



## RISIKOVURDERING TUNNEL

---

E6 Ulsberg – Melhus  
Regulering Prestteigen – Gyllan

Midtre Gauldal kommune / Melhus kommune  
Plan ID: 2016011 / 2015007

**Oppdragsgiver:** Nye Veier AS  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Jan Olav Sivertsen, NV  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim  
**Oppdragsleder:** Jill Hammari Sveen  
**Fagansvarlig:** Kevin H. Medby  
**Andre nøkkelpersoner:** Christian Sverdrup, Rune Berentsen, Jørn Harald S. Andersen

01	2018-05-01	Endelig rapport	KHMe	JSA	JHSVE
00	2018-05-01	Rapport til høring	KHMe	JSA	JHSVE
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS 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 risikoanalyse av tunnelsikkerheten i ny «Størentunnelen» E6 Prestteigen - Gyllan. Analysearbeidet er gjennomført i avholdt analysemøte. Formålet med analysen er å avdekke forhold som bidrar til økt ulykkesrisiko, samt å identifisere tiltak som kan redusere denne risikoen. Analysen skal også utgjøre et beslutningsunderlag for videre valg om sikkerhetsnivå.

Analysen er gjennomført i forbindelse med at en har endret forutsetningene om at det kun etableres en ny lang tunnel for nordgående trafikk, og at sørgående trafikk vil benytte eksisterende veg (E6). Det er også gjort justeringer knyttet til fartsgrensen ved at denne er justert opp til 110 km/t.

Analysen er utført i henhold til retningslinjer gitt i tunnelsikkerhetsforskriften og *Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Revidert)*. Analysen er utført på et tidlig stadium i forbindelse med reguleringsplanarbeidet. Ny tunnel er i liten grad prosjektert på dette tidspunktet.

Det er gjennomført en vurdering av spesielle farlige forhold for tunnelen. Deretter er det foretatt risikovurdering av ni uønskede hendelser.

Analysen viser at tunnelene fremstår med akseptabel risiko. Alle hendelsene er vurdert å være i risikomatrixens gule områder, det vil si at risikoreducerende tiltak bør vurderes. Det er ikke identifisert hendelser i grønn kategori - dvs. ytterligere tiltak ikke nødvendig - eller hendelser i rød kategori - tiltak må iverksettes.

Risikoreducerende tiltak er foreslått ut fra en vurdering av kompleksitet/kostnad og antatt risikoreduksjon (nytte):

Følgende tiltak *anbefales implementert*:

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID.
- Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje og midtlinje.
- Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.
- Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen.
- Rutiner for å etablere forsterket vegoppmerking ved omkjøringer som har lengre varighet.
- Kamera ved bom som dekker portalområdene.

Følgende tiltak anbefales *vurdert nærmere*:

- Revurdere ønsket om å ikke etablere nødutganger i tunnel.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Formål	6
1.3	Avgrensninger og forutsetninger	6
1.4	Deltakere i analysemøtet	6
<b>2</b>	<b>Metodikk</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Analyseobjektet</b>	<b>11</b>
3.1	Tekniske data og tunnelprofil	12
<b>4</b>	<b>Datagrunnlag - TUSI</b>	<b>13</b>
4.1	Transport av farlig gods	13
<b>5</b>	<b>Krav til Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Risikoanalyse Størentunnelen</b>	<b>21</b>
6.1	Farlige forhold	21
6.2	Identifiserte uønskede hendelser	22
6.3	Risikovurdering av uønskede hendelser	23
6.3.1	Påkjøring bakfra	23
6.3.2	Møteulykke*	24
6.3.3	Utforkjøring v/ portalområdene	25
6.3.4	Utforkjøring/ påkjøring av tunnelvegg	25
6.3.5	Påkjøring myke trafikanter	25
6.3.6	Liten brann (<5MW)	26
6.3.7	Stor brann (>20MW)	27
6.3.8	Velt	27
6.3.9	Lekkasje av farlig gods	28
6.4	Risikobilde for alle uønskede hendelser	29
6.5	Usikkerhet	29
<b>7</b>	<b>Risikoreduserende tiltak</b>	<b>30</b>
7.1	Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID.	30
7.2	Revurdere ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel	31
7.3	Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje og midtlinje	31
7.4	Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.	31

7.5	Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen	31
7.6	Rutiner for å etablere forsterket vegoppmerking ved omkjøringer som har lengre varighet.	32
7.7	Kamera ved bom dekker portalområdene	32
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b>	<b>34</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Som en del av Prosjekt E6 Ulsberg – Skjerdingsstad har Nye Veger AS gjort justeringer på opprinnelig prosjekt for delstrekning Prestteigen – Gyllan. Formålet er å kunne utnytte en større del av verdien som ligger i dagens E6. Dermed planlegges sørgående trafikk å benytte ombygget E6. Nordgående trafikk ledes gjennom en ny lengre tunnel på strekningen (foreløpig navngitt som «Størentunnelen»).

For de to tidligere tunnelene som var planlagt på strekningen, er det utført en risikoanalyse [9] ROS-analyse E6 Prestteigen – Gyllan. Men, tunnelens utforming er nå endret som følge av gjennomgang av prosjektet. Det er derfor nødvendig å gjøre denne nye risikovurderingen.

## 1.2 Formål

Analysens formål er å avdekke forhold som bidrar til risiko for uønskede hendelser, samt å identifisere tiltak som kan redusere denne risikoen. Analysen skal også utgjøre et beslutningsunderlag for videre valg om sikkerhetsnivå.

Resultatene fra analysen vil derfor gi beslutningsstøtte til videre prosjektering, innspill til risikoreducerende tiltak og angi hvilke som gir størst risikoreduksjon.

## 1.3 Avgrensninger og forutsetninger

Analysen er avgrenset til tunnelen med tilhørende installasjoner, slik denne fremstår pr. dags dato. Det bemerkes at analysen er utført på et tidlig stadium av prosjekteringsarbeidet for ny tunnel.

Tunnelen skal dimensjoneres iht. krav satt i Statens vegvesens håndbøker (N500). Det vil søkes fravik fra krav om nødutganger. Tunnelen skal dimensjoneres iht. tunnelklasse E, og skal ha tverrsnitt T10,5. Dimensjonerende hastighet i tunnelen er satt til 110 km/t. Det vil være havarinisjer i tunnelen i henhold til gjeldende krav. I forbindelse med omkjøring og toløps trafikk i tunnel forutsettes det at det skiltes med redusert fartsgrense til 50 km/t gjennom tunnelen, og ved lengre perioder med omkjøring utplasseres forsterket midtmarkering.

Eventuelle senere endringer i prosjekteringsbetingelsene vil kunne medføre endringer i denne risikovurderingen. Denne analysen forutsetter at de beskrevne løsningene blir implementert og at gjeldende sikkerhetskrav for tunnelklassen følges (utenom de det er søkt fravik for).

Analysen omhandler risiko for trafikanter under normal trafikkavvikling. Viljestyrte handlinger, f. eks. hærverk eller sabotasje, er ikke medtatt. Det er også tatt med enkelte vurderinger knyttet til avvikssituasjoner, bl.a. planlegges det for toveistrafikk i tunnelen dersom E6 i sørgående retning blir stengt (f.eks. vedlikehold).

Analysen er kvalitativ og basert på faglig skjønn.

## 1.4 Deltakere i analysemøtet

Analysegruppen består av deltakere fra relevante fag og funksjoner hos Norconsult (prosjekterende), samt redningsetatene representert ved brannvesenet og kommunen.

Det ble gjennomført et analysemøte for «Størentunnelen» den 27. april 2018. Deltakerne i møtet fremgår av Tabell 1 på neste side.

Tabell 1 Deltakere i analyse møte 27. april 2018.

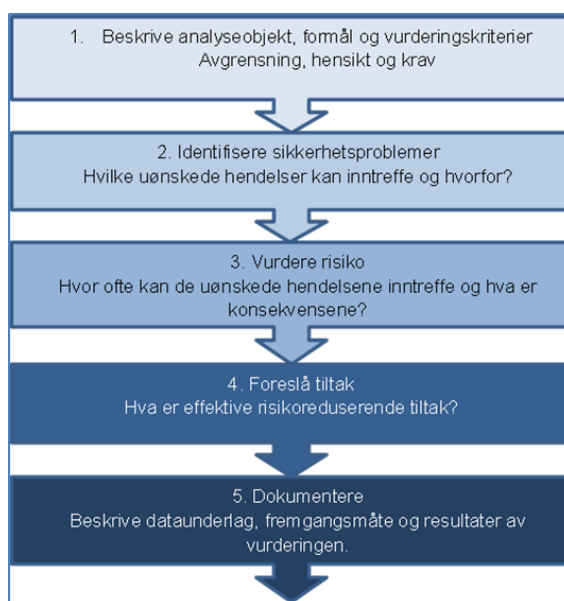
Navn	Funksjon/fag	Firma	e-mail
Knut S Forsmark	Fagleder vei	Melhus kommune	Knut.Forsmark@melhus.kommune.no
Arild Karlsen	Brannsjef	Gauldal Brann og Redning IKS	arild.karlsen@gbriks.no
Jill Hammari Sveen	Oppdragsleder	Norconsult	jill.Hammari.Sveen@norconsult.com
Hans Anton Ratvik	Fagansvarlig VA	Norconsult	Hans.Anton.Ratvik@norconsult.com
Christian Sverdrup	Fagansvarlig veg	Norconsult	Christian.Sverdrup@norconsult.com
Rune Berentsen	Disiplinleder tunnel	Norconsult	Rune.berentsen@norconsult.com
Kevin Medby	Ansvarlig for risikovurdering	Norconsult	Kevin.medby@norconsult.com

Nye Veier (byggherre) var forhindret i å delta i analyse møte.

## 2 Metodikk

Det er utført en kvalitativ risikovurdering bestående av HAZID-metodikk (HAZard IDentification (fareidentifikasjon på norsk) i kombinasjon med en risikomatrix for å klassifisere og vurdere resultatene (grovrisikoanalyse).

Metodikken er beskrevet i "Veileder for risikoanalyser av vegtunneler" [3] og "Risikovurderinger i vegtrafikken" [2]



Figur 1 - Illustrasjon HAZID-metodikken, kilde SVV.

Det er tatt utgangspunkt i en liste over uønskede hendelser i Statens vegvesens «Veileder for risikoanalyser av vegtunneler» se Figur 2. Denne er benyttet som hjelpemiddel for å identifisere uønskede hendelser og farlige forhold.



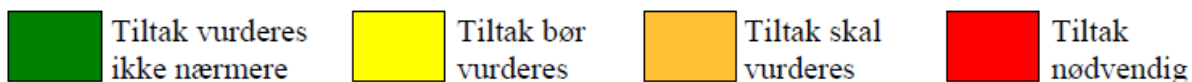
Elementer		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tilstotende veg i dagen (inntil 500 meter)</li> <li>Inngangsparti (inntil 200 meter)</li> <li>Kurve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kryss</li> <li>Resten av tunnelen</li> </ul>	
Liste over uønskede hendelser		
Uønskede hendelser	Varianter	
1. Trafikkulykke	a) Moteulykke	Lette kjøretøy
		Lett mot tungt kjøretøy
		Tunge kjøretøy
	b) Påkjøring bakfra	Lette kjøretøy
		Lett kjøretøy påkjørt av tungt
c) Påkjøring av myke trafikanter	Etter motorhavari for eksempel	
d) Utforkjøring	Vegg, bankett, portal, havarilomme etc.	
e) Feltskifteulykke		
2. Brann	a) Liten brann (5 MW)	Brann i lett kjøretøy
	b) Stor brann (> 20 MW)	Brann i tungt kjøretøy
3. Lekkasje av farlig gods	a) Drivstoff	
	b) Giftige stoffer	
4. Kjøretøystans	a) Lette kjøretøy	
	b) Tunge kjøretøy	
5. Velt	a) Buss	Særlig høye busser, bobiler og tilhengere med høyt tyngdepunkt
	b) Annet tungt kjøretøy	
Spesielle farlige forhold		Sikkerhetsparametere
<ul style="list-style-type: none"> <li>Snefonner i/ved åpning</li> <li>Issvuller på bakken</li> <li>Istapper som kan falle ned</li> <li>Duggproblemer</li> <li>Blending ved utkjøring av tunnel (solforhold)</li> <li>Mangelfullt vedlikehold av tekniske systemer</li> <li>Dårlig belysning</li> <li>Forbikjøringsfelt etc.</li> <li>Dårlig tilgang for utrykningskjøretøy ved kodannelse</li> <li>Ulogisk beliggenhet (etter kurve)</li> <li>Fallende gjenstander</li> <li>Myke trafikanter (fotgjengere, syklister)</li> <li>Kjent problem med oljesøl</li> <li>Høy andel tunge kjøretøy</li> <li>Utbredt transport av farlig gods</li> <li>Mye busstrafikk</li> <li>Mye motorsykeltrafikk</li> <li>Komplisert trafikkbilde (skilt etc.)</li> <li>Fartsvariasjon (saktegående kjøretøy)</li> <li>Gjenstander i vegbanen</li> <li>Bratt stigning</li> <li>Mange rapporterte ulykker og nestenulykker</li> <li>Ikke sambandsdekning for nødnetter</li> <li>PE-skum</li> <li>Vanninntrengning</li> <li>Strømbrudd</li> <li>.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnellengde</li> <li>Antall løp</li> <li>Antall kjørefelt</li> <li>Tverrsnittgeometri</li> <li>Vertikal og horisontal profil</li> <li>Konstruksjonstype</li> <li>Enveis- eller toveistrafikk</li> <li>Trafikkvolum per løp (herunder fordeling i tid)</li> <li>Risiko for trafikkork (per døgn eller sesongbestemt)</li> <li>Atkomsttid for redningstjenestene</li> <li>Nærvær og prosentandel av tunge lastebiler</li> <li>Særtrekk ved atkomstveiene</li> <li>Kjørefeltbredde</li> <li>Hastighetsaspekter</li> <li>Geografisk og meteorologisk miljø</li> <li>.</li> </ul>

Figur 2 - Liste over uønskede hendelser (ref. «Veileder for risikoanalyser av vegtunneler» [3]).

Resultatene fra analysen blir fremstilt grafisk i en risikomatrise. Risikomatrisen er vist i og er hentet fra Statens vegvesens «Veileder for risikoanalyser av vegtunneler». Den har erfaringsmessig vært hensiktsmessig å bruke på tilsvarende tunneler tidligere.

Fra Nye Veier sin side er det er ikke definert andre akseptkriterier for risiko i dette vegprosjektet. Det foreslås derfor å benytte de anbefalte fargekodene i risikomatriksen. Risikokategoriene grønn, gul, oransje og rød er benyttet for å vurdere om risikoen er uakseptabel (rød), akseptabel gitt risikostyrende tiltak (gul og oransje) eller akseptabel uten tiltak (grønn).

Svært ofte (minst en gang per år)					
Ofte (en gang per 2 til 10 år)					
Sjelden (en gang per 11 til 100 år)					
Svært sjelden (en gang per 101 til 1000 år)					
Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1000 år)					
	Lettere skadd	Hardt skadd	1-4 drepte	5-20 drepte	Mer enn 20 drepte



Figur 3: Risikomatrikse [3]

Plasseringen av hendelser i risikomatriksen gjøres basert på faglig skjønn i analysemøtet. Her legges det også vekt på de vurderingene som ble utført i forrige runde [9]. Risikomatriksen er ment å gi et *bilde* av risikonivået, - ikke en nøyaktig estimering av frekvens og konsekvens. Matriksen er også en indikasjon på hvilke hendelser det bør iverksettes tiltak mot for å redusere risiko. Særtrekk ved tunnelen tas i betraktning når sannsynlighet og konsekvens vurderes.

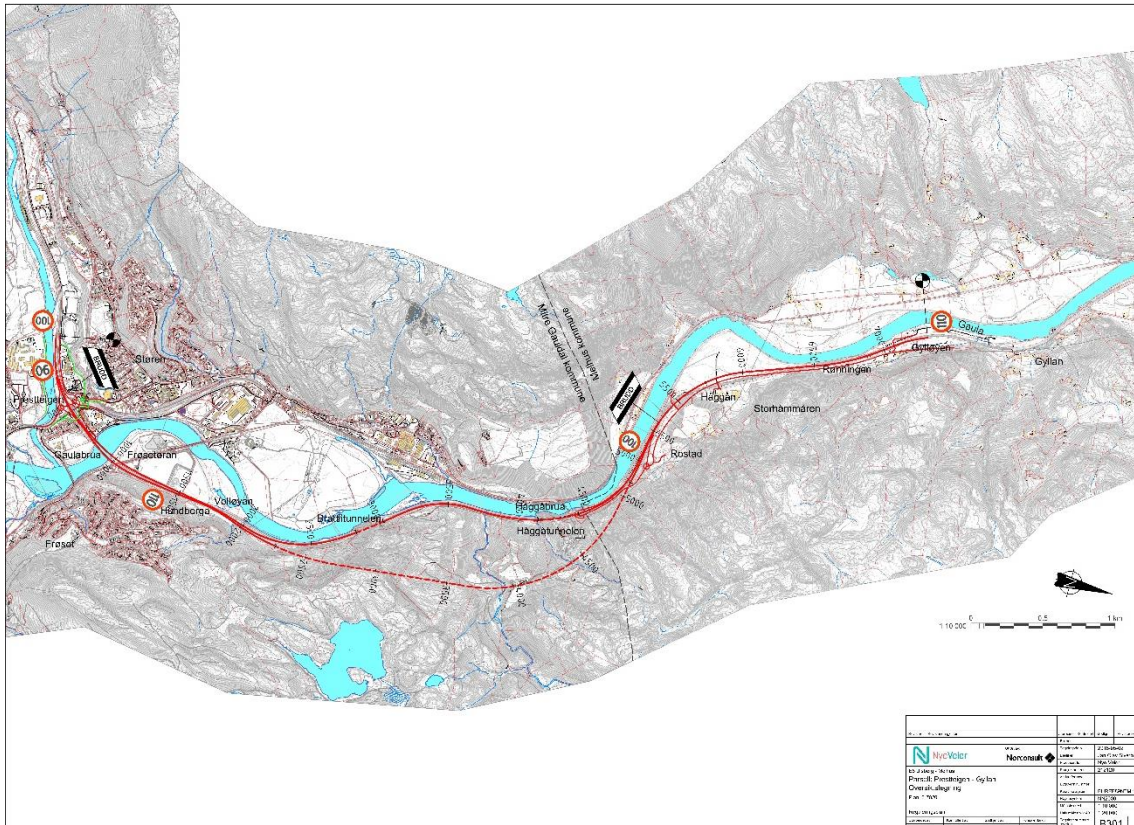
Med risikoreduserende tiltak menes sannsynlighetsreduserende tiltak (forebygging) eller konsekvensreduserende tiltak (skadebegrensende barrierer og beredskap), som bidrar til å redusere risiko, f.eks. fra rød kategori ned til en lavere risikokategori i matriksen. De risikoreduserende tiltakene medfører at klassifisering av risiko for en hendelse forskyves vertikalt, horisontalt eller på skrå i matriksen.

Risikoreduserende tiltak som foreslås i analysemøtet er vurdert ut fra forventet risikoreduksjon og kostnad.

### 3 Analyseobjektet

Strekningen E6 Prestteigen – Gyllan er en av flere delstrekninger i prosjektet E6 Ulsberg – Melhus. På denne delstrekningen vil det bli etablert en lengre tunnel nord for Prestteigen - «Størentunnelen».

Størentunnelen er 2690 meter lang, og vil avvikle trafikk i nordgående retning. Tunnelen vil være en ettløpstunnel med to-felt. Dimensjonerende ÅDT(2050) totalt for E6 i dette området varierer fra 10300 sør for Prestteigen krysset, 11400 for midtpartiet i området hvor ny tunnel etableres og 12900 lengst nord. Andel av tungtrafikk på 17 %. Tunnel fremgår av Figur 4.



Figur 4 - Oversiktstegning E6 Prestteigen – Gyllan.

Prosjekteringsgrunnlaget for tunnelen er ikke endelig bestemt, men det legges til grunn at den vil ha et høybrekk ca. midt i tunnelen. Stigningen vil være på 1 %. Høybrekket sikrer at vaskevann og annet vann ikke samler seg i tunnel. Omgivelsene er «rolige» med lite som skjer langs vegen. Det vil være installasjoner for feltskifte dersom det må foretas omkjøring via E6 i sørgående retning ved stengt tunnel. Ved nordlig utløp vil det følgelig være samme type installasjoner for å lede trafikken tilbake eller lede sørgående trafikk inn i tunnel dersom sørgående retning må stenge.

Det vil være areal for nødeter på utsiden av begge portalene (oppstillingsplass). Det er brannstasjon lokalisert på Støren og på Lundamo. Brannvesenet i området er deltidsbrannvesen. Mannskaper fra stasjonen på Støren er de som har kortest innsatstid og vil kunne være ved tunnelen i løpet av 13-14 min. Det er også den stasjonen som har størst mannskapsstyrke samt spesialutstyr. Blant annet vil Gaudal Brann og Redning IKS søkt om tilskudd fra Statens vegvesen i fbm Sokndalstunnelen, for å gå til anskaffelse av brannbil (9-seter) som kan trykkesett og er utstyrt med infrarødt kamera som kan kjøres inn i en røykfull tunnel for å redde ut mennesker.

Tunnelen vil dimensjoneres iht. krav satt i Statens vegvesens håndbøker (N500). Det vil søkes fravik fra krav om nødutganger. Tunnelen skal dimensjoneres iht. tunnelklasse E, og skal ha tverrsnitt T10,5.

Dimensjonerende hastighet i tunnelen er satt til 110 km/t. Det vil være havarinisjer i tunnelen i henhold til gjeldende krav. Tunnelen vil utstyres med ventilasjon herunder brannventilasjon. Tunnelen vil utstyres med følgende overordnede branntekniske tiltak:

- Nødstasjoner med telefon og manuelt slukkeutstyr.
- Sikkerhetsbelysning og ledelys.
- Utstyr som sikrer kommunikasjon for nødetafer.
- Nødstrømsanlegg.
- Funksjonssikring/beskyttelse av kabler.

Brannvann vil fremskaffes ved at det bygges tett tank over tunnelen med uttak av vann fra Ræa. Vanntanken benyttes også som vaskevann og en får dermed jevnlig funksjonstestet systemet. Tanken vil være isolert og det etableres uttak for brannvann i tunnelen ved hjelp av isolert vannledning.

Tunnelens sikkerhetsutrustning vil være ihht. tunnelklasse E i N500, jf. gjennomgang i kap 5.

### 3.1 Tekniske data og tunnelprofil

Nøkkeldata om tunnelen er oppsummert i Tabell 2. Det er foreløpig ikke utarbeidet tegninger for tunnel.

Tabell 2 Nøkkeldata for Størentunnelen

	Størentunnelen
Lengde	2690
ÅDT(2050)	11400
Tungtrafikkandel	17 % av ÅDT
Max stigning	1 %
Skiltet fartsgrense	110 km/t
Tunnelprofil	T10,5
Tunnelklasse	E
Vegbredde	7,5 m



## 4 Datagrunnlag - TUSI

Siden dette er en ny veistrekning er det ikke relevant å se på registrerte hendelser i «Vegkart».

I forbindelse med opprinnelig plan og toløpstunnel ble det gjennomført TUSI-beregninger [9]. Det er ikke gjennomført nye TUSI-beregninger på nåværende tidspunkt, blant annet på grunn av at tunnel ikke er prosjektert. For denne analysen er det sett til de tidligere TUSI-beregningene. De beregningene har noe høyere trafikk tall totalt 12500 kjt./døgn enn det som er beregnet på strekningen nå 11400 kjt./døgn. Det bemerkes at når ytterligere prosjektering av tunnel er utført bør det gjøres særskilte TUSI-beregninger for tunnelen og vurderingen av de enkelte hendelsene gjort i analysen bør gjennomgås og kvalitetssikres opp mot nye beregninger.

Følgende ble skrevet om TUSI-beregninger i opprinnelig analyse:

*TUSI er en kvantitativ analysemodell som brukes for å finne risiko for ulykker, branner og øvrige hendelser i norske vegtunneler. Det er gjennomført TUSI-beregninger for de to tunnellopene. Prognosen for ÅDT for toløpstunnelen er 12500, og dette ligger til grunn for beregningene.*

TUSI-beregninger E6 Prestteigen-Gyllan

Retning	ÅDT	Lengde	Trafikkarbeid x 1000kjtkm	Ulykker		Branntilløp pr år		Antall år mellom branntilløp			Havari pr år
				pr år	Frekvens	Lett	Tung	Lett bil	Tung bil	SUM	
Nordgående	6250	2650	6045	0,21	0,03	0,05	0,02	20,00	47,62	14,08	72,54
Sørgående	6250	2690	6137	0,19	0,03	0,05	0,02	19,61	47,62	13,89	73,64
Hele tunnelen	12500		12182	0,40	0,03	0,10	0,04	9,90	23,81	6,99	146,18

Figur 5.1 TUSI-beregninger E6 Prestteigen-Gyllan (Ref. 9)

*TUSI-beregningene viser at frekvens for trafikkulykker er tilnærmet likt mellom sørgående og nordgående tunnellop. TUSI-beregninger viser ingen fordeling mellom type ulykker eller skadeomfang gitt en trafikkulykke eller brann. De etterfølgende vurderinger er basert på kombinerende av erfaringsdata i kapittel 5.1 med estimerte TUSI-frekvenser. Det er da tatt høyde for hvilke type ulykker som kan inntreffe, i kombinasjon med skadegrad.*

*TUSI-beregninger estimerer frekvens for brann og branntilløp. Hovedtyngden av brannfrekvensen estimert i TUSI er brann som sjelden utvikler seg i noe omfang.*

Figur 5 - Resultat gjennomførte TUSI-vurderinger.

### 4.1 Transport av farlig gods

Det er begrenset med tilgjengelige data for mengde og type farlig gods som transporteres i området. DSB gjennomførte i 2012 en kartlegging av volum og type farlig gods på veinettet i Norge. Data for denne vegstrekningen indikerer at totalt ~ 171.000 tonn/m<sup>3</sup> farlig gods transporteres årlig.

Tabell 3 viser nasjonal statistikk fra DSB over ulykkestallene for transport av farlig gods de siste år. Alle personskader som har oppstått som en følge av aktiviteten transport av farlig gods skal i utgangspunktet registreres. Skadene skyldes ikke nødvendigvis godsets farlige egenskaper, men inkluderer også skader som følge av for eksempel lasting og lossing.

Tabell 3 - Oversikt omkomne og skadde ved uhell med transport av farlig gods.

År	Antall registrerte uhell	Antall Omkomne	Antall skadde
2015	55	0	8
2014	55	2	6
2013	55	2	4

## 5 Krav til Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning

Kravene iht. N500 til sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning i tunneler i tunnelklasse E under 3 km og med en ÅDT på 11400 er presentert i Tabell 4.

Tunnelsikkerhetsforskriften (TSF) får kun anvendelse på tunneler med lengde over 500 meter på det transeuropeiske vegnettet (TERN) eller på andre riksveger og gjelder derfor her.

Tabell 4 Krav til Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning som gjelder for Størentunnelen (tunnelklasse E / T10,5)

Sikkerhetstiltak	N500 kap.	N 500 Krav for tunneler i klasse E	Ok/Sv/ Avvik	Kommentar
Tunnelklasse og tunnelprofil	4.2  3.4.1	E – ÅDT(20) 12000 -50 000 for tunneler under 2,5 km. ÅDT(20) 8000 for tunneler over 10 km. Tunneler mellom 2,5 og 10 km kan leses ut av grafen vist i N500 (figur 4.1)  E – ÅDT(20) > 12 000 60 og 80 km/t tilsvarende tunnelprofil 2xT9,5 110 km/t tilsvarende tunnelprofil 2xT10,5	OK	Tunnel etableres som tunnelklasse E med profil T10,5.  Tunnel vil kun ha nordgående trafikk. Da sørgående trafikk vil benytte en ombygd dagens E6.
Antall havarinisjer	4.3.1	Det skal være havarinisjer hver 500 meter. Normalavstand, vekselvis for hver side, angitt avstand gjelder for hvert tunnelløp	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
Utforming av havarinisjer	3.5.1	Havarinisjer skal være 30 m lange og ha 30 m lengde for inn- og utkjøring (totalt 90)	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.

Sikkerhetstiltak	N500 kap.	N 500 Krav for tunneler i klasse E	Ok/Sv/ Avvik	Kommentar
Snunisjer	4.3.1	Ikke krav til snunisjer i tunneler med to løp	-	
Nødutganger	3.6	Tunnelsikkerhetsforskriftene stiller krav til etablering av nødutganger for tunneler med lengde 0,5 – 10 km med ÅDT > 8 000 og for tunneler med lengde > 10 km med ÅDT > 4 000. Kravet inntreer på det tidspunkt ÅDT overstiger de gjengitte verdiene.	Avvik	Nye Veier AS ønsker å etablere tunnel uten nødutganger.
Normalbelysning	9.3.2	Tunneler med lengde over 100 m skal ha belysning.	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
Ventilasjon	9.4.1	Det skal monteres ventilasjon i alle tunneler med lengde over 1 km når ÅDT over 1000 kjt/d.	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
Brannventilasjon	9.4.4	Tunneler i klasse E over 1 km skal dimensjoneres for 50 MW i 60 min (tunneler med stigning under 2 %). Ved stigning over 2 % skal nødvendig lufthastighet beregnes.		Tunnel har stigning på 1 % og brannventilasjon dimensjoneres for 50 MW i 60 min.
Rødt stoppblinksignal	5.3.	Tunneler skal være utstyrt med rødt stoppblinksignal foran tunnel åpningene	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.  Her vil det også bli montert utstyr for feltskifte ved omkjøring.



Sikkerhetstiltak	N500 kap.	N 500 Krav for tunneler i klasse E	Ok/Sv/ Avvik	Kommentar
Avbruddsfri strømforsyning	4.3.2.1	<p>Utstyr som skal være knyttet opp mot nødstrømsanlegg med virketid minst 1 time (batterier eller aggregat):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Styrings-, regulerings- og overvåkingssystemer som skal fungere i en nødsituasjon</li> <li>• Rødt stoppblinksignal (se kap. 5.3)</li> <li>• Fjernstyrte bomber for stenging</li> <li>• Nødstrømslys</li> <li>• Nødtelefon</li> <li>• Serviceskilt</li> <li>• Nødutgangsskilt.</li> <li>• Radio- og kringkastingsanlegg.</li> </ul> <p>Nødstrømsforsyning for Nødnett skal sikre utstyret minimum 8 timers driftstid (230 V UPS).</p> <p>I tillegg skal det spesielt for tunneler i klasse D, E og F vurderes om annet trafikkteknisk utstyr skal kobles opp mot nødstrømsforsyning.</p> <p>Om ventilasjonsanlegget eller deler av dette skal ha nødstrømsforsyning avgjøres i hvert enkelt tilfelle.</p>	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
Rømningslys (ledelys) for tunnel	4.3.2.2	<p>Lysene skal plasseres maks 1 m over kjørebanelen med innbyrdes avstand 25 m for tunneler under 5 km, for ettløpstunneler over 5 km skal sammenhengende håndlist med ledelys monteres</p>	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.

Sikkerhetstiltak	N500 kap.	N 500Krav for tunneler i klasse E	Ok/Sv/ Avvik	Kommentar
		Rømningslysene skal tennes automatisk ved fjerning av brannslukker, ved iverksetting fra vegtrafikksentral, eller fra nødstyreskap utenfor tunnelen		
Nødstasjon-plassering	4.3.2.3	Nødstasjoner skal plasseres hver 125 m. Ved oppgradering min. hver 250 m. I tillegg utenfor hver tunnelåpning.  Hver nødstasjon skal inneholde en nødtelefon og to brannslukkere.  I kiosk med nødstasjon som er atskilt fra tunnelrommet med dør, skal det med skilt gjøres oppmerksom på at nødstasjonen ikke gir beskyttelse ved brann. Teksten skrives på norsk og engelsk.  Nødtelefon og brannslukkere plasseres utenfor hver tunnelåpning (ca. 50 m fra tunnelåpning, tilpasses den enkelte tunnel) 250 m aksepteres ved oppgradering av tunnelen.	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
	4.3.2	Skal inneholde en nødtelefon og to brannslukkere.		
Slokkevann	4.3.1	Det skal finnes vannforsyning i alle tunneler.	OK	Det vil bli etablert isolert vanntank over tunnelen med vannuttak fra Ræa. Videre vil det bli anlagt trykksatt vannledning inni tunnelen
	4.3.2.4	Det skal finnes hydranter i nærheten av portalene og innvendig, med mellomrom som ikke skal overstige 250		

Sikkerhetstiltak	N500 kap.	N 500Krav for tunneler i klasse E	Ok/Sv/ Avvik	Kommentar
		m. Dersom vannforsyning ikke er tilgjengelig skal det sikres at tilstrekkelig vannmengde er tilgjengelig på annen måte, for eksempel ved bruk av tankbil.		(isolert). Uttak for brannvann vil etableres i kum med ordinær brannventil.  I analyse møte påpekte lokalt brannvesen at hydranter med avstand på 250 meter medfører lange slangeutlegg for brannvesenet. Tunnelen her ønskes ikke etablert med nødutganger og dermed bør det vurderes tettere plassering av hydranter. Hydranter bør etableres for hver 125 meter.
Fjernstyrte bomber for stengning	4.3.2	Fjernstyrte bomber skal monteres	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
	4.3.2.5	Fjernstyrte bomber for stengning av tunnel bør plasseres minimum 100 m fra tunnelåpning for å sikre plass ved eventuell evakuering, røykutvikling, etc. Fjernstyrte bomber skal benyttes sammen med intern TV-overvåking (ITV). Fjernstyrte bomber skal kunne betjenes manuelt på stedet. Bommen skal være så lang at den sperrer det/de aktuelle felt, men slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen.		Her vil det også bli montert utstyr for feltskifte ved omkjøring.  Må være mulighet for å stenge fylkesveg over tunnelportal for å hindre at kjøretøy kjører inn i røyken (nordlig portal)

Sikkerhetstiltak	N500 kap.	N 500Krav for tunneler i klasse E	Ok/Sv/ Avvik	Kommentar
ITV-overvåking	4.3.1	<p>Skal vurderes.</p> <p>Videoovervåking (ITV) med automatisk registrering av hendelser (AID) er krav i tunneler med lengde &gt; 3 km i tunnelklasse C, D, E og F.</p> <p>Valg av løsning for AID vurderes særskilt.</p>	Vurderes	ITV overvåking vil bidra til å kunne bestemme sted for hendelse i tunnelen. AID bør etableres som kompensierende tiltak da tunnel ønskes etablert uten nødutganger. Tunnelen vil være opp mot 3 km.
Høytalersystem	4.3.1	Ikke krav i toløpstunneler	Vurderes	Bør vurderes – det vil bli en lang tunnel uten nødutganger.
Høydehinder	4.3.1	Krav i alle tunneler	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.
Nødnett og radiokringkasting	4.3.1 4.3.3.2. 4.3.3.3.	<p>Krav i alle tunneler</p> <p>Vegmyndighet skal levere nødvendig infrastruktur for å implementere Nødnett og transportere Nødnettets signaler i tunnelen. Som infrastruktur regnes (men er ikke begrenset til) plass i tekniske rom, antennemaster, strålekabler, koaksiale matekabler, optiske fiberkabler, klimaanlegg i tekniske rom, punkt for tilfredsstillende jordingstilkobling.</p> <p>Vegtrafikksentralen skal kunne bryte samtidig inn i samtlige radioprogram som distribueres i tunnel, for å gi melding til trafikantene.</p>	OK	Ikke detaljert enda, forutsetter at det blir prosjektert i henhold til krav.

## 6 Risikoanalyse Størentunnelen

### 6.1 Farlige forhold

Med utgangspunkt i «Veileder for risikoanalyser av vegtunneler» [3], ble spesielle farlige forhold ved tunnelen identifisert i analysemøtet, se Tabell 5. Dette er benyttet videre i risikovurderingen i kapittel 6.3.

Tabell 5 Identifiserte spesielle farlige forhold

Spesielle farlige forhold	Aktuelt	Beskrivelse
Snøfonner i/ved åpning	Nei	Ikke noen spesielle forhold identifisert.
Issvuller på bakken	Nei	Ikke noen spesielle forhold identifisert.
Istapper som kan falle ned	Nei	Utforming av portal og sideterreng vurderes ikke å medføre denne type problematikk.
Duggproblemer	Nei	Ikke noen spesielle forhold identifisert.
Blending ved kjøring ut av tunnel (solforhold)	Nei	Trafikk vil være i nordgående retning og vil ikke være utsatt for blending.
Mangelfullt vedlikehold av tekniske systemer	NA	
Dårlig belysning	Nei	Belysning i tunnel vil bli utformet ihht krav.
Forbikjøringsfelt etc.	Nei	Tofeltsvei i samme kjøreretning – forbikjøring vil kunne forekomme. Men ikke fare for møteulykker under normal driftssituasjon.
Dårlig tilgang for utrykningskjøretøy ved kødannelse	Nei	Ny veg vil være firefeltsveg, det vil bli etablert havarinisjer utenfor begge portalområdene. Videre vil sørgående E6 fungere som omkjøringsveg ved stengt tunnel.
Ulogisk beliggenhet (etter kurve)	Nei	
Fallende gjenstander	Nei	Sideterreng skredsikres.
Myke trafikanter (fotgjengere, syklist)	Nei	Ny veg vil være firefelts motorvei og det vil ikke være gående/ syklende som benytter denne.
Kjent problem med oljesøl	NA	
Høy andel tunge kjøretøy	Ja	Andelen tunge kjøretøy er 17 %.
Utbredt transport av farlig gods	Nei	Som forventet på E6 – ifølge DSBs kartdatabase (kartlegging 2012) ble total mengde farlig stoff på

Spesielle farlige forhold	Aktuelt	Beskrivelse
		strekningen estimert til ca. 171.000 tonn/ m3 på strekningen.  Avløp i tunnel forutsettes å gå til fast tank – størrelse ikke fastlagt på nåværende tidspunkt.
Mye busstrafikk	Nei	Det er lite lokaltrafikk med buss i området, men noe turistbusstrafikk sommerstid. Strekningen vurderes ikke å være mye trafikkert av busser.
Mye motorsykeltrafikk	Nei	Normalt
Komplisert trafikkbilde (skilt etc.)	Nei	Oversiktlig strekning
Fartsvariasjon (saktegående kjøretøy)	Nei	Firefeltsveg uten særlig stigning. Motorvei med forbud for saktegående kjøretøy.
Gjenstander i vegbanen	Nei	
Bratt stigning	Nei	Tunnel etableres med høybrekk med 1 % stigning inn mot dette. Etableres for å hindre vannansamling i tunnel.
Mange rapporterte ulykker og nestenulykker	NA	Strekningen vil bli etablert ny og det vurderes ikke som relevant.
Ikke sambandsdekning for nødnetter	Nei	Bygges ut ihht krav i håndbok N500 - nødnett dekning.
PE-skum	Nei	Det antas at hele tunnel dekkes med sprøytebetong ihht krav. Hele tunnelrommet kles med PE-skum og sprøytebetong.
Vanninntrenging	Nei	Hele tunnelen sikres mot vanninntrenging.
Strømbrudd	Nei	Nødstrøm ihht krav i håndbok N500.
<b>Andre momenter/ sikkerhetsparametere</b>		
Røykretning	Nei	Tunnel skal etableres med ventilasjon inkludert brannventilasjon i henhold til krav. Brannvesen fra stasjon på Støren vil være raskest på stedet. Det er også den stasjonen som har best utstyr.
Sesongvariasjon i trafikk	Ja	Det er her som ellers langs E6 en økning i ÅDT sommerstid, uten at den vurderes å utgjøre særskilt bidrag til risikonivå i tunnel.

## 6.2 Identifiserte uønskede hendelser

Uønskede hendelser som kan inntreffe er identifisert med utgangspunkt i sjekklisen fra Vegvesenets *Veileder til Risikovurderinger i vegtrafikken* [2], se Tabell 6. Gjennom analysemøte april 2018 ble det ikke identifisert ytterligere hendelser enn det som ble identifisert i den første risikoanalysen for tunnelen.

Tabell 6 Identifiserte uønskede hendelser.

Nr.	Uønsket hendelse
1	Påkjøring bakfra
2	Møteulykker*
3	Utforkjøring v/ portalområdene
4	Utforkjøring/ påkjøring av tunnelvegg
5	Påkjøring myke trafikanter (ved kjøretøystopp)
6	Liten brann (5 MW)
7	Stor brann (>20MW)
8	Velt
9	Lekkasje av farlig gods
10**	Kjøretøystans
11***	Viltulykker

\* Hendelse 2 Møteulykker gjelder kun for avvikende driftssituasjoner der sørgående trafikk ledes gjennom tunnel pga stengt sørgående E6. Da vil Størentunnelen fungere som omkjøringsveg, og det etableres toveis trafikk i tunnellopet.

\*\* Hendelse 10, kjøretøystans, er ikke behandlet videre i risikovurderingen i kapittel 6.3. Kjøretøystans skyldes i de fleste tilfeller enten motorstopp eller drivstoffmangel, og dette er noe som inntreffer relativt ofte. Tunnelen har ikke noe særlig stigningsforhold som bidrar til økt sannsynlighet for denne type hendelser. Andre årsaker til kjøretøystans kan være punktering eller at det er mistet ting fra bilen. Kjøretøystans i seg selv skader ikke personene inne i eller utenfor kjøretøyet, men en kjøretøystans kan imidlertid medføre følgeulykker. Slike hendelser relatert til kjøretøystans med etterfølgende ulykke er behandlet under øvrige hendelser (møteulykke, påkjøring bakfra, påkjøring myke trafikanter).

\*\*\* Hendelse 11, Viltulykker er ikke behandlet videre i risikovurderingen i kapittel 6.3. Det er registrert vilt i området herunder trekkruer. Dette forholdet er vurdert i den reviderte reguleringsplanen for parsellene og det er iverksatt tiltak med etablering av viltgjerd der det er funnet behov for det.

## 6.3 Risikovurdering av uønskede hendelser

### 6.3.1 Påkjøring bakfra

#### Mulige årsaker til hendelsen

Kjøretøy klarer ikke å stanse for bilen foran, hendelsen skjer oftest i forbindelse med kryss, møte med kø, rundkjøringer, uoppmerksomhet og for tettliggende kjøretøy. Saktegående kjøretøy og kjøretøystans kan også være årsak til påkjøring bakfra, i tillegg til lokale værforhold som dugg eller dårlig sikt pga mye støv eller røyk i tunnel. Det ligger ikke kryss tett på tunnelportalene som bidrar til økt sannsynlighet for hendelsen. Feltskifte i tunnel kan medføre denne type hendelse.

#### Vurdering av frekvens

Påkjørsel bakfra er noe mer vanlig i vegtunneler enn på veien ellers [6]. Påkjøring bakfra er en ulykkestype det antas at det underregistreres, da den ofte kun ender i materielle skader og derfor ikke meldes inn til nødteater. Sikten i tunnelen her er i henhold til krav noe som medfører redusert sannsynlighet for denne type hendelser i tunnelen. Det er heller ikke kryss tett inn på portalene og det vil være forbud mot saktegående kjøretøy. Basert på at dette vil være motorvei med dimensjonerende hastighet på 110 km/t er det ikke vurdert å være mye problematikk knyttet til etablering av kø. Det er ingen kryss eller forventet stor fartsvariasjon inne i tunnelen. Frekvensen for påkjøring bakfra vurderes til å kunne skje sjeldent i denne tunnelen, det vil si en gang mellom hvert 11. og 100 år.

### Vurdering av konsekvens

Dybdeanalyser av dødsulykker viser at dødsulykker der bilene kjører i samme kjøreretning er den minst hyppige ulykkestypen med drepte i trafikken (gjennomsnittlig 3 % av alle trafikkdrepte) [6]. Det er vurdert at den vanligste konsekvensen av påkjøring bakfra vil være ingen skadd eller lettere skade.

Det bemerkes i denne sammenheng at en påkjøring bakfra som utvikler seg til en kjedekollisjon vil kunne ha høyere konsekvens enn det som er vurdert over gitt farten på veien. En kjedekollisjon i samme retning vurderes å kunne medføre dødelig utfall. Sannsynligheten vil muligens være noe mindre enn hovedhendelsen vurdert her.

### Risikoreduserende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.

### 6.3.2 Møteulykke

Dette er en hendelse som kun kan inntreffe i avvikssituasjoner der sørgående trafikk ledes gjennom tunnel pga stengt vei. Det vil ikke kunne inntreffe møteulykke i normal driftssituasjon der det kun er nordgående trafikk som går gjennom tunnelen. (Møteulykke vil følgelig kunne inntreffe ved kjøretøy i feil kjøreretning, men den hendelsen vurderes ikke her.)

Årsaken til behovet for å anlegge toveis trafikk gjennom tunnelen er ulykker, vedlikehold eller ombyggingsarbeider på det som vil bli sørgående trase. Omfang av slik omkjøring er ikke fastsatt på nåværende tidspunkt men at det vil kunne være flere ganger i løpet av et år må forventes.

Som det fremgår av forutsetningene for analysen skal det i forbindelse med omkjøring og toløps trafikk skiltes redusert fartsgrense (50 km/t) gjennom tunnelen, og ved lengre perioder med omkjøring utplasseres forsterket midtmarkering.

### Mulige årsaker til hendelsen

En møteulykke vil kunne skje dersom føreren er uoppmerksom, får en akutt sykdom, forstyrrende elementer, motorstans mv som kan føre til at kjøretøyet kommer over i feil kjørefelt.

### Vurdering av frekvens

Fra Vegvesens rapport om personskader i vegtunneler [6] kommer det frem at møteulykker utgjør 25,1 % av ulykkene i ettløpstunneler. En slik avvikende driftssituasjon er ikke beregnet i TUSI-beregningene. Men avvikende driftssituasjon der en slik hendelsen inntreffer vurderes å være svært sjelden, en gang per 101 til 1000 år.

### Vurdering av konsekvens

Farten har stor betydning for konsekvensen av en møteulykke, og for førerens mulighet for å unngå en slik ulykke. Ved en frontkollisjon i 70 km/t er det basert på erfaringsdata sannsynlig at de fleste overlever, forutsatt at riktig sikringsutstyr benyttes [7]. Farten i tunnelen ved en slik avvikende driftssituasjon er forutsatt satt ned til 50 km/t og er således under denne «overlevelsesgrensen». Den høye andelen tunge kjøretøy kan også bidra til å øke konsekvensen av en møteulykke. Basert på dette vurderes konsekvens av denne hendelsen til å være hardt skadd.

Det bemerkes i denne sammenhengen at slike ulykker også kan utvikle seg til brann, og at tunnelen på 2690 meter ønskes bygd uten nødutganger noe som kan medføre at det vil være en lang vei å redde seg ut. En slik situasjon kan også være mer utfordrende i forhold til brannventilasjon fordi det er trafikk i begge retninger og personer kan bli fanget i røyken som forsøkes ventilert bort fra skadested og primær rømningsvei.



### Risikoreduserende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.
- Rutiner for å etablere forsterket vegoppmerking ved omkjøringer som har lengre varighet
- Revurdere ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel.

### 6.3.3 Utforkjøring v/ portalområdene

#### Mulige årsaker til hendelsen

Unnamanøver, høy fart, akutt sykdom, uoppmerksomhet eller glatt føre kan gi utforkjøring. Det er ikke identifisert utfordringer med særskilte glatte partier/ problemområder på dagens E6.

#### Vurdering frekvens

Singel utforkjøring, utforkjøring der kun ett kjøretøy er innblandet i ulykken, utgjør en stor del av personskadeulykker (nesten førti prosent) for ulykkestyper i ettløpstunneler [6] på nasjonal basis. Erfaringsvis har dette skjedd som følge av uoppmerksomme sjåførere. Det vurderes for denne tunnelen å være en hendelse som kan inntreffe sjelden, en gang per 11 til 100 år.

#### Vurdering av konsekvens

Konsekvensen som følge av utforkjøring antas i de fleste tilfeller å være lettere skade, men kan også gi mer alvorlige konsekvenser. Her vil farten være høy (dimensjonerende hastighet 110 km/t). Sideterrengets utforming vil mot øst være en svak helning og mot vest være inn mot sørgående kjørefelt og beredskaps plass. På bakgrunn av høy dimensjonerende fart vurderes konsekvensen ved utforkjøring å være hardt skadd.

### Risikoreduserende tiltak

- Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje

### 6.3.4 Utforkjøring/ påkjøring av tunnelvegg

#### Mulige årsaker til hendelsen

Unnamanøver, høy fart, akutt sykdom eller uoppmerksomhet kan gi utforkjøring.

#### Vurdering frekvens

Singel utforkjøring, utforkjøring der kun ett kjøretøy er innblandet i ulykken, utgjør en stor del av personskadeulykker (nesten førti prosent) for ulykkestyper i ettløpstunneler [6] på nasjonal basis. Erfaringsvis har dette skjedd som følge av uoppmerksomme sjåførere. For Størentunnelen vurderes dette å være en hendelse som ender i kategorien sjelden, altså en gang mellom hvert 11. og 100. år.

#### Vurdering av konsekvens

Konsekvensen som følge av utforkjøring antas i de fleste tilfeller å være lettere skade, men kan også gi mer alvorlige konsekvenser. Konsekvensen ved utforkjøring vurderes derfor til hardt skadd.

### Risikoreduserende tiltak

- Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje
- Etablere kameraovervåkning i tunnel med automatisk hendelsesdetektering (AID) for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.

### 6.3.5 Påkjøring myke trafikanter

#### Mulige årsaker til hendelsen

Det vil ikke være lovlig for myke trafikanter å bevege seg på eller langs med dette vegsystemet – motorvei med dimensjonerende fartsgrense på 110 km/t.

Mulig årsak til påkjøring av myke trafikanter kan være at personer går ut av kjøretøy med motorstopp (tanken går tom, el-biler går tom for strøm etc.), eller dersom de har vært involvert i en ulykke.

### Vurdering frekvens

Tunnel er ikke prosjektert ferdig men det antas at kjørefeltet vil bli utstyrt med en smal bankett langs kjørefeltene som gående kan benytte seg av dersom de må ta seg ut av kjøretøyet. Den høyeste sannsynligheten for at personer går i tunnelen, anses å være etter en hendelse, eksempelvis ved motorhavari. Det etableres også havarinisjer i henhold til krav (avstand 500 meter). Med utgangspunkt i TUSI beregningene og at myke trafikanter bare er involvert i 0,3 % av ulykkene i to løpstunneler (som dette kan karakteriseres som) vurderes hendelsen å inntreffe i kategorien svært sjelden, altså en hendelse mellom hvert 101. til 1000. år.

### Vurdering av konsekvens

Ved påkjørsel av myke trafikanter i 110 km/t er det sannsynlig at offeret blir drept eller hardt skadd. Ved lavere hastigheter kan skadegraden være noe lavere.

### Risikoreducerende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.

## 6.3.6 Liten brann (<5MW)

### Mulige årsaker til hendelsen

Brann i lettere kjøretøy som følge av varmegang i bremses, teknisk feil (lettere brann i nyere biler enn gamle på grunn av mer ledninger/elektronikk) etc. Det kan også oppstå brann i etterkant av en ulykke.

### Vurdering frekvens

TUSI-beregningene [9] anslår 0,05 branntilløp pr år i lette kjøretøy. Ikke alle tilløp vil ende i brann, slik at frekvensen for en liten brann vil være lavere enn dette. Frekvensen settes til sjelden, en hendelse en gang pr 11 til 100 år.

### Vurdering av konsekvens

Tunnelen vil bli etablert med brannventilasjon, men det ønskes ikke etablert nødutganger. Det betyr at det kan være lang veg ut for forulykkede personer eller andre som kjører inn i en røykfull tunnel. Brannventilasjon vil kunne bidra til en lettere evakuering ut av tunnel. Brannvesenet har en forventet innsatstid på 13-14 minutter fra Støren. Innebygde tiltak i hht N500 som føringskant, avstandsmarkering og ledelys vil tilrettelegge for selvberging. Brannvesenet forventer også å få på plass en bil med overtrykk som kan kjøres inn i tunnel etter at slukking er startet for å redde personer. Basert på lang tunnel uten nødutganger er det konservativt antatt at hardt skadd er den mest sannsynlige konsekvensen av mindre branner.

### Risikoreducerende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.
- Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.
- Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen.
- Revurdere ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel.

### 6.3.7 Stor brann (>20MW)

#### Mulige årsaker til hendelsen

Brann i tyngre kjøretøy som følge av varmegang i bremses, teknisk feil (lettere brann i nyere biler enn gamle på grunn av mer ledninger/elektronikk) etc. Det kan også oppstå brann i etterkant av en annen ulykke eller ved utslipp av brannfarlig gods.

#### Vurdering frekvens

Tunneler med høy stigningsgrad kan øke risikoen for brann og tilløp i tunge kjøretøy, enten fordi bremses kan gå varme på vei nedover i tunnelen, eller at motoren havarerer på vei oppover i tunnelen. Denne tunnelen bygges tilnærmet uten stigning og er med på å redusere sannsynligheten for denne type hendelser. De opprinnelige TUSI beregningene gir en frekvens på brantilløp i stor bil på vel 47 år. Tilløp til brann vil ikke alltid eskalere ut i fullbrann, i de fleste tilfellene vil føreren klare å slukke brannen før den eskalerer (hendelsen vil da være liten brann). Det er vurdert at en stor brann vil skje svært sjelden, altså en gang pr. 101 til 1000 år.

#### Vurdering av konsekvens

Brann over 20 MW er en farlig situasjon der man vil få røykutvikling i hele tunnelen. Brann i tungt kjøretøy i tunnel er et av de største katastrofepotensialene vi har på vegnettet i Norge. Selv om internasjonale oversikter viser at bilbranner i vegtunneler sjelden forekommer, involverer de en særskilt risiko på grunn av kraftig røyk- og varmeutvikling.

Røyken i den røykfylte delen av en tunnel vil etter kort tid gi redusert sikt og kan gjøre det vanskelig å orientere seg. Røykmengde, siktforhold og temperatur avhenger ikke bare av hva som brenner, men vil også variere med brannutvikling og intensitet. Tunnelens brannventilasjon vil være dimensjonert for 50 MW brann i 60 min og vil kunne bidra til å redusere konsekvensene av brannrøyken. Det er i vegtunneler et selvbergingsprinsipp, der de involverte må komme seg vekk fra hendelsen for egen maskin. Tunnelen er forholdsvis lang 2690 meter og ønskes bygget uten nødutganger, noe som kan gjøre at det er lang evakueringsvei for forulykkede. I dette arbeidet er det viktig at rømningsvei er tydelig markert og forutsetninger for selvbergning er til stede. Innebygde tiltak i hht N500 som føringskant, avstandsmarkering og ledelys vil tilrettelegge for selvbergning.

For å redusere konsekvensene av en hendelse er det viktig å få varslet og handlet raskt. Dersom et røykapparat løftes av vil VTS få varsling og tunnel stenges.

Konsekvensen ved stor brann vurderes å kunne medføre flere drepte (1-4).

#### Risikoreduserende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.
- Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.
- Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen.
- Revurdere ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel.

### 6.3.8 Velt

#### Mulige årsaker til hendelsen

Dekkeksplasjon, høy hastighet mot tunnelvegg, i forbindelse med en brå unnamanøver eller sving, gjenstander i vegbanen.

### Vurdering av frekvens

Utforkjøring av ett enkelt kjøretøy utgjør nesten 40 % av alle ulykker med personskader i tunnel. Det kommer ikke frem hvor stor andel av disse som er velt. Det er mulig at enkelte slike hendelser kan resultere i velt ved en høyere hastighet. Basert på dette er det vurdert at velt vil skje svært sjeldent, altså sjeldnere enn 1 gang mellom hvert 100 og 1000 år.

### Vurdering av konsekvens

Konsekvensen vil avhenge av type kjøretøy som har veltet. En buss har potensiale for mange personskader. Ved bruk av motorsykkel er det også å forvente at nødvendig beskyttelsesutstyr er i bruk. Det er naturlig å anta at mest sannsynlige utfall etter en hendelse med velt er hardt skadet.

### Risikoreduserende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.

## 6.3.9 Lekkasje av farlig gods

### Mulige årsaker til hendelsen

En lekkasje av farlig gods kan for eksempel inntreffe som følge av en ulykke der en tankbil med drivstoff er involvert, eller drivstofftanken til et kjøretøy går lekk/får sprekker. Tall fra DSBs kartlegging tilbake i 2012 viser at det på E6 i området ble transportert vel 171.000 m<sup>3</sup>/tonn farlig gods på veggen. Tunnelen bygges med drenering til fast tank, størrelse på tank er ikke vurdert og fastsatt pr. dags dato. sandfang og oljeutskiller.

### Vurdering av frekvens

På nasjonal basis er det i perioden 2010 til 2015 registrert mellom 40 og vel 60 hendelser pr. år med farlig gods langs veggen. E6 utgjør en hovedforbindelse men har likevel en begrenset ÅDT, tungbiltransporten utgjør 17 %. Basert på dette er det vurdert at uhell med farlig gods vil skje svært sjeldent, altså sjeldnere enn en gang per 100 til 1000 år.

### Vurdering av konsekvens

I de fleste tilfellene fører en hendelse med farlig gods til lokalt akutt utslipp til grunnen. Tunnelen vil etableres med drenering til fast tank. Andelen hendelser hvor det vil oppstå brann eller eksplosjon er erfaringsmessig svært lav.

I henhold til nasjonal statistikk fra DSB så omkom ingen personer og 8 ble skadet på vei i forbindelse med de 55 registrerte uhellene i 2015 som følge av transport av farlig gods. De tilsvarende tallene for 2014 var hhv. 2 og 6. Skadene skyldes ikke nødvendigvis godsets farlige egenskaper. En skade som følge av lasting og lossing eller utforkjøring vil også falle innenfor kategorien av uhell ved farlig gods. Både i 2014 og i 2015 resulterte halvparten eller mer av uhellene i lekkasjer, det er ikke funnet data på om dødsfallene var i forbindelse med lekkasjeulykkene. Konsekvensen av en lekkasje av farlig gods vurderes mest sannsynlig til å kunne medføre hardt skadde.

### Risikoreduserende tiltak

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID for raskt å kunne identifisere hendelser i tunnel og dermed hindre at nye hendelser oppstår.
- Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen.

## 6.4 Risikobilde for alle uønskede hendelser

Risikovurderingen gir et bilde av at tunnelen har en forholdsvis lav risiko, se Figur 6. Vurderingen er i all hovedsak basert på TUSI beregningene utarbeidet i forrige periode (omfatter to løps tunnel med høyere ÅDT) og tunnelens særtrekk. De fleste hendelsene kommer ut i en sone der tiltak bør vurderes (gult område).

Svært ofte (minst en gang per år)					
Ofte (en gang per 2 til 10 år)					
Sjelden (en gang per 11 til 100 år)	Påkjøring bakfra	Utforkjøring v/ portal-områdene  Utforkjøring/ påkjøring tunnelvegg  Liten brann			
Svært sjelden (en gang per 101 til 1000 år)		Velt Lekkasje av farlig gods Møteulykke	Påkjøring av myke trafikanter Stor brann		
Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1000 år)					
	Lettere skadd	Hardt skadd	1-4 drepte	5-20 drepte	Mer enn 20 drepte

Figur 6 - Risikobilde for alle uønskede hendelser.

## 6.5 Usikkerhet

Denne analysen har lagt til grunn eksisterende dokumenter og kunnskap om ny tunnel. Prosjekteringsgrunnlaget var på tidspunkt for analysegjennomføring ikke kommet veldig langt og det er en del usikkerhet knyttet til valg av løsning. Videre er det søkt om fravik fra Vegdirektoratet som på dette tidspunktet ikke var avgjort. Endringer i prosjekteringsgrunnlaget for tunnelen vil kunne endre på forutsetningene for analysen og medføre at de vurderinger som er gjort i risikoanalysen ikke lenger er gyldige, og en revisjon av analysen må da utføres.

Mangelfulle historiske ulykkesdata, bl.a. fordi det ikke finnes tunnel i området i dag, manglende eller mangelfull statistikk over ulykkesdata er eksempler på at det kan være usikkerhet knyttet til vurderinger som gjøres i slike kvalitative analyser. Dette tilsier at det ikke er mulig å beregne eller vurdere eksakt sannsynlighet for at en hendelse inntreffer, og konsekvensen av den dersom den inntreffer. Vurderingene er derfor basert på eksisterende kunnskap, erfaring og faglig skjønn, og vil derfor medføre en viss grad av usikkerhet.

Videre er det en usikkerhet knyttet til analysegruppen. En bredere sammensatt analysegruppe, der byggherre (Nye Veier), driftspersonell, flere fra brannvesenet og andre nødetater ville tilført analysen enda mer detaljer.

## 7 Risikoreduserende tiltak

I dette kapittelet beskrives de foreslåtte risikoreduserende tiltakene for tunnelen. Tabell 7 oppsummerer alle tiltakene, og for hvilke hendelser der tiltaket er vurdert å ha effekt. Nummereringen er ikke basert på en prioritert rekkefølge. I de etterfølgende kapitlene er tiltakene og effekten av disse vurdert.

Tabell 7 Risikoreduserende tiltak Størentunnelen.

Nr.	Tiltak	Aktuelt for hendelser
1	Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID.	1. Påkjøring bakfra 2. Møteulykke 4. Utforkjøring/ påkjøring tunnelvegg 5. Påkjøring myke trafikanter 6. Liten brann 7. Stor brann 8. Velt 9. Lekkasje farlig gods
2	Revurdere ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel.	2. Møteulykker 6. Liten brann 7. Stor brann
3	Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje og midtlinje.	2. Utforkjøring portal områdene 4. Utforkjøring/ påkjøring tunnelvegg
4	Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.	6. Liten brann 7. Stor brann
5	Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen.	6. Liten brann 7. Stor brann 9. Lekkasje av farlig gods
6	Rutiner for å etablere forsterket vegoppmerking ved omkjøringer som har lengre varighet.	2. Møteulykke
7	Kamera ved bom dekker portalområdene.	Alle hendelser som inntreffer i portalområdet.

### 7.1 Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID.

Tunnelen er forholdsvis lang 2690 meter og ønskes etablert uten nødutganger. Lokalt brannvesen har på det raskeste 13-14 minutters innsatstid fra alarmeren går. Det å kunne gi så mye informasjon som mulig til brannvesenet før ankomst vil bidra til at de kan være best mulig forberedt og klar for å iverksette innsats. Videre vil etablering av AID medføre raskere identifikasjon av hendelser i tunnel og dermed også raskere stengning av tunnel, som forhindrer at ytterligere kjøretøy kjører seg fast i tunnelen, og forhindrer fremkommelighet eller blir utsatt for sekundære hendelser.

Tiltaket vurderes å være et kompenserende tiltak for ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel. Tiltaket anbefales implementert.

## 7.2 Revurdere ønske om å ikke etablere nødutganger i tunnel

Tunnelen vil være opp mot 3 km lang (2690 meter) med en samlet ÅDT(2050) i dette området på 11400 kjt/døgn. Nye Veier AS ønsker å søke fravik for etablering av nødutganger i denne tunnelen. I henhold til krav til tunneler i klasse E skal det være rømningsmulighet enten til nabo tunnel eller til det fri for hver 250 meter.

Lokalt brannvesen ser med stor bekymring på at tunnel skal etableres uten nødutganger. Nødutganger er det beste tiltaket for å redde liv i de hendelsene hvor det oppstår brann og vil kunne bidra til å forhindre at mennesker blir «fanget» inne i en røykfylt tunnel. Samtidig som det kan være en lang veg å komme ut ved hjelp av selvbergingsprinsippet.

Ut fra et sikkerhetsperspektiv bør etablering av nødutganger revurderes.

## 7.3 Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje og midtlinje

Forsterket vegoppmerking, også kalt romlemerking eller sinusfres er skiftninger i vegdekket som medfører slag, vibrasjoner og/eller støy inne i bilen. Dersom sjåføren er uoppmerksom eller sovner kan vibrasjoner gjøre sjåføren oppmerksom og gi mulighet til å korrigere kjøretøyets plassering før en trafikkulykke inntreffer.

Tiltaket er økonomisk forholdsvis rimelig, enkelt å etablere og vil redusere sannsynligheten for utforkjøring og velt som ellers kan skje på grunn av manglende konsentrasjon, uoppmerksomhet, søvn etc.

Romlemerking i midtstripe vil være sannsynlighetsreducerende tiltak.

Tiltaket anbefales implementert. Etablering av nødutganger bør vurderes nærmere.

## 7.4 Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.

Sikkerhetskravet til brannuttak er at det skal være uttak hver 250 meter. Dette oppfattes som svært lang avstand av lokalt brannvesen og vil medføre lange slangeutlegg. Samtidig som det vil medføre at verdifull tid går tapt i forhold til å få ut slangeutlegg. På bakgrunn av risikovurdering og som et kompensierende tiltak for ønske om å ikke å ha nødutganger bør det etableres uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.

Tiltaket anbefales implementert.

## 7.5 Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen

Brannvesenet har ikke erfaring med lengre tunneler i området pr dags dato, men vil få det med parseller sør for dette området. Det anbefales derfor å gjennomføre beredskapsøvelse før åpning av tunnelen. Dette for å identifisere lokale forhold knyttet til dette objektet. Tiltaket er forholdsvis rimelig og vil være konsekvensreducerende for alle hendelser som krever innsatsstyrker.

Tiltaket anbefales implementert.

## 7.6 Rutiner for å etablere forsterket vegoppmerking ved omkjøringer som har lengre varighet.

Ved avvikende trafikksituasjoner og omkjøring på E6 i sørgående retning skal trafikken gå gjennom Størentunnelen (toveis trafikk). Ved lengre perioder med omkjøring, vedlikeholdsarbeid mm, så bør det etableres rutine om at det settes ut forsterket midtmerking gjennom tunnelen for å forhindre møteulykker.

Tiltaket anbefales implementert.

## 7.7 Kamera ved bom dekker portalområdene

Det skal etableres fjernstyrte bommer utenfor tunnel. N500 stiller krav om at bommene skal etableres minimum 100 m fra tunnelåpning for å sikre plass ved eventuell evakuering, røykutvikling, etc. Videre stilles det krav om at det ved fjernstyrte bommer må etableres ITV. ITV-kamera bør i tillegg til å dekke området med bom også fange opp området inn mot portal. Dette vil kunne gi VTS viktig informasjon ved hendelser som kan videreføres til brannvesenet for å gi mest mulig informasjon under utrykning og før ankomst skadestedet.

Tiltaket anbefales implementert.



## 8 Konklusjon

Det er gjennomført en risikoanalyse av trafikksikkerheten for Størentunnelen på E6 Prestteigen – Gyllan. Formålet med analysen er å avdekke forhold som bidrar til økt ulykkesrisiko, samt å identifisere tiltak som kan redusere denne risikoen. Analysen er gjennomført i forbindelse med at det er gjort endringer på vegløsningen. Det planlegges nå kun tunnel for trafikken i nordgående retning. Fartsgrensen er også justert opp til 110 km/t. Analysen er utført i henhold til retningslinjer gitt i tunnelsikkerhetsforskriften og veileder for risikoanalyser av vegtunneler.

Det er gjennomført en vurdering av spesielle farlige forhold for tunnelen. Deretter er det foretatt risikovurdering av ni uønskede hendelser. Denne viser at tunnelene fremstår med akseptabel risiko. Alle hendelsene er vurdert å være i risikomatrixens **gule** områder der tiltak bør vurderes. Det er ikke identifisert hendelser i grønn kategori - dvs. ytterligere tiltak ikke nødvendig - eller hendelser i rød kategori - tiltak må iverksettes..

Risikoreducerende tiltak er foreslått ut fra en vurdering av kompleksitet/kostnad og antatt risikoreduksjon (nytte):

Følgende tiltak *anbefales implementert*:

- Etablere kameraovervåkning i tunnel med AID.
- Forsterket vegoppmerking, profilert (romlemerking) kantlinje og midtlinje.
- Etablere uttak for brannvann (hydrant) hver 125 meter.
- Beredskapsøvelse før åpning av tunnelen.
- Rutiner for å etablere forsterket vegoppmerking ved omkjøringer som har lengre varighet.
- Kamera ved bom som dekker portalområdene.

Følgende tiltak anbefales *vurdert nærmere*:

- Revurdere ønsket om å ikke etablere nødutganger i tunnel.

## 9 Referanser

- [1] Håndbok N500 Vegtunneler, november 2016, Statens Vegvesen.
- [2] Håndbok 271 Veileder til Risikovurderinger i vegtrafikken, Februar 2007, Statens Vegvesen
- [3] Veileder for risikoanalyser av vegtunnel, 2007-10-31, Statens vegvesen
- [4] <http://www.dsb.no/no/Statistikk/>
- [5] <http://kart.dsb.no/>
- [6] Trafikkulykker vegtunneler 2, en analyse av trafikkulykker i vegtunneler på riksvegnettet for perioden 2001-2006, Trafikksikkerhetsseksjonen 2008-12-18
- [7] Dybdeanalyse av dødsulykker i vegtrafikken 2011, Statens vegvesens rapporter Nr. 141, August 2012
- [8] Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2011, Transportøkonomisk institutt,
- [9] ROS-analyse E6 Prestteigen – Gyllan Hovedrapport ST-12134-1, Safetec, 2016-09-30