Suðuroyartunnilin P/F

Forprosjektrapport

Forprosjekt Suðuroyartunnilin

Oppdragsnr.: **52301980** Dokumentnr.: **Felles- 010** Versjon: **B** Dato: **2023-12-05**



Oppdragsgiver:	Suðuroyartunnilin P/F
Oppdragsgivers kontaktperson:	Teitur Samuelsen, Einar Brimnes
Rådgiver:	Norconsult Norge AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder:	Bjørn Anton Kleppestø

B	2023-12-05	Justert tekst iht. kommentarer fra SUTU	Fagansvarlige	ThSel	BjKle
A	2023-11-27	Forprosjektrapport	Fagansvarlige	ThSel	BjKle
Versjon	**Dato**	**Beskrivelse**	**Utarbeidet**	**Fagkontrollert**	**Godkjent**

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

Innhold

1 Innledning 9
2 Prosjektbeskrivelse 11
3 Grunnlagsmateriale 12
4 Veggeometri 13
4.1 Dimensjoneringsforutsetninger 13
4.2 Siktutvidelse i tunnel 13
4.3 Vegoverbygning 15
4.3.1 Forutsetninger 15
4.3.2 Dimensjonering 15
5 Tunnelprofiler 16
5.1 Generelt 16
5.2 Tunnelprofiler 17
5.2.1 Tunnelprofil T9,5 17
5.2.2 Tunnelprofil T12,5 18
5.2.3 Tunnelprofil T15,5 19
6 Ingeniørgeologi 20
6.1 Innledning 20
6.2 Kort geologisk beskrivelse 20
6.3 Ingeniørgeologiske vurderinger 22
6.3.1 Ingeniørgeologiske forhold for undersjøisk tunnel 22
6.3.2 Tunnelpåhugg 23
6.3.3 Plassering av tverrsnittsutvidelser i tunnel 24
6.4 Tunnelprosjektering 24
6.4.1 Stabilitetssikring i tunnel 24
6.4.2 Sonderboring og andre geologiske undersøkelser foran stuff 25
6.4.3 Forinjeksjon 25
6.4.4 Tunneldriving nær bebygd område 26
7 Branntekniske forhold 28
8 Installasjoner og føringsveier elektro 34
8.1 Generelt 34
8.2 Trekkerør bak føringskant 35
8.3 Høyspent gjennom tunnel 36
8.4 Nødkiosk 37
8.5 Evakueringslys 38
8.6 Trekkerør i område med nødkiosker 38

8.7 Tekniske bygg 38
8.8 Pumpestasjoner 40
9 Skilt 42
9.1 Forutsetninger skiltplan 42
9.2 Vegvisningsskilt 42
9.3 Øvrige skilt 42
9.3.1 Generelt 42
9.3.2 Skilt M27 Radiokanal (FM-skilt) 42
9.3.3 Skilt M25 Nødtelefon og Brannslokningsapparat 43
9.3.4 Skilt E34 / UE34 Havarilomme og nødtelefon og brannslokningsapparat 43
9.3.5 Skilt 916 Avstandsmarkering i tunnel 43
9.3.6 Skilt C55 Fartsgrense 43
9.3.7 Skilt C51 / U2 Forbikjøringsforbud med underskilt 43
9.3.8 Rødblink og bom utenfor tunnelen 44
9.3.9 Skilt i forbindelse med snunisje 44
9.3.10 Høydemarkering 908 i tunnelportal 44
9.3.11 Skilt 570.2 Avstand til nødutgang 45
10 Vann- og avløpssystemer 46
10.1 Generelt 46
10.2 Prinsipper fra seneste tunneler i Norge og Færøyene 47
10.3 Nøkkeltall og dimensjonering 48
10.4 Materialvalg 50
10.5 Portalområder 50
10.6 Vaskevann og overflatevann i tunnel 51
10.6.1 Generelt 51
10.6.2 Vaskevannsystem 51
10.6.3 Farlig væske og brann 51
10.6.4 Kombinasjon av bassengvolum 52
10.7 Drenering, innlekkasje 52
10.8 Pumpesystemer overvann og drens 53
10.8.1 Generelt 53
10.8.2 Pumpeanlegg 53
10.8.3 Pumpeledning og utløp 54
10.8.4 Vannmengder 55
10.8.5 Kontrahering, strømforsyning og automatikk 55
10.9 Vannforsyning og brannvann 55
10.10 Rekkefølger og oppfølging 56
11 Ventilasjon 57

11.1 Tunnelventilasjon 57
12 Anleggsteknisk gjennomføring 59
12.1 Tunnelarbeider 59
12.2 Fremdriftsplan bygging 60
12.3 Tunnelventilasjon i anleggsperioden 60
12.4 Vanntilførsel og håndtering av driftsvann i anleggsperioden 61
12.5 Tunnelarm opp til Skúvoy 62
12.6 Ytre miljø i anleggsfasen 62
12.7 Tilrigging og transport av anleggsutstyr 62
12.8 Riggområder 63
13 Elkraft forsyningsanlegg 65
13.1 Generelt vedrørende elektrotekniske anlegg 65
13.2 Styrende dokumenter og generelle krav 65
13.3 Merkesystem 67
13.4 Høyspent kraftforsyningsanlegg til tunnel 67
13.5 Høyspentanlegg i tunnel 68
13.6 Lavspent forsyningsanlegg 68
13.7 Reservekraft 70
13.8 Jordingsanlegg 70
13.8.1 Jording høyspent 70
13.8.2 Gjennomgående i tunnel 70
13.8.3 Tekniske bygg i dagsone og i tunnel 70
13.8.4 Pumpestasjoner 71
13.8.5 Kiosker i tunnelen 71
13.8.6 Radiomast 71
13.8.7 Galger for skilt etc i heng 71
13.8.8 Vifter i heng 71
13.8.9 Tunnelportaler 72
13.9 Kabeltraseer 72
13.10 Tekniske bygg 72
13.10.1 Tekniske bygg i tunnel for trafikkrommet 72
13.10.2 Tekniske bygg i dagsonen 72
13.10.3 Tekniske rom for pumpeanlegg 72
13.10.4 Styring og overvåkning av tekniske bygg 72
14 Belysning 74
14.1 Tunnelbelysning 74
14.2 Sikkerhetsbelysning 74
14.3 Evakueringsbelysning 75

14.4 Belysning av bergrom 75
14.5 Belysning tekniske rom 75
14.6 Effektbelysning 75
15 Sikkerhetsutrustning 76
15.1 Nødstrømsystem 76
15.2 Evakueringsbelysning 76
15.3 Nødkiosker 77
15.4 Fjernstyrte bommer for stenging av tunnel 77
15.5 Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) og videoovervåking (ITV) 77
15.5.1 Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) 77
15.5.2 Videoovervåking (ITV) 78
15.5.3 Varmedeteksjon (branndeteksjon) 79
15.6 PA-system for trafikantinformasjon 79
15.7 Nødkommunikasjon, kringkasting og mobiltelefoni 79
15.7.1 Nødtelefon 79
15.7.2 Kringkasting 80
15.7.3 Mobiltelefoni / nødsamband 80
15.8 GNSS, Global Navigation Satellite System, dekning i tunnelen 80
16 Trafikkregulering/-overvåkning 82
16.1 Skilter og styrbart utstyr 82
16.2 ITV 82
17 Styring, regulering og overvåking (Automasjon) 83
17.1 Generelt 83
17.2 Teknologi og oppbygging 83
17.3 Datakommunikasjon 85
17.4 Nødstyrerom/innsatsrom 86
18 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) 87
19 Bærekraft i samferdselsprosjekter 88
20 Sikkerhet 89
VEDLEGG 91

1 Innledning

Dette forprosjektet for Suðuroyartunnilin er utarbeidet av Norconsult (NO). De tekniske løsningene er basert på kravene i norsk tunnelnormal (Statens vegvesen sin håndbok N500) og bygger videre på de løsningene som er benyttet i Sandoyartunnilin (EST). Forprosjektet utarbeides etter en forutgående fase som i hovedsak har gått på optimalisering av linjeføring og avklaring av dimensjoneringskriterier og sikkerhetstiltak. Tunnelen får en lengde på 22 818 m inkludert to portaler med lengde på 25 m på Sandoy og 50 m på Suðuroy. Lengden på tunnelen overgår det håndbok N500 omfatter, dette utløser krav om utarbeidelse av en egen risikoanalyse. NO har som del av dette forprosjektet utarbeidet en slik Risikoanalyse og anbefalingene fra denne er innarbeidet i forprosjektet.

I forprosjektet er det gjort en enkel vurdering av geometri og tilhørende separat kostnadsberegning for en eventuell tunnelarm opp til Skúvoy. Det er forutsatt at denne tunnelen sprenges ut fra Suðuroyartunnilin og at det ikke etableres egen tunneldrift fra Skúvoy.

Forprosjektet omfatter i hovedsak bygge- og anleggstekniske arbeider og dekker, i samsvar med arbeidsomfanget som er definert i prosjekteringsavtalen, selve tunnelen mellom påhuggene/portalåpningene. Områder som dekkes av andre og som således ikke inngår i dette forprosjektet, er følgende:

- Portalkonstruksjonene.
- Dagsoner ved hver portal.
- Arkitektarbeider for portaler og landskapsarkitektarbeider for portalområdene.
- Linjeføring for dagsoner.
- Generell geologisk beskrivelse, tolkning av ulike undersøkelser i sjø samt anbefalinger av bergoverdekning for undersjøiske tunneler.
- Planer for massedeponier i tilknytning til hvert av påhuggene.
- Overordnet visningsplan for skilt.
- Tekniske bygg i dagen

Håndtering av grensesnitt mot andre prosjekterende er således viktig for at tunnelprosjekteringen skal bidra til at den samlede prosjektdokumentasjonen blir homogen. Det er utarbeidet en egen grensesnittmatrise som avklarer grensesnitt mellom Norconsult og LBF datert 2023-09-29.

Hensikten med forprosjektet er å arbeide fram ulike bygge- og anleggstekniske løsninger for aktuelle deler av prosjektet, for således å etablere grunnlag for følgende:

- Tekniske løsninger for de enkelte fag.
- Kostnadsoverslag.
- Grunnlag for utarbeidelse av konkurransegrunnlag for bygge- og anleggstekniske arbeider.

Kostnadsoverslaget blir utarbeidet gjennom en egen prosess rett i etterkant av at forprosjektet er ferdig.

I tillegg til tidligere risikovurderinger, utarbeidet av Sweco og Sintef, har Norconsult parallelt med arbeidet med forprosjektrapporten gjennomført en separat risikoanalyse med tilhørende rapportering, som vedlegges forprosjektrapporten. Videre vil tegninger og egne fagrapporter/ notater være vedlegg til rapporten, se kapittel «VEDLEGG».

2 Prosjektbeskrivelse

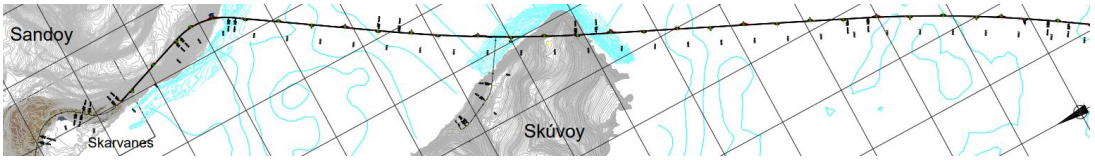
Suðuroyartunnilin er en ca 22818m lang ettløps-tunnel fra Skarvanes på Sandoy til Sandvik på Suðuroy. Tilførselsveg til tunnel fra eksisterende veg på Sandoy og ny tilførselsveg via ny Sandvikstunnel på Suðuroy prosjekteres av LBF. Tunnelen har gjennomgående 9,5 meter bredde med to kjørefelt. Maksimal stigning på tunnelen er 5%. Tunnelens lavbrekk ligger på kote -180. Tunnelen plasseres i tunnelklasse B iht. til håndbok N500 Vegtunneler.

En eventuell tunnelarm opp til Skúvoy er forutsatt å få en stigning på 12,5 %, tverrsnitt T8,5 og en lengde på ca 1550 m. Som mulige elementer for monotonidempende tiltak, er det i forprosjektet foreslått å legge inn to berghaller, med tilsvarende utførelse som i Lærdalstunnelen i Norge. Den ene av disse berghallene kan eventuelt kombineres med en rundkjøring for adkomst opp til Skúvoy.

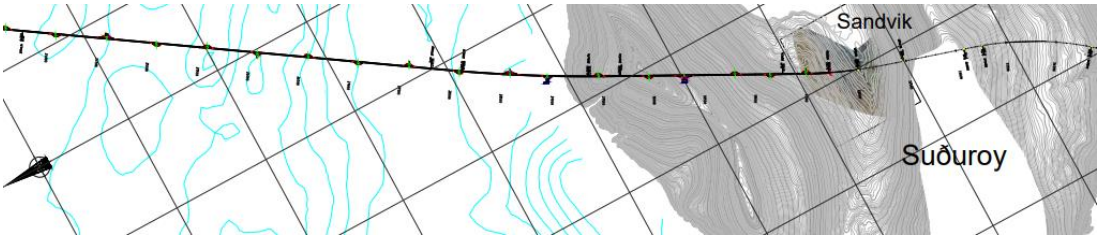
Det vil bli etablert havarinisjer for hver 500 m og snunisjer for hver 1000 m. Hver andre snunisje utvides for mulig etablering av egne evakueringsrom på senere tidspunkt. Tekniske bygg plasseres for hver 1500 m, og pumpestasjoner plasseres for ca. hver 80. høydemeter/pumpetrykk. Tekniske bygg og pumpestasjoner legges i tilknytning til havarinisjer.

Det forutsettes en gjennomgående føringskant av betong. Der det er vannlekkasjer og tilhørende behov for vannsikring, monteres det membran med brannsikring med sprøytebetong.

ÅDT er i åpningsåret estimert til ca 1300.



Figur 1 Oversiktstegning Suðuroyartunnilin nord



Figur 2 Oversiktstegning Suðuroyartunnilin sør

3 Grunnlagsmateriale

Følgende er det viktigste grunnlagsmaterialet for forprosjektet:

1. Ulike rapporter med beskrivelse av de generelle geologiske forhold og vurderinger av de ingeniørgeologiske forholdene i og langs tunneltraseen. Det vises til fagkapitlet Ingeniørgeologi for henvisninger til de viktigste rapportene.

2. LBF, mai 2019. Grunnlagsdata. Kart, plan og lengdesnitt av linje 1

3. Vegnormal N500 Vegtunneler (2022)

4. Vegnormal N100 Veg- og gateutforming med tilhørende veiledere (2023)

5. Vegnormal N200 Vegbygging (2022)

I tillegg er det under de ulike fag nevnt noen mer fagspesifikke håndbøker etc.

I tillegg er erfaringer og løsninger fra EST Sandoyartunnillin svært relevante, og er i stor grad lagt til grunn for de løsningene som er valg for Suðuroyartunnilin.

4 Veggeometri

4.1 Dimensjoneringsforutsetninger

Prosjekteringen skal baseres på dimensjonerende ÅDT og dimensjoneringsforutsetninger omforent med SUTU. Dimensjonerende ÅDT er beregnet 20 år etter antatt åpningsår, dvs. år 2050. Se tabell under for ÅDT i prosjektet.

Tabell 1 ÅDT og hastighet

Veger	Dim. hastighet	ÅDT åpning år 2030	ÅDT dim. år 2050	Skiltet fartsgrense
Suðuroyartunnilin	80	1300	2000	80 km/t

På bakgrunn av ÅDT og hastighet settes de resterende geometriske krav i tunnel ut i fra norske håndbøker fra Statens Vegvesen. Dette innebærer håndbok N100 Veg og gateutforming (2022), håndbok N101 Trafikksikkert sideterreng og vegsikringsutstyr (2022), håndbok N500 Vegtunneler (2022), og håndbok N-V120 Premisser for utforming av veger (2022).

Vegen defineres i vegklasse H1, ÅDT<6000 og fartsgrense 80 km/t. Prosjekteringstabell for H1 fremkommer i N100 tab. 3.3.1-1.

Breddeutvidelse på fri vegstrekning legges inn når horisontalradius er ≤500 m. Minste horisontalradius i tunnelen er 1000 m og det er dermed ikke behov for breddeutvidelse.

Alt av veganlegg i dagsoner utenfor portalsonen er ikke omtalt her og prosjekteres av lokale aktører på Færøyene.

4.2 Siktutvidelse i tunnel

Håndbok N500 har stoppsiktkrav for tunnel, dimensjonert etter håndbok N100 og V120 linjeføringsteori.

Oppdrag:	**Suduroytunnilin**		
Strekning:	**Tunnel**		
Profil/sted:			
Fargekoding:	**innverdi**	**mellomregning**	**svar**
Krav			
Stoppsikt	$L_S=0{,}278 \times T_r \times V+(V \times V/(254{,}3 \times (F_b+S)))$		
$L_S = L_r+L_b$	131.79	**Stoppsikt, krav [m]**	
$L_r = 0{,}278 \times T_r \times V$	49.76		
$L_b = V \times V/(254{,}3 \times (F_b + S))$	82.03		
Skiltet hastighet V	80		
Fartstillegg ΔVt	5	Se V120, figur 6.1.2-1.	
Fartsprofiltillegg ΔVpt	4.5	Se V120, tabell 6.1.3-1.	
V= V + ΔVt + ΔVpt	89.5	Hastighet før nedbremsing [km/t]	
T_r=	2	Reaksjonstid [s]. Se V120, avsnitt 2.14	
F_b=	0.434	Bremsefriksjon. Se V120, tabell 2.16.3-1.	
S=	-0.05	Fall/stigning [m/m] (fall med negativ verdi)	
Kontroll			
Stoppsikt	$L_S = \sqrt{(8 \times R \times B)}$		
$L_S = \sqrt{(8 \times R \times B)}$=	154.78	**Stoppsikt, basert på fysiske B og R [m]**	
B=	3	Tunnelprofil T9,5 [m]	
ΔBs=	0	Siktutvidelse, i praksis ekstra bankettbredde [m]	
R=	998.25	Kurveradius, summert til midt i indre kjørefelt [m]	
Kontrollen er:	**Godkjent. Teoretisk siktlengde er større en krav**		

Figur 3 Beregning ved tunnelens minste radius R=1000.

Ut i fra disse forutsetningene vil det ikke være behov for siktutvidelse i Suðuroyartunnilin.

4.3 Vegoverbygning

4.3.1 Forutsetninger

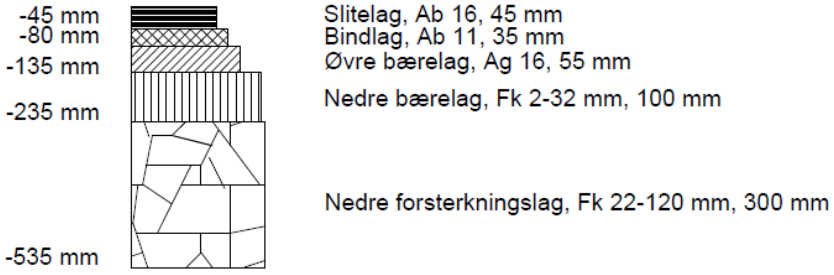
Dimensjonert etter Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging.

4.3.2 Dimensjonering

ÅDT = 1300
ÅDT-T = 100 (7,7%)

N200 (2022)

Dekke 45 mm Ab 16	tab. 3.3.1-1 ÅDT 1000-3000
Bindlag 35 mm Ab 11	tab. 3.3.1-1 ÅDT 1000-3000
Øvre bærelag 55 mm Ag 16	tab. 3.3.2-3 trafikkgruppe B
Nedre bærelag 100 mm Fk 2-32	tab. 3.3.2-3 trafikkgruppe B
Forsterkningslag 300 mm Fk 22-120	tab. 3.3.3-1 trafikkgruppe B
Total tykkelse 535 mm	



Dersom en ønsker å bruke lokale, tilgjengelige materialer kan dimensjonering med laboratoriebestemte lastfordelingskoeffisienter iht. håndbok R210 Laboratorieundersøkelser anvendes, iht. N200(2022) kap. 3.3.4.

Krav til materialer:

Forsterkningslag: N200(2022) kap. 4.6

Bærelag av mekanisk stabiliserte materialer: N200(2022) kap. 4.7.1.1

Bituminøse bærelag: N200(2022) kap. 4.7.3.1

Dekke av asfaltbetong (Ab): N200(2022) kap. 4.8.2

5 Tunnelprofiler

5.1 Generelt

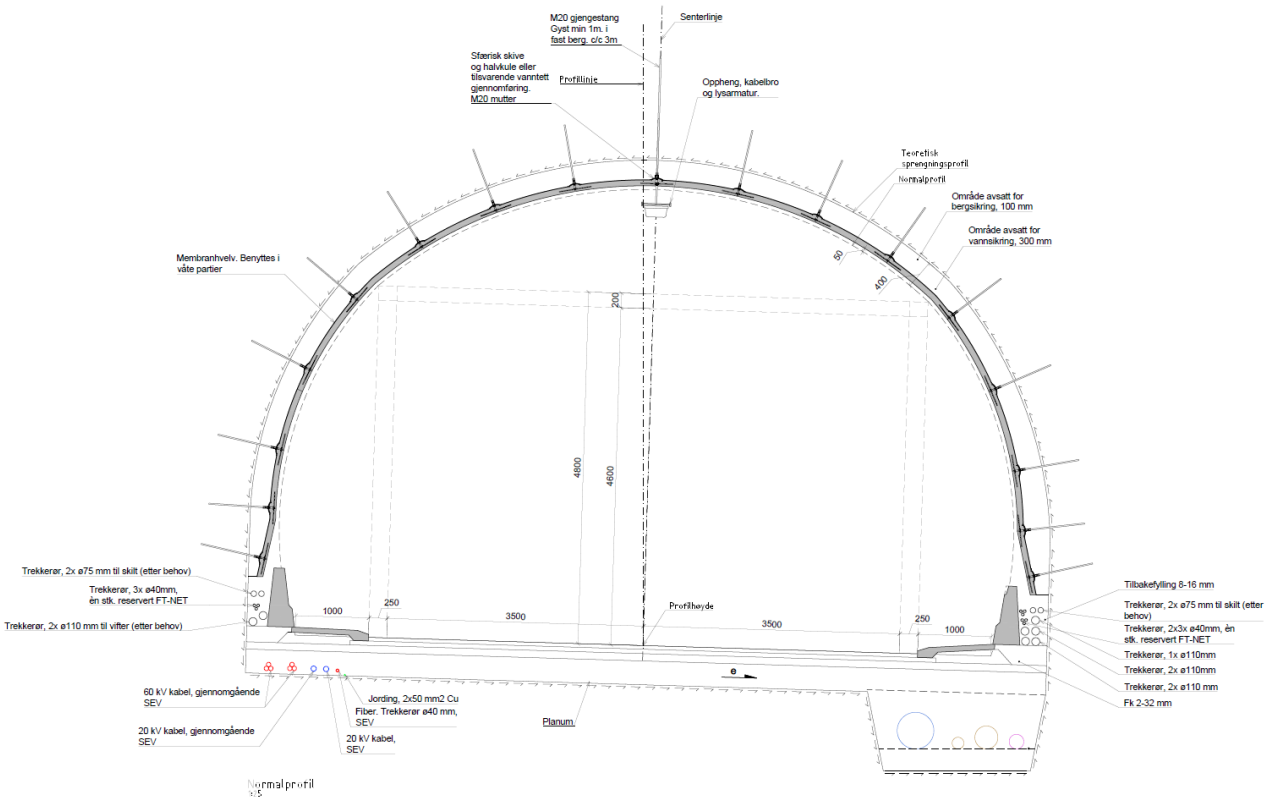
Tabell 2 Krav til tunnelprofil

#		Tunneltekniske krav	Referanse
01	Tunnelklasse	B (tunnelprofil T9,5) Tunnelprofilet er senket/optimalisert med 20 cm i heng, sammenlignet med T9,5 fra N500.	N500 Kap 4.4.2-1
02	Frihøyde	Frihøyde: 4,6 meter vinkelrett over kjørebane. Frihøyde til teknisk utstyr: 4,8 meter vinkelrett over kjørebane	N500 Kap 4.4.1-1/2
03	Vannsikring	Nedre føringskant av betong. Vannsikring utføres med membran og armering som er påført 80 mm sprøytebetong. Endelig utstrekning bestemmes etter at tunnelen er drevet.	N500 Kap.8.4.1-2
04	Vegoppbygging	Vegoppbygging er 535 mm. Se tegning F001 og kap. 4.3	
05	Grøft	Ensidig tverrfall på minimum 3%. Se B-tegninger for tverrfall på tunnelen og tunnel profiler under kapittel 5.2	N500 Kap.9.3
06	Bankett	Minimum 5% fall mot kjørebane og 70 mm tykk betong. Avgrenses med lav eller ikke-avvisende kantstein som plasseres minimum 250 mm fra kantlinje, på bindelaget i vegoppbyggingen.	N500 Kap 4.4.4-1
07	Havarilommer	Senteravstand: 500 m Toleranse: +/- 50 meter Lengde: 90 meter Utvidelse: 3 meter, som er lineær over 30 meter. Første nisje knyttet til inngående kjørefelt skal plasseres 250 meter fra tunnelåpning Det vises til tegninger B001 og B011 til B017 for plassering, og tegningene F151 og F152 for utforming av havarilommer og snunisjer.	N500 Kap 4.5.1-1/2/3 og kap 5.3.1-1
08	Snunisjer	Senteravstand: 2000 meter Lengde: 150 meter	N500 Kap 5.3.1-1

#		Tunneltekniske krav	Referanse
		Utvidelse: 6 meter, som er lineær over 60 meter. Det vil bli plassert ut snunisjer hver 1000 meter, se rapport for risikovurdering. Det vises til tegninger B001 og B011 til B017 for plassering, og tegningene F151 og F152 for utforming av havarilommer og snunisjer.	

5.2 Tunnelprofiler

5.2.1 Tunnelprofil T9,5

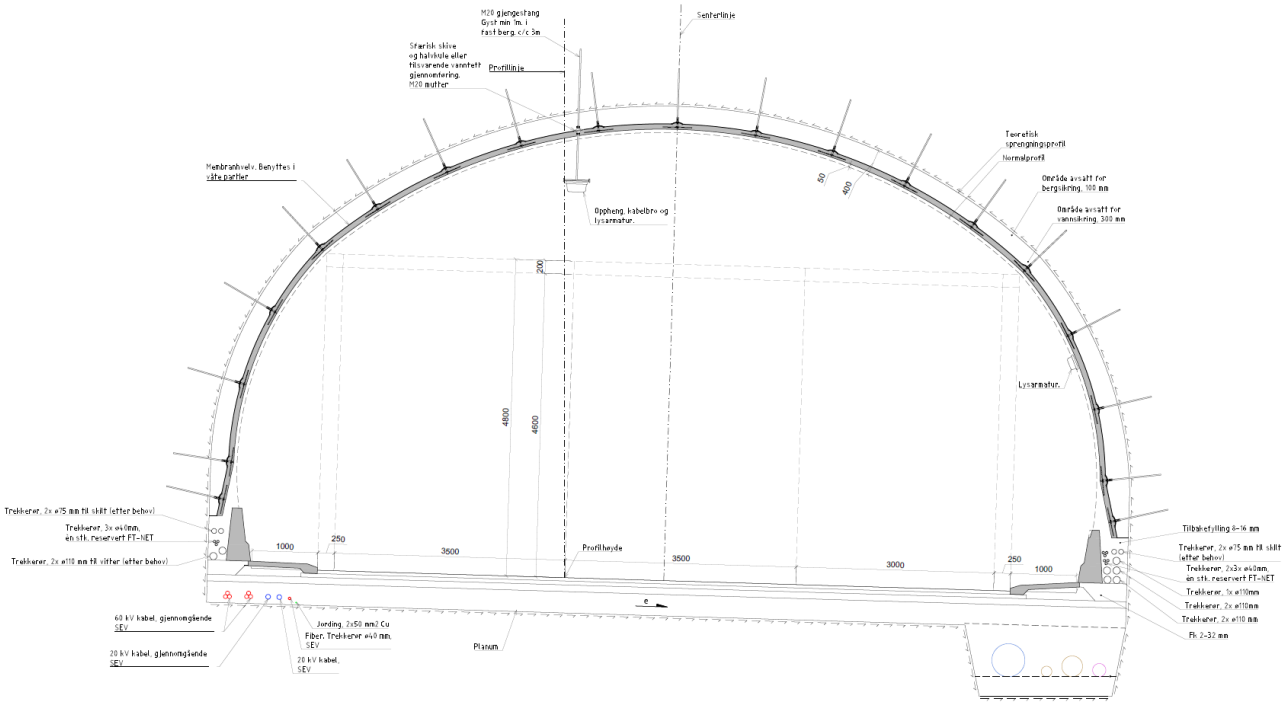


Figur 4 Tunnelprofil T9,5. Se tegning F121 for detaljer

Profilet er gjennomgående i hele tunnelen. Fra venstre føringskant er det bankett på 1,0 m, skulder på 0,25 m, kjørebane på 3,5 m, kjørefelt på 3,5 m, skulder på 0,25 m og bankett på 1,0 m inn mot høyre føringskant. Tverrprofilet er senket 20 cm i hengen sammenlignet med T9,5 fra håndbok

N500, noe som gir en besparelse på ca 1,0 m2 for sprengningsprofilet (ca 4,85 m2 sammenlignet mot profilet i Sandoyartunnilin).

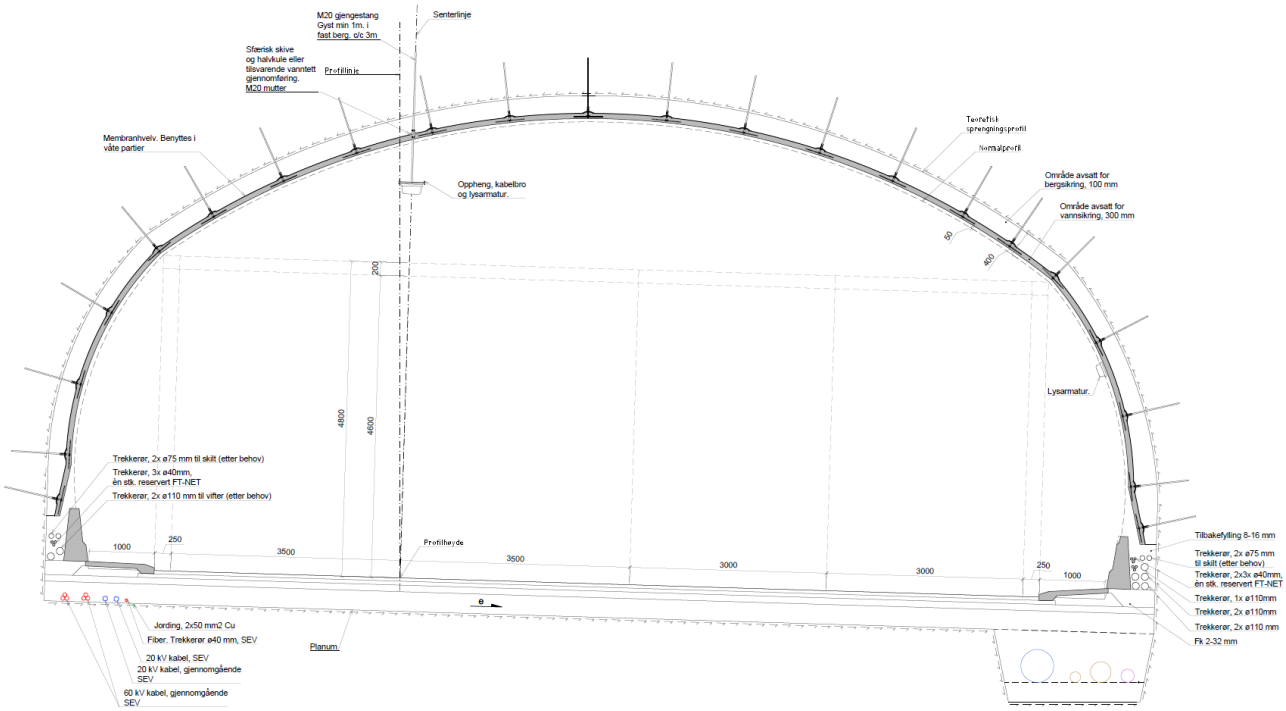
5.2.2 Tunnelprofil T12,5



Figur 5 Tunnelprofil T12,5. Se tegning F122 for detaljer

Profilet gjelder i havarinisjer for hele tunnelen, se tegning F122. Fra venstre føringskant er det bankett på 1,0 m, skulder på 0,25 m, kjørebane på 3,5 m, kjørefelt på 3,5 m, havarifelt 3,0 m, skulder på 0,25 m og bankett på 1,0 m inn mot høyre føringskant. Tverrprofilet er senket 20 cm i hengen sammenlignet med T12,5 fra håndbok N500, noe som gir en besparelse på ca 1,5, m2 for sprengningsprofilet (ca 5,95 m2 sammenlignet mot profilet i Sandoyartunnilin).

5.2.3 Tunnelprofil T15,5



Figur 6 Tunnelprofil T15,5. Se tegning F123 for detaljer

Profilet gjelder i havarinisjer med snunisje for hele tunnelen, se tegning F123. Fra venstre føringskant er det bankett på 1,0 m, skulder på 0,25 m, kjørebane på 3,5 m, kjørefelt på 3,5 m, havarifelt 3,0 m, havarifelt 3,0 m, skulder på 0,25 m og bankett på 1,0 m inn mot høyre føringskant. Tverrprofilet er senket 20 cm i hengen sammenlignet med T15,5 fra håndbok N500, noe som gir en besparelse på ca 2,0 m2 for sprengningsprofilet (ca 7,74 m2 sammenlignet mot profilet i Sandoyartunnilin).

6 Ingeniørgeologi

6.1 Innledning

Geologien i planområdet er tidligere undersøkt i perioden 2018-2021. Det ble da gjennomført borehullslogging i hammerborede hull på Sandoy, Skúvoy og Suðuroy. Videre ble det gjort undersøkelser med multistråle ekkolodd og refraksjonsseismikk over deler av aktuelle traseer for ny tunnel. Geologiske beskrivelser av prosjektområdet og resultater fra undersøkelsene er sammenfattet i rapport *Petersen, U. K., Madsen, T. H., Árting, U. and Højgaard, B. (2022): A revised geological description of the Suðuroy tunnel area. A work in progress. Status report ultimo 2021. Report to Landsverk. Jarðfeingi rapport Nr. 03.*

Supplerende program for kartlegging av bunnforhold, geologi og stratigrafi i området pågår. Det er vår og sommer 2023 gjennomført supplerende undersøkelser i sjøen med seismikk og multistråle ekkolodd. Videre er det utført kjerneboring ved Skarvanes, samt påbegynt kjerneboring på Skúvoy (ferdigstilles først i 2024). Det er også utført geologisk feltkartlegging, og det planlegges å utføre refraksjonsseismikk i påhuggsområdet ved Sandvik. Resultater fra undersøkelsene forventes i hovedsak være sammenstilt og rapportert etter ferdigstillelse av forprosjektet.

Detaljert geologisk beskrivelse, tolkning av utførte undersøkelser og ingeniørgeologiske forhold på land og i fjorden inngår ikke i forprosjekt tunnel. En generell beskrivelse av geologien og innledende beskrivelse av ingeniørgeologiske forhold er presentert i kapittel 6.2 og 6.3.

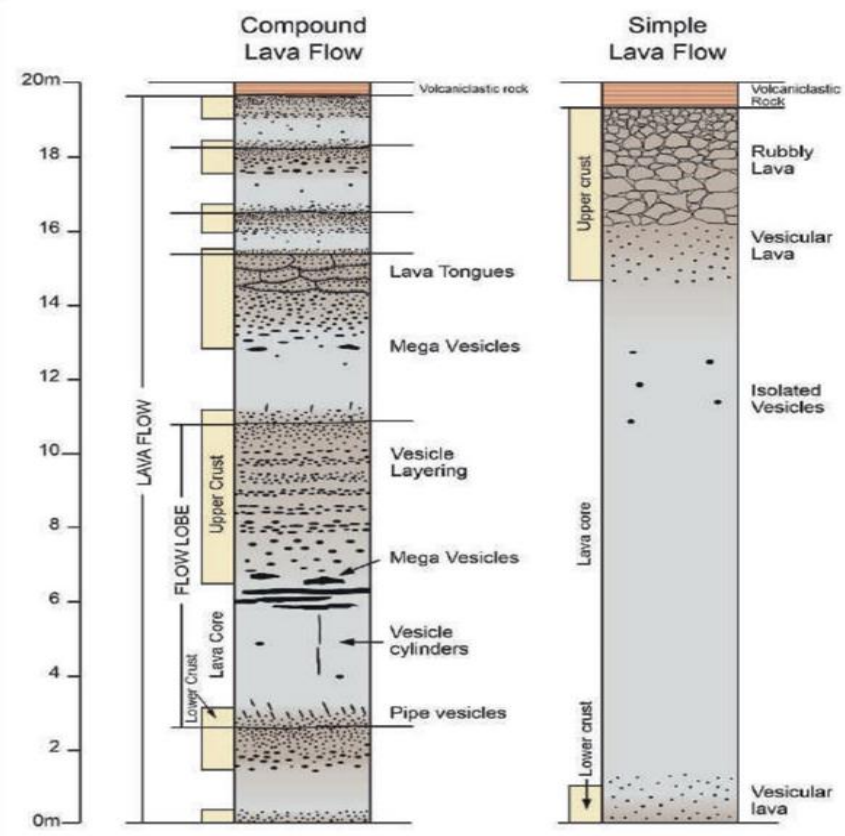
6.2 Kort geologisk beskrivelse

Berggrunnen på Færøyene består i all hovedsak av lavabergarten basalt. Det er i alt kartlagt syv formasjoner i basaltgruppen som utgjør øyene og berggrunnen under disse. Enni-formasjonen (øverst) og Malinstindur-formasjonen dominerer øygruppen, med unntak av sørlige deler av Suðuroy hvor man også finner den underliggende Beinisvørð-formasjonen. Se oversikt over geologi og stratigrafi på Færøyene, sammenstilt med oversikt over tunneler i de ulike formasjonene inkludert plassering av Suðuroyartunnilin, i Figur 8.

Basalten forekommer i ulike varianter hva gjelder mineralogisk sammensetning, kornstørrelser, volumandel blærer, sekundære mineraler i blærer m.m. Disse faktorene avhenger bl.a. av bergartens plassering i lagsekvensen og i den enkelte lavabenk, dessuten av hovedtype basaltstrøm. Oppbygning og sammensetning med hensyn til basaltene er ulik for formasjonene.

Det er to hovedtyper av basaltstrømmer, de enkle lavastrømmene og de sammensatte lavastrømmene. De enkle strømmene har gjerne stor lateral utbredelse og titall meters tykkelser, og består generelt av en massiv kjerne med en tynn sprø skorpe i bunn og en tykkere sprø, delvis breksjert og forvitret skorpe i topp. Mellom hver enkelt strøm er det ofte et lag av vulkanske sedimenter med varierende tykkelse. De sammensatte strømmene består av en rekke mindre strømmer, hver med begrenset lateral utbredelse og liten tykkelse, men til sammen utgjør hver sammensatt strøm en lavabenk på titalls meters tykkelse. Mellom hver delstrøm er det vanligvis ikke vulkanske sedimenter, men det forekommer mellom hver lavabenk i varierende grad.

Mens sammensatte lavastrømmer er typiske for Malinstindur-formasjonen (ca. 1400 m tykkelse), består Enni-formasjonen (ca. 700 m tykkelse) både av sammensatte lavastrømmer og enkle lavastrømmer.



Figur 7 De to hovedtypene av basaltstrømmer som tunnelen går igjennom. Kilde: Petersen et.al 2022

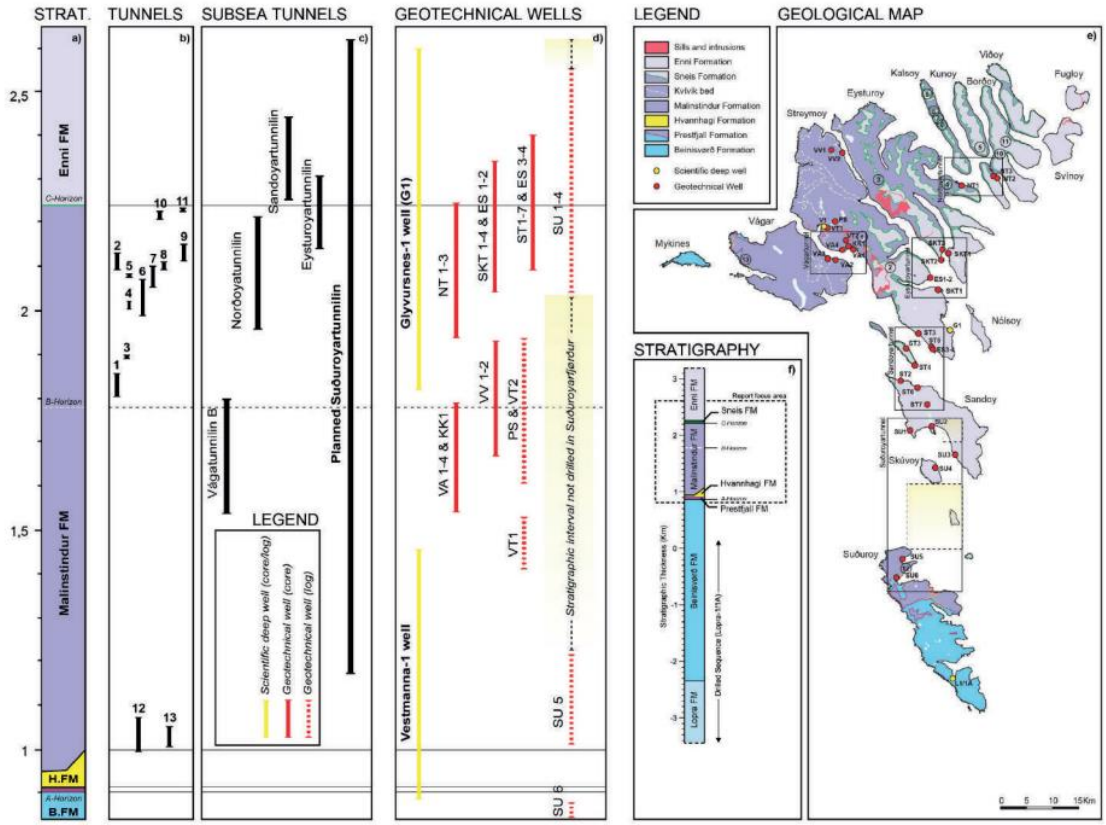
Sneisformasjonen (mindre enn 50 m tykkelse) ligger mellom Enni-formasjonen og Malinstindur-formasjonen, og er en sandstein-konglomerat lagrekke intrudert av basalter. Prestfjall-formasjonen (ca. 15 m, bestående av ulike vulkanoklastiske sedimenter), samt Hvannhagi-formasjonen (mindre enn 100 m tykkelse, bestående av lagdelte basaltisk tuff vulkanoklastiske sedimenter) ligger under Malinstindur-formasjonen og er blant annet blottlagt på den nordlige delen av Suðuroy.

I tillegg til vulkanske sedimenter forekommer det intrusiver i form av vertikale tverrganger og horisontale lagganger av varierende tykkelse.

Basaltlagene i planområdet ligger nær horisontalt, med kun få graders fall i NNØ til NØ retning.

Det er tidligere drevet en rekke vegtunneler på land, samt fire undersjøiske tunneler. Disse er i hovedsak drevet i Enni- og Malinstindur-formasjonene. Stratigrafisk vil Suðuroy-tunnelen spenne over en så stor del av stratigrafien på Færøyene (som utgjøres av Enni- og Malinstindur-formasjonene) at det meste av geologien og stratigrafien påtruffet ved tidligere undersjøiske tunnelprosjekter (og prosjekter på land) vil være representert i Suðuroy tunnelen. Det ventes ikke

at tunnelen når ned i Prestfjall-, Hvannhagi og Behisvørd-formasjonene som forekommer på Suðuroy.



Figur 8 Stratigrafisk plassering av Suðuroyartunnilin, sammen med lokalisering av andre tunneler på land og under sjø som er drevet på Færøyene. Som det fremgår spenner tunnelen over det meste av stratigrafien som er dekket ved tidligere tunnelbygging og ved br

6.3 Ingeniørgeologiske vurderinger

6.3.1 Ingeniørgeologiske forhold for undersjøisk tunnel

Det er foreløpig lagt til grunn at tunnelen skal ha minimum 50 m overdekning.

Som rapportert i *Petersen m.fl. (2022)* var det ved avslutningen av 2021 kun deler av sjøområdet mellom Sandoy og Suðuroy som var kartlagt med tanke på havbunnstopografi og seismiske hastigheter. Som beskrevet innledningsvis pågår det høsten 2023 arbeider med registrering, tolkning og rapportering av supplerende undersøkelser. Innledende prosessering av profiler sommer 2023 for tunnellinjen viste ikke tegn til sedimentbassenger i forsenkninger i bergoverflaten, eller tykke banker med sedimenter oppå berget. Grovt sagt var det maksimalt 10 m med sedimenter lokalt på bergoverflaten som utgjør sjøbunnen. Videre er bunnforholdene inn mot Sandoy og nord og sør for Skúvoy kartlagt med multistråle ekkolodd, og bunnkartleggingen lagt inn i lengdeprofilet.

Videre arbeider med undersøkelsene ventes å gi sikrere definisjon av berg og løsmasser på sjøbunnen, en sikrere prognose med tanke på lagplasseringer og plassering av viktige laggrenser (reflektorer) samt svakhetssoner i bergmassen.

Ut fra foreliggende lengdeprofil i *Petersen m.fl. (2022)* synes Suðuroyartunnilin grovt å ligge med rundt 1/3 av lengden i Enni-formasjonen, mens 2/3 vil ligge i Malinstindur-formasjonen. Begge disse to formasjonene er godt kjent og beskrevet fra tidligere tunnelbygging.

Siden tunnelen har krav til maks stigning 5 %, tunnelen drives med spiss vinkel i forhold til basaltlagenes fallretning mot NØ, og disse lagene også ligger med kun få graders fall, medfører dette at svake bergartslag (tuff) og laggrenser i basalten også vil kunne følges av tunnelen over lengre strekninger. Sneisformasjonen vil kunne utgjøre en slik subhorisontal svakhetssone i området øst for Skúvoy, der formasjonen danner grensen mellom Enni-formasjonen og Malinstindur-formasjonen. Av andre kjente sedimentære lag er Sandur beds, flere horisonter i Enni-formasjonen med sedimenter mellomlagret basaltstrømmene, som ventes krysset av tunnelen ved starten av tunnelstrekningen fra Sandoy. Sandur beds har man ikke erfaring med tunneldriving i, fra tidligere. Fra driving av Sandoyartunnilin erfarte man at driveretningen utgjorde en forskjell for stabiliteten. Helningen til tunnelen i forhold til retningen på lagpakkene vil også kunne ha betydning med tanke på vanninnsig, da basaltpakkene ofte er karakterisert med store åpne sprekker.

6.3.2 Tunnelpåhugg

Foreslåtte påhuggsplasseringer er vurdert basert på topografisk kartgrunnlag samt bilder og observasjoner ved befaring gjennomført 28.04.2023 ved SUTU, LBF, SINTEF og NO.

Minimumsoverdekning for tunnelpåhugg er foreløpig satt til 15 m, målt i forhold til ferdig veibane. Dette ivaretar nødvendig plass til tunnelprofil med utvidelse for kontaktstøp til portalen, anbefalt minimums bergoverdekning for etablering av påhugg (halve spennvidde) samt noe ekstra marginer.

Det er foreløpig anbefalt en bredde på forskjæringene på 23 m. Det er da satt av ekstra plass til fanggrøft på 4,5 m på begge sider av tunnelen for skjæringshøyde maksimum 20-25 m, i henhold til krav i N200. Bredde ivaretar samtidig nødvendig plass for tunnelportal og utvidet tunnelprofil med kontaktstøp. Prosjektering av forskjæringer utføres av LBF.

Nærmere beskrivelse av geologi og kartlegging i påhuggsområdende foreligger pr. dags dato ikke.

Tunnelpåhugg Skarvanes:

Tunnelpåhugget på Sandoy er lagt til sideskrått terreng noe nedenfor adkomstveien som går videre til Skarvanes, en bygd beliggende noe lenger sør. Rett nord for påhugget ligger et gårdsbruk.

Ved befaringen 28.04 ble det observert berg i dagen i forbindelse med bekkedraget som krysser veglinjen i området. For øvrig er det sammenhengende løsmasser i området, med unntak av langsgående klippe/bergskrent ned mot sjøen. Noen flyttblokker ligger på terreng, videre er det

eksponert blokk og stein i bekkedraget. Dette indikerer at løsmassene består hovedsakelig av morene.

Tunnelpåhugget ved Skarvanes er foreløpig plassert ved profil 8983. Siden terrenget ved Skarvanes er sideskrått, vil terrengnivået på østsiden av veglinjen være høyere, enn terrengnivået på vestsiden. Skjæringshøyden på østsiden av veilinjen vil her også være en del høyere enn disse minimum 15 m, sannsynligvis 20 m eller mer.

Tunnelpåhugg Sandvik:

Tunnelpåhugget ved Sandvik på Suðuroy står ortogonalt på en dalside som preges av sammenhengende løsmassedekke og markert bekkeerosjon i løsmassene, spesielt lenger opp i fjellsiden. I bekkedraget som ble befart 28.04 var det eksponert blokk og stein, som indikerer at løsmassene hovedsakelig består av morene. Større flater med eksponert berg ble ikke observert i området, slik at det er en større usikkerhet knyttet til løsmassemektigheten ved dette påhugget enn ved tunnelpåhugget ved Skarvanes.

Tunnelpåhugget ved Sandvik er foreløpig plassert ved profil 31726. Refraksjonsseismikk ved Sandvik planlegges utført for kartlegging av løsmassemektighet og bergkvalitet i det aktuelle påhuggsområdet.

6.3.3 Plassering av tverrsnittsutvidelser i tunnel

Det vil bli etablert tverrsnittsutvidelser i tunnelen med jevne mellomrom som følge av behov for havarinisjer, snunisjer og tekniske bygg. Behov for pumpestasjoner og fordrøyningsbasseng vil også gi et behov for større bergrom i tilknytning til tunnelen. Videre er det planlagt to fjellhaller i tunnelen, en i området ved Skúvoy og en mellom Skúvoy og Suðuroy - dette for å øke trafikksikkerhet og bryte monotoni i den lange tunnelen. Det kan være geologiske forhold som kan være ugunstige for etablering av store tverrsnitt og rundkjøringer, slik som sprekkesoner som krysser tunnelen, eller svake bergartslag (tuff- og sedimentlag) mellom lavabenkene.

Plasseringer av tverrsnittsutvidelser og rundkjøringer er i forprosjektet ikke blitt vurdert opp mot stratigrafien i området (f.eks. plasseringen av Sund-avsetningen som ventes krysset i området nord for Skúvoy). Slike justeringer bestemmes ikke i prosjekteringsfasen, da det alltid vil være usikkerheter knyttet til nøyaktig stedfesting av svakheter i berggrunnen på tunnelnivå. Videre er dokumentasjon og tolkning av de geologiske og stratigrafiske forholdene arbeider som ikke er ferdigstilte.

Ved svært dårlig berg påtruffet under bygging må utvidelser tilpasses geologien. Mindre lokale geologiske svakheter som påtreffes under tunneldrivingen forutsettes å være håndterbare med konvensjonelle sikringsmidler.

6.4 Tunnelprosjektering

6.4.1 Stabilitetssikring i tunnel

For dimensjonering og valg av sikringsmidler i tunnelen, legges N500 *Vegtunneler* og V520 *Tunnelveiledning* til grunn. Videre tilpasses nivå og metodikk på stabilitetssikringen de geologiske

forholdene på Færøyene og erfaringer fra tidligere undersjøiske tunnelprosjekter (EST). Det vil også være aktuelt å gjøre prosjektspesifikke tilpasninger, blant annet med tanke på definisjon av sikringsklasser for ulike typer lokale geologiske fenomener og kvalitet på bergmassen.

Alle bolter inkl. tilbehør forutsettes å være dobbelt korrosjonsbeskyttet med varmforsinking og epoksy pulverlakkering. Den permanente boltesikringen skal være fullt innstøpt for lengst mulig levetid. Kombinasjonsbolter, som monteres som endeforankrede bolter på stuff til bruk som arbeidssikring og gyses bak stuff for å inngå i den permanente sikringen, oppfyller dette funksjonskravet og anbefales som den primære boltetypen på stuff. For supplerende sikring bak stuff benyttes innstøpte bolter.

Bergbånd og øvrig sikringsmateriell skal også ha dobbel korrosjonsbeskyttelse.

Sprøytebetong med kvalitet B35 M40 benyttes i undersjøisk og oversjøisk del. Det forutsettes benyttet stålfiber der sprøytebetong skal være fiberarmert, dette av miljøhensyn. Minimum sprøytebetongtykkelse skal i henhold til N500 være 10 cm i saltvannssonen av hensyn til bestandighet. For ET og ST ble dette kravet fraveket, og det ble benyttet 8 cm minimum sprøytebetongtykkelse. Dette vil også være aktuelt for SUTU.

6.4.2 Sonderboring og andre geologiske undersøkelser foran stuff

For undersjøisk del av tunnelen forutsettes det utført systematisk sonderboring foran stuff. Dette gjøres for kartlegging av geologien som tunnelen er på vei inn i (svake bergarter, oppsprekking, vannførende soner m.m.), slik at man ved dårlige forhold kan iverksette tiltak som tetting (injeksjon) eller stabilisering (forbolting, tung sikring på stuff) i tide. Det bores typisk 4-6 stk sonderhull med lengder 21-24 m og med en til to salvers overlapp (5-10 m) mellom hver sonderrunde.

Bruk av kartleggingsverktøy ved sonderboring (MWD – Measure While Drilling) vil være et nyttig hjelpemiddel for dokumentasjon av berg- og vannforholdene foran stuff.

Boring av lengre sonderhull eller sonderhull med høy stikning for kontroll av bergoverdekningen kan være aktuelt i spesielle tilfeller. Avviksmåling vil kunne begrense usikkerhet og øke retningsnøyaktighet av lange hull.

Kjerneboring som sonderboring kan være aktuelt der det viser seg behov for en mer detaljert kartlegging av bergmassen foran stuff.

Bruk av seismikk på stuff (TSP – Tunnel Seismic Prediction) er en metode som også kan være et verktøy for å forutsi geologien i avstander foran stuff på inntil 150 m. Metoden er blant annet tatt i bruk på det norske undersjøiske veiprosjektet E39 Rogfast, hvor det systematisk skytes seismikk foran stuff som del av forundersøkelsene for tunnelen.

Bruk av kartleggingsverktøy ved sonderboring (MWD – Measure While Drilling), undersøkelser ved TSP og kjerneboring forutsetter at det er ingeniørgeologisk kompetanse til stede ved stuff som følger opp arbeidene og kan vurdere dataene fortløpende.

6.4.3 Forinjeksjon

Dersom det ved sonderboring påtreffes markerte vannførende sprekker eller svakhetssoner, eller generelt vannførende bergmasse, kan det bli behov for å tette lekkasjene ved forinjeksjon utført foran stuff. Normalt vil denne injeksjonen, dersom det ikke er strenge krav til innlekkasje på enkelte strekninger, utføres behovsprøvd. Det vil si beslutning om forinjeksjon gjøres basert på resultater fra lekkasjer fra sonderhull eller salvehull, og basert på erfaringer som tilegnes underveis ved

arbeidet med tunneldriving og injeksjon. Basert på data fra undersøkelser foran stuff, samt erfaringer fra tidligere salver, sonderboring og injeksjon kan utførelse av systematisk injeksjon over kortere eller lengre strekning være hensiktsmessig og nødvendig. Eksempelvis at tunnelen krysser lekkasjeførende stratigrafiske lag som strekker seg over lengre del av tunnelen grunnet liten forskjell mellom orientering på tunnel mot orientering på bergartslag

Ved forinjeksjon forutsettes det bruk av sementbaserte injeksjonsmidler (standard sement/mikrofin sement) med nødvendige tilsetningsstoffer (silikaslurry, superplastiserende stoffer etc.). Kjemiske injeksjonsmidler som vannreaktivt polyuretan kan være aktuelt i spesielle tilfeller. Det anbefales i utgangspunktet å benytte så høyt injeksjonstrykk som forholdene tillater, men trykket må tilpasses forholdene på stedet til enhver tid. Dette forutsetter at entreprenøren stiller mannskap med erfaring fra injeksjonsarbeid og at beslutninger knyttet til injeksjonen gjøres på stuff.

6.4.4 Tunneldriving nær bebygd område

Generelt

Tunnelen vil for det aller meste bli drevet under sjøen, og der den drives under land vil dette skje hovedsakelig med stor avstand til bebyggelse og konstruksjoner. Første delen av Suðuroyartunnilin fra Sandoy passerer øst og sørøst for bebyggelsen på Skarvanes. Avstand fra tunnelen til den nærmeste bebyggelsen vil være i størrelsesorden 125-150 meter på det nærmeste. På siste delen av tunnelen, på Suðuroy, passerer tunnelen i avstand 350 m eller mere i forhold til bebyggelsen ved Sandvik. Belastning på tredjepart i form av støy, vibrasjoner og strukturlyd fra tunnelen ventes derfor å være meget begrenset.

Vibrasjoner fra sprengning og pigging

Ved utsprengning av ny tunnel vil det oppstå vibrasjoner som forplanter seg fra sprengningsstedet gjennom bergmassen og ut mot terrengoverflaten. Vibrasjonene vil bli overført til bygninger som er fundamentert på berg eller løsmasser. Ved for store vibrasjoner kan det oppstå skader på bebyggelsen. Det må derfor settes restriksjoner for tunnelsprengning i bebygde områder. Dette gjøres normalt ved at det settes grenseverdier for maksimal tillatt svingehastighet.

Det er vanlig i norske tunnelprosjekter at grenseverdier for byggverk ved sprengningsarbeider og andre typer grunnarbeider som genererer vibrasjoner, fastsettes i henhold til anbefalingene gitt i norsk standard NS8141-1:2022 *Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk Del 1: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt på byggverk, inkludert tunneler og bergrom.* På Færøyene er det forsikringsselskapene som fastsetter de endelige grenseverdiene.

Selv om det er noe avstand fra tunneltraseen til nærmeste bebyggelse, anbefales det at det monteres vibrasjonsmålere på de nærmeste bygningene til tunneltraseen ved Skarvanes. Målepunkter etableres normalt på grunnmur, og flyttes etter hvert som tunnelstuffen beveger seg videre. Enkelte målepunkter bør også etableres lenger unna for å dokumentere dempingen av rystelsene med hensyn til avstand fra sprengningsstedet. Det anbefales at byggherren selv engasjerer et uavhengig firma til montering og drift av vibrasjonsmålere for å dokumentere rystelsene.

Ved Sandvik er avstandene mellom bebyggelsen og tunnel så store at målinger av vibrasjoner på de nærmeste bygningene der ikke bør være nødvendig å gjennomføre.

Selv om det stilles strenge krav til entreprenøren om å overholde kravet til vibrasjoner fra sprengningen, er ikke satte grenseverdier noen garanti for at ikke skader på bygninger kan oppstå. Det vil også alltid være en risiko for at en enkelt salve vil indusere høyere vibrasjoner enn planlagt. Dette kan for eksempel oppstå ved spesielle geologiske forhold som ikke er oppdaget på forhånd, eller ved utførelsesfeil under boring eller ladning av salva. Krav til vibrasjoner som stilles i kontrakten med utførende entreprenør, skal ha til hensikt å unngå skader på byggverk, samt å fordele ansvarsforhold ved eventuelle skader som måtte oppstå. Det kan imidlertid ikke utelukkes at skader kan oppstå selv om kravene etterfølges, og byggherren må da stå til ansvar for disse.

I forkant av at anleggsarbeidene starter opp, vil det være nødvendig å gjøre en besiktigelse av alle bygninger og konstruksjoner som kan tenkes å kunne bli berørt av anleggsarbeidene i form av vibrasjoner. Dette for å ha dokumentasjon på byggets før-tilstand i tilfelle eventuelle klager på bygningsskader etter at sprengningsarbeidene har startet opp. I forbindelse med bygningsbesiktigelsene innhentes opplysninger om konstruksjonsmåte på den aktuelle bygningsmassen. Fundamenteringsforhold og eventuelle brønner (energi- eller andre typer forsyningsbrønner) bør også kartlegges. Det vil da være aktuelt å oppdatere grenseverdiene for vibrasjoner satt for de enkelte bygningene.

Støy og strukturlyd

I forbindelse med tunnelarbeider vil det genereres anleggsstøy fra arbeider inne i tunnelen, samt fra transport inn og ut av tunnelen av tunnelstein, materialer og personell. Tunnelventilasjonen vil også generere støy. Særlig er det boring (salveboring, sonderboring, bolteboring) og maskinell rensk (pigging) som lager strukturlyd, utover de påkjenningene som omgivelsene påføres fra selve tunnelsprengningen.

Tunnelpåhugget med forskjæring på Sandoy vil ha beliggenhet med god avstand til tettstedet Sand, og ventes heller ikke berøre bebyggelsen ved Skarvanes. Som tidligere beskrevet vil tunnelen passere under bebyggelsen ved Skarvanes, men utover dette vil strukturlyd fra drivingen av tunnelen i liten grad berøre bebyggelse.

Tunnelpåhugget med forskjæring og tunneltraseen på Suðuroy vil ha beliggenhet med stor avstand til tettstedet Sandvik. Strukturlyd fra tunneldrivingen ventes ikke medføre noen påkjenning, og det det samme ventes det heller ikke at viftestøy fra påhuggsområdet vil medføre, grunnet plassering av tunnelpåhugget og gode avstander.

Entreprenøren skal overholde gjeldende krav fra myndighetene, US.

7 Branntekniske forhold

Utgangspunktet for branntekniske føringer for tunnelen er:

- Vegnormal N500 Vegtunneler, Statens vegvesen/ Norge, utgave mars 2022

Dagens N500 er samkjørt med Tunnelsikkerhetsforskriften, og N500 kan ikke leses uten også å lese forskriften. Tunnelsikkerhetsforskriften vurderes i denne sammenhengen derfor også å være en relevant referanse (Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler, FOR-2007-05-15-5171, https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517). Forskriften er en europeisk forordning som gjelder for tunneler over 500 m på det transeuropeiske vegnettet (TERN). Forskriftens krav synes relevant også for den nye tunnelen til Suðuroy.

En del branntekniske krav følger også av risikovurderingen (24.11.2023, Norconsult) som er gjort i prosjektet. Etter Tunnelsikkerhetsforskriften er det ikke krav til rømningsveier i tunnelen når ÅDT er så lav som den er i dette tilfellet. Risikovurderingen har vurdert hvilke tiltak som er nødvendige for at sikkerheten og muligheten til selvredning da skal være ivaretatt i dette prosjektet. Denne vurderingen er derfor en viktig premissgiver for branntekniske krav for tunnelen. Utgangspunktet for branntekniske krav er derfor kravene i N500 for den gitte tunnelklassen, supplert med kravene fra risikovurderingen. Risikovurderingen må også leses for å forstå vurderingen av sikkerhetstiltak.

N500 viser også til byggteknisk forskrift (TEK17, https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17) for krav til for eksempel tekniske bygg. Krav fra denne vil derfor også fremkomme i tabellen over branntekniske krav der det er relevant.

Tabell 3 Nøkkeldata for Suðuroyartunnilin, som grunnlag for brannteknisk vurdering

Tunnelnavn	**Suðuroyartunnilin**
Lengde	22 818 meter inkl. 25 m portal på Sandoy og 50 m portal på Suðuroy
ÅDT (2050)	2000
Fartsgrense	80 km/t (gjennomsnittlig kjøretid gjennom tunnelen er ca. 17 minutter)
Tunnelklasse	B
Tunnelprofil	T9,5
Kjørebanebredde	2 x 3,5
Fri høyde	4,6 meter
Antall ramper	0
Max stigning	5 % (ca. 2 km mot Skarvanes og ca. 2,8 km mot Sandvik, ellers +/- 1 %)

I tabellen under følger en gjennomgang av branntekniske forhold som må ivaretas i prosjektet.

Tabell 4 Branntekniske krav for Suðuroyartunnilin.

#		**Branntеknisk krav**	**Referanse**
01	Tunnelklasse	B (tunnelprofil T9,5) Nødstasjoner: hver 125. m Havarinisjer: hver 500. m Snunisjer: hver 1000. m Annen hver snunisje utføres med ekstra dybde for senere å kunne tilrettelegge for evakueringsrom for hver 1000. m.	N500 Risikovurdering, Norconsult
02	Dimensjonerende scenario	Branneffekt: 50 MW	N500 Risikovurdering, Norconsult
03	Krav til konstruksjoner	Temperatur-tid-kurve: HC 60 minutter Dette legges til grunn ved dimensjonering av tunnelkonstruksjoner og brannbeskyttelse av brennbar vannsikring inkl. brennbar membran. Ved sårbare konstruksjoner, der brann kan medføre tap av konstruksjon (kulverter, partier med svake bergpartier, o.l.) må det vurderes om ytterligere brannsikring er aktuelt. Aktuelt forsterket brannkrav er temperatur-tid-kurve RWS-120, avhengig av hvor sårbar konstruksjonen vurderes å være. Dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle.	N500 (5.4.1-1)
04	Krav til tekniske rom	Utformes som egne brannceller. Brannmotstand EI60. Gjelder både yttervegger og interne skiller mellom rommene og dører. Som utgangspunkt skal bygningsmaterialer være ubrennbare (klassifisert: A2-s1,d0). I N500 (4.5.2-1) er det angitt at teknisk bygg skal plasseres i nisje med tett vegg mot trafikkrommet. Dette kravet må leses som at det tekniske bygget skal legges bak tett vegg mot trafikkert tunnelrom.	N500 (10.2-2 + 4.5.2-1)

#		Brannteknisk krav	Referanse
		Vegg må minimum tilfredsstille brannmotstand REI60. Eventuelle alternative løsninger må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Det nevnes her at det er diskutert om tekniske rom kan prefabrikkeres i moduler som fraktes inn. Det kan være mulig å få til slike løsninger, men utgangspunktet er tilfredsstillelse av kravene som stilles i håndboken. Om det er mulig med fravik må vurderes i hvert enkelt tilfelle. I N500 stilles det spesifikke krav til utførelse av nettstasjon i tunnel, som angitt i *RENblad 6004 1.7 prosjektering av nettstasjon i tunnel* (https://www.ren.no/renbladserie/serie-6000-nettstasjoner). I Norge betyr dette at nettstasjon skal plasseres i betongbygg.	
05	Slokkevann	Det er ikke utført noen beredskapsanalyse i prosjektet, der slokkevannsbehovet er vurdert. I N500 (5.3.5-1) stilles det krav til trykksatt kommunalt vann. Det vurderes lite aktuelt her. Mest sannsynlige/aktuelle løsning i dette prosjektet vurderes å være bruk av slokkevannsbassenger. I tunnelen må det påregnes at det må være mulig med etterfylling av tankbiler fra bassenger tilknyttet drensanlegget. I tillegg må det påregnes bassenger utenfor tunnelportal på hver side. Mengde for bassengene må vurderes senere, men det antas i størrelsesorden 30-50 m^3.	
06	Oppsamlingssystem og sandfang	Drenering og oppsamlingssystemer skal utføres iht. kap. 9 i N500. Følgende nevnes spesifikt: • Sandfang skal bygges uten innløpsrør. • Det skal monteres ubrennbar dykker på utløpsrøret.	N500 (9.1, 9.2.3)

#		Brannteknisk krav	Referanse
		• Oljeutskiller må dimensjoneres for utslipp av farlig stoff. Det er foreløpig ikke gjort en vurdering av dimensjonerende utslipp i prosjektet. Om oljeutskiller inntil videre planlegges med minst en kapasitet på 20 m^3 vurderes det å være dekkende for svært mange scenarier.	
07	Brannventilasjon	Brannventilasjonsanlegget skal etableres etter dimensjonerende scenario, se pkt. 02. Styring av ventilasjonen er et viktig premiss for å kunne ivareta sikkerheten i tunnelen. I risikovurderingen utført av Norconsult er det angitt spesifikke krav til styring av ventilasjonen. Dette går blant annet på oppstartshastighet (+/- 1 m/s). Styring av røykventilasjonen må evalueres i arbeidet med beredskapsplanen i samarbeid med beredskapsmyndighet.	N500 (10.4) Egen vurdering av ventilasjon blir gjort i prosjektet.
08	Brannkrav til tekniske installasjoner i tunnelrommet	Opphengte objekter som festes i betongkonstruksjonen (tunnelens tak/ heng) skal støpes fast eller festes med produkter som tåler minimum 500 °C. Vifter forutsettes festet med gyste fjellbolter. Andre løsninger må vurderes spesielt mht. evt. brannmotstand på opphengsdetaljene.	
09	Krav til elektro-installasjoner	Elektroteknisk anlegg for sikkerhet skal utføres iht. kravene i N500 og N601 (Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i og langs offentlig veg). Det må legges strømforsyning og fiber i tunnelen med 2-sidig forsyning. På denne måten skal ikke svikt i et teknisk bygg føre til at flere tekniske bygg faller ut.	N500 (5.3 og 10)

#		Brannteknisk krav	Referanse
10	Øvrige tiltak for å sikre nødvendig brannsikkerhet	Tekniske tiltak/ funksjonskrav angitt i risikovurderingen: - System for å gi et sanntidsbilde av kjøretøyer i tunnelen – type kjøretøy og plassering av disse. - Tilstrekkelige vindmålere og annet utstyr for regulering av ventilasjonshastigheten til +/- 1 m/s (se også kap. 11 Ventilasjon). - Forsterket varsling av brann i tunnelen ved bruk av rødt stoppblinksignal og skilt både utenfor og inne i tunnelen ved alle snunisjer. Skiltene skal tydelig varsle at det er brann i tunnelen med symbol og tekst, inkl. «snu og kjør ut». Utover dette nevnes standard utrusting: - Nødstrøm - ITV, AID og branndeteksjonssystemer - Sammenhengende evakueringsbelysning - Avstandsmerking - Nødstasjon/ -kiosk - Trafikkregulering/ Rødt stoppblinksignal og fjernstyrte bommer utenfor tunnel - Deteksjon i drenssystem og tiltak for brannfarlig atmosfære - Radio/kringkastingsanlegg og mobiltelefon dekning I risikovurderingen er det pr. nå ikke vurdert som nødvendig å etablere PA -anlegg med lyd og lys. Årsaken er at det ikke etableres rømningsveier eller evakueringsrom, og nytteverdien er derfor vurdert som lav. Dette vil være et fravik etter N500.	N500 (5.3) Risikovurdering, Norconsult Endelige løsningsvalg avklares av de respektive fag (fremst elektro og skilting) og gjennom beredskapsanalysen som må gjøres senere i prosjektet.
11	Beredskapstiltak	I risikovurderingen er det angitt noen beredskapstiltak som må ivaretas for at sikkerheten skal kunne vurderes å være ivaretatt. Dette er: - Opprusting av beredskap inkl. strategi for styring av ventilasjon - Vurdere behov for restriksjoner på tungtrafikk Tiltakene beskrives ikke nærmere her, og det henvises til risikovurderingen for beskrivelse av tiltakene.	Risikovurdering, Norconsult

#		Brannteknisk krav	Referanse
		Merk at første kulepunkt er en forutsetning for å kunne etablere en løsning ut rømningsvei eller evakueringsrom.	

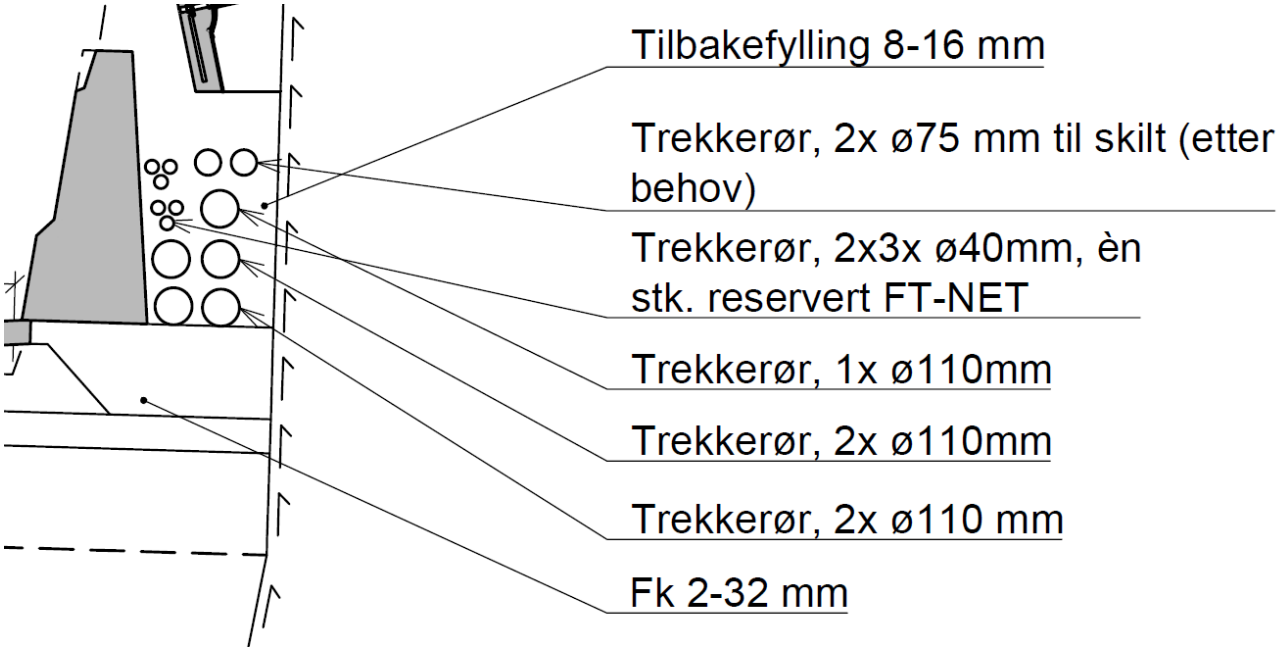
8 Installasjoner og føringsveier elektro

8.1 Generelt

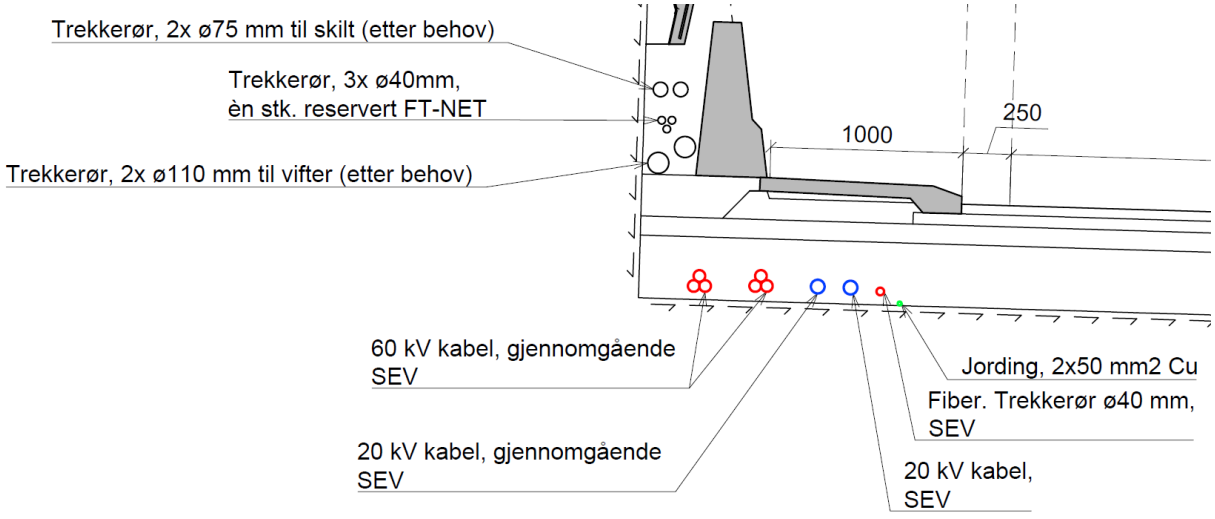
Tabell 5 Krav for installasjoner og føringsveier

#		Elektro krav	Referanse
01	Nødstasjoner	Nødstasjoner plasseres hver 125. m	N500 Kap 5.3.4-1
02	Tekniske bygg	Plasseres for hver 1500m I NEK 600 står det at tekniske bygg plasseres med en maksimal innbyrdes avstand på 1200 meter, så det må søkes fravik for dette. Hvert rom skal være egne brannceller og utstyres med brannsluker av type CO2	NEK 600
03	Trekkerør	Det skal minimum være 2 ledige ø100 rør og tre ledige ø40 rør for fremtidig bruk. Trekkerørene etableres bak føringskant av betong. Det benyttes typisk ø40, ø50, ø75 og ø110 mm rør.	N500 kap 10.1-1
04	Høyspent	Høyspentkablene blir etablert på traubunnen i en sandpakke under banketten.	

8.2 Trekkerør bak føringskant



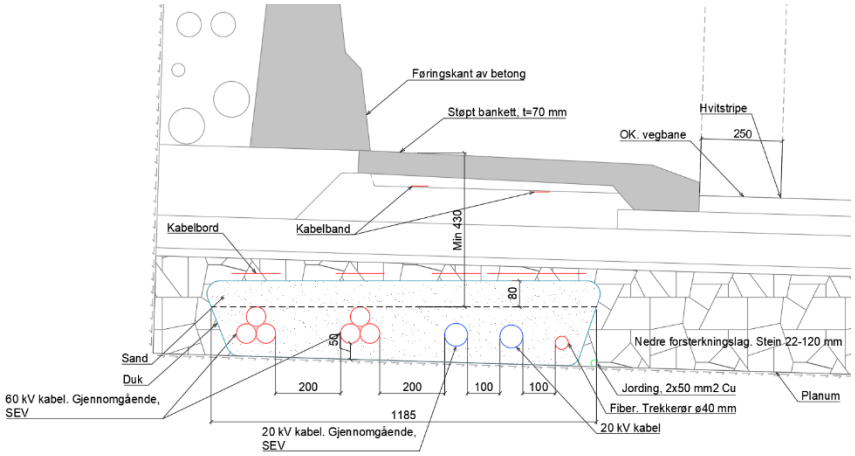
Figur 9 Prinsipp for trekkerør bak føringskant på høyre side av profilet



Figur 10 Prinsipp for trekkerør bak føringskant på venstre side av profilet

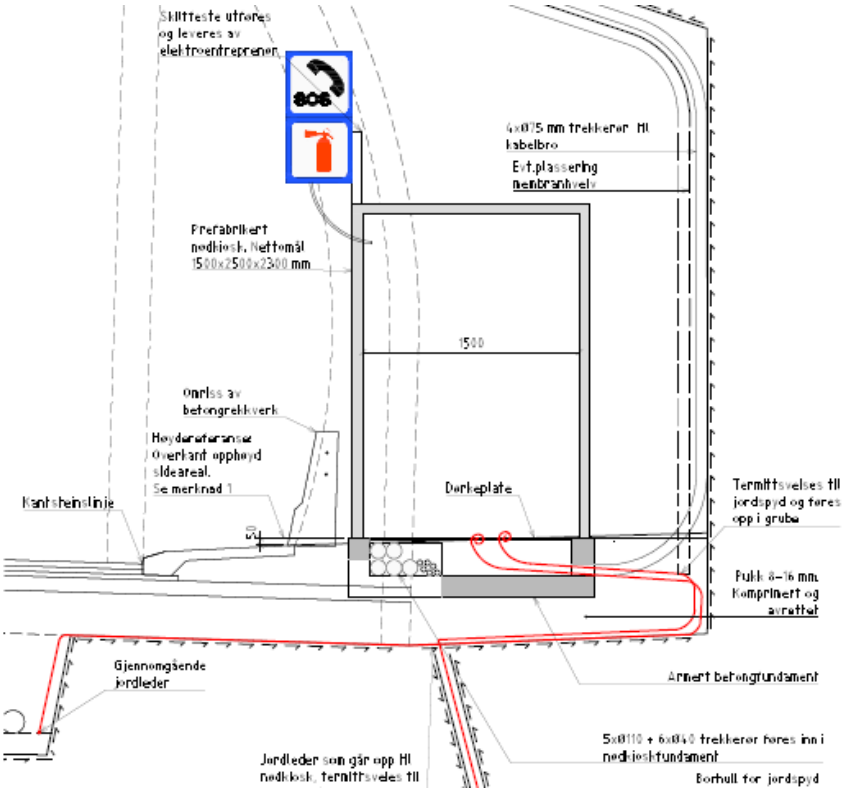
8.3 Høyspent gjennom tunnel

Høyspentkabel legges i sandpakke på traubunnen under bankett, som vist på Figur 11. Overdekning til topp kabel og til OK bankett skal være minimum 430 mm.



Figur 11 Høyspent på planum

8.4 Nødkiosk

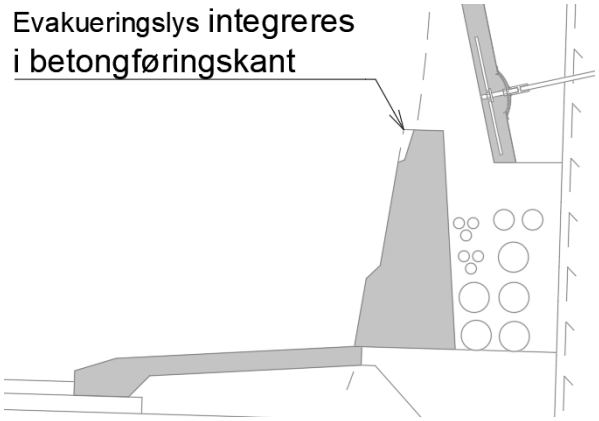


Figur 12 Prinsipp for nødkiosk

Det etableres nødkiosker for hver 125 meter. Kiosker er gunstig for å unngå støy ved innsnakk i SOS-telefoner og støvinntrenging i skap.
Se også Vegnormal N500 kapitel 5.3.4 for krav til utforming av nisje for nødkiosker.

Nødkiosk fungerer også som en trekkekum. Egen trekkekum kunne også ha stått utenfor kiosk, men det er erfart at trekkekummer i trafikkrommet på sikt vil kreve ekstra vedlikehold. For eksempel kan slam over tid kunne vaskes via utettheter ned i kum. Erfaring viser også at lokk ruster fast, noe som gir økte vedlikeholdskostnader. Utforming av nødkioskene skal gjøres slik at mest mulig av kiosken kan prefabrikkeres.

8.5 Evakueringslys



Figur 13 Prinsipp for evakueringslys

Det vil bli installert evakueringslys utformet som gjennomgående statisk LED-stripe integrert inn i betongsføringskant.

Evakueringslys skal forsynes med nødstrøm. AS-skap ved nødstasjoner benyttes også til forsyning og styring av evakueringslys. Evakueringslys forsynes i begge ender.

Evakueringslys vil bli knyttet til SRO-anlegget, og skal styres PÅ automatisk ved en hendelse, ihht. N500.

8.6 Trekkerør i område med nødkiosker

Alle trekkerørene går innom nødkiosker (nødkiosk fungerer som trekkekum). Der nødkiosken står på motsatt side av langsgående trekkerør for nødkiosk, vil det etableres en kryssing under vegbanen (innstøpte trekkerør).

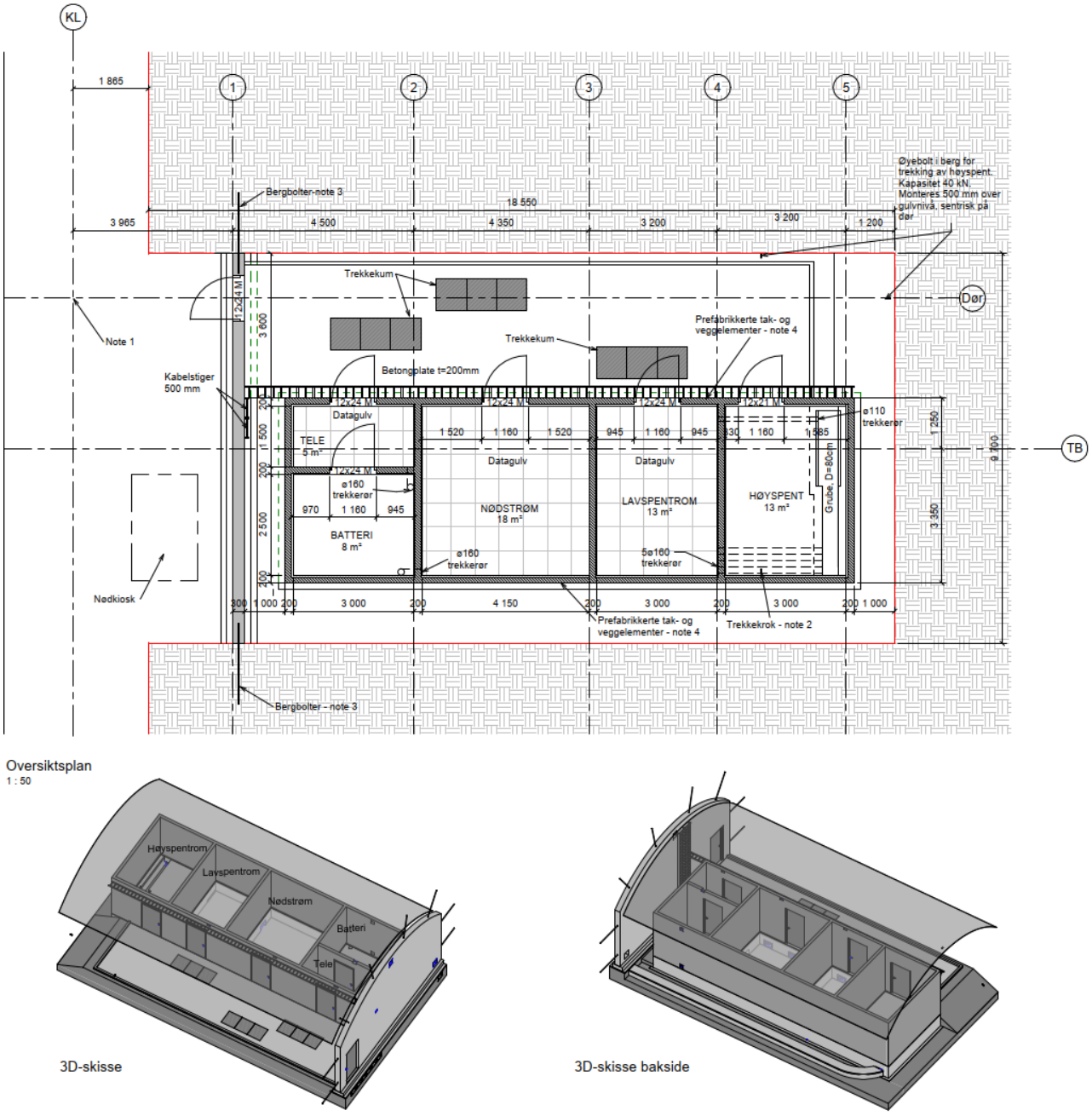
8.7 Tekniske bygg

Tekniske bygg er generelt plassert i samme område som pumpestasjoner. Byggene inngår i ett typisk mønster med 1500 meters avstand.

Byggets mål er b x l = 4,6 m x 14,15 m. Bygget er inndelt i 5 rom. Fra venstre: tele, batteri, nødstrøm, lavspentrom, og høyspentrom. I lavbrekket må teknisk bygg plasseres minimum 1,0 m over vegbanen for å sikre mot vanninntrenging. Bygget plasseres bak en tett vegg som skaper et brann- og støvtett skille mot tunnelen, og bygget plasseres 1 meter vekk fra veggen for å unngå utfordringer med fukt og kuldebro.

Frontvegg mot tunnel og fundamentplate planlegges som plasstøpte betongkonstruksjoner, og selve bygget planlegges som prefabrikkerte betongelementer. I en eventuell senere detaljprosjektering bør det vurderes om frontvegg og bygget kan bygges i Foamrox eller annet egnet materiale, og om høyspentrommet kan erstattes av en ferdigmontert nettstasjon. Hvis det viser seg mulig å kunne benytte en slik byggemåte vil byggetider kunne reduseres betraktelig, dette må vurderes opp mot brannkrav og robusthet for bygget.

Trekkerør føres inn i bygget på undersiden av betongdekket utenfor, og gjøres tilgjengelig ved trekkerørskummer i dekket. Frontveggen mot tunnelrommet står på et smalt fundament som er avrettet på oppfyllingsmasser, slik at rørene kan trekkes ut i tunnelen i massene under veggen.



Figur 14 Teknisk bygg i tunnel. Se tegning K110

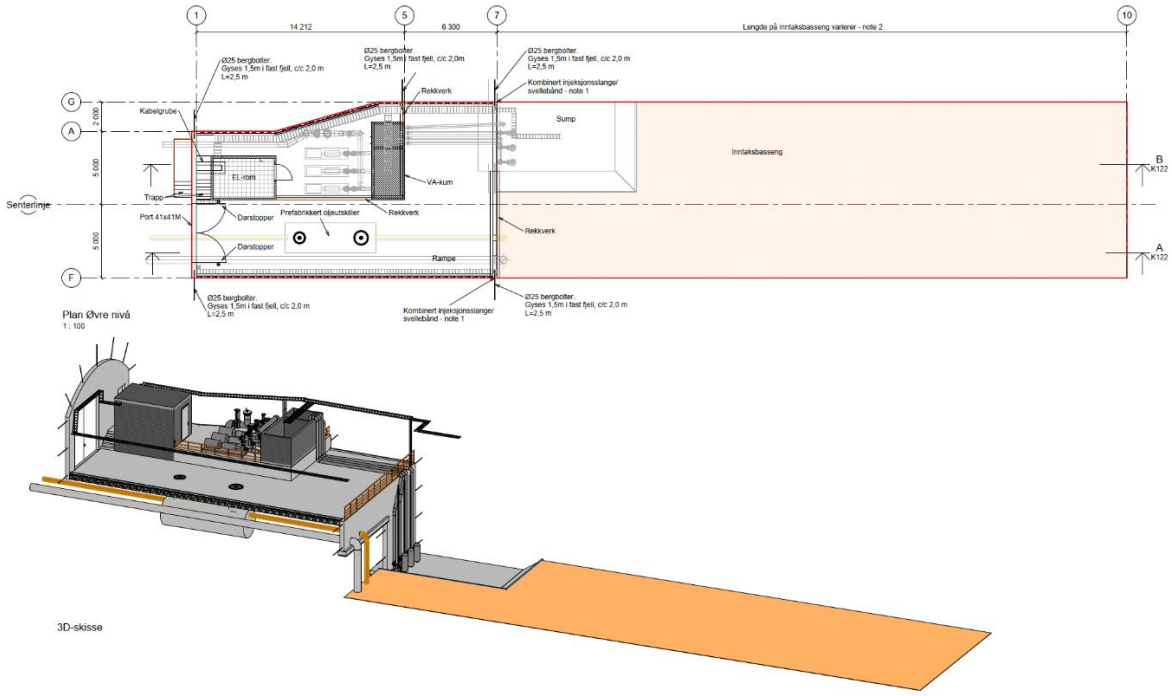
8.8 Pumpestasjoner

Det er planlagt 4 stk pumpestasjoner i tunnel, som grovt tilpasset havarinisjene ligger i profilnummer 10850, 23075, 28950 og 30300.

Pumpestasjonene består av frontvegg mot tunnel, kjøredekke, prefabrikkert teknisk rom, dekke for tørroppstilte pumper, prefabrikkert VA-kum, prefabrikkert oljeutskiller og inntaksbasseng med

neddykkede pumper. Lengde på inntaksbasseng varierer etter nødvendig volum, se tegning K121-122. Ved senere eventuell detaljprosjektering bør det vurderes om det tekniske bygget kan bygges i Foamrox eller tilsvarende.

For vedlikehold/utskifting av pumper er det tenkt tilkomst gjennom port for en liten lastebil med kran.



Figur 15 Pumpestasjon i tunnel. Se tegning K121 og K122

9 Skilt

9.1 Forutsetninger skiltplan

Norconsult skal prosjektere og planlegge alt av skilt innenfor portalåpningene, og komme med innspill til LBF om plassering av skilt/utstyr utenfor portalfront. For det videre arbeidet med skiltplanlegging og prosjektering forutsettes følgende:

- Færøyske myndigheter, ved Landsverk, anmodes om å komme med forslag til overordnet vegvisningsplan som angir vegvisningsmålene på vegvisningsskilt som skal innarbeides i planen slik de gjorde på Eystur- og Sandoyartunlar. Mest sannsynlig er det ingen vegvisningsskilt som skal inn i tunnel.
- Det legges opp til bruk av de samme skiltene som er brukt i Eystur- og Sandoyartunlar. Det vil si at det ikke skal benyttes variable skilt, med unntak av skiltene i forbindelse med snunisjene.
- Det legges til grunn at fartsgrensen i tunnelen blir 80 km/t.

9.2 Vegvisningsskilt

Alle vegvisningsskilt plasseres med stor sannsynlighet utenfor tunnelen, og disse vil derfor vise i tegningshefte og rapporter fra LBF som har ansvaret for dagsonen.

9.3 Øvrige skilt

9.3.1 Generelt

Tunnelen skal skiltes i henhold til det som står i håndbok N500. Skiltene har stort sett dansk og færøysk utseende, med noen innslag av norske skilt. For Suðuroyartunnilin er skiltene som skal inngå listet opp under.

9.3.2 Skilt M27 Radiokanal (FM-skilt)



Skilt M27 radiokanal skal settes opp i starten av tunneler med innlagt kringkastingsanlegg. I tunneler der tunneleier eller redningsetatene kan bryte inn med melding til trafikantene, skal skiltet gjentas inne i tunnelen for hver 500 meter. Skiltet suppleres med gult blinksignal.

9.3.3 Skilt M25 Nødtelefon og Brannslokningsapparat



Skiltet settes opp i forbindelse med alle nødkiosker.

Skiltet er tosidig, og skal være innvendig belyst.

9.3.4 Skilt E34 / UE34 Havarilomme og nødtelefon og brannslokningsapparat



Havarinisjer med nødkiosk skal merkes med følgende skilt.

Skiltet er tosidig, og skal være innvendig belyst.

9.3.5 Skilt 916 Avstandsmarkering i tunnel



Skiltet viser avstand til tunnelåpning i begge retninger. Skiltet skal monteres i tunneler lenger enn 1,8 km.

Skiltet settes opp for hver kilometer.

Skiltet skal være innvendig belyst.

9.3.6 Skilt C55 Fartsgrense

Det legges til grunn generell fartsgrense 80 km/t, og at fartsgrenseendringer foregår utenfor tunnel. Generell fartsgrense skal ikke gjentas, og det vil derfor ikke være nødvendig med fartsgrenseskilt i tunnel.

Dersom det blir behov for å skilte fartsgrenser i tunnel, benyttes størrelse 70 cm.

9.3.7 Skilt C51 / U2 Forbikjøringsforbud med underskilt



Det er et generelt forbikjøringsforbud i tunneler på Færøyene. Dette forbudet kan skiltes på utsiden av tunnelen slik som på Eystur- og Sandoyartunlar.

Det bør vurderes om det er riktig med forbikjøringsforbud i en tunnel på nesten 23 km.

Skiltstørrelse 70 cm.

9.3.8 Rødblink og bom utenfor tunnelen



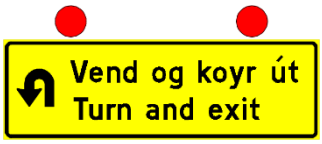
Rødblink og bom settes opp utenfor tunnelen. Plassering av disse må avklares med LBF som prosjekterer dagsonene. Underskiltet bør være variabelt og årsaken til stengning bør oppgis, slik som vist på bilder under kap. 9.3.9.

9.3.9 Skilt i forbindelse med snunisje

Posisjon 1



Posisjon 2



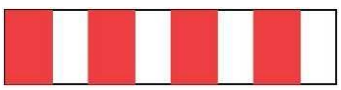
Tunneler med snunisjer skal i henhold til Håndbok N500 skiltes med eget skilt. Skiltet viser i normalsituasjonen en grå nøytral farge (posisjon 1). Skiltet kan også kombineres med rødt stoppblinksignal (1094).

Risikovurderingen omtaler disse skiltene. Der står det at det på skiltene bør komme tydelig frem at det er brann som er årsaken til at en skal snu. Dette bør varsles med både tekst og figur. Dette kan gjøres på flere måter. For eksempel med supplement til overhengende skilt slik som vist under, eller et ekstra sideplassert skilt som viser tydelig at det brann eller ulykke. Symbolikk / skiltsymbol må utvikles videre etter hvert, men Vegtrafikksentralen i Norge har gode erfaringer med å varsle tydelig hva som er årsaken til tunnelstengning. Skiltbudskapet respekteres mer når årsaken til skiltingen/stengningen blir formidlet.





9.3.10 Høydemarkering 908 i tunnelportal



Høydemarkering skal settes opp i tunnelportal. Prosjektering/avklaringer rundt disse må gjøres av LBF som prosjekterer portalene.

9.3.11 Skilt 570.2 Avstand til nødutgang

Skilt 570.2 Avstand til nødutgang skal i tunneler med nødutgang plasseres for hver 25 meter. Det er ikke nødutganger i Suðuroyartunnilin, men det anbefales at det skiltes til hver tunnelmunning ved nødstasjonene. Dette kan utføres på to ulike måter.

1. Klistremerker på nødstasjoner, slik som i Eystur- og Sandoyartunlar.



2. Skilt på betongføringskant på hver side av nødkiosker.
   På bildet under er det vist et eksempel på hvordan det ser ut med plassering under nødskap.



10 Vann- og avløpssystemer

10.1 Generelt

Generelt benyttes grunnlagsmateriale fra relevante håndbøker som angitt i kapittel 3.

Øvrige sentrale underlag for VA er angitt under.

- I N500 er drenering og pumpestasjoner omtalt i kapittel 9.
- Rapport Nr 2402 "Trinnpumping i undersjøiske tunneler".

Prinsipper og målsettinger for øvrig er angitt under.

- Avklaringer og prinsipper benyttet i Eystur- og Sandoyartunlar er lagt til grunn. Egen liste fra byggherren med ønskede endringer er kommentert under prinsipper eller under de relevante kapittel.
- Det skal velges enkle, kostnadseffektive og robuste løsninger.
- Standardiserte løsninger skal benyttes om mulig (mest mulig like komponenter – handelsvare, gir et mer vedlikeholdsvennlig og sertifiserbart anlegg).
- Anlegg som påvirker anleggets sikkerhet og oppetid skal ha redundans eller mulighet for alternative tiltak.

Tabell 6 VA-tekniske krav og løsninger for tunnelen

#		VA-teknisk	Referanse
01	Dimensjonerende scenario	Innlekkasje • 20 l/min/100 m	N500, 9.2.2 og TA-004
02	Omfang drensledninger	Drensledning min 150 mm. Egen transportledning pga mengde og lite fall.	N500, 9.2.2
03	Kapasitet drensledninger	Drenssystemet i undersjøiske tunneler skal overdimensjoneres med >50 prosent fordi drenssystemet er utsatt for gjengroing. Der fallet er under 10 ‰ økes kapasiteten med 100 prosent.	N500, 9.2.2
04	Sandfang	På ledning for oppsamlingssystem monteres sandfang med største avstand 80 m. Sandfangene skal ha tett bunn og være i ubrennbart	N500, 9.2.3

		materiale, inklusive dykker og monteringsutstyr.	
05	Sluk	Det benyttes sluktype som integreres i skulder/kantstein	N500, 9.2.4
06	Pumpestasjon	Pumper anbefales å være tørroppstilte. Det er i tillegg kapslede pumper i bassengene der pumperommet ikke kan dreneres. Pumpemagasinene skal ha et totalvolum tilsvarende minimum 24 timers innlekkasje. Anbefalt økt til 48 timer som for Eystur- og Sandoyartunlar. Lekkasjevann anbefales pumpet trinnvis ut, ved å plassere pumpestasjoner når trykk er i underkant av PN 10, løftehøyde ca. 80 m. For å få med lekkasjevannet som renner utenom drensledningen, kan det ved hver stasjon etableres en terskel.	N500, 9.4
07	Redundans	I undersjøiske vegtunneler skal det legges til rette for at vannet kan pumpes ut i begge retninger. Det er valgt annen løsning (kfr TA001). Tiltak for sikkerhet er økt nødvolum.	N500, 9.4

10.2 Prinsipper fra seneste tunneler i Norge og Færøyene

Detaljerte løsninger som er benyttet i Eystur- og Sandoyartunlar benyttes på Suðuroyartunnilin om ikke erfaringer eller andre tilbakemeldinger tilsier annet. Nyere erfaringer fra Rogfast vurderes der det er relevant. Spesielle forhold er kommentert under.

Det må sikres god plass til tekniske installasjoner. Med mange avhengigheter mot flere fag bør det velges løsninger som gir fleksibilitet i utførelsesfasen. Design av basseng og konstruksjoner inkludert høydeforskjeller mellom komponentene, må være fleksibelt i forhold til mindre endringer i plassering og endringer fra andre fag samt åpne for teknisk utrustning av ulik type. Repeterte

komponenter bør planlegges etter samme prinsipp selv om det kan være mulighet for lokale tilpasninger i enkelte faser.

Nedbørfeltene med avrenning mot portal må avgrenses. For dimensjonerende situasjon kan tekniske innretninger for oppsamling og bortleding av overflatevann redusere utfordringen med store nedbørfelt, men for flomsituasjoner er det en risiko. Portalpumpestasjon eller fordrøyning er for Rogfast/ Ryfast vurdert når arealet som drenerer inn mot tunnelen blir større enn ca. 1000 m^2. For mindre areal er overvann fra dagsonen sluppet inn i tunnelpumpesystemet via fordrøyning.

Byggherren ønsker å få grøfter ut mot tunnelveggen. Grøftene er en del av helheten i profilet og må vurderes i samarbeid med andre fag, med en vurdering av innbyrdes plassering av kabler og ledninger og fremtidig mulighet for fremgraving og vedlikehold.

Byggherren ønsker at antall sandfang optimeres. Plassering og antall kan tilpasses når det er begrensede vaskerutiner, men sandfangene har også funksjon ved uhell. Det har i Norge vært økende fokus på antall, avstand og slukeevne i sandfang for å kunne tilfredsstille Tunnel-sikkerhetsforskriften. Kort avstand mellom sandfang er ønsket for å begrense spredning av farlig gods/ væske ved uhell / tankbillekkasje. Det anses lite ønskelig å øke avstanden vesentlig, men det kan eventuelt utføres en risikovurdering ut fra lav ÅDT og restriksjoner på tungtrafikk

Byggherren har erfart at sedimentering - /rensebassengene nærmest aldri blir brukt, da vaskevann suges opp i vaskebilen. De ønsker at rensetiltakene reduseres og utføres med prefabrikkerte tanker om mulig. Lekkasjevann og væske fra vask og uhell bør uansett holdes atskilt og behandles ulikt før pumpebassenget. Alle rensetiltak bør derfor være i tunnelen, men kan reduseres til f.eks. kun bunnpunkt.

Byggherren ønsker oljeutskiller i prefabrikkerte utførelse og vil eventuelt tilpasse prosedyrer for drift og ved ulykker. Volum i oljeutskilleren (OU) kan naturlig reduseres når vaskerutiner tilsier det, men OU er også et miljø- og sikkerhetstiltak. Flere lokale anlegg håndterer mindre volum og kan enklere tilpasses sikkerhets og EX-krav. Volum bør være stort nok til å tilbakeholde spill ved uhell, men antall kan reduseres som over til f.eks. bare bunnpunkt. Ved å la hvert kammer være en selvstendig enhet kan de utføres prefabrikkert i f.eks. GRP. Det er ønsket bedre løsning for kumlokk i stasjonene. De blir en del av leveransen ved prefabrikkerte enheter.

Byggherren ser ikke behov for permanent løfteutrustning, men vil ha atkomst for liten kranbil. Porten kan utføres med høyde ca 4m. Liten lastebil med 7,5T kran er rundt 3.5 m høy.

Det er basert på utførelsen i EST ønsket en enklere sprengningsgeometri og vurdert at rampe i stasjonene er unødvendige. Dette tilpasses endrede rensetiltak og mindre volumer på renseenheter i stasjonene.

Byggherren ønsker mulighet for bypass av lekkasjevann forbi en pumpestasjon. Det blir begrenset med trinnpumpestasjoner og bypass (overløp) vil generelt være en del av systemet når vaskevann/spill ikke tas inn i alle pumpestasjonene. Ekstrarør for lensing av pumpestasjonene kan tilrettelegges og vil også være en del av vurderingene mht redundans.

Det er også kommentert at terskler bør vises i modell og tilbakeslagsventiler skal være i metall. Dette får i hovedsak betydning for detaljprosjektering og kontrahering og er enkelt å innføre.

10.3 Nøkkeltall og dimensjonering

Det er registrert og anslått en del premissgivende forutsetninger som vil være mer eller mindre sentrale for omfang, utforming og dimensjonering av anleggene. Se Tabell 7:

Tabell 7 Forutsetninger for omfang, utforming og dimensjonering

Beskrivelse	Nøkkeltall	Merknad
Lengde tunnel og innlekkasje	23 km	Evt. tverrslag vil øke lengden
Lengde grøft og ledningsanlegg	23 km	Ca 100 m har fall mot portal på Suðuroy
Største dybde	- 181 m	
Laveste stoppnivå pumping	- 188 m	
Nivå ved portal	+22 / +15	Skarvanes/ Sandvik
Minimums nivå utpumping	5 m	Sikkerhetsmargin mot nivå i resipient
Gjennomsnittlig samlet innlekkasje	76 l/s	Basert på 20 l/min/100 m
Årlig pumpet mengde	2 400 000 m^3	Basert på 20 l/min/100 m
Pumpeanlegg	4 stk	Eksklusiv eventuell portalpumpestasjon
Samlet bassengvolum i	14 000 m^3	Evt. sed. basseng ca 500 m^3
Årlig energibehov	2,3 GWh	Basert på 20 l/min/100 m jevnt fordelt

Innlekkasje, pumpet mengde og energibehov er beregnet for innlekkasje 20 l/min/100 m. Selv om anlegget i utgangspunktet dimensjoneres for 20 l/min/100 m vil redusert innlekkasje kunne medføre noe reduksjon i enkelte komponenter i anleggsfasen, samt for pumpet mengde og energibehov. Dette er illustrert i Tabell 8:

Tabell 8 Innlekkasje, pumpet mengde og energibehov

Beskrivelse	10 l/min/100 m	15 l/min/100 m	20 l/min/100 m
Gjennomsnittlig samlet innlekkasje	38 l/s	57 l/s	76 l/s
Årlig pumpet mengde	1 200 000 m^3	1 800 000 m^3	2 400 000 m^3
Samlet bassengvolum i	7 000 m^3	10 500 m^3	14 000 m^3
Årlig energibehov	1,2 GWh	1,7 GWh	2,3 GWh

Bassengvolum er beregnet for spesifikk innlekking som angitt og volum i nødbasseng som ivaretar 48 timer driftsstans. Om faktorer for innlekking og ulike sikkerhetsfaktorer viser seg å være unødig høye, kan det medføre overdimensjonerte basseng, men større basseng gir også fleksibilitet for å tilpasse pumpesykluser til strømbelastning og strømpriser. Det er også ønskelig med større volum for å kompensere for manglende redundans.

Dimensjonering forutsettes oppdatert underveis i detaljprosjektering/ anleggsfase. Tegninger som er utarbeidet for dette forprosjektet er i hovedsak basert på beregninger med de angitte forutsetninger, men rør og armatur er ikke dimensjonert i detalj og tegningene viser prinsipp-løsninger for å vise tiltenkte funksjoner. Dimensjoner er ikke endelige og enkelte rør er foreløpig bare vist som illustrasjon.

10.4 Materialvalg

Undersjøiske tunneler oppfattes av rør og pumpeleverandører å være blant de mest krevende forhold for tekniske installasjoner. Fuktighet, saltvann i varierende konsentrasjoner, smuss og forurensning, gasser, potensialforskjeller i materialer, pH, store anlegg for strømforsyning er momenter som nevnes å gi utfordringer.

Det vektlegges å dele opp anlegget i seksjoner slik at det i liten grad blir store trykk eller andre belastninger og at det i hovedsak kan benyttes plast i rør, ventiler o.l., eventuelt betong i rør og kummer der det kreves tilslutninger til stedstøpt betong. Hvis trykklasse for alt utstyr og materiell kan tilfredsstilles av PN10 vil det bli mindre risiko for å få utstyr i feil klasse og enklere vedlikehold samt reservedelslager.

For rør og utrustning som må utføres i metall, bør materialer vurderes for hver komponent. Det forutsettes avklaring på dette i byggeplanen når systemvalget og trykkforhold i anlegget er endelig.

10.5 Portalområder

Anlegg i dagsoner er ikke omtalt med unntak av kritiske grensesnitt og funksjoner.

Dagsonevann foran tunnelåpninger som ikke kan ledes med selvfall til resipient, skal i hovedsak pumpes til punkt for selvfall med portalpumpestasjoner. Pumping via tunnelpumpesystemet vurderes som alternativ løsning der vannmengdene er ubetydelige eller fordrøyes. Eventuelt videreført vannmengde fra fordrøyningsmagasin, føres til vaskevannsledning.

Det forutsettes å pumpe vann fra tunnelen ut via borhull på Sandoy, da det medfører kortere ledninger og 15-20 m redusert løftehøyde. Havnivå og påvirkning fra bølger forutsettes utredet for prosjektet. Kote +5,0 settes foreløpig som laveste nivå for gravitasjonsanlegg og tilknytningspunkt for pumpeanlegg, men må vurderes endelig i forhold til forventet bølgepåvirkning.

På Suðuroy er det fall ut fra portalen og kontroll med overflatevann. Innlekkasjevann pumpes også ut via portalen og ledes til lokalt vassdrag eller ledning til sjøen.

Det forutsettes god forming av terrenget rundt portalene og redundante system med romslig dimensjonering av kummer og rør for alle arealer som har avløp til resipient med gravitasjon, men ligger i tunnelens nedbørfelt. Nedbørfeltene bør reduseres maksimalt spesielt med hensyn til situasjoner som overskrider dimensjoneringskriteriene (flom). Overflatevann fra portalområder som ikke lar seg lede utenom tunnel, dimensjoneres etter N200 for 200-års regn.

Portalpumpestasjoner

Portalpumpestasjon er krav i N500, men foreslås vurdert i forhold til hvor stort nedbørfelt som ligger lavere enn aktuelt nivå for gravitasjonsanlegg. Det er ikke sjønære dagsoner. Det forutsettes at overvann avskjæres og føres til lokalt vassdrag. Dette bør kunne gi akseptabel sikkerhet mot uønsket overflatevann inn i tunnelen. Påvirkning fra grunnvann reduseres ved å etablere terskler i overbygningen og tettepropper i grøfter.

10.6 Vaskevann og overflatevann i tunnel

10.6.1 Generelt

Håndbok N500 krever at det etableres to separate avløpssystem. Et system for oppsamling og utpumping av innlekkasjevann og et eget system for overvann/uhell og oppsamling av vann fra vask i tunnelen. Samme løsning er benyttet for EST og velges for Suðuroyartunnilin.

Det blir egne bergrom for pumpestasjoner og rensetiltak. Bergrom for bassengene forutsettes utført som råsprengt berg, unntaket er blant annet skillevegger. I forbindelse med tørroppstilte pumper mm. forutsettes etablert membran for å unngå drypp. Rensetiltak utføres i utgangspunktet i prefabrikkerte tanker.

10.6.2 Vaskevannsystem

Det etableres sluk i ytterkant vegbane for oppsamling av tunnelens vaskevann, avløp fra brannslokking og spill og søl fra andre uhell. Avløp føres til rensing i laveste pumpestasjon.

Rensetiltak omfatter sandfang og oljeutskiller og eventuelt sedimenteringsbasseng (foreløpig ikke vist). Det er vanlig med sedimenteringsbasseng der vaskevannet lagres i minimum 2 uker. Deretter tilføres det rensede vaskevannet til drenspumpesystemet og pumpes til utslipp. Oljeutskilleren vil også kunne holde tilbake farlige væsker etter uhell og hindre at dette pumpes ut i resipienten.

Avløp brannvann anses dimensjonerende for vaskevannsledninger, avløp fra vask dimensjonerende for rensing. Krav til dimensjonerende vannmengde styres gjennom krav i vedlikeholdskontrakter. Siden dette ikke er avklart, og det er relativt billig å overdimensjonere, anbefales romslig dimensjonering av bassengene. For eventuelle sedimenteringsbasseng i prefabrikkerte tanker må det legges betydelige restriksjoner på vaskevannsmengde og/ eller seksjonering av strekningene som vaskes (pr 14. dag).

Det regnes med 15 l/s som dimensjonerende for oljeutskilleren (avløp fra uhell, vask eller slokkevann).

Sandfang etableres med dykket utløp. Maks. avstand er 80 m iht N500. Det benyttes i hovedsak standard rennesteinssluk tilpasset banketten. Seriekobling av sandfang benyttes ikke. På grunn av konsekvenser ved oversvømmelse i lavbrekk, forutsettes det der minst to sandfang med sluk.

For ledningsanlegget er avstandskrav angitt i N500 kummer med 80 m avstand. Større avstand vurderes som et fravik der det er rettstrekk og godt fall.

10.6.3 Farlig væske og brann

Det er krav i EU-direktiv om å forhindre spredning av brann og farlig væske. Dette forutsettes også å gjelde for Suðuroyartunnilin. Væskeutslipp fra kjøretøy i tunnelen vil renne mot sluk og bli samlet opp i vaskevannsledningene. Det tilrettelegges en buffer i oljeutskillerne som gir mulighet for å samle opp utslipp innenfor en akseptabel responstid (volum tilsvarende en tankbil 15-20 m³, tømmes av spesialfirma).

Det anses å være liten sannsynlighet for lekkasje/tømming av hele tankbiler, men uten store restriksjoner for kjøretøyer og last, blir en mulig konsekvens så stor at det både for tunnelanleggets sikkerhet og følt sikkerhet er nødvendig å iverksette best mulig tiltak.

Klassifisering av EX-soner, og eventuelle brannslokkingssystem for renseanlegg/ oljeutskiller må vurderes separat.

Avløp av brannvann tilføres vaskevannssystemet.

10.6.4 Kombinasjon av bassengvolum

Pumpemagasin/ nødbasseng og eventuelt sedimenteringsbasseng utgjør store volum som naturlig samlokaliseres. Det er på grunn av lite avløp i forbindelse med tunnelvask ikke vist sedimenteringsbasseng. Det kan eventuelt etableres prefabrikkerte tanker med volum opp mot 50-100 m^3.

I dette forprosjektet er bassengene vurdert prinsipielt basert på funksjon og krav til dimensjonering. Foreløpig layout beskriver funksjon i pumpeanlegget. Endelig utforming av basseng mm vil bli vurdert i detaljplan/ anleggsfase og må tilpasses sikkerhet i anleggs- og driftsfasen. Det er foreløpig fokusert på å redusere vegger og spesielt unngå langsgående bassengvegger.

10.7 Drenering, innlekkasje

Drenering som omtales her, gjelder kun håndtering av innlekkasje i planum, vegg og heng samt oppsamling av drensvann fra overbygning.

Utpumping av drensvannet er omtalt under pumpesystemet.

Dimensjonering

Det er krav i Håndbok N500 om å etablere egen transportledning for drensvann når innlekkingen overstiger 50 % av drensledningens kapasitet.

Kummer er som utgangspunkt forutsatt etablert i henhold til Håndbok N500 med avstand maks 80m.

Drensrør overdimensjoneres med 50 % pga. undersjøisk tunnel. Det er i tillegg krav til sikkerhetsfaktor for ledninger med lite fall. Dette påvirker spesielt det lange flate partiet i bunn av tunnelen.

Transportledning for drens dimensjoneres uavhengig av pumpemagasiner. Det vil si at alle ledninger har kapasitet til å håndtere all innlekkasje oppstrøms (overløp / bypass etableres). Drensvann føres til første pumpemagasin, men det etableres overløp tilbake til transportledningen for drensvann. Detaljer rundt dette og mulighet for overløp direkte i ledningsnettet og kombinasjon med vaskevannsledningen vurderes som en del av detaljprosjektering/ anleggsfase.

Det anbefales transportledning for drensvann også for at selve drensledningen kan ha lik dimensjon i hele tunnelen.

Innlekkasje

Det regnes med innlekkasje 20 l/min per 100 m tunnel.

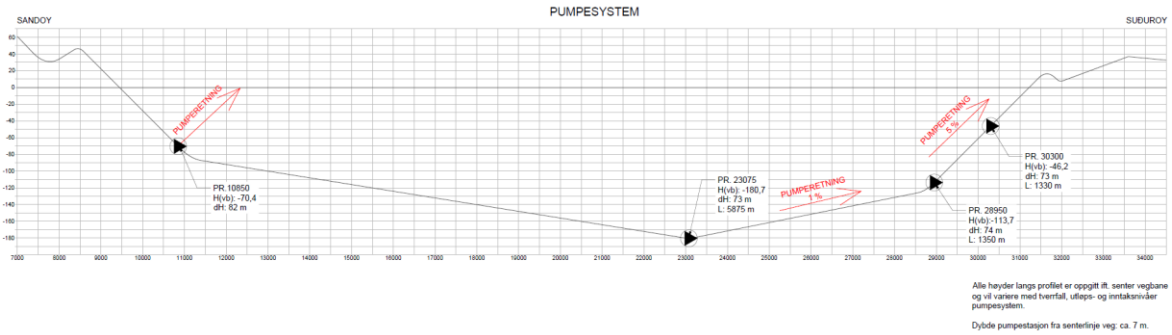
Prosjektet bør ha ambisjonsnivå om å redusere innlekkasje ytterligere og om anlegget dimensjoneres litt romslig, gir det uansett ikke høyere driftskostnader (større rør gir mindre energikostnader på grunn av redusert friksjonstap, større basseng gir fleksibilitet i pumping og mulighet for å pumpe f.eks. i hovedsak om natten). Dersom målt innlekkasje overstiger forutsatt innlekkasje, må systemet dimensjoneres på nytt.

Injeksjon vil bli vurdert separat. Kostnad ved injeksjon kan vurderes opp mot kostnad ved pumping, men en tørr tunnel gir totalt sett et mer robust anlegg som vil oppfattes bedre av alle brukere.

10.8 Pumpesystemer overvann og drens

10.8.1 Generelt

Håndbøker og øvrig underlag legger opp til trinnpumping med ca 80 m løftehøyde og krav om at utstyr skal kunne velges innenfor trykklasse PN10 (maks 5 mVs tap i pumpeledning).



Figur 16 Systemskisse

I systemskissen er pumpeanleggene grovt tilpasset plassering av havarinisjene.

For å tilfredsstille krav til pumpeoppstilling, forutsettes det benyttet dykkpumper i kombinasjon med tørroppstilte normpumper. Normpumpene har god virkningsgrad og har flere alternativer innen arbeidsområdet rundt 8 bar, mens dykkpumpene ivaretar høydeforskjell mellom bunn basseng og vegbane og gir økt fleksibilitet mht plassering av stasjonene.

Det flate partiet blir dominerende for dimensjoneringsforutsetningene for flere forhold. Det blir her en lang strekning uten behov for trinnpumpeanlegg, men der mengde innlekkasje og lengde pumpeledning medfører behov for større ledningsdimensjoner.

Tak og heng nærmest tunnelen vannsikres for alle bassenghaller, med grensesnitt som forutsettes vurdert i byggeplanen.

10.8.2 Pumpeanlegg

Pumpestasjonene planlegges i henhold til Håndbok N500 tunneler og Trinnpumping i undersjøiske tunneler rapport 2402.

Trinnpumping innebærer redusert energiforbruk da mer av vannet fanges opp på et høyere nivå og pumpes ut istedenfor å renne ned til lavbrekkene. Siden det i Suðuroyartunnilin er lange strekninger med lite fall som er dominerende er fordelene med hensyn til energiforbruk mindre. Seksjonering er uansett en fordel, en holder seg innenfor PN10 og får mer kontrollerbare pumpesystem. Normpumper vil være mest energieffektive, men det anbefales å ha dykkpumper i forkant (priming) for å utlikne høydeforskjellen til veitunnelen og ha fleksibilitet ift 80 m løft og plassering ift nisjer osv.

Med få stasjoner og to der det er lite ønskelig eller umulig med drenering og nødløp benyttes kun anlegg med priming, foreslått løst med et mellombasseng mellom dykkpumpene og normpumpene.

Inntaksbassenget etableres med kapasitet til min 48 timers innlekkasje. Dette gir en økt passiv sikkerhet og marginer for vannhåndtering (styring av pumper) og responstid.

Pumpestasjonene lages fortrinnsvis med standardisert utforming. Det benyttes f.eks. 3 stk. like pumper, hvorav 2 stk. skal dekke maks kapasitet (inkl ekstra kapasitet for utpumping av vann fra nødbassenget i løpet av 6 -12 timer og reservekapasitet i normalsituasjonen. Den tredje pumpa vil være reserve men normalt inngå i driften. Det må i endelig dimensjonering vurderes hvor mye som skal regnes som designkapasitet og utgangspunkt for reservekapasiteten.

På strekningene med 5 % fall i tunnelen antas lite problemer med trykkstøt som forutsettes håndtert med enkle tiltak. Spesielle stigningsforhold må eventuelt vurderes i forbindelse med kontrahering.

Tørroppstilte pumper har isolasjonsventil på suge- og trykkside. Hver pumpe har tilbakeslagsventil på trykkside. Vannmåler og opplegg for pluggkjøring installeres på pumpeledningen. Det installeres demontasjestykker i rørledning ved behov.

Tørroppstilte pumper er fortrinnsvis ett-trinns horisontale for å gi høyest mulig virkningsgrad og fleksibel utførelse. Det stilles spesielt krav for pumper beregnet for kontinuerlig drift. Pumpevalg blir tatt i siste fase av prosjektet. Det kan før utarbeidelse av tilbudsdokumenter utarbeides en teknisk avklaring med vurdering av muligheter og krav med hensyn til pumpetype, materialkvaliteter, kapasitet for en og flere pumper, motoreffekt, virkningsgrad, behov for tiltak mot trykkstøt, levetid og kostnader.

Pumpeanleggene og tekniske rom er lokalisert i samme moduler. Pumpeanleggene forsynes med normalkraft for pumper, nødstrøm for styrings/overvåkningsanlegg og fiber for overføring av signaler. Det er forutsatt 400 V forsyning til pumpeanlegget.

Størrelsen på pumpeanleggets inntaksbasseng gjør det unødvendig med frekvensomformere for kapasitetsstyring, men frekvensomformere forutsettes for kontroll med trykkstøt og fleksibilitet.

Utlasting og løfteoperasjoner i pumpeanlegget forutsettes utført med kran på bil.

Normalt trykk i pumpeledningen blir ca 8,5 bar(g) og trykkstøtsberegninger avgjør om 10 eller 12,5 bar(g) trykklasse er tilstrekkelig. Pumpeledning er plast PE100, foreløpig antatt PN12,5, SDR11. Det bør være samme kvalitet i hele rørstrengene.

Komponenter som skal stå tørt, etableres minimum 1 meter over kjørebanen.

10.8.3 Pumpeledning og utløp

Det forutsettes lik trykklasse på alle pumpeledninger og at valg av trykklasse gjøres ut i fra en trykkstøtsanalyse hvis det er tvil. Maksimalt trykk er lavest i endepunktet av pumpeledningen, men undertrykket er størst langt fra pumpestasjonen.

Det er forutsatt generelt maks ca 5 m friksjonstap i pumpeledningen. Dette er også ønskelig med hensyn til redusert strømforbruk, og gir fordeler ved valg av trykklasse for rørene. Lav hastighet kan øke behov for oppfølging av friksjonstapet og eventuelt rutine for pluggkjøring. Det lange ledningsstrekket i bunn tunnel med lite fall bør vurderes spesielt.

Utpumping etableres på Sandoy via borhull der tunnelen går inn under land. Resipient er sjøen, Skúvoyarfjørður. Utslippsdybde tilpasses myndighetskrav. Det er ikke utført noe kartlegging her og endelig trase må tilpasses i detaljplaner/anleggsfasen. All den tid alt vann samles for felles utpumping er kravet for utslipp av vaskevann styrende. Løsninger som etableres bør uansett være kontrollerbare og tilrettelagt for forlengelse. Anleggstekniske forhold ved sjøen kan være avgjørende for trase. Det må sikres at vannet pumpes til et høybrekk slik at det ikke kan bli tilbakeslag.

Pumping via borhull medfører ekstra kostnader til borhull, men gir besparelse i ledningskostnad og pumpekostnad ved reduksjon i ledningslengde og løftehøyde.

Utpumping via borhull er mindre aktuelt på Suðuroy. Tunnelen ligger for lavt der den kommer inn under land og kysten er ikke egnet for ledningsarbeider. Siden høybrekket i tunnelen er et stykke innenfor portalen vil det uansett bli noe veivann, spesielt i forbindelse med vask, som ledes mot vassdraget. Med utpumping via portal vil det i utgangspunktet kunne bli mer belastning på vassdraget. Siden utpumpet vann for en stor del er saltvann er det valgt å legge en utslippsledning til Sandvik (dagsoneprosjektering). Ledning til sjøen blir også forutsetning for vurdering av eventuell rensing av veivann fra siste del av tunellen og portalen.

10.8.4 Vannmengder

Lekkasjevann er dominerende faktor for årlige vannmengde som skal pumpes ut fra de ulike nivå i anlegget. På store dyp vil det være mer lønnsomt med større investeringer for å redusere innlekkasjen pga energibehovet. Redusert innlekkasje vil også kunne redusere antall eller kapasitet i pumpe-aggregatene, redusert volum i bassenger og redusert pumpekostnad i byggeperioden.

Dette kan vurderes endelig når lekkasjevannmengden er kjent.

Endelig dimensjonering for valg av pumper kan utføres når tunnelen drives og det foreligger lekkasjemålinger. Dimensjonering av en del komponenter i anlegget må utføres basert på hvilket ambisjonsnivå som velges for injisering. Det vil da være naturlig med en litt romslig dimensjonering som vil gi et robust og fleksibelt anlegg om ikke forholdene viser seg å bli mye dårligere enn forventet.

10.8.5 Kontrahering, strømforsyning og automatikk

For å ha kontroll med hvilke kvaliteter som tilbys og kunne vurdere alle nødvendige forhold med pumpeleveransen, bør det vurderes kontrahering i separat entreprise. Det kan også gi bedre grunnlag for oppfølging i garantiperioden og senere vedlikeholdsfase.

Styring, regulering og overvåking av pumpeanlegget er lite omtalt i dette forprosjekt og ivaretas av ansvarlig for elektriske tunnelinstallasjoner. Generelt anbefales det at pumpeleveransen begrenses til maskinutrustningen og at pumpe- og elektroentreprenøren pålegges ekstra samordning av leveransene eller styres av elektroentreprenøren.

10.9 Vannforsyning og brannvann

Det er et krav om tilgang på slokkevann for tunnelanleggene. Det må her tilrettelegges for at tilstrekkelig vann er tilgjengelig i basseng ved portalområdet og slokking baseres på brannbiler med slokkevann på tank. Diskusjonen med lokale brannvesen kan med fordel gjøres gjennom sikkerhets/beredskapsanalyser.

Brannreservoar etableres med kapasitet tilsvarende tankbilens slokkekapasitet, og bør tilpasses tapping for vaskevann ved tunnelvask. Det er også mulig å kjøre til bassengene som samler innlekkasjevann.

Avløp fra slokkevann følger i prinsipp samme vei som vaskevannet. Behandling av slokkevann må vurderes i hvert enkelt tilfelle avhengig av vannets tilstand.

10.10 Rekkefølger og oppfølging

En del grunnlagsparameter påvirker hele anlegget og vil på grunn av anleggets dybder og lengde være viktigere å fastlegge best mulig enn for mindre anlegg. Den mest sentrale forutsetning for drensanleggene er innlekkasjemengde som vil påvirke dimensjonering for ca 20 000 m drensledninger og 20 000 m pumpeledninger, samt magasinstørrelser, pumpestørrelser og effekter osv.

Robusthet, redundans og følsomhet

ROS-vurderinger peker ofte på ulemper med overflatevann som en av de største trusler for nedetid på anlegget. Det bør være fysiske vannskiller i vegbanen nær tunnelåpningene.

Følsomhet for variasjon i inngangsparametre vil variere for de ulike komponenter. Sikkerhetsfaktorer medfører ofte at sikkerhetsmargin på inngangsparametre er doblet innen siste komponent i et system. Det må kontinuerlig vurderes hva som skal kunne fungere frittstående og hva som kun vil fungere i sammenheng med andre anleggsdeler.

Pumpeanlegg og brannvannforsyning må ha spesielt robuste løsninger. Normerte krav går på redundans og dimensjonering. I tillegg er det viktig med enkle anlegg med lite innbyrdes avhengigheter. Størst mulig likhet vil forenkle vedlikehold og reservedelslager. Dette ivaretas blant annet ved foreslått inndeling av tunnelen i moduler og lik kapasitet i store deler av anlegget.

For å få et mest mulig robust anlegg, må avhengigheter mellom anleggsdeler og fag reduseres. Basseng gir generelt stor fleksibilitet i drift og betydelig økt sikkerhet uten aktive tiltak.

Anleggsfase

Nedbørfelt i portalområdene bør sikres avløp tidligst mulig i anleggsfasen for å unngå flomvann inn i tunnelen. Dette må vurderes sammen med øvrig håndtering av anleggsvann.

Lekkasjevannmengde som er en av de viktigste parametre for dimensjonering, er selv med høyt ambisjonsnivå i kontraheringen, ikke kjent før anleggsarbeidet er nær ferdigstilt. Det vil være viktig med oppfølging på anlegget i forhold til prosjekteringsforutsetningene.

Driftsfase

Ved oppstart bør vannkvalitet i pumpebassengene følges opp for å vurdere om det tilføres "søppel" i form av rester fra anleggsfasen som kan medføre driftsproblemer. Det er ikke ønskelig med siler eller liknende enheter som i seg selv vil være et driftspunkt, men det er viktigere å sikre stabil drift for pumpene.

Ytre miljø

Ytre miljø er forutsatt håndtert i egne rapporter/ aktiviteter og er ikke nevnt her, men løsningene som er beskrevet, kan bli påvirket av miljøkrav som fremkommer underveis i prosjektet.

11 Ventilasjon

11.1 Tunnelventilasjon

Ventilasjonssystemet dimensjoneres ut fra krav til luftkvalitet og krav til brannventilasjon. Som grunnlag for beregningene benyttes Håndbok N500 - Vegtunneler.

I forbindelse med forprosjekt av Suðuroyartunnilin er nødvendig ventilasjonsbehov beregnet for at tunnelen skal tilfredsstille kravet til brannventilasjon på 50 MW i henhold til håndbok N500. Det er utført beregninger for to ulike ventilasjonsstrategier i forbindelse med brann. Strategi A tilrettelegger for at røyken kan styres i ønsket retning uavhengig brannplassering. Denne strategien ligger til grunn for risikoanalysen som er gjennomført i forprosjektfasen, og er hovedstrategien i forprosjektet. Det er også kontrollert hva det vil si for ventilasjonsbehovet dersom det kun ventileres med stigningen i enden av tunnelene (Strategi B), dersom det på et senere tidspunkt velges fast ventilasjonsretning med stigningen.

Dimensjonerende skyvkraftbehov inkluderer ikke ekstra kapasitet som følge av bortfall av vifter ved brann. I forprosjektet er viftene fordelt utover på de tekniske byggene i tunnelen, men de er plassert slik at vifter ikke vil påvirkes av varm røyk ved dimensjonerende brannplassering. Bortfall av brann bør vurderes nærmere i den videre prosjekteringen. Dersom viftene skal plasseres i den bratte stigningen ved portalene må det vurderes om det er behov for et ekstra viftepar for å ivareta bortfall av vifter ved brann. Nødvendig netto skyvkraftbehov installert er 55,6 kN for strategi A og 38 kN for strategi B, med bakvind på henholdsvis 3,5 m/s og 3 m/s.

Det er utført beregninger for driftsventilasjon med lik fordeling av trafikken i begge retninger. Kapasiteten i forbindelse med brannventilasjon er funnet tilstrekkelig også for drift. Dette gjelder kapasiteten beregnet for begge ventilasjonsstrategiene ved brann.

Nødvendig lufthastighet oppnås ved bruk av impulsventilatorer. Anbefalt vifteinstallasjon for strategi A tilsier 52 vifter med indre diameter 1250 mm og 37 kW motor. For strategi B er tilsvarende antall 35 stk vifter. Det er også undersøkt antall vifter dersom det er gjennomførbart å øke motorstørrelsen til 55 kW. Antall vifter vil i så fall reduseres til henholdsvis 44 og 29 vifter.

Vifter med indre diameter 1250 mm vil få plass i normalprofilet med vannsikring, men det må sannsynligvis gjøres noen lokale tilpasninger av vannsikringen og eventuelt sprengningsprofilet. Dette forutsetter at det ikke benyttes ramme for montasje av viftene, i så fall kan det bli behov for ytterligere takheving.

Kraftkabler til ventilatorene vil bli trukket i rør i branntrygge grøfter og bak brannsikring opp til tunnelhengen.

Ventilasjonsanleggene styres i trinn avhengig av gass-/støv-konsentrasjonen i tunnelen. Det må installeres sensorer for NO2 og CO. Det anbefales også at det installeres vindmålere i tunnelen for å kunne styre brannventilasjon i henhold til strategien som er anbefalt i risikoanalysen, med lav

ventilasjonshastighet i startfasen av brannen. Det må i et slikt tilfelle være minst én vindmåler i hver ende av tunnelen.

Beregninger og resultater for drifts- og brannventilasjon er rapportert i rapport VENT-001 Brann- og driftsventilasjon.

12 Anleggsteknisk gjennomføring

12.1 Tunnelarbeider

Fremgangsmåte som velges for den anleggstekniske gjennomføring av tunnelarbeidene kan ha betydning både for kostnader og byggetid. I dette inngår god tilrettelegging for entreprenørens tilrigging og drift av arbeidene, samt effektiv transport av sprengningsmassene ut fra tunnelen.

Det legges opp til at bygge- og anleggstekniske arbeider for tunnelen utføres i én entreprise med angrepspunkt fra hver tunnelåpningene, Skarvanes på Sandoyog Sandvik på Suðuroy. Det knytter seg utfordringer med etablering av tunnelarbeider og logistikk knyttet til drift gjennom hele anleggsperioden for et slikt stort anlegg på Færøyene anbefales det at tunnelarbeidene lyses ut i en entreprise. Dette vil da også gi best fleksibilitet med hensyn på felles bruk av nødvendig beredskapsutstyr og øvrige ressurser som det kan ta lengre tid å fremskaffe på Færøyene.

Eksisterende 10 kV strømforsyning ligger tilgjengelig i nærheten av begge påhuggsområdene. Det er i tabellen under utført en beregning av effektanslag for anleggsperioden for begge påhuggene. Effektbehovene må avklares nærmere med SEV om de kan dekkes med eksisterende 10kV-kabler.

	Sandoy				Suðuroy			
	Effekt kW	Antall	Samtidighet	Sum kW	Effekt	Antall	Samtidighet	Sum kW
Rigg kontor SUTU (inntil 10 enheter)	25	1	0,6	15	25	1	0,6	15
Rigg mannskap SUTU(inntil 5 personer)	13	1	0,6	8	13	1	0,6	8
Rigg kontor Ent (inntil 20 enheter)	50	1	0,6	30	50	1	0,6	30
Rigg mannskap Ent (inntil 60 personer)	150	1	0,5	75	150	1	0,5	75
Verksted	50	1	0,5	25	50	1	0,5	25
Stuff(tunnelrigg/laster)	300	1	1,0	300	300	1	1,0	300
Sprøytebetongrigg								
Belysning	40	1	1	36	40	1	1,0	40
Pumpe trinn 1		0	0	0		0	1,0	0
Pumpe trinn 2		0	0	0		0	0,0	0
Pumpe trinn 3	300	1	1	300	400	1	1,0	400
Vent trinn 1		0	0	0		0	0,0	0
Vent trinn 2		0	0	0		0	0,0	0
Vent trinn 3	310	1	1	310	310	1	1,0	310
Betonganlegg								
Steinknuseranlegg								
Div	30	1	0,8	24	30	1	0,8	24
Sum trinn 3 [kW]		**Sandoy totalt kW:**		**1 100**		**Suðuroy totalt kW**		**1204**
Sum trinn 3 [kVA] (cof fi =0,85)		**Sandoy totalt kVA:**		**1 294**		**Suðuroy totalt kVA**		**1 416**

Tabell som viser beregnet effektanslag i anleggsperioden

Det forutsettes at det før tunnelentreprenøren starter opp sine arbeider, er utført arbeider i dagsonene ved hver tunnelmunning med bl.a. sprengning av forskjæringer i portalområdene, og tilrettelegging for tunnelentreprenøren for øvrig.

Sprengsteinen skal avhendes i egne deponiområder på land som er bestemt og lokalisert rett i nærheten av begge tunnelportalene.

Det antas som det normale at hele tunneltverrsnittet kan tas ut i én salve, men ved spesielt dårlige bergforhold kan det være aktuelt med en oppdeling av tverrsnittet. Spesielt kan dette gjelde i forbindelse med nisjeutvidelser.

For å korte ned på den totale anleggsperioden bør det forutsettes at deler av VA-anlegg og vegoppbygging utføres parallelt med tunneldriften. Utførelse av kompletteringsarbeidene forutsettes utført fra begge tunnelåpningene.

12.2 Fremdriftsplan bygging

Foreløpig overordnet fremdriftsplan for Suðuroyartunnilin er vedlagt. Planen viser at total byggetid ender på ca. 9 år. I framdriftsplanen er følgende forutsetninger gjort for tunnelarbeidene med Suðuroyartunnilin:

- Det er i planen forutsatt samtidig oppstart av tunneldrift fra Sandoy og Suðuroy, med drift på to stuffer.
- Det forutsettes at etterarbeidene med trau, VA, vegfundament samt vann- og frostsikring i tunnelarmen utføres med to arbeidslag, ett fra hver side.
- Arbeider med betongrekkverk, trekkerør, slitelag/vegmerking forutsettes utført til slutt etter øvrige etterarbeider.
- Bygging av tekniske bygg, bassenger, kiosker samt tunnelportaler påbegynnes mens etterarbeider i tunnelen pågår, og ferdigstilles og i god tid før de avsluttende arbeidene i tunnelløpene ferdigstilles.

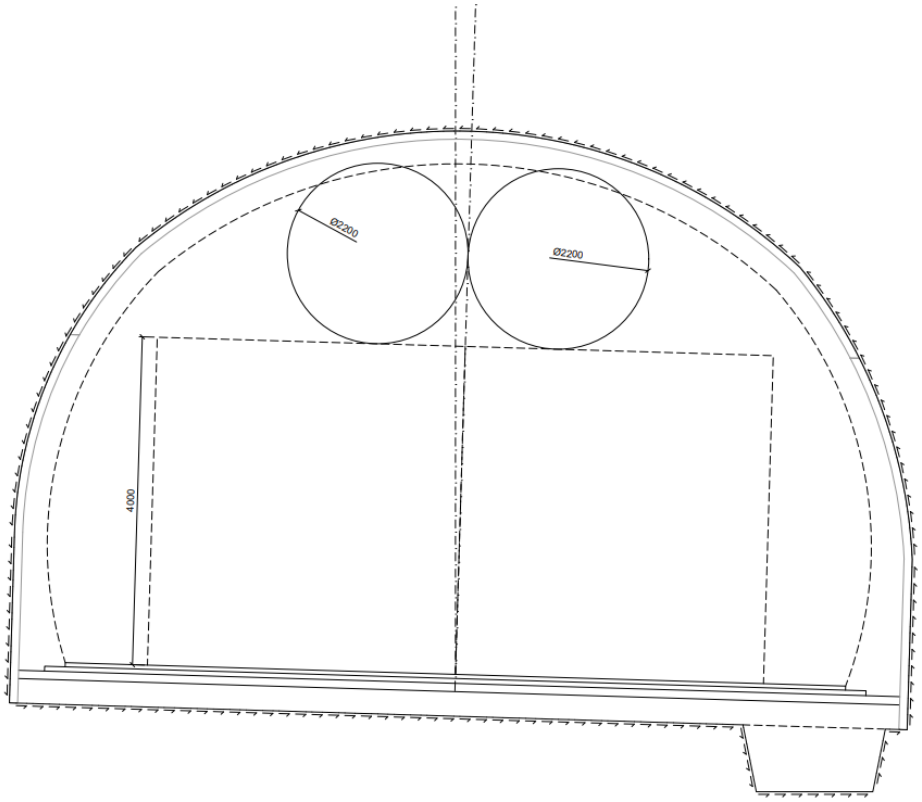
De forutsatte arbeidskapasiteter pr. uke er i stor grad basert på erfaringsdata fra Sandoyartunnilin og fremgår av planen.

12.3 Tunnelventilasjon i anleggsperioden

Det er i forprosjektet gjort beregninger som viser at det går å få ventilert tunnelen i anleggsperioden med to stk Ø 2,2 m ventilasjonsduker. I det nå optimaliserte tunneltverrsnittet skal det være plass til to stk Ø 2,2 m duker, se Figur 17.

Dukene og vifteinstallasjonen må dimensjoneres for å levere opptil 50 m^3/s luft per vifte ved trykk opp mot 4500 Pa. Beregnet vifteinstallasjonen vil kunne medføre effektbehov opp mot 620 kW, totalt. Det er bekreftet at det finnes vifter som kan levere det nødvendige luftbehovet. Det vil her være et stort innvendig trykk inne den ytre del av ventilasjonsduken.

Det er en ny type nitrogenfritt sprengstoff under utvikling/testing, som så langt viser svært gode resultater med hensyn på avgasser etter sprengning. Resultatene tyder på at det ved bruk av denne type sprengstoff, elimineres sprenggassene helt. Dette er igjen forhold som kan gi en vesentlig reduksjon i ventilasjonsbehovet i anleggsperioden, men dette er så langt ikke tatt inn i de utførte ventilasjonsberegningene.



Figur 17 Tunneltverrsnitt vist med plassering av 2 stk Ø 2,2 m ventilasjonsduker

Ventilasjonsberegningene for anleggsperioden er basert på følgende forutsetninger:

- Elektriske maskiner på stuff (gjelder også lastemaskin)
- Lastebiler for utkjøring skal ha krav til Euro-6-motor.
- Det er dimensjonert for 0,5 m/s i tunnelen – som gir en total luftmengder på ca. 35 m3/s på stuff, dette skal igjen gi en tilfredsstillende uttynning av utslippet fra kjøretøyene knyttet til uttransport av stein.

12.4 Vanntilførsel og håndtering av driftsvann i anleggsperioden

Vannbehovet under tunneldriveperioden er antatt å være i størrelsesorden 100 m3/døgn. Dette fordeler seg med ca 40 m3 vann/salve og forutsetter to salver/døgn, samt et antatt behov for ca 20 m3 vann til øvrige arbeider som; vask av berget før sprøyting, bolteboring, injeksjon m.m. Vanntilførselen i påhuggsområdene er begrenset. I påhuggsområdet på Skarvanes vil det bli noe vann tilgjengelig fra det gårdsbruket som legges ned, her kan det antas at entreprenøren kan ta over deres vannkilde i anleggsperioden. I tillegg bør det avklares om det kan hentes ekstra vann fra utløpet av Stóravatn og pumpe det de 2,3 km, frem til påhuggsområdet. I Sandvik er det i utgangspunktet ikke vann tilgjengelig i påhuggsområdet, utover noen mindre bekker. Ved lengere tørkeperioder må det antas at disse bekkene kan tørke ut. Det må sjekkes ut om det er mulig å tilføre vann fra en mer stabil vannkilde i Sandvik. Dersom det ikke finnes tilgang fra en tilstrekkelig

stor- og stabil vannkilde, kan det se ut til at det i Sandvik vil være behov for å etablere vannmagasin, samt å rense og resirkulere driftsvannet som et supplement til det som er av tilgjengelig vann i området.

I anleggsperioden er det forventet at entreprenøren vil benytte de permanente pumpe- og nødbassengene som etableres i tilknytning til pumpestasjonene til fordrøyning og sedimentering av anleggsvannet. I tillegg må det etableres egne renseanlegg for anleggsvannet før videre utslipp i sjøen. På Skarvaneset er det relativt kort avstand fra påhugg til sjø. Renset driftsvann kan her enten gå i ledning med selvfall ut i sjø fra riggområdet, eller benytte borehullet for permanent utslipp til sjø når det er etablert. I Sandvik forutsettes det at anleggsvannet pumpes i en midlertidig pumpeledning fra portalområdet, på nordsiden av Sandvik bygd og ut i sjøen. Denne pumpeledningen får en lengde på ca 3 km.

12.5 Tunnelarm opp til Skúvoy

Etablering av en eventuell tunnelarm opp til Skúvoy blir tatt som en egen avgjørelse, uavhengig av et vedtak om bygging av Suðuroyartunnilin. Sprenging og etablering av denne tunnelarmen er forutsatt utført fra Suðuroyartunnilin. Dette fordi det er vurdert å være vanskelig å etablere en operativ tunneldrift fra Skúvoy. Dette henger sammen med dårlig infrastruktur og utfordrende adkomst og værforhold, samt at det er strenger verneinteresser knyttet til denne øya og dermed vanskelig å få deponert sprengstein fra tunneldriving her.

Tunneldrift fra Suðuroyartunnilin kan gjennomføres delvis som vekseldrift, der tunnelriggens kapasitet utnyttes når den ikke er i bruk i hovedløpet ved for eksempel utlasting og injeksjon. Når avstanden mellom stuffene blir for lang, må det enten inn en ekstra rigg eller at resterende del av tunnelarmen tas ut etter gjennomslag i Suðuroyartunnilin.

12.6 Ytre miljø i anleggsfasen

Temaet ytre miljø/bærekraft er behandlet i egne dokumenter i dette forprosjektet (et bærekraftsprogram inkludert risikoanalyse for anleggsfasen og et klimagassbudsjett).

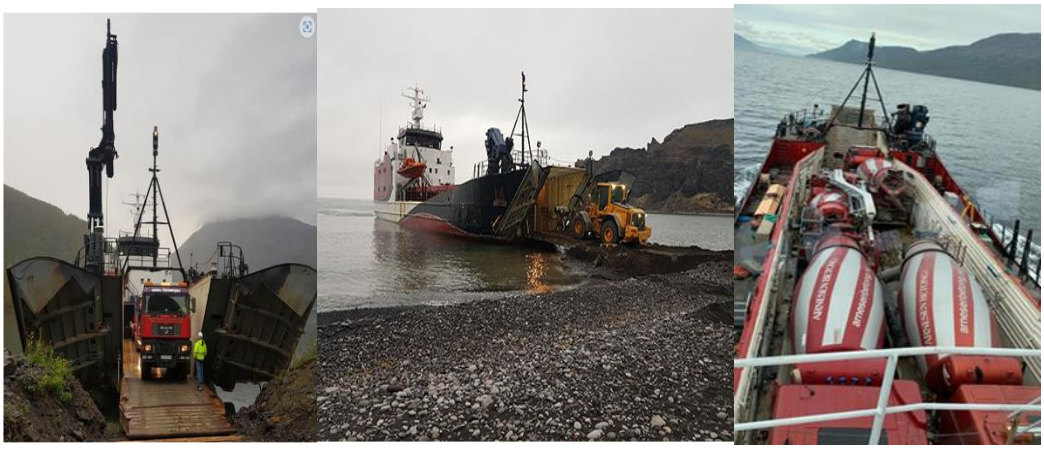
Da forprosjektet er avgrenset til tunnelarbeider, er omtalte tema begrenset til disse arbeidene.

12.7 Tilrigging og transport av anleggsutstyr

Tilrigging for tunneldriving fra Sandvik er i utgangspunktet utfordrende med hensyn på inntransport av det største og tyngste anleggsutstyret. Dagens en-felts tunnel mellom Hvalba og Sandvik har ikke stort nok tverrsnitt for transport av det største utstyret. Det har vært kontakt med flere firmaer som tidligere har disponert slike fartøyer for transport med kjørelem, der utsyr kan kjøres på- og av direkte på en strand. Ut fra en slik kontaktrunde har vi konkludert med at det pr. nå kun er ett firma i Norge som har den type farkoster. De har to slike fartøy, begge disse er nylig oppgradert og har de nødvendige sertifikater for transport i farvannet mellom Norge og Færøyene. Se bildene i Figur 18 under.

Fartøyene har tidligere tilhørt den Norske marine. De er i den sammenheng designet for å kunne frakte store tunge kjøretøy og der igjen store anleggsmaskiner og konstruksjoner. De kan ta om bord- og losse dette på steder der andre båter ikke kommer til.

- Fartøyene er landgangsfartøy og er derfor ikke avhengig av kai. Fartøyet kan legge til mot strand, fjærestein, direkte mot anleggsområder osv.
- Fartøyet vist under måler 62×11 meter og er utstyrt med 120 tonnmeter kran og har kjørerampe i baugen.
- Dekksareal under tak er på ca. 300kvm. I tillegg har den mulighet til noe last på lastelukene.
- Det er også muligheter for transfer av diesel og ferskvann.

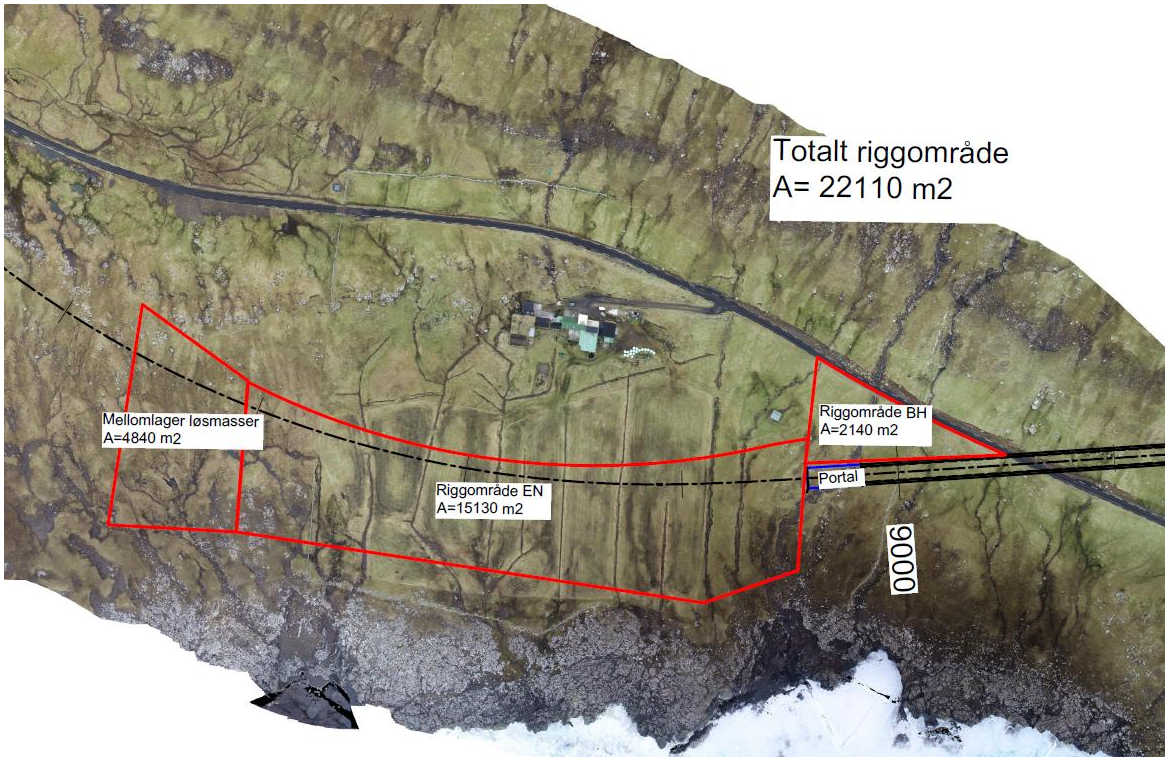


Figur 18 Bilder over viser et fartøy som kan være aktuell for transport av stort anleggsutstyr ut til Sandvik.

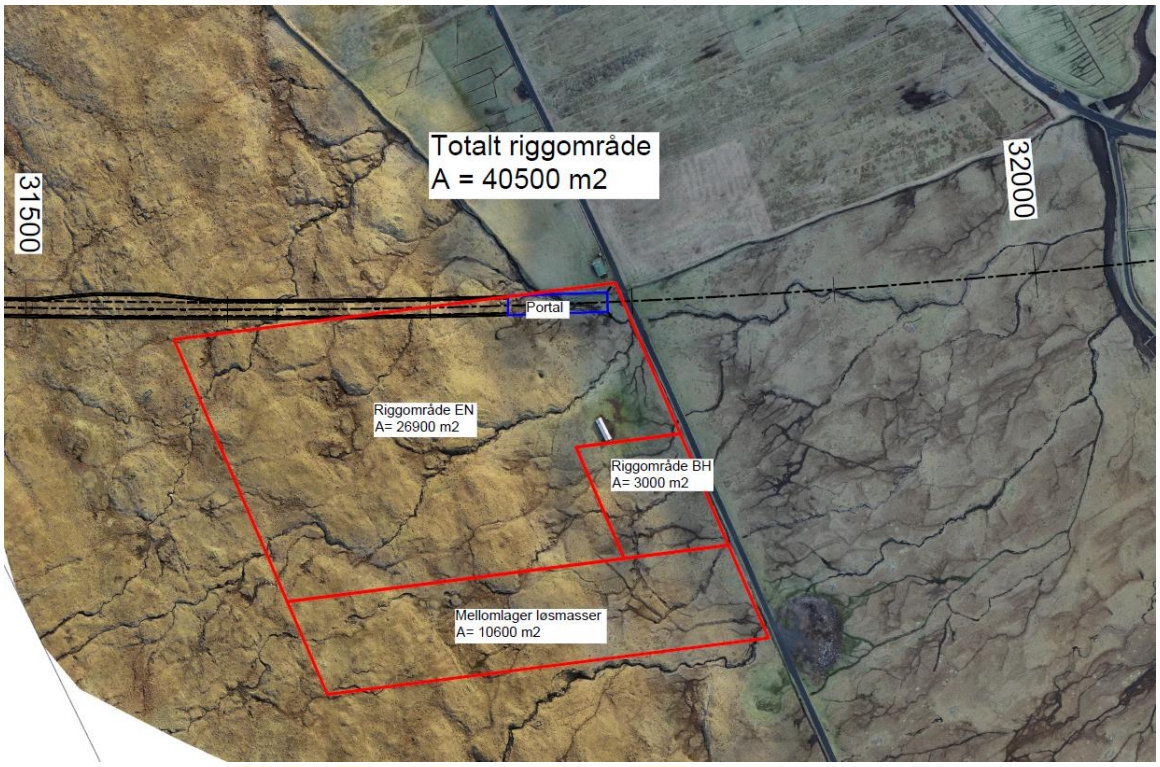
12.8 Riggområder

Under vises skisser for riggområde for byggherre, entreprenør og deponi av løsmasser. Totalt riggareal blir:

- Skarvanes: 22110 m2
- Suðuroy: 40500 m2



Figur 19 Riggområde Skarvanes



Figur 20 Riggområde Suðuroy

13 Elkraft forsyningsanlegg

13.1 Generelt vedrørende elektrotekniske anlegg

De elektrotekniske anleggene omfatter elkraftinstallasjoner (høyspent og lavspent kraftforsyning, generelle elektroinstallasjoner), tunnelbelysning, tunnelventilasjon, sikkerhetsutrustning, samt tele- og automatiseringsinstallasjoner (styring, regulering, overvåking og kommunikasjon).

13.2 Styrende dokumenter og generelle krav

Gjeldende håndbøker fra det norske Statens vegvesen vil blir brukt som underlag. Først og fremst gjelder dette håndbok N500 Vegtunneler.

For elektrotekniske anlegg legges Færøyske lover til grunn. Det danske «Fellesregulativet» brukes på Færøyene. Informasjon er å finne på SEV sine internett-sider.

Installasjon og drift av alle elektriske lavspentanlegg skal oppfylle:

- Stærkstrømsbekentgørelsen, afsnitt 6, Elektriske installasjoner
- Enkeltvedtak og generelle bestemmelser fra SEV
- Enkeltvedtak og generelle bestemmelser fra Føroya Tele
- SIK- Meddelelser
- Gjeldende EU-direktiver som:
  - Lavspenningsdirektiv (73/23/EEC, 93/68/EEC)
  - Maskindirektivet (89/392/EEC, 91/368/EEC, 93/44/EEC, 93/68/EEC)
  - EMC-Direktivet (98/336/EEC, 92/31/EEC, 93/68/EEC)
  - EN61439 - 1/2/3/4/5 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies
  - EN 60204-1 Elektrisk materiell på maskiner

Videre anbefales det å legge løsninger beskrevet i håndbok N601, NEK 600 og NEK TS 600 til grunn for prosjekteringen.

Anlegg bygd i henhold til maskindirektivet skal holdes adskilt fra resten av det elektriske anlegget, eller merkes godt.

Det skal benyttes materiell med industriell standard, og med kapslinger som minimaliserer problematikken knyttet til elektromagnetisk støy.

Tabellen under oppsummerer noen valg og løsninger som avviker fra løsninger beskrevet i styrende dokumenter nevnt over.

Tabell 9 Oppsummering valg og løsninger

#			Referanse
01	Evakueringstid	Evakueringstiden skal som minimum settes til utrykningstiden + 1 time. Her satt til 1 time + 1 time =2 timer.	N500, 5.3.2
02	Evakuerings-belysning	Evakueringsbelysning skal kunne styres fra innsatsrommet utenfor tunnel, ikke fra nødstyrepanel	N500, 5.3.3
03	Nødstasjoner	Tekster i nødkiosker utføres på færøysk og engelsk.	N500, 5.3.4-3
04	Nødstasjoner	Alle nødstasjoner bygges som kiosker, også de mellom havarilommer	N500, 5.3.4-4
05	PA-system	PA-system utgår. Det henvises til kap. 7 Branntekniske forhold	N500, 5.3.8
06	Radio	Det etableres FM-dekning i tunnelen, DAB anvendes ikke på Færøyene.	N500, 5.3.11-5 og 5.3.11-6
07	Trekkerør	Det skal være reserverør i tunnelen for fremtidig bruk. Antallet bestemmes i detaljprosjekteringen	N500, 10-1
08	Tekniske bygg	Ved bestemmelse av størrelse på bygg tas det ikke høyde for at det skal være mulig å bygge nye installasjoner før gamle fjernes. Det legges f.eks ikke opp til at det er dobbel tavleplass i byggene.	N500 10.2-1
09	Tekniske bygg	Minimum areal bestemmes ut fra nødvendig areal ved etablering av tunnelen. Det ses bort fra krav til minimumareal i N500 pkt 10.2-4. Endelig størrelse fastsettes i detaljprosjekteringen.	N500 10.2-4
10	Teknisk bygg	Dørstørrelser for nettstasjon fastsettes av SEV	N500, 10.2-5
11	Belysning	Da ÅDT(10)<4000 legges tabell 10.3.2-1 til grunn for belysningsanlegget. Da det ikke tillates gående og syklende i tunnelen, og ÅDT er lavere enn 2500 vurderes det om belysningen kan senkes til 0,5 cd/m i deler av tunnelen for «Indre sone dag» og om natten.	N500, 10.3.2-4
12	Trekkekummer	Kiosker benyttes som trekkekum. Det etableres ikke egen trekkekum ved alle nødkiosker.	NEK600, 11.5
13	Nødstyrepanel	Lokal nødstyring utføres fra PC i innsatsrom. Skjermbilder utføres etter samme prinsipper benyttet i ET og ST.	NEK600, 11.8.3

#			Referanse
14	Tekniske bygg	Tekniske bygg plasseres med innbyrdes avstand inntil 1500 meter. For nettstasjon og jordingsanlegg i forbindelse med nettstasjon utføres iht krav fra SEV.	NEK600, 11.9 REN6004
15	ITV	For ITV-overvåking er det foreslått å bruke PTZ-kameraer med en avstand på inntil 400 meter, N500 sier 125 m. Dette begrunnet med at kameraene ikke brukes for AID, men for verifisering. Trafikken er også veldig lav og tunnelen har lange siktlinjer.	N500, 5.3.7

13.3 Merkesystem

Det foreslås å benytte samme merkesystem som for Eystur- og Sandoyartunlar.

Eksempel på lokal utstyrs-tag for en impulsventilator:
+T04L=EH043-V03
Forklaring:
1. ledd forteller at denne er forsynt fra lavspentrommet(TxxL) i tekniskbygg 04 (T04x)
2. ledd forteller at denne er forsynt fra hovedfordeling -04 (04x), system/tavledel 3 (xx3) som her er definert som ventilatorsystemet. (xx1 benyttes for generelle installasjoner, xx2 benyttes for lys og xx3 benyttes for ventilasjon)
2. ledd angir at det er en ventilator (V), 03 er løpenr.

Fremst i tagen legges det i tillegg til en 3 bokstavskode for å fortelle hvilken tunnel utstyret er plassert i. Det foreslås å benytte følgende kode for Suðuroyartunnilin: +SUD. Hele utstyrstagen vil da bli +SUDT04L= EH043-V03. SUD eller hele +SUDT04L kan kuttes ut der resten av utstyrsnummeret likevel blir unikt.

13.4 Høyspent kraftforsyningsanlegg til tunnel

Prosjektering, installasjon og drift av alle elektriske høyspenningsanlegg skal i sin helhet utføres av SEV.

Det vil være et betydelig kraftbehov i anleggsfasen. Kraftbehovet vil øke etter som drivingen av tunnelen kommer lenger inn. Det er SEV som har leveringskonsesjon på Færøyene. Kraftbehovet i anleggsfasen er foreløpig estimert til å være ca 1,5 MW pr. tunnelmunning/stuff.

SEV planlegger å etablere høyspentføringer (20 og 60kV) for forsterkning av eget nett gjennom tunnelen. SEV sine foreløpige planer er å etablere 1x20kV og 2x 60 kV kabler gjennom tunnelen. Dette kommer i tillegg til egen 20kV høyspentkabel for forsyning av selve tunnelen.

Det vil være et viktig mål at tunnelen skal ha høy oppetid. Der det ligger til rette for det skal det etableres uavhengig forsyning fra begge tunnelmunninger. Dette betyr i praksis at det bør tilstrebes

å etablere kapasitet til å forsyne hele tunnelanlegget fra begge tunnelmunninger. SEV etablere gjennomgående 60kV kabler gjennom tunnelen som vil bidra til å forsterke og muliggjøre strømforsyning fra begge tunnelmunninger. Hvorvidt hele tunnelanlegget til daglig vil bli forsynt fra kun en side eller om halvparten av tunnelanlegget forsynes fra hver sin side, avklares av SEV. For forprosjektet forutsettes det at SEV etablerer nødvendig høyspentanlegg gjennom tunnelen og at dette vil kunne forsyne anlegget fra begge tunnelmunninger. Videre avklaringer med SEV vil bli foretatt i tiden fremover.

SEV opplyser at deres høyspentnett som skal forsyne tunnelen vil få en oppetid på over 99,99%. Høyspentanlegget vi bli utstyrt med fjernstyrte brytere og transformatorer med trinnkoblere. Foreløpig estimert installert effekt i tunnelen er beregnet til ca 4,5 MW.

13.5 Høyspentanlegg i tunnel

Hovedprinsipp for kraftforsyning er at tunnelen forsynes med høyspent til transformator plassert i høyspentrom i alle tekniske bygg i tunnelen.

SEV legger 20kV gjennom tunnelen til forsyning av 20/0,4 kV transformatorer i tekniske bygg.

Type trafoer: Det er på Færøyene tidligere benyttet transformatorer med silikonolje i tunneler. Nærmere avklaringer skal gjøres med SEV under detaljprosjekteringen.

Høyspent jording: Det etableres 2x50 mm2 langsgående jordleder i forbindelse med høyspentføring gjennom tunnelen.

Detaljer for høyspentrom og føringsveier for høyspent vil bli avklart av SEV under detaljprosjekteringen. Hovedprinsippet vil være at høyspent etableres gjennomgående under bankett.

Det etableres 40 mm rør for signalkabel for SEV gjennom tunnelen. Denne føres innom høyspentrom.

Det installeres målere for fjernavlesning på lavspenningssiden.

13.6 Lavspent forsyningsanlegg

Det foreslås å etablere samme spenningssystemer i Suðuroyartunnilin som i Eystur- og Sandoyartunlar. Det foreslås derfor å benytte spenningssystemet 400V TN-C-S, 50 Hz, som hovedprinsipp for lavspent. Dette muliggjør å øke avstanden mellom tekniske bygg til 1500 meter.

Det legges opp til at tunnelventilatorer og pumper plasseres i nærheten av tekniske bygg med trafoer, og dermed at behovet for lange tilførselskabler til disse installasjonene minimaliseres. Bruk av høyere spenningsnivå, f.eks. 690 V, til disse installasjonene for å redusere kabeltverrsnitt og spenningsfall vil da, isolert sett, ikke være kostnadseffektivt.

<u>Elektrotekniske dimensjoneringsforutsetninger for lavspentanleggene</u>

Spenningsfall: Det skal i detaljprosjekteringen prinsipielt dimensjoneres for maksimalt spenningsfall på 5%, relatert til normert spenning.

Selektivitet: Det skal i prinsippet legges opp til full selektivitet i anleggene. I spesielle lokale tilfeller hvor dette eventuelt kan synes uforsvarlig kostbart, skal det gjøres spesiell risikovurdering for å avgjøre om kravet til selektivitet kan lempes, f.eks. ved at det vurderes andre risikoreduserende tiltak.

Overspenningsvern: Tordenværshyppighet for det aktuelle området skal legges til grunn ved vurderingen av om det skal prosjekteres overspenningsvern utover krav. Som et prinsipp legges det opp til overspenningsvern på flere nivåer, ved at det prosjekteres grov- og mellomvern i hovedtavlene, samt mindre vern i alle styreskap. (NEK600) TN-anlegg er lite utsatt for skader ved lynoverspenninger. Jordingsanlegget vil også bidra positivt ved evt. atmosfæriske utladninger ved å lede lynstrømmer ved et evt. lynnedslag til jord.

Belastning av kabler: Alle kabler dimensjoneres slik at de, under normal bruk, ikke varig belastes høyere enn 80 % av kablenes strømføringsevne (ref. NEK 600).

Hovedfordelinger: De enkelte tavleanleggene etableres med inntaksfelt, plass for måler, instrumenter etc. gruppebrytere for andre felter, avganger for utendørsanlegg, pumpeanlegg etc. og felt for generell kraft.
Det avklares underveis i prosjekteringen om det skal forberedes for fjernavlesning av strømmåler i hovedfordelingene.

Tavler og utstyret skal tilfredsstille krav i NEK 600, blant annet krav i kapittel 14.1. For krav til blant annet IP-grader, temperaturer, formkrav, osv, henvises det til kapittel 14.1. Tavler skal ha innmating og avganger i bunn. Oppstilling: På datagulv med krav til bæring og antistatiske egenskaper.

Alle samleskinner skal være i kobberutførelse, og min. være dimensjonert iht. hovedbryterens maksimale innstillbare verdi. Alle interne kabler/skinner dimensjoneres med reservekapasitet og skap velges store for å gi bedre kjøling av utstyret.

Det skal, mellom de nevnte feltene, bygges egne felter hvor tilhørende utgående kabler termineres.

Fordeling i pumperom dimensjoneres for samlet pumpeeffekt, lys og stikk for drift og vedlikehold. Maskintavler skal bygges iht. kravene i Maskindirektivet. Pumpene vil styres av frekvensomformere. Pumpeanleggets automatikkanlegg forsynes over nødstrømsanlegg. Det monteres grafisk styrepanel i tavlefronten på automatikkskapet (pumpeautomatikk).

Maskintavler skal bygges iht. kravene i Maskindirektivet.

For nødstrømsanlegg, se kap. 6.2.

13.7 Reservekraft

Et sentralt plassert reservekraftanlegg kunne dimensjoneres for å gi kraft til f.eks pumpeanleggene, ventilasjonsanlegget og den nødkraften som ved bortfall av det ordinære kraftnettet forsynes fra nødstrømsanleggene.

Et slikt anlegg vil baseres på at reservekraftspenningen transformeres opp til 20 kV, og at 20kV distribusjonsnettet benyttes.
Aktuelle høyspentbrytere, som eies og driftes av SEV, må forrigles mot aggregat-automatikken slik at tunnelens høyspentanlegg automatisk isoleres bort fra de innkommende høyspentanleggene i hver tunnelmunning. Automatikken må også sørge for at anlegget kobles over på ordinær nettkraft når dette er tilbake.
Det vil være behov for test av anlegget anslagsvis 1 gang pr. måned.

Norconsults foreløpige antagelser og tanker, basert på høyspentnettets høye oppetid, er at et slikt reservekraftanlegg ikke vil være hensiktsmessig, og heller ikke nødvendig.
Dette er basert på følgende:

- Den ordinære kraftforsyningen, etter etablering av ny 60 kV gjennom tunnelen, kan forsyne hele tunnelen fra begge tunnelmunningene. Begge forsyningspunktene vil trolig alene kunne forsyne vesentlig mer enn det reservekraftanlegget vil kunne forsyne. Ordinær kraftforsyning anses å være mer pålitelig. Et eventuelt utfall av begge forsyningspunktene samtidig vil være lite sannsynlig.
- Pumpeanleggene har vannmagasiner med 48 timers kapasitet. Det er lite sannsynlig at ordinære kraftforsyning vil være ute av drift i 48 timer.
- Nødstrømsanleggenes batteribackup-tid er foreslått økt til 2 timer.
- Det vil være miljømessige ulemper knyttet til aggregatet.
- Det vil skape behov for jevnlig test og vedlikehold av anlegget.
- Det vil bli behov for et relativt stort bygg for aggregatet.
- Anlegget vil være kostbart å bygge og drifte.

13.8 Jordingsanlegg

13.8.1 Jording høyspent

Det vil bli lagt jordledning for høyspent i grøft sammen med høyspentkabler langsgående gjennom tunnelen. Det benyttes 2x50 mm2 blank Cu. Tilkobling av denne bestemmes og utføres av SEV.

13.8.2 Gjennomgående i tunnel

Som utjevningsforbindelse installeres også gjennomgående isolert 25mm2 Cu jordledning på kabelstige i tunnelen. Denne tilkobles kabelstige med maks innbyrdes avstand 25 meter. Det etableres tverrforbindelser fra kabelstige til alle tekniske bygg og til alle nødkiosker.

13.8.3 Tekniske bygg i dagsone og i tunnel

Som jordelektrode etableres ringjord bestående av blank jordwire rundt teknisk bygg.
Ringjorden føres inn i teknisk bygg med isolerte jordingsledere. Alle koblinger utføres med dobbel c-press. I lavspentrommet etableres det hovedjordskinne under datagulv i forbindelse med

inngangsdøren. I alle andre rom etableres det jordingsskinne hvor det legges utjevningsforbindelser til alle skap osv. Det etableres jordingspunkter for tilkobling av jording til armeringen, for lokal utjevning. Dette vil i praksis også bidra som jordelektrode.

Fra hovedjordskinne i lavspentrommet legges det utjevningsforbindelse til langsgående jording i tunnelrommet.

Fra hovedjordskinne i lavspentrommet kan det også legges utjevningsforbindelse til høyspentrommet hvis SEV ønsker dette. Jordingsarbeider i høyspentrom ivaretas av SEV.

Armering i tekniske bygg tilknyttes utjevningsjordskinne i teknisk bygg.

Ved teknisk bygg i dagsonene etableres 4 stk. 10 m lange jordspyd, plassert i hvert hjørne, som tilknyttes ringjord rundt byggene.

Det etableres impulsjord ved skap i dagsonene.

13.8.4 Pumpestasjoner

Det etableres jordelektrode bestående av ringjord/jordwire med spyd under betongplaten. Fra ringjord legges det isolert jordingsleder til jordskinne i tavlerom i pumpestasjon. Fra denne jordskinnen legges det utjevningsforbindelse til alle skap, samt til armeringen i betongplaten. Det legges også utjevningsforbindelse på alle kabelstiger.

Det etableres ikke jordingsanlegg ute i bassenget.

13.8.5 Kiosker i tunnelen

Det etableres kiosker for nødstasjoner i tunnelen. Kioskene vil inneholde nødstasjon og automatikkskap for overvåking og styring. Det kan også forekomme andre skap f.eks til effektlys, I tilknytning til kioskene.
Inne i kiosk, under dørkplatene, settes det opp en jordingskinne. Det etableres forbindelse mellom jordingsskinne og langsgående gjennomgående jordwire for lavspent i tunnelen. Fra jordskinne legges det utjevningsforbindelse til blant annet skap i kiosken, dørkplater og armering.

13.8.6 Radiomast

For radiomast etableres jordingsanlegg iht FT-net sine bestemmelser. Det etableres lynvern jordingsanlegg. Detaljer avklares som en del av byggeplanprosjekteringen.

13.8.7 Galger for skilt etc i heng

Galger for skilter og høydehinder jordes til utjevningsforbindelsen på kabelstige.

13.8.8 Vifter i heng

Fra utjevningsforbindelse på kabelstigen i heng legges det utjevningsforbindelse til viftene.

13.8.9 Tunnelportaler

Tunnelportaler jordes og tilknyttes anleggets utjevningsforbindelse på kabelstigen.

13.9 Kabeltraseer

Se forprosjekt for tunnel.

13.10 Tekniske bygg

13.10.1 Tekniske bygg i tunnel for trafikkrommet

For tunnelene etableres det tekniske bygg utenfor hver tunnelportal, samt med opp til ca. 1500 m mellomrom gjennom tunnelen. Avstanden mellom byggene vil variere noe. De tekniske byggene i tunnelen vil bestå av høyspentrom, lavspentrom, nødstrømsrom, batterirom, radio/mobilrom. Høyspentrommene utformes iht krav fra SEV. Alle tekniske bygg i tunnel plasseres ved havarilommer.

Hvert av rommene i tekniske bygg skal være egne brannceller.

Med unntak av høyspentrommene, skal de tekniske rommene isoleres og kjøles/oppvarmes vha. klimaanlegg. Alle klimaanlegg skal ha automatisk varsling ved feil på klimaanleggene.

Det installeres CO brannslokningsapparater i de tekniske byggene.

Høyspentrommene utstyres med gruber for høyspentbrytere og transformator iht ønsker fra SEV.

13.10.2 Tekniske bygg i dagsonen

Det etableres mindre tekniske bygg i hver dagsone. Disse byggene skal typisk inneholde lavspentrom, batterirom, radio/mobilrom og innsatsrom for nødetatene. I tillegg kan det være aktuelt å etablere flere rom, f.eks eget rom for nødkiosk. Innsatsrommet skal ha et skrivebord med plass til terminaler tilknyttet de forskjellige overvåkings- og sensorsystemene som skal kunne brukes av nødetatene.

13.10.3 Tekniske rom for pumpeanlegg

Det etableres egne tekniske rom i forbindelse med pumpeanleggene. Pumpeanleggene får strømforsyning fra ordinært tekniske bygg i nærheten. Pumpeanleggene forsynes med normalkraft for pumper og nødstrøm for styrings/overvåkningsanlegg, samt nødlys. Overføring av signaler til det overordnede automasjonsanlegget gjøres via fiberkabler.

Teknisk rom og pumperom i forbindelse med pumpestasjoner utstyres med luftavfukter.

Det installeres CO brannslokningsapparater i de tekniske rommene.

13.10.4 Styring og overvåkning av tekniske bygg

Brannalarmanlegg.

For ordinære teknisk bygg utstyres alle rom med optisk brannalarmmelder, summer i sokkel og blitz lampe. Under datagulv medtas de optisk melder. Manuell melder medtas i lavspent- og nødstrøms rom.

For pumpestasjoner som ligger sammen med teknisk bygg etableres det brannvarsling i lavspentrom og pumperom.

Alarm overføres til Alarmsentralen via automasjonsanlegget.

Klimaanlegg.
For å skape stabile driftsforhold i de tekniske rommene, installeres det klimaanlegg for alle tekniske bygg. I hvert bygg vil temperaturen i lavspent-, nødstrøms-, batteri-, radio- og mobilrom kunne styres individuelt. Klimaanleggene utstyres med feilvarsling. Klimaanleggene vil bidra til høy oppetid for temperatursensitivt utstyr.

Det avklares om det skal installeres permanente luftavfuktere i tekniske bygg.

Temperaturovervåkning.
Det skal også installeres analoge temperaturfølere (4 - 20 mA) som overvåker romtemperatur, som også tilknyttes Alarmsentralen via styrings- og overvåkningsanlegget. Det programmeres alarm ved temperatur over innstilt verdi (settes til f.eks 35 grader), og ved temperaturstigning +10 grader i løpet av 60 sekunder.

Overvåkning av dører.
Det etableres dørbrytere for overvåkning av alle dører.
Det avklares om det skal være adgangskontrollanlegg.

Varsling ved hendelse
Når tunnel stenges, eller ved hendelse skal personell i tekniske rom varsles med blinkende lys og akustikk signal ref. NEK 600.

14 Belysning

14.1 Tunnelbelysning

Det vises til kapittel 10.3 i håndbok N500.

Lysarmaturene monteres på kabelstige i tunnelheng, plassert over midtstripen.

Armaturene skal tilfredsstille krav gitt i NMF01. Det benyttes LED-armaturer for all tunnelbelysningen. Armaturene skal være enkle å vedlikeholde.

Tunnelens kjørefelt og havarifelt belyses med samme belysningsstyrke. Tunnelen deles inn i soner iht. tabell 10.3.2-1, basert på dimensjonerende kjørehastighet og ÅDT (<4000). Belysningsanlegget utføres som styrt/dimbart anlegg med sentraliserte styresentraler plassert i tekniske bygg. (Omfang og plassering av lokal styring avklares i prosjekteringen). Innkjøringslyset styres av luminansmålere foran hver av portalene. Indre sone vil bli styrt i trinnene «Indre sone dag», «Alle soner natt» og «Alle soner kl 00-05».

Det skal foretas målinger og beregninger av adaptasjonsluminansen som underlag for dimensjonering av belysningsanlegget. Det skal tas målinger på stedet som benyttes for endelige beregninger før montasje. Det antas at fartsgrensen i tunnelen og ved innkjøring til tunnelen blir 80 km/t. Det betyr at belysning i innkjøringssonens første halvdel om dagen settes til 3% av adaptasjonsluminansen, ref tabell 10.3.2-1 i Hb N500. Krav til luminans i «Indre sone dag» settes til 1 cd/m2. Krav til «Alle soner natt» og «Alle soner kl 00-05» settes til 0,5 cd/m2. Lengde på sonene gjøres iht. håndbok N500, og vil fremkomme på tegninger for byggeplanen.

Det monteres belysningsstyrke/luminansmeter med 4 - 20 mA signal foran hver tunnelmunning.

For belysning av havarilommer benyttes veggmonterte armaturer tilknyttet sikkerhetsbelysningen. Armaturene monteres i ca 3,5 m høyde i nisjene.

Det anbefales å heve belysningsnivået noe inn mot den ene fjellhallen hvis det etableres rundkjøring.

Lysberegning av tunnelbelysningen skal baseres på vedlikeholdsfaktor 0,5.

14.2 Sikkerhetsbelysning

Sikkerhetsbelysning etableres ved at ca. hver 3/4. «nattlysarmatur» på kabelstige i tunnelheng forsynes med nødstrøm. Det skal være minimum 50 meter og maksimum 70 meter mellom sikkerhetslysarmaturene. Det benyttes funksjonssikre kabler, og lysarmaturene utformes med tanke på lengre driftstid ved brann.

14.3 Evakueringsbelysning

Det henvises til kapittel 6.3.

14.4 Belysning av bergrom

Bergrom skal belyses og strømforsynes av nødstrømsanlegget.

14.5 Belysning tekniske rom

Det benyttes LED belysning i tekniske rom, forsynt med nødstrøm.

14.6 Effektbelysning

Det anbefales at det installere effektbelysning i tunnelen i forbindelse med monotonidempende tiltak. Dette kan f.eks bli aktuelt i forbindelse med fjellhallene, eller andre steder i tunnelen som en opplevelse etter en tids kjøretid. Det refereres også til kapittel 20.

15 Sikkerhetsutrustning

15.1 Nødstrømsystem

Det etableres nødstrømsforsyning i form av online UPS'er m/ 2 timer batteribackup (ref. N500: Batteritid = evakueringstid + utrykningstid = 1 + 1 time = 2 timer).

Anleggsdeler som skal forsynes med nødstrøm er automasjonsanlegg, sikkerhetsbelysning, evakueringslys(ledelys), belysning av tekniske bygg, belysning i tekniske rom for pumpeanlegg, kjøleanlegg i nødstrøms- og radiorom, nødkiosker, nødstyreskap/rom, serviceskilter, nødutgangskilter, kringkastingsanlegg, nødnett, diverse trafikkstyringsutstyr og annen sikkerhetsutrustning.

I eget rom i hvert teknisk bygg etableres egne nødstrømsforsyninger basert på UPS og nødstrømsfordeling.

Spenningssystemet for nødstrøm vil bli 3 fase dobbeltisolert 400V TN. Batterier plasseres i separat batterirom i de tekniske byggene. UPS-enhetene og nødstrømsfordelingene plasseres i nødstrømsrommene.

UPS'ene for nødstrømsinstallasjonene vil bli av type «online» og med automatisk og manuell bypass bryter. Automatisk bypass-bryter skal sørge for at det kobles over på ordinær nettkraft ved en feil på selve UPS'en, eller ved en overlast.

For nødnett etableres separat UPS (med 8 timers batteribackup) og sambandsutstyr i de tekniske byggenes radiorom.

Kabler for sikkerhetsutrustning som trekkes i tunnelrommet legges i trekkerør forlagt bak betongføringskant og vannsikring.

Trafikkstyringsutstyr vil bli knyttet til automatikkskap/nødkiosker i og utenfor tunnel. Alle automatikkskap/nødkiosker forsynes med egen stiger fra nødstrømstavle, ref. N601 og NEK 600. Sikkerhetslys forsynes fra nødstrømstavle. Evakueringslys forsynes fra nødkiosker/automatikktavlene. Nødstrømsanlegg bygges med full selektivitet i henhold til krav i N601 og NEK 600.

15.2 Evakueringsbelysning

I tunnelen blir det installert sammenhengende evakueringsbelysning sammen med fluoriserende skilter som angir lengde til nærmeste rømningsvei.

Evakueringsbelysningen skal forsynes med nødstrøm. Evakueringslys skal ha tosidig mating, og være i henhold til Technical Specification NMF01 LED luminaires – requirements. Nødkiosker kan bli benyttet til forsyning og styring av evakueringsbelysningen.

Evakueringsbelysningen vil bli knyttet til automasjonsanlegget, og skal styres PÅ automatisk ved en hendelse, iht. HB N500.

15.3 Nødkiosker

Det etableres nødkiosker, hver bestående av 1 stk. nødtelefon og 2 stk. brannslukningsapparater, for hver 125 m i tunnel, samt utenfor tunnelmunningene.

Skap ifm. nødkioskene skal være korrosjonssikre og bestandige (AISI 316L). Dørene og brannslukningsapparatene utstyres med mikrobryter som aktiverer alarm til Alarmsentralen når dør åpnes og når et brannslukningsapparat løftes av holderen. Det skal også installeres mikrobryter på nødtelefon, slik at bruk av nødtelefon registreres i automasjonsanlegget.

Kioskene skal være innvendig belyst, med skiltsymbolene for nødtelefon og brannapparat påklistret på front. Innvendig belyste skilt etableres over nødkiosken.

For krav til nødkiosker i havarinisje henvises det til krav 5.3.4 i håndbok N500.

For nærmere beskrivelse av nødtelefonsystemet henvises det til kapittelet 15.7.1

15.4 Fjernstyrte bommer for stenging av tunnel

Det installeres automatiske bommer og røde vekselblinkanlegg foran tunnelportalene.

Fjernstyrte bommer skal:
- aktiveres i kombinasjon med rødt stoppblinksignal.
- benyttes sammen med videoovervåking (ITV).
- kunne betjenes manuelt på stedet.
- sperre det/de aktuelle felt, men muliggjøre utkjøring

15.5 Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) og videoovervåking (ITV)

Det henvises til tegninger:

N101 Prinsipptegning. Automasjon, nødtelefon og ITV

N103 Prinsipptegning. AID, ITV og varmedeteksjon

15.5.1 Automatisk hendelsesdeteksjon (AID)

Her er det flere alternativer, men det anbefales å bruke en løsning med så få aktive punkter og lite vedlikehold som mulig. En kamerabasert AID-løsning med ca. 400 kameraer er derfor uaktuell. I kostnadsanslaget er det benyttet den dyreste løsningen som er radar.

De to aktuelle løsningene er, ref. tegning N103 hvor dette beskrives mer i detalj:

- Radar som i Eysturoyartunnilin. Radar kan plasseres med en innbyrdes avstand på inntil 400 meter. Ved bortfall av en radar vil man fortsatt ha deteksjon av kjøretøy, men deteksjon av fotgjengere lengst unna kan da bli litt usikker.

  Radar er en dyr løsning både ved anskaffelse og i senere drift. Den største fordelen og argumentet for radar er at den vil fungere like godt i en røykfylt tunnel og vil kunne vise kjøretøy og personer i bevegelse.

- Trafsense. Dette er basert på en fiberkabel som blir frest ned ca. 12 cm. gjennom slitelaget og ned i bærelaget midt i hver kjørebane. Denne vil registrere vibrasjon fra kjøretøy og kraftige algoritmer gjør da dette om til kjøretøy med retning og hastighet. Hvis hastigheten går ned til null blir dette gjort om til et stoppet kjøretøy med en posisjonsnøyaktighet rundt 5 meter. Skiller også mellom nord- og sørgående trafikk.

  Dette er en kostbar installasjon, men er i prinsippet vedlikeholdsfri, dvs. veldig lave årlige driftskostnader og kommer derfor veldig gunstig ut av en LCC analyse. Dette systemet blir heller ikke påvirket av brann, men man er i større grad enn radar avhengig av kameraer for å kunne verifisere hva som skjer på bakken.

Felles for begge disse to AID-løsningene er at de ikke er spesielt gode på å klassifisere kjøretøy annet enn som *lite, middels* eller *stort*. For å få en bedre klassifisering er det foreslått å montere «tverrsgående» magnetsensorer ved tunnelportalene og ved hver snunisje. Disse sensorene er intelligente og blir bare bedre og bedre jo flere kjøretøy som passerer. Hver kjøretøytype har et karakteristisk magnetisk «fotavtrykk» og man vil kunne skille mellom forskjellige biltyper. Ved en passering vil en melding om passeringstidspunkt, sted, kjøretøytype, hastighet, retning og etter hvert også anslått vekt bli sendt til AID-systemet. På denne måten vil det «langsgående» AID-systemet kunne klassifisere og følge et kjøretøy gjennom hele tunnelen, og informasjon bli sjekket ca. hvert 45. sekund. Ved en hendelse vil man da ha en veldig god oversikt over antall kjøretøy mellom to snunisjer. Kjøretøy som snur, vil også bli detektert og antallet kjøretøy inne i de forskjellige sektorene av tunnelen vil telles ned.

15.5.2 Videoovervåking (ITV)

Her er det flere alternativer, men det anbefales å bruke en løsning med så få kameraer og lite vedlikehold som mulig. Tunnelen er også veldig rett, både horisontalt og vertikalt, og anbefalt løsning er derfor basert på styrbare domekameraer; PTZ (Pan, Tilt og Zoom).

I denne rette tunnelen er de foreslått satt opp med 3 kameraer per km, dvs. hver 333 meter, og ved en hendelse som gir AID alarmer vil kameraene på hver side av hendelsen automatisk bli snudd mot, og zoome inn på det punktet. Ved en brann vil det ene kameraet fort bli liggende i røyk, men det som er oppstrøms vil fortsatt ha oversikten. Disse kameraene kan ikke brukes for AID ettersom bildet endrer seg hele tiden, men for verifisering fungerer det veldig godt.

Kameraene har en "home position" som de normalt parkeres i, her kan man f.eks. sette de opp til å se mot Torshavn mellom 02 og 14, og mot Suðuroy mellom 14 og 02. På den måten ser de stort sett med trafikken, og blir minst mulig blendet av billysene.

I tillegg til disse er det foreslått å montere fast kameraer i snunisjer og ved bommer.

Videosignalene skal kunne vises på monitorsystemet på Alarmsentralen, samt i innsatsrommene i tekniske bygg utenfor tunnelportalene. Det skal installeres servere for opptak og formidling til Alarmsentralen.

15.5.3 Varmedeteksjon (branndeteksjon)

Det installeres vanligvis ikke egne branndeteksjonsanlegg i tunneler da dette bl.a. er veldig vedlikeholdskrevende. Brann kan detekteres på mange måter, bl.a. ved hjelp av AID- og ITV systemene og meldinger om åpnet dør og fjerning av brannslukkere fra nødkiosker.

I en tunnel bør man velge et vedlikeholdsfritt system og det anbefales derfor å bruke det samme systemet som er montert i Eystur- og Sandoyartunlar, en varmedetekterende fiberkabel festet til kabelbrua i taket. Dette er et bortimot vedlikeholdsfritt system og vil i løpet av 2 – 3 minutter rapportere om temperaturstigninger.

15.6 PA-system for trafikantinformasjon

Risikovurdering Suðuroyartunnilin, rapport SUTU-RA-001, har vurdert at ettersom det ikke skal etableres evakueringsrom, vil ikke et PA-system har så stor verdi og det er derfor ikke tatt med.

15.7 Nødkommunikasjon, kringkasting og mobiltelefoni

Det henvises til tegninger:

N101 Prinsipptegning. Automasjon, nødtelefon og ITV

N102 Prinsipptegning. Kringkasting og mobiltelefoni.

15.7.1 Nødtelefon

Nødtelefonsambandet skal være basert på VoIP-telefoni over lokalt Ethernet og blir koplet til det samme ringbaserte fibernettet som SRO, og videre via leid samband til Alarmsentralen.

Det installeres en nødtelefonsentral i teknisk bygg i hver ende av tunnelen. De to sentralene skal ha reservefunksjon for hverandre, i tilfelle havari av en av sentralene eller feil på sambandet til Alarmsentralen. Sentralene skal overføre den aktuelle nødtelefonens posisjon til operatøren i Alarmsentralen.

Flere nødtelefoner må kunne benyttes uavhengig av hverandre, dvs. at flere samtaler skal kunne føres samtidig. Det skal også være mulig å ringe utenfra til hvilken som helst telefon.

I tekniske bygg installeres det også vanlige telefoner for servicepersonell tilknyttet den samme telefonsentralen. Disse telefonene vil ha et vanlig tastatur som gjør det mulig å ringe til andre telefoner inne i tunnelen, eller eksternt.

Det etableres en anordning for nødtelefonapparatet, slik at bruk av nødtelefon registreres i automasjonsanlegget. Alarmer overføres direkte til Alarmsentralen.

15.7.2 Kringkasting

Riksdekkende- og lokal kringkasting (FM) gjøres tilgjengelig i tunnelen via strålekabel.

Det skal installere forsterker, RFOR, for FM i tekniske bygg. Forsterkerne kobles via en fiberoptisk kabel til radiosentralen som er plassert i teknisk bygg i dagsonen. I hvilken ende av tunnelen den installeres bestemmes senere basert på signalmålinger.

Kringkastingsanlegget kobles til tunnelens felles 230 VAC UPS.

Kringkastingsanlegget skal ha mulighet for innsnakk (dvs. innbrytning i sendingene) i forbindelse med utsending av informasjon til trafikantene. Innsnakksfunksjonen styres fra Alarmsentralen eller fra betjeningsutstyr i nødstyreskapene ved tunnelmunningene. Innsnakksfunksjonen vil gjelde alle kanaler som blir kringkastet.

Det legges ikke opp til egne UHF-kanaler for nødetatene (politi, brannvesen, ambulanse) da deres behov antas å være ivaretatt av mobilnettverket og KIMA, se eget avsnitt om mobiltelefonanlegg. Men, hvis det senere i prosjekteringsfasen viser seg at nødetatene fortsatt har et behov for UHF-kanaler, vil dette bli inkludert i kringkastningsanlegget på samme måte som det ble gjort i Eystur- og Sandoyartunlar

Det vil bli vurdert behov for plassering av antennemaster utenfor tunnelmunningene, men vanligvis er det ikke behov for noen høye master for mottak av vanlig FM kringkasting.

15.7.3 Mobiltelefoni / nødsamband

Føroya Tele vil etablere dekning for mobiltelefon i tunnelen. Dette inkluderer også den nye tjenesten for nødetatene, KIMA, som er basert på deres nye 4G/5G mobilnettverk.

Det legges til rette for dette med nødvendig infrastruktur, kraftforsyning og plass i telerommene i tekniske bygg. I utgangspunktet planlegger de med en repeater i hvert teknisk bygg, dvs. for hver 1 500 meter. Ved bortfall av en repeater vil det bli 3 000 meter mellom to repeatere, og ettersom dette er nødsamband må det vurderes om repeaterene bør monteres hver 1 000 meter. Ved for stor avstand mellom repeaterene risikerer man at KIMA ikke vil fungere og det er ikke akseptabelt. Føroya Tele kan avgjøre dette basert på erfaringer fra Eystur- og Sandoyartunlar.

Det avklares under prosjekteringen om kommunikasjon til repeatere og basestasjoner for mobilanlegget benytter tunnelens fiberkabler eller om det etableres egne kabler for mobil.

15.8 GNSS, Global Navigation Satellite System, dekning i tunnelen

Naturlig nok er det ikke dekning inne i en tunnel for GNSS, vanligvis referert til som det amerikanske GPS eller det europeiske Galileo. Det foregår en del utviklingsarbeid med dette og det er antatt at man i løpet av få år har godkjente løsninger på dette. Teknologien er kjent, men det er bl.a. en del regulatoriske hindringer som må løses først.

Prinsippet er at det skapes et antall «falske» satelittsignaler vha. *constellators,* og disse radiosignalene distribueres over strålekabelen sammen med FM-signalene. Nøyaktigheten vil ikke bli som ute i dagen, men godt nok til å fastslå hvor man er i tunnelen.

GNSS i en tunnel kan virke unødvendig for det er jo bare en vei å kjøre, men hovedhensikten er å kunne bruke allerede etablerte systemer som f.eks.

- eCall er en alarmtjeneste for bilulykker i Europa. Tjenesten virker slik at nødsentralen automatisk ringes opp fra bilen og får oppgitt bilens posisjon ved en ulykke.
- Advanced Mobile Location (AML). Det gjør at nødetatene raskere og mer nøyaktig kan fastslå hvor nødstilte befinner seg og posisjonere nødsamtaler mye bedre enn før.
- Tracking tjenester. Dette gjør at f.eks. nødetatene kan følge kjøretøy og personell.

Norconsult følger med på dette og har allerede en del kontakter hos leverandører og hos NKOM, den norske nasjonale kommunikasjonsmyndigheten.

16 Trafikkregulering/-overvåkning

16.1 Skilter og styrbart utstyr

For bommer og rødblink henvises det til kapittel 6.6.
Røde og gule blinklys bygges som tradisjonelle LED-signaler. Hastighetsskilt og fareskilt bygges som innvendig LED-belyste skilter.
Opplysningsskilter for radio (M27) utføres som innvendig LED-belyste skilter med gult LED basert varselblink over. Skilter for å markere nødkiosker og havarinisjer utføres også som innvendig LED-belyste skilter. Skilter for å markere retning og avstand til nærmeste utgang utføres som etterlysende miniatyrskilter klistret på dører til nødkioskene.
Skiltene ved snunisjene («Snu og kjør ut») bygges som to-variabelt innvendig LED-belyste skilter som viser en grå, nøytral flate i ikke-aktivert tilstand.

For overvåking av tunnelmunninger og bommer vil det bli installert videokameraer.

16.2 ITV

Det etableres ITV-overvåkning i forbindelse med stengepunkter (bommer) i dagsonene og inne i tunnelen.

Ref. avsnitt 15.5.2 Videoovervåking (ITV)

17 Styring, regulering og overvåking (Automasjon)

17.1 Generelt

Trafikk- og driftstekniske installasjoner skal styres og overvåkes fra et lokalt styringssystem. Systemet skal tilknyttes Alarmsentralen (ALS). Dette systemet baseres på WEB-løsning, noe som gjør at en evt. driftssentral kan plasseres hvor som helst.

I dagsoner skal alle eksterne signaler (utenfor tavleskroget) ha overspenningsvern.

17.2 Teknologi og oppbygging

Automasjonsanlegget skal deles opp i et antall segmenter bestående av to og to tekniske bygg, og det forutsettes oppbygd med overordnet styring av segmentene.
Alle PLS systemene skal oppbygges med basis i hardware redundante PLS-enheter med unntak av PLSer for pumpestasjoner og PLSer for bomstyring.

PLS skal være modulært oppbygget og kunne utvides modulært med kommunikasjonskort og eventuelle spesialkort.

PLS skal bestykkes med det antallet kommunikasjonskort som er nødvendig for å ivareta kommunikasjonen mellom PLS nivåene i anlegget.

Det skal benyttes distribuerte IO enheter (DIO) for all IO i tekniske bygg og automatikkskap i anlegget.

Det skal benyttes lokal PLS for stengepunkter dersom det er behov for dette for å ivareta lokalstyring med forriglinger og blinkesignaler.

Det skal benyttes lokal PLS for alle pumpestasjoner.

Der det er benyttet lokal PLS skal denne ikke benyttes som en DIO enhet, men inneha all logikk for styring av tilhørende objekter.
Det skal etableres redundant strømforsyning til PLS.

<u>Programvare for PLS</u>
Programvaren skal inneholde minimum følgende funksjoner:

- Innsamling av data
- Generering av styrekommandoer
- Lokal bearbeiding av måleverdier
- Registrering av alarm og andre meldinger
- Generering av meldinger og alarmer til Alarmsentral/DS

- Overføring av måleverdier til Alarmsentral/DS
- Regulatorfunksjoner, standard PID-regulator
- Tids- og tellefunksjoner
- Overvåkning av datatransmisjon og forestå all datautveksling
- Funksjonsblokker for kontroll av tunnelventilasjon
- Initialisering ved oppstart og restart etter feil for å unngå feilstyringer
- Sekvensstyring
- Automatisk trinnvis stopp ved kontrollert stopp

System krav

Det stilles krav om at det lokale automasjonsanlegget skal kunne håndtere kommunikasjon mot Alarmsentral (ALS) med hensyn til mottak og eksekvering av blant annet trafikkstyringsplaner. Trafikkstyringsplaner kan omfatte et større antall kommandoer som skal mottas og eksekveres lokalt av flere PLS'er, samtidig som det sendes status/feil etc. tilbake til Alarmsentralen.

Krav til systemets respons

For å kunne ivareta de sikkerhetskrav som er satt til systemet, må systemet gi operatøren alarmer og informasjoner på en rask og sikker form. Videre skal styrekommandoer fra operatøren ankomme styreobjektet så hurtig og sikkert som mulig.

Følgende krav til systemrespons settes:

- Hendelser:
  - Max 3 sekunder fra en hendelse inntreffer til operatør varsles.
  - Sambandsfeil skal detekteres innen 30 sekunder.
- Måleverdier:
  - Analoge verdier. Ikke eldre enn 10 sek.
- Styringer:
  - Ankommet til objektet innen 3 sek. fra frigivelse av operatør.
- Trafikkdata:
  - Online data ikke eldre enn 3 sek. fra detektert eller beregnet hendelse. (Ved kødannelse.)
- Øvrige krav:
  - Styringskommandoer skal kunne "komme igjennom" selv om det går full trafikk i melderetning. (Full Duplex.)

Nødstyresystem

Det skal etableres nødstyreskap/rom i tilknytning til stengepunkter i anlegget for stenging av tunnel samt for betjening av ventilasjon og tunnellys via eget operatørpanel montert i tavlefront bak egen dør. Nødstyreskap skal kunne benyttes dersom det ikke er mulighet for å styre fra Alarmsentral.

Krav til operatørpanel:

- Komplett operatørpanel, koblet til PLS, inkludert kabler
- Panelet skal være forbered for direkte tilkobling til PLS samt tilkobling via Ethernet
- Minimum 15" TFT Touch-panel

- Nødvendige skjermbilder for betjening av tunnelfunksjoner slik som stenging, belysning og ventilasjon

Hovedmålsettinger for styringssystemet blir å ivareta:

- Trafikksikkerhet
- Driftssikkerhet
- Operatørsituasjon
- Effektivisering av drift og vedlikehold

Følgende funksjoner skal løses av styringssystemet:

- Styring og overvåkning av trafikktekniske installasjoner
- Styring og overvåkning av luftforurensning og ventilasjon
- Styring og overvåkning av belysning
- Styring og overvåkning av el-fordelinger
- Styring og overvåking av pumpeanlegg
- Overvåkning av dører og temperaturer i f.m. tekniske rom
- Overvåkning av nødkiosker
- Styringer og forrigling mot nødstyreskap
- Overføring/registrering av driftsmeldinger og alarmer

Det skal være mulig å foreta følgende manuelle inngrep over installasjonene ute og/eller inne i tunnelene:

- Styring av ventilatorer begge veier. Dette skal skje fra nødstyreskap utenfor hver munning (samme funksjoner og grensesnitt som på Alarmsentralen), samt fra tavlefront (blåseretning, AV-PÅ-AUTO for hver enkelt ventilator) i de tilhørende el-fordelingene.
- Tenning/slokking av tunnelbelysningen fra nødstyreskap, samt fra tavlefront i el-fordelingene

Det skal etableres nye bilder i toppsystemet på Alarmsentralen med samme oppbygning og struktur som er benyttet for de øvrige tunnelene som er tilknyttet.

17.3 Datakommunikasjon

Datakommunikasjonen i hele veganleggets utstrekning, skal baseres på Ethernet teknologi med redundant fiberoptisk nettverk, TCP/IP-IPv4 samt relevante IEEE 802.x standarder og åpne protokoller.

Det skal etableres et uavhengig stamnett bestående av OSPF-rutere i alle tekniske bygg koplet sammen i en 1 Gbit/s fiberoptisk ring. Mellom to tekniske bygg vil det bli etablert et felles 1 Gbit/s subnett for SRO, nødtelefon, ITV ved stengepunktene.

Hvert subnett skal koples til to stamnettrutere. Dette vil gi en robust løsning.

Det skal benyttes Modbus TCP som protokoll for all kommunikasjon mellom PLS'er og andre signalgivere.

Alle PLS'er og OPC servere skal være både klient og server på Modbus TCP.

Kommunikasjonen fra tunnelen mot Alarmsentralen skal gå over leid fast redundant Ethernet linje og ha tilstrekkelig kapasitet og QoS.

17.4 Nødstyrerom/innsatsrom

Det etableres operatørterminaler i innsatsrom utenfor tunnelmunningene. Layout og funksjoner avklares med Alarmsentralen og brannvesenet ifm detaljprosjekteringen. Grensesnittet skal baseres på et grafisk panel, med tilsvarende skjermbilde som på Alarmsentralen.

18 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)

Norconsult har gjennom sin prosjektering hatt fokus på å foreslå løsninger som ivaretar SHA for utførelsen av arbeidene. Prosjektert løsning er fulgt opp av den enkelte prosjekterende med et siste statusmøte avholdt 17. november 2023. Vedlegg «Felles-050 Fareidentifikasjon» oppsummerer status på identifiserte risikoforhold.
Norconsult har også vært bidragsyter i SINTEF sine vurderinger «Risikovurdering av aspekter knyttet til byggeperioden».

19 Bærekraft i samferdselsprosjekter

Bærekraft i samferdselsprosjekter handler om å sikre planlegging, prosjektering og bygging av anlegg på en måte som:

- tar hensyn til klimaendringer og naturfare
- sikrer en forsvarlig og langsiktig forvaltning av ressurser
- reduserer klimagassutslipp
- beskytter hav- og vannressurser, samt minimerer forurensning
- begrenser andre negative konsekvenser (inkludert sosiale forhold som arbeidsmiljø, arbeider i verdikjeden, berørte lokalsamfunn og forbrukere og sluttbrukere).

I prosjekteringen skal bærekraftsarbeidet omfatte konsekvenser for lokalsamfunnet. Forhold som omhandler egen arbeidskraft og arbeid i verdikjeden dekkes av oppdragsgivers egen styring.

For å følge opp dette, er det utarbeidet et bærekraftprogram for prosjektet. Bærekraftprogrammet er styringsdokument for prosjekter, og skal være Suðuroyartunnilin P/F sitt rammeverk og grunnlaget for det videre bærekraftarbeidet. Med utgangspunkt i gjeldende krav i Internkontrollforskriften (forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter) stiller Suðuroyartunnilin P/F krav til systematisk oppfølging av bærekraft i alle faser av prosjektets livsløp. Bærekraftprogrammet skal være førende for etterfølgende oppfølgingsplaner, som skal utarbeides i detaljplanfasen.

Bærekraftprogrammet er utformet på et overordnet nivå og fastsetter bærekraftambisjoner og miljømål i prosjektet. Programmet har til hensikt å sikre at bærekraftmål, samt alle relevante hensyn, innarbeides i prosjektenes planlegging, prosjektering og bygging tidligst mulig.

Siden forprosjektet kun dekker tunnelarbeidene i prosjektet, er vurderingene i utarbeidet bærekraftsprogram begrenset til tunnelarbeid.

20 Sikkerhet

I forbindelse med forprosjektet er det gjennomført en risikovurdering av planlagt tunnel, med utgangspunkt i tidligere gjennomførte risikoanalyser (Felles-040 Risikovurdering). Risikovurderingen er gjennomført på et nivå tilpasset forprosjektfasen, og danner et grunnlag for beslutning om hvilke sikkerhets- og beredskapstiltak det er nødvendig å implementere i den videre prosjekteringen. Risikovurderingen har spesifikt vurdert særtrekk for tunnelen (stigning og lengde), samt risiko knyttet til evakuering ved brann.

Risikovurderingen konkluderer med følgende:

- Dersom anbefalte tiltak etableres og følges opp vurderes særtrekkene vedr. lang tunnellengde og stigning å være ivaretatt.
- For de aller fleste brannhendelser i tunnelen vil det være sannsynlig at trafikantene klarer å evakuere ut av tunnelen på egen hånd i eget kjøretøy.
- Dersom det oppstår en situasjon hvor evakuering til fots blir nødvendig, vil det være mulig å evakuere i tunnelen og overleve en stor brannhendelse. For brannplasseringer et stykke fra portal vil dette kreve innsats fra nødetatene (klarering av tunnelen) slik at ventilasjonen kan snus for å sikre røykfritt miljø for de evakuerende. Konklusjonen forutsetter at beredskapen dimensjoneres for å ivareta nødvendig innsats innenfor 30-35 minutter etter brannstart.
- Langsgående ventilasjon i tunnelen vurderes å være et hensiktsmessig og viktig tiltak, som medfører at man kan ha kontroll på røykspredningen i tunnelen.
- Det ligger til rette for at tyngre kjøretøy og busser skal kunne bli varslet og kunne snu inne i tunnelen slik at selvredning med eget kjøretøy også er mulig for disse.

Følgende tiltak, utover allerede planlagte tiltak, er gjennom analysen vurdert som nødvendige for at risikoen skal kunne sies å være på et akseptabelt nivå:

- **Monotonidempende tiltak** slik som belysning, kunst i form av interiør og kledning på vegger/tak, informasjon om total lengde og fremdriftsmarkering, samt variasjon i tunnelrommet slik som for eksempel bergrom, kan motvirke monotoni og tunnelangst.
- **Forsterket kant- og midtoppmerking i tunnelen** vil ha positiv effekt for hendelser relatert til innsovning og uoppmerksomhet, slik som møteulykke, utforkjøring og velt.
- **Forsterket varsling av brann i tunnelen**, for å hindre at flere kjører inn i tunnelen og sørge for at flest mulig snur før de ankommer brannstedet inne i tunnelen.

- **Fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal** for stenging av tunnelen for å hindre at trafikanter kjører inn i tunnelen ved en hendelse.

- **Kortere avstand mellom snunisjer** (1000 m) bedrer snumulighetene for kjøretøy i tunnelen, og har spesielt en positiv effekt for lengre kjøretøy. Reduserer sannsynligheten for at kjøretøy blir stående i kø ved brannstedet.

- **Styring av brannventilasjonen** vil bidra til å redusere røykspredningen i startfasen av brannen for å tilrettelegge for evakuering til fots, samt snu ventilasjonsretningen på et forsvarlig tidspunkt for å sikre røykfritt område for evakuerende til fots utover i brannforløpet.

- **Opprusting av beredskapen** vil være avgjørende for at evakueringskonseptet kan ivaretas. Det er en forutsetning for ivaretakelsen av sikkerheten i tunnelen at røykfri side av en brann kan bli sjekket og klarert for at røykventilasjonen kan snus, slik at evakuerende som måtte være på røykfylt side i starten av brannen kan reddes. Beredskapen må ha kapasitet til å ivareta dette innenfor definert handlingsrom.

- **System for å gi et sanntidsbilde av kjøretøytyper i tunnelen** anbefales for å gi bedre beslutningsgrunnlag for å ta riktige beslutninger i en brannsituasjon.

- **Vurdering av behov for restriksjoner på tungtrafikk.** Restriksjoner på tungtrafikken vil være sannsynlighetsreduserende for en hendelse hvor tyngre kjøretøy er involvert, og bør vurderes i sammenheng med trafikkutviklingen for tunnelen, beredskapsmuligheter samt vurdering av om restriksjoner vil kunne medføre negative konsekvenser for næringslivet.

Risikovurderingen har vurdert at det er mulig å ivareta sikkerheten uten bruk av evakueringsrom. Det vil være avhengig av bl.a. forsterket beredskap og ventilasjonsstyring, som er anbefalte tiltak. Evakueringsrom kan bli nødvendig dersom trafikkvolumet øker vesentlig, eller at anbefalte tiltak ikke lar seg gjennomføre. Når løsningen ikke inkluderer evakueringsrom er det også vurdert at PA-system ikke har en veldig stor verdi. Det er derfor vurdert at det kan legges til grunn videre at tunnelen bygges uten PA-anlegg. Dersom det viser seg at det blir behov for å bygge evakueringsrom i tunnelen bør PA-anlegg vurderes i sammenheng med dette.

Det anbefales også at annenhver snunisje bygges med dobbel dybde. Årsaken til dette er at man da har etablert bergrom for senere å kunne etablere evakueringsrom for hver 1000 m (og da ha snunisjer for hver 2000 m) dersom det på et senere tidspunkt blir vurdert at evakueringsrom er nødvendig (f.eks. som følge av økt trafikkvolum).

VEDLEGG

Vedlegg 1 Felles-011 Tegninger

Vedlegg 2 Felles-020 Kostnadsoverslag

Vedlegg 3 Felles-030 Bærekraftprogram

Vedlegg 4 Felles-031 Grovrisikoanalyse YM

Vedlegg 5 Felles-040 Risikovurdering

Vedlegg 6 Felles-050 Fareidentifikasjon

Vedlegg 7 Felles-060 Fremdriftsplan

Vedlegg 8 NO_ELE-001 Foreløpig effektbudsjett

Vedlegg 9 VENT-001 Brann- og driftsventilasjon

Vedlegg 10 Felles-070 Effektanslag for anleggsperioden

Vedlegg 11 Felles-080 Klimagassbudsjett