SINTEF

Notat

SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Sudurøytunnelen
Risikovurdering av aspekter knyttet til byggeperioden m/fokus på tunneldrivingen

VERSJON
03

DATO
2025-09-26

FORFATTER(E)
Eivind Grøv
Eivind Sjøbakk-Moe

OPPDRAGSGIVER(E)
P/F Suduroytunnilin

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Teitur Samuelsen og Einar Brimnes

PROSJEKTNUMMER
102029363

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
12 sider + 3 stk vedlegg

Sammendrag

Foreliggende notat summerer opp en kvalitativ risikovurdering som SINTEF har utført for prosjektet SuTu på Færøyene basert på diskusjoner og innspill fra flere møter i en serie knyttet til dette temaet. SuTu blir en ca. 23 km lang undersjøisk vegtunnel der om lag 18,5 km blir tunnel under sjøen, det øvrige er tilkomst til portaler på henholdsvis Sudurøy og Sandøy. Fokus er på selve tunneldrivingen. Et tunnelalternativ 2 er kommet inn under løpets gang, dette alternativet har en lengde på drøyt 26 km og er tenkt å inkludere en avgreining til Skuvøy.

Tunnelen vil bygges med tilgang fra hver portal og med såkalt én-stuffs drift fra hver side til gjennomslag omtrent midt på tunnelstrekningen om tunneldrivingen går nært like godt på hver side. Det er overveiende sannsynlig at tunnelen blir drevet med konvensjonell boring & sprengning, og det er derfor ikke gjort risikovurdering for andre drivemetoder.

Vedlagt foreliggende notat ligger en vurdering av risikoelementer, mulige tiltak som kan implementeres for å redusere risikoen og så en risiko knyttet til det gitte elementet og med risikoreduserende tiltak. Notatet er basert på erfaringer fra gjennomførte prosjekter, både over og under sjø, samt generelle erfaringer knyttet til det samme, og fremkommet gjennom diskusjoner i en serie med møter med byggherre, konsulenter og rådgiver.

UTARBEIDET AV
Eivind Grøv

SIGNATUR
Eivind Grøv

GODKJENT AV
Sindre Log

SIGNATUR
Sindre Log (Sep 26, 2025 11:57:52 GMT+2)

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

PROSJEKTNOTAT NR
[Klikk eller trykk her for å skrive inn

GRADERING
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
01	2023-11-10	For distribusjon
02	2025-01-10	Revidert etter peer review
03	2025-09-26	Revidert med risikovurdering for Skuvoyavgreining

Innholdsfortegnelse

1 Bakgrunn, innledning og hensikt 4

2 Kort beskrivelse av elementene som er blitt vurdert 4

3 Hva forteller risikovurderingen oss? 8

4 Konklusjoner 10

5 Skuvoyavgreining 10

BILAG/VEDLEGG

1. Risikomatrise
2. Notater utarbeidet fortløpende etter hvert møte med ekstern tunnelekspert
3. Risikomatrise Skuvoyavgreining

LM-066/2025

1 Bakgrunn, innledning og hensikt

SINTEF har utført på oppdrag fra SuTu (Sudurøytunnelen pf) en risikovurdering for byggeperioden for tunnelen mellom Sandøy og Sudurøy med fokus på tunneldrivingen. Denne risikovurderingen er basert på erfaringer som er samlet basert på gjennomføringen av prosjekter på Færøyene som Vagatunnilin, Nordoyatunnilin samt Eysturøy- og Sandoyartunnilin. Foreliggende notat har samlet erfaring også gjennom å avholde møter med personer som har vært involvert i byggingen av flere av ovennevnte tunnelprosjekter både i egen organisasjon samt eksterne, der spesielt innspill fra Leif Tore Tømmerås som er tidligere NCC-ansatt og som har deltatt i alle de fire nevnte tunnelene har vært viktig. Foruten nevnte Tømmerås deltok også representanter fra Byggherren, konsulenten Norconsult, konsulenten LBF og SINTEF. SINTEF fasiliterte møtene og oversendte i forkant av hvert møte innspill til diskusjonene.

Foreliggende notat presenterer risikobildet for SuTu gjennom først en vurdering av ulike elementer under bygging som påvirker risikobildet, forventet sannsynlighet og konsekvens er vurdert ved å benytte et definert oppsett for dette. Så er forslag til tiltak lagt inn og restrisikoen og sannsynligheten for hendelser er så vurdert. Den restrisikoen som man sitter igjen med er den risikoen som prosjektet har med mindre man senere kan identifisere og implementere tiltak som har en ytterligere risikoreduserende effekt.

Foreliggende notat presenterer en oppsummering av de diskusjonene som ble gjort i fellesskap, og om det ikke er en full enighet om alle forhold så er det som er presentert i tabellen og foreliggende notat det som ble diskutert. Etterfølgende hver av de tre digitale møtene som ble avholdt laget SINTEF en oppsummering i form av et notat som ble distribuert blant deltakerne og der disse hadde anledning til å kommentere på oppsummeringen. Alt er samlet i foreliggende notat slik at dette gir en komplett på de risikovurderingene som er blitt utført på dette prosjektet til nå. Risikovurderingen er gjort på basis av tilgjengelig informasjon slik det var på det tidspunktet foreliggende notat ble laget (2023), men dersom det blir endringer i prosjektet eller ny informasjon om forholdene kommer frem, så bør denne risikovurderingen oppdateres.

Foreliggende risikoevaluering inkluderer ikke risikoer ved alminnelig ferdsel i tunnelen, det håndteres i separate evalueringer og rapporteres separat. Ei heller er situasjoner der uautorisert personell og ferdsel tar seg inn i tunnelen under bygging inkludert, men dette må en utgå ifra at håndteres med den adgangskontrollen som til enhver tid er iverksatt.

SINTEF har mottatt kommentarer fra HOJ Consulting datert 11. oktober 2024 (Peer Review and Second Opinion of Risk Analysis for Sudurøytunnelen) som er basis for oppdatering av foreliggende notat.

2 Kort beskrivelse av elementene som er blitt vurdert

Selve risikovurderingen er delt i to hoveddeler, eller to typer risikoer om man vil. Der den ene er relatert til generelle risiko-elementer og den andre er spesielle risiko-elementer. Det er valgt en slik grovinndeling da vi har operert med flere mulige metoder for selve tunneldrivingen. I utgangspunktet vil denne tunnelen drives med tradisjonell boring og sprengning slik praksis har vært for de øvrige undersjøiske tunnelene på Færøyene, og også for vegtunneler der i sin alminnelighet. Imidlertid har elektrisitetsverket på Færøyene (SEV) drevet tunneler med såkalte tunnelboremaskiner (TBM) og det er gode erfaringer med TBM-driving under de geologiske betingelsene som råder på Færøyene, men vi har ikke inkludert denne drivemetoden i foreliggende risikovurdering. I risikomatrisen vil spesielle risiko-elementer være risikoer knyttet til boring og sprengning.

Det ble i forbindelse med avholdelse av Referansegruppemøte nr. 19 i regi av EST pf invitert Referansegruppen til å bidra med innspill på utformingen av Sudurøytunnelen. Referansegruppen leverte innspill både til bygging og utforming av prosjektet, men i foreliggende notat har SINTEF valgt å se bort fra disse. Det skyldes at innspillet var basert på bruk av TBM (med sirkulært tverrsnitt) for å drive én tunnel der kjøreearealet er begrenset til bredde = 5 meter og høyde = 4,5 meter. En slik utforming vil ikke gi tilstrekkelig kjøreareal til å tilfredsstille minimumskravene i relevante håndbøker og vil derfor heller ikke tilfredsstille funksjonskravet til tunnelen som er samtidig tovegstrafikk. Dersom man i senere utvikling av prosjektet Sudurøytunnelen kommer i posisjon for å eventuelt være nødt til å gjøre signifikante kostnadskutt, kutt som vil medføre at det blir store avvik i forhold til normen, på det tidspunktet kan man eventuelt gå tilbake til Referansegruppens forslag. Normen for prosjektet Sudurøytunnelen er Håndbok N500 utgitt av Statens Vegvesen Vegdirektoratet i Norge med tunnel i Klasse B, og et tunneltverrsnitt formet som en hestesko som gir optimal utnyttelse av faktisk drevet tunnel i forhold til plasskrav gitt i regelverket.

Dernest er risikovurderingen delt opp i kategorier, der SINTEF har vurdert følgende forhold som etter vårt skjønn, og som normalt evalueres i slike risikovurderinger, nemlig; geologi, utforming og design, organisasjon og entrepriseformat. Med design her så menes prosjektert løsning, altså tunnelens utforming.

Så er hver av disse kategoriene detaljert i ulike risikoelementer, det er vurdert om lag 30 ulike elementer innenfor generelle risikoer, og snaut 20 ulike elementer innenfor spesielle risikoer. Hvert slikt risikoelement er detaljert beskrevet med en prosaisk tekst.

Så er det på empirisk basis gjort en vurdering av hvert slikt risikoelement der SINTEF har gitt risikoelementet en kvalitativ og kvantitativ sannsynlighet. Hvert risikoelement er så gitt en konsekvens kvantitativt. Ut fra dette finner vi så en risikoklasse for hvert enkelt risikoelement. Risikoklassene som er benyttet i denne vurderingen er følgende:

- Uakseptabel risiko (rød), risikoreduserende tiltak påkrevd slik at restrisikoen i det minste faller inn under kategorien uønsket.
- Uønsket risiko (oransje), risikoreduserende tiltak skal identifiseres og implementeres såfremt kostnaden ikke er uforholdsmessig i forhold til restrisikoen.
- Akseptabel risiko (gul), risikoreduserende tiltak ikke påkrevd.
- Ubetydelig risiko (grønn), ingen videre vurdering av risikoen nødvendig.

Deretter er det for hvert enkelt risikoelement gjort en vurdering av hvilke tiltak som kan ha en risikoreduserende effekt. Det eller de risikoreduserende tiltak(ene) som er identifisert er så beskrevet detaljert.

Basert på de beskrevne risikoreduserende tiltakene har SINTEF så gjort en evaluering av effektene av risikoreduserende tiltak gjennom en ny vurdering av sannsynligheten (kvalitativt og kvantitativt) for at risikoelementet skal kunne inntreffe og dernest hvilken konsekvens det i så fal kan få for prosjektet.

Avslutningsvis så følger da en revidert risikoklasse for alle de risikoelementene som er behandlet.

Hele oppsettet er basert på et utgangspunkt som SINTEF etablerte, så ble dette debattert og diskutert i prosjektet med deltakere for byggherren, for konsulenten samt de inviterte gjestene som er nevnt over. SINTEF fasiliterte diskusjonene og har så ført alle innspillene inn i denne risikoanalysen. Hele vurderingen er å finne som vedlegg til foreliggende notat.

Som utgangspunkt for hele vurderingen ligger det en ett-løps tunnel som er drevet på to stuffer, en fra hver side, ved portaler ved henholdsvis Sandvik på Sudurøy og Djupadali på Sandøy. Tunnelen blir omlag 23 km lang der om lag 18,5 km blir tunnel under sjøen. Man kan forvente at gjennomslag vil finne sted omtrent midtveis mellom de to påhuggene som da tilsvarer ett sted under sjøen forutsatt at oppstart og fremdrift på de to tunnelstuffene er omtrent like.

Det er ikke inkludert en eventuell avgreining fra hovedtunnelen til Skuvøy i foreliggende notat om risikovurdering. Basis for evalueringen er en standard ett-løps tunnel med et ordinært hesteskoprofil. Med utgangspunkt i at det er begrenset med informasjon når foreliggende notat er blitt utarbeidet er det naturlig at noe geologisk risiko finnes i prosjektet. Når den samlede informasjonen fra Jardfeingi (Færøyenes Geologiske Undersøkelser) kommer må man vurdere om det er behov for å justere på elementer i risikovurderingen, som mal her er benyttet den samlede kunnskap fra ulike tunnelprosjekter på Færøyene, med mest tyngde på erfaringene fra de to siste tunnelprosjektene, Eysturøytunnelen og Sandøytunnelen.

Med basis i normaldrift som beskrevet over, og jevnt fordelt på de to stuffene så vil selve tunneldrivingen pågå i om lag 5-7 år. Da er det benyttet en inndrift fra 35 til 50 meter per uke (min. og maks.) som vi vurderer som et rimelig forventningsspenn og 46 arbeidsuker per år. Dette er kun for selve tunnel-drivingen. For installasjonsarbeidene kan man grovt regne 60 - 100 meter per uke, da gir dette ca. 2 – 4 år grovt regnet og som da totalt gir en byggetid som vil pågå over en periode på 8 år ± 1-2 år. Dette er en betydelig byggetid og både teknologiutvikling, samt mannskapsutskiftning vil kunne finne sted i dette byggetidsperspektivet. Dette vil gjelde mannskaper hos alle deltakende parter i prosjektet. Dette aspektet er imidlertid ikke inkludert i risikovurderingen da det etter vårt skjønn er et område som er svært vanskelig å se for seg utviklingen på. Det påpekes her slik at man skal være oppmerksomme på dette elementet av risiko som er knyttet til kontinuitetsbæring gjennom byggetiden og også tiden frem til byggestart.

SINTEF har benyttet følgende system for risikovurderingen.

Sandsynlighet I løbet af byggeperioden								
Beskrivelse	Interval	Forventning s-værdi						
				1	2	3	4	5
Svært ofte (mindst en gang per prosjekt)	1	3	5					
Ofte (en gang per 2 til 10 prosjekter)	0,1 - 1	0,3	4					
Sjelden (en gang per 11-100 prosjekter)	0,01 - 0,1	0,03	3					
Svært sjelden (en gang per 101-1000 prosjekter)	0,001 - 0,01	0,003	2					
Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1000 prosjekter)	< 0,001	0,0003	1					
Konsekvens personskade				Lettere skadd	Hardt skadd	1-4 drepte	5-20 drepte	Mer enn 20 drepte
Konsekvens omkostninger	Interval			< 1 mio DKK	1 - 10 mio DKK	10 - 100 mio DKK	100 mio - 1 mia DKK	> 1 mia DKK
	Forventningsværdi			0,3 mio DKK	3 mio DKK	30 mio DKK	300 mio DKK	3 mia DKK
Konsekvens forsinkelse	Interval			< 0,3 dag	0,3 - 3 dage	3 dage - 1 måned	1 måned - 1 år	> 1 år
	Forventningsværdi			0,1 dag	1 dag	10 dage	3 måneder	3 år

Figur 1. Konsept for evaluering av risikoelementer.

3 Hva forteller risikovurderingen oss?

Risikovurderingen forteller først og fremst at det er fullt mulig å forbedre risikobildet for de aller fleste risikoelementene som SINTEF har vurdert. Generelt forbedrer de risikoreduserende tiltakene som er identifisert risikoelementet med minst én klasse, i noen tilfeller sogar med to klasser, skjønt dette siste er mer sjeldent enn det førstnevnte. Det er dog noen risikoelementer som havner i gul risikoklasse før risikoreduserende tiltak iverksettes, altså akseptabel risiko. I slike tilfeller må det vurderes om risikoreduserende tiltak skal gjennomføres, dette vil være å veie tiltakets effekt opp mot tiltakets kostnad.

For byggherren er det viktig å få belyst hvilke tiltak som er risikoreduserende i forhold eventuelle uhell som kan finne sted, samt å få belyst hvilke tiltak som kan effektueres for å unngå disse. Foreliggende notat gir innspill til dette arbeidet.

Når det gjelder generelle risiko så er det faktisk hele 13 elementer som er funnet å være i den høyeste risikoklassen, altså får fargen rød i tabellen vedlagt. Av disse 13 er kun 2 knyttet til geologiske forhold, 5 er knyttet til utforming og design, 6 er knyttet til organisasjon mens det ikke er noen som er røde som er knyttet til entrepriseformen. Det indikerer at man har stor tiltro til at man kjenner på generell basis de geologiske forholdene godt og er fortrolig med disse, med andre ord at man har positiv erfaring med å håndtere ulike geologiske forhold i sin alminnelighet med tunneldriving på Færøyene.

Situasjonen ser imidlertid noe annerledes med tanke på det rent organisatoriske og utformingen og de prosjekterte løsningene som er blitt fremlagt for prosjektet. Det skulle bety at man i prosjektet derfor må være omhyggelig med å velge gode løsninger og etablere en robust prosjektorganisasjon. Spesielt for dette prosjektet er at det ikke er lett å betjene begge tunnelstuffene fra ett prosjektkontor. Det vil kreve at man etablerer prosjektkontor både på Sudurøy og Sandøy, da det tidsmessig er for stor avstand mellom de til å betjenes av ett prosjektkontor. Dette gjelder spesielt geologisk kompetanse som skal følge sonderboring, injeksjon, gjøre kartlegging etc. I de følgende avsnittene er det beskrevet mer utfyllende rundt de 13 elementene som har en utgangsrisiko i rød klasse.

Den kvalitative risikoanalysen viser at det er noen røde risikoelementer både innen geologi, utforming og design, og organisasjon. De røde risikoelementene med hensyn til geologi omhandler lav overdekning som følge av feil i forundersøkelsene, samt mer oppsprukket bergmasse enn antatt. Effektive tiltak for å unngå å havne i en slike situasjoner vil være å bore oppadrettede sonderhull under selve tunneldrivingen i spesifikke, definerte områder. I forkant av tunneldrivingen vil det kunne gjennomføres supplerende seismikk i partier av tunneltraseen der man har identifisert lav overdekning eller usikker tykkelse på overdekningen. Felles tiltak for begge risikoelementene er å ha nøkkelpersonell med god geologisk forståelse på plass under tunneldrivingen.

Når det kommer til utforming og design er de største risikoelementene knyttet til at det er lange stufflengder, i tillegg til at det i en undersjøisk tunnel er fare for at lavbrekk kan bli et problem. Lange stufflengder er en utfordring med tanke på ventilasjon, både det å få luft inn til stuff, samt at det tar lang tid før eksos og sprenggasser (det man kaller 'ladd') blir transportert ut (kjøring i 'ladden' er risikabelt). Avbøtende tiltak vil være å benytte seg av elektriske maskiner og benytte seg av sprengstoff som avgir minst mulig gasser. De lange stufflengdene setter også et høyt krav til en effektiv logistikk når det kommer

til utkjøring av sprengstein, for å unngå suboptimal drivetid. Grundig planlegging og solide prosedyrer for dette bør vektlegges. Stor vanninnlekkasje i et område med to lavbrekk mellom et høybrekk vil kunne føre til at mannskap kan bli innestengt i området mellom de to lavbrekkene. Pumpesumpene vil alltid bli plassert i lavbrekkene, men i selve driveperioden er ikke kapasiteten nødvendigvis slik den er dimensjonert for i den operative fasen. For å avbøte en slik situasjon bør det etableres pumpesumper med stor pumpekapasitet i lavbrekk og med fordrøyningsmagasin allerede under tunneldrivingen slik at denne kapasiteten er tilgjengelig også i byggeperioden. Tunnelkontrakten bør stille strenge krav til innlekkasje og ha gode rutiner for evakuering.

Prosjektorganisasjonen er den kategorien med flest risikoelement i den røde klassen, dette gjelder både hos byggherren og entreprenøren. Dårlig kommunikasjon mellom byggherre og entreprenør er en risiko som kan føre til misforståelser, forsinkelser eller feil utført arbeid. Mangelfull geologisk oppfølging er en annen risiko som kan medføre feilvurderinger med tanke på sikringstiltak og dårlige løsninger for driving. Det er viktig at det er personnell med ingeniørgeologisk kompetanse tilgjengelig på begge stuffer. Risikoelementer knyttet til arbeid i tunnel og massetransport er elementer i rød klasse, faren for kollisjon, påkjørsel og brann er til stede. Personell som skal jobbe i tunnel må ha gjennomført prosjektspesifikt sikkerhetskurs og være utstyrt med personlig verneutstyr, personbrikker og egen håndholdt radio. Utstyr som svikter på kritiske øyeblikk, spesielt pumpeutstyr er også et kritisk risikoelement, og man må sørge for jevnlig funksjonstesting og vedlikehold ved å innføre prosedyrer med strenge krav angående dette og sørge for å ha tilstrekkelig tilgang på back-up utstyr. Det siste risikoelementet i rød klasse er mangelfulle prosedyrer og aksjonslister. For dette punktet må alle parter i prosjektet i felleskap gjennomgå behovet for og utarbeidelse av prosedyrer, viktig at byggherre styrer alle aktiviteter som bergsikring og injeksjon fra første salve.

Generelt for alle risikoelementene så er det en god investering i å være nøye med beskrivelse og oppfølging av prosedyrer, tekniske beskrivelser, arbeidsbeskrivelser, sikre rett utstyrsvalg samt følge opp dette underveis, fra utsendelse av anbudsdokumenter, gjennom en eventuell pre-kvalifisering, oppfølging av tilbud og ikke minst under oppstart tunnelarbeider og den langvarige perioden med tunneldriving. Det er viktig at de forberedende papirarbeidene blir fulgt opp både av entreprenøren selv og også av byggherrens stedlige prosjektstab. Uansett kontraktsform vil slik stedlig oppfølging være viktig.

Med tanke på risikovurderingen av elementer knyttet til valg av entrepriseformat så fant SINTEF ingen røde risiko-klasser. Dog, det er flere oransje, altså nest høyest risikoklasse i denne kategorien. Ved hjelp av god jobbing med preventive tiltak så er det sams forståelse blant de som deltok i arbeidet med foreliggende risikoevaluering under tunneldriving at det meste innenfor kontrakt kan håndteres og lede til en betydelig risikoreduksjon. Det krever imidlertid at man er grundig med utarbeidelse av kontraktstekster, tidsplaner og milepæler mm slik at det ikke ligger gjemte risiko-elementer i noe av dette materialet. Eksempelvis vil klare og entydige tekster, god forståelse, transparent bilde av prosjektet med tanke på mengder, geologi og byggetid eksempelvis være reduserende tiltak som ikke krever spesielt mye, men som gir god effekt.

4 Konklusjoner

Det er blitt gjennomført en prosess i prosjektet SuTu der partene som er involvert i det pågående arbeidet med utarbeidelse av forprosjektet for denne tunnelen har deltatt i en serie med møter for å klargjøre og identifisere risikoelementer og finne måter å håndtere disse. Dette er nedfelt i foreliggende notat som er en oppsummering av disse diskusjonene man har hatt i prosjektet.

På vegne av byggherren SuTu har SINTEF ført det hele i pennen og utarbeidet foreliggende notat. SINTEF skrev også korte referat fra de nevnte diskusjonsmøtene, de er vedlagt i foreliggende notat.
Den kvalitative risikoanalysen viser at det er et knippe risikoelementer som er røde og har en høy grad av risiko, men gjennom detaljerte, praktisk gjennomførbare og vel funderte kontraktstekster, anbudsdokumenter, prosedyrer og oppfølging under bygging er det fullt oppnåelig å gjennomføre selv denne lange tunnelen med begrenset risiko som er innenfor det som er håndterbart for prosjektet.

5 Skuvoyavgreining

SINTEF har fått i oppgave av pf Suduroytunnilin å risikovurdere en avgreining til Skuvoy, det foreliggende notatet er blitt oppdatert til å inkludere denne. Skuvoy ligger mellom Sandoy og Suduroy og det har blitt foreslått å drive en avgreiningstunnel fra Skuvoy og ned til planlagt hovedløp for deretter å drive både nordover og sørover til man treffer stuffene som drives fra Sandoy og Suduroy. Det har blitt utarbeidet en risikomatrise for en avgreining til Skuvoy, denne er vedlagt foreliggende notat. Fremgangsmåten i risikovurderingen er lik den som er beskrevet tidligere i dette notatet.

Tanken bak å drive fra Skuvoy er at man kan korte ned byggetiden ved å kunne drive på flere stuffer. Ved å få et tidligere gjennomslag, spesielt mot Sandoy, vil man kunne begynne etterarbeid tidligere. Dersom det fremlagte Alternativ 2 i Beslutningsnotatet kommer til utførelse så er det gitt i myndighets-behandlingen at det skal drives en avgreining fra Skuvoy og ned til hovedtunnelen.

Det ble avholdt et møte 11.09.2025 hvor temaet var mobilisering og tunneldriving fra Skuvoy og ned til hovedløpet og deretter driving av tunnelen i begge retninger, mot Suduroy i sør og Sandoy i nord. Deltakerne på møtet var fra pf Suduroytiunnilin Einar Brimnes, SINTEF ved Eivind Sjøbakk-Moe og Eivind Grøv, Norconsult ved Jens Petter Henriksen, Bjørn Anton Kleppestø, Thomas Seljordslia og André Svendsvoll Langnes, Landsbyggifelagid ved Gunnar Egil Poulsen, og Leif Tore Tømmerås. Eivind Grøv ledet møtet og hadde på forhånd utarbeidet en skisse til risikomatrise hvor sentrale risikoelementer og utfordringer ble tatt opp, dette fulgte man gjennom møtet. Eivind Sjøbakk-Moe noterte innspill underveis som er basis for foreliggende notat.

Som nevnt over er ett av argumentene for å drive tunnel fra Skuvoy at man kan redusere byggetiden for hele tunnelprosjektet. For å kunne realisere denne gevinsten er man dog avhengig av at driving av tunnelen fra Skuvoy og ned til hovedløpet i tunnelen går uten nevneverdig heft. Eventuelle forsinkelser vil raskt minske fordelen med å drive fra Skuvoy, derfor er man avhengig av at driving fra Skuvoy kan iverksettes hurtig og gjennomføres effektivt. Det er lagt opp til vekseldrift nordover mot Sandoy og sørover mot Suduroy når avgreiningen når ned til hovedløpet, men det er noe usikkerhet rundt

kompetansen på vekseldrift, i tillegg er vekseldrift på så stort tverrsnitt som det er snakk om erfaringsmessig lite effektivt.

Det er indikert fra myndighetene at en avgreining fra hovedtunnelen til Skuvoy kan fremkomme ved at man driver fra hovedtunnelen og opp mot øya, dette gjelder for Alternativ 1. Dette er imidlertid en løsning som ikke utløser noe potensial i forhold til å redusere byggetiden, snarere tvert imot vil det forlenge byggetiden. Og det vil heller ikke ha noen særlig negativ påvirkning på øya da minimalt med arbeider vil foregå derfra. Foreliggende risikoanalyse tar derfor ikke dette alternativet inn i vurderingen.

Rigging og etablering av en anleggsplass på Skuvoy er komplekst, det er begrenset med tilgjengelig areal og oppføring av alle nødvendige fasiliteter vil komme nært på lokalbefolkningen. I tillegg er man avhengig av å bygge opp en utskipningshavn for all tunnelsteinen. Videre er det viktig å dimensjonere konstruksjoner som skal settes opp etter forholdene, det kan være værhardt og det er ikke sikkert telt kan benyttes. Samt at Skuvoy er definert innenfor Ramsar som krever spesiell håndtering av miljøaspekter særlig knyttet til fuglelivet på øya, dette temaet er ikke dekket av foreliggende risiko-anlayse da denne gruppen ikke innehar kompetanse innenfor dette feltet.

Det er også sannsynlig at tilgang på vann ikke er tilstrekkelig for drivingen og at det derfor må settes opp løsninger som ivaretar vannforsyning, spesielt borriggen(e) bruker mye vann. El-drevet utstyr vil være vanskelig å ivareta (lastere og evt. transport) på Skuvoy da elektrisk kraft må baseres på aggregatdrift, miljøgevinsten vil da fordufte ved at man uansett må brenne fossilt brennstoff for å generere strøm. Den eneste fordelen med å gjennomføre El-drevet vil være at arbeidsmiljøet i tunnelen vil bli noe bedre.

Tilgang på forbruksmateriell, reservedeler, slitedeler osv. er begrenset grunnet øyas plassering. Slurry må mest sannsynlig blandes i Norge og deretter fraktes til Skuvoy, derfor må det legges opp til at man har tilstrekkelig lagringskapasitet slik at det kan gå en stund mellom hver levering. I tillegg kan været sette en stopper for leveranser og transport inn og ut. Dette er særlig kritisk dersom det skulle skje en ulykke som krever øyeblikkelig bistand. Derfor bør det kontraktsfestes hva slags kvalifikasjoner stedlig personell må inneha (medisinsk kompetanse, røykdykking). Det bør også legges opp til at redningskammer i tunnelen har ekstra oksygenkapasitet. Videre er det begrenset brannsluknings-kapasitet på Skuvoy, dette er noe prosjektet må etablere. Det legges opp til at anleggsplassen og lager-kapasitet på Skuvoy dimensjoneres for at anlegget kan drives fullt i 3 uker uten import eller eksport.

Som nevnt over er det begrenset med tilgjengelig areal på Skuvoy, og lokalbefolkningen kommer til å kjenne anleggsdriften på kroppen. For å ivareta og forberede innbyggerne på inngrepene og ulempene som tunneldriving fra Skuvoy vil medføre i byggeperioden er det veldig viktig å ha en tydelig plan og plattform for kommunikasjon. Byggeperioden vil kunne ha en varighet opp mot 6 år med tunneldriving, hvor lenge dette vil påvirke Skuvoy er vanskelig å si i og med at det vil være utførende entreprenør som gjennom sin gjennomføringsplan avgjør hvordan mest rasjonell tunneldrivingen vil kunne veksle mellom angrpespunktene fra Skuvoy, Sandoy og Suduroy.

Det er også sannsynlig at miljøorganisasjoner vil reagere dersom man skal drive fra Skuvoy, dette er noe prosjektet må forberede seg på og ha en tydelig plan for å håndtere og dette siste elementet henger sammen med øyas posisjon innenfor Ramsar.

SINTEF

Vedlegg 1. Risikomatrise Sudurøytunnelen
Vedlegg 2. Notater utarbeidet fortløpende etter hvert møte med ekstern tunnelekspert
Vedlegg 3. Risikomatrise Skuvoyavgreining

Type risiki	Kategori	Risikoelement	Sannsynlighet	Konsekvens	Risikoklasse	Risikoreduserende tiltak	Sannsynlighet etter tiltak	Konsekvens etter tiltak	Risikoklasse etter tiltak
Generelle risiki	Geologi	Uventede forkastninger eller svakhetssoner/svakhetslag som kan medføre ras og forsinkelser	3	4		Sonderboring MWD/ Prosedyrer/ tilstede med bemanning/kartlegging/ forward prediction. Observer returvann, penetrasjon, matekraft etc sonderboring, alle MWD skal være kalibrert og online. Utvid tverrsnittet 20-30 cm for ekstra sikring når sonderboring indikerer dårlig bergmassekvalitet. Støpeskjold er ikke første prioritet å få på plass, heller forbolter, buer. Ha steinmasser tilgjengelig for å demme opp for ras. Støpeskjold kommer først senere, men er fysisk på anlegget. Beredskap også med nøkkelpersoner som raskt kan bistå. Det er neppe regningssvarende å bruke veldig store ressurser på nye undersøkelser – den undersjøiske delen er 18,5 km	1	2	
		Kritisk lav overdekning, feil i grunnlaget, under-søkelsene misset, innlekkasje av vann og utfall på stuff	3	5		Bore oppadrettede sonderborhull Seismikk (utført i 22 of 23) vil før tunneldriving gi bedre grunnlag for beslutning av minste overdekning. Foreløpig seismikk viser lite løsmasser i fjorden – dvs. kvalitetsmessige gode resultater Gode erfaringer med tidligere prosjekter der man har hatt som minste overdekning 32 meter. Beredskap også med nøkkelpersoner som raskt kan bistå.	1	1	
		Generelt mer oppsprukket bergmasse enn forventet, vannførende og dårlig stabilitet	5	3		Planlegge for tiltak, ha utstyr på anlegget, være beredt alltid, har god erfaring med dette på FO. Prosedyrer og responsplaner tilgjengelig. Beredskap også med nøkkelpersoner som raskt kan bistå.	1	3	
		Nedfall og lokale instabiliteter, Småfallent og oppsprukket berg	4	3		Bruke samme sikringsoppsett som på EST – men legge 80 mm sprutbetong i heng i hele tunnelen – og ellers sikre seg ferdig med permanent sikring så mye som mulig og så tidlig som praktisk mulig bak stuff	1	2	
		Kaviteter	3	3		Som over Injeksjonsopplegget må tilpasses det man faktisk erfarer og tolkes rett. Må ha ulike resepter for ulike situasjoner. Salint vann må hensyntas om det opptrer – saltet kan akselerere injeksjonsmassen. Beredskap også med nøkkelpersoner som raskt kan bistå.	1	3	
		Bergspenninger, lave eller høye	3	3		Ha sikringstiltak tilgjengelig og prosedyrer samt tilstedeværelse på stuff av kompetent mannskap hos BH så vel som Entrpr. for å treffe rett tiltak til rett tid. Beredskap også med nøkkelpersoner som raskt kan bistå.	1	2	

	Begrenset informasjontilgang – i forkant av tunneldriving – setter krav til alt som gjøres under bygging	5	2		Må sette vår lit til Sonderboring, MWD/TSP/prosedyrer (som over) der resultater håndteres fortløpende av kompetent mannskap og som har myndighet til å ta raske beslutninger. Det må være tilgang til nett i tunnelen og MWD og all annen informasjonstilgang sendes de to partene fortløpende/umiddelbart. Både BH og entrepr. har tilgang på erfarne mannskap som kan mobilisere raskt for å bistå i beslutningstaking. Beredskap også med nøkkelpersoner som raskt kan bistå. For alle ovenstående hendelser kan risiko reduseres ved å ha en detaljert beredskapsplan tilgjengelig der situasjoner er godt beskrevet og tiltak utmeislet	2	1	
	Ras bak stuff	2	3		Gjøre så mye sikring som praktisk mulig på stuff, lukke profilet så raskt som mulig. Støpe skjold tilgjengelig på anlegget fra oppstart.	1	2	
Utforming og design	Lange stufflengder – opp mot 10-14 km – sjeldent for B&S. Fare for reduksjon av produksjon pga dårlig planlegging og suboptimal logistikk. Kan lede til økt drivetid og dermed høyere kostnader. Brann i tunnel ekstra utfordrende mtp lengde.	5	4		Grundig planlegging – logistikk – prosedyrer for kjente og ukjente situasjoner. Håndtering av vann, fordrøyning og pumpekapasitet. Det er ikke toleranse for avvik på lekkasjekrav	3	3	
	To lavbrekk, mellom ett høybrekk vil fungere som vannlås. Stor vann-innlekkasje på punkter med to lavbrekk mellom et høybrekk.	5	5		Etablere midlertidig pumpesump i lavbrekk – sikre utpumping ved uønskede store innlekkasjer. Beredskapsmagasin. Strengt krav til innlekkasje, STU hadde i snitt ca. 12 liter per min per 100 m. Gode evakueringsrutiner.	3	4	

	Ventilasjon – lang vei for transport av luft ut fra stuff – opphoping av avgasser i tunnelen.	5	4		Redusere dieselbruk på biler, sjekke sprengstoff som avgir mindre gasser, elbiler, ellaster ++ Krever stor ventilasjonskapasitet eks.vis 2 stk 2,5 m dia ventilasjonsduker – plassbehov kan få betydning for tunneltverrsnitt	4	2	
	Biltransport av sprengstein, dårlig luft, skader, påkjørsler og brann	5	1		Erstatte dieselbiler med transportbånd drevet på EL, vil kunne kreve knusing bak stuff, neppe tids- og kostnadseffektivt så vil nok ikke være et realistisk alternativ	4	3	
	Biltransport av sprengstein, dårlig luft, skader, påkjørsler og brann	5	1		Alternativ med Tverrslag til Skugvøy som kan avhjelpe noe, men usikkert hvor mye og til hvilken kostand - det er lite trolig at tiltaket gjennomføres av tids- og kostnadsmessige årsaker. Dessuten ved tunneldriving fra hovedløpet og mot Skugvøy starter arbeidene med grentunnelen sent i tidsplanen og vil kun være tilgjengelig i en kortere periode av selve tunneldrivingen	4	3	
	Lang Byggetid 10-14 km på hver side, eksponert for risiko over en lang tidsperiode	3	4		Seksjonsvis ferdigstillelse, arbeidstid 24/7, parallelle aktiviteter som kan øke kapasiteten, risiko for økt sannsynlighet for arbeidsuhell. Unngå at uttransport blir fremdriftshemmende – kjippe til mellomlager, kjøre ut på tidsrom med stillstand Kunne stilt saken motsatt; hva skjer om man ikke gjennomfører tiltakene listet over	1	2	
	Kontraktuell Byggetid – ikke sammenheng mellom modeller og virkelig	4	3		Bruke byggetidsmodellen med forsiktighet slik at man ikke overdriver inndriftskapasiteter – byggetid må speile mengdelister og geologisk rapport og nødvendige tiltak for sikker og trygg tunneldriving	2	3	
Organisasjon	Mangelfull geologisk oppfølging, kapasitet og faglig – manglende faglig kapasitet. Kan føre til feilvurderinger mtp sikrings-tiltak og dårlige løsninger for driving.	4	4		Etablere/leie inn flere personer med ing.-geologisk bakgrunn, fylle opp entreprenørens skiftplan, trene opp og lære av hverandre. Må ha kapasitet og ressurser på begge sider. En tilleggsutfordring er at det er tidsmessige en lang reise fra den ene stuffen til den andre, derfor må det være tilstrekkelig bemanning på begge sider, samtidig gir én stuff for lite oppfølging til at det kan være 100% stilling.	2	3	

Mangelfulle prosedyrer og aksjonslister	4	4		Gjennomgå med alle parter i prosjektet i fellesskap behov for prosedyrer og hvilke. BH må styre alle aktiviteter som bergsikring og injeksjon og ta ansvar for dette fra første salve.	1	2	
Dårlig kommunikasjon BH - Entreprenør. Kan føre til misforståelser, forsinkelser, feil utføring, tvister	5	4		Etablere og oppnå konsensus på prosedyrer og bygge tillit og respekt for hverandre på anlegget. Arrangere møter/faglig tema for å bedre forstå hverandre og samarbeide/løse utfordringer i nåtid. Ha møter med fasilitator om påkrevet. Etablere Referansegruppe som har fungert godt på alle 4 undersjøiske tunneler på FO (men opererer i ettertid)	1	3	
Mangelfull intern kommandolinje i BHorganisasjonene	3	4		Prosedyrer og stillingsbeskrivelser, ansvarsmatrise alt etableres og briefes med SuTu-ansatte og entreprenør	1	2	
Usikre på mandat og ansvar i BHorganisasjonen	5	2		Se over	1	1	
Kontrahert entreprenør mangler tunnelerfaring med undersjøiske tunneler og vulkanske bergarter	3	2		Prekvalifisering, krav, dokumentasjon og prosedyrer. Må være sammenheng mellom tilbudt mannskap i tilbud og virkelig mannskap som stiller på startstreken	2	2	
Mye arbeid og personell mange steder i tunnel, skader på personell og brann	5	3		Personbrikker og prosedyrer for hvor enhver person er til enhver tid i tunnelen og også pågående aktiviteter. Alle i tunnelen har egen radio for kommunikasjon, mye forbedret etter EST – og ikke minst PPE. Prosjektspesifikt sikkerhetskurs for alt personell som skal inn på anlegget.	1	3	

	Massetransport og konflikt med kjøretøy og miljø. Kollisjon mellom transport-kjøretøy, påkjørsel av personell, brann.	4	4		Det vil være opp mot 10 stk semitrailere i gang på hver side når transporten er på sitt lengste, man må sørge for best mulig utnyttelse og effekt, fast dekke eksempelvis for uttransport og massetransport som ikke er til hinder for fremdriften. Sikkerhet som i punktene over.	3	3	
	Utstyr som svikter/feiler i kritiske øyeblikk. Spesielt pumpeutstyr.	4	5		Funksjonstesting og kontroll av utstyr regelmessig. Utarbeide vedlikeholdslister og testprogram for utstyr. Tilstrekkelig tilgang på kritisk utstyr som pumper.	2	2	
	Konflikt og konkurranse mellom ulike selskaper på hver side med to kontrakter og høy grad av uønskede hendelser	5	2		Trygg og sikker tunneldriving er viktig, velge én entreprenør til all tunneldriving gjennom én kontrakt	1	2	
Entrepriseformat	Fastpris – kamp for ethvert sikringstiltak, fare for undersikring og for stor vannlekkasje	5	1		Velge enkel enhetspriskontrakt med god risikodeling mellom Byggherre og entreprenør. Om man velger en fastpriskontrakt må det settes svært tydelige krav på funksjon, levetid etc Ingen format for entreprisekontrakter er perfekte og håndterer alle forhold – fastpris dersom det er forventet gjennomgående likeens forhold, mens risikodeling ved bruk av enhetspriser dersom det er usikkerhet knyttet til at det ikke blir gjennomgående likedan forhold	3	2	
	Uklare og ukjente krav til risiko	2	2		Må jobbes med kontrakt og ansvar, risiko for å unngå grensesnitt med tvil og uten tvetydigheter og uklarheter	1	1	
	Dårlig PQprosess og uerfaren Entrpr. Får jobben	3	3		Gjennomføre grundig PQ, ha klare krav til entreprenøren, kreve dokumentasjon på erfaring, bemanning, utstyr, prosedyrer, ikke være ettergivende i kontraktsforhandlinger	1	2	
	Tidsplan og milepæler, entreprenør sliter med milepæler	3	2		Legge til rette for at entrpr har god tid i oppstartsfasen – ikke presse på unødvendige milepæler. Stram styring på de viktige milepælene	1	2	

		Tidsplan og milepæler	3	1		Legge til rett for at tunnelstuffen er på plass når tunnelentreprenør kommer samt at alle fasiliteter som vann, strøm, tipp etc er på plass, ingen tvister ved oppstart, alt er rigget og klargjort til tunnelentreprenøren som kan starte etter Plug&Play-prinsippet	1	2	
		Manglende sikkerhet ved tunnelarbeid ene	2	2		Stille krav til utstyr og tilstand, Euro-klasser, alle krav må reflekteres nedover til UE, rednings-kontainere fordelt utover tunnelens lengde, alle må vite hvor alle kontainere er – opplæring i sikkerhet i alle ledd	1	1	
		Feil kontrakt som ikke er egnet for tunneldriving under Atlanterhavet	1	4		Færøyenes særskilte stilling utenfor EU gir frihet til å velge format og innhold tilpasset prosjektet som det er gjort tidligere – ta med læringspunkter fra EST og VTU/NTU og skreddersy til dette prosjektet spesifikt.	1	1	
		Uklar kontrakt, tvetydige kontraktsbeskrivelser, ukjente prosesser og elementer skaper mistro og usikkerhet som gir taktisk prising	5	2		Kjente prosesser – standard tekster, invitere til økt samarbeid, Raushet og Åpenhet, insentiver, enighet og ens forståelse av utfordringer og oppgaven fra Dag 1. Samhandlingsprosess – i hvert fall en prosess der man gjennomgår alle forhold – gjerne 1 til 1 under tilbudsevaluering for å klargjøre forventninger til hverandre	1	2	
Spesifikke risiki	Boring & sprengning Fullt tverrsnitt	Ras på stuff	3	3		Prosedyrer, sonderboring ++, stopp driving ved tvil, utvid tverrsnittet om nødvendig	2	2	
		Innlekkasjer og innbrudd av store vannmengder Drukning av stuff	2	4		Sonderboring ++, forinjeksjon, bedre én omgang for mye enn én for lite, ha på lager ulike løsninger for pakkere, BOP light, Stand up Pipes etc. Ta ut pumpesumpene underveis, muligheter for fordrøyning (lekkasjevannet går ut i vegkroppen før det går i drensrøret), men kan alltids øke kapasitet på drensrør. Behovsprøvd injeksjon	2	2	
		Brann i utstyr/kjøretøy. Lange transportdistanser, dog ikke spesielt bratt	3	2		Kontroll av kjøretøy og sjåfører, droppe fossile kjøretøy	2	2	
		Ras bak stuff – dårlig/ mangelfullt utført/feilakt ig kartlagt	3	3		Kontroll av uavhengig, sidemannskontroll	2	2	

		Dårlig inndrift, plunder og heft, ras i borhull etc	3	2		Prosedyrer og planlegging	2	1	
		Påtreffe kaviteter og injeksjonspro blemer	2	3		MWD/TSP/sonderboring/tilpasse injeksjonsprosedyren til forholdene og bruke gode blanderesepter	2	2	

LM-066/2025

SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Internt Prosjektnotat vedr tunneldriving med Boring & Sprengning

Oppsummering Teams-møte med Leif Tore Tømmerås

VERSJON	DATO
02	2023-05-24

FORFATTER(E)
Eivind Grøv

OPPDRAGSGIVER(E)	OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
SuTu	Teitur Samuelsen

PROSJEKTNUMMER	ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
102029363	6 + 2 Bilag/vedlegg

Sammendrag

Dette notatet summerer opp risikoelementer som ble diskutert i et Teamsmøte mellom Norconsult, SuTu og SINTEF der Leif Tore Tømmerås var invitert til å delta for å dele sine erfaringer som entreprenør på prosjekter på Færøyene og generelt ellers.

Det var i forkant av møtet delt en risikomatrise mellom deltakerne for temaet tunneldriving med konvensjonell boring & sprengning og dette gitte prosjektet.

De diskuterte punktene er listet i foreliggende notat

UTARBEIDET AV	SIGNATUR
Eivind Grøv	

GODKJENT AV	SIGNATUR
Klikk eller trykk her for å skrive inn tekst.	

PROSJEKTNOTAT NR	GRADERING
[Klikk eller trykk her for å skrive inn	Åpen

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
01	2023-05-11	Utgitt etter møtet den 9. mai 2023
02		Utgitt med koordinering mot referat nr. 2 datert 24. mai 2023

Innholdsfortegnelse

1 Kulepunkter med risikoelementer fra diskusjonen med Tømmeråss og prosjektet SUTu 4

2 Neste møte 6

BILAG/VEDLEGG

Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon tunneldriving boring & sprengning den 9. mai

Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon organisasjon & entrepriseformat den 23. mai

LM-066/2025

SINTEF

1 Kulepunkter med risikoelementer fra diskusjonen med Tømmerås og prosjektet SUTu

Dette utformes som et prosjektnotat da jeg ikke klarte å finne malen for Møtereferat i Templafy, slik er det med de som er vant til å ha 'Skrivedamer' som gjør skrivejobben.

Den 9. mai 2023 ble det avholdt et møte med Leif Tore Tømmerås, tidligere NCC-ansatt og med en lang erfaring med tunneldriving, også på de undersjøiske tunnelene som NCC har drevet på Færøyene. Hensikten med samtalen var å få en entreprenørs tanker omkring risikoelementer for tunneldriving under sjøen – les under Atlanterhavet. I det følgende er listet de elementer som kom frem, det ble benyttet en basis som undertegnede oversendte i forkant til alle deltakerne i Teams-møtet. I tillegg til Tømmerås deltok Klæmint i EST pf, Teitur Samuelsen og Einar Brimnes i SuTu og Jens Petter Hensriksen fra Norconsult. Foreliggende notat er knyttet til risikoelementer vedrørende tunneldriving med konvensjonell boring og sprengning, og er møte nr. 1 i en serie av møter knyttet til planleggingen av Sudurøytunnelen.

Hensikten med møtet og de etterfølgende punktene er at det skal hensyntas i utarbeidelsen av risikomatriser for prosjektet.

- Legge til rette for at det er god tid til oppstartsfasen for tunnelentreprenøren, viktig for entreprenøren å komme godt i gang, få utstyr og materialer på plass, ikke mase unødvendig for å nå en tidlig milæpel som kan hende har liten betydning for de resterende 22 km med tunnel som skal drives.
- Gjerne legge opp til at en del arbeider kan etableres i forkant av at tunnelentreprenøren etablerer seg på byggeplassen, dette kan inkludere påhugg (til påhuggsflate ferdig sikret og merket for tunnel), riggområder, drenasje og overvann, eventuell beskyttelse og plastring etc.
- Tunneltverrsnitt, det vil kreves stor viftekapasitet, Tømmerås er av den oppfatning at det er behov for to ventilasjonsrør (sirkulære rør av membranduk) som hver seg er 2,2 meter i diameter og at det er behov for en fri høyde på 4,2 meter under disse rørene. Dette plassbehovet kan få betydning for tverrsnittet, og kan hende må man se på tverrsnittsutformingen på basis av dette plassbehovet i og med at byggetiden kan bli i størrelsesorden 4-6 år.
- Massetransport, det vil bli behov for opp mot 10 stk semitrailere på hver side når stuffene begynner å bli lange. Det beste vil antakeligvis være å kjippe steinmasser til mellomlager i tunnelen og kjøre ut derfra.
- Mellomlager og omlasting i for eks. tekniske bygg.
- Beredskap ved uforutsette vanskelige soner, det er normal prosedyre å ha støpeskjold på anlegget så tidlig som mulig og senest når man starter driving under sjøen. Ved EST har det vært to hendelser med ras på stuff, støpeskjold ble ikke aktivert. Det ble sagt at støpeskjoldet unngår man om man kan. Bruker heller betong/sprøytebetong/skyver steinmasser mot stuff etc. for å stabilisere en tiltakende rasutveikling. Støpeskjold er tidkrevende å få på plass og få reist, også med endesteng mot stuff. Det ble konkludert med at man må ha prosedyrer for injeksjon og sonderboring, strenge krav til innlekkasje og satse på buer og som nevnt betong og sprøytebetong uten å mobilisere støpeskjold. Like fullt, å ha et støpeskjold på anlegget har en verdi ved behov for å kunne sette en støp som endelig sikring i et rasparti.
- Ved mistanke om svakhetssoner/dårlig bergmasse som følge av sonderboring og annen informasjon skal det utvides tunnelprofilet, bruke spiling /E1000-sprøytebetong, det må inntas målinger/oppfølging.

- Signaler på svakhetssoner kan være farget returvann (grønnaktig) ved sonderboring og tap av borvann som de mest iøynefallende under tunneldriving.
- Det ble snakk om TSP som et mulig supplement til sonderboring. For dette prosjektet spesielt er det viktig å samle inn informasjon under driving så godt som mulig og om TSP kan bidra til øke forståelsen etter sonderboring så er det positivt, og også kople det mot MWD. Det ble uttrykt tvil om TSP kunne gi merverdi basert på den horisontale lagdeling på Færøyene og de erfaringer man har med seismikk i slike omgivelser.
- Vannlekkasjer, det ble diskutert ulike løsninger knyttet til pakkere; BOP light, Stand pipe, NCC's løsning på EST osv. Det må beskrives løsning i anbudsdokumentet. Samtidig er det viktig med faglig tyngde innen geofag i den daglige oppfølgingen og stedlig byggeledelse.
- Drukning på stuff. Uforutsett vannlekkasje. Ta ut pumpesumpene langs tunnelstrekningen for å kunne lede til fordrøyning. Etablere volum under drivingen som kan fordrøye til en viss grad innlekkasjene. Lage prosedyrer og opplegg for håndtering- Unngå høybrekk som vil skape vannlåser og potensielt stenge inn folk/utstyr.
- Innlekkasje. EST ble dimensjonert med et innlekkasjekrav på 200 liter per min per km, men virkelig var nok i størrelsesorden 10-12 liter per min per km. Med tilsvarende dimensjonerende innlekkasje så blir innlekkasjen om lag 4500 liter per minutt totalt for SuTu, dette er da kontinuerlig innstrømming av vann som ender opp i pumpebassenget og skal pumpes opp og ut av tunnelen.
- Innlekkasje tillegg. Ingen grunn til å kjøre systematisk injeksjon i undersjøisk tunnel – behovsprøvd, men viktig å følge prosedyrer med sonderboring og lekkasjemålinger. Husk hullfylling på kontrollhull – ikke la lange hull stå åpne – de vil kunne være sugerør inn i vann magasinert på diskontinuiteter.
- Injeksjon – hvem styrer injeksjonen. Det skal være byggherren, gjennom prosedyrer og tung ingeniørgeologisk kompetanse på anlegget. Viktig å ha kontroll på risikobildet, noen kg sement ekstra er helt OK.
- Stabilitetssikring. Det ble påpekt et ønske fra SuTu om å legge sprøytebetong i hele tunnelhengen gjennomgående, det er suboptimalisering å legge dette flekkvis. Ellers er konklusjonen at stabilitetssikring som er anvendt sålangt, med EST som det siste har fungert godt etter de prinsipper man har anvendt. Dette med en sikringstabell og bestemmelse av sikring entreprenør sammen med byggherre i en felles gjennomgang.
- 1 eller 2 kontrakter. Trygg og sikker tunneldriving er viktig, ikke nødvendigvis en fordel å invitere til konkurranse mellom to entreprenører, eksempelvis ved å ha én entreprise på driving fra Skarvanes og én annen entreprise på driving fra Sudurøy.
- Sikkerhet ved tunnelarbeider. Stille krav til årsmodell på transportutstyr, tilstand og Euro-klasse. Krav til hoved-entreprenør som stiles videre til UE, kontroll på kjøretøy. Videre sikkerhetsutstyr som redningscontainere, ikke bare på stuff, men også videre ut gjennom de lange tunnelstuffene.
- Radiokontakt med personell i tunnelen, person brikker. Det må være system for besøkende som følges inn i tunnelen, registrering og kontakt. Antall personer i tunnelen kan fort bli opp mot 20 stk under driving, samtidig som det er tilfeldige personer der samtidig, fordelt på ulike plasser. Viktig å vite hvor alle befinner seg til enhver tid.
- Transport, det ble diskutert type transport og i den sammenheng ble meldt at Semi-trailere bør benyttes fra mellomlager og ut. Diskusjonen gikk også på avstanden mellom hvert mellomlager, og ca. 1500 meter ble nevnt som en vettug avstand.
- Seksjonsvis ferdigstillelse. Dette ble diskutert og det oppfattes som enighet om at transport på asfaltert såle er fordelaktig, særlig med semi-trailere. Ellers er de en diskusjon hvordan seksjonsvis ferdigstillelse skal gjennomføres, spesielt med tanke på hyppighet og varighet av stans for å

ferdigstille seksjoner. Dette må tilpasses. Det ble nevnt at seksjonsvis ferdigstillelse var tidvis blitt utført på EST.

- Ras bak stuff. Det er fordelaktig å gjøre så mye som mulig på stuff, nært ferdig sikret. Spørsmålet er om man kan la veggene stå usikret og drive stuffen videre med tanke på å ettersikre senere. I følge Leif Tore er det fordelaktig å lukke profilet med en gang når man først holder på med dette slik at det er sågodt som ferdig sikret når stuffen drives videre.
- Ventilasjon. En av de store utfordringene i dette prosjektet spesielt er knyttet til ventilasjon under bygging. Det er fordelaktig å drive på synk med tanke på ventilasjon, da får ventileringen hjelp fra den såkalte pipeeffekten, det vil si at varm luft trekker oppover. Drives en så lang tunnel på stigning så vil man måtte dimensjonere ventilasjonen for å skyve luft nedover (altså i motsatt retning av den veien luften vil gå selv).

2 Neste møte

Nest møte planlegges 23. mai klokken 1400 (norsk tid – altså 1300 Torshavn). Eivind kaller inn og tema vil være organisasjon og entrepriseformat. Se vedlegg 2 under for forberedelser.

BILAG/VEDLEGG

Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon tunneldriving boring & sprengning den 9. mai
Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon organisasjon & entrepriseformat den 23. mai

Vedlegg 1. Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon tunneldriving boring & sprengning den 9. mai

	Symptom og hendelser	Vil det opptre?	Årsak	Tiltak – hva skal man gjøre for å unngå situasjonen	Innspill fra risikodiskusjonen
Boring & sprengning Fullt tverrsnitt	Sen oppstart, langvarig 'ramping up' periode, haltende inndrift i starten, på etterskudd fremdriftsplan,	Sannsynlig	Mangel på utstyr, mangel på leverandøravtaler, mangler/dårlig akkordavtale	Planlegge, gi god tid til mobilisering og oppstart	
	Dårlig samarbeidsklima på anlegget – dårlig inndrift, mye korrespondanse – feil fokus	Sannsynlig	Organisatoriske forhold, egen tabell	Klarlegge forventninger – stille til start med felles mål og avklarte forventninger til hverandre	
	Ras på stuff Tap av tunnel	Sannsynlig	Senket 'guarden', blitt for selvgod, mangler eller ikke trent på bruk av utstyr (støpeskjold), ikke tilgjengelig tiltak, ikke identifisert problemet i god nok tid, fokus på inndrift og ikke på trygg driving,	Prosedyrer, sonderboring ++, stopp driving ved tvil, utvid tverrsnittet om nødvendig og klargjør for tung sikring. Lage prognoser basert på kartlegging og erfaringer	
	Vannlekkasjer/vannin nbrudd/ Drukning av stuff Tap av tunnel	Lite sannsynlig, men stor konsekvens	For slapt krav til maks inn-lekkasje, drar på seg uønsket mye vannlekkasjer, uegnete injeksjonsmateriale, mangler tiltak, følger ikke prosedyre/feil	Sonderboring ++, forinjeksjon, bedre en omgang for mye enn en for lite, funksjonsstyrte prosedyrer, åpenhet og diskusjon. Tydelig kontrakt. Evaluere og modifisere injeksjonsprosedyre i fellesskap basert på erfaringer+kunnskap Lage prognoser	

			prosedyre eller mistolket situasjon		
	Stabilitetsproblemer med småfallent og oppsprukket berg - nedfall	Sannsynlig, men lav konsekvens – kan få stor konsekvens	Dårlig rensk, for sent sikret, ikke rett sikringsmidler, ikke tolket situasjonen rett	Sikringstabeller og system (fungerer det som er blitt etablert tidligere?),Q-systemet, kartlegging og observasjoner av geologiske forhold, samarbeide og respekt BH/Entrpr. Tydelig kontrakt	
	Brann i utstyr/kjøretøy. Lange transportdistanser, dog ikke spesielt bratt	Sannsynlig	Uegnet kjøretøy, drivstoff-lekkasjer, varmgang i bremser, utrente sjåfører, stress og hardt kjør på UE,	Kontroll av kjøretøy og sjåfører, droppe fossile kjøretøy, UE-kontrakt, vedlikeholdskontroll	
	Ras bak stuff – dårlig/ mangelfullt utført/feilaktig kartlegging	Sannsynlig	Fokus på inndrift, for sent ute med tilstrekkelig sikring, suboptimalisering av utførelse, uenighet/ diskusjon om sikrings-omfang og kostnadsdeling	Kontroll av uavhengig instans, sidemannskontroll, entydige avtaledokumenter og sikringssystem Oppfølging av stabilitet, fysiske målinger om nødvendig	
	Dårlig inndrift gjennomgående, plunder og heft, ras i borhull etc	Sannsynlig	Bergmassens egenskaper,	Prosedyrer og planlegging, testing av bergartsegenskaper, kartlegging av oppsprekkings-grad, lage prognoser basert på geologisk rapport og kartlagte geologi i tunnel Romslig tidsplan som ikke fremprovoserer	

				unødvendig press – entrpr. skal se muligheter, ikke begrensninger	
	Påtreffe kaviteter og injeksjonsproblemer, høyt masseforbruk og mye tid – forsinkelser	Lite sannsynlig	Bergets oppbygging, men er det virkelig kaviteter, prøve å finne ut om det faktisk er kaviteter og ikke resultat av høytrykksinjeksjonen	MWD/TSP/sonderboring /tilpasse injeksjonsprosedyren til forholdene og bruke gode blanderesepter – begrense injeksjonen Alternative løsninger med etterinjeksjon systematisk	
	Dårlig vegbane, liten bæreevne i sprengsteinen, mye finstoff, forsinker fremdrift og øker sannsynlig-heten for uhell ved transport og trafikk i tunnelen	Sannsynlig	Bergmassens beskaffenhet, kjent problem på FO, mye finstoff, dårlig bæreevne	Masseutskiftning, seksjonsvis delvis ferdigstillelse, legge første lag av asfalt	
	Seksjonsvis ferdigstillelse kan medføre risiko for skader og uhell	Sannsynlig	Masse folk i tunnelen, foregår arbeider ved flere ulike lokaliteter	Unngå at tunneldriving og ferdigstillelse foregår samtidig, avgrense arbeidsområder, skille aktiviteter,	

SINTEF

Vedlegg 2. Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon organisasjon & entrepriseformat den 23. mai

Kategori	Risikoelement	Sannsynlighet	Tiltak	Sannsynlighet etter tiltak	Innspill fra diskusjonen
Organisatoriske	Mangelfull geologisk oppfølging, kapasitet og faglig hos BH	Veldig sannsynlig	Etablere/leie inn flere med ing.-geologisk bakgrunn, fylle opp entreprenørens skiftplan, trene opp og lære av hverandre	Lite sannsynlig	
	Mangelfulle prosedyrer og aksjonslister og kontroll-punkter i prosjektet (BH + Entrpre)	Veldig sannsynlig	Gjennomgå med alle parter i prosjektet i fellesskap behov for prosedyrer og hvilke	Lite sannsynlig	
	Dårlig kommunikasjon BH - Entreprenør	Veldig sannsynlig	Prosedyrer og tillit og respekt for hverandre	Lite sannsnynlig	
	Mangelfull intern kommandolinje i BH-organisasjonene	Sannsynlig	Prosedyrer og stillingsbeskrivelser, ansvarsmatrise	Lite sannsynlig	
	Usikre på mandat og ansvar i BH-organisasjonen	Veldig sannsynlig	Se over	Lite sannsynlig	
	Mangel på tunnelerfaring med undersjøisk og vulkanske bergarter hos Entrpr.	Veldig sannsynlig	Prekvalifisering, krav, dokumentasjon og prosedyrer	Sannsynlig	
	Mye arbeid og personell mange steder i tunnel	Veldig sannsynlig	Personbrikker og prosedyrer for hvor enhver person er til enhver tid i tunnelen	Lite sannsynlig	
	Mangelfull intern kommandolinje hos entreprenøren	Sannsynlig	Kreve bemanningsplan, stillingsbeskrivelser og organsiasjonsplan med beslutningsmatriser og ansvar begrensninger (hvor store beløp kan		

			stedlig plassjef forplikte selskapet)		
	Regelrett underbemanning og feil ressurser på anlegget, det kan gjelde både BH og entreprenør – vil gi lang beslutningstakingstid , tap av tid og momentum, mangelfullt utstyr ++	Sannsynlig	Sikre en god entreprenør, et entydig kontraktsgrunnlag og kontrakt, samt tilstrekkelig og rett bemanning		
Entrepriseformat - kendte metoder og regelsæt, samt at benytte entreprenører, som har kendskab til" nordisk/norsk" byggekultur og regelsæt	Fastpris – kamp for enhver bolt etc.	Veldig sannsynlig	Tydelige krav på funksjon etc	Sannsynlig	
	Konflikt knyttet til risiko-delingen. Alt må være i samme format, enten all risiko på BH eller all risiko på Entrpr.	Lite sannsynlig	Må jobbes med kontrakt og ansvar, risiko for å unngå grensesnitt med tvil. Risiko kan evt, deles; all geologisk risiko på BH – all annen risiko på Entrepr.	Veldig sannsynlig	
	Mangel på prekvalifisering og uerfaren Entrpr. Får jobben	Sannsynlig	Gjennomføre grundig PQ, kreve dokumentasjon på erfaring, ikke være ettergivende i kontraktsforhandlinge r	Lite sannsynlig	
	Geologisk rapport – Mengdelister – Byggetid gir forskjellige bilder av forventningede	Sannsynlig	Presentere all informasjon på ensartet vis slik at de ulike lagene bygger på hverandre til et enhetlig felles bilde. Mengder skal være de vi faktisk forventer kommer til utførelse	Lite sannsnynlig	
	Byggetid gitt for stram i forhold til arbeidsmengde	Sannsynlig	Heller legge byggetiden med synlig slakk i selve drivefasen	Lite sannsnylig	
	Geologisk rapport vil aldri gi det fulle og	Veldig sannsynlig =	Bygge inn tillit til at Forundersøkelser +	Sannsynlighet for uventede	

	det hele bildet av geologiske forhold = 18 km undersjøisk trasé	stor risiko for alle parter	undersøkelser under driving gir et komplett bilde som det kan bygges etter	geologiske forhold uansett	
	Enhetspriskontrakt som inviterer til spekulative tilbud	Sannsynlig	Lage klare grensesnitt, tydelige og utvetydige beskrivelser og informasjon, bruke kjente avregningsmåter og oppgjørsformer, spesiell tekst så lite som overhodet mulig, kvalifisere egenskaper med tall/kvantitative beskrivelser.	Lite sannsnynlig	
	Mangel på åpenhet – suboptimal gjennomføring både med hensyn på tid og kostnad – tapt anseelse for alle parter	Sannsynlig	Utveksle informasjon, dele geologisk kartlegging og all annen datainnsamling, alt fra dag 1 for å underbygge de facto et tillitsforhold og samarbeid mellom to parter – vi skal krysse polen sammen, da må vi stole blindt/100% på hverandre	Lite sannsnynlig	
	Vi skal gjøre noe som ingen andre har gjort før – ikke anledning til å feile				

LM-066/2025

SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no
Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Internt Prosjektnotat vedr. Risikoelementer vedr. Organisering og Kontraktformat

Oppsummering Teams-møte med Leif Tore Tømmerås og Kristian Storhamar

VERSJON	DATO
01	2023-05-24

FORFATTER(E)
Eivind Grøv

OPPDRAGSGIVER(E)	OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
SuTu	Teitur Samuelsen

PROSJEKTNUMMER	ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
102029363	6 + 2 Bilag/vedlegg

Sammendrag

Foreliggende notat summerer opp risikoelementer som ble diskutert i et Teamsmøte mellom Norconsult, SuTu og SINTEF der Leif Tore Tømmerås og Kristian Storhamar var invitert til å delta for å dele sine erfaringer som entreprenører på prosjekter på Færøyene og generelt ellers.

Det var i forkant av møtet delt en risikomatrise mellom deltakerne for dette temaet og dette gitte prosjektet. Temaet var organisering og kontraktfor,at.

De diskuterte punktene er listet i foreliggende notat

UTARBEIDET AV	SIGNATUR
Eivind Grøv	
GODKJENT AV	SIGNATUR
Klikk eller trykk her for å skrive inn tekst.	
PROSJEKTNOTAT NR	**GRADERING**
[Klikk eller trykk her for å skrive inn	Åpen

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
01	2023-05-24	Utgitt etter møtet den 23. mai 2023

Innholdsfortegnelse

1 Kulepunkter med risikoelementer fra diskusjonen med Tømmerås/Storhamar og prosjektet SUTu 4

2 Neste møte 6

BILAG/VEDLEGG

Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon organisasjon & entrepriseformat den 23. mai
Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon geologi & utforming den 5. juni

SINTEF

1 Kulepunkter med risikoelementer fra diskusjonen med Tømmerås/Storhamar og prosjektet SUTu

Foreliggende notat utformes som et internt prosjektnotat og er møte nr. 2 i en serie av møter knyttet til planleggingen av Sudurøytunnelen, en nær 23 km lang tunnel mellom Sandøy og Sudurøy, og ulike typer risikoelementer i den forbindelse. Notatet er knyttet til risikoelementer vedrørende organisatoriske forhold og kontraktformat.

Den 23. mai 2023 ble det avholdt et Teams-møte med Leif Tore Tømmerås of Kristian Storhamar, hhv. tidligere og nåværende NCC-ansatt og med en lang erfaring med tunneldriving, også på de undersjøiske tunnelene som NCC har drevet på Færøyene. Hensikten med samtalen var å få en entreprenørs tanker omkring risikoelementer for tunneldriving under sjøen – les under Atlanterhavet. I det følgende er listet de elementer som kom frem, det ble benyttet en basis som undertegnede oversendte i forkant til alle deltakerne i Teams-møtet. I tillegg til Tømmerås og Storhamar deltok Teitur Samuelsen og Einar Brimnes i SuTu samt Bjørn Kleppestø, Thomas Seljordsli og Jens Petter Henriksen fra Norconsult, og Eivind Grøv fra SINTEF.

Hensikten med møtet og de etterfølgende punktene er at det skal hensyntas i utarbeidelsen av risikomatriser for prosjektet.

- Vedrørende mangelfull geologisk oppfølging, kapasitet og faglig kompetanse hos byggherren. Det er unektelig slik at prosjektet må ha geologisk bistand tilknyttet eller til stede på tilkallingsbasis. Hvordan man anordner det kan løses å mange måter. EST hadde/har en slank prosjekt-organisasjon, hvilket i mange henseende er svært positivt. Under normale forhold, og i et tillitsfullt forhold mellom BH og Entr. er dette et gode og tilstrekkelig. Permanent sikring for EST bestemmes gjennom regulære fellesbefaringer, NCC har det fulle og det hele ansvar for arbeidssikring. I kritiske situasjoner kan det imidlertid være behov for å ha ressurser på anlegget; det er blitt løst ved å tilkalle ingeniørgeolog fra Island, som er på avtale med BH, og som kan være på plass i løpet av ett døgn, noe som fungerte godt på EST. Situasjonen er noe annerledes på SuTu – tiden det tar å komme fra Sandøy til Sudurøy er ett av flere aspekt ved dette. Man kan trekke på nettverket man har for en hastig utrykning. Det ble nevnt at det var viktig at personell har erfaring fra tilsvarende geologi og undersjøiske forhold, men det ble av andre i møtet ikke vektlagt å være særlig viktig. Det ble imidlertid påpekt at det er viktig at BH har personell på plass som har faglig kraft/erfaring/respekt. Referansegruppen kan benyttes – men dette blir som regel et tiltak i ettertid av en eventuell hendelse. Må man velge så er det viktigst at BH besitter stedlig ingeniørgeologisk kompetanse, men det ultimate er at begge parter har slik kompetanse på stedet. Det ble også nevnt at med tunneldriving på bare to stuffer, og med to stuffer så geografisk adskilt er det kan hende ikke tilstrekkelig aktiviteter for å beskjeftige en fulltids ingeniørgeolog. I Norden minus Island er det generelt lite erfaring med denne typen bergmasse som på Færøyene, trekker man på andre lands erfaring finnes muligens de samme geologiske forholdene, men de er ikke matchet opp mot den nordiske måten å drive og bygge undersjøiske tunneler på.
- Vedrørende mangelfulle prosedyrer. Viktig å etablere felles arrangement med faglige tema ved oppstart knyttet til kritiske aktiviteter, slike som: injeksjon, innlekkasje, tung sikring på stuff mm. Også å gjenta dette underveis i arbeidene for å utveksle erfaringer og diskutere eventuelle endringer. Dette har både et økonomisk aspekt og et tidsmessig. Det ble nevnt ordet

'samhandling' som et verktøy. Et slikt oppsett med møter og diskusjoner på faglige tema bygger opp tilliten mellom partene og har også et aspekt av erfaringsoverføring. Viktig også at det ikke trekker i langdrag fra avslutning EST til oppstart SuTu.

- Vedrørende kommunikasjon mellom partene, det kan gjerne arrangeres møter mellom partene med fasilitator for å sikre god kommunikasjon. Viktig med god og tillitsfull kommunikasjon på ulike og rett nivå i BH- og Entr.-organisasjone.
- Vedrørende kommandolinjer, mandat og ansvar i BH-organisasjonen, dette har så langt ikke vært noe særskilt problem på eksempelvis EST spesifikt eller Færøyene generelt, det er små prosjektorganisasjoner og flerfaglig personell. Men, som det ble sagt; hver time forsinkelse koster mye penger når tunnelen står uten fremdrift. Så det er viktig å ta beslutninger fortløpende og sørge for at man har kontroll på dette.
- Mangel på tunnelerfaring – i basaltiske bergarter – kompetanse. Ikke så absolutt nødvendig ble det sagt. Det ble referert til Rogfast med tanke på krav til kvalifisering for å gi pris/evaluering av tilbydere. Dette kunne det vært nyttig å fått tilgjengelig, ikke nødvendigvis i fulle detaljer, men i prinsipp så kunne vi formulerte våre egne krav. SuTu er ikke bare kryssing v en elv, men > 18 km under Atlanteren, men vanskelig å sette krav til 'lengde undersjøisk'. Det er en fare for at entre. Kan slippe gjennom prekvalifisering på andre kriterier. Det ble og sagt at det kan være tilstrekkelig med krav til erfaring og kompetanse på nøkkelpersoner, ikke nødvendigvis på selskap. Dette må imidlertid spesifiseres i prekval. Og det må være sammenheng mellom det mannskapet man er prekvalifisert på og det man stiller til start med når kontrakten er vunnet. Det ble videre påpekt viktigheten av elementene listet under og at alt er funksjonelt og operativt under driving for å kunne mobiliseres og settes i drift raskt;
    - Pumper, kapasitet, oppsett og operative forhold, kunnskap om dette hos mannskapene og ledelsen hos entreprenøren
    - Tester på systemer – BH-krav – sikre operativitet til enhver tid
    - Tester på beredskapsutstyr
    - Bruk av pumper – fordrøyningsmuligheter
    - Tekniske spesifikasjoner
    - Alt gjøres for å unngå de store og langvarige stoppene som kan inntreffe ved uønskede hendelser
- Mye arbeid simultant i tunnelen med flere arbeidssteder og personell i gang; ett tiltak er å etablere radioforbindelse der hver person i arbeid i tunnelen har sine radio, vite hvor alle er til enhver tid, redningskammer plassert ut i tunnelen, sette krav i forespørselen til maskinutstyr og at dette tilfredsstiller Euroklasser. Planmessig utførelse. Krav til brannslukningsutstyr, fiberkabel tas i bruk under driving, seksjonsvis ferdigstillelse (for bedre transportforhold) er eksempler på tiltak som kan bedre sikkerheten i tunnelen i driveperioden. Seksjonsvis ferdigstillelse satt i system.
- Fastpris på sikringsarbeidene har fungert godt på EST, det har vært god enighet mellom BH og NCC på EST og man har fått det sikringsbehovet som man har vurdert som det man faktisk trenger. Det er også det nivået man ønsker, hverken mer eller mindre.
- Viktig med tydelig krav.
- Færøyene er ikke bundet av EU's regelverk, det muliggjør løsninger som kunne vært låst om prosjektet hadde vært gjennomført på fastlandet. For EST ble det valgt, eller forhandlet frem en form for en hybrid kontraktform, som for de foregående to prosjektene VTU og NTU. For EST som har en betydelig andel finansiering sikret gjennom utenlandske finansieringskilder har denne hybride modellen vært nøkkelen for å sikre finansiering. Dette er et viktig moment for SuTu også.

- Skal man gå ut med enhetspriskontrakt for SuTu og så følge 'same procedure as last year James' – det betyr at man får prissatt relevante enheter i mengdelisten.
- Å legge inn byggetid som et av flere konkurranse-elementer kan være en løsning – det er blitt gjort på andre prosjekter – det betyr at man må et realistisk anslag på alle mengder.
- Byggetid ble videre diskutert og EBA's nye modell for beregning av byggetid ble nevnt, erfaringer fra eksempelvis Rogfast viser at tidsfrister satt med basis i EBAs' nye modell utvides i forhold til tidligere anslag. Altså at denne modellen er mer generøs med byggetidsanslaget. Det er alltid godt for en entreprenør å se at byggetid er romslig, heller enn at den ser at byggetid er knapt – det siste fører til spekulasjoner. Jfr sammenligningen mellom Geologisk rapport – mengdelister – byggetid. Disse skal speile det samme bildet og den samme forståelsen av grunnforholdene som forventes at man møter under tunneldrivingen.
- Enhetspriskontrakt, viktig at det er gjenkjennbare prosesser og elementer og at man ikke slår rundt seg med veldig mye spesielle tekster og nye momenter som skaper usikkerhet og mistro for de entreprenørene som skal by på jobben.
- Erfaringer fra EST; disse må gjennomgås og man bør finne forbedringspotensial – ta bort unødvendige beskrivelser som ikke fungerer som forventet. Ta med folkene fra prosjektet til en felles gjennomgang – identifisere hva som var bra og hva som var mindre bra. Bruke 3D-bilder for et bedre grunnlag for prising og risikoreduksjon.
- Avslutningsvis ble det remset opp en del begreper som man kan vurdere for eventuelt et bedre prosjekt: Referansegruppen, Samarbeidsmøter, Insentiver i kontrakten for økt samarbeid, Raushet, Samhandling slik at man har en enighet og samme forståelse fra Dag 1, entreprenøren kan oppleve det som vanskelig å komme gjennom med forslag til forbedrende tiltak i forhold til å endre prosjekterendes løsning.
- Antall entrepriser, det syntes som om flertallet i møtet entes om at det er fornuftig å bare ha en én -1- entreprenør på dette prosjektet som driver hele tunnelen. Kontrakten blir totalt sett ganske stor, men omsetningen per tidsenhet i kontraktsperioden er ikke så stor grunnet at man kun har 2 angrepspunkter. Og de to ligger geografisk langt unna hverandre.

Hver gang vi skyter ei salve i en slik tunnel, så eksponeres vi for 'hva enn berget skjuler foran oss'. Vi har ikke råd til tvetydigheter eller uklarheter, usikkerhet og risiko må synliggjøres og klargjøres, for en suksessfull prosjektgjennomføring er det som en polferd – vi må stole på hverandre, fullt ut.

2 Neste møte

Nest møte er planlagt til mandag 5. juni klokken 1400. Det gjenstår en matrise knyttet til geologi & utforming. Eivind kaller inn for å diskutere de to temaene. Se vedlegg 2 under for vurdering.

BILAG/VEDLEGG

Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon organisasjon & entrepriseformat den 23. mai
Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon geologi & utforming

Vedlegg 1. Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon den 23. mai

Kategori	Risikoelement	Sannsynlighet	Tiltak	Sannsynlighet etter tiltak	Innspill fra diskusjonen
Organisatoriske	Mangelfull geologisk oppfølging, kapasitet og faglig hos BH	Veldig sannsynlig	Etablere/leie inn flere med ing.-geologisk bakgrunn, fylle opp entreprenørens skiftplan, trene opp og lære av hverandre	Lite sannsynlig	
	Mangelfulle prosedyrer og aksjonslister og kontroll-punkter i prosjektet (BH + Entrpre)	Veldig sannsynlig	Gjennomgå med alle parter i prosjektet i fellesskap behov for prosedyrer og hvilke	Lite sannsynlig	
	Dårlig kommunikasjon BH – Entreprenør	Veldig sannsynlig	Prosedyrer og tillit og respekt for hverandre	Lite sannsnynlig	
	Mangelfull intern kommandolinje i BH-organisasjonene	Sannsynlig	Prosedyrer og stillingsbeskrivelser, ansvarsmatrise	Lite sannsynlig	
	Usikre på mandat og ansvar i BH-organisasjonen	Veldig sannsynlig	Se over	Lite sannsynlig	
	Mangel på tunnelerfaring med undersjøisk og vulkanske bergarter hos Entrpr.	Veldig sannsynlig	Prekvalifisering, krav, dokumentasjon og prosedyrer	Sannsynlig	
	Mye arbeid og personell mange steder i tunnel	Veldig sannsynlig	Personbrikker og prosedyrer for hvor enhver person er til enhver tid i tunnelen	Lite sannsynlig	
	Mangelfull intern kommandolinje hos entreprenøren	Sannsynlig	Kreve bemanningsplan, stillingsbeskrivelser og organsiasjonsplan med beslutningsmatriser og ansvar begrensninger (hvor store beløp kan		

			stedlig plassjef forplikte selskapet)		
	Regelrett underbemanning og feil ressurser på anlegget, det kan gjelde både BH og entreprenør – vil gi lang beslutningstakingstid , tap av tid og momentum, mangelfullt utstyr ++	Sannsynlig	Sikre en god entreprenør, et entydig kontraktsgrunnlag og kontrakt, samt tilstrekkelig og rett bemanning		
Entrepriseformat - kendte metoder og regelsæt, samt at benytte entreprenører, som har kendskab til " nordisk/norsk" byggekultur og regelsæt	Fastpris – kamp for enhver bolt etc.	Veldig sannsynlig	Tydelige krav på funksjon etc	Sannsynlig	
	Konflikt knyttet til risiko-delingen. Alt må være i samme format, enten all risiko på BH eller all risiko på Entrpr.	Lite sannsynlig	Må jobbes med kontrakt og ansvar, risiko for å unngå grensesnitt med tvil. Risiko kan evt, deles; all geologisk risiko på BH – all annen risiko på Entrepr.	Veldig sannsynlig	
	Mangel på prekvalifisering og uerfaren Entrpr. Får jobben	Sannsynlig	Gjennomføre grundig PQ, kreve dokumentasjon på erfaring, ikke være ettergivende i kontraktsforhandlinger	Lite sannsynlig	
	Geologisk rapport – Mengdelister – Byggetid gir forskjellige bilder av forventningede	Sannsynlig	Presentere all informasjon på ensartet vis slik at de ulike lagene bygger på hverandre til et enhetlig felles bilde. Mengder skal være de vi faktisk forventer kommer til utførelse	Lite sannsnynlig	
	Byggetid gitt for stram i forhold til arbeidsmengde	Sannsynlig	Heller legge byggetiden med synlig slakk i selve drivefasen	Lite sannsnylig	
	Geologisk rapport vil aldri gi det fulle og	Veldig sannsynlig =	Bygge inn tillit til at Forundersøkelser +	Sannsynlighet for uventede	

	det hele bildet av geologiske forhold = 18 km undersjøisk trasé	stor risiko for alle parter	undersøkelser under driving gir et komplett bilde som det kan bygges etter	geologiske forhold uansett	
	Enhetspriskontrakt som inviterer til spekulative tilbud	Sannsynlig	Lage klare grensesnitt, tydelige og utvetydige beskrivelser og informasjon, bruke kjente avregningsmåter og oppgjørsformer, spesiell tekst så lite som overhodet mulig, kvalifisere egenskaper med tall/kvantitative beskrivelser.	Lite sannsnynlig	
	Mangel på åpenhet – suboptimal gjennomføring både med hensyn på tid og kostnad – tapt anseelse for alle parter	Sannsynlig	Utveksle informasjon, dele geologisk kartlegging og all annen datainnsamling, alt fra dag 1 for å underbygge de facto et tillitsforhold og samarbeid mellom to parter – vi skal krysse polen sammen, da må vi stole blindt/100% på hverandre	Lite sannsnynlig	
	Vi skal gjøre noe som ingen andre har gjort før – ikke anledning til å feile				

SINTEF

Vedlegg 2. Risikomatrise utgangspunkt for diskusjon geologi & utforming den 5. juni

Kategori	Risikoelement	Sannsynlighet	Tiltak	Sannsynlighet etter tiltak
Geologi	Uventede forkastninger ell. Svakhets-soner/svakhets-lag, ikke oppdaget på forhånd eller forventet Ras på stuff,	Rimelig sannsynlig	Sonderboring MWD/TSP/Prosedyrer/ bemanning/kartlegging/ forward prediction/kjerneboring foran stuff – følge tunneldrivingen tett Støpeskjold tilgjengelig Frysing i verste fall	Lite sannsynlig
	Kritisk lav overdekning, feil i grunnlaget, undersøkelsene misset	Sannsynlig	Bore oppadrettede sonderborhull	Lite sannsynlig
	Generelt mer opp-sprukket, vannførende og dårlig stabilitet i enkelte lag i lagpakkene	Veldig sannsynlig	Planlegge for tiltak, ha utstyr på anlegget, være beredt alltid	Lite sannsynlig
	Kaviteter	Lite sannsynlig	Som over	Lite sannsynlig
	Stressbruddsoner med åpne vannførende sprekker – store mengder kan drukne tunnelen	Lite sannsynlig	Som over	Lite sannsynlig
	Svakhetssoner eller sprekkesoner med svellende leirmaterialer og potensielt ras på stuff	Sannsynlig	Kartlegge og ta prøver lokalt – teste enket i et vannglass, for bedre kontroll send til lab	Lite sannsynlig
	Større eller flere/gjentagne svakhetssoner, geologiske forhold er verre enn på forhånd antatt, ikke oppdaget i forkant av tunneldrivingen	Lite sannsynlig	Fortette undersøkelsene, altså hyppigere eksempelvis kjerneboring foran stuff,	Lite sannsynlig
	Bergspenninger, lave eller høye Blokknedfall, squeesing i svake bergartslag, sprakefjell, åpning av eksisterende sprekker og økt innlekkasje av vann	Sannsynlig (høye ved Sudurøy. lave gjennom tunnelen under sjø)	Ha sikringstiltak tilgjengelig	Lite sannsynlig

	Begrenset informasjon-tilgang -	Veldig sannsynlig	Sonderboring, MWD/TSP/prosedyrer (som over)	Lite sannsynlig
Utforming/design	Lange stufflengder – opp mot 10-12 km – sjeldent for B&S – lang kjøretid for å få inn utstyr i kritiske situasjoner	Veldig sannsynlig	Grundig planlegging – logistikk – prosedyrer for kjente og ukjente situasjoner Sørge for at man har noe utstyr som følger tunneldrivingen eksempelvis at støpeskjoldet settes i en passende nisje ved f.eks. 5 km.	Lite sannsynlig
	Ett eller to lavbrekk – fungerer som vannlås	Veldig sannsynlig	Etablere midlertidig pumpesump i lavbrekk – sikre utpumping ved uønskede store innlekkasjer, prosedyrer for utforming og utførelse	Sannsynlig – må et utvides med pumpevakt, varslinger og prosedyrer
	Ventilasjon – lang vei transportere luft ut fra stuff	Veldig sannsynlig	Redusere dieselbruk på biler, sjekke sprengstoff som avgir mindre gasser, elbiler, ellaster ++ Jobbe med (nye) løsninger blir viktig i prosjekteringsfasen	Sannsynlig, men så lenge det er B&S så blir det sprenggasser
	Biltransport VS transportbånd	Veldig sannsynlig	Erstatte dieselbiler med transportbånd drevet på EL, vil kunne kreve knusing bak stuff	Sannsynlig, men bør kan hende se på en rekke andre tiltak
	Kan tverrslag, eksempelvis til Skugvøy avhjelpe	Sannsynlig	Tverrslag til Skugvøy som kan avhjelpe noe, men usikkert hvor mye og til hvilken kostand	Sannsynlig – vanskelig å se for seg en stor gevinst av denne og evt. om kostnad og risiko kan slå ut negativt
	Lang Byggetid antatt 5-7 år for tunneldriving og 2-3 år for installasjoner	Veldig sannsynlig	Seksjonsvis ferdigstillelse med ett asfaltlag for å lette transport mm, arbeidstid 24/7, parallelle aktiviteter som kan øke kapasiteten, risiko for økt	Sannsynlig, men krevende

			sannsynlighet for arbeidsuhell, tenke nye løsninger fr å komprimere byggetiden	

LM-066/2025

SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Internt Prosjektnotat vedr. Risikoelementer vedr. Geologi og Utforming

Oppsummering Teams-møte med Leif Tore Tømmerås

VERSJON	DATO
01	2023-06-09

FORFATTER(E)
Eivind Grøv

OPPDRAGSGIVER(E)	OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
SuTu	Teitur Samuelsen

PROSJEKTNUMMER	ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
102029363	6 + Bilag/vedlegg

Sammendrag

Foreliggende notat summerer opp risikoelementer som ble diskutert i et Teamsmøte mellom Norconsult, SuTu og SINTEF der Leif Tore Tømmerås var invitert til å delta for å dele sine erfaringer som entreprenører på prosjekter på Færøyene og generelt ellers.

Det var i forkant av møtet delt en risikomatrise mellom deltakerne for dette temaet og dette gitte prosjektet. Temaet var Geolgoi og Utforming.

De diskuterte punktene er listet i foreliggende notat

UTARBEIDET AV	SIGNATUR
Eivind Grøv	
GODKJENT AV	SIGNATUR
Klikk eller trykk her for å skrive inn tekst.	
PROSJEKTNOTAT NR	**GRADERING**
[Klikk eller trykk her for å skrive inn	Åpen

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
01	2023-06-09	Utgitt etter møtet den 6. juni 2023

Innholdsfortegnelse

1 Kulepunkter med risikoelementer fra diskusjonen med Tømmerås/Storhamar og prosjektet SUTu 4

2 Neste møte 6

BILAG/VEDLEGG

Ingen

SINTEF

1 Kulepunkter med risikoelementer fra diskusjonen med Tømmerås og prosjektet SuTu

Foreliggende notat utformes som et internt prosjektnotat og er møte nr. 3 i en serie av møter knyttet til planleggingen av Sudurøytunnelen, en nær 23 km lang tunnel mellom Sandøy og Sudurøy, og ulike typer risikoelementer i den forbindelse. Notatet er knyttet til risikoelementer vedrørende geologi og utforming.

Den 5. juni 2023 ble det avholdt et Teams-møte med Leif Tore Tømmerås, tidligere NCC-ansatt og med en lang erfaring med tunneldriving, også på de undersjøiske tunnelene som NCC har drevet på Færøyene. Hensikten med samtalen var å få en entreprenørs tanker omkring risikoelementer for tunneldriving under sjøen – les under Atlanterhavet. I det følgende er listet de elementer som kom frem, det ble benyttet en basis som undertegnede oversendte i forkant til alle deltakerne i Teams-møtet. I tillegg til Tømmerås deltok Teitur Samuelsen og Einar Brimnes i SuTu samt Bjørn Kleppestø, Jens Petter Henriksen og Andreas Ongstad fra Norconsult, samt Eivind Grøv fra SINTEF.

Hensikten med møtet og de etterfølgende punktene er at det skal hensyntas i utarbeidelsen av risikomatriser for prosjektet.

- Det første punktet var knyttet til uventede forkastninger mm. Det undersøkes videre hvordan kan sikre gode data fra kisler som MWD, TSP og sonderboring, dette er de kilden man har tilgjengelig. Det må legges opp prosedyrer som ivaretar dette risikoelementet, med tidlig varsling av slike soner. Ellers som nevnt tidligere, øke profilet lokalt ved mistanke om behov for tung sikring. Må ha støpeskjold på anlegget, mest for permanent utstøpning, arbeidssikring må håndteres med andre tiltak. Behov for å ha steinmasser tilgjengelig for rask oppbygging av motfylling ved ras på stuff. Må påregne at støpeskjoldet først kommer til anvendelse senere. Derfor må det legges plan for aksjoner og rekkefølge for å ivareta utrasing på stuff. TSP er ikke benyttet på Færøyene tidligere og det må sjekkes ut om dette er et reelt verktøy for prosjektet. BH må stå ansvarlig for utførelse av TSP under driving, ca. 4-5 timer er sagt at hver runde med TSP vil ta. Nordbø's MSc konkluderer; seismikk på stuff kontinuerlig suppleres med andre ingeniørgeologiske data. Eivind har kontaktet Amberg som leverer TSP. Kan hende finnes det muligheter for å teste TSP på pågående tunnelprosjekter i Færøyene.
- Vedrørende kritisk lav overdekning, så kom det i det øyeblikk dette skrives, at det er tynt med løsmasser (<10m tykt) over bergoverflaten i det området som er undersøkt for prosjektet. Det vil uansett der hvor man har identifisert punkter måtte gjennomføres sonderboring inkl. oppadrettet sondering. Enn så lenge er minste overdekning satt til 50 meter, senere i prosjektet kan lavere overdekning vurderes.
- Mer oppsprukket bergmasse, vannførende og dårlig stabilitet, dette må håndteres og det er rimelig god erfaring med dette, viktig med tiltak og å ha utstyr på anlegget.
- Kaviteter; dette er kan hende et mer tvetydig og diskuterbart emne; er det virkelig store kaviteter i bergmassen? Eller er det sprekkesystemer som enten er åpne fra naturen eller som jekkes ved injeksjon. Det er påvist kaviteter og påtruffet kaviteter under kjerneboring, men er disse flere titalls m3 store, det har vi ingen dokumentasjon på. Må tilpasse injeksjonsopplegget.
- Vedrørende strekkbruddsoner. Ut i fra det man kjenner til så langt knyttet til bunnen på fjordene i området, eksempelvis Vagafjord og Skopunarfjord så var begge disse nærmest formet som badekar, med bratte kanter og flat bunn, og ingen dyprenner. Dette skiller disse fra Tangafjord som hadde ett markert lavbrekk og en dyprenne, Leirviksfjorden hadde også en dyprenne.

Strekkbruddsoner kan imidlertid oppstå i ulike dag i basaltpakken om det har vært en form for skjevsetning som har funnet sted. Gjøgv kan være en strekkbruddsone. De ulike basaltlagene kan ha ulik orientering. Dersom man ser på kartet som J. Rasmussen laget en gang så finnes det mønstre i dette med tanke på ensartethet i gjøgvenes orientering. Det ble en lang bisetning.

- Større eller mindre svakhetssoner. Dette er ansett å være lite sannsynlig. Men man nå sette krav til at dagens teknologi utnyttes til det fulle, det være seg MWD og TSP, med internett-tilgang i tunnelen får man sanntidsinformasjon frem fra utstyret som brukes på stuff, levere MWD-data kalibrert og on-line i kontrakt.
- Tilgang til geologisk informasjon, for en 18 km lang undersjøisk strekning er det gitt at datafangsten i prosjekteringsfasen er begrenset. Det er langt unna å være økonomisk forsvarbart eller praktisk mulig å skaffe informasjon for hver meter tunnel som skal drives under sjøen før tunneldriving starter, så man er tvunget til å anvende alle de muligheter man kan finne under tunneldrivingen. Følge med på borvann(farge på returvann, tap av borvann osv). Alt må inn i en prosedyre og klare responser må finnes for ulike observasjoner.
- Etter hvert som tunnelstuffene drives blir også avstanden fra stuff til overflaten lengre og lengre, og med det behov for å kunne ha utstyr tilgjengelig i nærheten av stuffen. Vannhåndtering – det kan bli mye vann ved lekkasje på stuff langt inne i tunnelen – derfor er fordrøyning, tilstrekkelig pumpekapasitet viktig – og det er ikke toleranse for avvik på lekkasjekravene. Eksempelvis skal dert forskutteres med gjennomsnittslekkasjer ved lokale store innlekkasjer. Ekstraordinært høye innlekkasjer vil kunne kreve ekstra kapasitet, flere pumper og større kapasitet. Det blir viktig å følge opp og holde innlekkasjekravet, og kan hende sikte enda strengere enn opprinnelig, krav < 10l/min/100 meter. Ha steinmasser liggende for å ha tilgjengelig for å bygge motfylling i fall et rasutvikling starter. Indikasjon på dårlig bergmassekvalitet og instabilitet – ha tilgang på ekstra rør og utstyr.
- Med et krav på 10 liter per min per 100 meter betyr dette at innlekkasje fra enkelthull vil være < 1 liter per minutt, og samlet maksimalt 1 liter per minutt. Dette er svært strengt krav.
- Beredskapsmagasin, buffer for å samle opp vann, og igjen viktig å holde seg innenfor kravet som er gitt.
- Vedrørende ventilasjon så kreves det i henhold til Leif Tore ventilasjonsduker på ca. 2,5 meter i diameter, hvilket kan være for store for et T9,5 tverrsnitt, Bjørn viste et T9,5 med 2 stk ventilasjonsduker med diameter 2,5 meter. STU er drevet med T9,5. Entreprenøren må bestemme ventilasjonen for byggingen. Det prøves ut 'mer miljøvennlig sprengstoff (nitrogenfritt) – må sjekke med sprengstoffleverandørene – kravet må være at det skal være miljømessig akseptabelt under tunneldriving. Legge ren luft til grunn med kjente parametre.
- Byggetid, blir lang, man kan gjøre diverse tiltak for å få den ned. Arbeidstid 24/7. Man kan også la massene bli liggende i midlertid deponi i tunnelen og kjøre masser ut på en slik måte at fremdriften på tunnelen sinkes minst mulig. Vanskelig å få til noen realistiskj effektiv tunneldriving til Skuvøy – neppe noen relevante løsning - må evt. drive fra hovedtunnelen og opp til øya, da blir det delt ressurs mellom stuffen sørover i hovedtunnelen og tunnelen til Skuvøy, hvilket ikke er god løsning for hovedtunnelen.

2 Neste møte

Det er ikke avtalt noe neste møte. Dette er forventet å være det siste av disse møtene før en risikomatrise etableres for prosjektet.

BILAG/VEDLEGG

Ingen

Risikovurdering av spesielle forhold knyttet til avgreiningen til Skuvøy og anleggsplass på øya. Utganspunktet er at det går to sommersesonger for bygging av molo og anleggsplass på Skuvøy, tunneldriving fra Sudurøy og Sandøy har startet samtidig som molobygging starter, enstuffsdrift fra Skuvøy til krysset med hovedtunnelen, så vekseldrift inntil 1000-1500 meter til hver side, deretter to-stuffs drift i hver retning med fulle mannskap og utstyr til gjennomslag.

	Kategori	Risikoelement	Sannsynlighet	Konsekvens	Risikoklasse	Notater fra gjennomgang og forslag til tiltak	Sannsynlighet etter tiltak	Konsekvens etter tiltak	Risikoklasse etter tiltak
	Geologi	Kritisk lav overdekning, feil i grunnlaget, undersøkelser gav feil informasjon, feiltolket geologi - 50 m overdekning idagens løsning	1	4		Meget lite sannsynlig, kargrunnlaget er tegnet ut på bakgrunn av sjøbunnkartlegging. Ved tunneldriving i området med forventet minste overdekning vil man kunne bore oppadrettede sonderhull for å sjekke overdekningen. Tunneltraseen har et potensial knyttet til å gå med redusert minste overdekning. Prosedyre for oppadrettede sonderboring for kontroll med BOP i tilfelle gjennomboring til sjø.	1	4	
		Dårlig berg-massekvalitet gir redusert inndrift, både i avgreiningen og i hoved-tunnel under vekseldrift - Sandur Beds?	2	3		Ta opp med Jarfengi angående horisonten Sandur Beds og sjekk hva dette er. Det har vært noe endring i tolkningene. Kan ikke se at det skal være noe annen bergmassekvalitet i øvrige deler av tunnelen. Man treffer lagdelingen litt annerledes for alternativ 1 enn for alternativ 2. Forskjellen på traseene vil kunne være fra Sandøy og mot Skuvøy, fra Skuvøy og sydover er det liten om noen forskjell i det hele tatt for de to alternativene. Sikring i henhold til påtruffet bergmasse. Kartlegging på stuff og oppfølging.	2	3	
		Ras, sprak vanninntregning på stuff.	2	4		Prosedyrer for sonderboring. Sonderboring og bruk av kalibrert MWD vil gi mye informasjon om bergmassen foran tunnelstuff. Det må lages prosedyrer for geologisk kartlegging, MWD-registrering, rapportering etc for å sikre at ingen informasjon går tapt fra registrert til mottatt og forstått. Alle data som samles inn på ulike utstyrselementer kan samles og benyttes til å forstå berget	1	3	
	Utforming og design	10% helning på avgreinings-tunnelen er for bratt	4	4		Må komme inn med egnede masser som gir god kjørebane, og seksjonsvis ferdigstillelse (første lag med asfalt legges mens tunneldriving pågår). Mulig utkjøring på dumpere.	2	2	
		Avgreining T8.5 gir ca. 60m2. For lite tverrsnitt til å håndtere trafikk i byggetiden?	2	3		Det må legges inn havarinisjer/snunisjer. Sørge for at det er nok plass til ventilasjonsduker, kan være at det må legges til mer plass i hengen I avgreiningstunnelen for å få plass til tilstrekkelig ventilasjon	2	2	
		Ikke stort nok tverrsnitt, liten kurveradius, til rasjonell drift og feil utstyr valgt når full drift	1	1		Det er tilstrekkelig med plassfor å kunne transportere materialer inn og steinmasser ut med den geometrien som er valgt. Ingen ytterligere tiltak behøves, se punkt over.	1	1	
		Kompetanse på effektiv vekseldrift ikke tilgjengelig. Stort tverrsnitt reduserer effektiviteten av vekseldrift.	3	4		Det er lite kompetanse og erfaring med vekseldrift på så store tverrsnitt. Vekseldriftsfaktoren som benyttes i NTNU Publikasjon 2F-99 gir en faktor på ca. 1,3 som betyr at vekseldrift med dette tverrsnittet ikke er veldig effektivt. Sette inn ekstra rigg, utstyr og mannskap når man har kommet ned til krysset fra Skuvøy. Prioritere å drive nordover fra krysset for å få tidlig gjennomslag i denne retningen slik at etterarbeid kan påbegynnes.	2	3	
		Vekseldrift på hovedtunnel fra krysset - alt skal gjennom krysset og avgreiningstunnel - ikke tilstrekkelig kapasitet	3	4		Kryssløsning med svingefelt og utvidelse av tunnelen i dette området. Vil ikke være som et normalt tverrslag, men et større rom i det aktuelle området.	2	2	

	Vekseldrift vil bli to-stuffsdrift etter ca. 1000-1500 meter til hver side - vil det oppstå kapasitets-utfordringer?	2	4		Sette inn ekstra tunnellag samt ekstra utstyr slik at tilgjengelig tid blir utnyttet optimalt og ikke går til spille på grunn av manglende mannskp eller utstyr.	1	2	
	EL-drevet utstyr introduseres mer og mer - krav til el-utstyr kan ikke ivaretas på Skuvøy	5	3		Aggregatdrift, lokal produksjon av elektrisk kraft på Skuvøy basert på anleggsdisel. Ikke tilgjengelig elkraft i dag på Skuvøy. Vil påvirke miljøeffekt negativt på Skuvøy, men bruk av el-utstyr vil bedre miljøet i tunnelen. Antagentligvis umulig å drive med full El på Skuvøy.	5	3	
	Linjeføring 2 vil gi 3-4 km lenger tunnel - for lange stuffer 13-14 km	4	4		Det finnes lite empiri fra utførte prosjekter som har så lange stuffer med boring og sprenging med så stort tverrsnitt. Transport av masser ut av tunnelen er en stor utfordring mtp. kapasitet, organisering og grensesnitt mot øvrig aktivitet. Setter krav til utforming av vannhåndtering, både vann inn og ut. Sikkerhet er en utfordring. Dimensjonere ventilasjon i henhold til behovet som utelukkende er basert på dieseldrevet utstyr. El-maskiner kunne hatt en positiv påvirkning, men siden det ikke er gjennomførbart på Skuvøy så faller det bort. Krav til ekstremt grundig planlegging av alle aktiviteter for å minimere heft og tidstap, samt uhell. Må utarbeides grundige prosedyrer med fokus på uvanlig lang avstand fra påhugg til stuff.	3	3	
	Med forgrening, vil plassering av pumpesump # 2 medføre risiko for blokkering av utgang til Skuvøy	3	3		Endring i tegningene slik at pumpesumpen legges hvor stuffene møtes, eller i det minste i nærheten av dette punktet. Må ha redundans i strømforsyning.	2	2	
Organisasjon	Motstand mot bygging på Skuvøy - sivil ulydighet, obstruksjoner og forinkelser	4	3		Miljøorganisasjoner vil sannsynligvis reagere. Må ha en klar og tydelig plan på hvordan rigging og drift skal gjennomføres forsvarlig og redegjøre for den daglige driften av anlegget på Skuvøy. Informasjon, informasjon, informasjon.	2	3	
	Skuvøy, Er det tilstrekkelig med strøm, vann og plass for tunnel-driving inkl vekseldrift og 2-stuffsdrift	3	5		Det er mest sannsynlig for lite plass slik anleggsplassen er tegnet ut per dd. Spesielt i og med det er slakt hellende terreng både vest og øst for det avsatte området. Redundans i strømforsyning. Vannforsyning må ha backup, det er lite tilgjengelig bekkevann så boring etter vann og gjenbruk av drifftsvann må sikres, alernativet er avsalting, behovet ligger på omlag 20m3 vann per time under boring per borrigg. Gjenbruk av vann ved lokal rensing. Vurdere å legge en vannledning fra Sandøy.	2	3	
	Værforhold som kan stoppe bygging Skuvøy og driving derfra	3	3		Mest kritisk er slurryoppbevaring, krever en viss temperatur og går ut på dato. Må mest sannsynlig blandes i Norge før den fraktes. Det er satt opp plass til et slurrytelt. Det må settes opp plass til 2-3 ekstra slurrytanker, evt. et ekstra slurrytelt. Dimensjonere telt/konstruksjoner til å tåle vindpåvirkningen som kan forventes. Planlegge som om anleggsplassen er uten forsyning over lang tid. Overstige 3 uker arealkapasitet pga. seilingsforbud.	1	2	
	Tilgang på reservedeler, slitedeler og forbruks-materiell er dårlig - hefter rasjonell kapasitet	3	2		Større enn normalt delelager på Skuvøy. Dersom samme entreprenør er på alle stuffene vil det kunne styrke tilgangen på deler (ensartet maskinpark). Må ha 3 uker lager av mat, sement, tilslag, drikkevann, diesel, avfall, oljer, medisinsk utstyr osv. pga. seilingsforbud.	2	2	

	Urealistisk optimistisk tidsplan for bygging av molo, anleggsplass og avgreiningen til hovedtunnelen sinker heller enn forbedrer tidsplanen	2	4		Ikke nødvendig at utskipingshavn er ferdig når driving starter, ferdig molo/havn er ikke kritisk for oppstart tunneldriving. Tunnelstein fra driving kan brukes til oppbygging av havnen, da slipper man å få fraktet stein til Skuvøy, eller i hvertfall redsere behovet for tilkjørte masser.. Grundig og detaljerte forberedende arbeider og planlegging. I mobiliseringen må det være med reservedeler og materiell som sikrer jevn driving. Planlegge for at det kan gå lang tid uten forsyninger (3 uker).	2	2	
	Kapasitet for evakuering og skadehåndtering ved uhell fra Skuvøy under bygging	3	3		Prosjektet må etablere nødvendig kapasitet da det ikke eksisterer på Skuvøy. Dårlig vær kan føre til at det ikke er mulig å få umiddelbar bistand. Redningskammere med utvidede luftressurser. Kontraktsfestet hva slags personell som må være tilgjengelig på anlegget, sykepleier eller personell med medisinsk kompetanse. Må ha prosedyrer for evakuering og førstehjelp på plass.	2	2	
	Tidsplan - Følsom for forsinkelser på for eksempel avgreining og vekseldrift	3	3		Det bør planlegges med suksessiv gradvis ferdigstillelse slik at tunneldrivingen ikke blir forsinket pga lokale problemer med drenasje av vann fra kjøreveien, dårlig kjørebane/overflate. Tilstrekkelig materielt utstyr og kompetanse i alle ledd.	2	2	
	Påvirkning på ytre miljø, oljeutslipp, diesel, dyr- og planteliv på land og i sjø	4	4		Det skal utarbeides en miljørapport knyttet til YM og eventuell påvirkning på dette fra tunneledrivingen. Det legges til grunn at siltgardin benyttes, og prosedyrer for håndtering av alle typer steinmasser, avfall, returmaterialer etc etableres og implementeres av partene for ivertakelse av miljøet på anleggsplassen. Skuvøy er RAMSAR - Ytre miljø gis spesiell oppmerksomhet.	3	2	
	Brann på stuff	2	3		Etablere tilstrekkelig slukkekapasitet. Redningskammer installeres i tunnelen. Prosedyrer for hvordan man håndterer en brann på stuff, evakuering til dagen og tiltak på anleggsplassen. Avtale med helikopter selskp for hurtig flytting av skadet personell til sykehus, opplæring av mannskaper for effektiv krisehåndtering og skadebegrensning.	2	2	
	Sykdomsutbrudd	3	1		Prosedyrer for å hindre spredning, samt håndtering av påvirket personell. Opplæring av personell til å håndtere særskilte sykdomstilfeller	2	1	
	Arbeidsmiljø - psykisk belastning, isolasjon, stress	2	2		Lage sosiale arenaer og ha tilgjengelig fagkyndig personell for håndtering av 'brakkesyken'.	2	1	
	Dårlig ventilering, for tidlig inn etter salveskyting. Gassutvikling, skytegasser	3	3		Etablere relevante prosedyrer, installere målesystemer, varslingstiltak og andre fysiskinstallasjoner som medfører at stuffen/tunnelene ikke utgjør en skaderisiko for mannskapene. Dette må beskrives i anbudsdokumentene og prises der.	2	2	
	Forsinket utbytting av mannskap/skift/rotasjon	3	2		Man kan med rimelig sikkerhet forvente at det vil opptre situasjoner der mannskapene i et mannskapsbytte sitter værfast på den ene eller den andre siden av fjorden og at mannskapsskifte må utsettes. Entreprenøren må beskrive et opplegg for dette og tiltak som iverksettes om så skjer.	3	2	
Entrepriseformat	Forsinket oppstart på Skuvøy - misset første sommer-sesongen	2	4		Grundig plan for rask og effektiv mobilisering.	1	4	
	Egen kontrakt med lokal entreprenør på anleggsplass og molo gir tidlig oppstart				Dette risikoelementet ble tatt opp i møtet 11.09.2025. Elementet er derfor vurdert, men funnet å ikke være aktuelt. Lagt opp til at det kan drives fra Skuvøy, men ikke et krav. Tunnelentreprenøren må bestemme driving. Kan ikke forskutteres at det skal drives fra Skuvøy, dermed kan det ikke begynnes med rigging før oppstart.			
	Egen kontrakt på ovennevnte inkl drive avgreiningen - grensesnitt mot entreprenør Hovedtunnel				Tunnelentreprenøren står for rigging på Skuvøy, se over.			

		Total byggetid avhenger av null forsinkelser på å nå frem til kryss hovedtunnel	3	4		Ved eventuelle forsinkelser på å nå kryss hovedtunnel vil tidsplanen bli påvirket. Dersom det er mye problemer vil fordelen med å drive fra Skuvøy for bli spist opp. God planlegging av drivingen. Tilgjengelig materiell og utstyr for å takle forventede utfordringer og geologi samt erfarne tunnelarbeidere. Stiller krav til at alt rundt driving, f. eks rigging og drift av anleggsplass, uttransport av masser osv. fungerer optimalt. Dette oppnås gjennom god planlegging av rigging og drift, samt prosedyrer for uttransport og øvrig drift.	2	3	
		Hindringer knyttet til støy og støv gir redusert arbeidstid og kapasitet	3	4		Kan kun laste stein ute på dagtid. Knuseverk, steintipping og vifter vil generere mye støy, dette vil bli adressert i et avsnitt fra Norconsult. Tiltak vil være å bygge støydemping over knuseverk og mellomtipp, støydempe vifter.	2	3	
		Tidsbruk på å opparbeide molo/kai og anleggsplass sprenger fremdriftsplan	3	4		Kan bli skader av vær under konstruksjon, 100 000m3 plastringsstein må fraktes til øya. Det er ikke nødvendig at utskipningshavn er klar før driving kan starte, tidlig ferdigsstillelse av denne er dermed ikke på kritisk linje. Tunnelstein kan brukes som fylling til molo.	2	2	
		Tidlig start på egen kontrakt på Skuvøy sikrer overordnet fremdriftsplan				Ikke aktuelt punkt lenger, se punktene angående egen kontrakt angående anleggsplass og molo over.			
		Alt arbeide i hele prosjektet i en og samme kontrakt fanger byggherren ?	2	5		Byggherren blir låst i en situasjon der risikoen for gjennomføring står på spill, og der det er en risiko også knyttet til oppsigelse av kontrakten. Grundig prosess med pre-kvalifisering slik at man er sikker på at entreprenøren er kapabel (økonomisk, kapasitetsmessig, organisatorisk) til å gjennomføre prosjektet og vil stå gjennom prosjektet til fertdigstillelse.	1	3	
	Anleggs-etablering og Boring & sprengning	Molobygging tar mer tid og blir mer krevende enn planlagt - forsinker oppstart tunnel - obs vedr kontrakt-grensesnitt	2	4		Som nevnt lenger opp er det ikke nødvendig at molo er ferdig før man starter tunneldriving.	1	1	
		Anleggsstøy og -støv på Skuvøy, påfølgende motstand lokalt medfører tap av tid og kapasitet	3	2		Knuseverk, steintipping og vifter vil generere mye støy, dette vil bli adressert i et avsnitt fra Norconsult. Tiltak vil være å bygge støydemping over knuseverk og mellomtipp, støydempe vifter. Informasjonsmøter med lokale for å kommunisere hvilke påvirkninger en mobilisering på Skuvøy vil medføre.	2	2	
		Hendelser som krever behov for tung sikring (støpeskjold), ras på stuff og annet som krever spesielle tiltak og utstyr på øya	2	3		Konsensus blant deltakerne i risikogjennomgangen er at støpeskjold ikke er nødvendig å ha på plass. Med dagens verktøy for tunneldriving og bergforsterkning så finnes det andre tiltak som kan iverksettes og som er enklere og raskere å installere enn et støpeskjold. Å ha et støpeskjold på anlegget bare fordi en kontraktsklausul sier så - er meningsløst. N500 har imidlertid denne klausulen og vi må etterleve dette, men med kvalifiserte argumenter kan det benyttes enklere og mer fleksible løsninger. Må spesifiseres i anbudsforespørselen og kontrakt.	2	2	
		For lite plass på anlegget - ikke optimalt for arbeidet som skal gjøres	3	4		Det er knapt om plassen slik den er utformet i dagens dato, tilbydende entreprenører må optimalisere tigjengelig plass. Grunnet værforhold er det ikke sikkert telt kan brukes i det hele tatt. Stille solide krav til utforming og dimensjonering av konstruksjoner. Grundig av bruk av tildelt plass for anlegget.	2	3	

		Uønskede hendelser på sjø - ustabil sjøbunn, kollisjon, maskin på havet, overheng i utfylling, forurensing, sprengstoff, drukning	1	5		Det må etableres prosedyrer og delegeres oppgaver til ulike personer i mannskapstokken som er knyttet til å redusere hendelser som listet her. Mannskaper må trenes spesielt for å kunne utføre arbeidene innenfor de fysiske rammene som gjelder og da spesielt på selve Skuvøy.	1	3	