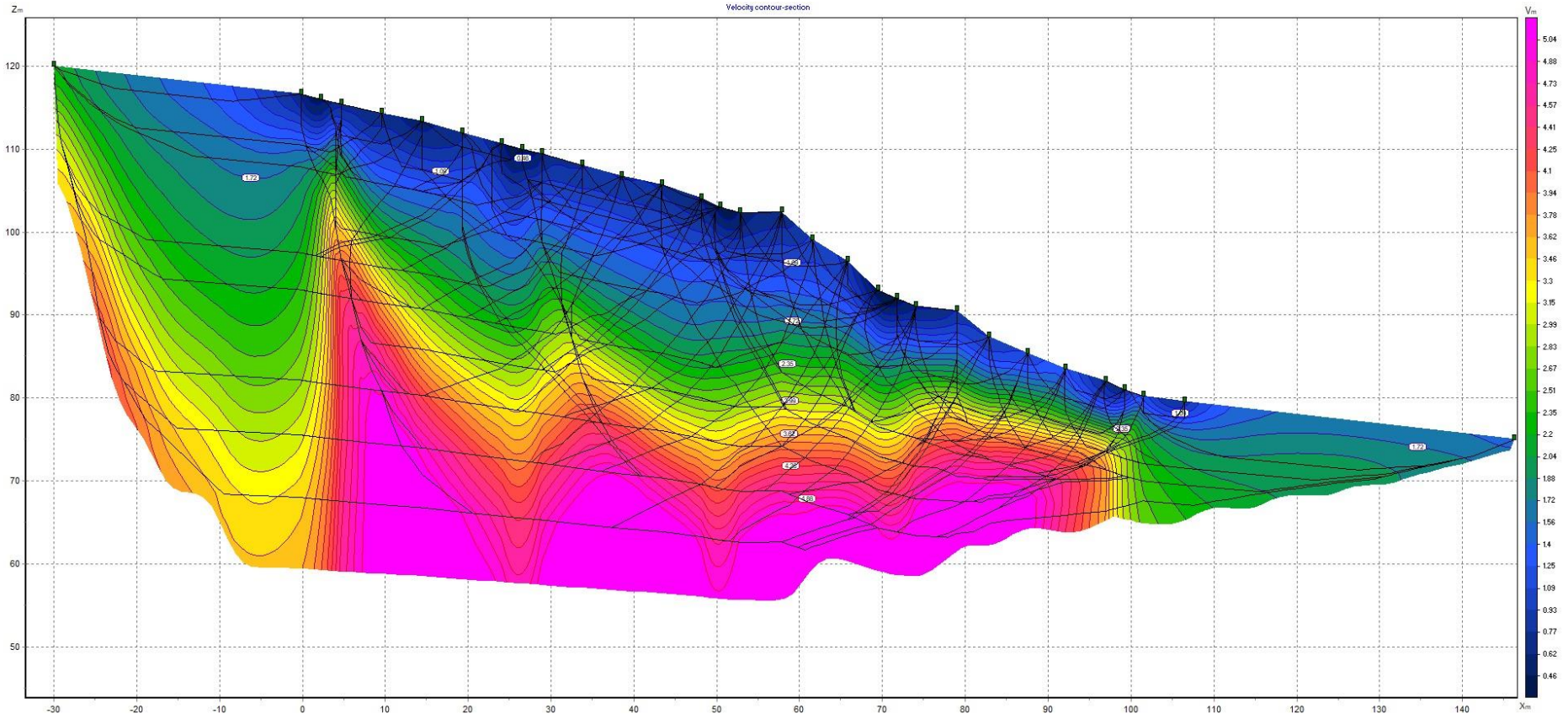
- The density of the ray paths. The higher the density of the ray path, the higher the reliability of the presented model.
    - Full Ray path coverage — Good ray path density
    - Partial ray path coverage — Approved ray path density
    - Insufficient ray path coverage — Poor ray path density

- RMS error (Residual Mean Squared error). The calculated data from the model is statistically compared with the collected, measured data and an indication is generated of how well the model is adapted to the measurement data in the form of RMS error.
    - RMS < 5% — Very good fit
    - 5% < RMS < 10% — Approved fit
    - RMS > 10% — Poor fit.

L1 inversjonsmodel

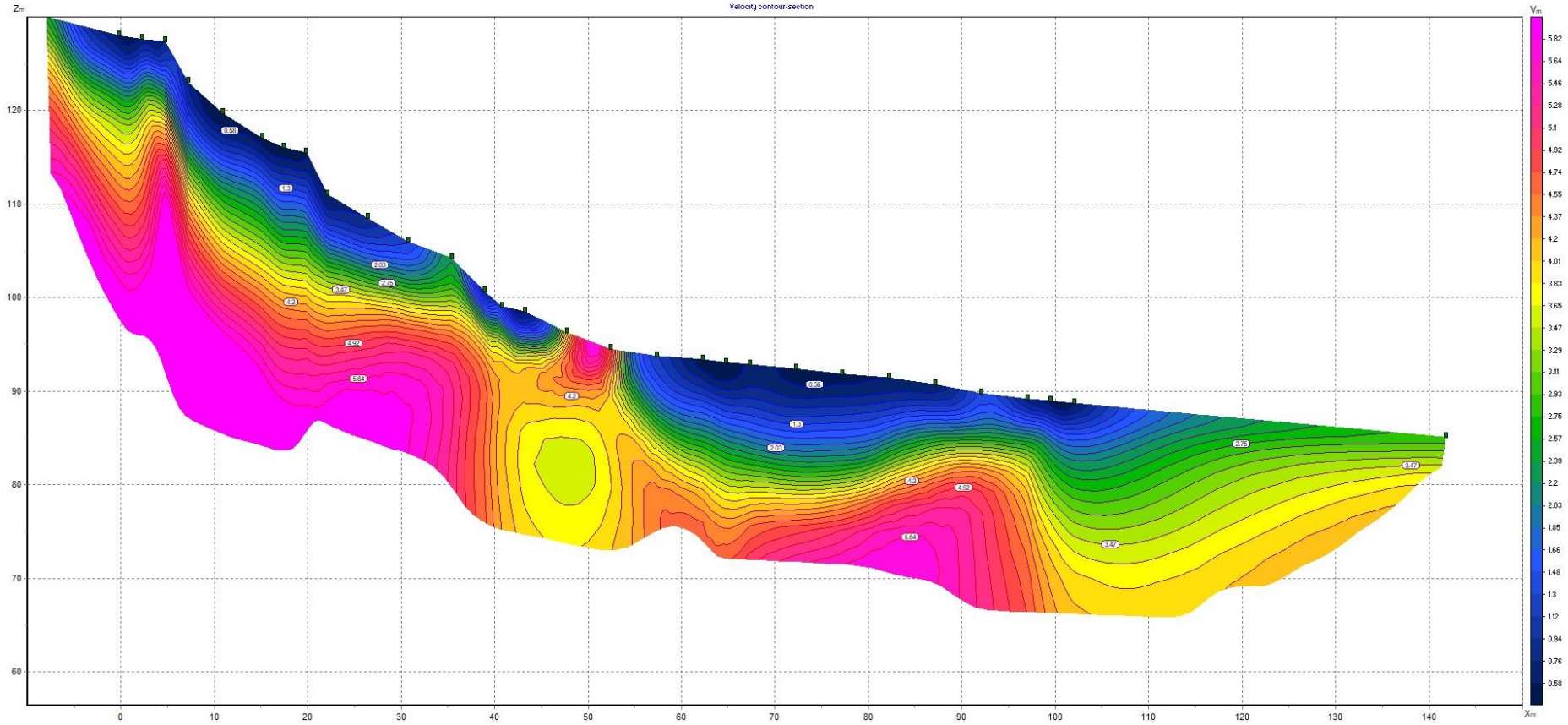


Figur 1. RMS error 2.9 % - Very good fit

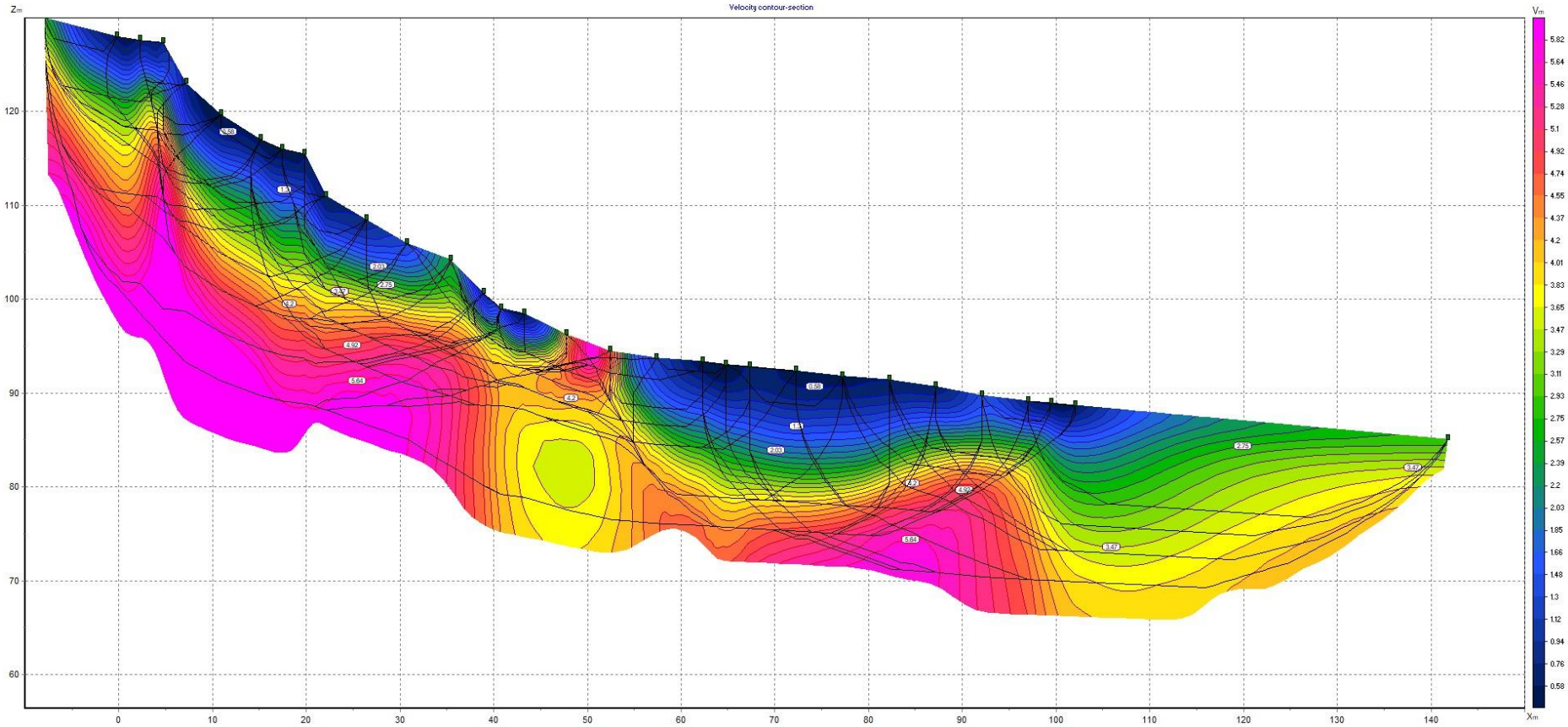


Figur 2 Good ray path density

L2 inversjonsmodell

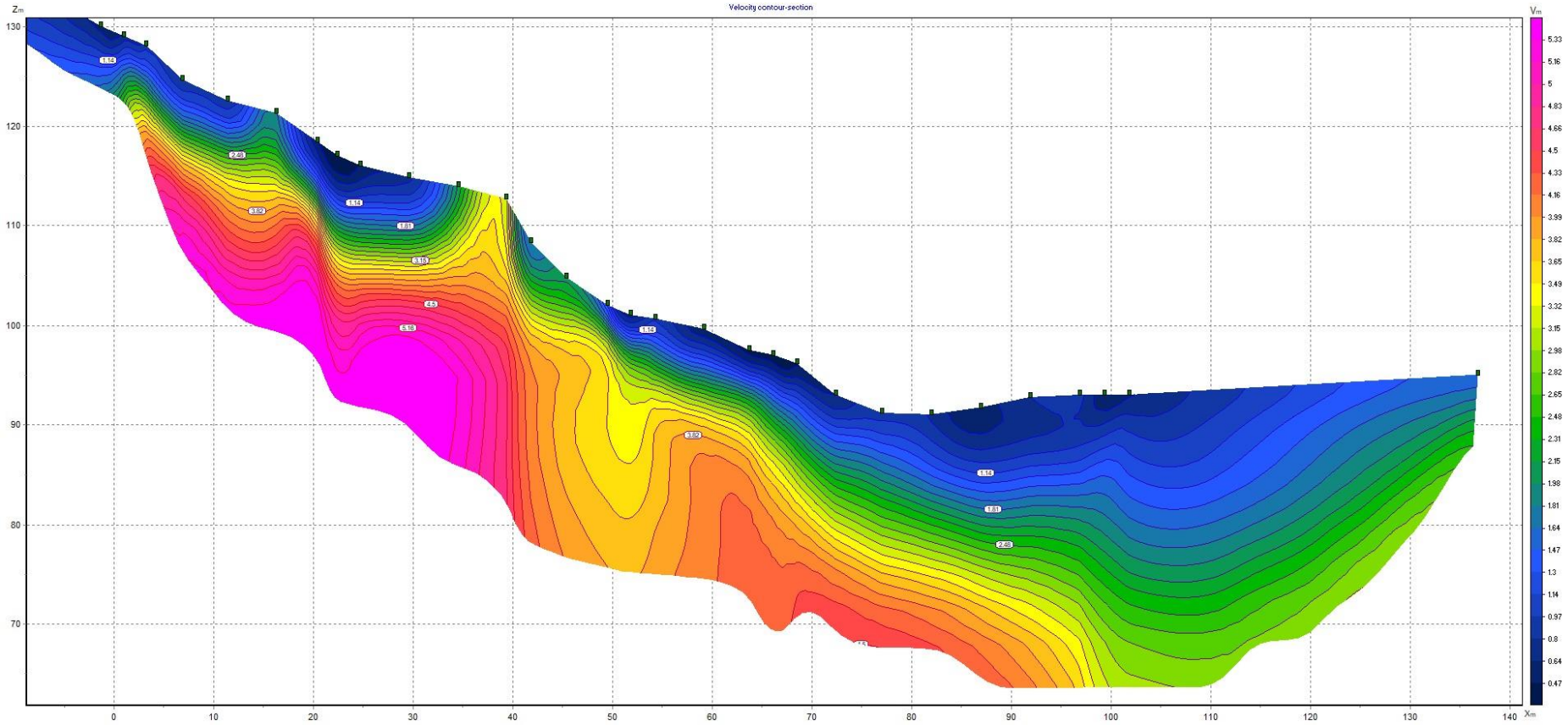


Figur 3 RMS error 4.3 % - Very good fit

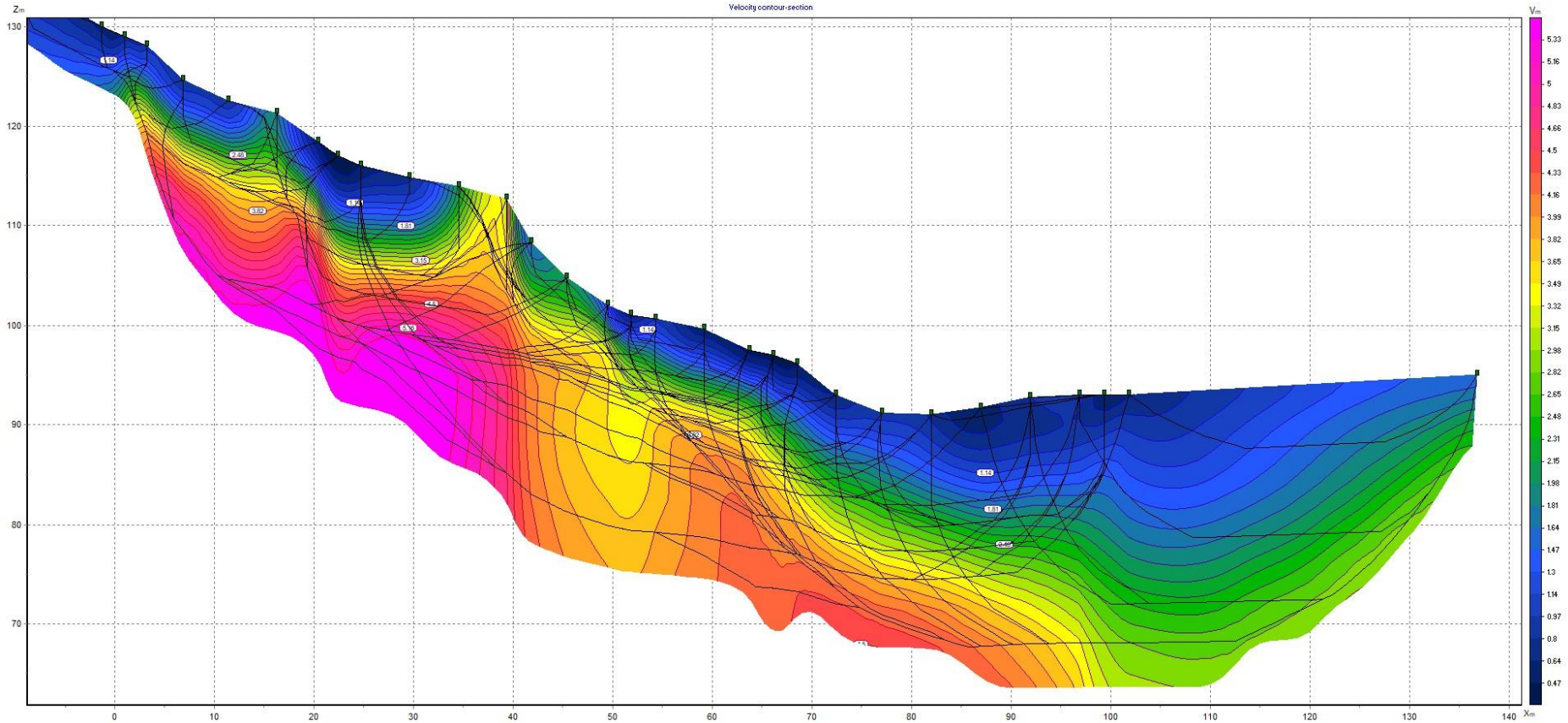


Figur 4 Good ray path density

L3 inversjonsmodell

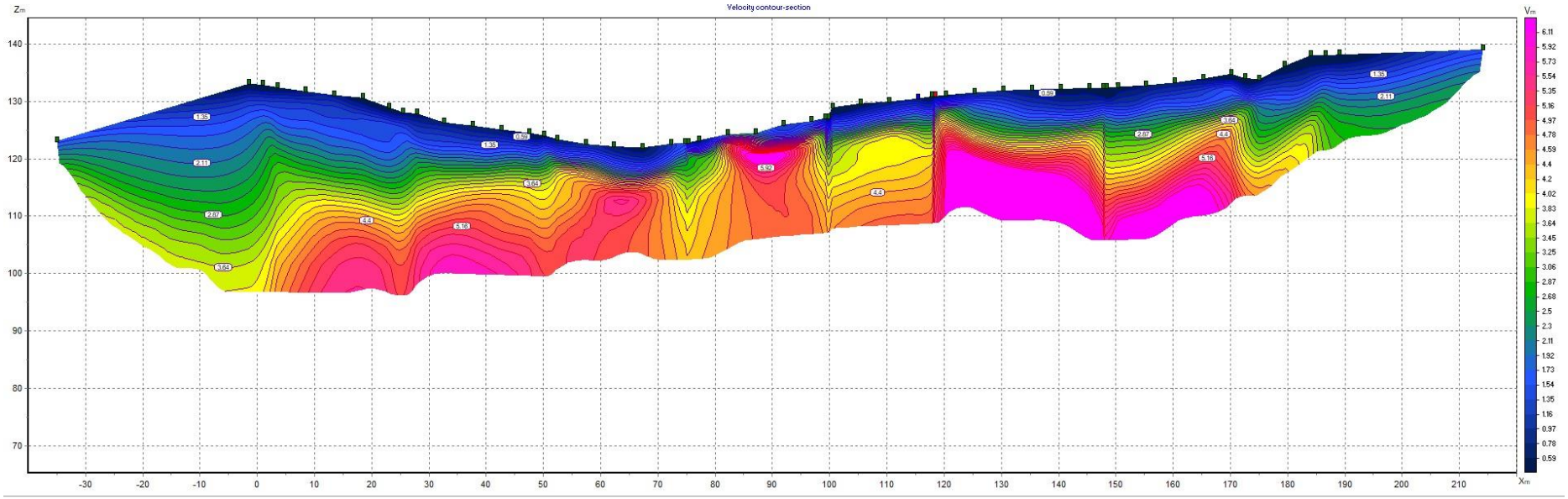


Figur 5 RMS error 4.6% - Very good fit

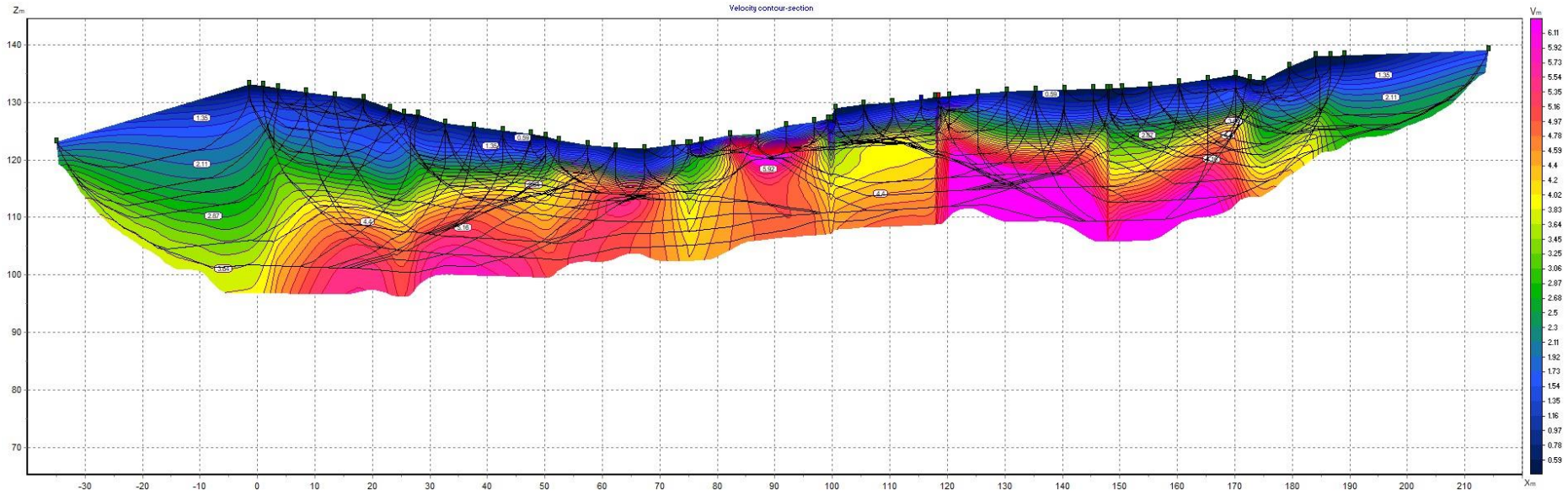


Figur 6 Good ray path density

L7 inversjonsmodell

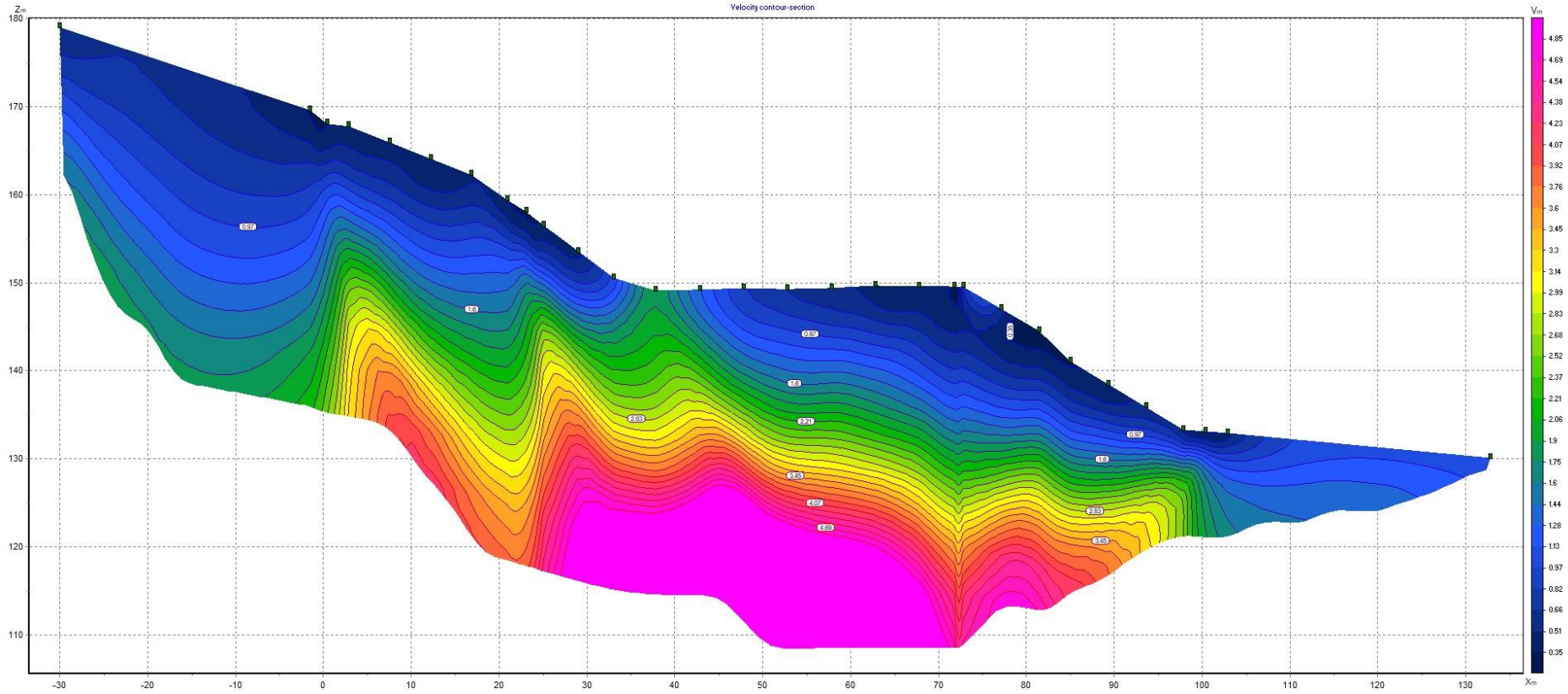


Figur 7 RMS error 4.6 % - Very good fit

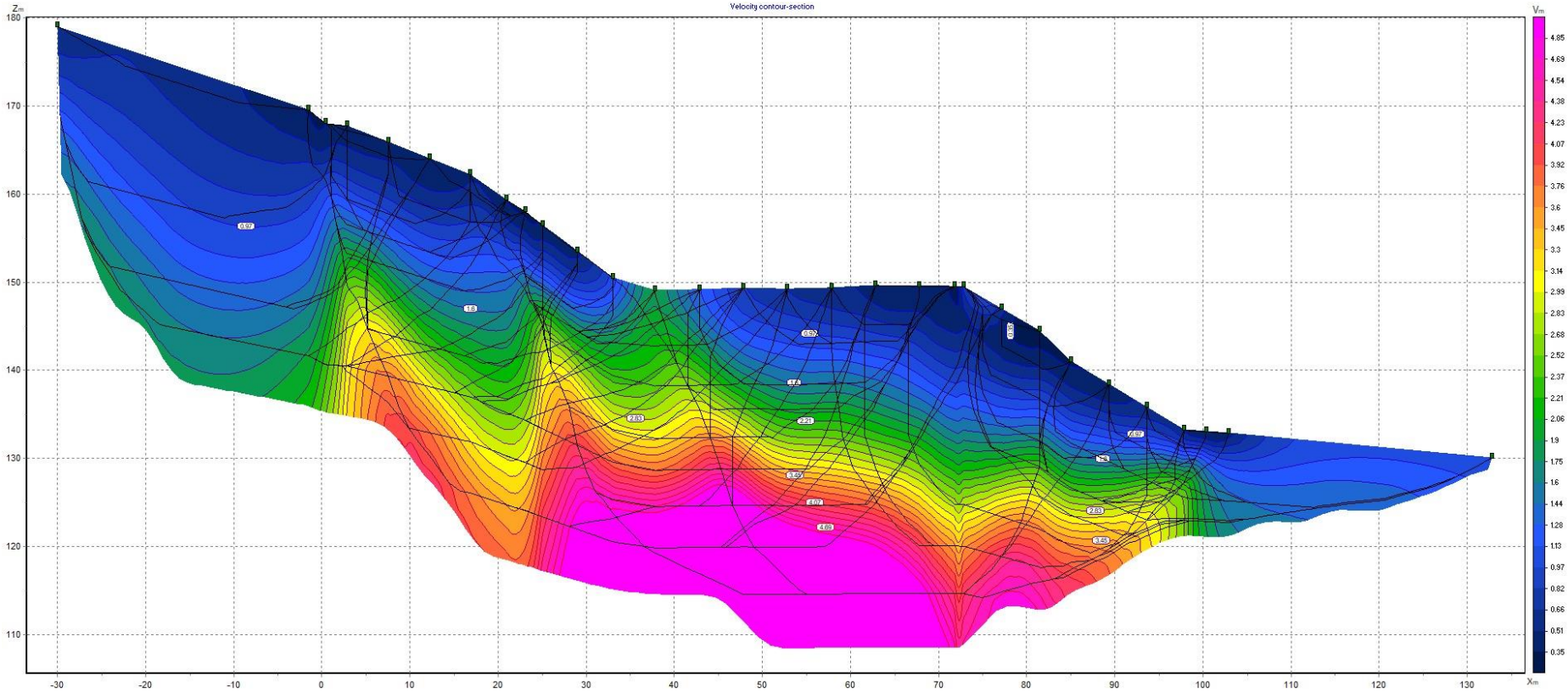


Figur 8. Good ray path denisty

L8 inversjonsmodell

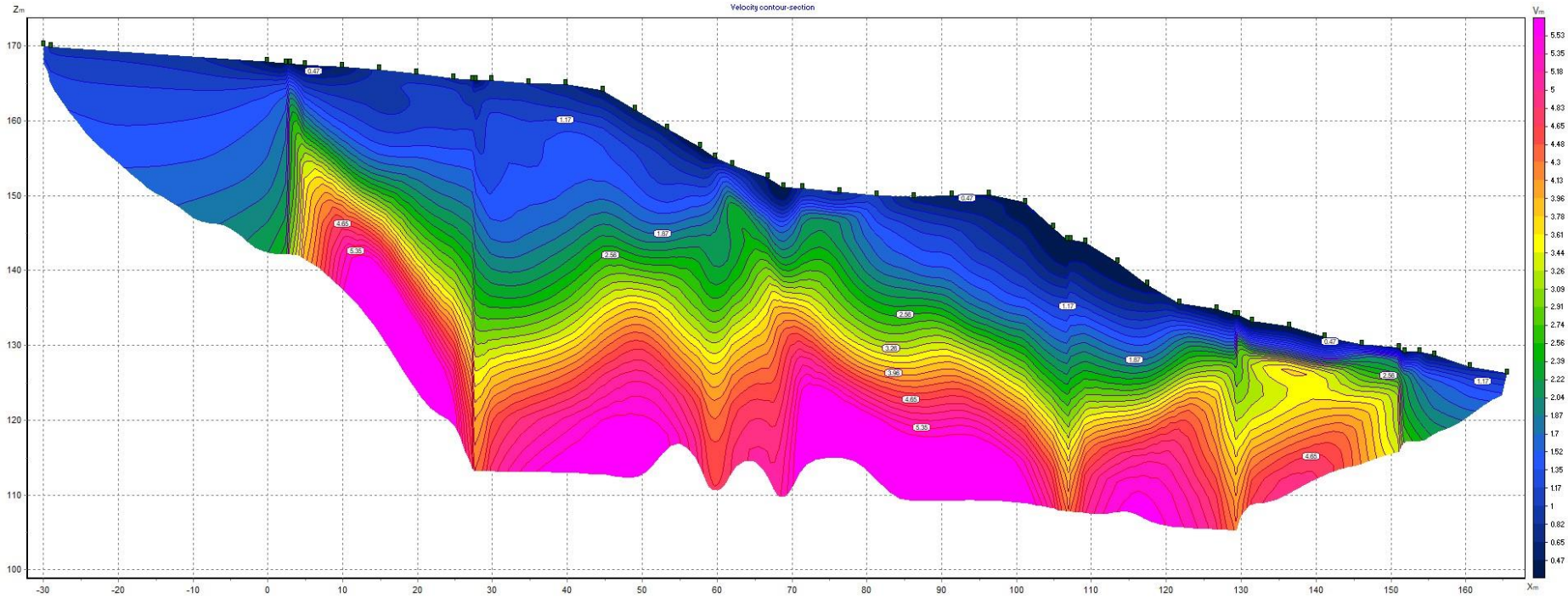


Figur 9 RMS error 6.7 % - Approved fit

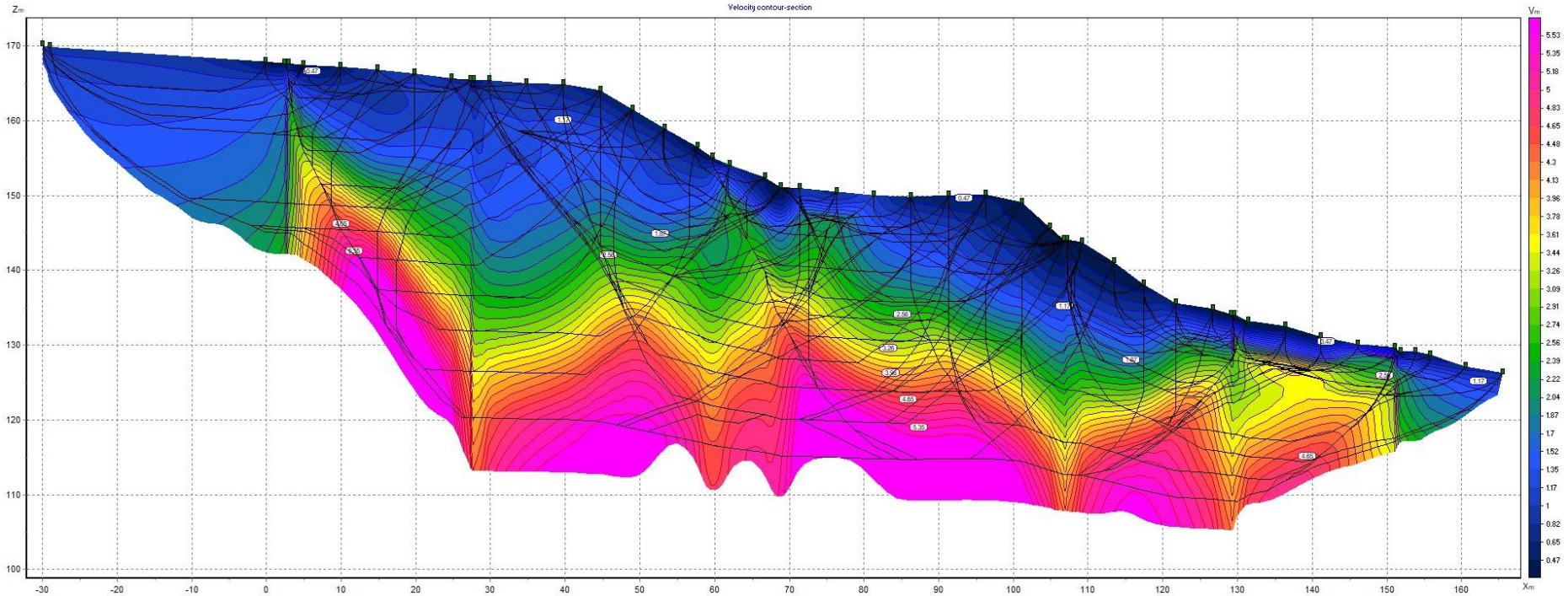


Figur 10 Approved ray path density

L9 inversjonsmodell

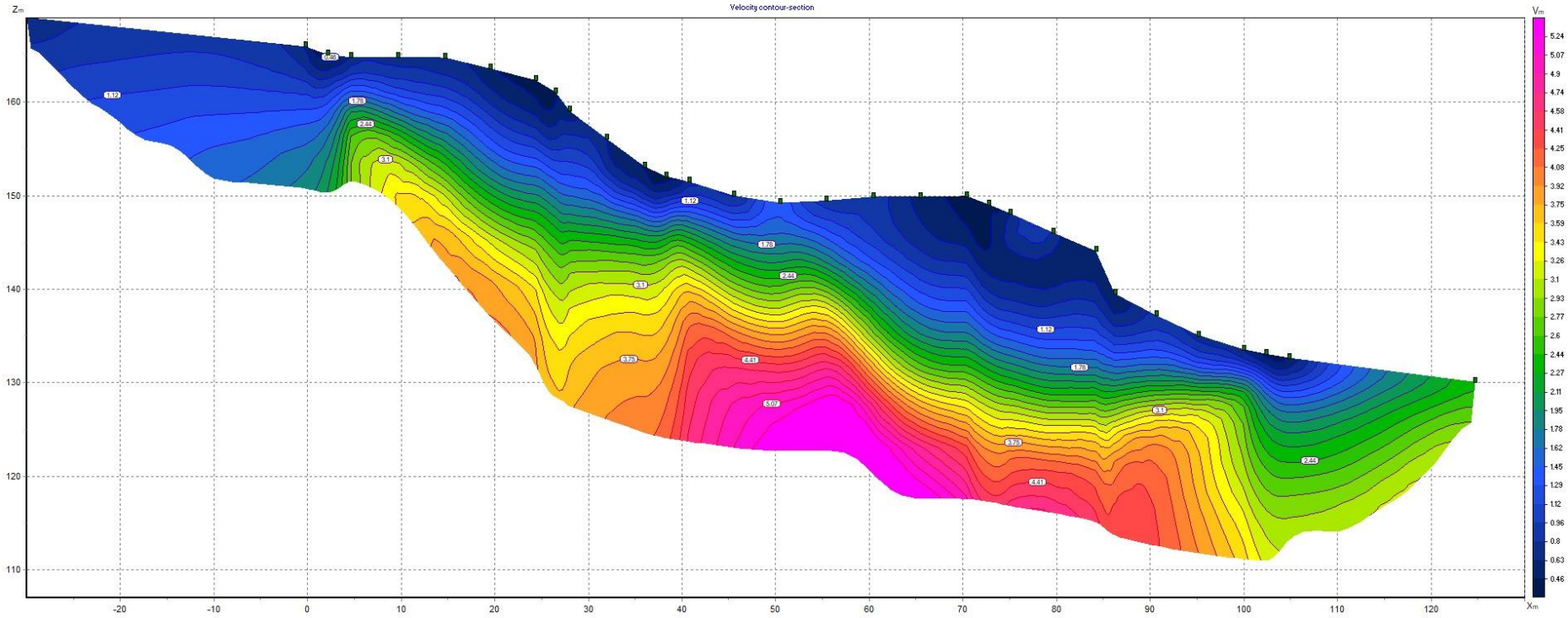


Figur 11 RMS error – 7.3% Very good fit

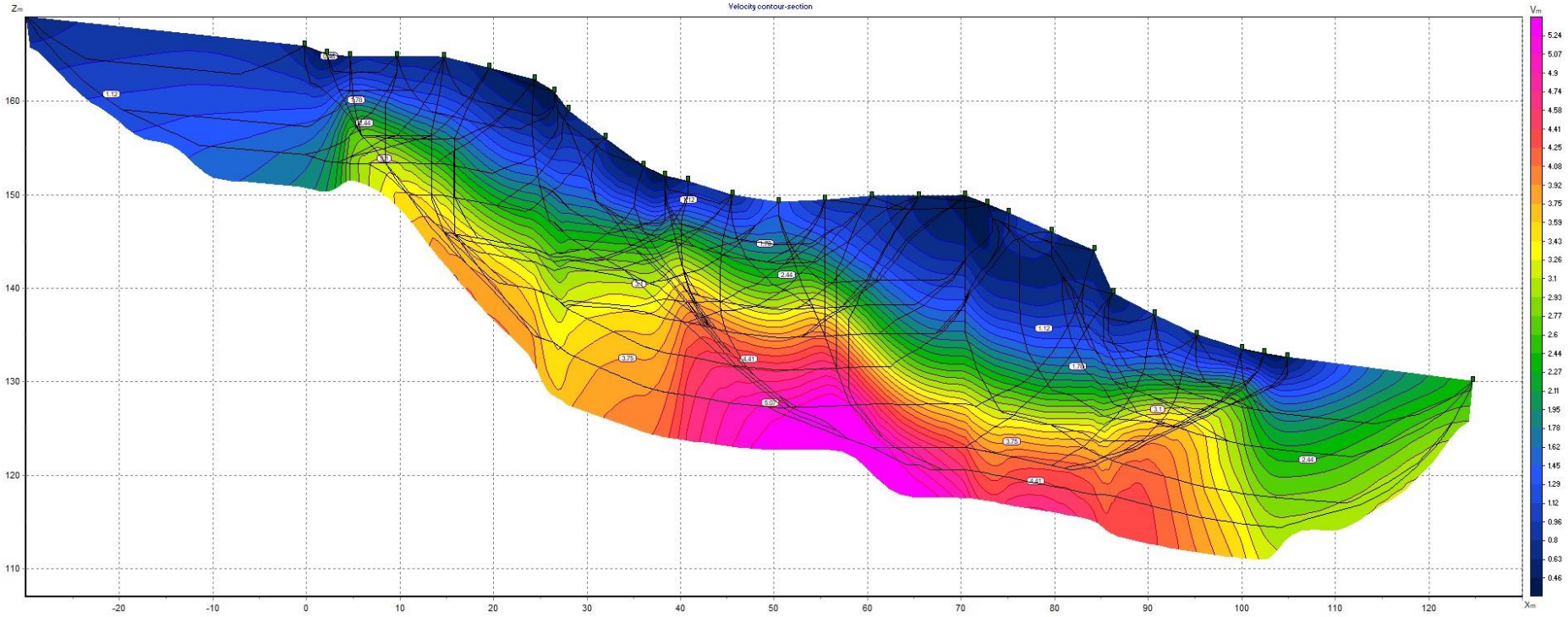


Figur 12 Good ray path density

L10 inversjonsmodell

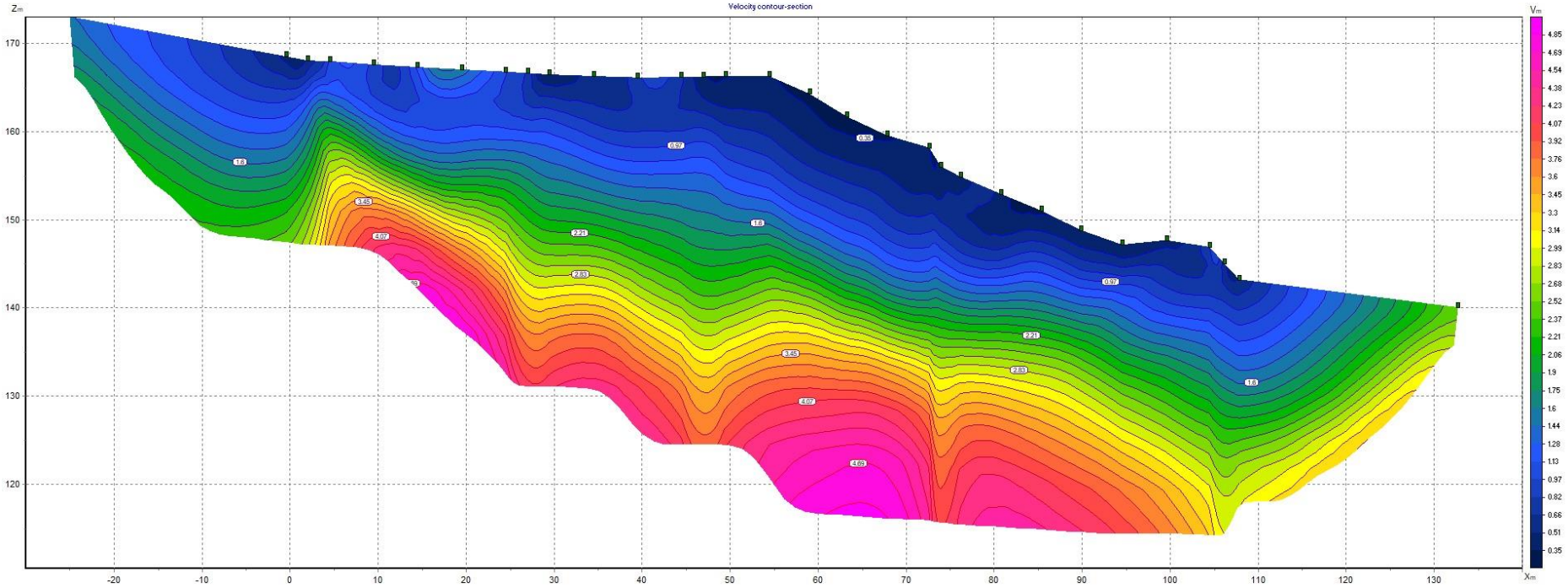


Figur 13 RMS error 5.5% - Approved fit

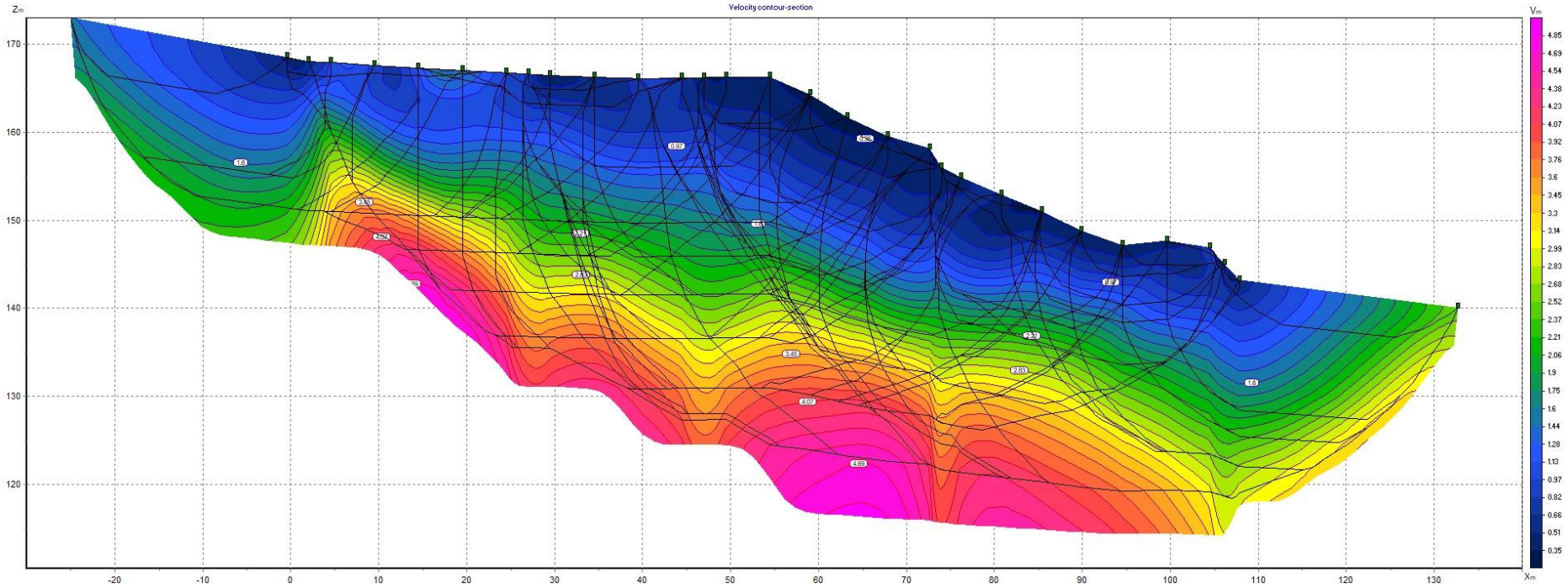


Figur 14 Approved ray path density

L11 inversjonsmodell

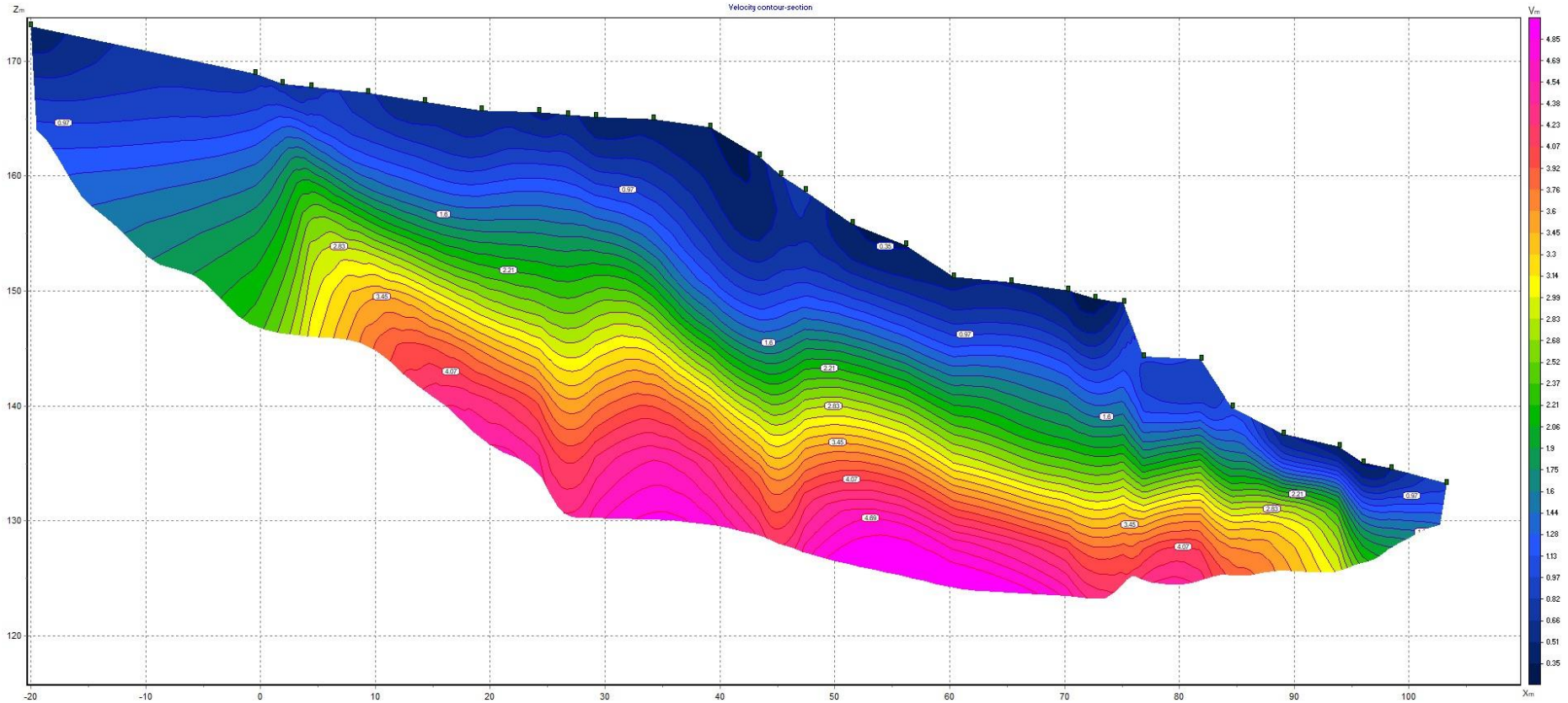


Figur 15 RMS error 6% - Approved fit

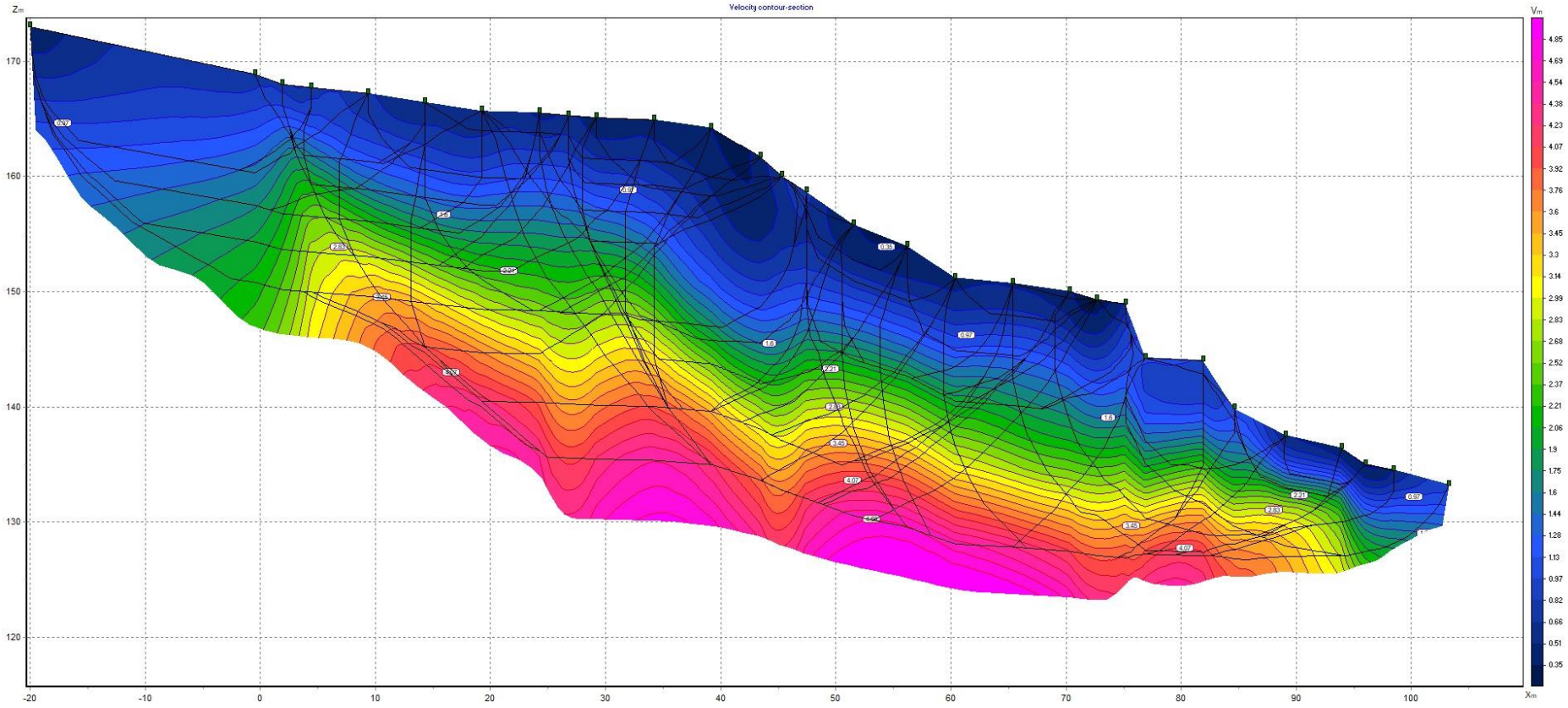


Figur 16 Approved ray path denisty

L12 inversjonsmodell



Figur 17 RMS error 5.8% - Approved fit



Figur 18 Approved ray path density

L13 inversjonsmodell

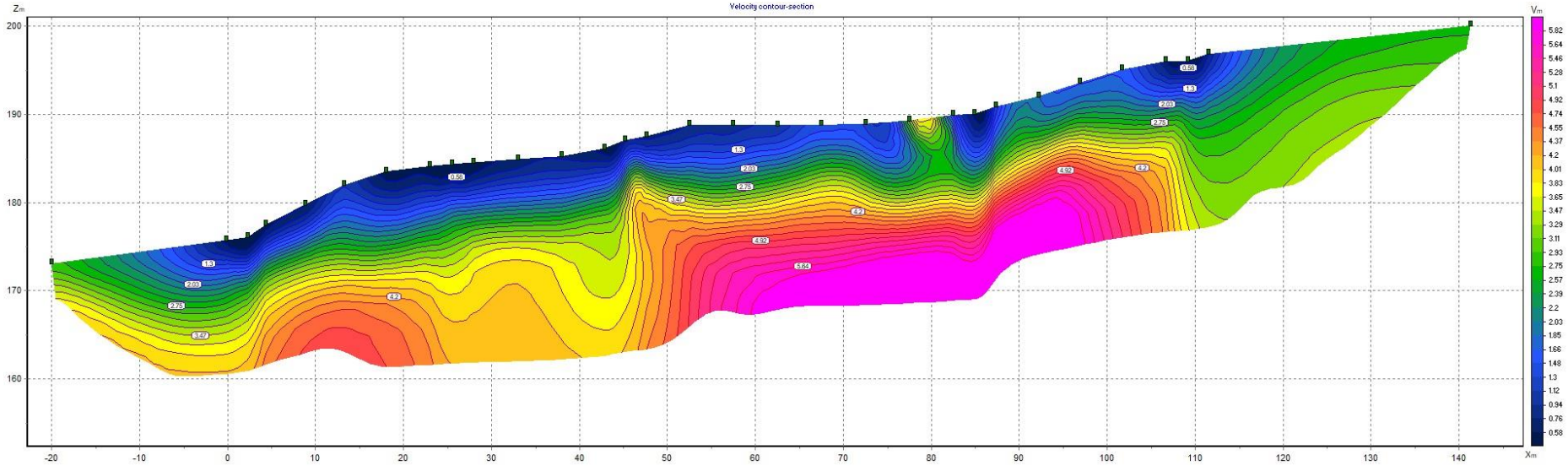


Figure 19 RMS error 4.2% - Very good fit

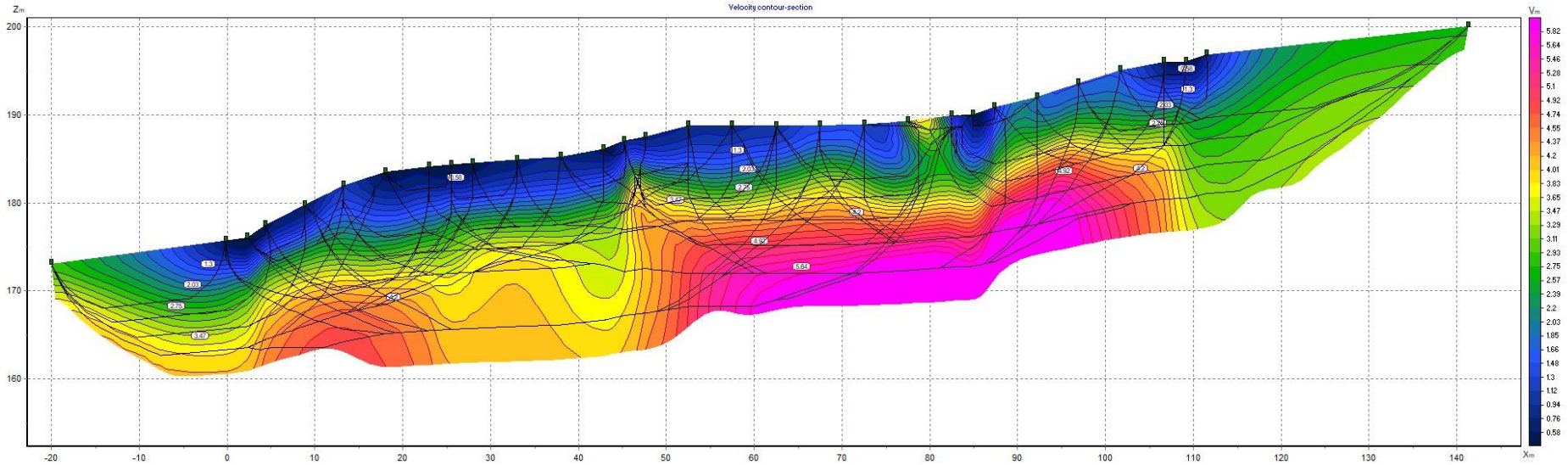


Figure 20 Good ray path density

L14 inversjonsmodell

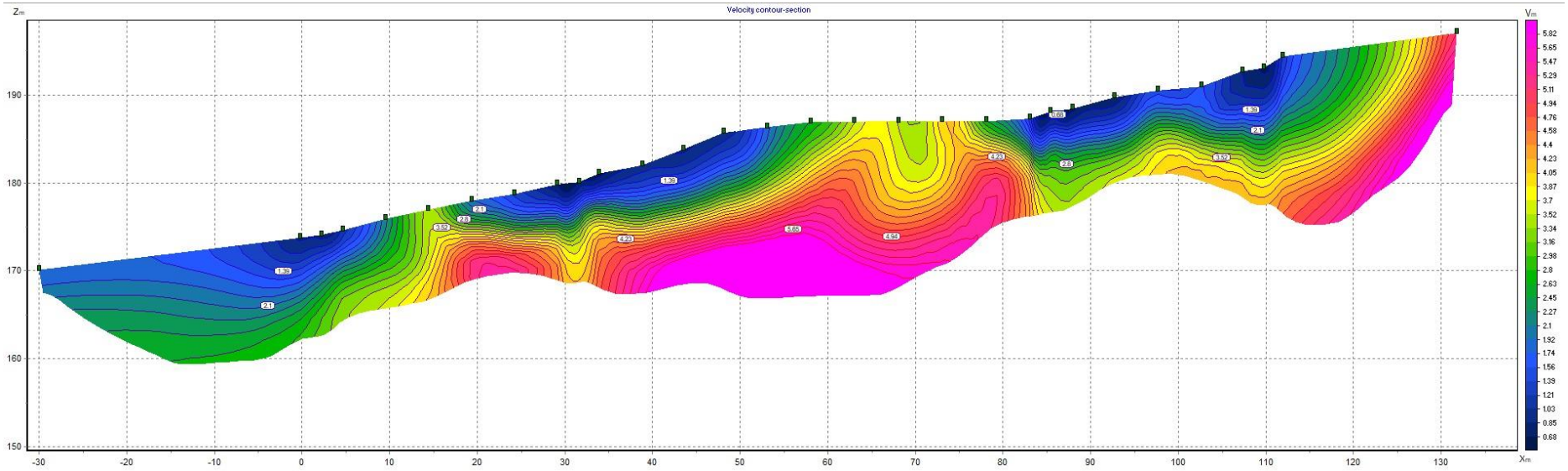


Figure 21 RMS error 3.9% - Very good fit

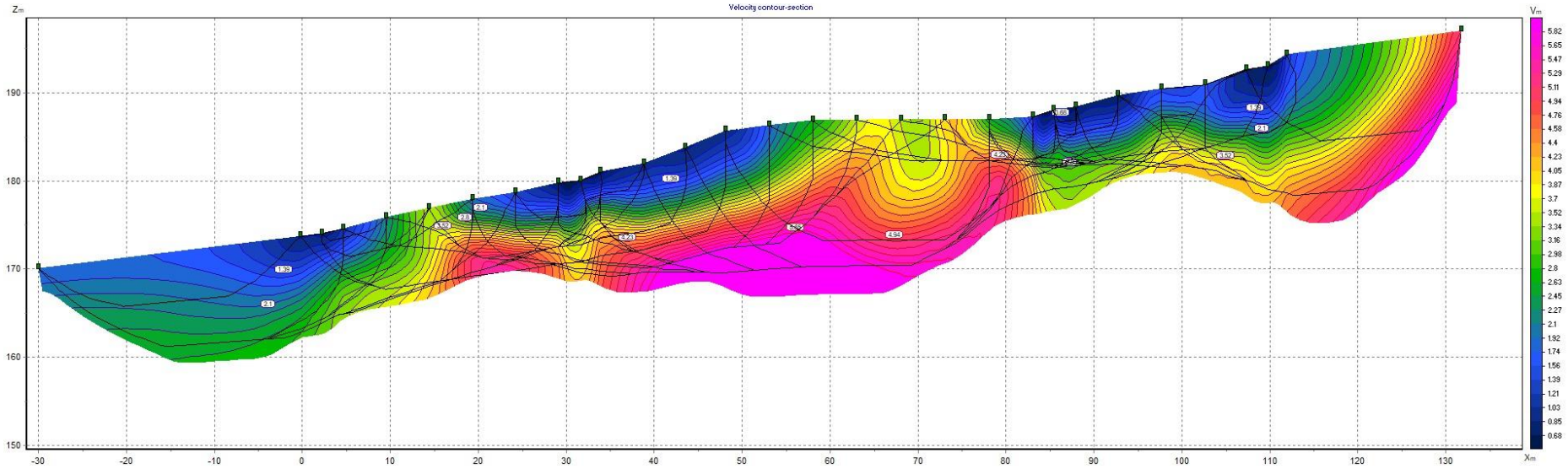


Figure 22 Good ray path density

L15 inversjonsmodell

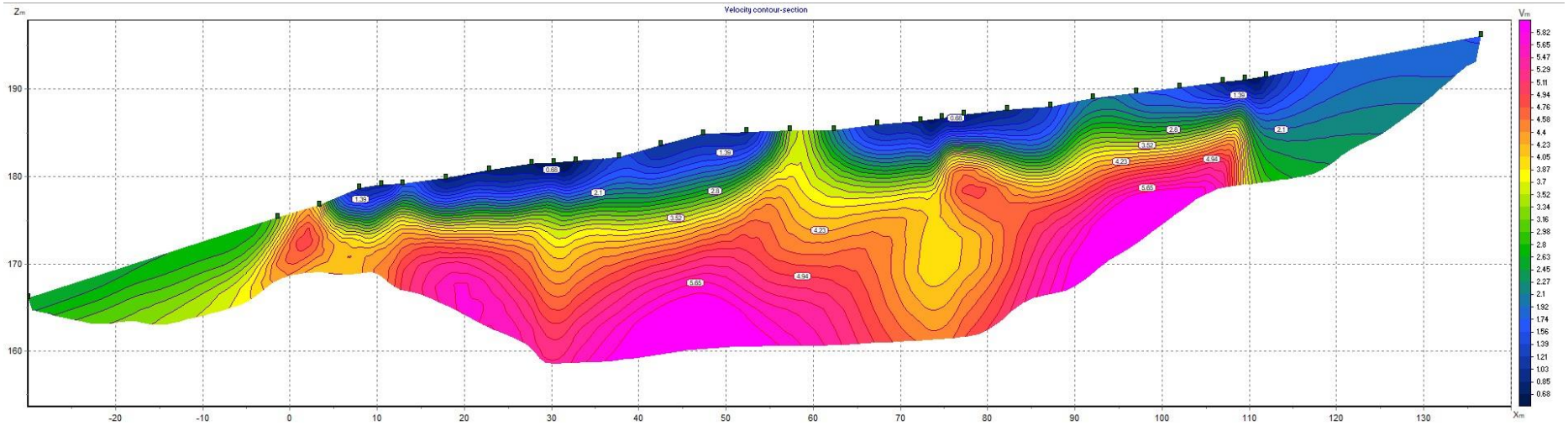


Figure 23 RMS error 3.6% - Very good fit

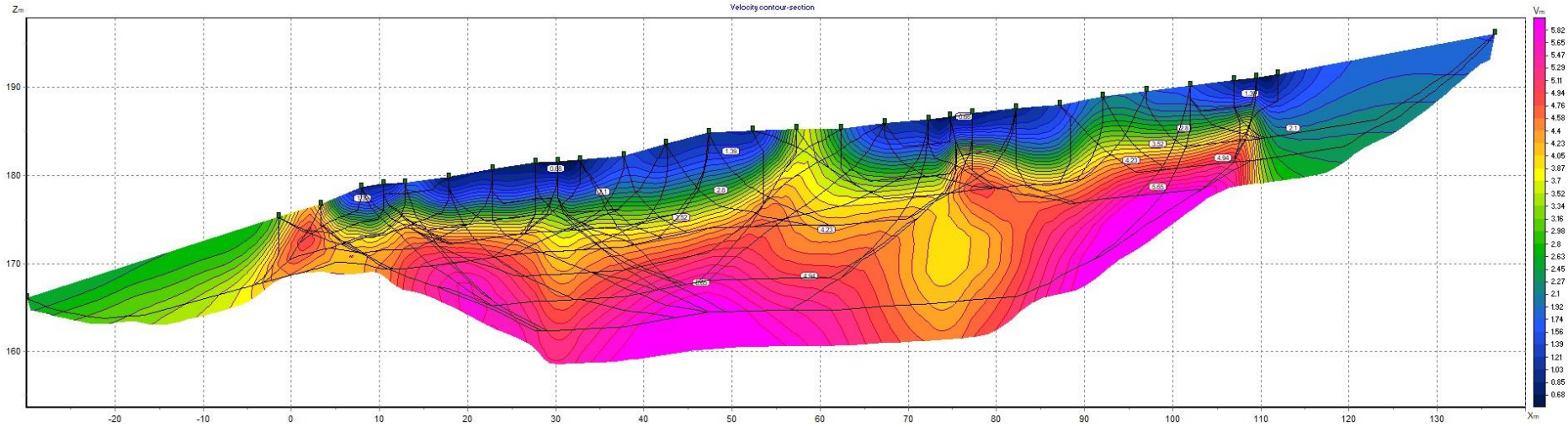


Figure 24 Good ray path density

L16 inversjonsmodell

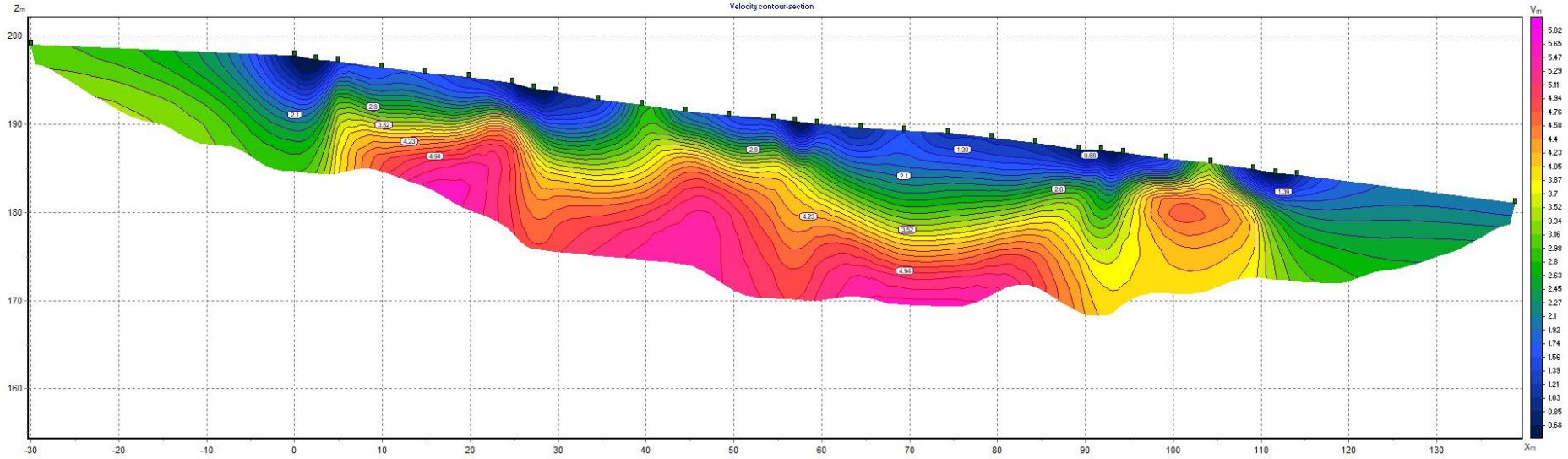


Figure 25 RMS error 2.4% - Very good fit

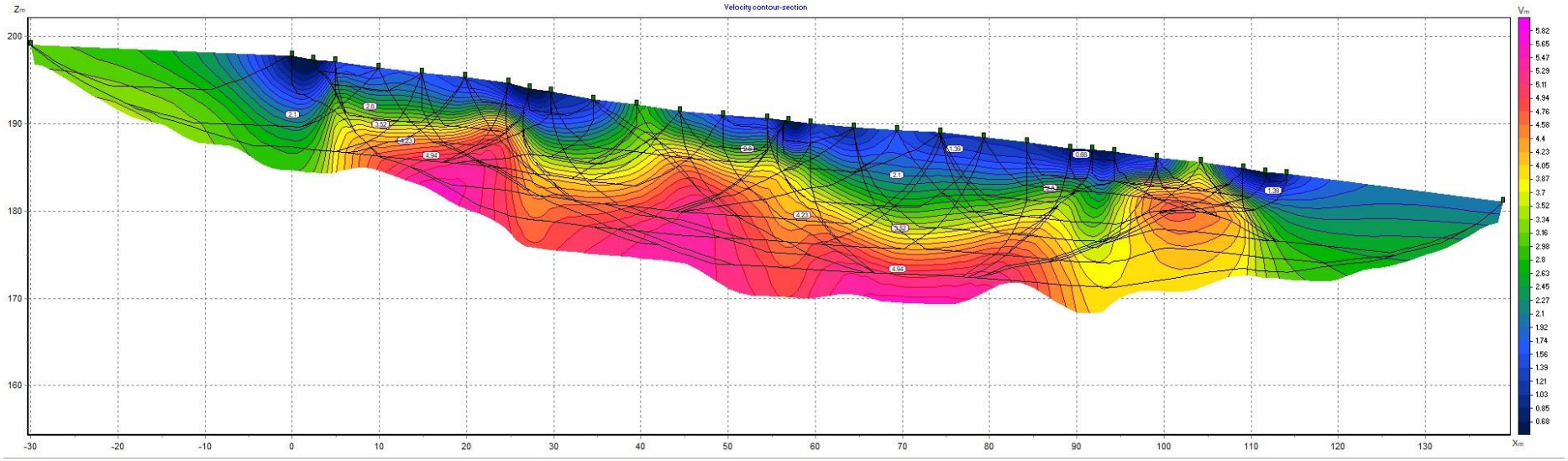


Figure 26 Good ray path density

L17 inversjonsmodell

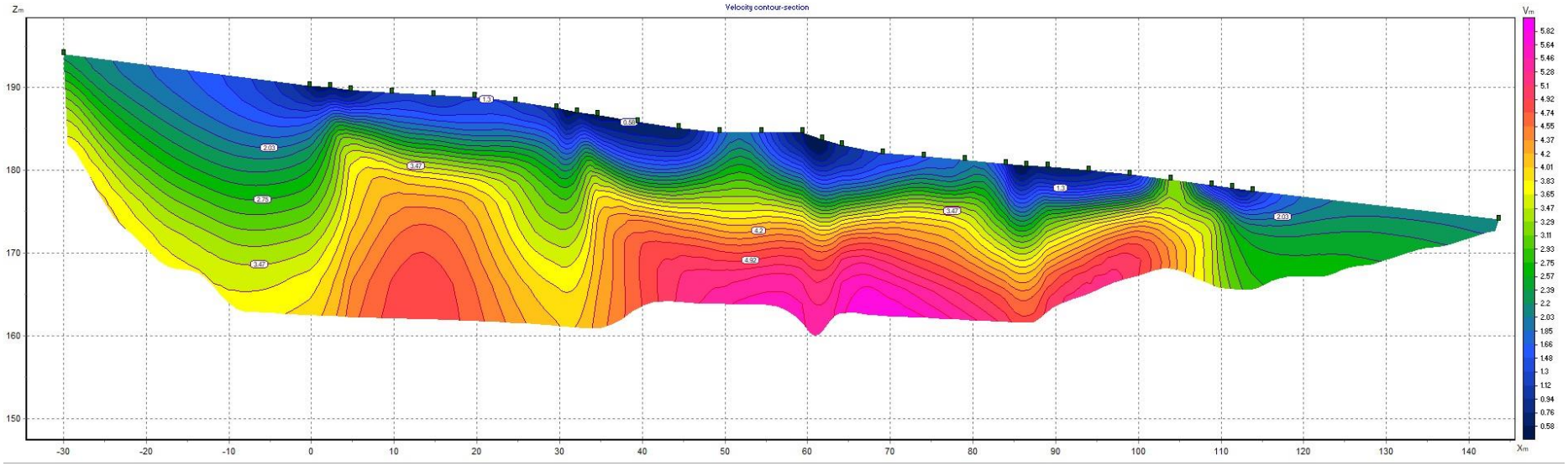


Figure 27 RMS error 2.9% - Very good fit

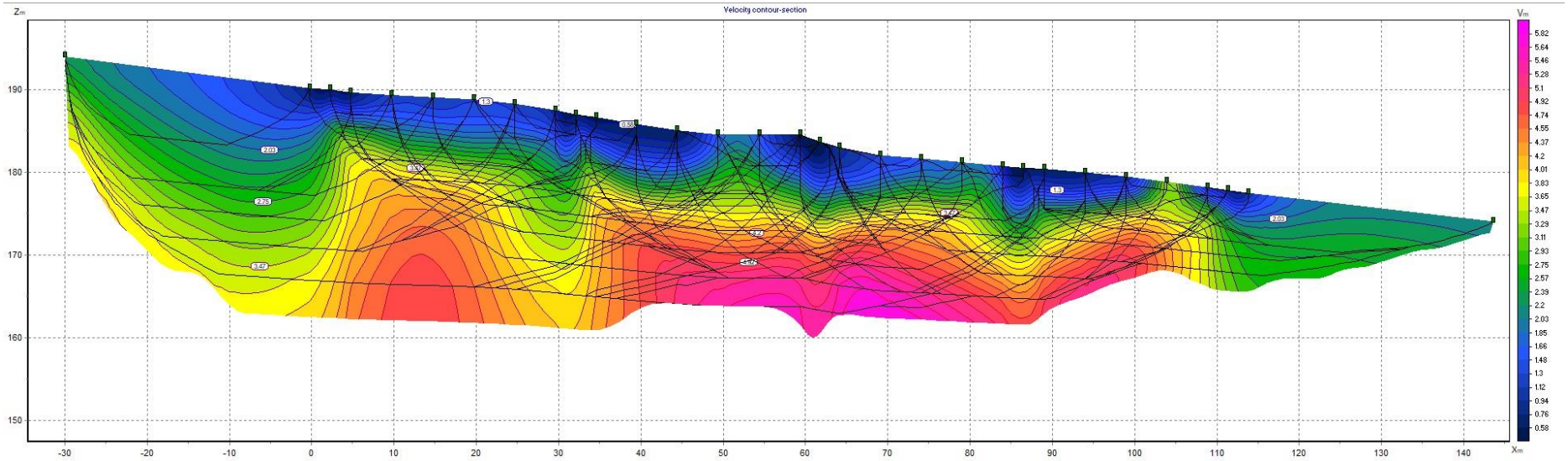


Figure 28 Good ray path density

L18 inversjonsmodell

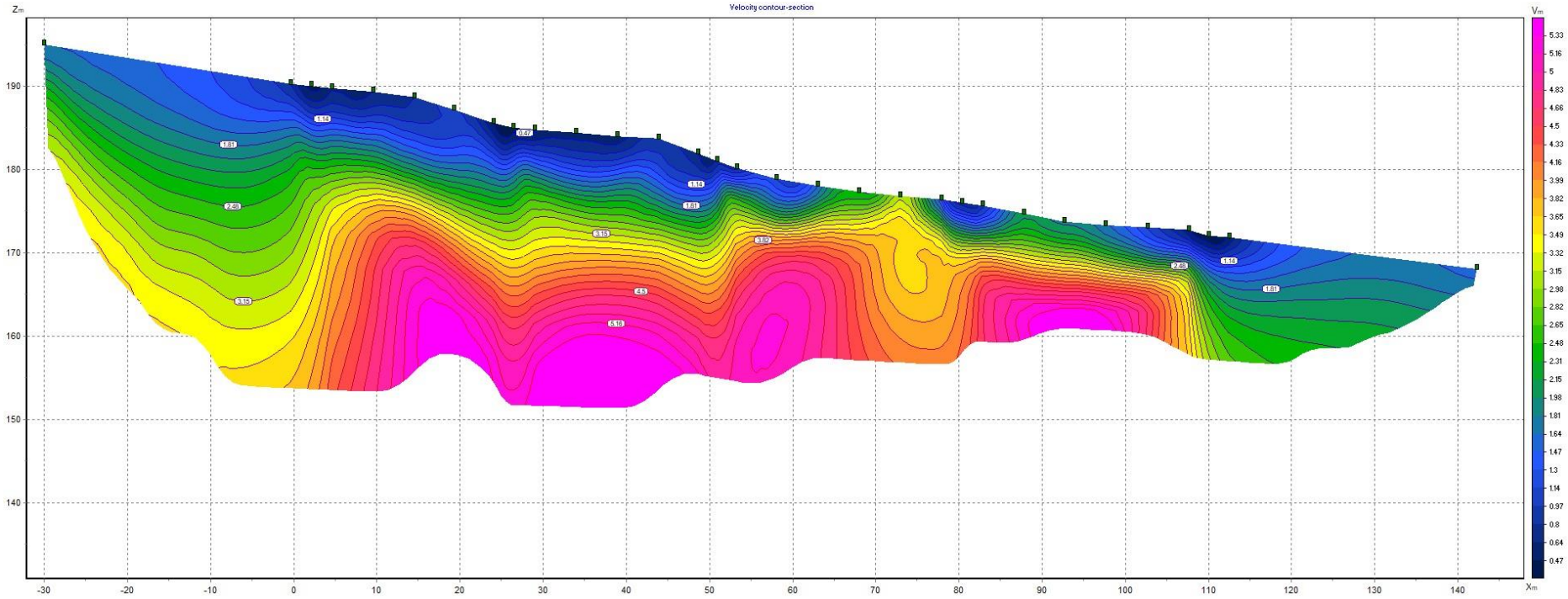


Figure 29 RMS error 4.3% - Very good fit

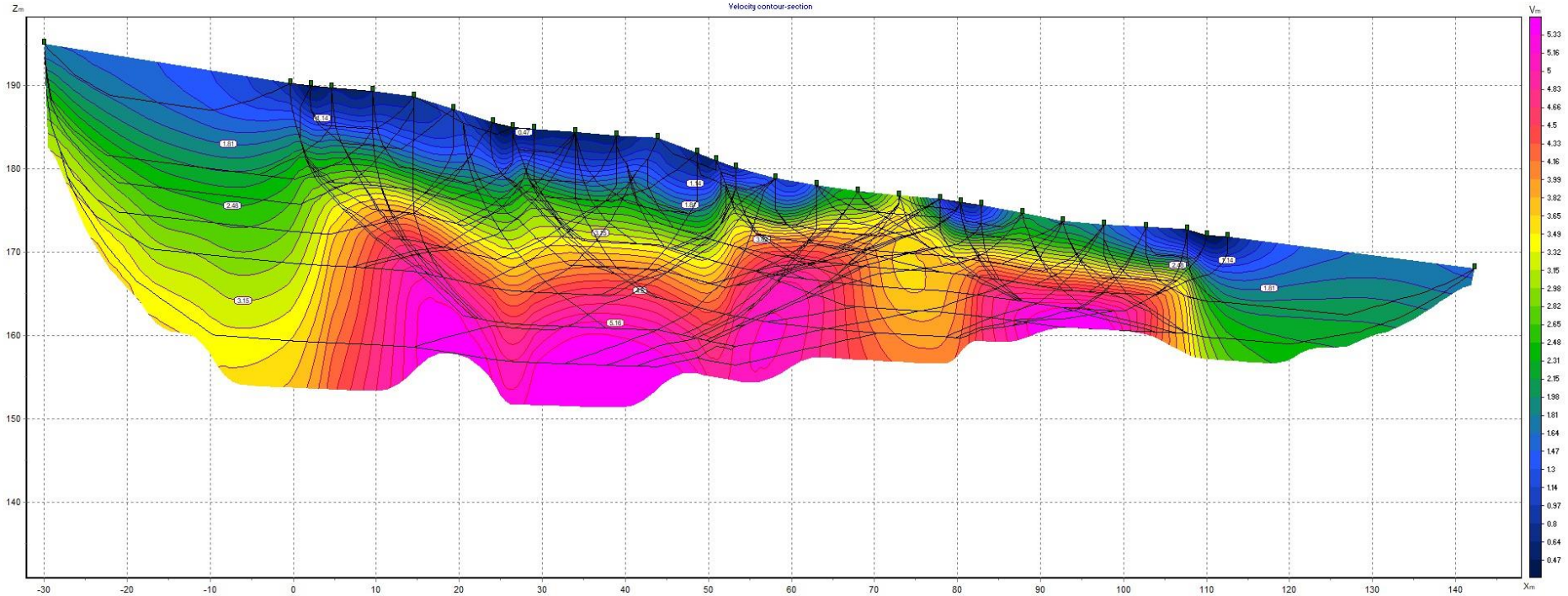


Figure 30 Good ray path density

L19 inversjonsmodell

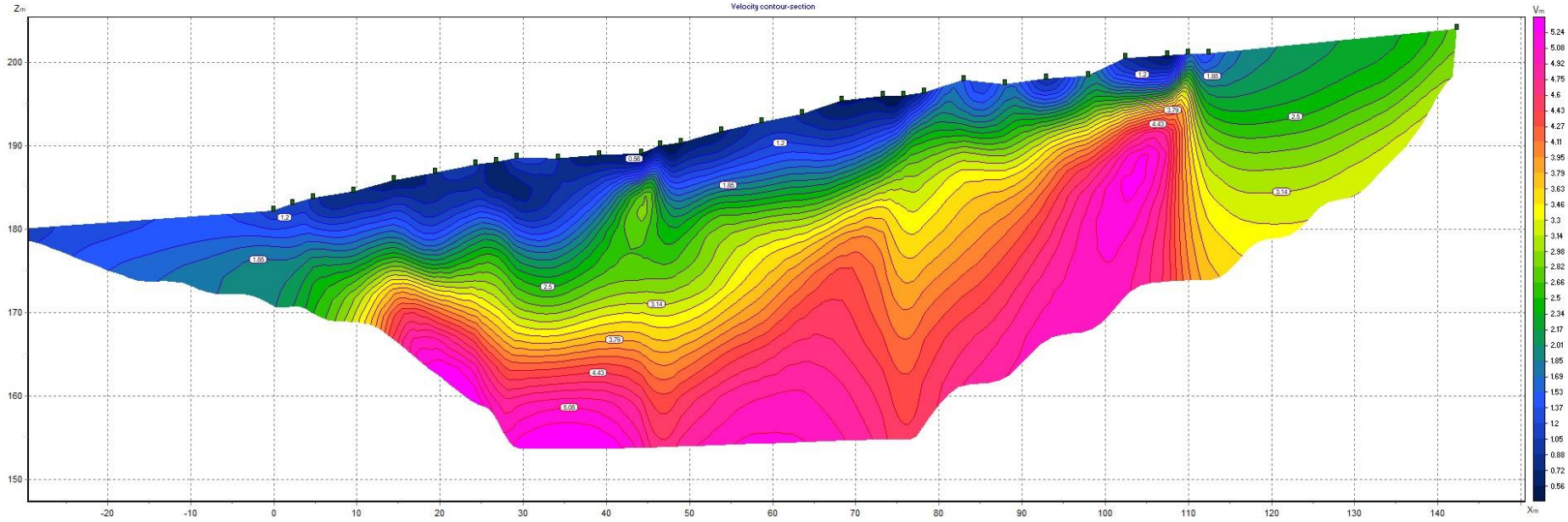


Figure 31 RMS error 6.8% - Approved fit

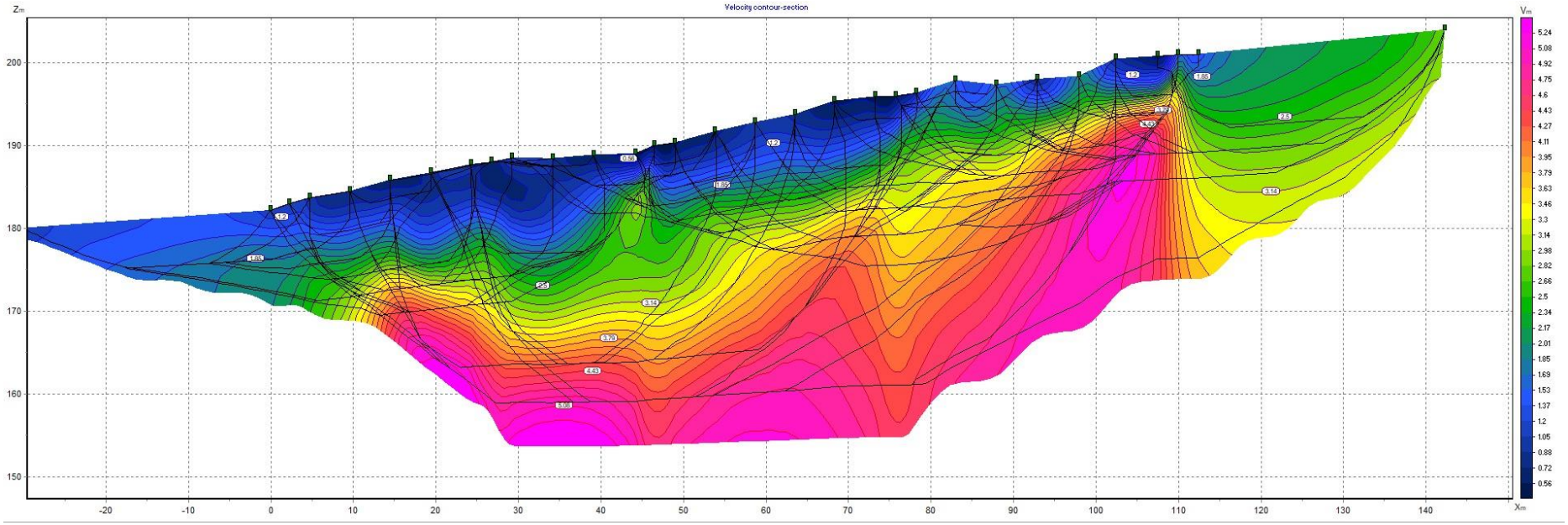


Figure 32 Approved ray path density

L20 inversjonsmodell

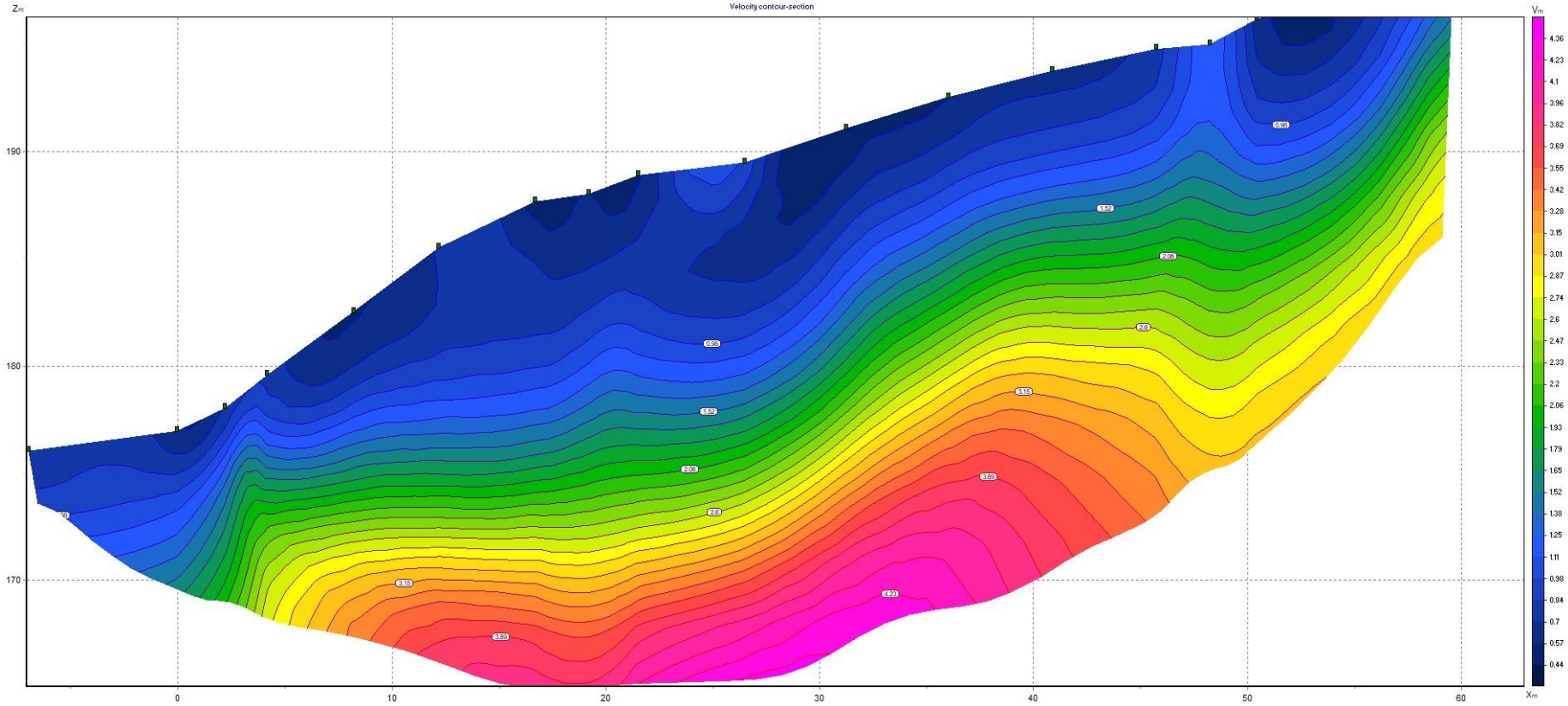


Figure 33 RMS error 6.6% - Approved fit

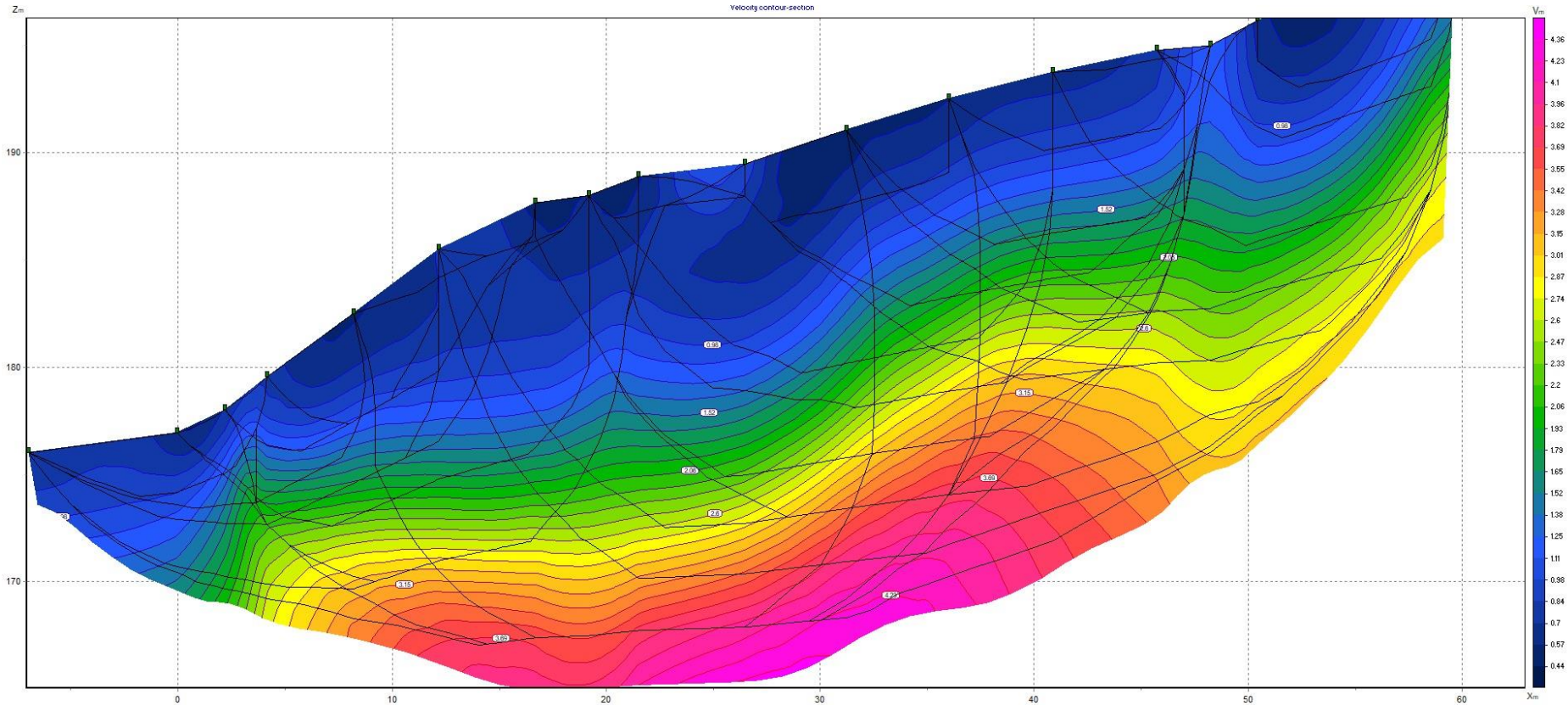


Figure 34 Approved ray path density

L21 inversjonsmodell

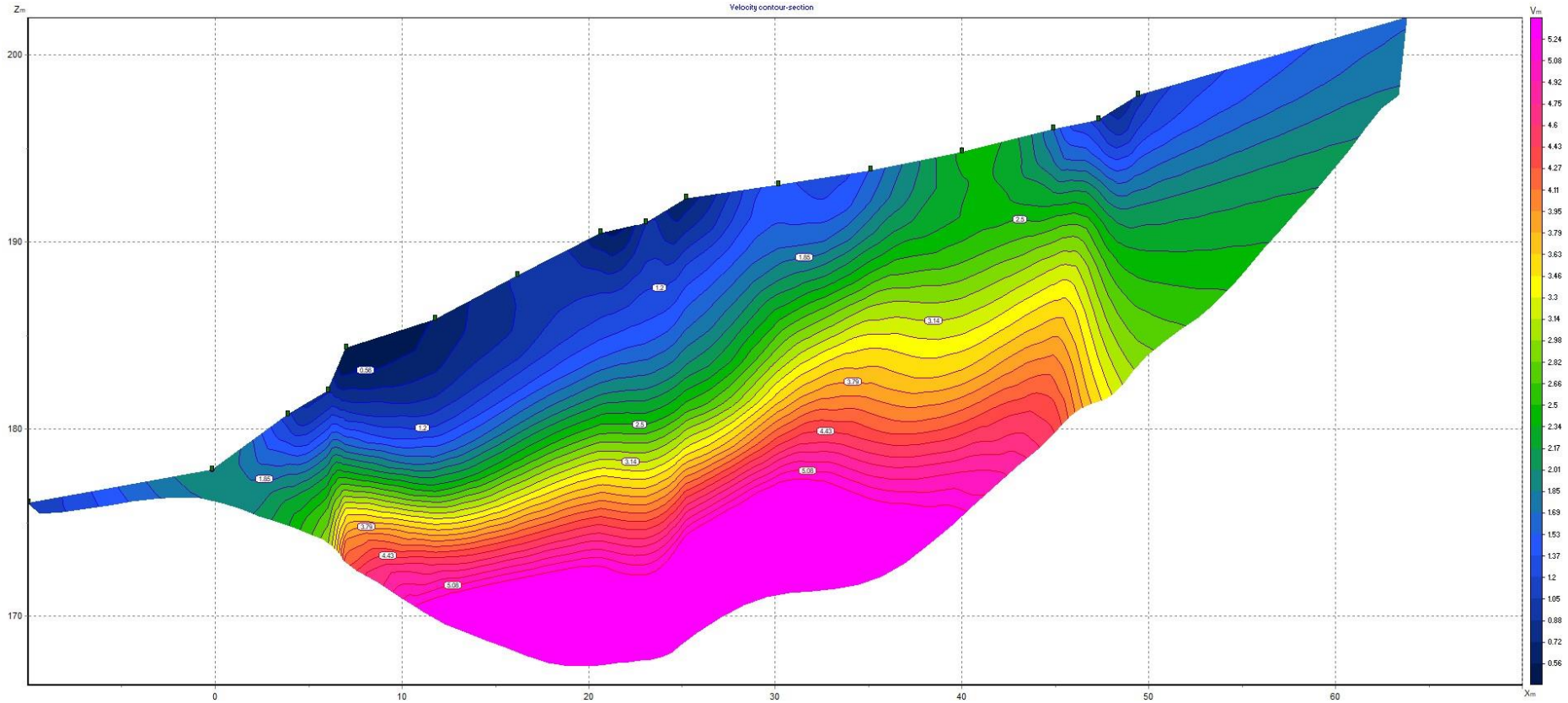


Figure 35 RMS error 5.4% - Approved fit

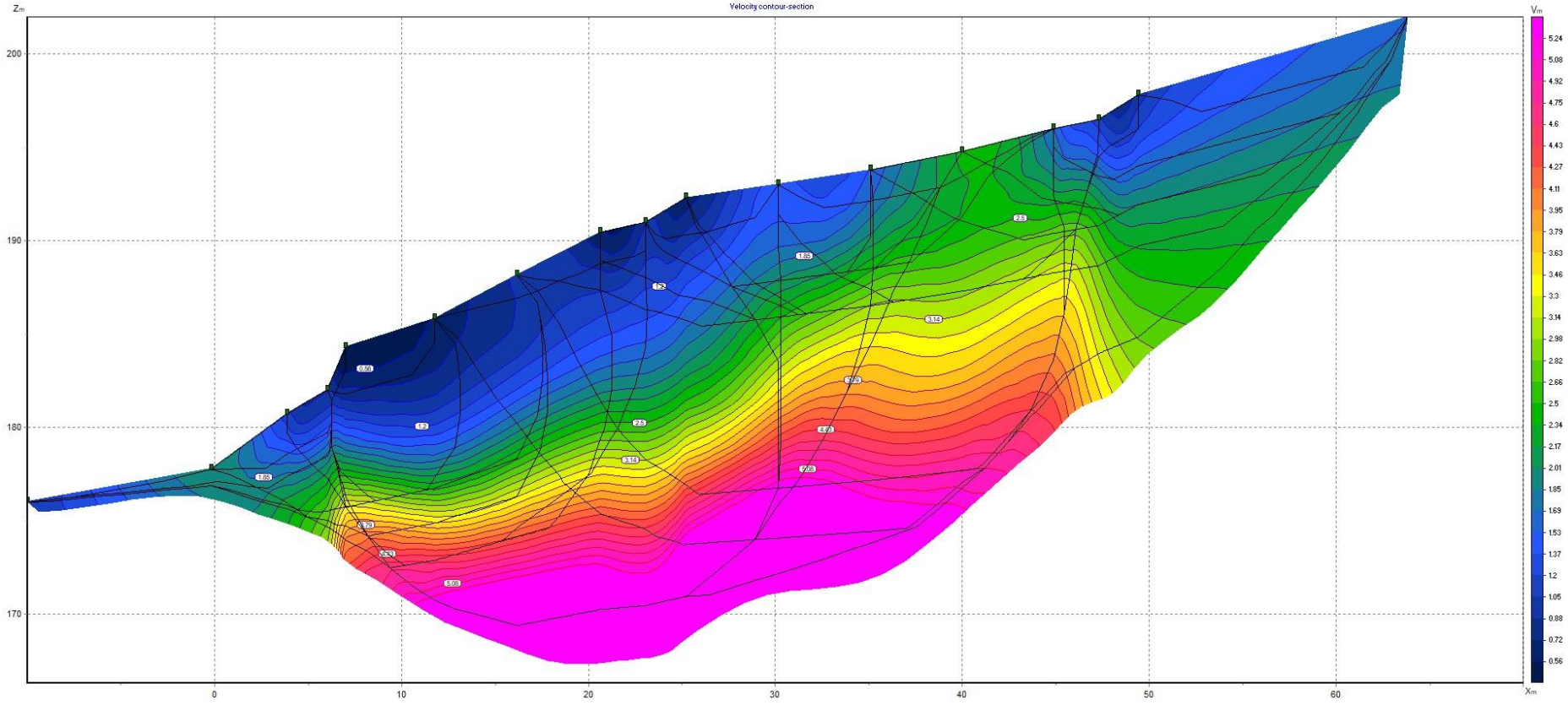


Figure 36 Poor ray path density

L22 inversjonsmodell

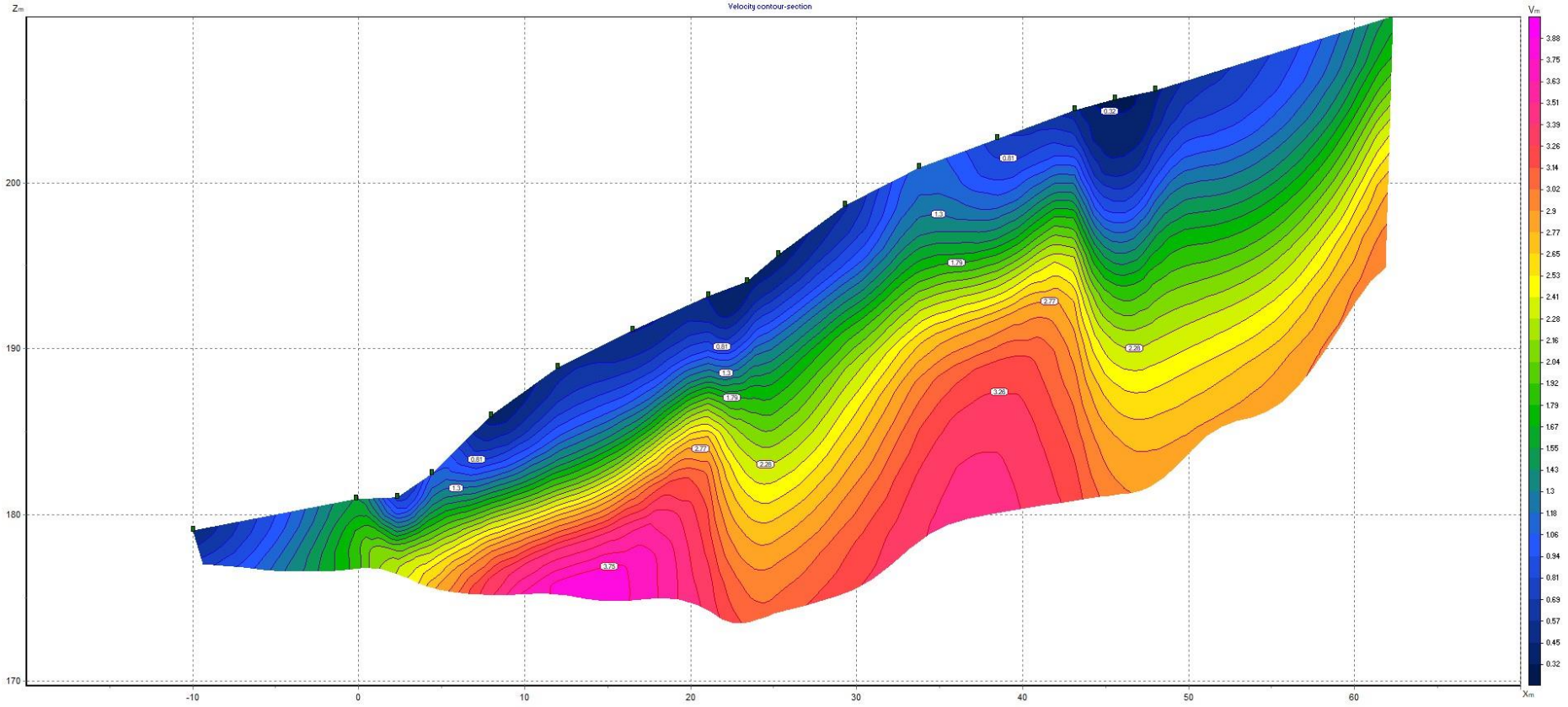


Figure 37 RMS error 11.8% - Poor fit

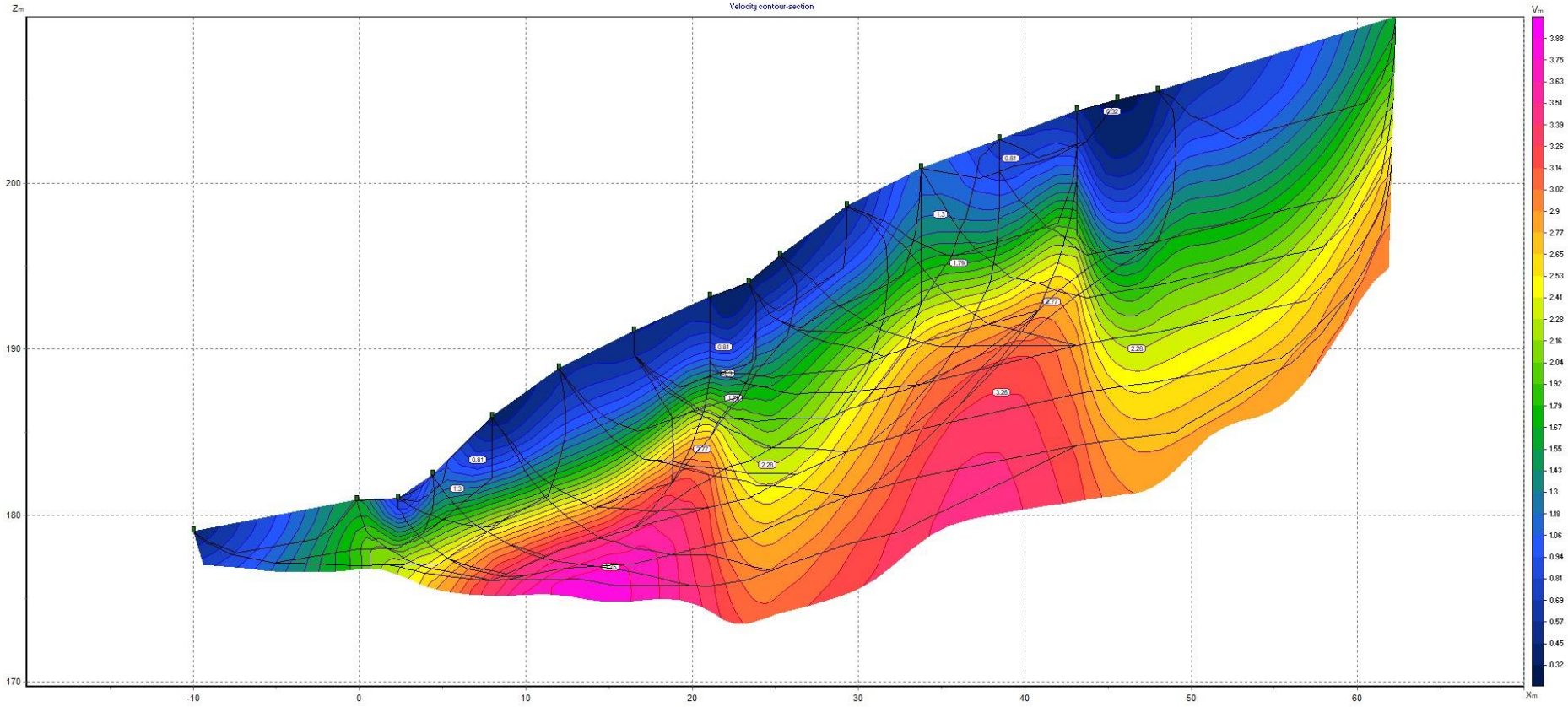


Figure 38 Approved ray path density

L23 inversjonsmodell

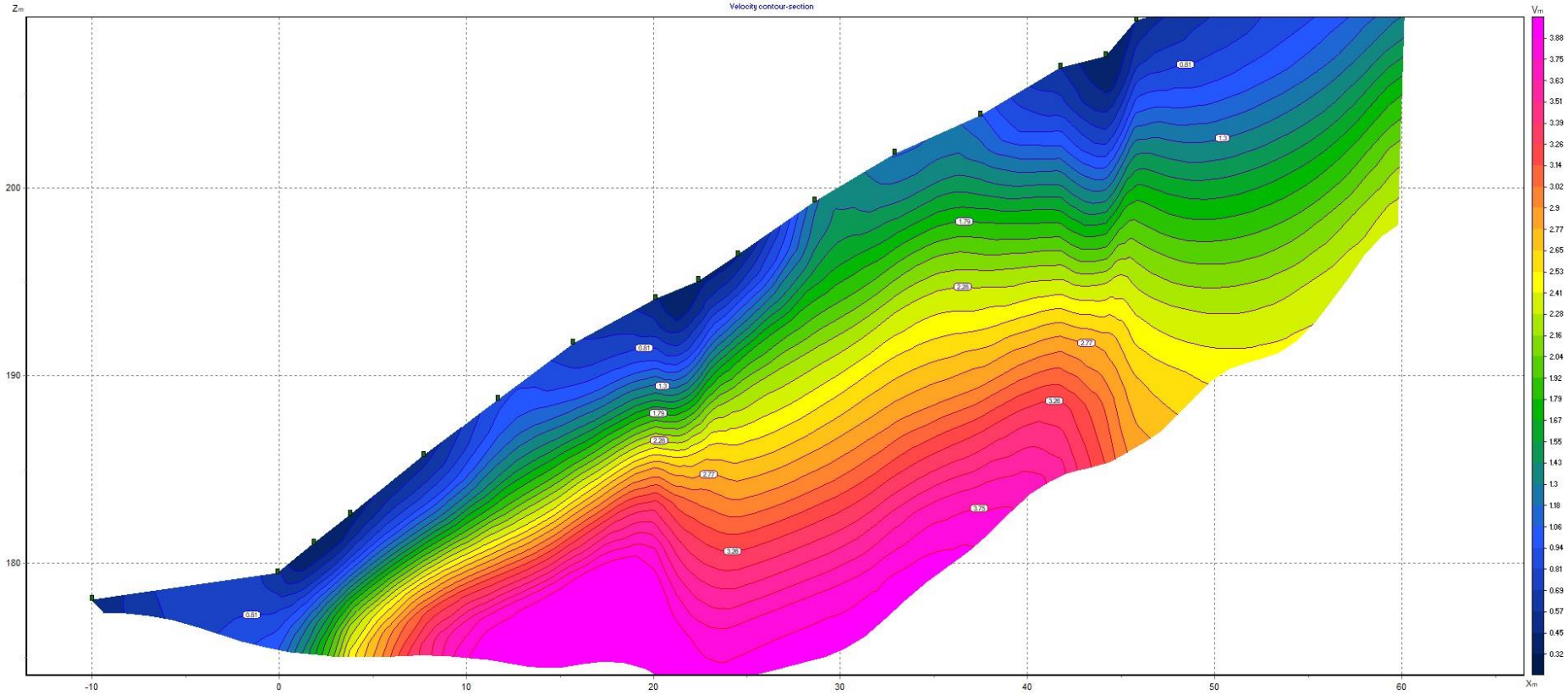


Figure 39 RMS error 8.3% - Approved fit

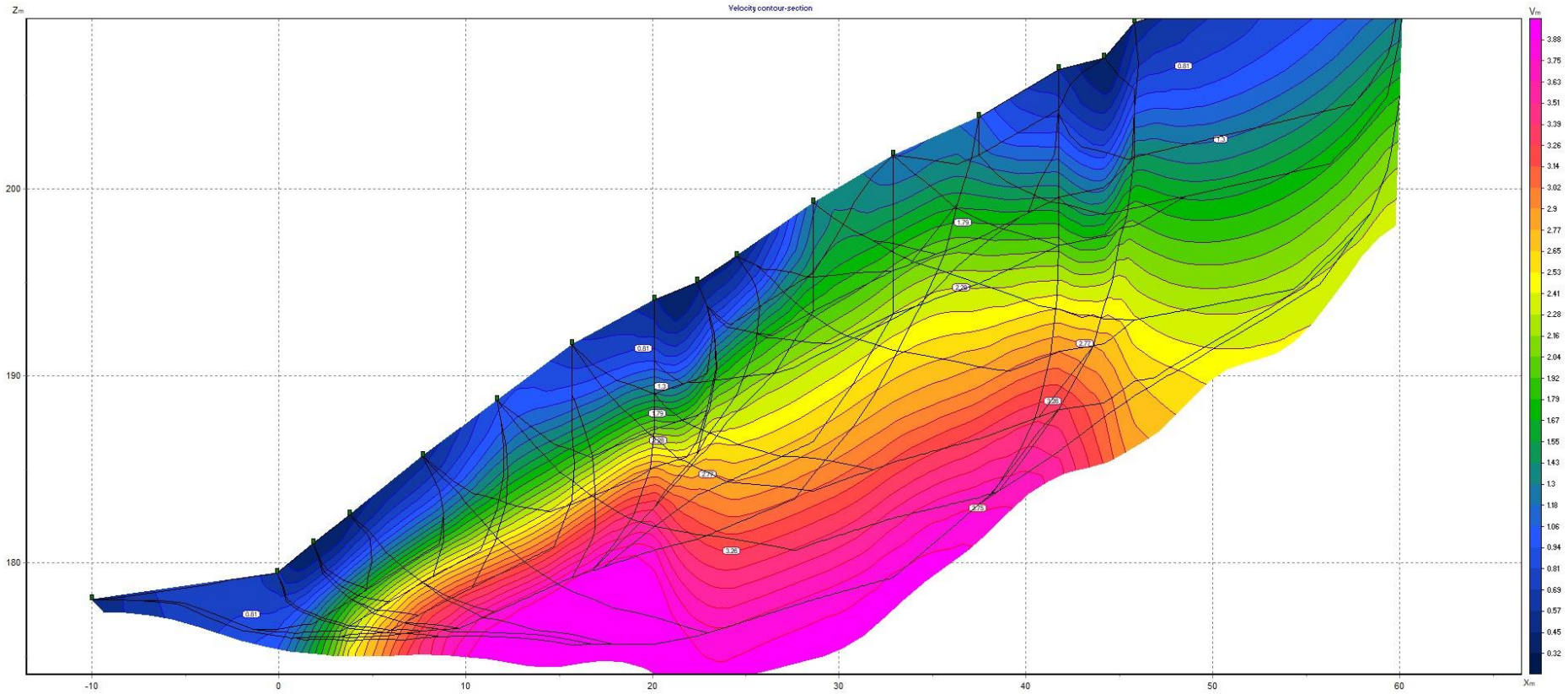


Figure 40 Approved ray path density

L24 inversjonsmodell

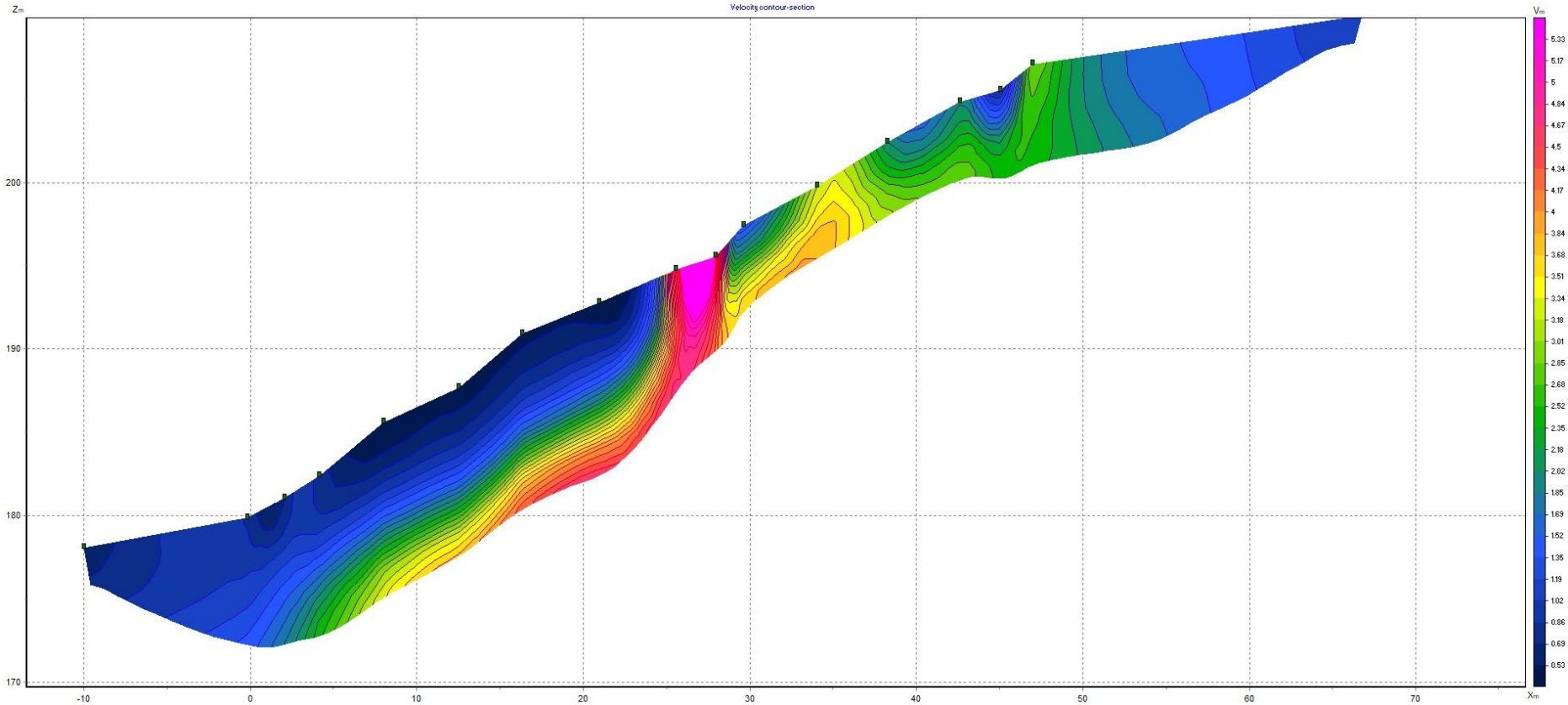


Figure 41 RMS error 5.3% - Approved fit

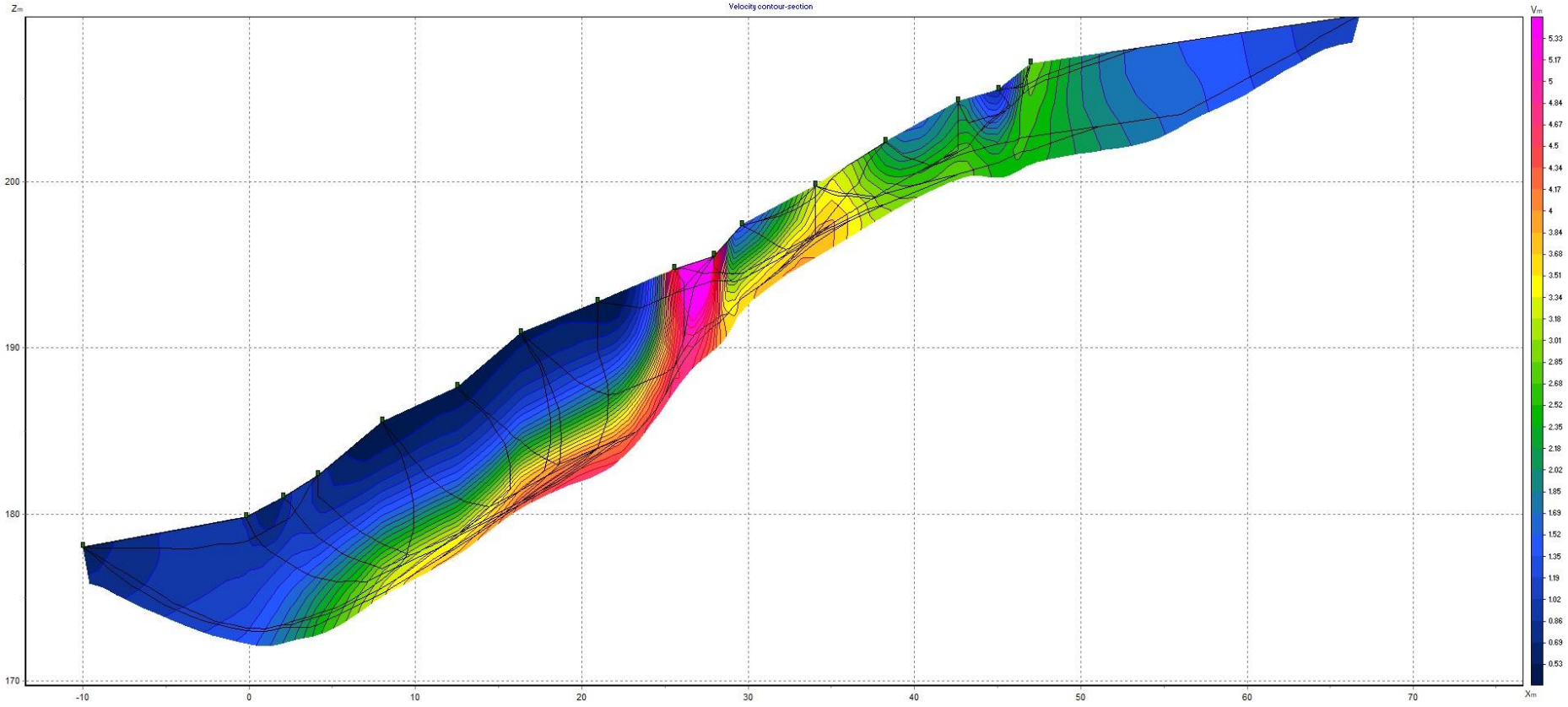
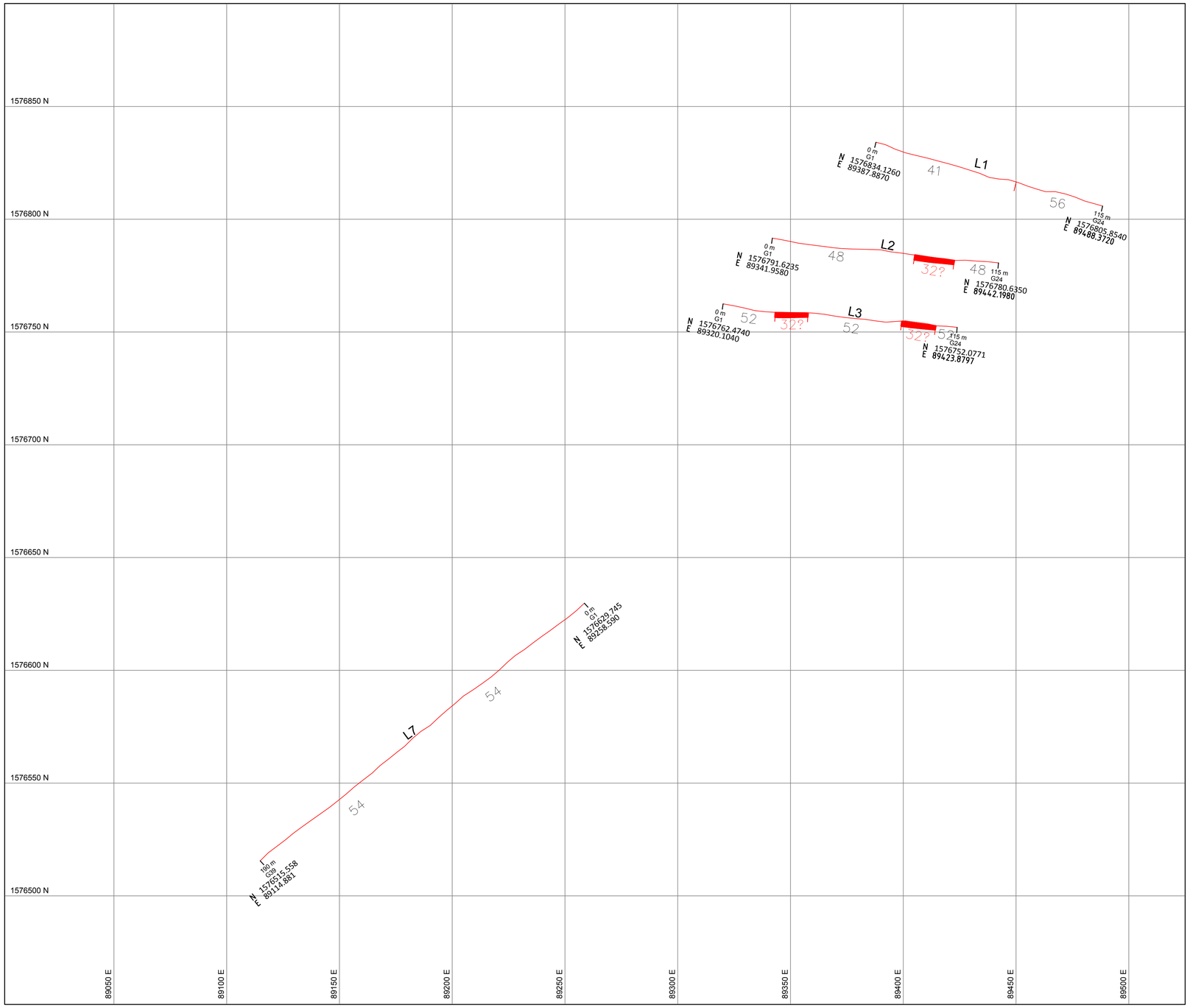


Figure 42 Poor ray path density



TEGNFORKLARING

10861 — KURSLINJE MED FIXNR.

P01/18 — BELIGGENHET AV SEISMISK PROFIL 2018

49 | 53 — HORISONTALE VARIASJONER I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN, 49x100m/s

38 — LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 40x100m/s

I SVAKHETSSONENE MÅ DET GENERELT FORVENTES EN VISS OVERFORDYBNING PÅ GRUNN AV GRADVIS OVERGANG FRA LØSMASSE TIL FJELL. VED SPESIELLE LAVE HASTIGHETER (UNDER 25x100m/s) KAN DET DREIE SEG OM ÅPNE KLØFTDANNELSER.

NØYAKTIGHET I DYBDEBEREGNINGENE:

Ved refraksjonsseismiske målinger og bruk av 5m geofon-/hydrofonavstand og ca.25m skuddavstand, er nøyaktigheten i beregnet dybde til fjell normalt angitt ved følgende erfaringstall:

Dyp mindre enn 10m, standardavvik ± 1m

Dyp større enn 10m, standardavvik ± 10% av beregnet dyp

(se forøvrig rapporten)

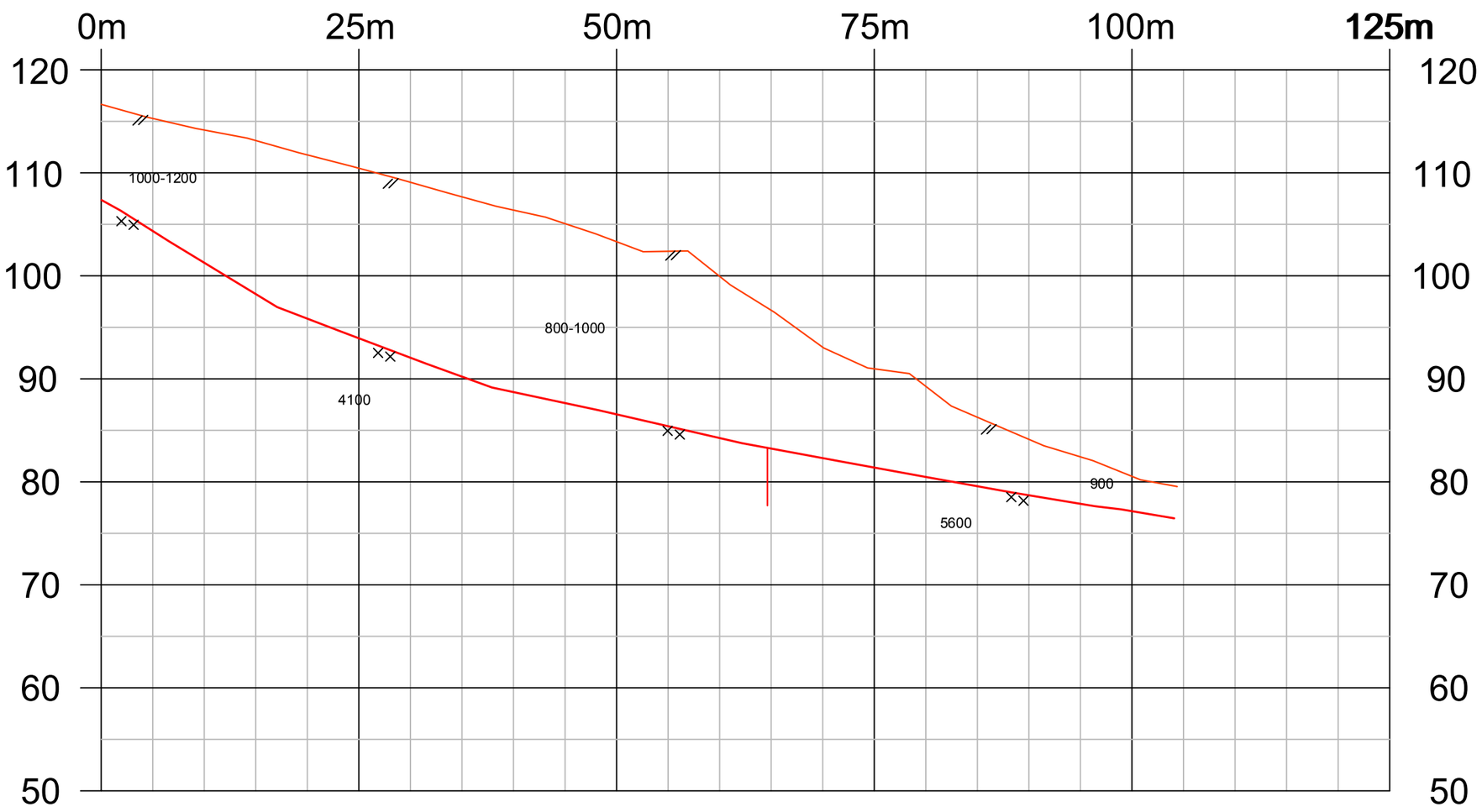
HORISONTALT DATUM: EUREF 89, NTM SONE 10

REV.	BESKRIVELSEN GJELDER.	SIGN.	DATO
	E6 Korporalsbrua - Kvål Oversiktskarta område 1	MÅLESTOKK Gjelder A2 1:1000	TEGNET ZO KONTR. LV DATO DES 2020
	NORCONSULT AS REFRAKSJONSSEISMISKE UNDERSØKELSER		
	OPPDRAG NR. 201025	TEGN. NR. 1	REV.

L1

N **1576834.1260**
E 89387.8870

N **1576805.8540**
E **89488.3720**



TEGNFORKLARING

TERRENG/SJØBUNN

700 m/s
1300 m/s
LØSMASSELAG MED ULIK SEISMISK HASTIGHET

BEREGNET FJELLOVERFLATE

4700 m/s | 5400 m/s
HORISONTALE VARIASJONER I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

3400 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 4000 m/s

2500 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 2500 m/s

I SVAKHETSSONENE MÅ DET GENERELT FORVENTES EN VISS OVERFORDYBNING PÅ GRUNN AV GRADVIS OVERGANG FRA LØSMASSE TIL FJELL. VED SPESIELLE LAVE HASTIGHETER (under 2500 m/s) KAN DET DREIE SEG OM ÅPNE KLØFTDANNELSER.

USIKKERHET I BEREGNINGEN AV FJELLOVERFLATEN

2500 m/s
5400 m/s
VERTIKALE VARIASJONER (DAGFJELL) I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

NØYAKTIGHET I DYBDEBEREGNINGENE:

Ved refraksjonsseismiske målinger og bruk av 5m geofon-/hydrofonavstand og ca.25m skuddavstand, er nøyaktigheten i beregnet dybde til fjell normalt angitt ved følgende erfaringstall:

Dyp mindre enn 10m, standardavvik ± 1m
Dyp større enn 10m, standardavvik ± 10% av beregnet dyp
(se forøvrig rapporten)

REV.	BESKRIVELSEN GJELDER.	SIGN.	DATO

E6 Korporalsbrua - Kvål
Seismisk sektion L1

NORCONSULT AS
REFRAKSJONSSEISMISKE UNDERSØKELSER

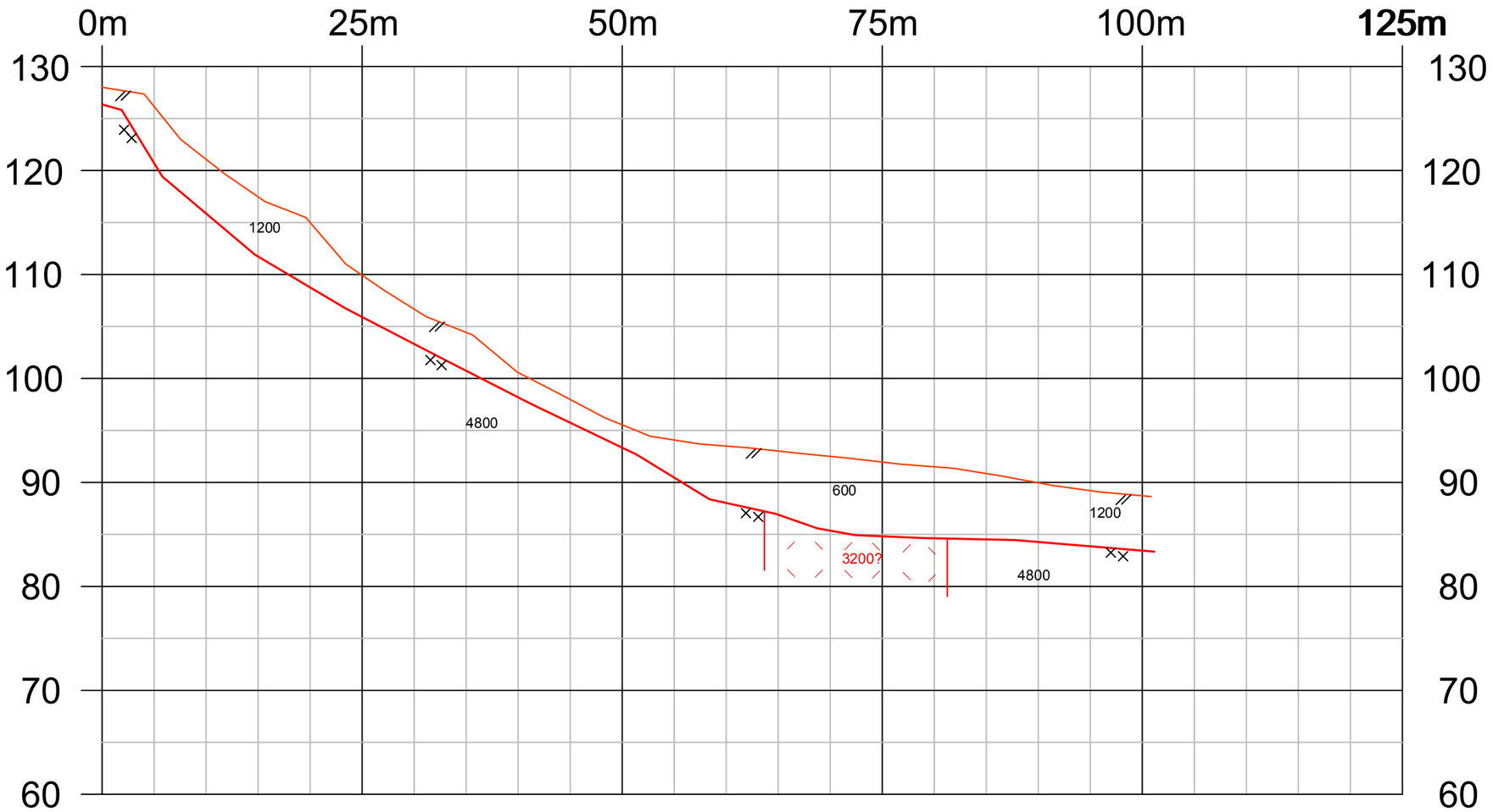
MÅLESTOKK Gjelder A2	TEGNET	KONTR.	DATO
1:500	ZO	LV	DES 2020

OPPDRAG NR.	TEGN. NR.	REV.
201025	5	

L2

N 1576791.6235
E 89341.9580

N 1576780.6350
E 89442.1980



TEGNFORKLARING

TERRENG/SJØBUNN

700 m/s
1300 m/s
LØSMASSELAG MED ULIK SEISMISK HASTIGHET

BEREGNET FJELLOVERFLATE

4700 m/s | 5400 m/s
HORISONTALE VARIASJONER I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

3400 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 4000 m/s

2500 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 2500 m/s

I SVAKHETSSONENE MÅ DET GENERELT FORVENTES EN VISS OVERFORDYBNING PÅ GRUNN AV GRADVIS OVERGANG FRA LØSMASSE TIL FJELL. VED SPESIELLE LAVE HASTIGHETER (under 2500 m/s) KAN DET DREIE SEG OM ÅPNE KLØFTDANNELSER.

USIKKERHET I BEREGNINGEN AV FJELLOVERFLATEN

2500 m/s
5400 m/s
VERTIKALE VARIASJONER (DAGFJELL) I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

NØYAKTIGHET I DYBDEBEREGNINGENE:

Ved refraksjonsseismiske målinger og bruk av 5m geofon-/hydrofonavstand og ca.25m skuddavstand, er nøyaktigheten i beregnet dybde til fjell normalt angitt ved følgende erfaringstall:

Dyp mindre enn 10m, standardavvik ± 1m
Dyp større enn 10m, standardavvik ± 10% av beregnet dyp
(se forøvrig rapporten)

REV.	BESKRIVELSEN GJELDER.	SIGN.	DATO

E6 Korporalsbrua - Kvål
Seismisk sektion L2

NORCONSULT AS
REFRAKSJONSSEISMISKE UNDERSØKELSER

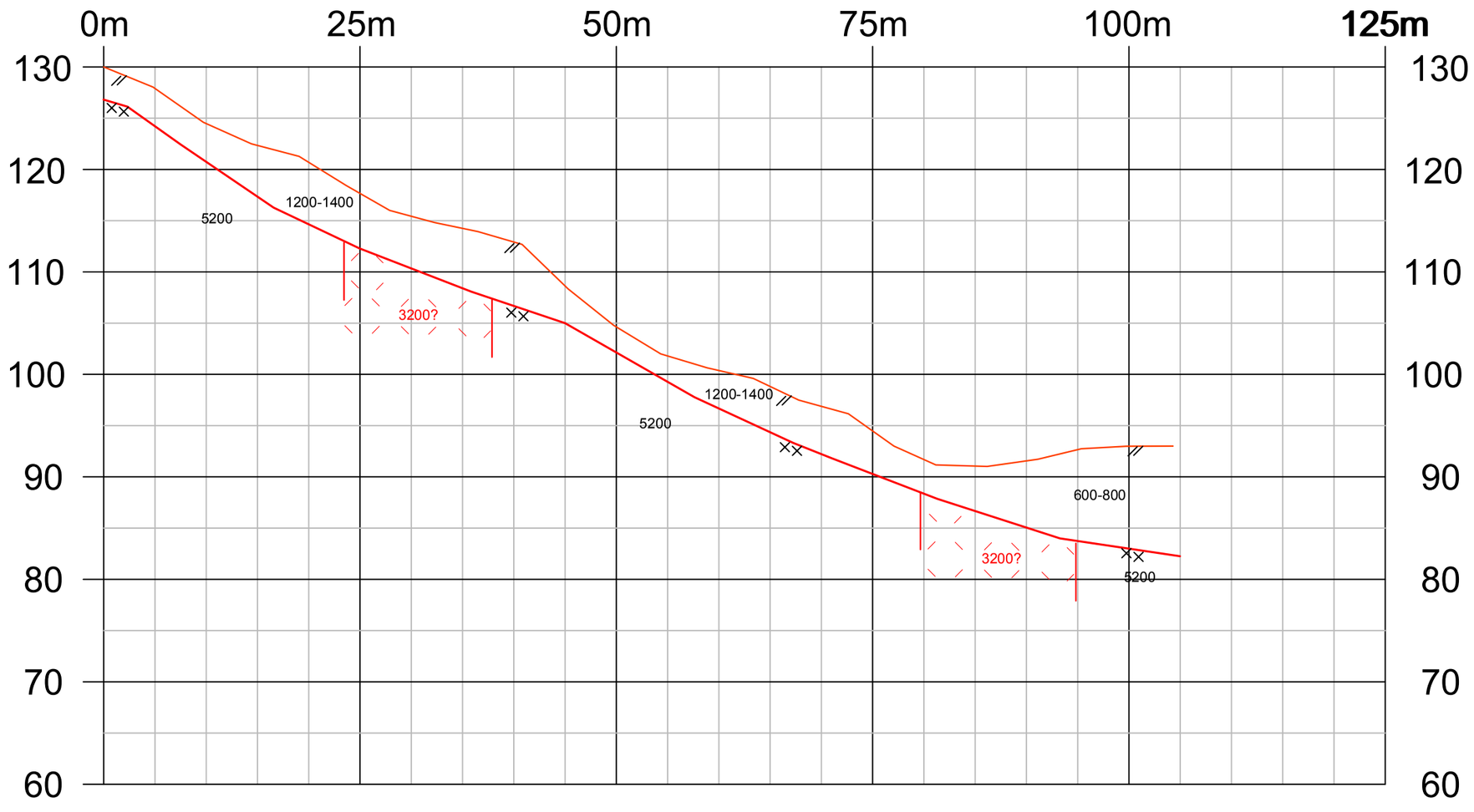
MÅLESTOKK Gjelder A2	TEGNET	KONTR.	DATO
1:500	ZO	LV	DES 2020

OPPDRAG NR.	TEGN. NR.	REV.
201025	6	

L3

N **1576762.4740**
E 89320.1040

N **1576752.0771**
E **89423.8797**



TEGNFORKLARING

TERRENG/SJØBUNN

700 m/s
1300 m/s
LØSMASSELAG MED ULIK SEISMISK HASTIGHET

BEREGNET FJELLOVERFLATE

4700 m/s | 5400 m/s
HORISONTALE VARIASJONER I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

3400 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 4000 m/s

2500 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 2500 m/s

I SVAKHETSSONENE MÅ DET GENERELT FORVENTES EN VISS OVERFORDYBNING PÅ GRUNN AV GRADVIS OVERGANG FRA LØSMASSE TIL FJELL. VED SPESIELLE LAVE HASTIGHETER (under 2500 m/s) KAN DET DREIE SEG OM ÅPNE KLØFTDANNELSER.

USIKKERHET I BEREGNINGEN AV FJELLOVERFLATEN

2500 m/s
5400 m/s
VERTIKALE VARIASJONER (DAGFJELL) I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

NØYAKTIGHET I DYBDEBEREGNINGENE:

Ved refraksjonsseismiske målinger og bruk av 5m geofon-/hydrofonavstand og ca.25m skuddavstand, er nøyaktigheten i beregnet dybde til fjell normalt angitt ved følgende erfaringstall:

Dyp mindre enn 10m, standardavvik ± 1m
Dyp større enn 10m, standardavvik ± 10% av beregnet dyp
(se forøvrig rapporten)

REV.	BESKRIVELSEN GJELDER.	SIGN.	DATO

E6 Korporalsbrua - Kvål
Seismisk sektion L3

NORCONSULT AS
REFRAKSJONSSEISMISKE UNDERSØKELSER

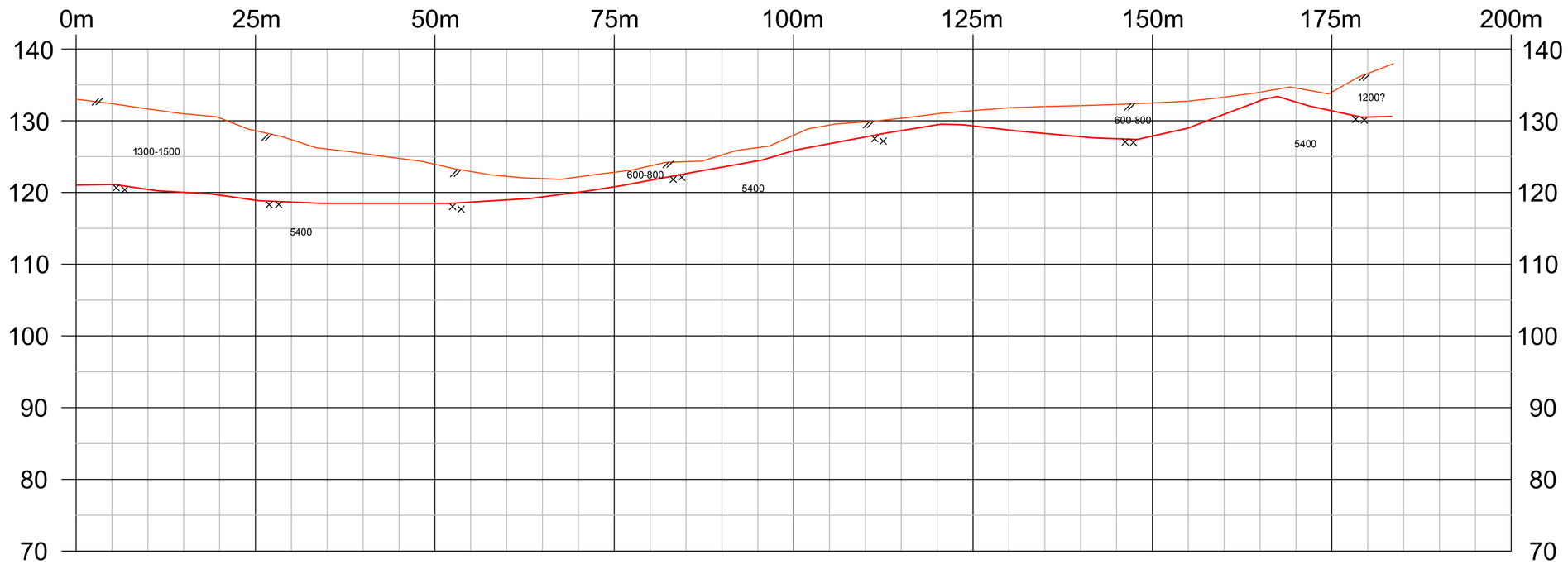
MÅLESTOKK Gjelder A2	TEGNET
1:500	ZO
	KONTR. LV
	DATO DES 2020

OPPDRAG NR.	TEGN. NR.	REV.
201025	7	

L7

N **1576629.745**
E 89258.590

N **1576515.558**
E **89114.881**



TEGNFORKLARING

TERRENG/SJØBUNN

700 m/s
1300 m/s
LØSMASSELAG MED ULIK SEISMISK HASTIGHET

BEREGNET FJELLOVERFLATE

4700 m/s | 5400 m/s
HORISONTALE VARIASJONER I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

3400 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 4000 m/s

2500 m/s
LAVHASTIGHETSSONE I BERGGRUNNEN
v ≤ 2500 m/s

I SVAKHETSSONENE MÅ DET GENERELT FORVENTES EN VISS OVERFORDYBNIN PÅ GRUNN AV GRADVIS OVERGANG FRA LØSMASSE TIL FJELL. VED SPESIELLE LAVE HASTIGHETER (under 2500 m/s) KAN DET DREIE SEG OM ÅPNE KLØFTDANNELSER.

USIKKERHET I BEREGNINGEN AV FJELLOVERFLATEN

2500 m/s
5400 m/s
VERTIKALE VARIASJONER (DAGFJELL) I SEISMISK HASTIGHET I BERGGRUNNEN

NØYAKTIGHET I DYBDEBEREGNINGENE:

Ved refraksjonsseismiske målinger og bruk av 5m geofon-/hydrofonavstand og ca.25m skuddavstand, er nøyaktigheten i beregnet dybde til fjell normalt angitt ved følgende erfaringstall:

Dyp mindre enn 10m, standardavvik ± 1m
Dyp større enn 10m, standardavvik ± 10% av beregnet dyp
(se forøvrig rapporten)

REV.	BESKRIVELSEN GJELDER.	SIGN.	
	E6 Korporalsbrua - Kvål Seismisk sektion L7	MALESTOKK Gjelder A2 1:500	TE KI. DI
	NORCONSULT AS REFRAKSJONSSEISMISKE UNDERSØKELSER		
	OPPDRAG NR. 201025	TEGN. NR. 8	

E6 Røskaft - Skjerdingstad

RAPPORT

Refraksjonsseismikk

Prosjekt nr. 15066

GeoPhysix

INNHOLD:

	Side
1. Innledning	2
2. Sammenfatning	2
3. Måleprogram	2
4. Feltarbeid	2
5. Utstyr	3
6. Prosessering og tolkning av data	3
7. Nøyaktighet	3
8. Resultat	4

TEGNINGER:

		Tegning nr.
Oversiktskart	1: ~335 000	15066 -0
Plan Profil Q, S, T og U	1: 5000	-300-1
Plan Profil N	1: 5000	-300-2
Profil U	1: 500	-301
Profil T	1: 500	-302
Profil S	1: 500	-303
Profil Q	1: 500	-304
Profil N	1: 500	-305

VEDLEGG:

Vedlegg 1, Refraksjonsseismisk metodebeskrivelse
Vedlegg 2, Tegnforklaring refraksjonsseismikk
Vedlegg 3, Rapport, elektriske målinger

1. INNLEDNING

På oppdrag fra Statens vegvesen, region midt har GeoPhysix AS utført refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser for ”E6 Røskaft - Skjerdingstad” i Melhus kommune i Sør-Trøndelag.
Formålet med undersøkelsene var å bestemme mektighet av løsmasser og kartlegging av fjellkvaliteten. Det ble målt refraksjonsseismikk langs fem (5) profiler, og resistivitet/IP langs et (1) profil.

2. SAMMENFATNING

Området hvor profil Q, S, T og U ligger er forholdsvis bratt og ulendt. Profil S, samt det elektriske profilet ligger i et småkupert terreng ovenfor de andre profilene.

Det er forholdsvis liten løsmassetykkelse i området, hovedsakelig 1-3 meter. Maksimal løsmassetykkelse finner man i første halvdel av profil N og på slutten av profil T, med hhv 6 og 7 meter.

Det er registrert «dagfjell» med lavere hastighet (4000-4600 m/s) i alle profilene. Dette er øverste delen av bergflaten hvor forvitring har funnet sted, og fjellet er mer oppsprukket enn fjellet under.
Under «dagfjellet» er basishastigheten mellom 5000 og 6000 m/s, som samsvarer med lite oppsprukket og «godt» fjell.

Det er registrert totalt 11 soner, fordelt på 3 profiler, med seismisk hastighet under 4000 m/s. Dette er å betegne som svakhetssoner, og de har en samlet lengde på 92 meter, og utgjør 9.5% av måleprogrammet. På profil Q og U er det ikke registrert fjellhastigheter under 4000 m/s.

3. MÅLEPROGRAM

Måleprogrammet omfattet fem seismiske profiler og et geoelektrisk profil. Seismisk profil S overlapper det elektriske profilet, og har 0 i lm 367 på det elektriske profilet (horisontalmål).
Plassering av profilene er vist i målestokk 1:5000 på tegningene 15066-300-1/2
Profilene er tegnet opp i målestokk 1:500 på tegning 15066-301 til -305.
Lengden på profilene var 115, 225, 225, 115, 115 og 175 meter, til sammen 970 meter.

4. FELTARBEID

Arbeidet med de seismiske målinger ble foretatt den 26-29.mai 2015.

Forberedelse av feltarbeidet
Geophysix AS sørget for utsetting og innmåling av profilene.
Berørte grunneiere ble kontaktet av oppdragsgiver. Informasjon om alle faste installasjoner i måleområdene ble også innhentet av oppdragsgiver.

Refraksjonsseismiske registreringer
Registreringslengdene var 115 og 175 meter. Det ble skutt for hver 25-40 meter i kabelutleggene og begge veier i forlengelsen av disse.

5. UTSTYR

Det ble brukt:

- Registreringsinstrument ABEM Terraloc Pro med 48-kanaler.
- 24 kanals kabel med 5 m geofonavstand, effektiv lengde 115 meter.
- GS20-DX OyoGeospace geofoner for seismikkregistrering
- Diverse kabel og tilbehør for avfyring av skudd.

6. PROSESSERING OG TOLKING AV DATA

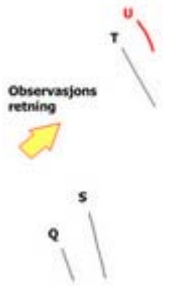
Registreringene ble fortløpende kontrollert under feltarbeidet og prosessert etter utførte målinger.

Seismikkregistreringene ble digitalisert, etterprosessert, utskrevet på papir og manuelt tolket. Fjelloverflaten og laggrenser ble til slutt digitalisert og profilene maskintegnet.

7. NØYAKTIGHET

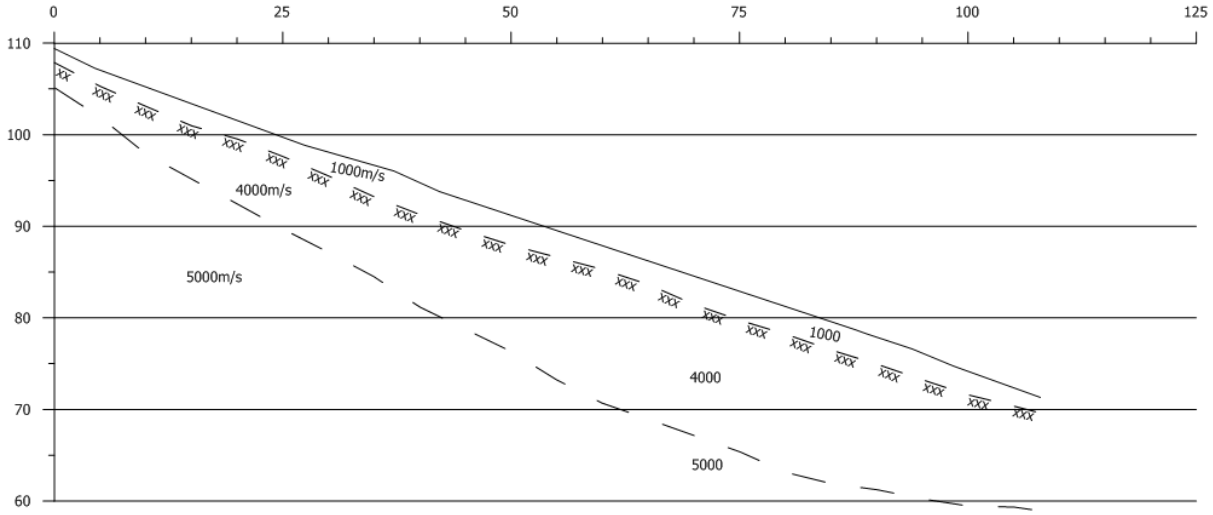
Nøyaktigheten ved beregning av løsmassetykkelsen er tradisjonelt angitt til 2 meter eller 15 % for refraksjonsseismiske målinger.
Avvik fra normal angitt nøyaktighet kan forekomme ved ugunstig geologi, siderefraksjon og i forbindelse med lavhastighetssoner og blindlag i løsmasser (lag med lavere hastighet under lag med høyere hastighet).

8. RESULTAT



Alle lengdemål i resultatteksten er horisontalmål.

Profil U, 0-115 m



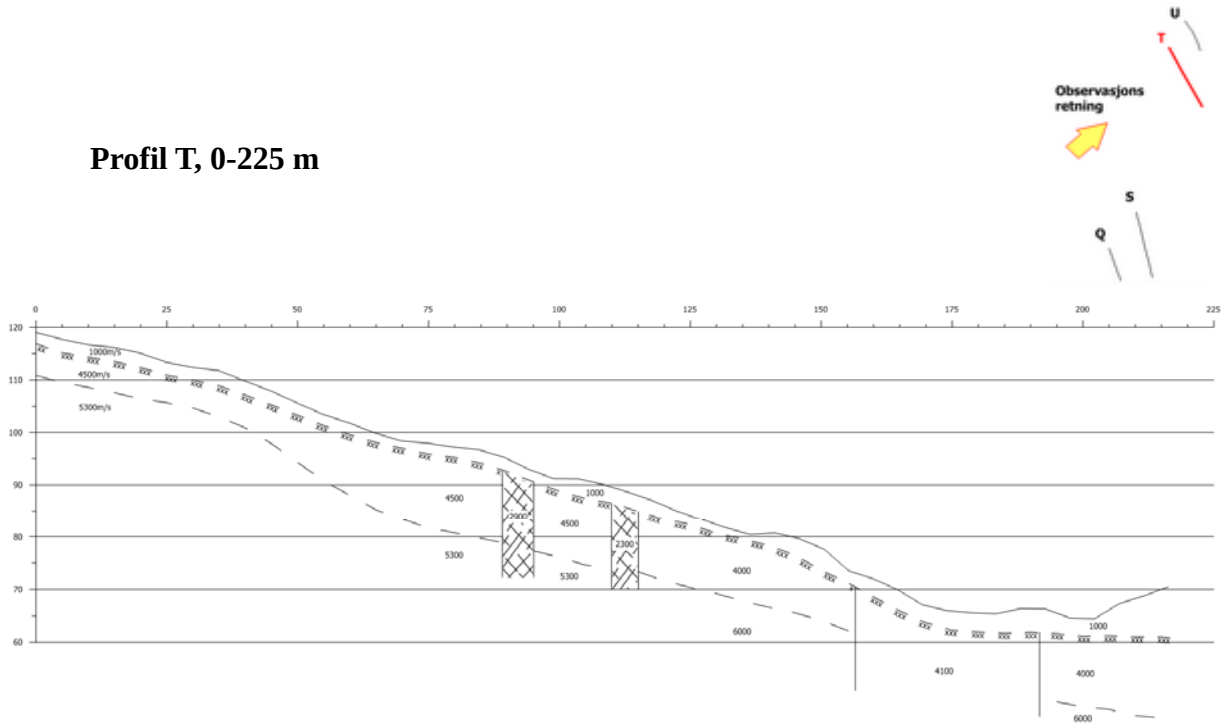
Profilen er vist i plan på tegning -300-1 og i profil på tegning -301.
Profilen ligger med null i **nordvest**.

Det ble registrert tre (3) hastigheter i grunnen langs Profil U, ca. 1000, 4000 og 5000 m/s.
Hastighetene ble tolket som løsmasser, dagfjell og underliggende fjell.

Løsmasser
Det ble registrert ca. 1-3 meter løsmasser langs profilen. Hastigheten i løsmassene ble registrert til 1000 m/s.

Fjell
Fjelloverflaten er tilnærmet parallell med terrenget.
Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på 5000 m/s langs profilen.
Det ble ikke registrert lavhastighetssoner i profilen.
Laveste fjellnivå, ca kote 70 ble registrert i lm 115.
Det ble beregnet dagfjell med en hastighet på 4000 m/s langs hele profilen

Profil T, 0-225 m



Profilen er vist i plan på tegning -300-1 og i profil på tegning -302.
Profilen ligger med null i **nordvest**.

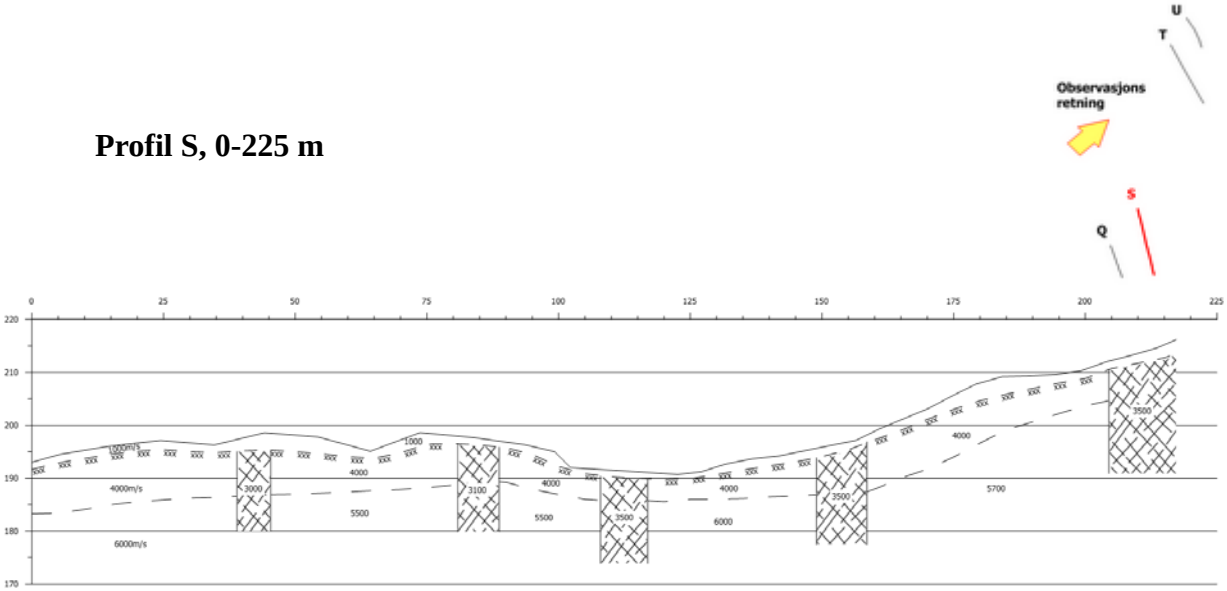
Det ble registrert tre (3) hastighetslag i grunnen langs Profil T, ca. 1000, 4000-4500 og 5300-6000 m/s. Hastighetene ble tolket som løsmasser, ”dagfjell” og underliggende fjell.

Løsmasser
Det ble registrert ca. 1-7 meter løsmasser langs profilen. Hastigheten i løsmassene ble beregnet til 1000 m/s. Størst løsmassemektighet er i slutten av profilen.

Fjell
Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på 5300-6000 m/s langs profilen. Det ble registrert to (2) lavhastighetssoner i profilen. I lm 89-95 med en hastighet på 2900 m/s og i lm 110-115 med en hastghet på 2300 m/s. Det ble også registrert et område med lavere hastighet i lm 157-192.
Laveste fjellnivå, ca kote 61 ble registrert i slutten av profilen.
Det ble beregnet ”dagfjell” med en hastighet på 4000-4500 m/s langs hele profilen.

.

Profil S, 0-225 m



Profilen er vist i plan på tegning -300-1 og i profil på tegning -303.
Profilen ligger med null i **nordvest**.

Det ble registrert tre (3) hastighetslag i grunnen langs Profil S, ca. 1000, 4000 og 5500-6000 m/s. Hastighetene ble tolket som løsmasser, ”dagfjell” og underliggende fjell.

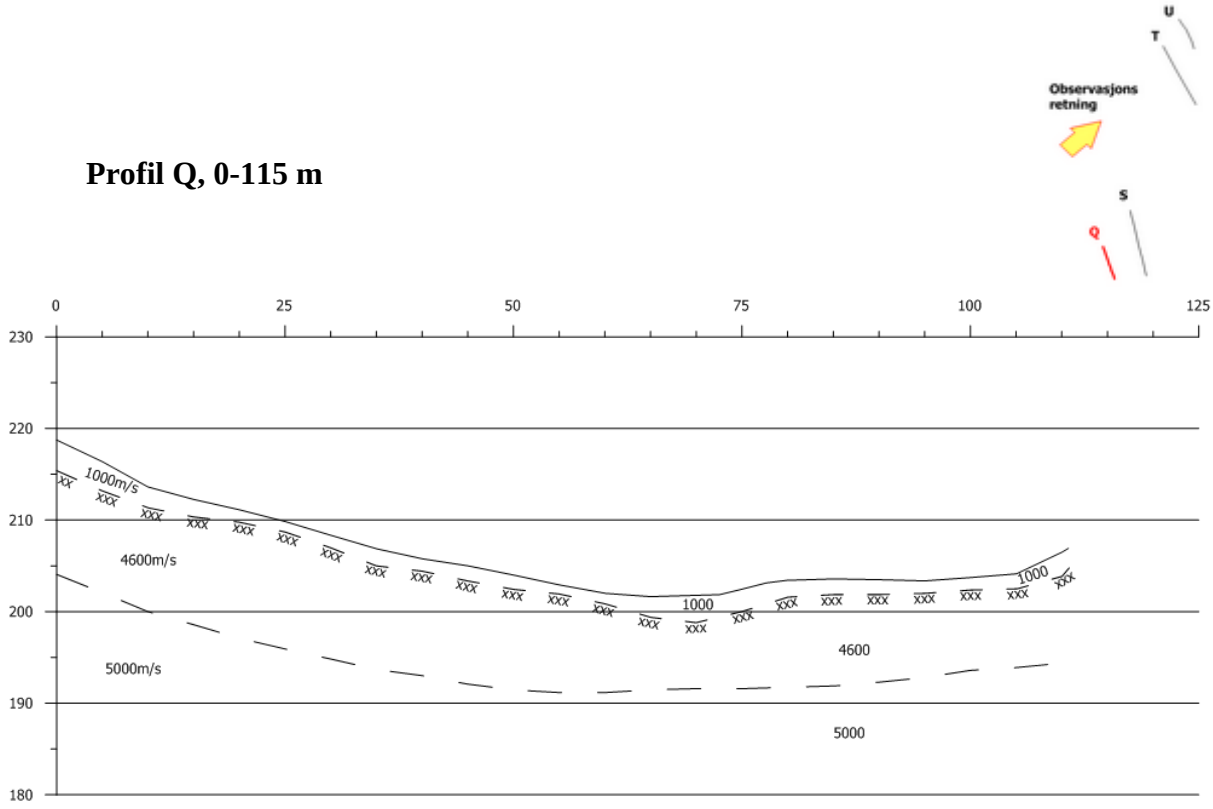
Løsmasser

Det ble registrert ca. 1-3 meter løsmasser langs profilen. Hastigheten i løsmassene ble registrert til 1000 m/s.

Fjell

Fjelloverflaten er tilnærmet parallell med terrenget.
Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på 5500-6000 m/s langs profilen.
Det ble registrert fem (5) kryssende lavhastighetssoner i profilen. I lm 39-45 med hastighet 3000 m/s, lm 81-89 med hastighet 3100, lm 108-112 med hastighet 3500 m/s, lm 149-159 med hastighet 3500 og lm 205-217 med hastighet 3500 m/s
Laveste fjellnivå, ca kote 190 ble registrert i lm 120.
Det ble beregnet ”dagfjell” med en hastighet på 4000 m/s langs hele profilen.

Profil Q, 0-115 m



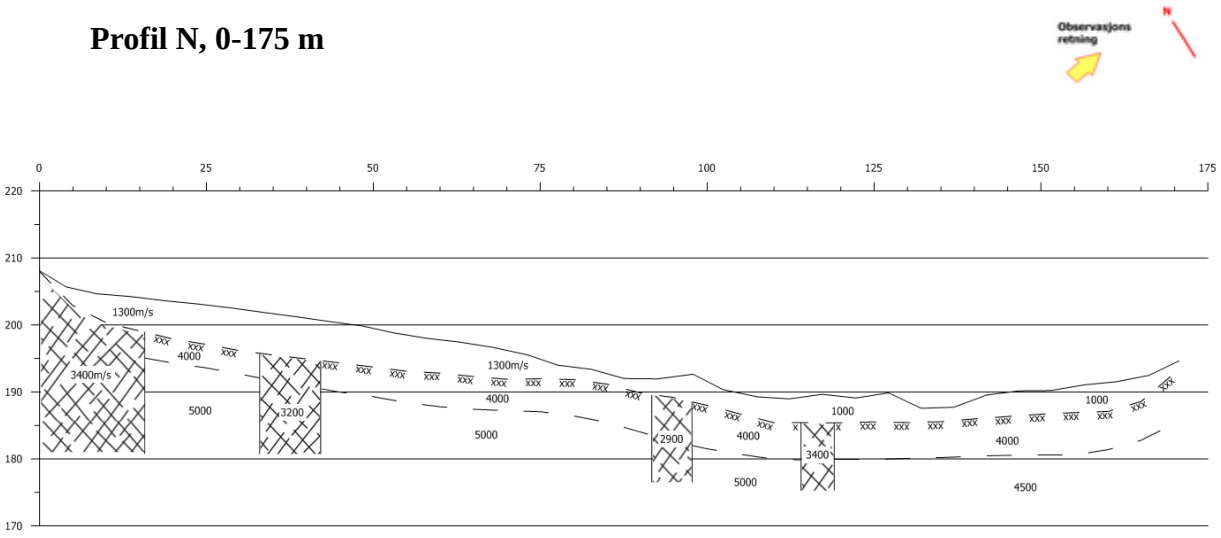
Profilen er vist i plan på tegning -300-1 og i profil på tegning -304.
Profilen ligger med null i **nordvest**.

Det ble registrert tre (3) hastighetslag i grunnen langs Profil Q ca. 1000, 4600 og 5000 m/s. Hastighetene ble tolket som løsmasser, ”dagfjell” og underliggende fjell.

Løsmasser
Det ble beregnet ca. 1-3 meter løsmasser langs profilen. Hastigheten i løsmassene ble registrert til 1000 m/s.

Fjell
Fjelloverflaten er tilnærmet parallell med terrenget.
Hastigheten i fjellgrunnen ble beregnet med en basishastighet på 5000 m/s langs profilen.
Det ble ikke registrert kryssende lavhastighetssoner langs profilen.
Laveste fjellnivå, ca kote 198 ble registrert i lm 70.
Det ble beregnet ”dagfjell” med en hastighet på 4600 m/s langs hele profilen

Profil N, 0-175 m



Profilen er vist i plan på tegning -300-2 og i profil på tegning -305.
Profilen ligger med null i **nordvest**.

Det ble registrert tre (3) hastighetslag i grunnen langs Profil N, ca. 1000-1300, 4000 og 4500-5000. Hastighetene ble tolket som løsmasser, "dagfjell" og underliggende fjell.

Løsmasser
Det ble registrert ca. 0-6 meter løsmasser langs profilen. Hastigheten i løsmassene ble registrert til 1000-1300 m/s.

Fjell
Fjelloverflaten er tilnærmet parallell med terrenget.
Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på 4500-5000 m/s langs profilen.
Det ble registrert fire (4) kryssende lavhastighetssoner i profilen. I lm 0-16 med hastighet 3400 m/s, lm 33-42 med hastighet 3200 m/s, lm 92-98 med hastighet 2900 m/s og lm 114-119 med hastighet 3400.
Laveste fjellnivå, ca kote 185 ble registrert i lm 110-135.
Det ble beregnet "dagfjell" med en hastighet på 4000 m/s langs hele profilen.

ASKER 24.06.2015

GeoPhysix AS

Staffan Paulsson Helge Skogheim

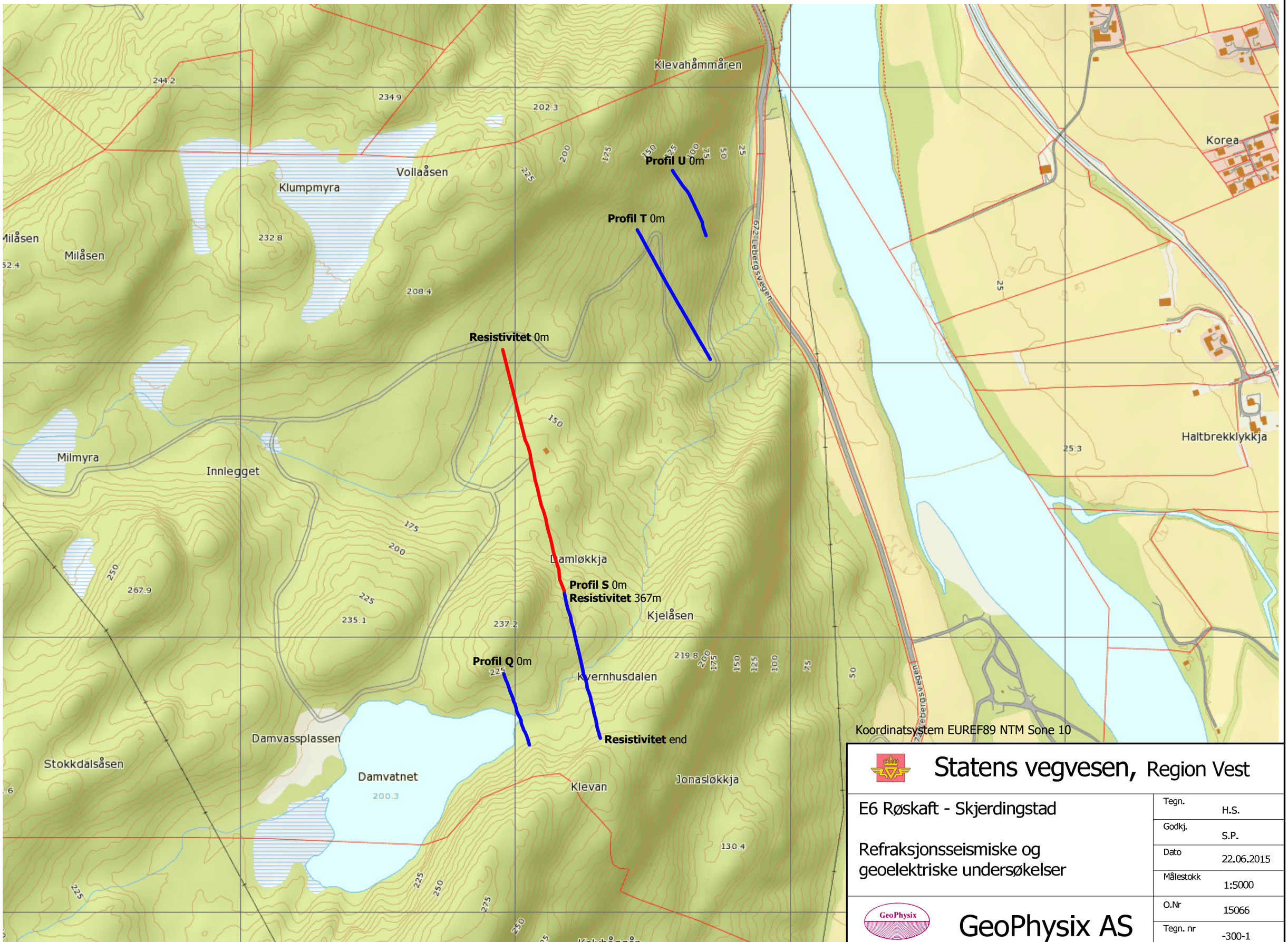
Statens vegvesen, Region midt

E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

GeoPhysix AS

Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	24.06.2015
Målestokk	ca. 1:335 000
O.Nr	15066
Tegn. nr	-0



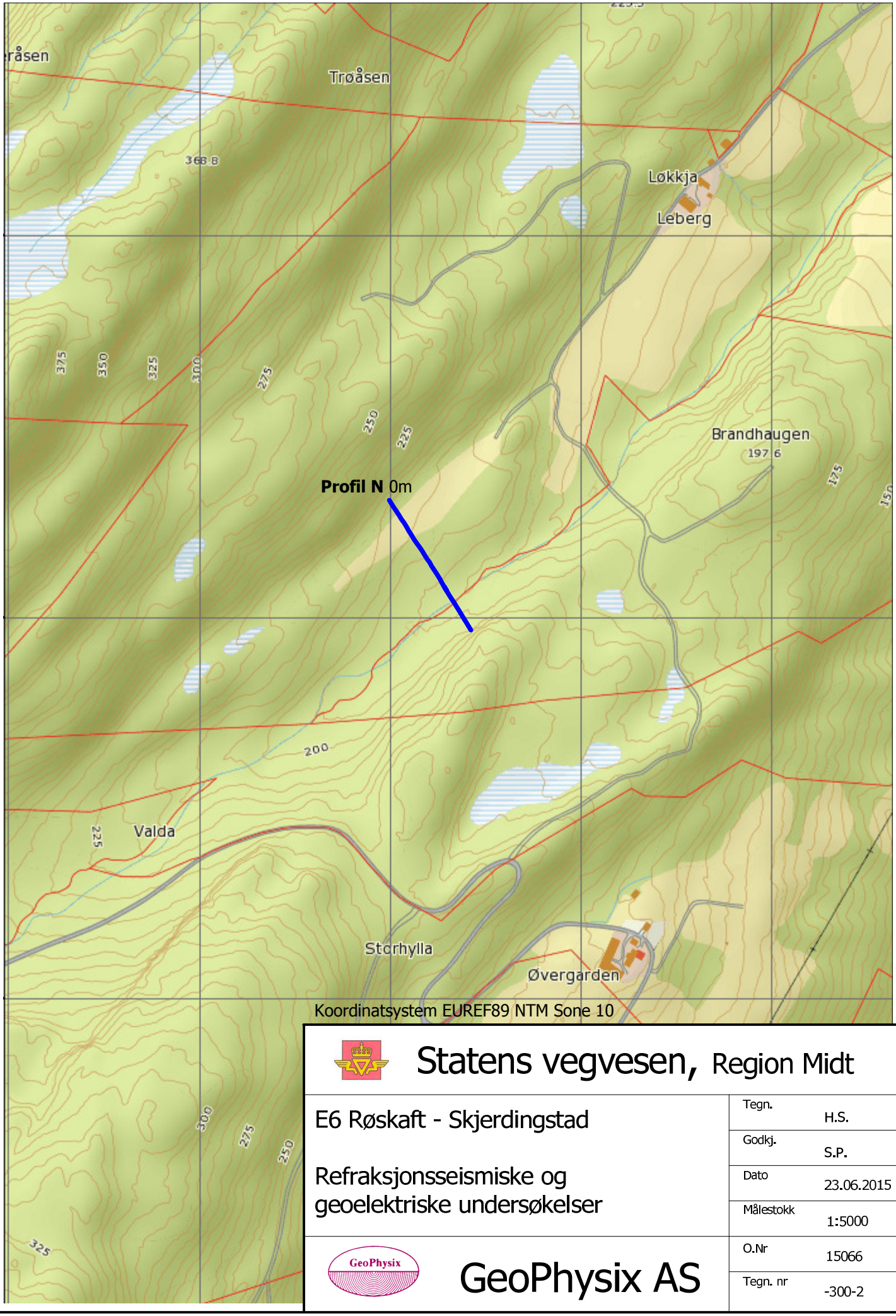
Statens vegvesen, Region Vest

E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

GeoPhysix AS

Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	22.06.2015
Målestokk	1:5000
O.Nr	15066
Tegn. nr	-300-1



Statens vegvesen, Region Midt

E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

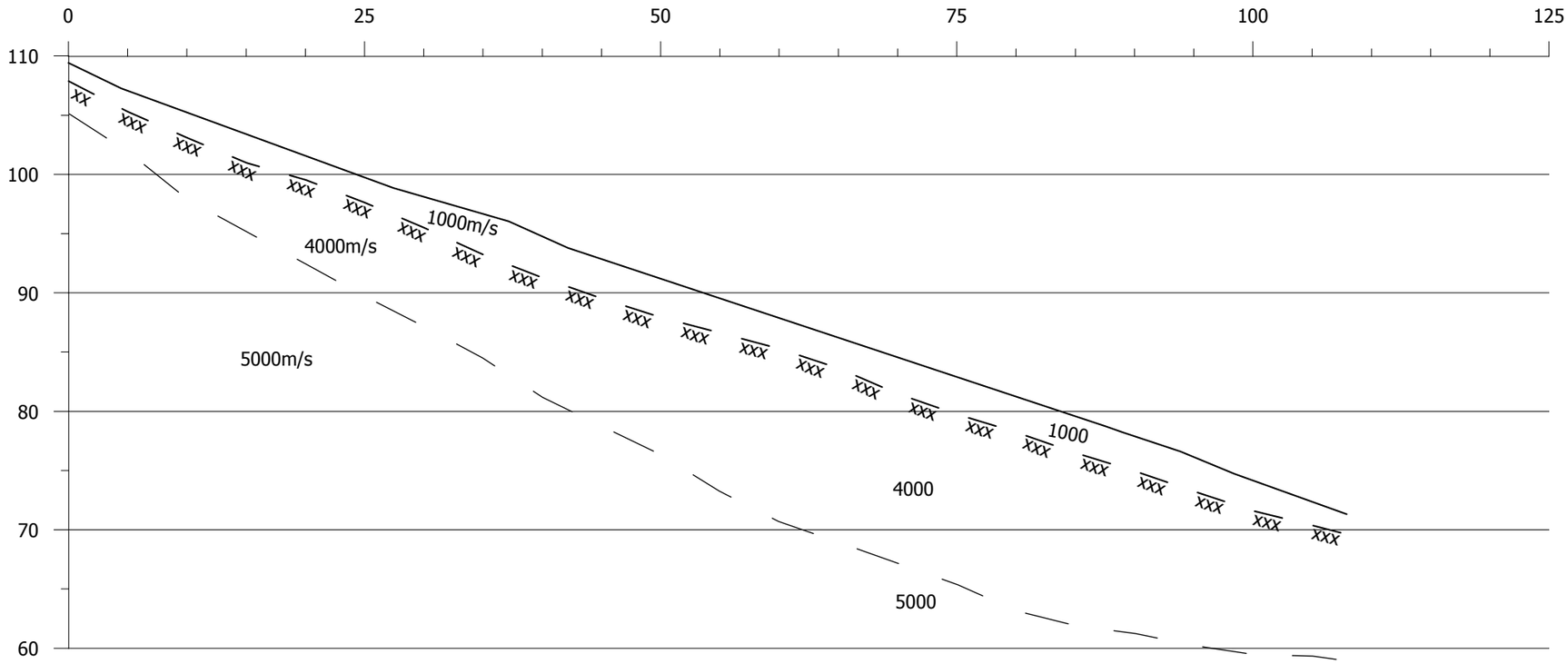
Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	23.06.2015
Målestokk	1:5000
O.Nr	15066
Tegn. nr	-300-2

GeoPhysix AS

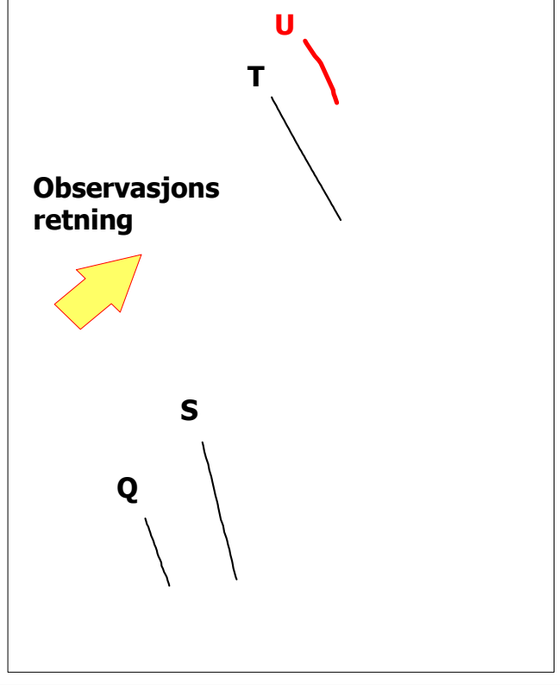
Melhus Profil U
115 meter

NV
N 1578 279
E 89 429

SØ
N 1578 184
E 89 477



Profilplassering



Tegnforklaring
Terrengprofil
Fjell
Dagfjell

Koordinatsystem EUREF89 NTM Sone 10

Statens vegvesen, Region Midt

E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

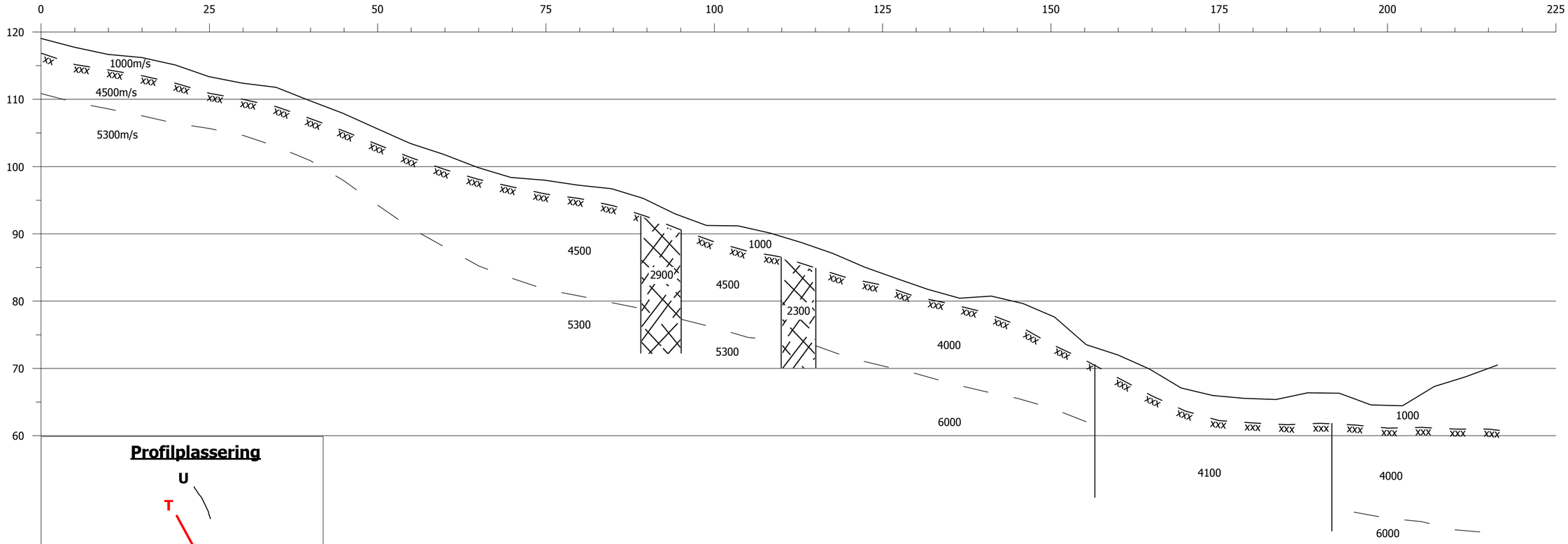
Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	19.06.2015
Målestokk	1:500
O.Nr	15066
Tegn. nr	-301

GeoPhysix AS

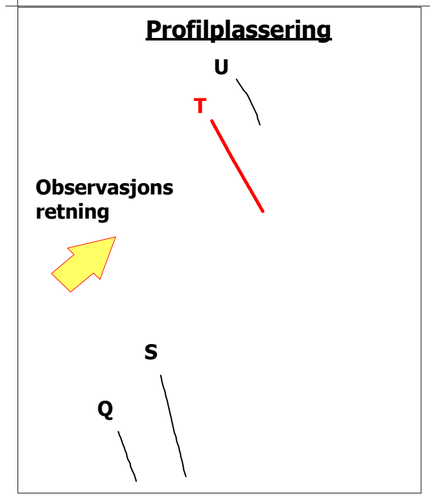
Melhus, Profil T
0-225m

NV
N 1578 193
E 89 377

SØ
N 1578 004
E 89 484



Profilplassering



Koordinatsystem EUREF89 NTM Sone 10

Tegnforklaring

Terrengprofil
Fjell
Dagfjell

Statens vegvesen, Region Midt

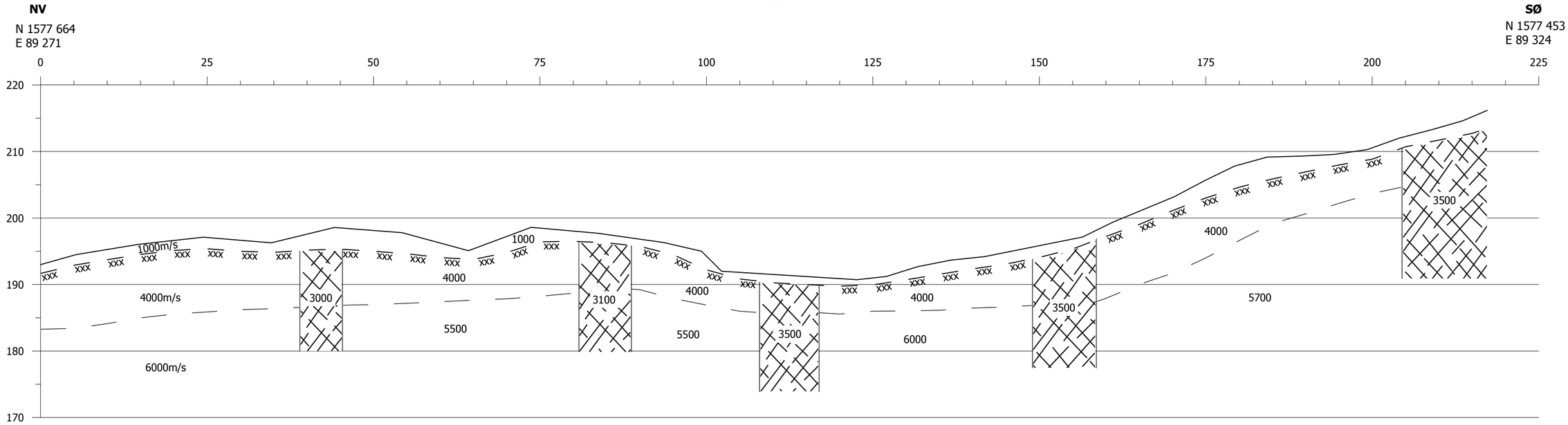
E6 Røskaft - Skjerdingstad

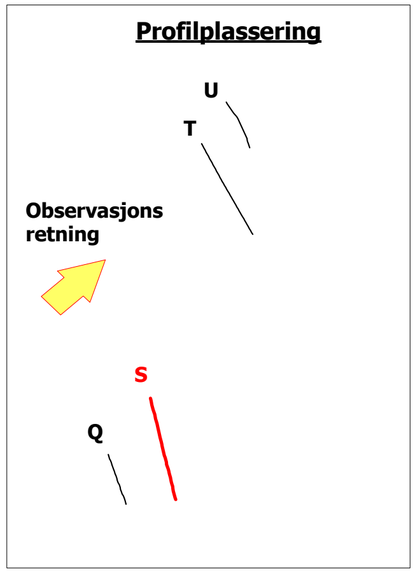
Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	18.06.2015
Målestokk	1:500
O.Nr	15066
Tegn. nr	-302

GeoPhysix AS

Melhus, Profil S
0-225m





Tegnforklaring

- Terrengprofil
- Fjell
- Dagfjell

Koordinatsystem EUREF89 NTM Sone 10

Statens vegvesen, Region Midt

E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

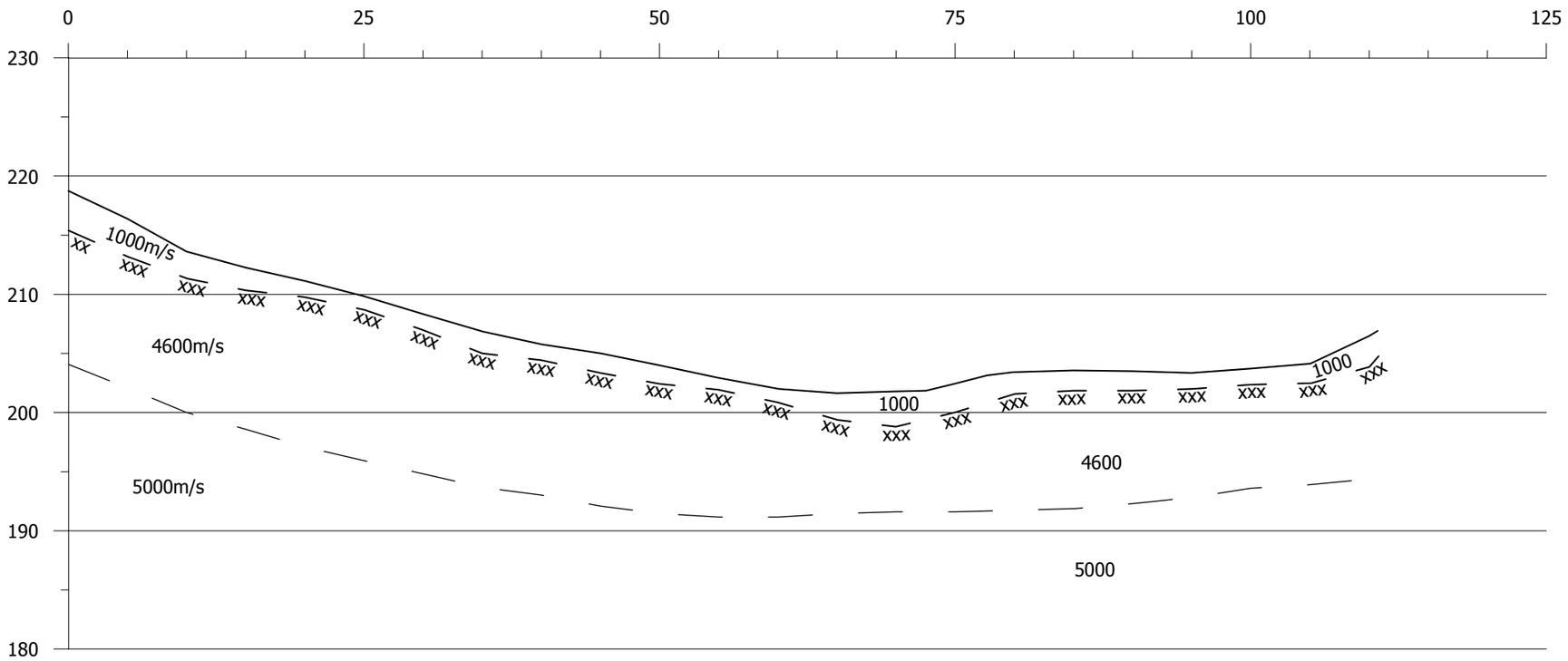
Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	19.06.2015
Målestokk	1:500
O.Nr	15066
Tegn. nr	-303

GeoPhysix AS

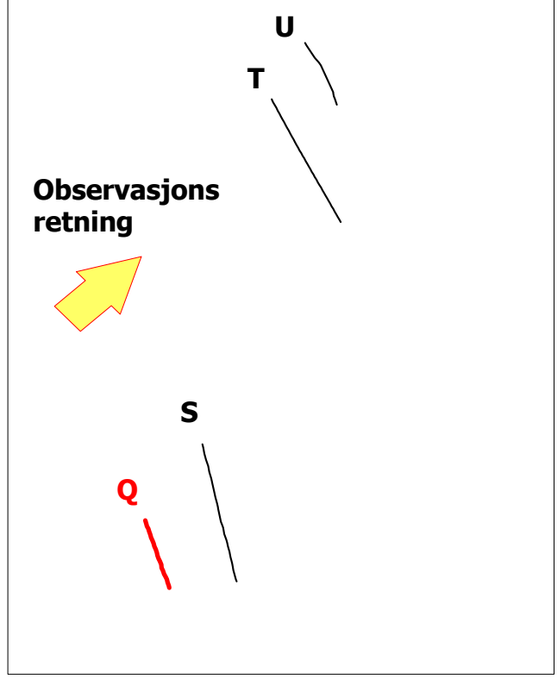
Melhus Profil Q
115 meter

NV
N 1577 547
E 89 183

SØ
N 1577 443
E 89 220



Profilplassering



Koordinatsystem EUREF89 NTM Sone 10

Tegnforklaring
- Terrengprofil
- xxx Fjell
- xxx Dagfjell

Statens vegvesen, Region Midt

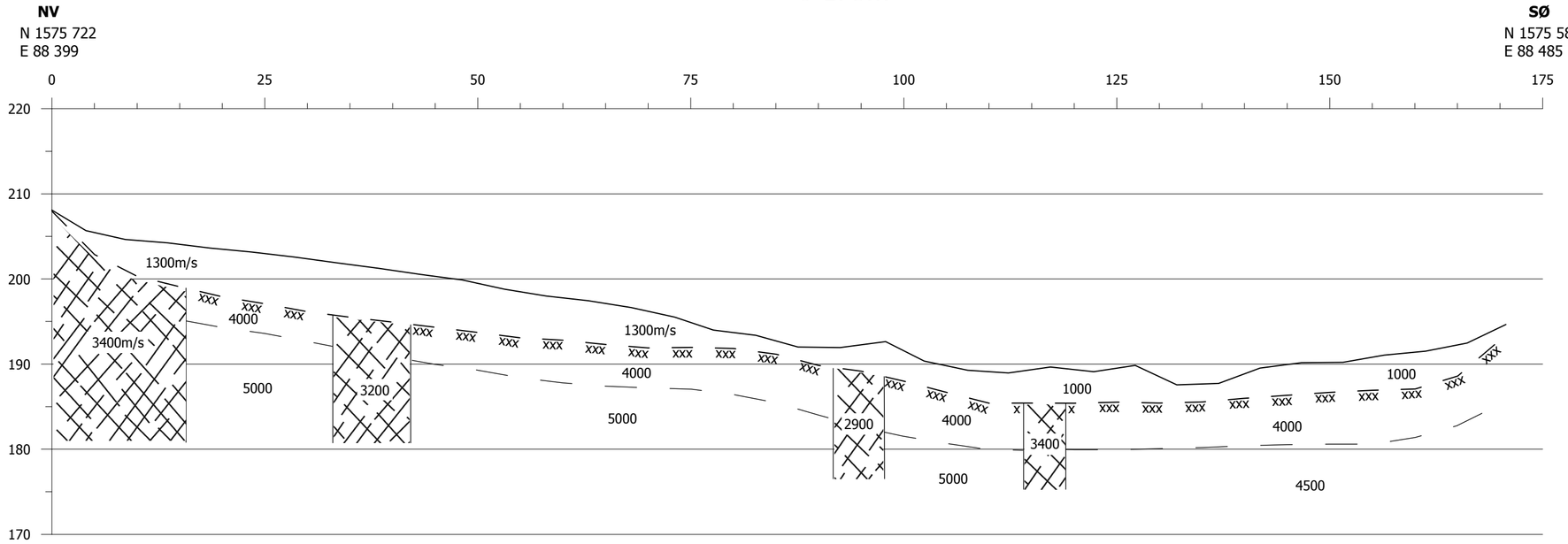
E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

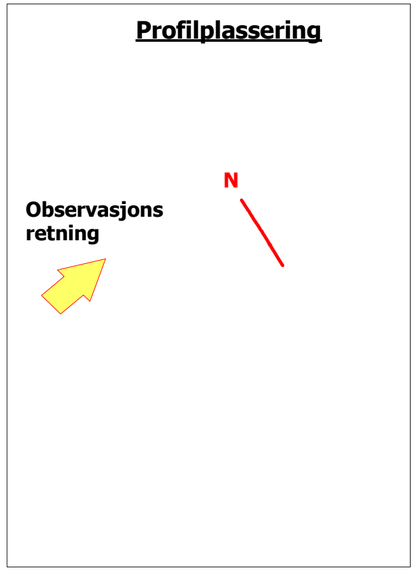
Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	19.06.2015
Målestokk	1:500
O.Nr	15066
Tegn. nr	-304

GeoPhysix AS

Melhus, Profil N
0-175m



Profilplassering



Tegnforklaring

- Terrengprofil
- Fjell
- Dagfjell

Koordinatsystem EUREF89 NTM Sone 10

Statens vegvesen, Region Midt

E6 Røskaft - Skjerdingstad

Refraksjonsseismiske og geoelektriske undersøkelser

Tegn.	H.S.
Godkj.	S.P.
Dato	19.06.2015
Målestokk	1:500
O.Nr	15066
Tegn. nr	-305

GeoPhysix AS

Vedlegg1:
Refraksjonsseismisk metodebeskrivelse

Refraksjonsseismisk undersøkelse

Den refraksjonsseismiske metoden blir brukt for å [a)] bestemme dybden til refraktorer (laggrense til lag med økende seismisk hastighet) og for å [b)] bestemme forandring av hastighet i fjellgrunnen.

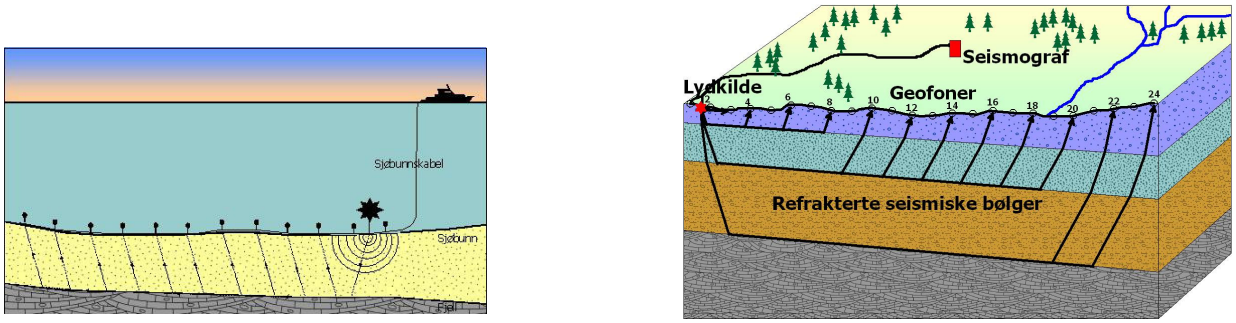
Dette er mulig fordi den refraksjonsseismisk undersøkelsesmetoden benytter seismiske lydbølger som blitt "kritisk" refraktert = maksimalt refraktert. Etter refraksjon (avbøyning,) vil disse lydbølgene bevege seg parallelt med og med samme hastighet som refraktoren.

Etter å ha blitt generert på overflaten vil lydbølgene til slutt returnere tilbake dit. De har da beveget seg NED gjennom bakken til en refraktor, PARALLELT langs etter refraktoren og til slutt OPP til overflaten. Den tilsynelatende seismiske hastigheten som blir målt på overflaten er lik med den seismiske hastigheten til refraktoren. Gangtiden, den totale tiden langs hele gangveien, blir registrert (figur 1) og brukt for å beregne sann lydhastighet og korrekt dybde til refraktoren.

I en flerlagsmodell kommer de refrakterte lydbølgene fra hvert enkelt lag til å returnere til overflaten. Den først ankomne lydbølgen til hver enkelt geophone/hydrofon blir brukt i beregningene.

Et lag må være tykkere enn summen av overliggende lag for å bli oppdaget i registreringene.

Nøyaktigheten i beregning av lagtykkelse er tradisjonelt satt til to meter eller 20% for å sikre mot beregningsfeil i tilfelle skjulte lag er tilstede i løsmassene.



***Figur 1**: Prinsippen for refraksjonsseismiske målinger. a) En hydrofonkabel blir lagt ut på sjøbunnen (venstre) eller b) Geofoner på bakken blir koblet til en landkabel. En seismisk energikilde genererer lydbølger ved sjøbunnen eller markoverflaten. Gangtider til hver enkelt hydrofon/geofon blir registrert på en seismograf.*

Posisjonering

Hydrofonkablen blir posisjonert på sjøbunnen ved hydroakustisk posisjonering. Ved å detonere sprengkapsler i seks kjente posisjoner i vannoverflaten og måle gangtiden til hver enkelt hydrofon kan posisjonen for disse på sjøbunnen beregnes. Figur 2 viser en grafisk presentasjon av innmålingen.

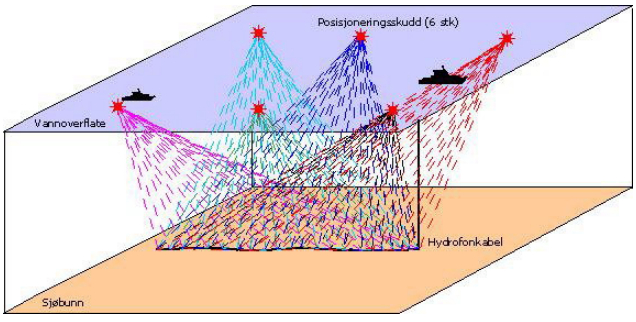
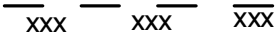


***Figure 2:** Hydroakustisk posisjonering av en hydrofonkable på sjøbunnen. Gangtidene fra seks individuelle detonasjoner blir registrert.*

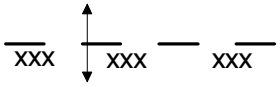
TEGNFORKLARING REFRAKSJONSSEISMIKK

TERRENG/BUNNPROFIL

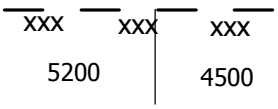
LAGGRENSE I LØSMASSER



FJELLOVERFLATE



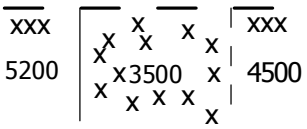
FJELLOVERFLATE MED SPESIFISERT USIKKERHET



VERTIKAL HASTIGTETSGRENSE
I FJELLGRUNNEN

LAGGRENSE I FJELLGRUNNEN

DIFFUS LAGGRENSE I FJELLGRUNNEN
(gradvis økende hastighet)



LAVHASTIGHETSSONE I FJELLGRUNNNEN
(klar grense til venstre, diffus til høyre)

VANLIGE SEISMISKE HASTIGHETER

500 -800	SEDIMENT (over vann, løst lagret)
900 - 1200	SEDIMENT (over vann, fast lagret)
1500 - 2100	SEDIMENT (under vann)
> 2000 - 3900	LAVHASTIGHETSSONE I FJELLGRUNNEN
4000 - 5500	VANLIG HASTIGHET I FJELLGRUNNEN

Mätuppdrag åt Geophysix

GUIDELINE GEO AB (PUBL) Löfströms Allé 1 | 172 66 Sundbyberg | SWEDEN | Tel: +46 8 557 613 00 | Fax: +46 8 557 613 01
info@guidelinegeo.com | www.guidelinegeo.com

Innehållsförteckning

Introduktion 3
Plats 3
Metodologi 3
Insamling av data 5
Processering av data 5
Profil 1 5
Gradient 5
Dipole-Dipole 6
Resultat 7
Resistivitet 7
IP 9
Appendix 10
Figur-förteckning 10
Figurer 11

Introduktion

Geophysix antog ett mätuppdrag för att göra geofysiska mätningar i syfte att undersöka svaghetszoner i ett berg inför ett tunnelbygge. Uppdragsgivaren önskade få utfört både seismik- samt resistivitets-mätningar. Då Geophysix inte själva hade ett resistivitets-instrument så hyrdes en ABEM Terrameter LS av Guideline Geo. För att underlätta arbetet bestämdes att Fredrik Nyqvist från Guideline Geo skulle hjälpa till under fältarbetet med datainsamling och även till viss del med tolkning av datat.

Plats

Figur 1 - Profilens utsträckning

Området som skulle undersökas ligger utanför Melhus ca 30 km söder om Trondheim.

Metodologi

Resistivitet är en metod där elektrisk ström skickas i marken, samtidigt mäter man potential (spänning) och kan då räkna fram markens elektriska motstånd. Då svaghetszonerna som letades efter förväntades att kunna vara vertikala bestämdes att göra mätningar med två olika elektrodkonfigurationer, Multiple Gradient och Dipole-Dipole.

Multiple Gradient är en elektrodkonfiguration som är en blandning av Schlumberger, Wenner och Pole-Dipole. Då strömelektroderna alltid är placerade utanför potentialelektroderna så har

den ett mycket bra ”signal till brus”-förhållande och ger oftast mycket bra datakvalité. Den är väldigt bra på horisontala lagerföljder men även bra vertikala strukturer.

Dipole-Dipole är en elektrodkonfiguration där strömelektroderna placeras tätt ihop och potentialelektroderna placeras tätt ihop. För att nå djupare så ökas separationen mellan strömelektroder och potentialelektroder, och när avståndet ökar så minskas oftast amplituden på insignalen kraftigt. Detta gör att datakvalitén kan bli lägre, samt att det är större risk för att påverkas av yttre störningar. Fördelen med Dipole-Dipole är att den är väldigt bra på vertikala strukturer samt att den mäter ca 20 % djupare än Multiple Gradient, den är däremot inte lika bra på horisontala lagerföljder.

För mätningen användes en ABEM Terrameter LS resistivitetsmätare tillsammans med ett kabel-set bestående av tre kablar och totalt 61 elektroder. Avståndet mellan elektroderna var 10 meter vilket gjorde att det kompletta utlägget blev 600 meter långt. Djuppenetrationen blir olika för de två elektrodkonfigurationerna och med denna kabel-uppsättning blev djupet ca 110 meter för Multiple Gradient och ca 140 meter för Dipole-Dipole. I början och slutet av profilerna blir dock djupet mindre.

Då det ansågs finnas tid nog mättes utöver resistivitet även IP (Induced Polarization). Resistivitet används för att mäta markens elektriska motstånd och med IP mäts markens uppladdningsförmåga. Görs jämförelsen med elektriska komponenter kan resistivitet liknas vid en resistor med IP kan liknas vid en kondensator.

För mer läsning inom ämnena rekommenderas följande rapporter

Louis I., Louis F. and Grambas A., 2002.
Exploring for favorable groundwater conditions in hardrock environments by resistivity imaging methods: synthetic simulation approach and case study example.
J. Electr. Electron. Eng., Special issue on International Conference on Earth Sciences and Electronics-2002 (ICESE-2002) (http://www.geophysicsonline.gr/paper- 10.pdf).

Owen, R.J. and Dahlin, T., 2005.
Alluvial aquifers at geological boundaries: geophysical investigations and groundwater resources.
Groundwater and Human Development, Ed. E. Bocanegra, M Hernandez and E Usunoff, Balkema, p233-246 (http://lup.lub.lu.se/record/2344532/file/2365530.pdf).

Dahlin, T. and Zhou, B., 2004.
A Numerical Comparison of 2D Resistivity Imaging with 10 Electrode Arrays.
Geophysical Prospecting volume 52, issue 5, p379–398
(http://lup.lub.lu.se/record/268576/file/4064849.pdf).

Dahlin, T., Leroux, V. and Nissen, J., 2002.
Measuring techniques in induced polarization imaging.
Journal of Applied Geophysics 50 (2002), p279-298
http://phineas.u-strasbg.fr/marquis/Enseignement/Public/HGP/2002DahlinLerouxNissen_IP_JoAG.pdf

Insamling av data

Profilen låg på en ås med för området normal skogsvegetation. Området var förhållandevis kuperat och profilen började på ca 150 meter över havet och slutade ca 215 meter över havet. Arbetet utfördes av Fredrik Nyqvist från Guideline Geo och Morgan Wåle från Geophysix. Mätningarna utfördes 2015-05-28.

Totalt är profilen 600 meter lång och två stationer (positioner för mätinstrumentet) har använts. De första 100 metrarna av profilen var marken bitvis väldigt blöt och det syntes även i resultatet från elektrodtestet att kontaktresistansen var lägre där. Det lösa jordlagret över berget var längs största delen av profilen väldigt tunt.

Processering av data

All data har laddats ur instrumentet för att sedan post-processas i med hjälp av dator-program. Detta sker i följande tre steg

1. Filtrering i Terrameter LS Toolbox baserat i första hand på standard-avvikelse, då detta är den bästa indikationen på data-kvalité. För vissa dataset har även filtrering skett baserat på ingångs-spänning. Detta då det kan anses osannolikt att uppmätta spänningar under vissa värden är stabila och gett bra resultat
2. Kontroll av hur väl datat för en profil hänger ihop innan själva inversionen påbörjas. Datat visualiseras grafiskt i en 2D-profil och data-punkter som sticker ut kan då tas bort.
3. Kontroll av hur väl datat för en profil hänger ihop efter inversionen är utförd. Datat kan då visas statistiskt med grafer och siffror för hur väl varje data-punkt passar in i den färdiga modellen.

Data-kvalitén varit mycket hög och inga datapunkter har behövts filtrerats bort.

För profilen har topografi lagts till och den har mätts in med DGPS av Geophysix. Programmet som har använts för inversion av data (Res2Dinv) har vissa begränsningar vad gäller topografi och tillåter inte mer än ca 60 graders lutning i topografin. För vissa delar av topografin har detta varit fallet och för att få inversionen att gå igenom har därför viss modifikation varit tvungen att göras för ett par topografipunkter.

Den uppmätta kontaktresistansen varit relativt låg, vilket betyder bra kontakt med marken och borgar för bra kvalité på mätresultaten.

Profil 1

Gradient

Totalt mättes 820 datapunkter på djup mellan ca 5.5 och 111 meter. Medelvärdet för standardavvikelsen vid resistivitetsmätningen är 0.23 % och medianvärdet 0.21 % . I Terrameter LS kontrollerade standardavvikelsen för alla datapunkter men alla punkter ansågs ha så bra att ingen filtrering behövde göras. Även när datat granskats i steg två och tre har kvalitén varit så hög att ingen vidare filtrering behövts göras.

Dipole-Dipole

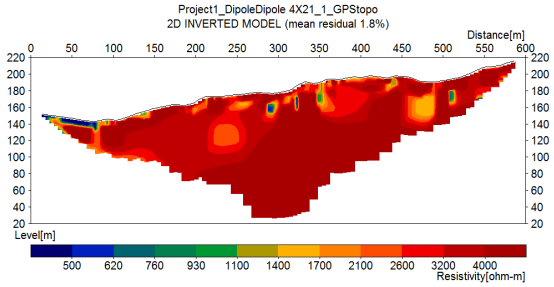
Totalt mättes 957 datapunkter på djup mellan ca 4 och 134 meter. Medelvärdet för standardavvikelsen vid resistivitetsmätningen är 0.17 % och medianvärdet 0.15 % . Även för denna profil så var standardavvikelsen så låg att det inte ansetts nödvändigt att ta bort några datapunkter. Vid vidare kontroll i steg två och tre av datat fanns inte heller där anledning att filtrera datapunkter då det gav en ytterst minimal skillnad på det slutgiltiga resultatet.

Resultat

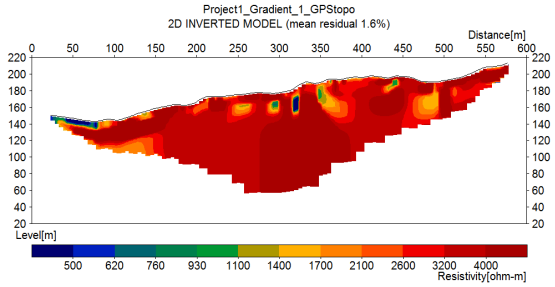
Vid skrivelsen av denna rapport har inga resultat setts från seismik-mätningen som utfördes samtidigt eller eventuella tidigare geofysiska mätningar som kan ha utförts. Diskussionen om resultaten förs därför enbart baserat på mätningarna utförda med ABEM Terrameter LS.

Resistivitet

Under mätningen har stora variationer i resistivitet uppmäts, från ca 300 ohm-m ändå upp till ca 14000 ohm-m. Majoriteten av datat ligger dock mellan 1000 och 4500 ohm-m. De stora variationerna komplicerar visualiseringen, då det gör det svårare att se detaljer i både de lågresistiva och högresistiva delarna samtidigt. Låter man visualiseringsprogrammet välja automatisk skalning för resistiviteten så blir färgerna för profilerna sådana att inga tydliga kontraster ses. Därför har skalan valts manuellt för visualiseringen i rapporten och den har då satts att visa 500-4000 ohm-m.

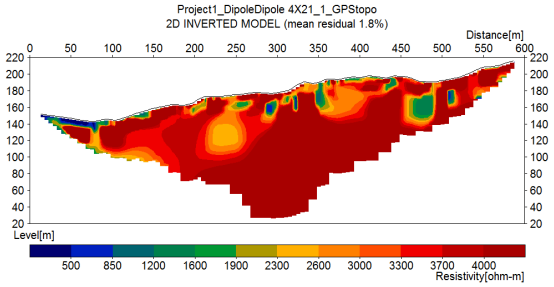


Figur 2 - Dipole-Dipole (Resistivitet, logaritmisk skala)

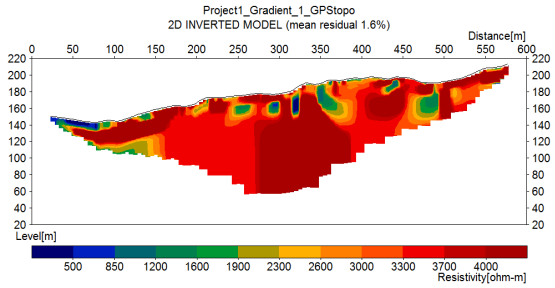


Figur 3 - Gradient (Resistivitet, logaritmisk skala)

I Figur 2och Figur 3 har profilerna visualiserats med tidigare nämnda min- och max-värden i logaritmisk form. Detta kan anses som standard för visualisering men kan ibland göra det lite mindre tydligt om man letar kontraster i den högre delen av resistivitets-skalan. I Figur 4 och Figur 5 visas samma min- och max-värden men med linjär skala.



Figur 4 - Dipole-Dipole (Resistivitet, linjär skala)



Figur 5 - Gradient (Resistivitet, linjär skala)

De olika elektrodkonfigurationerna Dipole-Dipole och Gradient har olika egenskaper och resultatet skiljer sig därför lite från varandra. För de flesta strukturer går det dock att se samma mönster för båda mätningarna.

Nära markytan för de första 100 metrarna av profilen kan ses markant lägre resistivitet än för resten av profilen. Detta beror på att det där fanns lera och vattenansamlingar vilket sänkt resistiviteten. Det gick även en bäck där vilket gör att vatten tränger ner i marken. För både Dipole-Dipole och Gradient-modellerna går att se tendenser att det på ca 30 meters djup skulle finnas en zon med lägre resistiviteter fram till ca 150 meter och att detta verkar hänga samman med det lågresistiva område närmare markytan de första 100 metrarna av profilen. Det skulle kunna vara så att vattnet från bäcken har orsakat erosion i berget och att det är det är små vattenfyllda sprickor och högre porositet som orsakar den lägre resistiviteten. Tyvärr är detta område precis i början av profilen och det finns därför inte samma djuppenetration där. För att kunna bättre tolka den första sektionen av profilen skulle det vara bra med att ha kompletterande info, alternativt att ha förlängt profilen för att få mer och djupare information.

Längs markytan efter de första 100 metrarna kan ses en generellt sett hög resistivitet som sällan är lägre än ca 1500 ohm-m, och oftast så högt som 3000 ohm-m eller ännu mer. Detta beror på att det minsta mätdjupet (ca 4 meter) är mycket djupare än vad tjockleken på de lösa jordlagret är och att det som visas i modellerna i princip bara är rent berg.

Vid ca 200 meter kan ses en zon ca 5-10 meter under markytan där resistiviteten är lite lägre. Ungefär vid 235 till 270 går det att se en anomali där resistiviteten är lägre. Denna struktur är lite större än den vid 200 meter och börjar på ca 20 meters djup. För denna struktur skiljer sig modellerna för Dipole-Dipole och Gradient sig åt, och modellen för Dipole-Dipole indikerar att detta skulle kunna vara en vertikal struktur som går till ca 60 meters djup. För Gradient syns inte samma struktur, men den konfigurationen är inte heller lika bra för att detektera vertikala strukturer. Det som modellen för Dipole-Dipole indikerar skulle kunna vara ett tecken på en zon där berget är mer poröst eller att det finns sprickor, och att det därför är större vatten-koncentration där. Både Gradient och Dipole-Dipole-modellerna visar tendenser på att strukturerna vid 200 meter samt 235-270 meter skulle kunna höra ihop med den lågresistiva området som går på djupet från början av profilen fram till ca 150 meter. Det skulle kunna vara möjligt att den vertikala struktur som indikeras av Dipole-Dipole-modellen smalnar av och fortsätter snett nedåt till den lågresistiva zonen, men då den som tidigare nämnts ligger precis i ändområdet där vi har information för modellen så bör man vara försiktig att dra för stora slutsatser av denna indikation.

I modellerna för både Gradient och Dipole-Dipole går att se anomalier vid ca 290 och 320 meter. Dessa två anomalier har ungefär samma storlek och resistivitet samt ligger båda på ca 20 meters djup. Troligtvis skulle detta kunna vara små, ytligare sprickzoner där lera eller andra vattenfyllda jordmassor samlats och därför visar på betydligt lägre resistivitet.

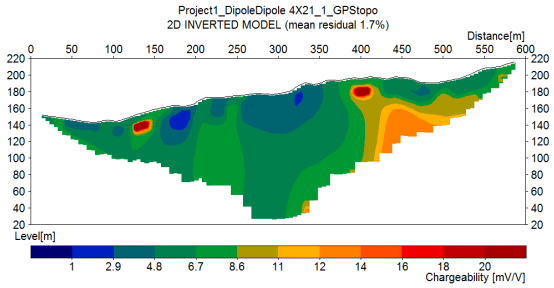
Vid ca 350 meter finns början till en lite större struktur som börjar vid markytan och går ner till ca 40-50 meters djup. Vid början har den markant lägre resistivitet som sedan gradvis blir högre fram till ca 380-400 meter där strukturen verkar sluta. Troligt är att detta är en zon där det finns sprickor eller är mer poröst och att den delvis fyllts med jordmassor och vatten vilket orsakat den lägre resistiviteten. Precis som för strukturen mellan 235 och 270 meter så tenderar modellen för Gradient att visa att denna struktur skulle hänga ihop med de lågresistiva zonerna runt omkring. Detta skall inte ses som en omöjlighet, men värt att ha i åtanke är att Dipole-

Dipole är en konfiguration som är bättre på att detektera och visa på vertikala strukturer och kontraster. Det kan med andra ord vara så att modellen för Gradient inte klarar av att separera två vertikala zoner, som t.ex. de som modellen för Dipole-Dipole indikerar vid ca 350 och 500 meter, utan istället modelleras som att de hänger ihop.

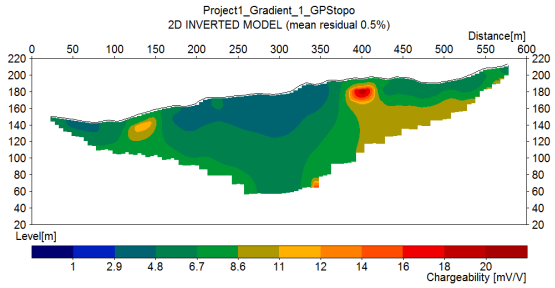
Mellan ca 465 och 490 meter så kan en struktur med lägre resistivitet ses på ca 20-45 meters djup. Modellen indikerar att strukturen i sin bortre ände har en öppning och det går att se lägre resistivitet ända upp till markytan. Kontrasten mot omkringliggande berg är stor och troligtvis finner vi även här en svagare zon i berget där vattenkoncentrationen är högre.

IP

IP används vanligtvis inte för detektering av svaghetszoner i berg, utan är vanligare för undersökningar av vatten-salinitet, vatten-kontaminering eller mineralprospektering. Men då IP-data går att samla in samtidigt som resistivitet så gjordes det för denna undersökning.



Figur 6- Dipole-Dipole (IP)



Figur 7 - Gradient (IP)

Det som går att notera från IP-datan är att det finns två väldigt tydliga anomalier vid ca 130 och 400 meter, och det går även att se en struktur med förhöjda värden under anomalin vid 400 meter. Även om kontrasten är stor så är IP-värdena generellt sett väldigt små. Vid de två anomalierna så har mätts ca 25 mV/V, medan värdena annars ligger ca 5-7 mV/V.

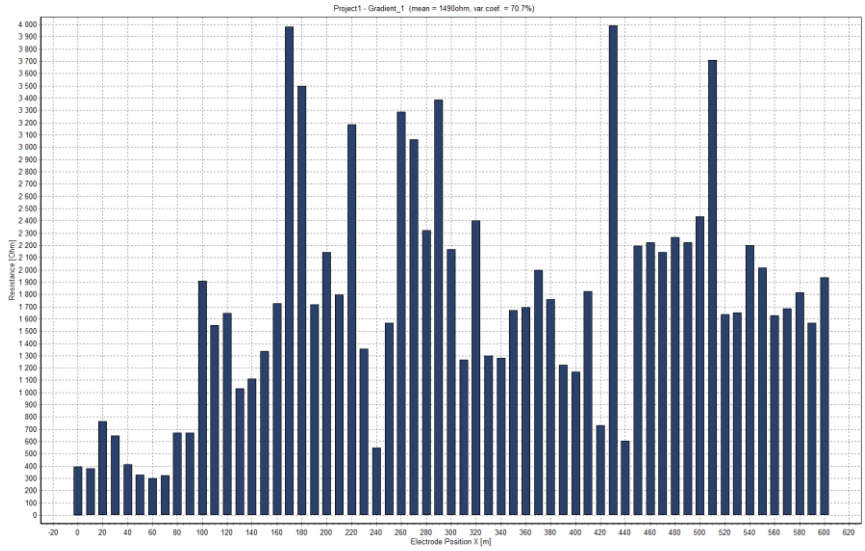
Jämför man IP-datat med resistivitet-datan så går att se att det finns ytnära lågresistiva zoner vid positioner för anomalierna i IP-datat, men sannolikt finns få eller inga slutsatser att dra av IP-datan för denna mätning. En möjlig orsak till de två anomalierna skulle kunna vara att det kring dessa platser finns någonting i det lösa jordlagret som orsakar större IP-effekter.

Appendix

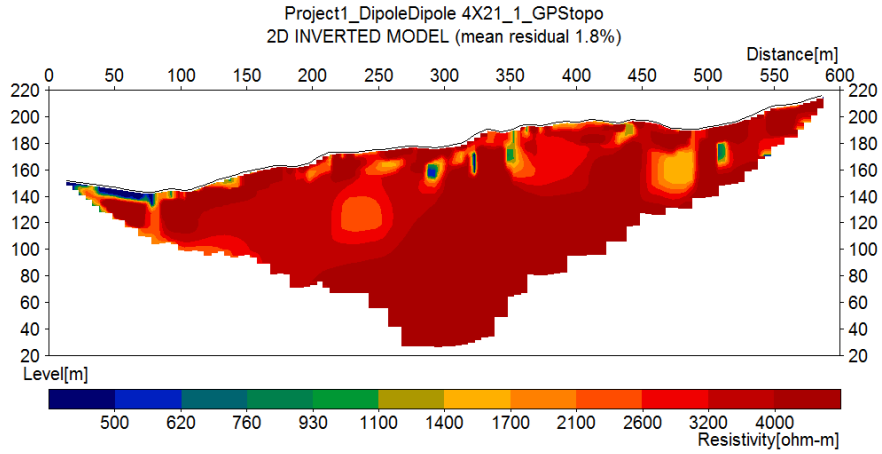
Figur-förteckning

Figur 1 - Profilens utsträckning 3
Figur 2 - Dipole-Dipole (Resistivitet, logaritmisk skala) 7
Figur 3 - Gradient (Resistivitet, logaritmisk skala) 7
Figur 4 - Dipole-Dipole (Resistivitet, linjär skala) 7
Figur 5 - Gradient (Resistivitet, linjär skala) 7
Figur 6- Dipole-Dipole (IP) 9
Figur 7 - Gradient (IP) 9
Figur 8 - Kontaktresistans från elektrodtest 11
Figur 9 - Dipole-Dipole (Resistivitet, logaritmisk skala) 11
Figur 10 - Gradient (Resistivitet, logaritmisk skala) 12
Figur 11 - Dipole-Dipole (Resistivitet, linjär skala) 12
Figur 12 - Gradient (Resistivitet, linjär skala) 13
Figur 13 - Dipole-Dipole (IP) 13
Figur 14 - Gradient (IP) 14

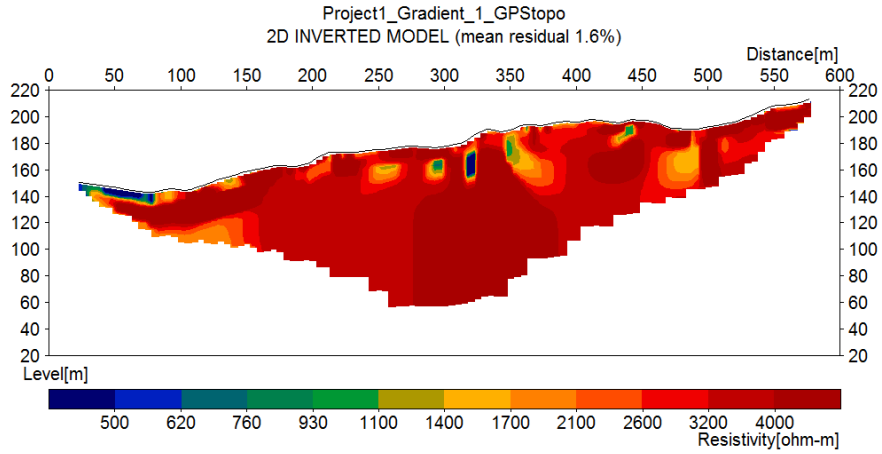
Figurer



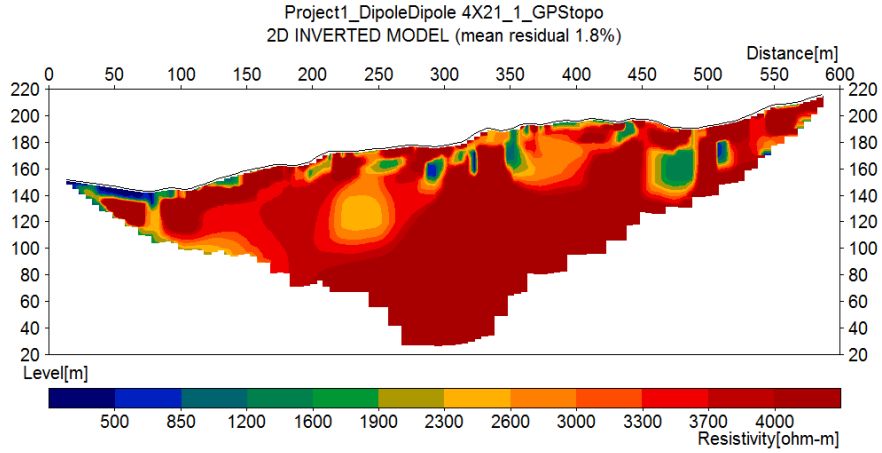
Figur 8 - Kontaktresistans från elektrodtest



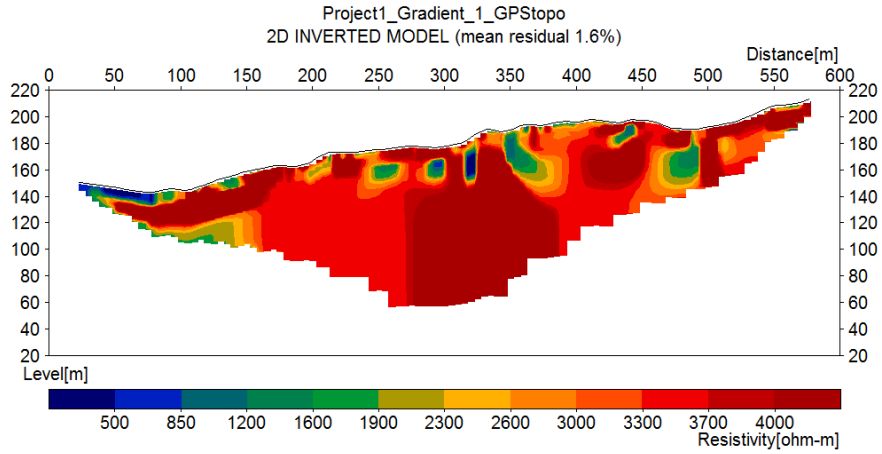
Figur 9 - Dipole-Dipole (Resistivitet, logaritmisk skala)



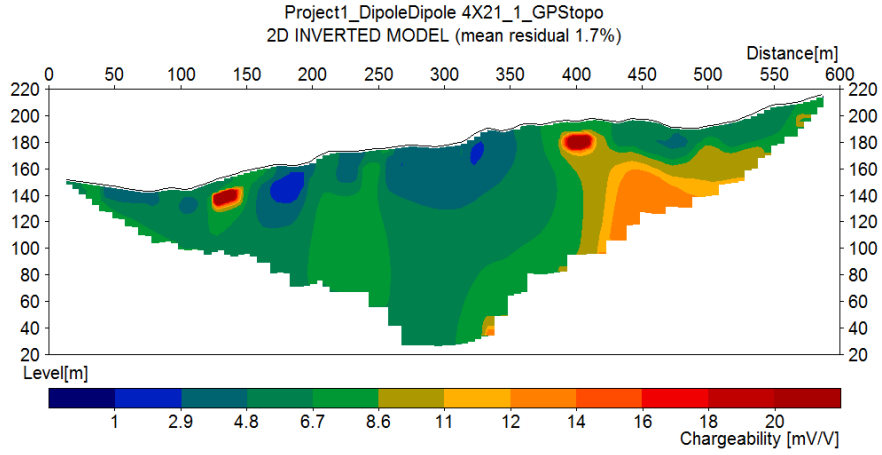
Figur 10 - Gradient (Resistivitet, logaritmisk skala)



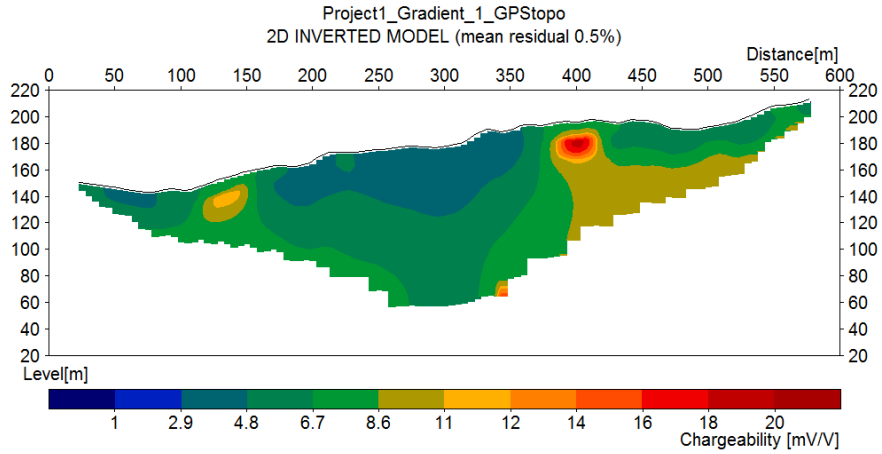
Figur 11 - Dipole-Dipole (Resistivitet, linjär skala)



Figur 12 - Gradient (Resistivitet, linjär skala)



Figur 13 - Dipole-Dipole (IP)



Figur 14 - Gradient (IP)

Dokumenttype
Rapport

Dato
Oktober 2014

GEOFYSISKE UNDERSØGELSER FOR E6 RØRSKAFT-SKJERDINGSTAD

REFRAKTIONSSEISMIK OG GEO-ELEKTRIK

RAMBØLL

GEOFYSISKE UNDERSØGELSER FOR E6 RØRSKAFT-SKJERDINGSTAD
REFRAKTIONSSEISMIK OG GEOELEKTRIK

Revision	**0**
Dato	**2014-09-15**
Udarbejdet af	**FWGO**
Kontrolleret af	**RGW**
Godkendt af	**FWGO**
Beskrivelse	**Geofysiske undersøgelser for E6 Rørskaft-Skjerdingstadt –Refraktionsseismik og geoelektrik**

Ref.	R:\2014\1100012270\3_Projektgennemfoerelse\31_Notater_og_rapporter\1100012270-31-001-1-Geofysiske_undersøgelser_for_E6_Rørskaft-Skjerdingstad.docx

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	**Indledning**	**1**
2.	**Målemetode og dataindsamling**	**2**
2.1.1	Refraktionsseismik	2
2.1.2	Resistivitetsmålinger (CVES)	3
2.1.3	Indmåling af koordinater	3
2.2	Evaluering af datakvalitet i felten	3
2.2.1	Refraksjonsseismikk	3
2.2.2	Resistivitetsmålinger	4
2.3	Beskrivelse af linjerne	4
2.3.1	Område 1 – Linje A, B og C	4
2.3.2	Område 2 – Linje D, E, F og K (Linje L)	4
2.3.3	Område 3 – Linje G, H, L og P	5
2.3.4	Område 4 – Linje I, J og M	5
3.	**Dataprocessering**	**6**
3.1	Processering af GPS-data	6
3.2	Processering af refraktionsseismik	6
3.3	CVES og IP	6
4.	**teori for tolkning**	**7**
4.1	Refraktionsseismik	7
4.2	CVES	7
5.	**Resultater og tolkning**	**9**
5.1	Tolkning af profilerne i område 1 (Tegning 1.1 & 2.1; A, B og C)	9
5.2	Tolkning af profilerne i område 2 (Tegning 1.2, 2.2 & delvist 2.3; D, E, F og K)	9
5.3	Tolkning af profilerne i område 3 (Tegning 1.3 & delvist 2.3; G og H)	9
5.4	Tolkning af profilerne i område 4 (Tegning 1.4 & 2.4; J, M & I)	10
5.5	Tolkning af dyb geologi fra geoelektrik (Tegning 1.2, 1.3, 2.5 & 2.6; L & P)	11
6.	**Referencer**	**13**

TEGNINGER

Tegning 1-1 Område 1_Oversigtskort
Tegning 1-2 Område 2_Oversigtskort
Tegning 1-3 Område 3_Oversigtskort
Tegning 1-4 Område 4_Oversigtskort
Tegning 2-1 Linje A B og C
Tegning 2-2 Linje D E og F
Tegning 2-3 Linje G H og K
Tegning 2-4 Linje I J og M
Tegning 2-5 Linje L
Tegning 2-6 Linje P

1. INDLEDNING

Statens Vegvesen Region Midt er i gang med planlægning af tunnel langs E6 mellem Rørskaft og Skjerdingstad i Melhus kommune i Sør-Trøndelag. I den forbindelse har man anmodet Rambøll om at foretage refraktionsseismiske undersøgelser samt resistivitetsmålinger (geoelektrik) langs udvalgte linjer.

Formålet med undersøgelserne er at skaffe informationer om grundforholdene langs det planlagte tunneltracé. Dette foregår ved at kortlægge fjeldoverfladens kote samt fjeldets beskaffenhed. Resultaterne fra undersøgelserne bruges også til at finde svaghedszoner i grundfjeldet.

Feltarbejdet er udført den 22. juni til den 1 juli 2014 under gode vejrforhold og omfattede i alt 14 undersøgelseslinjer i 4 områder. Områderne omtales med 1 i syd og derefter øgende mod nord. Rapporten beskriver projektets baggrund, dataindsamling, processering og de tolkede resultater.

Resultaterne vises for seismikken som 2D hastighedsprofiler fra tomografi med tolkning af dybden til stabilt grundfjeld og svaghedszoner heri. Tomografien er valgt fordi den i højere grad end traditionel tolagstolkning kan håndtere den kraftige topografi som findes i terræn såvel som for fjeldoverflade. Ved brug af tomografi kan relativt små 2D-strukturer desuden beskrives bedre end hvad der kan opnås med traditionel lagbaseret tolkning. Feltobservationer i form af fotos og video af området, erfaringer med om man støder på grundfjeld når dynamitten skal i jorden etc. er benyttet til at støtte tolkningerne.

Resultaterne fra resistivitetsmålingerne vises som 2D resistivitetsprofiler fra tomografien Resistivitetsmålingerne er primært brugt til at få et større kendskab til strukturgeologien i området.

Endvidere er der udført cirka 150 m georadar, som forsøg på at kortlægge fjeldets topografi i højere detaljeringsgrad, disse undersøgelser har dog vist sig ikke at bidrage yderligere, hvorfor de ikke præsenteres i denne rapport, men kan præsenteres i et separat notat.

2. MÅLEMETODE OG DATAINDSAMLING

2.1 Måleopstilling

Tabel 1 giver en oversigt over navn og længde for de forskellige linjer, samt hvilken type geofysisk data, der er samlet langs linjen. Tabel 2 giver en oversigt over hvor meget der er indsamlet af hver metode.

Tabel 1: Oversigt over mængden af indsamlet geofysisk data.

Navn	Område	Type	Længde (m)	Receiver spacing (m)
A	1	Refraktionsseismik	115	5
B	1	Refraktionsseismik	115	5
C	1	Refraktionsseismik	115	5
D	2	Refraktionsseismik	235	5
E	2	Refraktionsseismik	115	5
F	2	Refraktionsseismik	235	5
G	3	Refraktionsseismik	235	5
H	3	Refraktionsseismik	235	5
I	4	Refraktionsseismik	200	5
J	4	Refraktionsseismik	235	5
K	2	Refraktionsseismik	235	5
L	2 og 3	Geoelektrik	1130	10
M	4	Geoelektrik	360	2
P	3	Geoelektrik	600	10

Tabel 2: Total indsamlingslængde for de forskellige metoder

Metode	Reciever spacing (m)	Indsamling i alt (m)
Refraktionsseismik	5	2070
Geoelektrik	10	1730
Geoelektrik	2	360

2.1.1 Refraktionsseismik

De refraktionsseismiske linjer er udført med geofonkabler på 115-235 meters længde, tilsluttet 24-48 aktive geofoner med en indbyrdes afstand mellem geofonerne på 5 m. Der anvendes som udgangspunkt en indbyrdes afstand på 25 m mellem skudpunkterne. Det kan dog variere fra 5-30 m pga. lokale jordforhold, ligesom skuddet nogle gange må placeres op til et par meter til siden for linjen. I hver ende af linjerne udføres et såkaldt fjernskud et stykke fra linjens ende, såfremt der måtte være plads til det. Fjernskuddene udføres for at opnå en komplet dækning af grundfjeldets udbredelse under geofonkablet.

Målingerne er udført med 24-kanals geoder fra Geometrics. Der er benyttet non-el tændere og dynorex 22 mm sprængstof som den primære energikilde, oftest 50-100 gram i 0,5-1 m dybe huller (Figur 1). Der er benyttet en *record length* på 500 ms og et *sample interval* på 63 µs.

Figur 1: Sprængstof som energikilde ved refraktionsseismik

2.1.2 Resistivitetsmålinger (CVES)

Resistivitetsmålingerne udførtes som CVES (Continuous Vertical Electrical Sounding) med en roll-along teknik, hvor der anvendes multilederkabler med 2 meters eller 10 meters indbyrdes afstand mellem elektroder/jordspyd. Målingerne udførtes med et Terrameter LS instrument fra ABEM og der er benyttet gradient elektrode-konfiguration.. På multilederkablerne er der forbundet ca. 40 centimeter lange stålelektroder, der var sat ned i jorden. Data indsamles med gradientkonfiguration /1/, 2-3 stacks (repetitioner pr. målepunkt), *Acq. Time* 0.6 s og *Acq. Delay* 0.3 s. Der er også indsamlet IP data (Induseret polaritet) som giver et mål på jordens opladelighed (Chargeability mV/V). IP data kan være behjælpelig med at skelne forskellige zoner af lavresistive anomalier fra hinanden. Analyse af IP data har ikke indgået i arbejdet og data herfra præsenteres derfor ikke i denne rapport.

2.1.3 Indmåling af koordinater

Det benyttede koordinatsystem under dataindsamling var WGS84, Norway TM zone 10. Alle linjer er målt ind mens kablerne lå i terrænet. Hvert GPS-punkt er som udgangspunkt foretaget med en indbyrdes unøjagtighed på under 0.5 m. Stedvist var det svært at få så høj præcision grundet dårlig GPS-dækning og afskærming fra træer. Der er foretaget positionsmåling for hver 10 meter. Indmålingen er udført med et Trimble SPS855 GPS-system og med korrektioner via OmniSTAR. Efterfølgende er koordinaterne kvalitetskontrolleret i forhold til digitale terrænmodel og fixpunkter fra logbogen.

2.2 Evaluering af datakvalitet i felten

2.2.1 Refraksjonsseismikk

Kvaliteten af de indsamlede data evalueres kontinuerligt i felten, Figur 2. Denne evaluering foregår ved vurdering af data efter hvert enkelt seismisk skud og en løbende finjustering af eksempelvis tids- og kanalvinduet. Desuden vurderes løbende niveauet for baggrundsvibrationer og anden støj for den enkelte geofon. Dette sikrer de bedst mulige forudsætninger for at indsamle data under optimale forhold. Efter dataindsamling evalueres hvert datasæt og ved eventuelle utilfredsstillende data bliver dataindsamlingen repeteret, hvis det vurderes at kunne forbedre datakvaliteten.

Figur 2: Evaluering af data i felten

2.2.2 Resistivitetsmålinger

Kvaliteten af de indsamlede data evalueres kontinuerligt i felten. Først udføres en test af overgangsmodstanden for hver enkelt elektrode. Hvis en elektrode har dårlig kontakt, bliver denne forbedret. Under målingerne bliver der hele tiden kontrolleret at strømstyrken holder sig over et på forhånd defineret niveau. Såfremt data virker urimelige bliver det varslet. Ud over dette viser Terrameter LS en pseudosektion af data i realtid. Det giver en løbende oversigt over resistivitetsforholdene langs profilet.

2.3 Beskrivelse af linjerne

2.3.1 Område 1 – Linje A, B og C

Linje A, B og C ligger i et tæt bevokset og meget kuperet område. Linje A går fra nord mod syd og krydser en å ved 14m. Linjen går syd om et skur og et hus fra mellem 15 og 30m og derefter videre ned i noget tæt krat, hvor den ender næsten ved bunden af bakken.
Linje B går fra vest mod øst og passerer mellem to huse cirka ved 27m og forbi et vandløb 43m. Derefter fortsætter linjen ned gennem skoven og ender 4m fra vej.
Linje C starter i nord i noget meget sumpet område og fortsætter ned forbi boring 32 ved 70m. Linjen fortsætter videre ned og ender et par meter fra åen.

2.3.2 Område 2 – Linje D, E, F og K (Linje L)

Disse linjer ligger på kryds og tværs i et område omkring et par veje. Alle linjerne går mere eller mindre fra vest mod øst og ligger i skov med noget topografi.
Linje D starter i et meget tæt bevokset og stejlt område og fortsætter ned mod vej, hvor det flader mere ud. Vej krydses mellem 55 og 60m, hvorefter området bliver mindre stejlt og linjen fortsætter langs med vejen indtil 180m for til sidst at ende i skoven.
Linje E starter oppe i skoven, hvorefter den kommer ned og går langs med vejen ved 80m og indtil enden af linjen. Fra 90 til 115m ligger linjen i et fladt åbent område.
Linje F starter langs vej på en mindre skrænt og fortsætter 37m, hvorefter vej krydses. Efter vejen fortsætter linjen op langs en åben korridor, pga. telefonledning. Der passeres en stejl skrænt ved 140 til 146m, hvor en geofon hænger løst i luften. Herefter fortsætter linjen videre op til vejen igen og slutter langs med denne.
Linje K starter med at gå stejlt opad bakke inde i skoven. Linjen møder vejen ved omkring 70m, som følges indtil 160m, hvor denne passeres. Fra 170-210m ligger linjen i åbent fladt område, hvorefter den fortsætter stejlt nedad til enden. Linjen slutter cirka 5m fra vej.
Geoelektriklinje L beskrives under område 3.

2.3.3 Område 3 – Linje G, H, L og P

Store dele af området er fladt og åbent, men de lange geoelektrik linjer befinder sig også i stejlere og tæt bevoksede områder.

Linje G går fra nord mod syd. Den startes ude på mark de første 80m, hvorefter resten af linjen er i skov. Fra 149 til 190m er geofoner i og langs med mindre vandløb. Ved 195m er der en mindre vejoverskæring, hvorefter linjen fortsætter op i skoven.

Linje H går fra nord mod syd øst for linje L. Den starter i skov og går ned ad bakke. Der er en vejoverskæring mellem 30 og 35m, hvorefter den ligger på mark indtil 150m. Herefter går resten af linjen i skov. Der krydses en å mellem 175 og 180m, hvorefter terrænet er meget stejlt indtil enden af linjen.

Linje L er en geoelektrik linje som går mellem område 2 og 3, hvor den krydser alle linjerne i de 2 områder, bortset fra linje D. Linjen starter i nord på relativ flad mark. Linjen starter ved et ikke strømførende hegn og er på mark indtil 90m, hvor der kommet et lidt lavere område med skov og løse brokker, hvor jorden samtidigt er meget blød. Ved 140m er linjen på mark igen indtil 340m, hvor der krydses endnu et ikke strømførende hegn. Herefter fortsætter linjen ind i skoven. Fra 400m går linjen langs en å i 20m, hvorefter det begynder at gå opad igen. Ved 437m krydses en mindre vej. Ved 475m og 505m krydses å to gange. Indtil 700m er terrænet meget stejlt, hvorefter det flader lidt ud igen. Mellem 890m og 965 krydses seismik linjerne i område 2, samt vej omkring 935m. Efter vejen går linjen op i et meget stejlt og kuperet område igen.

Linje P starter i vest og krydser seismiklinjerne i område 3, samt linje L. Linjen er stoppet i den vestlige ende pga. alt for stejlt topografi. Linjen ligger i et meget stejlt område fra 0 til 100m, hvor der krydses en vej. Herefter går linjen på mark indtil 237m, hvor der krydses et ikke strømførende hegn og fortsættes i tæt bevokset skov. Ved 295m krydses en å og et hegn, som måske er strømførende. Ved 354m er den sidste station i skoven, hvorefter der fortsættes i et mere åbent område med mark. Ved 540m kommer en skrænt. Linjen afsluttes i et fladt område.

2.3.4 Område 4 – Linje I, J og M

Linje J og M går fra nord mod syd og ligger langs med hinanden, hvor M er geoelektrik og J seismik. Stationeringen af de to linjer er lavet i forhold til seismik linjen, derfor starter M i -63m og J i 0m. Begge linjer ligger på mark hele vejen. Linjerne er startet i nord. Der krydses en vej mellem 180 og 185m. Linje J stopper lidt før hegn indtil mark med køer ved 235m, mens M fortsætter indtil 292m.

Linje I er den nordligste linje og går fra vest mod øst. Linjen starter inde i skov ved en fjeldskrænt. Linjen går stejlt nedad indtil 36m, hvor linjen kommer ud på en mark. Her fortsætter den indtil 195m. Resten indtil 210 ligger i skov.

3. DATAPROCESSERING

3.1 Processering af GPS-data

GPS-data er OMNIstar korrigeret. De horisontale positioner er af god kvalitet i åbne områder, mens de tætbevoksede områder har været nødvendig at justere målepunkter ind, så de ligger mere på linje. Dette kan man tillade sig, da seismikkablets længde og geofonafstanden sætter visse begrænser på geometrien. Ved indjustering af målepunkter er der taget højde for den ofte betydelige hældning af terrænet ved at lave afstandsberegningerne i tre dimensioner. Ved et senere tidspunkt er højderne taget fra den eksisterende digitale terrænmodel.

De vertikale positioner er af god kvalitet i de åbne områder, dvs. hvor træer, huse eller fjeld ikke har skærmet for satellitmodtagelsen. Desværre er en stor del af de målte højder af lav kvalitet. For at rette op på dette, er der flere steder brugt data direkte fra en digital terrænmodel for området. Denne terrænmodel passer godt sammen med de GPS-målte højder de steder, hvor der har været god dækning og den ventes derfor også at være troværdig i områderne med dårlig dækning. Den endelige højdemodel er et resultat fra en kombination af GPS-data og den digitale terrænmodel.

3.2 Processering af refraktionsseismik

Første-ankomsttider udvælges automatisk, hvorefter de gennemgås og justeres manuelt.

Tomografisk inversion af data er udført med Rayfract fra Intelligent Resources Inc /4/. Metoden giver en gradvis hastighedsvariation både horisontalt og vertikalt. Der stilles ingen krav om laginddeling og der findes heller ingen begrænsning for, hvor stor variation der kan være langs profilet.

Fra disse resultater vises hastighedsmodellen fra tomografien med tolkning af fjeldoverflade, samt tolkning af svaghedszoner. I sammenhæng med tomografien er feltobservationerne også benyttet til at vurdere og validerer tolkningerne af fjeldoverfladen.

3.3 CVES og IP

Resistivitet data processeres med Res2DInv fra Geotomo /2/. Metoden resulterer i 2D resistivitets- profiler langs den opmålte linje.

4. TEORI FOR TOLKNING

I dette afsnit beskrives teori for den geofysiske tolkning. Selve resultaterne og tolkningen præsenteres i afsnit 5 nedenfor.

4.1 Refraktionsseismik

Seismiske P-bølgehastigheder varierer i forskellige geologiske materialer og dette muliggør at karakterisere geologien ved hjælp af seismiske metoder. I Tabel 3 er vist P-bølgehastigheder for de mest gængse geologiske materialer.

Tabel 3: Seismisk P-bølgehastighed i geologiske materialer /3/

Jordarter	P-bølgehastighet (m/s)	Bergarter, ikke oppsprukket	P-bølgehastighet (m/s)
Torv	150 – 500	Sandstein	3000 – 3500
Leire (tørr)	600 – 1200	Kalkstein	4000 – 6000
Sand (tørr)	400 – 900	Dolomitt	2500 – 6500
Grus (tørr)	400 – 1000	Kvartsitt	5500 – 6000
Morene (tørr)	400 – 1600	Granitt	4800 – 5500
Leire (vannmettet)	1200 – 1600	Gneis	4700 – 5800
Sand (vannmettet)	1400 – 1800	Diabas	5700 – 6500
Grus (vannmettet)	1400 – 1900	Gabbro	6200 – 6700
Morene (løs)	1500 – 1900	Ultramafisk	6500 – 7500
Morene (hard)	1900 – 2800		

Ofte benytter man to- eller trelagsmodeller for at finde frem til grundfjeldsrefraktoren.
I dette projekt er der valgt tomografi, som er bedre til områder med store variationer i topografi for fjeld og terræn, og til at opløse mindre strukturer. P-bølgehastigheder på 4000-5000 m/s i tomografi (orange-rød farve i den anvendte farveskala) svarer til p-bølgehastigheder for massivt fjeld. Dette stemmer dog ikke altid helt. Generelt er hastighederne i tomografien fra Rayfract betydelig lavere, i visse tilfælde kan refraktoren findes ved ca. 2500 m/s, hvorimod den i realiteten ligger på 4-5000 m/s. Dette kan forklares på tre måder:

- Tomografi er en metode som ikke kan forholde sig til skarpe laggrænser, men altid viser overgange mellem forskellige lag med en gradient.
- Der er usikkerhed i data grundet lavt signal/støy-forhold eller kompliceret geometri.
- At den aktuelle laggrænse ikke er skarp.

Af disse tre er det i krystallinsk fjeld formentlig de to første som er dominerende. I enkelte tilfælde er det dog muligt at finde forvitringszoner, som giver en glidende overgang mellem lav- og højhastighedszoner, eksempelvis ved overfladenær forvitring i svaghedszoner. Tolket grundfjeld er vist med en stiplet sort streg på profilerne. I visse tilfælde er der stor afstand mellem 3000 m/s refraktorhastighed og tolket grundfjeld. Zoner af denne art kan være forvitringszoner/svagere grundfjeld. For at mindske usikkerheden ved tolkning er det en fordel at kalibrerer resultaterne med information fra boringer, krydsene profiler, eller information fra anden type af geofysik.
Den laterale opløsning bestemmes af geofonafstanden og skudpunktsafstanden. Opløsningen er aldrig bedre end geofonafstanden. Den vertikale opløsning er en funktion af geofonafstand, dybde til refraktor, signalfrekvens og den seismiske hastighedskontrast. Hastigheder i jordlag og dybden til refraktor er godt bestemt i nærheden af skudpunkter, da signalet mellem skudpunkter kommer til at færdes mest i fjeld. Usikkerheden i dybden til fjeld for disse tolkninger er svær at bestemme og kan variere meget mellem områder. Erfaring fra tidligere projekter og jævnført boringer fra området indikerer at usikkerheden ligger mellem 10-20%.

4.2 CVES

Resistivitet beskriver et materiales evne til at lede elektrisk strøm. Materialer med lav resistivitet leder strøm lettere end materialer med høj resistivitet. I geoelektrik bruger man de målte forskelle i resistivitet til at skelne mellem materialer med lav resistivitet såsom vandmættet jord, materialer med middelhøj resistivitet som umættet sand/grus og materialer med høj resistivitet som

meget tør grovkornet jord/sand eller krystallinsk grundfjeld. Enheden for resistivitet er Ohmm (Ohmmeter).

Resistivitet i en bjergart eller sediment afhænger af mange ting. Nedenfor er der opremset faktorer, der har indflydelse på resistiviteten.

Faktorer der forårsager et fald i resistivitet for en bjergart:
(a) Tilføjelse af mere porevæske.
(b) Forøgelse af saliniteten i porevæsken – flere ioner til at lede elektricitet.
(c) Opsprækning af bjergarten - danner ekstra og lettere veje for porevæsken.
(d) Lermineraler.
(e) forekomst af malm eller andre mineralliseringer
(f) Øget sammenhæng mellem væskefyldte porer.

Faktorer der kan forårsage en stigning i resistivitet for en bjergart:
(a) Fjerne porevæske.
(b) Formindske saliniteten i porevæsken.
(c) Kompaktion – reducerer sammenhængen mellem porer.
(d) Litifikation – reducerer sammenhængen mellem porer ved udfældning af mineraler.
(e) Mindre sammenhæng mellem væskefyldte porer.

Ovennævnte faktorer indikerer at åbne sprækkezoner med eller uden ler vil give et fald i resistivitet alt efter udgangsbjergart. Mens at udfyldning af sprækkerne og litifikation vil øge resistiviteten igen. Geoelektrikken er derfor et godt værktøj til at indikere hvor der kan være vandfyldte eller lerforvitrede sprækkezoner og dermed svaghedszoner. Nedenstående karakterisering /4/ er benyttet under tolkningen:

- Resistivitetsværdier på >3000 Ωm indikerer god bjergartskvalitet med mindre vand problemer.
- Resistivitetsværdier mellem 500 Ωm og 3000Ωm indikerer bjergarter med åbne sprækker og signifikante vandproblemer.
- Resistivitetsværdier under 500 Ωm indikerer ustabile bjergarter med sprækker der muligvis er fyldt med ler, og mindre vandproblemer

Resistivitetsprofiler bidrager derfor med at lokalisere horisontale strukturer, forkastninger og ændringer i fjeldtype.

5. RESULTATER OG TOLKNING

Resultater og tilhørende geofysiske tolkninger beskrives for de enkelte linjer samt områdevist. Alle profiler er sat op i samme størrelsesforhold for at gøre det let at sammenligne. Højder er angivet i koter og længder i Meter Langs Profilet (MLP) målt fra starten af linjen.

I seismikken er der tolket for toppen af grundfjeldet og for mulige svaghedszoner. I resistivitetsmålingerne er der primært tolket for strukturer i grundfjeldet.
Det anbefales at der under læsningen følges med på tegningerne fra områderne.

Der er som nævnt udført 2 og 10 m elektrode afstand ved geoelektrik. Linje L og P med 10 m elektrodeafstande er hovedsageligt indsamlet for at få kendskab til de dybere strukturer, hvorfor der ikke er tolket fjeld på disse profiler. Disse linjer beskrives for sig under afsnit 5.5.

5.1 Tolkning af profilerne i område 1 (Tegning 1.1 & 2.1; A, B og C)

Område 1 indeholder 3 refraktionsseismiske profiler. Området er som nævnt under områdebeskrivelsen i et miljø præget af meget topografi. Der er god overensstemmelse mellem dybden til fjeld i krydspunkter mellem de 3 linjer.
Der er udført en del boringer i området. Boring 27 og 43 ligger indenfor 5m af linje A, mens boring 43 og 45 ligger indenfor 5m af linje B. Fjeldovergangen i disse boringer svarer til hastigheder på under 2000m/s på profilerne. På profil B er der ved de to fjeldboringer tolket en svaghedszone, som også forklarer de lave hastigheder. Svaghedszonen ligger i mellem 18 og 33 MLP. Denne zone er tolket ud fra en meget lav gradient i hastighedsstigningen. Randen af svaghedszonen er i området der krydser linje A, men der ses ingen svaghedszone på dette profil.
Boring 32 og 41 ligger indenfor 5 m af henholdsvis linje B og C. Der ses ikke særlig god overensstemmelse mellem disse boringer og hastighederne fra de seismiske profiler. Det er svært at forklare disse forskelle, men det kan skyldes 3D effekter med henblik på de seismiske bølgers udbredelse.
Løsmassetykkelserne varierer en del i området. Løsmassemægtighederne varierer mellem 3 og 8 m langs profil A, 0 og 8 m langs profil B og C. Fjeldet på linje C er tolket til at være tæt på terræn i den nordlige ende fra 14 til 42 MLP. Hastighedsstigningen i dette område er meget lav og der er derfor en risiko for at fjeldet er mindre opsprækket terrænnært.
Der er også tolket en svaghedszone på linje A mellem 82 og 96 MLP. Zonen er i enden af profilet, så den sydlige udbredelse er ikke kendt.

5.2 Tolkning af profilerne i område 2 (Tegning 1.2, 2.2 & delvist 2.3; D, E, F og K)

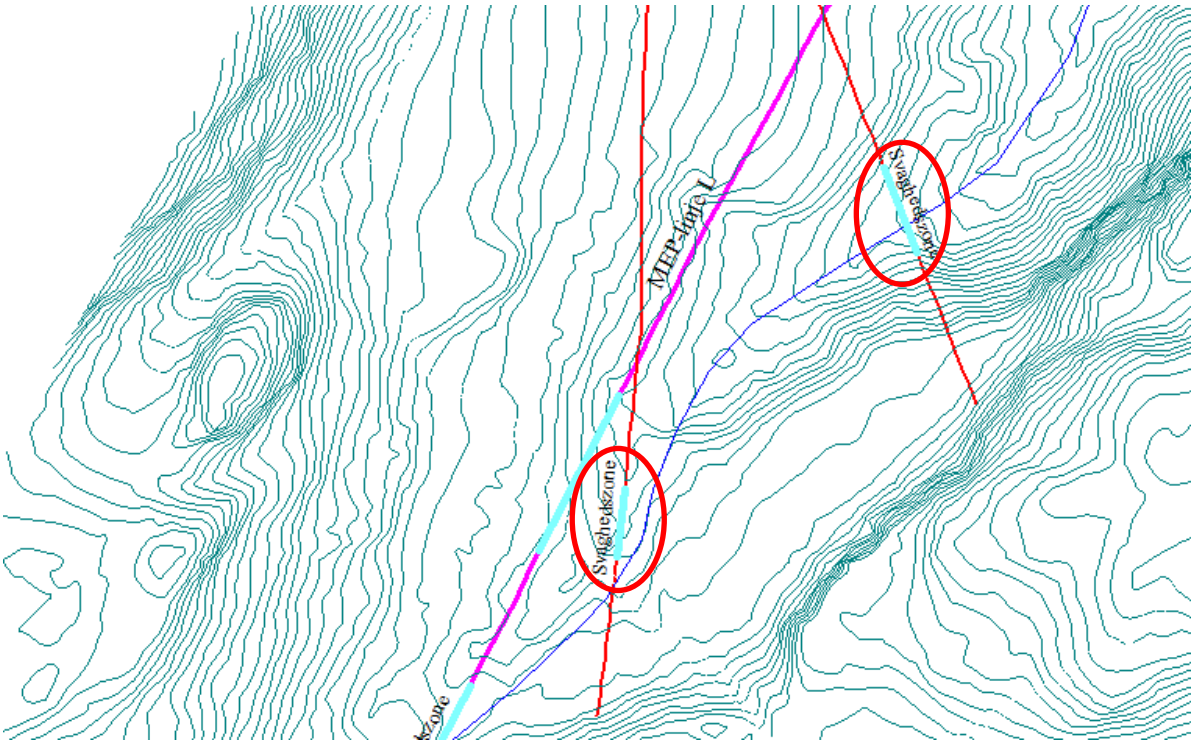
Område 2 indeholder 4 refraktionsseismiske profiler. Området er som nævnt under områdebeskrivelsen i et miljø præget af meget topografi. Der er god overensstemmelse mellem dybden til fjeld i krydspunkter mellem de 4 linjer.
Der er ikke udført boringer i området, så tolkningen kan ikke holdes op med referencedata fra området.
Linje D har relativt terrænnært grundfjeld hele vejen. Løsmassetykkelsen varierer langs profilet med tykkelser mellem 0 og 5 m.
Linje E har en noget mere varierende fjeldoverflade. De største løsmassetykkelser ses i den vestlige ende af profilet, med tykkelser op mod 8 meter. Det er dog noget usikkert om der er randeffekter i denne del af profilet. Løsmassetykkelserne i resten af profilet varierer mellem 0 og 3.5 m. Derudover er der tolket en svaghedszone i intervallet 82 til 90 MLP.
Linje F viser også en meget varigende fjeldoverflade med løsmasse tykkelser mellem 0 og 6 meter.
Linje K viser større løsmassetykkelser mellem 5 og 7 m i den nordlige ende af profilet i intervallet 0 til 75 MLP. I den resterende del varierer løsmassetykkelsen mellem 0 og 3 m.
Der ses som nævnt kun en svaghedszone langs profilerne i dette område.

5.3 Tolkning af profilerne i område 3 (Tegning 1.3 & delvist 2.3; G og H)

De to seismiske linjer i dette område krydser ikke hinanden, men ligger fra nord mod syd med en lille vinkel i forhold til hinanden. De overordnede trends er til at følge mellem begge linjer. Der ses større løsmasse tykkelser hvor linjerne er ude på marken, mens tykkelserne varierer mere inde i skoven, hvor der også ses flere terrænforskelle.

Linje H starter oppe i skoven i nord, hvor der er tolket løsmassetykkelser på omkring 4 til 5 m fra 0 – 30 MLP. Herefter stiger tykkelserne ude på marken op imod 17m og falder igen mod syd hen imod skoven i 148 MLP. Fjeldet kommer næsten i dagen ved 170 MLP. Dette område er i en mindre lavning, hvor der også løber en å. De seismiske hastigheder er i dette niveau noget lavere i dybden, hvorfor der er tolket en svaghedszone. I den sydlige ende af profilet stiger terrænet igen, men hastighederne for fjeldet indikerer at koten på fjeldet ikke stiger med terrænet.

Linje G har i modsætning til H kun store løsmasse tykkelser på mellem 8 og 14 fra 0 -55 MLP, hvorefter der er tolket løsmasse tykkelser på omkring 3 m indtil 83 MLP, hvor marken slutter. I den resterende del af profilet varierer fjeldet mellem 0 og 8 m, hvor de tykke løsmasser ses i nord og syd. Der er tolket en mindre svaghedszone i intervallet 175 til 187 MLP. Zonen viser ikke så lave hastigheder, så det er tvivlsomt om fjeldet er svagt i dette område. Denne svaghedszone og svaghedszonen på linje H ser umiddelbart ud til at følge trends i topografien. Figur 3 viser bl.a. de seismiske linjer. De to svaghedszoner er markeret med røde cirkler. Det ses at svaghedszonerne er i samme område i forhold til å og topografi.



Figur 3: De 2 seismiske linjer H og G ses som røde streger. Svaghedszoner er markeret med cyan og lilla streger er geoelektrik. De to røde cirkler illustrerer hvor der er tolket svaghedszoner på de seismiske linjer

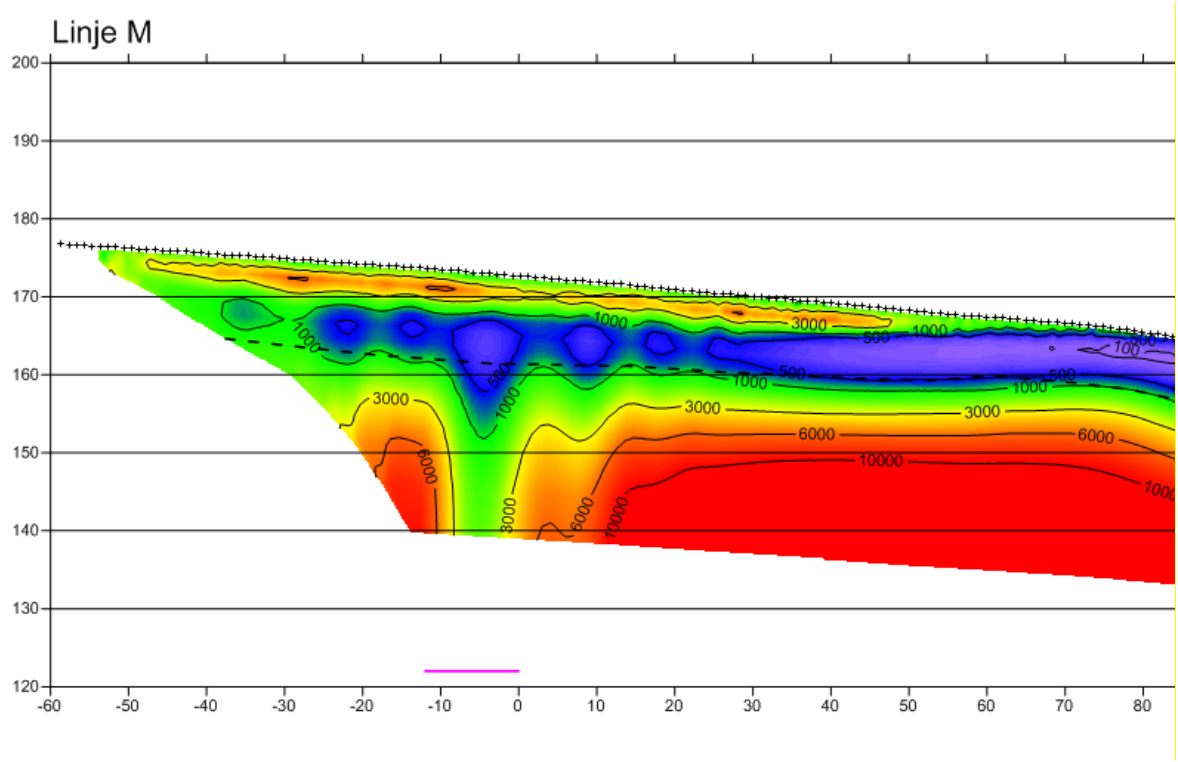
5.4 Tolkning af profilerne i område 4 (Tegning 1.4 & 2.4; J, M & I)

Dette område indeholder 2 seismiske linjer (I og J) og 1 geoelektrisk linje med 2 meter elektrodeafstand (M). Linje J og M ligger i samme spor og stationeringen følger seismikken. Linje I ligger ikke helt i samme område som J og M, men lidt længere nordfor.

Linje J starter i nord. Fjeld og terræn følger hinanden ret godt. Tykkelsen af løsmasser varierer mellem 7 og 10 m. Der er ikke tolket nogen svaghedszoner langs dette profil.

Linje M er som nævnt i samme spor som linje J. Tolkningen af fjeld fra seismikken på linje J stemmer godt overens med geoelektrikken. Derfor er grundfjeldstolkningen fortsat ud i begge ender langs linjen. På dette profil er der tolket 2 svaghedszoner. Den første og anden zone ligger i intervallet mellem -12 til 0 MLP og 223 til 232 MLP. Begge zoner viser lave modstande på under 3000 Ωm. Den anden zone ligger indenfor intervallet, hvor der er udført seismik. Der ses ikke noget fald i hastigheder. Derudover er der tolket en mulig svaghedszone i intervallet 240 til 267 MLP. Denne zone ser lidt speciel ud, da der ses 3 mindre depressioner i modstandsprofilet. Om man skal følge den generelle tolkningsmodel fra NGU, som er præsenteret i afsnit 4.2, så skulle de lagresistive zoner i linje J kunne tolkes som zoner med risiko for opsprækket fjeld. Eftersom seismikken ikke viser nogen anomali i 223-232 MLP er det dog usikkert om denne tolkningsmodel kan anvendes i dette område. Det er stadigvæk sådan at lavresistive lag kan forekomme ved

opsprækket fjeld, men de lave resistiviteter kan også forekomme ved eksempelvis mineraliseringer eller malm i fjeldet. En anden men dog tvivlsom mulighed er at det skyldes støj.
Figur 4 viser et udsnit af linje M. I dette område ses der relativt høje modstande i toppen og lave modstande nedenunder indtil top fjeld tolkningen. Ændringen i modstand skyldes sandsynligvis en ændring i lithologi.

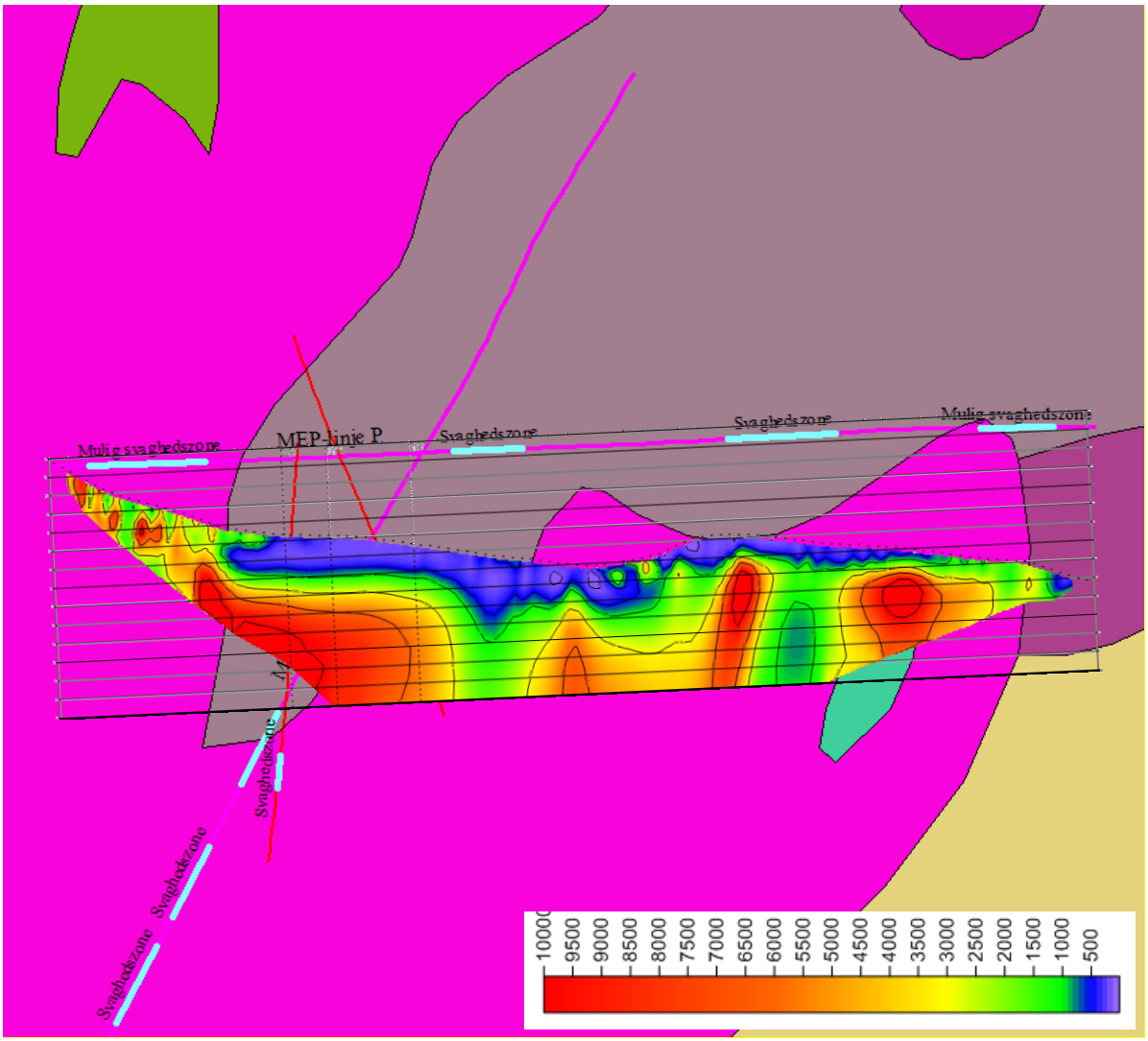


Figur 4: Udsnit af linje M.

Linje I ligger på tværs af linje J og M, dog lidt længere mod nord. Linjen starter i nordvest i et meget kuperet område. Der er gode sammenhænge mellem observeret fjeld i dagen og høje hastigheder nært ved terræn fra 0 til omkring 60 MLP. I området mellem 75 og 90 MLP er fjeldet tolket til at vise meget topografi. Der er samtidigt markeret en mulig svaghedszone. I området fra 90 MLP til enden af profilet er der større løsmasse mægtigheder på op til 10 m i tykkelse.

5.5 Tolkning af dyb geologi fra geoelektrik (Tegning 1.2, 1.3, 2.5 & 2.6; L & P)

Den store elektrodeafstand ved disse to profiler gør metoden ideel til at se dybereliggende strukturer i fjeldet. Der ses et meget skiftende mønster af modstande i fjeldet, som ikke kan forklares endegyldigt ud fra dette datasæt, uden at man har en dybereliggende forståelse for den lokale geologi i området.
Terrænnært ses der stor overensstemmelse med lave modstande på under 500 Ωm og det kan tolkes som marine afsætninger, som er hentet fra NGU´s løsmassedata /5/. Figur 5 viser udsnit af løsmassekort fra NGU, samt resistivitetslinjer og seismiklinjer. Data fra linje P er lagt ovenpå figuren for at vise sammenhængen mellem marine afsætninger og lave modstande.



Figur 5: Viser linjer der er indsamlet, samt løsmasse kort fra NGU´s hjemmeside. De grå farver i løsmassekortet er marine afsætninger, mens de lyserøde er tynde moræneafsætninger. Der ses stor sammenhæng mellem P-profilets lave modstande og de marine afsætninger.

De dybere strukturer er mere komplekse. Her ses der en del vertikale strukturer med lavere modstand. På profil L er der tolket 4 vertikale strukturer med lav modstand i områderne 407 til 453 MLP, 491 til 534 MLP, 554 til 601 MLP og 860 til 972 MLP. På profil P er der tolket 2 i områderne 222 til 270 MLP og 375 til 434 MLP.
Derudover er der på de to profiler tolket nogle områder hvor der ses større ændringer i modstandsmønsteret, disse er markeret med stiblede magenta linjer på tegning 2.5 og 2.6.
Som diskuteret for linje M i afsnit 5.4 er det ikke entydigt at lave resistiviteter i fjeld er skabt af opsprækning. I to områder er der tydelige lavresistive zoner i fjeldet som ikke modsvares i seismikken, det gælder dels linje J og M i område 4 og D, E, F og K i område 2.

6. REFERENCER

/1/ Jacob R. Sheehan et al. JEEG, An Evaluation of Methods and Available Software for Seismic Refraction Tomography Analysis, March 2005, Volume 10, Issue 1, pp. 21–34.

/2/ Geotomo, 2002, Res2Dinv - Rapid 2D Resistivity and IP inversion using least-squares method - http://www.geoelectrical.com/r2dimanu.zip

/3/ NGU bakkegeofysik standarder - http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/

/4/ Jan Steinar Rønning et al., Resistivity mapping as a tool for identification and characterisation of weakness zones in crystalline bedrock: definition and testing of an interpretational model, Bull Eng Geol Environ DOI 10.1007/s10064-013-0555-7

/5/ http://geo.ngu.no/kart/losmasse/

Område 1

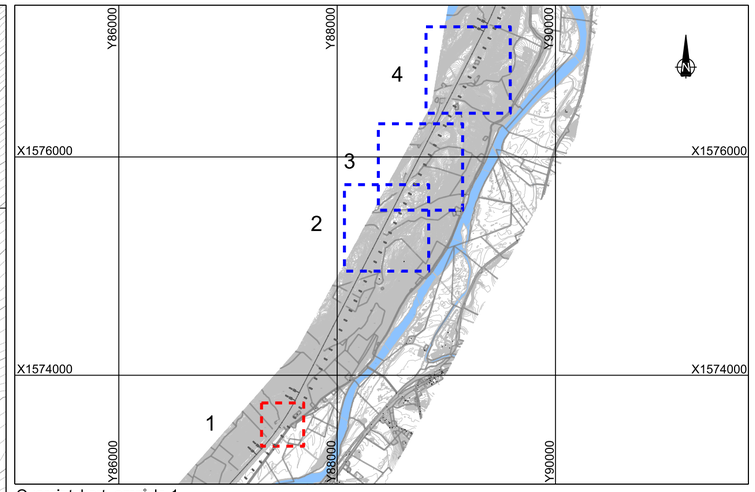
Y87400 Y87500 Y87600

X1573700 X1573600 X1573500 X1573400

LINJE A
LINJE B
LINJE C
111
103
107

259/8 259/7 259/6 259/3 258/16 258/15 258/7 258/1 1672/13 259/2

0 10 20 30 40 50m



Oversigtskort, område 1

Signaturforklaring:

Seismiklinje

Tolket svaghedszone, seismik

Boring

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.	
1	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO	Kort opdateret
0	16-09-2014	JMN	FWGO	RGW	

Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (A2, 590 x 420mm)

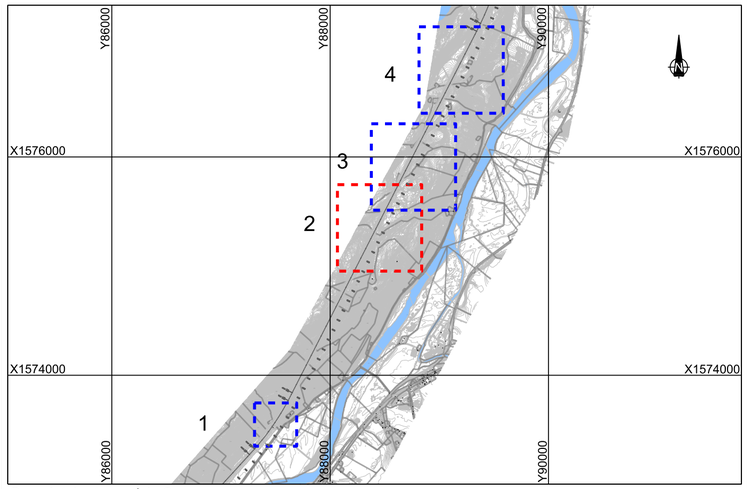
E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Oversigtskort, område 1. Linje A, B og C

Tegning nr. 1.1 Rev. 1

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Område 2



Oversigtskort, område 2

Signaturforklaring:

- Seismiklinje
- Geoelektriklinje
- Tolket svaghedszone, seismik
- Tolket svaghedszone, geoelektrik
- Tolket mulig svaghedszone, geoelektrik

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO

Projektnr. 1100012270 Mål 1:2000 (A2, 590 x 420mm)

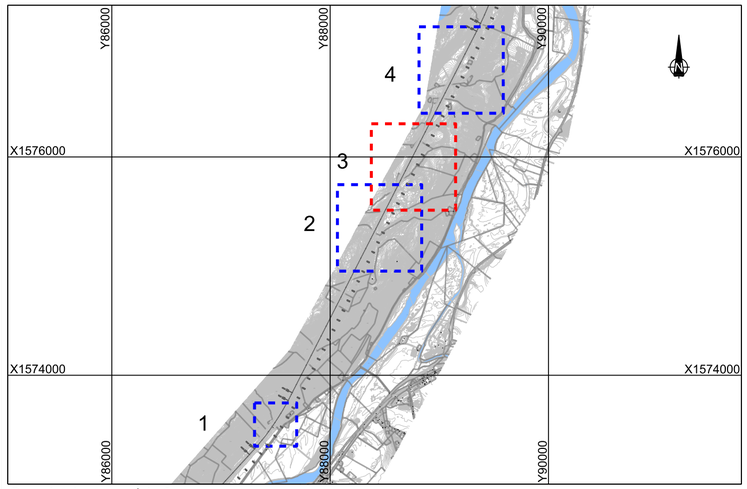
E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Oversigtskort, område 2. Linje D, E, F, K og L

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Tegning nr. 1.2 Rev. 0

Område 3



Oversigtskort, område 3

Signaturforklaring:

- Seismiklinje
- Geoelektriklinje
- Tolket svaghedszone, seismik
- Tolket svaghedszone, geoelektrik
- Tolket mulig svaghedszone, geoelektrik

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO

Projektnr. 1100012270 Mål 1:2000 (A2, 590 x 420mm)

E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Oversigtskort, område 3. Linje G, H, L og P

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Tegning nr. 1.3 Rev. 0

Område 4

LINJE I
0
100
200
210

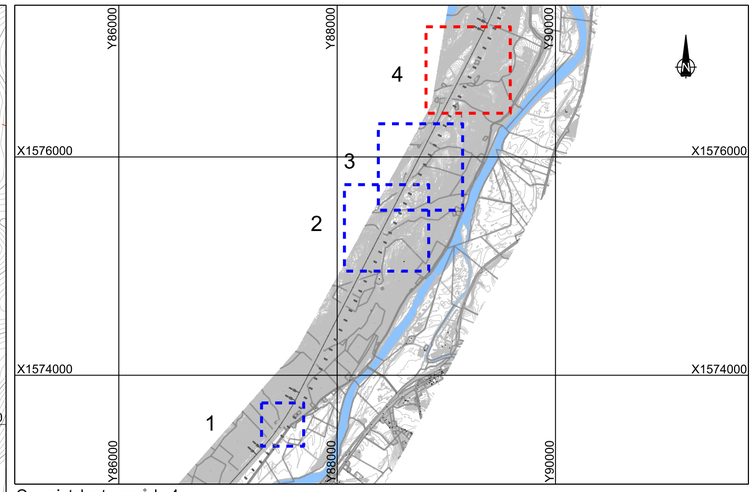
LINJE M
-63
0

LINJE J
0
100
100
200
200
234
293

262/11
262/8
262/9
263/2/1
263/2
263/15
261/7
261/8

X1577000
X1576800
X1576600
Y89000
Y89200
Y89400

0 10 20 30 40 50m



Oversigtskort, område 4

Signaturforklaring:

- Seismiklinje
- Geoelektriklinje
- Tolket svaghedszone, seismik
- Tolket svaghedszone, geoelektrik
- Tolket mulig svaghedszone, geoelektrik

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.	
1	27-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO	Profil J og M opdateret
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO	

Projektnr. 1100012270 Mål 1:2000 (A2, 590 x 420mm)

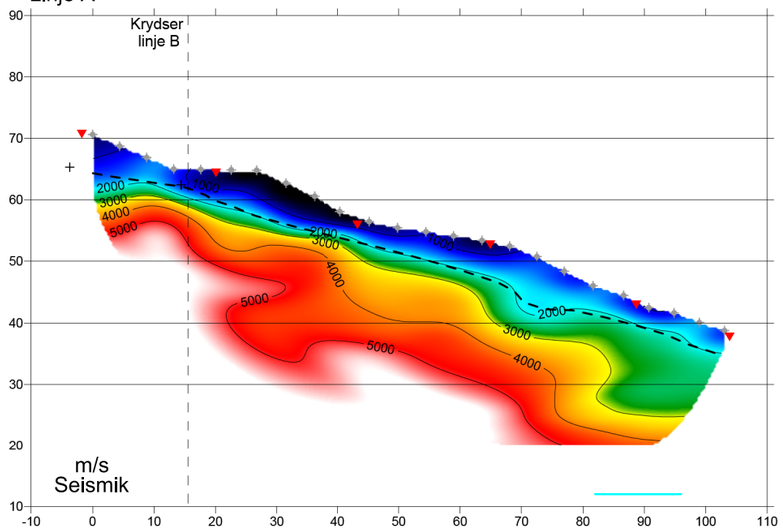
RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

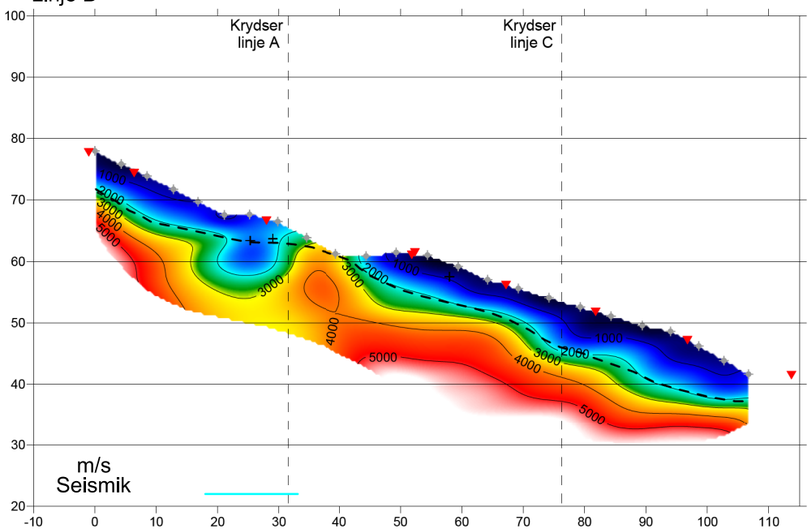
Refraktionsseismik og geoelektrik
Oversigtskort, område 4. Linje J, I og M

Tegning nr. 1.4 Rev. 1

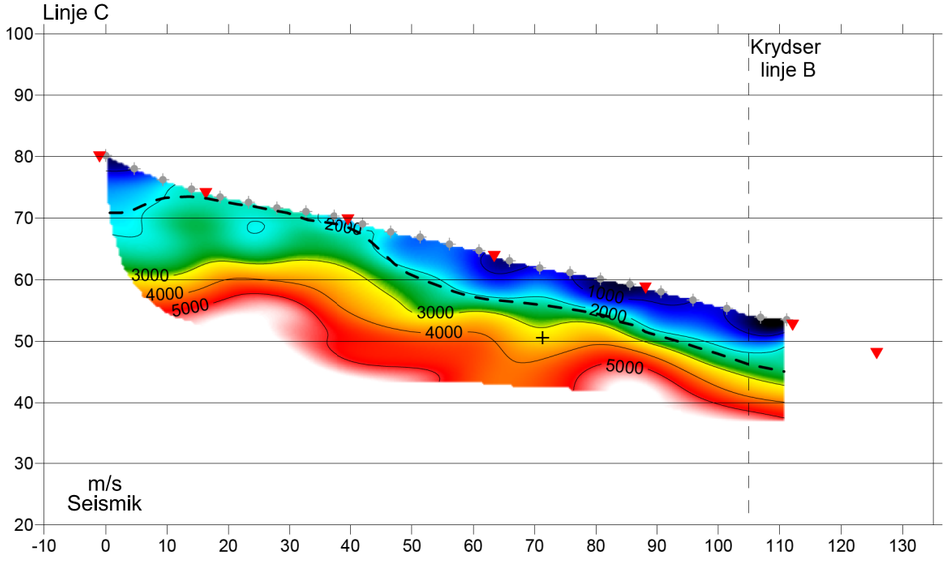
Linje A

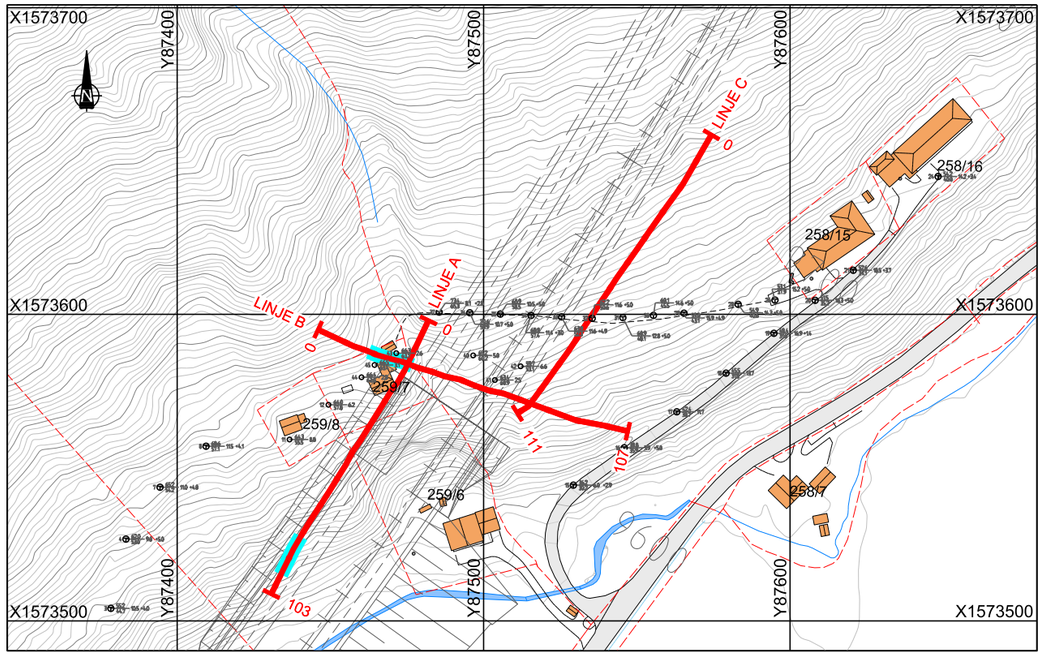


Linje B



Linje C

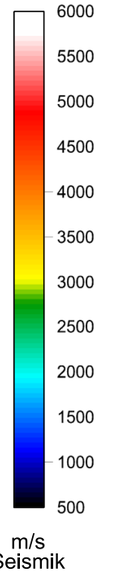




Oversigtskort, område 1

Signaturforklaring:

- Seismik
- Tolket fjeld
- Tolket svaghedszone, seismik
- Geofonpositioner
- Skudpositioner
- Fjeldkote fra nærliggende boring



Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10 / NN1954
Alle mål i meter

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.	
1	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO	Profiler opdateret
0	16-09-2014	FWGO/JMN	FWGO	RGW	

Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (A3, 420 x 297mm)

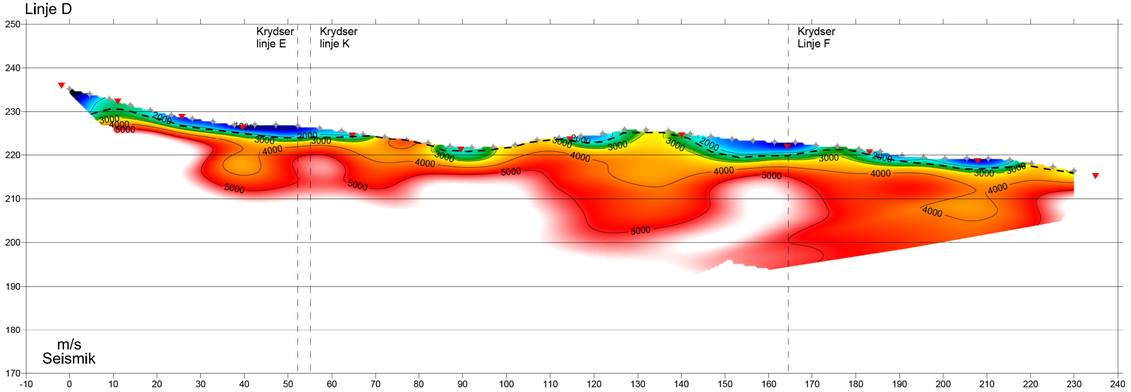
E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Område 1. Linje A, B og C

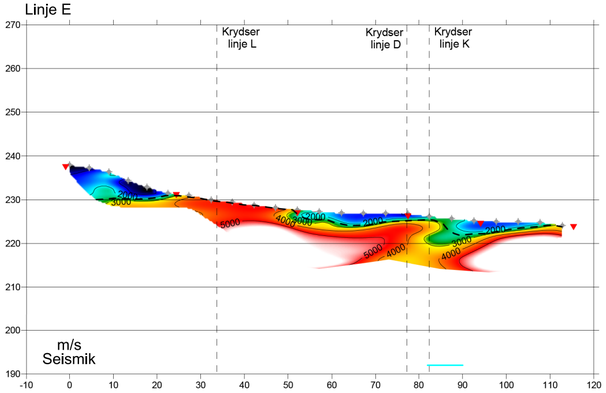
Tegning nr. 2.1 Rev. 1

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

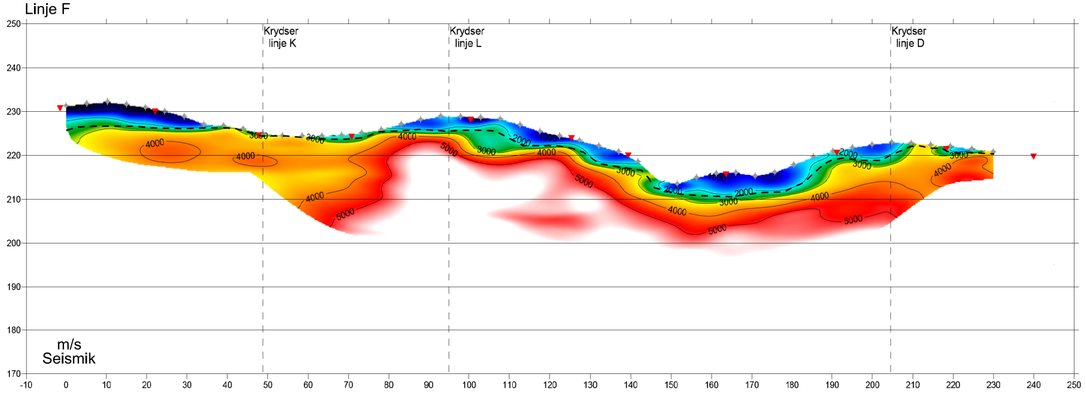
Linje D

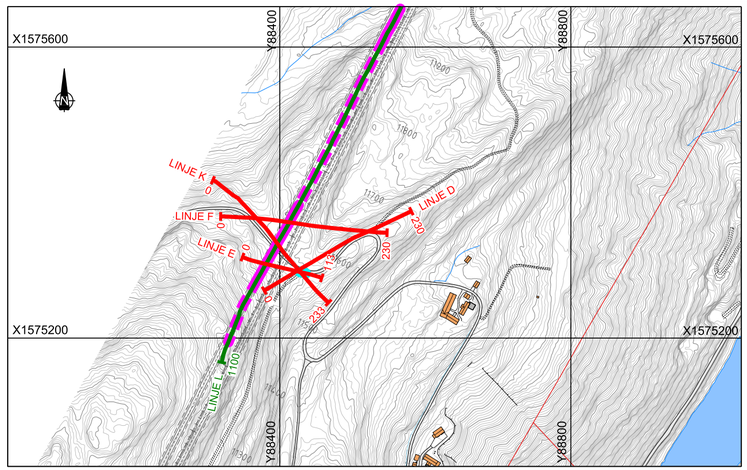


Linje E



Linje F



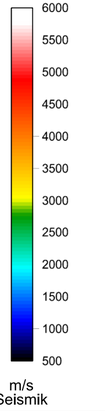


Oversigtskort, område 2

Signaturforklaring:

Seismik

- Tolket fjeld
- Tolket svaghedszone, seismik
- Geofonpositioner
- Skudpositioner
- Fjeldkote fra nærliggende boring



Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10 / NN1954
Alle mål i meter

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO

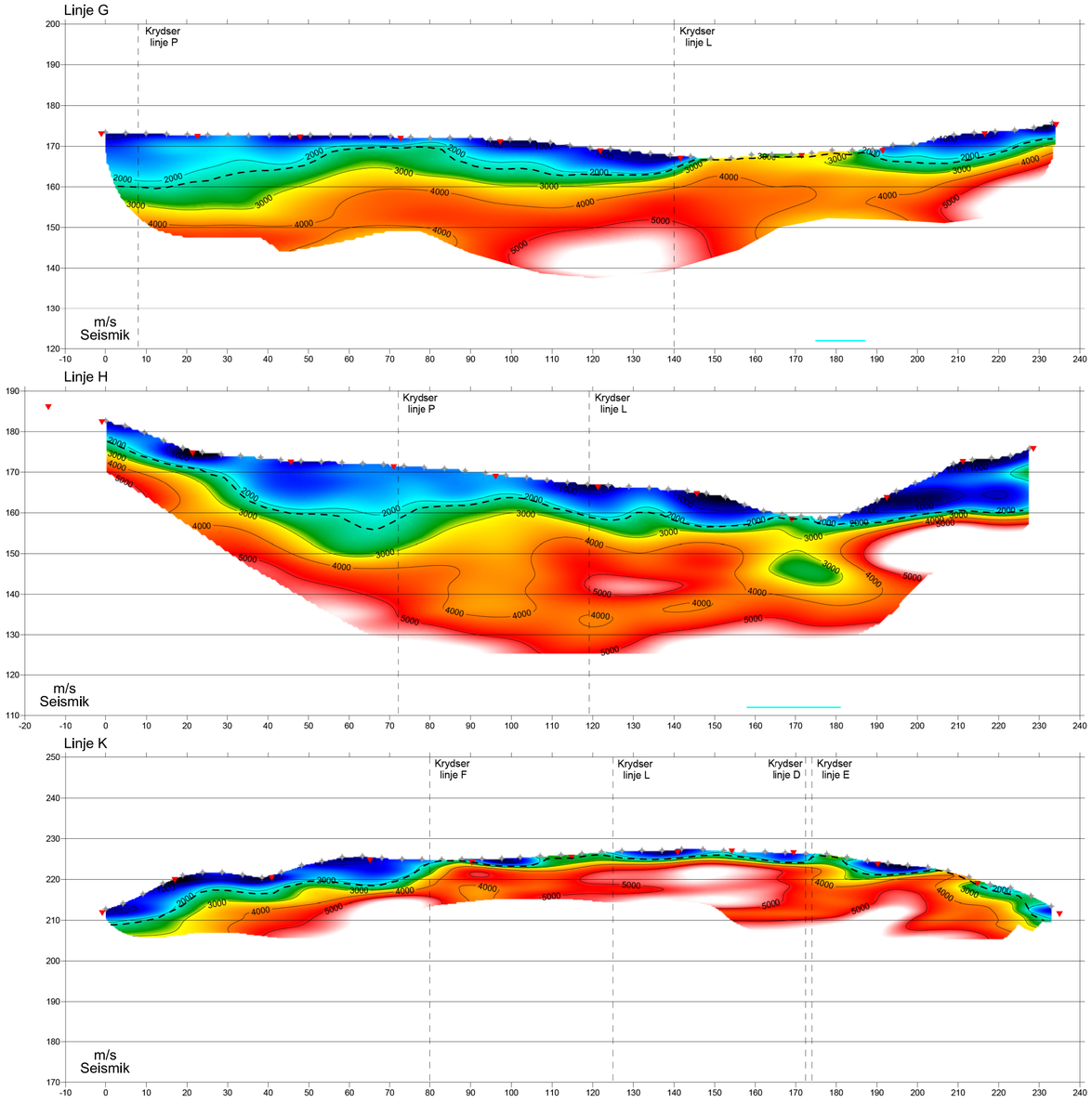
Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (A3, 420 x 297mm)

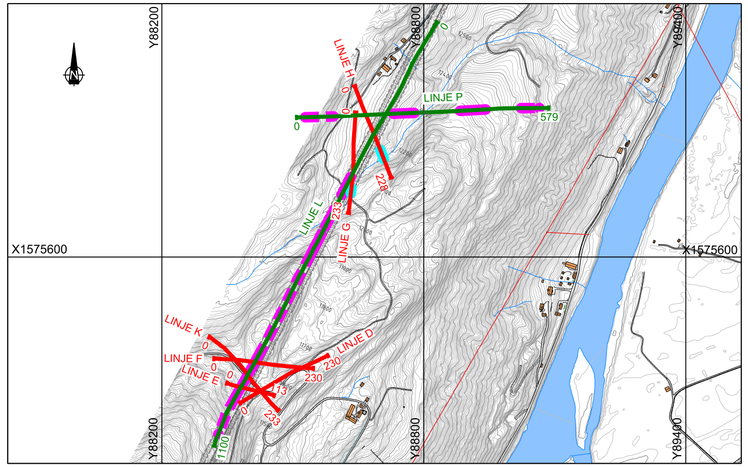
E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Område 2. Linje D, E og F

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Tegning nr. 2.2 Rev. 0



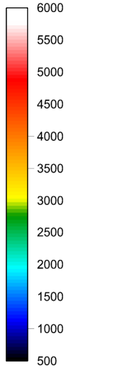


Oversigtskort, område 2 og 3

Signaturforklaring:

Seismik

- Tolket fjeld
- Tolket svaghedszone, seismik
- Geofonpositioner
- Skudpositioner
- Fjeldkote fra nærliggende boring



Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10 / NN1954
Alle må i meter

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO

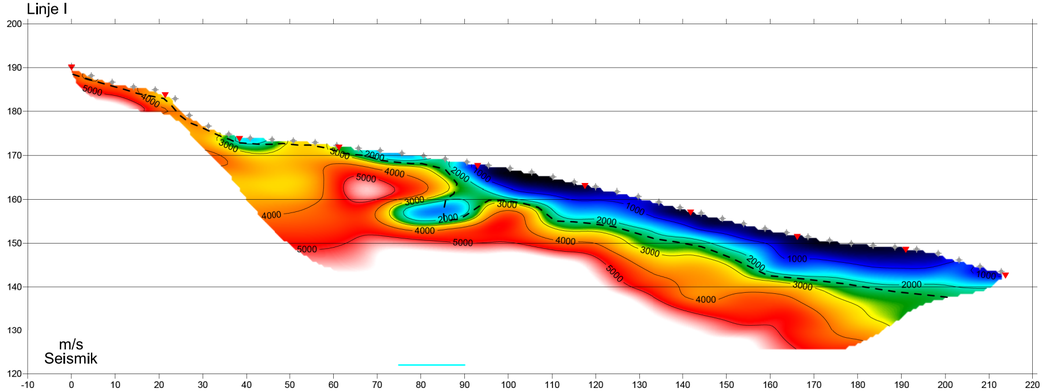
Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (A3, 420 x 297mm)

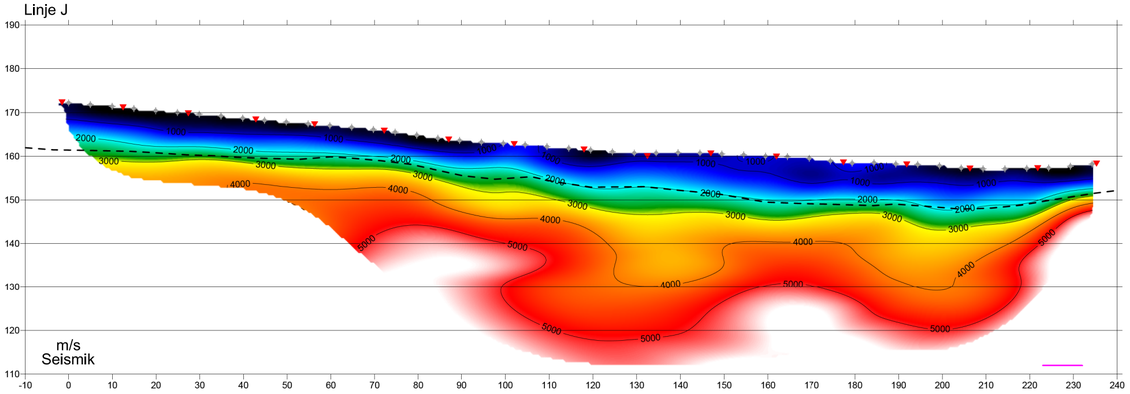
E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

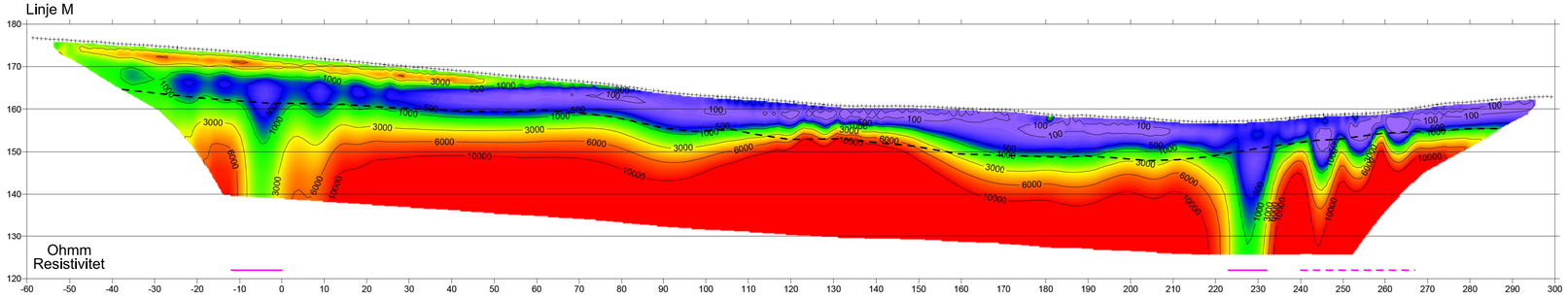
Refraktionsseismik og geoelektrik
Område 2 og 3. Linje G, H og K

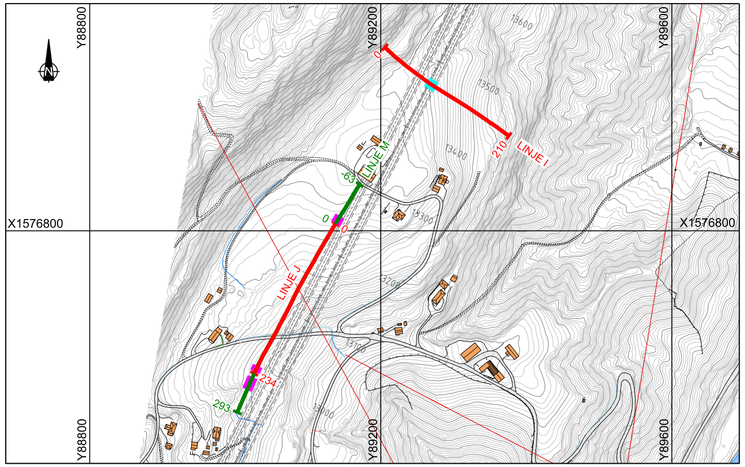
RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Tegning nr.	Rev.
2.3	0









Oversigtskort, område 4

Signaturforklaring:

Seismik

- Tolket fjeld
- Tolket svaghedszone, seismik
- Geofonpositioner
- Skudpositioner
- Fjeldkote fra nærliggende boring

Geoelektrik

- Tolket svaghedszone, geoelektrik
- Tolket mulig svaghedszone, geoelektrik
- Måleposition

m/s Seismik: 6000, 5500, 5000, 4500, 4000, 3500, 3000, 2500, 2000, 1500, 1000, 500

Ohmm Resistivitet: 10000, 9500, 9000, 8500, 8000, 7500, 7000, 6500, 6000, 5500, 5000, 4500, 4000, 3500, 3000, 2500, 2000, 1500, 1000, 500

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10 / NN1954
Alle mål i meter

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.	
1	27-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO	Profil J og M opdateret
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO	

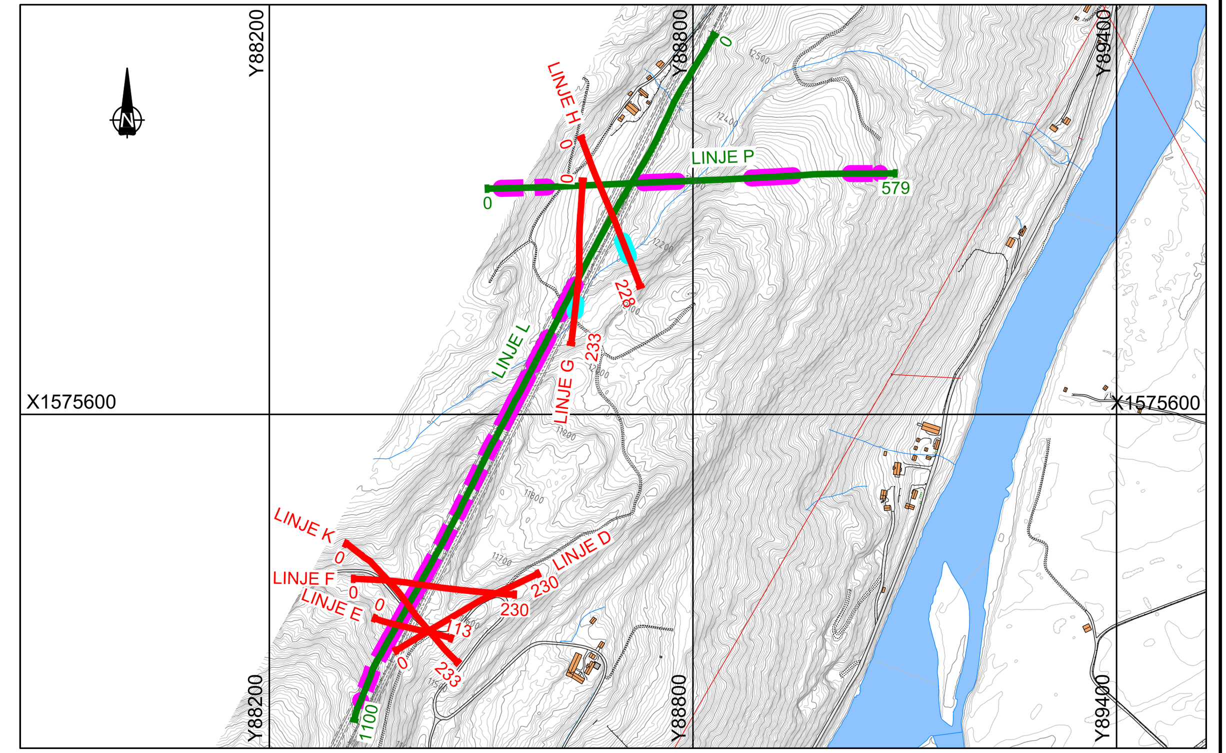
Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (Lang A3, 590 x 297mm)

E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Område 4. Linje I, J, og M

Tegning nr. 2.4 Rev. 1

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk



Oversigtskort, område 2 og 3

Signaturforklaring:

Geoelektrik

- Tolket svaghedszone, geoelektrik
- Tolket mulig svaghedszone, geoelektrik
- + Måleposition

Ohmm Resistivitet
10000
9500
9000
8500
8000
7500
7000
6500
6000
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10 / NN1954
Alle mål i meter

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO

Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (Lang A3, 1350 x 297mm)

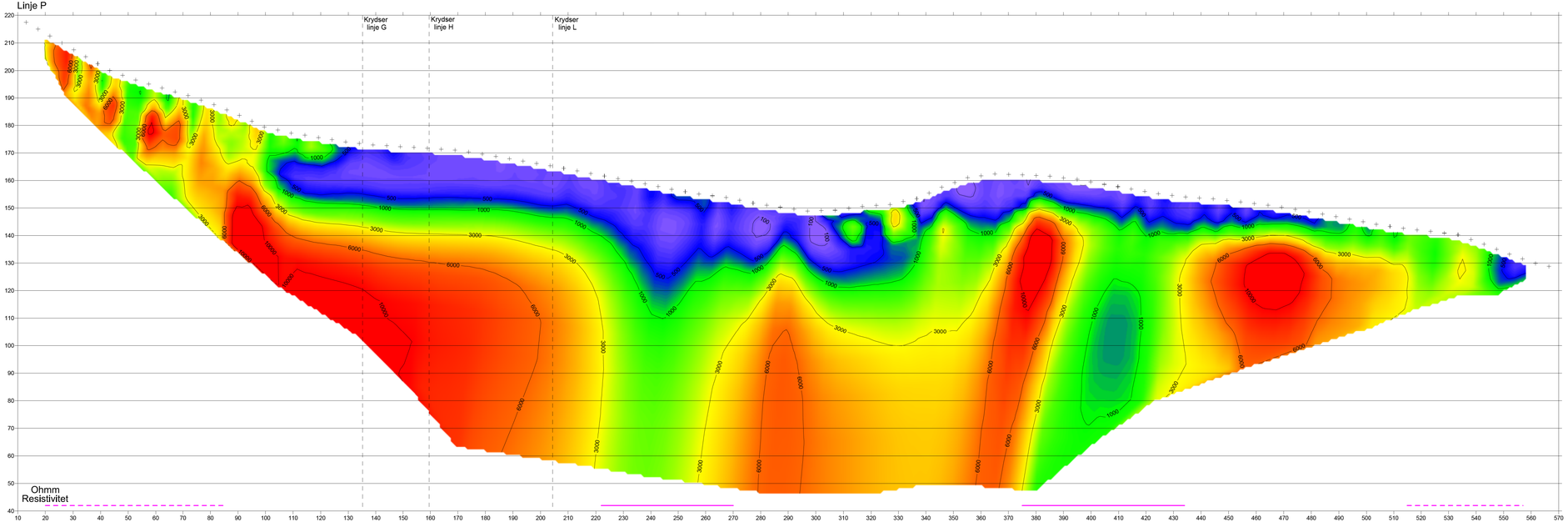
E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

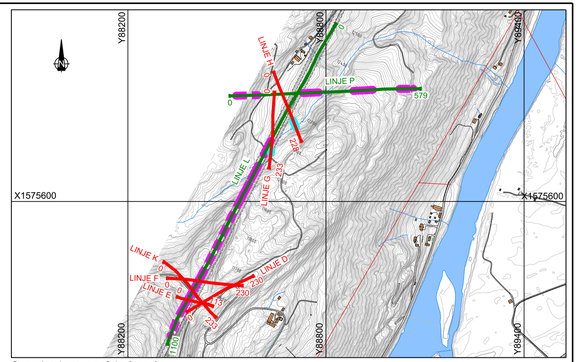
Refraktionsseismik og geoelektrik
Område 2 og 3. Linje L

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Tegning nr. 2.5 Rev. 0

Linje P





Oversigtskort, område 2 og 3

Signaturforklaring:

Geoelektrik

- Tolket svaghedszone, geoelektrik
- Tolket mulig svaghedszone, geoelektrik
- Måleposition

Ohmm
Resistivitet

Note:
Koordinatsystem, Norway ETRS89 / NTM Zone 10 / NN1954
Alle mål i meter

Rev.	Dato	Konst./Tegn.	Kontrol.	Godk.
0	15-10-2014	FWGO/JMN	LC/LWM	FWGO

Projektnr. 1100012270 Mål 1:1000 (Lang A3, 780 x 297mm)

E6 Røskaft-Skjerdingstad
Geofysiske undersøgelser

Refraktionsseismik og geoelektrik
Område 2 og 3. Linje P

Tegning nr. 2.6 Rev. 0

RAMBØLL
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 5161 1000
Fax +45 5161 1001
www.ramboll.dk

RAPPORT

E6 Trøndelag – Homyrkamtunnelen

Leveranse geoskanning 2019

DOK. NR. 18023-03-R
REV.NR. A / 2020-10-14

EMerald Geomodelling
www.emeraldgeo.no

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 EMerald Geomodelling.

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 EMerald Geomodelling.

Prosjekt

Prosjekttittel:	E6 Trøndelag – Homyrkamtunnelen
Dokumenttittel:	Leveranse geoskanning 2019
Dokumentnr.:	18023-03-R
Dato:	2020-10-14
Rev.nr. / Rev.dato:	A /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Nye Veier
Kontaktperson:	Kari Charlotte Sellgren
Kontraktreferanse:	Tilbud 20190104-01-T datert 20.05.2019

for EMerald Geomodelling

Prosjektleder:	Guro Huun Skurdal
Utarbeidet av:	Guro Huun Skurdal og Craig William Christensen

Dokumentkontroll/*Document control*			
Rev/ Rev.	***Revisjonsgrunnlag/Reason for revision***	**Egenkontroll av/ *Self review by:***	**Sidemannskontroll av/ *Colleague review by:***
A	Utkast	2020-10-08 Guro Huun Skurdal	2020-10-13 Andreas A Pfaffhuber

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	**Dato/*Date***	**Prosjektleder/*Project Manager***
	14. oktober 2020	Guro Huun Skurdal

Sammendrag

EMerald Geomodelling har på oppdrag fra Nye Veier utført helikopterbasert geoskanning (AEM) langs deler av planområdet for ny E6 i Trøndelag. Det ble fløyet over den planlagte traseen over Homyrkamtunnelen og også i området nord og sør for den planlagte tunnelen. Formålet med undersøkelsene var å få informasjon om de geologiske forholdene i området som dybde til berg, identifisere mulige større svakhetssoner i forbindelse med planlagt tunnel, kartlegge eventuelle bergartsgrenser og løsmassetyper som kvikkleire om mulig.

Foreliggende datarapport presenterer data og resultater fra geoskanningen utført i juni 2019, over planområdet for ny E6 ved Homyrkam.

Noen av dataene er påvirket av eksisterende infrastruktur som kraftledninger, men det var mulig å produsere en resistivitetsmodell over store deler av planområdet.

Det forelå tidligere utførte geotekniske boringer fra undersøkelsesområdet. Området nord for den planlagte tunellen er preget av tykke marine avsetninger og hverken boringer utført eller de innsamlede geofysiske dataene kunne detektere berg i dette området grunnet de store mektighetene. Området sør for tunellen er preget av mer resistive løsmasser og det var vanskelig å tolke overgangen fra løsmasse til berg her grunnet liten resistivitetskontrast og mangel på treningsdata i form av boringer som bekrefter berg. I området hvor det er planlagt tunnel er det varierende resistivitetsverdier, fra veldig høye som indikerer fast berg til lavere resistiviteter som kan relateres til en annen type bergart eller svakhetssoner.

Det har blitt gjort en generell tolkning av geologien basert på de elektromagnetiske dataene samlet inn under geoskanningen og NGUs berggrunns- og løsmassekart samt eksisterende geotekniske boringer og kartlegginger utført i området.

Det har blitt identifisert to geologiske overganger hvor 3D geometrien for disse overgangene er levert. Eksisterende geotekniske boringer har blitt tolket for sprøbruddmateriale ved hjelp av maskinlæring og resultatet fra dette sammen med geoskanningsdataene har blitt brukt for å kartlegge sannsynlighet for forekomst av sprøbruddmateriale i undersøkelsesområdet. Det har blitt pekt på områder hvor det potensielt kan være større svakhetssoner, men videre undersøkelser må til for å verifisere og kartlegge dette bedre. Det har også blitt gitt innspill til forslag for videre undersøkelser for forbedret tolkning av sannsynlighet for sprøbruddmateriale og mulighet for tolkning av bergoverflaten i området sør for planlagt tunnel.

Innhold

1 Innledning 6
2 Prosjektbeskrivelse 6
2.1 Prosjektomfang 6
2.2 Gjennomføring helikopter geoskanning 7
2.3 Oversikt over utførte tolkninger 7
3 Bakgrunnsinformasjon 8
3.1 Geologien i undersøkelsesområdet 8
3.2 Tidligere utførte grunnundersøkelser og kartlegging 9
4 Bergarter og svakhetssoner 13
4.1 Sørlig påhugg til 5150 m 15
4.2 5150 m til 6400 m 16
4.3 6400 m til 7300 m 17
4.4 7300 m til 8200 m 17
4.5 8200 til nordlig påhugg 17
5 Bergdybdetolkning 19
5.1 Sør for tunnel 20
5.2 Nord for tunnel 21
6 Kartlegging av sprøbruddmateriale 22
6.1 Fremgangsmåte 22
6.2 Tolkning borehull 23
6.3 Resultater geoskanning 25
6.3.1 Forset 26
6.3.2 Nordlig Tunnelpåhugg, Losakleiva, og Loa 27
6.3.3 Grinni 28
7 Videre arbeid og modelloppdateringer 30
7.1 Bergdybde 31
7.2 Løsmassetolkning 31
8 Leveranse 32

Vedlegg

Vedlegg A Leveransefiler
Vedlegg B AEM metodebeskrivelse

1 Innledning

Nye Veier skal i Trøndelag bygge ut firefelts vei fra Ulsberg i sør til Åsen i nord – en samlet strekning på 106 km. Utbyggingen vil styrke trafikksikkerheten, forkorte reisetid og stimulere til vekst og utvikling i det samlede Trøndelag. Nye Veiers prosjekt mellom Gyllan og Kvål som omfatter Homyrkamtunnelen er ett av fire i E6 sør-utbyggingen fra Ulsberg til Melhus sentrum.

EMerald Geomodelling er engasjert av Nye Veier for å utføre geoskanning fra luften (AEM) over planområdet for ny E6 på delstrekningen Gyllan-Kvål i Melhus kommune, som omfatter 15 km firefelts vei. Formålet med undersøkelsen var å effektivt få en grov kartlegging av grunnforholdene i området. Det har blitt samlet inn elektromagnetiske data som har blitt tolket sammen med tilgjengelige geotekniske og geologiske data.

Foreliggende rapport presenterer måleprogrammet og beskriver resultater og leveranser knyttet til geoskanningen utført langs den planlagte tunnel- og veitraseen.

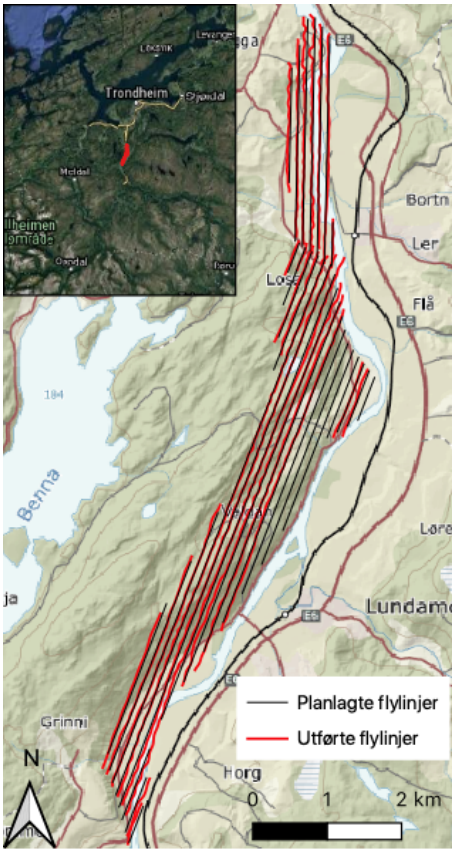
2 Prosjektbeskrivelse

2.1 Prosjektomfang

Datainnsamlingen over planområdet for ny E6 ble utført 12. juni 2019 og totalt 82,5 linje-km ble fløyet (Figur 1). En liten del av planområdet ble ikke dekket grunnet prioritering av andre delstrekninger.

De fremkomne resistivitetsmodellene er basert på manuelt prosesserte data som er blitt renset for støy og andre forstyrrelser. Dataene ble så invertert for å finne en resistivitetsmodell som reflekterer den virkelige geologien i området basert på de målte dataene. Deretter er denne resistivitetsmodellen sammen med eksisterende data som geotekniske boringer blitt brukt til å utføre tolkning av geologien ved hjelp av maskinlæring.

Formålet med undersøkelsene var å få informasjon om de geologiske forholdene som dybde til berg, eventuelle svakhetssoner i forbindelse med tunneltraseene, type løsmasser



Figur 1: Planlagte flylinjer (sorte) og utførte flylinjer (røde) i planområdet for ny E6 mellom Gyllan og Kvål.

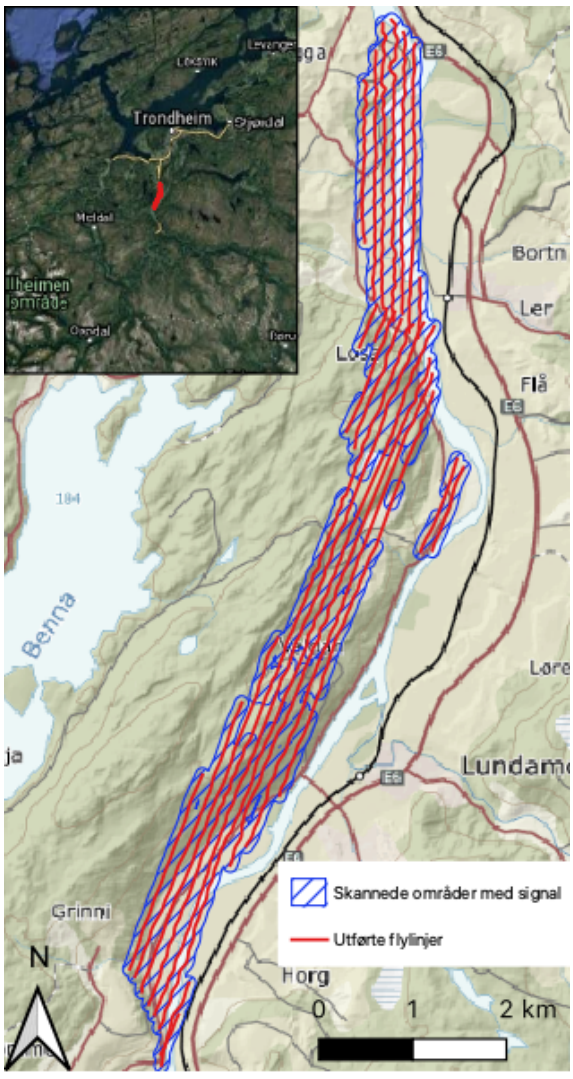
og berg om mulig. Prosjektet er fortsatt i planprosessen og resultatet av geoskanningen skal i første omgang brukes som en del av konkurransegrunnlaget for utlysningen av prosjektet.

Leveransen omfatter flere datafiler. Filene er levert i koordinatsystemet NTM10. Alle leveransene er oppsummert i denne rapporten. I Vedlegg A er filene som har blitt levert listet og forklart.

2.2 Gjennomføring helikopter geoskanning

Geoskanningen er utført langs planlagt trase fra Gyllan over Homyrkamtunellen og til Kvål. Planområdet ble dekket med parallelle flylinjer med 100 meter avstand mellom linjene. Ettersom det ikke er tillatt å fly med hengende last over mennesker, må piloten avvike noe fra planlagt flyplan om det er hus eller gårder i området. Dekningsområdet for undersøkelsen er vist Figur 2.

Landingsplass for helikopteret ble etablert på et jorde på eiendom med gårds- og bruksnr 44/1 på Støren. Geoskanningen ble utført med SkyTEMs 304 system. Prinsipper og metodikk for helikopterbasert geoskanning (AEM) er nærmere beskrevet i Vedlegg B.



Figur 2: Dekning av geoskanningsdata. Blå polygoner indikerer områder der det var gode nok data til å produsere en resistivitetsmodell.

2.3 Oversikt over utførte tolkninger

Ulike geologiske materialer har ulike fysiske egenskaper, og ved helikopter geoskanning måles ledningsevnen til ulike materialer i grunnen. Noen materialer leder godt (høy konduktivitet) mens andre leder mindre godt (høy resistivitet). Dette kan brukes til å tolke geologien i et område (Vedlegg B).

Undersøkelsesområdet er i stor grad preget av godt datasignal og det var mulig å produsere resistivitetsmodeller over store deler av planområdet (Figur 2). I et område omtrent midt i undersøkelsesområdet var dataene påvirket av eksisterende infrastruktur og det var ikke mulig å produsere resistivitetsmodeller eller utføre tolkninger her.

Resistivitetsmodellen ble brukt for å tolke grunnforholdene. Tolkningene er beskrevet i denne rapporten i tre kapiteler:

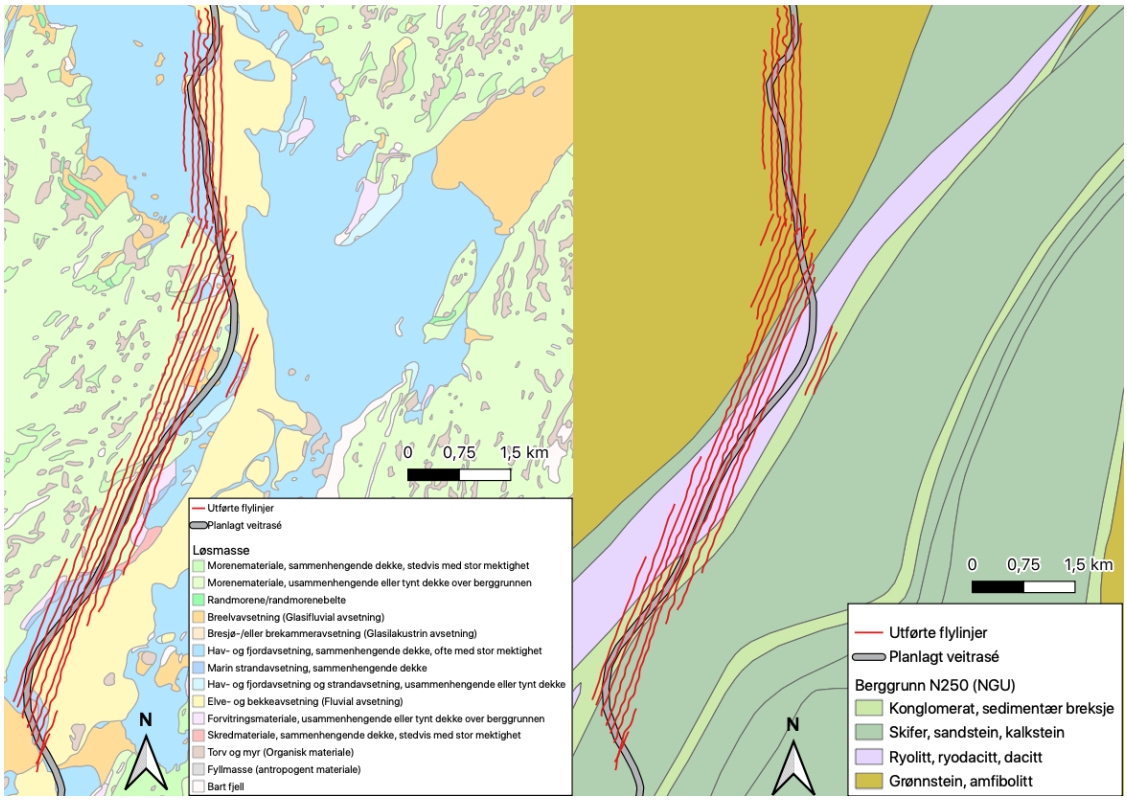
- Bergartsoverganger og mulige svakhetssoner langs tunneltraseen (Kapitel 4)
- Dybde til overgangen mellom løsmasse og berg (Kapitel 5)
- Sannsynlighet for sprøbruddmateriale (Kapitel 6)

Hvert av disse kapitelene beskriver fremgangsmåten og beskriver de viktigste trender og funn. Kapitel 7 gir en oversikt over dataproduktene og modellene som er levert.

3 Bakgrunnsinformasjon

3.1 Geologien i undersøkelsesområdet

Ifølge NGUs løsmassekart er det forventet hav og fjordavsetning samt fluviale avsetninger nord og sørøst i planområdet (venstre i Figur 3). I den midtre delen av planområdet, over den planlagte Homyrkamtunnelen, er det forventet tynne løsmassedekker hovedsakelig bestående av morene. I NGUs berggrunnskart (1:250 000) er det i den sørligste delen av planområdet kartlagt skifer, sandstein og kalkstein (høyre i Figur 3). Videre nordover kommer man så inn i et belte med konglomerat/sedimentær breksje før det er kartlagt ryolitt/dacitt og igjen et tynt belte med skifer, sandstein eller kalkstein. I den nordlige delen er det forventet grønnstein og amfibolitt.



Figur 3: NGUs løsmassekart (venstre) og NGUs berggrunnskart (høyre). Røde linjer viser utførte flylinjer og grå linje er planlagt veitrase.

3.2 Tidligere utførte grunnundersøkelser og kartlegging

Nye Veier delte flere rapporter og en GeoSuite-database med tidligere utførte grunnundersøkelser med EMerald Geomodelling. Disse dataene inkluderte mer data enn det som finnes i NADAG. Noe data ble også hentet fra GRANADA, hvor 4 brønner overlapper med det kartlagte området. Tabell 1 gir oversikt over geotekniske data og rapporter benyttet i tolkningsarbeidet.

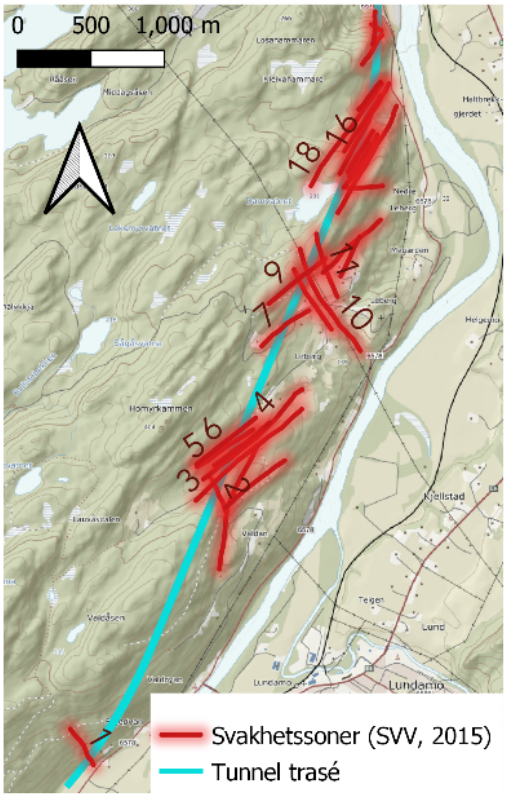
Tabell 1: Kjente tidligere utførte grunnundersøkelser som overlapper med geoskanningsområdet.

Kilde nr.	Rapport nr.	Utførende	Dato	Geotekniske data tilgjengelig	Rapport tilgjengelig	Borepunkt-navn
[1]	2014053733-05 (Ud1000Br01)	SVV	2015-08-31	Nei	Ja	-
[2]	Datarapport grunnundersøkelser Losen – Kvål sør	Multiconsult	2015-10-08	Ja	Ja	1073 til 1096
[3]	2013067522-01 (Ud 1000 Ar1)	SVV	2013	Ja	Ja	S1-serien
[4]	2013067522-003 (Ud1000C-01)	SVV	2013	Ja	Ja	S2-serien
[5]	2013067522-005 (Ud1000D-01)	SVV	2014	Ja	Nei	S3-serien
[6]	2009067606-006 (Ud906A-06)	SVV	2009	Ja	Nei	S4-serien
[7]	*<Ukjent>*	*Rambøll?*	*2014?*	Ja	Nei	R4-serien
[8]	20101052-00-3-R	NGI	2011	Ja	Nei	NGI1-serien
[9]	81075-2	NGI	1990	Ja	Nei	NGI2-serien
[10]	411760-1	Multiconsult	2006	Ja		MC1-serien
[11]	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2003?*	Ja	Nei	K-serien
[12]	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2009?*	Ja	Nei	G400-serien
[13]	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2014?*	Ja	Nei	ELVE-serien
[14]	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2014*	Ja	Nei	1012 til 1072
[15[	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2014*	Ja	Nei	1141
[16]	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2015*	Ja	Nei	1212 til 1215
[17]	*<Ukjent>*	*<Ukjent>*	*2015*	Ja	Nei	11

Den ingeniørgeologiske rapporten fra SVV (2015, nr. 2014053733-05) beskriver flere svakhetssoner kartlagt langs tunneltraseen (Figur 4). Disse ble identifisert ved hjelp av befaringer i felt og bakkebaserte geofysiske undersøkelser. Disse blir sammenliknet med tolkning av geoskanningsdataene i Kapittel 4.

Det har tidligere blitt utført en grov kartlegging av kvikkleire/sensitiv leire i området. Ifølge SVVs 2015 rapport (nr. 2014053733-05) er maringrensen i området på 175 m.o.h. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har kartlagt to kvikkleire-faresoner som overlapper med undersøkelsesområdet hvor det i begge områdene er fare for skred (Figur 5):

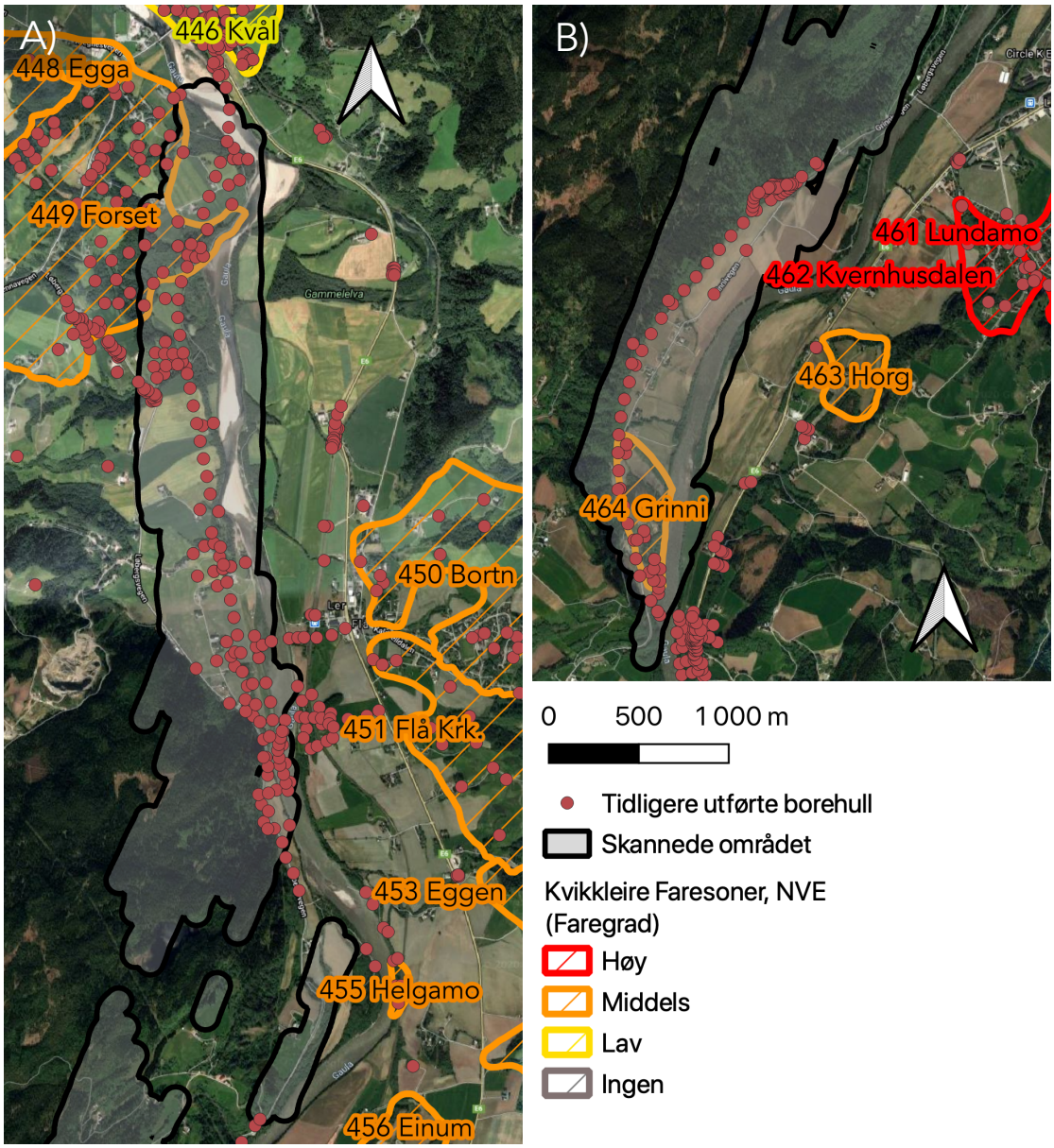
- 464 Grinni
- 449 Forset



Figur 4: Svakhetssoner kartlagt av SVV langs tunneltraseen i 2015 (rapport nr. 2014053733-05)

Det var ikke inkludert tolkninger av lagdeling i GeoSuite databasen delt av Nye Veier. For en del av grunnundersøkelsene var det en tilhørende rapport med generelle tolkninger og spesifikke tolkninger for noen enkelte borehull. For enkelte grunnundersøkelser var det ingen tilgjengelig rapport i det hele tatt (Kilde [7], [11] til [17]). I flere rapporter (Tabell 1) pekes det på spesifikke borehull der det er tolket materialer som enten omtales som sprøbruddmateriale, kvikkleire eller sensitiv leire:

- Kilde [2]: I rapporten er det tolket kvikkleire i borehullene MC1-26, 1092, og 1096 som ligger rett utenfor det skannede området. Det er konkludert med at det ligger kvikkleire under elveterrassene ved gårdene på Flaten, Klepp, og Forset.
- Kilde [4]: I rapporten pekes det på borehullene S2-108, S2-107, og S2-106 som potensielt kvikkleireleirholdige borehull.
- Kilde [3]: I rapporten ble det ikke påvist sensitiv leire i S1-serien, til tross for at noen av disse boringene sammenfaller med en av NVEs kartlagte faresoner (464 Grinni).



Figur 5: Kvikkleirefaresoner tidligere kartlagt av NVE i og rundt undersøkelsesområdet nord for tunnelen (A) og sør for tunnelen (B) sammen med tidligere utførte geotekniske boringer.

4 Bergarter og svakhetssoner

Det har blitt tolket bergartsoverganger og omfang av svakhetssoner langs den planlagte tunneltraseen. Det ble identifisert resistivitetsoverganger hvor geometrien til overgangene kunne trekkes ut som en overflate. Et kunstig nevralt nettverk (ANN), som er en maskinlæringsalgoritme, ble bruk for å støtte denne uttrekningen. Ingen eksisterende kjerneboringsdata var tilgjengelig, så noen enkelte manuelle tolkninger ble utført. Algoritmen brukte disse manuelle tolkningene for å raskt automatisk tolke resten av overgangen og en triangulert overflate ble eksportert.

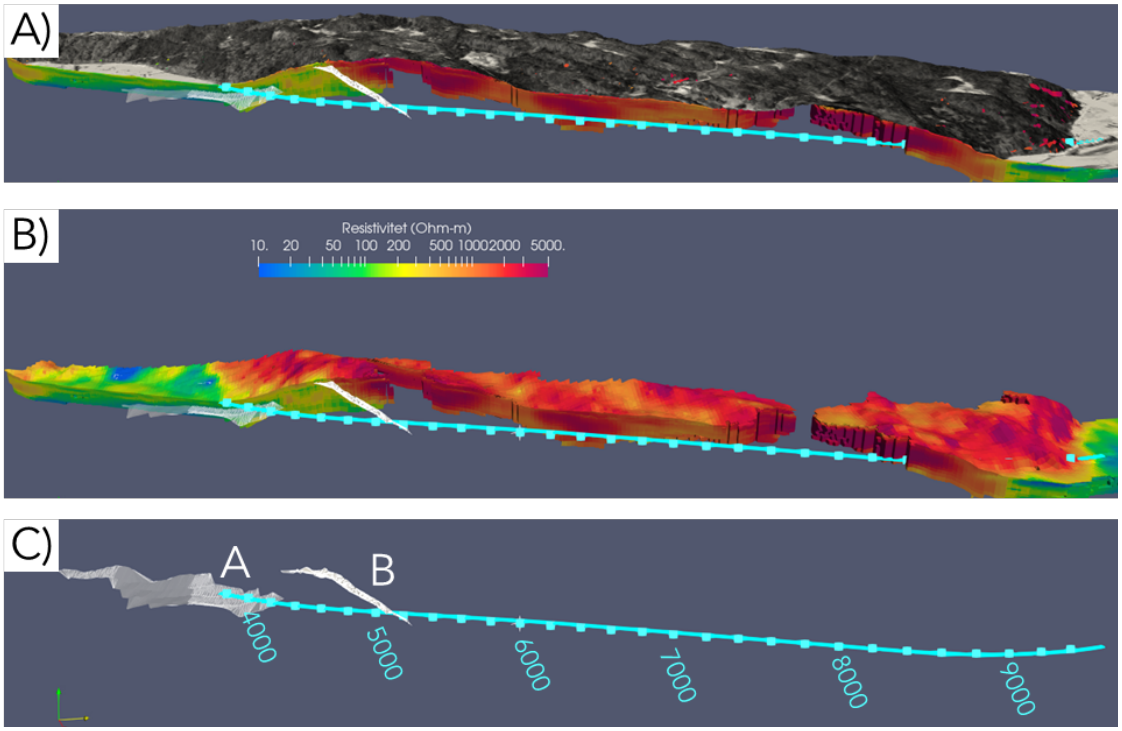
To klare resistivitetsgrenser som krysser planlagt tunneltrase på 4150 m og 5150 m (± 150 m) ble identifisert. Mellom disse to grensene går planlagt tunnel gjennom mer ledende grunn (<200 Ωm), mens grunnen nord for grensene er karakterisert av mye høyere resistivitet (>2000 Ωm) og grunnen sør for grensene noe høyere resistivitet (500-1000 Ωm). Dette er tolket til å være bergartsgrenser. To triangulerte overflater ble ekstrahert langs de resistive overgangene (Figur 6,Tabell 2).

Tabell 2: De tolkede overflatene langs tunneltraséen.

Navn	Omtrentlig profilnummer for tunnelkryssing	Beskrivelse
Overflate A	4150 m +/- 150	Bergartsgrense
Overflate B	5150 m +/- 150	Bergartsgrense

Nord for 5150 m er resistivitetsverdiene langs tunnelen generelt høye (>2000 Ωm). Det finnes noen subtile variasjoner (Figur 6A og B), men ingen skarpe, tydelige grenser. Det observeres noe lavere resistiviteter (500-1000 Ωm) ved tunnelens høyde enkelte steder, men dette reflekterer muligens ikke den reelle geologien. Dette kan komme av ledene masser ved overflaten, men svakhetssoner vil skape en tilsvarende reduksjon i resistivitet og det kan derfor ikke utelukkes at dette svarer til svakhetssoner. På grunn av disse usikkerhetene er det bare gjort noen generelle manuelle tolkninger langs strekningen.

Tunneltraseen er delt opp i intervaller og hovedfunnene for hvert intervall langs tunneltraseen er kort oppsummert i Tabell 3 og videre beskrevet i de påfølgende delkapitlene.



Figur 6: Oversikt over viktige geologiske overganger identifisert i geoskanningsdataene: A) Snitt gjennom resistivitetsmodellen langs tunneltraséen (lysblå) med et satellittbilde drapert over overflaten; B) Snitt gjennom resistivitetsmodellen uten satellittbilde; C) Tolkede overflater (A og B) og profilnummer i meter lang tunneltraséen.

Tabell 3: Oppsummering av tolkning langs den planlagte tunneltraséen.

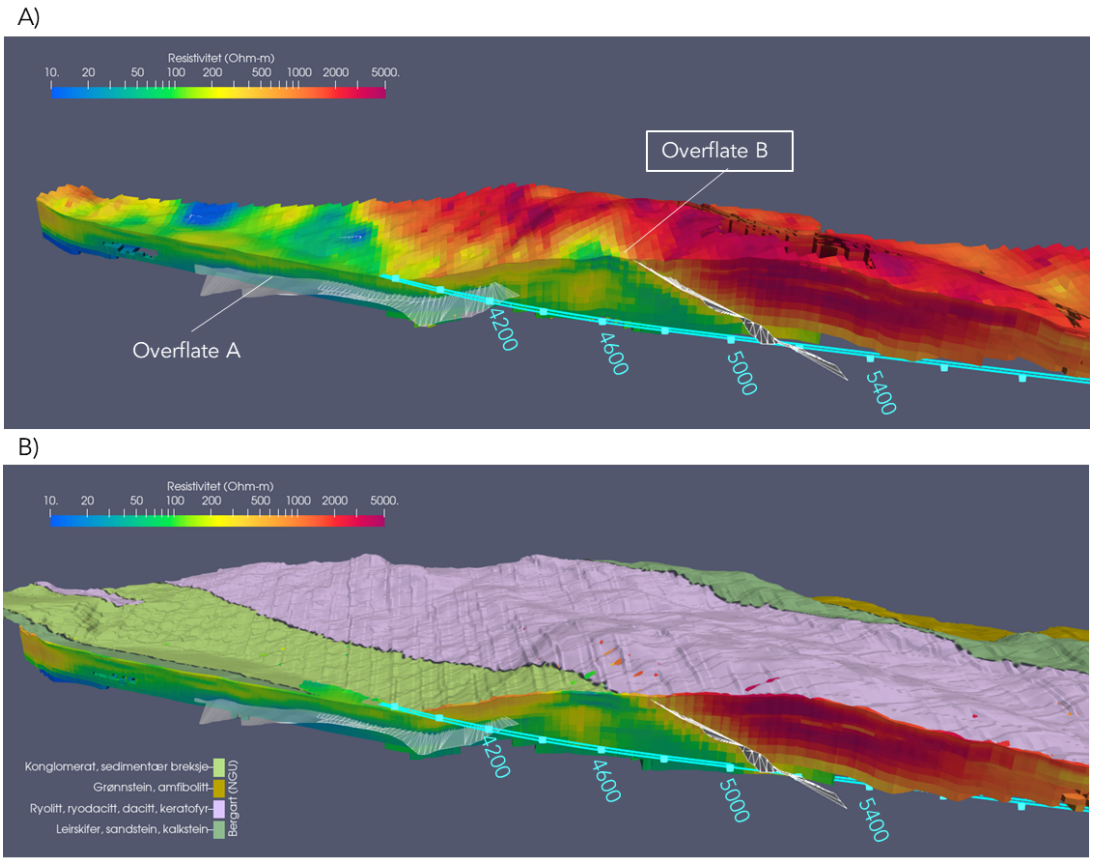
Profilnr. start	Profilnr. slutt	Beskrivelse
3800	4150	Bergart med høyere resistivitet eller skredmasser
4150	5150	Bergart med lav resistivitet (skifer, breksje?)
5150	5600	Manglende penetrasjon ned til tunnelhøyde, men resistivt berg over tunnelnivå og derfor ingen svakhetssoner påvist
5600	6400	Manglende penetrasjon ned til tunnelhøyde, mulige svakhetssoner
6400	7300	Manglende penetrasjon ned til tunnelhøyde, usikker tolkning
7300	8200	Forstyrrelser av infrastruktur, ingen datadekning.
8200	9400	Bergart med høy resistivitet, ingen svakhetssoner påvist

4.1 Sørlig påhugg til 5150 m

Det finnes resistive masser ved det sørlige tunnelpåhugget (3800m) (Figur 7). Massene kan enten være tykt skredmateriale eller en relativt resistiv bergart (konglomerat, sandstein, kalkstein). Uavhengig av materialets identitet er det en klar overgang til mer ledende materiale ved omtrent 4150 m (Overflate A) langs tunneltraseen.

Fra 4150 m til 5150 m (Overflate B) krysser traseen mer ledende materiale. Basert på NGUs berggrunnskart kan denne enheten være enten skifer eller breksje, som begge kan ha relativt lav resistivitet (100-300 Ωm).

Resistivitetsovergangen ved overflate B korrelerer veldig god med en bergartsovergang kartlagt i NGUs N250 berggrunnskart (Figur 7B). På terrengets overflate er det kartlagt "Konglomerat, sedimentær breksje" sør for overgangen, og "Ryolitt, ryodacitt, dacitt, keratofyr" nord for overgangen.



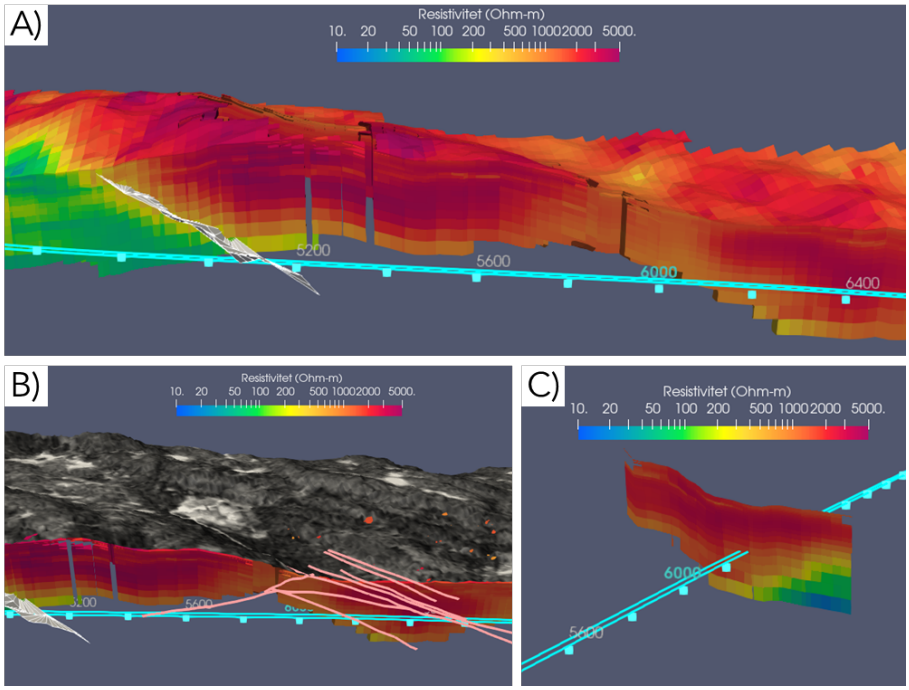
Figur 7: Bergartsgrenser (overflate A og B) tolket nær det sørlige tunnelpåhugget visualisert sammen med et snitt gjennom resistivitetsmodellen og planlagt tunneltrasé med profilnummer (lysblå). Delfigur B) viser det samme som i A) men med NGUs N250 bergrunskart drapert over terrengoverflaten.

4.2 5150 m til 6400 m

Mellom 5150 og 5600 m ligger tunnelen relativt dypt og det geofysiske signalet penetrer ikke dypt nok til å nå tunnelens høyde (Figur 8A). Resistivitetsmodellen ovenfor tunnelen viser bare høye resistiviteter. Ingen store svakhetssoner er derfor forventet ved tunnelens høyde heller.

Mellom 5600 og 6400 m er det en liten reduksjon i resistivitetsverdiene over tunnelen. Signalet når ikke ned til tunnelhøyden mellom 5600 og 6200 m. Området med lavere resistivitet i modellen korresponderer til området hvor en gruppe svakhetssoner[1] er kartlagt av SVV (Figur 8B). Det er mulig at disse svakhetssonene når ned til tunnelhøyden, men det er noen usikkerhet knyttet til dette grunnet mangel på data ved tunnelens høyde.

Det finnes også en veldig tydelig resistivitetsovergang nær den planlagte tunnelen, men som ikke krysser den planlagt traseen. Denne overgangen faller mot vest-nordvest og når tunnelens høyde omtrent 100-200 m øst for planlagt trase (Figur 8C). Overgangen er sannsynligvis en fortsettelse av Overflate B, som er tolket som en bergartsgrense som krysser tunnelen på rundt 5150 m.



Figur 8: (A) Vertikalt snitt gjennom resistivitetsmodellen langs tunnelen mellom 5150 og 6400 m; (B) svakhetssoner (rosa streker) kartlagt av SVV (2015) visualisert med satelittbilde drapert over resistivitetsmodellen; (C) et tverrprofil gjennom resistivitetsmodellen på 6350m som viser en resistivitetsovergang som faller vest- norvestover, veldig nær men noe øst for planlagt trase.

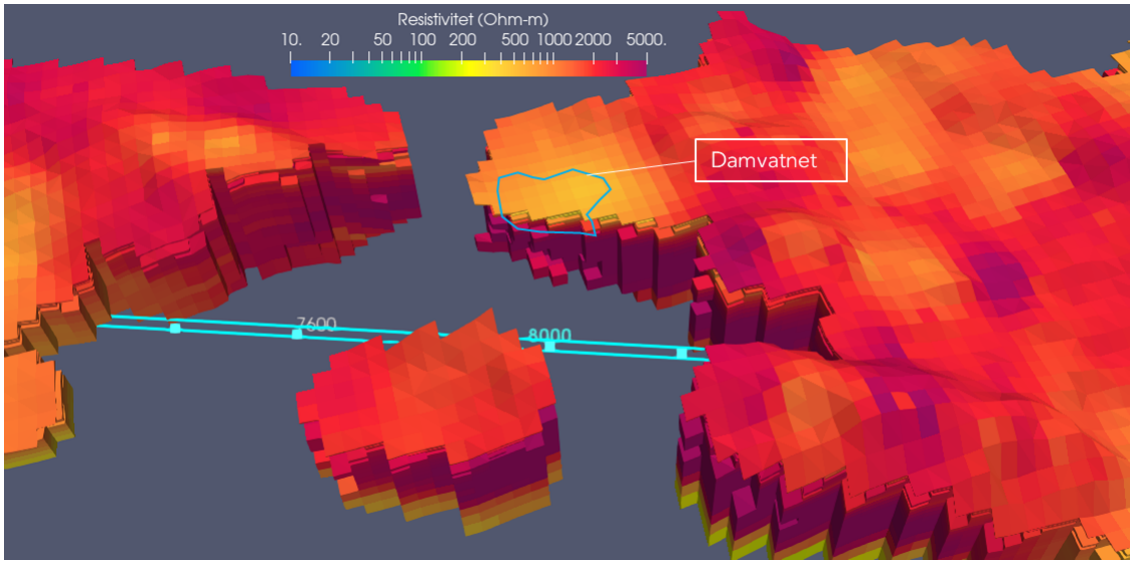
[1] Mer spesifikt er det Sone 2-6 fra SVVs rapport som finnes i området. Se Kilde [1], Tabell 1.

4.3 6400 m til 7300 m

Mellom 6400 m og 7300 m er materialet på tunnelens høyde skjult av mer ledende materiale nær terrengoverflaten. Det er uklart om disse lavere resistivitetene årsakes av en mer konduktiv bergart, tykkere løsmasser eller svakhetssoner. Det er derfor ikke mulig å gjøre noen sikker tolkning ved tunnelens høyde i dette området.

4.4 7300 m til 8200 m

Dataene langs planlagt tunneltrase fra 7300 m til 8200 m er i stor grad forstyrret av eksisterende infrastruktur og datadekning mangler her. I området rundt Damvatnet viser resistivitetsmodellen lavere resistivitetsverdier mot overflater som sannsynligvis korresponderer til vannet i tjernet. Resistivitetsverdiene dypere ned er høye som tyder på hardt, fast berg under vannet. En betydelig svakhetssone under tjernet er derfor ikke å forvente, men mindre svakhetssoner og sprekker kan forekomme ettersom den geofysiske metodens oppløsning ikke er god nok til å fange opp disse.

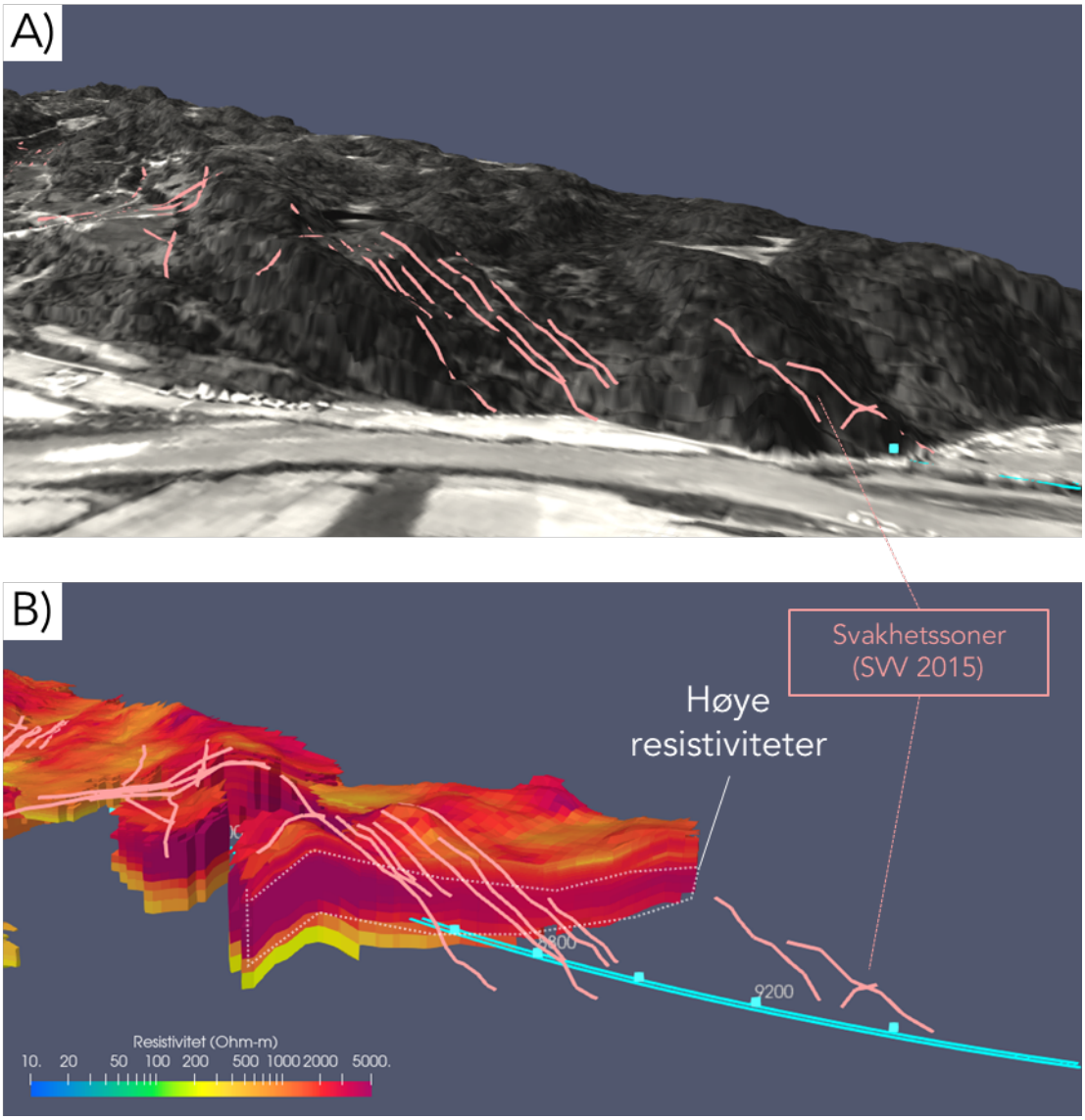


Figur 9: Manglende datadekning i resistivitetsmodellen over tunnelen (cyan linje). Lavere resistiviteter ved Damvatnet.

4.5 8200 til nordlig påhugg

Fra 8200 m til det nordlige påhugget finnes det ingen resistivitetsanomalier ved tunnelens høyde (Figur 10B). Dette står i kontrast til SVVs 2015 rapport (Kilde [1], Tabell 1) som identifiserte flere SV-NØ gående svakhetssoner på overflaten her (Figur 10). At disse ikke er synlige i de geofysiske dataene betyr enten at disse svakhetssonene ikke

penetrerer veldig dyp eller at disse ikke er breie og nok oppsprukket til å skape en stor endring i geofysiske egenskaper.



Figur 10: Den nordlige delen av tunneltraseen: (A) satellittbilde drapert over terrengmodellen fremvist sammen men svakhetssoner kartlagt av SVV i 2015; (B) resistivitetsmodellen med et vertikalt snitt på tvers av tunnelen på omtrent 8500 m. Resistiviteten rundt tunnelens høyde under de tidligere kartlagte svakhetssonene er høy.

5 Bergdybdetolkning

Normalt bruker EMerald Geomodelling en maskinlæringsbasert metode for å tolke bergdybde. Metoden bruker bekreftede bergdybdemålinger som kalibreringsdata. Disse kommer hovedsakelig fra totalsonderinger eller observert berg i dagen. Resultatet er en 3D-modell av bergtopografien i det skannede området. Mer detaljer om fremgangsmåten finnes i Vedlegg B, Deltakapittel 4.

I dette prosjektet var det flere ulike datakilder tilgjengelig (Tabell 4, Figur 11). Det var 4 grunnvannsbrønner fra GRANADA og 244 grunnboringer, hvor 195 er totalsonderinger, som overlappet med skanningsområdet. Ingen observasjoner av berg i dagen var tilgjengelig.

Tabell 4: Grunnundersøker tilgjengelig i undersøkelsesområdet.

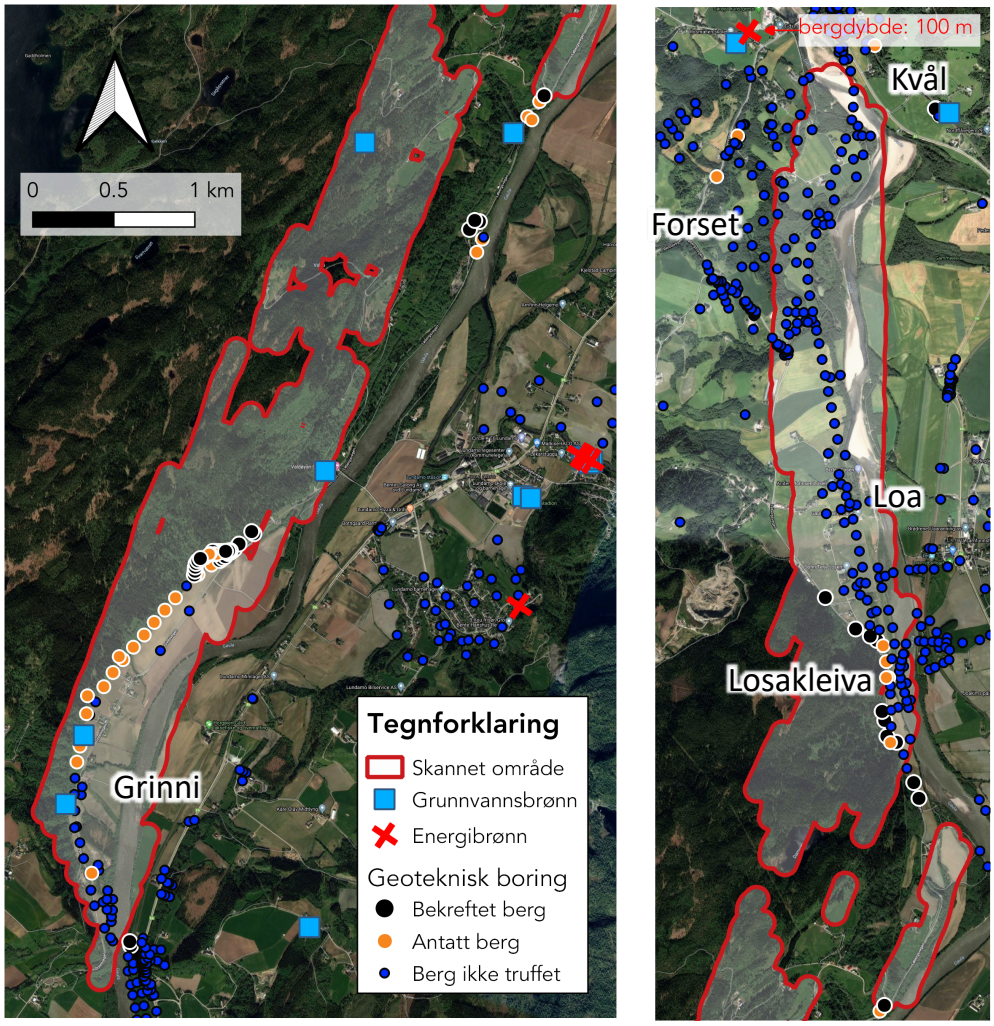
Metode	Antall i det skannede området	Antall som når berg + 3 m	Antall antatt berg
Grunnvannsbrønn	4	4	-
Totalsondering	195	35	22
Dreietrykksondering	19	-	-
CPT	13	-	-
Enkelsondering	17	-	8

Dessverre var det noen utfordringer knyttet til å bruke disse støttedataene. Første og fremst var det veldig få boringer som bekreftet berg (39) eller som har truffet antatt berg (30). I tillegg var disse ikke jevnt fordelt men konsentrert ved kanten av elvedalen der det forventes grunnere berg. Nærmere elven Gaula er de utførte boringene ikke dype nok til å nå berg. Det forelå ingen boringer fra området hvor det er planlagt tunnel.

Det var også noen utfordringer knyttet til tolkningen av resistivitetsmodellen:

- Sør for tunnelen ved Grinni er det basert på NGUs kartlegging forventet løsmasser karakterisert av både høy og lav resistivitet (sand og marin leire) sammen med bergarter karakterisert av både høy og lav resistivitet. Det er derfor vanskelig å bestemme om observerte overganger er mellom ulike løsmasser, ulike bergarter eller mellom løsmasse og berg. Det observeres tydelige overganger i resistivitetsmodellen, men tolkning av disse overgangene er tvetydig (Figur 12).
- I området over tunneltraseen forventes det tynne morenemasser over berg som vil gi liten eller ingen kontrast i resistivitetsmodellen.
- Nord for tunnelen når ikke signalet bergdybden flere steder på grunn av veldig tykk, ledende marin leire. Signalet når ned til ca. 40 m dybde der den marine

leiren er veldig ledene og dermed mest saltholdig og ca. 70 m når leiren er mer resistiv og sannsynligvis mer utvasket/høyere siltinnhold (Figur 13).



Figur 11: Tidligere utførte geotekniske boringer i prosjektområdet. Litt nord for det skannede området er det registrert 100 m dybde til berg ved en energibrønn (nr. 60786).

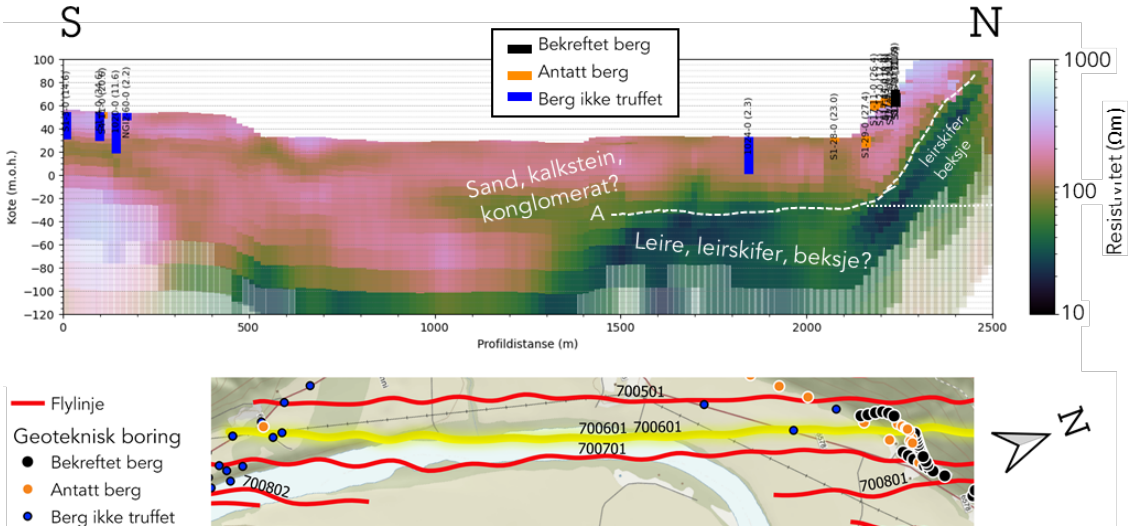
På grunn av disse utfordringene er det ikke mulig å lage en fornuftig bergmodell med den automatiserte maskinlæringsalgoritmen. Likevel er det noe generell og verdifull innsikt om bergdybde som kan fås ut fra dataene.

5.1 Sør for tunnel

På Grinni er det en overgang fra høyere til lavere resistivitetsverdier som er opp mot 50 m dyp rundt det sørlige tunnelpåhugget (Figur 12). Denne overgangen strekker seg sørover og når et dyp på opp mot 130 m dyp lengre sør (Overflate A: Figur 7, Figur 12). Denne overgangen kan tolkes på tre ulike måter:

1. Det ledende materialet under overgangen er leire, mens det over er mer grovkornede sedimenter. I dette tilfellet kan bergdybden være opp til 130 m i hele området, og det er en varierende tykkelse av leire i dalen.
2. Det ledende materialet under overgangen er en ledende bergart (leirskifer eller breksje). Det mer resistive materialet er grovere løsmasser som sand. Bergdybde vil da være på ca 50 meter nær tunnelpåhugget, men kan bli betydelig dypere sørover.
3. Det mer resistive laget kan også være en kombinasjon av en mer resitiv bergart (kalkstein, konglomerat) som ligger under et tynnere løsmasselag med noe grovere løsmasser som sand.

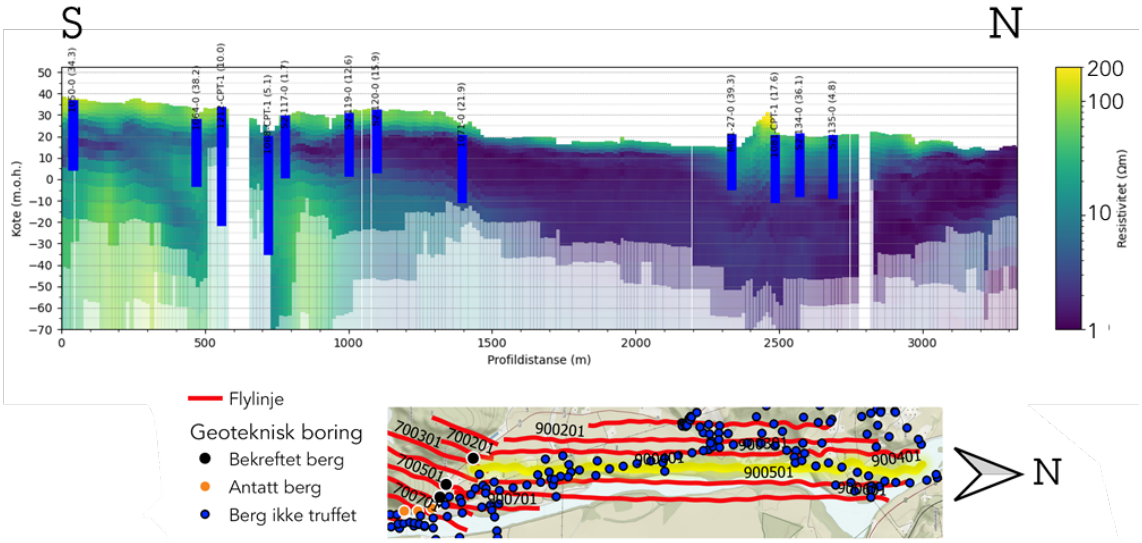
Noen boring som er rettet mot de observerte overgangene kunne ha stor verdi for å løse denne tvetydigheten. Forslag til videre undersøkelser er diskutert i Kapittel 7.



Figur 12: Et vertikalt snitt gjennom resistivitetsmodellen langs Flylinje 700601 sør for det sørlige tunnelpåhugget. Borehull innenfor 40 m fra flylinjen vises på det vertikale snittet. Mer gjennomsiktige områder i snittet indikerer deler av modellen hvor det er knyttet høyere usikkerhet til dataene.

5.2 Nord for tunnel

Nord for det nordlige tunnelpåhugget er det generelt veldig ledende masser (Figur 13), men med noen variasjoner. Noen av disse variasjonene kan skylles utvasking av saltholdig leire (dette er diskutert videre i Kapittel 6), eller et høyere siltinnhold. Basert på resultatet fra geoskanningen er det ikke forventet berg i de øvre 50 m i undersøkelsesområdet her. Dette er ikke usannsynlig ettersom det i en energibrønn (nr. 60786 i NGUs database) rett nord for undersøkelsesområdet ble påtruffet berg på hele 100 meters dyp (Figur 11). Unntaket er rett nord for det nordlige påhugget ved elvedalens kant der en smal stripe med boringer traff berg innenfor 30 m (Figur 11).



Figur 13: Et vertikalt snitt gjennom resistivitetsmodellen langs Flylinje 900401 nord for det nordlige tunnelpåhugget. Borehull innenfor 40 m fra flylinjen vises på det vertikale snittet. Mer gjennomsiktige områder i snittet indikerer deler av modellen hvor det er knyttet høyere usikkerhet til dataene.

6 Kartlegging av sprøbruddmateriale

6.1 Fremgangsmåte

Tolkning av forekomst av sprøbruddmateriale ble gjort i to trinn. Første ble geotekniske boringer tolket for tilstedeværelse av sprøbruddmateriale eller kvikkleire. Deretter ble disse tolkningene brukt som utgangspunkt for å tolke sannsynligheten for sprøbruddmateriale fra de geofysiske dataene.

I det første trinnet ble en maskinlæringsalgoritme brukt for å støtte tolkningen av sonderinger. Denne algoritmen utviklet av EMerald Geomodelling bruker sonderingens attributter (matekraft, matekraftens endringsrate, dybde, osv.) på en tilsvarende måte som en geoteknisk ingeniør ville gjøre. Resultatet er sannsynlighetsverdier for at materialet på en gitt dybde er kvikkleire, sprøbrudd- (men ikke kvikk) materiale, og ikke-sprøbruddmateriale. I dette prosjektet var det manglende lokale kalibreringsdata (dvs. labbprøver med påvist kvikkleire eller tidligere tolkninger av ingeniører). Derfor var noe manuell kvalitetssikring av maskinlæringsalgoritmens resultater nødvendig.

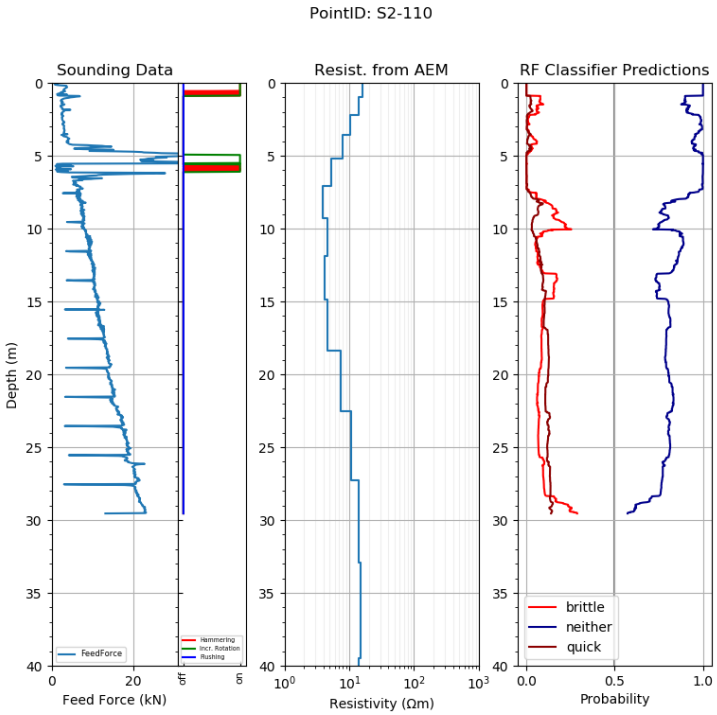
I det andre trinnet ble de tolkede borehullene brukt av en annen maskinlæringsalgoritme. Algoritmen bruker resistivitetsattributter (dvs. resistivitet, resistivitets endringsrate, osv.) for å avgrense 3D geometrien av volumer med mulig sprøbruddmateriale.

6.2 Tolkning borehull

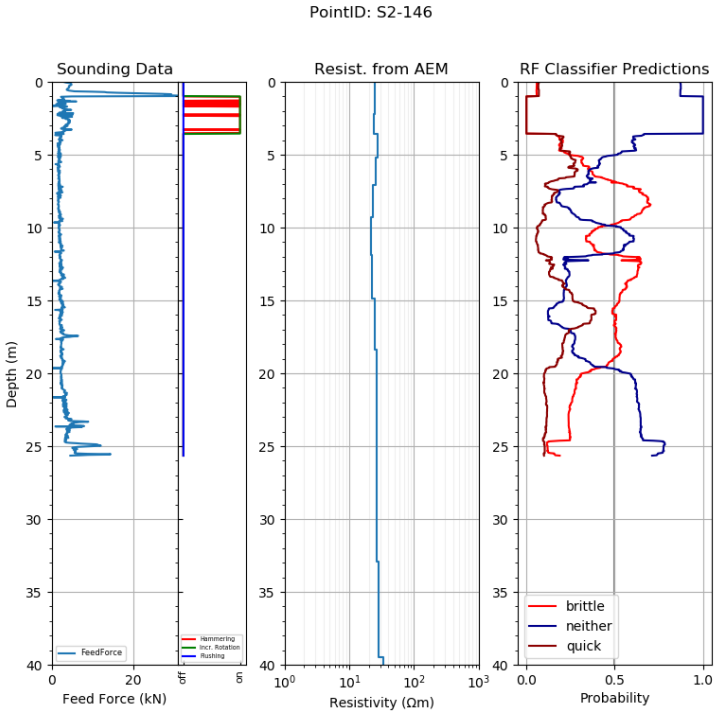
Figur 14 og Figur 15 viser eksempel på resultater fra den første maskinlæringsalgoritmen som tolket boringer. Det ble tolket sprøbruddmateriale i 57 borehull. Disse forekommer i fire områder (Figur 16,

Tabell 5). Tre av områdene ligger nord for tunnelen (Flaten, Loa, og Losakleiva), og ett sør for tunnelen (Grinni). Hullene ved Loa og Losakleiva hvor det ble påvist sprøbruddmateriale ligger utenfor faresonene tidligere kartlagt av NVE.

Kilde [3] (Tabell 1) konkluderte med at det ikke finnes sprøbruddmaterial i boringene som ble utført innenfor NVEs kvikkleirfaresone (464 Grinni). Derimot predikerer maskinlæringsalgoritmen en litt høyere sannsynlighet for svakt materiale i de øverste 10 m ettersom det ikke var noen økning i matekraften. På grunn av disse motstridene tolkningene ble det besluttet å tolke noen hull ved Grinni som sprøbruddmaterialeholdige. Disse tolkningene er noe mer usikre og konservative enn tolkningene i områdene nordover.



Figur 14: Eksempel på borehull der maskinlæringsalgoritmen predikerer en lav sannsynlighet for kvikkleire eller sprøbruddmateriale. Til venstre vises matekraften fra totalsonderingen, i midten resistivitetsmodellen på borelokasjonen og til høyre sannsynlighet for sprøbruddmateriale/kvikkleire.



Figur 15: Eksempel på borehull der maskinlæringsalgoritmen predikerer en høyere sannsynlighet for kvikkleire eller sprøbruddmateriale. Til venstre vises matekraften fra totalsonderingen, i midten resistivitetsmodellen på borelokasjonen og til høyre sannsynlighet for sprøbruddmateriale/kvikkleire.

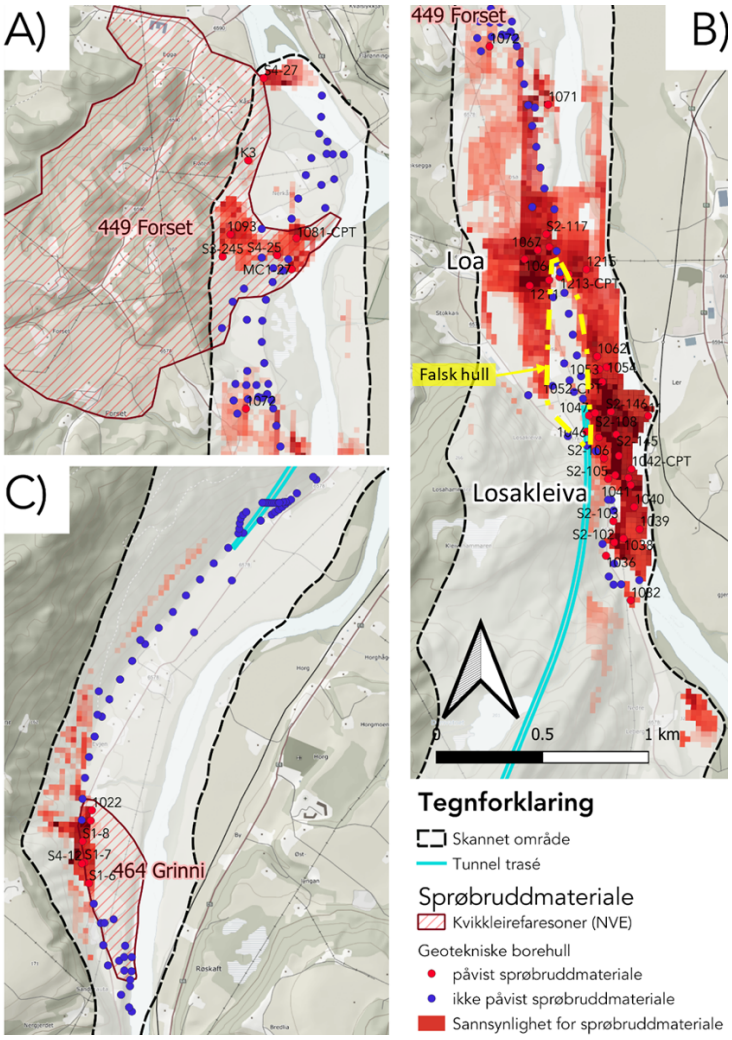
Tabell 5: Borehullene som ble tolket til å inneholde sprøbruddmateriale i de ulike områdene.

Sted	Borehull med tolket sprøbruddmateriale
Flaten/Forset	K3 1093 S3-245 S4-25, S4-27 1081 MC1-27
Loa	1066 til 1068 1211 til 1215 S2-117
Tunnelpåhugg (Losakleiva)	11 1032, 1036, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1046, 1052, 1053, 1054, 1062 1141 S2-102, S2-103, S2-105 til S2-108 , S2-142 til S2-146
Grinni	1021, 1022 S1-6, S1-7, S1-8 S4-12
(Isolerte Tilfeller)	1071, 1072

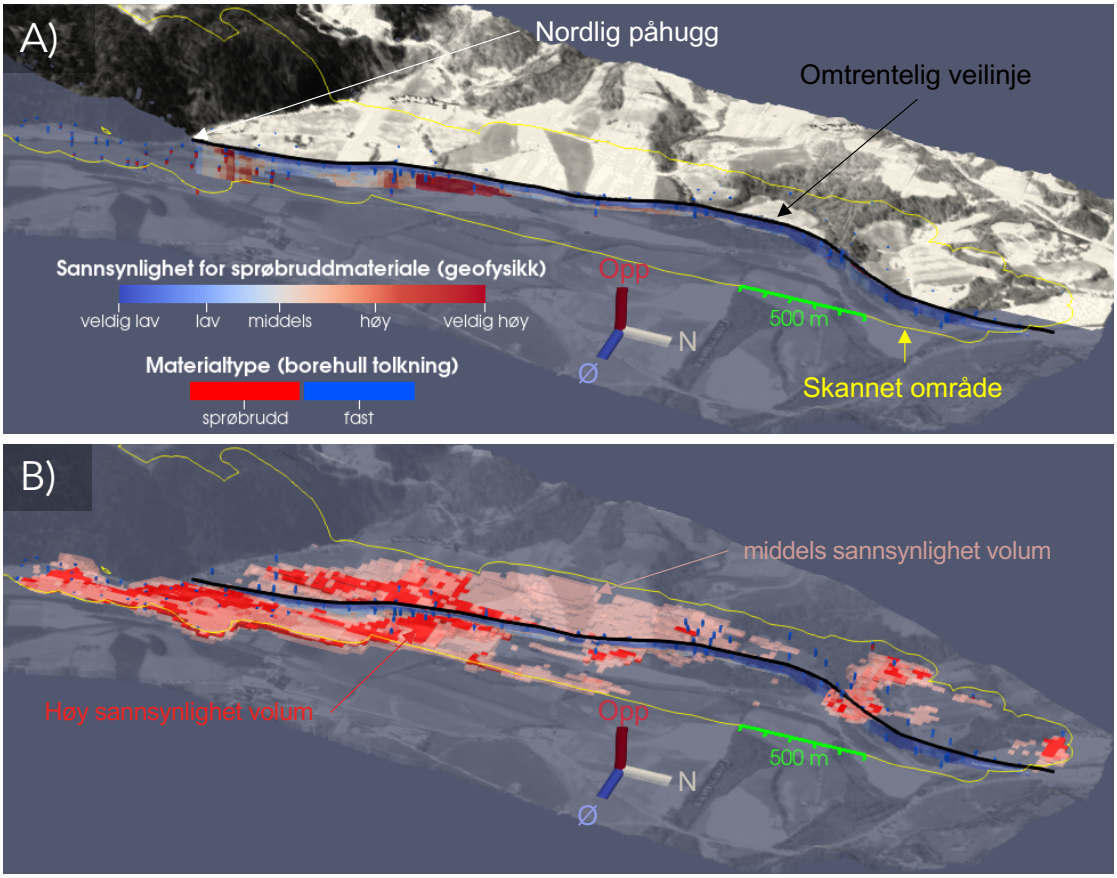
6.3 Resultater geoskanning

Resultatet fra geoskanningen viser at løsmassene nord og sør for tunnelen har veldig forskjellig egenskaper. Sannsynligheten for sprøbruddmateriale ble predikert av maskinlæringsalgoritmen basert på geoskanningsdataene og boringer brukt som treningsdata i området (Figur 16). Generelt viser resultatene at det er høyest sannsynlighet for større områder med forekomst av sprøbruddmateriale nord for tunnelen (Figur 17).

Undersøkelsesområdet der delt inn i mindre områder som er videre beskrevet og tolkninger visualisert i 3D i de påfølgende delkapitlene.



Figur 16: Tolket sannsynlighet for forekomst av sprøbruddmateriale ved: (A) Forset, (B) Losakleiva og Loa nord for det nordlige påhugget, og (C) Grinni sør for det sørlige påhugget. Jo mørkere rød farge jo høyere sannsynligheten for sprøbruddmateriale. Utenfor de røde områdene er det ikke forventet å finne sprøbruddmateriale. Et falsk hull i delfigur B diskuteres videre i teksten.

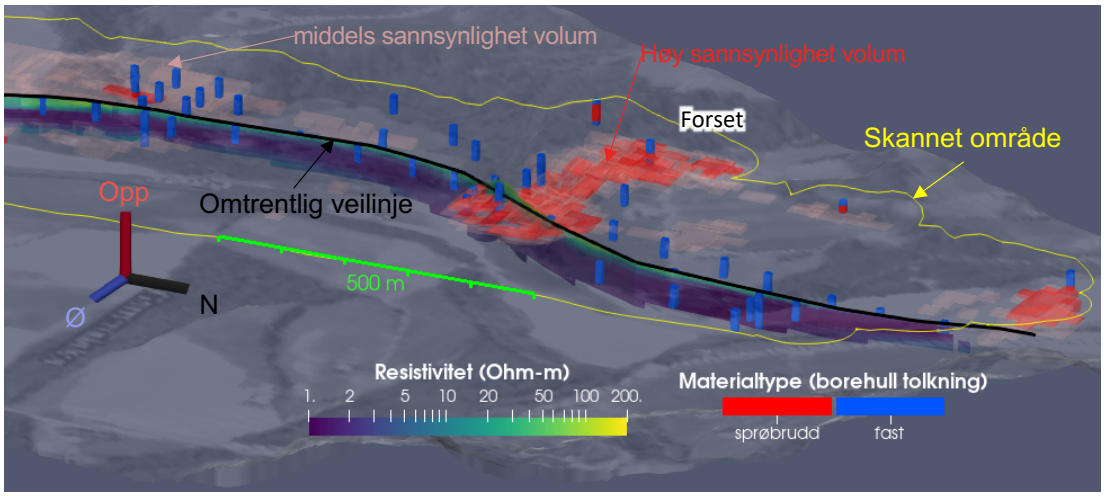


Figur 17: 3D visualisering av sannsynlighet for forekomst av sprøbruddmaterialenord for tunnelen. A) Vertikalt snitt langs planlagt vei. B) Volumer med middels og høy sannsynlighet i undersøkelsesområdet.

6.3.1 Forset

Ved elveterrassen på Forset finnes det et tykt lag av sprøbruddmaterial (Figur 18). Laget strekke seg fra 4 m under overflaten ned til kote 0 m.o.h. Geoskanningsdataene dekker sannsynligvis bare deler av et større volum av sprøbruddmateriale som strekker seg vestover. Noen borehull utenfor det skannede området (f.eks. s3-246, MC1-26) registrerer flere titalls meter med svakere løsmasser.

Ellers indikerer geoskanningsdataene at løsmassene ellers i området har en såpass lav resistivitet (under 5 Ωm) at det må være saltholdig, ikke kvikk leire (Figur 16 A, Figur 18). Dette gjelder for områder nord for profilnummer 11500 m langs veilinjen. Målingene fra skanningen penetrerer ned til ca. 40 m under havet i den saltholdige leiren, og det er uvisst hva som finnes dypere ned. I området hvor det er identifisert et lag med høyere sannsynlighet for sprøbruddmateriale er det under dette forventet saltholdig marin leire.



Figur 18: 3D visualisering av volumer med høyere sannsynlighet for forekomst av sprøbruddmateriale ved Flaten/Forset.

6.3.2 Nordlig Tunnelpåhugg, Losakleiva, og Loa

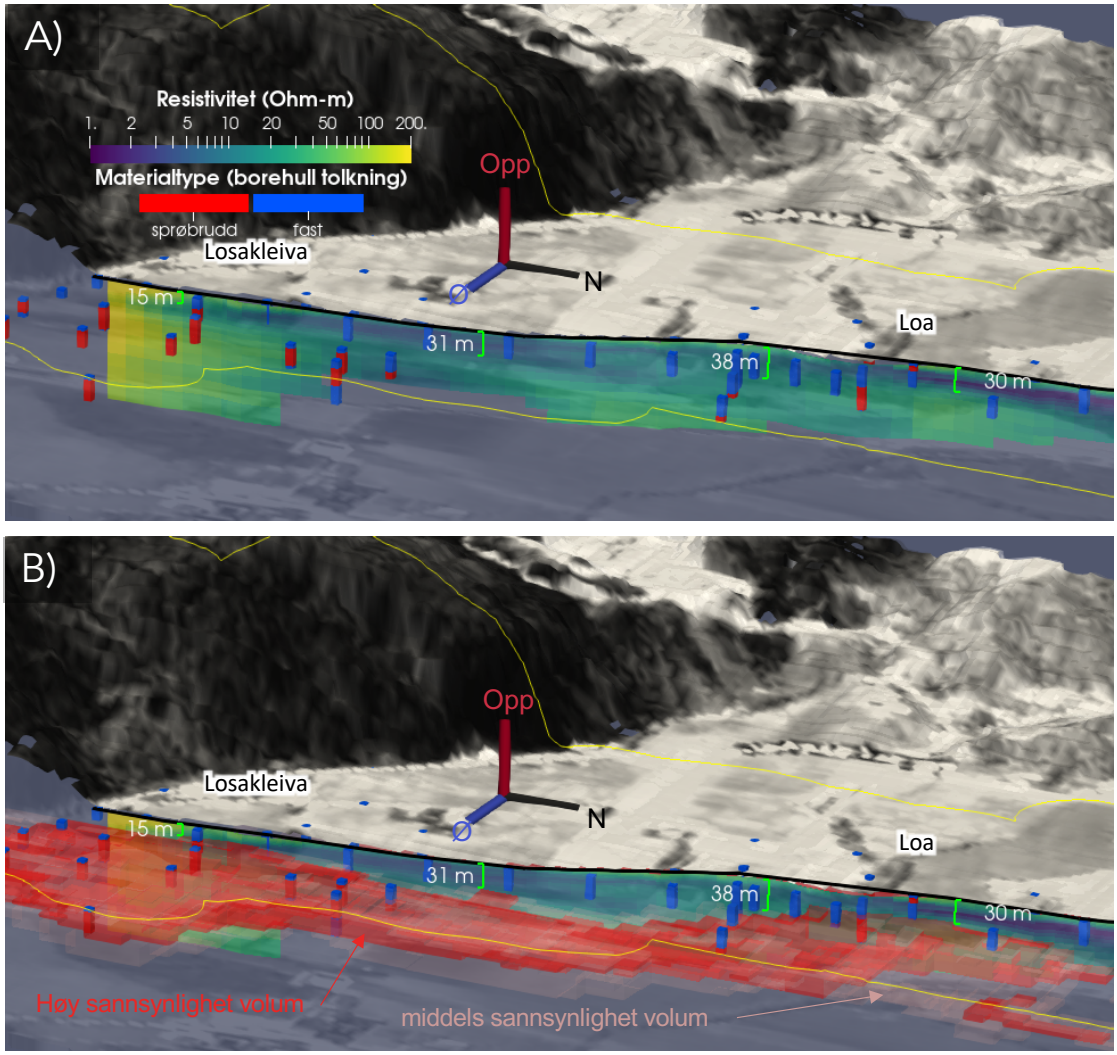
Rett ved det nordlige tunnelpåhugget forekommer det et dypt, relativt tykt lag med høyere sannsynlighet for sprøbruddmateriale (Figur 17). Lateralomfanget er stort; det strekke seg fra 900 m sørøst for påhugget til cirka 1,5 km nord for tunnelpåhugget (profilnummer 11500 m). Det dekker nesten hele bredden av det skannede området. Laget er mellom 20 og 40 m tykk og ligger under fast, mer saltholdig leire eller elveavsetninger. Den øvre grensen ligger på 10 m.o.h ved tunnelpåhugget (cirka 15 m dybde), og blir dypere mot nord (Figur 19).

Noen få utførte boringer i området ble boret dypt nok til å nå dette laget (f.eks., hull 1068), men de aller fleste var ikke boret dypt nok (<30m) til å nå dette laget. Laget kan sees i geoskanningsdataene som et kontinuerlig lag med resistivitetsverdier som er typisk for kvikkleire (8-100 Ωm).

I et område hvor borehullene ikke nådde ned til laget med høyere resistiviteter, som sees i geoskanningsdataene, er det et hull i volumet med tolket sprøbruddmateriale hvor sannsynligheten er lav (Gult polygon i Figur 16). Maskinlæringsalgoritmen klarer ikke å kompensere for manglende treningsdata i dypet i dette området. Det forventes høyere sannsynlighet for sprøbruddmateriale i dette området basert på dataene fra geoskanningen til tross for tolkningen fra algoritmen viser det motsatte. Noen boringer og eventuelt prøvetaking som rettes mot dette dype laget anbefales for en sikrere tolkning. Se kapittel 7 for mer informasjon.

Sannsynligheten for sprøbruddmateriale er noen lavere mot nordvest på den høyere, vestlige elveterrassen. Det mangler grunnboringer i nærheten som kan bekrefter eller avkrefter sprøbruddmateriale. Siden kvikkleire har resistivitetsverdier som tilsvarer fast

leire med et høyere innhold av grovere masser er det ikke mulig å skille mellom disse. Derfor vises mer vestlige områder som «middels sannsynlighet» (Figur 16, Figur 17, og Figur 19) ettersom usikkerhetene er noe høyere her.

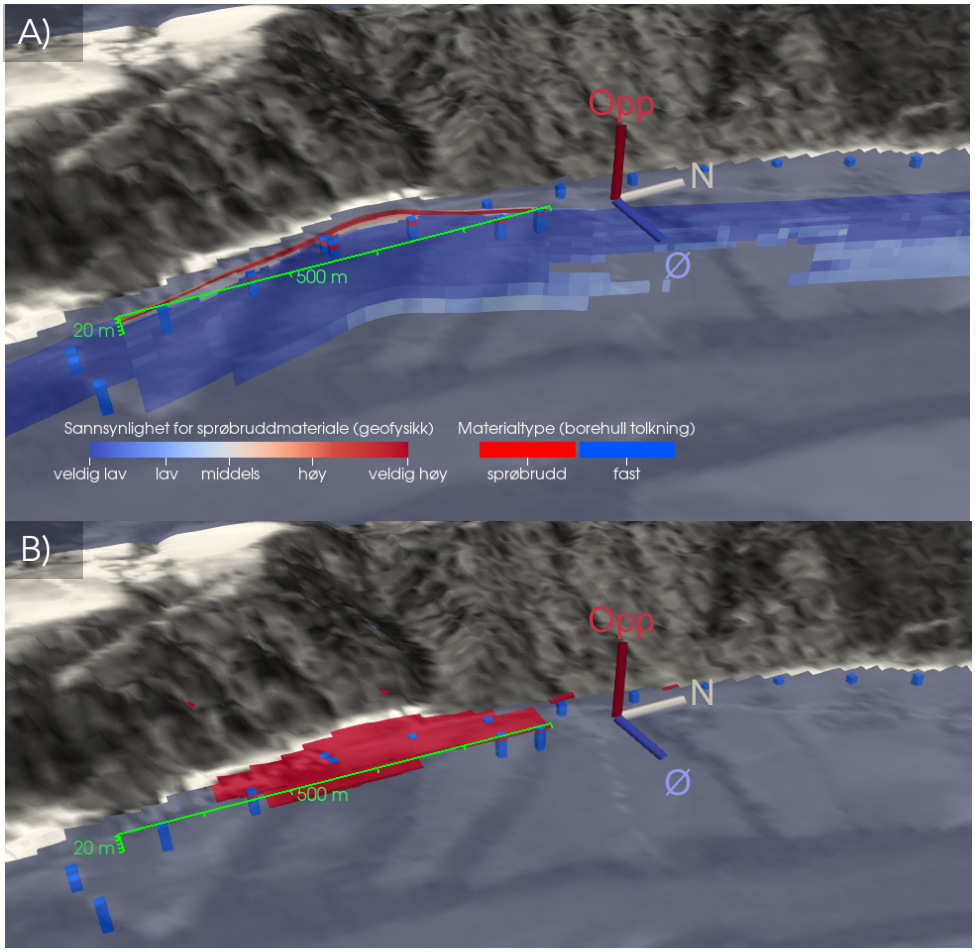


Figur 19: 3D visualisering av sannsynlighet for forekomst av sprøbruddmateriale ved det norlige tunnelpåhugget. A) Vertikalt snitt langs planlagt vei gjennom resistivitetsmodellen med tolkede borehull. B) Volumer med middels og høy sannsynlighet for sprøbruddmateriale.

6.3.3 Grinni

I området sør for tunellen er det ingen områder hvor resistivitetsmodellen viser så lave resistivitetsverdier at det er sannsynlig at saltholdig marin leire forekommer i større volum. Dermed er det ikke mulig å utelukke forekomst av sprøbruddmateriale på grunn av lave resistivitetsverdier (under ca 10 Ωm). Basert på NGUs løsmassekartlegging er det forventet grovere masser i dette området som kan ha overlappende resistivitetsverdier med sprøbruddmateriale. Dette gjør det noe mer utfordrende å

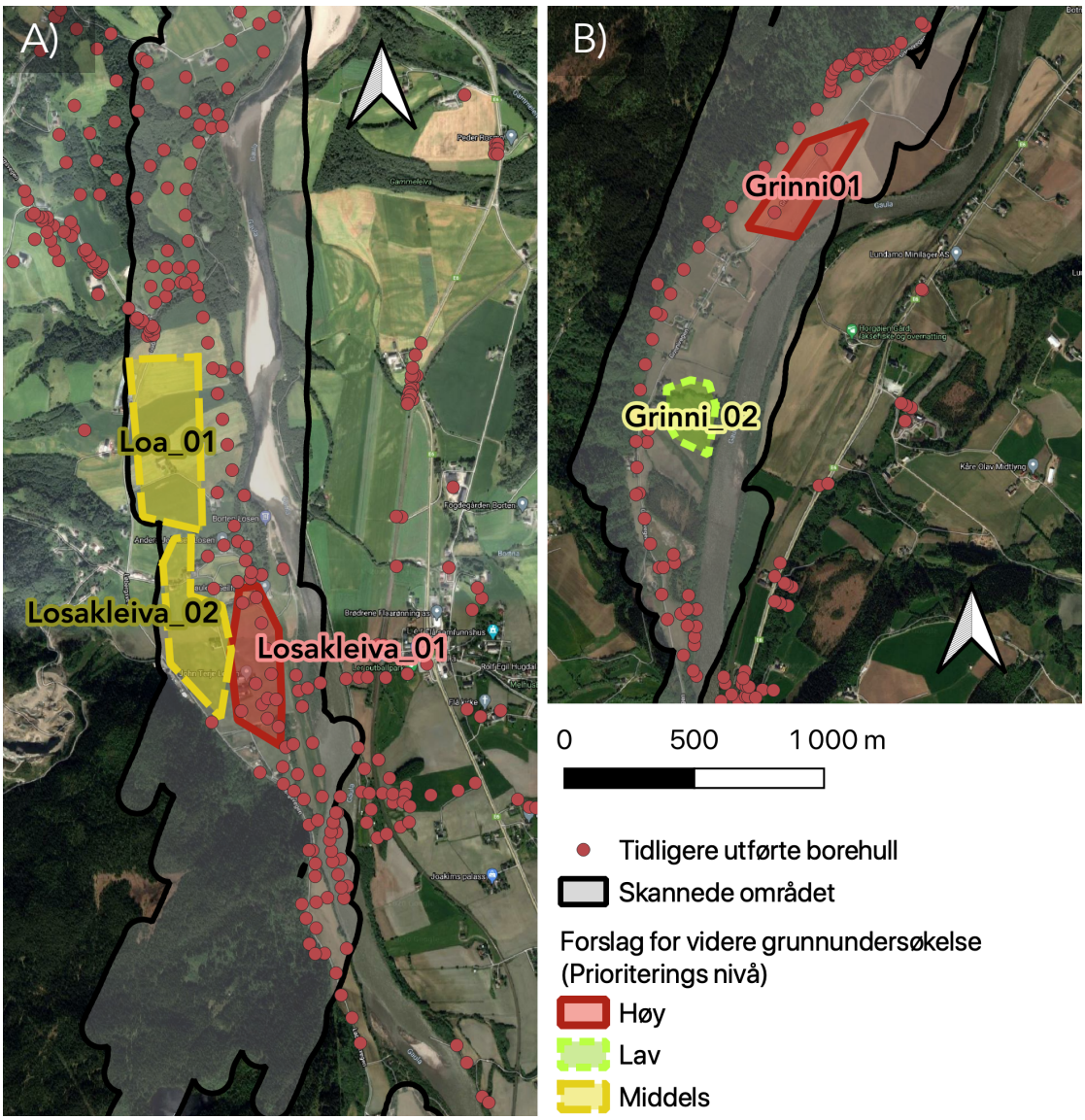
utføre tolkning her. Det er tolket forekomst av svakere lag i noen boringer i området. Tolkningen fra maskinlæringsalgoritmen basert på disse boringene og geoskanningsdataene gir et grunt lag med høyere sannsynlighet for sprøbruddmateriale (Figur 16 C, Figur 20) i et mindre område sør for tunnelen rett ved den planlagte veitraseen (profilnummer 1800 m til 2300 m). Området faller innenfor NVEs kartlagte faresone, men har ikke et like stort arealomfang som denne. Tolkningen her er hovedsakelig påvirket av borehullsdataene og ikke like sterkt av resistivitetsdatene. Det trengs flere boringer som treningsdata for en sikrere tolkning. I enkelte områder hvor resistivitetsverdiene er noe lavere enn i resten av området bør det utføres noen boringer som når ned til berg for å undersøke om disse områdene kan korrespondere til svakere lag. Mer informasjon gis i kapittel 7.



Figur 20: Tolkning av sannsynlighet for sprøbruddmateriale basert på de geofysiske dataene ved Grinni: A) vertikalsnitt langs den planlagte veilinjen; B) volumet med en høyere sannsynlighet for sprøbruddmateriale.

7 Videre arbeid og modelloppdateringer

Som diskutert tidligere, ligger det noen usikkerheter i de leverte tolkningene og modellene. I noen tilfeller kan usikkerheten reduseres med mer støttedata. De påfølgende kapitlene beskriver hvor det er mest verdifullt og effektivt å utføre videre grunnundersøkelser hvis en mer nøyaktig bergmodell eller tolkning av sannsynlighet for sprøbruddmateriale ønskes. Områdene som bør prioriteres vises i Figur 21 og oppsummeres i Tabell 6.



Figur 21: Områder som bør prioriteres for videre grunnundersøkelser for oppdaterte tolkninger med lavere usikkerhet

Tabell 6: Områder som bør prioriteres for videre grunnundersøkelser med beskrivelse.

Navn	Mål	Beskrivelse	Prioritet
Grinni01	Berg, Løsmasser	Rettet mot resistivitetsovergang ved kote -20 til -40 m.o.h. med tvetydig tolkning	Høy
Grinni_02	Løsmasser	Rettet mot et lag med litt lavere resistiviteter (under 100 Ohm m) ved kote 10 til 25 m.o.h. som muligens er mekanisk litt svakere	Lav
Losakleiva_01	Løsmasse	Tidligere utførte borehull i området nådde ikke lag dypere enn 0 m.o.h. hvor de geofysiske dataene indikerer at det sannsynligvis er sprøbruddmateriale. Noen boringer med penetreringsdybde på 40-50 m er sterk anbefalt.	Høy
Loa_01	Løsmasse	Resistivitetsmodellen er noen tvetydig p.g.a. manglende borehullsdata i nærheten. 1 til 3 borehull for å kalibrere tolkningen er ønskelige.	Middels
Losakleiva_02	Løsmasse	Resistivitetsmodellen er noen tvetydig p.g.a. manglende borehullsdata i nærheten. 1 til 3 borehull for å kalibrere tolkningen er ønskelige.	Middels

7.1 Bergdybde

Sør for tunnelpåhugget ved Grinni finnes det noen horisontale resistivitetsoverganger med en usikker forklaring (f. eks. Figur 12, 1500 til 2000 m). Denne overgangen er nærmest terrenghøyde i området navngitt *Grinni_01* (Figur 21) og er derfor det meste praktiske sted å utføre en boring for å finne ut hva overgangen årsakes av. Noen borehull som når bergdybde eller minst en nedre kote på -20 til -40 m.o.h. har stort potensiale for å forbedre bergdybdetolkning sør for tunnelen.

På grunn av de ledende leiravsetningene klarer ikke signalet fra geoskanningen å penetrere ned til berg i området nord for tunnellen. Derfor vil videre boringer her sannsynligvis ikke gjør en stor forskjell for bergdybdetolkningen. En annen geofysisk metode som kan penetrere 50 til 100 m gjennom ledende leire eller eventuelt mange dype boringer må utføres hvis en bergmodell ønskes nord for tunnelen.

7.2 Løsmassetolkning

Det falske hullet i det tolkede volumet med høyere sannsynlighet for sprøbruddmateriale rett nord for det nordlige påhugget (Figur 16B), bør ha høyest prioritet for forbedring av kvikkleiretolkningen. Noen borehull som når en dybde på 50 m bør utføres i området som er navngitt *Losakleiva_01* (Figur 21).

De neste viktigeste områdene å samle inn mer data er *Loa_01* og *Losakleiva_02* (Figur 21). Disse områdene korresponderer med den vestlige elveterrassen der resistivitetsmodellen indikerer at det muligens forekommer sprøbrudmateriale, men tolkningen er noen usikker. Noen geotekniske boringer bør utføres for å bekrefte eller avkrefte dette om ønskelig.

Det er noen enkelte områder sør for tunnelen der resistivitetsverdier mellom 10 og 100 Ωm observeres, hvor det ikke tidligere har blitt utført boringer (*Grinni_02* i Figur 21). Sannsynligheten for kvikkleire ansees som relativt lav, med siden løsmassetolkningen sør for tunnelen er noe usikker kunne noen få boringer være nyttig for å bekrefte eller avkrefte denne. Noen av disse boringene bør utføres ned til en kote på 10 m.o.h. for å sikre at enheten med resistivitetsverdier under 100 Ωm blir nådd.

8 Leveranse

Flere av resultatene i dette prosjektet er levert som datafiler i tillegg til denne rapporten. Modelleveransen i denne omgang består av følgende dataleveranser:

- Triangulert overflater av de geologiske overgangene (Kapittel 4)
- Tolkede grunnboringer (Delkapittel 6.2)
- Sannsynlighet for sprøbruddmateriale (Delkapittel 6.3)
- Forslag til videre grunnundersøkelser (Kapittel 7)

Leveransefilene og leveringsformat er beskrevet i mer detalj i Vedlegg A.

3D-volumene av sannsynlighet for sprøbruddmateriale kan også tilgjengeliggjøres om ønskelig.

Det er ikke levert noen tolkning av dybde til berg på grunn av utfordringene i treningsdatasettet beskrevet i Kapittel 5.

Vedlegg A

LEVERANSEBESKRIVELSE

Innhold

1 Leveranseplattform og oppbygging 2
2 Leveranse oktober 2020 3

1 Leveranseplattform og oppbygging

Filene ble levert via SharePoint via følgende URL-lenke[1]:
https://emeraldgeo.sharepoint.com/:f:/s/Clients/Ejrea-j9ly9LuR83-mo_ltwBPf_mc4OTf5c4VP3Y7VIsEg

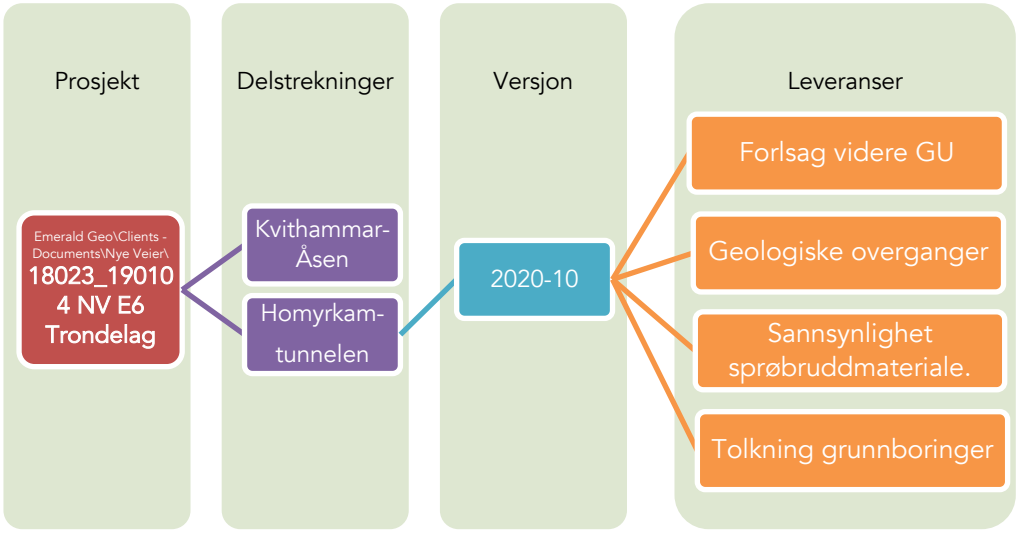
Per 06.10.2020 er tilgang til denne lenken tilgjengelig for følgende epost-kontoer:

- kari.charlotte.sellgren@nyeveier.no

For tilgang med ytterligere kontoer, send forespørsel via epost til emeraldgeo@emeraldgeo.no.

Lenken over gir tilgang til alle mappene for delprosjektet Homyrkamtunnelen (Figur A1). Filene tilknyttet en versjon av leveransen er samlet i en mappe navngitt med leveransedatoen ("Versjon" i Figur A1). Undermappene inneholder filene koblet til følgende leveranser:

1. **Forslag til videre grunnundersøkelser** (Kapittel 7)
2. **Tolkede geologiske overganger** (Kapittel 4)
3. **Sannsynlighet for sprøbruddmateriale** (Delkapittel 6.3)
4. **Tolkning av grunnboringer** (Delkapittel 6.2)



Figur A1: Forklaring av mappestrukturen i denne leveransen.

[1] Lenken korresponderer til denne mappen i EMerald Geomodellings filsystem:
/../Emerald Geo/Clients - Documents/Nye Veier/18023_190104 NV E6 Trondelag/Homyrkamtunnel

2 Leveranse oktober 2020

Datasettene er levert i koordinatreferansesystem ERTS89_NTM_10 og i NN2000 høydesystem.

Alle filene som ble levert er beskrevet i Tabell A 1.

Tabell A 1: Beskrivelse av de leverte filene.

Mappe	Filnavn	Beskrivelse	Filformater
Forslag Videre GU	Forslag_Videre_GU	Polygoner der videre grunnboringer er mest verdifulle for modelloppdateringer	• **.shp**: ESRI geometri fil • **.dxf**: CAD geometri fil • **.csv:** tekst fil som tilsvarer Tabell 6 i rapporten
Geologiske overganger	EMG_OvergangA_Homyrkam_20201005	3D geometri av overgang A	• **.shp**: ESRI geometri fil • **.dxf**: CAD geometri fil • **.xml:** triangulert overflate i LandXML format (v1.0)
	EMG_OvergangB_Homyrkam_20201005	3D geometri av overgang B	
Sannsynlighet sprøbruddmateriale	Sproebruddsannsynlighet_Tolkning01_okt2020.tif	Sannsynlighet for sprøbruddmateriale i det samme formatet som den er fremstilt i Figur 16 (Delkapittel 6.3)	• **.tif**: georeferert bilde format
Tolkning grunnboringer	2020-05_SprøbruddTolkning_ved_Borehull.xlsx	Tolkning av sprøbrudmateriale i borehull innenfor det skannede området	• **.xlsx**: Microsfot Excel ark

Vedlegg B

GEOSKANNING – METODEBESKRIVELSE

Innhold

1 Metode 2
1.1 Bruksområde 2
1.2 Målemetode 3
1.3 Dekning og oppløsning 4
1.4 Usikkerhet 6
2 Feltutstyr 6
3 Dataprosessering 7
4 Tolkning av bergdybde 7
5 Referanser 8

1 Metode

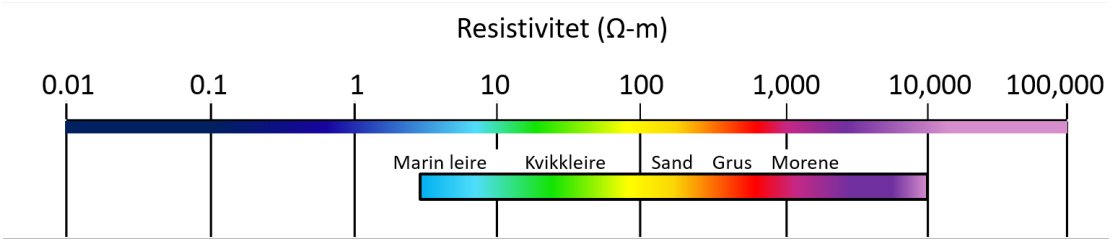
1.1 Bruksområde

Geoskanning eller AEM (Airborne Electromagnetics) kan benyttes for å kartlegge grunnens elektriske resistivitet (den inverse av elektrisk ledningsevne) i et stort område på kort tid. Metoden var tradisjonelt mye brukt til malmleting, men systemene brukt til dette har begrenset oppløsning og nøyaktighet for geotekniske formål [1]. Moderne systemer gir derimot så høy oppløsning at metoden også kan brukes i hydrogeologiske og geotekniske prosjekter [2].

Resistiviteten til et materiale sier noe om hvor godt materialet leder strøm, og ulike materialer har ulik resistivitet (Figur 1 og Figur 2). Et materiale med lav resistivitet leder godt, mens et med høyere resistivitet leder mindre godt.

Sedimenter

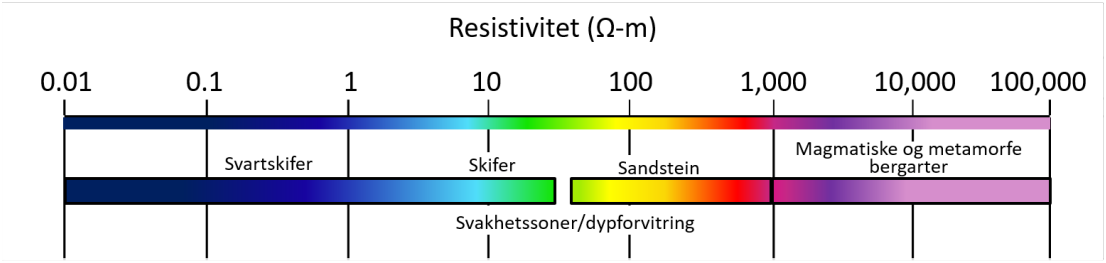
Typisk har saltholdig marin leire lav resistivitet, mens resistiviteten øker med minkende saltinnhold (utvasket leire) eller økende silt-/sanninnhold. Sand, grus og morene er karakterisert av høyere resistivitetsverdier. Det er derfor for eksempel mulig å skille saltholdig leire fra utvasket leire (potensiell kvikkleire) [3].



Figur 1: Typiske resistivitetsverdier for ulike sedimenter.

Berggrunn

Fast magmatisk/metamorft berg er karakterisert av svært høye resistivitetsverdier. Sandstein har en noe lavere resistivitet, mens skifer er karakterisert av forholdsvis lave resistivitetsverdier. På grunn av det høye sulfidinnholdet i svarskifer er denne karakterisert av svært lave resistivitetsverdier og svartskifer kan derfor skilles fra annen leirskifer og andre bergarter. Større svakhetssoner i berg vil også kunne identifiseres som mindre resistive områder grunnet oppknust materiale og ofte høyere vanninnhold.



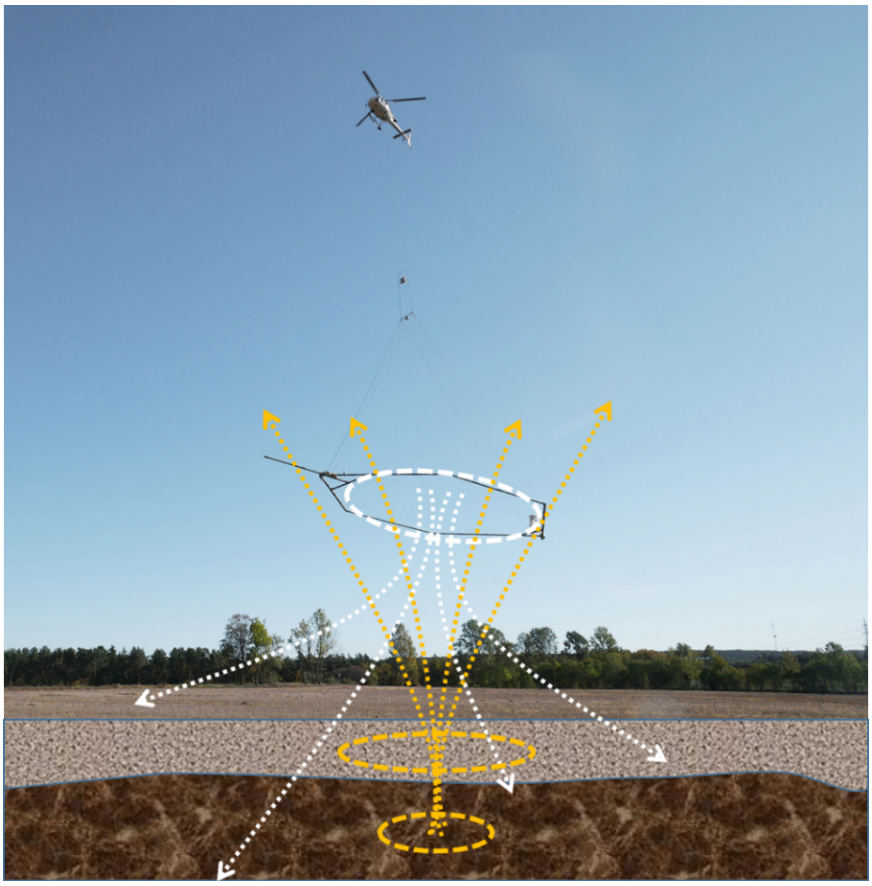
Figur 2: Typiske resistivitetsverdier for ulike bergarter og svakhetssoner/dypforvitring i berg.

Grunnens resistivitetsfordeling kan derfor relateres til geoteknisk relevante parametere som overgang fra løsmasser til berg, type sediment eller berg og potensielle svakhetssoner i berg, avhengig av områdets geologi og løsmassedekke. Jo lavere resistivitetskontrast det er mellom ulike materialer, desto vanskeligere er det å kartlegge grensen mellom de respektive lag eller objekter. Skarpe overganger i geologien vil bli avbildet som glatte overganger i resistivitetsmodellen på grunn av beregningsmetoden. Det er derfor ikke alltid like lett å peke eksakt på overgangen mellom ulike litologier i resistivitetsdataene, og det vil derfor være en usikkerhet knyttet til tolkningen av disse overgangene. Med boringer tilgjengelig og en integrert tolkning med hjelp av maskinlæring minker denne usikkerheten betydelig (se nedenfor).

1.2 Målemetode

AEM-metoden er basert på det fysiske prinsippet om elektromagnetisk induksjon. Antennesystemet som benyttes i prosjektet består av en stor, sirkulær primærspole hvor det settes på strøm og et sterkt magnetfelt opprettes i bakken (Figur 3). Primærspolen skrus så av, og det induseres elektriske strømmer i bakken som diffunderer nedover og utover. Endringsraten til det sekundære magnetfeltet disse elektriske strømmene produserer registreres med en mindre sekundærspole. Styrken på sekundærfeltet avhenger av resistivitetsfordelingen i grunnen. Denne syklusen repeteres. Målemetoden kalles et tidsdomenesystem ettersom det er hvordan responsen avtar med tid som måles. Ved hjelp av inversjon av de målte datapunkter kan grunnens resistivitetsfordeling modelleres. Antennen fraktes med et helikopter.

En mer utfyllende metodebeskrivelse kan finnes i [4].



Figur 3: Prinsippet for AEM-målinger. En elektrisk strøm i antennen (hvit stiplet linje) induserer et magnetfelt (hvit dottet linje) som igjen genererer elektriske strømmer i bakken (gul stiplet linje) og et sekundert magnetfelt (gul dottet linje). Denne sekundære magnetiske responsen måles i mottakerspolen på antennen.

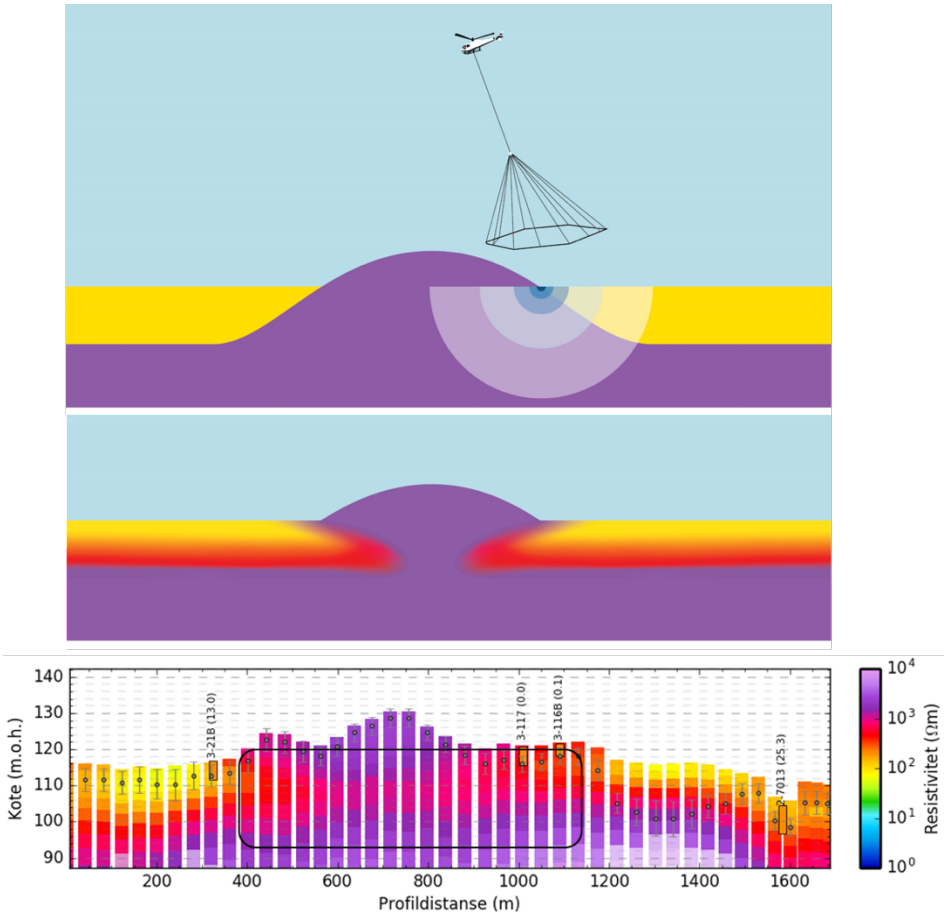
1.3 Dekning og oppløsning

Undersøkelsesdybden varierer fra noe få titalls meter til omlag 300 m, avhengig av geologi og løsmassetype, antennesystem og flyforhold (støy og infrastruktur). Den dybden man har en sikker modell kalles *depth of investigation* (DOI). Man kan likevel ha data under DOIen, men det er knyttet større usikkerhet til resultatet her. Resultater under DOIen er visualisert som delvis gjennomsiktige modeller.

Opptil 300 km flylinjer kan samles inn daglig, eller ca. 30 km^2 dersom en linje gir ca. 100 m bred dekning. Den nominelle avstanden mellom bakken og selve AEM-måleutstyret er vanligvis 30 m, men blir noe høyere over skogsområder, kraftlinjer eller andre hindringer. Nøyaktigheten i de innsamlede AEM-dataene avhenger hovedsakelig av utstyret som benyttes og flymønsteret.

Den vertikale oppløsningen kan være så god som 1-2 m nærmest overflaten (avhengig av antennesystem), og blir gradvis dårligere med dybden. Skarpe overganger i grunnen vil bli avbildet som mer eller mindre utglattede overganger i resistivitets-modellen pga. beregningen. Det er derfor viktig å legge inn enkelte grunnundersøkelser som en "kalibrering" i beregningene for å få en så god modell som mulig.

Den laterale oppløsning er bestemt av volumet der det induseres strømmer og avstanden mellom målepunktene langs flylinjen, som vanligvis er 25-30 meter. Typisk estimerer man at mer enn 90 % av signalet fra bakken kommer fra en omkrets lik 3-4 ganger antennens flyhøyde. Det vil si at én måling "ser" en halvsfære med 100 til 150 meters diameter og tilsvarer dermed en gjennomsnittsverdi over dette området. Mellom flylinjene bestemmes oppløsningen av linjeavstanden som er ca. 100 meter. Oppløsningen påvirkes i tillegg av prosesseringsmåten. Erfaring viser at strukturer som faller brattere en 30 grader blir noe feilaktig avbildet i den beregnede modellen og fremstår ofte slakere. Det finnes andre prosesseringsverktøy som er bedre tilpasset vertikaler strukturer.



Figur 4: Øverste figur viser en modell med typisk geologi med løsmasser mot en fjellknaus og fotavtrykket til AEM-systemet. Midterste figur viser hvordan AEM-modellen og "pant leg" artefaktene vil se ut i et slikt område. Nederste figur viser en modell fra målinger utført i slike geologiske forhold.

I områder med rask overgang fra berg i dagen til tykke løsmasseavsetninger kan 3D effekten kaldt "pant leg" skape utfordringer med tolkningen (Figur 4). Ettersom målemetoden "ser" et område på 100-150 meter i diameter vil man når man flyr nær overgangen mellom løsmasser og berg i dagen få en måling som er påvirket av både løsmassene og berget.

1.4 Usikkerhet

Hus, strømførende kabler, vei, jernbaneskinner og tilsvarende infrastruktur vil kunne gi støy i dataene som påvirker datakvaliteten og dermed påliteligheten i modellene. Der hvor dataene er påvirket av slik infrastruktur vil anomalier som ikke reflekterer geologien i området oppstå i modellene. Dataene må derfor fjernes for å unngå mistolkninger.

Også der hvor det er berg i dagen eller svært tynt løsmassedekket vil det ofte være vanskelig å produsere modeller på grunn av lavt datasignal. Det vil da oppstå hull i dataene, men på grunn av signalets karakteristikk er det rimelig å anta at dybde til berg i disse områdene er liten.

I områder hvor det er liten resistivitetskontrast mellom ulike lag kan det være utfordrende å skille lag i modellen, og det blir derfor høyere usikkerhet i tolkningen. Eksempler på dette er områder med morene eller andre resistive løsmasser over mer resistivt berg, eller leire over skifer. I disse områdene er man avhengig av boringer for å få en god tolkning av bergtopografien

2 Feltutstyr

Målingene er utført med et SkyTEM 304 system (SkyTEM surveys ApS, Danmark) med 341 m² primærantenne og 4 strømsløyfer. Det er et såkalt dual moment system hvor det veksles mellom å sende strøm gjennom en og alle fire strømsløyfer. Ved lavt moment sendes det strøm gjennom en sløyfe, som gir høy oppløsning nær overflaten. For høyt moment brukes alle fire strømsløyfene og det store magnetiske momentet som genereres tillater større penetreringsdybde. Systemet sikrer dermed god oppløsning nær overflaten samtidig som god penetreringsdybde tillates. Systemet har følgende spesifikasjoner for henholdsvis lavt og høyt magnetisk moment:

Tabell 1: Spesifikasjoner for lavt og høyt magnetisk moment.

Modus	Lavt magnetisk moment	Høyt magnetisk moment
Magnetisk peak moment	3 000 NIA	160 000 NIA
Impulsvarighet	800 µs	2500 µs
Tid mellom impulsene	738 µs	4167 µs
Målefrekvens	325 Hz	75 Hz

Systemet fraktes med et helikopter og flyhastigheten er omtrent 80-100 km/t. Dataene samles inn ved å fly parallelle linjer med en nominell linjeavstand på ca. 100 m.

3 Dataprosessering

Den horisontale avstanden mellom datapunktene (bin spacing) er omkring 30 m etter stabling i forbindelse med prosesseringen.

I første omgang benyttes et automatisk prosesseringsfilter som fjerner støy fra dataene. Selv om det meste av støyen er fjernet med denne prosesseringen, vil noe data med støy slippe gjennom filtrene, spesielt relatert til strømledninger eller lignende. I så fall vil modellen vise feil resistiviteter på de tilsvarende stedene.

For å forbedre kvaliteten av dataene må de gjennom en manuell prosessering. Det første trinnet i den manuelle prosesseringen er å revurdere støydata som ble fjernet under den automatiske prosesseringen og eventuelt ta de inn i igjen. Videre må rådata renses ytterligere for støy som ikke ble fjernet av den automatiske prosesseringen. Hver måling består av mange datapunkter og det må vurderes manuelt hvilke som skal brukes i beregningene (inversjonsberegningene).

Det beregnes deretter en todimensjonal resistivitetsmodell for hver flylinje (Laterally Constrained Inversion). Resistivitetsmodellene kontrolleres mot måledata, og der måledata ikke samsvarer godt nok med modelldata blir måledataene vurdert om igjen. Hvis måledataene er vurdert å være påvirket av støy, blir de fjernet fra datasettet.

Etter kontrollen av den todimensjonale resistivitetsmodellen inverteres dataene igjen for å lage en tredimensjonal resistivitetsmodell (Spatially Constrained Inversion) for hele undersøkelsesområdet.

Alle prosesseringer og beregninger gjøres i programvarepakken Aarhus Workbench.

4 Tolkning av bergdybde

Leveransen består vanligvis av en bergoverflatemodell i 3D. Tolking av bergdybde fra AEM-resistivitetsmodellen blir gjort med et nevralt nettverk, som er en type maskin-læringsverktøy. Slike nettverk tar først inn treningsdata for å lære korrelasjonen mellom ulike typer data. Vanligvis er det snakk om bergdybdemålinger fra boringer og observasjoner av berg i dagen som overlapper med AEM-modellene. Borehullsdata må vanligvis være innen 75 m fra en AEM-modell for å kunne brukes som gyldig treningsdata.

Etter treningsfasen kan nettverket deretter brukes til å predikere bergdybde der hvor det finnes AEM-målinger men ikke bergdybdemålinger og dermed få en flate i 3D som beskriver bergoverflaten i hele området. Denne leveransen kan ta form som en triangulert overflate eller et rastergrid.

Det leveres også et usikkerhetsestimat for hvert prediksjonspunkt. Usikkerhetsverdien tar inn både usikkerhet fra korrelasjonen mellom resistivitetsdata og kalibreringsdata og usikkerhet i kalibreringsdataene. Usikkerheten tolkes som et standardavvik i en normalfordeling og kan leveres på flere måter, blant annet som:

- en øvre og nedre bergflate som ligger enten et standard avvik over eller under gjennomsnittsprediksjonen
- et raster-grid med usikkerhetsverdier.

For å lage en overflate må man interpolerer verdier mellom alle datapunkter. *Kriging* er en avansert interpoleringsmetode som baseres på geostatistikk. Algoritmen gjør først statistisk modellering for å vurdere over hvilken lengde dataene korrelerer. Denne statistiske modellen brukes deretter for å finne den optimale måten å vekte nære datapunkter på hver interpolasjonslokasjon. Fordelen med denne metoden er at man også kan beregne usikkerheten som introduseres med interpolasjonen i tillegg til usikkerheten i dataene selv. Usikkerheten vil øke med avstand fra datapunktenes posisjon.

5 Referanser

1. Norges Geologiske Undersøkelse NGU (2015). Mapping of marine clay layers using airborne EM and ground geophysical methods at Byneset, Trondheim municipality. NGU-rapport 2015.006. Trondheim.
2. Christensen, C. W., Pfaffhuber, A. A., Anschütz, H., og Smaavik, T. F. (2015). Combining airborne electromagnetic and geotechnical data for automated depth to bedrock tracking. Journal of Applied Geophysics 119 (178-191).
3. Anschütz, H., Bazin, S., og Pfaffhuber A. A. (2015). Towards Using AEM for Sensitive Clay Mapping - A Case Study from Norway. 1st European Airborne EM conference, Turin, Italy, Mo AEM 04.
4. Norges Geotekniske Institutt NGI (2014). Metodebeskrivelse AEM og eksempler på prosjekter. NGI-Rapport 20130058-02-R_NO. Oslo.