



Nordre Nordmøre
Bru- og tunnelselskap

Rapport GPX 21351: Lettseismikk/refleksjonsseismikk, grunnundersøkelse for Nordre Nordmøre bru- og tunnelselskap Edøyfjorden, Smøla



GeoPhysix

GeoPhysix AS
post@geophysix.no
www.geophysix.no

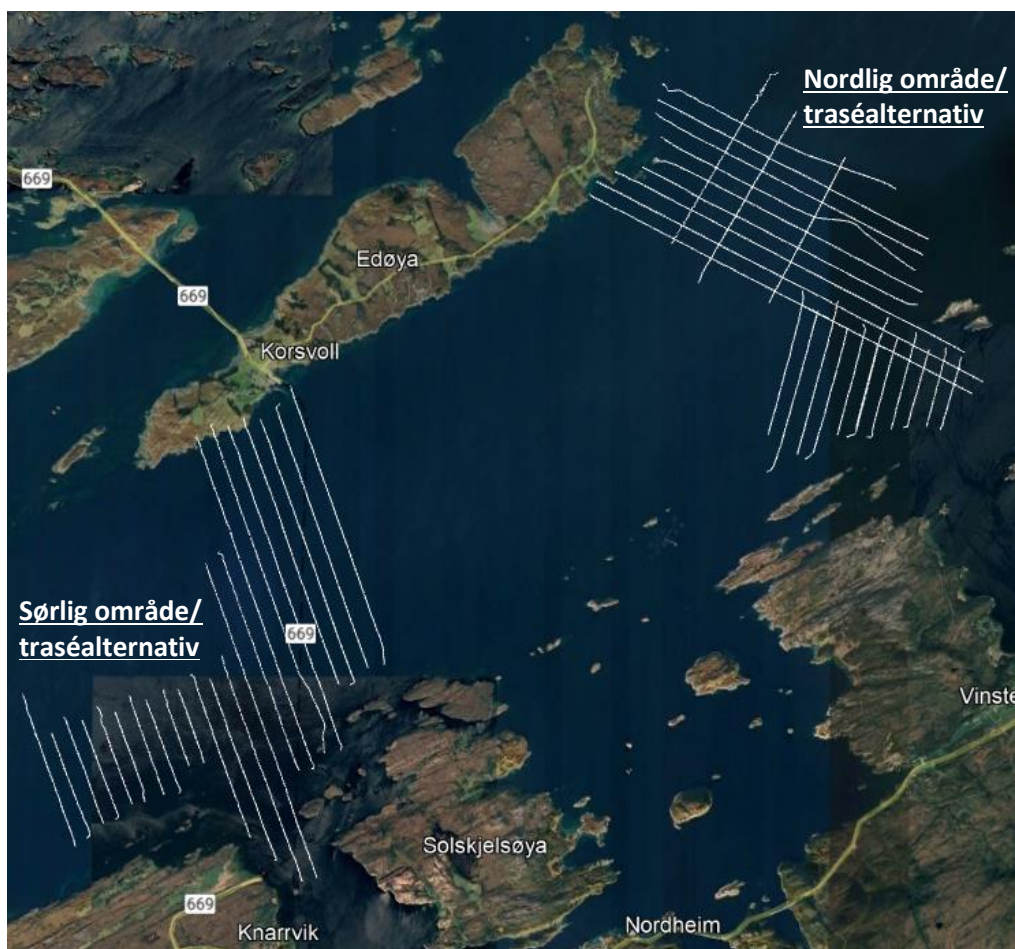
Innhold

1.	INNLEDNING	4
2.	SAMMENDRAG	5
3.	MÅLEPROGRAM – LETTSEISMIKK/REFLEKSJONSSEISMIKK	5
4.	FELTARBEID	6
5.	UTSTYR	8
6.	PROSESSERING OG TOLKING AV DATA.....	10
7.	NØYAKTIGHET	10
8.	RESULTATER – LETTSEISMIKK/REFLEKSJONSSEISMIKK	11
9.	VIDERE ARBEID	30
10.	REFERANSELISTE.....	31

TEGNINGER	<u>Målestokk</u>	<u>Tegning nr.</u>
Oversiktskart	1: 50 000	-200:0
Område sør: Bunnkart, fjellkotecart og isopakkart	1: 20 000	-200:1
Område nord: Bunnkart, fjellkotecart og isopakkart	1: 20 000	-200:2

1. INNLEDNING

På oppdrag fra Nordre Nordmøre bru- og tunnelselskap har GeoPhysix AS utført lettseismikk/refleksjonsseismiskemålinger i forbindelse med vurdering av to tunnel-traséer under Edøyfjorden i Møre og Romsdal. Undersøkelsesområdet er delt i to, et sørlig traséalternativ lokalisert mellom Sandvika fergekai og Edøy fergekai, og et nordlig traséalternativ lokalisert mellom Styrøya, Svartskjæret og Kyrhaugholman. Hovedformålet var å kartlegge løsmassemektighet og fjellbatymetri ved disse traséalternativene.



Figur 1: Oversikt over de to undersøkte områdene med de kjørte linjene.

2. SAMMENDRAG

I løpet av uke 7 ble det samlet inn 45 linjer med akustiske data i to områder på Edøyfjorden, heretter referert til som nordlig- og sørlig området. Total lengde på innsamlede data er 119 km.

Løsmasser og fjelloverflate:

Det registreres varierende mengder med løsmasser og fjelldybder gjennom begge områder. Batymetrien varierer mye, og viser både blottet fjell og sedimenter som havbunnsreflektor. Hovedsakelig registreres det større sedimentbasseng ved kryssing av Edøyfjorden samt i nordlig innløp til Sålåundet og vestlig innløp til Gjerdavika. Det er generelt mer løsmasser på vestlig side av Edøyfjorden enn på østlig side av fjorden. I nordlig undersøkelsesområdet kunne ikke fjellreflektoren hele tiden følges med sikkerhet på grunn av for mye løsmasser eller for grove sedimenter.

Kryssingsalternativene over Edøyfjorden ligger i det regionale Møre-Trøndelag forkastningskomplekset. Dette er en regional forkastningssone med orientering NØ-SV bestående av flere parallelle ekstensjonsforkastninger (← →) som trolig har vært aktive siden Devon, ca. 400 mill. år (Dalman & Andersen, 2013, Kapittel 7).

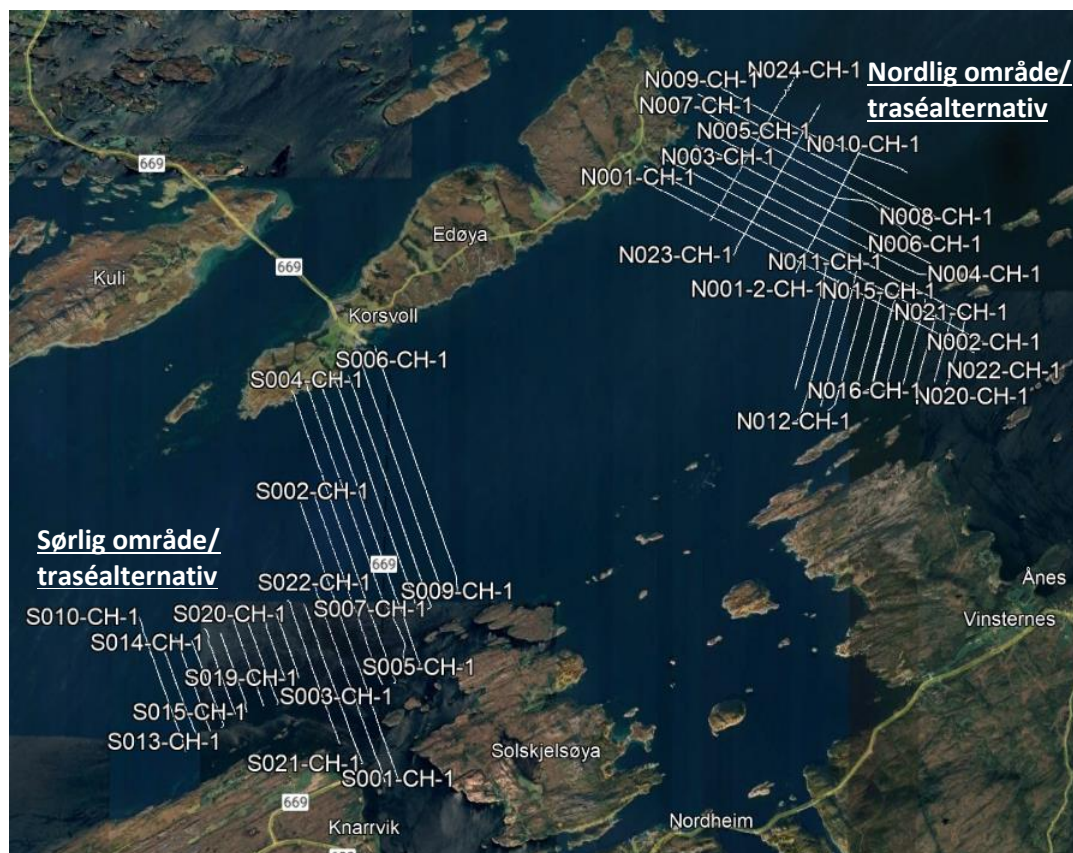
Videre undersøkelser:

De gjennomførte undersøkelsene har vist ansamlinger av sedimenter – sedimentbassenger, flere steder på de alternative traséene. For verifisering/detaljkartlegging av fjelloverflaten og kartlegging av forkastningssoner og lavhastighetssoner i berggrunn vil det være behov for ytterligere undersøkelser av trasé-alternativene. Videre vil det normalt være aktuelt med ytterligere detaljundersøkelser med refleksjonsseismikk og refraksjonsseismikk.

3. MÅLEPROGRAM – LETTSEISMIKK/REFLEKSJONSSEISMIKK

Det ble samlet inn lettseismikk/refleksjonsseismiske data langs 45 linjer med lengder fra ca. 900 meter til over 5200 meter. Linjene ble konstruert av GeoPhysix med 200 meters linjeavstand innenfor gitt undersøkelsesområde. Mengden og plassering av profiler har blitt fastlagt i samarbeid med oppdragsgiver. Den samlede lengden av de seismiske linjene er på ca. 119 km.

Resultatene er presentert som bunnkotekart, fjellkotekart og sedimenttykkelseskart i tegning 21351-200:1 og -200:2. Utvalgte profiler fra området er presentert i rapporten som eksempler på tolkningen.



Figur 2: Begge undersøkelsesområdene med navngitte linjer, N001-N024 og S001-S022.

4. FELTARBEID

Arbeidet med mobilisering/demobilisering og innsamling av lettseismikk/refleksjonsseismiske målinger ble foretatt i uke 6 og uke 7 mellom 13. og 18. februar 2022.

Forberedelse av feltarbeidet

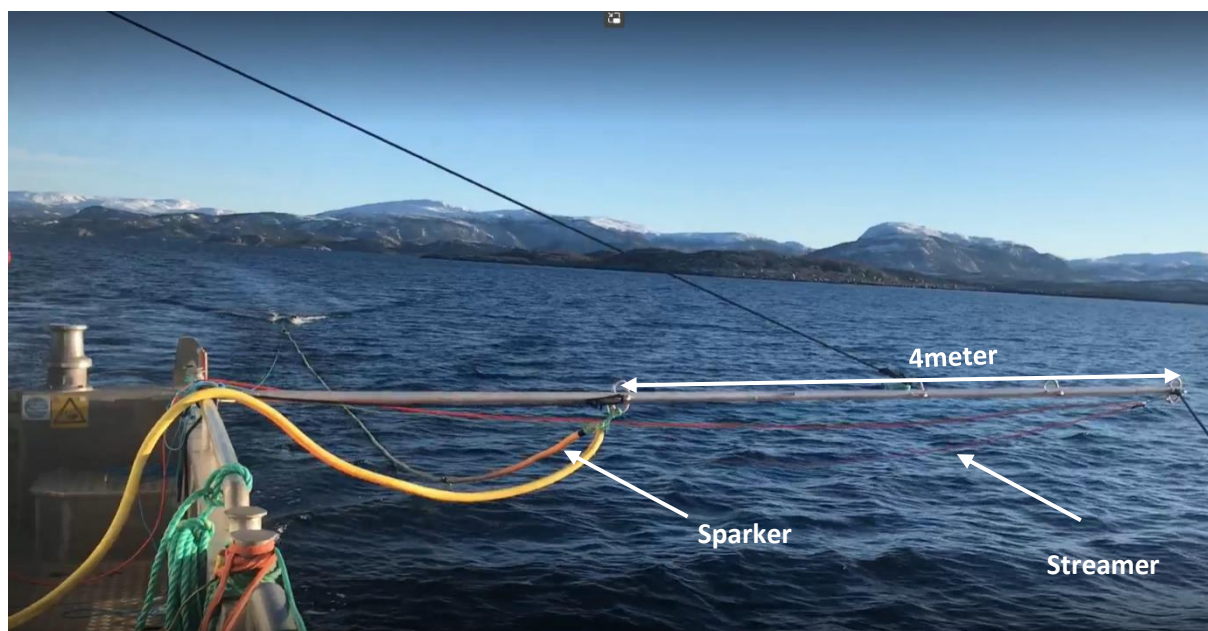
Det seismiske utstyret ble mobilisert i Triton (se Figur 3) og fartøyet og båtfører ble leid inn fra Norsk Havservice. Alt utstyr ble klargjort og testet på undersøkelsesbåten's hjemhavn, Brekstad den 14. februar. Seismisk kilde (sparker) og lyttekabel (streamer) ble plassert ut fra en uttrigger på babord side og slept bak båten (se Figur 4). Dette ble rigget ned hver dag etter endt undersøkelse og under transport/overfart. GPS-antenne ble montert over styrhuset (se Figur 3). Det ble kjørt en rekke testlinjer i ulike deler av fjorden for å optimalisere systeminnstillingene.

Akustiske målinger

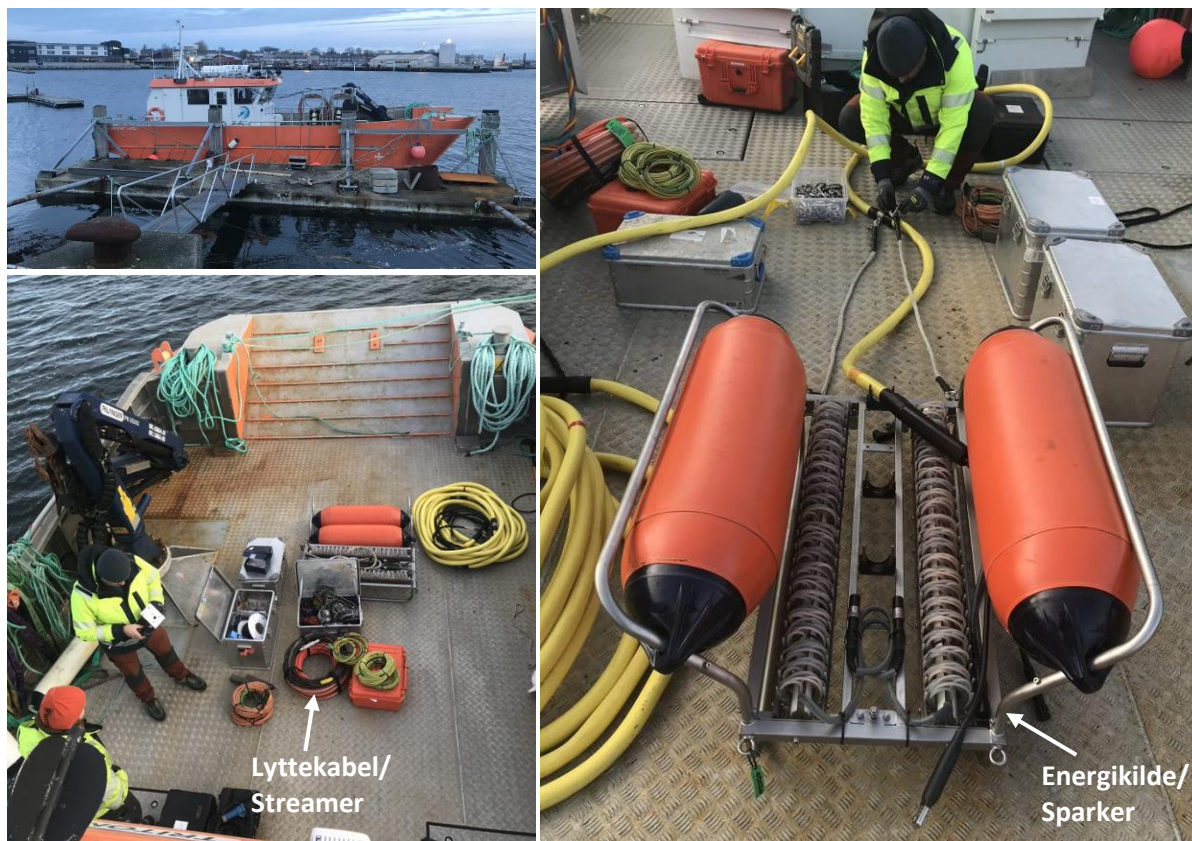
De bestilte linjene ble kjørt fortløpende samtidig som alle data ble digitalt lagret sammen med GPS posisjonene. Flere innstillinger ble satt før registreringene startet. Opptakslengde ble satt fra 250 til 400 ms. Styrken på strømpulsen fra kilden ble satt til 300 Joule. Disse justeringene kom som følge av variasjon i dyp. Samplingsfrekvens ble satt til 10 kHz.



Figur 3: Triton, katamaranen som ble brukt i undersøkelsesprogrammet. Antenner for navigasjon ble plassert på toppen av båten (se innfelte bilder).



Figur 4: Utriggeren påmontert på Tritons babord side. Seismisk kilde går gjennom den gule kabelen til vestre i bildet og den oransje lyttekabelen som registrerer energien sees til høyre. Avstanden mellom de to slepene er 4 meter.



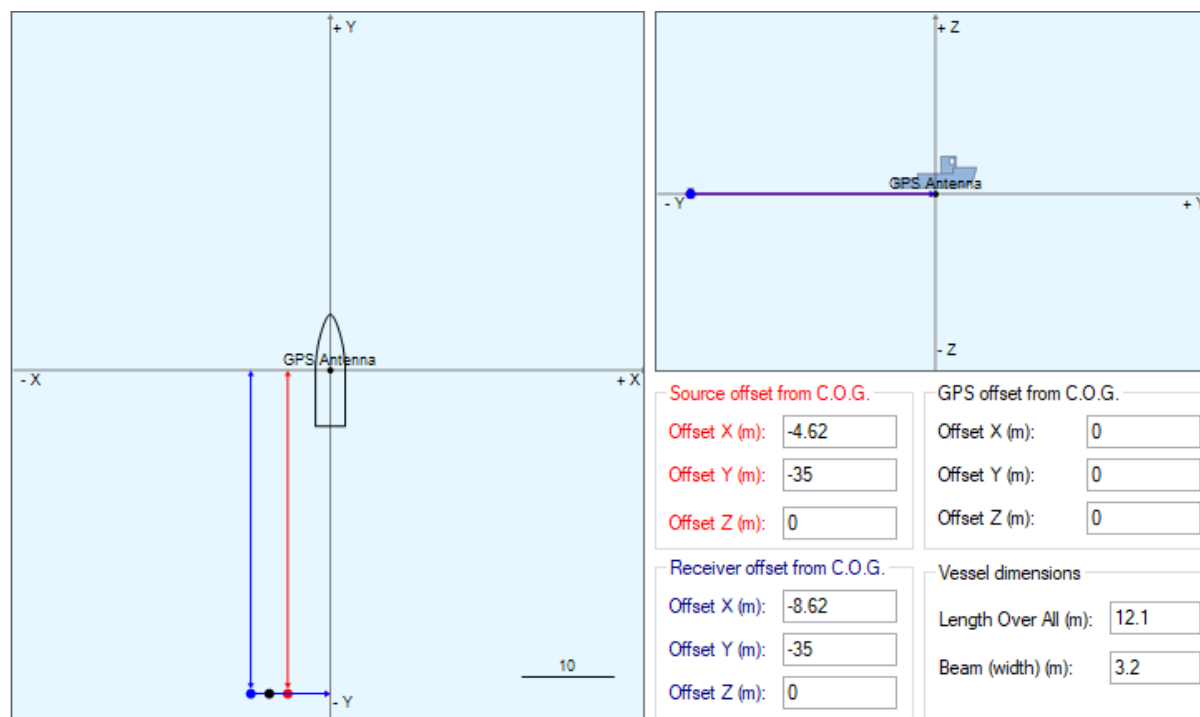
Figur 5: Rigging av utstyr om bord på Tritons fordekk.

5. UTSTYR

Undersøkelsesbåten som ble brukt i undersøkelsen var en 49 fots katamaran med navn Triton, en båt godt tilpasset formålet. Det ble benyttet et utstyrssystem levert av Geo Marine Survey Systems med alt inkludert; energikilde, lyttekabel, mottaker og bærbar pc med tilhørende mottaks-programvare. Lyttekabel og seismisk kilde ble montert med fire meters mellomrom på en uttrigger (se Figur 4) tilpasset til oppgavens formål og slept 35 meter bak uttriggeren. Oppsettet på disse kablene kan videre sees i Figur 5. For navigasjon ble det benyttet TopCon Legend RTK GPS med egen basekorleksjon satt opp på land ved Edøy fergekai og tilhørende navigasjonsprogram på båten. Deler av riggingen av utstyr kan sees i Figur 6. Tabell 1 viser en samlet oversikt over utstyret som ble brukt under undersøkelsen.

Tabell 1: Liste over anvendt utstyr.

Utstysformål	Produsent/Modell
Fartøy	Triton Procat 1452J, 49 fot (Norsk Havservice)
Posisjonering Fartøy	TopCon Legend RTK GPS (m/ egen basekorleksjon)
Innsamling av refleksjonsseismisk data	Mini-Trace 2, to-kanals, 24-bit VH-res tilkoblet Geosuite Acquisition via Lenovo bærbar PC med Geo-Suite acquisition dongle
Seismisk mottaker	Geo-Sense Mini-Streamer, 8 elementer enkelt-kanal m/ 50 meter slepekabel
Navigasjonsprogram	EIVA Navipac
Program for seismisk prosessering	Geo-Suite Acquisition
Program for seismisk tolkning	Geo-Suite Allworks 2021R2
Seismisk kilde	Geo-Spark 1000F, HV strømpuls-kilde og Geo-Source LW200 multityp sparker m/ 40 meter flytende HV flex kabel



Figur 6: Oppsett på seismisk kilde og lyttekabel fra uttrigger.

6. PROSESSERING OG TOLKING AV DATA

Registreringene ble fortløpende kontrollert under feltarbeidet. Etter avsluttet feltarbeid ble hvert enkelt profil filtrert for å fjerne uønsket støy i vannskorpen og nedover i løsmasser til fjell. Alle koordinater er i UTM Sone 32N.

Sjøbunnsreflektor (rød) og fjellreflektor (grønn) ble tolket for hver linje der signalene var sterke nok og digitalisert for xyz for hvert av lagene. Tolkningen ble gjennomført i tid i ms (i two-way travelttime/toveis gangtid (TWT)) for å opprettholde god oppløsning på bildet.

I enkelte grunne områder sammenfalt fjellreflektoren med sjøbunns-multipler, noe som kan gi en liten feilkilde på fjelldybden. I andre utfordrende deler ble det korrelert mot kryssende linjer dersom mulig. Etter endt tolkning ble det gjort en tid-til-dybde-konvertering.

Hastigheten som ble brukt ved prosessering og digitalisering var 1500 m/s for sjøbunnen og 1550 m/s for fjelloverflaten. Omregningsformelen til dybde i meter fra ms i TWT er:

$$\text{Dybde (m)} = (\text{TWT}/2 \text{ (s)}) \times \text{hastigheten i laget (m/s)}$$

Prosesseringsprogrammet gir mulighet til å hente ut hele den prosesserte registreringen som en bildefil, eksempler er vedlagt i rapporten. Profilbildene er riktige i høydemålestokk basert på en hastighet i løsmassene på 1550 m/s. Kjørt lengde over bunn basert på GPS-registreringene er markert på bildene.

7. NØYAKTIGHET

Nøyaktigheten for systemet ved registrering av tynne lag er teoretisk <30 cm, mens beregning av løsmassetykkelsen forutsetter bruk av riktig løsmassehastighet. Instrument ble satt til 1550 m/s. Hastigheten i sedimentene kan være noe høyere enn 1550 m/s. Dybden til fjell kan derfor være noe større enn det som er tolket ut fra seismikkdatene. Forventet nøyaktighet på fjelloverflate ligger på 5-10 meter tatt i betraktning batymetrien i området som introduserer en del ringing og parabler i dataene.

Nøyaktigheten for innmåling med TopCon HiPer SR GPS korrigert med Kartverkets C-pos korreksjon er på cm-nivå.

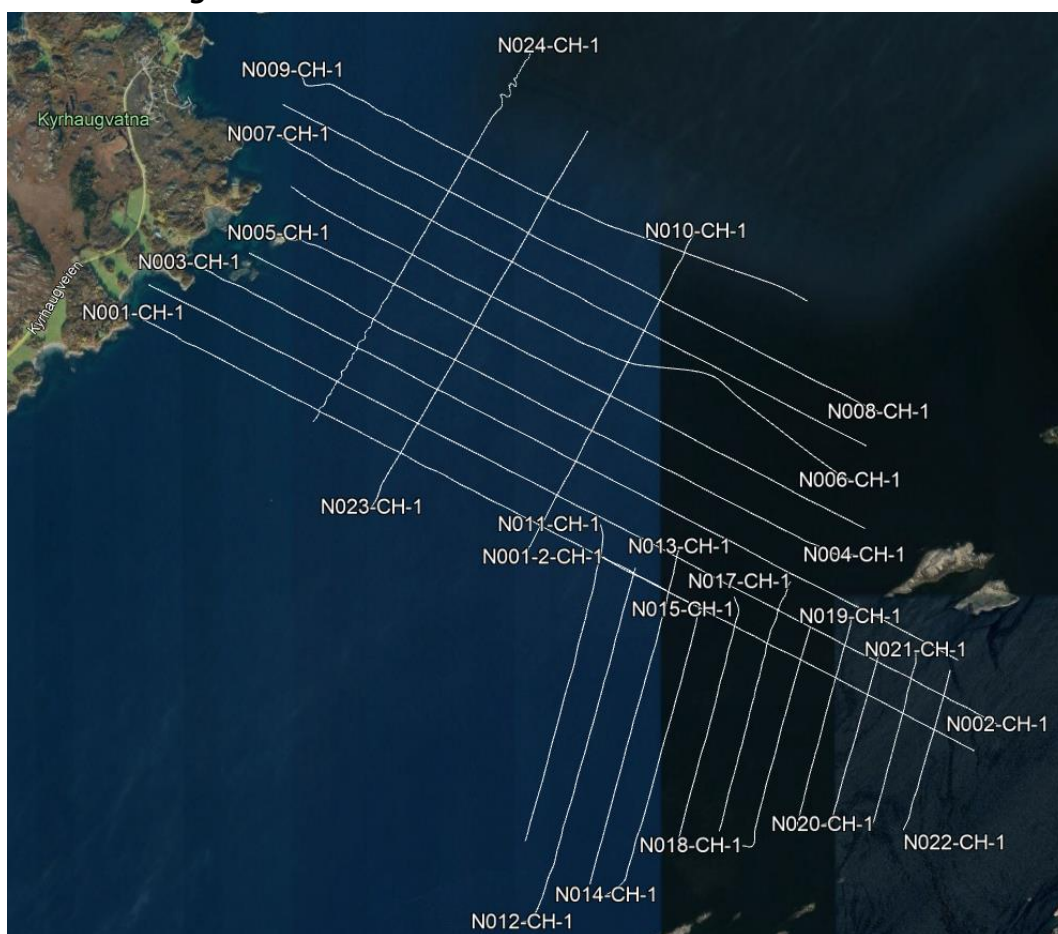
8. RESULTATER – LETTSEISMIKK/REFLEKSJONSSEISMIKK

To undersøkelsesområder ble undersøkt langs Edøyfjorden i kryssingen av Trondheimsleia, et nordlig- og et sørlig område. Begge områdene ligger i beltet som danner Møre-Trøndelagsforkastningene (Dalman & Andersen, 2013, Kapittel 7).

Bunnkotekart, fjellkotekart og sedimenttykkelseskart

Basert på innsamlede data og senere tolkninger av havbunns- og fjellreflektorer, ble det produsert bunnkotekart, fjellkotekart og sedimenttykkelseskart. Kartene er produsert ved å anvende en geostatistisk gridding-metode kalt kriging. Siden linjeavstanden var på 200 meter mellom hver linje og dataene er interpolerte, kunne detaljgraden på kartene vært høyere og dette er viktig å huske på når man studerer kartene. Likevel vurderes kartene å gi god dekning for å kunne si noe om det som befinner seg under havnivå i fjorden og tilstrekkelig god informasjon på det stadiet prosjektet er i på det nåværende tidspunkt.

Nordlig område:

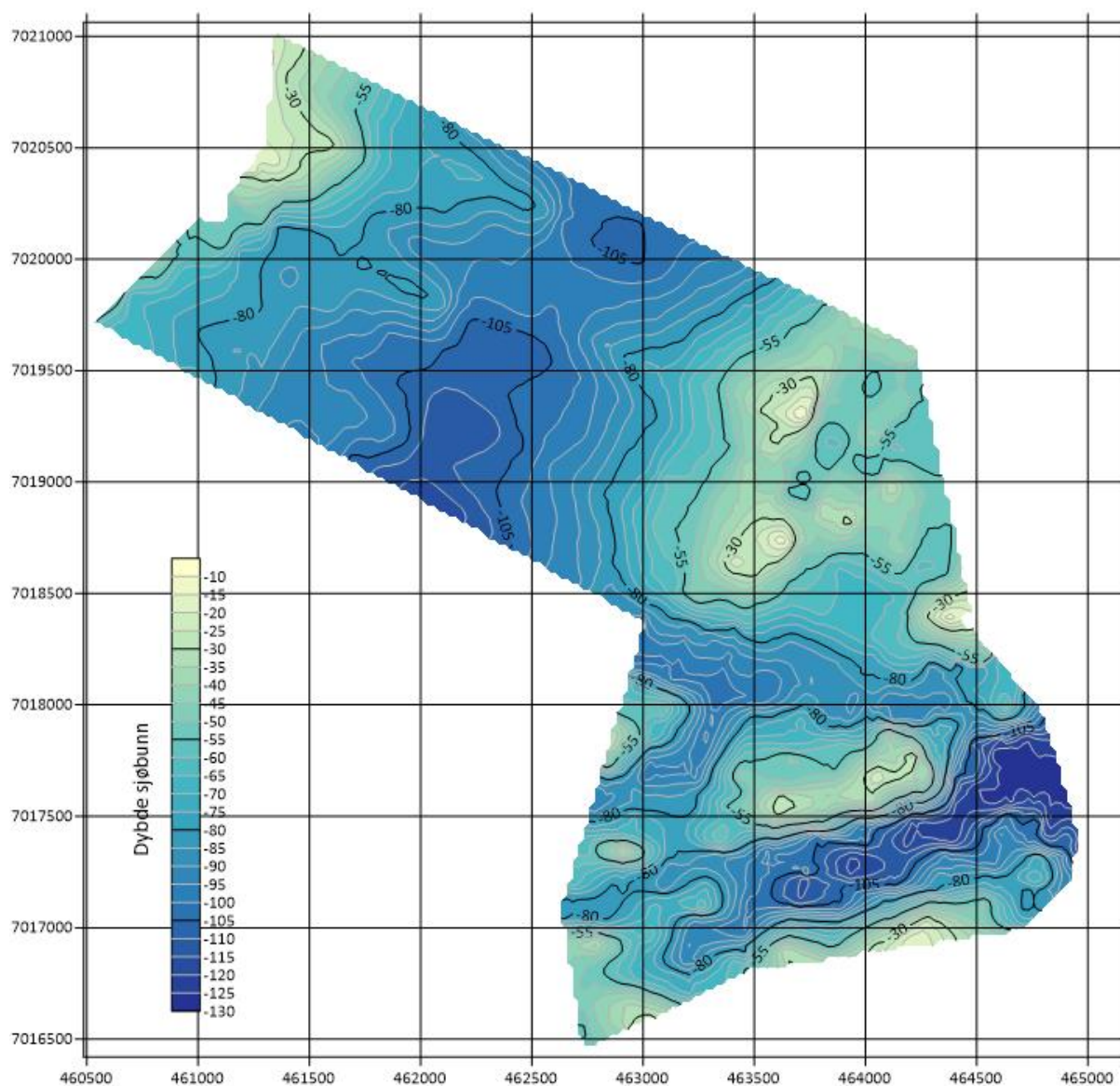


Figur 7: Det nordlige undersøkelsesområdet med navngitte tilhørende linjer.

I det nordlige området ble det samlet inn akustiske data langs 23 linjer (N001-N024) med lettseismikk/refleksjonsseismikk. De korte linjene som ligger i det vestlige innløpet til Gjerdavika viser grunt fjell og generelt lite løsmasser på fjellet. De lengre linjene som krysser Edøyfjorden viser større variasjon både i dybde til havbunn og til fjell. På østsiden ligger fjellet forholdsvis grunt før det stuper mot vest. Her øker også sedimentmektigheten stedvis så mye/eventuelt øker kornstørrelsen slik at fjellreflektoren er vanskelig å se på dataene. Videre mot vest fanges igjen fjellet opp der det stiger jevnt opp mot land på Edøya samtidig som sedimentene avtar. Dybden ned til havbunnen i området varierer fra 20 meter til 115 meter, mens den antatte fjelloverflaten i området varierer tilsvarende fra 20 meter til 180 meter.

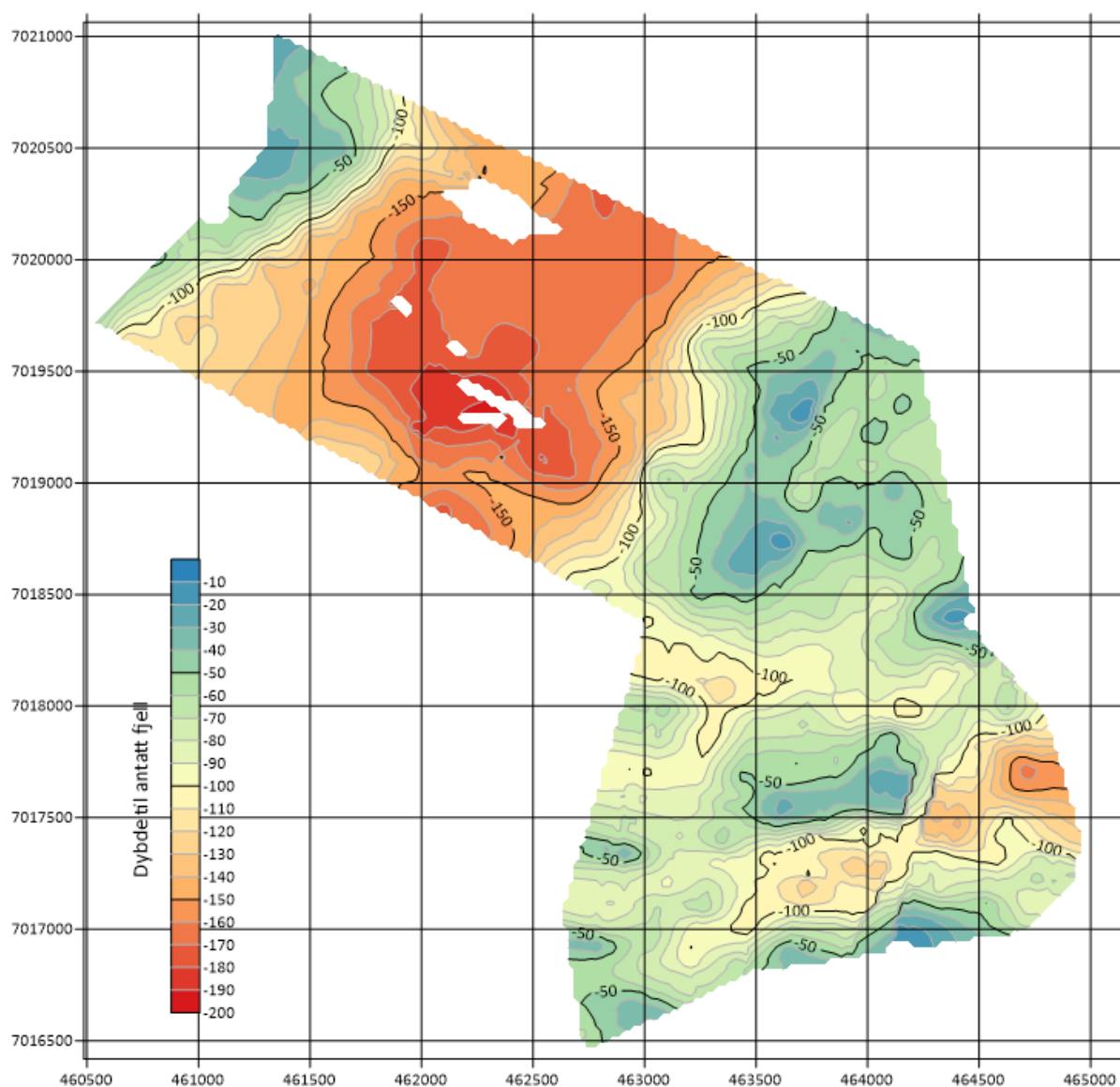
Grunnet mye ringing/siderefleksjon er fjellreflektoren tidvis utfordrende å plassere. Bratte skråninger med uregelmessig batymetri preger området og fører til en del støy. Tydelige parabler ble observert over store deler av undersøkelsesområdene – reflektorer som representerer endring i akustiske egenskaper i grunnen. Dette er typiske egenskaper man observerer i overgangen løsmasser-fjell, eventuelt mellom fine løsmasser og grovere løsmasser.

Sjøbunn



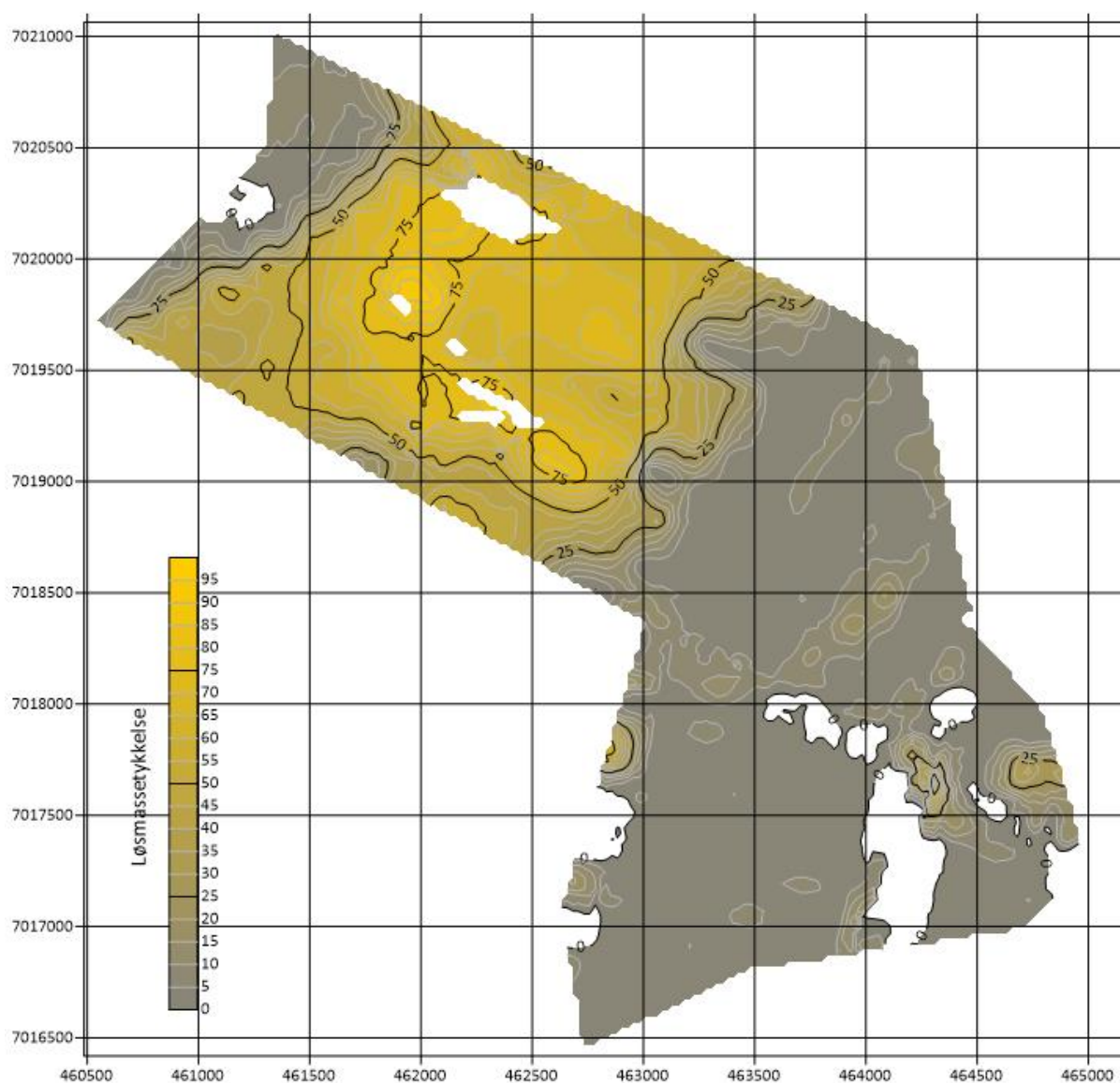
Figur 8: Bunnkotekart for nordlig område.

Bunn sedimenter/ antatt fjell



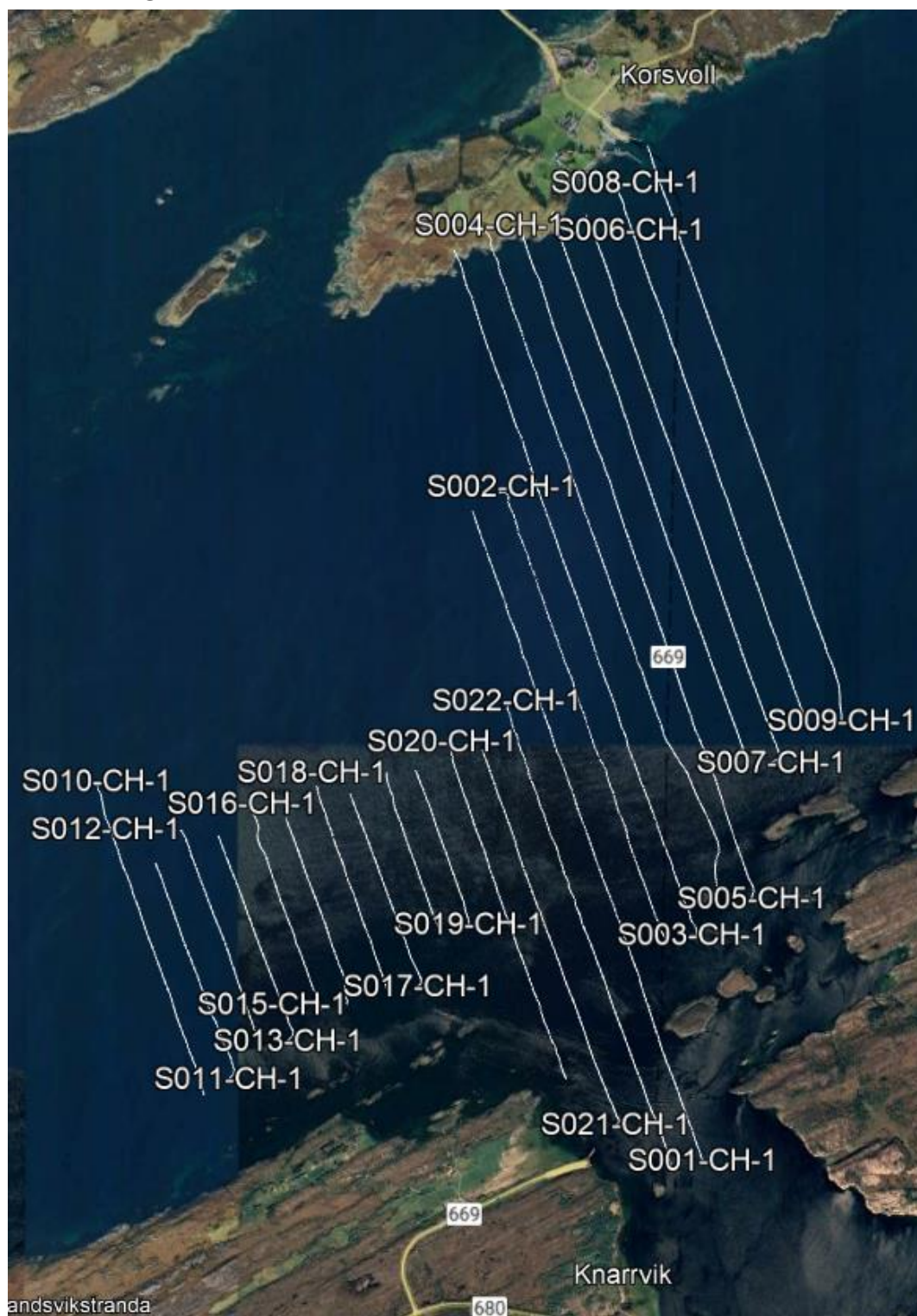
Figur 9: Bunn av sedimenter – antatt fjellkotekart for nordlig område.

Isopak - sedimenttykkelse



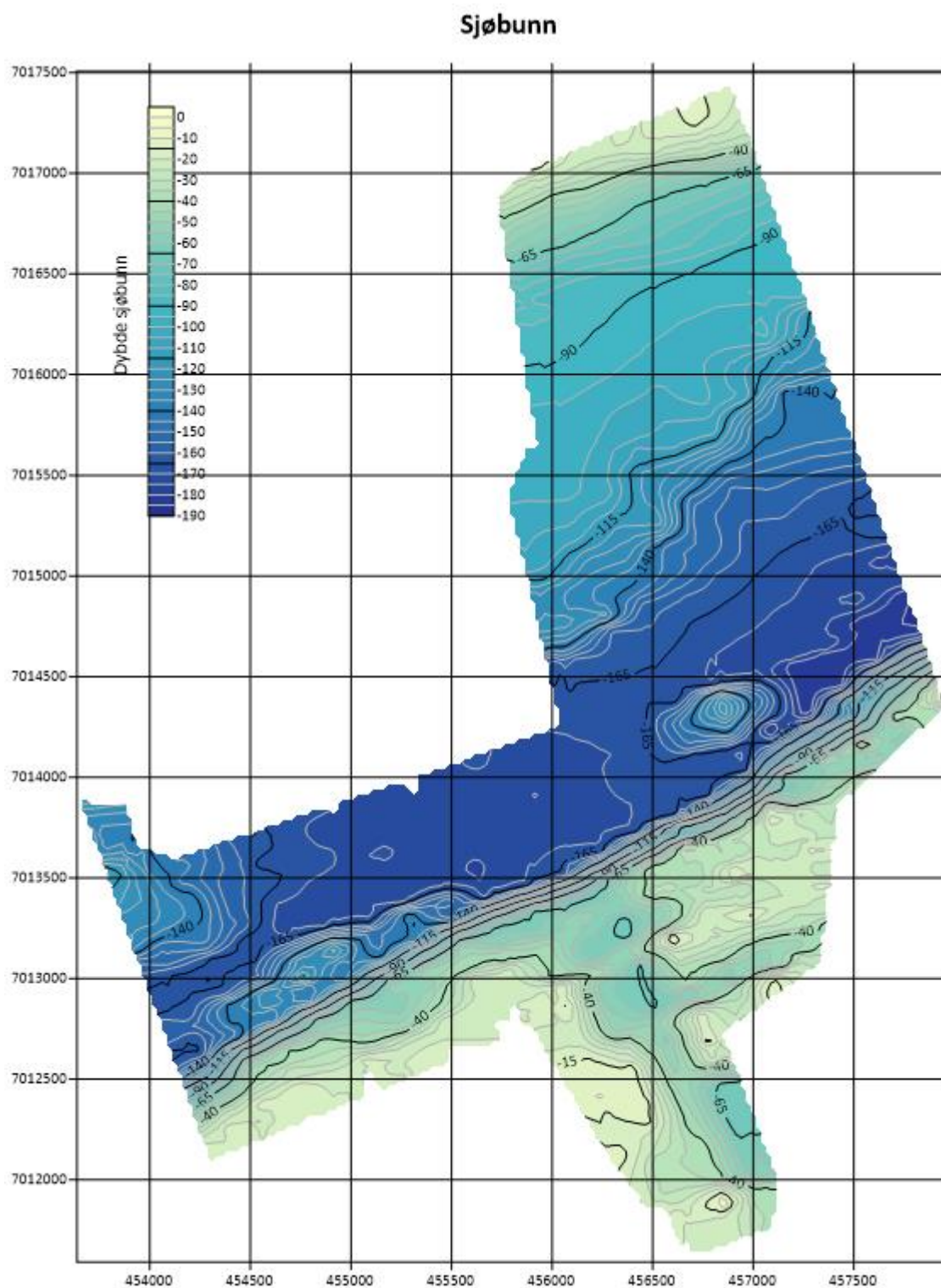
Figur 10: Sedimenttykkelseskart (isopakkart) fremstilt fra bunnkotekart og antatt fjellkotekart for nordlig område.

Sørlig område:



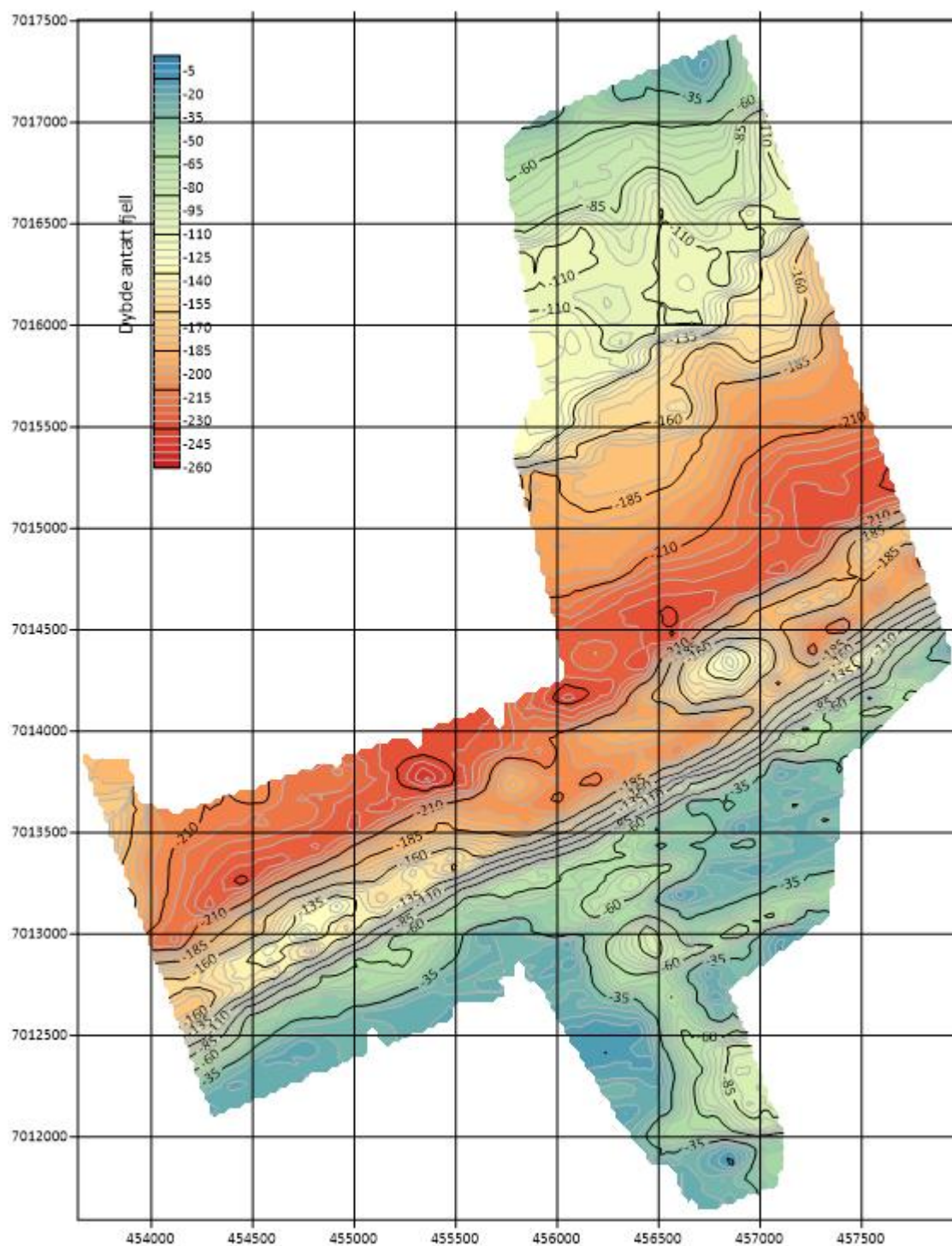
Figur 11: Det sørlige undersøkelsesområdet med navngitte tilhørende linjer.

I det sørlige området ble det samlet inn akustiske data langs 22 linjer (S001-S022) med lettseismikk/refleksjonsseismikk. De sørligste linjene viser at fjellet ligger grunt uten store mengder sedimenter ut fra land i sørøst før det faller av mot nordvest og sedimentmektigheten øker. De midtre linjene som strekker seg fra det nordlige innløpet til Sålåundet og tvers over Edøyfjorden, viser grunne sedimentbasseng i sundet, og videre nordvestover, ved kryssing av Edøyfjorden, faller fjellreflektoren samtidig som sedimentmektigheten øker. Langs noen linjer observeres det en «fjelltopp» som stiger opp av havbunnen og som er dekket av svært lite sedimenter (f.eks. se linje S007, Figur 20). På nordvestsiden av fjorden stiger igjen fjellet opp og sedimentmektigheten avtar. Dybden ned til havbunnen i området varierer fra 10 meter til 175 meter, mens antatt fjelloverflate i området varierer tilsvarende fra 10 meter til 250 meter.



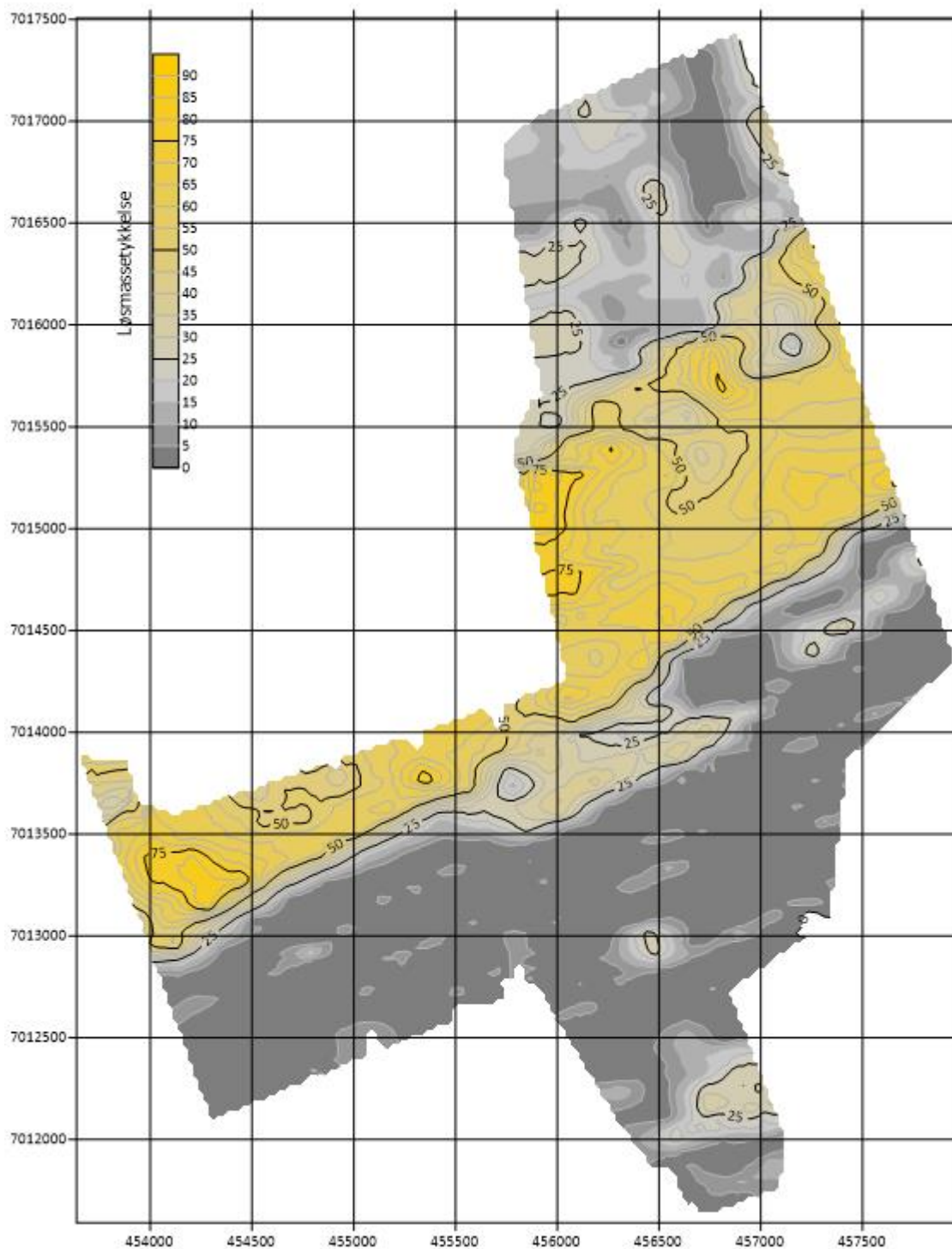
Figur 12: Bunnkotekart for sørlig område.

Bunn sedimenter/ antatt fjell



Figur 13: Bunn av sedimenter – antatt fjellkotekart for sørlig område.

Isopak - sedimenttykkelse

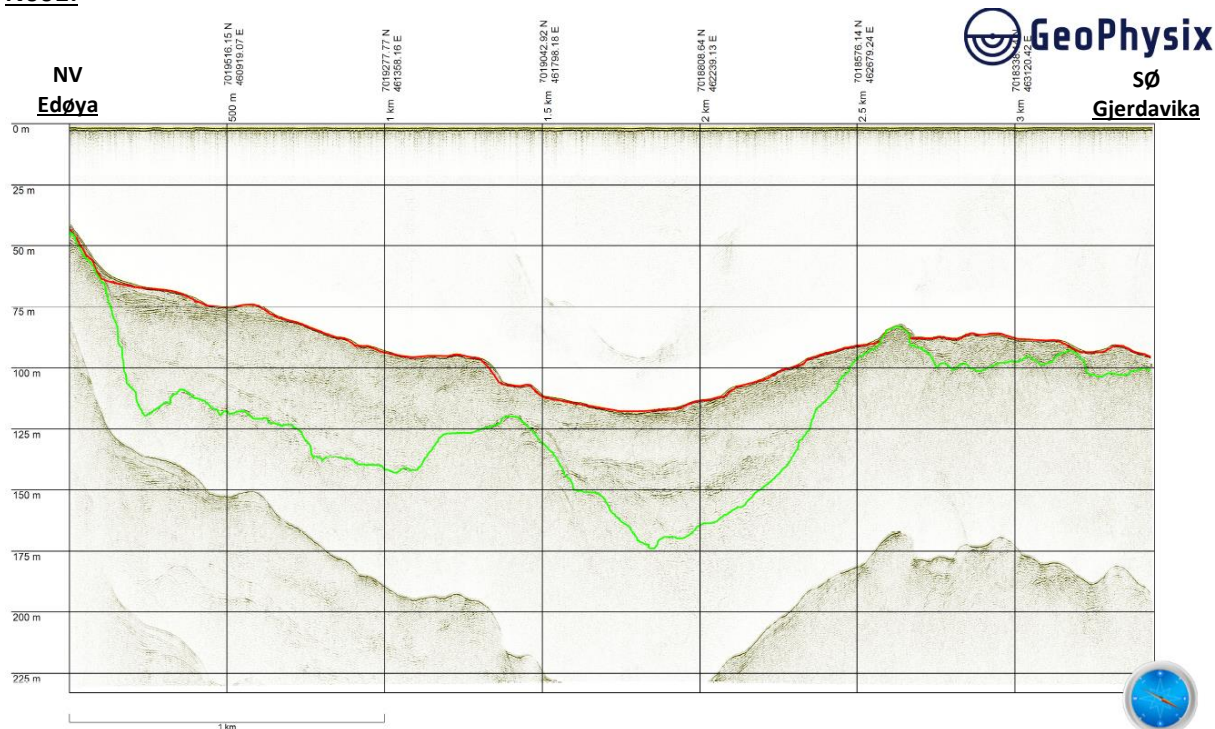


Figur 14: Sedimenttykkelseskart (isopak) fremstilt fra bunnkotekart og antatt fjellkotekart for sørlig område.

Utvalgte profiler med tolkning:

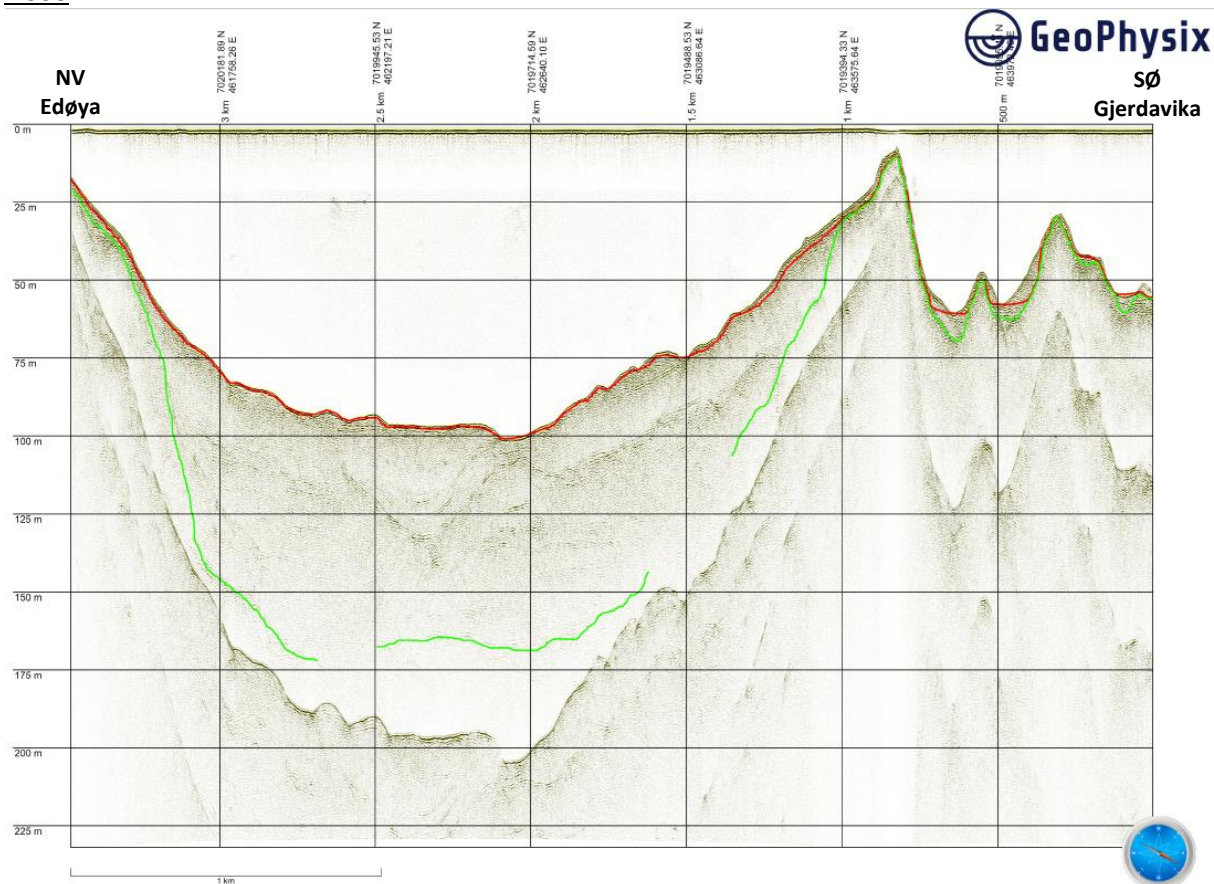
Nordlig område presentert med linjene N001, N006, N012 og N021:

N001:



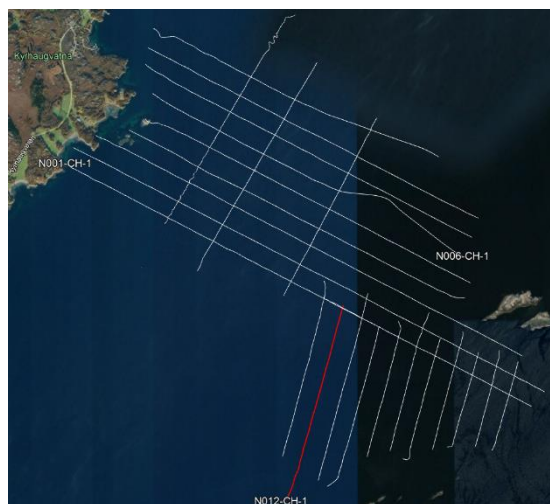
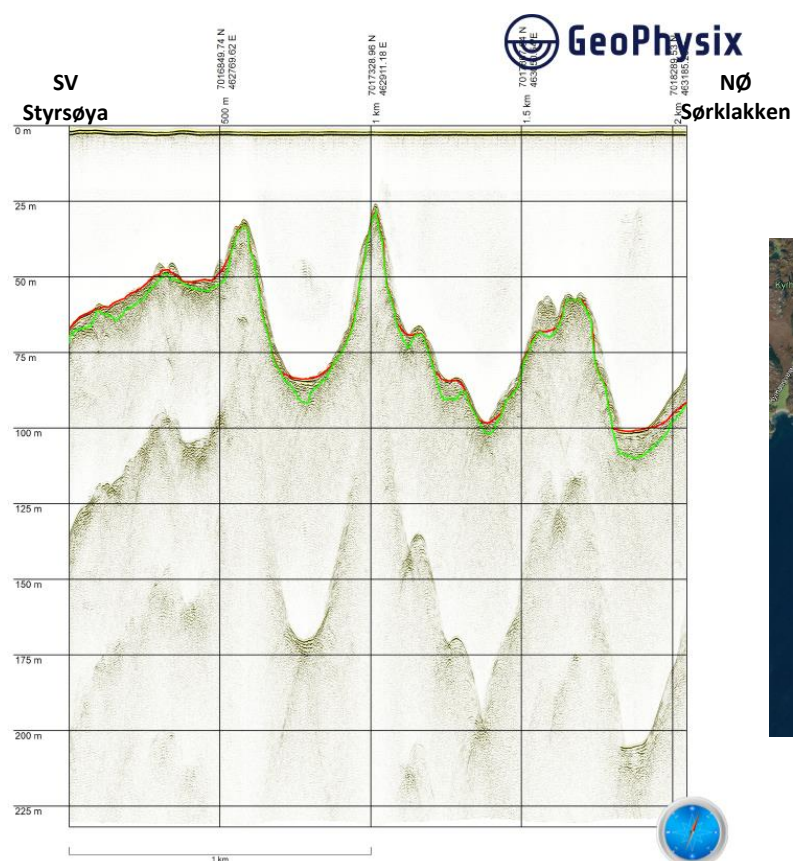
Figur 15: Tolkning av profil N001. Linjen markert i rødt.

N006



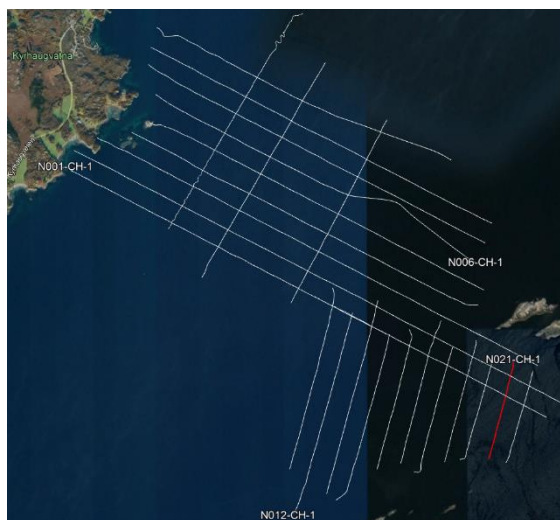
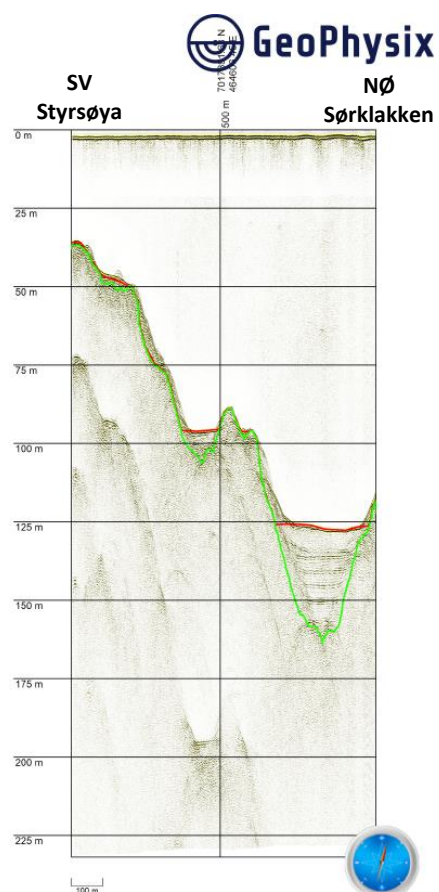
Figur 16: Tolkning av profil N006. Linjen markert i rødt.

N012



Figur 17: Tolkning av profil N012. Linjen markert i rødt.

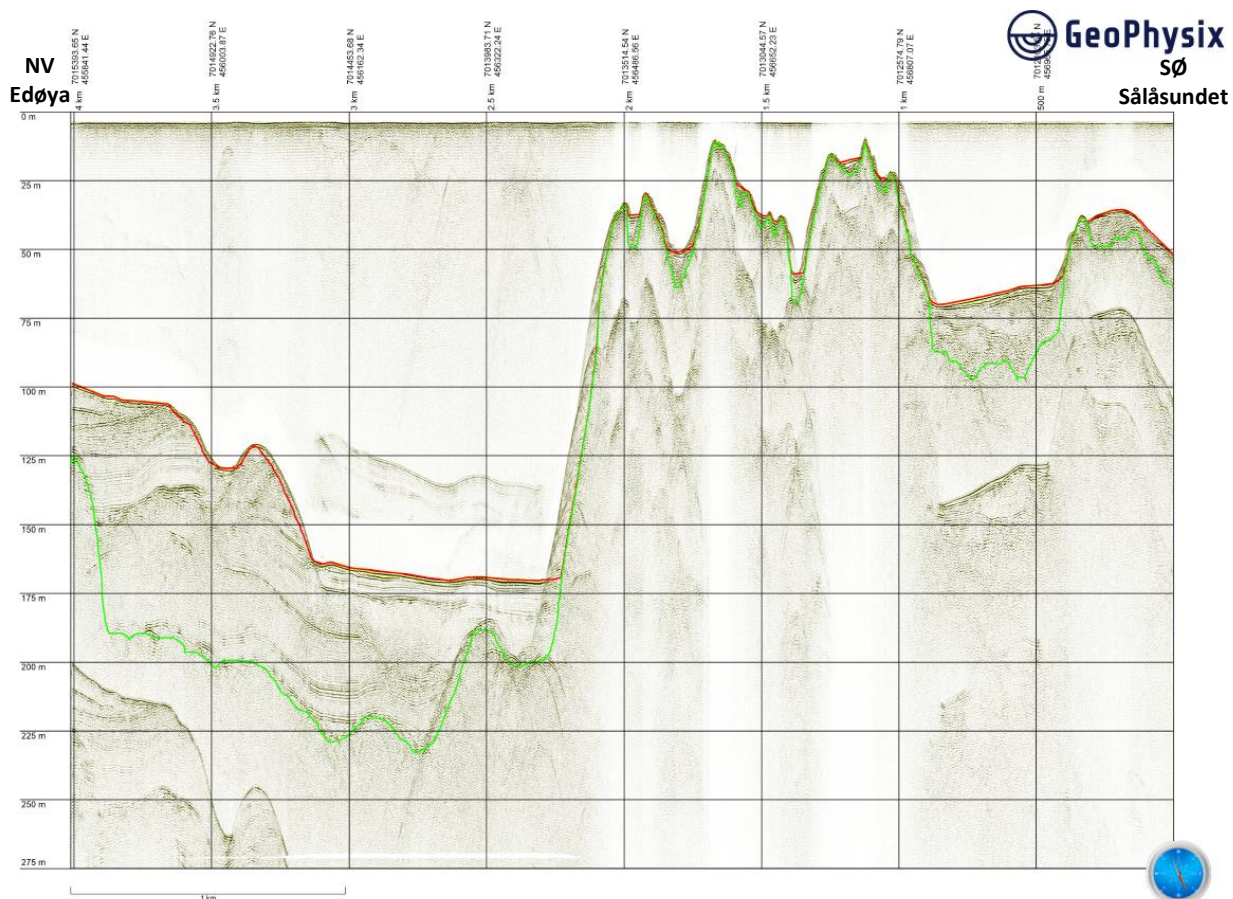
N021



Figur 18: Tolkning av profil N021. Linjen markert i rødt.

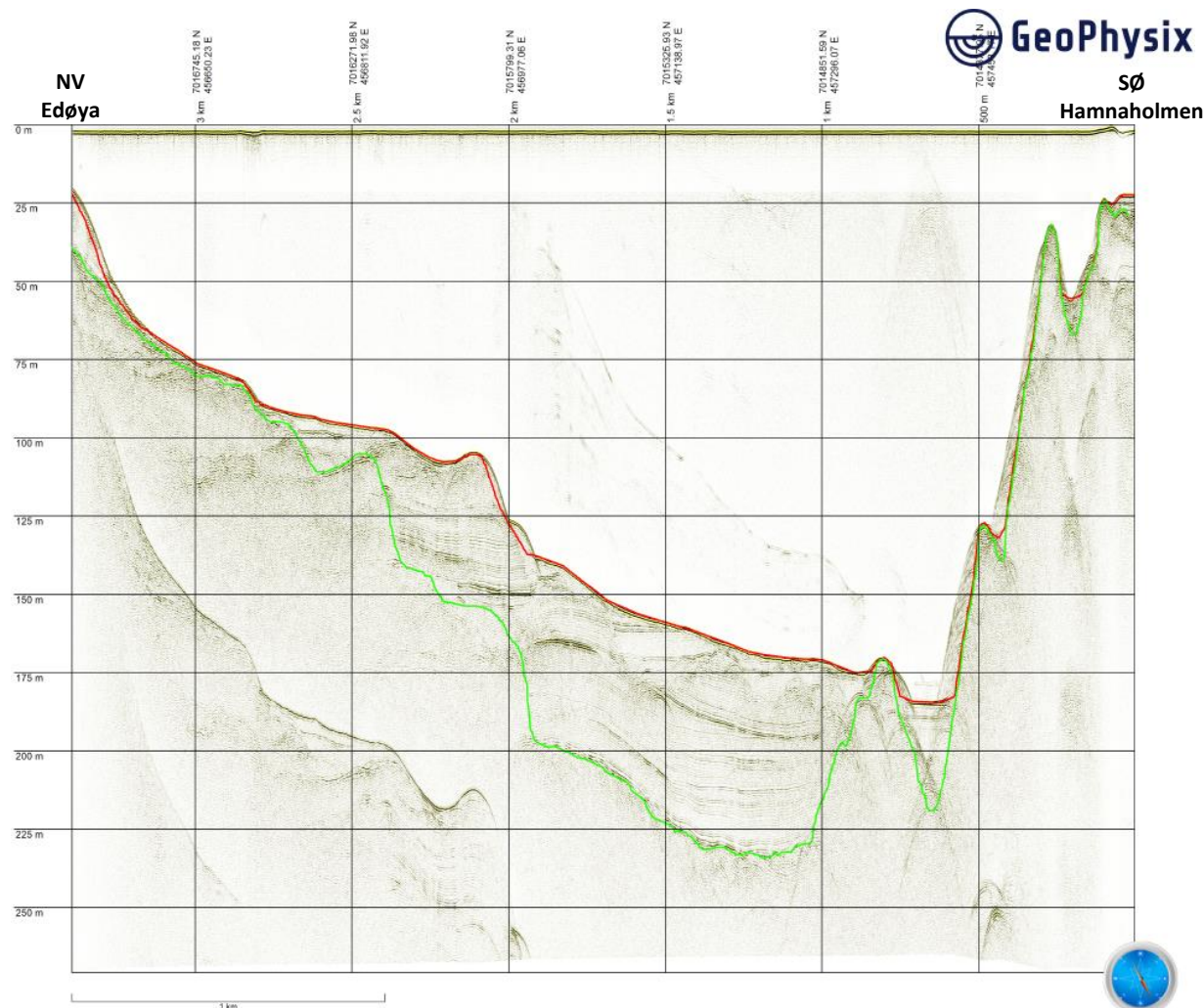
Sørlig område presentert med linjene S001, S007, S012, S015 og S020:

S001



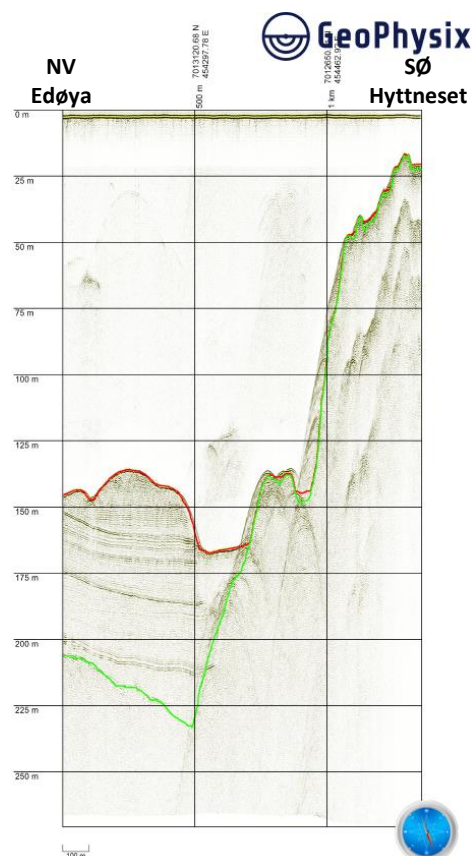
Figur 19: Tolkning av profil S001. Linjen markert i rødt.

S007



Figur 20: Tolkning av profil S007. Linjen markert i rødt.

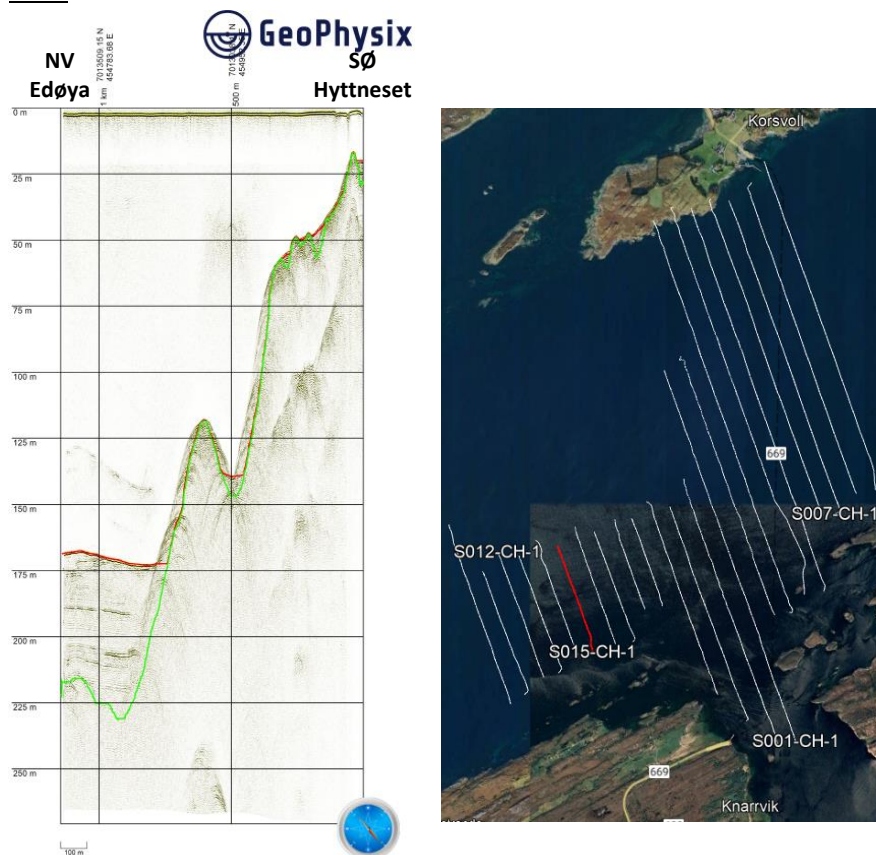
S012



Figur 21: Tolkning av profil S012. Linjen markert i rødt.

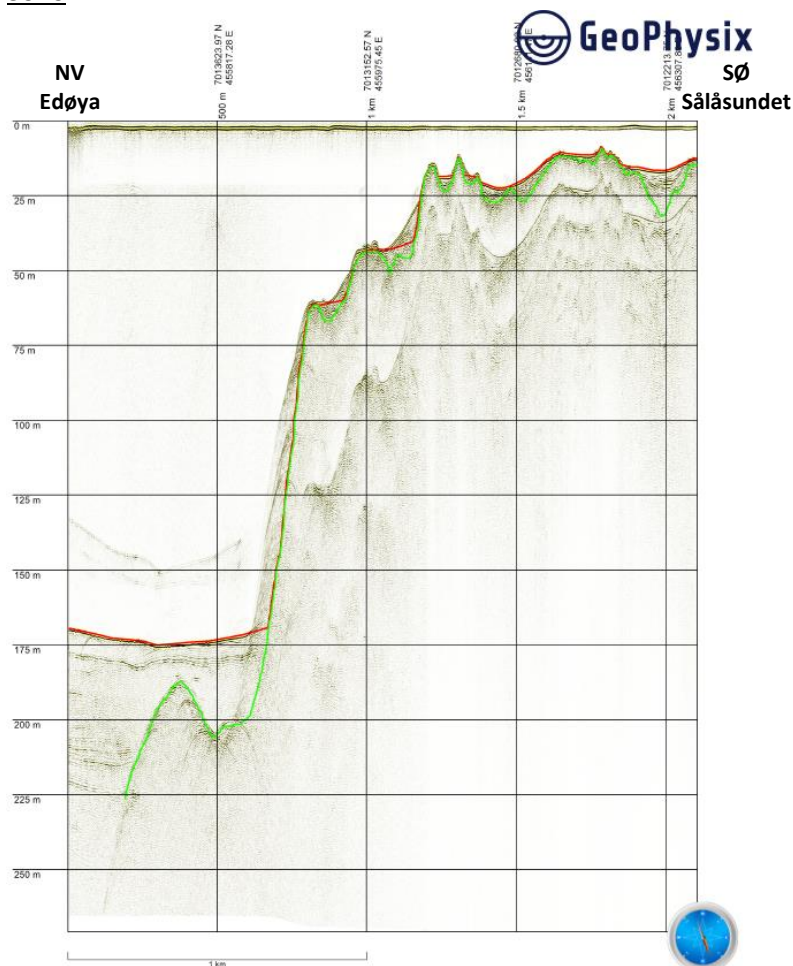


S015



Figur 22: Tolkning av profil S015. Linjen markert i rødt.

S020



Figur 23: Tolkning av profil S020. Linjen markert i rødt.

9. VIDERE ARBEID

Kryssingsalternativene over Edøyfjorden ligger i det regionale Møre-Trøndelag forkastningskomplekset. Dette er en regional forkastningssone med orientering NØ-SV bestående av flere parallelle ekstensjonsforkastninger ($\leftarrow \rightarrow$) som trolig har vært aktive siden Devon, ca. 400 mill. år (Dalman & Andersen, 2013, Kapittel 7).

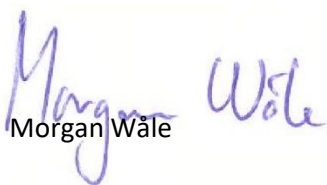
De gjennomførte undersøkelsene har vist ansamlinger av sedimenter – sedimentbassenger, flere steder på de alternative traséene. For verifisering/detaljkartlegging av fjelloverflaten og kartlegging av forkastningssoner og lavhastighetssoner i berggrunn vil det være behov for ytterligere undersøkelser av trasé-alternativene. Videre vil det normalt være aktuelt med ytterligere detaljundersøkelser med refleksjonsseismikk og refraksjonsseismikk.

10. REFERANSELISTE

Olsen, A.E.V., Gabrielsen, R.H., Braathen, A. & Redfield (2007), T.F.: Fault systems marginal to the Møre-Trøndelag Fault Complex, Central Norway. *Norwegian Journal of Geology*, vol. 87, pp. 59-73,. Trondheim 2007. ISSN 029-196X

Dallman, W., & Andersen, T. B. Fjellkjeden går til grunne, kapittel 7, s. 237-260. Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A., & Rangnes, K. (2013). Landet blir til–Norges geologi. 2 utg.. Trondheim, *Norsk geologisk forening*, 656.

Notodden, 21.03.2022



Morgan Wåle



Egil Edvardsen