



Direktoratet for  
samfunnssikkerhet  
og beredskap

# Risikoanalyse av brann i tunnel

– delrapport til Nasjonalt  
risikobilde 2014



Utgitt av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) 2014

ISBN: 978-82-7768-356-0

Grafisk produksjon: Erik Tanche Nilssen AS, Skien



# Risikoanalyse av brann i tunnel

- delrapport til Nasjonalt risikobilde 2014



	<b>Forord</b> .....	<b>5</b>
<b>01</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>7</b>
	1.1 Prosess .....	8
<b>02</b>	<b>Scenarioanalyse av «Brann i tunnel»</b> .....	<b>9</b>
	2.1 Felles hendelse i de tre tunnelsystemene .....	10
	2.2 Sammenlignbare hendelser.....	10
	2.3 Kjennetegn ved de ulike tunnelsystemene .....	11
<b>03</b>	<b>Hendelsesforløp</b> .....	<b>13</b>
<b>04</b>	<b>Vurdering av sannsynlighet for hendelsen</b> .....	<b>17</b>
	Alle de 67 tunnelene .....	18
	Undersjøiske tunneler .....	18
	Lange fjelltunneler og høytrafikkerte bytunneler .....	18
	Oppsummering av sannsynlighet .....	19
	Sannsynlighet for brann i de tre analyserte tunnelene spesielt .....	19
<b>05</b>	<b>Vurdering av konsekvensene av hendelsen</b> .....	<b>21</b>
	5.1 Konsekvenser for liv og helse.....	22
	5.2 Oppsummering av konsekvenser for liv og helse .....	23
	5.3 Natur- og kulturmiljø .....	24
	5.4 Økonomi.....	24
	5.5 Samfunnsstabilitet.....	26
<b>06</b>	<b>Vurdering av usikkerhet</b> .....	<b>29</b>
	6.1 Vurdering av kunnskapsgrunnlaget.....	30
	6.2 Vurdering av sensitivitet.....	30
<b>07</b>	<b>Konklusjoner</b> .....	<b>31</b>
	7.1 Konsekvenser.....	32
	7.2 Sammenlikning av sannsynlighet og konsekvenser .....	33
	7.3 Sårbarhet.....	35
	<b>Vedlegg</b> .....	<b>37</b>
	Vedlegg 1: Deltakerliste arbeidsseminar .....	38



## FORORD

Denne rapporten dokumenterer risikoanalysen som er gjennomført av scenarioet «Brann i tunnel». Det er en scenarioanalyse som inngår i Nasjonalt risikobilde (NRB) 2014. For å samle all informasjon som er framkommet i løpet av analyseprosessen, har DSB valgt å lage en egen delrapport. Scenarioanalysen er gjennomført i nært samarbeid med Statens vegvesen, som sektormyndighet for vegtunneler.





KAPITTEL

---

# 01

---

Bakgrunn

---



## BAKGRUNN

En uønsket hendelse på veinettet som kan få svært alvorlige konsekvenser, er brann i en veitunnel.

Norge er et av landene i verden med flest tunneler: Ca. 1 000 tunneler med en samlet lengde på over 1 000 km. Selv om det månedlig registreres større eller mindre branner i norske tunneler, er sannsynligheten for dette mye lavere enn sannsynligheten for en alvorlig trafikkulykke utenfor tunnelene. Det er de potensielle konsekvensene av brann i tunnel som gjør denne hendelsen alvorlig. Sterk røykutvikling og varme med lang vei til nærmeste utgang, er et skrekkscenario for de fleste trafikanter.

Statens vegvesen, som har et overordnet ansvar for sikkerheten i veitunneler, har utviklet et omfattende system for sikkerhetsforvaltning av tunneler, stiller en rekke tekniske minimumskrav som tunnelene må oppfylle (Håndbok 021 Vegtunneler) og har gjennomført mange risikoanalyser av trafikkulykker og brann i tunnel. I tillegg til det forebyggende arbeidet, har også Vegtrafikksentralene en viktig rolle i håndteringsfasen ved å motta melding om brann, stenge tunnelen, varsle nødetatene, styre trafikken osv.

Brann i tunnel berører imidlertid også andre aktører enn vegmyndighetene. Det er en krevende oppgave for nødetatene, særlig brannvesenet, å redde mennesker og få kontroll over situasjonen. Mange mennesker kan trenge både akutt sykehusbehandling og langvarig behandling for psykiske lidelser i etterkant av et tunnelbrann. Stenging av tunnelen kan medføre trafikale problemer for mange, få økonomiske konsekvenser for næringslivet og kreve ekstra innsats av kommunen for å dekke innbyggernes daglige behov.

Et tenkelig verstefallsscenario av «Brann i tunnel» er analysert for å inngå i Nasjonalt risikobilde, som publiseres av Direktoratet for Samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). Her vurderes de samfunnsmessige konsekvensene av en tunnelbrann og samlet risiko for denne hendelsen sammenholdes med risiko knyttet til andre alvorlige hendelser som kan ramme det norske samfunnet. I denne delrapporten presenteres resultatene av risikoanalysen «Brann i tunnel» separat for å gjøre informasjonen som er framkommet gjennom analysen tilgjengelig for berørte etater.



Vestre portal av Oslofjordtunnelen på Hurumsiden.  
(Foto: Trond Strandsberg).

## 1.1 PROSESS

Scenarioet som er analysert, er utviklet i samarbeid mellom Statens vegvesen og DSB. Metoden som er brukt i analysen, er utviklet av DSB og brukes i alle scenarioanalyser i Nasjonalt risikobilde. Den skiller seg fra risikoanalysene som Statens vegvesen vanligvis gjør og som kun ser på konsekvenser for trafikantenes liv og helse (drepte, hardt skadde, lettere skadde). DSD vurderer også konsekvenser for andre samfunnsverdier som økonomi, natur og kultur, samfunnsstabilitet m.m.

Analyseprosessen har vært tredelt:

1. Forarbeid med scenarioutvikling og informasjonsinnhenting.
2. Analyseseminar avholdt 15. januar 2014 med ca. 30 deltakere fra ulike deler av Statens vegvesen, Oslo kommune, Oslo brann- og redningsetat, 110-sentralen, Oslo politikammer, ambulansetjenesten ved Oslo universitetssykehus, Universitetet i Bergen, fylkesmannen i Sogn og Fjordane, DSB m.fl.
3. Etterarbeid hvor det er innhentet ytterligere informasjon, gjennomført utregninger og resonnementer og sammenstilt informasjonen i en rapport, som er sendt seminar deltakerne for kommentarer.

KAPITTEL

---

# 02

---

Scenarioanalyse av  
«Brann i tunnel»

---



Hendelsen i scenarioet som er analysert, er stor brann i vogntog. Siden norske tunneler er svært ulike med hensyn til sikkerhetsparametere som lengde, utforming, trafikkmengde osv, er samme hendelse plassert i tre ulike tunnelsystemer i scenarioanalysen:

1. En eldre, lang ett løps fjelltunnel.
2. En eldre, bratt ett løps undersjøisk tunnel.
3. En moderne, høytrafikkert to løps tunnel i by.

Til sammen 67 tunneler faller inn under en av disse tre kategoriene<sup>1</sup>. Disse står for vel halvparten av alle tunnelbranner vi har hatt i Norge de siste årene (i snitt 12 av 21 branner per år), selv om de bare utgjør 6,7 % av alle tunneler. Som analyseobjekter er det valgt ut en konkret tunnel i hver kategori: Gudvangatunnelen representerer kategori 1, Oslofjordtunnelen representerer kategori 2 og Operatunnelen representerer kategori 3. For å gjøre resultatene mer almenngyldige, er ikke utypiske særtrekk ved de konkrete tunnelene tatt med i analysen (som at Oslofjordtunnelen har én nødutgang og i 2012 fikk en rekke evakueringsrom).

## 2.1

### FELLES HENDELSE I DE TRE TUNNELSYSTEMENE

**Hendelse:** Brann i vogntog lastet med trevirke

**Tidspunkt:** En torsdag ettermiddag i august

**Brannstyrke:** 170 MW (brannenergi)

**Varighet:** Brannen når maksimal styrke etter 15 minutter og varer mer enn en time

Følgehendelse: Konstruksjon og tekniske installasjoner får betydelige skader og tunnelen må stenges i én måned for reparasjonsarbeider. Omkjøring på veier med lenger reisetid.

Materialet som brenner har betydning både for hvor kraftig brannen blir og hvilke branngasser som produseres (hvor giftig røyken er). En mindre brann enn 170 MW i kjøretøy og trevirke, kan derfor produsere mer giftig røyk (f.eks. brennende plast eller kjemikalier). En brann på 170 MW innebærer imidlertid at den normalt varer lenger enn en mindre brann, og dermed produserer større mengder røyk.

## 2.2

### SAMMENLIGNBARE HENDELSER

Brannen i *Gudvangatunnelen* i Aurland, Sogn og Fjordane, 5. august 2013 var på mellom 30–40 MW.

88 personer ble evakuert ut av tunnelen i løpet av to timer og 66 personer ble behandlet på sykehus for røykskader.

Brannen i *Oslofjordtunnelen* mellom Hurum i Buskerud og Frogn i Akershus 23. juni 2011 var på mellom 70 og 90 MW. 25 trafikanter kom seg ut på egen hånd og 9 ble evakuert av redningsmannskap etter ca. to timer. 8 av disse hadde krøpet inn i inspeksjonsluker og oppholdt seg i det trange rommet mellom betonghvelvet og fjellveggen.

Brannen i *Mont Blanc*-tunnelen på grensen mellom Frankrike og Italia (11,6 km lang) i 1999 krevde 39 menneskeliv. Et tungt kjøretøy lastet med mel og margarin tok fyr. Det tok to dager å få slokket brannen og tunnelen var stengt i tre år etterpå. Antatt brannstyrke var over 200 MW.

Brannen i *St. Gotthard*-tunnelen i Sveits (17 km lang) i oktober 2001 etter kollisjon mellom to vogntog én km fra den sørlige tunnelinngangen. Brannen, som krevde 11 menneskeliv og mange flere skadde, strakk seg over 300 meters lengde og hadde en maks temperatur på 1 200 grader. Tunnelen var stengt i to måneder etter brannen for reparasjon. Antatt brannstyrke var over 200 MW.

Forsøk: I brannforsøk i *Runehamar testtunnel* i Møre og Romsdal i 2003 ble det målt en brannenergi på

<sup>1</sup> 1. Ett løps tunneler lengre enn 5 000 m med ÅDT mellom 1 000 og 5 000  
2. Undersjøiske veggtunneler med ett løp.  
3. Bytunneler med to løp og ÅDT over 25 000.

over 200 MW og gasstemperaturen nær brannen var på rundt 1 350 grader. Lasten som brant var trepaller og plastikk. Les hele rapporten [her](#).



Statens vegvesen bruker Runehamar testtunnel til fullskala forsøk med brann i tunnel.

## 2.3

### KJENNETEGN VED DE ULIKE TUNNELSYSTEMENE

Tunnelsystemene som er analysert, har ulike kjennetegn (sikkerhetsparametre) som påvirker både sannsynligheten for en stor brann og konsekvensene av den. Tabellen under viser de viktigste parametrene som påvirker brannrisikoen.

	ELDRE, LANG ETT LØPS FJELLTUNNEL	ELDRE, BRATT ETT LØPS UNDERSJØISK TUNNEL	MODERNE, HØYTRAFIKKERT TO LØPS TUNNEL I BY
LENGDE	11,5 km	7 km	6,6 km
PROFIL	Ett løp med to kjørefelt (8 m)	Ett løp med tre kjørefelt (11 m)	To løp med tre kjørefelt i hver (12 m)
STIGNING	3,5 % mot øst	7 % i begge retninger	5 % i begge retninger
TRAFIKKMENGDE	2 000 kjt/døgn	7 400 kjt/døgn	100 000 kjt/døgn
BERØRTE TRAFIKANTER	40 personer	40 personer	150 personer
TUNGBILANDEL	25 %	15 %	8 %
NØDUTGANGER	Nei	En	Ja, hver 250 meter
VENTILASJON	Dimensjonert for 20 MW	Dimensjonert for 50 MW	Dimensjonert for 100 MW
VENTILASJONSRETNING VED BRANN	Mot vest	Mot vest	Med trafikkretningen
INNSATSTID FOR BRANNVESENET	20 min fra øst	15 min fra øst, 20 min fra vest	4 min
VIDEOOVERVÅKING	Nei	Ja, med hendelsesdetektering	Ja, med hendelsesdetektering
HAVARINISJER OG NØDSTASJONER	Ja, hver 500 m	Ja, hver 500 m	Ja, hver 250 m
LEDELYS LANGS TUNNELVEGGEN	Nei	Ja, punkter	Ja, punkter
BELYSNING	Relativt mørk	Normal	Relativt lys
MULIGHET FOR STENGING	Kun rødt lys	Rødt lys og bom	Rødt lys og bom

**TABELL 1.** Sikkerhetsparametre som påvirker sannsynlighet for og konsekvenser av brann i tunnel.



KAPITTEL

---

# 03

---

Hendelsesforløp

---



## HENDELSESFORLØP

Under beskrives hendelsesforløpet i detalj for tunnelsystem nr. 1 (type Gudvangatunnelen). Deretter beskrives forskjeller fra dette for de to andre tunnelsystemene.

### Hendelsesforløp i tunnel nr 1: Brann i eldre, langt løps fjelltunnel

Et vogntog lastet med trevirke frontkolliderer med en personbil 3 km fra tunnelens østre ende.

Vogntoget begynner å brenne og er etter 15 minutter overtent. Varmen fra brannen får en temperatur på 1 000 grader, samtidig som lufta fylles med røyk og giftige branngasser som karbonoksyd (CO) og cyanid.

Fjerning av brannsløkker gir melding til Vegtrafikksentralen om hvor brannen er. De stenger tunnelen, varsler nødetatene og starter styrt brannventilasjon mot vest iht beredskapsplanen. Den naturlige ventilasjonsretningen er oppover og østover, men denne snus for å gi nærmeste brannvesen fra øst «frisk luft i ryggen» og mulighet for å gå inn i tunnelen. Det tar noen minutter å få snudd trekkretningen og røyken i tunnelen, men etter hvert blåses røyken mot vest og røyklegger størstedelen av tunnelen (ca. 8 km).

Det befinner seg 25 biler med til sammen 35 personer og en buss med 25 passasjerer i tunnelen da brannen oppstår. Halvparten av bilene befinner seg foran brannen i en av retningene og kjører ut av tunnelen. Resten av bilene og bussen blir stående bak brannen. 1/4 av bilene (3 stk.) vil befinne seg øst for brannstedet gitt at de er jevnt fordelt over tunnelens lengde. Fem personer har derfor en reell mulighet til å kjøre eller gå de 3 km til nærmeste utgang. Til fots vil det ta ca. 3/4 time med en gangfart på 4 km/t. Etter 20 minutter kommer brannvesenet fram til østre tunnelinngang og kan hjelpe med evakueringen. Ved en så stor brann vil brannvesenet prioritere livredning og evakuering og ikke brannsløkking.

Ca. 40 personer inklusive busspassasjerene, blir fanget i røyken på vestsiden av brannen. Det er 8 km å gå ut av tunnelen (anslagsvis 2 timer). Røyken vil med brannventilasjon trekke vestover med en fart på ca. 10 km/t (3 m/sek) og ta igjen de som evakuerer. Siden tunnelen er smal, vil det være vanskelig å snu bilene og kjøre ut. I tillegg er sikten svært dårlig da

brannen ødelegger belysningen og det er tett røyk. Røyken avkjøles med økende avstand fra brannen og legger seg nær bakken.

Tunnelen og teknisk utstyr får store skader og må holdes stengt i 1 måned for reparasjonsarbeid. Lokaltrafikken på E16 kjører over Vikafjellet og langtransporten mellom Oslo og Bergen kjører Rv 7 over Hardangervidda. Stengt Gudvangatunnel deler Aurland kommune i to og det settes inn båt for lokal persontrafikk.



I august 2013 begynte det å brenne i førerhuset til et vogntog i Gudvangatunnelen. (Foto: Monika Blikås, NRK).

### Hendelsesforløp i tunnel nr 2: Eldre, bratt ettløps undersjøisk tunnel

Den utløsende hendelsen med kollisjon mellom vogntog og personbil er den samme som i hendelsesforløp 1. En buss med 25 passasjerer og 13 personbiler med kjøreretning mot brannen blir stående fast bak brannen. Brannventilasjonen blir etter noen minutter satt på med trekkretning mot vest for å gi brannmannskepene fra øst tilgang til tunnelen. To biler øst for brannstedet har bare 1 km til utgangen og klarer å snu og kjøre ut. Også fem biler på vestsiden av brannstedet klarer å snu i den relativt brede trefelts-tunnelen og komme seg ut før røyken blir for tett. De plukker opp ytterligere 5 personer som rømmer til fots. Til sammen 15 personer klarer å evakuere ved egen hjelp.

De resterende 25 personene må rømme til fots i bratt motbakke ut til vestsiden i den røyklagte tunnelen. De vil bruke ca. 1,5 time på de 6 km ut. Den bratte motbakken fører til økt opptak av branngasser.



Brannvesenet ankommer fra øst etter 15 minutter og kan ta seg inn i tunnelen. Da har trafikantene på østsiden av brannen selv evakuert ut. Brannvesenet fra vest ankommer etter 20 minutter, men kan ikke gå inn i tunnelen på grunn av røyken som velter ut mot dem.

Tunnelen og teknisk utstyr får store skader og må holdes stengt i 1 måned for reparasjonsarbeid. Stengt Oslofjordtunnel betyr at trafikken må kjøre gjennom Oslo eller bruke ferjesambandet Moss–Horten.

Dette medfører lang omvei og forsinkelser for både personbiltrafikk og nyttetransport.



Røyken som kom ut av Oslofjordtunnelen på vestsiden under brannen 23. juni 2011. (Foto: Politiet).

### Hendelsesforløp i tunnel nr 3: Moderne, høytrafikkert to løps tunnel i by

Et vogntog lastet med trevirke kolliderer med annet kjøretøy i forbindelse med feltskifte, sperrer tunnelen og begynner å brenne. To blir sittende fastklemt i kjøretøyene. VTS oppdager ulykken gjennom kameraovervåking og stenger begge løp for innkjøring med bommer. Brannventilasjon settes på i kjøreretningen i løpet hvor det brenner. Samtidig snus ventilasjonsretningen i det andre løpet (lik trekkretning i begge løp) for å hindre at røyken trekkes inn i dette løpet.

Kjøretøyene foran brannen kjører ut, mens 150 kjøretøy blir stående bak brannstedet. Farten er lav i ettermiddagsrushet, men flere biler kjører på hverandre bakfra. Trafikantene får beskjed via radio om å forlate kjøretøyene og bruke nødutgangene til det andre tunnellopet. Etter ca. 10 minutter er alle bilene forlatt og folk evakuerer gjennom nødutgangene eller tilbake gjennom tunnelen.

Brannvesenet ankommer tunnelen ca. 4 min etter at de varsles og tunnelen stenges. Rednings- og slokningsinnsatsen skjer fra det andre tunnellopet som er stengt for trafikk og røykfritt. Siden brannvesenet er raskt på stedet og evakuering kan skje i eget tunnellop, forsøker brannvesenet å få kontroll over brannen. Det er ca. 125 m fra nærmeste nødutgang til det brennende vogntoget.

Tunnel og teknisk utstyr har fått store skader og må holdes stengt i 1 måned på grunn av reparasjonsarbeid. Det kjøres toveistrafikk i det uskadde løpet i Operatunnelen, som har kapasitet til 1/3 av den opprinnelige trafikken (30 000 kjt/døgn). Resten av trafikken går over på ringveiene rundt Oslo, som allerede er sterkt belastet i rushtiden.



Operatunnelen er en moderne to løps tunnel under havnebassenget i Oslo med høy teknisk standard (Foto: Statens vegvesen).



KAPITTEL

---

# 04

---

Vurdering av  
sannsynlighet for  
hendelsen

---



## VURDERING AV SANNSYNLIGHET FOR HENDELSEN

Vurdering av sannsynligheten for brann i de analyserte tunnelene er basert både på statistikk og særtrekk ved de analyserte tunnelene.

De tre konkrete tunnelene som analyseres er eksempler på større kategorier av likende tunneler.

1.	Antall ett løps fjelltunneler lengre enn 5 000 m med ÅDT 1 000–5 000:	<b>19 stk.</b>
2.	Antall undersjøiske vegtunneler med ett løp:	<b>30 stk.</b>
3.	Antall bytunneler med to løp og ÅDT over 25 000:	<b>18 stk.</b>
<b>Til sammen: 67 tunneler</b>		

Dette er tunneler som på grunn av sin lengde, stigning eller trafikkmengde står for over halvparten av alle tunnelbranner i Norge. De siste 8 årene har det i gjennomsnitt vært 21 branner per år i norske tunneler og 12 av disse skjedde i de 67 tunnelene nevnt over. 55 % av brannene var i tunge kjøretøy – dvs. 7 av 12 branner. Vi legger til grunn samme antall tunnelbranner framover i de videre sannsynlighetsvurderingene.

Størrelsen på branner (målt i MW) er i liten grad oppgitt i tunnelbrannstatistikker for europeiske land. Derfor er andelen branner i størrelsesorden 170 MW (av alle tunnelbranner) usikker. I arbeidet med *PIARC c3.3 wg 2* opererer man med følgende betingede sannsynligheter (gitt at det oppstår en brann) for ulike brannstørrelser, avhengig av om det er branner i personbil eller tunge kjøretøy:

	LETTE KJT	TUNGE KJT
1 MW	70 %	20 %
5 MW	25 %	31 %
25 MW	5 %	25 %
50 MW		16 %
100 MW		6 %
200 MW		2 %
	100 %	100 %

**TABELL 2.** Fordeling av brannstørrelser basert på ekspertvurderinger.

### ALLE DE 67 TUNNELENE

Ut fra denne fordelingen kan vi anslå at ca 3 % av alle branner i tunge kjøretøy i veitunneler er på 170 MW. Det betyr at man kan forvente 0,2 170 MW branner pr år for de 67 tunnelene til sammen (3 % av 7 branner årlig) – eller én så stor brann i løpet av 5 år i en av de 67 tunnelene. Hvis brannsannsynligheten er jevnt fordelt mellom de 67 tunnelene, vil det gi 0,003 170 MW branner pr tunnel pr år (0,21:67) – eller én 170 MW brann i løpet av 300 år i hver av tunnelene.

### UNDERSJØISKE TUNNELER

Undersjøiske tunneler har høy stigningsgrad (mer enn 5 %) og bratte tunneler er kraftig overrepresentert mht. branner fordi stigningsforholdene fører til varngang i motor og bremsere i tunge kjøretøy. 44 % av alle tunnelbranner skjer i de 4 % av tunnelene som har stigningsgrad mer enn 5 % (30 undersjøiske + 10 andre tunneler) ref. «Brannutsatte undersjøiske tunneler» (TØI, 2013). Vi antar derfor at 4 av de 7 årlige brannene i de 67 tunnelene nevnt over, vil skje i de 30 undersjøiske tunnelene og de resterende 3 skjer enten i lange fjelltunneler eller høytrafikkerte bytunneler (til sammen 37 tunneler).

Av de antatt 4 årlige brannene i undersjøiske tunneler er 3 % på 170 MW dvs. 0,12 branner per år i alle de undersjøiske tunnelene til sammen – eller én 170 MW brann i løpet av 8 år i en av tunnelene. Hvis brannsannsynligheten er lik i alle de undersjøiske tunnelene innebærer det 0,004 branner per år i hver tunnel (0,12:30) – eller én 170 MW brann i løpet av 250 år i hver av de undersjøiske tunnelene.

### LANGE FJELLTUNNELER OG HØYTRAFIKKERTE BYTUNNELER

Av de antatt 3 årlige brannene i lange fjelltunneler og høytrafikkerte bytunneler er 3 % på 170 MW dvs. 0,09 branner per år i alle disse tunnelene til sammen – eller én 170 MW brann i løpet av 10 år i en av tunnelene. Hvis brannsannsynligheten er lik i alle disse 37 tunnelene innebærer det 0,0024 branner per år i hver av tunnelene (0,09:37) – eller én brann i løpet av 400 år i hver tunnel.

### OPPSUMMERING AV SANNSYNLIGHET

Undersjøiske tunneler generelt:

- 1 forventet brann på 170 MW i løpet av 250 år i hver av de undersjøiske tunnelene
- 1 forventet brann på 170 MW i løpet av 8 år i de 30 undersjøiske tunnelene til sammen

Lange fjell tunneler og høytrafikkerte to løps tunneler generelt:

- 1 forventet brann på 170 MW i løpet av 400 år i hver av de lange fjell tunnelene og høytrafikkerte bytunnelene
- 1 forventet brann på 170 MW i løpet av 10 år i de 37 tunnelene til sammen

Siden toløps tunneler i byer oftest er nyere og har høyere sikkerhetsstandard enn lange ettløps fjell tunneler, antas sannsynligheten for en stor brann å være noe lavere i toløps bytunneler enn i ettløps

fjell tunneler. Det skyldes bl.a. mindre fare for trafikkulykker som kan forårsake brann, rask detektering av branntilløp pga. videoovervåking og kort innsatstid for brannvesenet som gir mulighet for rask slukking.

### SANNSYNLIGHET FOR BRANN I DE TRE ANALYSERTE TUNNELNE SPESIELT

Det kan argumenteres for at de tre konkrete tunnelene som er analysert er blant de «verste» i sine respektive kategorier. F.eks. er Gudvangatunnelen spesielt lang (Norges nest lengste) og Oslofjordtunnelen er både lang og bratt. Operatunnelen er den tunnelen i Norge som har mest trafikk, men denne «ulempen» kompenseres av at den er spesielt godt utrustet i forhold til brann. I tabellen under vurderes og sammenliknes de tre tunnelene.

PARAMETERE SOM PÅVIRKER SANNSYNLIGHETEN FOR STOR BRANN	GUDVANGATUNNELEN		OSLOFJORDTUNNELEN		OPERATUNNELEN	
ÅDT	4 000 (400 i makstimen)	0	7 400 (400 i makstimen)	-	100 000 (4 000 i makstimen)	--
ANDEL TUNGE KJØRETØY	25 %	0	15 %	0	8 %	0
ANTALL LØP	ett	0	ett	0	to	++
ATK	2 punkter	0	2 strekninger	0	2 punkter	0
LENGDE	11,5 km	0	7 km	+	6,6 km	+
ANTALL KJØREFELT	2	0	3	-	3 i hvert løp	0
STIGNING (PÅVIRKER VARMGANG I MOTOR OG BREMSER)	3,5 %	0	7 %	--	Maks 5 %	-
HAVARI/SNUNISJER	24 stk	0	22 stk	0	24 stk	0
VIDEOOVERVÅKING	Nei	0	Ja, video med hendelsesdetektering	+	Ja, video med hendelsesdetektering	+
TEKNISK STAND PÅ KJØRETØY	Mange bobiler og turistbusser	0	Dårlig - høy andel utenlandske vogntog	-	Normal	0
<b>++ = MYE BEDRE, + = BEDRE, 0 = LIK, - = VERRE, -- = MYE VERRE</b>						

**TABELL 3.** Vurdering av parametere som påvirker sannsynligheten for brann i Oslofjordtunnelen og Operatunnelen sammenliknet med Gudvangatunnelen.

## VURDERING AV SANNSYNLIGHET FOR HENDELSEN

Ved å ta hensyn til særtrekk ved disse tunnelene (ref. tabell 3) kan anslagene for sannsynlighet justeres som følger:

- 1 forventet brann på 170 MW i Oslofjordtunnelen i løpet av 200 år.
- 1 forventet brann på 170 MW i Gudvangatunnelen i løpet av 350 år.
- 1 forventet brann på 170 MW i Operatunnelen i løpet av 450 år.

Oslofjordtunnelen vurderes å ha omtrent dobbelt så høy sannsynlighet for en 170 MW brann som Gudvangatunnelen og Operatunnelen.

Selv om sannsynligheten for brann angis i løpet av et visst tidsrom, så kan man ikke si når innenfor dette tidsrommet brannen vil skje. Den kan skje i morgen i alle de tre tunnelene, selv om sannsynligheten for dette vurderes å være ulik.



Brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011 oppstod i motoren til tungt kjøretøy (bilde fra Statens vegvesens videoovervåking av tunnelen).

KAPITTEL

---

# 05

---

Vurdering av  
konsekvensene av  
hendelsen

---

I Nasjonalt risikobilde vurderes konsekvenser for fem samfunnsverdier: Liv og helse, natur- og kulturmiljø, økonomi, samfunnsstabilitet og demokratiske verdier og styringsevne. Disse samfunnsverdiene er operasjonalisert i ti mer konkrete konsekvenstyper.

# 5.1

## KONSEKVENSER FOR LIV OG HELSE

Prinsippet for evakuering i veitunneler er *selvredningsprinsippet*, det vil si at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy uavhengig av brannvesenets innsats (Statens vegvesen «Håndbok 021 Vegtunneler», 2010). Brannvesenet og andre redningsetater vil i de fleste tilfeller ikke ankomme tunnelen før det har gått minst et kvarter og kjøretøyet er overtent. Tid er en kritisk faktor ved en stor brann og selvredningsprinsippet forutsetter at trafikantene ikke blir værende i bilene og vente på hjelp, men selv evakuerer til fots eller klarer å kjøre ut.

### 1. Eldre, lang ettløps fjelltunnel

Av totalt 60 personer i tunnelen på branntidspunktet, blir 40 personer fanget av røyken på vestsiden av brannen når ventilasjonsretningen snus mot vest for å gi redningsmannskapene fra øst frisk luft i ryggen. Disse har 8 km å rømme ut av tunnelen, noe som vil ta ca. to timer til fots. De vil bli tatt igjen av røyken som har høyere fart. Tunnelen er for smal til at kjøretøy kan snu (8 m). Redningsmannskapene vil være på plass på østsiden av tunnelen etter 20 minutter – på motsatt side av brannen i forhold til der de fleste trafikantene er. Det lokale frivillige brannvesenet fra nærmeste tettsted på vestsiden ankommer samtidig som hovedinnsatsstyrken fra øst, og klarer å hjelpe mange trafikanter ut til tross for kraftig røyk. Røyken avkjøles og legger seg nærmere bakken jo lenger vekk fra brannen den kommer, slik at det blir vanskelig å unngå puste den inn.

Ca. 15 personer antas å omkomme som følge av brannen. Halvparten av disse antas å omkomme direkte i brannen eller umiddelbart etterpå, som følge av røykforgiftning. Resten får framskyndet død i løpet av 20 år på grunn av innånding av giftige

branngasser. Det antas at ytterligere 15 får alvorlige røykskader og trenger sykehusbehandling som oksygenbehandling, trykkammerbehandling ved påvirket nevrologi og motgift mot innåndet cyanid.

Mennesker som havner i en slik dramatisk situasjon vil reagere med sjokk og handle ut fra primitive overlevelsesinstinkter. De vil følge enkle beskjeder, gjøre det andre gjør og er ute av stand til å analysere situasjonen. I etterkant kan det komme reaksjoner som fortvilelse, angst og sinne. Et ekspertanslag er at 40 % av de involverte vil oppleve en stor brann i en lang fjelltunnel som svært traumatisk og få større eller mindre psykiske lidelser i etterkant (opplevd overhengende fare for eget eller medpassasjerers liv). Av de ca. 30 som blir fanget av røyken og overlever, antas det at 10–12 personer får psykiske lidelser i etterkant. Lang rømmingsvei ut av tunnelen, mørke og røyk bidrar til følelsen av manglende mulighet til å redde seg selv og andre.

### 2. Bratt ettløps undersjøisk tunnel

Det antas at 5 av de totalt 25 personene som evakuerer til fots mot vest, vil omkomme av røykforgiftning i tunnelen. Ytterligere 5 vil få kroniske plager og framskyndet død.

Mulighetene for selvredning er noe bedre i den undersjøiske tunnelen enn i fjelltunnelen fordi den er bredere, litt kortere, har ledelys langs veggen og kameraovervåking som gir Vegtrafikkentralen bedre mulighet til å veilede trafikantene per telefon. Alle de 20 overlevende som blir fanget av røyk på vestsiden av brannen og har 6 km å rømme, får varierende grad av røyk- og forgiftningsskader. Halvparten av disse antas å bli alvorlig skadd – ca. 10 personer. At trafikantene opplever større mulighet både for selvredning og å bli reddet, er avgjørende for den psykiske påkjenningen trafikantene utsettes for. Av de 20 som blir fanget i røyk, antas 5 personer å få psykiske lidelser i etterkant<sup>2</sup>.

### 3. Moderne, høytrafikkert toløps tunnel i by

Toløps tunnelen har langt bedre redningsmuligheter pga. nødutganger for hver 250. meter og nærhet til brannstasjon, som gir en innsatstid på 4 minutter. 150 kjøretøy med 225 personer blir stående bak brannen, men røyken ventileres bort fra disse da ventilasjonsretningen er i kjøreretningen i to løps tunneler. Bare

<sup>2</sup> Jf. at 25 % av trafikantene som rømte til fots opplevde to dramatiske timer i tunnelen før de ble reddet ved brannen i Oslofjordtunnelen i 2011.



de to som satt fastklemt i kjøretøyene som begynte å brenne etter kollisjonen, antas å omkomme.

Erfaringsmessig vil noen trafikanter bli værende en stund ved brannstedet for å forsøke å hjelpe de skadde i kollisjonen, ta bilder, ringe etc. Disse vil få røykskader og anslås å utgjøre 5–10 personer.

På grunn av gode rømmingsmuligheter, bred og lys tunnel, samt tidlig ankomst av redningsmannskaper, antas det at få vil oppleve psykiske lidelser i etterkant – maks 5 personer.

## 5.2

### OPPSUMMERING AV KONSEKVENSER FOR LIV OG HELSE

Redningsmulighetene er svært ulike for Gudvangatunnelen, Oslofjordtunnelen og Operatunnelen.

PARAMETERE SOM PÅVIRKER ANTALL DREPTE, SKADDE OG SYKE	LANG FJELLTUNNEL	BRATT UNDERSJØISK TUNNEL		HØYTRAFIKKERT TOLØPS TUNNEL	
Lengde	11,5 km	7 km	+	6,6 km	+
Antall trafikanter i røyklagt del av tunnelen	Ca. 30 personer	Ca. 25 personer	0	Det er 225 personer totalt bak brannen, men røyken ventileres bort fra disse	0
Innsatstid	Ca. 20 min (fra en side)	Ca. 15–20 min (fra to sider)	+	4 min	++
Nødutganger	Nei	En	0	12 stk	++
Tunnelprofil (bredde)	8 m (vanskelig å snu)	11 m	+	12	+
Stigning (påvirker hastighet på rømming)	3,5 %	7 %	-	Maks 5 %	-
Ventilatorer	Dimensjonert for 20 MW brannbelastning	Dimensjonert for 50 MW brannbelastning	+	Dimensjonert for 100 MW brannbelastning	++
Havari/snunisjer	24 stk	22 stk	0	12 i hvert løp	0
Nødstasjoner (brannslukker og telefon)	Ca. 5 stk per km	Ca. 5 stk per km	0	Ca. 8 per km	+
Ledelys	Nei	Lyspunkt for hver 62,5 m	+	Lyspunkt for hver 62,5 m	+
Videoovervåking	Nei	Ja, video med hendelsesdetektering	+	Ja, video med hendelsesdetektering	+
Slokkevann	Må medbringes	Må medbringes	0	Vannledning gjennom tunnelen med uttak ved hver nødutgang	+
Fjernstyrte bomber	Nei, bare røddlys	Ja	+	Ja	+
Antatt antall drepte (inkl. framskyndet død)	15 personer	10 personer		2 personer	
Antatt antall fysisk skadde	15 personer	10 personer		5–10 personer	
Antatt antall psykisk skadde	10 personer	5 personer		0–5 personer	

Forklaring: ++ = mye bedre, + = bedre, 0 = lik, - = verre og -- = mye verre

TABELL 4. Sammenlikning av parametere som påvirker liv og helse ved en brann i de tre tunnelene.

## 5.3

### NATUR- OG KULTURMILJØ

Kraftig røyutvikling kan føre til nedsooting av bygninger og natur i et område utenfor tunnelen, men ikke gi varige skader. Brann i tunnel anses derfor ikke å berøre naturverdier eller kulturmiljø (kulturminner).

## 5.4

### ØKONOMI

#### 1. Eldre, lang ett løps fjelltunnel

Tunnelkonstruksjonen og tekniske installasjoner får betydelige skader i brannen og tunnelen må holdes stengt i minst én måned for reparasjonsarbeider. Kostnadselementer vil være rengjøring etter nedsooting, reparasjon og fornying av veidekke og utstyr (kabler, vifter m.m.), samt bergsikring og ny sprøytebetong etter at fjellet har vært utsatt for ekstrem varme.

*Det direkte tapet anslås å være ca. 50 mill. kroner.*

Det indirekte tapet består av tapte inntekter og økte transportutgifter for næringslivet inkl tap av oppbrent vogntog, samt samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til økt reisetid ifm. omkjøring. Tap av inntekter for reiselivet og ekstra utgifter for transportører og bedrifter i regionen anslås å utgjøre **20–40 mill. kroner.**

Ved stengt Gudvangatunnel vil lokaltrafikken på E16 kjøre over Vikafjellet og langtransporten mellom Oslo og Bergen kjøre Rv 7 over Hardangervidda. Det antas minst 1 time forsinkelse per tur for lokaltrafikken, som får lang omkjøringsvei. Ca. 1 500 av totalt 2 000 turer per dag i tunnelen antas å være lokaltrafikk. Tidskostnadene for stengt tunnel i en måned blir **ca. 9 mill. kroner** gitt en timepris på kr 200,-<sup>3</sup>. Ekstra kjøretøy- og drivstoffutgifter pga. omkjøring for lokaltrafikken anslås også å utgjøre

**ca. 9 mill. kroner** gitt en km-kostnad på kr 4,-<sup>4</sup>. Langdistansetransporten som kjører Rv 7 som alternativ rute, vil ikke få lenger reisetid.

Kommunen tunnelen ligger i kan få ekstraavgifter knyttet til egen tjenesteproduksjon som følge av tunnelstenging i en måned. Det kan f.eks. være alternativ transport for egne ansatte (hjemmehjelp osv), skoleelever, syketransport m.m. Kommunen må erfaringsmessig også bruke noen månedsværk på å håndtere den ekstraordinære situasjonen. Tunneler som deler en kommune i to vil få flest ekstraavgifter for å betjene begge sider av tunnelen. Anslåtte merkostnader for kommunen er ca. kr **250 000,-** (basert på erfaring av Aurland kommune etter brannen i Gudvangatunnelen aug. 2013).

*Totalt indirekte tap summerer seg til ca. kr 50 mill. kroner.*

**Samlet økonomisk tap etter brann i fjelltunnelen anslås til ca. 100 mill. kroner.**

#### 2. Bratt ett løps undersjøisk tunnel

I tillegg til kostnadselementene for reparasjon av tunnelen etter brann nevnt over, kommer for undersjøiske tunneler også reparasjoner av pumper og pumpeump, samt mulige sprekkdannelser i betongkonstruksjoner.

*Det direkte økonomiske tapet anslås å være ca. 70–80 mill. kroner.*

Det indirekte tapet vil bestå av økte transportutgifter for næringslivet og samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til økt reiselengde og -tid ifm. omkjøring. Omkjøringsveier ved stengt Oslofjordforbindelse vil være E18/E 6 via Oslo eller fergesambandet Horten–Moss.

15 % av kjøretøyene i tunnelen er tunge (mer enn 3,5 tonn) dvs. drøyt 1 000 kjt/døgn. Det antas en gjennomsnittlig forsinkelse på 1 time per tur ved begge omkjøringsveier og timepris på kr 450,- for godstransport (basert på EFFEKT). Økte transportkostnader for næringslivet (særlig i Buskerud) vil være på 0,5 mill. per dag eller 15 mill. kr i løpet av en måned.

<sup>3</sup> Estimert gjennomsnittlig tidskostnad i trafikken basert på EFFEKT og RVU.

<sup>4</sup> Statens satser for kjøregodtgjørelse som antas å dekke faktiske utgifter.

Samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til omkjøring baseres på følgende forutsetninger: 75 % av omkjøringene vil gå via Oslo og få 1/2–1 time lenger reisetid avhengig av rushtrafikk. 25 % vil bruke ferga Horten–Moss og få minst 1 time lenger reisetid. ÅDT i Oslofjordtunnelen er 7 400 kjt/døgn og gjennomsnittlig tidskostnad per time er kr 200.

**Tidskostnader:**

- Om Oslo: 5 000 kjøretøy x 150 kr x 30 dager = **22,5 mill. kr**
- Liten forsinkelse for 25 % av trafikken i Oslo pga. omkjøringen = **5 mill. kr**
- Om H-M: 2 000 kjøretøy x 200 kr x 30 dager = **12 mill. kr**
- Ekstra ventetid for ordinær fergetrafikk: 5 000 kjøretøy daglig med 10 min forsinkelse pga. ekstra trafikk i en mnd = **ca. 5 mill. kr.**  
Til sammen ca. **45 mill. kr.**

**Ekstra kjøretøy- og drivstoffkostnader:**

- Om Oslo: 20 km x 4 kr x 5 000 kjøretøy x 30 døgn = **9 mill. kr**
- Om H-M: 50 km x 4 kr x 2 000 kjøretøy x 30 døgn = **9 mill. kr**
- Til sammen: **18 mill. kr**

*Totalt indirekte tap blir ca. 80 mill. kr.*

**Samlet økonomisk tap etter brann i den undersjøiske tunnelen blir ca. 150 mill. kroner.**

**3. Høytrafikkert toløps tunnel i by**

Etter en stor brann trenger tunnelen rengjøring, reparasjon og fornying av veidekke og utstyr (kabler, vifter m.m.), samt bergsikring og ny sprøytebetong. Kostnader knyttet til tekniske installasjoner vil bli høy siden tunnelen har mye nytt høyteknologisk utstyr. Bred tunnelprofil (T 12) bidrar også til å øke kostnadene.

*Det direkte tapet knyttet til tunnelbrannen anslås til 100–150 mill. kr.*

8 000 tunge kjøretøy går normalt i Operatunnelen hver dag. Antar at 50 % av disse (ca. 4 000 kjt) må finne alternative ruter gjennom Oslo i en måned (antar at en høyere andel tunge enn lette vil kjøre i det andre tunneløpet). Dette vil føre til betydelige merkostnader for næringslivet. Med en anslått forsinkelse på 20 min per tur og en timepris på kr 450 (varierer fra 430 til 514 kr for tunge kjt) kan merkostnadene anslås til 0,6 mill. per dag eller **18 mill. kr** for en måned med ett løp stengt.

Av de totalt 100 000 kjøretøyene per dag i Operatunnelen, vil 30 000 kjøre i det andre tunneløpet når ett løp er stengt, mens 70 000 kjøretøy må bruke ring 1, 2 og 3. Ring 1 og 2 (sentrumsringene) har svært liten kapasitet til økt trafikk. Også på ring 3 blir det betydelig større forsinkelser i rushtrafikken for alle som kjører der.

Total trafikk gjennom Oslo er ca. 180 000 kjt per døgn. 50 % anslås å få en gjennomsnittlig ekstra forsinkelse på 20 min (mer i rushtiden, mindre utenfor). Anslått timepris (forsinkelseskostnad) på kr 200 basert på RVU Oslo/Akershus og tidskostnader i EFFEKT.

$Kr\ 200/3 \times 90\ 000 = 6\ \text{mill. kr per døgn.}$   
 $6\ \text{mill.} \times 30\ \text{døgn} = \mathbf{180\ \text{mill. kr}}$  i en måned

**Ekstra kjøretøy- og drivstoffkostnader:**

Ring 3 er 6 km lenger enn E 18 gjennom Oslo.  
 $6\ \text{km} \times 3\ \text{kr} \times 70\ 000\ \text{kjt} \times 30\ \text{dager} = \mathbf{40\ \text{mill. kr}}$

*Totalt indirekte tap som følge av tunnelbrannen blir ca. kr 240 mill. kr.*

**Samlet økonomisk tap etter brann i den høytrafikkerte toløps tunnelen i by blir ca. 350 mill. kroner.**

## 5.5

### SAMFUNNSSTABILITET

«Samfunnsstabilitet» vurderes ut fra to forhold: Sosiale og psykologiske reaksjoner i befolkningen på den uønskede hendelsen og vesentlige påkjenninger i dagliglivet som følge av hendelsen. En stor tunnelbrann antas å føre til sosiale og psykologiske reaksjoner som frykt, stress og uro hos deler av befolkningen. Norske og svenske undersøkelser<sup>5</sup> viser at 30 % av trafikantene noen ganger føler uro ved å kjøre i tunneler og 3 % er alltid urolige i tunneler. Undersøkelsene tyder på at 4 % av trafikantene avstår fra å kjøre i tunneler. En stor tunnelbrann antas å forsterke denne frykten i en periode.

De største påkjenningene som følge av tunnelbrann er de trafikale problemene knyttet til en måned med stengt tunnel. Omkjøring på andre veier gir som regel lenger reisetid og kan skape køproblemer på veier med dårlig kapasitet.

#### 1. Eldre, lang ett løps fjelltunnel

Følgende egenskaper ved hendelsen gjør at den skaper følelsesmessige reaksjoner:

1. Den rammer sårbare grupper spesielt fordi syke (særlig de med pustvansker), eldre, barn og bevegelseshemmede har størst problemer med å evakuere.
2. Det er manglende mulighet til å unnsnippe hendelsen. Det er vanskelig/umulig å kjøre ut, det er lang vei å gå til utgangen (to timer), mange blir fanget av røyken og får pustevanskeligheter.
3. Lang tid før brannvesenet når fram kombinert med at oppmøtested er i motsatt ende av tunnelen i forhold til de som har størst behov for hjelp, medfører brudd i forventningene om at man vil bli reddet.
4. Brannvesenet har ikke mulighet til å slokke brannen når de ankommer etter 20 minutter (brannen når maks styrke etter 15 minutter). Redningsarbeidet i ekstrem varm og røykfylt tunnel er vanskelig. De fleste trafikantene

befinner seg dessuten på den andre siden av brannen i forhold til brannvesenets innsatspunkt.

*Stor brann i eldre lang ett løps fjelltunnel som f.eks. Gudvangatunnelen, antas å skape frykt og uro hos en stor del av trafikantene knyttet til kjøring i denne eller tilsvarende tunneler.*

Stengt Gudvangatunnel i en måned skaper store forsinkelser spesielt for lokaltrafikken. Omkjøringsveier:

- Lokaltrafikken vil gå over Rv13 Vikafjellet, hvor det blir problemer med fergekapasiteten mellom Hella og Vangsnes. Gir minst 1 time lengre reisetid.
- Det meste av trafikken mellom Oslo–Bergen vil benytte Rv 7 Hardangervidda, som gir omtrent samme reisetid og ikke har store kapasitetsproblemer. Litt omkjøring vil skje på Rv 5/E39, som medfører 2,5 t lenger reisetid.

Normal trafikk i Gudvangatunnelen er 2 000 kjøretøy i døgnet (4 000 om sommeren) og det antas at 1 500 kjøretøy er lokal trafikk som bruker tunnelen jevnlig. Med 1,5 personer per kjøretøy betyr det at i overkant av 2 000 personer får vesentlige ulemper pga omkjøring mens tunnelen er stengt.

Stengt tunnel vil «dele» Aurland kommune i to og føre til noe redusert tjenestetilbud, men det antas ikke å ramme mange personer. Kommunen må sørge for å frakte barn til skole og eldre til helse- og pleietjenester med båt eller sørge for midlertidig tilbud på den siden av tunnelen hvor de bor (ev i nabokommunen).

*Stengt Gudvangatunnel i en måned vil føre til forsinkelser på ca. en time for ca. 2 000 trafikanter daglig (lokaltrafikk). Omfanget av påkjenninger i dagliglivet for befolkningen som følge av brann i tunnelen vurderes som beskjedent.*

#### 2. Bratt ett løps undersjøisk tunnel

Følgende egenskaper ved hendelsen gjør at den skaper følelsesmessige reaksjoner:

1. Den rammer sårbare grupper spesielt fordi syke (særlig de med pustvansker), eldre, barn og bevegelseshemmede har størst problemer med å evakuere.

<sup>5</sup> Lauvland 1990 og SVEBEFO 1997.

2. Det er manglende mulighet til å unnsnippe hendelsen. Det er vanskelig å snu og kjøre ut, det er lang vei å gå til utgangen (1,5 time), mange blir fanget av røyken og får pustevanskeligheter.
3. Brannvesenet har manglende mulighet for evakuere trafikantene som er i den røyklagte delen av tunnelen, da oppmøtested for brannvesenet er i motsatt ende av tunnelen. Brannvesenet på den andre siden har problemer med å gå inn i tunnelen pga røyken som blåses mot dem. Dette fører til brudd i trafikantenes forventninger om å bli reddet.
4. Brannvesenet har ikke mulighet til å slokke brannen når de ankommer da brannen vil ha maks styrke etter 15 minutter med ekstrem varme- og røykutvikling.

*Stor brann i bratt ett løps undersjøisk tunnel som f.eks. Oslofjordtunnelen, antas å skape frykt og uro hos en stor del av trafikantene knyttet til kjøring i denne eller tilsvarende tunneler.*

Stengt Oslofjordtunnel i en måned vil føre til omkjøring for øst-vest trafikken mellom E6 og E18 og forsinkelser blant annet for den høye andelen godstransport. Omkjøringsmulighetene er via Oslo, som gir 30 min lenger reisetid utenom rushtrafikken og adskillig mer i rushtrafikken. Alternativ omkjøringsrute er fergesambandet Moss–Horten, som gir minst en time lenger reisetid. Det antas at ¾ av omkjøringstrafikken vil gå via Oslo.

Det antas at 4 000 av en ÅDT på 7 400 er pendlere/tjenestereiser som bruker tunnelen daglig/ofte og som får en vesentlig ulempe ved stengt tunnel. Ytterligere 1 000 kjøretøy er godstransport som får vesentlige ulemper. Stengt tunnel fører ikke til store konsekvenser for kommunene på noen av sidene, da de har få felles funksjoner.

*Stengt Oslofjordtunnel i en måned vil føre til forsinkelser på ½–1 time for ca. 5 000 trafikanter daglig (langtransport). Omfanget av påkjenninger i dagliglivet for befolkningen som følge av brann i tunnelen vurderes som moderat.*



Utbrent vogntog i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011.  
(Foto: Politiet).

### 3. Høytrafikkert toløps tunnel i by

De sosiale og psykologiske reaksjonene på brann i Operatunnelen antas å være svakere enn for de to andre tunnelene. Brannen vil være uventet og sjokkerende i en ny og moderne to løps tunnel og utgjøre et klart forventningsbrudd. I Operatunnelen er det imidlertid gode rømmingsmuligheter pga nødutganger til det andre tunnellopet for hver 500. meter og kort utrykningsvei for brannvesenet. Konsekvensene for trafikantenes liv og helse blir mindre, og brannen antas å ikke oppleves så skremmende.

*Stor brann i høytrafikkert to løps tunnel i by som f.eks. Operatunnelen, antas i liten grad å skape frykt og uro hos trafikantene knyttet til kjøring i denne eller tilsvarende tunneler.*

Ett løp stengt Operatunnelen i en måned på grunn av reparasjonsarbeider vil føre til daglige forsinkelser for mange trafikanter i Oslo. Antall kjøretøy per døgn i begge løp av tunnelen er 100 000. Ved stenging av ett løp vil det bli lagt om til toveistraffikk i det andre løpet. Dette løpet antas å ha en kapasitet på ca. 30 000 kjt/døgn.

De resterende 70 000 kjt/døgn må i praksis kjøre på Ring 3. Denne har liten ledig kapasitet i rushtrafikken og det vil bli store forsinkelser for person-, gods- og kollektivtrafikken. Omkjøringsruter:

Ring 1: Tett bybebyggelse. To ettløpstunneler med ÅDT 20–25 000.

Ring 2: Tett bybebyggelse. ÅDT 30–40 000 kjt/døgn.

## VURDERING AV KONSEKVENSENE AV HENDELSEN

Ring 3: Granfosstunnelen største flaskehals. ÅDT fra 35 000 (vest) til 70 000 (øst). Tre sykehus og betydelig næringsvirksomhet langs ruta.

Det anslås at 50 % av trafikken gjennom Oslo eller 90 000 kjt/døgn får en gjennomsnittlig ekstra forsinkelse på 20 minutter utenom rushet. I rush-tidene vil forsinkelsene bli betydelig større enn vanlig. Med varighet i en måned regnes forsinkelsene som en vesentlig ulempe for trafikantene i Oslo. Forsinkelsene vil også ramme svært mange busspassasjerer. Totalt antall berørte trafikanter anslås til 200 000, hvorav ca. 100 000 kjører bil og ca. 100 000 tar buss (litt under halvparten av daglig passasjertall for bybussene i Oslo).

*Ett stengt løp i Operatunnelen i en måned vil føre til forsinkelser på i gjennomsnitt 20 minutter per døgn for ca. 200 000 trafikanter i Oslo. Omfanget av påkjenninger i dagliglivet for befolkningen som følge av brann i tunnelen vurderes som stor.*



Daglig er det ca. 100 000 kjøretøy som bruker Operatunnelen i Oslo. (Foto: Statens vegvesen).

KAPITTEL

---

# 06

---

Vurdering av  
usikkerhet

---



Usikkerheten er beskrevet gjennom vurdering av kunnskapsgrunnlaget for analysen og resultatenes sensitivitet for endringer i forutsetningene.

### 6.1 VURDERING AV KUNNSKAPSGRUNNLAGET

Anslagene for sannsynlighet og konsekvenser som er gjort i risikoanalysen, er basert på et omfattende kunnskapsgrunnlag om brann i tunneler generelt og noe erfaring fra de spesifikke tunnelene som er analysert. Denne kunnskapen er imidlertid ikke fullstendig og kan heller ikke bli det, siden risiko handler om fremtiden. Mangel på kunnskap skaper usikkerhet i anslagene. Denne usikkerheten kan vurderes gjennom å si noe om kvaliteten på kunnskapsgrunnlaget. Her er kunnskapsgrunnlaget vurdert ut fra tre indikatorer:

1. Tilgang på relevante data og erfaringer: Hvor godt er datagrunnlaget?
2. Forståelse av hendelsen: Hvor kjent er hendelsen som analyseres?
3. Enighet blant ekspertene: Hvor enige er analysedeltakerne?

Kunnskapsgrunnlaget knyttet til pkt 1 over vurderes som godt og usikkerheten som moderat. Tunnelbranner er årlige fenomener i Norge, men så store branner som i dette scenarioet har vi ikke hatt i Norge (bortsett fra under forsøk).

Forståelsen av hendelsen brann i tunnel er god da det er et kjent og utforsket fenomen. Det er liten usikkerhet om hendelsesforløpet.

Det var stor grad av enighet blant deltakerne på analyseseminaret om konsekvensene av hendelsen, mens det var noe uenighet om sannsynligheten for hendelsen i de ulike tunnelsystemene.

Samlet sett vurderes usikkerheten knyttet til kunnskapsgrunnlaget som liten. Usikkerheten vurderes da i forhold til de andre scenarioanalysene i Nasjonalt risikobilde og ikke i forhold til andre hendelser i vegsektoren.

### 6.2 VURDERING AV SENSITIVITET

Sensitivitet er også en form for usikkerhet, da sensitive resultater innebærer at små endringer i forutsetningene gir store utslag for anslagene som gjøres.

Forskjellene både i sannsynlighet og konsekvenser mellom de tre tunnelsystemene, viser at anslagene er følsomme for parametrene som skiller de tre tunnelene (ref. tabell 1–3). Det er særlig antall løp/nødutganger, stigningsforhold, lengde og standard på den tekniske utrustningen, som gir utslag. Trafikkmengden spiller tilsynelatende mindre rolle, men effekten av denne kompenseres som regel med at høytrafikkerte tunneler har nødutganger og er bedre teknisk utstyrte (f.eks. Operatunnelen).

Konsekvensene for samfunnet rundt tunnelen varierer avhengig av tunnelens beliggenhet, trafikkmengde og omkjøringsmuligheter ved stenging. Anslagene for økonomiske konsekvenser og påkjenninger i dagliglivet (forsinkelser i trafikken), er derfor sensitive for endringer i disse faktorene. Hadde f.eks. Operatunnelen hatt bedre omkjøringsvei enn Ring 3, ville stenging av tunnelen fått langt mindre konsekvenser. Det normale er imidlertid at omkjøringsveiene ikke har kapasitet til den økte trafikken og vil innebære forsinkelser. muligheter Også årstid for og varighet av stengt tunnel, har stor betydning for omfanget av trafikale forsinkelser. For Gudvangatunnelen ville de trafikale konsekvensene blitt vesentlig større ved stengt tunnel om vinteren pga enda dårligere omkjøringsmuligheter.

Brannstørrelsen målt i MW (brannenergi) er ikke avgjørende for skadeomfanget, da også mindre branner kan produsere svært giftige branngasser (avhengig av hva som brenner). Sannsynlighetsanslaget er imidlertid svært avhengig av brannstyrken: Jo mindre brann, jo høyere sannsynlighet (ref. figur 1).

Samlet sett vurderes sensitiviteten knyttet til anslagene som moderat til liten, sammenliknet med sensitivitetsvurderingene av de andre scenarioene i Nasjonalt risikobilde.



KAPITTEL

---

# 07

---

Konklusjoner

---



## 7.1 KONSEKVENSER

«Brann i tunnel» vurderes å påvirke tre av fem samfunnsverdier definert i NRB; Liv og helse, Økonomi og Samfunnsstabilitet. Vanligvis er det bare liv og helse som vurderes i Statens vegvesens risikoanalyser av tunneler. Samfunnsverdiene er brutt ned til konsekvenstyper som vist i figur 2. Hver konsekvenstype gis en skåre basert på antatt omfang av de ulike konsekvensene.

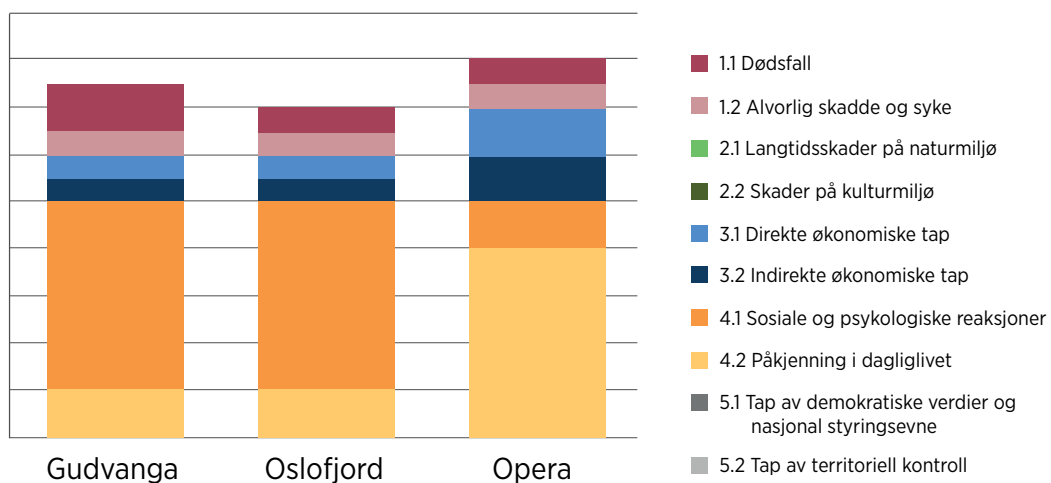
Konsekvenser for verdien «Samfunnsstabilitet» gir det største bidraget til den samlede konsekvensen av scenarioet «Brann i tunnel». «Samfunnsstabilitet» består av komponentene «sosiale og psykologiske reaksjoner» og «påkjenninger i dagliglivet». For eldre, lang ett løps fjelltunnel (Gudvangatunnelen) og eldre, bratt ett løps undersjøisk tunnel (Oslofjordtunnelen) er det de psykologiske reaksjonene som gir det største bidraget til samlet konsekvens ref. figur 2.

Brann i tunnel oppfattes som et «skrekksenario» i en lang tunnel uten andre rømmingsmuligheter enn tunnelutgangene. Man kan ikke beskytte seg mot

hendelsen, den rammer tilfeldig og kan skje når som helst. Man kan ikke regne med å bli reddet, men må redde seg selv (selvrednings-prinsippet). I de fleste tunneler (som Gudvanga- og Oslofjordtunnelen) er det så lang innsatstid for brannvesenet at brannen vil ha full styrke før de når fram etter minst 15 minutter. Ekstrem røykutvikling og varme gir dessuten svært krevende redningsforhold. Operatunnelen med nødutganger hver 250. meter oppleves som langt mindre skremmende.

Antall drepte, skadde og syke i det analyserte brannscenarioet er mange i forhold til andre trafikkulykker, men ikke i forhold til andre verstefallsscenarioer i NRB. Flest liv antas å gå tapt ved brann i lang fjelltunnel med 15 personer, mot hhv 10 og 2 drepte i undersjøisk tunnel og toløps bytunnel. Også antall fysisk og psykisk skadde antas å bli størst i den lange fjelltunnelen (25 personer) og færrest i bytunnelen (10 personer). Dette gjenspeiler forskjellen i redningsmuligheter i de ulike tunnelsystemene. De fysiske skadene vil være innånding av giftige røygasser som krever sykehusbehandling. Langvarig kamp for å redde seg selv og sine nærmeste fra en tunnelbrann antas også å føre til at noen får varige psykiske lidelser i etterkant, som posttraumatisk stress.

Vurdering av konsekvenstyper per tunnelsystem



FIGUR 1. Søylediagram som viser hvordan de ulike konsekvenstypene bidrar til samlet konsekvens for de ulike tunnelsystemene. Konsekvenstypene 2.1, 2.2, 5.1 og 5.2 gir ingen utslag og vises ikke i figuren.

Stenging av tunnelen en måned for reparasjon etter en brann, får størst konsekvenser for høytrafikkerte tunneler i byer, som f.eks. Operatunnelen. Selv om bare det ene løpet stenges, må ca. 70 000 kjøretøy daglig kjøre alternative veier som Ring 1, 2 og 3. Disse veiene har ingen ledig kapasitet i rushtrafikken, slik at det vil oppstå forsinkelser på anslagsvis 20 minutter per tur i gjennomsnitt for ca. 200 000 trafikanter (inkl. busspassasjerer). De trafikale konsekvensene vurderes å medføre store påkjenninger i dagliglivet for trafikanter i Oslo i perioden hvor det ene tunneløpet er stengt.

De økonomiske konsekvensene av brann i tunnel vil være større jo høyere standard, mer teknisk utstyr og større trafikk, tunnelen har. De direkte tapene er knyttet til reparasjon av tunnelen, mens de indirekte tapene er tap av inntekt og økte kostnader for næringslivet, samt tidskostnader, drivstoff- og kjøretøykostnader på grunn av lenger reisevei ved stengt tunnel. De økonomiske konsekvensene av

brann i Operatunnelen anslås til ca. 350 mill. kroner, 150 mill. kr for Oslofjordtunnelen og ca. 100 mill. kr for Gudvangatunnelen.

## 7.2 SAMMENLIKNING AV SANNSYNLIGHET OG KONSEKVENSER

Grovt sett er både sannsynligheten og konsekvensene tre ganger verre i den «verste» i forhold til den «beste tunnelen» i denne analysen (bortsett fra for Samfunnsstabilitet). Det er imidlertid ulike tunneler som kommer best og dårligst ut på de ulike temaene som er vurdert jf. tabellen under.

Tema \ Relativ vurdering	BEST	MIDDELS	DÅRLIGST
<b>Sannsynlighet</b>	Høytrafikkert toløps tunnel (450 år)	Lang fjelltunnel (350 år)	Bratt undersjøisk tunnel (200 år)
<b>Liv og helse</b>	Høytrafikkert toløps tunnel (12 personer)	Bratt undersjøisk tunnel (25 personer)	Lang fjelltunnel (40 personer)
<b>Økonomi</b>	Lang fjelltunnel (100 mill. kr)	Bratt undersjøisk tunnel (150 mill. kr)	Høytrafikkert toløps tunnel (350 mill. kr)
<b>Samfunnsstabilitet</b>	Lang fjelltunnel (sterke reaksjoner, forsinkelser for 2 000 trafikanter)	Bratt undersjøisk tunnel (sterke reaksjoner, forsinkelser for 5 000 trafikanter)	Høytrafikkert toløps tunnel (små reaksjoner, forsinkelser for 200 000 trafikanter)

**TABELL 5.** Sammenlikning av anslag for de tre ulike tunnelsystemene.

Den høytrafikkerte toløps tunnelen har lavest sannsynlighet for en stor brann, lavest forventet antall drepte, skadde og syke, og en brann her gir de minste psykologiske reaksjonene. Denne tunnelen har imidlertid de høyeste reparasjonskostnadene og stenging fører til forsinkelser for langt flere enn de to andre tunnelene gjør.

Den bratte undersjøiske tunnelen har høyest sannsynlighet for en stor brann, mens konsekvensomfanget er «midt mellom» de to andre tunnelsystemene.

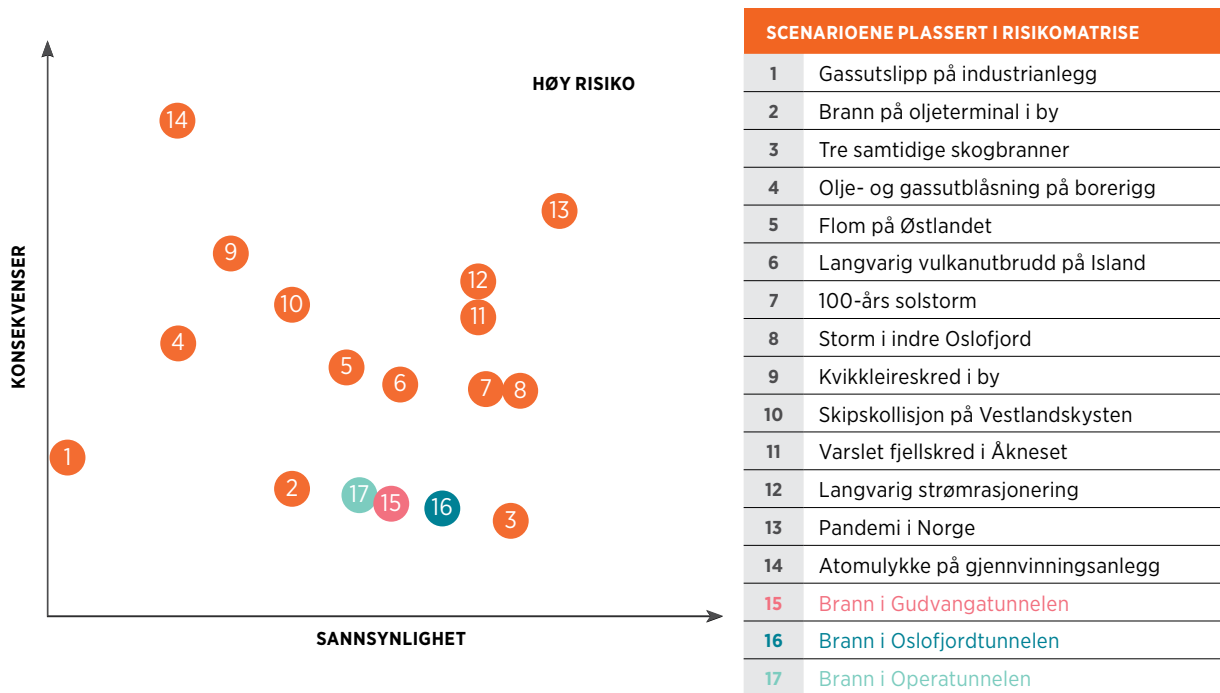
## KONKLUSJONER

Brann i den lange fjelltunnelen antas å få flest drepte, skadde og syke av de tre tunnelsystemene, men minst konsekvenser for økonomi og samfunnsstabilitet. Sannsynligheten for en stor brann ligger mellom de to andre.

Selv om sannsynlighet og konsekvenser – og ulike konsekvenstyper – ikke uten videre kan slås sammen til en samlet sum for risiko, er det i henhold til beregningsmetoden i Nasjonalt risikobilde bratt undersjøisk tunnel (Oslofjordtunnelen) som samlet sett har høyest risiko. Det er særlig sannsynligheten

som bidrar til dette, da samlet konsekvens for de tre scenarioene er ganske lik.

Selv om brann i tunnel er en hendelse med lav sannsynlighet og store konsekvenser i forhold til andre trafikkulykker, er bildet motsatt i forhold til de andre «verste fallsscenarioene» som er analysert i Nasjonalt risikobilde (NRB). I dette bildet kommer «Brann i tunnel» ut med relativt høy sannsynlighet og små konsekvenser.



**FIGUR 2.** Risikomatrix som viser plasseringen av de tre brannscenarioene i forhold til tidligere analyserte verste fallsscenarioer i NRB. I matrisen i Nasjonalt Risikobilde er det bare «Brann i Oslofjordtunnelen» som presenteres, da denne vurderes å ha høyest samlet risiko.

Risikomatrixen i NRB inneholder til dels ekstreme scenarioer og spennet på både sannsynlighets- og konsekvensaksen er stor. I forhold til andre scenarioer havner de tre tunnelscenarioene derfor ganske likt i matrisen, selv om sannsynligheten for brann i Oslofjordtunnelen regnes som omtrent dobbelt så høy som brann i Operatunnelen eller Gudvangatunnelen.

Sannsynligheten for «Brann i tunnel» er i risikomatrixen over angitt for en spesifikk tunnel, f.eks. Oslofjordtunnelen. Sannsynligheten for brann i en hvilken som helst undersjøisk tunnel, er langt høyere. Denne sannsynligheten er riktig å bruke hvis spørsmålet er *når* man kan forvente neste store brann i en undersjøisk tunnel og ikke *hvor* den vil inntreffe.

Mens det er forventet en brann på 170 MW i løpet av 200 år i Oslofjordtunnelen, er det forventet en tilsvarende brann i løpet av 8 år i en av de 30 undersjøiske tunnelene. Mens det er forventet en brann på 170 MW i løpet av 450 år i Operatunnelen og 350 år i Gudvangatunnelen, er det forventet en tilsvarende brann i løpet av 10 år i en av de 37 tunnelene av disse typene (ref. vedlegg 1).

Selv om det er forskjeller i sannsynlighet for stor brann mellom de analyserte tunnelene, er den største forskjellen likevel mellom disse 67 tunnelene og de øvrige ca. 900 tunnelene i Norge. De analyserte tunnelene utgjør bare ca. 7 % av alle tunneler, men står for ca. 60 % av alle brannene.

## 7.3 SÅRBARHET

Konsekvensene av en hendelse skyldes egenskaper både ved hendelsen og systemet den inntreffer i. Scenarioanalysene av brann i tunnel viser at samme hendelse får både ulik sannsynlighet og ulike konsekvenser i de ulike tunnelsystemene. Egenskaper ved tunnelene – hvordan de er utformet og utstyrt – har derfor stor betydning både for om hendelsen inntreffer og hva utfallet av den blir, ikke minst for antall drepte og skadde. Antall løp (nødutganger), lengde, stigningsforhold og lysforhold har stor betydning for mulighetene til å redde seg selv.

En toløps tunnel med høy sikkerhetsstandard har lavest sannsynlighet for brann og antas å få færrest drepte og skadde til tross for svært stor trafikk. Lange ettløps tunneler har både høyere sannsynlighet for brann og brannen vil føre til flere drepte og skadde.

I tillegg til at toløps tunneler har sikrere utforming med nødutganger, bredere profil etc., har brannvesenet ofte kortere utrykningstid til disse da de som regel ligger i sentrale, tettbygde strøk. Dette forsterker robustheten, da brannen kan kontrolleres før den får maksimal styrke og brannvesenet og

andre redningsetater kan bistå trafikantene med å evakuere.

De lange ettløps fjelltunnelene og undersjøiske tunnelene, som i utgangspunktet er mer sårbare på grunn av manglende rømmingsmuligheter, ligger ofte i mindre sentrale områder med lang innsatstid for brannvesenet. Brannene når ofte maksimal styrke og trafikantene er i stor grad overlatt til å redde seg selv.

Også brannventilasjonen bidrar til å forsterke den forskjellen i sårbarhet som allerede eksisterer.

I robuste toløps tunneler ventileres røyken ut i kjøretningen og ingen blir fanget i røyken bak brannen. I de lange ettløps tunnelene bestemmes som hovedregel ventilasjonsretningen av i hvilken ende av tunnelen brannvesenets innsats er planlagt å skje. Brannmannskapene gis frisk luft i ryggen for å kunne ta seg fram til brannen, uavhengig av hvor i tunnelen brannen eller trafikantene er. Dermed risikerer man å sende røyken i den retningen de fleste trafikantene befinner seg og redusere mulighetene for at de kan redde seg selv.

Hvis man vet hvor i tunnelen brannen er (detektert gjennom kameraovervåking eller bruk av nødtelefon), kan man styre røyken den korteste veien ut av tunnelen for å gi flest mulig trafikanter røykfri luft. Det er imidlertid bare unntaksvis at Vegtrafikksentralene eller brannvesenet, som styrer ventilasjonsretningen, har slik presis informasjon. Dermed blir hovedregelen i beredskapsplanene at ventilasjonsretningen bestemmes av brannvesenets innsatststed.

Mulighetene til å håndtere hendelsen (slokke brannen, redde trafikantene og styre røykretningen) er altså langt bedre i de tunnelene som i utgangspunktet er sikrest (toløps tunneler i sentrale strøk). Dette bidrar til å øke forskjellen i sårbarhet som i utgangspunktet eksisterer mellom sentralt beliggende toløps tunneler og lange ettløps tunneler utenfor sentrale strøk. Beredskapen burde i stedet bidra til å kompensere for denne forskjellen. Dette er noe nødetatene og Statens vegvesen bør ta hensyn til ved utarbeidelse av beredskapsplaner og tilhørende innsatsplaner for den enkelte tunnel.



---

# Vedlegg

---

## VEDLEGG 1: DELTAKERLISTE ARBEIDSSEMINAR

Nasjonalt risikobilde (NRB): Brann i tunnel, 15. januar 2014, Vegdirektoratet, Oslo.

	ARBEIDSSTED	NAVN	FAG/OPPGAVE
1.	Vegdirektoratet	Finn Harald Amundsen	Tunnel, trafikkikkerhet
2.	Vegdirektoratet	Trine Staff	Trafikkikkerhet, redning
3.	Vegdirektoratet	Jan Eirik Henning	Tunnel
4.	Vegdirektoratet	Camilla Røhme	Beredskap
5.	Vegdirektoratet	Arne Larsen Island	Trafikantatferd og tunge kjøretøy
6.	Vegdirektoratet	Vibeke Grimstad	Trafikantatferd, UU
7.	SVV Region øst	Torbjørn Tollefsen	Brannvernleder
8.	SVV Region øst	Kai Gundersen	Vegtrafikksentralen
9.	SVV Region vest	Tom B Hansen	Vegtrafikksentralen
10.	SVV Region vest	Svein Ringen	Trafikkikkerhet
11.	SVV Region vest	Marit Moss-Iversen	Trafikkikkerhet
12.	Oslo kommune, beredskapsetaten	Kåre Ellingsen	Samfunnssikkerhet og beredskap
13.	Oslo kommune, beredskapsetaten	Monica. Steen	Samfunnssikkerhet og beredskap
14.	Oslo kommune Bymiljø/samferdsel	Joakim Hjertum	Trafikk
15.	Fylkesmannen i Sogn og fjordane	Eline Orheim	Samfunnssikkerhet
16.	NHO Transport	Arne Johan Gjerstad	Kollektiv og godstransport
17.	Universitetet i Bergen	Dagfinn Winje	Traumepsykologi
18.	Oslo politi	Arve Røtterud	Trafikk, redning
19.	110-sentralen	Stig Henning Duaas	Brann og redning
20.	AMK Oslo/Akershus	Pål Lystad	Redning, helse
21.	DSB	Terje Olav Austrheim	Brann



	ARBEIDSSTED	NAVN	FAG/OPPGAVE
22.	DSB	Erik Thomassen	Samfunnssikkerhet, trafikk
23.	DSB Analyse	Ann Karin Midtgaard	Gruppe: Samfunnsstabilitet
24.	SVV Region sør	Arild Nærum	Gruppe: Samfunnsstabilitet
25.	DSB, Analyse	Freddy J. Hansen	Gruppe: Økonomi
26.	DSB Analyse	Thea Kruse Meyer	Gruppe: Økonomi
27.	DSB KOM	Geir Tunby	Gruppe: Liv og helse
28.	DSB Analyse	Janniche Cramer	Gruppe: Liv og helse





**Direktoratet for  
samfunnsikkerhet  
og beredskap**

Rambergveien 9  
3115 Tønsberg

Telefon 33 41 25 00  
Faks 33 31 06 60

postmottak@dsb.no  
www.dsb.no

**ISBN 978-82-7768-356-0**  
**HR 2300**  
**Januar 2015**

 /DSBNorge

 @dsb\_no

 dsb\_norge

 dsbnorge