



# Detaljregulering for E6 Ulsberg- Vindåsliene

---

Risikoanalyse to tunneler

Oppdragsnr:	11927300
Oppdragsnavn:	Detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Ulsberg - Vindåsliene
Dokument nr.:	Risikoanalyse tunneler
Filnavn	11927300_E6 UV_Risikoanalyse to tunneler

#### Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	12.12.18	Høringsutkast	NOUTKI	NOODHJ	NOJAOV

## Forord

Nye Veier AS har startet arbeid med detaljregulering av ny E6 i Rennebu kommune og Midtre Gauldal kommune i Trøndelag fylke. Planområdet (i sør) strekker seg fra krysset E6 og riksveg 3 ved Ulsberg i Rennebu kommune til Fossembrua sør for Soknedal i Midtre Gauldal kommune (i nord).

Reguleringsplanen skal danne grunnlaget for bygging av ny 4-felts E6 på strekningen. Planforslaget skal sammenfalle med ny E6 nordover i Midtre Gauldal kommune som er under bygging.

Nye Veier AS er tiltakshaver og konsulentfirmaet Sweco Norge AS er engasjert for å utarbeide planforslaget og konsekvensutredningen. Det utarbeides en felles reguleringsplan for Rennebu kommune og Midtre Gauldal kommune, men politisk behandling av planforslaget utføres i de respektive kommunene uavhengig av hverandre.

## Sammendrag

Som en del av detaljreguleringen av ny E6 i Rennebu kommune og Midtre Gauldal kommune er det utarbeidet en overordnet grovanalyse av Ulsbergtunnelen og Vindåslitunnelen. Hensikten med analysen er å kartlegge risikobildet i de to tunnelene med hensyn på personsikkerhet samt foreslå risikoreducerende tiltak. Analysen er utført etter Statens Vegvesen sin *Veileder for risikoanalyser av vegtunneler*.

Generelt for begge tunnelene utmerker hendelsen «brann i tungt kjøretøy» seg som hendelsen med potensielt største konsekvenser. Det er vanskelig å redusere sannsynligheten for brann og det er derfor fokusert på å foreslå skadebegrensende tiltak.

Som oppfølging til videre arbeid til denne risikoanalysen, bør følgende gjennomføres:

- Risikoanalyse må utføres for tunnelene i prosjektets detaljprosjektering når flere detaljer om tunnelene foreligger. Analysene gjennomføres etter Veileder fra Statens vegvesen som blant annet innebærer at TUSI-beregninger må gjennomføres.
- Beredskapsanalyse av nødetatenes (særlig brannvesenets) kapasitet.

## Innhold

1	Innledning .....	5
1.1	Bakgrunn .....	5
1.2	Formål / Hensikt.....	5
2	Beskrivelse objekt .....	6
2.1	Tekniske data og geometrisk utforming.....	7
2.2	Trafikale forhold .....	8
3	Vurderingskriterier .....	9
3.1	Beslutningskriterier .....	9
3.2	Nullvisjonens krav til et sikkert vegsystem .....	9
3.3	Selvbergingsprinsippet .....	10
3.4	ALARP-prinsippet .....	11
4	Forutsetninger, antakelser og avgrensninger .....	12
4.1	Forutsetninger.....	12
4.2	Avgrensninger.....	12
4.3	Forkortelser og begrepsforklaringer .....	13
5	Metodebeskrivelse .....	14
5.1	Målsetning med risikoanalysen .....	14
5.2	Gjennomføring av grovanalyse.....	15
6	Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrusting .....	18
7	Identifikasjon av farer og uønskede hendelser.....	19
7.1	Ulsberg tunnelen.....	20
7.2	Vindåslitunnelen .....	21
8	TUSI-beregninger.....	22
9	Vurdering av sannsynlighet og konsekvens .....	22
9.1	Ulsberg tunnelen.....	22
9.2	Vindåslitunnelen .....	24
10	Oppsummering og vurdering av risiko.....	27
11	Identifisere risikoreducerende tiltak.....	29
12	Usikkerhet i risikoanalysen.....	31
13	Konklusjoner og tilrådninger.....	32
14	Referanser .....	33

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

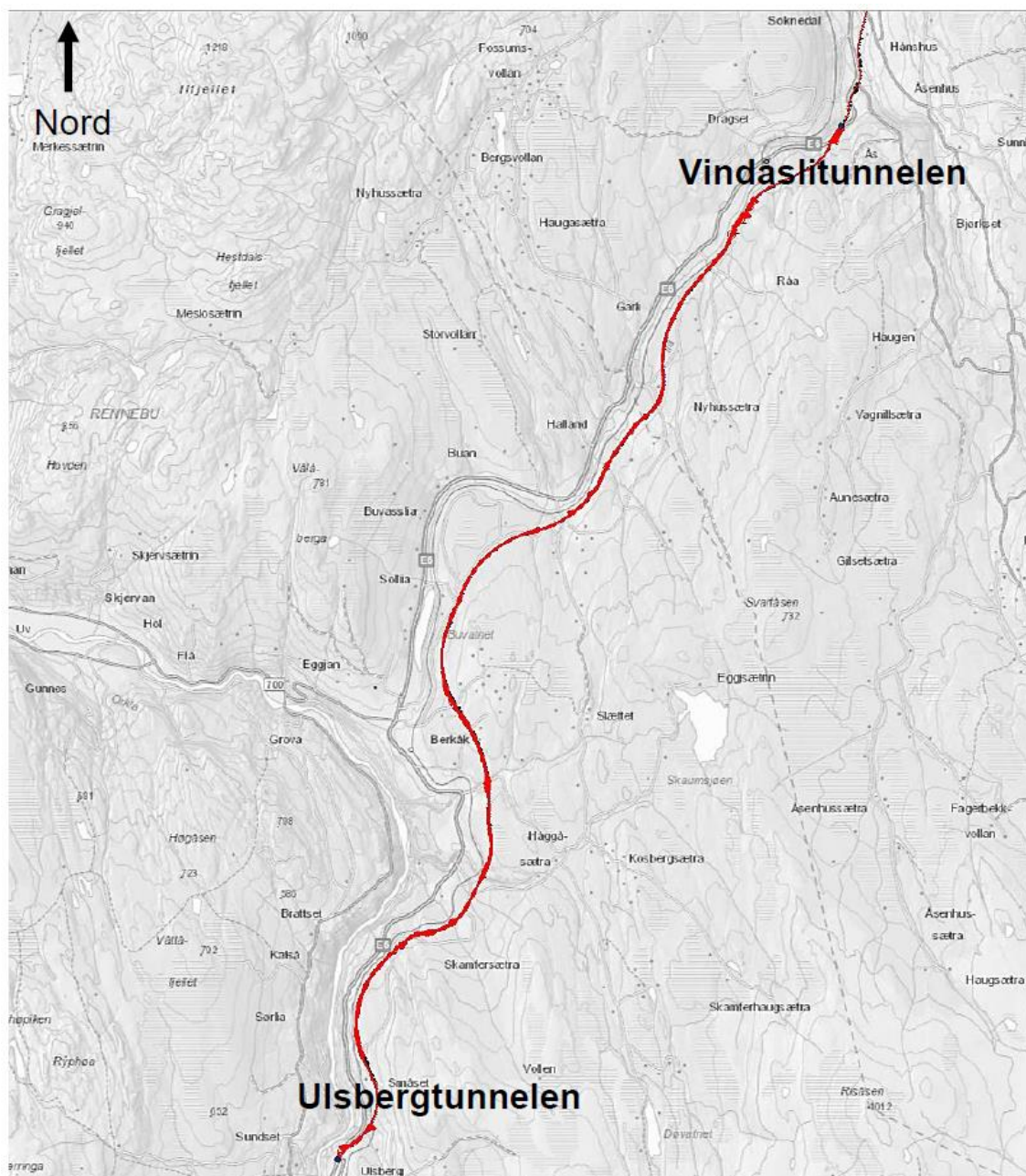
Nye Veier planlegger ny E6 i Rennebu og Midtre Gauldal kommune som ligger i Trøndelag fylke. Traséen strekker seg fra krysset mellom E6 og riksveg 3 ved Ulsberg i Rennebu kommune til Vindåsliene ved Fossembrua sør for Soknedal i Midtre Gauldal kommune. Det skal bygges to tunneler på strekningen, Ulsbergtunnelen som ligger nord for Ulsberg, og Vindåslitunnelen gjennom Vindåsliene sør for Soknedal sentrum.

## 1.2 Formål / Hensikt

Formålet med risikoanalysen er å kartlegge risikobildet for de aktuelle tunnelene og avdekke om det finnes spesielle forhold ved tunnelen som kan gi et forhøyet risikonivå. Det bemerkes at analysen gjøres på et overordnet nivå, og må utarbeides på nytt/revideres i detaljprosjekteringen av prosjektet.

## 2 Beskrivelse objekt

I Figur 2-1 er det vist et oversiktskart over plasseringen av Ulsberg- og Vindåslitunnelen på ny E6.



Figur 2-1: Oversiktskart over ny E6 og plassering av Ulsberg- og Vindåslitunnelen

Eksisterende E6 skal beholdes og kan dermed benyttes som omkjøringsvei dersom tunnelene er stengt. På/avkjøring for Ulsbergtunnelen og inn på gammel E6 vil være fra Ulsberg i sør og fra Berkåk i nord. For Vindåslitunnelen vil omkjøring være om Soknedal sentrum og langs eksisterende E6 til avkjøring/påkjøring til ny E6 ved Berkåk.

## 2.1 Tekniske data og geometrisk utforming

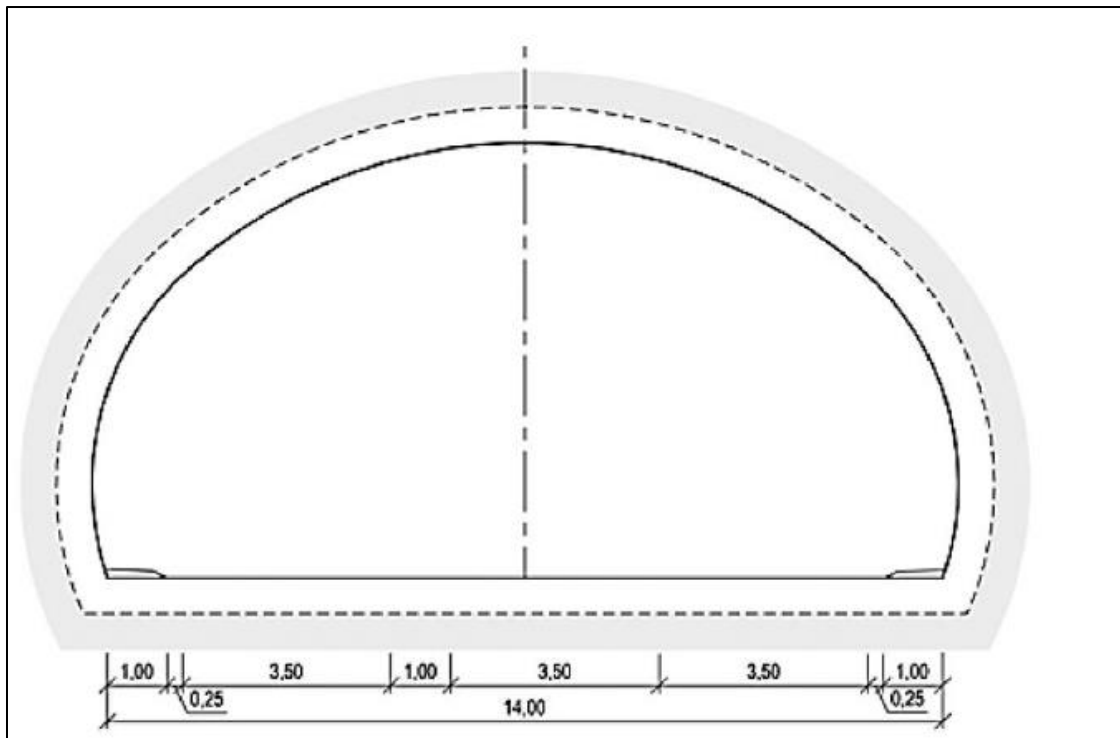
I Tabell 2-2 og Tabell 2-1 er foreløpig kjente tekniske data og geometrisk utforming for de planlagte tunnelene presentert. I Figur 2-1 er illustrasjon av valgt tunnelprofil for tunnelene vist.

Tabell 2-1: Tekniske data for Ulsbergtunnelen

Hva	Data	Kommentar
Lengde	1440 m	
Antall tunnellop	1	For denne tunnelen er det bare aktuelt med ett tunnellop.
Maksimum stigning	5%	Stigning fra sørlige til nordlige påhugg
Dimensjoneringsklasse	H3	
Kjørebanebredde	3,5	
Kjørebaner	3	
Tunnelprofil	T14	
Tunnelklasse	C eller D	Foreløpig ikke avklart

Tabell 2-2: Tekniske data for Vindåslitunnelen

Hva	Data	Kommentar
Lengde	1900 m	
Antall tunnellop	1	Reguleringsplan legger til rette for to løp, men per dags dato planlagt å bygge kun ett løp grunnet ÅDT på 6000.
Maksimum stigning	4,05%	Helning mot nordlig påhugg
Dimensjoneringsklasse	H3	
Kjørebanebredde	3,5	
Kjørebaner	3	To kjørebaner i sørlig retning og en i nordlig retning.
Tunnelprofil	T14	Evt. løp nr. to bygges etter T10,5
Tunnelklasse	C eller D	Foreløpig ikke avklart



Figur 2-2 Geometri tunnelprofil T14. Hentet fra Håndbok N500 [B].

## 2.2 Trafikale forhold

I tabellene under er det oppgitt trafikale forhold for de to tunnelene.

Tabell 2-3: Trafikale forhold. Gjelder for begge tunnelene.

Trafikalt forhold	Verdi	Kommentar
Fartsgrense	80 km/t	Det etableres en overgangssone før og etter tunnelene hvor tverrprofilen reduseres fra firefeltsveg til -trefeltsveg og fartsgrensen reduseres til fra 110 km/t 80 km/t
ÅDT	Ca. 6000	
Tunge kjøretøy	25 %	Tallet er hentet fra vegkart.no for eksisterende strekning for E6 for 2017. Andel tunge kjøretøy for ny E6 vil trolig være høyere.



## 3 Vurderingskriterier

### 3.1 Beslutningskriterier

Overordnede sikkerhetsmål for virksomheten legges til grunn for hvordan risikovurderingene skal utarbeides. Ut fra funn som gjøres, må det vurderes om disse ligger innenfor tekniske og økonomisk gjennomførbare rammer. Resultatene fra analysen presenteres ut fra forskjeller i potensielle konsekvenser i antall drepte og hardt skadde, med tilhørende tunnelløsning og tiltak. Det er lagt til grunn fire ulike kriterier som utgangspunkt for valg av endelig løsning.

#### **Beslutningskriterier for risikoanalyse av veitunneler er angitt i SVV veileder [D]**

- Endring i risiko; dvs. en vurdering av hvor stor risikoreduserende effekt ulike alternativer til nullalternativet har eller hvilken effekt ulike risikoreduserende tiltak har. Dette kan være kvantifisert ved en tallverdi eller det kan være kvalitative vurderinger der risiko beskrives og rangeres i ulike kategorier (for eksempel høy, middels, lav). Her velges typisk det sikreste alternativet eller mest effektive tiltaket basert kun på nytteverdi (reduksjon i antall drepte eller hardt skadde)
- Kostnadseffektivitet; I kostnadseffektivitetsanalysen beregnes forventet kostnad i kroner per forventet sparte liv eller hardt skadd som følge av valg av løsning eller iverksettelse av tiltak. Den mest kostnadseffektive løsningen eller tiltaket blir valgt.
- Grensekostnad = grensenytte; Dette prinsippet kan brukes for å vurdere hvor mye man skal investere i risikoreduksjon. Grensenytten kan måles i den statistiske verdien av et tapt liv eller en hardt skadd (eller et sammenveid mål). Man skal da investere i sikkerhet til kostnaden er like stor eller overskrider verdien av ett liv og/eller hardt skadd. Dette kan sette en grense mellom alternative løsninger i planfasen for hvilke som er sikkerhetsmessig lønnsomme og hvilke risikoreduserende tiltak som skal implementeres.
- Nytte-kostnadsanalyse; I en fullstendig Nytt-kostnadsanalyse verdsettes alle effektene av et tiltak i kroner. Kroneverdiene brukes så til å veie betydningen av de ulike konsekvensene opp mot hverandre. Dersom den beregnede forventede verdien av alle konsekvensene ved et tiltak blir positiv er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt. Nytt-kostnadsanalyse er beskrevet i Håndbok 140 – Konsekvensanalyser.

### 3.2 Nullvisjonens krav til et sikkert vegsystem

«Nullvisjonen» ble vedtatt av Stortinget ved behandlingen av Nasjonal Transportplan (NTP) 2002 – 2011. Trafikksikkerhetsarbeidet skal ha som visjon om «et transportsystem som ikke fører til tap av liv eller varig skade», hvor grunnpilaren er at ethvert menneske er unikt og uerstattelig. Målet er at nye veier skal utformes for menneskets forutsetninger og ha barrierer mot feilhandlinger og potensielle konsekvenser av disse.

#### **Nullvisjonens krav til sikre veier (Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Revidert) – TS2007:11)**

- Vegens utforming skal lede til sikker atferd. Løsningene skal være logiske og lettleste for trafikantene og redusere sannsynligheten for feilhandlinger. Vegene skal gi trafikantene nødvendig informasjon uten å være stressende. Vegene skal invitere til ønsket fart gjennom linjeføring, utforming og fartsgrenser. Det skal være enkelt å handle riktig og vanskelig å handle feil.

- Vegens utforming skal beskytte mot alvorlige konsekvenser av feilhandlinger. Vegen skal ha beskyttende barrierer som tilgir en feilhandling. Hastighetsnivået skal være tilpasset vegens sikkerhetsnivå og menneskets tåleevne.

### 3.3 Selvbergingsprinsippet

Dersom det er behov for å evakuere en tunnel i forbindelse med ulykkeshendelse eller brann, er det lagt til grunn at dette skal kunne utføres av den enkelte bilfører eller passasjer. Det er flere forhold i en tunnel som kan komplisere evakuering hvis en hendelse oppstår, og dette må inkluderes i design og utforming av tunnelen og det integrerte sikkerhetsutstyr.

Selvberging gjelder som hovedprinsipp i alle norske vegtunneler. Avhengig av responstid og tilgjengelig utstyr, er det begrenset i hvilket omfang en kan påregne at eksterne redningsmannskaper kan komme til unnsetning ved en brannhendelse i en tunnel. Ved vanlige ulykker uten brannutvikling, vil det fungere som ved respons på en tilsvarende ulykke i friluft.

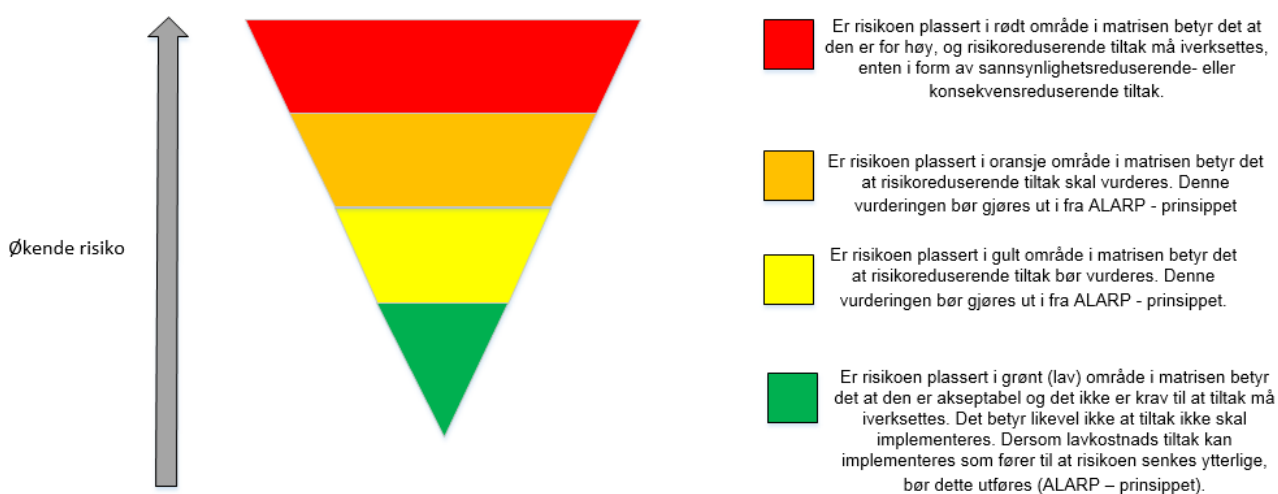
Det verste scenarioet som kan inntreffe er en større brann. Tidsaspektet vil bli avgjørende med hensyn på det å redde mennesker og unngå tap av liv. Erfaring fra tunnelbranner som har inntruffet i Norge og andre steder i Europa angir at et brannforløp kan utvikle seg meget hurtig i en tunnel.

For at en selvberging skal være vellykket, må tunnelutforming og varsling være utført slik at det er praktisk mulig å utføre dette effektivt og på rett måte. Spesielt er varslingsfasen kritisk, ettersom en forsinkelse her kan få konsekvenser for utførelse av selvbergingen. Samtidig er det også viktig å varsle ved tunnelmunningen slik at ikke flere trafikanter kjører inn i tunnelen. Som en del av tilretteleggingen for selvberging, er det besluttet å endre prinsippene ved styring av ventilasjon / brannventilasjon. Denne skal nå i større grad tilpasses aktuell situasjon i hver tunnel, og ikke nødvendigvis være forhåndsdefinert som tidligere.

### 3.4 ALARP-prinsippet

For alle identifiserte farer skal behov for risikoreduserende tiltak vurderes ut fra ALARP-prinsippet, det vil si at risikoen skal reduseres så langt praktisk mulig, der «praktisk mulig» ses i forhold til alle de andre fordelene (godene) og ulempene ved alternativet. ALARP prinsippet innebærer «omvendt bevisbyrde»: som betyr at identifiserte tiltak skal implementeres, med mindre det kan dokumenteres at det er et urimelig misforhold mellom kostnader/ulempene og nytten av tiltaket. ALARP prosessen innebærer med andre ord, mer en kost/nytte vurdering.

Dersom risikoen er neglisjerbar er det vanlig å si at risikoen ikke er i ALARP-område. Tiltak kan fortsatt identifiseres og anbefales, men det er ikke nødvendigvis et krav, se Figur 3-1. Det anbefales at alle tiltak vurderes for alle risikoen, da det kan ligge antagelser eller forutsetninger til grunn som har blitt endret, eller var feile under analyse tidspunktet.



Figur 3-1: Illustrasjon av ALARP-prinsippet

## 4 Forutsetninger og avgrensninger

### 4.1 Forutsetninger

- Det forutsettes at tunnelen skal oppføres i henhold til krav stilt i Tunnelsikkerhetsforskriften [A] samt relevante håndbøker fra SVV. Revideringer av Tunnelsikkerhetsforskriften og relevante håndbøker etter analysens ferdigstilling er ikke medtatt.
- Forutsetninger knyttet til trafikale forhold, tunnelens beliggenhet, geometri samt teknisk utforming er gitt i kapittel 2.
- Brannventilasjon skal ikke følge predefinert retning, men fortsette i samme retning som normalventilasjon på et hendelsestidspunkt. Denne filosofien er forutsatt inkludert i analysen.
- For å kunne gjennomføre selvredning, forutsettes det at trafikantene selv kan evakuere eget kjøretøy ved en hendelse, og at de ikke sitter fastklemt eller må ha annen assistanse for å komme seg ut av kjøretøyet.

### 4.2 Avgrensninger

Følgende avgrensninger ligger til grunn for analysen:

- Analysen avgrenses til selve tunnelene samt et par hundre meter foran hver tunnelportal.
- Analyserapporten kan foreslå kompensierende tiltak, men har ikke mandat til gjennomføring. Beslutning og ansvar for oppfølging og risikohåndtering er hos Nye Veier.
- I veilederen [D] fra SVV står det spesifisert at risikoanalysen også skal inneholde vurderinger av behovet for å innføre restriksjoner på transport av farlig gods. Da denne analysen gjøres på et overordnet nivå må vurderinger angående restriksjoner gjøres i detaljprosjekteringen av prosjektet.

### 4.3 Forkortelser og begrepsforklaringer

I Tabell 4-1 og Tabell 4-2 er det gitt en oversikt over aktuelle forkortelser og begrep som er benyttet i denne rapporten.

Tabell 4-1: Oversikt over aktuelle forkortelser med tilhørende forklaring

Forkortelse	Forklaring
ALARP	As Low As Reasonably Practicable (Så lavt som praktisk mulig)
SVV	Statens Vegvesen
TUSI	TunnelSIkkerhet – beregningsprogram utviklet av SVV
VTS	Vegtrafikksentralen
ÅDT	ÅrsDøgnTrafikk- gjennomsnittlig antall kjøretøy per døgn
NFPA	National Fire Protection Association

Tabell 4-2: Oversikt over aktuelle begrep med tilhørende forklaring

Begrep	Forklaring
HAZID – samling	Tverrfaglig fareidentifikasjonsmøte med relevante aktører. Deltakere på HAZID omtales ofte som en analysegruppe

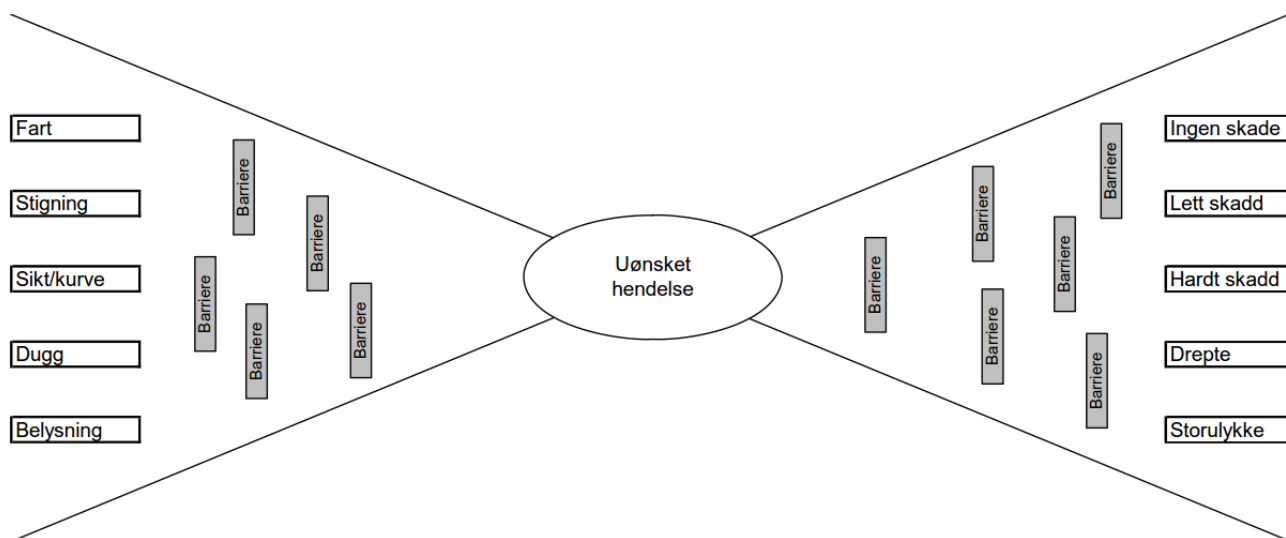
## 5 Metodebeskrivelse

Det stilles krav i Håndbok N500 [B] at det skal gjennomføres en risikoanalyse for alle vegtunneler over 500 meter. TUSI beregninger skal være en del av risikoanalysen, men er ikke utført for denne overordnende analysen. Disse beregningene må derfor gjøres i detaljprosjekteringen. Metodikken som er benyttet i analysen baserer seg på veileder fra Statens Vegvesen [D] og støttet opp av NS5814 [G].

### 5.1 Målsetning med risikoanalysen

Den overordnede målsettingen med risikoanalysen som utføres, er å avdekke om det finnes spesielle forhold ved tunnelen som kan gi et høyt risikonivå. Her analyseres elementer som både kan påvirke at en uønsket hendelse inntreffer, samt forhold som angår mulige konsekvenser. Analysen kan også benyttes til å sammenligne alternative løsninger i driftsfasen, for å identifisere hvilke tiltak som gir høyest effekt på risikobildet.

Figur 5-1 viser en illustrasjon på hvordan barrierer både kan beskytte mot uønskede hendelser, samt hvilke barrierer som reduserer konsekvensen av en inntruffet hendelse.

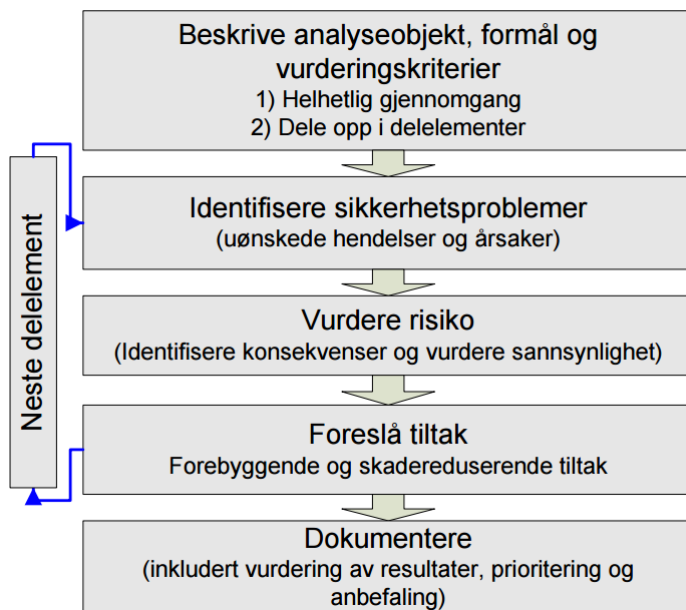


Figur 5-1: Risikobildet som risikoanalyse skal belyse [D]

## 5.2 Gjennomføring av grovanalyse

En risikoanalyse gjennomføres som en organisert prosess. Statens Vegvesen sin veileder [D], angir 5 trinn i sin gjennomføringsmodell som er illustrert i Figur 5-2.

I veileder [D] fra Statens Vegvesen skiller det mellom «Grov risikovurdering» og «Detaljert Risikoanalyse». Nivået og formålet med analysen er med på å avgjøre om denne skal være «grov» eller «detaljert». For den aktuelle analysen, er det utført en overordnet «grov risikovurdering». Metodikken følger prosessflyten som er angitt i veileder [D] fra SVV.



Figur 5-2: Gjennomføring av «grov risikoanalyse» / HAZID samling

Den dekker følgende elementer:

- Beskrive analyseobjekt, formål og vurderingskriterier

I beskrivelsen av analyseobjektet identifiseres blant annet hva som skal inkluderes, samt hvordan gjennomgangen av selve tunnelen skal deles opp. I tillegg skal tilstøtende vei og kryss vurderes opp mot farer hvor tunnelens plassering og utforming påvirker trafikkbildet.

Formålet med analysen er å avdekke om det er spesielle forhold ved tunnelen som kan gi et forhøyet risikonivå. Et annet mål er å avdekke mulige tiltak / tekniske bytter som gir minst like høyt sikkerhetsnivå for tunnelen som om det ikke hadde vært spesielle særtrekk eller fravik ved denne.

Vurderingskriterier er omtalt i kapittel 3.1, og vektlegger løsninger som er tekniske / økonomisk mulig å oppnå innenfor gitt ramme.

- Identifisere sikkerhetsproblemer (uønskede hendelser og årsaker)

Potensielle sikkerhetsproblemer identifiseres gjerne både før og under en HAZID samling. Her benyttes en liste med ledeord, samt erfaring fra tidligere hendelser. Det er viktig å belyse lokale forhold som kan påvirke den aktuelle tunnelen.

- Vurdere risiko (identifisere konsekvenser og vurdere sannsynlighet)

Selve vurderingen gjøres med bakgrunn i potensielle konsekvenser, samt tilhørende sannsynligheter. Dette arbeidet systematiseres i en tabell som inneholder informasjon om hvert enkelt identifisert sikkerhetsproblem.

Angivelse av kategoriseringen for sannsynlighet og konsekvens skjer med bakgrunn i kvantifiserte og kvalifiserte verdier. Hvis en ulykkeshendelse inntreffer i en tunnel, er det mange faktorer som medvirker. Det er derfor viktig å vurdere helheten av resultatene, for å se på mulige fellestrekk som kan bedre trafikksikkerheten.

- Foreslå tiltak (forebyggende og skadereduserende tiltak)

Identifiserte tiltak kan enten være forebyggende eller skadereduserende. Her er det viktig å klarlegge hvilke som er påkrevd, i tillegg til hvordan nytte av mulige tiltak kan måles opp mot andre muligheter. Foreslåtte tiltak kategoriseres ut fra om er skadereduserende eller forebyggende. Effekten av dem vurderes ut fra beslutningskriteriene omtalt i kapittel 3.1.

- Dokumentere (inkludert vurdering av resultater, prioritering og anbefaling)

Risikovurderingen dokumenteres i form av en skriftlig rapport som belyser bakgrunnsinformasjon, funn og resultater, samt forslag til prioriterte tiltak for å redusere den totale risikoen. For å fremstille det totale risikobildet benyttes en risikomatrise. Figur 5-3 viser risikomatrise fra SVV sin veileder [D]. Ettersom hver ulykkeshendelse er unik, er det viktig at dette presenteres slik at ulike sikkerhetsproblemer kan sammenlignes. Denne kategoriseringen illustrerer hvilke typer hendelser som er vurdert til å utgjøre størst risiko for aktuell tunnel. Det bemerkes at angitte farger i risikomatrisen ikke skal benyttes som risikoakseptkriterier, men kun for å nyansere risikobildet.



	K1: Lettere skadd	K2: Hardt skadd	K3: 1-4 drepte	K4: 5-20 drepte	K5: Mer enn 20 drepte
S5: Svært ofte (minst en gang per år)	Orange	Orange	Red	Red	Red
S4: Ofte (en gang per 2 til 10 år)	Yellow	Orange	Orange	Red	Red
S3: Sjelden (en gang per 11-100 år)	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red
S2: Svært sjelden (en gang per 101-1000 år)	Green	Yellow	Yellow	Orange	Orange
S1: Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1000. år)	Green	Green	Yellow	Yellow	Orange

Figur 5-3: Risikomatrix fra SVV [D]

De forskjellige fargekodene i matrisen tolkes som følger:



Er risikoen plassert i rødt område i matrisen betyr det at den er for høy, og risikoreduserende tiltak må iverksettes, enten i form av sannsynlighetsreduserende- eller konsekvensreduserende tiltak.



Er risikoen plassert i oransje område i matrisen betyr det at risikoreduserende tiltak skal vurderes. Denne vurderingen bør gjøres ut i fra ALARP - prinsippet, som er omtalt i kapittel 3.4



Er risikoen plassert i gult område i matrisen betyr det at risikoreduserende tiltak bør vurderes. Denne vurderingen bør gjøres ut i fra ALARP - prinsippet.



Er risikoen plassert i grønt (lav) område i matrisen betyr det at den er akseptabel og det ikke er krav til at tiltak må iverksettes. Det betyr likevel ikke at tiltak ikke skal implementeres. Dersom lavkostnads tiltak kan implementeres som fører til at risikoen senkes ytterligere, bør dette utføres (ALARP – prinsippet).

## 6 Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrusting

Ut i fra lengde og ÅDT på 6000, klassifiseres de planlagte tunnelene som klasse C i henhold til håndbok 500 [B]. Det er derimot per dags dato ikke avgjort om tunnelene skal klassifiseres som klasse C eller D, dette begrunnes blant annet med mulig fremtidig økning i ÅDT. I Figur 6-1 og er det vist utklipp fra håndbok 500 som presenterer hvilke tiltak som skal innføres for å tilfredsstillere minimumskrav til sikkerhet. Nye tunneler skal tilfredsstillere disse kravene. For ytterligere detaljer om sikkerhetsutrusting i tunneler henvises det til håndbok N500.

● Krav ○ Vurderes	Tunnelklasser						Merknader
	A	B	C	D	E	F	
SIKKERHETSTILTAK							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødtganger			○	●	●	●	Se kap. 3.6
SIKKERHETSUTRUSTNING							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Skilt og signaler	Se kapittel 5						
Nødstrømsystem	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningslys	●	●	●	●	●	●	25 m avstand for tunneler < 5 km. Ettløpstunneler > 5 km skal ha håndlist. Se 4.3.2.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.4
Fjernstyrte bomber for stengning		○	●	●	●	●	Se 4.3.2.5
ITV-overvåking		○	○	○	○	○	Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.6
Høytalersystem		○	○	○			Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.7
Nødnett og radiokringkasting	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.8

Figur 6-1: Utklipp fra håndbok N500 [B]- Tiltak for å sikre akseptabelt sikkerhetsnivå i tunneler

Tunnelklasse	Normalavstand havarinisje	Normalavstand snunisje	Kommentar
A	–	–	Møteplasser
B	500 m	2 000 m	Snunisje bygges i tunneler > 4 km
C	375 m	1 500 m	Snunisje bygges i tunneler > 3 km
D	250 m	1 000 m	Snunisje bygges i tunneler > 2 km
E	500 m	–	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellopp
F	250 m	–	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellopp

Figur 6-2: Utklipp fra håndbok

## 7 Identifikasjon av farer og uønskede hendelser

Som innledning til risikoanalysen ble det 21.11.2018 gjennomført en HAZID-samling for å identifisere farer for de to tunnelene som kan representere en risiko for personsikkerhet. Utvalgte ressurs og fagpersoner (analysegruppe) var deltakere under HAZID samlingen, som ble avholdt i Nye Veier sine lokaler i Trondheim. Analysegruppens deltakere er listet i Tabell 7-1.

Tabell 7-1: Oversikt over deltakere i analysegruppen under HAZID 21.11.18.

Navn	Stilling/rolle	Bedrift/enhet
Jan Olav Sivertsen	Rådgiver planprosesser	Nye Veier
Lill H. Bøe	Ass. Rådmann, planansvarlig	Rennebu kommune
Anne-Lise Bratsberg	Rådgiver ytre miljø	Nye Veier
Ola Hagen	Plansaksbehandler	Midtre Gauldal kommune
Kai Børge Amdal	Skogbrukssjef	Midtre Gauldal kommune
Ole Ludvigsen	Rådgiver brannvesenet	Rennebu kommune
Arild Karlsen	Brannsjef	Gauldal Brann og Redning IKS
Leif C. Skorem	Saksbehandler reg.plan.	Plankontoret Rennebu kommune
Snorre Løvseth	Politikontakt Melhus/Midtre Gauldal	Politiet
Jan Håvard Øverland	Prosjektleder	Sweco
Oddvar Hjellum	Risikoanalytiker/Fasilitator	Sweco
Hanna Utkilen	Risikoanalytiker /Teknisk sekretær	Sweco

Under HAZID-samlingen ble de to tunnelen gjennomgått og det ble identifisert uønskede hendelser som kan medføre personskaade. Sjekkliste og ledeord fra *Veileder for risikoanalyse av vegtunneler* [D] ble benyttet som et hjelpemiddel under HAZID-samlingen og identifiserte farer ble loggført av Sweco.

I de neste delkapitlene er det listet opp identifiserte uønskede hendelser samt tilhørende utløsende årsaker. De listede hendelsene ble identifisert under HAZID-samling, i tillegg er det inkludert enkelte generelle uønskede hendelser knyttet til tunneler. Alle hendelsene må vurderes nærmere når det foreligger flere detaljer om tunnelene.

## 7.1 Ulsbergtunnelen

I den følgende tabellen er det listet identifiserte uønskede hendelser for Ulsbergtunnelen.

Tabell 7-2: Identifiserte uønskede hendelser for Ulsbergtunnelen.

Nr.	Uønsket hendelse	Varianter	Årsak (hva utløser hendelsen)	Kommentar
1	Trafikkulykke	Møteulykke	Uoppmerksomhet Farlig forbikjøring- førerfeil Motlys- blending Kjøreforhold	
2	Trafikkulykke	Påkjørsel bakfra	Motlys- blending kan føre til møteulykke. Uoppmerksomhet/førerfeil Kjøreforhold	
3	Trafikkulykke	Påkjørsel dyr	Vilttrekk i området	
4	Brann	Brann i el-bil	Teknisk feil Mangel på vedlikehold Følgekonsklusjon av ulykkeshendelse Varmgang i bremses	Hendelsen vil i hovedsak kunne bli et problem dersom den oppstår i selve tunnellopet
5		Brann i lett kjøretøy		
6		Brann i tungt kjøretøy/buss		
7	Lekkasje av farlig gods	Drivstoff/giftig eller annen skadelig væske stoff (lekkasje fra tankbil)	Mangel på vedlikehold på kjøretøy Følgekonsklusjon av en trafikkulykke	Hendelsen vil i hovedsak kunne bli et problem dersom den oppstår i selve tunnellopet.
8	Steinsprang	Steinsprang	Steinsprang fra skjæringer.	
9	Trafikkulykke	Velt	Overlast / Feil på last Uoppmerksomhet / Førerfeil Motlys/blending Følgekonsklusjon av utforkjøring (kjøretøy treffer klyvepunkt)	
10	Trafikkulykke	Utforkjøring	Uoppmerksomhet Førerfeil Føreforhold Motlys- blending	

## 7.2 Vindåslitunnelen

I den følgende tabellen er det listet identifiserte uønskede hendelser for Vindåslitunnelen.

Tabell 7-3: Identifiserte uønskede hendelser for Vindåslitunnelen.

Nr.	Uønsket hendelse	Varianter	Årsak (hva utløser hendelsen)	Kommentar
1	Trafikkulykke	Møteulykke	Uoppmerksomhet Farlig forbikjøring- førerfeil Motlys- blending Kjøreforhold	
2	Trafikkulykke	Påkjørsel bakfra	Motlys- blending kan føre til møteulykke. Uoppmerksomhet/førerfeil Kjøreforhold	
3	Trafikkulykke	Påkjørsel dyr	Husdyr og vilttrekk i området	
4	Brann	Brann i el-bil	Teknisk feil Mangel på vedlikehold Følgekonskvens av ulykkeshendelse Varmgang i bremseser	Hendelsen vil i hovedsak kunne bli et problem dersom den oppstår i selve tunnellopet
5		Brann i lett kjøretøy		
6		Brann i tungt kjøretøy/buss		
7	Lekkasje av farlig gods	Drivstoff/giftig eller annen skadelig væske stoff (lekkasje fra tankbil)	Mangel på vedlikehold på kjøretøy Følgekonskvens av en trafikkulykke	Hendelsen vil i hovedsak kunne bli et problem dersom den oppstår i selve tunnellopet.
8	Ras	Jordras	Området er markert som aktsomhetsområde for skred	
9	Steinsprang	Steinsprang	Høye skjæringer	
10	Trafikkulykke	Velt	Overlast / Feil på last Uoppmerksomhet / Førerfeil Motlys/blending Følgekonskvens av utforkjøring (kjøretøy treffer klyvepunkt)	
11	Trafikkulykke	Utforkjøring	Uoppmerksomhet Førerfeil Føreforhold Motlys- blending	

## 8 TUSI-beregninger

I henhold til *Veileder for risikoanalyser av vegtunneler* skal det utføres TUSI-beregninger for tunnelene. Resultat fra beregningene skal brukes som grunnlag for vurdering av sannsynlighet for uønskede hendelser. Prosjektet for ny E6 er i reguleringsplanfasen, og det er ikke utført TUSI-beregninger av tunnelene da dette må utføres i forbindelse med nye risikovurdering i detaljprosjekteringen.

## 9 Vurdering av sannsynlighet og konsekvens

I de følgende delkapitlene er de uønskede hendelser som ble identifisert under HAZID-samlingen analysert. Det er utført en semi-kvalitativ vurdering av sannsynlighet og konsekvenser som er basert på analysegruppens erfaring, kjennskap til det aktuelle området samt statistikk over uønskede hendelser i vegtunneler. Den angitte fargen viser plassering basert på matrise omtalt i kapittel 5.2. Det bemerkes at fargene ikke brukes som akseptkriterier, men skal kun gi en differensiert fremstilling av risikobildet.

### 9.1 Ulsberg tunnelen

Tabell 9-1: Vurdering av sannsynlighet og konsekvens for Ulsberg tunnelen

Uønsket hendelse	Id nr.	Variant	Klassifisering		Begrunnelse	Risiko
			S	K		
Trafikkulykker	1	Møteulykke	3	3	Møteulykker oppstår ofte i forbindelse med forbikjøringer. Det er mulig å foreta forbikjøringer i motsatt kjørefelt i tunnelen samt et stykke før tunnelmunningen da det her ikke vil være midtdeler. Det er planlagt å bygge fire-felts motorveg langs strekningen Ulsberg -Vindåsliene med to kjørefelt i hver retning, slik at kontrollerte forbikjøringer kan foretas utenfor tunnel. Møteulykker kan også oppstå ved uoppmerksomhet fra fører som medfører at kjøretøy kommer over i motsatt kjørefelt. sannsynlighet er derfor vurdert til kategori 3. Høy hastighet (80 km/t) gjør at møteulykke er vurdert til å kunne medføre dødsfall [F].	
	2	Påkjørsel bakfra	3	2	Morgensol/kveldsol kan medføre blending ved tunnelmunningene som kan føre til påkjøring bakfra. Påkjørsel bakfra er den mest vanlige type trafikkulykke og en typisk årsak er ofte uoppmerksom fører. Sannsynlighet er derfor satt til 3 da det som beskrevet er flere forhold som kan medvirke til denne type ulykke. Derimot medfører påkjørsel bakfra som regel kun lettere eller hardt skadde, og svært sjeldent dødsfall [F].	
	3	Påkjørsel dyr	3	3	Det finnes en del villtrekk og husdyr i området som kan krysse vei foran tunnelportalene eller forville seg inn i tunnelen. Det skal settes opp viltgjerd langs hele den nye E6- strekningen, men det antas likevel at dyr vil kunne havne i vegbane fra tid til annen og sannsynligheten for hendelsen er derfor satt til kategori 3..	

					På grunn av høy fartsgrense vurderes påkjørsel av dyr til å i verste fall kunne forårsake dødsfall.	
Brann	4	Brann i el-bil	3	2	<p>Det vil trolig finnes noen el-biler på strekninger, og det kan antas at andelen el-biler vil øke i fremtiden. Tunnelen har noe stigning som øker sannsynligheten for brann (varmgang i bremses), men på grunn av at tunnelen er relativt kort vurderes sannsynlighet til kategori 3. Det bemerkes at på grunn av at det ikke er gjort TUSI-beregninger er vurderingen av sannsynlighet usikker.</p> <p>Det antas at utvikling av brann/røykdannelse trolig vil være sakte nok til at det vil være tid til selvredning.</p>	
	5	Brann i lett kjøretøy	3	2	<p>Tunnelen har noe stigning som øker sannsynligheten for brann (varmgang i bremses), men på grunn av at tunnelen er relativt kort vurderes sannsynlighet til kategori 3. Det bemerkes at på grunn av at det ikke er gjort TUSI-beregninger er vurderingen av sannsynlighet usikker.</p> <p>Brann i lett kjøretøy er typisk i størrelsesorden 5 MW [D]. Utvikling av brann/røykdannelse vil trolig være sakte nok til at det vil være tid til selvredning.</p>	
	6	Brann i tungt kjøretøy/buss	2	4	<p>Tunnelen har noe stigning som øker sannsynligheten for brann (varmgang i bremses) og det er i tillegg relativt høy andel tungtrafikk, men på grunn av at tunnelen er relativt kort vurderes sannsynlighet til kategori 2. Det bemerkes at på grunn av at det ikke er gjort TUSI-beregninger er vurderingen av sannsynlighet usikker.</p> <p>Konsekvenser vil variere med mengde trafikk (personer) i tunnelen samt eventuell brennbar last i tyngre kjøretøy. Det er her valgt å vurdere konsekvens til klasse 4 da en slik type brann potensielt kan få svært alvorlige konsekvenser, blant annet på grunn av store mengder røykdannelse.</p>	
Lekkasje farlig gods	7	Drivstoff eller annen skadelig væske/stoff	3	2	<p>Kan oppstå som en følgekonsekvens av en tankbilykke eller lekkasje fra tankbil som følge av mangel på vedlikehold o.l. Hendelsen er vurdert til kategori 3.</p> <p>Tunnelen vil høyst sannsynlig bli utstyrt med et lukket drengssystem med oppsamlende tanker ute i dagen, som vil ha kapasitet til å fange opp en større lekkasje fra for eksempel tankbil. Kategori for konsekvens er derfor vurdert til 2.</p>	
Steinsprang	8	Steinsprang	3	2	<p>Steinsprang kan oppstå fra skjæringer ved tunnelmunning. Vurderes til å kunne skje en gang per 11-100 år. Vurderes til i verste fall å kunne medføre at personer blir hardt skadet.</p>	
Trafikkulykke	9	Velt kjøretøy	3	3	<p>Det antas at vei i dagsonen og i tunnelen prosjekteres med minst mulig klyvpunkt. Sannsynlighet er vurdert til t</p>	

					<p>kategori 3 da vurderingen er usikker på grunn av få detaljer om veg og tunnel.</p> <p>Velt av kjøretøy vurderes til å kunne resultere i dødsfall.</p>	
Trafikkulykke	10	Utforkjøring	3	3	<p>Det antas at veg i dagsonen og i tunnel vil utformes slik at sannsynlighet for utforkjøring minimeres. Sannsynlighet er konservativt satt til kategori 3 da det denne vurderingen er usikker på grunn av få detaljer om veg og tunnel.</p> <p>Dersom en utforkjøring forekommer vurderes det til å kunne medføre dødsfall. Utfallet vil avhengig av terreng ved veibanen (mykt eller hardt terreng)</p>	

## 9.2 Vindåslitunnelen

Tabell 9-2: Vurdering av sannsynlighet og konsekvens for Vindåslitunnelen.

Ønsket hendelse	Id nr.	Variant	Klassifisering		Begrunnelse	Risiko
			S	K		
Trafikkulykker	1	Møteulykke	3	3	<p>Møteulykker oppstår ofte i forbindelse med forbikjøringer. Det er mulig å foreta forbikjøringer i motsatt kjørefelt i tunnelen samt et stykke før tunnelmunningen da det her ikke vil være midtdele. Det er planlagt å bygge fire-felts motorveg langs strekningen Ulsberg -Vindåsliene med to kjørefelt i hver retning, slik at kontrollerte forbikjøringer kan foretas utenfor tunnel.. Møteulykker kan også oppstå ved uoppmerksomhet fra fører som medfører at kjøretøy kommer over i motsatt kjørefelt., og sannsynlighet for møteulykker er derfor vurdert til kategori 3..</p> <p>Høy hastighet (80 km/t) gjør at møteulykke er vurdert til å kunne medføre dødsfall [F].</p>	
	2	Påkjørsel bakfra	3	2	<p>Morgensol/kveldsol kan medføre blending ved tunnelmunningene som kan føre til påkjørsel bakfra. Vindåslitunnelen ligger i en klimasone som innebærer at føret fra en side av tunnelmunningen til en annen kan variere, noe som kan overraske sjåførere og medføre oppbremsing. Dette kan igjen føre til påkjørsel bakfra.</p> <p>Påkjørsel bakfra er den mest vanlige type trafikkulykke og en typisk årsak er ofte uoppmerksom fører. Sannsynlighet er derfor satt til 3 da det som beskrevet er flere forhold som kan medvirke til denne type ulykke. Derimot medfører påkjørsel bakfra som regel kun lettere eller hardt skadde, og svært sjeldent dødsfall [F].</p>	
	3	Påkjørsel dyr	3	3	<p>Det finnes en del vilttrekk og husdyr i området som kan krysse vei foran tunnelportalene eller forville seg inn i tunnelen. Det skal settes opp viltgjerd langs hele den nye</p>	



					<p>E6- strekningen, men det antas likevel at dyr vil kunne havne i veibane fra tid til annen og sannsynlighet er derfor satt til kategori 3..</p> <p>På grunn av høy fartsgrense vurderes påkjørsel av dyr til å i verste fall kunne forårsake dødsfall.</p>	
Brann	4	Brann i el-bil	3	2	<p>Det vil trolig finnes noen el-biler på strekninger, og det kan antas at andelen el-biler vil øke i fremtiden. Tunnelen har noe stigning som øker sannsynligheten for brann (varmgang i bremses), men på grunn av at tunnelen er relativt kort vurderes sannsynlighet til kategori 3. Det bemerkes at på grunn av at det ikke er gjort TUSI-beregninger er vurderingen av sannsynlighet usikker.</p> <p>Det antas at utvikling av brann/røykdannelse trolig vil være sakte nok til at det vil være tid til selvredning.</p>	
	5	Brann i lett kjøretøy	3	2	<p>Tunnelen har noe stigning som øker sannsynligheten for brann (varmgang i bremses), men på grunn av at tunnelen er relativt kort vurderes sannsynlighet til kategori 3 Det bemerkes at på grunn av at det ikke er gjort TUSI-beregninger er vurderingen av sannsynlighet usikker.</p> <p>Brann i lett kjøretøy er typisk i størrelsesorden 5 MW [D]. Utvikling av brann/røykdannelse vil trolig være sakte nok til at det vil være tid til selvredning.</p>	
	6	Brann i tungt kjøretøy/buss	2	4	<p>Tunnelen har noe stigning som øker sannsynligheten for brann (varmgang i bremses) og det er i tillegg relativt høy andel tungtrafikk, men på grunn av at tunnelen er relativt kort vurderes sannsynlighet til kategori 2. Det bemerkes at på grunn av at det ikke er gjort TUSI-beregninger er vurderingen av sannsynlighet usikker.</p> <p>Konsekvenser vil variere med mengde trafikk (personer) i tunnelen samt eventuell brennbar last i tyngre kjøretøy. Det er her valgt å vurdere konsekvens til klasse 4 da en slik type brann potensielt kan få svært alvorlige konsekvenser, blant annet på grunn av store mengder røykdannelse.</p>	
Lekkasje farlig gods	7	Drivstoff eller annen skadelig væske/stoff	3	2	<p>Kan oppstå som en følgekonsekvens av en tankbilulykke eller lekkasje fra tankbil som følge av mangel på vedlikehold o.l. Hendelsen er vurdert til kategori 3.</p> <p>Tunnelen vil høyst sannsynlig bli utstyrt med et lukket drengssystem med oppsamlende tanker ute i dagen, som vil ha kapasitet til å fange opp en større lekkasje fra for eksempel tankbil. Kategori for konsekvens er derfor vurdert til 2.</p>	
Skred	8	Jordskred	3	2	<p>Områdene utenfor tunneler er markert som aktsomhetsområde for skred. Vurderes til å kunne skje en gang per 11-100 år.</p>	

					Vurderes til i verste fall å kunne medføre at personer blir hardt skadet.	
Steinsprang	9	Steinsprang	3	2	Steinsprang kan oppstå fra skjæringer ved tunnelmunning. Vurderes til å kunne skje en gang per 11-100 år. Vurderes til i verste fall å kunne medføre at personer blir hardt skadet.	
Trafikkulykke	10	Velt kjøretøy	3	3	Det antas at vei i dagsonen og i tunnelen prosjekteres med minst mulig klyvepunkt. Sannsynlighet er satt til kategori 3 da denne vurderingen er usikker på grunn av få detaljer om veg og tunnel.  Velt av kjøretøy vurderes til å kunne resultere i dødsfall.	
Trafikkulykke	11	Utforkjøring	3	3	Det antas at veg i dagsonen og i tunnel vil utformes slik at sannsynlighet for utforkjøring minimeres. Sannsynlighet er satt til kategori 3 da denne vurderingen er usikker på grunn av få detaljer om veg og tunnel.  Dersom en utforkjøring forekommer vurderes det til å kunne medføre dødsfall. Utfallet vil avhengig av terreng ved veibanen (mykt eller hardt terreng)	

## 10 Oppsummering og vurdering av risiko

For å fremstille det samlede risikobildet for de to tunnelene, er de identifiserte hendelsene plassert i de følgende risikomatrisene.

Tabell 10-1: Risikomatrixe for Ulsberg tunnelen.

	K1: Lettere skadd	K2: Hardt skadd	K3: 1-4 drepte	K4: 5-20 drepte	K5: Mer enn 20 drepte
S5: Svært ofte (minst en gang per år)					
S4: Ofte (en gang per 2 til 10 år)					
S3: Sjelden (en gang per 11-100 år)		2. Påkjørsel bakfra 4. Brann i el-bil 5. Brann i lett kjøretøy 7. Drivstoff eller annen skadelig væske/stoff 8. Steinsprang	1. Møteulykke 3. Påkjørsel dyr 9. Velt kjøretøy 10. Utforkjøring		
S2: Svært sjelden (en gang per 101-1000 år)				6. Brann i tungt kjøretøy/buss	
S1: Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1000. år)					

Tabell 10-2: Risikomatrixe for Vindåslitunnelen.

	K1: Lettere skadd	K2: Hardt skadd	K3: 1-4 drepte	K4: 5-20 drepte	K5: Mer enn 20 drepte
S5: Svært ofte (minst en gang per år)					
S4: Ofte (en gang per 2 til 10 år)					
S3: Sjelden (en gang per 11-100 år)		2. Påkjørsel bakfra 4. Brann i el-bil 5. Brann i lett kjøretøy 7. Drivstoff eller annen skadelig væske/stoff 9. Steinsprang 8. Jordskred	1. Møteulykke 3. Påkjørsel dyr 10. Velt kjøretøy 11. Utforkjøring		
S2: Svært sjelden (en gang per 101-1000 år)				6. Brann i tungt kjøretøy/buss	
S1: Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1000. år)					

Generelt for begge tunnelene utmerker hendelsen «brann i tungt kjøretøy» seg, som hendelsen med potensielt største konsekvenser. En typisk brannårsak i kjøretøy er varmgang i bremses eller motor som følge av bratt stigning/helning. Ulsberg tunnelen og Vindåslitunnelen er planlagt med noe stigning på henholdsvis 5% og 4,05% og trafikken er preget av høy andel tungtrafikk (>25%). Høy andel tungtrafikk kombinert med noe stigning, øker sannsynligheten for brann i tungt kjøretøy. Begge tunnelene er derimot relativt korte, noe som reduserer sannsynlighet for at hendelsen oppstår.

## 11 Identifisere risikoreduserende tiltak

I Tabell 11-1 er foreslåtte risikoreduserende tiltak listet. Tiltakene er basert på innspill fra HAZID-samlingen, samt forslag fra Sweco. De fleste tiltakene er knyttet til hendelsene som omhandler brann i tunnel. Tiltakene vil være aktuelle for begge tunneler, med mindre annet er bemerket. Enkelte tiltak vil kunne være utenfor Nye Veiers og SVV sitt ansvarsområde, men de er likevel inkludert da de kan være vesentlige for å senke risikoen for analyseobjektet.

Tabell 11-1: Oversikt over foreslåtte tiltak

Tiltak	Begrunnelse/effekt av tiltak
Risikoanalyse	Det må utføres ny risikoanalyse av tunnelene når flere detaljer ligger til grunn. Det er da mulig å få frem et mer detaljert risikobilde for hver av tunnelene. Det er viktig å ta hensyn til eventuell stigning før og etter tunnelene da dette kan påvirke risiko for brann i selve tunnelløpene. TUSI-beregninger skal være en del av analysen.
Beredskapsanalyse	En beredskapsanalyse av nødstatenes kapasitet er nødvendig å gjennomføre blant annet vurdere om dagens kapasitet er tilstrekkelig.
Beredskapsøvelse	Beredskapsøvelser bør gjennomføres for å verifisere om beredskap for tunnelen nødstatene fungerer som forventet samt for at nødstatene skal være best mulig rustet til å håndtere en reel hendelse.
Opplysningskampanje om selvredning	Ved brann i tunnel gjelder i dag selvredningsprinsippet. Dette prinsippet er ikke i stor grad formidlet til brukere av tunneler, og erfaring viser at flere er av den oppfatning at man skal holde seg i tunnel til redningsmannskap ankommer. En opplysningskampanje kan redusere konsekvensene av en tunnelbrann ved at personer som befinner i seg i tunnelen iverksetter selvredning. Det er et krav i tunnelsikkerhetsforskriften at opplysningskampanjer om sikkerhet i tunnel jevnlig skal arrangeres og gjennomføres i samarbeid med berørte parter, på grunnlag av samordnet arbeid i internasjonale organisasjoner. Disse kampanjene skal omhandle korrekt atferd for trafikantene i nærheten av og i tunnel, i forbindelse med blant annet brann. Ved tidligere hendelser i tunneler har det skjedd at førere velger å kjøre rundt bommen og forbi annen varsling som indikerer at tunnelen er stengt. En opplysningskampanje vil dermed også kunne redusere sannsynligheten for slik atferd.
Slukkevann i tunneler	Det må i detaljprosjekteringen av prosjektet vurderes nærmere om innkjøp av vannvogn vil være tilstrekkelig som alternativ til slukkevann, eller om det skal legges inn slukkevann i tunnelen.
Varsling ved nisjer	Ved brann er det kritisk at brukere som befinner seg i tunnel tidlig varsles. Et eksempel på varsling er rødt stoppblinksignal og innvendig opplyst skilt med teksten «Snu og kjør ut»/«Turn and exit». Det anbefales at en slik type varsling innføres ved hver nisje i tunnelen.

	<p>Dette vil kunne redusere konsekvenser ved brann da sjåfører tidlig vil varsles uansett hvor i tunnelen kjøretøy befinner seg. Dette gir økt sannsynlighet for å klare å snu kjøretøy i tide og evakuere tunnelen.</p>
<p>Kameradekning i hele tunnellopet</p>	<p>VTS kan benytte kamera til å verifisere/få informasjon om uønskede hendelser som oppstår i tunnelen Dette kan redusere konsekvenser ved brann ved at VTS tidlig kan iverksette tiltak som legger til rette for selvredning.</p>
<p>Opplæring i bruk av ventilasjonssystem</p>	<p>Selv om tunnelen vil være utstyrt med et tilstrekkelig ventilasjonssystem, må de likevel opereres korrekt for at det skal bidra til optimal selvredning. Feiloperering av ventilasjonssystemet kan i verste fall føre til forverring av konsekvenser ved brann i tunnel. VTS bør i samarbeid med brannvesenet, gjennomgå rutiner og opplæring for korrekt bruk av systemet. Dette kan redusere konsekvenser betydelig ved brann i tunnel.</p>
<p>Håndlist</p>	<p>Håndlist langs tunnelveggen vil tilrettelegge for selvredning. Røyk fra brann kan ofte blir så tykk at sikten blir svært begrenset. Håndlist kan sikre evakuering dermed redusere konsekvensene ved brann i tunnel.</p>
<p>Varsling av dugghfare (gjelder Vindåslitunnelen)</p>	<p>Varsling av dugghfare ved bruk av variable varselskilt ved munning til Vindåslitunnelen. Det variable varselskiltet advarer førere når klimamålinger viser fare for dugg. Det bemerkes at det bør undersøkes nærmere hvorvidt dugg vil være et problem i Vindåslitunnelen.</p>
<p>Samleplasser for nødstatene et stykke fra tunnelmunning</p>	<p>Ved tidligere tunnelbranner har opptil 200 – 300 meter utenfor tunnelmunningen vært røyklagt. Havarilommer er ofte plassert i kort avstand til tunnelmunningen og vil ved branner ofte ikke være mulige for nødstatene å benytte som samleplass. Denne lommen bør også kunne benyttes som snunisje for større kjøretøy slik at veibanen kan gjøres fri for trafikk.</p>
<p>Sikre regelmessig tømning av oppsamlings-kummer i tunnel</p>	<p>Tømning av oppsamlingskummer vil trolig utføres av driftsentreprenør. Jevnlig tømning er viktig for å sikre at ikke brannfarlig væske blir liggende i avløpssystemet, da dette kan føre til at en eventuell brann eskalerer. Tømning sikrer også at avløpssystemet kan ta unna den væskemengden systemet er dimensjonert for som forhindrer at oljesøl/vann blir liggende i tunnel som kan medføre glatt veibane.</p>
<p>Sikring mot steinsprang og skred</p>	<p>Konkrete tiltak må vurderes nærmere i detaljprosjekteringen.</p>

## 12 Usikkerhet i risikoanalysen

Det er knyttet stor usikkerhet til risikovurderinger av brann i el-biler. Det er ukjent hvor høy andel el-biler som kan forventes i de to tunnelene. Dagens el-biler er relativt nye og det er enda uvisst om sannsynlighet for brann øker etter økt levetid. Per i dag har brannvesenet i Norge generelt ingen/liten erfaring med slukking av el-bil branner. I følge andre kilder har det vist seg utfordrende å slukke branner som har spredt seg til batteripakken i el-biler. NFPA har utført tester som tilsier at det trengs mellom 5000- 10.000 liter vann og 36-60 minutter på å slukke brann i batteripakke. Til sammenlikning slokkes konvensjonelle biler innen 5- 20 minutter med et forbruk på 2.000- 3.000 liter vann [H]. Re-antennning etter slukking kan også skje i disse batteriene.

Det er ikke utført TUSI-beregninger for tunnelene og vurdering av sannsynlighet for trafikkulykker og brann i tunnel er derfor noe usikre.

Risiko knyttet til uønskede hendelser for tunneler kan blant annet avhenge av trafikkforhold, vær- eller lysforhold, utforming av veier og tunneler, personer involvert (unge/gamle) samt andre lokale forhold. Slike faktorer, samt ulykkesstatistikk for tunneler, brukes som bakgrunnsinformasjon når det utføres risikoanalyser. Tidligere registrerte hendelser, og generell ulykkesstatistikk for tunneler, kan gi en indikasjon på hva som kan forventes i fremtiden av uønskede hendelser, samt hyppighet og mulige konsekvenser av disse, men dette er derimot ingen fasit. Det er viktig å påpeke at selv om en hendelse ikke har skjedd tidligere, kan den likevel inntreffe i fremtiden. Det er derfor alltid knyttet noe usikkerhet til vurdering av risiko, selv om det foreligger mye bakgrunnskunnskap.

Den største usikkerheten knyttet til risikovurderinger av trafikkulykker er mennesker. Som regel er det menneskelige feilhandlinger som er utløsende årsak til ulykker, og slike feilhandlinger er svært vanskelige å forutse.

## 13 Konklusjoner og tilrådninger

Det er identifisert uønskede hendelser for de aktuelle analyseobjektene, og hver av hendelsene er vurdert med hensyn på sannsynlighet og konsekvens for personskaade.

Brann i tungt kjøretøy inne i tunnelene skiller seg ut som den hendelsen med høyest risiko. Det er vanskelig å redusere sannsynligheten for brann og det er derfor fokusert på skadebegrensende tiltak, blant annet i form av tilrettelegging for selvredningsprinsippet.

Som oppfølging til videre arbeid til denne risikoanalysen, bør følgende gjennomføres:

- Risikoanalyse må utføres for tunnelene i prosjektets detaljprosjektering når flere detaljer om tunnelene foreligger. Analysene gjennomføres etter Veileder fra SVV [D] som blant annet innebærer at TUSI-beregninger må gjennomføres. Resultatene fra analysen må vurderes opp mot vurderingskriteriene gitt i kapittel 3.
- Beredskapsanalyse av nødetatenes (særlig brannvesenets) kapasitet.



## 14 Referanser

- [A]. Tunnelsikkerhetsforskrift, *Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler* (tunnelsikkerhetsforskriften); 01.01.2017
- [B]. Statens vegvesen; *Håndbok N500 Vegtunneler*, november 2016
- [C]. Statens vegvesen; *Håndbok N100 Veg- og gateutforming*, juni 2014
- [D]. Statens vegvesen; *Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Revidert)*, TS 2007:11; 2007-10-31
- [E]. TØI rapport 1542/2016; *Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2015*
- [F]. Statens vegvesen; Temaanalyse om dødsulykker i tunnel UAG 2005-2012, 31.12.2013
- [G]. NS 5814:2008 – Krav til risikovurderinger
- [H]. SP Fire Research AS: *Brannsikkerhet og alternative energibærere: El- og gasskjøretøy i innelukkede rom*, A16 20096-1:1
- [I]. <https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart>,