

Oppdragsgiver: Nordre Nordmøre Bru- og Tunnelselskap AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Olav Ellevset
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Sandvika Vestfjordgaten
Underrådgiver: Dr. Techn. Olav Olsen AS (OO)

Oppdragsleder: Eirik Wie Furunes
Fagansvarlig: Kristian Berntsen
Andre nøkkelpersoner: Elin Spildo, Marianne Kanestrøm Rødseth, Øyvind Rem, Stine Misund Fiksdal, Tor Martin Lystad, Stein Atle Haugerud (OO)

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
01	2025-01-24	Første utgivelse	KrBern/OeyRem/EliSpi	TMLys/MaKRø	EwFur
02	2025-02-27	Kommentarer fra oppdragsgiver innarbeidet	KrBern	EliSpi	EwFur
03	2025-05-27	Informasjon om sjøbunntkartlegging lagt til	MaKRø	KrBern	EwFur

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

• Sammen drag

Det er i denne rapporten utført et skisseprosjekt for kryssing av Talgsjøen med hengebru i ett spenn. Skisseprosjektet konkluderer med at det er gjennomførbart med kryssing av Talgsjøen, fra Stavbrekkskjæret i sør til Litle Ramsøya i nord. Dette er tenkt utført som ei hengebru med hovedspenn på 2 120 meter, og to betongviadukter på 330 meter. Per dags dato er det ikke bygget hengebruer med så lange hovedspenn. For å få tilstrekkelig stabilitet ved høye vindhastigheter må avstivningsbæreren, brukassen, deles i to kasser med et mellomrom på 4 m. Det er lagt til grunn et seilløp på 1000 x 55 meter, som sammen med bærekabelens pilhøyde gir tårn på 290 meter. Tårnet på Stavbrekkskjæret står på en senkekasse på kote - 26,5 m, mens tårnet på Litle Ramsøya står på ordinære fundamentklosser ned mot kote -10 m. Vedlagte oversiktstegning viser hovedgeometri for hengebrua [1].

Berggrunnen i området består av båndgneis og gabbro. Bergmassen er moderat oppsprukket og kompetent. Basert på ingeniørgeologisk kartlegging i felt og tilgjengelig grunnlag er grunnforholdene i området vurdert gode nok til at det vil være gjennomførbart med fundamentering av tårnfundamenter samt forankring av brua. Det er kartlagt sprekkesett som kan utgjøre utfordringer på enkelte lokaliteter. Dette må ses nærmere på i senere faser av prosjektet.

Det er utført en kostnadsanalyse av brua og P50 verdi for entreprisekostnaden kommer på ca kr 6 mrd. I et anslag vil man også ta med en uspesifisert post på om lag 10 % i tillegg til en rekke usikkerhetsfaktorer. Den viktigste usikkerhetsfaktoren er markedssituasjon. Forventet tillegg fra U-verdiene ligger ofte på om lag 10 %. I tillegg kommer prosjektering, byggherre, og mva.

Den største usikkerheten ligger i tårnene. Dette forklares ved at det ligger en relativt stor usikkerhet i mengdene, ettersom tårnet er svært grovt estimert i dette skisseprosjektet. Kabelsystemet har nesten like stor usikkerhet i kostnad, her er derimot usikkerheten i mengde svært liten, men usikkerheten i enhetspris er veldig stor. Usikkerheten i den utførte kostnadsanalysen er 8 %. Ved å inkludere usikkerhetene fra uspesifisert og globale u-verdier, anslår vi at en realistisk usikkerhet i kostnad er i størrelsesorden 20-30 %.

Vegen videre vil være å utføre et forprosjekt for hengebru over Talgsjøen for å ytterligere redusere usikkerheter.

Norconsult Norge AS har omfattende erfaring med hengebruer, blant annet Hardangerbrua, Leirfjordbrua, Hålogalandsbrua, Askøybrua, Dalsfjordbrua, Ny Sotrabru og flere tidligfaseprosjekt for lange hengebruer. Norconsult har også vært en sterk bidragsyter til utviklingen av fjordkryssingsteknologi mot visjonen om en Ferjefri E39, både gjennom utviklingsprosjekter og forskningsbidrag. Norconsults brumiljø har flere medarbeidere med doktorgrad som er særlig relevant for lange bruspenn. Arbeidet med dette skisseprosjektet er utført i samarbeid med Dr. Techn. Olav Olsen AS.

Rev.03, 2025-05-27:

Norconsult er i etterkant av rev.02 av rapporten blitt gjort kjent med at det foreligger sjøbunnskartlegging i området utført av Geomap, datert 2010 [6]. I rev.03 er sjøbunnskartleggingen innarbeidet i rapportens kapittel 3. Konklusjoner er ikke endret som følge av sjøbunnskartleggingen, det er også behov for videre sjøbunnskartlegginger i områder rundt tårn da de utførte ikke er utfyllende for områdene.

Innhold

1	Innledning	4
2	Hengebru	6
3	Grunnforhold	9
3.1	Berggrunn	9
3.2	Observasjoner og vurderinger	9
3.2.1	Nordside	11
3.2.2	Sørside	19
4	Kostnadsestimat	23
5	Plan	29
6	Videre arbeid med brua	30
6.1	Generelt	30
6.2	Videre ingeniørgeologisk kartlegging	31
7	Referanser	32
Appendiks A : Plan – vurdering av relevante tema		33

1 Innledning

Norconsult Norge AS med underrådgiver Dr. Techn. Olav Olsen AS er engasjert av Nordre Nordmøre Bru- og Tunnelselskap AS for å gjennomføre et skisseprosjekt for kryssing av Talgsjøen med hengebru. Det er tidligere jobbet med undersjøisk tunnel og hengebru/flytebru for kryssing av Talgsjøen, og det er utført målinger av bølger i Talgsjøen. Målingene har vist at flytebrukonseptet ikke er egnet for kryssing av Talgsjøen.

Arbeidet har som mål å videreutvikle bruløsningen med hengebru over Talgsjøen og kvalitetssikre gjeldende linje for kryssing og eventuelt vurdere alternative kryssinger. Det søkes å kartlegge eventuelle planmessige konflikter i området. Det vil bli lagt vekt på geologiske vurderinger i denne fasen, og det er utført befarings av aktuelle steder for tårnfundament og kabelforankringer.

Kryssningstraseen er i stor grad styrt av tårnfundamenter og forankringspunkter for bærekabler. Skissert løsning har tårnfundamenter plassert i sjøen ved Stabrekkskjæret og i sjøen utenfor Little Ramsøya. Dette gir et hovedspenn på 2120 meter. For tilførselsvegene er det skissert opp en trasé på Nordlandet hvor vegen krysser Gløsvågen før den svinger ned og inn på Pilotvegen. I nord er det skissert en tilførselsveg som krysser Klubbøya og Hallarøya før den knytter seg på fylkesveg 680. I nord er det også vurdert et alternativ med tårnfundament i sjøen utenfor Storramsøya og kabelforankring på Tjønnøya. Dette alternativet gir et noe lengre hovedspenn på 2200 meter, samt lengre tilførselsveger i nord, og er ikke videre vurdert utover geologiske undersøkelser.



Figur 1: Alternativ 1 (til høyre) og Alternativ 2 (til venstre)

Nedenfor er det vist en grov skisse av mulig påkobling av vegsystemet i nord og sør. I skisseprosjektet er det videre bare vurdert selve bruløsningen.



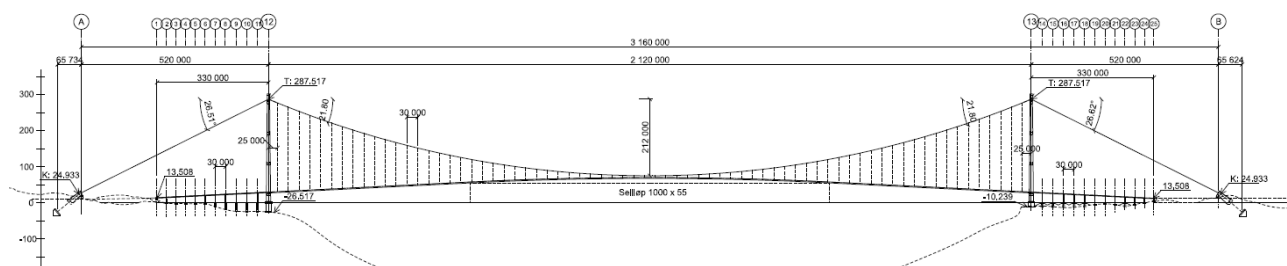
Figure 2: Oversikt trasémulighet

2 Hengebru

Hengebrua er basert på hengebrukonseptet utviklet for E39 kryssing over Halsafjorden [2], som også er diskutert i notat «Kryssing av Talgsjøen – Ett-spenns hengebru» utarbeidet av Dr. Techn. Olav Olsen AS [3]. Denne krysningen har tilnærmet lik spennvidde. Det er høyere vindhastigheter ute i Talgsjøen enn inne i Halsafjorden, men hengebrua over Halsafjorden har en beregnet kritisk vindhastighet på 107 m/s som er god margin til kravet som her vil være i størrelsesorden 70 m/s.

Prosjekteringen gjøres etter N400 Bruprosjektering (2024) samt gjeldene Norsk standard (Eurokoder).

Basert på befarings av geologer er tårnfundamentene flyttet noe bort fra de bratteste terrengformasjonene sammenlignet med [3]. Hengebrua får et hovedspenn på 2120 m. Dette vil være blant verdens lengste bruspenner. I vest og øst er det viadukter på 330 m og viaduktene er foreslått som betongplatebruer med relativt korte spenn ettersom det stort sett er enkle fundamenteringsmuligheter på berg.

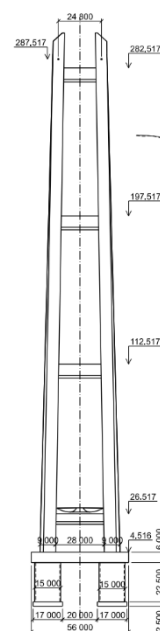


Figur 3: Oppriss bru, se også K100 Oversiktstegning - Talgsjøen [1].

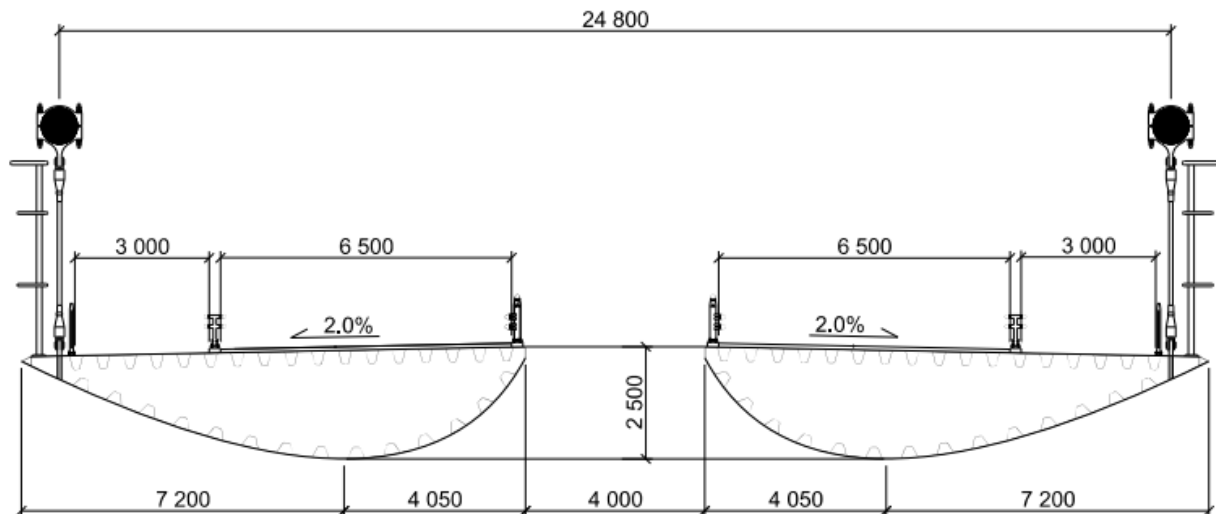
Tårnet i sør fundamenteres på senkekasser på berg på kote -26,5 m, tårnet i nord fundamenteres på forankringsklosser til kote -10 m. Tårnene er planlagt ca. 290 meter høye. Høyden bestemmes i hovedsak av nødvendig seilingsløp for skip og hovedkabelens pilhøyde. Seilingsløp er satt til 1000m x 55m. Tårnbeina har kassetverrsnitt med ytre dimensjoner som varierer med høyden. Tårnbeina forbindes med fire rigler, en topp, to midtre og en planumsrigel. Planumsrigelen tjener som opplegg for avstivningsbæreren.

Det er valgt å forsøke å treffe Klubbøya med bærekabelforankringen i nord. Dette styrer i stor grad plassering av tårnene. Hvis det viser seg ved senere grunnundersøkelser at det er grunt vann og blottlagt berg på havbunnen øst for Klubbøya er det mulig å fundamenter i bærekablene ute i vannet, og dermed stå mer fri til å plassere tårnene.

Brua er planlagt med to kjørefelt, samt 3,0 m gang- og sykkelveg på hver side. I forhold til trafikkmengden er vegen i dimensjoneringsklasse H1, men hengebrua får bredde nok til dimensjoneringsklasse H2 og to 3 m gang- og sykkelveger. På grunn av den store spennvidden er det nødvendig å dele avstivningsbærer i hovedspennet. Avstivningsbæreren utføres som en splittet kasse av to oppsveiste, lukkede stålkasser med et mellomrom på 4 m. Det er en tverrbærer ved hvert hengestangsfeste (hver 30 m). Det er innvendige tverrsnitt for hver fjerde meter.



Figur 4: Tårn



Figur 5: Avstivningsbærer, se også K100 Oversiktstegning - Talgsjøen [1].

Viaduktene utføres som spennarmerte betongplater med spennvidder på rundt 30 m. Viaduktene er fritt opplagt på planumsrigel. Det er ingen statisk forbindelse mellom avstivningsbærer og viadukt. Hengebrua er opplagret i hver ende (akse 12 og 13). Det tenkes benyttet sfæriske glidelager som tar både trykk- og strekkrefter. Tverrkrefter er tenkt opptatt med egne horisontallagre. Raske bevegelser fra trafikk og vind begrenses ved hjelp av hydrauliske dempere. Det er fuger i hver ende av hengebrua, ved akse 12 og 13. Her opptas all bevegelse av hengebrua og sidespennene.

Bærekablene er parallelltrådkabler, enten prefabrikkerte bunter av tråder eller tråder montert med luftspinning. Hengestenger er lukkede spiralslåtte kabler. Bærekablene forankres i tradisjonelle bergforankringer.

Avstivningsbærer, bærekabler, spredekamre og tårntopper utstyres med avfuktningsanlegg.

Stålkassene har en stålvekt på 3500 kg/m, tverrbærerne 500 kg/m, totalt stålvekt er 7500 kg/m. Vekt av belegning er regnet som 150 kg/m², totalt 2750 kg/m – N400 Bruprosjektering krever 200 kg/m², men på en så lang bru er ikke dette hensiktsmessig og det anbefales å søke fravik på belegningsvekt og tykkelse. Det er også regnet 500 kg/m rekkverk, inkl. fester, og 1000 kg/m er satt av til elektro og diverse. Totalvekt av kassen blir da 11 750 kg/m.

Bærekabelen er estimert til 0,325 m² per kabelplan i hovedspenn. Inkludert sink, vikletråd og rekkverk kommer man på 2665 kg/m pr kabelplan. Det er regnet med en trådfasthet på 1860 MPa i bærekablene. Som en mulig optimalisering kan denne økes til 1960 MPa (en kvalitet som allerede benyttes i utlandet) og hvis brua realiseres anslagsvis 10-20 år fram i tid kanskje enda høyere. N400 setter grensen på maksimal trådfasthet på 1770 MPa, men åpner for mulighet for høyere fasthet og det er allerede innvilget fravik på Ny Sotrabru som tillater 1860 MPa og en ytterligere økning vil sannsynligvis være mulig i fremtiden. Dette vil kunne redusere mengden bærekabel med 5-10 %. For å vise et overslag på kabeldiameteren regnes det med egenvektene oppgitt over samt en trafikklast på 2 x 9 kN/m + 2 x 2 kN/m iht. trafikklastforskriften [4].

$$S_f = \frac{H_f}{\cos(\alpha)} = \frac{\frac{1}{8f} q_f L^2}{\cos(\alpha)} = \frac{\frac{1}{8f} (1,2q_g + 1,35q_t)L^2}{\cos(\alpha)}$$

$$= \frac{1}{\cos(\alpha)} \frac{1}{8 \cdot 212} \left(1,2 \cdot \left(\frac{11750}{2} + 2665 \right) \cdot g + 1,35 \cdot 22 \frac{kN}{m} / 2 \right) \cdot 2120^2 = \frac{306MN}{\cos(21,8)} = 329MN$$

Der; S_f er kraft i bærekabel inn mot tårnsadel, H_f er horisontalstrekket i bærekabelen, α er kabelens vinkel inn mot tårnsadel, L er lengde av hovedspenn, f er kabelens pilhøyde, q_f er ULS last i hovedspennet, q_g er egenvekten til stålkasse og bærekabelen, q_t er jevnt fordelt trafikklast.

Kabelens kapasitet er:

$$S_d = 0,325m^2 \cdot \frac{1860MPa}{1,2 \cdot 1,5} = 335MN > S_f$$

For å vise et overslag på tårndimensjonene, så er tårna tenkt en dimensjon på 6x6,5 m med veggtykkelse 500 mm i toppen av tårnet. Bærekablene gir en trykkraft på:

$$V_f = H_f \cdot (\tan(\alpha_h) + \tan(\alpha_s)) = 306MN \cdot (\tan(21,8) + \tan(26,5)) = 275MN$$

Betongen får da en trykkspenning på:

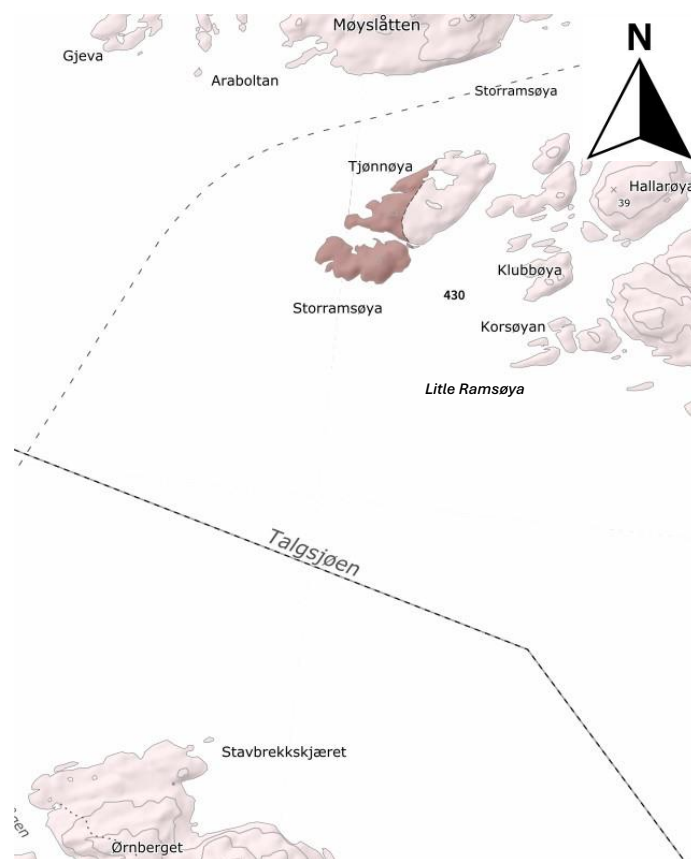
$$\sigma_{betong} = \frac{V_f}{A_b} = \frac{275MN}{11,5m^2} = 24MPa$$

Dette anses som en akseptabel trykkspenning. Veggtykkelsen økes rundt riglene. For ytterligere beregninger vises det til forprosjektet hengebru over Halsafjorden [2].

3 Grunnforhold

3.1 Berggrunn

Det finnes kun regionalt berggrunnskart over området i målestokk 1:250.000 (Figur 6). Målestokken er grov og kan ikke benyttes til detaljplanlegging med hensyn til avgrensning av bergarter. I følge berggrunnskartet består berggrunnen i området hovedsakelig av granittisk gneis. På nordsiden, på Storramsøya og deler av Tjønneøya er det også kartlagt gabbro. Begge bergartene er kompetente bergarter.



Figur 6: Geologisk kart over området i målestokk 1:250000 . Granittisk gneis i rosa farge og Gabbro i brunt.

3.2 Observasjoner og vurderinger

Det ble utført ingeniørgeologisk befaring den 04.12.24. Til stede på befaringen var Marianne Kanestrøm Rødseth og Øyvind Rem fra Norconsult, samt båtfører. Lokalteter for to alternative løsninger ble undersøkt på befaringen. Alternativ 1 med tårnfundament i sjø utenfor Little Ramsøya med forankring på Klubbøya og alternativ 2 med tårnfundament i sjø utenfor Storramsøya og forankring på Tjønneøya. Det er alternativ 1 som vurderes som mest aktuelt grunnet kortere bruspenn.

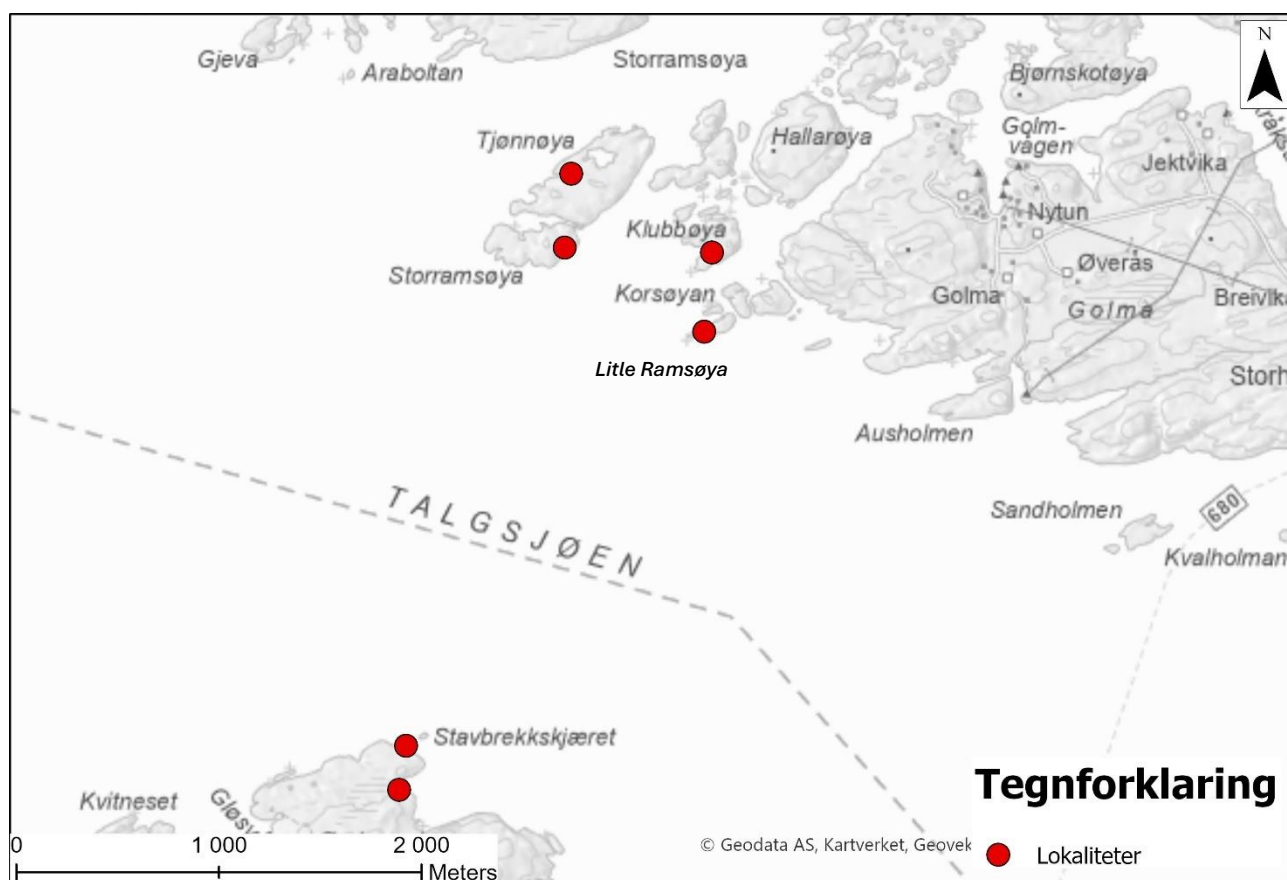
Det ble observert berg i dagen ved samtlige befarte lokaliteter. Gneisen ble i felt kartlagt som båndgneis. Gneisen er i stor grad lys i fargen med stedvis fremtredende bånding av mørke glimmerrike lag og rosa K-feltspat lag. Gabbroen er mørkere i fargen og mer grovkornet. Bergmassen er generelt moderat oppsprukket.

Oppsprekking langs foliasjonen i bergmassen er særlig gjennomsettende og varierer lite i orientering mellom de undersøkte lokalitetene på nordsiden av fjorden. Gjennomsnittlig orientering er her 330/39° (fallretning/fall). På sørsiden av fjorden har foliasjonen markant steilere fall med orientering 334/60°. De andre kartlagte sprekkesettene varierer i hvor gjennomsettende de er. Ett steilt sprekkesett (S1) med gjennomsnittlig orientering på 053/89° går igjen på de fleste undersøkte lokalitetene. Stedvis er bergmassen utsatt for folding.

Vurderingene i dette kapitlet er gjort basert på undersøkelser og strukturmålinger gjort på land. Norconsult er i etterkant av utført befaring og leveranse av første utkast av rapporten blitt gjort kjent med at det foreligger sjøbunnskartlegging i området utført av Geomap, datert 2010 [6]. Grunnlaget foreligger ikke digitalt, og kart presentert i denne rapporten er scannet versjon av kartene. Undersøkelsene viser terrengkoter under sjø med ekvidistanse 5 meter. Undersøkelsene er ikke utført helt inn mot land, men gir et inntrykk av terrengformasjonene også inn mot land. Prosjektet er avsluttet akkurat inn mot Little Ramsøya og det foreligger derfor ikke undersjøiske terrengkoter rett sør for øya. Topografien i området hvor tårnfundamentene er ønsket plassert vil ha stor innvirkning på vurderinger av hvordan registrert oppsprekking i bergmassen vil kunne påvirke fundamentene. Det er også ukjent hvordan bergmassen opptrer mot dypet.

Bergmassen er kun observert i strandsonen og ikke eksakt hvor forankringskamrene er planlagt grunnet vegetasjonsdekke. Det er likevel rimelig å anta at observasjonene som er gjort er representative for bergmassen.

Under følger observasjoner, vurderinger og beskrivelse av bergmassen på de respektive undersøkte lokalitetene. Se Figur 7 for oversiktskart.



Figur 7: Figur som viser lokalitetene hvor det er utført ingeniørgeologisk feltkartlegging.

3.2.1 Nordside

3.2.1.1 Alternativ 1

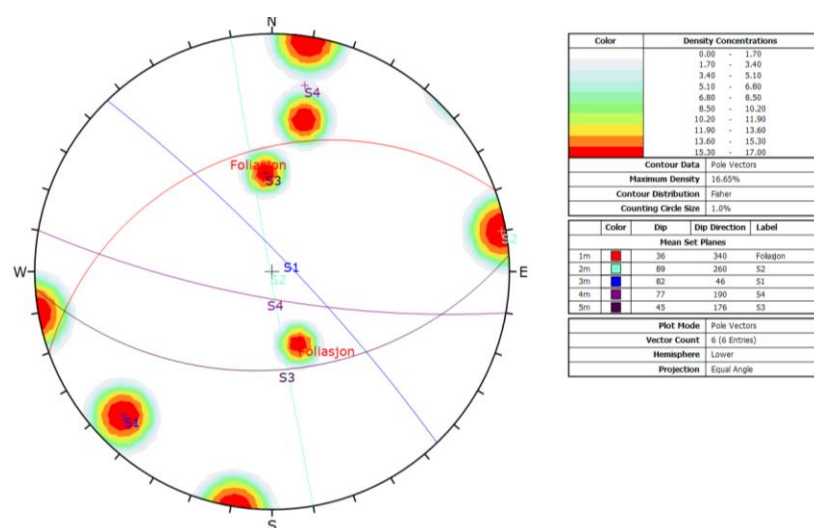
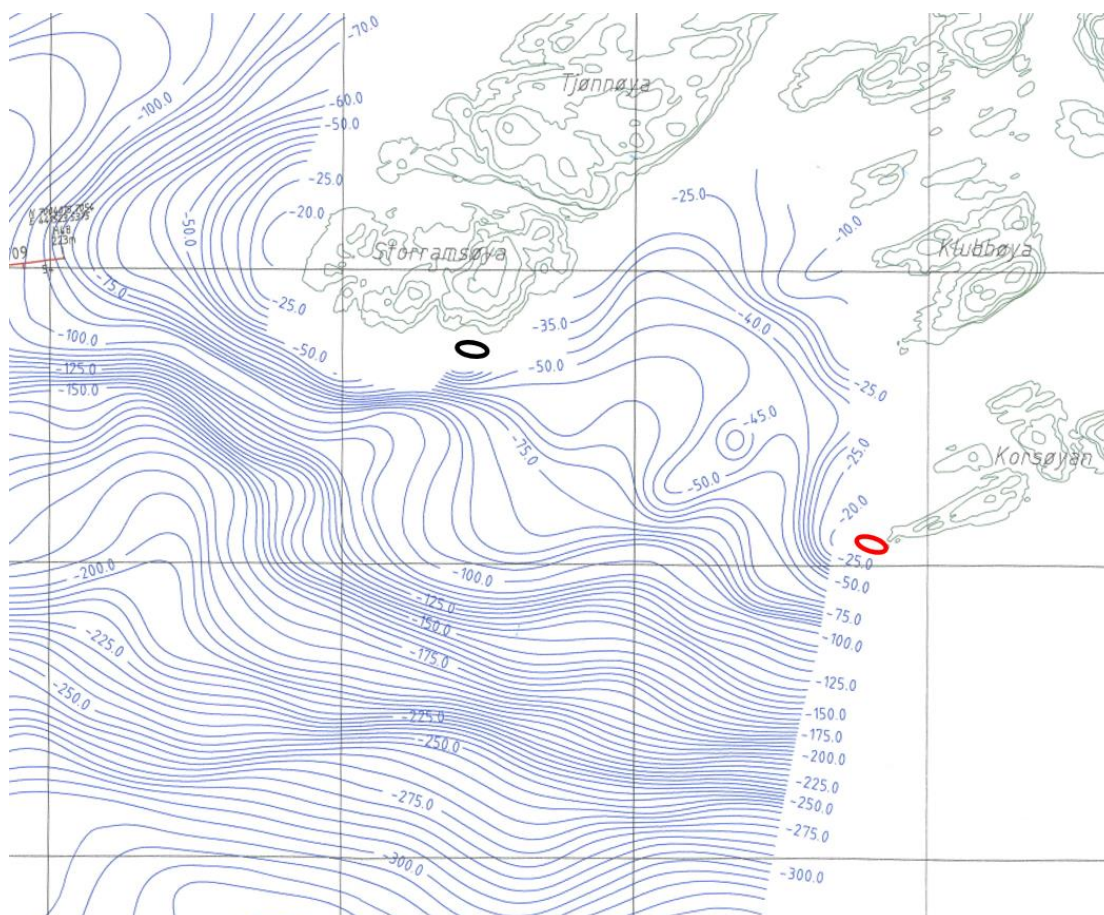
Tårnfundament Litle Ramsøya

På Litle Ramsøya består bergmassen av båndgneis. Tydelig rosa bånding er observert (Figur 8). Topografien på øyen preges av et svært gjennomsettende sprekkese sett orientert langs foliasjonen som faller mot nord-nordvest. Dette sprekkese settet kombinert med de kartlagte vertikale sprekkese settene utgjør et langsgående søkk langs hele øyen (Figur 8). Totalt 4 sprekkese sett er kartlagt, hvorav S1 og S2 er de mest gjennomsettende (Figur 10).

Tårnfundamentet vil her plasseres under vann på en smal odde på sørvest siden av øyen. Tilgjengelig sjøkart fra Geomap stopper akkurat ved Litle Ramsøya, men basert på koter frem til øya ser det ut til at terrenget stuper bratt mot sør der hvor fundamentet er tenkt plassert (Figur 9). Terrenget under sjø mot nord fremstår å være noe mindre bratt mellom kote -20 og -25. Grunnet den smale hyllen kan oppsprekkingen langs foliasjonen gi potensiale for utglidning mot nordvest. Det må forventes at sprekkese sett S3 som faller 45 grader mot sør, kan være til stede ved sjøfundamentet. Dette sprekkese settet har fall sørover mot fjorden og kan være ugunstig for stabiliteten til fundamentet. Hvorvidt dette sprekkese settet påvirker bergmassens totalstabilitet ved fundamentplasseringen avhenger av detaljene i undervannstopografien, og hvorvidt planet er gjennomsettende mot dypet. Teknisk gjennomførbarhet må vurderes når ytterligere informasjon fra undersøkelser foreligger.



Figur 8: Bildet til vestre er tatt mot øst, og viser det gjennomsettende sprekkese planet langs foliasjonen med fall mot nord-nordvest. Bildet til høyre er tatt mot øst, og viser tydelig rosa bånding i gneisen.



Forankring Klubbøya

På klubbøya er berggrunnen blottlagt i strandsonen, men ellers er terrenget dekket av vegetasjon (Figur 11). Bergmassen består av båndgneis. Tydelig bånding som veksler mellom rosa og mørke bånd er observert (Figur 12). Terrenget på øyen er preget av oppsprekking langs foliasjonen i bergmassen. Dette sprekkesettet kommer tydelig frem på dronebildet i Figur 11. Oppsprekkingen danner en trappelignende topografi på øyen. Totalt tre gjennomsettende sprekkesett er kartlagt i bergmassen i tillegg til noen villsprekker (Figur 13). Forankringskammeret er planlagt plassert i høydedraget på øyen.

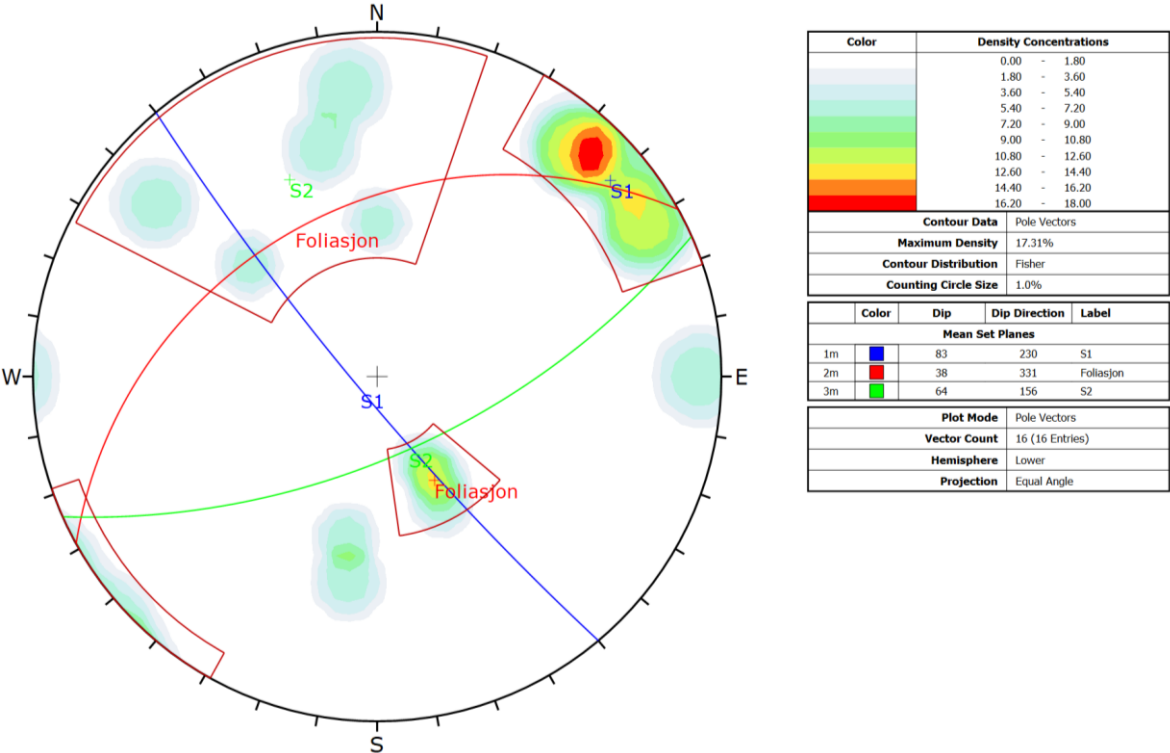
Bergmassen er observert til å moderat oppsprukket. Høydedraget på øyen gjør at det vil være mulig å få god overdekning på forankringskammeret og det vurderes at det er teknisk gjennomførbart å anlegge et forankringskammer i dette området.



Figur 11: Dronebilde tatt mot nordøst som viser at øvre del av øyen er dekket av mose og vegetasjon. Rød linje angir den dominerende oppsprekningen langs foliasjonen.



Figur 12: Bilde som viser rosa og mørk bånding i gneisen.



Figur 13: Stereonett for Klubbøya som viser orienteringen til målte strukturer.

3.2.1.2 Alternativ 2

Tårnfundament Storramsøya

Storramsøya er i stor grad dekket av vegetasjon, men bergmassen er godt blottlagt i strandsonen. Ifølge NGUs berggrunnskart [4] skal det være en bergartsgrense mellom gneis og gabbro på øyen. Dette ble bekreftet i felt, men grensen er ikke kartlagt i detalj (Figur 14). Det er observert veksling mellom bergartene, og ikke en skarp grense som berggrunnskartet indikerer. Folding ble observert flere steder (Figur 15). Tre sprekkesett ble kartlagt (Figur 16). Tårnfundamentet er planlagt i sjøen sør for øyen.

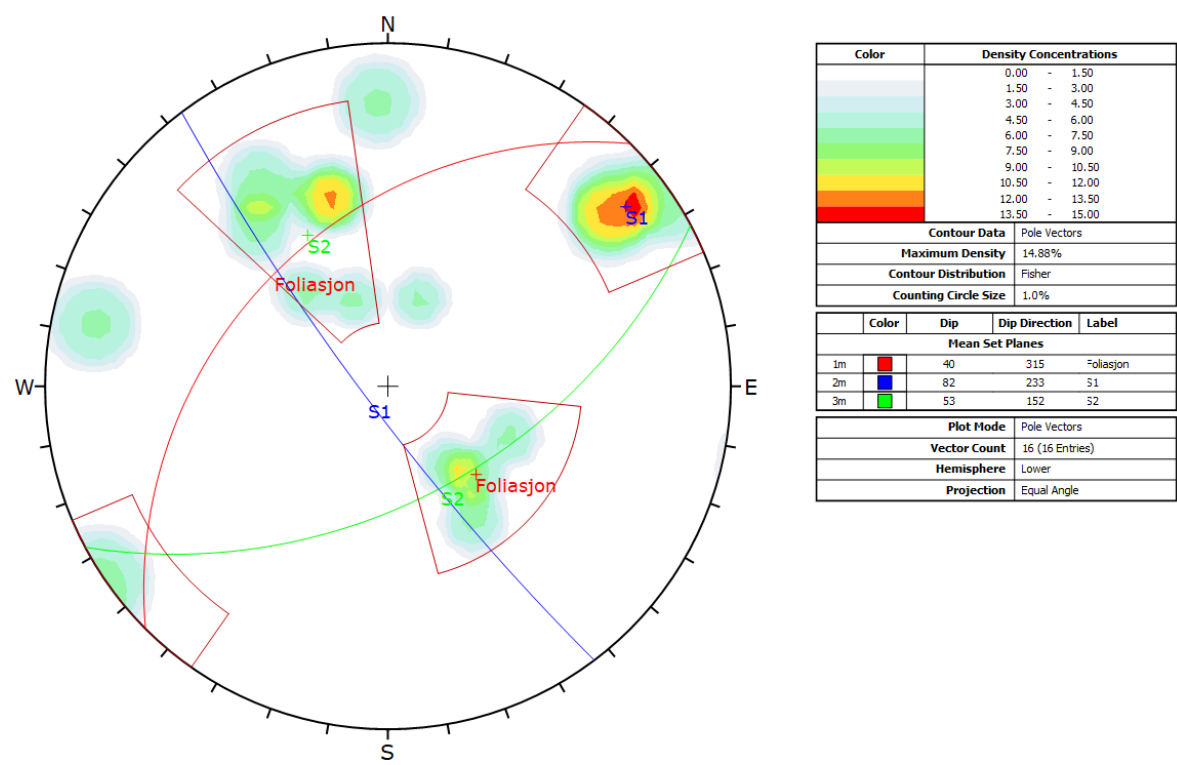
Tilgjengelig sjøkart (Figur 9) viser at terrenget faller forholdsvis bratt sørover mellom kote -35 og -75 like utenfor der hvor fundamentet er tenkt plassert (fundamentet er plassert på ca kote -10). Sjøkart fra norgeskart viser at terrenget trolig er relativt slakt hellende mellom kote 0 og -10. Det må forventes at sprekkesett S2 som faller med ca. 50 grader mot sørvest, kan være til stede ved sjøfundamentet. Dette sprekkesettet har fall sørover mot fjorden og kan være ugunstig for stabiliteten til fundamentet. Hvorvidt dette sprekkeplanet påvirker totalstabiliteten til fundamentplasseringen avhenger av detaljene i undervannstopografien og hvorvidt sprekkeplanet er gjennomsettende mot dypet. Teknisk gjennomførbarhet må vurderes når ytterligere informasjon fra undersøkelser foreligger.



Figur 14: Bilde tatt mot nordøst som viser grensen mellom gabbro og gneis på Storramsøya. Gabbro til høyre og gneis til venstre.



Figur 15: Småskala folding i gabbro.



Figur 16: Stereonett for Storramsøya som viser orienteringen til målte strukturer.

Forankring Tjønnøya

I berggrunnskartet er det undersøkte området på Tjønnøya markert som gabbro. I felt ble det observert veksling mellom båndgneis og gabbro. I tillegg ble det observert småskala folding og pegmatittganger flere steder (Figur 17 og Figur 18). Tre sprekkesett i tillegg til oppsprekking langs foliasjonen ble kartlagt (Figur 19). Terrenget preges av sprekkesettet langs foliasjonen. Forankringskammeret er planlagt plassert i et høydedrag nordvest på øyen.

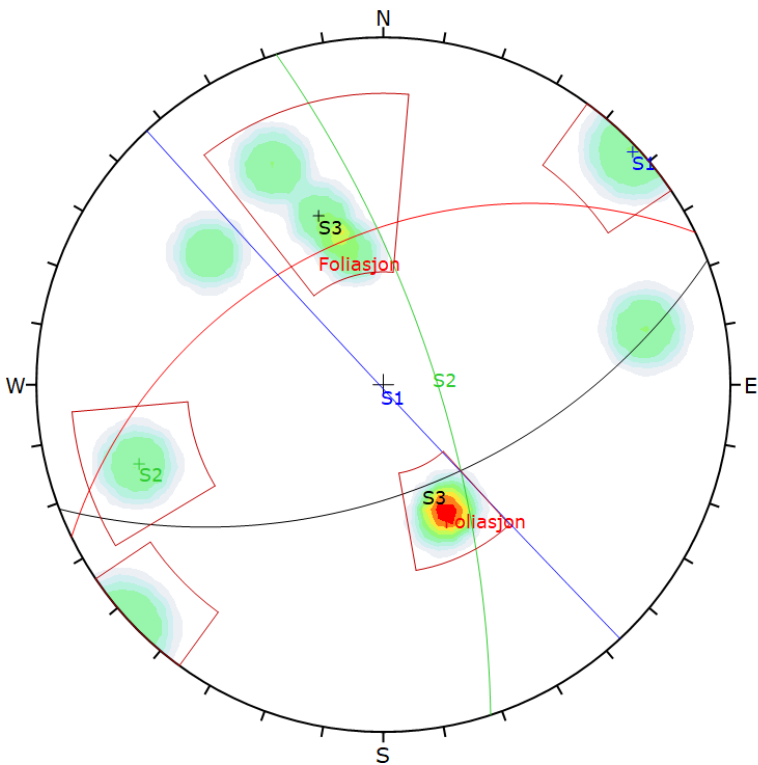
Bergmassen er observert til å moderat oppsprukket med utpreget småskala folding samt veksling mellom gneis og gabbro. Høydedraget på øyen gjør at det vil være mulig å få god overdekning på forankringskammeret og det vurderes at det er teknisk gjennomførbart å anlegge et forankringskammer i dette området.



Figur 17: Nærbilde av båndgneis med pegmatittganger.



Figur 18: Gneis øverst og gabbro nederst. Folding er synlig i gabbroen.



Color	Density Concentrations	
	0.00	- 2.20
	2.20	- 4.40
	4.40	- 6.60
	6.60	- 8.80
	8.80	- 11.00
	11.00	- 13.20
	13.20	- 15.40
	15.40	- 17.60
	17.60	- 19.80
	19.80	- 22.00
Contour Data		Pole Vectors
Maximum Density		21.11%
Contour Distribution		Fisher
Counting Circle Size		1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m		44	334	Foliasjon
2m		55	159	S3
3m		73	72	S2
4m		89	227	S1

Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count		9 (9 Entries)
Hemisphere		Lower
Projection		Equal Angle

Figur 19: Stereonett for Tjønnøya som viser orienteringen til målte strukturer

3.2.2 Sørside

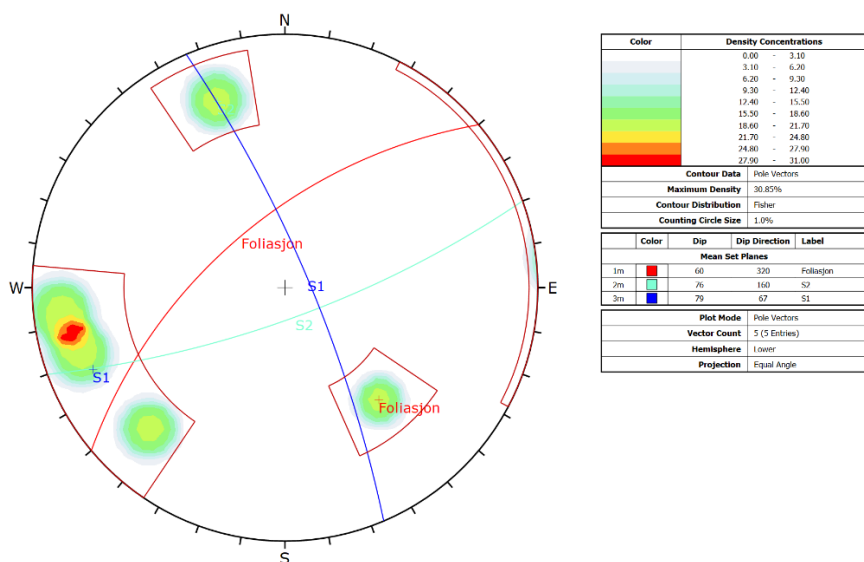
Tårnfundament Stavbrekkskjæret

Bergmassen på sørsiden ved Stavbrekkskjæret består av kompetent og grovblokkig båndgneis (Figur 20). To steile sprekesett er kartlagt i tillegg til oppsprekking langs foliasjonen (Figur 21). Foliasjonen har steilere fall sammenlignet med det som er kartlagt på nordsiden. Undulering i foliasjonsplanet gjør at orienteringen endres over korte avstander. Sprekesett S1 er svært gjennomsettende og danner åpne sprekker. Sprekkefyll er ikke observert, men dette kan også skyldes utvasking.

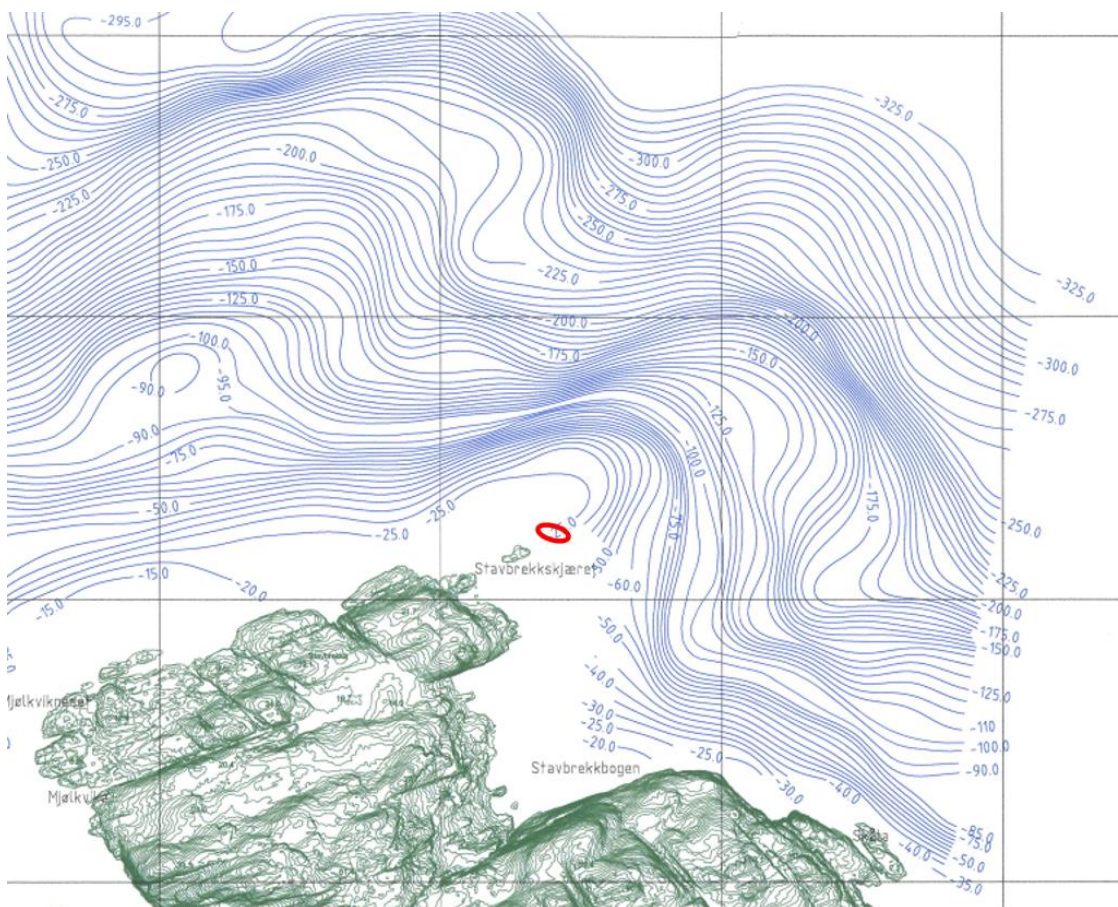
Tilgjengelig sjøkart viser at det trolig er større avstand mellom terrengkotene mot nord, mellom Stavbrekkskjæret og kote -25 (Figur 22). Fra kote -30 faller terrenget bratt av mot nord. Terrenget øst for fundamentet er jevnt skånende ned til kote -55. Det er også her manglende undersjøiske terrengkoter inn mot land. Bergmassen ved denne lokaliteten er vurdert til å være massiv og kompetent. Det er mulig at sprekeflater langs foliasjonen kan utgjøre en stabilitetsutfordring for fundamentet da denne har steilere fall ved denne lokaliteten. Foliasjonen faller med ca. 60 grader mot nordvest. Det antas at de to subvertikale sprekesettene er for steile til å ha utgående i terrenget under havoverflaten. Hvorvidt oppsprekking langs foliasjonsplanet påvirker totalstabiliteten til fundamentplasseringen avhenger av detaljene i undervannstopografien og hvorvidt sprekeplanet er gjennomsettende mot dypet. Teknisk gjennomførbarhet og detaljplassering må vurderes når ytterligere informasjon fra undersøkelser foreligger.



Figur 20: Bilde tatt mot nord ved Stavbrekkskjæret. Tårnfundamentet er planlagt i sjøen nord for skjæret.



Figur 21: Stereonett for Stavbrekkskjæret som viser orienteringen til målte strukturer.



Figur 22: Sjøbunnskart over området ved Stavbrekkskjæret [6]. Omtrentlig plassering av fundament vist med rød sirkel.

Forankring Stavbrekkbogen

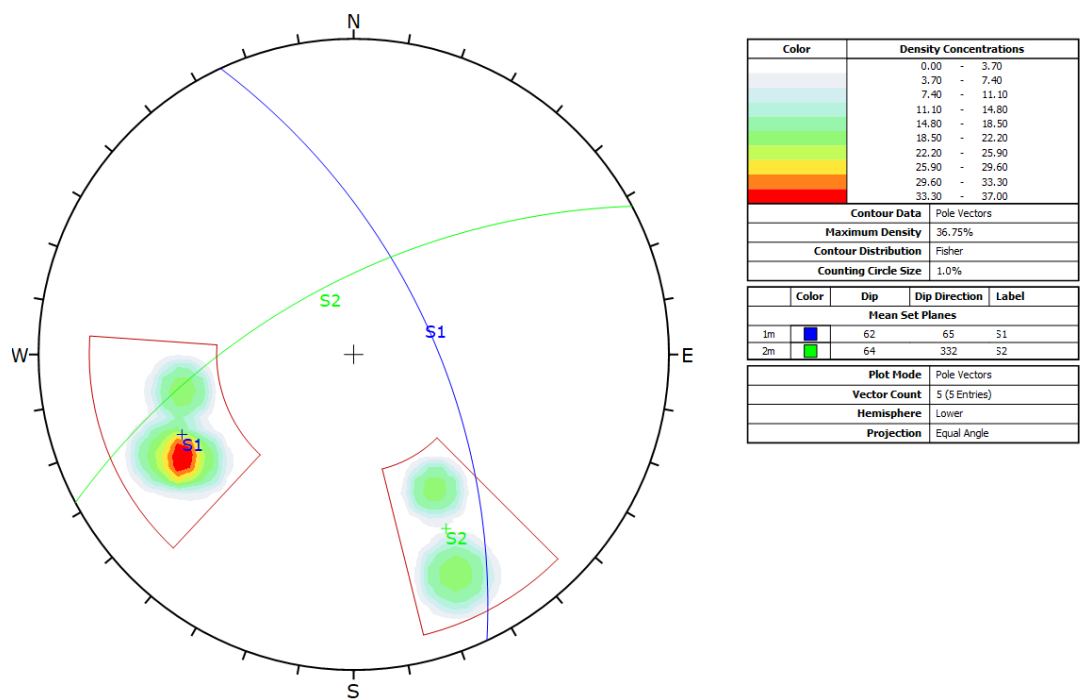
Bergmassen ved forankringspunktet for alternativ 1 består av kompetent og grovblokkig båndgneis. To sprekkesett ble kartlagt ved denne lokaliteten (Figur 24). Bergmassen var stedvis dekket av snø, som vanskeliggjorde observasjonene i dette området (Figur 23).

Forankringslokaliteten for alternativ 2 ble ikke undersøkt i felt grunnet vanskelig tilkomst. Basert på undersøkelser av nærliggende områder er det rimelig å anta at bergforholdene her er gode og at forankring vil være teknisk gjennomførbart (Figur 25).

Undersøkelsene ved denne lokaliteten ble vanskeliggjort av stedvis snødekke. Bergmassen er vurdert som massiv og kompetent. Det er gode muligheter for å få god overdekning på et forankringskammer. Et markert søkk med orientering NV-SØ kan observeres på fjellskyggekart. Forankringskammeret er planlagt å ligge SV for denne sonen. Det er ikke observert strukturer eller andre funn som umuliggjør forankring av brua i dette området.



Figur 23: Dronebilde tatt mot sør ved Stavbrekkbogen. Sirkelen markerer området som ble undersøkt i felt.



Figur 24: Stereonett for Stavbrekkbogen som viser orienteringen til målte strukturer.



Figur 25: Dronebilde tatt mot øst som viser planlagt forankringspunkt for alternativ 2 på sørsiden av broen.

4 Kostnadsestimat

Tabellen under gir mengder for hovedelementene til brua, samt enhetsprisene som er benyttet i kostnadsanalysen.

Tårn er mengdet som m³ betong fordi det er denne samleenheten hvor vi besitter de beste prisene. Samleenheten inkluderer elementer som betong, armering, forskaling mm. Det er delt på tårnfundament og tårn over fundament. Kostnader ved marine operasjoner for senkekassen må inkluderes i enhetsprisen for betong for tårnfundament sør. Bergarbeider og bergbolter inkluderes i enhetsprisen.

Bærekabler er gitt som tonn konstruktivt stål. Posten omhandler alle kostnader ifm. produksjon, leveranse og installasjon av kabelfsystemet. Posten omfatter dermed produksjon, installasjon (inkl. catwalk og spinneutstyr) og leveranse av bærekabel, med delkabelhoder, vikletråd, rekkverk og avfuktingsanlegg. Hengestenger med kabelholder og øvre hengestangfester angis som stykkpris.

Avstivningsbærer er gitt per tonn konstruktivt stål, ferdig montert og overflatebehandlet.

Kabelforankring er gitt som rundsum og skal omhandle alle kostnader bygging av kabelforankringer; spredekammer med utstyr og kabelfester, forankringskammer med utstyr og spennkabelenheter samt adkomsttunnell. Det er valgt å prise alt på RS, fordi det er her vi har de beste sammenligningsgrunnlaget – selv om usikkerheten her blir relativt stor. Merk at forankringskamrene vil bli liggende under havnivå, de må altså tettes og dreneres i byggefasen, men kan fylles med vann etterpå.

Viadukter er angitt per løpemeter siden man har et stort antall referanseprosjekter. Alle kostnader knyttet til viadukten skal inngå i denne posten (fundamentering, rekkverk, belegning, etc.).

Posten utstyr omhandler alle kostnader for produksjon, levering og installasjon av tilleggsutstyr. Her inkluderes diverse tilleggsutstyr man har på en hengebru:

- Dører, trapper, heiser
- Buffere og dempere
- Tårnsadler og spredesadler
- Lager og fuger
- Elektro og belysning
- Belegning

Rekkverk, belysning og vindskjerm er relatert til løpemeter bru. Rekkverk er for eksempel 4 kjørestørke- og 2 lave rekkverk. Vindskjerm er på begge sider av avstivningsbærer, 2 stk (4 m høyde med perforerte stålplater og aerodynamiske vinger for å redusere faren for hvirvelavløsningssvingninger, det vises til seksjonsmodellundersøkelsene i vindtunnel i [3] for ytterligere detaljer). Merk at denne posten kun omhandler hovedspennet, da viaduktposten omhandler alt som har med viaduktene å gjøre.

Tabell 1: Kostnadstabell

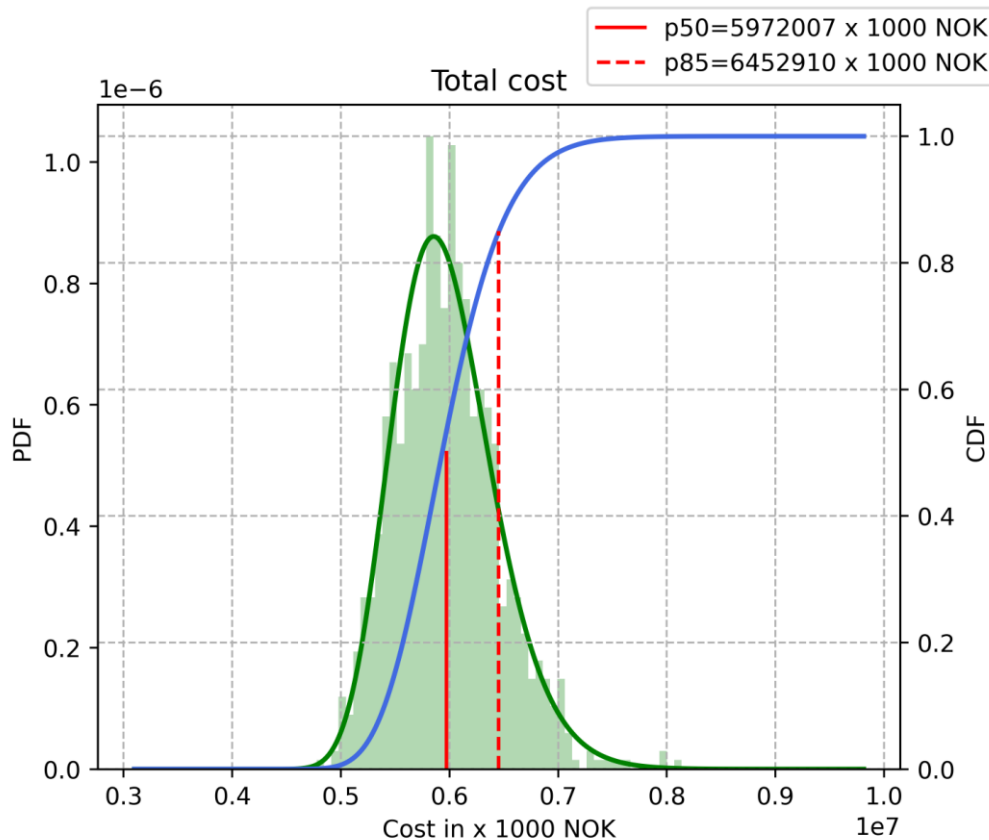
Post nr	Postnavn	Enhet	Mengde			Enhetspris [kr/enhet]		
			Lav	Middels	Høy	Lav	Middels	Høy
B01.01	Tårn sør	m ³	10 000	12 500	18 000	20 000	22 500	25 000
B01.02	Tårn nord	m ³	10 000	12 500	18 000	20 000	22 500	25 000
B01.01	Tårnfundament/ senkekasse sør	m ³	7 500	9 000	18 000	20 000	22 500	25 000
B01.02	Tårnfundament nord	m ³	4 000	5 000	8 000	10 000	12 000	15 000
B02.01	Bærekabel m/utstyr	tonn	16 000	17 350	18 700	76 000	90 000	110 000
B02.02	Hengestenger, øvre hengestangs feste	stk	132	138	148	800 000	1 000 000	1 200 000
B03.01	Konstruksjonsstål S355	tonn	14 500	16 000	17 000	75 000	80 000	90 000
B04.01	Kabelforankringer	RS	1	1	1	250·10 ⁶	300·10 ⁶	500·10 ⁶
B05.01	Viadukt sør	m	300	330	360	375 000	500 000	600 000
B05.02	Viadukt nord	m	300	330	360	375 000	500 000	600 000
B06.01	Heis,buffer, lager, sadler etc	stk	1	1	1	90·10 ⁶	100·10 ⁶	120·10 ⁶
B06.02	Rekkverk (4 kjørersterke + 2 g/s-rekkverk)	m	2 000	2 120	2 250	25 000	30 000	35 000
B06.03	Belegning	m ²	40 000	42 500	45 000	750	840	1 000
B06.04	Elektro/Belysning	m	2 000	2 120	2 250	1 000	1 500	2 000
B06.05	Vindskjerm	m	2 000	2 120	2 250	12 000	16 000	24 000
B07	Rigg	%				22 %	25 %	28 %

Enhetspriser er hentet fra nylige anslag på hengebru. Disse anslagene er basert i stor grad på indeksjusterte entreprisekostnader fra Hardangerbrua, Dalsfjordbrua og Hålogalandsbrua. Prisnivå er 2024. Det er utført en usikkerhetsanalyse av kostnadstallene og vi får en P50 verdi for entreprisekostnaden på ca. kr 6 mrd. (se Figur 26). I et anslag vil man også ta med en uspesifisert post på om lag 10 % i tillegg til en rekke usikkerhetsfaktorer (U-verdier) som ikke er inkludert i enhetsprisene. Det vil aldri være mulig å definere og kalkulere alle detaljer i de ulike postene. Posten «uspesifisert» representerer kostnader som vi vet kommer, men som ikke kan spesifiseres på nåværende tidspunkt. For å oppnå at kostnadsoverslaget er realistisk og inneholder alt, må en få frem alle eksterne og interne forhold som påvirker prosjektet og prosjektets kostnader. Det er blant indre og ytre påvirkninger en ofte finner de største bidragene til usikkerhet i prosjektet, derfor benyttes usikkerhetsfaktorer (U-verdier). Den viktigste U-verdien er markedssituasjon, andre eksempler er grunnforhold, organisering, nye lover/regler. Disse faktorene påvirker prisen og vurderes i anslag, forventet tillegg fra U-verdiene ligger ofte på om lag 10 %. I tillegg kommer prosjektering, byggherre, og mva.

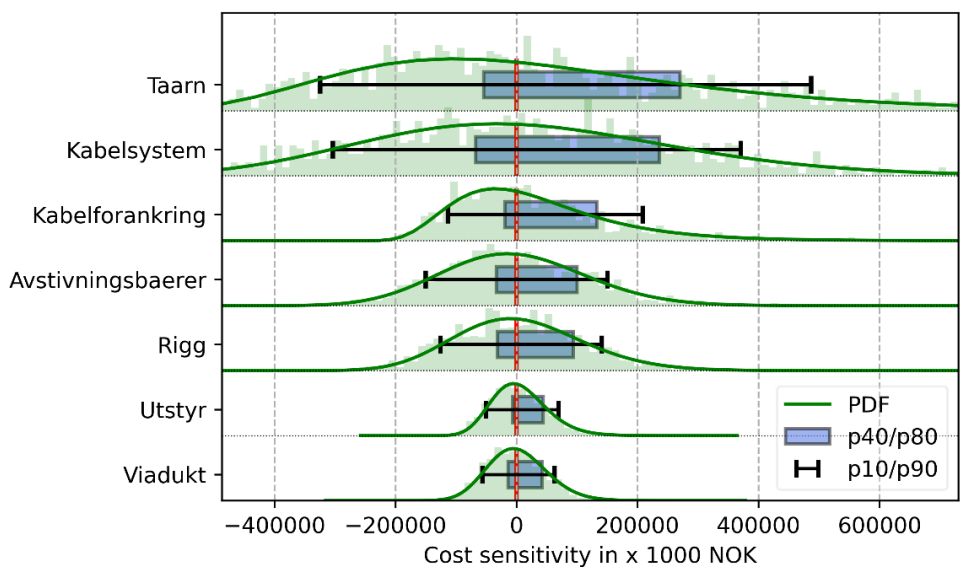
Av tornadodiagrammet nedenfor (Figur 27) kan man se at den største usikkerheten ligger i tårnene. Dette forklares ved at det ligger en relativt stor usikkerhet i mengdene, siden tårnet er svært grovt estimert i dette skisseprosjektet. Kabelsystemet har nesten like stor usikkerhet i kostnad, her er derimot usikkerheten i mengde svært liten, men usikkerheten i enhetspris er veldig stor. Usikkerheten i den utførte kostnadsanalysen

er 8 %, der standardavviket er ca. kr 500 mill. Ved å inkludere usikkerhetene fra uspesifisert og globale u-verdier, anslår vi at en realistisk usikkerhet i kostnad er i størrelsesorden 20-30 %.

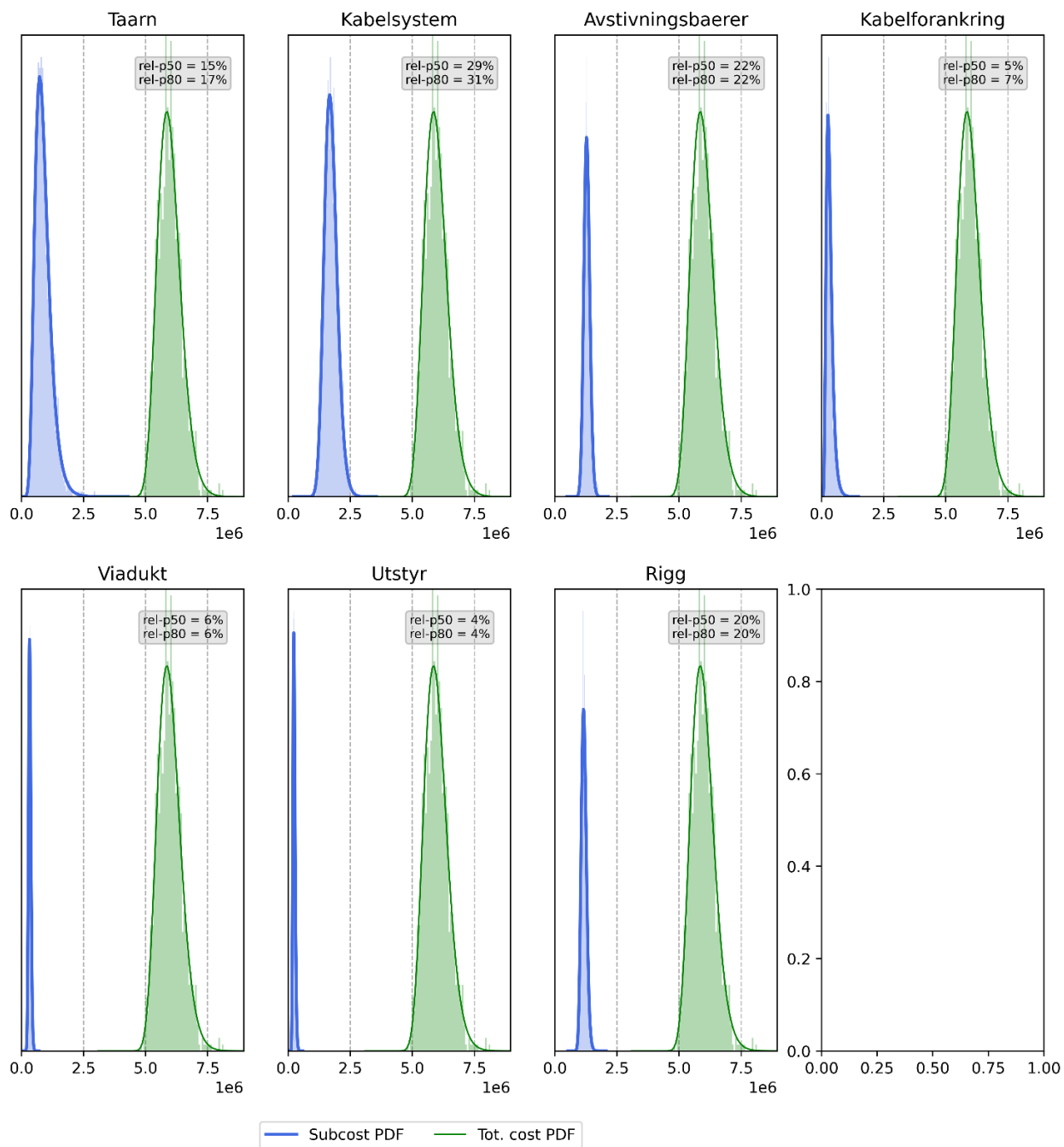
En viktig forutsetning i den utførte kostnadsanalysen er at grunnforholdene gjør at det er mulig å fundamentere brua som antatt i dette skisseprosjektet. Usikkerheten rundt grunnforhold er i liten grad tatt hensyn til i kostnadsanalysen, da dårlige grunnforhold kan føre til en endring av hele vegtraseen.



Figur 26: Kostnadsanalyse, entreprisekostnad inkl. rigg, ekskl. uspesifisert, u-verdier, byggherre og mva. PDF: Sannsynlighetstetthetsfunksjon, CDF: Kumulativ fordelingsfunksjon, p50: mest sannsynlig kostnad, p85: kostnad som med 85 % sannsynlighet ikke overskrides (styringsramme)



Figur 27: Tornadodiagram, usikkerhet i hovedelementer



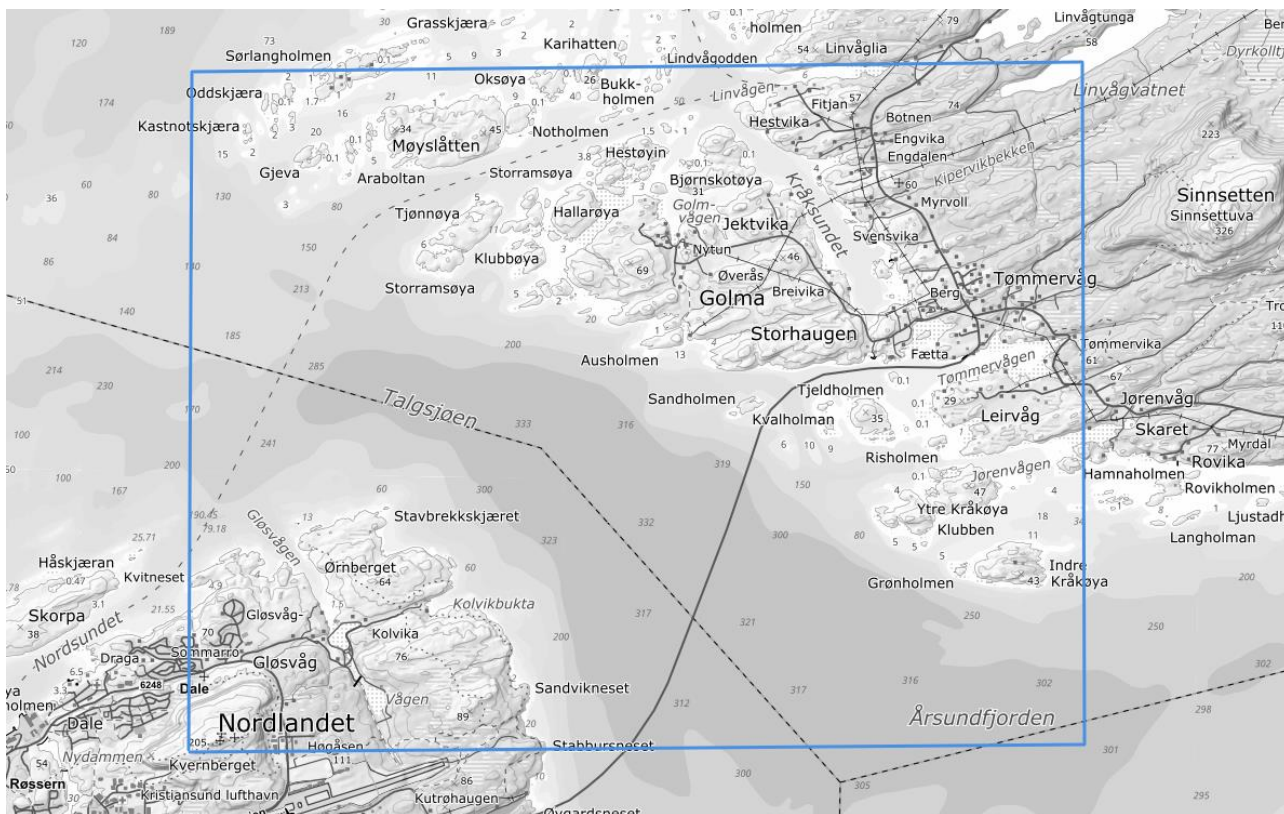
Figur 28: Kostnader fordelt på hovedelementer

Tabell 2: Resultat kostnadsanalyse

	p10 [x1000 NOK]	p50 [x1000 NOK]	p80 [x1000 NOK]	p90 [x1000 NOK]	standardavvik [x1000 NOK]
Tårn	512 698	882 157	1 107 797	1 324 196	322 820
Kabelsystem	1 402 459	1 726 684	1 942 139	2 077 059	262 029
Avstivningsbærer	1 142 526	1 290 555	1 392 994	1 443 087	119 432
Kabelforankring	179 723	325 491	425 931	501 687	133 243
Viadukt	277 611	335 894	375 759	396 791	49 115
Utstyr	183 149	239 489	277 513	302 676	45 780
Rigg	1 039 102	1 171 813	1 258 349	1 305 330	106 250
Totalkostnad	5 404 972	5 972 029	6 354 532	6 625 835	471 445

5 Plan

I forbindelse med skisseprosjektet er det ønskelig å kartlegge eventuelle tema som kan være til hinder eller må hensyntas i prosessen med valg av trase.



Figur 29: kart over område for kryssing av Talgsjøen

Relevante tema å sjekke opp i denne fasen av prosjektet er vurdert til å inkludere kulturminner, landskap (vern/hensyn), kyst/fiskeri, natur (arter, typer, vern), forurensning, friluftsliv og status på eksisterende arealplaner i prosjektområdet. Temaene er vist i Appendiks A. Det er ikke vurdert hvorvidt hvert enkelt tema vil ha direkte konsekvenser for prosjektet, formålet med appendikset er å gjøre oppmerksom på tema som blir berørt. Det kan være flere tema som berøres av prosjektet, listen er dermed ikke uttømmende.

6 Videre arbeid med brua

6.1 Generelt

Videre arbeid for brua vil være et forprosjekt. I et forprosjekt vil man søke å danne et godt beslutningsgrunnlag for videre arbeid med regulering av vegtraseen. Det innebærer at prosjektet utredes til et teknisk nivå slik at man kan redusere usikkerheter i brukonseptet ytterligere. For å kunne redusere usikkerheter er det flere aspekt som må vurderes nærmere, blant annet grunnforhold, skipsstøt og vindmålinger. Det er spesielt viktig at det i neste fase av prosjektet utføres et grunnundersøkelsesprogram som nærmere spesifisert nedenfor. Et tverrfaglig samarbeid med bruteknisk kompetanse og ingeniørgeologi er avgjørende for å komme frem til et godt beslutningsgrunnlag.

Et forprosjekt bør omhandle skipsstøt. Det er over 3000 registrerte skipspasseringer i året hvorav ca. 1000 er skip med lengde over 70 meter. Og ca. 200 skip med lengde mellom 100 meter og 200 meter. Det er skipstøt mot tårn og søyler i sidespenn som er viktigst å få undersøkt. Skipsstøt mot overbygningen er underordnet da en slik bru tåler stor skade i overbygningen uten å kollapse. I forbindelse med et forprosjekt foreslås det å utføre en sannsynlighetsberegning for å fastsette størrelsen på dimensjonerende skip. Og at man tar hensyn dette i forprosjektet ved å utføre overslagsberegninger som viser at tårn og sidespenn håndterer dette.

Hengebruer med store spennvidder ligger i vindlastklasse III i henhold til N400 Bruprosjektering, og det stilles blant annet krav til vindmålinger på brustedet (Krav 5.6.5-3). Disse vindmålingene må gjøres i god tid før detaljprosjektering av brua.

Det er kun brua som er betraktet i dette skisseprosjektet, i det videre arbeidet må også vegsystemet rundt vurderes.

6.2 Videre ingeniørgeologisk kartlegging

For videre ingeniørgeologiske arbeider med brua, anbefales det at det utarbeides et grunnundersøkelsesprogram for utførelse av nødvendige undersøkelser. Følgende undersøkelser anbefales:

Undervannskartlegging

Det bør videre utføres ytterligere detaljert sjøbunnskartlegging/batymetri i alle områdene hvor det planlegges tårnfundamenter. Foreliggende grunnlag/akustisk profilering har ekvidistanse 5 meter og dekker ikke områdene hvor det skal etableres tårnfundamenter. Det behøves derfor ytterligere kartlegging med høyere detaljgrad enn foreliggende grunnlag, for vurdering av fundamentplasseringene med hensyn til topografien.

ROV-undersøkelser kan også bli aktuelt for å avdekke eventuelle overheng i områdene under fundamentene.

Kjerneboring

Det bør gjennomføres kjerneboringer ved både planlagte forankringskamre samt ved plasseringen av tårnfundamentene. Kjerneboring vil kunne avdekke om det finnes svakhetssoner eller kritiske sprekkeplan nedover i bergmassen. Viktige parametere for å beregne forankringslengde er bergmassens tetthet, oppsprekkingsgrad og sprekkeorientering mot dypet, bruddvinkel og bergartens trykkfasthet. Disse parameterne kan estimeres ved Optic televiewer (OTV) og testing på kjerneprøver.

Optisk televiewer

I hullene som resulterer av kjerneboringen bør det utføres skanning med OTV (Optisk televiewer). Her vil en kunne få ut store mengder strukturmålinger nedover i dypet som kan sammenlignes med strukturmålinger gjort i dagen.

7 Referanser

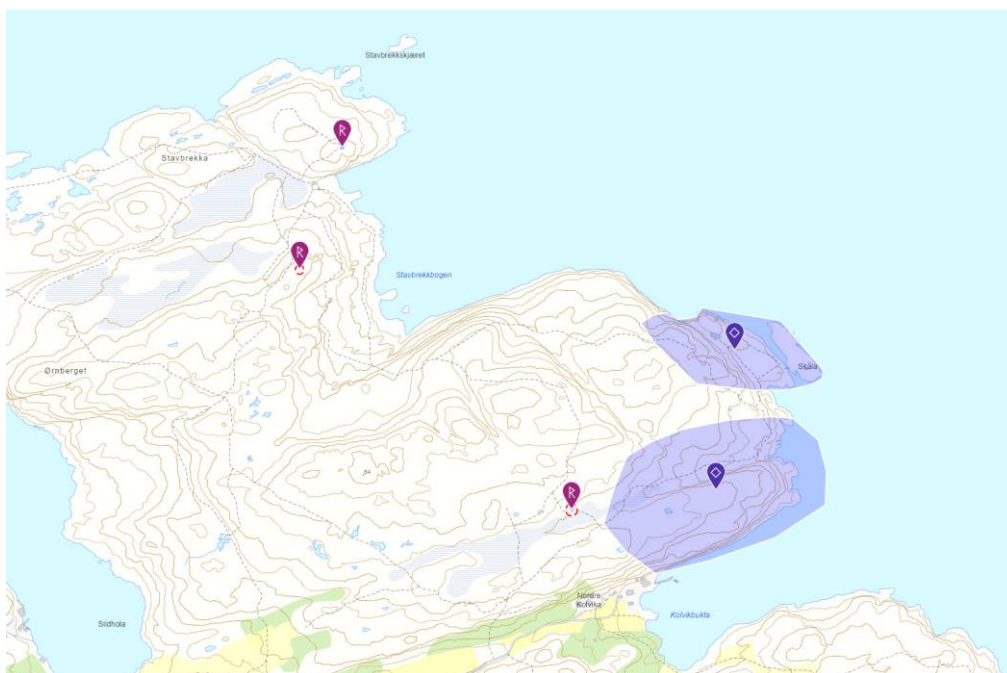
- [1] Norconsult Norge AS og Dr.Techn Olav Olsen AS, «K100 – Oversiktstegning Talgsjøen», 2025
- [2] OON, «R002 – Forprosjekt, E39 Halsafjorden hengebru via Aakvikgrunnen», 2022
- [3] Dr.Techn Olav Olsen AS, «Kryssing av Talgsjøen – Ett spenns hengebru», 2024
- [4] Lovdata «Trafikklastforskrift for bruer», 2017
- [5] NGU, «Berggrunnskart», 2024 Available: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [6] Geomap, «Talgsjøen. Undersøkelser for utredning av undersjøisk fjordkryssing. Akustisk profilering og refraksjonsseismikk», 2010

Appendiks A : Plan – vurdering av relevante tema

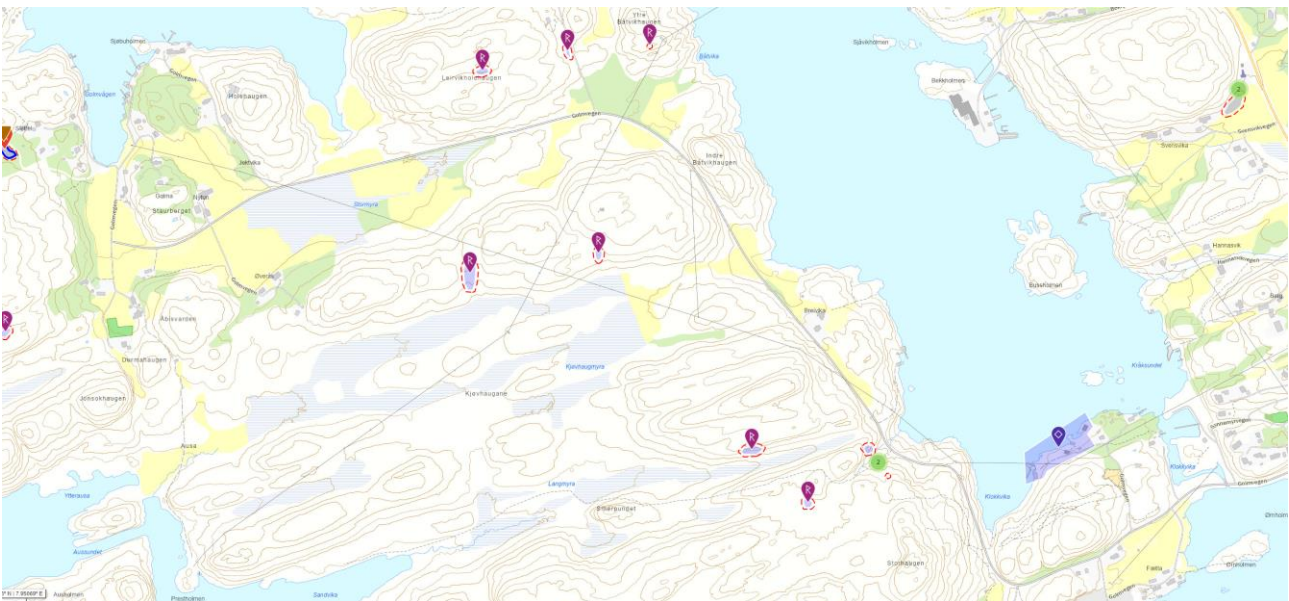
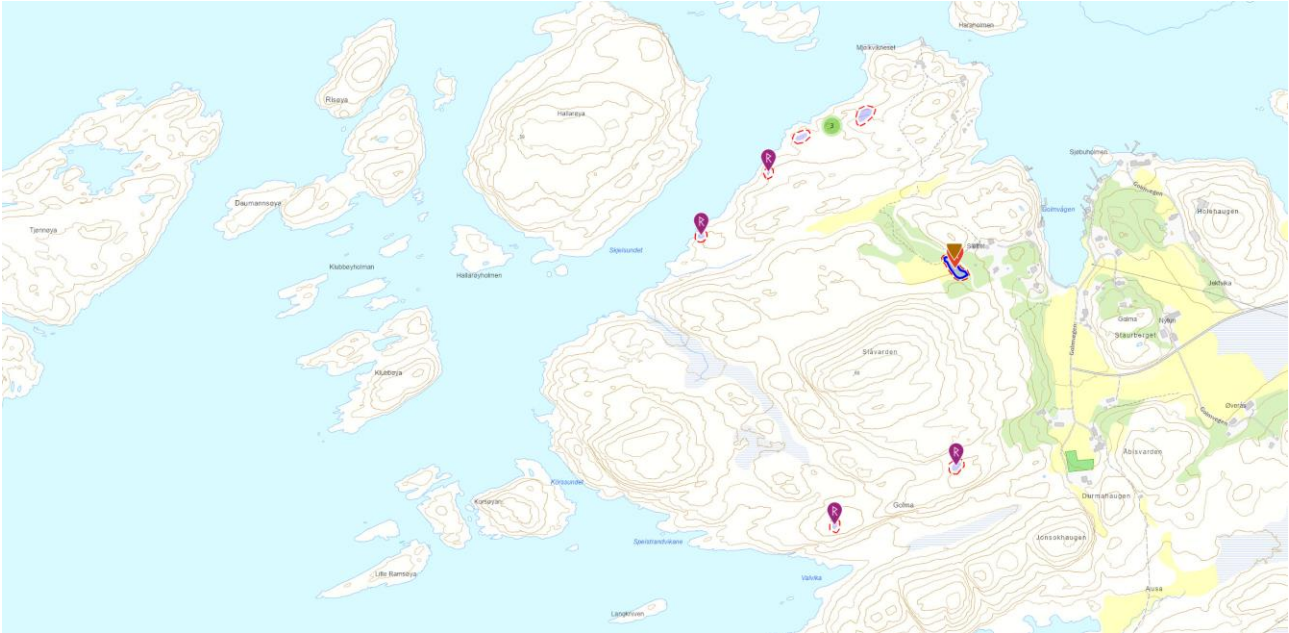
A.1 Kulturminner

Kulturminner på land

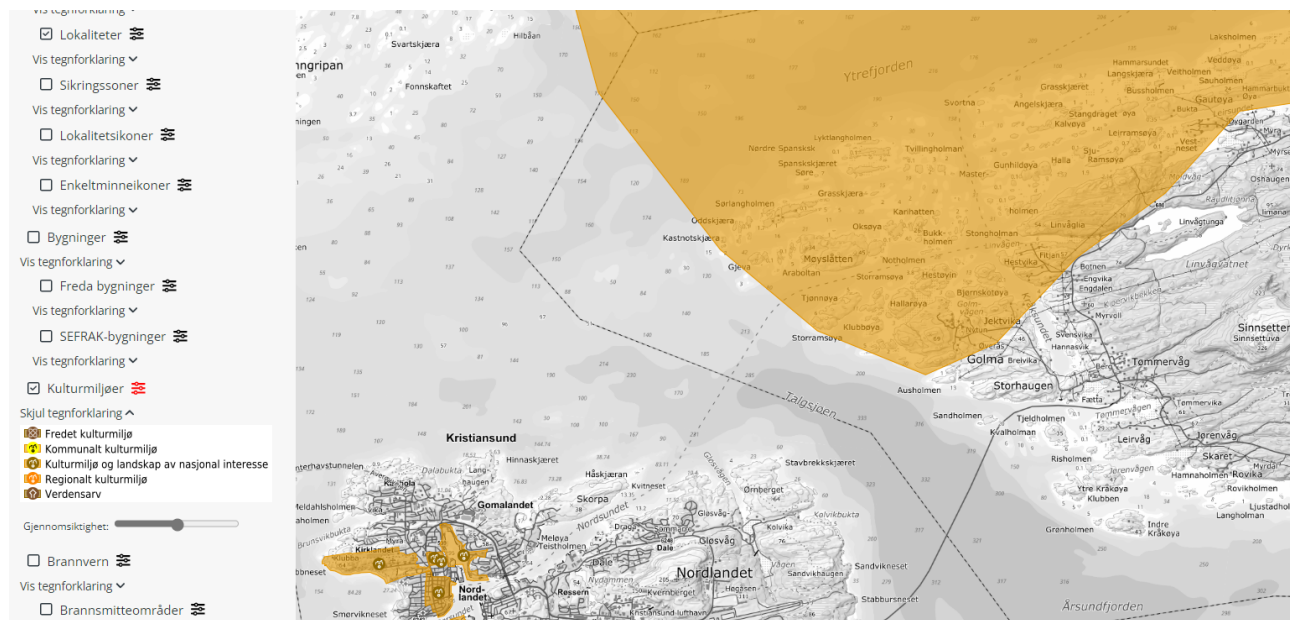
Kristiansund kommune:



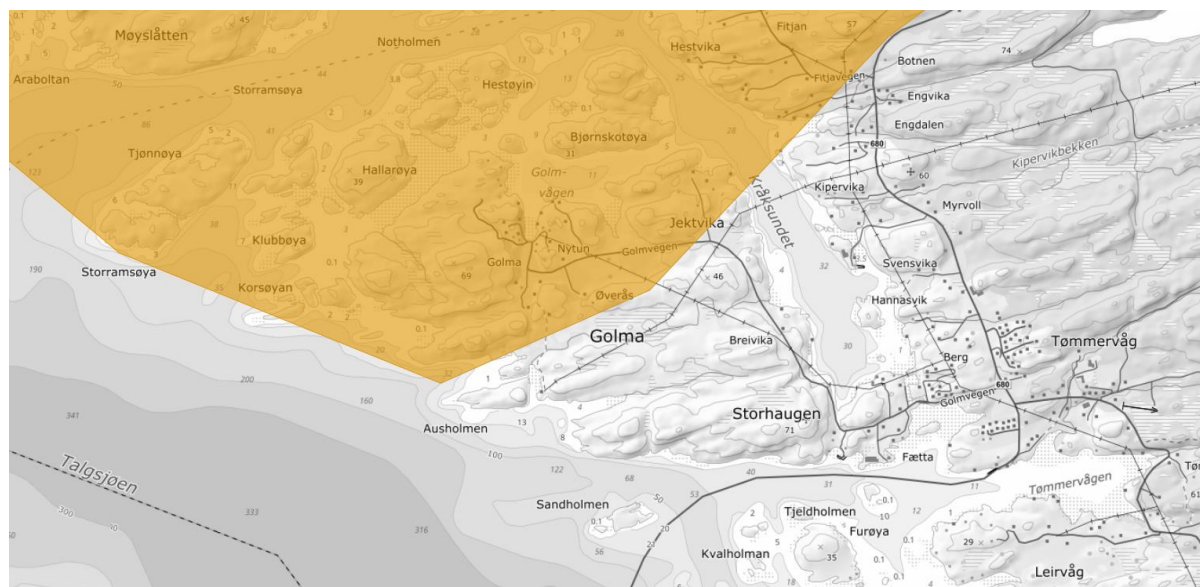
Aure kommune:



Det er markert et regionalt kulturmiljø av nasjonal interesse i Riksantikvaren sin database på geonorge.no:



Vurdering rundt betydningen av dette for prosjektet bør tas med fylkeskommunen sin kulturminneavdeling.



Egenskaper (3)
Kulturmiljøer
FeatureID = Kulturmiljøer
boundedBy =
lokalid = 547
kulturmiljøkategori = Kulturmiljø og landskap av nasjonal interesse
navn = Edøyfjorden og Sør-Smøla
vernedato =
vernelov =
verneparagraf =
vernetype =
datafangstdato = 2024-01-11 00:00:00
navnerom =
http://skjema.geonorge.no/SOSI/produktspesifikasjon/kulturmiljoer
versjonid = 20230126
forstedigitaliseringsdato = 2024-01-11 12:19:55.667
informasjon =
kommune = Smøla
linkskeladden =
linkkulturminnesok = https://www.kulturminnesok.no/kart/?id=k547
malemetode = 19
noyaktighet = 100
oppdateringsdato = 2024-06-20 08:45:54.103
opphav = Riksantikvaren, Hovedkontor

Kulturminner i sjø

Tilbakemelding fra kulturminneavdelingen i fylkeskommunen opplyser at det ikke eksisterer registreringer av marine kulturminner (skipsvrak), men området er heller ikke systematisk kartlagt. Potensialet for funn er til stede med bakgrunn i opplysninger om flere båtforlis i Talgsjøen.

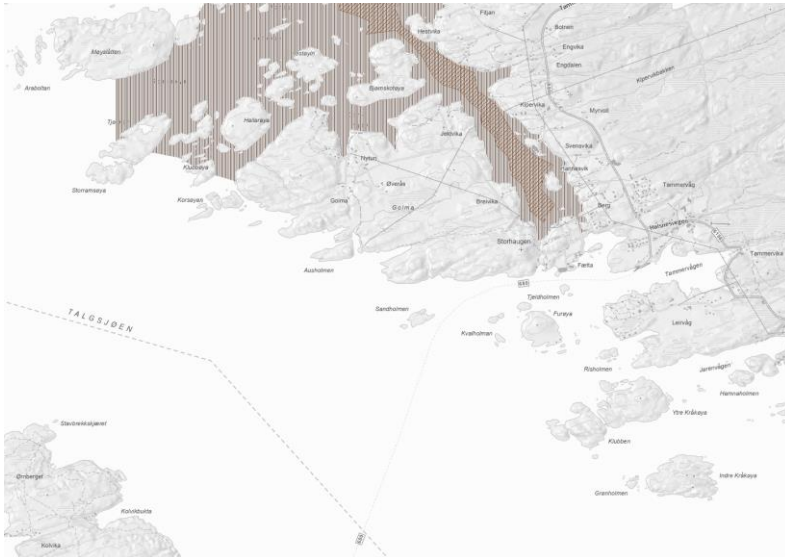
Dersom det skal gjøres kartlegging av sjøbunnen kan det dukke opp bevarte vrak. Det bes om at det opprettes kontakt med NTNU Vitenskapsmuseet om hvordan de vurderer potensialet for konflikt.

A.2 Landskap

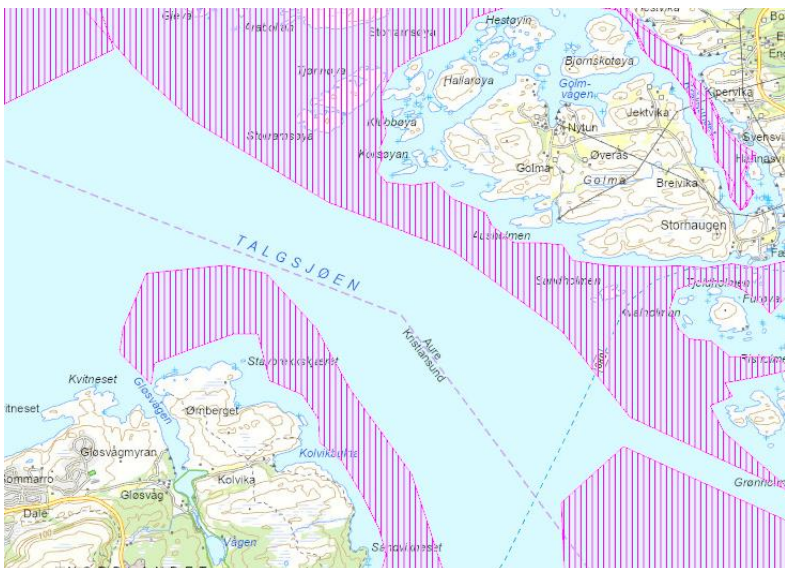
Ingen registrerte utvalgte eller verdifulle kulturlandskap registrert i Gislink (kartportal.no). Området består hovedsakelig av kystslettelandskap.

A.3 Kyst/fiskeri

Gjennomgått kartlag på kystinfo.no. Det er registrerte gyteområder/gytefelt for torsk i Aure kommune.



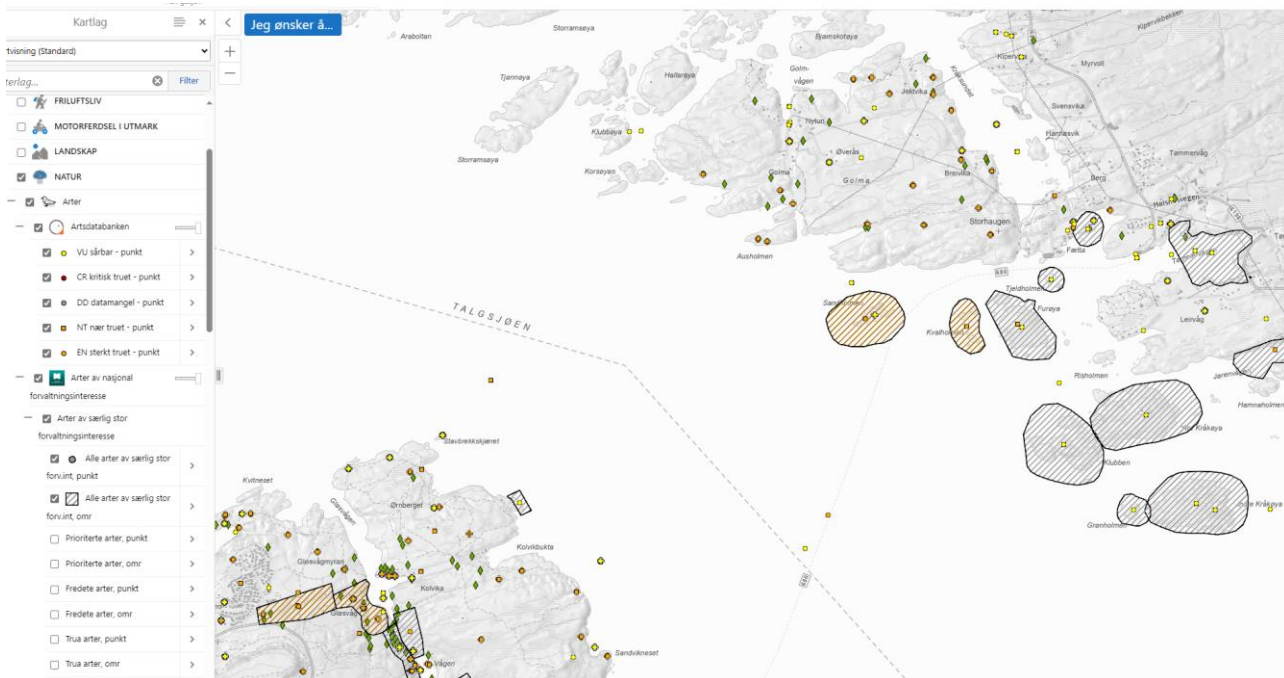
Registrerte områder for aktivt fiske:



A.4 Natur

Arter

Det er ingen registreringer av arter med kategori «kritisk truet» i området. Typisk i slike prosesser er at det ved fastsetting(forslag) av trase må utføres kartlegging av arter og naturtyper i det berørte området.



<https://kart.gislink.no/kart/?viewer=kart&layerTheme=null&scale=20000&basemap=¢er=444634.91859726125%2C7002153.34955812&layers=0m87YX04QVjU03oOem1JJCwV2%2Feil812JB8C16TI%2Bc1Sk6gA24MdBj>

Naturtyper

Det er «kystlynghei» og «sørlig nedbørsmyr» av varierende kvalitet i begge kommuner.



<https://kart.gislink.no/kart/?viewer=kart&layerTheme=null&scale=20000&basemap=¢er=443941.1106460393%2C7002256.8679943215&layers=0m87YX04QVjU03oOem2aix%2FQ2Yp02D12JB8C16TI%2Bc1Sk6gA24MdBj>

A detailed topographic map of the Hvaler region in Norway. The map shows numerous islands and fjords, with labels for various locations including Hestøya, Bjønnskottøya, Risa, Hallarøya, and many others. A green hatched area is marked on the map, indicating a specific region of interest. The map also shows contour lines and elevation markers.

Naturtyper marint

Tareforekomst med ulik klassifisering



Naturvernområder

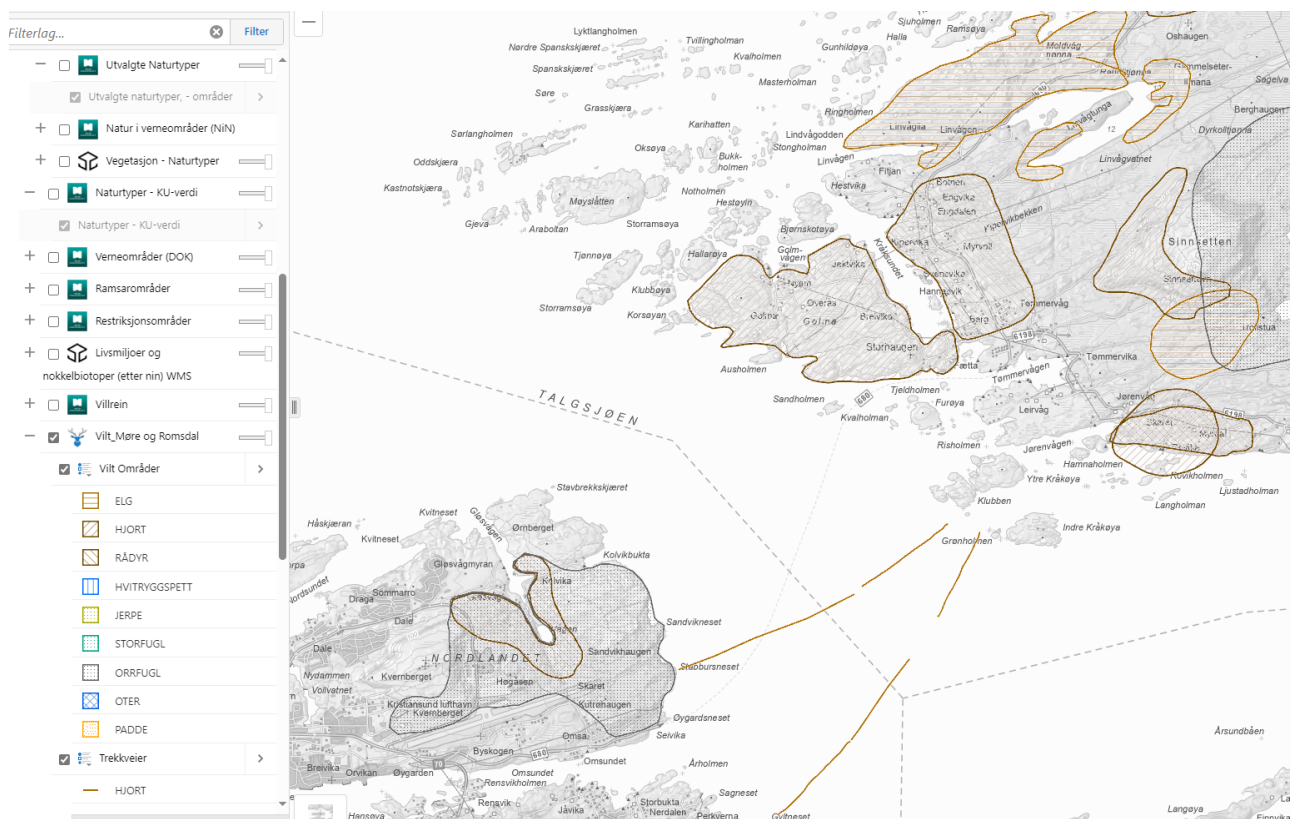
Gløsvågen naturreservat - våtmarksområde

<https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/1988-05-27-419>



Vilt

Registrerte områder for rådyr, hjort og orrfugl.



A.5 Forurensing

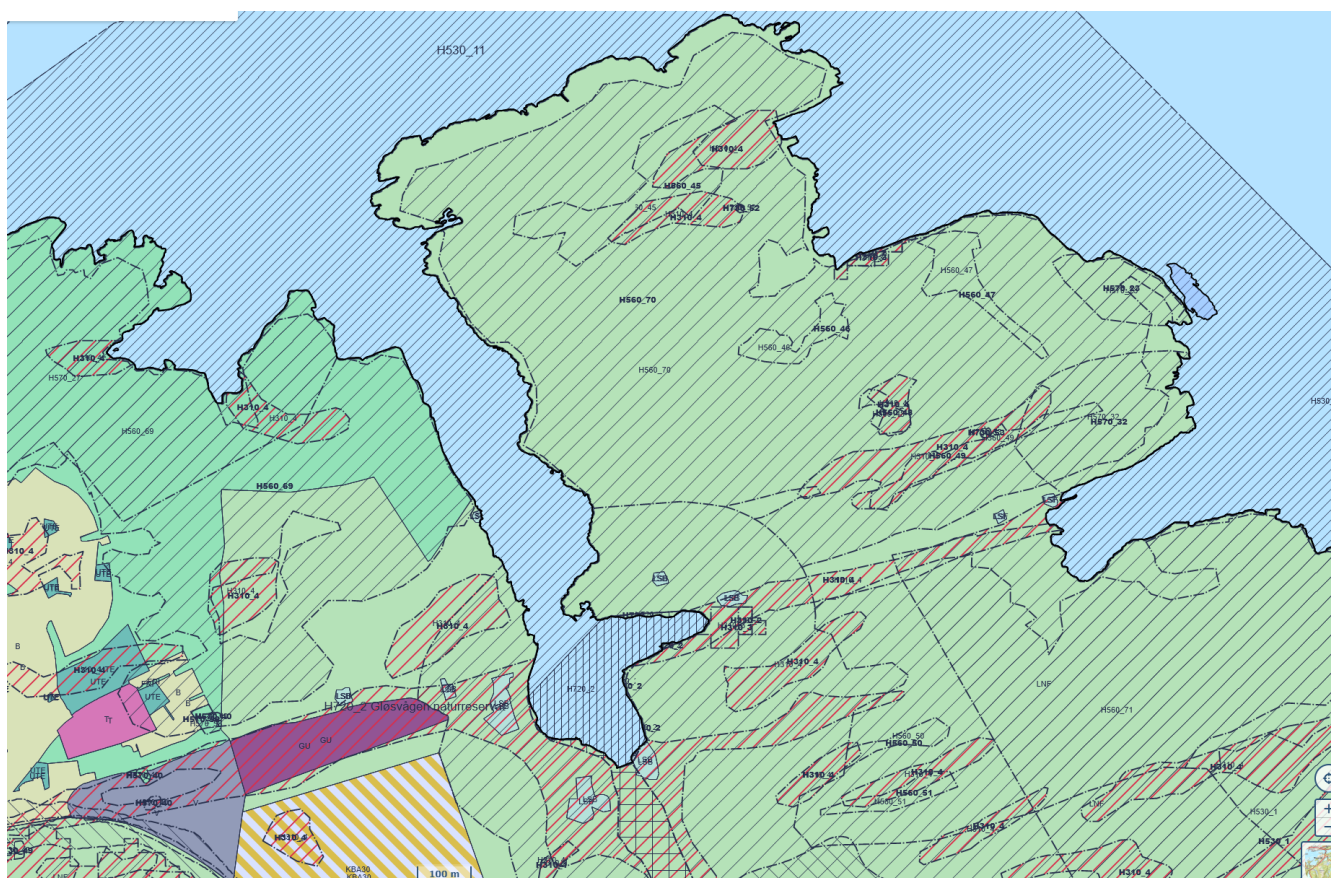
Ingen registreringer angående forurensning i gislink.no

A.7 Planstatus

Kommuneplan Kristiansund

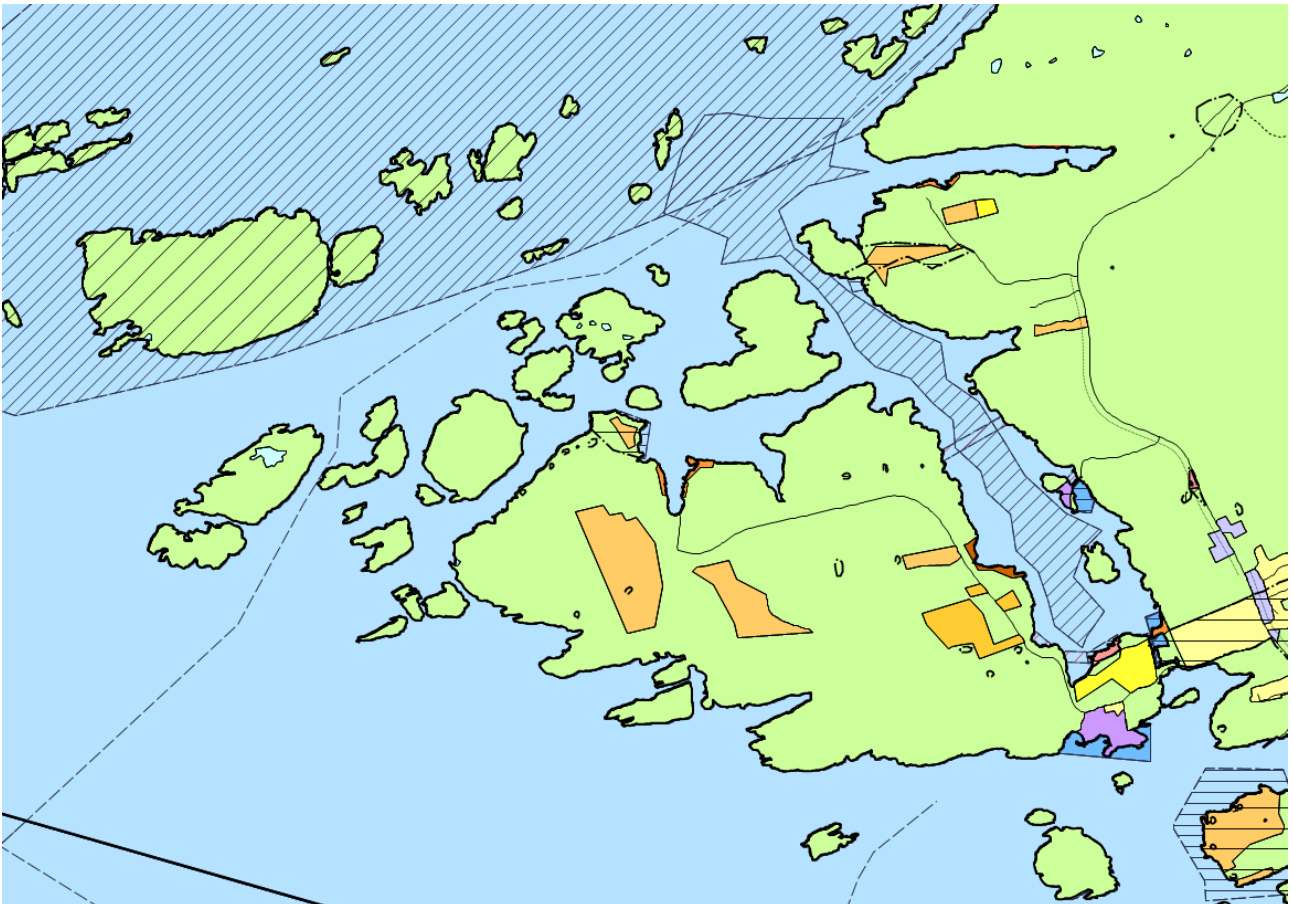
Berøring med hensynssoner for naturvern og friluftsliv. Faresoner for skred og båndleggingsområde for naturreservat.

Arealformål består hovedsakelig av LNF-områder.



Kommuneplan Aure

Arealformål består hovedsakelig av LNF-, naust- og hytteformål.



Detaljregulering Kristiansund



Detaljregulering Aure

