

Statens vegvesen

Risikovurdering

E39 Fløyfjelltunnelen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012 Revisjon: J03 Dato: 2026-01-07



Rapport

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen**

Oppdragsnr.: **52500558** Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Oppdragsgiver: Statens vegvesen
Oppdragsgivers kontaktperson: Jonas Dalland
Rådgiver: Norconsult Norge AS
Oppdragsleder: Ivar Øvretvedt
Fagansvarlig: Gro Aanesland Dahle
Andre nøkkelpersoner: Jenny Kogstad, Ane Suleng, Sigrid Fagerheim

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J03	2026-01-07	For bruk	JenKog/SigFag	GAD	IOV
J02	2025-12-19	For bruk	JenKog/SigFag	GAD	IOV
B01	2025-12-04	Høringsutkast	JenKog/SigFag	GAD	IOV

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

Sammendrag

Det er gjennomført en risikovurdering for Fløyfjelltunnelen på E39 i Bergen kommune.

Formålet med denne risikovurderingen er å vurdere oppfyllelse av minstekrav i Tunnelsikkerhetsforskriften (TSF), kartlegge særtrekk, samt å fastslå om det er nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og/eller tilleggsutstyr for å sikre tilstrekkelig sikkerhetsnivå i tunnelen. I den forbindelse er det gjennomført risikoanalyser. Resultatet av risikovurderingen danner beslutningsstøtte for valg av minimums sikkerhetstiltak for tunnelen.

Norconsult har gjennomført denne risikovurderingen som en del av Norconsults oppdrag for Statens vegvesen (SVV). SVV er oppdragsgiver og beslutningstaker i oppdraget.

Tunnellengde, stigning, transport av farlig gods, risiko for trafikkork, brannventilasjon i ramper, avstand mellom havarilommer og nødutganger er blant særtrekkene som er vurdert for tunnelen. Alle særtrekkene er vurdert med hensyn på deres påvirkning på generelle farer som kan oppstå i tunnelen. Videre er toveistrafiikk i avvikssituasjoner vurdert på et overordnet nivå. Med bakgrunn i særtrekkenes påvirkning på sannsynlighet for og/eller konsekvens ved en hendelse, er det identifisert tre kritiske hendelser; brann i lett og tungt kjøretøy, samt lekkasje av farlig gods. I tillegg er det gjennomført beregninger og vurderinger av mulighet for selvredning ved kritiske hendelser som involverer brann og røykspredning. De tre kritiske hendelsene er videre konkretisert i tre troverdige verstefallshendelser (TVH'er):

- 100 MW brann i tungt kjøretøy i hovedløp
- 100 MW brann i tungt kjøretøy i nordgående ramper
- Utslipp av brannfarlig væske (eks. bensin) i størrelsesorden 12-15 m³

Tunnelen er planlagt utformet med AID-system som bidrar til rask deteksjon og varsling ved en hendelse, samt sammenhengende evakueringsbelysning, tverrforbindelse hver 250 m (med unntak av i ramper og inngående kjørefelt ved tunnelportal Bergen), grønne LED-lyslister rundt rømningsdørene, nødstasjoner hver 125 m, nødfortau og mulighet for innsnakk via DAB som tilrettelegger for selvredning. Brannventilasjonen dimensjoneres for en 100 MW brann i hovedløp og 50 MW i ramper.

Rapporten vurderer også den fremtidige utviklingen knyttet til elektriske kjøretøy. Sammenlignet med bensin- og dieseldrevne kjøretøy innebærer batterielektriske kjøretøy særlig utfordringer som lengre slokkesid, mer giftig røyk, høyt vannforbruk og økt risiko for reantenning. Vurderingene av de troverdige verstefallshendelsene i risikoanalysen antas likevel å være representative også for brann i elektriske kjøretøy.

Med utgangspunkt i risikoevalueringen for TVH'ene vurderes evalueringskriteriet mhp. trafikanters sikkerhet å være ivarettatt, gitt implementering av ett tiltak:

- T-1: Tidsstyrt brannplan med redusert ventilasjonshastighet i evakueringsfasen

Det er i tillegg identifisert ni risikoreduserende tiltak for å bedre sikkerheten ytterligere, hvorav tre tiltak anbefales implementert. Videre vurderes tre tiltak ikke å være vesentlige for ivaretagelse av selvredning og brannsikkerheten, selv om tiltakene vil kunne forbedre forholdene ved evakuering. Videre er det to tiltak som ikke anbefales implementert.

De tre anbefalte tiltakene er følgende:

- T-4: Beholde asfaltert skulder i eksisterende tunnelportal med tunnelprofil T8,5 ved Nygårdstangen
- T-6: Differensiere/tilpasse DAB-meldinger til hvert hovedtunnelløp inkl. tilhørende ramper
- T-10: Vurdere om monteringshøyde på skilt bør økes utover minimumskravet på 2,0 m

Videre er følgende tiltak, som er identifisert i risikoanalysen, vurdert å ikke være vesentlige for ivaretagelse av selvredning og/eller brannsikkerheten, selv om tiltakene vil kunne forbedre forholdene ved evakuering:

- T-5: Etablere havarilommer slik at avstand *ikke* overstiger 250 meter i angitte områder.
- T-7: Akustiske ledesystemer
- T-8: Etablere tverrforbindelser slik at avstand *ikke* overstiger 250 meter i angitte områder.

Rapporten dokumenterer også to tiltak (T-9: Restriksjoner for transport av farlig gods, og T-2: Bom for å stanse trafikk inne i tunnelen) som ikke anbefales implementert.

Fire tiltak knyttet til trafikksikkerhet, som ble identifisert gjennom risikoanalyseprosessen, er dokumentert i rapporten. Disse inngår ikke i analysens omfang, og forutsettes fulgt opp gjennom videre trafikksikkerhetsanalyser eller i prosjektering:

- T-11: Forbudsskilt i ramper
- T-12: Forlenge akselerasjonsfelt
- T-13: Skilte fare for kø
- T-14: Skilt som viser fletting

Rapporten dokumenterer også tre tiltak som krever videre oppfølging og vurdering i prosess for beredskapsplanleggingen:

- T-3: Kjørbar tverrforbindelse
- T-15: Beredskapsplan for drift med toveistrafikk
- T-16: Varsling om toveistrafikk til VTS og brannvesenet

Det bemerkes at selv om tunnelen oppfyller krav i TSF og N500:2024, og det innføres ytterligere risikoreduserende tiltak, vil det være en restrisiko knyttet til tunnelsystemet. Dette kan innebære større/verre hendelser enn de troverdige verstefallshendelsene.

Innhold

1	Rammer for risikovurderingen	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Formål, avgrensninger og sikkerhetsmål	7
2	Objekt og systembeskrivelse	8
2.1	Beskrivelse av tunnelsystemet	8
2.2	Datagrunnlag	9
2.3	Terminologi og forkortelser	20
3	Metode og gjennomføring	22
3.1	Planlegging og gjennomføring av risikovurderingen	22
3.2	Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere, minstekrav og andre spesielle egenskaper	22
3.3	Identifisere farer og uønskede hendelser	23
3.4	Risikoanalyse	23
3.5	Risikoevaluering	24
3.6	Deltagere og praktisk gjennomføring	25
4	Tunnelens spesielle egenskaper	26
5	Identifisere farer og uønskede hendelser	33
5.1	Generelle farer	33
5.2	Farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper	33
6	Risikoanalyse	35
6.1	Toveistrafiikk i ett løp	35
6.2	Vurdering av ikke-kritiske hendelser	36
6.3	Risikoanalyse av kritiske hendelser	38
6.4	Beskrivelse av troverdige verstefallshendelser (TVH'er)	44
6.5	Analyse av sårbarhet	45
6.6	Vurdering av sensitivitet	46
6.7	Vurdering av usikkerhet	47
7	Risikoevaluering	51
7.1	Risikoreduserende tiltak	53
7.2	Håndtering av risiko	59
8	Oppsummering og konklusjon	61
9	Referanser	63
	Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper	65
	Vedlegg 2 – Sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer	86
	Vedlegg 3 - Ivaretagelse av selvredningsprinsippet	90

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Vedlegg 4 – Risikovurdering farlig gods

96

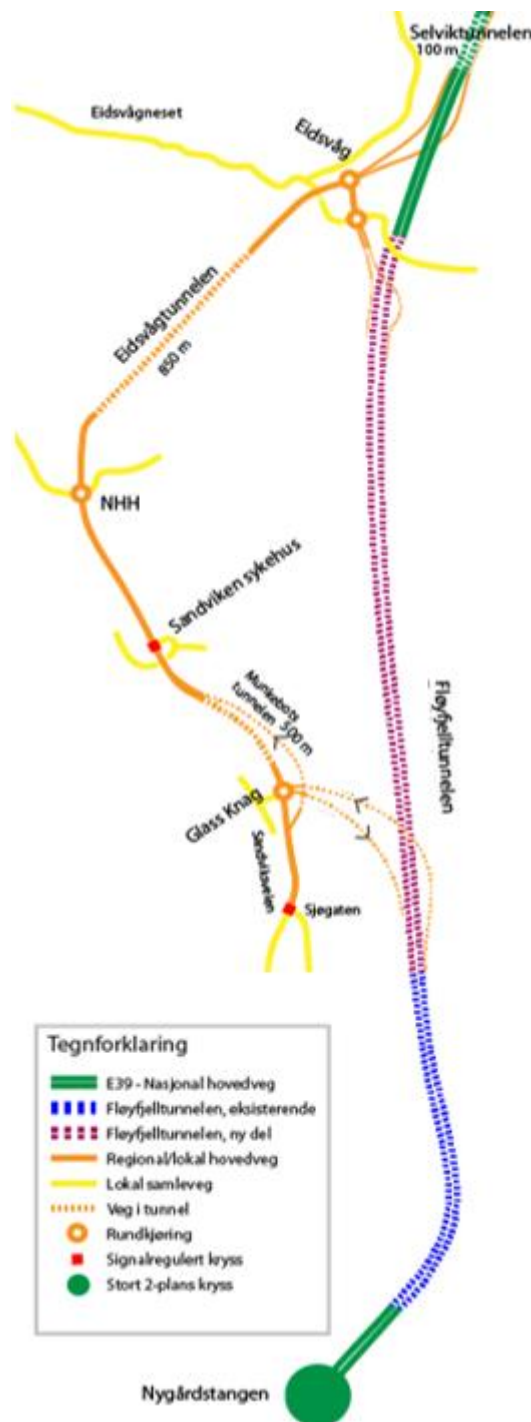
1 Rammer for risikovurderingen

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med planlegging av Bybanen fra sentrum til Åsane er det vedtatt å forlenge Fløyfjelltunnelen til Eidsvåg. Fløyfjelltunnelen vil fra koblingspunktet og nordover til Eidsvåg få tunnelprofil T9,5 og fullgod standard. Fra koblingspunktet og sørover (Fløyfjelltunnelen sør) har eksisterende tunnel et smalt tunnelprofil, ca. T8, og det er behov for å oppgradere tunnelen i henhold til tunnelsikkerhetsforskriften. Planleggingen har en viktig målsetting om mulighet for toveisregulering i ett løp, i hovedsak ved planlagte stengninger, som er et særs viktig tiltak for å redusere trafikkbelastning gjennom Bergen sentrum. Dersom ett løp stenges, skal det andre løpet kunne ha toveistrafikk. Det vil redusere behovet for å bruke Bergen sentrum som omkjøringsveg. For å oppnå denne målsettingen må eksisterende del av tunnelen utvides fra tunnelprofil ca. T8 til T9,5, og oppgraderes til fullgod standard slik som forlenget del.

Fløyfjelltunnelen vil bestå av to separerte hovedløp, med enveistrafikk i to felt, i normal driftssituasjon. Det etableres sørvendte av- og påkjøringsramper i fjell både ved Eidsvåg og Sandviken. Dette muliggjør tilknytning til lokalvegssystem i Eidsvåg og Sandviken.

Risikovurderingens formål er å belyse risikobildet i ferdig bygget Fløyfjelltunnel som helhet, og gi beslutningsstøtte om tiltak for risikoreduksjon og utforming av tunnelen.



1.2 Formål, avgrensninger og sikkerhetsmål

1.2.1 Formål

- Vurdere oppfyllelse av minstekrav i tunnelsikkerhetsforskriften (TSF)
- Avdekke/identifisere særtrekk og spesielle egenskaper for tunnelen samt forhold som bidrar til økt risiko
- Foreslå/identifisere behov for tiltak som kan redusere risiko

1.2.2 Avgrensninger

- Risikovurderingen adresserer kun verdien «trafikanter liv». Andre verdier, som for eksempel ytre miljø, forutsettes håndtert gjennom andre aktiviteter.
- Viljestyrte handlinger medtas ikke.
- Risikovurderingen er kvalitativ og basert på faglig skjønn.
- Risikovurderingen er begrenset til tunnelen inkl. inn- og utgangssoner utenfor tunnelen. Kryssløsninger utenfor ramper og utenfor tunnel er ikke inkludert.
- Hovedfokus på normalsituasjon og overordnet nivå for avvikssituasjon.
- SHA i anleggsfasen inngår ikke i vurderingen.
- Tabell 1 under viser avgrensningene for tunnelsystemet.
- Som følge av at Vegdirektoratet har anbefalt å skilte forbud mot forbikjøring av tunge kjøretøy i venstre felt gjennom tunnelen, forutsettes det i denne risikovurderingen at tiltaket iverksettes.

Tabell 1 Avgrensninger av tunnelsystemet.

Type avgrensning	Beskrivelse av avgrensning
Teknisk	Teknisk sikkerhetsutstyr i tunnelen og i forbindelse med stenging av tunnelen.
Geografisk	Tunnelen, inklusiv inngangs- og utgangssoner utenfor tunnelen (100 m), samt rampetunneler.
Operasjonelt	Normal driftssituasjon. Toveisregulering i ett tunnellop vurderes overordnet.

1.2.3 Sikkerhetsmål og evalueringskriterier for risiko

Sikkerhetsmål og evalueringskriterium er basert på formålsparagrafen i TSF. Sikkerhetsmål og evalueringskriterium er definert som beskrevet i Tabell 2.

Tabell 2 Sikkerhetsmål og evalueringskriterier.

Sikkerhetsmål	Sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.
Evalueringskriterium	Sikkerheten til trafikantene som ferdes i tunnelen skal være ivaretatt for alle troverdige verstefallshendelser, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal. For unntak fra minstekrav skal alternative tiltak gi tilsvarende eller bedre sikkerhet.

Bemerk: Det gjøres unntak for trafikanter som er direkte involvert i hendelsen, for eksempel trafikanter som sitter fastklemt i et kjøretøy som begynner å brenne. Med «ivaretatt» menes at «tunnelmiljøet er overlevbart og ikke til hinder for selvredning.

2 Objekt og systembeskrivelse

Eksisterende Fløyfjelltunnel forlenges til Eidsvåg. Fløyfjelltunnelen er planlagt som en 5,4-km lang toløpstunnel med to felt i hvert løp. Sørgående løp har to påkjøringsramper, en i Sandviken og en i Eidsvåg. Nordgående løp har to avkjøringsramper, en i Sandviken og en i Eidsvåg.

Fra Nygårdstangen har begge hovedløp 1 % stigning mot et høybrekk omtrent midt i tunnelen før løpene har et fall på 1 % mot Eidsvåg. Både på- og avkjøringsrampene i Sandviken har en stigning på 5 % mot hovedtunnelløpet. Det samme har avkjøringsrampen i Eidsvåg. Påkjøringsrampen i Eidsvåg har videre en stigning på 3,9 % mot hovedtunnelløpet.

Tunnelen er planlagt bygd med tunnelprofil T9,5, med kjørebanebredde 2 x 3,5 m med forsterket kantoppmerking og 1 m opphøyd bankett i hovedløpene. I de siste 75-100 m i sørenden av tunnelen ved Nygårdstangen vil det bli en innsnevring fra T9,5 i hovedløpet, med en overgang til eksisterende portal med rette vegger og tunnelprofil T8,5 meter. Eksisterende portal er ca. 43 meter lang. Portalen har pr. i dag ikke opphøyd skulder. Ramper bygges med tunnelprofil T8,5 og 3,5 m kjørebanebredde. Frihøyde er 4,6 m.

Tunnelen kategoriseres i tunnelklasse F. Skiltet fartsgrense i tunnelen vil være 80 km/t.

2.1 Beskrivelse av tunnelsystemet

Tunnelsystemet er beskrevet ved hjelp av tabellene med egenskaper i Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper.

Fløyfjelltunnelen sør skal oppgraderes over en lengde på ca. 2,5 km. Dette gjøres ved at en bygger et nytt løp øst for dagens nordgående løp, mens dagens nordgående løp utvides/oppgraderes og blir til nytt sørgående løp. I sør kobles de nye løpene i fjell mot eksisterende portaler på Nygårdstangen:

- Nytt nordgående løp (ny tunnel)
 - Kobles mot eksisterende østre portal på Nygårdstangen
 - Overgangssone i fjell nord for portal, går direkte ut fra eksisterende nordgående løp og fortsetter videre parallelt på østsiden
- Nytt sørgående løp (dagens nordgående løp)
 - Kobles mot eksisterende vestre portal på Nygårdstangen
 - Overgangssone i fjell nord for portal, går først ut fra eksisterende sørgående løp og kobles mot eksisterende nordgående løp i retning nord
- Dagens sørgående løp nord for overgangssonen stenges for trafikk når nytt tunnelsystem er ferdig bygd

Dagens Fløyfjelltunnel skal forlenges til Eidsvåg, ca. 2,8 km. Ny del av Fløyfjelltunnelen vil ha to kryss i fjell:

- Eidsvåg, sørvendt rampe i fjell
 - Påkjøringsrampe for sørgående trafikk
 - Avkjøringsrampe for nordgående trafikk
- Sandviken, sørvendt rampe i tunnel
 - Påkjøringsrampe for sørgående trafikk
 - Avkjøringsrampe for nordgående trafikk

2.1.1 Nøkkeldata

Tabell 3 Nøkkeldata hovedløp tunnel.

	Fløyfjelltunnelen
Lengde	Nordgående løp: 5477 m Sørgående løp: 5433 m
Fartsgrense	80 km/t
ÅDT (2040)	55.000 kjt./døgn
Tungtrafikkandel	7 %
Tunnelklasse	F
Tunnelprofil	T9,5
Kjørebanebredde	2 x 3,5 m
Frihøyde	4,6 m
Maks stigning	1 % nordgående løp 1 % sørgående løp
Horisontalkurvatur	450 m nordgående 590 m sørgående

Tabell 4 Nøkkeldata ramper.

	Ramper Sandviken	Ramper Eidsvåg
Lengde	Påkjøringsrampe: 675 m Avkjøringsrampe: 1020 m	Påkjøringsrampe: 400 m Avkjøringsrampe: 640 m
Fartsgrense	50/80 km/t	50/80 km/t
ÅDT (2040)	6000 kjt./døgn	3000 kjt./døgn
Tungtrafikkandel	7 %	7%
Tunnelklasse	F	F
Tunnelprofil	T8,5	T8,5
Kjørebanebredde	3,5 m	3,5 m
Frihøyde	4,6 m	4,6 m
Maks stigning	Påkjøringsrampe: 5 % Avkjøringsrampe 5 %	Påkjøringsrampe: 3,86 % Avkjøringsrampe 5 %

2.1.2 Oversikt over fravik

Nedfor ligger en oversikt over fravik som både er godkjent, og fravik som er søkt om i prosjektet.

Tabell 5: Viser oversikt over godkjente fravik og fravik det er søkt om.

Nr.	Navn	År	Status
1	Tunnellengde	2013	Godkjent
2	Kryss i tunnel	2013	Godkjent
3	Profilendring inne i tunnelen	2013	Godkjent
4	Kryss utenfor tunnelmunning	2013	Godkjent
5	Fløyfjelltunnelen: kryss i tunnel – sørvendte ramper i Eidsvåg	2020	Godkjent

6	Fløyfjelltunnelen: valg av tunnelprofil (og dimensjoneringsklasse)	2020	Godkjent
8	Kryss utenfor tunnelmunning	2024	Godkjent
9	Valg av tunnelprofil for rampetunnel	2024	Godkjent
11	Avstand fra tunnelmunning til stengepunkt mindre enn 100 m	2024	Godkjent
12	Utforming av rekkverk ved tunnelportaler i Sandviken	2025	Godkjent
13	Plassering av bred skulder i tunnelrampe	2025	Godkjent
14	Resulterende fall på 1% ved vendeklotoide	2025	Godkjent
15	Avstand mellom havarinisjer i sørgående løp forbi akselerasjonsfelt i Eidsvåg	2025	Omsøkt
16	Avstand mellom havarinisjer i sørgående løp forbi akselerasjonsfelt Sandviken	2025	Omsøkt
17	Avstand mellom havarinisjer forbi retardasjonsfelt i nordgående løp Eidsvåg	2025	Omsøkt
18	Avstand mellom havarinisjer forbi retardasjonsfelt i nordgående løp Sandviken	2025	Omsøkt
19	Avstand mellom havarinisjer i ramper	2025	Omsøkt
20	Plassering av havarinisje i påkjøringsrampe Eidsvåg	2025	Omsøkt
21	Avstand til tverrforbindelse i hovedløp ved Nygårdstangen	2025	Omsøkt
22	Avstand til tverrforbindelse i ramper i Eidsvåg	2025	Omsøkt
23	Avstand til tverrforbindelse i ramper Sandviken	2025	Omsøkt
24	Helningsgrad på rømningsveier	2025	Omsøkt
25	Dimensjonerende branneffekt i ramper	2025	Omsøkt
DS3	Stigning i påkjøringsrampe E39 Eidsvåg	2023	Godkjent

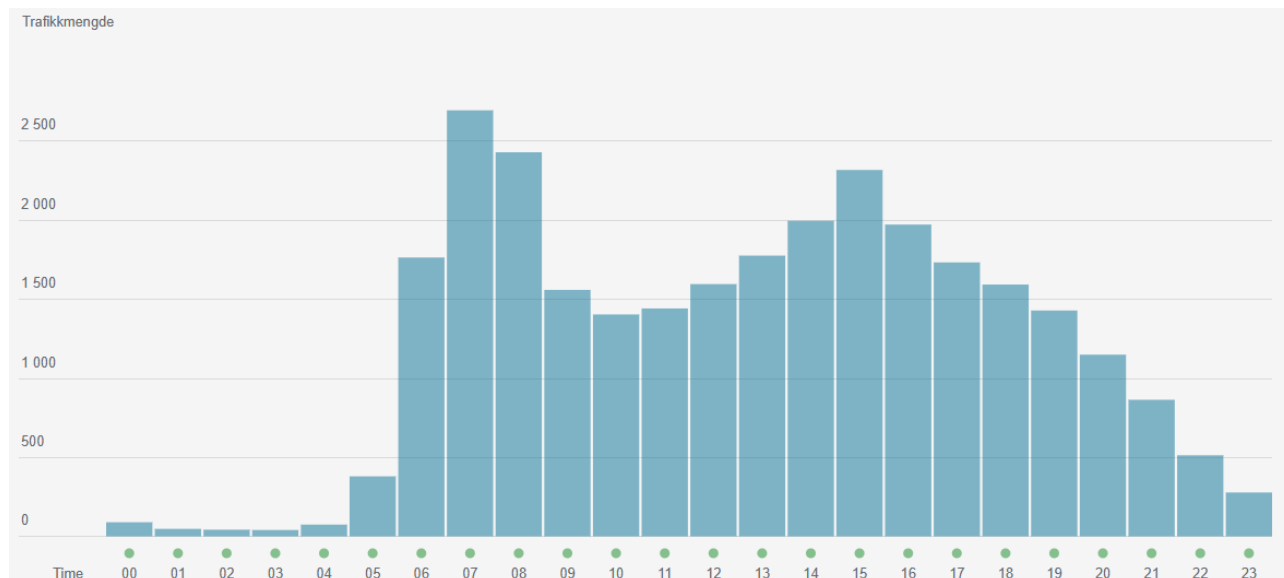
2.2 Datagrunnlag

2.2.1 Trafikktall

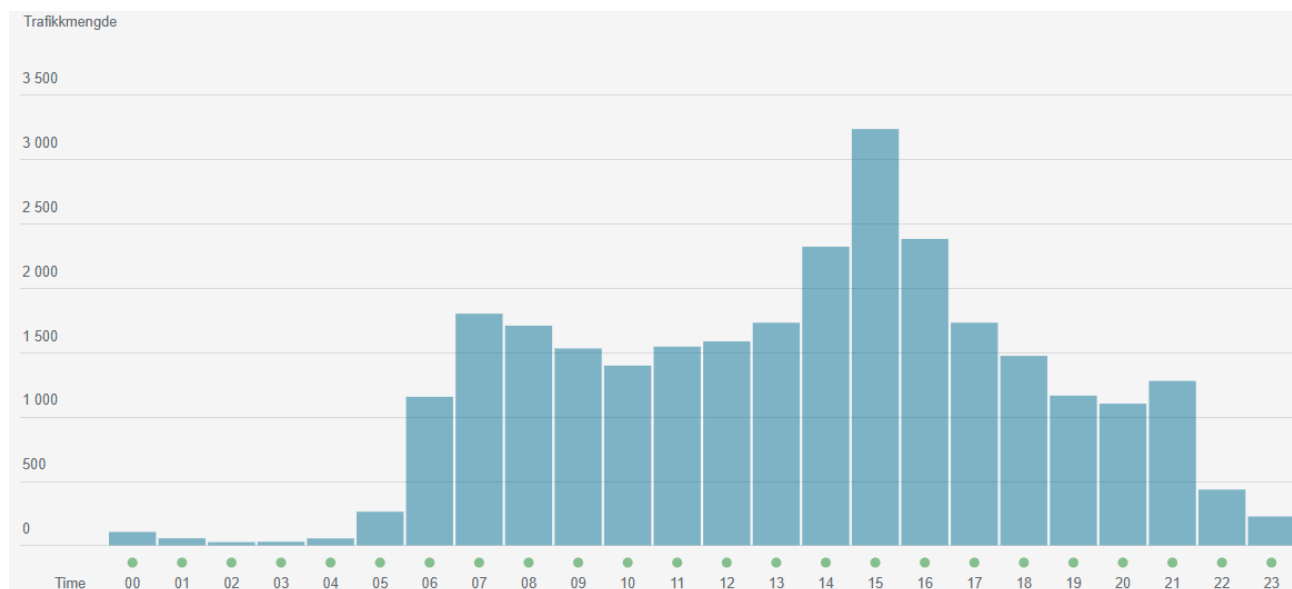
Det er etablert kontinuerlig tellepunkt ved nord- og sørgående løp for Fløyfjelltunnelen. Sørgående løp viser seg å ha noe høyere ÅDT basert på trafikktall hentet fra 2024. Tellepunktene har høy dekningsgrad i perioden 2018-2025.

Basert på innhentet trafikktall er samlet ÅDT (2024) for begge løp ca. 48 000 kjt./døgn. Variasjon i trafikken i løpet av døgnet er illustrert i Figur 1 for sørgående løp og i Figur 2 for nordgående løp. Dette gir en oversikt over hvilke tidspunkt det er minst/størst trafikkvolum på strekningen. Trafikktallene viser to topper med økt

trafikkvolum for sørgående løp – én på morgenen og én på ettermiddagen. For nordgående løp viser tellingen en topp på ettermiddagen. Den største trafikkmengden i sørgående løp forekommer i tidsrommet 07:00–09:00, mens det for nordgående løp er mellom 14:00 og 17:00.

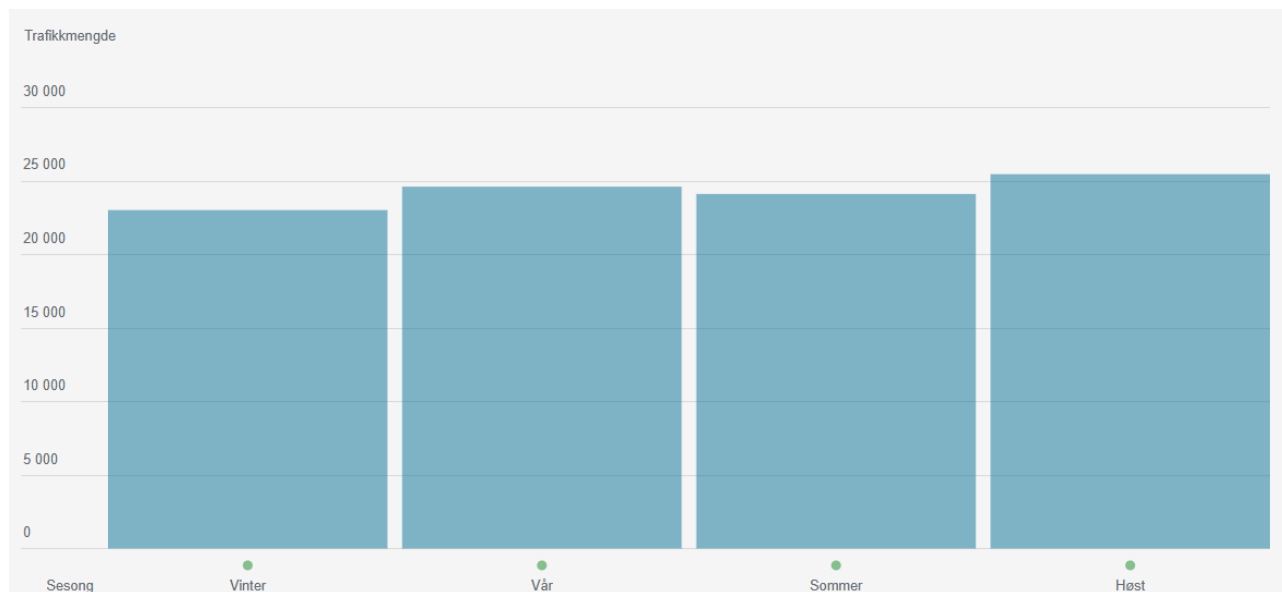


Figur 1: Viser variasjon i timestrafikken ved tellepunkt Fløyfjelltunnelen sørgående løp.



Figur 2 Viser variasjon i timestrafikken ved tellepunkt Fløyfjelltunnelen nordgående løp.

Sesongvariasjon i trafikken er vist i Figur 3. Tellepunktet viser høyeste sesongdøgnetrafikk (SDT) på omtrent 25 500 kjøretøy på høsten. Figuren viser noe redusert trafikk om sommeren og vinteren, men det er ingen store sesongvariasjoner i trafikkmengden gjennom Fløyfjelltunnelen.



Figur 3: Viser sesongvariasjon i trafikken ved tellepunkt Fløyfjelltunnelen sørgående løp.

Videre er det opplyst at ÅDT-verdiene vil variere langs tunnelen, ettersom en betydelig andel av trafikken benytter av- og påkjøringsrampene. Trafikkprognoser for 2040 viser at hovedløpet fra Nygårdstangen frem til rampene i Sandviken vil ha en ÅDT på 55 000 kjøretøy per døgn. Rampene i Sandviken har en ÅDT på 6 000 kjøretøy per døgn, mens videre del av hovedløpet har en ÅDT på 43 000. For av- og påkjøringsrampene i Eidsvåg er ÅDT 3 000 kjøretøy per døgn. Se Figur 4.



Figur 4: Viser fordeling av trafikk iht. prognoser for 2014 for Fløyfjelltunnelen.

2.2.2 TØI-beregninger

Transportøkonomisk institutt (TØI) har utviklet et beregningsverktøy i Microsoft Excel for antall branner (inkl. tilløp til brann), antall personskadeulykker (PSU) og antall ulykker med drepte eller hardt skadde (DHSU) som en funksjon av følgende tunnellegenskaper [1]:

- Lengde
- Trafikkmengde (ÅDT)
- Andel lange kjøretøy
- Type tunnel (ettløpstunnel, toløpstunnel og rampe)
- Stigning (maksimal stigningsgrad, lengde med bratt stigning)
- Fartsgrense
- Minste kurvaturradius
- Høyde (tunnel over vs. under 4,5 meter)
- Rampe i tunnel
- Kameraovervåkning (ITV) og automatisk hendelsesdeteksjon (AID)

Brannstatistikk benyttet i brannmodellene er hentet fra Kartlegging av branner i norske vegtunneler i perioden 2008-2015 [2] [3]. Modellene for ulykker (PSU og DHSU) er basert på ulykkesstatistikk fra tunneler i perioden 2008-2017. Ifølge TØI kan modellene benyttes ved planlegging av ny tunnel og/eller risikoanalyse av eksisterende tunnel.

Antall branner kan også påvirkes av vegnettet utenfor tunnelen, eksempelvis ved bratt stigning opp mot tunnelen. Vegnettet utenfor tunnelen inngår imidlertid ikke i beregningsverktøyet utviklet av TØI.

For utførte TØI-beregninger for Fløyfjelltunnelen, se Tabell 6 under.

Tabell 6 Resultater fra TØI-beregninger.

Type hendelse	Antall hendelser per år	Tid mellom hendelser
Personskadeulykke (PSU)	7,204	Ca. 2 mnd.
Ulykke med drepte eller hardt skadde (DHSU)	0,251	4 år
Brann lette kjøretøy (inkl. tilløp)	0,964	1 år
Brann tunge kjøretøy (inkl. tilløp)	0,621	2 år

Ifølge TØI sin predikering av kjøretøybranner inngår ikke ramper i de anvendte brannmodellene, ettersom det ikke er registrert branner i ramper. Det er imidlertid observert en tendens til at tunneler med ramper har flere branner enn tunneler uten ramper, men forskjellen er ikke statistisk signifikant. Dette innebærer at rampenes potensielle påvirkning på brannrisiko ikke er fullt ut fanget opp i modellgrunnet.

2.2.3 Registrerte trafikkuulykker

For tidligere gjennomført risikoanalyse (RA-DSF-010_Risikoanalyse Fløyfjelltunnelen 02J) ble det innhentet ulykkestall for eksisterende tunnel. Det ble innhentet ulykkestall for perioden 2011-2020 (10 år) og perioden 1998-2020 (32 år). Videre er det mottatt oppdaterte ulykkestall for eksisterende sør- og nordgående løp fra Statens vegvesen. Det er innhentet ulykkestall for perioden 2015-2024.

Skadeomfanget i perioden 2011-2024 er lettere skadd og hardt skadde. Det er i perioden ingen registrerte dødsfall i tunnelen.

Deler av Fløyfjelltunnelen er ny veistrekning, og det er derav ikke datagrunnlag for registrerte ulykker på hele tunnelstrekningen.

Nordgående løp:

Innhentet ulykkestall fra 2011 til 2024 (13 års periode) i nordgående løp av eksisterende Fløyfjelltunnelen er vist i Tabell 7 og Tabell 8. Det er totalt registrert 21 ulykker i nordgående løp de siste 13 årene, hvorav 18 har skjedd i tunnelens midtsone.

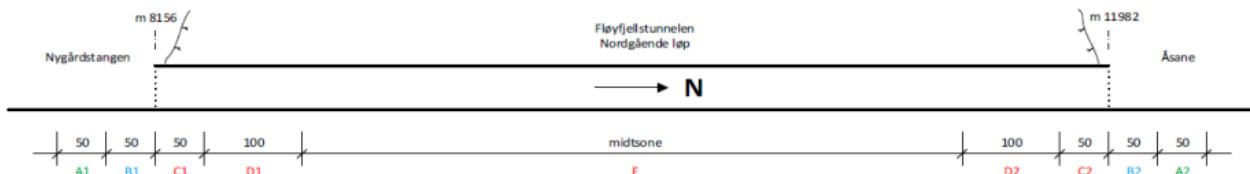
Tabell 7: Trafikkulykker i nordgående løp perioden 2011-2020.

Trafikkulykker i perioden 2011 - 2020 (10 år)

VegKart: total lengde = 3825 m?

Fløyfjelltunnelen nordgående løp	50 - 100 m utenfor	50 m utenfor	første 50 m munning	neste 100 m tunnel	midtsone tunnel	neste 100 m tunnel	første 50 m munning	50 m utenfor	50 - 100 m utenfor	På ulykkesnivå				
Ev39 K 577D1 m -	8056 - 8106	8106 - 8156	8156 - 8206	8206 - 8306	8306 - 11832	11832 - 11932	11932 - 11982	11982 - 12032	12032 - 12082	Sum				
Sone	A1	B1	C1	D1	E	D2	C2	B2	A2	sone A	sone B	sone C-D-E	sone B+C-D-E	totalt
Antall ulykker (for kontroll)	0	1	1	0	12	0	0	1	0					
Dødsulykke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulykke med hardt skadde (MAS + AS)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Ulykke med lettere skadde	0	1	1	0	11	0	0	1	0	0	2	12	14	14
Sum ulykker med personskade	0	1	1	0	12	0	0	1	0	0	2	13	15	15

Fløyfjelltunnelen nordgående løp	50 - 100 m utenfor	50 m utenfor	første 50 m munning	neste 100 m tunnel	midtsone tunnel	neste 100 m tunnel	første 50 m munning	50 m utenfor	50 - 100 m utenfor	På personnivå				
Ev39 K 577D1 m -	8056 - 8106	8106 - 8156	8156 - 8206	8206 - 8306	8306 - 11832	11832 - 11932	11932 - 11982	11982 - 12032	12032 - 12082	Sum				
Sone	A1	B1	C1	D1	E	D2	C2	B2	A2	sone A	sone B	sone C-D-E	sone B+C-D-E	totalt
Antall ulykker (for kontroll)	0	1	1	0	12	0	0	1	0					
Antall drept	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antall hardt skadde (MAS + AS)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Antall lettere skadde	0	1	2	0	20	0	0	1	0	0	2	22	24	24
Sum drept og skadde	0	1	2	0	22	0	0	1	0	0	2	24	26	26



Tabell 8: Trafikkulykker i nordgående løp perioden 2021-2024.

Ulykketype	Ulykkessted	Skadegrad	År
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i venstre kurve	Nordgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2021
Påkjøring bakfra	Nordgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2021
Enslig kjøretøy kjørte utenfor på venstre side på rett vegstrekning	Nordgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2022
Påkjøring bakfra	Nordgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2024
Enslig kjøretøy kjørte utenfor på venstre side på rett vegstrekning	Nordgående løp – midtsone E	1 hardt skadd	2024
Ulykke med uklart forløp mellom kjøretøy med samme kjøreretning	Nordgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2024

De vanligste ulykketyperne for nordgående løp er utforkjøring med totalt ni registrerte hendelser og påkjøring bakfra med seks hendelser i løpet av perioden 2011-2024.

Sørgående løp:

Innhentet ulykkestall fra 2011 til 2024 (13 års periode) i sørgående løp av eksisterende Fløyfjelltunnelen er vist i Tabell 9 og Tabell 10. Det er totalt registrert 21 ulykker i sørgående løp de siste 13 årene, hvorav 15 har skjedd i tunnelens midtsone.

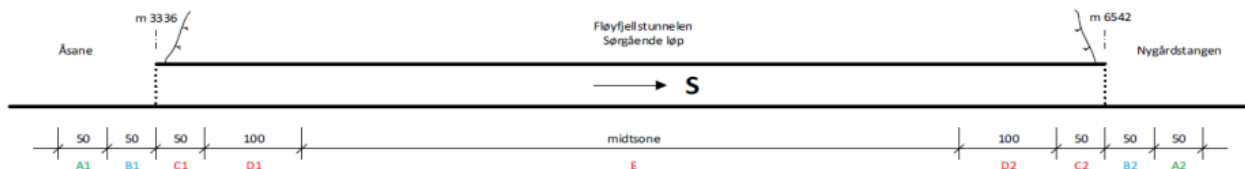
Tabell 9: Trafikkulykker i sørgående løp perioden 2011-2020.

Trafikkulykker i perioden 2011 - 2020 (10 år)

Vegkart: total lengde = 3195 m?

Fløyfjelltunnelen sørgående løp	50 - 100 m utenfor	50 m utenfor	første 50 m munning	neste 100 m tunnel	midtsone tunnel	neste 100 m tunnel	første 50 m munning	50 m utenfor	50 - 100 m utenfor	På ulykkesnivå			
Ev39 K 577D1 m -	3236 - 3286	3286 - 3336	3336 - 3386	3386 - 3486	3486 - 6392	6392 - 6492	6492 - 6542	6542 - 6592	6592 - 6642	Sum			
Sone	A1	B1	C1	D1	E	D2	C2	B2	A2	sone A	sone B	sone C-D-E	sone B+C-D-E totalt
Antall ulykker (for kontroll)	0	0	1	0	11	0	4	0	0	0	0	0	0
Dødsulykke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulykke med hardt skadde (MAS + AS)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2
Ulykke med lettere skadde	0	0	1	0	10	0	3	0	0	0	0	14	14
Sum ulykker med personskade	0	0	1	0	11	0	4	0	0	0	0	16	16

Fløyfjelltunnelen sørgående løp	50 - 100 m utenfor	50 m utenfor	første 50 m munning	neste 100 m tunnel	midtsone tunnel	neste 100 m tunnel	første 50 m munning	50 m utenfor	50 - 100 m utenfor	På personnivå			
Ev39 K 577D1 m -	3236 - 3286	3286 - 3336	3336 - 3386	3386 - 3486	3486 - 6392	6392 - 6492	6492 - 6542	6542 - 6592	6592 - 6642	Sum			
Sone	A1	B1	C1	D1	E	D2	C2	B2	A2	sone A	sone B	sone C-D-E	sone B+C-D-E totalt
Antall ulykker (for kontroll)	0	0	1	0	11	0	4	0	0	0	0	0	0
Antall drept	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antall hardt skadde (MAS + AS)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2
Antall lettere skadde	0	0	2	0	11	0	4	0	0	0	0	17	17
Sum drept og skadde	0	0	2	0	12	0	5	0	0	0	0	19	19



Tabell 10: Trafikkulykker i sørgående løp perioden 2021-2024.

Ulykkestype	Ulykkessted	Skadegrad	År
Enslig kjøretøy kjørte utenfor på venstre side i høyrekurve	Sørgående løp – midtsone E	1 hardt skadd	2021
Påkjøring bakfra	Sørgående løp – D2	1 lettere skadd	2023
Enslig kjøretøy kjørte utenfor på venstre side i høyrekurve	Sørgående løp – midtsone E	2 lettere skadd	2023
Påkjøring bakfra	Sørgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2023
Påkjøring bakfra	Sørgående løp – midtsone E	1 lettere skadd	2024

De vanligste ulykkestypene for sørgående løp er påkjøring bakfra med totalt 11 registrerte hendelser og utforkjøring med sju hendelser i løpet av perioden 2011-2024.

2.2.4 Sannsynlighet for ulike brannstørrelser

PIARC har utarbeidet en sannsynlighetsfordeling for ulike brannstørrelser, basert på en statistisk modell og ekspertvurderinger [4] [5]. Fordelingen er gjengitt i Tabell 11.

Tabell 11 Fordeling av brannstørrelser basert på ekspertvurderinger/statistisk modell.

Brannstørrelse	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
1 MW	70 %	20 %
5 MW	25 %	31 %
25 MW	5 %	25 %
50 MW		16 %
100 MW		6 %
200 MW		2 %
	100 %	100 %

Ifølge statistikk for branner og tilløp til branner i norske vegtunneler i perioden 2008-2021, har ca. 60% av de registrerte hendelsene utviklet seg til en reell brann [2]. Det legges derfor til grunn at 60 % av brannhendelsene i Tabell 5 (TØI-beregningene) utvikles til en brann. Basert på dette, samt fordeling av brannstørrelser som vist i Tabell 11, er sannsynlighet for ulike brannstørrelser beregnet og oppsummert i Tabell 12.

Tabell 12 Sannsynlighetsfordeling av brannstørrelser for Fløyfjelltunnelen (tid mellom hendelser).

Brannstørrelse	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
1 MW	2 år	13 år
5 MW	7 år	9 år
25 MW	35 år	11 år
50 MW		17 år
100 MW		45 år
200 MW		134 år

2.2.5 Registrerte branner / tilløp

Det er registrert flere branner og tilløp til brann i eksisterende Fløyfjelltunnel.

Oversikten er basert på TØIs Kartlegging av kjøretøybranner i perioden 2008-2021 [2]. I denne perioden er det totalt registrert 11 branner og 8 tilløp til brann.

Tabell 13 Kartlegging av kjøretøy branner i perioden 2008 – 2021.

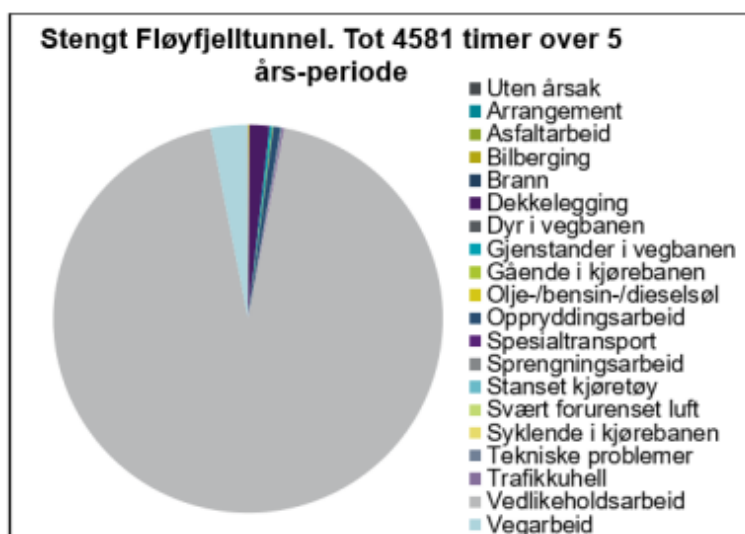
Tidspunkt	Brann eller tilløp	Biler > 3,5 tonn	Biler < 3,5 tonn	Personskade
10. nov 2003	Brann	0	1	Uklart
27. jan 2004	Brann	0	0	Ingen
02. jun 2006	Brann	0	1	Ingen
12. aug 2006	Tilløp	0	1	Ingen
22. sept 2007	Brann	0	1	Lettere
23. des 2010	Brann	0	1	Ingen

29. jan	2011	Brann	0	0	Ingen
05. jun	2012	Brann	0	1	Ingen
23. april	2014	Brann	1	0	Ingen
20. mars	2015	Tilløp	0	1	Ingen
22. sept	2016	Tilløp	0	0	Uklart
31. mai	2017	Tilløp	0	0	Uklart
03. okt	2018	Brann	1		
04. jan	2019	Tilløp	1		
22. aug	2019	Tilløp	0	1	Uklart
21. des	2020	Tilløp	1		
18. mars	2020	Tilløp	0	0	Ingen/ikke relevant
26.mars	2021	Brann	1	0	Lettere
10. sept	2021	Brann	1	0	Uklart

2.2.6 Stengt tunnel

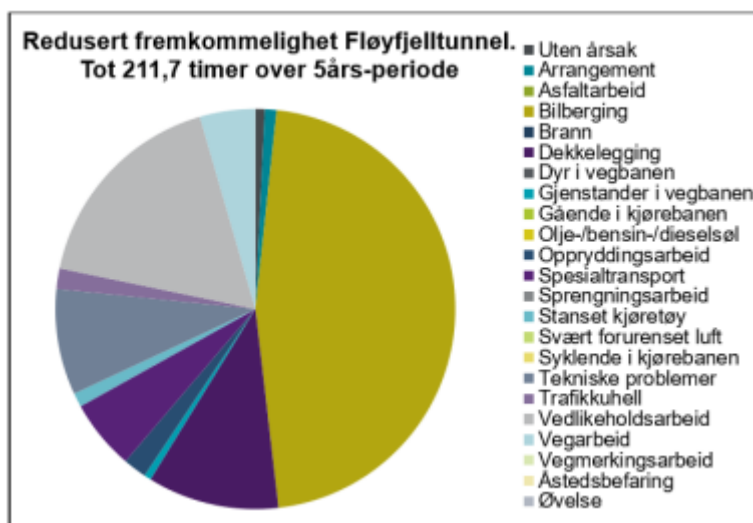
For tidligere gjennomført risikoanalyse (RA-DSF-010_Risikoanalyse Fløyfjelltunnelen 02J) ble det innhentet informasjon over stengtetid i den eksisterende delen av Fløyfjelltunnelen i perioden 2014-2018.

Av oversikten kommer det fram at tunnelen har vært stengt 4581 timer i 5-årsperioden 2014-2018, se Figur 5. Dette tilsvarer 77 timer stengt pr. måned med i gjennomsnitt 9,22 stenginger per måned. Planlagte arbeider (vedlikehold, vegarbeid, dekkelegging og asfaltarbeider) utgjør 98,5% av denne tiden. Uforutsette hendelser som medfører stenging utgjør 1,10 time pr mnd. og 139 stenginger over 5 år.



Figur 5 Årsaker til stengt tunnel i tidsrommet 2014-2018

Figur 6 viser antall timer med redusert fremkommelighet i tunnelen over en femårs periode (2014-2018). Det har vært redusert fremkommelighet i tunnelen i totalt 211,7 timer i denne perioden. 67% (143 timer) følger av uforutsette hendelser, der ca. halvparten av tilfellene er bilberging.



Figur 6: Årsaker til redusert fremkommelighet i Fløyfjelltunnelen i tidsrommet 2014-2018.

Videre er det mottatt oppdatert oversikt over stengt tunnel i perioden 2021-2025. Det er registrert 427 hendelser med helt stengt tunnel, delvis stengt eller stengt i en retning i perioden.

Antall av Hendelseid	Kolonneetiketter	2021	2022	2023	2024	2025	Totalsum
Radetiketter							
Asfaltarbeid				1			1
Befaring			1		1		2
Berging av kjøretøy			10	5	1	1	17
Dyr				1			1
Fare for Isnedfall				1			1
Gjenstander i vegbanen		2	13	6	4	6	31
Glatt veg - ikke værrelatert				1			1
Gående i kjørebane			7	5	4	4	20
Isnedfall				1			1
Kjøretøy i feil kjøreretning					1		1
Klage på/ettertyser vedlikehold			1				1
Opprydningsarbeid (planlagt)				1	2	1	4
Opprydningsarbeid (trafikk)		1	4	3		2	10
Skade på vegnett			1				1
Skade/feil på installasjoner			1	1			5
Sporete vegbane					1		1
Stanset kjøretøy			7	5	9	7	28
Steinskred/steinsprang			1				1
Syklende i kjørebane			2		1		3
Trafikkulykke		2	8	10	8	7	35
Vegarbeid		6	66	59	65	61	257
Øvelse		1	1	3			5
Totalsum		12	123	103	100	89	427

Figur 7: Oversikt over stengt tunnel i perioden 2021-2025.

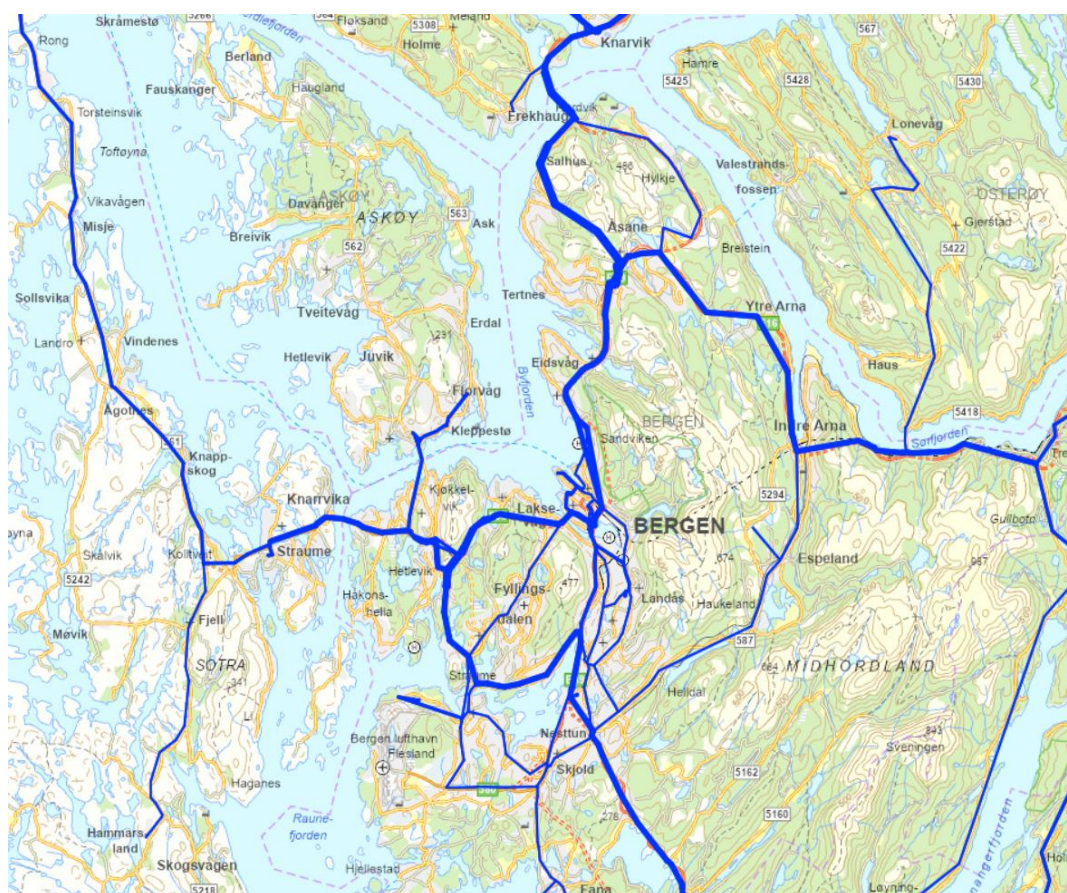
Rapporten viser slutttilstanden for hver hendelse. Det betyr at dersom en hendelse har endret hendelsestype i løpet av sin varighet, er det kun den siste registrerte typen som fremkommer i rapporten. For eksempel kan en hendelse ha startet som «Trafikkulykke» og senere blitt endret til «Berging av kjøretøy». I slike tilfeller er det «Berging av kjøretøy» som vises i rapporten, og ikke de tidligere tilstandene.

2.2.7 Transport av farlig gods

DSB gjennomførte i 2012 en kartlegging av volum og type farlig gods på de enkelte strekninger. Av DSBs kartlegging kommer det frem at det transporteres en stor mengde farlig gods på strekningen, totalt ca. 346 000 m³.

Det bemerkes at kartleggingen fra 2012 ikke gir et fullstendig bilde over dagens situasjon. Statistikken begynner å bli noen år gammel, og følgelig er det stor usikkerhet knyttet til type og mengde av farlig gods.

Bergen fungerer som et sentralt knutepunkt for transport på Vestlandet, med nærhet til både industriområder og havn. På grunn av Fløyfjelltunnelens beliggenhet langs E39, går en betydelig andel av transporten av farlig gods langs norskekysten via denne strekningen. Dette medfører høy trafikkbelastning av farlig gods-trafikk på strekningen i dag. Se Vedlegg 4 for fullstendig risikovurdering av transport av farlig gods.



Figur 8 Kart som viser farlig gods-trafikk i området.

Kartleggingen utført av DSB i 2012 avdekker mengder farlig gods kategorisert i ulike klasser. Følgende mengder har blitt fraktet gjennom Fløyfjelltunnelen:

- ADR-klasse 1 (eksplosive stoffer og gjenstander): ca. 90 m³
- ADR-klasse 2 (gasser): ca. 37 000 m³
- ADR-klasse 3 (brannfarlig væske): ca. 290 000 m³
- ADR-klasse 4.1 (brannfarlig faste stoffer): ca. 40 m³
- ADR-klasse 4.3 (stoffer som utvikler brannfarlige gasser i kontakt med vann): ca. 3000 m³
- ADR-klasse 5.1 (oksidierende stoffer): ca. 40 m³
- ADR-klasse 5.2 (organiske peroksider): ca. 3 m³

- ADR-klasse 6.1 (giftige stoffer): ca. 3000 m³
- ADR-klasse 7 (Radioaktivt materiale): ca. 1500 m³
- ADR-klasse 8 (etsende stoffer): ca. 2000 m³
- ADR-klasse 9 (forskjellige farlige stoffer og gjenstander): ca. 7000 m³

2.3 Terminologi og forkortelser

Terminologi og forkortelser benyttet i risikovurderingen er listet opp i Tabell 14.

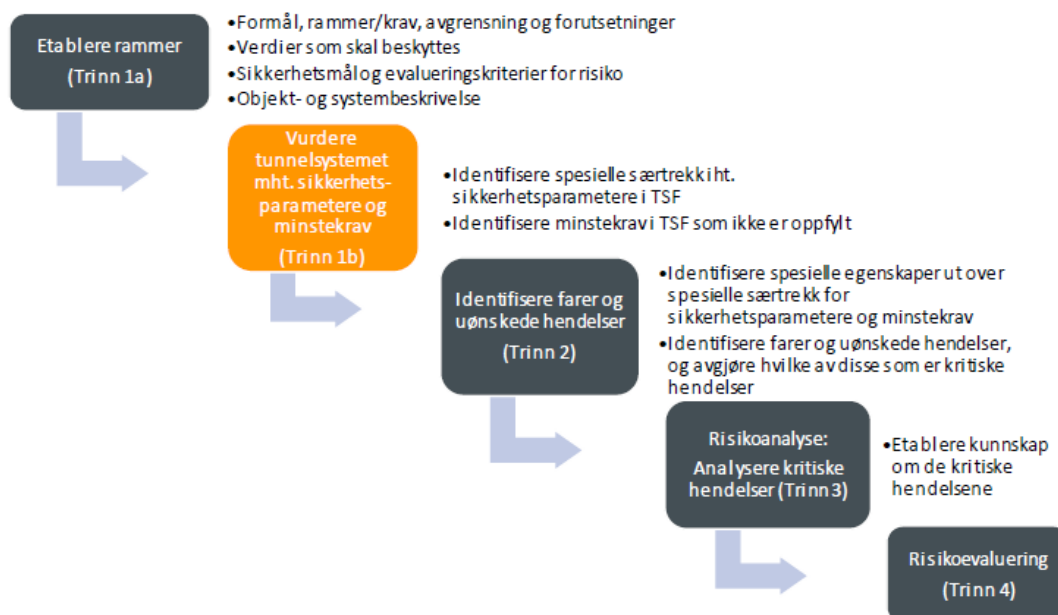
Tabell 14 Begrep og forkortelser benyttet i risikovurderingen.

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
ADR-klasse	Klassifisering av farlig gods i henhold til det internasjonale regelverket for transport av farlig gods på veg (ADR). Inndeling i klasser som beskrevet i forskrift om landtransport av farlig gods.	
AID	Automatic Incident Detection	Automatisk hendelsesdeteksjon
Andre spesielle særtrekk	En egenskap ved et tunnelsystem som er utenfor det som anses som standard, og som har betydning for kritiske hendelser.	Kompletterer begrepet «spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere», og benyttes for å sikre at risikovurderingen har tilstrekkelig fokus på alle typer egenskaper som kan påvirke sikkerheten mtp. storulykker.
Brukssituasjon	Begrepet benyttes for å beskrive TVH'er. Brukssituasjon handler om <i>under hvilke omstendigheter</i> fenomenet inntreffer.	I de aller fleste tilfeller vil det kunne være forskjellige trafikksituasjoner, som f.eks. døgnvariasjon, pulstrafikk fra ferje, gjennomsnittlig ADT, etc.
DAB	Digital Audio Broadcasting	Digital radio
Fenomen	Begrepet benyttes for å beskrive TVH'er. Fenomen handler i hovedsak om <i>hva</i> som potensielt kan skje.	Typiske eksempler er forskjellige typer brannscenarier og hendelser med farlig gods. For å identifisere mer spesifikt hvilke fenomener som er relevante, er det nyttig å se på hvilke farer som er forbundet med hver kritisk hendelse.
ITV	Independent TeleVision	Videoovervåkning
Minstekrav	Begrepet brukes om minstekravene nevnt i Vedlegg I til TSF.	
Spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere	En egenskap ved et tunnelsystem som er utenfor det som anses som standard, mht. listen over sikkerhetsparametere i TSF, Vedlegg I, 1.1.2.	Dette begrepet er benyttet i TSF, og eventuelle spesielle særtrekk som identifiseres gir krav til risikovurdering iht. §10 (ref. TSF, Vedlegg I, 1.1.3). Vedlegg 1 i veilederen for gjennomføring av risikovurdering av vegtunneler inneholder mer konkret informasjon om dette.
Troverdig verstefallshendelse, TVH	Verste troverdige hendelse, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal.	Hendelse som hensyntar konsekvenspotensialet, uten at man

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
		legger til grunn den absolutt verste tenkelige muligheten.
TSF	Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften)	
Tunnelsystemets spesielle egenskaper	Samlebetegnelse for: • Spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere. • Egenskaper som ikke oppfyller minstekrav i TSF. • Andre spesielle særtrekk.	Dette er de egenskapene ved tunnelsystemet som krever nærmere vurdering mht. påvirkning på sikkerhet/sikkerhetskonsept (sentralt i trinn 2). Fremfor å hele tiden måtte nevne alle tre er det praktisk å etablere en samlebetegnelse.
ÅDT	ÅrsDøgnTrafikk	Gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde

3 Metode og gjennomføring

Metodikken tar utgangspunkt i veileder for risikovurdering av vegtunneler [6]. Risikovurderingsprosessen er illustrert i Figur 9 og forklares nærmere i dette kapitlet.



Figur 9 Oversikt over hovedaktivitetene i risikovurderingsprosessen

3.1 Planlegging og gjennomføring av risikovurderingen

Planlegging av risikovurderingen omfatter blant annet fastsettelse av formål, omfang, avgrensninger og forutsetninger, samt identifikasjon av nødvendig kompetanse og deltakere til analysemøtet.

Som del av planleggingen og gjennomføringen av risikovurderingen, er det utarbeidet en systembeskrivelse som underlag til analyseprosessen. Aktiviteten ivaretar trinn 1a i risikovurderingsprosessen, slik den er illustrert i Figur 9.

3.2 Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere, minstekrav og andre spesielle egenskaper

Vurdering av spesielle særtrekk og minstekrav er gjennomført i et forberedende arbeidsmøte, i forkant av analysemøtet. Deltakere er presentert i kapittel 2.6.

Tunnelsystemet ble vurdert opp mot listen over spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav definert i TSF. Alle forhold som ble vurdert å være vesentlig annerledes enn «standard», samt eventuelle minstekrav som ikke er oppfylt, ble dokumentert (se Vedlegg 1).

For å identifisere andre spesielle egenskaper (utover spesielle særtrekk fra sikkerhetsparametere og minstekrav) som kan påvirke sikkerheten mtp. kritiske hendelser (storulykker) ble også liste over andre spesielle egenskaper (Vedlegg 1) og sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer (Vedlegg 2) benyttet.

Resultatet av denne gjennomgangen er dokumentert i kapittel 4. Aktiviteten ivaretar trinn 1b i risikovurderingsprosessen, slik den er illustrert i Figur 9.

3.3 Identifisere farer og uønskede hendelser

Aktivitetene beskrevet i dette delkapitlet ivaretar trinn 2 i risikovurderingsprosessen, slik den er illustrert i Figur 9.

3.3.1 Kartlegging av generelle farer

Formålet med denne del-aktiviteten er å kartlegge generelle farer som kan være relevante for tunneler både med og uten spesielle egenskaper.

Kartleggingen av generelle farer er gjennomført med utgangspunkt i sjekklisten med farer i veiledningens Vedlegg 2. Sjekklistene over forhold ved tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser eller konsekvensen av en uønsket hendelse (Vedlegg 2) er systematisk gjennomgått i det forberedende arbeidsmøtet den 17. oktober 2025 samt i analysemøtet den 13. november 2025.

Farer som ikke vurderes å bli påvirket av tunnelsystemets spesielle egenskaper er ikke tatt videre inn i risikoanalyse og risikoevaluering, men følges opp gjennom andre prosesser, deriblant beredskapsplanlegging.

3.3.2 Identifikasjon av farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper

I henhold til veiledningen for risikovurdering av vegtunneler, brukes en liste med pre-definerte ulykkestyper for å spesifisere uønskede hendelser. For hver spesielle egenskap ved tunnelen vurderes det om egenskapen påvirker sannsynligheten for eller konsekvensene av ulykkestypen. Funn dokumenteres hvis egenskapen kan bidra til eller påvirke konsekvensene av ulykkestypen. For hver fare beskrives årsaker og påvirkning fra egenskapen, og det vurderes også hvorvidt egenskapen kan medføre andre farer.

I forkant av analysemøtet utarbeidet Norconsult et forslag til liste over aktuelle farer og uønskede hendelser, som utgangspunkt for diskusjon i analysemøtet. Basert på innspill i analysemøtet er listen oppdatert som en del av utarbeidelsen av denne rapporten. Resultatet fra denne analysen er dokumentert i kapittel 5.

3.3.3 Vurdering av ikke-kritiske hendelser

Iht. veilederen [6] gjøres risikoanalyse og risikovurdering kun for kritiske hendelser (storulykker). Enkelte uønskede hendelser, som ikke er vurdert som kritiske, er likevel vurdert i analysemøtet. For å sikre oppfølging i prosjekteringsfasen er disse vurderingene dokumentert overordnet i denne rapporten.

3.4 Risikoanalyse

Aktiviteten ivaretar trinn 3 og 4 i risikovurderingsprosessen, slik den er illustrert i Figur 9. Risikoanalysen består av to hovedsteg:

- Risikoanalyse av kritiske hendelser
- Fastsette troverdige verstefallshendelser (TVH'er)

Med utgangspunkt i resultatet fra fareidentifikasjonen ble det vurdert hvilke uønskede hendelser som skal anses som kritiske hendelser, og dermed vurderes nærmere. For at en uønsket hendelse skal kategoriseres som en kritisk hendelse må følgende kriterium være oppfylt:

Den uønskede hendelsen som er vurdert å kunne bli påvirket av tunnelsystemets spesielle egenskaper og har et betydelig potensial for tap av liv og som truer sikkerheten til trafikanter som ikke er involvert i den utløsende hendelsen.

Uønskede hendelser som ikke oppfyller disse kriterier vil ikke vurderes videre, men følges opp gjennom andre prosesser.

De kritiske hendelsene er vurdert med hensyn på følgende:

- årsaker (hva som kan få den kritiske hendelsen til å inntreffe), sannsynlighet og konsekvenser
- om tunnelsystemet har egenskaper som fører til at det mangler eller har redusert evne til å motstå eller håndtere den kritiske hendelsen (sårbarheter)
- hvilke risikoreduserende (både sannsynlighets- og konsekvensreduserende) tiltak som er mulige.

Vurderingen av kritiske hendelser for tunnelen er gjennomført ved hjelp av analysetabell og kvalitative vurderinger. Vurderingene er gjennomgått felles i analysemøtet.

Som del av vurderingen av konsekvens er det i tillegg gjort kvantitative beregninger og vurderinger av mulighet for selvredning ved kritiske hendelser som involverer brann og røykspredning. Det er utført kvantitative beregninger av:

- mulighet for evakuering i eget kjøretøy, inklusiv hvor mange kjøretøy som potensielt kan bli fanget i røyken ved en brannhendelse
- mulighet for evakuering til fots, inklusive beregninger av røykens toksiske effekt og sikt ved evakuering (FED-beregninger)

Beskrivelse av TVH'er ble gjort gjennom å kombinere de kritiske hendelsene med kunnskapen som ble etablert i risikoanalysen. Hva som potensielt kan skje (slik som forskjellige typer brannscenarier og hendelser med farlig gods) ble kombinert med brukssituasjon (slik som trafikksituasjon og tid på døgnet), for slik å etablere troverdige verstefallshendelser.

Vurderinger av hva som anses troverdig er gjort kvalitativt, med utgangspunkt i årsaks- og konsekvensvurderinger fra analysemøtet. Statistisk underlag, som TØI-modeller og ulykkesstatistikk, er også benyttet.

3.5 Risikoevaluering

Aktiviteten ivaretar trinn 4 i risikovurderingsprosessen, slik den er illustrert i Figur 9. Evalueringen skal vurdere hvorvidt laveste tillatte sikkerhetsnivå er oppnådd for planlagt løsning. Dette gjøres ved å kombinere evalueringskriteriet i kap. 1.2.3 med hver av TVH'ene, iht. [6]. Denne evalueringen er kvalitativ. Dersom det identifiseres TVH'er som ikke oppfyller evalueringskriteriet må tiltak implementeres. Dersom evalueringskriteriet er oppfylt skal foreslåtte tiltak vurderes med hensyn på kostnad og nytteverdi. Risikoevalueringen og videre anbefalinger om håndtering av risiko er dokumentert i kapittel 7.

3.6 Deltagere og praktisk gjennomføring

3.6.1 Forberedende arbeidsmøte

Det ble gjennomført et forberedende arbeidsmøte den 17.oktober 2025 for å vurdere særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav i TSF samt andre særtrekk. Deltakerne består av representanter fra Statens vegvesen og Norconsult. Se Tabell 15 for deltakere.

Tabell 15 Deltakere på forberedende arbeidsmøte 17.oktober 2025

Navn	Funksjon	Firma
Kjell-Ove Landa	Tunnelforvalter	Statens Vegvesen
Ove Edgar Amundsen	Brannvernleder tunnel	Statens Vegvesen
Ole Pedro Myklebostad	Sikkerhetskrollør	Statens Vegvesen
Jonas Dalland	Prosjektleder	Statens Vegvesen
Rune Berentsen	Ass. oppdragsleder / fagansvarlig tunnel	Norconsult
Ivar Øvretvedt	Oppdragsleder	Norconsult
Gro Aanesland Dahle	Risikovurdering	Norconsult
Jenny Kogstad	Risikovurdering	Norconsult
Sigrid Fagerheim	Risikovurdering	Norconsult

3.6.2 Analysemøte

Det ble gjennomført et analysemøte den 13. november 2025. Deltakerne består av representanter fra Statens vegvesen, Bergen brannvesen og Norconsult. Se Tabell 16 for deltakere.

Tabell 16 Deltakere i analysemøtet 13.november 2025.

Navn	Funksjon	Firma
Kjell Erik Myre	Transportforvaltning	Statens vegvesen
Ove Edgar Amundsen	Brannvernleder tunnel	Statens vegvesen
Kjell-Ove Landa	Praktisk tunnelforvalter	Statens vegvesen
Kenneth Lyngsgård	Praktisk tunnelforvalter	Statens vegvesen
Jonas Dalland	Prosjektleder	Statens vegvesen
Vibeke Gunstensen	BFA	Bergen brannvesen
Tore Bergundhaugen	Trafikkstyring, skilt, fravik	Norconsult
Ivar Øvretvedt	Oppdragsleder	Norconsult
Rune Berentsen	Ass. oppdragsleder / fagansvarlig tunnel	Norconsult
Ane Suleng	Tunnelventilasjon	Norconsult
Gro Aanesland Dahle	Risikovurdering	Norconsult
Jenny Kogstad	Risikovurdering	Norconsult
Sigrid Fagerheim	Risikovurdering	Norconsult

4 Tunnelens spesielle egenskaper

Følgende spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og egenskaper som ikke oppfyller minstekrav i TSF ble identifisert (Tabell 17). Andre spesielle egenskaper som ble identifisert som del av gjennomgangen av sjekklister i Vedlegg 2 er også ført opp her.

Tabell 17 Identifiserte spesielle egenskaper.

ID	Betegnelse	Beskrivelse	System-element	Parameter/minstekrav	Kommentarer
1	Tunnellengde	Tunnelen har tunnellengde > 4 km som iht. ny veileder for risikovurdering av vegtunnel vurderes å være et særtrekk.	Tunnel-konstruksjon		Fløyfjelltunnelen er ca. 5,4 km. Flere studier har vist at lengre tunneler i gjennomsnitt har lavere ulykkesrisiko enn kortere tunneler. Dette kan knyttes til at ulykkesrisikoen er størst i portalområdet, slik at antall ulykker per meter tunnel blir lavere når tunnelen er lengre [7]. Denne effekten vil imidlertid, relativt sett, gi mindre utslag jo lengre tunnelen er. Videre vil tunnellengden kunne ha betydning for evakuering ved en brann- og en farlig godshendelse. Det tilrettelegges imidlertid for evakuering til fots med tverrforbindelser for hver 250m, med unntak av enkelte områder, se eget punkt.
2	Toveistrafikk i ett løp ved avvikssituasjoner	Tunnelen er tilrettelagt for toveistrafikk i ett løp ved avvikssituasjoner.	Tunnel-konstruksjon		Det etableres kryssingsfelt med fjernstyrte bomber, variable skilt samt kjørefeltsignaler for å kunne gjennomføre toveistrafikk i ett løp. Ved toveistrafikk i ett løp vil skiltet fart være inntil 60 km/t. Toveistrafikk i ett løp vil kunne øke sannsynligheten for uønskede hendelser slik som møteulykke. Særtrekket vurderes nærmere i risikoanalysen.
3	Utstyr for å stanse trafikk inne i tunnel	Iht. TSF er det inne i alle tunneler på mer enn 3.000 m lengde som er utstyrt med kontrollsentral og som har et større	Sikkerhets-utrustning	2.15. 2	Behov for utstyr for å stanse trafikk inne i tunnelen vurderes i risikoanalysen.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



ID	Betegnelse	Beskrivelse	System- element	Parameter/ minstekrav	Kommentarer
	(trafikklys, stillbare meldingsskilt, bommer og høyttalere)	trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt, anbefalt å anbringe utstyr til å stanse kjøretøy i nødstilfeller, med mellomrom på ikke mer enn 1.000 m. Dette utstyret skal bestå av trafikklys og eventuelt ekstra midler, som høyttalere, stillbare meldingsskilt og bommer.			
4	Tillatt med transport av farlig gods	Det transporteres farlig gods på strekningen i dag. Av DSBs kartlegging kommer det frem at det totalt transporteres omtrent 210 000 (tonn eller m³) med farlig gods gjennom tunnelen årlig.	Trafikk-/bruksforhold	3.7	<i>Iht. TSF vurderes hendelse med farlig gods i risikovurderingen.</i>
5	Risiko for trafikkork	Ved Nygårdstangen dannes det kø i rushtiden om morgenen med tilbakeblokkering i sørgående hovedløp. Noe kødannelse i forbindelse med påkjøringsrampe fra Sandviken i sørgående løp og høy trafikk fra Eidsvåg. I nordgående løp dannes det kø ved Nygårdstangen i rushtiden om ettermiddagen.	Trafikk-/bruksforhold	1.1.2	Stillegående/ saktegående trafikk vil kunne påvirke sannsynligheten for hendelser med påkjøring bakfra. Videre vil særtrekket kunne ha betydning ved en brann- eller farlig gods-hendelse, spesielt dersom er saktegående kødannelse ved evakuering. Det påpekes imidlertid at kapasiteten, ved etablering av nytt rampesystem, utbedring av kryssløsning på sørsiden av tunnelen, og tofelts kryss mot Eidsvåg, forventes å bli vesentlig bedre enn på eksisterende veg. Dette kan bidra til å redusere sannsynlighet for saktegående kø i tunnelen.
6	Stigning	I hovedtunnelløpene er det lagt inn et høybrekk, slik at tunnelene har 1% fall i begge retninger. Lavbrekket i Eidsvåg ligger rett utenfor tunnellopet. Påkjøringsrampe Sandviken: Rampen har et lavbrekk rett innenfor tunnelportal og går	Tunnel-konstruksjon	2.2.2/ 2.2.3	Studier viser at stigning kan medføre en økning i antall ulykker, dette grunnet fartsvariasjoner mellom lette og tunge kjøretøy, samt høy fart i nedoverbakke [7]. Det påpekes i TØIs kartlegging over branner i norske vegtunneler i 2008-2021 [2] at tunneler som

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



ID	Betegnelse	Beskrivelse	System- element	Parameter/ minstekrav	Kommentarer
		videre inn til et høybrekk ca. 450 meter inn i rampen fra Sandviken (Stigning 5 %). Avkjøringsrampe Sandviken: Rampen har høybrekk tidlig i avkjøringen fra tunnelløp med fall mot Sandviken på 5% og lavbrekk ganske nært tunnelportal i Sandviken. Påkjøringsrampe Eidsvåg: Rampen har høybrekk innenfor portalområdet (3,9%) og videre fall innover i tunnelen med 2,2% og lavbrekk ca. i profil 300 (der den møter hovedløpet). Avkjøringsrampe Eidsvåg: Rampen har høybrekk med fall mot hovedløp (4,1%) og mot rundkjøring i Eidsvåg (5,0 – 2,0%). I ramper er stigning over grensen for terskelverdien i TSF (3%) for når risiko mtp. stigning skal vurderes særskilt.			er mellom fire og 10 km lange, i gjennomsnitt har omtrent tre ganger så mange branner per million kjøretøykilometer som tunneler som er under 300 m. Trolig henger dette sammen med at de fleste undersjøiske tunneler er i denne kategorien, og at disse er brattere, og av den grunn har flere branner enn andre tunneler. Lengde med høy stigningsgrad kan øke risikoen for branner og tilløp i tunge kjøretøy. Gitt betydningen av varmgang i motor og/eller bremses som årsak til brann i tungbiler i tunneler med høy stigningsgrad, er det grunn til å anta at det er lengden med høy stigningsgrad som er avgjørende for risiko for vegtunnelbrann og ikke bare stigningsgraden i seg selv [2]. I Fløyfjelltunnelen er det kortere strekk (200-300 m) med stigning på opp mot 5% i rampene. Da det kun er korte strekk med høy stigning antas det at stigningen ikke vil bidra til økt risiko for brann og tilløp i tunge kjøretøy, gitt betydning av varmgang i motor og/eller bremses som årsak til brann. Stigningen kan imidlertid ha betydning for røykspredning i tunnelen ved brannhendelse og spredning ved en eventuell lekkasje av farlig gods.
7	Tverrforbindelse for redningstjenester	Iht. TSF skal det i toløpstunneler der løpene ligger på samme nivå eller nesten samme nivå, finnes tverrforbindelser som egner seg til bruk for redningstjenestene minst hver 1500 m.	Tunnel-konstruksjon		<i>Behov for tverrforbindelser for redningstjenester vurderes i risikoanalysen.</i>

ID	Betegnelse	Beskrivelse	System- element	Parameter/ minstekrav	Kommentarer
		Det er ikke planlagt å etablere kjørbare tverrforbindelser i tunnelen.			
8	Havarilommer	Iht. N500:2024 skal det etableres havarilommer hver 250 m i tunneler i tunnelklasse F. Havarilommene utformes standard med 30 meters lengde og 3 meter ekstra kjørefeltbredde, samt 30 meter overgangsprofil mellom hovedløppprofil og havarilomme. Følgende avstander mellom havarilommer som ikke er planlagt etablert iht. krav i N500:2024 er: - Akselerasjonsfelt i sørgående hovedløp: 500m - Retardasjonsfelt i nordgående hovedløp Eidsvåg: 500m - Retardasjonsfelt i nordgående hovedløp Sandviken: 325m - I ramper ved Sandviken og Eidsvåg: 500m - Påkjøring Eidsvåg: 130m fra tunnelåpning	Tunnel- konstruksjon		Havarilommer er laget som et sikkerhetstiltak for å hindre at kjøretøy med tekniske problemer, eller som har vært involvert i en ulykke, blir stående i veibanen. Ved å fjerne kjøretøyet fra hovedveien reduserer havarilommen risikoen for kjedekollisjoner eller påkjørsel av myke trafikanter, og gir sjåføren tid til å vurdere situasjonen og tilkalle hjelp. Det bemerkes at det vil være svært uheldig å plassere en havarinisje i for eksempel akselerasjonsfeltet, da kjøretøy i nød som kommer fra hovedvegssystemet (E39) vil måtte krysse over akselerasjonsfeltet for å kunne stoppe i nisjen. Dette vil utgjøre en sikkerhetsrisiko i området og øke sannsynligheten for kollisjoner med kjøretøy som kommer fra rampen. I tillegg utformes ramper med T8,5 profil, noe som gir tilstrekkelig med plass til å kunne kjøre forbi en eventuell hendelse. Økt avstand mellom havarinisjer de planlagte stedene vurderes ikke til å øke risikoen for hendelse i tunnelen. Det bemerkes også at enkelte strekk i tunnelen har ÅDT tilsvarende lavere tunnelklasse, dette gjelder ramper og nordre del av hovedløp etter ramper i Sandviken,
9	Brannventilasjon	Ventilasjonsløsning er basert på prinsippet om at hovedløp og ramper ventileres i samme retning som trafikken, både ved normal drift og ved brann, med unntak av påkjøringsrampen i	Sikkerhets- utrustning		Ved å dimensjonere rampene for en brann på 50 MW oppstår det en risiko dersom en hendelse overstiger denne kapasiteten, for eksempel en brann på rundt 100 MW fra et vogntog. I slike

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

ID	Betegnelse	Beskrivelse	System- element	Parameter/ minstekrav	Kommentarer
		Eidsvåg hvor denne er tiltenkt å ventilere mot trafikken. I henhold til håndbok N500:2024 skal det i tunnelklasse F dimensjoneres for ventilasjonshastighet på minst 4,5 m/s oppstrøms, med en dimensjonerende branneffekt på 100 MW. Hovedløp dimensjoneres deretter. For rampene er det planlagt å dimensjonere for en ventilasjonshastighet på 3 m/s, med en dimensjonerende branneffekt på 50MW, som ikke er iht. N500:2024. Ved brannhendelse oppstrøms ventilasjonstårn vil røyken ventileres ut tårnene. Ved brann nedstrøms ventilasjonstårnene vil røyk ventileres ut portal/rampeportal.			situasjoner er det mulig at ventilasjonsanlegget ikke kunne håndtere røykmengden på en tilfredsstillende måte. Dette kan føre til redusert sikt, høyere temperaturer og raskere røykspredning, noe som kan gjøre både evakuering og orientering mer utfordrende. Samtidig vil fremkommeligheten for brannvesenet kunne bli svekket fordi røykskillet bryter sammen, noe som kan forsinke slokkeinnsatsen og øke konsekvensene av hendelsen.
10	Nødutgang	Iht. N500:2024 skal det for toløps vegtunneler etableres nødutganger i form av gangbare tverrforbindelser mellom tunnelløpene med innbyrdes avstand på maksimum 250 m. Det etableres tverrforbindelse/nødutganger med maksimalt 250 m mellom i tunnelløpene, med unntak av enkelte områder. Planlagt plassering av første tverrforbindelse i inngående kjørefelt ved tunnelportal Bergen er 300 meter fra tunnelåpningen i hovedløp. Det er også planlagt at tverrforbindelser i nordgående ramper i Sandviken og Eidsvåg	Tunnel- konstruksjon		Når rømningsutganger etableres med en innbyrdes avstand på over kravet på 250 meter, vil også rømningstiden i en evakueringssituasjon øke i takt med økningen i avstand. Ved en brannhendelse kan det utvikles store mengder røyk som sprer seg i tunnelløpet, noe som ytterligere kompliserer evakueringen. Tidligere forsøk viser at avstanden mellom redningsrom har betydelig innvirkning på evakueringstiden under røykfylte forhold [8]. Studien viste at lengre avstand fører til økt usikkerhet, flere feilhandlinger og merkbare endringer i bevegelsesmønsteret.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



ID	Betegnelse	Beskrivelse	System- element	Parameter/ minstekrav	Kommentarer
		over/under hovedvegssystem. vil bli plassert ca. 500 meter fra forrige. Videre sier N500:2024 at nødutganger skal ha helningsgrad $\leq 5\%$ (1:20), og utformes med fast dekke. Tverrforbindelse i hovedløpene er utformet med maks 5 % stigning og fast dekke. Det benyttes tunnelprofil T4 med avsatt plass til berg- og vannsikring. For rampene er det planlagt løsning med trapp, evt. trapp + repos ved større nivåforskjeller, som ikke er iht. N500:2024.			Når det gjelder nødutganger med stigning over 5 %, gjelder dette for to nødutganger mellom rampene i Sandviken og én nødutgang mellom rampene i Eidsvåg. Det vurderes at når evakuerende har nådd nødutgangen, befinner de seg på et sikkert sted. Enkelte personer kan ha behov for assistanse for å forflytte seg opp eller ned trapper, men dette vil skje under trygge forhold i en røykfri nødutgang fra motgående løp. Forholdet vurderes derfor ikke ytterligere i denne risikovurderingen.
11	Utforming	Trafikkbildet i og omkring tunnelen vurderes som komplekst, hovedsakelig på grunn av høy trafikkmengde og utforming av veisystemet. Av- og påkjøringsramper leder direkte inn i rundkjøringer. Videre er det etablert akselerasjons- og retardasjonsfelt inne i tunnelen, og et kryss er lokalisert ca. 400 m utenfor portalen på sørsiden.	Trafikk-/ bruksforhold		Komplisert utforming av tunnelkomplekset kan skape et krevende trafikkbilde både i og rundt anlegget. Dette kan gi økt trafikal belastning og flere potensielle konfliktpunkter, noe som øker sannsynligheten for ulykker. Når trafikksituasjonen blir uoversiktlig, øker risikoen for brå avgjørelser og feilkjøring, som igjen kan føre til farlige situasjoner. Kompleksiteten kan forsterke stress og usikkerhet hos trafikantene, og dermed sannsynligheten for uønskede hendelser.
12	Tverrsnitt	Hovedløpene utformes som separate parallelle løp med tunnelprofil T9,5 med 2 x 3,5 m kjørebanebredde og 1 m bankett. I de siste 75-100 m i sørenden av tunnelen ved Nygårdstangen vil det bli en innsnevring fra T9,5 i hovedløpet, med en overgang til eksisterende portal med rette vegger og tunnelprofil T8,5 meter. Eksisterende portal er ca. 43 meter lang. Portalen har pr. i dag ikke	Tunnel- konstruksjon		Endringen i profil vurderes å være et særtrekk.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

ID	Betegnelse	Beskrivelse	System-element	Parameter/minstekrav	Kommentarer
		opphøyd skulder. Ramper utformes med tunnelprofil T8,5. For avkjøringsrampe i Sandviken etableres det i tillegg 1,5 m siktutvidelse. Fri høyde er 4,6 meter, og med minimum høyde til teknisk utrustning på 4,8 meter. Kjørebanebredde i ramper er 3,5 m med totalt 3 m skulderbredde.			

5 Identifisere farer og uønskede hendelser

5.1 Generelle farer

Kartleggingen av generelle farer og relevante oppfølgingsaktiviteter er dokumentert i Vedlegg 2.

5.2 Farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper

Gjennomgang og vurdering av tunnelsystemets spesielle egenskaper opp mot de pre-definerte ulykkestypene resulterte i følgende oversikt over farer og uønskede hendelser (Tabell 18).

Tabell 18 Tunnelsystemets spesielle egenskaper sin påvirkning på pre-definerte ulykkestyper

ID	Spesiell egenskap	Uønsket hendelse	Fare / forhold	Kritisk hendelse (ja/nei)	Årsaker	Konsekvenser	Kommentarer
F1-F4	Tunnellengde > 4km Toveistrafikk i avvikssituasjon Risiko for trafikkork Tunnelutforming Begrensinger i avstand mellom havarilommer	F1 Sammenstøt lett kjøretøy F2 Sammenstøt tungt kjøretøy F3 Sammenstøt buss F4 Sammenstøt farlig gods-kjøretøy	Utforkjøring Møteulykke Påkjørsel bakfra	Nei	Uoppmerksomhet Forbikjøring Brå oppbremsing Fartsvariasjon Teknisk feil på kjøretøy (for eksempel bremses) Havari	Alvorlig personskade Brann i kjøretøy (følgehendelse etter sammenstøtet) (Se F5)	Det vurderes at en hendelse med sammenstøt er begrenset til de som påvirkes direkte av ulykken. Følgehendelse av en brann- eller farlig gods-hendelse er dekket av andre farer.
F5-F8	Tunnellengde > 4km Avstand mellom nødutganger Brannventilasjon	F5 Brann lett kjøretøy F6 Brann tungt kjøretøy F7 Brann i buss	Brann/ brann sprer seg til andre kjøretøy	Ja	Sammenstøt/ulykke Varmgang i bremses, motor eller retarder, teknisk feil	Alvorlig personskade/død Eskalerende brannhendelse	En brannhendelse har potensiale til å eskalere og slik skape en storulykke.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



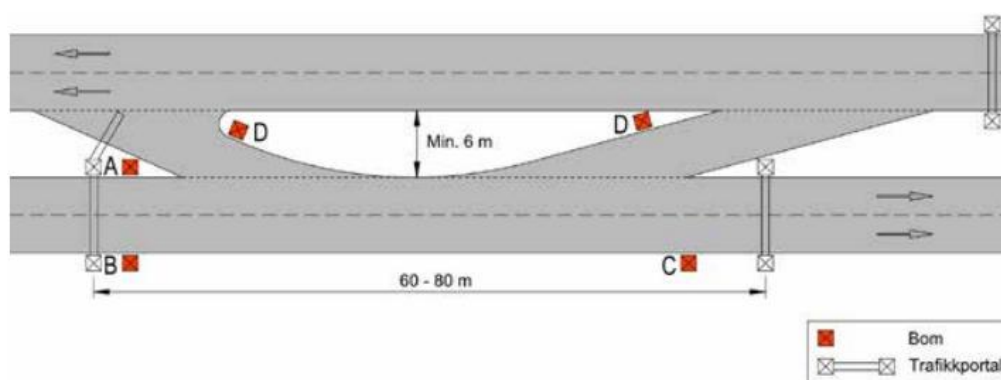
ID	Spesiell egenskap	Uønsket hendelse	Fare / forhold	Kritisk hendelse (ja/nei)	Årsaker	Konsekvenser	Kommentarer
	Tunnelutforming Risiko for trafikkork Nærvær av tunge lastebiler Tillatt med transport av farlig gods	F8 Brann farlig gods-kjøretøy					
F9	Toveistrafikk Avstand mellom havarilommer Fare for trafikkork	F9 Påkjørsel av myke trafikanter	Påkjørsel gående i tunnelen	Nei	Tunnelen er åpen for myke trafikanter	Alvorlig personskaade/død	Det vurderes at en hendelse med påkjørsel av myk trafikanter er begrenset til de som påvirkes direkte av ulykken.
F10	Tunnellengde Avstand mellom nødutganger Tillatt med transport av farlig gods Risiko for trafikkork	F10 Lekkasje farlig gods (gass/væske)	Lekkasje av brannfarlig eller giftig væske/gass	Ja	Sammenstøt/ulykke (se F4) Brann i kjøretøy (se F8) Feil på kjøretøy	Eksponering for giftig væske og/eller gass Brann og/eller eksplosjon Personskade	En farlig gods-lekkasje har potensiale til å eskalere og slik skape en storulykke.

6 Risikoanalyse

6.1 Toveistrafikk i ett løp

Forlengt Fløyfjelltunnel bygges med et profil som tillater toveistrafikk ved hendelser. Begge løp vil ha mulighet for å avvike toveistrafikk, slik at trafikk kan sluses over i det åpne løpet ved hendelser. Hensikten er å redusere sårbarheten i vegsystemet og samtidig skjerme Bergen sentrum for gjennomgangstrafikk. Fartsgrensen ved toveisregulering i tunnelen settes til inntil 60 km/t.

For å kunne sluse trafikk fra det ene til det andre løpet, etableres det kryssingsfelt gjennom midtdeler i dagen før tunnelen. Kryssingsfeltet i nord ligger i dagsonen i Eidsvåg før tunnelportalene, se løsning i Figur 10. Før midtdeler settes hastigheten til 50 km/t.



Figur 10 Viser kryssingsfelt ved Eidsvåg.

Dersom nordgående tunnelløp er stengt, medfører det at nordgående trafikk må benytte sørgående tunnelløp (toveistrafikk). Avkjøringsrampen mot Sandviken/Glass Knag og avkjøringsrampen til Eidsvåg vil derfor ikke være tilgjengelig for denne trafikken da disse ligger i det tunnelløpet som er stengt. Nordgående trafikk må derfor kjøre til Tertneskrysset for å kunne snu tilbake mot Eidsvåg og ytre Sandviken.

Dersom sørgående tunnelløp er stengt, medfører det at sørgående trafikk må benytte nordgående tunnelløp (toveistrafikk). Påkjøringsrampen fra Sandviken/Glass Knag og påkjøringsrampen fra Eidsvåg vil derfor ikke være tilgjengelig for denne trafikken da disse ligger i det tunnelløpet som er stengt. Sørgående trafikk til sentrum/Nygårdstangen må enten kjøre via sekundærvegnettet, eller nordover til Tertneskrysset og så sørover på E39 for å kunne kjøre inn i Fløyfjelltunnelen mot sør.

I dagsonen på Nygårdstangen løses dette ved å ha en Oslobom i midtdeleren som kan åpnes ved behov. Denne løsningen er valgt på grunn av knapt areal mellom kjøreretningene. Oslobommen fungerer som rekkverk ved normalsituasjon, og åpnes ved behov for toveisregulering eller ved beredskapsbehov. Før overkjøringsrampen på Nygårdstangen settes farten ned til 40 km/t.

Etablering av toveistrafikk i ett tunnelløp påvirker sannsynligheten for møteulykker, ettersom kjøretøy møtes i samme løp. Typiske årsaker til møteulykker kan være uoppmerksomhet, utilstrekkelig avstand eller farlige forbikjøringer. Tunnelen er imidlertid utrustet med trafikktekniske systemer som skal støtte sikker drift med toveistrafikk i ett løp. Dette inkluderer kryssingsfelt med fjernstyrte bommer, kjørefeltsignaler som informerer om møtende trafikk, samt dynamisk skilting som reduserer hastigheten til 50 km/t og 40 km/t ved kryssingsfeltene og inntil 60 km/t i midtpartiet av tunnelen.

Som i andre tunneler kan toveisregulering medføre kø og redusert trafikkavvikling. Dette kan føre til at flere kjøretøy befinner seg i tunnelen ved en hendelse, og at evakuering i eget kjøretøy kan bli mer krevende. Samtidig bidrar den reduserte hastigheten til å begrense skadeomfanget ved en eventuell ulykke. Ventilasjonen i hvert tunnellop vil fungere som ved normal enveis drift, men det er også mulighet for ventilasjon i begge retninger ved avvikssituasjoner med toveistrafikk i ett løp.

Tverrforbindelseene, som ligger med 250 meters avstand, vil fortsatt være tilgjengelige og sikre gode forutsetninger for selvredning ved hendelser som krever evakuering til fots, også ved avvikssituasjoner.

Ved stenging av nordgående løp, slik at det er toveistrafikk i sørgående løp, vil det være en risiko for at bilister i nordgående retning forsøker å benytte påkjøringsrampen i feil retning for å unngå lang omkjøring, og slik møter motgående trafikk. Dette øker risiko for møteulykker ved avvikssituasjon.

Foreslåtte tiltak omfatter:

- Tydelig skilting som forhindrer venstresving inn på rampen i motsatt kjøreretning, samt bruk av tydelig stoppskilt og «feil kjøreretning»-skilt. Det anbefales ikke bruk av bommer i tunnelen, men god og synlig skilting («kalde skilt») med klare forbud.
- Det foreslås at det utarbeides en egen beredskapsplan for drift med toveistrafikk. Dette kan inngå i beredskapsplanleggingen. Videre bør både VTS og brannvesenet varsles og være forberedt ved innføring av toveistrafikk.
- DAB-meldingene bør differensieres og tilpasses til hvert løp for å gi mest mulig presis informasjon ved en hendelse, samt spesifikt til avvikssituasjoner.

6.2 Vurdering av ikke-kritiske hendelser

I henhold til veileder for risikovurdering av vegtunneler fokuserer risikoanalysen på kritiske hendelser (storulykker). Kritiske hendelser defineres her som uønskede hendelser som både har et betydelig potensial for tap av liv, og som truer sikkerheten til trafikanter som ikke direkte er involvert i den utløsende hendelsen.

I forbindelse med vurderingen av tunnelens særtrekk og gjennomgangen av generelle farer er det likevel identifisert uønskede hendelser og forhold som omhandler trafikksikkerheten, som *ikke* anses som kritiske hendelser. De identifiserte farene er vurdert overordnet i følgende underkapitler.

6.2.1 Påkjørsel av myke trafikanter

Ferdsel for myke trafikanter er ikke tillatt i Fløyfjelltunnelen. Det er skiltet forbud for gående og syklende i veisystemet inn mot tunnelen i begge retninger, og tunnelen er ikke å anse som en naturlig (snar)vei for myke trafikanter. Likevel har det vært hendelser der personer på elektrisk sparkesykkel har tatt seg gjennom tunnelen, og oversikten over stengt tunnel viser at det har vært flere tilfeller av gående i kjørebanelen.

I nærområdet finnes et etablert gangnettverk med varierende tilrettelegging. I tillegg er det et pågående sykkelprosjekt mellom Bradbenken og Glass Knag, med sykkelveg med fortau langs den ene siden av kjørevegen og fortau på motsatt side. Dette vil bidra til å redusere sannsynligheten for myke trafikanter i tunnelen. Dersom myke trafikanter likevel ferdes i tunnelen, vil de bli detektert av AID-systemet, og tunnelen stenges automatisk. Det har vært flere stenginger som følge av slike hendelser i eksisterende tunnel.

I evakueringssituasjoner vil det kunne være gående i tunnelen. Det planlegges støpt bankett, med bredde 1m, på hver side av vegen i begge tunnellop. I sørenden av tunnelen (portalområdet ved Nygårdstangen, ca. 75-100 m inn i tunnelen fra portalen) er tunnelprofilen redusert til T8,5. Her er det ikke plass til 1 m bankett, kun 0,5 m. En bankett på 0,5 m vurderes å gi en lite hensiktsmessig utforming, da bredden blir for smal. Støpt bankett vil tilrettelegge for evakuering til fots i tunnelen, samt gi mulighet for å kunne oppholde seg utenfor kjørebanelen om man må gå ut av bilen. Skilt i tunnelen skal etter krav plasseres minst 2 m over banketten. De anbefales imidlertid å vurdere om monteringshøyden bør økes utover minimumskravet på

2,0m for å ikke være til hinder for ferdsel på fortauene. I tillegg stenges tunnellopet i nødstilfeller, som vil redusere mengden kjøretøy og risikoen for påkjørsel av myke trafikanter i en evakueringssituasjon.

Foreslåtte tiltak omfatter:

- Beholde asfaltert skulder i eksisterende tunnelportal med tunnelprofil T8,5 ved Nygårdstangen
- Vurdere om monteringshøyde på skilt bør økes utover minimumskravet på 2,0 m.

6.2.2 Sammenstøt

Påkjøring bakfra/ved feltskifte

Så langt i år er det registrert ni påkjøringer bakfra i eksisterende tunnel. Ved påkjøringsfeltene kan det oppstå konflikt, spesielt i perioder med høy trafikk. Under rushtid er trafikkmengden høy, og det er økt behov for fletting mellom kjøretøy som kommer fra påkjøringsfeltene og hovedløpene. For å redusere risikoen for sammenstøt bør det varsles om fletting. Det bør etableres tydelig skilting som signaliserer kommende påkjøringsfelt og fletting, plassert i god avstand før påkjøringsfeltet. I tillegg bør det varsles om mulig kø i tunnelen.

På analysemøtet ble krav til lengde på akselerasjonsfeltet diskutert. En forlengelse av overgangsstrekningen til akselerasjonsfeltet vil redusere risikoen for konflikter ved påkjøring. Et mulig tiltak kan være å forlenge overgangsstrekningene med 50%. Avkjøringsfeltet vurderes å være mindre konfliktfylt, og det er allerede godt skiltet om avkjøring i forkant. Det blir varslet to ganger før avkjøringsfeltet. Det er dermed mindre risiko for sammenstøt ved avkjøringsfeltet.

Påkjøringer bakfra eller ved feltskifte kan oppstå som følge av høy hastighet. For å unngå overskridelser av fartsgrensen er det viktig at det ikke er et stort avvik mellom skiltet hastighet og det naturlige fartsnivået i tunnelen. Dersom avviket blir for stort, øker risikoen for at fartsgrensen ikke blir respektert. Et mulig tiltak for å redusere risikoen for sammenstøt i høy hastighet, er å senke fartsgrensen fra 80 km/t til 70 km/t. Siden tunnelen oppleves som bred og oversiktlig, kan det likevel være hensiktsmessig å beholde 80 km/t gjennom hele tunnelen, før hastigheten reduseres til 60 km/t på utsiden. Det er heller ikke ønskelig med kraftig nedbremsing i portalmunningen, da det kan være nedsatt sikt i åpningen og det kan skape en farlig situasjon. Derfor må skiltet for redusert hastighet (60 km/t) nøye vurderes hvor skal plasseres.

Det vil være havarilommer, med avstander opp til 500 meter, som vil gi kjøretøy med motorstans muligheten til å kjøre ut av vegen for å stanse, i stedet for å måtte stanse i kjørebanelen som kan skape en farlig situasjon. Man vil da unngå situasjoner hvor biler i høy hastighet kommer brått på en bil som står stille midt i kjørebanelen.

Møteulykke

Det har forekommet hendelser hvor kjøretøy har kjørt mot kjøreretningen i Fløyfjelltunnelen. Overvåkning med AID-system vil detektere trafikk mot kjøreretningen, for å automatisk kunne stenge av tunnellopet slik at nye kjøretøy ikke kjører inn i tunnelen. Tunnelen vil ha havarilommer som vil gi kjøretøy mot kjøreretningen muligheten til å kjøre til side.

Utforkjøring/påkjøring av konstruksjon

Grunnet uoppmerksomhet kan utforkjøringer eller påkjøring av konstruksjon forekomme. I ny løsning blir kurvegeometrien forbedret, den blir slakere og bredere.

Det er ikke identifisert ytterligere tiltak for sammenstøt.

Foreslåtte tiltak omfatter:

- Forlenge akselerasjons- eller overgangsfelt

- Skilte fare for kø
- Skilt som viser fletting

6.3 Risikoanalyse av kritiske hendelser

Det er gjennomført en risikoanalyse med hensyn til de spesielle egenskapenes påvirkning på de kritiske hendelsene, og eventuelt behov for risikoreduserende tiltak. For risikoanalyse av kritisk hendelse med lekkasje av farlig gods er fullstendig risikovurdering vedlagt i Vedlegg 4.

Tabell 19 Risikoanalyse av kritisk hendelse med lekkasje av farlig gods

#1	Uønsket hendelse	Lekkasje farlig gods
	Spesielle egenskaper	Tunnellengde > 4 km Avstand mellom tverrforbindelser Tverrsnittsgeometri – endring i tunnelprofil Komplisert utforming Risiko for trafikkork Tillatt med transport av farlig gods
	Fare	Lekkasje av giftig eller brannfarlig væske eller gass i tunnelen
	Årsak	En lekkasje av farlig gods i tunnelen kan oppstå som følge av en ulykke, feil på kjøretøy, at kjøretøy går lekk/får sprekker eller brann i farlig godskjøretøy. Den initierende hendelsen for farlig gods-ulykke er typisk en kollisjon eller utforkjøring/velt [9].
	Sannsynlighet	Det er begrenset tilgjengelig data om mengde og type farlig gods som transporteres på strekningen i dag, og om hva som forventes transportert gjennom tunnelen i fremtiden. Ifølge DSBs kartlegging fra 2012 transporteres det en større mengde farlig gods på strekningen, anslått til ca. 346 000 tonn/m³ pr. år. Bergen fungerer som et sentralt knutepunkt for transport på Vestlandet, med nærhet til både industriområder og havn. På grunn av Fløyfjelltunnelens beliggenhet langs E39, går en betydelig andel av transporten av farlig gods langs norskekysten via denne strekningen. Dette medfører høy trafikkbelastning av farlig gods-trafikk på strekningen i dag. Generelt er transport av farlig gods underlagt strenge krav, og farlig gods-kjøretøy skal være i god teknisk stand og merket i henhold til gjeldende regelverk. Basert på beregninger av sannsynligheten for en hendelse med utslipp av farlig gods vurderes sannsynligheten som moderat. For en detaljert sannsynlighetsvurdering, se Vedlegg 4. Det vurderes at mest sannsynlig hendelse er et utslipp av brennbar væske (12-15 m³), uten videre antenelse av utslippet.

	Konsekvens	Konsekvensen ved lekkasje av farlig gods vil være avhengig av type farlig gods og mengde. En mulig konsekvens er lekkasje av brannfarlig stoff (væske eller gass), som videre kan føre til antennelse og eksplosjon. Ifølge beregningene gjort for tunnelen vurderes det imidlertid at sannsynligheten for antennelse av en lekkasje er svært lav, ref. Vedlegg 4. Det vurderes at et utslipp av bensin mest sannsynlig ikke vil føre til videre antennelse. Bensin har et lavt flammepunkt, høy fordampningsevne og kan være giftig i høye konsentrasjoner. Ved større utslipp kan innånding av bensindamp over lengre tid, og i områder med høy konsentrasjon, medføre helseskader. Det antas at et utslipp vil kunne renne og danne en større væskeflate. Tidligere erfaringer og gjennomførte CFD-simuleringer viser imidlertid at ved et utslipp av bensin som danner en åpen væskeflate på omtrent 240 m² mellom tre sluk, er det lite sannsynlig at konsentrasjonen av bensindamp vil nå helsefarlige nivåer. Erfaringer tilsier at dampkonsentrasjonen avtar raskt med høyden, og at tunnelens ventilasjonssystem medvirker til ytterligere fortykning av gassen. Avløpssystemet bygges i tråd med føringer i ny Vegnormal N500:2024. Det vil være grentilkoblede sandfang for hver 80 meter, og med dykkert på hvert utløp. Dette vil sikre at brannfarlig væske ikke kan spre seg i tunnelløpet. Det er planlagt etablert oljeutskiller med tilstrekkelig kapasitet til å kunne håndtere det dimensjonerende væskeutslippet. Avstand mellom sluk vil kunne påvirke konsekvensen av en lekkasje. Det vurderes at anbefalt utforming av sluk iht. N500:2024, med 80 meters avstand, vil fange opp et utslipp av væske i tunnelen på tilstrekkelig måte. Det er viktig at færrest mulig blir eksponert ved en farlig godshendelse. Tunnelen styres med AID-systemer som ved en hendelse vil kunne gi tidlig deteksjon og rask varsling til VTS. Bom og rødt stoppblinksignal utenfor tunnelen vil aktiveres for å sperre av tunnelen og slik forhindre at ytterligere kjøretøy eksponeres for hendelsen, samt redusere sannsynligheten for følgehendelser (påkørsel av personer under evakuering e.l.). Tunnellengde vil også kunne påvirke evakueringstiden for tunnelen. Det er imidlertid tverrforbindelse hver 250 m (med unntak av i de to nordgående rampene), samt at det etableres nødfortau på begge sider i tunnelen, som tilrettelegger for selvredning. Konsekvensen av en slik hendelse avhenger som nevnt av flere faktorer, for eksempel typen stoff som lekker ut i tunnelen, og om et utslipp antenner, og kan derfor variere fra ingen personskaade til hardt skadd eller dødsfall. Iht. beregningene gjort for farlig gods-utslipp i tunnelen, er sannsynligheten for at et utslipp av brannfarlig væske eller gass antennes svært lav.
--	------------	---

	Identifiserte tiltak	- Etablere havarilommer slik at avstand ikke overstiger 250 meter i angitte områder - Etablere tverrforbindelser slik at avstand ikke overstiger 250 meter i angitte områder - Asfaltert skulder i eksisterende tunnelportal med tunnelprofil T8,5 ved Nygårdstangen - Akustiske ledesystemer - Restriksjoner for transport av farlig gods - Utstyr for å stanse trafikk inne i tunnelen - Differensiere DAB-meldinger til hvert løp
--	----------------------	--

Tabell 20 Risikoanalyse av kritisk hendelse med brann i lett og tungt kjøretøy

#2	Uønsket hendelse	Brann i lett og tungt kjøretøy
	Spesielle egenskaper	Tunnellengde > 4 km Tverrsnittsgeometri – endring i tunnelprofil Komplisert utforming Plassering av første tverrforbindelse i inngående kjørefelt ved tunnelportal Bergen er 300 meter fra tunnelåpning Risiko for trafikkork Tillatt med transport av farlig gods I tillegg er følgende spesielle egenskaper relevante for brann i ramper: Stigning over 3% Tverrforbindelser med avstand på 500m Stigning i tverrforbindelse > 5% Brannventilasjon med dimensjonerende branneffekt på 50 MW
	Fare	Brann i lett kjøretøy/ Brann i tungt kjøretøy
	Årsak	Brann i lett eller tungt kjøretøy kan forekomme som en følgehendelse til en ulykke (for eksempel utforkjøring, møteulykke) eller på grunn av feil på kjøretøyet, for eksempel varmgang i bremsen eller teknisk feil.
	Sannsynlighet	Brann utgjør en liten andel av hendelser i tunneler. Et branntilløp/brann er ikke gitt at vil eskalere til overtenning. Ifølge statistikk for branner og tilløp til branner i norske vegtunneler i perioden 2008-2021, har ca. 60% av de registrerte hendelsene utviklet seg til en reell brann [2]. Trafikanter og/eller brannvesenet klarer i de fleste tilfeller å slukke og avverge en større brannhendelse. Ifølge TØIs kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008 -2021 [2], fremgår det at 16% av brannene og tilløp til brann i perioden 2008-

		2021 ble slukket av sjåføren, og 2% av hendelsene av andre trafikanter. 47% av brannene ble slukket av brannvesenet. Det påpekes at tallene for slukking er ufullstendige som følge av manglende data om hvordan brannen ble slukket. Sjåføren, andre trafikanter eller nødetater (politi, ambulansepersonell) kan ha gjort en innsats og forsøkt å slukke brannen eller forhindret utvikling av en større brann før brannvesenet ankommer og overtar slukkearbeidet. Det er krav til å medbringe slukkeutstyr for tyngre kjøretøy, og det vurderes at sjåføren i mange tilfeller vil klare å slukke brannen og avverge en større hendelse. Brann i lette kjøretøy TØI-beregninger for Fløyfjelltunnelen viser at frekvensen for brann eller tilløp til brann i lette kjøretøy er 0,96 per år. Dette tilsier ca. 1 år mellom brann/tilløp til brann. Gitt at 60 % av hendelsene utvikles til reelle branner som omtalt i kap. 2.2.4, tilsier dette at det statistisk sett er ca. 2 år. mellom hendelser med brann i lett kjøretøy. Det vurderes derfor at brann i lett kjøretøy vil oppstå ofte. Brann i tungt kjøretøy TØI-beregninger for tunnelen viser at frekvensen for brann eller tilløp til brann i tunge kjøretøy er 0,62 per år. Dette tilsier en brann eller tilløp til brann ca. hvert 2. år. Gitt at 60 % av hendelsene utvikles til reelle branner som omtalt i kap. 2.2.4, tilsier dette at det statistisk sett er ca. 3 år. mellom hendelser med brann i tungt kjøretøy. Det vurderes derfor at brann i tungt kjøretøy vil oppstå ofte.
	Konsekvens	I norske vegtunneler er det selvredningsprinsippet som gjelder. Tunnelen utstyres med AID-systemer, som ved en brannhendelse vil gi tidlig deteksjon og rask varsling til VTS. AID-systemet vil også kunne gi informasjon om brannstedet i tunnelen, og VTS kan iverksette nødvendige tiltak. Videre kan VTS videreformidle nyttig informasjon til brannvesenet, som kan bidra til planlegging av innsats. Det etableres brannventilasjon dimensjonert for 100 MW brann i hovedløpene, som bidrar til å sikre en røykfri side for evakuering og innsats fra nødetatene. I ramper etableres det brannventilasjon dimensjonert for 50 MW brann. Beregninger av evakuering i kjøretøy, presentert i Vedlegg 3, viser at det ved saktegående trafikk (10 km/t) kan oppstå situasjoner der kjøretøy blir stående i røykfylt sone ved en 100 MW-brann. Dersom brannventilasjonen settes på full hastighet, med en luftstrøm på rundt 4,5 m/s, vil trafikk som beveger seg i 10 km/t eller lavere raskt kunne bli innhentet av røyken. Det anbefales derfor at det legges til rette for lavere ventilasjonshastighet i den innledende fasen etter en brann, slik at røykspredningen dempes og forholdene for selvredning forbedres.

	Kølengden kan i verste fall bli rundt 2 km, ifølge konservative beregninger. Med en hastighet på 10 km/t vil et kjøretøy bruke omtrent 12 minutter på å forflytte seg 2 km. En typisk brann kan starte i motorrommet og bruke noe tid på å utvikle seg og spre seg til resten av kjøretøyet. Det antas derfor at det vil gå noe tid før sikten blir kritisk dårlig for trafikanter. Det er også mulig å forlate kjøretøy og ta seg ut via tverrpassasjene dersom det blir nødvendig. Kjøretøy vil også kunne benytte avkjøringer ved Eidsvåg og Sandviken dersom trafikkbildet tillater det. Samtidig bemerkes det at kapasiteten ved etablering av nytt rampesystem, utbedring av kryssløsning på sørsiden av tunnelen, og tofelts kryss mot Eidsvåg, forventes å bli vesentlig bedre enn på eksisterende veg, slik at risiko for saktegående kø reduseres. Lav ventilasjonshastighet i evakueringsfasen, samt utbedring av vegsystem i tilknytning til tunnelen, er vurdert å redusere sannsynligheten for at trafikanter som har passert brannstedet og er på vei ut av tunnelen eksponeres for røyk. Bruk av bommer og rødt stoppblinksignal vil forhindre at ytterligere trafikanter involveres i hendelsen. Dette vil bidra til å redusere antall kjøretøy som kan bli fanget i røyk. Trafikanter på vei inn mot brannstedet vil bli varslet via innsnakk på radio (DAB). Ved innsnakk bryter VTS inn på radioanlegget, uavhengig av radiokanal. Dette vil kunne redusere bilistenes reaksjonstid, altså tiden det tar frem til de iverksetter selvredning. Videre etableres det havarilommer hver 250 m iht. N500:2024, med unntak av ved av og påkjøringsramper, som tilrettelegger for at mindre kjøretøy kan snu. Det forventes at de fleste kjøretøy vil kunne kjøre forbi brannstedet i løpet av de første minuttene i brannforløpet. Det kan imidlertid oppstå ulykker som sperrer vegbanen. Erfaring fra tidligere brannhendelser i Norge viser at tunge kjøretøy er spesielt sårbare ifm. evakuering. Det er ikke planlagt snunisjer i tunnelen, og tyngre/større kjøretøy vil derav ikke ha snumuligheter. Trafikanter på vei inn mot brannstedet vil imidlertid befinne seg på røykfri side av brannen siden ventilasjonsretningen vil være med kjøreretningen i normalsituasjonen. Det er utført beregninger for selvredning til fots, se Vedlegg 3 for detaljert informasjon og oversikt over forutsetninger og antagelser som er lagt til grunn. For et teoretisk 100 MW-brann-scenario hvor man beveger seg i røyk med ganghastighet 0,7 m/s, viser beregningene at tilgjengelig evakueringstid og -lengde er ca. 30 minutter og 850 m før grenseverdien for inkapasitans inntreffer (akkumulert røykdose er så stor at man ikke er i stand til å evakuere lengre). Tunnelen er godt tilrettelagt for selvredning med tverrforbindelse hver 250 m (med unntak av i overgang hovedløp – rampe, og i inngående
--	--

		kjørefelt ved tunnelportal sør), noe som gir tilstrekkelig handlingsrom for evakuerende til fots for de fleste brannscenarier. Tverrforbindelse utformes med grønne LED-lyslister rundt dørene så nødutgangene skal være enkle å finne. Man kan imidlertid bli utsatt for røykskader dersom man blir fanget i røyk og må gå korte strekk i røyk. Tunnelen er også godt tilrettelagt for selvredning ved at det etableres nødfortau, sammenhengende evakueringsbelysning og nødstasjoner hver 125 m iht. N500:2024 (altså hyppigere enn krav i TSF). Nødstasjoner inneholder nødtelefon og brannslukkere som kan benyttes ved en mindre brann eller for å hindre at et tilløp til brann utvikler seg. Videre etableres det kameraovervåking i tverrforbindelse som vil kunne bidra til å gi VTS og brannvesenet ytterligere informasjon underveis i forløpet mhp. evakuerende til fots. Det skal som nevnt etableres brannventilasjon dimensjonert for 100 MW brann i hovedløp og 50 MW i ramper, og det skal etableres slokkevann gjennom tunnelen. Dette tilrettelegger for effektiv innsats når brannvesenet ankommer tunnelen. I tillegg har brannvesenet mulighet til å gjennomføre innsats fra flere angrepsveier, både via portaler samt på- og avkjøringsramper. Det etableres beredskapsåpning foran tunnelportalene, slik at nødetatene kan krysse over til motsatt kjøreretning rett utenfor portaler. Videre vil gangbare tverrforbindelse og motsatt tunnellop kunne være tilgjengelig. Om det er mulig å benytte motsatt tunnellop til nødetatenes kjøretøy må imidlertid vurderes i hvert enkelt tilfelle, og er avhengig av om det pågår omfattende anleggs-/vedlikeholdsarbeid der. Med bakgrunn i planlagte barrierer og ovennevnte beskrivelser vurderes det at en mindre brann i hovedsak vil medføre lettere skadde. Det vurderes konservativt at en stor brann kan medføre hardt skadde ettersom evakuerende kan bli utsatt for røykskader, selv om det er kort avstand til nærmeste nødutgang (250 m mellom tverrforbindelse).
	Identifiserte tiltak	• Tidsstyrt brannplan med redusert ventilasjonshastighet i evakueringsfasen • Etablere havarilommer slik at avstand ikke overstiger 250 meter i angitte områder • Etablere tverrforbindelser slik at avstand ikke overstiger 250 meter i angitte områder • Asfaltert skulder i eksisterende tunnelportal med tunnelprofil T8,5 ved Nygårdstangen • Differensiere/tilpasse DAB-meldinger til hvert løp • Akustiske ledesystemer • Utstyr for å stanse trafikk inne i tunnelen

6.4 Beskrivelse av troverdige verstefallshendelser (TVH'er)

Uønsket hendelse	TVH #1	Begrunnelse for TVH
Brann i tungt kjøretøy i hovedløp	100 MW brann i tungt kjøretøy ca. 100 m fra søndre tunnelportal i nordgående løp. Kun kjørefeltet med «brannkjøretøyet» er sperret, motgående kjørefelt er fritt.	Tungtrafikkandel på strekningen er 7%. Det er identifisert flere spesielle egenskaper som påvirker sannsynligheten for og konsekvens av brann.
Fenomen		
100 MW brann i tungt kjøretøy		
Brukssituasjon		
Saktegående kø	Dimensjonerende scenario tar utgangspunkt i saktegående kø, slik at det er kjøretøy i tunnelen i hele tunnellopet, nedstrøms brannen.	For å hensynta særtrekk som omhandler stor økning i trafikkmengde i rushtid er det lagt til grunn saktegående kø. Trafikkmengde og plassering av brannen er valgt for å sikre at det er en utfordrende, men like fullt troverdig situasjon som analyseres og evalueres. Basert på statistikk fra kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008- 2021 er det et fåtall av brannene som forårsakes av kollisjon mellom kjøretøy (4%). Basert på denne statistikken er det vurdert å være troverdig at hendelsen involverer ett kjøretøy, der kjøretøyet ikke sperrer vegbanen.

Uønsket hendelse	TVH #2	Begrunnelse for TVH
Brann i tungt kjøretøy i nordgående ramper	100 MW brann i et tungt kjøretøy plassert omtrent midt mellom tverrpassasjene med størst innbyrdes avstand i rampene, rundt 250 meter inn fra hovedløpet i de nordgående rampene.	Tungtrafikkandel på strekningen er 7%. Det er identifisert flere spesielle egenskaper som påvirker sannsynligheten for og konsekvens av brann.
Fenomen		
100 MW brann i tungt kjøretøy		
Brukssituasjon		
Saktegående kø.	Dimensjonerende scenario tar utgangspunkt i saktegående kø, slik at det kjøretøy i hele rampenes lengde, nedstrøms brannen.	For å hensynta særtrekk som omhandler stor økning i trafikkmengde i rushtid er det lagt til grunn saktegående kø. Trafikkmengde og plassering av brannen er valgt for å sikre at det er en utfordrende, men like fullt troverdig situasjon som

		analyseres og evalueres. Basert på statistikk fra kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008- 2021 er det et fåtall av brannene som forårsakes av kollisjon mellom kjøretøy (4%). Basert på denne statistikken er det vurdert å være troverdig at hendelsen involverer ett kjøretøy, der kjøretøyet ikke sperrer vegbanen
--	--	--

Uønsket hendelse	TVH #3	Begrunnelse for TVH
Lekkasje farlig gods	Utslipp av brannfarlig væske (eks. bensin) i størrelsesorden 12-15 m³ fra tankbil, ca. midt i tunnelen. Væskeutslippet antennes ikke.	Basert på sannsynlighetsberegninger ansees det som realistisk at en ulykke med farlig gods-transport, som videre fører til lekkasje, kan oppstå. Sannsynligheten for videre antennelse etter lekkasje er imidlertid så lav at det ikke er valgt å vurdere dette scenarioet videre.
Fenomen		
Utslipp av brannfarlig væske (eks. bensin) i størrelsesorden 12-15 m ³		
Brukssituasjon		
Normalsituasjon med normal ÅDT, utslipp ca. midt i tunnelen		

6.5 Analyse av sårbarhet

Sårbarhet omhandler tunnelsystemets manglende evne til å motstå uønskede hendelser eller varige påkjenninger, samt til å opprettholde eller gjenoppta sin funksjon.

Flere av de identifiserte særtrekkene for tunnelen (tunnellengde, fare for trafikkork og transport av farlig gods etc.) vurderes ikke å være sårbarheter i tunnelsystemet i seg selv, men kan anses som ytre forhold som påvirker hvilke uønskede hendelser som kan oppstå i tunnelen og dermed hvilke sårbarheter i tunnelsystemet som er særlig relevante. For Fløyfjelltunnelen anses følgende sårbarheter å være særlig relevante:

- Dagens løsning har noe begrenset kapasitet, som kan føre til perioder med kødannelse og redusert fremkommelighet. Dette gjør systemet sårbart ved trafikale topper, uforutsette hendelser og økt belastning over tid. Med den nye løsningen og en utbedring av kapasiteten i vegnettet vil denne sårbarheten reduseres betydelig. Økt kapasitet vil bidra til bedre flyt, mindre risiko for at trafikk stopper opp, og en mer robust og stabil trafikkavvikling.
- Ved ulykker som medfører større utslipp av brennbare gasser eller væsker, kan **innsats fra nødetater være begrenset** på grunn av sikkerhetshensyn for menneskene. Dette gjør det utfordrende å gjennomføre effektiv innsats for å begrense konsekvensene av hendelsen, herunder risiko for skade på tunnelkonstruksjonen. Begrensningen gjelder uavhengig av utrykningstid.
- Sikkerhetsutrustningen** i tunnelen må fungere som tiltenkt. I forbindelse med

oppgraderingen av eksisterende tunnel og etableringen av ny tunnel vil flere sikkerhetssystemer implementeres eller oppgraderes. Blant annet vil tunnelen utstyres med nødstrømsystem som forsyner nødvendig sikkerhetsutstyr iht. N500:2024.

Strøm-, måle- og kontrollkretser konstrueres slik at lokal svikt ikke påvirker uberørte kretser og sikkerhetsutrustning utformes iht. krav om brannmotstand. Med bakgrunn i dette vurderes det at denne sårbarheten til tunnelsystemet er betydelig redusert, og at det er sannsynlig at sikkerhetsutrustningen vil fungere som tiltenkt ved en uønsket hendelse.

6.6 Vurdering av sensitivitet

Fordi en risikoanalyse alltid baseres på en rekke valg, vil resultatene kunne være sensitive for disse valgene. For eksempel vil branneffekt, ganghastighet ved evakuering til fots, ÅDT, stengetid for tunnelen og mengder farlig gods påvirke resultatet i analysen.

Et utvalg sensitiviteter som anses særskilt relevante er nærmere beskrevet under.

Type kjøretøy

Antallet og type kjøretøy som befinner seg i tunnelen vil variere gjennom tid på døgnet og året. Ved en brannhendelse der for eksempel en buss blir stående fast i tunnelen vil det potensielt bli mange personer som må evakuere til fots, sammenlignet med en personbil eller lastebil. Selv om det ikke er identifisert spesiell busstrafikk i tunnelen, vil eksempelvis en turistbuss kunne ha en høy andel eldre personer om bord. Disse vil trolig ikke kunne evakuere i samme hastighet som fullt funksjonsfriske personer, og enkelte vil kanskje ikke kunne evakuere for egen maskin. Dette kan gi en ekstra krevende evakueringssituasjon.

Beregning av akkumulert røykdose – FED

FED er et uttrykk for akkumulert dose som resulterer i en spesifisert effekt på en gjennomsnittlig person. En FED på 1 er den akkumulerte dosen som vil gjøre 50% av befolkningen ute av stand til å evakuere. Denne grenseverdien representerer et estimat eller «best guess». En persons evne til å fungere ved opphold i brannrøyk vil variere, og er blant annet avhengig av helsetilstand, alder, aktivitet/pusterate og lokalisering i forhold til røykutbredelsen. Verdien er benyttet i beregninger for selvredning til fots i tunnelen og påvirker estimert tilgjengelig evakueringsstid.

Ganghastighet

Det er i beregningene benyttet en nedre grense for ganghastighet i tykk røyk på 0,3 m/s, som tilsvarer ganghastighet ved blind evakuering (i mørke/ svært dårlig sikt). Ved god sikt (mer enn 10 m) er det benyttet en ganghastighet på 0,7 m/s, som er vurdert å være en relativt konservativ verdi. Denne ganghastigheten hensyntar den bratte stigningen enkelte steder i tunnelen (5%), og at det eventuelt kan være eldre personer eller personer med nedsatt funksjonsevne som evakuerer. I f.eks. I NordFoU-prosjektet [10] ble det vurdert en gjennomsnittlig ganghastighet på 1,5 m/s, av et intervall på 0,75-2,25 m/s, der ytterpunktene i intervallet er personer i meget dårlig og meget god form. I oppoverbakke vil ganghastigheten reduseres (det er vurdert at ganghastigheten reduseres opp mot 20% når stigningen går opp til 7%). Ved evakuering nedover vil ganghastigheten kunne stige 10-20%. I sum vurderes det at benyttet ganghastighet er representativ for evakuerende som går i bratt oppoverbakke.

Menneskelige feil

Menneskelige faktorer eller tekniske feil kan påvirke hendelsesforløpet, og kan medføre at noen av aksjonene tar lengre tid enn antatt i analysen. Dette kan for eksempel være feil som gjør at hendelsen varsles sent, at det tar lengre tid enn antatt å tømme tunnelen for kjøretøy, eller at evakuerende til fots venter for lenge før de tar en beslutning om å forlate kjøretøyet.

6.7 Vurdering av usikkerhet

Det foreligger generelt mangelfull informasjon om transport av farlig gods, noe som medfører betydelig usikkerhet knyttet til både type og mengde farlig gods på den aktuelle strekningen. DSBs oversikt over transport av farlig gods er utarbeidet i 2012, og reflekterer derfor ikke endringer knyttet til nye industrier eller endrede transportmønstre gjennom for eksempel Fløyfjelltunnelen. Det er opplyst fra DSB at det ikke finnes nye nasjonale data per dags dato. DSB bemerker også at det har vært en betydelig økning i antall elektriske kjøretøy på norske veier etter kartleggingen i 2012. Dette har medført en markant reduksjon i transport av drivstoff i tank.

Transporten av hydrogen, ammoniakk og batterier forventes å øke betydelig i årene som kommer, i takt med elektrifisering av transportsektoren og globale mål om bærekraft og grønn omstilling. Dette vil også medføre økt transport av slike stoffer på vegnettet. Informasjon om dagens transportomfang for disse stoffene gjennom Fløyfjelltunnelen er imidlertid begrenset.

Det presiseres at transport av hydrogen, ammoniakk og batterier ikke er vurdert nærmere i denne analysen, da det per i dag ikke foreligger informasjon som tilsier at det foregår transport av disse stoffene i større omfang innenfor det aktuelle området. Sannsynligheten vurderes derfor som svært liten. Det er imidlertid usikkerhet knyttet til fremtidig utvikling, det forventes at dette bildet vil endre seg i takt med den grønne omstillingen, og det kan bli aktuelt med mer detaljerte vurderinger i fremtiden.

Det vurderes at estimer i DSBs oversikt er representative og som det beste tilgjengelige datagrunnlaget per i dag. For å ivareta en konservativ tilnærming i vurderingene er det imidlertid lagt til grunn en høyere andel farlig godstransport (av total tungtrafikk) enn det som fremkommer i DSBs kartlegging fra 2012, jf. beregningene i Vedlegg 4.

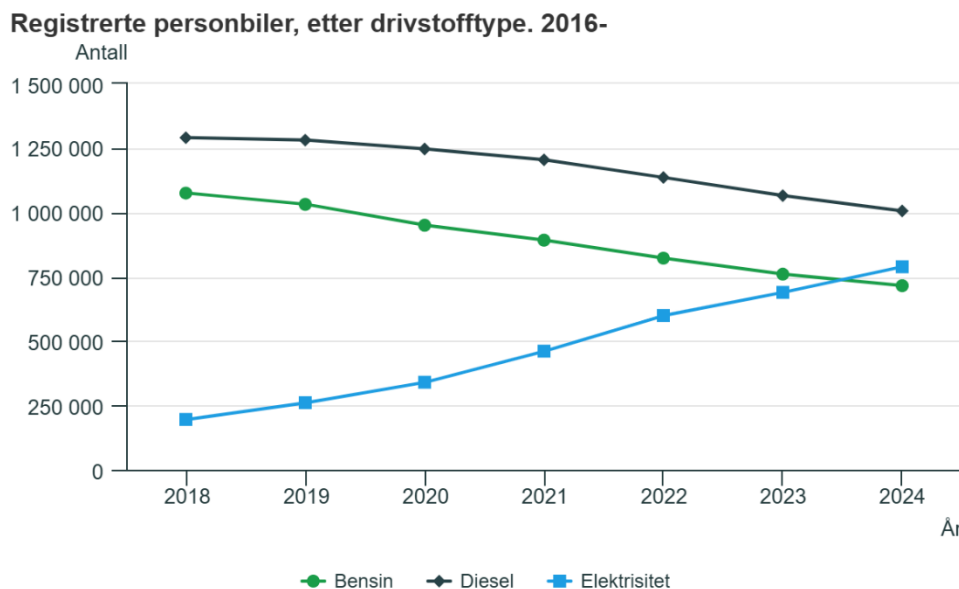
For evakueringsberegningene er flere antagelser og forutsetninger lagt til grunn. Dette vil direkte påvirke resultatet, og utgjør dermed en usikkerhet. Beregningene er teoretiske og de situasjonsspesifikke forhold ved en uønsket hendelse kan ikke fullt ut dekkes av slike analyser. For eksempel vil lokasjon av brannstedet, type- og antall kjøretøy involvert i hendelsen samt vær- og vindforhold og brannutvikling påvirke det reelle utfallet av en uønsket hendelse.

Under analysemøtene deltok relevant kompetanse. Analysen baseres på analysedeltakernes erfaring og faglige skjønn, samt tilgjengelig informasjon om løsningene på analysetidspunktet. Det vurderes at analysegruppen har tilstrekkelig erfaring og kompetanse, og at metodikken anvendt i analysen er tilstrekkelig for å sikre lav sannsynlighet for feil. Det vurderes at usikkerheten i analysen er akseptabel.

6.7.1 Fremtidig utvikling med hensyn til elektriske kjøretøy

Det er betydelig usikkerhet knyttet til hvordan ulykkes- og brannstatistikk vil utvikle seg i takt med at bilparken gradvis elektrifiseres. Overgangen til elbiler innebærer nye teknologier, nye energibærere og endrede bruksmønstre, noe som gjør det utfordrende å forutsi framtidige risikobilder basert på historiske data. Mens tradisjonelle forbrenningsmotorer har et velkjent brannforløp og omfattende statistisk grunnlag, er erfaringene med litium-ion-batterier fortsatt relativt begrenset. Samtidig utvikles både batteriteknologi, sikkerhetssystemer og infrastruktur i høyt tempo, noe som ytterligere kompliserer muligheten for å trekke sikre konklusjoner om fremtidig ulykkes- og brannutvikling.

Ved utgangen av 2024 var det registrert 788 750 elektriske personbiler i Norge, noe som tilsvarer 27,4 prosent av hele personbilparken [11]. Til sammenligning var det i 2016 kun registrert 97 532 elbiler – under 4 prosent av bilparken. Utviklingen viser dermed en tydelig og markant overgang mot elektrifisering av den norske bilbestanden, se Figur 11.

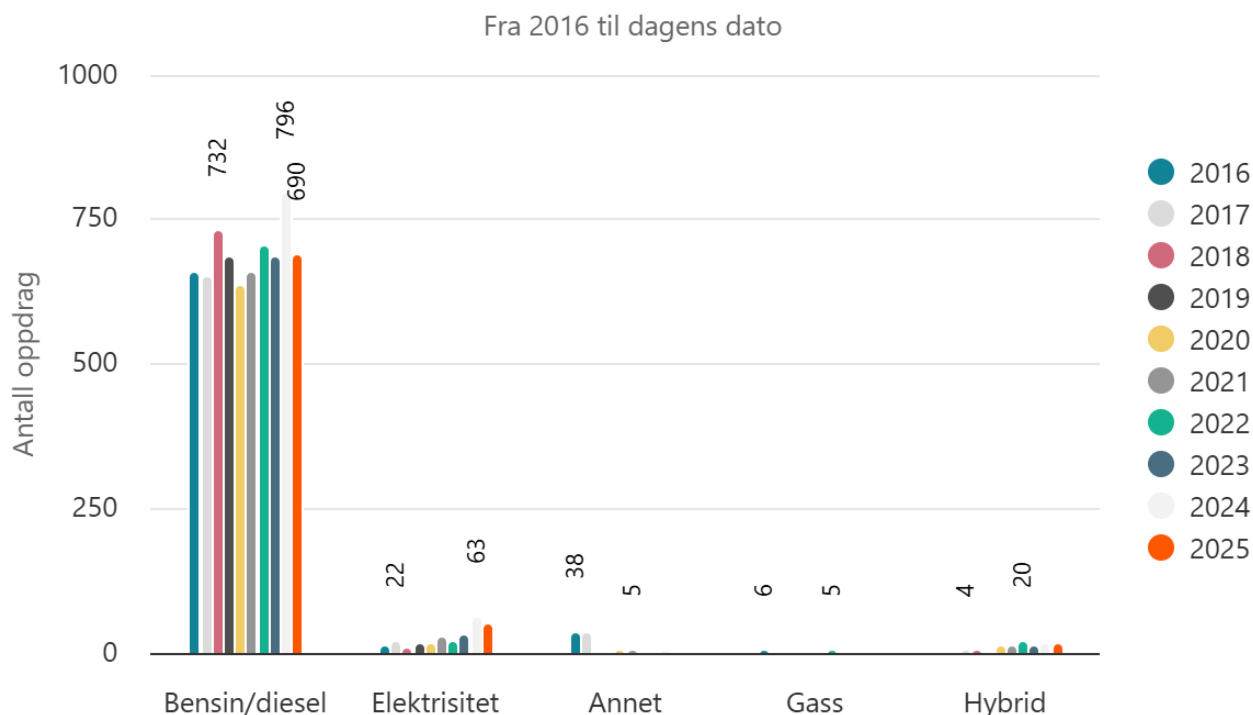


Figur 11 Viser statistikk for registrerte personbiler etter drivstofftype i perioden 2016-2024 [11]

Når det gjelder trafikkuulykker med personskade, viser tall fra perioden 2018–2023 at elbiler ikke var overrepresentert i slike ulykker [12]. Elbilenes andel av personbiler involvert i ulykker steg fra 7 prosent i 2018 til 25 prosent i 2023, men dette følger tett utviklingen i både elbilenes andel av personbilbestanden (fra 7 til 24 prosent) og deres andel av den samlede kjørelengden (fra 7 til 28 prosent). Medianavviket mellom ulykkesandel og personbilbestand var så lite som 0,1 prosent, og -0,7 prosent mellom ulykkesandel og kjørelengdeandel. Dette betyr at elbiler er omtrent like ofte involvert i ulykker som deres bruk og antall skulle tilsi.

For bensin-, diesel- og hybridbiler var avvikene mellom ulykkesandeler og bestand generelt små, med medianavvik på under ± 2 prosent. De eneste tydeligere forskjellene ble funnet mellom fossilbilenes ulykkesandeler og kjørelengdeandeler: Bensinbiler var gjennom perioden overrepresentert i ulykker sett i forhold til hvor mye de kjøres (medianavvik 7,2 prosent), mens dieslbiler var underrepresentert (medianavvik -4,4 prosent), særlig i årene 2018–2021. Den samlede analysen viser dermed ingen tegn til at elbiler har høyere ulykkesrisiko enn andre personbiler når en justerer for antall kjøretøy og kjørelengde.

Også når det gjelder brannstatistikk peker tallene i samme retning. Ifølge Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) ble det i 2024 registrert 63 branner i elbiler, mot 796 branner i bensin- og dieslbiler [13]. Sett i lys av at elbiler utgjorde nær 25 prosent av bilparken, viser dette tydelig at brann forekommer langt sjeldnere i elbiler enn i kjøretøy med forbrenningsmotor. Statistikken viser at kun 7% av kjøretøyene det startet å brenne i, i løpet av 2024, var elektriske, se Figur 12.



Figur 12 Viser drivstoff for bilen/kjøretøyet det startet å brenne i i perioden 2016-2025 [13]

Diagrammet viser antall personbilbranner per år, fordelt etter drivstofftype. I statistikken inngår personbiler som er registrert for persontransport med maksimalt åtte sitteplasser i tillegg til førerstedet. Tallene omfatter kun branner der brann- og redningsvesenet faktisk har rykket ut. Et forhold som potensielt kan gjøre statistikken misvisende til fordel for elbilene, er at elbilene er yngre enn gjennomsnittet av biler med forbrenningsmotor.

Branner som oppstår i personbiler inne i bygninger er ikke inkludert, ettersom disse registreres som *brann i bygning* med kjøretøy som antatt startsted. Også biler som begynner å brenne som følge av en trafikkulykke er utelatt fra oversikten.

I et forskningsprosjekt utført av SP Fire Research [14] er det undersøkt om elektriske biler kan begynne å brenne som følge av en ulykke. Et delmål i forsøket var å vurdere om et elbilbatteri kunne antenne av seg selv dersom bilen ble utsatt for en kraftig kollisjon. I testen ble en elbil sluppet i fritt fall fra 20 meters høyde for å simulere en slik kollisjon. Umiddelbart etter sammenstøtet begynte det å ryke kraftig fra batteriet, og etter rundt 7 minutter oppsto synlige flammer. Bilen fikk deretter brenne fritt, og etter 2,5 timer var temperaturen i ulike deler av batteripakken mellom 310 og 540 °C, med bilen fullstendig utbrent. Testen viser at en elbil kan begynne å brenne som følge av en kraftig kollisjon, men det er ikke grunnlag for å si om andre elbilmodeller ville reagert på samme måte. Om et batteri antenner avhenger av flere faktorer, blant annet kollisjonens energi, treffpunkt, batteriets plassering og graden av fysisk beskyttelse.

Når det gjelder røyk fra elbilbranner, utgjør den en særlig risiko. En studie gjennomført av RISE viser at både litteraturgjennomgang, branntester og simuleringer bekrefter at utslipp fra elektriske kjøretøy og litium-ion-batterier skiller seg fra konvensjonelle biler [15]. Spesielt er hydrogenfluorid (HF) og enkelte metaller (avhengig av battericellekjemi) til stede i røkgassen, noe som gjør røyk fra elbiler mer giftig. HF er etsende og kan gi alvorlige skader ved inhalasjon eller hudkontakt. I tillegg kan fluoridioner trenge gjennom hud og vev og forårsake systemisk forgiftning, noe som gjør HF til en særskilt farlig komponent i røyken.

Sammenlignet med brannrisikoen i bensin- og dieseldrevne kjøretøy er de største utfordringene ved batterielektriske kjøretøy knyttet til potensielt lang slokketid, giftigere røykgass, høyt vannforbruk og økt risiko for reantenning. Det antas at vurderingene knyttet til de beskrevne troverdige verstefallshendelsene i denne analysen også vil være representative for en brann i et elektrisk kjøretøy.

7 Risikoevaluering

I dette kapitlet er evalueringskriteriet kombinert med hver TVH for å fastslå om minste tillatte sikkerhetsnivå er tilfredsstillt. Merk at tiltakene som er forutsatt implementert for å ivareta minstekrav i TSF og tiltak som forutsatt utover direktekrav i TSF, er ansett implementert i denne vurderingen.

Tabell 21: Risikoevaluering av TVH

#1	TVH: 100 MW brann i tungt kjøretøy i hovedløp	
	Påstand/evalueringskriterium	Trafikanter sikkerhet vurderes å være fullt ut ivaretatt ved brann i tungt kjøretøy med brannstørrelse 100 MW, ca. 100 m fra søndre tunnelportal i nordgående løp, uten sperring av vegbanen. Det er saktegående kø.
	Logikk	Fordi alle som ikke er direkte involvert i hendelsen med kjøretøyet som brenner kan evakueres ut av tunnelen uten å bli eksponert for livstruende røyk, følger det at sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.
	Premisser	- Varsling og stenging - Det er AID-system for rask stenging av tunnelen ved en hendelse - Det er fjernstyrte bomber og tilhørende rødt stoppblinksignal utenfor tunnelen for å hindre at biler kjører inn i tunnelen etter en detektert brannhendelse - VTS har mulighet for innsnakk via DAB (radio) for å varsle trafikanter tidlig om en hendelse i tunnelen. - Det er brannventilasjon i tunnelen dimensjonert for 100 MW brann i hovedløp (og med mulighet for å snu ventilasjonsretningen ved behov). - Nødstasjoner hver 125 m iht. krav i N500:2024. - Det bør etableres mobildekning i tunnelen som vil kunne bidra til varsling av en hendelse til VTS. - Tunnelen er tilstrekkelig tilrettelagt for selvredning - Tverrforbindelser hver 250 m (med unntak av i ramper) - Nødfortau - Sammenhengende evakueringslys og markerte nødutganger - Lav hastighet på brannventilasjonen i den første fasen/evakueringsfasen. Dette hindrer hurtig spredning av røyk og legger til rette for trygg evakuering under mest mulig røykfrie forhold. Tidsstyrt brannplan.
#2	TVH: 100 MW brann i tungt kjøretøy i nordgående ramper	
	Påstand/evalueringskriterium	Trafikanter sikkerhet vurderes å være fullt ut ivaretatt ved brann i tungt kjøretøy med brannstørrelse 100 MW plassert omtrent midt mellom tverrpassasjene med størst innbyrdes avstand i de nordgående rampene, rundt 250 meter inn fra hovedløpet. Det er saktegående kø i tunnelen.
	Logikk	Fordi alle som ikke er direkte involvert i hendelsen med kjøretøyet som brenner kan evakueres ut av tunnelen uten å bli eksponert for livstruende røyk, følger det at sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.

	Premisser	- Varsling og stenging - Det er AID-system for rask stenging av tunnelen ved en hendelse - Det er fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal utenfor tunnelen for å hindre at biler kjører inn i tunnelen etter en detektert brannhendelse - VTS har mulighet for innsnakk via DAB(radio) for å varsle trafikanter tidlig om en hendelse i tunnelen. DAB dekning i hele tunnelen. - Det er brannventilasjon i tunnelen dimensjonert for 50 MW brann i ramper. Ved saktegående trafikk (10 km/t) kan det iht. beregninger oppstå situasjoner der kjøretøy blir stående i røykfylt sone ved en 100 MW-brann. Det forutsettes derfor at det legges til rette for lavere ventilasjonshastighet i den innledende fasen etter en brann, slik at røykspredningen dempes og forholdene for selvredning forbedres. - Nødstasjoner hver 125 m iht. krav i N500:2024. - Det bør etableres mobildekning i tunnelen som vil kunne bidra til varsling av en hendelse til VTS. - Tunnelen er tilstrekkelig tilrettelagt for selvredning - Avstanden til nærmeste tverrpassasje overstiger 250 meter, men dersom kjøretøy befinner seg oppstrøms brannen, er det mulig å kjøre ut. I områder nedstrøms brannen, hvor avstanden til tverrpassasje kan være over 250 meter, vil det være tilnærmet røykfritt for evakuerende. - Nødfortau - Sammenhengende evakueringslys og markerte nødutganger - Lav hastighet på brannventilasjonen i den første fasen/evakueringsfasen. Dette hindrer hurtig spredning av røyk og legger til rette for trygg evakuering under mest mulig røykfrie forhold. Tidsstyrt brannplan.
#3	TVH: Utslipp størrelsesorden 12-15 m³ av brannfarlig væske (bensin), uten antennelse, ca. midt i tunnelen i en normalsituasjon med gjennomsnittlig ÅDT.	
	Påstand/evalueringskriterium	Trafikanter sikkerhet vurderes å være fullt ut ivaretatt ved utslipp av brannfarlig væske, uten at lekkasjen antennes, i størrelsesorden 12-15 m ³ . Hendelsen skjer ca. midt i tunnelen uten sperring av vegbanen.
	Logikk	Avløpssystemet forutsettes utformet iht. krav i TSF slik at det ikke er fare for spredning i tunnelløpet. Alle som ikke er direkte involverte i hendelsen rekker å evakuere til trygt sted før de eksponeres for farlige nivåer av bensindamp. Av dette følger det at sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.
	Premisser	Avløpssystemet er utformet iht. krav i TSF og vil forhindre stor spredning av et utslipp. Varsling og stenging

		○ Det er AID-system for rask stenging av tunnelen ved en hendelse ○ Det er fjernstyrte bomber og tilhørende rødt stoppblinksignal utenfor tunnelen for å hindre at biler kjører inn i tunnelen etter en detektert brannhendelse ○ VTS har mulighet for innsnakk via DAB(radio) for å varsle trafikanter tidlig om en hendelse i tunnelen. DAB dekning i hele tunnelen. • Tunnelen er tilstrekkelig tilrettelagt for selvredning ○ Tverrforbindelser hver 250 m (med unntak av i ramper) ○ Nødfortau ○ Sammenhengende evakueringslys og markerte nødutganger ○ Nødstasjoner hver 125 m iht. krav i N500:2024.
--	--	---

7.1 Risikoreduserende tiltak

I dette kapittelet beskrives de foreslåtte risikoreduserende tiltakene for tunnelen. Tabell 22 oppsummerer alle risikoreduserende tiltak som ble identifisert ifm. evalueringen av de kritiske hendelsene og vurderingen av dem.

Tabell 22 Risikoreduserende tiltak.

ID	Tiltak	Beskrivelse	Vurdering tiltak
T-1	Tidsstyrt brannplan med redusert ventilasjonshastighet i evakueringsfasen.	Iht. N500:2024 skal ventilasjonsanlegg installeres i vegtunneler med lengde over 1000 m når ÅDT er > 1000. I tunnelklasse F > 2000 m skal det dimensjoneres for ventilasjonshastighet på minst 4,5 m/s oppstrøms, med en dimensjonerende branneffekt på 100 MW. Hovedløpene dimensjoneres deretter. For rampene dimensjoneres det for en ventilasjonshastighet på 3 m/s, med en dimensjonerende branneffekt på 50 MW. Ventilasjonsstrategien i Fløyfjelltunnelen har som hovedprinsipp å ventilere med kjøreretningen, med unntak av påkjøringsrampen i Eidsvåg. Rampen er kort og har minimalt med plass til vifter, det blir derfor ventilert mot kjøreretning og ut rampeportal. Røyk fra brann blir som hovedprinsipp ventilert ut ventilasjonstårn. Beregninger av evakuering i kjøretøy viser at det kan oppstå situasjoner der trafikanter blir stående i saktegående kø i røyk. I slike tilfeller bør full/høy hastighet på brannventilasjonen	Tiltaket må implementeres for å ivareta laveste tillatte sikkerhetsnivå.

		unngås. Det vurderes nødvendig å etablere en tidsstyrt brannplan med redusert ventilasjonshastighet i evakueringsfasen. Dette gir trafikanter nødvendig tid til å komme seg ut av tunnelen – enten ved å kjøre ut selv eller ved å evakuere til fots – før større deler av tunnelen fylles med røyk.	
T-2	Bom for å stanse trafikk inne i tunnelen.	For tunneler med lengde over 3000 m og ÅDT > 2000 per kjørefelt anbefaler TSF å anbringe utstyr for å stanse kjøretøy i nødstilfeller, bestående av trafikklys og eventuelt høyttalere, meldingsskilt eller bomber. Ved en eventuell brann i hovedløp etter rampene, kan en bom inne i tunnelen brukes til å dirigere trafikken ut via rampen, slik at kjøretøy på vei mot brannstedet får mulighet til å evakuere. Dette kan imidlertid medføre trafikkopphopning og kø i rampen og tilknyttet vegsystem. I tillegg kan bomber utgjøre en risiko for påkjøring. Bommer i tunnelen vurderes som ugunstig. Det anbefales imidlertid tydelig skilting og bruk av variable skilt som signaliserer stengt rampe/stengt felt.	Tiltaket vurderes ikke som nødvendig å implementere
T-3	Kjørbar tverrforbindelse.	Iht. TSF skal det i toløpstunneler der løpene ligger på samme nivå eller nesten samme nivå, finnes tverrforbindelser som egner seg til bruk for redningstjenestene minst hver 1500 m. Per i dag er tverrforbindelsene ikke kjørbare. For at redningstjenestene skal kunne bruke dem med utrykningskjøretøy må profilen økes fra T4 til T5,5. Det er flere krav som må oppfylles for å gjøre passasjene kjørbare.	Behov for kjørbare tverrforbindelser håndteres i prosess for beredskapsplanlegging.
T-4	Beholde asfaltert skulder i eksisterende tunnelportal med tunnelprofil T8,5 ved Nygårdstangen	Tunnelen er planlagt bygd med tunnelprofil T9,5 med 1 m bankett i hovedløpene. I de siste 75-100 m i sørenden av tunnelen ved Nygårdstangen vil det bli en innsnevring fra T9,5 i hovedløpet, med en overgang til eksisterende portal med rette vegger og tunnelprofil T8,5 meter. Her er det ikke plass til 1 m bankett, kun 0,5 m. En bankett på 0,5 m vurderes å gi en lite hensiktsmessig utforming, da bredden blir for smal. Det vil likevel være til fordel for eventuelle evakuerende eller myke trafikanter som har forlatt sine kjøretøy å ha et	Tiltaket anbefales implementert.

		tydelig område og oppholde seg på. Det anbefales å beholde asfaltert skulder til portalvegg, slik det er i dag. Det bør vurderes å etablere forsterket kantoppmerking i portalområdet uten bankett.	
T-5	Etablere havarilommer slik at avstand <i>ikke</i> overstiger 250 meter i angitte områder.	Iht. N500:2024 skal det etableres havarilommer hver 250 m. Havarilommene utformes standard med 30 meters lengde og 3 meter ekstra kjørefeltbredde, samt 30 meter overgangsprofil mellom hovedløppprofil og havarilomme. I Fløyfjelltunnelen overstiger avstanden mellom havarinisjene 250 m følgende steder: • 500 m avstand ved akselerasjonsfelter i sørgående hovedløp • 500 m avstand ved retardasjonsfeltet i nordgående hovedløp Eidsvåg • 325 m avstand ved retardasjonsfeltet nordgående hovedløp ved Sandviken • 500 m avstand i ramper ved Sandviken og Eidsvåg Økt avstand mellom havarinisjer kan gi økt risiko for at havarert kjøretøy blir stående i kjørebanelen, men bruk av T8,5 profil i rampene gir mulighet for å passere kjøretøyet. AID vil detektere stanset kjøretøy, og videre vil VTS avgjøre om det er nødvendig å stenge rampen når slike situasjoner oppstår. Ved en brannhendelse er det ønskelig at kjøretøy kjører ut av tunnelen, uten å benytte havarilommer for å snu kjøretøyet. Dersom kjøretøy prøver å snu kan det skape kaos og forhindre at andre kjøretøy kommer seg fram. At avstanden overstiger 250 m enkelte steder vurderes derfor ikke å være kritisk ved brannhendelser. Det er opplyst at det er begrensninger i plassering av havarinisjer i rampene pga. bergsikkerhet og geologiske forhold, og at det derfor vil det være ugunstig å plassere nisjer for hver 250 m. Videre vil det være svært uheldig å plassere en havarinisje i akselerasjonsfeltet, da kjøretøy i nød som kommer fra hovedvegssystemet (E39) vil måtte krysse over akselerasjonsfeltet for å	Økt avstand mellom havarinisjer de planlagte stedene vurderes ikke til å øke risikoen for hendelse i tunnelen i betydelig grad. Det er derfor ikke vesentlig for brannsikkerheten/ivaretagelse av selvredningsprinsippet at det etableres hyppigere havarinisjer i angitte områder. Basert på risikovurderingen ansees det ikke som nødvendig å gjøre noen tiltak for å ivareta 250 meter mellom havarilommene i de angitte områdene.

		kunne stoppe i nisjen. Dette vil utgjøre en sikkerhetsrisiko i området og øke sannsynligheten for kollisjoner med kjøretøy som kommer fra rampen. Stedene hvor avstanden mellom havarilommer overstiger angitt avstandskrav er hovedsakelig i forbindelse med av- og påkjøring i ramper. I rampene etableres vegskulder på 2,5 meter, slik at det vil være nok plass til å svinge til siden ved en hendelse, samtidig som andre kjøretøy kan passere.	
T-6	Differensiere/tilpasse DAB-meldinger til hvert hovedtunnelløp inkl. tilhørende ramper.	Det etableres mulighet for innsnakk via radio (DAB) i tunnelen. DAB-meldingene bør differensieres og tilpasses til hvert løp for å gi mest mulig presis informasjon ved en hendelse. Ved å tilpasse meldingene sikrer man at førerne får presis og relevant informasjon, noe som reduserer risikoen for misforståelser og bidrar til bedre etterlevelse av nødvendige tiltak. DAB-meldinger bør også kunne spesifiseres spesifikt til avvikssituasjoner.	Tiltaket anbefales implementert,
T-7	Akustiske ledesystemer.	Akustiske ledesystemer kan gi mulighet for toveis kommunikasjon mellom trafikanter og en kontrollsentral. Ved hjelp av lydsignaler vil en lede trafikantene bort fra brannen, mot portal. Akustiske ledesystemer fungerer ved at det sendes ut retningsbestemt lyd med en «psykoakustisk» effekt. Det kan installeres et lydanlegg som automatisk repeterer meldingen «utgang her» på flere språk. Tiltaket er enkelt å implementere, men innebærer samtidig et tillegg til infrastrukturen som må driftes og vedlikeholdes inne i tunnelen. Det høye støynivået som kan oppstå i tunnelen ved en evakueringssituasjon, blant annet som følge av ventilasjonsanlegg i drift, må også tas med i vurderingen, da dette kan redusere effekten av lydmeldingen.	Det vurderes ikke som kritisk for selvredningsprinsippet at det etableres akustiske ledesystemer, selv om tiltaket vil kunne forbedre forholdene ved evakuering. Med bakgrunn i andre sikkerhetstiltak som for eksempel korte avstander mellom nødutganger, mulighet for innsnakk via radio (DAB) og evakueringsbelysning, vurderes det ikke som nødvendig å implementere akustiske ledesystemer basert på risikovurderingen.

T-8	Etablere tverrforbindelser slik at avstand <i>ikke</i> overstiger 250 meter i angitte områder.	Det er enkelte steder i tunnelen hvor avstanden mellom tverrpassasjer overstiger 250 meter. Planlagt plassering av første tverrforbindelse i inngående kjørefelt ved tunnelportal Bergen er 300 meter fra tunnelåpningen i hovedløp. Det er også planlagt at tverrforbindelser i nordgående ramper i Sandviken og Eidsvåg vil bli plassert ca. 500 meter fra forrige. Det tilrettelegges for nødfortau slik at personer kan komme seg ut, og det etableres sammenhengende evakueringsbelysning. I tillegg plasseres nødstasjoner for hver 125 meter for å sikre rask varsling. Det vil også være langt færre kjøretøy i rampene sammenlignet med hovedløpet, med en ÅDT på henholdsvis 3 000 og 6 000. Videre legges det til rette for at folk kan kjøre ut, og det installeres systemer for tidlig deteksjon av hendelser i tunnelen slik at personer varsles og får tid til å reagere før situasjonen blir kritisk. God merking av nødutganger er også en viktig del av sikkerhetsløsningen. I områder hvor avstanden til nærmeste tverrpassasje overstiger 250 meter, er det vurdert at hvis kjøretøy befinner seg oppstrøms brannen i ramper, er det mulig å kjøre ut. I områder nedstrøms brannen, hvor avstanden til tverrpassasje er over 250 m, vil det være tilnærmet røykfritt for evakuerende.	Det vurderes ikke som kritisk for selvredningsprinsippet at det etableres ytterligere tverrforbindelser, selv om tiltaket vil bidra til kortere evakueringsavstander. Kostnadene ved å etablere tverrforbindelser for hver 250 meter i gitte områder vil være et kostbart tiltak, og det vil gi begrenset økt sikkerhet. På bakgrunn av dette vurderes det ikke som nødvendig å gjøre noen ytterligere tiltak for å redusere avstand mellom nødutganger de angitte stedene.
T-9	Restriksjoner for transport av farlig gods.	Det transporteres farlig gods på strekningen i dag. Fra DSBs kartlegging kommer det fram at det totalt transporteres en stor mengde farlig gods gjennom tunnelen årlig (250 000 – 500 000 tonn/m³). Se vedlegg 4. Et tiltak er restriksjoner for noen tider på døgnet (rushtid). Vurderingene gjort på analysemøtet tilsier at omkjøringsnettets karakter er av en slik karakter at risikoen anses som lavere ved å kjøre farlig gods-trafikk gjennom tunnelen. Avløpssystemet utformes iht. krav i TSF, som vil hindre spredning og fange opp utslipp på tilstrekkelig måte.	Tiltaket vurderes ikke som nødvendig å implementere.

T-10	Vurdere om monteringshøyde på skilt bør økes utover minimumskravet på 2,0 m.	Fri høyde under sideplasserte skilt skal være minimum 2,0 m over skulder målt ved overgang til vegg. Det bør vurderes å heve skiltene i tunnelen utover minimumskravet på 2,0 m for å unngå at de utgjør hinder ved evakuering til fots. En monteringshøyde på ca. 2,10–2,20 m anbefales og anses som tilstrekkelig.	Tiltaket anbefales implementert.
------	--	---	----------------------------------

Gjennom risikoanalysen ble det også identifisert flere tiltak knyttet til trafiksikkerhet som faller utenfor omfanget av denne analysen, ettersom analysen fokuserer på kritiske hendelser. Disse tiltakene er likevel listet i dette kapitlet for å sikre dokumentasjon for videre oppfølging i senere trafiksikkerhetsvurderinger og prosjekteringsfase.

Tabell 23 Tiltak knyttet til trafiksikkerhet som ble identifisert gjennom risikoanalysen.

ID	Tiltak	Beskrivelse	Vurdering tiltak
T-11	Skilt i ramper	Ved avvikssituasjoner ved stenging av nordgående løp, med toveistrafikk i sørgående løp, vil det være en risiko for at bilister i nordgående retning forsøker å benytte påkjøringsrampen i feil retning for å unngå lang omkjøring, og slik møter motgående trafikk. Dette øker risiko for møteulykker ved avvikssituasjon.	Det anbefales tydelig skilting som forhindrer venstresving inn på rampen i motsatt kjøreretning ved avvikssituasjon, samt bruk av tydelig stoppskilt og «feil kjøreretning»-skilt. Det anbefales ikke bruk av bommer i tunnelen, men god og synlig skilting («kalde skilt») med klare forbud.
T-12	Forlenge akselerasjonsfelt	Ved å forlenge overgangsstrekningen til akselerasjonsfeltet vil det minimere risikoen for konflikter ved påkjøring.	Tiltaket anbefales implementert.
T-13	Skilte fare for kø	Det er kjent at det tidvis kan oppstå saktegående kø i tunnelen, noe som øker risikoen for påkjøringer bakfra og lignende hendelser. Varsling om køforhold gir trafikantene mulighet til å tilpasse farten og kjøremønsteret, noe som kan redusere sannsynligheten for ulykker.	Tiltaket anbefales implementert.
T-14	Skilt som viser fletting	Ved påkjøringsfeltene kan det oppstå konflikt, spesielt i perioder med høy trafikk. Under rushtid er trafikkmengden høy, og det er økt behov for fletting mellom kjøretøy som kommer fra påkjøringsfeltene og i hovedløpene. For å redusere risikoen for sammenstøt bør det varsles om fletting. Det bør etableres tydelig skilting som signaliserer kommende påkjøringsfelt og	Tiltaket anbefales implementert.

		fletting, plassert i god avstand før påkjøringsfeltet.	
T-15	Egen beredskapsplan for drift ved toveistrafikk	En separat beredskapsplan for toveistrafikk sikrer at drift og sikkerhet opprettholdes ved avvikssituasjon.	Håndteres i prosess for beredskapsplanlegging.
T-16	Varsling til VTS og brannvesen ved toveistrafikk i ett løp	Varsling til VTS og brannvesen sikrer rask respons og gjør det lettere å planlegge og koordinere innsats ved hendelser.	Håndteres i prosess for beredskapsplanlegging.

7.2 Håndtering av risiko

Tunnelen er planlagt iht. sikkerhetskrav i TSF og N500:2024, med unntak av identifiserte avvik når det gjelder avstand mellom havarilommer og nødutganger, samt dimensjonerende brannventilasjon i ramper. Planlagt tunnel har noen særtrekk ut over dette (tunnellengde > 4 km, risiko for trafikkork, stigning og tunnelprofil) som medfører økt risiko.

Tunnelen er imidlertid planlagt utformet med AID-systemer som bidrar til rask deteksjon og varsling ved en hendelse, samt sammenhengende evakueringsbelysning, tverrforbindelser i stor grad hver 250 m, nødstasjoner hver 125 m, nødfortau og mulighet for innsnakk via DAB, som tilrettelegger for selvredning.

Videre er brannventilasjonen dimensjonert for 100 MW brann i hovedløp og 50 MW brann i ramper, og det etableres slokkevann gjennom tunnelen. Dette tilrettelegger for effektiv innsats når brannvesenet ankommer tunnelen.

Avløpssystemet utformes iht. krav i TSF, som vil hindre spredning og fange opp utslipp på tilstrekkelig måte.

Basert på dette vurderes evalueringskriteriet mhp. trafikanters sikkerhet å være ivaretatt. Selv om sikkerheten vurderes å være tilstrekkelig, er det imidlertid identifisert flere risikoreduserende tiltak for å bedre sikkerheten ytterligere, som angitt i kap. 7.1.

Rapporten dokumenterer også tiltak knyttet til trafiksikkerhet som ble identifisert gjennom risikoanalyseprosessen. Disse inngår ikke i analysens omfang og forutsettes fulgt opp gjennom videre trafiksikkerhetsanalyser og/eller prosjekteringsfase.

7.2.1 Restrisiko

Det bemerkes at det vil være en restrisiko knyttet til tunnelsystemet, selv om krav i TSF og N500:2024 oppfylles. Tunneleier aksepterer at innsatsmannskaper kan stå ovenfor ulike brannscenarier, hvor kjøretøysbranner brenner fullstendig ut, uten at en fullverdig innsats gjennomføres.

I beregningene er det forutsatt en 100 MW brann i den troverdige verstefallshendelsen. Brann opptil 100 MW dekker 98 % av alle kjøretøysbranner i tunge kjøretøy, gitt at det oppstår en brann.

Det kan likevel ikke garanteres at det ikke oppstår større/verre hendelser enn de troverdige verstefallshendelsene (restrisiko). Dette kan innebære større branneffekt og raskere brannutvikling, eller flere kjøretøy, inklusiv buss, som er involvert i en større ulykke. Slike scenarier vil kunne være krevende med hensyn til både selvredning og beredskap.

Det er en forutsetning for konklusjonen at evakuerende beveger seg bort fra brannstedet, grunnet høye temperaturer og svært giftige gasser nær brannstedet utover i brannforløpet. Dersom personer er fast i brennende kjøretøy, eller av andre grunner ikke har mulighet til å ta seg bort fra brannstedet, er det ikke gitt at nødetatene har mulighet til å redde vedkommende ut av tunnelen.

De troverdige verstefallshendelsene med 100 MW brann, slik de er definert i denne risikovurderingen, innebærer at det vil være mulig å evakuere tunnelen i eget kjøretøy eller til fots. AID med rask varsling og rask stenging av tunnelen, fjernstyrte bomber som hindrer at ytterligere trafikanter blir involvert, lav ventilasjonshastighet i evakueringsfasen samt at det vil være mulig å passere brannstedet de første minuttene etter brannstart, gjør at sannsynligheten for å måtte evakuere til fots er betraktelig redusert.

Dersom det skulle oppstå en situasjon hvor det er behov for evakuering til fots vurderes tunnelen med tverrforbindelser hver 250 m (med enkelte unntak) å være en robust løsning, som gir tilstrekkelig handlingsrom for å komme seg ut av tunnelen på egenhånd for de troverdige verstefallshendelsene. Sensitivitetsvurderinger utført for andre tilsvarende tunnelprosjekt viser også at personer med redusert mobilitet og vesentlig lavere ganghastighet vil kunne ha tilstrekkelig handlingsrom til å evakuere 250 m til nødutgang. Det kan imidlertid oppstå situasjoner som vil være spesielt utfordrende for personer med redusert mobilitet. Rullestolbrukere og personer med redusert mobilitet vil i enkelte situasjoner være avhengig av hjelp fra andre trafikanter eller nødetater, selv om nødfortau i tunnelen gjør det lettere å bevege seg til fots eller ved hjelp av rullestol.

For farlig gods er det lagt til grunn en verstefallshendelse som innebærer lekkasje, men ikke antennelse. En farlig gods-hendelse som innebærer en større lekkasje inklusive antennelse, er svært lite sannsynlig (og ikke vurdert å være dimensjonerende), men kan selvfølgelig ikke utelukkes helt siden tunnelen er åpen for farlig gods-kjøretøy. Det er også kartlagt at det transporteres diverse gasser og eksplosiver på vegnettet. En hendelse hvor dette antennes antas å være svært lite sannsynlig, men kan få alvorlige konsekvenser som brann, eksplosjon og tap av liv. Tunneler er særlig sårbare på grunn av det lukkede miljøet.

8 Oppsummering og konklusjon

Formålet med denne risikovurderingen er vurdere oppfyllelse av minstekrav i Tunnelsikkerhetsforskriften (TSF), kartlegge særtrekk, samt å fastslå om det er nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og/eller tilleggsutstyr for å sikre tilstrekkelig sikkerhetsnivå i tunnelen. I den forbindelse er det gjennomført risikoanalyser. Resultatet av risikovurderingen danner beslutningsstøtte for valg av minimums sikkerhetstiltak for tunnelen.

Norconsult har gjennomført denne risikovurderingen som en del av Norconsults oppdrag for Statens vegvesen (SVV). SVV er oppdragsgiver og beslutningstaker i oppdraget.

Tunnellengde, stigning, transport av farlig gods, risiko for trafikkork, avstand mellom havarilommer og nødutganger er blant særtrekkene som er vurdert for tunnelen. Alle særtrekkene er vurdert med hensyn på deres påvirkning på generelle farer som kan oppstå i tunnelen. Videre er toveistrafikk i avvikssituasjoner vurdert på et overordnet nivå. Med bakgrunn i særtrekkenes påvirkning på sannsynlighet for og/eller konsekvens ved en hendelse, er det identifisert tre kritiske hendelser; brann i lett og tungt kjøretøy, samt lekkasje av farlig gods. I tillegg er det gjennomført beregninger og vurderinger av mulighet for selvredning ved kritiske hendelser som involverer brann og røykspredning. De tre kritiske hendelsene er videre konkretisert i tre troverdige verstefallshendelser (TVH'er).

Ettersom noen av de identifiserte særtrekkene vurderes å kunne påvirke en brannhendelse, er det beskrevet flere TVH'er relatert til brann. Følgende troverdige verstefallshendelser (TVH'er) er definert:

- 100 MW brann i tungt kjøretøy i hovedløp
- 100 MW brann i tungt kjøretøy i nordgående ramper
- Utslipp av brannfarlig væske (eks. bensin) i størrelsesorden 12-15 m³

Vurdering av den fremtidige utviklingen knyttet til elektriske kjøretøy viser at elektriske kjøretøy sammenlignet med bensin- og dieseldrevne kjøretøy innebærer særlig utfordringer som lengre slokkesid, mer giftig røyk, høyt vannforbruk og økt risiko for reantenning. Vurderingene av de troverdige verstefallshendelsene i risikoanalysen antas likevel å være representative også for brann i elektriske kjøretøy.

Tunnelen er planlagt utformet med AID-systemer som bidrar til rask deteksjon og varsling ved en hendelse, samt sammenhengende evakueringsbelysning, tverrforbindelse hver 250 m (med unntak av i ramper og inngående kjørefelt ved tunnelportal Bergen) med grønne LED-lyslister rundt rømningsdørene, nødstasjoner hver 125 m, nødfortau og mulighet for innsnakk via DAB som tilrettelegger for selvredning. Brannventilasjonen dimensjoneres for 100 MW brann i hovedløp og 50 MW i ramper.

Med utgangspunkt i risikoevalueringen for TVH'ene vurderes evalueringskriteriet mhp. trafikanters sikkerhet å være ivarettatt, gitt implementering av ett tiltak:

- T-1: Tidsstyrt brannplan med redusert ventilasjonshastighet i evakueringsfasen

Det er i tillegg identifisert ni risikoreduserende tiltak for å bedre sikkerheten ytterligere, hvorav tre tiltak anbefales implementert. Videre vurderes tre tiltak ikke å være vesentlige for ivaretagelse av selvredning og brannsikkerheten, selv om tiltakene vil kunne forbedre forholdene ved evakuering.

De tre anbefalte tiltakene er følgende:

- T-4: Beholde asfaltet skulder i eksisterende tunnelportal med tunnelprofil T8,5 ved Nygårdstangen
- T-6: Differensiere/tilpasse DAB-meldinger til hvert løp
- T-10: Vurdere om monteringshøyde på skilt bør økes utover minimumskravet på 2,0 m

Videre er følgende tiltak, som er identifisert i risikoanalysen, vurdert å ikke være vesentlige for ivaretagelse av selvredning og/eller brannsikkerheten, selv om tiltakene vil kunne forbedre forholdene ved evakuering:

- T-5: Etablere havarilommer slik at avstand *ikke* overstiger 250 meter i angitte områder.
- T-7: Akustiske ledesystemer
- T-8: Etablere tverrforbindelser slik at avstand *ikke* overstiger 250 meter i angitte områder.

Rapporten dokumenterer også to tiltak (T-9: Restriksjoner for transport av farlig gods, og T-2: Bom for å stanse trafikk inne i tunnelen) som ikke anbefales implementert.

Fire tiltak knyttet til trafikksikkerhet, som ble identifisert gjennom risikoanalyseprosessen, er dokumentert i rapporten. Disse inngår ikke i analysens omfang, og forutsettes fulgt opp gjennom videre trafikksikkerhetsanalyser eller i prosjektering:

- T-11: Skilt i ramper
- T-12: Forlenge akselerasjonsfelt
- T-13: Skilte fare for kø
- T-14: Skilt som viser fletting

Rapporten dokumenterer også tre tiltak som krever videre oppfølging og vurdering i prosess for beredskapsplanleggingen:

- T-3: Kjørbar tverrforbindelse.
- T-15: Det foreslås at det utarbeides en egen beredskapsplan for drift med toveistrafikk. Dette kan inngå i beredskapsplanleggingen.
- T-16: Videre bør både VTS og brannvesenet varsles og være forberedt ved innføring av toveistrafikk.

Det bemerkes at selv om tunnelen oppfyller krav i TSF og N500:2024, og det innføres ytterligere risikoreduserende tiltak, vil det være en restrisiko knyttet til tunnelsystemet. Dette kan innebære større/verre hendelser enn de troverdige verstefallshendelsene.

9 Referanser

- [1] Statens vegvesen , «Predikering av branner og ulykker i vegtunneler,» Statens vegvesen, 2019.
- [2] Transportøkonomisk institutt, «Kartlegging av kjøretøysbranner i norske vegtunneler 2008-2021,» Transportøkonomisk institutt , 2023.
- [3] Transportøkonomisk institutt, «Kartlegging av kjøretøysbranner i norske vegtunneler 2008-2015,» Transportøkonomisk institutt, 2016.
- [4] Technical Committee 3.3 Road Tunnel Operation: , «Experience with significant incidents in road tunnels: Appendix, rapport 2016A35EN, ISBN 978-2-84060-447-1,» World Road Association (PIARC) .
- [5] Technical Committee 3.3 Road Tunnel Operation: , «Experience with significant incidents in road tunnels, rapport 2016R35EN, ISBN 978-2-84060-444-0,» World Road Association (PIARC) .
- [6] Statens vegvesen, «Risikovurderinger av vegtunneler. Veiledning til tunnelsikkerhetsforskriften.,» Statens vegvesens rapport Nr. 989, 2024.
- [7] Transportøkonomisk institutt (TØI) , «Trafikksikkerhetshåndboken, Beskrivelse av trafikksikkerhetstiltak og virkninger; Utforming av tunneler,» Transportøkonomisk institutt (TØI) , 2023.
- [8] Sintef byggforsk, «Simulering av evakuering i tunnel,» Sintef, 2018.
- [9] SINTEF, «Risikovurdering av farlig gods i Strømsåstunnelen og Bragernestunnelen, Rapport STF50,» SINTEF, 2006.
- [10] HOJ Consulting, «NordFoU "Evakuering i vegtunneler" Forskningsrapport DP2,» HBI Haerter, Traficon, TNO, 2014.
- [11] Statistisk sentralbyrå, «Elbilstatistikken viser nyeste tall for elbiler i Norge,» Statistisk sentralbyrå (SSB) , 6 mars 2025. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/bilparken/artikler/nysgjerrig-pa-elbiler-i-norge-se-siste-elbilstatistikk-her>.
- [12] Statistisk sentralbyrå, «Er elbilene overrepresentert i ulykkesstatistikken?,» Statistisk sentralbyrå (SSB), 10 desember 2024. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/artikler/er-elbilene-overrepresentert-i-ulykkesstatistikken>.
- [13] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Drivstofftype for bilen/kjøretøyet det starter å brenne i pr år,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2024. [Internett]. Available: https://brannstatistikk.no/search?searchId=9B13517C-F1CD-490F-82A1-57B9CA38ACA5&type=SEARCH_DEFINITION.
- [14] A. S. Bøe, «Fullskala branntest av elbil,» SP Fire Research AS, 2017.
- [15] R. B. P. B. Ola Willstrand, «Toxic Gases from Fire in Electric Vehicles,» RISE Research Institutes of Sweden AB, 2020.
- [16] Y. Z. L. A. L. Haukur Ingason, «Tunnel Fire Dynamics,» SP Technical Research Institute of Sweden, 2014.

- [17] Transportøkonomisk institutt (TØI) , «Kartlegging av transport av farlig gods i Norge, Rapport 1293/2013,» Transportøkonomisk institutt (TØI) , 2013.
- [18] Transportøkonomisk Institutt (TØI) , «Trafikksikkerhetshåndboken, Transport av farlig gods,» Transportøkonomisk Institutt (TØI) , 2022.
- [19] Transportøkonomisk institutt (TØI), «Katastroferisiko i transport, TØI rapport 417/1999,» Transportøkonomisk institutt (TØI), 1999.
- [20] Endress + Hauser, «Transport og lagring av hydrogen,» [Internett]. Available: https://www.no.endress.com/no/baerekraftige-loesninger-i-industrien/Transport-og-lagring-hydrogen?wt_mc=paid-search.google.ad-tofu-hydrogen-transport.intl.sustainability.no.admedia_181913963264_733373507506&leadsource=search-engine-advertising-sea&gad_sou.
- [21] Norsk Hydrogenforum, «Hydrogen og sikkerhet,» [Internett]. Available: <https://www.hydrogen.no/om-hydrogen/sikkerhet> .
- [22] Brann og redning, «Brannmannen Ammoniakk,» 24 mars 2006. [Internett]. Available: <https://brannredning.no/ammoniakk/> .
- [23] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «ADR/RID – Landtransport av farlig gods 2025,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2025.
- [24] SINTEF, «Fremdriftssystemer for utslippsfrie transportmidler,» [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/fagomrader/utslippsfrie-transport/fremdriftssystem-for-utslippsfrie-transportmidler/>.
- [25] SINTEF, «Er litiumbatterier brannfarlige?,» 25 juni 2021. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/er-litiumbatterier-brannfarlige/>.
- [26] Statens vegvesen, «Trafikkstyringssystemer på veg. Retningslinje R311,» 2017.

Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper

Konstruksjonsmessige egenskaper

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Tunnelklasse			x	Tunnelen er kategorisert i tunnelklasse F.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk
Tunnellengde	x			Tunnelen har følgende lengder: Nordgående løp: 5477 m Sørgående løp: 5433 m Tunnelen har tunnellengde > 4 km som iht. ny veileder for risikovurdering av vegtunnel vurderes å være et særtrekk for toløpstunnel.	Vurderes å være et avvik/ særtrekk <i>Det er søkt og fått godkjent fravik på tunnellengde.</i>
Enveis/toveistrafikk	x			Enveistrafikk. Ved avvikssituasjon vil det kunne være toveistrafikk i ett løp. Dette ved planlagte nattestenginger, ikke ved akutte hendelser.	Vurderes å være et avvik/ særtrekk i avvikssituasjoner
Antall løp	x	2.1.1-2.1.2		To tunnellop.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk
Antall kjørefelt	x			Tunnelen er standard med to kjørefelt, som i normalsituasjonen går i samme retning.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk
Endring i antall kjørefelt		2.1.3		Antall kjørefelt i tunnelen er tilsvarende som i dagsonen.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Stigning	x	2.2.2/ 2.2.3		Nordgående løp: 1% Sørgående løp: 1% Påkjøringsrampe Sandviken: 5% Avkjøringsrampe Sandviken: 5% Påkjøringsrampe Eidsvåg: 3,9% Avkjøringsrampe Eidsvåg: 5% I ramper er stigning over grensen for terskelverdien i TSF (3%) for når risiko mtp. stigning skal vurderes særskilt.	Vurderes å være et avvik/ særtrekk
Kjørefeltbredde	x	2.2.4		2 x 3,5 m kjørebanebredde i hovedløpene og 3,5 m i ramper. Det er ikke eget felt for saktegående trafikk i tunnelen.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk
Tverrsnittgeometri (høyde, bredde, skulder etc.)	x			Hovedløpene utformes som separate parallelle løp med tunnelprofil T9,5 med 2 x 3,5 m kjørebanebredde og 0,5 m til bankett. I de siste 75-100 m i sørenden av tunnelen ved Nygårdstangen vil det bli en innsnevring fra T9,5 i hovedløpet, med en overgang til eksisterende portal med rette vegger og tunnelprofil T8,5 meter. Eksisterende portal er ca. 43 meter lang. Portalen har pr. i dag ikke opphøyd skulder. Ramper utformes med tunnelprofil T8,5. For avkjøringsrampe i Sandviken etableres det i tillegg 1,5 m siktutvidelse.	Vurderes å være et avvik/ særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				Fri høyde er 4,6 meter, og med minimum høyde til teknisk utrustning på 4,8 meter. Kjørebanebredde i ramper er 3,5 m med totalt 3 m skulderbredde.	
Nødfortau/skulder eller havarifelt		2.3.1		Iht. TSF skal det i eksisterende tunneler der det verken finnes havarifelt eller nødfortau, treffes ekstra eller forsterkede tiltak for å ivareta sikkerheten. Det etableres bankett med 1m bredde på hver side i tunnelen. I ramper etableres skulder med bredde på 2,5 m på en side og 0,25 m på andre siden.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk
Horisontal profil	x			Minste kurveradius for tunnelen er > 250 m, og innenfor referansepunkt iht. ny veileder for risikoanalyse vegtunnel, og vurderes ikke å være et særtrekk.	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk
Tverrforbindelser For redningstjenester		2.4.1		Iht. TSF skal det i toløpstunneler der løpene ligger på samme nivå eller nesten samme nivå, finnes tverrforbindelser som egner seg til bruk for redningstjenestene minst hver 1500 m. Det er ikke planlagt å etablere kjørbare tverrforbindelser i tunnelen.	Vurderes å være et avvik/ særtrekk <i>Behov for kjørbare tverrforbindelser vurderes i risikoanalysen.</i>
Nødutganger		2.3.3, 2.3.5-2.3.9		Iht. N500:2024 skal det for toløps vegtunneler etableres nødutganger i form av gangbare	Vurderes å være et avvik/ særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				tverrforbindelser mellom tunnelløpene med innbyrdes avstand på maksimum 250 m. Det etableres tverrforbindelse/nødutganger med maksimalt 250 m mellom i tunnelløpene, med unntak av enkelte områder. Planlagt plassering av første tverrforbindelse i inngående kjørefelt ved tunnelportal Bergen er 300 meter fra tunnelåpningen i hovedløp. Det er også planlagt at tverrforbindelser i nordgående ramper i Sandviken og Eidsvåg over/under hovedvegssystem. vil bli plassert ca. 500 meter fra forrige. Videre sier N500:2024 at nødutganger skal ha helningsgrad $\leq 5\%$ (1:20), og utformes med fast dekke. Tverrforbindelse i hovedløpene utformes med maks 5 % stigning og fast dekke. Det benyttes tunnelprofil T4 med avsatt plass til berg- og vannsikring. For rampene er det planlagt løsning med trapp, evt. trapp + repos ved større nivåforskjeller, som ikke er iht. N500:2024.	
Tilfluktsrom uten utgang til det fri		2.3.4		Det er ikke tilfluktsrom uten utgang til det fri i tunnelen.	Ikke relevant.
Havarilommer				Iht. N500:2024 skal det etableres havarilommer hver 250 m. Havarilommene utformes standard med 30 meters lengde og 3 meter ekstra	Vurderes å være et avvik/ særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				kjørefeltbredde, samt 30 meter overgangsprofil mellom hovedløppprofil og havarilomme. Følgende avstander mellom havarilommer som ikke etableres iht krav i N500:2024 er: - Akselerasjonsfelt i sørgående hovedløp: 500m - Retardasjonsfelt i nordgående hovedløp Eidsvåg: 500m - Retardasjonsfelt i nordgående hovedløp Sandviken: 325m - I ramper ved Sandviken og Eidsvåg: 500m - Påkjøring Eidsvåg: 130m fra tunnelåpning	
Snunisjer			x	Iht. N500:2024 er det ikke krav til snunisjer for tunneler kategorisert i tunnelklasse F. Det er ikke planlagt etablert snunisjer.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Avløp for brannfarlige og giftige væsker		2.6.1-2.6.2		Det etableres separate system for dreng- og vaskevann i hvert tunnelløp som leder til laveste nivå i hvert løp. For ramper og sørlige del av tunnelen settes det ned oljeutskiller ved lavbrekk i tunnelen, for nordlige del settes det ned oljeutskiller ved teknisk bygg i dagsone. Det etableres sandfangkummer plassert ca. hver 80 meter. Sandfangene utstyres med	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				dykket utløp (dykker) for å holde tilbake noe oljespill, sot etc. Ledningen er gjennomgående, og sandfangskummer knyttes til ledningen.	
Brannmotstand konstruksjon		2.7		Se punkt ang. isolasjon/branntetting. Det er ikke identifisert at lokale sammenbrudd i hovedkonstruksjonen kan medføre katastrofale konsekvenser (for eksempel svikt i nabokonstruksjon)	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Basseng for oppsamling av lekkasjevann (undersjøisk)			x	Innlekkasjevann samles opp i oppsamlingsbasseng for videre pumping til dagsone ved begge lavpunktene i tunnelen.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Sedimentasjonsbasseng			x	Vaskevann og overvann fra vegbane i tunnel som karakteriseres som forurensset skal ledes til et renseanlegg inne i tunnelen før utslipp til resipient. Renseanlegg består av både oljeutskiller og sedimentasjonsbasseng.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Andre egenskaper?					

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Tekniske løsninger/installasjoner

Tabell 24 Tekniske løsninger/installasjoner for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Konstruksjonstype	x			Bergtunnel	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Isolasjon/branntetting			x	Vann- og frostsikring iht. krav i N500:2024.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Vann- og frostsikring (materialer, tildekning)			x	I Bergen kommune er F ₁₀ frostmengde 2000 h°C med maksimum korreksjonsfaktor 2,95. Det utløser derfor ikke krav om frostisolering av tunnelhvelv (> 8000 h°C). I henhold til N500:2024 tabell 7.1 er hovedløsning for tunnelklasse F hvelv av betongelementer og membran. Vann- og frostsikring etableres iht. krav i N500:2024. Det er planlagt helhvelvet betong i hele tunnelen.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Normalbelysning		2.8.1		Normalbelysning etableres iht. krav i TSF.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Tilkobling til kontrollsentral		2.13.1		Iht. TSF er det krav til kontrollsentral grunnet tunnellengde > 3 km og et trafikkvolum større enn 2000 per kjørefelt. Tunnelen tilkobles VTS.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Strømforsyning (redundans, pålitelighet etc.)			x	Se punkt «Strøm-, måle- og kontrollkretser».	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Nødstrømsforsyning		2.17.1		Iht. TSF skal alle tunneler ha nødstrømsforsyning som kan sikre drift av sikkerhetsutstyr som er uunnværlig for evakuering inntil alle trafikanter er evakuert fra tunnelen. Iht. N500:2024 skal nødstrømsystemet som minimum fungere i evakueringstiden (1 time + utrykningstid). Det etableres eget rom for nødstrøm og UPS. Videre blir lavspenning og høyspenning adskilt med separate rom. Nødstrømfordelingen deles opp i to nivåer slik at det er 8 timer kapasitet for nødsamband (TETRA med separat UPS) og 2 timer ved strømutfall. I tverrforbindelse etableres det nødstrømsforsyning fra begge løp.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Strøm-, måle- og kontrollkretser		2.17.2		Strøm-, måle- og kontrollkretser etableres iht. krav i TSF og Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL). Det etableres redundans på styrings- og overvåkingssystem. Det innebærer redundant PLS tilkoblet redundant fibernettverk. PLS skal tilknyttes VTS via stamkabel. I tillegg etableres redundans på OPC-server som installeres hos VTS. Videre skal nødsamband (TETRA) og riksdekkende DAB-radio gjøres tilgjengelig via strålekabel. Strålekabel mates fra teknisk bygg ved hver portal.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Brannmotstand utstyr		2.18		Sikkerhetsutstyr etableres iht. krav om brannmotstand.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Pumpesystem			x	Det etableres et pumpemagasin ved nordsiden av tunnelen.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Oljeutskiller			x	Se punkt for avløp for brannfarlige og giftige væsker.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Andre egenskaper?					

Sikkerhetsutrustning for tunnelen

Tabell 25 Sikkerhetsutrustning for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Sikkerhetsbelysning		2.8.2		Iht. TSF skal det finnes sikkerhetsbelysning som sikrer en minimumssikt for trafikanter i tunnelen slik at de kan evakuere tunnelen i kjøretøyene sine i tilfelle av strømbrytning. Det skal etableres sikkerhetsbelysning i tunnelen iht. TSF.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Evakueringsbelysning		2.8.3		Iht. TSF skal det finnes evakueringsbelysning, som lysende evakueringsmerking, i en høyde av ikke mer enn 1,5 meter, som veileder trafikantene i tunnelen ved evakuering til fots i en nødssituasjon. Det etableres sammenhengende evakueringsbelysning i tunnelen iht. N500:2024.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Ventilasjon for kontroll av forurensende stoffer		2.9.1		Ved normal drift skal Fløyfjelltunnelen dimensjoneres slik at grenseverdiene for luftforurensning i henhold til Håndbok N500:2024 ikke overskrides ved maksimal timestrafikk 10 år etter åpning.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Brannventilasjon: type, strategi, kapasitet etc.		2.9.1-2.9.5		Ventilasjonsløsning er basert på prinsippet om at hovedløp og ramper ventileres i samme retning som trafikken, både ved normal drift og ved brann. I henhold til håndbok N500:2024 skal det i tunnelklasse F dimensjoneres for ventilasjonshastighet på minst 4,5 m/s oppstrøms, med en dimensjonerende branneffekt på 100 MW. Hovedløp dimensjoneres deretter. For rampene er det planlagt å dimensjonere for en ventilasjonshastighet på 3 m/s, med en dimensjonerende branneffekt på 50MW, som <i>ikke</i> er iht. N500:2024. Røyk fra brann blir ventilert ut ventilasjonstårn for dagens Fløyfjelltunnel. Dette videreføres også til ny tunnel.	Vurderes å være et avvik/ særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Nødstasjoner (nødtelefon, slokkeapparat)		2.10.1-3		Iht. TSF kan nødstasjoner bestå av et skap på tunnelens sidevegg eller helst en nisje i veggen. De skal minst være utstyrt med en nødtelefon og to brannslukkingsapparater. Nødstasjoner skal være plassert i nærheten av portalene og innvendig, med mellomrom som i eksisterende tunneler ikke skal overstige 250 m. Det bemerkes at N500:2024 stiller krav til nødstasjoner hver 125 m. Det etableres nødstasjoner iht. krav i N500:2024.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Slokkevann		2.11		Iht. TSF skal det finnes vannforsyning i alle tunneler. Dersom vannforsyningen ikke er tilgjengelig, er det påbudt å sikre at tilstrekkelig vannmengde er tilgjengelig på en annen måte. N500:2024 stiller imidlertid krav til vannforsyning med kommunalt trykksatt vann. Det etableres ny gjennomgående brannvannledning gjennom hele tunnelen med doble NOR-uttak hver 250 m, ved hvert tverrforbindelse. Fra hvert uttak legges ledning i tverrforbindelseet til motsatt tunnellop hvor det også monteres doble uttak.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Automatiske slokkesystemer			x	Det er ikke planlagt automatiske slokkesystemer i tunnelen.	Ikke relevant
Trafikkskilt		2.12		Det skal brukes spesielle skilt for alle sikkerhetsanlegg som er beregnet på trafikantene i tunnelen, jf. Skiltforskriften. Etableres iht. krav i TSF.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Automatisk hendelsesdeteksjon og videoovervåking (AID)		2.14.1		I henhold til TSF skal videoovervåkingssystemer og et system som automatisk kan oppdage hendelser i trafikken som kjøretøy som stanser og /eller brann være montert i alle tunneler som er utstyrt med kontrollsentral. Iht. N500:2024 er det krav til Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) og videoovervåking (ITV) for tunneler kategorisert i tunnelklasse F med lengde > 3 km. Det etableres AID i tunnelen.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Automatisk branndeteksjon		2.14.2		I henhold til TSF skal det være montert automatiske branndeteksjonssystemer i alle tunneler som ikke har kontrollsentral, når driften av mekanisk ventilasjon for røykkontroll er forskjellig fra den automatiske driften av ventilasjon for kontroll med forurensende stoffer. Det er krav til kontrollsentral i tunnelen iht. punkt 2.14.1 og punkt 2.14.2 er derfor ikke gjeldende.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Videoovervåking inne i tunnel (ITV)			x	Iht. N500:2024 er det krav til Automatisk hendelsesdeteksjon (AID) og videoovervåking (ITV) for tunneler kategorisert i tunnelklasse F med lengde > 3 km. Det etableres ITV i tunnelen.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk
Trafikklys (rødt stoppblinksignal) for stengning utenfor tunnel		2.15.1		Iht. TSF skal det i alle tunneler på mer enn 1000 meters lengde være montert trafikklys foran åpningen slik at tunnelen kan stenges i nødstilfelle.	Vurderes ikke å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				Ekstra midler, som stillbare meldingsskilt og bommer, kan være anbrakt for å sikre at instruksene overholdes. Det etableres automatiske bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal ved hovedløpene og ramper. Bommer skal være med påmontert hindermarkeringsskilt og blinkende lyssignal.	
Annet utstyr for stenging utenfor tunnel (stillbare meldingsskilt, bommer)		2.15.1		Det etableres automatiske bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal ved hovedløpene og ramper.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Utstyr for å stanse trafikk inne i tunnel (trafikklys, stillbare meldingsskilt, bommer og høyttalere)		2.15.2		Iht. TSF er det inne i alle tunneler på mer enn 3.000 meters lengde som er utstyrt med kontrollsentral og som har et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt, anbefalt å anbringe utstyr til å stanse kjøretøy i nødstilfeller, med mellomrom på ikke mer enn 1.000 meter. Dette utstyret skal bestå av trafikklys og eventuelt ekstra midler, som høyttalere, stillbare meldingsskilt og bommer.	<i>Behov vurderes nærmere i risikoanalysen.</i>
Nødnett		2.16.1		Iht. TSF skal utstyr for radiosending via relé til bruk for redningstjenestene monteres i alle tunneler på mer enn 1.000 meters lengde og som har et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt. N500:2024 stiller imidlertid krav til nødnett og kringkasting i alle vegtunneler. Det etableres nødsamband (TETRA) og mulighet for innsnakk via DAB (radio) i hele tunnelen via strålekabel. Om nødvendig etableres det også strålekabel i tverrforbindelser.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Innbryting DAB		2.16.2		Iht. TSF skal det når det finnes en kontrollsentral, være mulig å avbryte eventuell sending av radiokanaler beregnet på trafikantene i tunnelen for å sende nødmeldinger. Det blir DAB dekning i hele tunnelen og mulighet for innbryting på DAB.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Høytaler i anlegg der trafikanter må vente under evakuering		2.16.3		I forbindelse med fravikssøknad med hensyn til helningsgrad på rømningsveger, er det foreslått en mulig løsning som innebærer en kombinasjon av trapp og rom for opphold/venteområde. Ved etablering av slike rom skal disse utstyres med høyttalere for informasjon til trafikantene.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Høytaleranlegg i tunnelrom			x	Det er ikke planlagt høytaleranlegg i tunnelrommet.	Ikke relevant
Visuelle eller akustiske ledesystemer			x		<i>Behov for visuelle eller akustiske ledesystemer vurderes i risikoanalysen.</i>
Høydehinder			x	Ved tunnelportaler skal det ved innkjøring til tunnelen monteres høydehindrerskilt.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Kjørefeltsignaler			x	Det skal monteres kjørefeltsignaler til regulering for bruk av kjørefelt i avvikssituasjoner.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Variable skilt (hastighet, sanntidsinformasjon etc.)			x	Alle skilt og signaler som skal benyttes i avvikssituasjoner skal ha mulighet for variabel informasjon. Dette kan løses ved bruk av mekaniske eller elektroniske variable skilter, forutsatt at valgt løsning tilfredsstiller gjeldende krav. Alle skilt i tunneler vil bli belyste, enten innvendig eller ved bruk av LED teknologi.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Punkt- eller streknings-ATK			x		Ikke relevant.
Andre egenskaper?			x		

Trafikkforhold/bruksforhold for tunnel

Tabell 26 Trafikkforhold/bruksforhold for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
ÅDT (ved åpning/oppgradering og etter 15 år)	x			ÅDT (2040) for hovedløp fra Nygårdstangen frem til rampene i Sandviken er 55 000 kjøretøy per døgn. Rampene i Sandviken har en ÅDT på 6 000 kjøretøy per døgn, mens videre del av hovedløpet har en ÅDT på 43 000. For av- og påkjøringsrampene i Eidsvåg er ÅDT 3 000 kjøretøy per døgn.	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk
Variasjoner i trafikkmengde (sesong)	x			Tellepunktet viser høyeste sesongdøgntrafikk (SDT) på omtrent 25 500 kjøretøy på høsten. Tellingene viser noe	Vurderes ikke å være et avvik/særtrekk.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
(eksempel SDT), ukedager)				redusert trafikk om sommeren og vinteren, men ellers er det ingen store variasjoner i trafikkmengden gjennom året for trafikken gjennom Fløyfjelltunnelen Sesongtrafikken utgjør mindre enn 130 % som iht. ny veileder for risikovurdering av vegtunnel er grensen for når variasjon i trafikken vurderes å være et særtrekk.	
Risiko for trafikkork	x			Ved Nygårdstangen dannes det kø i rushtiden om morgenen med tilbakeblokkering i sørgående hovedløp. Noe kødannelse i forbindelse med påkjøringsrampe fra Sandviken i sørgående løp og høy trafikk fra Eidsvåg. I nordgående løp dannes det kø ved Nygårdstangen i rushtiden om ettermiddagen som gir trafikale konsekvenser for Bergen sentrum.	Vurderes å være et avvik / særtrekk
Nærvær og prosentdel av tunge lastebiler	x			7 % tungtrafikkandel. Ifølge TSF er det behov for å vurdere den ekstra risikoen dersom antall tunge lastebiler over 3,5 tonn overstiger 15 % av årlig ÅDT.	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.
Hastighetsaspekter	x			Dagsonen sør for tunnelportalene i hovedløpene er skiltet fartsgrense 60 km/t for begge løp, denne endrer seg til 80 km/t utenfor tunnelportalene. For ramper er skiltet fartsgrense 80 km/t. Denne vil endres til 50 km/t ut mot rundkjøringene utenfor rampetunnelportalene.	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.
Forbikjøring		3.8		Iht. TSF skal det utføres en risikoanalyse for å avgjøre om tunge lastebiler skal tillates å kjøre forbi i tunneler med mer enn ett kjørefelt i hver retning.	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				Det er påpekt at Vegdirektoratet har anbefalt å skilte forbud mot forbikjøring av tunge kjøretøy i venstre felt gjennom tunnelen. Dette er for tiden under vurdering. Forbud for tunge kjøretøy i venstre felt vil kunne bidra positivt i form av mindre oppbremsing og fartsvariasjon mellom lette og tunge kjøretøy. Videre vil det være fordelaktig for nødetatenes fremkommelighet om tunge kjøretøy er lokalisert i høyre kjørefelt, og ikke i begge.	
Transport av farlig gods		3.7		Det transporteres farlig gods på strekningene i dag. DSB gjennomførte en kartlegging av farlig gods i Norge i 2012 som tilsier at det transporteres en stor mengde farlig gods langs strekningen (250 000 – 500 000 tonn/m ³).	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk. <i>Hendelse med farlig gods vurderes likevel iht. krav i veileder for risikoanalyse.</i>
Myke trafikanter			x	Det er skiltet forbud for gående og syklende i veisystemet inn mot tunnelen i begge retninger. Tunnelen er ikke å anse som en naturlig vei for myke trafikanter.	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.
Busstrafikk			x	Det kjører i dag en del busstrafikk gjennom tunnelen som forventet. Busstrafikken, ordinære bussruter og regionbusser, er vurdert at vil øke noe.	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.
Andre egenskaper?				Trafikkbildet i og omkring tunnelen vurderes som komplekst, hovedsakelig på grunn av høy trafikkmengde og utforming av veisystemet. Av- og påkjøringsramper leder direkte inn i rundkjøringer, noe som medfører økt	Vurderes å være et avvik / særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
				trafikal belastning og flere potensielle konfliktpunkter. Videre er det etablert akselerasjons- og retardasjonsfelt inne i tunnelen, og et kryss er lokalisert rett utenfor portalen på sørsiden, noe som ytterligere kompliserer trafikksituasjonen.	

Omgivelser for tunnelen

Tabell 27 Omgivelser for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Geografisk og meteorologisk miljø	x				Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.
Atkomstveier	x			Nødetater har mulighet for innsats fra begge portaler. Det etableres overkjøringsramper utenfor portal som kan benyttes som beredskapsåpning for tilgang til motsatt løp. Ved ny tunnel vil tilgang for utrykningskjøretøy ved kødannelse også bedres i form av flere adkomstveier gjennom av- og påkjøringsramper i Sandviken og Eidsvåg.	Vurdere ikke å være et avvik/ særtrekk.
Omkjøringsvei og varsling		3.6		Ved kortvarige stenginger av tunnelen er det ønskelig at trafikken i utgangspunktet avventer gjenåpning. Tunnelen opprettholder høy beredskap ved slike hendelser, slik at normal trafikk raskt kan gjenopptas. Dersom stengingen varer over lengre tid, ledes trafikken som hovedregel via omkjøringsrute på motsatt side av byfjellet. Bergen sentrum	Vurderes ikke å være et avvik/ særtrekk

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012



Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
				benyttes ikke som ordinær omkjøringsrute. Ved langvarige stenginger kan også to andre mulige tiltak vurderes: enten etablering av toveis trafikkavvikling i det andre tunnellopet, dersom dette er gjennomførbart, eller – i krisesituasjoner – lokal omkjøring gjennom Bergen sentrum. Omkjøringshåndtering koordineres av Vegtrafikksentralen (VTS), som avgjør tiltak basert på stengingens varighet og omfang.	
Viktige nabokonstruksjoner		2.7		Det er ikke identifisert viktige nabokonstruksjoner.	Vurdere ikke å være et avvik/særtrekk.
Bedrifter/anlegg i nærområdet			x	Ligger i nærhet av Bergen sentrum. Forbinder nord- og sørside av byen.	Vurdere ikke å være et avvik/særtrekk.
Bygge-/anleggs-aktiviteter i nærområdet			x	Forutsettes ivaretatt i anleggsperiode.	Ikke relevant
Mennesker/ dyr/ aktiviteter			x	Myke trafikanter er beskrevet under eget punkt.	Vurdere ikke å være et avvik/særtrekk.
Verneområde				Forutsettes ivaretatt	Ikke relevant
Kulturminner				Forutsettes ivaretatt	Ikke relevant
Andre egenskaper?					

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Relevante organisasjoner

Tabell 28 Relevante etater/entreprenører osv for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Redningsetater (adkomsttid, ressurser m.m)	x	3.4		Fløyfjelltunnelen søndre portal ligger omtrent 3 minutters kjøretid fra hovedbrannstasjonen i Bergen, og mindre enn 10 minutter fra nordre portal. På nordsiden av tunnelen ligger Åsane brannstasjon, med utrykningstid på under 10 minutter til nordre portal. Sandviken brannstasjon ligger i nærheten av de nye på- og avkjøringsrampene i Sandviken. Bergen sentrum politistasjon ligger omtrent 3 minutter fra tunnelen søndre portal. Haukeland universitetssykehus har en utrykningstid på cirka 6–10 minutter til tunnelen. Nødetater har dermed utrykningstid på under 10 minutter, noe som i henhold til ny veileder ikke vurderes som et særtrekk.	Vurdere ikke å være et avvik/særtrekk.
Kontrollsentral (organisering, kapasitet m.m)		2.13.2, 3.5		Tunnelen vil bli tilkoblet VTS Vest.	Vurdere ikke å være et avvik/særtrekk.
Driftsentreprenører				Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Vedlikeholds-entreprenører				Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Byggeentreprenører				Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Andre egenskaper?					

Drift av tunnelen

Tabell 29 Driftsforhold for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minste-krav TSF	Andre egenskaper	Beskrivelse	Kommentar
Driftsorganisasjon (organisering, kontraktsstruktur, kompetanse, m.m)		3.1		Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Driftsberedskapsplan		3.1		Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Kriseberedskapsplan		3.2		Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Stenging av kjørefelt ved arbeider		3.3		Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Styring av trafikk/ stenging av tunnel ved hendelser		3.4		Forutsettes ivaretatt av tunneleier	Ikke relevant
Andre egenskaper?			x		

Vedlegg 2 – Sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer

Forhold ved tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Tabellen gjennomgås og fylles ut i forberedende arbeidsmøte for risikoanalysen.

Tabell 30 Bruksforhold til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Bruksforhold	Generell (g) eller spesiell (s) (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafiksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.)
Fartsoverskridelser	g	Relevant	Er ATK i tunnelen i dag. Det er to bokser i nordgående løp, en i sørgående løp. Det er opp til politi om ATK skal videreføres i ny tunnel.
Tilbakeblokkering av trafikk	g/s	Relevant	Ja
Feltbytte	g/s	Relevant	Ja, mange ulykker ved feltbytte i tunnelen.
Uoppmerksomhet	g	Relevant	Ja, mange ulykker med påkjøring bakfra i forbindelse med køkjøring.
Saktegående kjøretøy	g/s	Relevant	Det er saktegående kjøretøy i tunnelen i den forstand at det alltid er noen som kjører saktere en fartsgrensen, utover det er det skiltet forbud for traktor og moped.
Farlig kjøring	g	Relevant	Ja, høy hastighet og promille.
Kjøretøystans, lett	g	Relevant	Daglige kjøretøystanser i tunnelen.
Kjøretøystans, motorsykkel	g	Relevant	I sesong.
Kjøretøystans, tungt kjøretøy	g/s	Relevant	Ja.
Kjøretøystans, buss	g/s	Relevant	-
Kjøring i feil retning	g	Relevant	Erfart at en person kjørte i feil retning i påkjøringsrampe på Nygårdstangen.

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen**

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: **U43-RA-DSFF-012**



Bruksforhold	Generell (g) eller spesiell (s) (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafiksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.,)
Konvoi, spesialtransport	g	Relevant	Ja
Fotgjengere i kjørebane	g/s	Relevant	Ja – har også erfart personer på sparkesykkel i tunnelen.
Demonstrasjoner	g	Relevant	Nei
Illebefinnende	g	Relevant	Ja
Vilt dyr eller kjæledyr i kjørebane	g/s	Relevant	Ja, har opplevd hund i kjørebane.
Feilkoblet trailer	g	Relevant	Ukjent
Varmgang i bremses, motor, retarder	g/s	Relevant	Nei
Teknisk svikt	g	Relevant	Ja, blant annet tomme for drivstoff.
Annet			

Tabell 31 Forhold ved omgivelsene til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Omgivelser	Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafiksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.,)
Flom	s	Relevant	Nei
Tåke	g/s	Relevant	Nei
Ekstrem vind	g/s	Relevant	Nei
Styrtregn	g	Relevant	Nei

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Omgivelser	Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.)
Snøfonner eller snøfokk	g/s	Relevant	Nei
Is på bakken	g/s	Relevant	Ved Eidsvåg – underkjølt regn, et utsatt område for at det kan bli glatt (lavbrekk der). Kan også være glatt på broen ved Nygårdstangen.
Istapper	g/s	Relevant	Ja, kan oppstå oppbygging der det er PE-skum
Blending	g/s	Relevant	Nei – lav sol ved Sandviken, men vil ikke være et problem ved forlenget tunnel.
Vanninntrengning	s	Relevant	Kan skje.
Brann i omgivelser	s	Relevant	Jernbanestasjon og annen bebyggelse ligger tett inntil tunnelen i sør.
Annet			

Tabell 32 Forhold ved infrastrukturen til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Infrastruktur	Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.)
Standardsprang	s	Relevant	Portal T8,5 til T9,5.
Oljesøl	g	Relevant	Ja, kan oppstå.
Slitt vegbane	g	Relevant	Ja
Svikt i normalbelysning	g	Relevant	Nei

Risikovurdering Fløyfjelltunnelen

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52500558 Dokumentnr.: U43-RA-DSFF-012

Infrastruktur	Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafiksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.)
Uoversiktlig/ulogisk trafikkbilde	s	Relevant	Ja kan oppleves for enkelte, ramper i tunnel.
Gjenstander i vegbanen	g	Relevant	Ja daglig mistet last. AID fanger ikke opp mistet last (den funksjonen er ikke i bruk), kun kjøretøystopp og myke trafikanter.
Annet			

Tabell 33 Forhold ved drift og beredskap til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Drift og beredskap	Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)	Relevant / ikke relevant	Kommentar, eventuell oppfølging (Beredskapsplanlegging, trafiksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m.)
Avvik fra driftskrav/ stengerutiner	g	Relevant	Nei
Mangelfull drift	g	Relevant	Risiko ved dårlige løsninger
Mangelfullt vedlikehold	g	Relevant	Vask minst en gang pr. mnd.
Manglende kompetanse og kjennskap til tunnelen	g	Relevant	Nei
Annet			

Vedlegg 3 - Ivaretagelse av selvredningsprinsippet

For å vurdere risiko knyttet til brann og selvredning, er det definert et dimensjonerende scenario for brann, som sikkerhets- og beredskapstiltakene i tunnelen med stor sannsynlighet skal kunne ivareta (troverdig verstefallshendelse).

For vurdering av konsekvens ved brann er det for troverdig verstefallshendelse gjort beregninger og vurderinger av:

- Dimensjonerende brannutvikling
- Antall kjøretøy som blir påvirket av hendelsen
- Røykspredning i tunnelen
- Hvilken røykdose personer som evakuerer til fots i tunnelen blir utsatt for, inklusiv tid til akkumulert dose er så stor at man ikke er i stand til å evakuere lenger (tid til inkapasitans).

Vurderingen legger de planlagte og anbefalte tiltakene til grunn.

Beregningsunderlag

For å hensynta særtrekket som omhandler økning i trafikkmengden i rushtid er det beregnet med tilfelle med saktegående kø i tunnelen. Tekniske data som er benyttet i beregningene er gitt i Tabell 34.

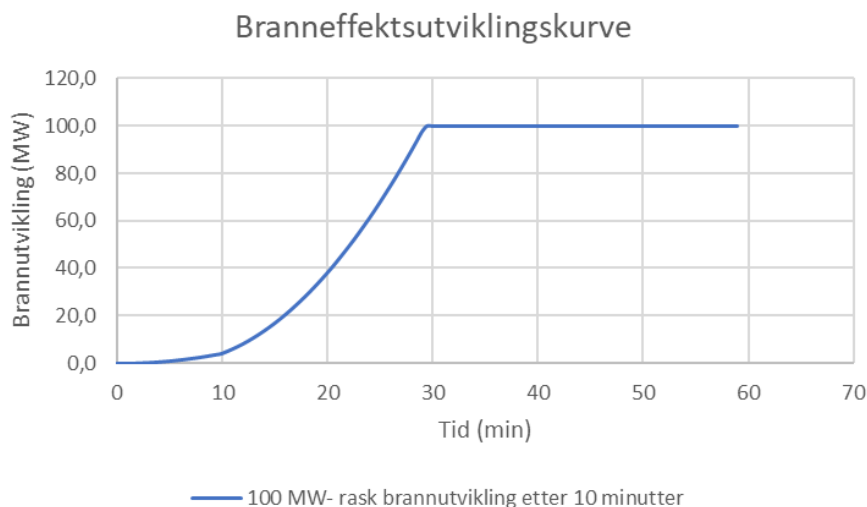
Tabell 34 Beregningsunderlag

Beregningsunderlag trafikk og tunnelgeometri	
Tunnelprofil	T8,5 – T9,5
Tunnellengde	Nordgående løp: 5477 m Sørgående løp: 5433 m
ÅDT	55 000 kjt/døgn
Tungtrafikkandel	7%
Dimensjonerende timestrafikk	10% av ÅDT
Retningsfordeling	100%

Basert på statistikk fra kjøretøybranner i norske tunneler i perioden 2008-2021 [2] er det et fåtall av brannene som forårsakes av kollisjon mellom kjøretøy. Branner og tilløp til brann som er registrert med årsak kollisjon er på kun 4 %. Fordelingen er relativt lik for tunge og lette kjøretøy. Det tas derfor utgangspunkt i at det kun er ett kjøretøy som er direkte involvert i hendelsen, og at kjørefelt i motsatt retning ikke er blokkert.

Dimensjonerende brann

Dimensjonerende brann som er lagt til grunn for beregningene er 100 MW med rask utvikling etter 10 minutter. Brannutviklingskurven er gitt Figur 13.



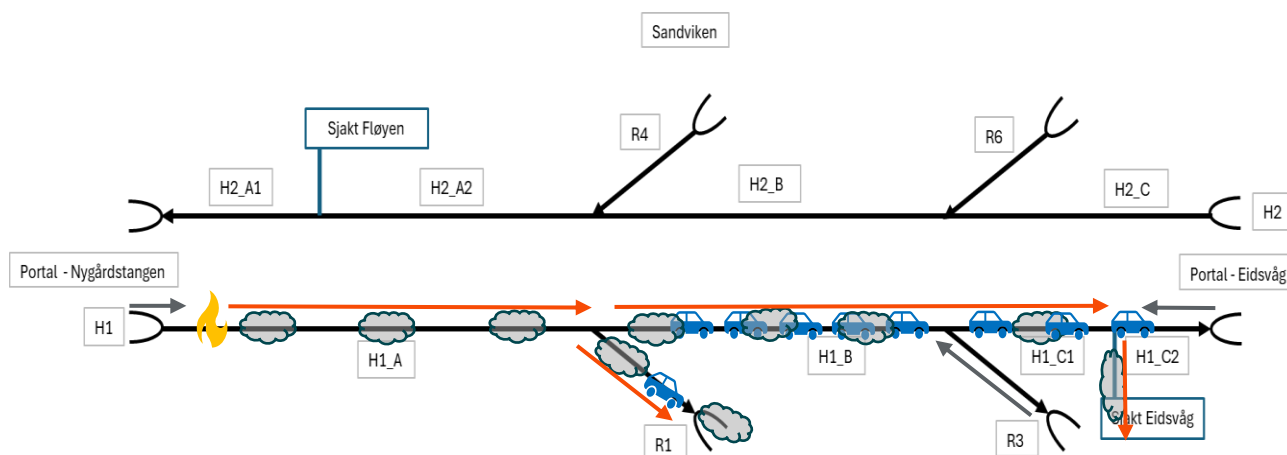
Figur 13 Viser brannutviklingskurver for en 100 MW brann

Evakuering i eget kjøretøy

I hvor stor grad evakuering i eget kjøretøy utgjør en vellykket evakueringsstrategi for en tunnel er avhengig av flere parametere, som muligheter kjøretøy har for å snu i normalprofilen eller i havarinisjer, samt reaksjon- og varslingstider. Individuell manøvreringsevne og hvilken informasjon de evakuerende har om situasjonen de befinner seg i vil også kunne være svært betydningsfullt i en evakueringssituasjon. De ulike parameterne vil i ulik grad påvirke hvor raskt trafikantene vil ha mulighet til å evakuere tunnelen.

Brann i hovedløp:

Troverdig verstefallshendelse tar utgangspunkt i en hendelse omtrent 100 m fra tunnelportal, og en trafikksituasjon med saktegående trafikk (10 km/t). Den tar utgangspunkt i en brann på 100 MW.



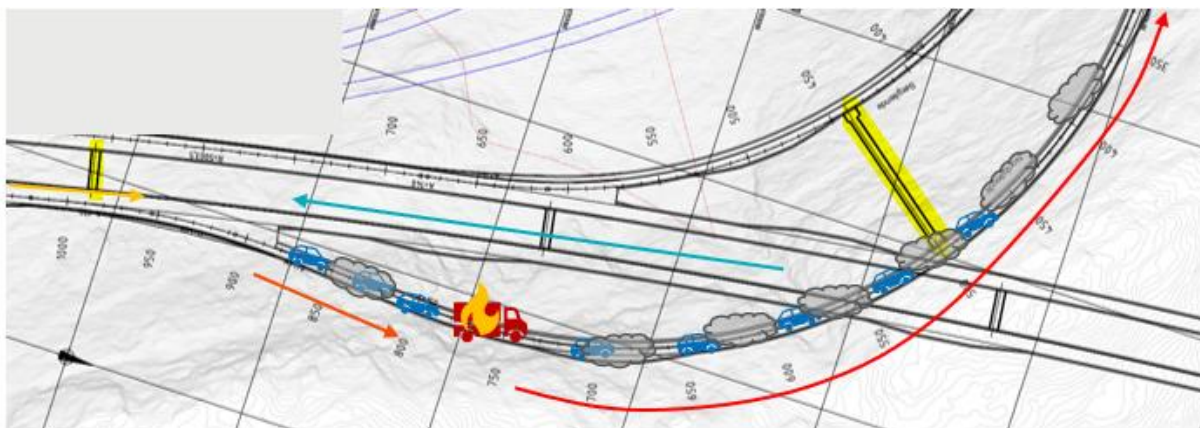
Beregningen viser at det ved saktegående trafikk (10 km/t) kan oppstå situasjoner der kjøretøy blir stående i røykfylt sone ved en 100 MW brann. Kølengden kan i verste fall bli rundt 2000 meter, ifølge konservative beregninger. Med en hastighet på 10 km/t vil et kjøretøy bruke omtrent 12 minutter på å forflytte seg gjennom en slik strekning. Det vil derav være fordelaktig å ikke starte full hastighet på brannventilasjon før evakueringsfasen er over, og kjøretøy som står på røykfylt side har kommet seg ut.

Tunnelen er utstyrt med AID-systemer som raskt skal detektere hendelser og varsle nødetatene. En brann starter normalt i motorrommet og bruker noe tid på å utvikle seg og spre seg til resten av kjøretøyet. Det antas derfor at det vil gå noe tid før sikten blir kritisk dårlig for trafikanter. Det er også mulig å forlate kjøretøyet og ta seg ut via tverrpassasjene dersom det blir nødvendig.

I tillegg vil kjøretøy kunne benytte avkjøringer ved Eidsvåg og Sandviken dersom trafikkbildet tillater det. Planlagte forbedringer av vegkonstruksjoner, blant annet ved kryss og rundkjøringer tilknyttet tunnelen, vil også bidra til å redusere risikoen for langvarig, saktegående kø. I analysemøtet ble det opplyst at så lav trafikkhastighet sjelden forekommer med mindre det allerede har oppstått en hendelse i eller utenfor tunnelen.

Brann i ramper:

Troverdig verstefallshendelse tar utgangspunkt i en hendelse omtrent midt mellom tverrforbindelsene i de nordgående rampene med innbyrdes lengst avstand mellom seg. Videre tas det utgangspunkt i en trafikk situasjon med saktegående trafikk (10 km/t). Den tar utgangspunkt i en brann på 100 MW.



Figur 14 Viser situasjon med brann i tungt kjøretøy i avkjøringsrampe Sandviken



Figur 15 Viser situasjon med brann i tungt kjøretøy i avkjøringsrampe Eidsvåg

Beregningen viser at det ved saktegående trafikk (10 km/t) kan oppstå situasjoner der kjøretøy blir stående i røykfylt sone ved en 100 MW-brann, hovedsakelig i rampen i Sandviken. De vil derav være fordelaktig å ikke starte full hastighet på brannventilasjon før evakueringsfasen er over, og kjøretøy som står på røykfylt side har kommet seg ut. Som nevnt vil en brann som starter i motorrommet bruke noe tid på å utvikle seg og spre seg til resten av kjøretøyet. Det antas derfor at det vil gå noe tid før sikten blir kritisk dårlig for trafikanter. Det er også mulig å forlate kjøretøyet og ta seg ut via tverrpassasjene dersom det blir nødvendig. Det må imidlertid bemerkes at beregningene er konservative, særlig med hensyn til antatte køsituasjoner.

Evakuering til fots

Toksisitet og sikt i røyk

Den toksiske effekten på evakuerende som utsettes for røykgass er beregnet iht. metode beskrevet i Tunnel Fire Dynamics [16]. En såkalt «Fractional Effective Dose», eller FED, beregnes. FED er et uttrykk for akkumulert dose som resulterer i en spesifisert effekt på en gjennomsnittlig person. En FED på 1 er den akkumulerte dosen som vil gjøre 50% av befolkningen ute av stand til å evakuere (inkapasitans). Grenseverdien representerer ikke en dødelig dose, men en dose som gjør at en gjennomsnittlig person blir desorientert og ute av stand til å ta seg frem i tunnelen på egen hånd. Den akkumulerte dosen vil være avhengig av både konsentrasjonen til den kvelende eller toksiske gassen, samt tiden man utsettes for den.

FED beregnes ut fra bidrag fra de kvelende gassene CO og HCN, samt redusert konsentrasjon av O₂. I tillegg vil CO₂ påvirke pusteraten, som igjen bidrar til en økt effekt av CO og HCN. Dette er også hensyntatt i modellen.

Siktberegninger og påvirkning på ganghastighet

Beregninger av sikt og hvilken påvirkning sikten har på ganghastigheten er utført iht. metode beskrevet i Tunnel Fire Dynamics. Sikten vil være avhengig av røykkonsentrasjonen i tunnelen. Parametere som inngår for å beregne sikten er blant annet:

- Sotproduksjon
- Branneffekt
- Optisk tetthet
- Uttynning av røyken (gitt av tunneltverrsnitt og ventilasjonshastighet)

Sikten vil igjen påvirke ganghastigheten. Det er benyttet en nedre grense for ganghastighet på 0,3 m/s, som tilsvarer ganghastighet i mørke/ svært dårlig sikt. Ved god sikt (mer enn 10 m) er det benyttet en ganghastighet på 0,7 m/s, som er vurdert å være en relativt konservativ verdi. Etter hvert som de evakuerende blir tatt igjen av røyken tar beregningene høyde for en redusert ganghastighet som følge av redusert sikt, helt ned til 0,3 m/s når sikten er svært lav/lik null.

FED-beregningene forutsetter at evakuerende beveger seg bort fra brannen, og at de forholder seg aktivt til situasjonen. Temperaturutvikling nær brannstedet er derfor ikke vurdert.

FED- og siktberegningene er i stor grad avhengig av ventilasjonshastigheten i tunnelen. Høyere ventilasjonshastighet vil bidra til mer uttynning av røyken, og dermed redusert konsentrasjon av giftige gasser. På den annen side vil høyere ventilasjonshastighet øke røykspredningen i tunnelen, slik at evakuerende raskere blir tatt igjen av røyk. Høyere ventilasjonshastighet kan også gi dårligere sikt i startforløpet av brannen siden turbulens kan gjøre at hele tverrsnittet fylles med røyk, samt at det kan bidra til å eskalere brannen. Sistnevnte er ikke medtatt i beregningene.

Analyse

Ettersom Fløyfjelltunnelen er en lang tunnel, er det gjort en analyse av evakuering til fots. Dette for å vurdere hvor lang tid evakuerende til fots har tilgjengelig ved en troverdig verstefallshendelse i tunnelen før de utsettes for en røykdose som gjør det utfordrende å orientere seg.

Det er antatt at personer i kjøretøy som ikke kan kjøre ut og som befinner seg i umiddelbar nærhet til brannhendelsen reagerer på situasjonen innen to minutter etter at situasjonen er identifisert, dvs. etter de ankommer brannstedet eller møter røyk i tunnelen, og da igangsetter evakuering til fots. Med dette til grunn antas det at evakuering igangsettes maks 7 minutter etter brannstart (to minutter før tunnelen stenges, pluss 3 minutter kjøretid til brannstedet og to minutter reaksjonstid).

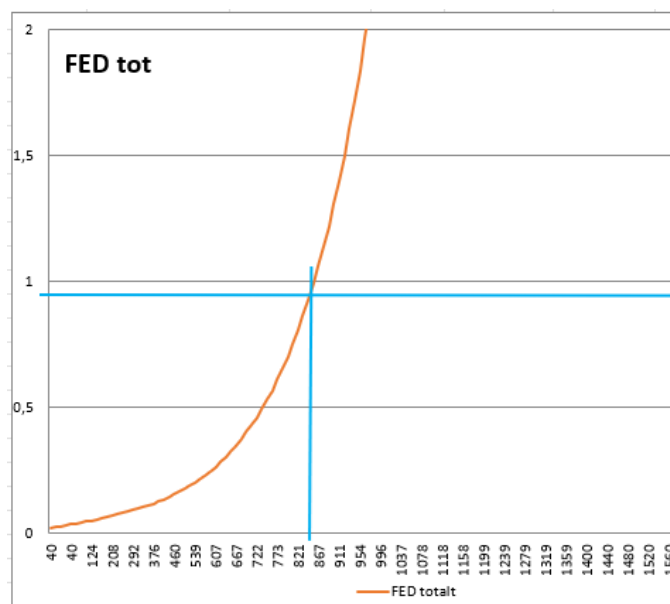
Det er videre antatt at evakuerende begynner å gå før sikten i tunnelen er dårlig, dvs. at det er minst 10 m sikt. De evakuerende vil da gå i røykfronten en stund, men vil, avhengig av ganghastighet og ventilasjonshastighet, tas igjen av mer og mer røyk.

Parameterne som ligger til grunn for FED-beregningene er oppsummert Tabell 35.

Tabell 35 Viser underlag for FED-beregninger

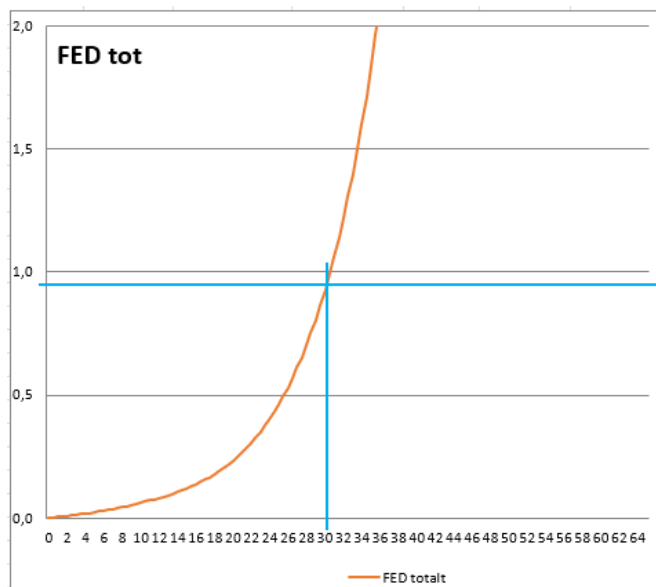
Parameter	Verdi	Kommentar
Brannkurve	100 MW	Se Figur 13
Stengetid tunnel	2 min	Antatt 1 min deteksjonstid med AID samt 1 min aktivering av brannplan.
Reaksjonstid evakuering	7 min	2 min stengetid, 3 min kjøretid til brannsted og 2 min reaksjonstid
Ventilasjonshastighet	1,5 m/s	Det er ønskelig å begrense røykspredningen i tunnelene, dvs. ha lav evakueringsventilasjon. Evakueringsventilasjon er derfor satt til 1,5 m/s
Ganghastighet	0,7 m/s	Ganghastigheten er satt til 0,7 m/s og reduseres gradvis til 0,3 m/s når sikten blir under 10 m. Ganghastighet på 0,7 m/s er vurdert å være en relativt konservativ verdi. Denne ganghastigheten hensyntar stigninger i ramper.

Med maks ganghastighet på 0,7 m/s er tilgjengelig tid før grenseverdien for inkapasitans oppnås omtrent 30 minutter og man kan bevege seg omtrent 850 meter.



Figur 16 Akkumulert FED-verdi og gangavstand fra brannsted

Figur 16 viser FED-beregninger for dimensjonerende scenario. Figuren viser sammenhengen mellom akkumulert FED-verdi og gangavstand fra brannstedet. Grenseverdi for inkapasitans er vist med blå linje.



Figur 17 Akkumulert FED-verdi over tid under evakuering

Figur 17 viser FED-beregninger for dimensjonerende scenario. Figuren viser sammenhengen mellom akkumulert FED-verdi og tid etter brannstart. Grenseverdi for inkapasitans er vist med blå linje.

Resultatene fra FED-beregningene indikerer at tunnelen med tverrforbindelse hver 250 m (med unntak i inngangssone Bergen og ramper) vil være en robust løsning som gir tilstrekkelig handlingsrom for å komme seg ut av tunnelen på egenhånd for den troverdige verstefallshendelsen. Det må imidlertid bemerkes at beregninger av røykdose og tid til inkapasitans er teoretiske og ikke nødvendigvis gir et korrekt bilde av faktisk menneskelig atferd ved evakuering i en røykfylt tunnel.

Vedlegg 4 – Risikovurdering farlig gods

Målsetning og metodikk

Målsetningen med risikovurderingen for farlig gods-transport er å vurdere om farlig gods kan transporteres som normalt gjennom tunnelen, eller om det er behov for andre sikkerhetstiltak og/eller restriksjoner.

Statens vegvesens nye veileder for risikovurdering av vegtunneler presenterer forventninger til innhold og metodikk. Som en del av objekt- og systembeskrivelsen skal det kartlegges lokale forhold om farlig godstype og mengder, og på bakgrunn av dette vurderes en troverdig verstefallshendelse (TVH). Det vil bli gjort en vurdering av sannsynlighet og konsekvens av aktuelle TVH'er.

Begrensninger

Vurderingene i dette vedlegget vil avgrenses til forhold som kan true trafikantenes liv. Tema tilknyttet miljørisiko (ytre miljø) vil ikke bli vurdert.

Vurderingen er kun å anse som et beslutningsgrunnlag, og presenterer kun anbefalinger.

Om tunnelen

Eksisterende Fløyfjelltunnel forlenges til Eidsvåg. Fløyfjelltunnelen er planlagt som en 5,3-km lang toløpstunnel med to felt i hvert løp. Sørgående løp har to påkjøringsramper, en i Sandviken og en i Eidsvåg. Nordgående løp har to avkjøringsramper, en i Sandviken og en Eidsvåg. For ytterligere beskrivelse av tunnelsystemet se kapittel 2.

Avløpssystemet i tunnelene

Det skal være avløp for brannfarlige og giftige væsker, gjennom godt utformede sluk eller andre tiltak innenfor tunnelens tverrprofil. I tillegg skal avløpssystemet være konstruert og skal vedlikeholdes for å hindre at brann og brannfarlige og giftige væsker sprer seg inne i løp og mellom løp. Avløpssystemet bygges i tråd med føringer i ny Vegnormal N500:2024. Tunnelen bygges med et rensesystem med oljeutskiller som er dimensjonert for å romme en tankbilvelt, avløp for slokkevann og vask.

Dette forutsettes ivare tatt for videre analyse.

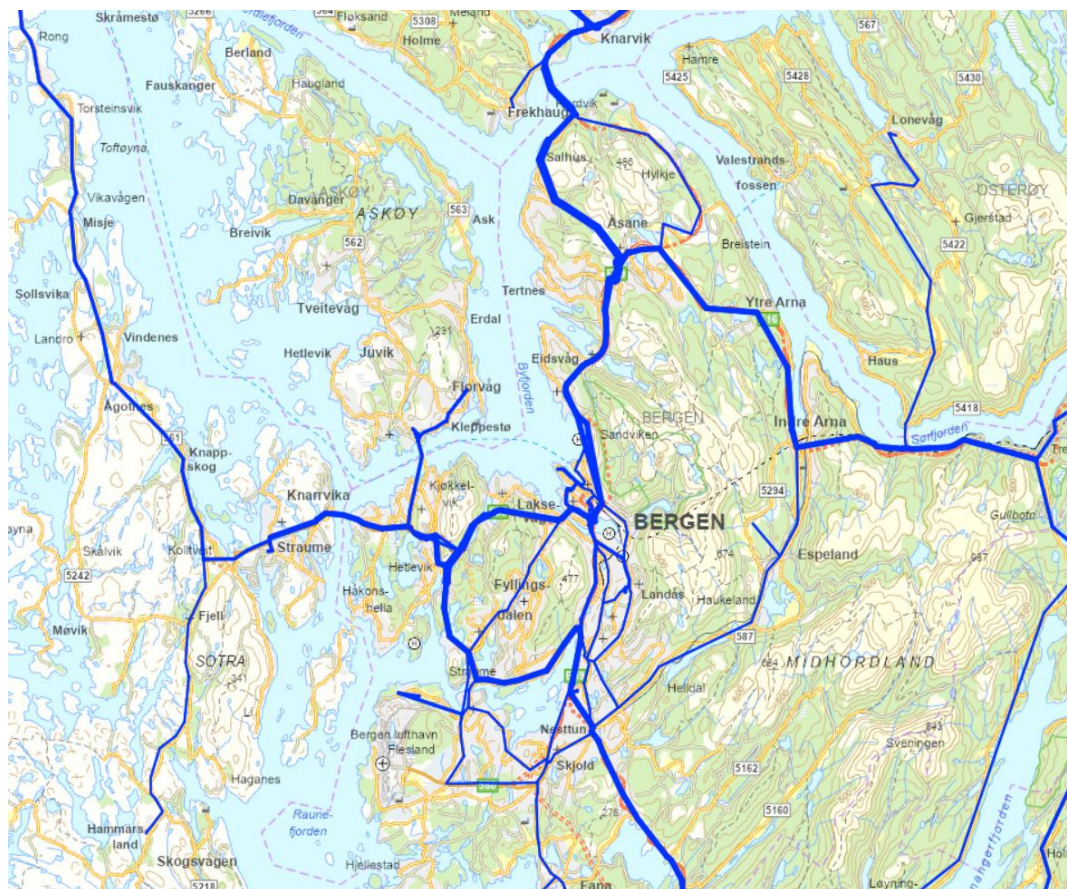
Kartlegging av farlig gods

Følgende tilgjengelig dokumentasjon er gjennomgått i kartleggingen:

- Kartlegging av farlig gods i Norge, utgitt av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2012. Data er presentert i DSBs kartløsning.
- Kartlegging av transport av farlig gods i Norge, utgitt av Transportøkonomisk institutt, 2013 [17]
- FylkesROS for Vestland 2023-2026, utgitt av Statsforvalteren i Vestland, 2023.

I fylkesROS for Vestland pekes det på at det er begrenset informasjon om hvor farlig gods faktisk transporteres. Dette skaper utfordringer for beredskapsaktørene med tanke på risikoanalyse og planlegging for håndtering av uønskede hendelser. De største volumene farlig gods fraktes langs hovedvegene E39, E16, Rv. 7 over Hardangervidda og Rv. 15 over Strynefjellet, ifølge analyser utført av Transportøkonomisk institutt. Det transporteres også betydelige mengder farlig gods på mindre veier i fylket.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) gjennomførte i 2012 en nasjonal kartlegging av volum og typer farlig gods som transporteres på ulike veistrekninger. Følgende mengder er funnet på strekningen gjennom Fløyfjelltunnelen:



Figur 18 Kart som viser farlig gods-trafikk i området

Kartleggingen utført av DSB i 2012 avdekker mengder farlig gods kategorisert i ulike klasser. Følgende mengder har blitt fraktet gjennom Fløyfjelltunnelen:

- ADR-klasse 1 (eksplosive stoffer og gjenstander): ca. 90 m³
- ADR-klasse 2 (gasser): ca. 37 000 m³
- ADR-klasse 3 (brannfarlig væske): ca. 290 000 m³
- ADR-klasse 4.1 (brannfarlig faste stoffer): ca. 40 m³
- ADR-klasse 4.3 (stoffer som utvikler brannfarlige gasser i kontakt med vann): ca. 3000 m³
- ADR-klasse 5.1 (oksidierende stoffer): ca. 40 m³
- ADR-klasse 5.2 (organiske peroksider): ca. 3 m³
- ADR-klasse 6.1 (giftige stoffer): ca. 3000 m³
- ADR-klasse 7 (Radioaktivt materiale): ca. 1500 m³
- ADR-klasse 8 (etsende stoffer): ca. 2000 m³
- ADR-klasse 9 (forskjellige farlige stoffer og gjenstander): ca. 7000 m³

ADR-klasser refererer til klassifisering av farlige stoffer i til ADR-konvensjonen. Stoffene deles inn i forskjellige klasser basert på hvilken type risiko de utgjør.

Fra DSBs kartlegging kommer det frem at det transporteres en stor mengde farlig gods på strekningen, totalt ca. 346 000 m³. Rapporten viser at det årlig transporteres størst mengde farlig gods i ADR-klasse 3 (brannfarlig væske) gjennom Fløyfjelltunnelen. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at kartleggingen stammer fra 2012, og dermed ikke nødvendigvis gir et oppdatert bilde av dagens situasjon og at kartleggingen har visse begrensninger, blant annet når det gjelder detaljeringsgrad og dekningsområde.

Statistikken er over ti år gammel, og det knytter seg derfor betydelig usikkerhet til både mengde og type farlig gods som i dag transporteres langs strekningen.

Ifølge DSB foreligger det per dags dato ingen nyere nasjonale kartlegginger. De påpeker imidlertid at det siden forrige kartlegging har vært en betydelig økning i antall elektriske kjøretøy på norske veier, noe som har ført til en markant reduksjon i transporten av drivstoff i tank. Samtidig antas det at transporten av elbilbatterier har økt i takt med at elektriske kjøretøy i økende grad kasseres.

Risikoen med aktuelle fareklasser

Fareklasse 1 representerer eksplosive stoffer og gjenstander, med risiko tilknyttet masse- og deleksplasjon og fare for utkast.

Fareklasse 2 representerer ulike gasser, som kan være både brannfarlige, giftige, etsende og oksiderende. Gassene kan transporteres som komprimert, kondensert i væskeform, dypkjølt eller oppløst under trykk.

Fareklasse 3 utgjør brennbare væsker, hvor flammepunktet er under 60 grader celsius. Jo lavere flammepunkt, desto større er brannfaren. Petroleumsprodukter, som bensin og diesel, utgjør mesteparten av de brannfarlige væskene. Brannfarlige væsker vil også kunne være etsende eller giftige.

Fareklasse 4.1 utgjør brannfarlige faste stoffer som lett kan antennes ved kontakt med en tennkilde, slik som friksjon, varme eller en gnist. Noen stoffer i denne klassen kan også være selvreaktive eller eksplosive ved sjokk eller oppvarming. Eksempler inkluderer svovel, fosfor og nitrocellulose.

Fareklasse 4.3 omfatter stoffer som i kontakt med vann kan utvikle brannfarlige gasser. Dette inkluderer kjemikalier som reagerer voldsomt med vann og kan antennes spontant, for eksempel visse metallhydrider eller natrium- og kaliumforbindelser.

Fareklasse 5.1 utgjør oksiderende stoffer som avgir oksygen eller andre oksiderende elementer ved nedbrytning, noe som kan føre til eller forsterke en brann. Eksempler inkluderer ammoniumnitrat, hydrogenperoksid og kaliumpermanganat.

Fareklasse 5.2 består av organiske peroksider, som er svært reaktive forbindelser som både kan være oksiderende og termisk ustabile. De kan reagere voldsomt ved oppvarming, friksjon eller slag, og representerer både brann- og eksplosjonsfare.

Fareklasse 6.1 utgjør giftige stoffer som er helsefarlige og kan være dødelige ved innånding, hudkontakt eller inntak. Eksempler er cyanider, pesticider og visse tungmetaller som kvikksølvforbindelser.

Fareklasse 7 omfatter radioaktive stoffer som kan være skadelige for helse og miljø. Eksempler inkluderer uranforbindelser, plutonium og enkelte medisinske isotoper.

Fareklasse 8 utgjør etsende stoffer, som kan forårsake irreversibel hudskade og være ødeleggende på materialer. Hovedtypene er syrer og baser, som eksempelvis svovelsyre, saltsyre og flussyre.

For fareklasse 9 finnes det stoffer og gjenstander som anses som farlig gods, men som ikke kommer inn under noen av de andre klassene.

Sannsynlighet for uønsket hendelse med farlig gods

Basert på kartleggingen er det valgt å fokusere på transport av fareklasse 3 (brennbare væsker) da det er denne fareklassen som utgjør den klart største andelen av farlig gods-transport.

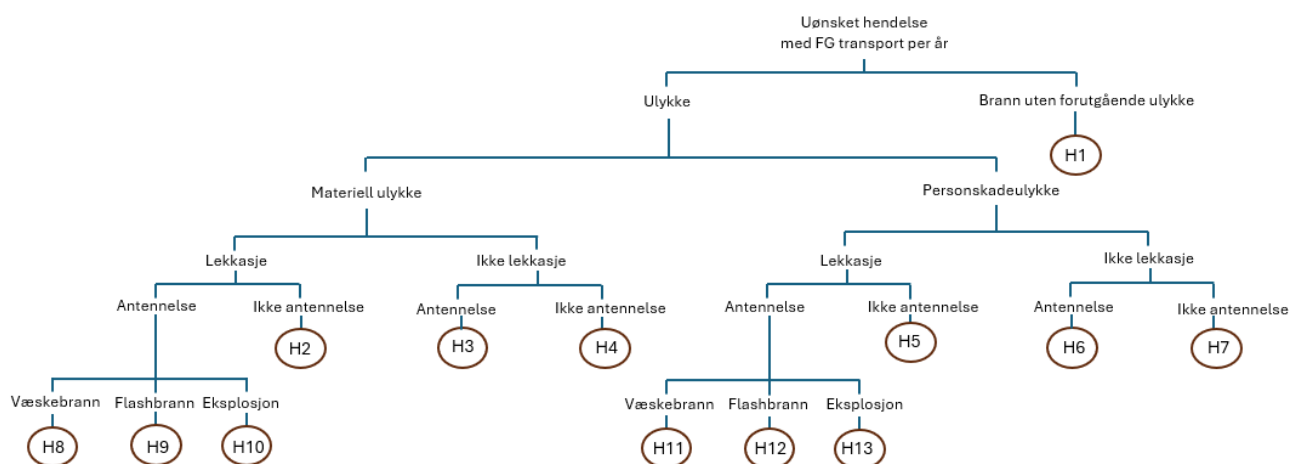
Transportmengdene av øvrige fareklasser er så lave at de ikke anses som et hensiktsmessig utgangspunkt for å vurdere som troverdige verstefallshendelser, eller på annen måte som dimensjonerende. Derfor gjøres det ikke sannsynlighetsberegninger av disse fareklassene. Det er imidlertid gjennomført noen kvalitative vurderinger av enkelte av de øvrige fareklassene senere i rapporten.

Bensin og diesel vil bli benyttet som utgangspunkt i videre utredning. Bensin har lavt flammepunkt, høy fordampningsevne, og er giftig i høye konsentrasjoner. Diesel har ikke samme skadepotensiale som bensin, men mengden som transporteres er stor.

Det er valgt å se på to initierende hendelser som kan lede til en farlig godsulykke.

1. Uhell i FG-transport uten forutgående trafikkulykke (typisk bilbrann)
2. Trafikkulykke med bil som frakter farlig gods

For å kvantifisere sannsynligheten for at ulike scenarier kan inntreffe er det benyttet et hendelsestre, som trinnvis visualiserer mulige påfølgende uønskede scenarier. Hendelsestreet er presentert i Figur 19.



Figur 19: Viser hendelsestre.

Hendelsestrekket viser at ved en ulykke vurderes først om det dreier seg om en trafikkulykke eller et annet uhell, hvor sistnevnte kan innebære bilbrann. Ved trafikkulykker vurderes videre sannsynligheten for at ulykken er materiell eller innebærer personskader. Deretter vurderes sannsynligheten for at ulykken fører til lekkasje av farlig gods. Ved lekkasje kan det enten oppstå brann, eller utslipp uten antenning.

Grunnlag for beregninger

Som tidligere presentert er andelen tungtransport anslått til om lag 7 % gjennom Fløyfjelltunnelen. Kartlegging av farlig godstransport i Norge viser at om lag 3,5 % av tungtrafikken på nasjonalt nivå består av transport av farlig gods [17]. Denne andelen vil naturligvis variere over landet. Fløyfjelltunnelen ansees som en viktig og travel transportåre for godstrafikk. I en tidligere risikovurdering av Strømsåstunnelen og Bragernestunnelen i Drammensområdet ble det registrert at cirka 4,6 % av tungtransporten gjennom Strømsåstunnelen per døgn var ADR-merket [9]. Strømsåstunnelen er en relativt trafikkert tunnel (ÅDT på omtrent 20 500 i 2024) og kan sammenlignes med Fløyfjelltunnelen.

Til sammenligning viste kartleggingen i 2012 at transport av farlig gods gjennom tunnelen utgjorde om lag 0,05 % av tungtrafikken, basert på en årsdøgntrafikk (ÅDT) på 43 800 og totalt 346 000 tonn farlig gods transportert på strekningen gjennom tunnelen det året. For å være på den sikre siden i vurderingen, er det derfor lagt til grunn en andel på 5 %, som tar høyde for en mulig betydelig økning i transporten av farlig gods.

Med en årsdøgntrafikk (ÅDT 2040) på 55 000 kjøretøy i Fløyfjelltunnelen, hvorav 7% utgjøres av tungtransport, og 5 % av denne andelen transporterer farlig gods, tilsvarer dette at 0,4 % av den totale trafikken i tunnelen består av transport med farlig gods.

Videre benyttes statistikk for frekvens for ulykke per år og frekvens for brann i kjøretøy per år som grunnlag. Disse verdiene er videre multiplisert med frekvensen av farlig gods-transport gjennom Fløyfjelltunnelen.

Trafikksikkerhetshåndboken angir videre at 85 % av ulykkene som involverer farlig gods-transport, kun medfører materielle skader [18].

Dette danner grunnlaget for å beregne hvor ofte en uønsket hendelse med farlig gods-transport inntreffer i Fløyfjelltunnelen.

Tabell 36 Viser beregnet ulykkesstatistikk for tunnelen

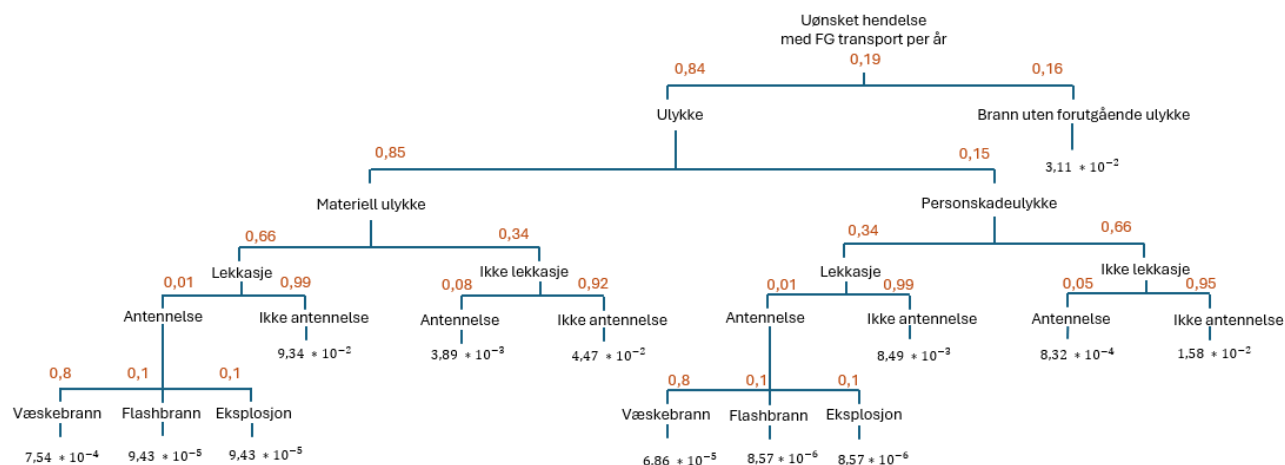
Type hendelse	Antall hendelser per år	Tid mellom hendelser
Personskadeulykke (PSU)	7,204	Ca. 2 mnd.
Ulykke med drepte eller hardt skadd (DHSU)	0,251	4 år
Brann lette kjøretøy (inkl. tilløp)	0,964	1 år
Brann tunge kjøretøy (inkl. tilløp)	0,621	2 år

Sannsynlighetsberegninger

Tabell 37 Viser sannsynligheten for FG-hendelse i Kjøshammartunnelen.

Sannsynlighet for farlig gods-hendelse		
	Pr. år	En hendelse pr. x år
Ulykke hvor farlig gods transport er involvert (PSU + materiell ulykke)	0,16	6
Brann hvor farlig godstransport er involvert	0,03	32

Videre er det også beregnet sannsynligheter for de ulike følgehendelsene som er vist i hendelsestreet. Sannsynligheten for disse hendelsene er basert på informasjonen hentet fra en risikovurdering av farlig gods i Strømsåstunnelen og Bragerneestunnelen utarbeidet av Sintef [9] og TØIs rapport Katastroferisiko i transport [19]. Sannsynlighetene for de ulike uønskede hendelsene er beregnet og presentert i Figur 20 og Tabell 38.



Figur 20 Hendelsestre med sannsynligheter for ulike hendelser

Tabell 38 Viser sannsynlighet for ulike uønskede hendelsene etter farlig gods ulykke i Fløyfjelltunnelen.

Hendelse	Sannsynlighet	Hendelse per x år
Materiell ulykke som fører til lekkasje	$9,43 \cdot 10^{-2}$	10
Materiell ulykke som fører til lekkasje som videre antenner	$9,43 \cdot 10^{-4}$	1060
Personskadeulykke som fører til lekkasje	$8,57 \cdot 10^{-3}$	116
Personskadeulykke som fører til lekkasje som videre antenner	$5,72 \cdot 10^{-4}$	1750

Personrisiko og vurdering av antall trafikanter i tunnelen

For å kunne vurdere personrisikoen ved en farlig godsulykke, må det vurderes hva som er sannsynlig antall kjøretøy som kan befinne seg i tunnelene når en eventuell hendelse inntreffer. Høy trafikkthet kan medføre at kjøretøy får utfordringer med å snu eller passere ulykkesstedet. I tillegg må variasjoner i trafikktheten gjennom døgnet tas i betraktning.

Det er i denne analysen forutsatt saktegående kø i tunnelen. I Vedlegg 3 er det gjennomført beregninger for evakuering i kjøretøy ved brannhendelse. Beregningene benyttes også her for å estimere kjøretøymengden ved en hendelse med farlig gods. Det er imidlertid verdt å merke seg at beregningene er basert på forløpet i et brannscenario, der man antar at kjøretøy kan passere hendelsesstedet i opptil fire minutter etter brannstart. Ved en hendelse som involverer for eksempel bensinlekkasje, kan dette forløpet være annerledes, men det er ikke vurdert nærmere i denne sammenhengen. For enkelhets skyld, og i mangel av mer spesifikke data for farlig gods-hendelser, benyttes derfor de samme forutsetningene.

På bakgrunn av dette er det estimert at det vil kunne være kjøretøy i 2 km kø i forkant av hendelsen. Kjøretøy som kommer bak hendelsen vil ha mulighet for å passere, men vil ved saktegående kø i tunnelen bli stående i kø foran hendelsen.

Usikkerhetsmoment - Trafikantenes forventede handlingsmønster

En usikkerhet er hvorvidt noen trafikanter vil stoppe og avklare situasjonen med de som er direkte involvert i hendelsen, altså at de forlater kjøretøyet og går fysisk ut i tunnelrommet. Bensindamp har en karakteristisk lukt, som de fleste trafikanter vil forstå risikoen av å befinne seg i nærheten av. Det forventes da at de beveger seg bort fra skadestedet. I tillegg forventes det at tunnelens brannventilasjon igangsettes. Dette vil forskyve den toksiske avdampningen på den ene siden av skadestedet.

Troverdig verstefallshendelse (TVH)

Troverdig verstefallshendelse velges på bakgrunn av vurderingene i foregående avsnitt, og en gjennomgang av:

- Type og mengde farlig gods som transporteres gjennom tunnelen.
- Sannsynligheten for ulykke med farlig gods involvert i den aktuelle tunnelen.
- Sannsynlig antall kjøretøy og trafikanter som befinner seg i tunnelen på ulykkestidspunktet.

Gjennomgangen av farlig gods-kartleggingen viser at brennbar væske er det som dominerer farlig gods-transporten. Tunnelen har høy trafikkbelastning og en betydelig andel farlig godstransport. Basert på sannsynlighetsberegningene er det anslått at en ulykke hvor et kjøretøy med farlig gods er involvert, kan forventes hvert 6. år. Videre er sannsynligheten for at en slik hendelse medfører lekkasje beregnet til å kunne inntreffe hvert 10. år. Det anses derfor som realistisk å legge til grunn en hendelse hvor kjøretøy med farlig gods er involvert i en ulykke, og at dette fører til lekkasje av godset. Sannsynligheten for videre antennelse av det farlige godset er beregnet til å kunne inntreffe hvert 1060. år. En slik hendelse vurderes derfor som lite sannsynlig. Videre viser også statistikk fra perioden 2013 –2024 at over 50 % av registrerte hendelser med farlig gods var lekkasjer, og dette uten videre antennelse.

På bakgrunn av dette antas det som en troverdig verstefallshendelse at et tankkjøretøy utsettes for en ulykke som forårsaker materiell skade og påfølgende lekkasje, uten påfølgende antennelse. Det legges til grunn lekkasje fra 2–3 av de totalt 10 kamrene i en standard tankbil, noe som gir et estimert utslipp på 12–15 m³.

Beregningene av trafikk tetthet i tunnelen viser at det er sannsynlig at det vil kunne være kjøretøy i ca. 2 km kø som blir stående i kø i tunnelen ved en hendelse. Denne størrelsen tar utgangspunkt i at hendelsen skjer på et tidspunkt hvor det er saktegående kø i tunnelen (10 km/t). Det tas utgangspunkt i at kjøretøy på veg inn i tunnelen, blir varslet / forhindret av bommer og røde stoppblinksinal.

Følgende scenario settes som troverdig verstefallshendelse:

- Væskeutslipp av bensin på 12-15 m³.
- Væskeutslippet skjer mellom to sluk.
- Væskeutslippet antennes ikke.
- Saktegående kø i tunnelen

Konsekvens v/ troverdig verstefallshendelse (TVH)

Sannsynlighet og konsekvens ved ordinære trafikkulykker eller brann blir ikke behandlet i denne analysen da det kun dreier seg om hendelser med transport av farlig gods.

Dette kapittelet vil redegjøre for helserisikoen for de trafikanter som befinner seg i nærheten av et bensin- eller dieselutslipp. Det vil typisk kunne være trafikanter som går ut av kjøretøyene for å bistå skadevolder eller hjelpe andre direkte involverte.

Ikke-antent utslipp

Ved et væskeutslipp på 12–15 m³ antas det at det første sluket væsken møter på ikke vil ha tilstrekkelig kapasitet til å ta imot hele væskemengden. Dette vil naturligvis avhenge av faktorer som størrelsen på

lekkasjehullet og væskens hastighet, men det antas her at væsken vil fordele seg utover veibanen og delvis samles opp av flere sluk før den ledes inn i avløpssystemet. Videre vil væsken samles opp i en oljeutskiller med tilstrekkelig kapasitet.

Totalt sett vurderes kapasiteten i tunnelens avløpssystem som tilstrekkelig for å håndtere et dimensjonerende utslipp i størrelsesorden 12–15 m³.

Med tanke på tunnelens utforming antas det at et utslipp vil kunne renne og danne en større væskeflate. Ettersom bensindamp er tyngre enn luft, vil den hovedsakelig legge seg langs kjørebane. Det antas at et utslipp vil kunne renne og danne en større væskeflate, avhengig av tunnelens fall og overflatens utforming. Tidligere erfaringer og gjennomførte CFD-simuleringer viser imidlertid at selv ved et utslipp som danner en åpen væskeflate på om lag 240 m², er det lite sannsynlig at konsentrasjonen av bensindamp vil nå helsefarlige nivåer. Dampkonsentrasjonen avtar raskt med høyden, og det vurderes som lite sannsynlig at et utslipp på 12-15 m³ vil medføre konsentrasjonsnivåer over 7000 ppm. i høyde med en person som evakuerer (omtrent 1,5 m over bakkenivå), gitt at avløpssystemet fanger opp væsken.

Som presentert tidligere, forventes det også at trafikanter som oppfatter lukten, beveger seg bort fra skadestedet før de opplever ubehag. Brannventilasjonen vil også bidra til å redusere – eller fjerne – gasskonsentrasjonen.

Hendelser utover TVH – Hydrogen, ammoniakk, og batterier

Det er forventet at transporten av hydrogen, ammoniakk og batterier vil øke betydelig i årene som kommer, som følge av elektrifisering av transportsektoren og globale mål om bærekraft og grønn omstilling. Dette innebærer også en økning i transporten av disse stoffene på vegnettet.

Hydrogen og ammoniakk er klassifisert som farlig gods i henholdsvis fareklasse 2 (gasser) og 5.1 (oksidierende stoffer). Disse stoffene har ulike, men betydelige, risikomomenter. Ammoniakk er en giftig gass som kan medføre alvorlige helseproblemer ved lekkasje [20]. Ved høye konsentrasjoner kan gassen føre til akutte luftveisplager og i verste fall dødsfall. Ammoniakk har også visse brannegenskaper, men er relativt vanskelig å antenne og krever høy konsentrasjon i luft for å danne en brennbar blanding.

Hydrogen er avhengig av oksygen for å kunne frigjøre energien som er lagret i gassen, og kan dermed ikke eksplodere når det er innelukket i en tank [21]. En hydrogenlekkasje av en viss størrelse vil derimot med høy sannsynlighet antenne. Selv om hydrogen ikke er giftig, representerer det en betydelig brann- og eksplosjonsfare. Gassens lave tennenergi og brede eksplosjonsområde i luft gjør at selv små mengder kan forårsake alvorlige hendelser dersom gassen samler seg i utilstrekkelig ventilerte områder.

Hydrogen fraktes enten som komprimert gass i høytrykkstanker eller som flytende hydrogen i kryogene tanker [20]. Ammoniakk transporteres i flytende form i tankbiler hvor trykket på tankene svarer til ammoniakks damptrykk ved den rådende temperaturen [22]. I motsetning til tankbiler som transporterer brannfarlig væske, er ikke gasstankbiler delt inn i separate kamre. Dette innebærer at hele tankvolumet kan tømmes ved et eventuelt utslipp [23].

Batterier, særlig litium-ion-batterier, forventes å få en stadig viktigere rolle i fremtidens energinfrastruktur og i transportsektoren. De vil trolig inngå i de fleste fremtidige drivlinjer – enten som rene batterielektriske systemer eller i hybride løsninger sammen med brenselceller og/eller forbrenningsmotorer [24].

Branner i litium-ion-batterier er sjeldne, men kan ha alvorlige konsekvenser [25]. Ved brann frigjøres giftige røykgasser, og det kan oppstå eksplosjonsfare grunnet gasser som dannes inne i batteriet. Risikoen øker ved såkalt thermal runaway, en selvforsterkende kjemisk reaksjon som utløses ved temperaturer mellom 175 og 200 °C. I slike tilfeller kan batteriet brenne med egen oksygentilførsel, noe som gjør slokking utfordrende.

Det presiseres at transport av hydrogen, ammoniakk og batterier ikke er vurdert nærmere i denne analysen, da det per i dag ikke foreligger informasjon som tilsier at det foregår transport av disse stoffene i større omfang innenfor det aktuelle området. På bakgrunn av dette vurderes sannsynligheten for uønskede

hendelser som følge av slik transport som svært liten. Det forventes imidlertid at dette bildet vil endre seg i takt med den grønne omstillingen, og det kan bli aktuelt med oppdaterte vurderinger i fremtiden.

Behovet for restriksjoner og/eller omkjøring

For vurdering av eventuelle tiltak/restriksjoner se kapittel 7.1.