

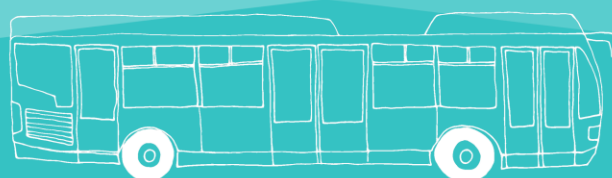
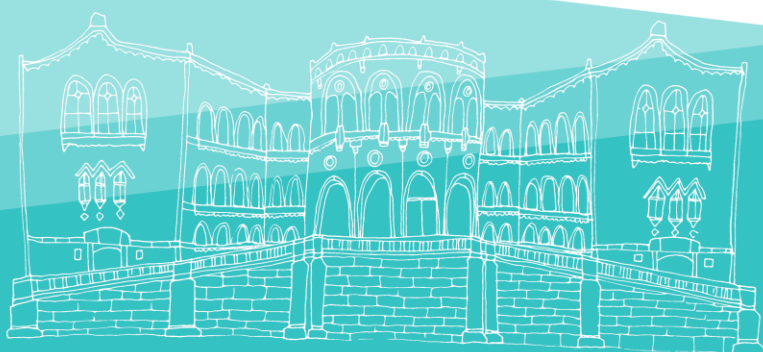
- IRIS Energi
- IRIS Samfunnsforskning
- IRIS Biomiljø
- ULLRIGG Bore- og brønnsenter



Mulighetsstudie - Roadrunner

Ove Njå

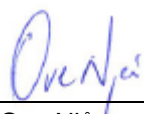
Rapport - 2017/086



IRIS Samfunnsforskning

Prosjektnummer: 7351038
Prosjektets tittel: Mulighetsstudie Roadrunner
Oppdragsgiver(e): Statens Vegvesen
ISBN: 978-82-490-0887-2
Gradering: Åpen
Kvalitetssikrer: Geir Sverre Braut, SuS

Stavanger, 14.06.2017



Ove Njå
Prosjektleder



Einar Leknes
Direktør
IRIS Samfunnsforskning

Forord

Tunnelsikkerhet har vært viktig i Rogaland siden Arne Rettedal gjennom sitt virke i Rogaland fylkeskommune fikk bygget Rennfast-tunnelene. Det var nybrottsarbeid, hvor tunnelbrann ikke ble ansett som styrende for beredskapen. Ulykker inntraff, men det ble ikke de samme hendelsene som man erfarte i Sør-Europa. En brann i Mastrafjordtunnelen i 2006 kunne fått fatale følger, men heldigvis klarte Kystbussen å snu i en havarinisje like før alle ble innhyllet i røyk. Den første store tankevekkeren skjedde St. Hans da det brant i et vogntog i Oslofjordtunnelen i 2011, hvor over 30 trafikanter var i stor fare. Etter det har vi hatt flere tilsvarende hendelser. I Rogaland bygges det mange tunneler og hele regionen har innsett at det må satses på bedre sikkerhet.

Flere virksomheter bruker betydelige ressurser og timer for å utvikle innovasjoner som kan komme tunnelsikkerheten til gode. Norwegian Tunnel Safety Cluster samler mange ulike virksomheter som trekker veksler på hverandre. Roadrunner er et mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem tiltenkt tidligfasevarsling, forebyggende oppgaver og generell trafikkstyring.

Prosjektet er finansiert gjennom Norges forskningsråds virkemidler for regional innovasjon administrert av Rogaland fylkeskommune. Vi takker for et spennende samarbeid med Roxels Geir Inge Lerang, som har utviklet ideen bak Roadrunner. Lerang har skrevet det meste av Roadrunner-systemet i kapittel 2. Vi håper at vi har gitt en nøktern analyse av tiltaket.

Vi har benyttet reelle hendelser, undersøkt av Statens havarikommisjon for transport. De som har lest rapportene til SHT bør hoppe over teksten med liten skrift, som er sitater fra deres rapporter.

Stavanger, 14. juni 2017

Ove Njå
prosjektleder

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
INNHOLDSFORTEGNELSE	3
FIGURFORTEGNELSE	5
SYMBOLLISTE	6
SAMMENDRAG	8
1. INNLEDNING	9
2. ROADRUNNER - FUNKSJONER OG OVERORDNET IDÉ FOR SYSTEMET	12
2.1 Grunnleggende design	12
2.2 Bruksområder	15
2.2.1 Støtte under evakuering	15
2.2.2 Støtte for nødetatene	15
2.2.3 Hendelsesrespons	15
2.2.4 Ubemannet eskorte	16
2.2.5 Tunnelinspeksjon	16
2.2.6 Transport av utstyr	16
3. HVORDAN IVARETA SIKKERHETSSTYRING I DAGENS REGULERINGSREGIME?	17
3.1 Prinsipper av betydning for sikkerhetsforvaltningen i norske tunneler	17
3.1.1 Selvregulering og internkontroll	17
3.1.2 Selvredningsprinsippet	18
3.1.3 Samvirkeprinsippet	19
3.1.4 Prinsippet om universell utforming	19
3.2 Dilemmaer som prinsippene skaper	20
4. METODE	24
5. RESULTATER	26
5.1 Håndbok N500 og gjeldende beredskapstenkning	26
5.2 Brannutvikling, historiske data og kontrafaktiske hendelser	27
5.2.1 Brannen i Oslofjordtunnelen (SHT, 2013)	27
5.2.2 Første brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 (SHT, 2015)	37
5.2.3 Andre brannen i Gudvangatunnelen (SHT, 2016b)	54
5.2.4 Brannen i Skatestraumtunnelen (SHT, 2016a)	62

5.3	«Situation awareness» og menneskelige reaksjoner i brann- og røyksituasjoner	74
5.4	Diskusjon om usikkerhetene reist i analysen	75
5.4.1	Hurtiggående droner på skinner i tunnel	76
5.4.2	Roadrunner garanterer selvredning?	76
5.4.3	Kunnskap om og bruk av risikoindikatorer ved hjelp av Roadrunner	77
5.4.4	Forslag til pilot-testing og videre utvikling av Roadrunner	77
6.	KONKLUSJONER	79
7.	REFERANSER	80

Figurfortegnelse

Fant ingen figurlisteoppføringer.

Figur 2.1: Skisse over det overordnede Roadrunner-systemet, Roxel	12
Figur 2.2: Vesentlige komponenter i Roadrunner-systemet i tunnel, Roxel.....	13
Figur 2.3: Skisse over trafikksimulering i Roadrunner-systemet, Roxel	13
Figur 2.4: Skisse over alternative plasseringer av skinne og droner i Roadrunner-systemet, Roxel	14
Figur 5.1: Skjematisk tegning av Oslofjordtunnelen med avstander, fall m.m. Avstandene på skissen tar utgangspunkt i data fra beredskapsplanen for Oslofjordtunnelen. Illustrasjon: SHT.....	28
Figur 5.2: Førerens slokkingsforsøk. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen.....	30
Figur 5.3: Røyk i tunnelen. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen.....	31
Figur 5.4: Vogntoget i en tidlig fase av brannen. Foto: Monika Blikås (SHT, 2015)	40
Figur 5.5: Tidslinje av hendelsesforløpet (SHT, 2015 – vedlegg B).....	43
Figur 5.6: Bilde fra Einar Morland sin presentasjon på konferanse på Sola (Morland, 2016)	45
Figur 5.7: Vogntog snudde 3,5 km inn i tunnelen mot Gudvangen, kl. 1338. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen	58
Figur 5.8: Sikten ble svært dårlig på samme sted kl. 1339. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen.....	58
Figur 5.9: Kart med Skatestraumtunnelen innfelt (SHT, 2016a)	62
Figur 5.10: Hendelsessted og vogntogets kjøretretning. Kart: Vegkart, Statens vegvesen.....	65
Figur 5.11: Lastens plassering på vogntoget som var involvert i hendelsen i Skatestraum-tunnelen 15. juli 2015. Illustrasjon: SHT	65
Figur 5.12: Tanktilhenger av tilsvarende fabrikat og type som den som brant i Skatestraum-tunnelen. Foto: SHT	66
Figur 5.13: Rustskader i tilhengerdrag påvist i kontroll hos Statens vegvesen i mai 2011. Foto: Statens vegvesen	68
Figur 5.14: Kjøretøyenes posisjon i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren. Illustrasjon: SHT.....	71

Symbolliste

AID	<i>Automatic incident detection</i> . Automatisk hendelsesdetektering i tunnel (SVV, 2013).
ATK	<i>Automatisk trafikkontroll</i> . «Automatisk kontroll/overvåkning av trafikk (for eksempel hastighet) i et punkt eller på en strekning» (SVV, 2014).
ITS	<i>Intelligente transportsystemer</i> eller <i>Intelligent trafikkstyring</i> er koplet til ulike typer teknologier for å forbedre transportsystemene. Det finnes en egen forening i Norge støttet av Samferdselsdepartementet med formålet «Smartere, sikrere og renere transport ved hjelp av teknologi».
N500	Vegnormal N500 Vegtunneler, «gjelder alle typer vegtunneler på offentlig veg. Normalen gjelder for nye tunneler, den skal også legges til grunn ved oppgradering av sikkerhetsutrustning og vann- og frostsikring i eksisterende tunneler» (SVV, 2016).
NTP	<i>Nasjonal transportplan</i> viser regjeringens transportpolitikk. Viktige mål er effektiv bruk av virkemidler og styrket samspill mellom transportformene https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/nasjonal-transportplan/id2475111/
Roadrunner	Mobilt informasjons- og kommunikasjonsverktøy i tunneler. Selv om Roadrunner er et beskyttet merkenavn, vil bruken av begrepet i denne rapporten være generalisert uten å dykke ned i detaljene av løsningene benyttet, så som type kamera, sensorer, drivverk, med videre.
VTS	Det er fem <i>vegtrafikksentraler</i> (VTS) i Norge. Vegtrafikksentralene er i dag et av Vegvesenets viktigste kontaktpunkter mot trafikantene og spiller en svært sentral rolle for utviklingen av sikker og god transport på norske veier. Vegtrafikksentralene med sin omfattende bruk av ITS-verktøy (Intelligent trafikkstyring) kan sies å være Vegvesenets «hightech» spydspiss. Oppgavene til Vegtrafikksentralene har utviklet seg i løpet av disse 20 årene, men hovedfunksjonene er de samme: <ul style="list-style-type: none">• Overvåke vegnettet og trafikkavviklingen med særlig fokus på tunneler• Generere og formidle informasjon for å veilede trafikantene• Fjernstyre trafikktekniske installasjoner (stenge/åpne/omkjøring/teksttavler etc)• Varsle og formidle beslutningsstøtte for drift og vedlikehold• Være bindelegg og koordinere vår innsats ved hendelser på vegnettet• Motta henvendelser fra publikum http://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/vts-20-%C3%A5r-som-vegvesenets-%C3%B8ye

ÅDT *Årsdøgntrafikk*. Summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en vegstrekning (for begge retninger sammenlagt) gjennom året, dividert på årets dager. ÅDT er et gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde. «Den totale trafikken i et snitt eller på en trafikklenke i løpet av et kalenderår dividert med antall dager i året» (SVV, 2014).

Sammendrag

Det er stor interesse for å øke sikkerheten for trafikanter i tunneler, spesielt i lange ettløpstunneler der det er spesielt utfordrende med større branner i tunge kjøretøyer (flere inntrufne hendelser de siste årene). Alle brannhendelsene i norske og utenlandske vegtunneler med folk eksponert for røyk, har vist at fareidentifikasjonen og faregjenkjenning svikter hos tunnelbrukerne.

I denne studien har vi presentert et mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem (Roadrunner) anvendt i norske vegtunneler. Metodisk har vi analysert tiltaket med kontrafaktiske hendelser koplet til narrativene til Statens havarikommisjons sine fire store undersøkelser av tunnelbranner siden 2011.

I alle brannene ville Roadrunner kunne redusert skadeomfanget vesentlig, spesielt brannene i Gudvanga-tunnelen og Oslofjordtunnelen. Brannen i Skatestraum-tunnelen kunne vært forhindret, men her er det knyttet stor usikkerhet til effekten av Roadrunner.

Naturlig nok er det forsket lite på menneskelige reaksjoner i tunnelbranner, hvordan kunnskapen kan økes og hvilke beredskapstiltak som vil virke effektivt i reelle hendelser. Ved å studere Roadrunner som et kontrafaktisk fenomen har vi avdekket flere usikkerheter, for eksempel;

- Trafikantenes forståelse av og tillit til Roadrunner i ulykkesfasen.
- Roadrunners pålitelighet, tilgjengelighet og kapasitet til å monitorere og avdekke farlige forhold.
- Samvirket mellom aktørene i vegtrafikken (tunnelsystemet) og i hvilken grad Roadrunner forsterker det.
- Nødetatenes evne til å tilpasse seg et mer funksjonsbasert regime hvor situasjonsforståelse skal styre respons.

Forskere på kriser og krisehåndtering viser til mangel på tidlig situasjonsforståelse (situation awareness) som forklaring på at skadeomfanget eskalerer, enten det er jordskjelv i Italia, flommer i Øst-Europa, eller tunnelbranner i Norge. Å forbedre trafikantenes forutsetninger for selvredning er det derfor liten uenighet om. Roadrunner kan være en funksjonell løsning. Roadrunner sine funksjoner bør derfor testes ut på flest mulig sanser for å skape et bedre bilde av menneskelig respons. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljø. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikantene) er kjernen av forskningsaktiviteten her.

Vi har foreslått testing av Roadrunner i tre faser; Mulighetsfasen, Storskala funksjonstesting; og fullskalatest i tunnel. Forskningsresultater viser at trafikantoppmerksomhet oppnås ved å bruke redundante systemer som rettes mot ulike sanser (visuelle, audiovisuelle, bevegelse/vibrasjon, lukt). Informasjonen må være kort, enkel og entydig.

1. Innledning

I november 2015 var det i Norge 153 tunneler lengre enn 2 km. I listen fra Statens vegvesen (Søvik, 2015) spenner ÅDT fra noen få hundre til 8.500, hvilket betyr at de mest trafikkerte tunnelene på Østlandet ikke er med i oversikten eller målt. I den grad tyngre kjøretøy er registrert varierer andelen fra 6% til 26%, og i listen er det ti tunneler med to løp. For øvrig mangler data på tverrsnitt, vertikal og horisontal linjeføring, sikkerhetsutrustning med mer. Likevel er det grunn til å tro at situasjonen er preget av stor variasjon, og dermed et variert risikonivå. Det er også grunn til å tro at planleggingsgrunnlaget i form av sikkerhetsvurderinger og analyseresultater varierer, jamfør Vegtilsynets bemerkninger til risikostyringen i norske vegtunneler (Vegtilsynet, 2015).

Det er stor interesse for å øke sikkerheten for trafikanter i tunneler, spesielt i lange ettløpstunneler der det er spesielt utfordrende med større branner i tunge kjøretøyer (flere inntrufne hendelser de siste årene). Alle brannhendelsene i norske og utenlandske vegtunneler med folk eksponert for røyk, har vist at fareidentifikasjonen og faregjenkjenning svikter hos tunnelbrukerne. Her finnes store utfordringer som eierne av tunnelene møter, helt fra når farlige kjøretøy entrer tunnelen via varmgang til branner utvikles, oppdages og responser iverksettes (Njå & Kuran, 2015).

Bedre løsninger på tidlig varsling vil både hjelpe trafikanter ut mens det enda er tid, og til å finne trygge områder dersom det blir for sent. I så måte er et mobilt deteksjons- og kommunikasjonssystem helt i tråd med selvredningsprinsippet, se kap. 3.1.2. Helhetstenkningen om sikkerhet krever at folk må kunne ta vare på seg selv, også når de er innhyllet i røyk. I dagens regelverk finnes det utfordringer, dvs EU-direktivet (2004/54/EC on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network [2004] OJ L167/39), som regulerer løsningene som tillates for trafikantenes evakuering i tilfelle branner. I den norske oversettelsen er EU-direktivet definert som «tunnelsikkerhetsforskriften i Norge». Tunnelsikkerhetsforskriften tillater ikke at rømningsrom brukes. Vedlegg I til direktivet beskriver; «2.3.4 Shelters without an exit leading to escape routes to the open shall not be built». Situasjonen er da at for langt over 1000 tunneler er det ikke noen redningstiltak som sikrer at selvredningsprinsippet ivaretas, eller mer presist for alle tunneler hvor mennesker kan innhylls i røyk *før* de har hatt mulighet til selvredning. Til nå har det ikke vært gjort noen analyse av denne problemstillingen. Vi vil likevel hevde at dagens designløsninger klarer ikke å møte selvredningsprinsippet, og det setter press på myndighetene, tunneleier, nødetater og trafikanter, som må samvirke for å ivareta sikkerheten. *For å møte kravet i tunnelsikkerhetsforskriften må da sannsynligheten for at mennesker blir innhyllet i røyk reduseres kraftig og nærme seg en veldig lav verdi. Fokus på tidligfase situasjonsforståelse blir svært viktig.*

Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker alvorlige hendelser i tunneler, og SHT har reist kritikk mot Statens vegvesens sikkerhetsstyring, så vel som nødetatens samvirkearbeid (SHT, 2013, 2015). Forutsetninger for selvredning ble spesielt påpekt etter hendelsen i Gudvangatunnelen, hvor enkelte trafikanter gikk nesten gjennom hele tunnelen i røyk. Etter hendelsen i Oslofjordtunnelen kritiserte SHT vegvesenet for ikke å

ha erkjent det reelle sikkerhetsnivået og at samspillet mellom trafikantinformasjon, sikkerhetsutrustning, ventilasjonsløsning, brannslukking og sikker evakuering ikke var helhetlig vurdert. Vegtilsynet har også kritisert Vegvesenets risikoanalyser etter et tilsyn i Region Øst (Vegtilsynet, 2015). Statens vegvesen er bekymret for personsikkerheten i norske vegtunneler, og det er et sterkt politisk og faglig trykk for å forbedre tunnelsikkerheten. Vegdirektoratet må på et eller annet vis generere ny kunnskap tilpasset norske tunneler for å møte kravene. Tematikken i forventningen til ny kunnskap er;

- Videreutvikle kvalitative og kvantitative metoder for akseptabel personsikkerhet samt funksjonelle krav til sikkerhet i tunneler.
- Videreutvikle beredskap-brukerkunnskap-sikkerhetsteknologi i samspillet trafikant-teknologi-organisasjon.
- Utrede ulike teknologier for effektiv varsling av trafikantene, som for eksempel bruk av SMS varsling.
- Utrede ulike tiltak for praktisk ivaretagelse av selvredning.
- Utrede og teste ut ulike typer tiltak i tunnel med tanke på bedre personsikkerhet og assistert selvredning, f.eks. fysiske og psykiske tålegrenser som vilkår for selvredning.
- Utrede metoder for forbedring av aktørenes situasjonsforståelse av kriser.
- Krisekommunikasjon i samspill med VTS og tunnelteknologi.

Sikkerhetsforvaltningen av tunnelene skal følge Nullvisjonen og reguleringsprinsippene som følger denne. Det er stor forskjell på en sikkerhetstenkning hos tunnelforvalter som hele tiden utfordrer sikkerhetsnivået (proaktiv tenkning) og en sikkerhetstenkning som handler om å overholde regelverk (reaktiv og «compliance»-orientert tenkning). Vi forutsetter proaktiv tenkning og nevner at forskningslitteraturen på sikkerhetsområdet har to perspektiver. Den tradisjonelle risikobaserte styringen forutsetter lineære årsakskjeder med isolerte og gjenkjennbare årsaksfaktorer som følger etter hverandre i et forutsigbart mønster (Aven, Boyesen, Njå, Olsen, & Sandve, 2004; Rausand & Utne, 2009). I denne tilnærmingen reduseres systemer til undersystemer, enheter og komponenter. Det andre perspektivet setter et sterkere fokus på det helhetlige systemet og hvordan aktiviteter kan kontrolleres med begrensninger og tilbakemeldinger (Hollnagel, Woods, & Leveson, 2006; Leveson, 2011). Denne tilnærmingen er mer opptatt hvordan systemer tilpasser seg og grad av resiliens (robusthet) enn detaljerte risikoanalyser. Det vil si at denne formen for sikkerhetsstyring er dynamisk og kontinuerlig i forhold til trafikken i tunnelene. Oppmerksomheten rettes vel så mye mot positiv sikkerhetsatferd som mot feil og svikt. I dette VRI-prosjektet har vi dermed utviklet følgende utfordringer:

- Beskrive tunnelsituasjonen og sikkerhetssystemet i norske tunneler i dag.
- Analysere ulike evakuerings situasjoner for tunnelbrukere og relatere Roadrunners mulighet for tidlig situasjonsforståelse og raskere evakuering.

- Kartlegge i hvilken grad konseptet Roadrunner vil kunne styrke sikkerhetssystemet både med tanke på å avdekke farlige situasjoner før de skjer og styrke tiltakene i en krisesituasjon.
- Foreta en grov risikovurdering knyttet til tiltaket i seg selv.
- Identifisere svakheter, styrker og muligheter knyttet til konseptet, med hovedfokus på et brannfaglig perspektiv.

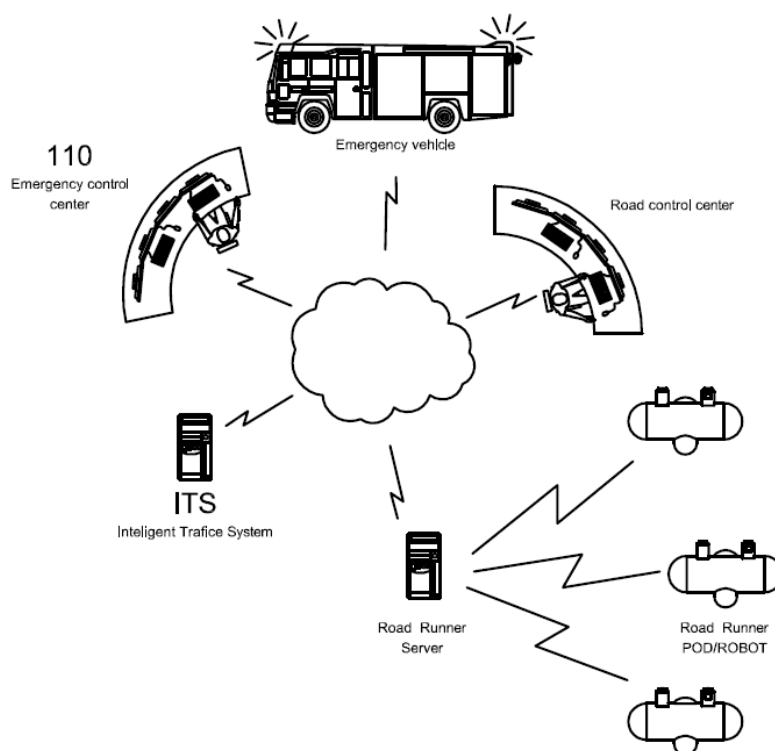
Denne rapporten er dreiet mot branner og alvorlige hendelser med potensiale for storulykker (mer enn fem drepte). Et slikt perspektiv dekker i stor grad sikkerhetstiltak som også gjelder mer ordinære trafikkulykker som ikke eskalerer. Vi vil imidlertid se på forskningslitteraturen som er relevant for et mobilt deteksjons- og kommunikasjonssystem. Kunnskap om årsaksforhold til alle uønskede hendelser i tunneler er et viktig tema for Statens vegvesen, men notatet utreder ikke dette spesielt.

I kapittel 2 presenteres systemet Roadrunner med sine viktigste funksjoner. Dette systemet må være del av løsningene som skal møte viktige prinsipper for trafiksikkerhet som vi presenterer i kapittel 3. Kapittel 4 redegjør for metodikken, hvor vi i stor grad vurderer effekter av mobile informasjons- og kommunikasjonssystemer dersom de hadde vært del av sikkerhetssystemet i tunneler som har opplevd alvorlige branner. Resultatene presenteres i kapittel 5, og vi knytter det opp til en diskusjon med ideer til ytterligere uttesting i kapittel 6. Rapporten avsluttes med våre konklusjoner om potensialer og muligheter til bruken av mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem.

2. Roadrunner - funksjoner og overordnet idé for systemet

2.1 Grunnleggende design

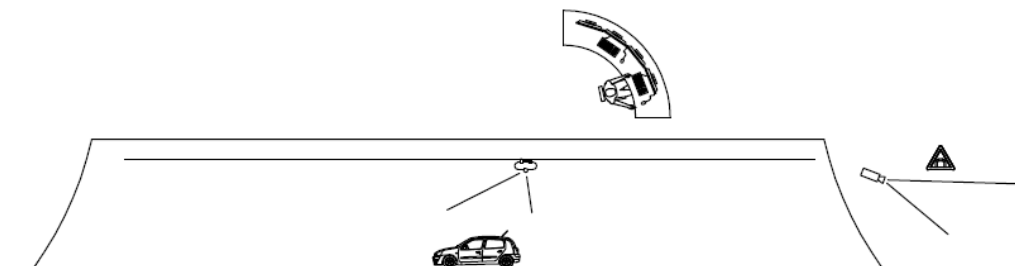
Roadrunner er et helhetlig system og består av en rask skinnegående drone med ulike former for sensorer og kommunikasjonsmidler. Løsningen har et overordnet styresystem som tildeler dronene oppdrag og som koordinerer trafikken til dronene i systemet. Dronene kommuniserer med trafikkestyringen av vegtunnelene, i første rekke Vegtrafikkentralene (VTS). Operatører i vegtrafikkentral, nødetater eller andre som får tilgang, kan gi dronene oppdrag og styre dem manuelt, både i normal drift, så vel som under vedlikehold og andre avvikssituasjoner. Ulykker og branner er eksempler på det siste. For eksempel hadde Byfjordtunnelen ved Stavanger i 2015, 106 registrerte trafikale stans. Selv om mange av kjøretøyene var plassert i nisjer, måtte brorparten ha hjelp for å komme seg ut. Dette indikerer omfanget av en del av den forventede involveringen fra Roadrunner.



Figur 2.1: Skisse over det overordnede Roadrunner-systemet, Roxel

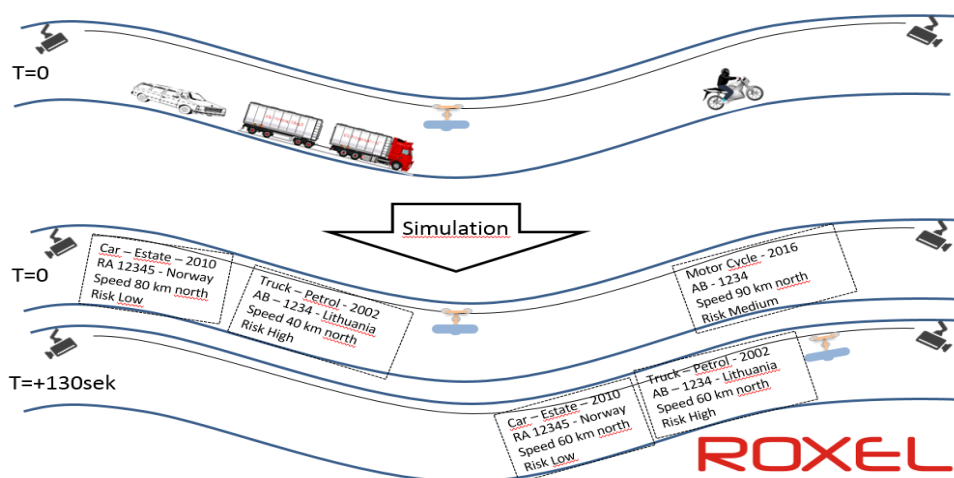
Løsningen for Roadrunner består av et fastmontert inngangskamera som identifiserer kjøretøy som kjører inn og ut av tunnel. Ut fra registreringsnummer, annen ID eller bildegjenkjenning kan systemet vurdere kjøretøyets risikoklasse. Risikoklassen definert

for de ulike kjøretøyene kan beskrive hvilke tiltak som settes i verk. Dette kan være stans for kontroll (varmgang), «eskorte», avstandsmerking, kontakt med fører, med mer. Graden av autonomi med hensyn til Roadrunners funksjonsområde blir en diskusjon mellom aktørene som skal involveres i systemet, men en målsetting er at dronen skal være i stand til å bedømme situasjoner som observeres gjennom kamera og andre sensorer slik at operatører bare blir involvert og griper inn ved reelle faresituasjoner.



Figur 2.2: Vesentlige komponenter i Roadrunner-systemet i tunnel, Roxel

Kjøretøyets forventede posisjon korrigeres ved observasjoner gjennom tunnelen. I sin tidligste fase programmeres Roadrunner med enkle indikatorer/målestørrelser som gir alarm/aksjon. Dette kan være størrelser som hastighet, fremmedlegemer i tunnelen, avstander og rekkefølge av kjøretøy. På sikt skal det utvikles og videreutvikles en trafikkmodell, som vil vise forventede trafikkstrømmer. Trafikkmodellen oppdateres kontinuerlig og gir mulighet for å detektere avvik fra forventet trafikkmonster. Slike avvik kan representere risiko. En trafikkmodell vil også gi viktige data under eventuell evakuering. Det er grunnmodellen. Et videre forsknings og utviklingsarbeid vil utvikle dynamiske trafikkmodeller som etter hvert skal baseres på «big data», og autonom læringsfunksjon.



Figur 2.3: Skisse over trafikksimulering i Roadrunner-systemet, Roxel

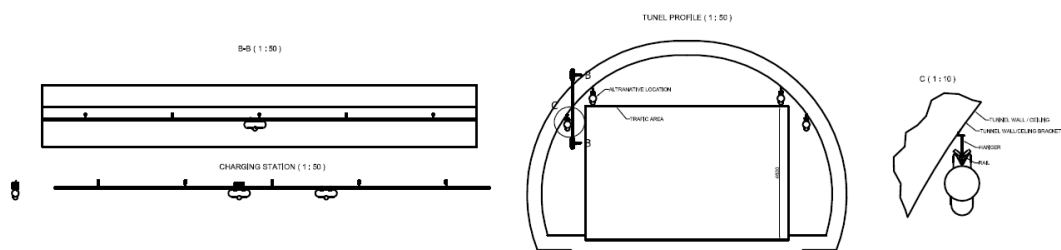
Roadrunner skiller seg fra de tradisjonelle løsningene ved at enheten beveger seg langs en skinne i motsetning til å være et fastmontert kamera, samt at overvåkingsenheten har mulighet til å kommunisere med publikum på flere ulike måter.

Dronen utformes for å være lett, rask og robust. Størrelsen på dronen vil avhenge av sensorer og enheter for lyd og lys. For å dekke basisfunksjonene vil dronen veie omkring 5 kg og ha et volum på omkring 3 liter. Dronene skal kunne operere med internt batteri som lades på bestemte punkt langs skinnen. Den skal kunne kjøre minst 120 km/t og skal inneholde:

- Avansert videoteknologi som dekker alle synsretninger.
- Høytaler og mikrofon som gjøre det mulig å kommunisere med publikum.
- Lys som gjør det mulig å fange oppmerksomhet, gi lys signaler og markere i veibanen.
- Sensorer for gass, temperatur og andre miljøfaktorer.

Kommunikasjon mellom dronen og styresystemet kan være trådløs, eller via signaler i skinnen. Dronen vil ha kapasitet til å kunne tolke bilder og gi alarmer, signaler og informasjon til VTS/110-sentraler og trafikanter (automatiske genererte aksjoner) basert på observasjoner og målinger.

Skinneløsningen kan utformes på ulike måter med en ringkonfigurasjon, hvor den ene enden legges til et sted med enkel adkomst for service. Dette kan gjerne være i et lite bygg på utsiden av tunnelen; enten eksisterende teknisk rom, tilbygg til disse eller som enkeltstående bygg.



Figur 2.4: Skisse over alternative plasseringer av skinne og droner i Roadrunner-systemet, Roxel

Løsningen vil ha flere mulige anvendelser når en ulykke har inntruffet og den vil også kunne bidra til forebygging av farlige situasjoner.

Det er allerede bygget en enkel modell av løsningen for å demonstrere betydningen av et mobilt kamera kontra et fastmontert (Lerang, 2016). Videre er det innledet et samarbeid med kameraleverandøren; **FLIR Intelligent Transportation Systems**. Byggekløssene til løsningen finnes i dag som tilgjengelig teknologi i et format som gjør det mulig å lage en fungerende løsning.

2.2 Bruksområder

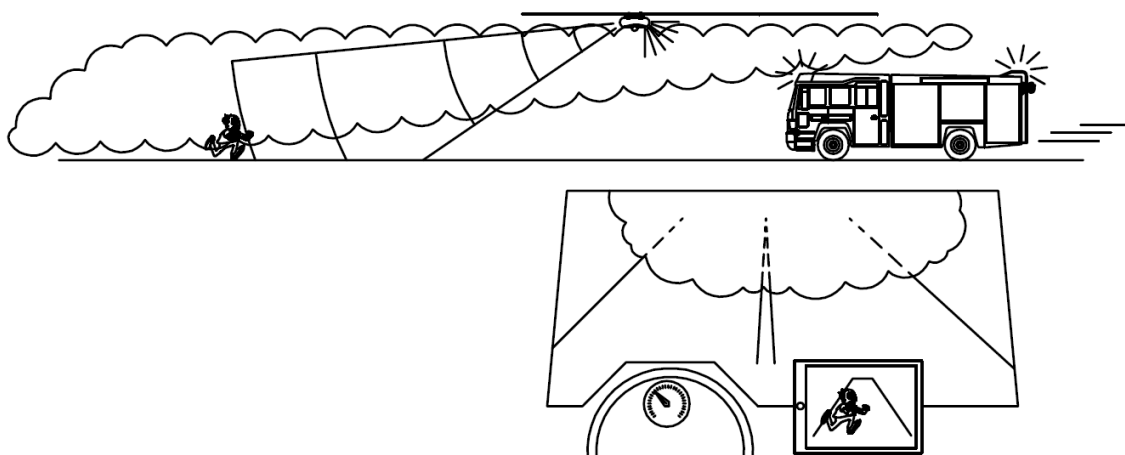
2.2.1 Støtte under evakuering

Roadrunner vil kunne være på et ulykkessted i løpet av sekunder eller få minutter, den vil kunne se på nært hold og kommunisere med publikum. Dette vil gjøre det mulig å gi presise instruksjoner, lede mennesker gjennom røyk og ikke minst gi trafikanter inntrykk av å bli sett.



2.2.2 Støtte for nødetatene

Roadrunner vil kunne sende presise bilder av ulykkesstedet til VTS og nødetatene, slik at de vet hva som møter dem på ulykkesstedet. Trafikkmodellen vil dessuten gi et presist bilde av hvilke kjøretøy som er i tunnelen og hvor de trolig er. Roadrunner vil kunne guide nødetatene på deres vei inn i tunnelen ved å kjøre foran og formidle bilder fra høykvalitetskamera og andre sensorer.



2.2.3 Hendelsesrespons

Ulike systemer kan plukke opp mulige hendelser i en tunnel. Et ITS-system kan for eksempel fange opp at en bil har motorfeil. Roadrunner kan da rykke ut allerede før kjøretøyet har stoppet. Mulige hendelser kan også fanges opp ved at det for eksempel registreres at en bil har kjørt forbi mange andre biler og derigjennom skaper avvik.

Hendelsen kan oppsøkes av Roadrunner og systemet kan programmeres for å varsle operatør i vegtrafikksentralen dersom grensene overskrides.



2.2.4 Ubemannet eskorte

Kjøretøy som identifiseres med høy risikoklasse, kan eskorteres gjennom tunnelen. Samtidig er det mulig å signalisere til kjøretøy bak om å øke sikkerhetsavstanden. På denne måten kan tunnelleier øke oppmerksomheten rundt risikoutsatte kjøretøy og reagere tidligere dersom det oppstår farlige situasjoner. Roadrunner vil gi økt oppmerksomhet rundt tunge kjøretøy. Dette vil igjen bidra til at adferd og sikkerhetsfokus økes.

2.2.5 Tunnelinspeksjon

Avvik knyttet til tunnelvegger, belysning, ventilasjon, sikkerhetsutrustning eller veibane kan detekteres av kamera og rapporteres til vedlikeholdsansvarlig operatør.

2.2.6 Transport av utstyr

Med en enkel mekanisme, vil dronen kunne transportere for eksempel førstehjelpsutstyr inn i tunnelen. Hvor store objekter som kan transporteres av Roadrunner avhenger av design. Det vil også være mulig å lage en dedikert transportdrone som settes på skinnen ved behov.

3. Hvordan ivareta sikkerhetsstyring i dagens reguleringsregime?

Fremstillingen her begrenses til prinsippene for sikkerhetsstyring og bygger i vesentlig grad på Njå (2016). Det vises for øvrig til relevante direktiver, lover, forskrifter, håndbøker og veiledninger for å få en fullstendig oversikt over reguleringsregimet. De viktigste departementene involvert i tunnelsikkerhet er; *Justis- og beredskapsdepartementet* (brann- og eksplosjonsvern), *Samferdselsdepartementet* (veg- og vegtrafikk, telekommunikasjon og styring), *Arbeids- og sosialdepartementet* (arbeidsmiljø og sikkerhet), *Helse- og omsorgsdepartementet* (folkehelse inklusiv miljøretta helsevern og helsetjeneste inklusiv akuttmedisin), *Kommunal- og moderniseringsdepartementet* (kommunal- og regionalplanlegging, kommunale tjenester inklusiv beredskapsplikten), *Kunnskapsdepartementet* (utdanning, forskning og utvikling av kompetanse om tunnelssikkerhet) og *Olje- og energidepartementet* (strømnettet, energi), og relevante underliggende etater.

3.1 Prinsipper av betydning for sikkerhetsforvaltningen i norske tunneler

Begrepet prinsipp kommer av det latinske principium og betyr begynnelse eller utgangspunkt; altså noe som legges til grunn som førende forutsetninger og retninger for det videre arbeidet. I forbindelse med tunneler kan vi tenke oss at tunnelene skal utformes i kraft av visse overordnede, gjerne mer allmenne prinsipper. Det er spesielt fire prinsipper som kommer til anvendelse for tunnelene i Norge; *Selvreguleringsprinsippet*, *selvredningsprinsippet*, *samvirkeprinsippet* og prinsippet om *universell utforming*.

3.1.1 Selvregulering og internkontroll

Mye av Statens vegvesen sin virksomhet er hjemlet i vegloven og vegtrafikkloven under Samferdselsdepartementet, men også brann- og eksplosjonsvernloven, og plan- og bygningsloven gir viktige føringer for vegvesenet. Statens vegvesen har utviklet sin styrende dokumentasjon som beskriver forventningene til hvordan trafiksikkerhet skal ivaretas, i det vesentligste med utgangspunkt i NTP og det som har blitt ansett av vegvesenet og politiske myndigheter som god forvaltningspraksis.

Vilkårene for risikobasert trafiksikkerhetsstyring av tunneler er formet av Tunnelsikkerhetsforskriften, basert på EUs direktiv 2004/54/EF, og håndboken N500 Vegtunneler, som både angir spesifikke krav til løsninger og beskriver hvordan risikovurderinger kan brukes for å forsterke sikkerheten. Prinsippet om selvregulering og internkontroll betyr at eier av tunnelene, dvs Statens vegvesen ved sine regioner (riksveger), fylkeskommunene (fylkesveger) og kommunene (kommunale vegger), er ansvarlige for å utforme et sikkert vegsystem/tunnel, basert på beste kunnskap.

I dette perspektivet blir N500 realiseringen av den nasjonale og internasjonale praksisen utviklet fra prinsippet om selvregulering. Dette gir grunnlag for funksjonelle krav til sikkerhet, dvs krav som beskriver hva tunneleier vil oppnå, i stedet for spesifikasjoner knyttet direkte til hvilke løsninger som skal velges. På denne måten kan beslutningstakere, enten de representerer Statens vegvesen eller politikere på ulike forvaltningsnivå, gjøre seg opp egne meninger om hvordan sikkerheten blir ivaretatt av de ulike løsningsforslagene. Innenfor rammene som de funksjonelle kravene gir, kan planleggerne fritt velge løsninger og optimalisere i forhold til identifiserte behov. Dette er en pådriver til å være kreativ og å utvikle effektive løsninger. Mulighetene for å tilpasse løsninger til den konkrete tunnelen er dermed tilstede. Tunneleier må avveie bruken av standardiserte løsninger og mer skreddersydde tiltak i sin vurdering av helhetlig tunnelsikkerhet. Trafikantene bør kjenne løsningene (i dette tilfellet Roadrunner) i tunnelene når de møter dem!

3.1.2 Selvredningsprinsippet

Selvredningsprinsippet er det grunnleggende prinsippet for evakuering av vegtunneler ved brann. Tunnelsikkerhetsforskriften legger opp til at rømningsveger og nødutganger skal tilpasses trafikantene både til fots og med eget kjøretøy. Det forventes imidlertid at brannvesenet yter innsats når det er faglig forsvarlig ut fra et sikkerhetsaspekt og ut fra omforent beredskapsopplegg tilpasset den enkelte tunnel. Selvredningsprinsippet er ikke spesielt for vegtunneler, det gjelder generelt i forbindelse med evakuering fra objekt i brann.

I 2010-utgaven av Statens vegvesens Håndbok 021 (Vegtunneler) beskrives det at evakuering av tunneler gjennomføres etter selvredningsprinsippet (fra kapittel 5.1):

Prinsippet for evakuering baserer seg på selvredningsprinsippet, det vil si at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy.

I Statens vegvesens rapport 161 «Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 – 2011: strategi trafikantsikkerhet og brann sikkerhet i vegtunneler» heter det i kapittel 3.2 - Selvredningsprinsippet:

Selvbergingsprinsippet er generelt akseptert i samfunnet og det gjelder i prinsippet for alle typer byggverk.

...

Selvbergning gjelder som hovedprinsipp i alle norske vegtunneler. Eksterne redningsmannskaper kan bare i unntakstilfeller komme til unnsetning ved en hendelse inne i en tunnel. Dette må også trafikantene kjenne til og det påhviler eier et ekstra ansvar at denne forutsetningen er kjent.

En annen fortolkning av selvredningsprinsippet er at «folk skal overleve brannen til den ikke lenger er en trussel...». Storbritannia bruker begrepet «Protect in place», som kan sammenlignes med nødrom (jamfør oppfølgingen etter brannen i Oslofjordtunnelen 2011; Njå & Kuran, 2015; SHT, 2013). «Protect in place» oppfatter vi som selvredning. Selvredning med basis i trafikanters egenskaper og tålegrenser må utfordres og

utforskes. Hvorvidt nødrom aksepteres eller ikke i norske tunneler, vil også få betydning for Roadrunner som sikkerhetstiltak. Historiske data viser at selvredningsprinsippet ikke fungerer når trafikanter er innhyllet i røyk, og da må det eventuelt finnes bedre løsninger. Roadrunner skal sikre bedre marginer for trafikantene, men Roadrunner må også bidra i faser der trafikanter er fanget i røyk.

3.1.3 Samvirkeprinsippet

Samvirke defineres som samhandling og koordinering av ressurser for å sikre best mulig total oversikt og styring i arbeidet med forebygging, beredskap og krisehåndtering. Dette betyr at samvirkeaktørene i forbindelse med tunnelutforming og -drift er alt fra brukere (privat, kommersiell gods- og persontrafikk med mer), myndigheter, tunneleiere, tunneldrift og -vedlikehold, bergingsselskaper til nødetatene. Innledningsvis i kapitlet viste vi til departementene som er vesentlige involverte aktører i tunnelsikkerhetsarbeidet, og som gjennom sine underliggende etater skal legge til rette for et høyt sikkerhetsnivå i tråd med Nullvisjonen.

I henhold til samvirkeprinsippet forventes det at aktørene kjenner sitt ansvar og er i stand til å bidra i sikkerhetsstyringen av tunnelene. Dette medfører aktiv innsats fra aktørene i planleggingsprosessen, forebyggende tunnelsikkerhetsarbeid så vel som i krisesituasjoner. Samvirkeprinsippet er drivende, ikke bare på utøvende aktiviteter, men også for aktiviteter på strategisk beslutnings- og planleggingsnivå. Det å forstå det helhetlige tunnelsystemet er en krevende oppgave hvor evnen til å identifisere farlige forhold og korrigere disse før noe uønsket skjer passer med Roadrunners funksjon. Samvirkeprinsippet er sterkt koplet til systemteori (Leveson, 2011).

3.1.4 Prinsippet om universell utforming

Fra Store Norske Leksikon finnes følgende (2016): Universell utforming vil si å planlegge omgivelser, produkter, institusjoner og tjenester slik at de kan brukes av så mange mennesker som mulig. Hensikten er å oppnå like muligheter til samfunnsdeltakelse og motvirke diskriminering på grunnlag av nedsatt funksjonsevne. Universell utforming har to offisielle definisjoner i Norge. I Diskriminerings- og tilgjengelighetsloven (DTL), som trådte i kraft i 2009 og ble revidert i 2013 er universell utforming definert slik:

«Med universell utforming menes utforming eller tilrettelegging av hovedløsningen i de fysiske forholdene, herunder informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), slik at virksomhetens alminnelige funksjon kan benyttes av flest mulig.»

Denne definisjonen, som Norge er alene om, er formulert i DTL, § 13. Den internasjonale definisjonen på universell utforming er beskrevet i FN-konvensjon om rettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne, som ble ratifisert av Norge i 2013:

«Med 'universell utforming' menes utforming av produkter, omgivelser, programmer og tjenester på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming.»

Hva som omfattes av «produkter, omgivelser, programmer og tjenester» vil avklares etterhvert som konvensjonen tas i bruk. Forskjellen på de to utdyppningene av universell utforming er at den norske skal være egnet for et eksplisitt juridisk formål, mens FN-konvensjonens definisjon er egnet for et politisk og faglig arbeid med universell utforming. FN-konvensjonen ble signert av Norge mars 2007, og myndighetene påla seg da å ikke handle i strid med konvensjonen. Den juridiske definisjonen i DTL ble i denne forbindelse vurdert å være i samsvar med FN-konvensjonen.

Tunneler over en viss lengde er komplekse konstruksjoner, som byr på utfordringer for brukere med spesielle behov, og da spesielt i situasjoner hvor selvredning og evakuering blir nødvendig. Disse trafikantene må kunne være inkludert som del av de dimensjonerende hendelsene som skal legges til grunn for bruken av tekniske sikkerhetssystemer i tunnelberedskapen. Et typisk funksjonskrav kunne være: «For at tunnelen skal være sikker for alle, må de svakeste trafikantgruppene forutsetninger legges til grunn for løsningene». Et slikt krav vil kreve at tunneleier analyserer hvilke trafikantgrupper som ikke vil håndtere en evakueringssituasjon, og dermed skape oppmerksomhet omkring disse begrensningene.

3.2 Dilemmaer som prinsippene skaper

Tunnelsikkerhet handler om mennesker, og det å ivareta liv og helse. Tunneler vil være arenaer hvor 2. og 3. personer (indirekte og ufrivillig involvert i selve hendelsen) vil være eksponert og samfunnet aksepterer i liten grad slike situasjoner. Samtidig er tunneler forbundet med frykt blant store befolkningsgrupper (2-30%), som i sin mildeste form anses som utrygghet til lille andelen trafikanter som unngår å kjøre i tunneler. Utrygghet er definert som en "negativ opplevelse som går ut over de milde reaksjonene". Det er en vag definisjon og det er ikke gitt hva som er negative opplevelser eller hva som er milde reaksjoner. I andre sammenhenger introduseres begreper som; ubehag, angst, frykt, bekymring, panikk, opplevd utrygghet, truende vegmiljø, fobi. Disse begrepene blir heller ikke gitt entydige meningsinnhold.

Jenssen, Bjørkli og Flø (2006) har benyttet et evolusjonistisk perspektiv på tunnelfrykt hvor de forutsetter at noen mennesker er biologisk utrustet for å utvikle fryktresponser. Responsene som følge av frykt er at situasjonene oppleves som ubehagelige, truende og uønsket, og flere kroppssystemer blir aktivisert. Det kan dreie seg om hjertebank, svetting, skjelving og munntørrhet, og psykologisk kan det fortone seg som følelse av pustebesvær, ensartet tenkning, svimmelhet, katastrofetenkning, og opplevelse av manglende kontroll over situasjonen. Psykologen Arne Jarl Ringstad (1994) har benyttet et atferdsteoretisk perspektiv for å forklare frykt og fobier for tunneler/rom under jorden. Fobi defineres som en sterk fryktopplevelse i en situasjon hvor det ikke er noen tydelige ytre farer til stede. I henhold til denne teorien er det visse stimuli og koping av

stimuli som medfører frykt, i henhold til en biologisk tilbøyelighet (biological preparedness). Denne frykten kan ved hjelp av "lære-prosess" hvor initielt nøytrale stimuli (det å være i tunnelen) medfører gradvis en fryktrespons. Personen knytter det initielt nøytrale stimuli til lignende stimuli i en form for generalisering som til slutt innebærer generell frykt for lukkede rom (inklusive tunneler). Opplevd kontroll virker i hele prosessen som en avdempende faktor for å utvikle generell fobisk reaksjon, og er en vesentlig tilnærming til hvordan for eksempel tunneler bør designes.

Vi ser det store dilemmaet som for eksempel regionvegsjefene eller fylkesvegsjefene får når de arver tunneler og skal sikre dem samtidig som de har et helt nettverk av veier som også krever sikkerhetstiltak, hvor antall ulykker er høyere over tid enn tunneler lokalisert på samme kategori veier. Likevel, det er bare tunnelene som har potensial for storulykker, og slike ulykker aksepterer ikke samfunnet. Det er også slik at eier av tunnelkonstruksjonen skal ivareta alle sine brukergrupper og det krever at tunnelene må være utformet med hensyn til deres konkrete egenskaper. For eksempel kan det hevdes at følgende forutsetninger/funksjonskrav er langt fra oppfylt i de fleste norske tunnelene:

- *Menneskets forutsetninger* skal ligge til grunn for utforming av tunneler; menneskets mestringsevne i trafikken, tåleevne i en kollisjon eller annen uønsket hendelse og menneskets evne til å ta vare på seg selv i en avvikssituasjon.
- *Nullvisjonen forutsetter at det skal beskyttes mot alvorlige konsekvenser av feilhandlinger.* Tunnelen må ha beskyttende barrierer mot alvorlige konsekvenser av feilhandlinger. I tunneler er "sideterrenget" (tunnelveggene) en spesiell utfordring.
- *Varsling* skal foretas slik at alle berørte trafikanter kan forstå situasjonen og evakuere selv til trygt område.
- Et *effektivt samarbeid* mellom like og ulike etater og ressurser med evne til ulykkesbehandling er overordnet designkrav for tunnelsystemet.

De fire eksemplene på funksjonskrav vil stille krav til tunneleier å finne løsninger som oppfyller disse samtidig som prinsippene er oppfylt. Det betyr at selvredningsprinsippet og universell utforming byr på store utfordringer når brannberedskapen skal planlegges. Roadrunner vil kunne påvirke hvordan tunnelutformingen møter funksjonskravene. Ved store hendelser utfordres alle involverte aktører, jamfør vår studie av brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 (Njå & Kuran, 2015). Følgende kunnskapshull i tunnelsikkerhetsarbeidet, både på forebyggende og skadebegrensende side ble identifisert:

- Det er begrenset kunnskap om kjøretøyene som bruker tunnelene; omfang, variasjon, tilstand, last og kjøreatferd knyttet til tyngre kjøretøy.
- Branner og tilløp til branner har i liten grad blitt studert i forhold til antennelse og brannutvikling i tunge kjøretøy. Dette gjelder blant annet antennelse, brannvekst, maksimal branneffekt/varmeavgivelsesrate og branntid/-varighet i ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer).

- Til nå er det veldig lite kunnskap om røykgasser, konsentrasjoner og spredning av giftige gasser gitt ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer). Enkle empiriske modeller finnes basert på forsøk som i noen grad er fullskala (Ingason, Li, & Lönnemark, 2014)
- Fra medisinsk side blir det hevdet at grenseverdier for varme- og røykgasseksponering har liten verdi. Det er individuelle forskjeller i morbiditet som er avgjørende for utfallet. Vi mangler bedre kunnskap om menneskets tåleevne også etter eksponering av røyk, som kan være egnet til bruk i dimensjonering av sikkerhetstiltakene.
- Det er få, om noen som har studert sammenhengen mellom kravet til selvevakuering og nødetatenes krisehåndtering, gitt en funksjonsbasert tilnærming til utformingen av tunnelen.
- Det er svært viktig å finne sammenhengen mellom teknologiske løsninger og selvedredning, og hvordan trafikanter vil kunne påvirkes til å gjøre riktige valg.
- Modeller, beregninger og betingelser for å analysere risiko og sikkerhet er mangelfulle, og usikkerheten øker når tunnelen er spesiell, for eksempel lengde, stigning, design, osv.

Gjennom studiet av brannen i Oslofjordtunnelen fant vi følgende forhold:

- Det tar alt for lang tid før trafikantene oppfatter at en alvorlig situasjon har oppstått til selv-evakuering iverksettes.
- Organiseringen av selv-evakuering er tilfeldig og i liten grad tilrettelagt for trafikantene.
- Trafikantene har svært begrensede forkunnskaper om tunnelbrann.
- Kjøpere av transport, selgere av transportere, transportfirma og sjåfører av store energimengder er lite påaktet med hensyn til deres roller og ansvar i forbindelse med branner i tunneler.
- Kunnskap om brannodynamikk, varme- og røykspredning i tunneler er mangelfull.
- Prosedyredrevet eller kunnskapsbasert redningsarbeid, hva er den gode balansen?
- Lett tilgjengelig informasjon om norske veitunneler og brannvernstrategier finnes ikke.
- Individenes etterreaksjoner etter traumatiske opplevelser undervurderes.

Statens vegvesen ønsker mer FoU angående tunnelsikkerhet. Njås anbefaling til Statens vegvesen var at Vegvesenet burde favne bredt i beskrivelsen av et etatsprogram for forskning og utvikling av tunnelsikkerhet (Njå, 2016). Det er noen viktige forutsetninger som må trekkes frem:

1. Det må og bør legges til rette for eksperimentelle studier, hvor Vegvesenets egne infrastruktur og forskningsmiljøenes fasiliteter vektlegges.
2. Det bør åpnes for mer longitudinelle design av intervensjoner (tiltak), som kan være sårbare for aldring/svekkelse.

3. Krav til implementeringsforskning må være del av utlysningen. Det krever at Statens vegvesen er en aktiv pådriver for å få frem innovasjoner og gi dem mulighet for uttesting.

Selv om Statens vegvesen besluttet å ikke iverksette et etatsprogram fra 2017, vil vi likevel hevde at ovennevnte forutsetninger bør tilstrebes i all kunnskapsgenerering om tunnelsikkerhet. Vi vil drøfte kunnskapsstatus med denne bakgrunnen, hvor vi bruker forskningslitteratur og andre anerkjente publikasjoner.

4. Metode

Status for sikkerhetssystemene i norske tunneler er vanskelig å fastslå uten spesifikke studier, men noen tilfeldige systemer har vært testet i de store hendelsene vi har erfart siden 2011. Vi skal se på funksjonene som Roadrunner skal designes for å ivareta i sikkerhetsstyringen av tunneler, og knytte risikofaktorer til Roadrunner som integrert system i den operasjonelle delen av vegtrafikken.

Vi har tidligere i kapittel 2 presentert konseptet og de overordnede funksjonene som tiltenkes Roadrunner, og i kapittel 3 har vi presentert og diskutert norske prinsipper som er grunnlaget for planlegging og drift av tunnelene. Kunnskapsgrunnlaget som er vesentlig for denne studien knyttes til trafikanter og deres evne til å registrere og kommunisere med teknologibaserte løsninger, hvor en del vil knyttes til kriser i utvikling. Tidsfaktoren spiller en viktig rolle. Visualiseringsforskning er også en del av den relevante forskningen for å vurdere relevansen av et mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem i tunneler.

Hovedgrepene i dette prosjektet er litteraturstudie som viser relevant forskning som belyser dagens situasjon på områder hvor Roadrunner vil kunne influere sikkerhetsnivået. Vi begrenser litteraturen til vitenskapelig litteratur og erkjenner at det er mye annen litteratur som kan belyse produkter, meninger og påstander i populærvitenskapelige studier og produktpresentasjoner. Den delen av litteraturen utgjør selvfølgelig helheten, men vi vil begrense til vitenskapelig litteratur som har gjennomgått en grundigere kvalitetssikring, dvs litteratur fra enten anerkjente forskningsinstitusjoner eller gjennom forskerartikler publisert i anerkjente tidsskrifter.

Det andre hovedgrepet vi gjør er at vi «setter Roadrunner inn» i tunneler som har hatt større branner og som er grundigere undersøkt av Statens havarikommisjon for transport. Vi gjør da en kontrafaktisk analyse for å visualisere effekter av tiltaket i samfunnets forståelse av hendelsene (virkningshistoriene/reception history – Marcuse, 2009) hvor vi kan argumentere for at tiltaket eventuelt kunne bidratt til at situasjonen ble en annen. Kontrafaktiske hendelser er en metode som ofte er benyttet av historikere for å belyse viktige historiske hendelser og faktorer som påvirket hendelsesutviklingen (Renå, 2017). Gjennom de kontrafaktiske hendelsene, hvor vi forutsetter at Roadrunner er implementert, ønsker vi å få frem forventede effekter og usikkerheter knyttet til Roadrunners funksjon. Vi kommer tilbake til begrepet kontrafaktiske hendelser i diskusjonen (kap. 6).

Når det gjelder de norske hendelsene (Oslofjord, Gudvanga I og II, og Skatestraumtunnelen) har vi kopiert teksten fra SHTs granskningsrapporter og lagt inn våre kommentarer underveis hvor sitatene er laget i en tekst med mindre størrelse. Vi har sitert teksten som er relevant for forståelsen av Roadrunner-konseptet. Dette har vi gjort for å lette lesningen, og fordi vi er ydmyke i forhold til granskningsarbeidet som er gjort og ønsker ikke å utfordre eller fortolke arbeidet til SHT uten at vi konkret bemerker det. Referanse til granskningene er gjort i overskriften.

Det er også mange usikkerheter i granskningene som vi kommer til å bruke, usikkerheter vi reiser i analysene for å vise de samlede utfordringene som pilotprosjekter og fremtidig

forskning vil kunne bidra med mer solid og validert kunnskap. Også innen tunnelsikkerhetsforskningen er det kamp om kunnskap, hvor begreps- og modellmakt er blant aspektene vi ønsker å utfordre i våre analyser. Vi håper og tror at tunneleiere, veg- og samfunnsikkerhetsmyndigheter, brann- og redningstjenesten, samt drifts- og vedlikeholdsaktørene i norske vegtunneler har et ydmykt forhold til tunnelsikkerhet og at det i dette arbeidet er felles interesser om å oppnå høyt sikkerhetsnivå og å redusere mulighetene for storulykker.

5. Resultater

5.1 Håndbok N500 og gjeldende beredskapstenkning

Beredskap kan oppfattes som alle tiltak som hindrer at en faresituasjon får utvikle seg til en ulykke eller tiltak som reduserer skadevirkningene av en ulykke. Et relevant beredskapstiltak er kommunikasjon med trafikantene, når det har inntruffet et eller annet i tunnelen og i verste fall et branntilløp. World Road Association (WOAD, 2016) har studert mer tradisjonelle kommunikasjonstiltak og vurdert effekten av disse i normalsituasjon, avvikssituasjon, ulykkessituasjon og branner. WOAD vurderer tiltakene generelt til å ha høy effektivitet, men det forutsetter at trafikantene er rasjonelt tenkende individer med forutsetninger til å forstå kritiske sjeldne hendelser (branner).

Håndbok N 500 Vegtunneler kom ut i revidert utgave i november 2016. Denne utgaven har tatt inn beredskapsbegrepet som del av sikkerhetsstyringen av norske vegtunneler, hvor beredskapsanalyse er påkrevd for alle tunneler over 1000 m. Beredskapsanalysen skal se på alle fasene fra varslings, mobilisering, redning, evakuering og til normalisering. Det er litt underlig at kravene til beredskapsanalysen ikke inneholder de viktige fasene deteksjon og bekjempelse, som naturlig hører hjemme i en beredskapsanalyse (Njå, 1998).

N 500 er hjemlet i forskrift til Veglovens §13. Den gjelder alle veger i Norge, kommunale, fylkeskommunale og riksveger, og det gis ikke anledning til å fravike bestemmelser i N500 som er i strid med bestemmelser i Tunnelsikkerhetsforskriften. Selvreguleringsprinsippet som former sikkerhetstenkningen til norske vegmyndigheter krever at vegeier (tunneleier) kontinuerlig ser etter løsninger som vil forbedre sikkerhetsnivået. Vi mener at «dimensjonerende brukstid» som beskrevet i innledningen til N500 ikke må få den effekten at det blir en hvilepute, fremfor at kravet stilles til konstruksjonene selv. Praksis i myndighetsutøvelse er ofte at regelverket ses som løsninger som skal tilfredsstilles, heller enn funksjonskrav som skal bidra til måloppnåelse. For sikkerhetstiltak, som for eksempel tidlig-fase varslings og kommunikasjon (for eksempel Roadrunner) kan gjerne kravet være brukstid på 50 år, men Statens vegvesen som definert godkjenningmyndighet må være oppmerksomme på tekniske løsninger som vil innebære forbedringer. Den teknologiske utviklingen skjer svært raskt og kravstrukturen innenfor tunnelsegmentet må ikke være til hinder for at dette segmentet er interessant som anvendelsesområde for ny teknologi.

Et vesentlig problem er at til tross for at tunneler skal designes og bygges ved hjelp av risikovurderinger og beredskapsanalyser, er det ingen som har beskrevet hva som er akseptable risikonivå eller spesifikke krav til beredskapen. N500 stiller imidlertid krav om at Vegdirektoratet skal godkjenne metodikken som skal brukes for risiko- og beredskapsanalyser. En slik praksis kan bidra til at det ikke forekommer useriøse analyser, og slik sett er det en god ordning. Samtidig setter denne ordningen store krav til de som skal godkjenne metodededesignet, hvor risiko- og beredskapsanalyser inngår. Det er problemstillingene som skal løses ved hjelp av analysene som bestemmer

metodebruken, inklusiv datainnsamling og analysemodeller. Når for eksempel effekt av varslings- og kommunikasjonssystem inngår som del av analysen, stiller det krav til utvikling av dimensjonerende hendelse. Det vil være viktig å si noe om kompetanse og tilstand på trafikantene, og det vil være viktig å simulere brannscenariene som vil eksponere og kreve at for eksempel Roadrunner skal være effektiv. Det vil kreve en involvert godkjenningmyndighet. Standard metodedesign ser vi som vanskelig, dersom analysene skal ha reell funksjon som beslutningsstøtte.

5.2 Brannutvikling, historiske data og kontrafaktiske hendelser

I dette kapitlet kommer utdrag av hendelsesbeskrivelsene fra de fire store granskede hendelsene i norske vegtunneler siden 2011. Vi ser da bort fra «brunost-brannen», som var en minst like stor hendelse, men den utfordret ikke liv og helse og ble heller ikke gransket av SHT. Vi har vurdert det som nødvendig å ta med helhetlige beskrivelser fra SHT, fordi de danner narrative og samfunnets forståelse av hendelsene. Den offisielle versjonen er viktig å vise til når vurderinger av et tiltak som Roadrunner skal gjøres.

5.2.1 Brannen i Oslofjordtunnelen (SHT, 2013)

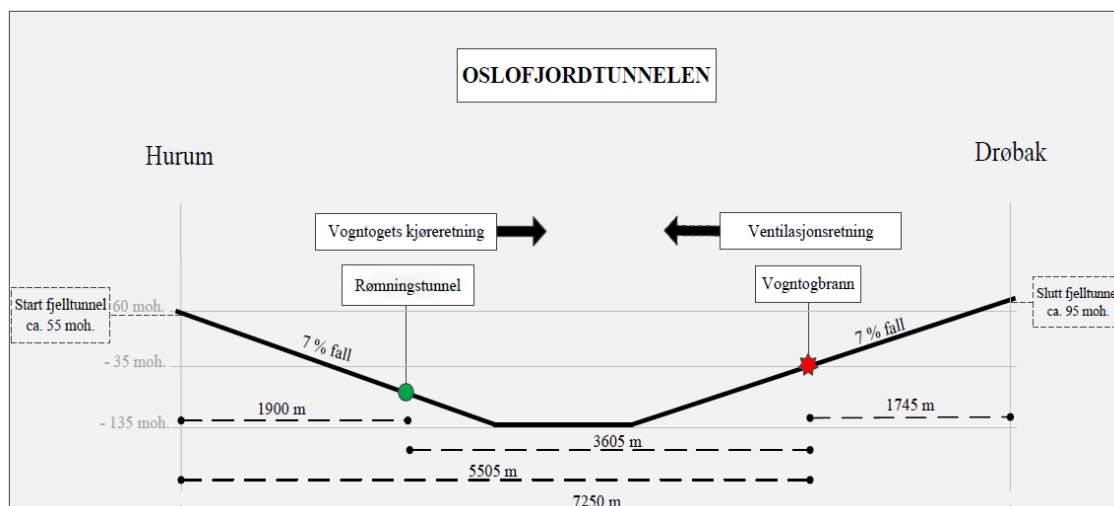
«Oslofjordtunnelen er en undersjøisk ettløpstunnel som ligger på Rv 23 mellom Måna i Frogn kommune i Akershus og Verpen i Hurum kommune i Buskerud.

5.2.1.1 Generelt

Oslofjordtunnelen er om lag 7 200 m lang og er bygd etter retningslinjer gitt i Håndbok 021 fra 1992. Den er klassifisert i tunnelklasse C og har en T11 tunnelprofil med tre kjørefelt, hvorav to oppover og et nedover i begge kjøreretninger. Vertikal kurvatur er på 7 % med lavbrekk på 134 m.u.h. Laveste punkt er 2 700 m fra vestre utløp (mot Hurum). Tunnelstrekningen hadde på ulykkestidspunktet (23. juni 2011) en fartsgrense på 80 km/t. Utløpet på Hurumsiden ligger på ca. 55 moh. og på Drøbaksiden ca. 95 moh, dvs høydeforskjellen på utløpene er ca. 40 m.

Vogntoget, MAN TGA 18.430 trekkbil med 3-akslet Swartzmüller Semitrailer, stanset i høyre kjørefelt 1 455 m oppe i stigningen mot Drøbaksiden like ved døren til en SOS-stasjon. Dette er 1 745 m fra tunnelåpningen på Drøbaksiden. Fra brannstedet til tunnelåpningen på Hurumsiden er det 5 505 m, og til rømningsstunnelen 3 605 m i retning mot Hurum, se figur 5.1. Ifølge videoovervåkingsbilder fra tunnelen startet brannen sannsynligvis noen meter før vogntoget stoppet. På tunnelveggen ved SOS-stasjonen hvor vogntoget stoppet var det montert ett brannskap med to brannslukningsapparat. Fra brannstedet til nærmeste snunisje var det ca. 400 m i hver retning.

Tunnelen var utstyrt med 99 AID-kameraer (AID – automatic incident detection) som gir sekvensiell bildeoverføring til VTS. Det var i tillegg to kameraer på Drøbaksiden og ett kamera på Hurumsiden. VTS får gjennom overvåkingssystemet fryst bilder når hendelser oppstår. Når VTS oppdager hendelser i tunnelen varsles dette videre til politiet og redningsetatene.



Figur 5.1: Skjematisk tegning av Oslofjordtunnelen med avstander, fall m.m. Avstandene på skissen tar utgangspunkt i data fra beredskapsplanen for Oslofjordtunnelen. Illustrasjon: SHT

Antakelser om Roadrunner i Oslofjordtunnelen – kontrafaktisk situasjon

For å anslå etableringen av Roadrunner i Oslofjord-tunnelen som en hypotetisk hendelse kunne vi tenke oss at brannen i mars samme året hadde vært utgangspunktet for modifikasjonen. Samtidig måtte Roadrunner bli sett på som et verktøy med funksjoner i den normale, daglige trafikkstyringen av tunnelen og som verktøy for å sikre en tidlig situasjonsforståelse hos alle aktørene involvert i mer alvorlige hendelser. Det betyr at en innføring av Roadrunner i Oslofjordtunnelen ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-en i Oslo, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene. Tidsfaktoren er både usikker og kritisk for å vurdere relevansen av Roadrunner, men funksjonene som blir designet inn forsøker vi å illustrere.

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt detaljert løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generelt ekspertkunnskap hos veieier. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av Roadrunner vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som veieier vil kunne designe opp Roadrunner for å være mest mulig *mobil* (trafikkere langs skinnen) *se* (termokamera, konvensjonelt kamera), *høre* (akustiske sensorer), *lukte* (sensorer for ulike definerte farlige gasser), *analysere data* (prosessorer, algoritmer simulering), *melde tilbake* (nettverk, dataoverføring, presentasjon av resultater) og *snakke med omgivelsene* når eller like etter at avvik og farlige forhold inntreffer (bilde, lyd, tekst). I Oslofjordtunnelen ville dronene være koplet opp mot AID og VTS/110-sentralen. I tillegg vil det være kamera i begge ender som kunne vært designet for å registrere varmgang og stoppe kjøretøy før entring.

Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen. Det betyr en sløyfe med minimum 4 droner som patruljerer tunnelen.

5.2.1.2 Hendelsen inklusiv kommentarer

«Etter å ha gjennomført døgnhvile og lossing av vogntoget på formiddagen 23. juni 2011 kjørte føreren av et polskregistrert vogntog til Tofte i Hurum for å laste opp returpapp og papir. Papiret skulle fraktes via Svinesund til Tyskland. Føreren har forklart at lasten veide mellom 22 000 – 23 000 kg. Totalvekten av vogntoget var ca. 40 000 kg.

Ca. kl. 1433 kjørte vogntoget inn på Rv 23 og inn i det vestlige tunnelinnslaget av Oslofjordtunnelen. Føreren benyttet hovedsakelig trekkbilens retarder for å holde en jevn hastighet nedover den 7 % bratte hellingen mot bunnen av tunnelen. I følge føreren holdt han en hastighet på 70 – 80 km/t nedover den rundt 2 500 m lange bakken ned mot bunnen av tunnelen. Et stykke oppe i stigningen mot Drøbaksiden giret han ned til sjetten gir. Like etter hørte han en høy metallisk og romlende lyd fra motoren. Kort tid etter at føreren registrerte lyden stanset han vogntoget. Han var da ca. 1 745 m fra tunnelutgangen på Drøbaksiden. Han aktiverte varselblink og satt på håndbrems. Bilen stanset like ved en dør til en SOS-stasjon. Et vogntog som kjørte bak kom i dette øyeblikket opp på siden og føreren i dette vogntoget informerte føreren av ulykkesvogntoget via samband om at det brant under førerhytta.»

Kommentarer knyttet til Roadrunners tidlige fase i en vurdering av når faren er/blir identifisert

Roadrunner sin funksjon er en form for patruljering, dvs utstyret er i operasjon hele tiden, og vil ikke være noe stand-by system. En slik praksis er å foretrekke for systemer som også har funksjoner i krisesituasjoner, fordi det gir kontinuerlig læring. Design av system og utstyr kun for ekstreme hendelser blir ofte nedprioritert og passivert.

Ville Roadrunner ha registrert tungbilen lastet med papir før/når den entret tunnelen? SHT har ikke presentert mye tekst omkring kjøretøyet som var involvert i hendelsen og heller ikke om føreren av vogntoget. Det er en indikasjon på at et saktegående kjøretøy på Hurum-siden laget en større kø, men det er usikkert om vogntoget med papir var i den køen. Dersom vogntoget var i en lang kø og i tillegg til at også andre tunge kjøretøy¹ var posisjonert nær det polske vogntoget, kan Roadrunner ha vært utformet for å observere en slik situasjon. Avvik i temperatur kunne også trigget. Hendelsesbeskrivelsene inneholder mye usikkerhet. Vi kan tenke oss at Roadrunner ville hatt settpunkt på:

- Unormal trafikk – opphopning av kjøretøy
- Store energimengder i kjørebane (> 50 MW), dvs tyngre kjøretøy og oppover i tett trafikk
- Farlig gods
- Avvikende kjøring – for tett opp til andre kjøretøy, i feil kjørebane, stopp, med mer
- Varmeregistrering
- Røykutvikling
- Gasskonsentrasjoner - avvik
- Hastighetsavvik
- Merknader knyttet til kjøretøyet

¹ Det var en fører av et tungt kjøretøy som varslet den polske føreren om røykutviklingen

Dersom noen av disse størrelsene hadde blitt markert, er det mulig at køen og eller vogntoget ville vært eskortert av en drone (antatt tid vogntoget/køen vil være i tunnelen er fra 5 – 7 minutt). Denne barrieren vil ha sin funksjon ved innkjøring (kamera på utsiden) og når trafikken passerer droner i samme kjøreretning, dvs Roadrunner kunne vært aktivert på flere tidspunkt.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Hendelsesbeskrivelsens detaljer, spesielt i de tidligste fasene.
- Det polske kjøretøyet, stor usikkerhet om når svikt inntreffer og hvorvidt kjøretøyet kunne ha vært identifisert av Roadrunner.
- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes respons på mobile overvåkningsanlegg.
- Roadrunners tilgjengelighet og deteksjonsevne.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Roadrunner.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.

Tilbake til hendelsen:

«Ca. kl. 1436 forlot føreren førerhytta på høyre side, og iverksatte straks slukkingsarbeid. Tross iherdig slukkingsforsøk var det ikke mulig å få kontroll over brannen. Han forsøkte med et brannslukkingsapparat fra bilen og to apparater fra tunnelen (se figur 5.2), men disse hadde ikke tilstrekkelig kapasitet til å slokke brannen.



Figur 5.2: Førerens slukkingsforsøk. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen



Figur 5.3: Røyk i tunnelen. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen

Vegtrafikksentralen (VTS) for Region øst i Oslo fanget opp hendelsen kl. 1436 via videoovervåkingssystemet, og varslet umiddelbart politiet som igjen foretok trippelvarsling til brann og helse. Føreren ringte 112, og hadde også kontakt med VTS via nødtelefon i tunnelen. Engelskkunnskapene hans var ikke tilstrekkelige til å få utnyttet samtalen. I henhold til tunnelens beredskapsplan stengte VTS kl. 1438 rutinemessig tunnelen i begge retninger med varsellys og bomber. Kl. 1440 satte VTS ventilasjonsviftene i brannventilasjonsmodus. Brannen eskalerte, og i det vogntogets tilhenger tok fyr hørte føreren at tunnelens ventilatorvifter startet. Røyken og ventilasjonsluften fra brannen ble ledet 5,5 km mot tunnelåpningen på Hurumsiden, og tunnelen ble fylt med røyk med en hastighet på 2-3 m/s. VTS hadde gjennom sitt videoovervåkingssystem en viss oversikt over de trafikantene som befant seg inne i tunnelen før denne ble røyklagt».

Kommentarer knyttet til førers atferd, umiddelbar håndtering av situasjonen, varsling, og situasjonsforståelse

Her legger vi til grunn at Roadrunner blir varslet når AID detekterer hendelsen og føreren stiger ut. Kontakt med fører ville vært opprettet raskt og like etter at første drone var på åstedet, og vi antar at polsk informasjon gjennom Roadrunner er en opsjon i systemet. Eksakt informasjon om vogntoget og lasten kunne da vært sikret, gjerne gjennom Roadrunner. Da hadde VTS allerede sett situasjonen og de kunne anvende Roadrunner i evakueringssituasjonen. Bommene ville gått ned og dronene ville sannsynligvis fått ulike typer oppgaver.

To av dronene ville blitt sendt til skadestedet, som ville tatt fra 0-3 minutt. Det er også rimelig å anta at beredskapen i Oslofjordtunnelen ville vært organisert rundt selvdrekningsprinsippet, som da ville handlet om å få folk ut før røykproppen tok dem. Det betyr at brannventilasjonen ikke ville blitt iverksatt før etter at VTS/110/fagleder brann hadde manuelt kontrollert hvor mennesker befant seg og hva de gjorde.

Det ville betydd at en drone på hver side av brannstedet ville kontrollert røykutviklingen. Samtidig ville det vært avgjørende å sikre kontakt med fører av vogntoget for å instruere han om aktiv deltakelse i evakueringen. I dette tilfellet var det en polakk uten gode

engelskkunnskaper, slik at alternativ beslutning kunne være å få han ut i retning Drøbak, som han gjorde.

De andre dronene måtte sikret informasjon til øvrige trafikanter. I dette tilfellet var det flere tunge kjøretøy, hvor førerne valgte å sitte i sine kjøretøy. Disse personene, og flere av disse var norske, kunne fått i oppgave å styre evakueringen, dvs komme seg nedover til kjøretøyene som hadde stoppet opp. Tidligere varsling av disse ville gitt dem gode muligheter til å evakuere, hvor dronene både kunne være et kommunikasjonsverktøy – snakke direkte med og eventuelt sikre at mobilt nettverk fungerte. Sensorer for måling av gasser ville vært i aktivitet, samtidig som bilder ville blitt overført til nødetatene. En drone ville fulgt de bakerste menneskene, mens den andre ville sørget for at trafikanter med bedre tid snudde for å kjøre ut.

Det ville blitt en kontrollert evakuering hvor ventilasjonen først ville blitt iverksatt når tunnelen var tømt, eller når det var mennesker som ble innhyllet i røyk. Dronen som fulgte røykproppen ville da kunne måle konsentrasjoner av giftige gasser.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Detaljene i hendelsesforløpet, tidsmarginene.
- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes respons på mobile overvåkningsanlegg.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Roadrunner.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Dronenes tilgjengelighet, posisjon i Oslofjordtunnelen og overlevelsessevne i brannen.
- Roadrunners design for å innhente opplysninger fra Vegvesenets registre om kjøretøy i sann tid.
- Roadrunners design for å finne opplysninger om trafikanter, både fra registre og gjennom samtale, for eksempel knyttet til bevegelsehemming, etnisitet, helse, osv.
- Beredskapsledelse Vegvesen og nødetatenes kunnskap om og forståelse av menneskelige reaksjoner i krisefaser.
- Samvirke mellom nødetater på begge sider for å få observerte mennesker ut.

Tilbake til hendelsen:

«Føreren besluttet å evakuere og begynte å gå i kjøreretning mot Drøbak, i motbakke. Det utviklet seg store mengder røyk i tunnelen, og føreren måtte legge seg ned på asfalten for å få tilgang på oksygen.

Han lå der til det kom små tilsig av luft for å kunne fortsette flukten ut av tunnelen. Han ble etter en stund evakuert av et av politiets kjøretøyer².

Føreren hadde sikret transportdokumentene fra trekkbilen slik at brannvesenet kunne få informasjon om at det ikke var farlig gods i vogntoget.

Brannen inntraff 1 745 m fra Drøbaksiden, mens ventilasjonen førte røyken mot Hurumsiden. Dette resulterte i at den delen av tunnelen (5 591 m) som lå på Hurumsiden av brannstedet ble fylt med tett røyk og mange av trafikantene fikk problemer med å evakuere.

SHT anslår ut i fra innhentet informasjon at det befant seg 34 trafikanter fordelt på 21 kjøretøy i tunnelen da brannen oppsto. I følge VTS' tekniske logg foretok VTS kl. 1445 innsnakk via bilradio til trafikantene i tunnelen for å forklare situasjonen (dette ble også gjentatt i ettertid).

En del trafikanter klarte å vende om før de entret tunnelen, da det hadde vært en viss opphopning av biler som hadde kjørt bak en arbeidsmaskin i vogntogets kjøreretning. Imidlertid hadde også enkelte kjøretøy forsert bommen og kjørt inn i tunnelen på tross av stengning.

Av de 34 trafikantene var det 25 som etter hvert klarte å komme seg ut av tunnelen på egen hånd, hvorav 21 evakuerte mot Hurum. Trafikantene som evakuerte i bilene sine kjørte i svært tett røyk og uten sikt. De brukte derfor alle tre kjørefeltene i tunnelen, og en del biler kolliderte med hverandre eller med tunnelveggene. Det var også fare for påkjørsel av de trafikantene som hadde forlatt bilene sine og evakuerte til fots. SHT har fått opplyst fra en bilfører at vedkommende, i lav hastighet, kjørte på en person som «trillet over bilen».

Redningsmannskapet måtte bistå med å evakuere ni trafikanter. Gjennom intervjuer med to av de ni trafikantene som ikke kom seg ut ved egen hjelp har SHT fått en beskrivelse av situasjonen inne i tunnelen mens slokke- og redningsarbeidet pågikk. De to trafikantene kom kjørende i hver sin bil fra Hurumsiden i retning mot Drøbak, et stykke bak vogntoget. Den ene føreren møtte røykproppen et stykke opp i stigningen mot Drøbak og klarte å snu bilen til tross for minimal sikt. Den andre føreren har forklart at hun forsøkte å snu bilen etter å ha hørt melding på radio fra VTS om å evakuere tunnelen umiddelbart. Imidlertid klarte hun ikke å vende om på grunn av den tette røyken som i løpet av sekunder omhylltet bilen. Føreren forlot derfor bilen og beveget seg i retning mot Hurum til fots. Etter kort tid ble hun plukket opp av føreren som hadde lyktes med å snu bilen lengre fremme. Hun har beskrevet at sikten var så dårlig at hun ikke så hvem som satt ved siden av henne i bilen.

Bilen hadde etter hvert fem passasjerer om bord som var plukket opp underveis. Føreren av bilen forsøkte å kjøre i retning Hurum, men den tette røyken gjorde det svært vanskelig å navigere. Etter en rekke små kollisjoner med objekter inne i tunnelen, samt flere tilfeller av motorstans, valgte de seks som var i bilen å fortsette til fots. Situasjonen var nå preget av panikk og dødsangst.

Personene som gikk inne i den røykfylte tunnelen beskriver videre at det ikke var sikt i tunnelen og at de måtte føle seg frem langs tunnelveggen for å orientere seg. Etter en stund ble røyken så plagsom at det ble vanskelig å puste og bevege seg. Personene søkte tilflukt i to SOS-bokser, nr. 16 og nr. 21. Ved kontakt

² Njå & Kuran (2015) intervjuet 6 representanter fra nødetatene og der var det ingen som beskrev at de hadde plukket opp føreren, men de hadde møtt personen på veg ned med utrykningskjøretøyet fra brannvesenet uten å stoppe og da heller ikke å mottatt transportdokumenter. I den situasjonen var det ikke røyk oppstrøms brannen. Det hersker usikkerhet om Politiet i det hele var nede i tunnelen før hele situasjonen var avklart og alle trafikanter reddet ut.

med VTS gjennom SOS-telefonene ble personene bedt om å søke tilflukt mellom betongvelvingen og fjellet. Adgang til dette «rommet» fikk de ved å krabbe gjennom inspeksjonsluker som befant seg bak SOS-boksene.

Åtte av de totalt ni personene i tunnelen som søkte tilflukt i SOS-boksene kom seg inn mellom betongvelvingen og fjellet. En person ble igjen i SOS-boksen til redningsmannskapene ankom. I rommet mellom tunnelkonstruksjonen og fjellet var luften mindre røykfyllt og kjøligere. Imidlertid er disse rommene beregnet for de som skal inspisere tunnelkonstruksjon, og er i utgangspunktet ikke konstruert som evakuerings- eller tilfluktsrom da de ikke er røykfrie eller brannsikre. VTS fikk informasjon om hvor de ulike personene i tunnelen befant seg via nummereringen på SOS-boksene. I tillegg fikk VTS-operatøren oppgitt personalia slik at de til en viss grad hadde kontroll på personene som var fanget i røyken. Denne informasjonen ble videreformidlet fra VTS til ledelsen for rednings- og slokkearbeidet. Etter om lag to timer ble trafikantene evakuert av røykdykkere fra brannvesenet. De to trafikantene som SHT har snakket med opplevde evakueringen fra tilfluktstedene og behandlingen på sykehuset som profesjonell og effektiv. Begge personene ble behandlet for alvorlige røykskader».

Kommentarer knyttet til kommunikasjon med trafikanter under rømning fanget i røyk

I den kontrafaktiske hendelsesbeskrivelsen vil vi på dette tidspunktet anta at til tross for alle forsøk ville det fortsatt være noen som ble innhyllet i røyk uten å kunne evakuere. Det vil si at evakueringen ikke har fungert. Hvorvidt oppgaven da vil være å sørge for å styre trafikantene mot rømningssrommene (ukjent under hendelsen, men etablert nå), eller å be dem om å finne rom med best mulige luftforhold er litt uklart. Hvorvidt Roadrunner kunne transportere friskluft inn til trafikanter som er fanget er også usikkert, men absolutt en opsjon. Fra et redningsperspektiv er det viktigste at personellet kjenner til posisjonene og tilstandene til pasientene.

Roadrunner sin funksjon i dette tilfellet ville vært å lokalisere personer (posisjon) og å sikre kontinuerlig kommunikasjon mellom trafikanten og redningsenhetene. Vårt syn er at det kun vil være få mennesker i denne fasen, og at flere barrierer måtte ha sviktet underveis, inklusiv Roadrunner, i denne hendelsen for at det skulle vært flere personer å holde styr på her. I denne fasen er også ventilasjonsanlegget satt i full brannventilasjon for å redusere konsentrasjoner av giftige kasser og for å gi brannvesenet i Søndre Follo betingelser for å slukke.

Hvorvidt Roadrunner kunne designes for å eskortere kjøretøy i røyk er også et spennende spørsmål.

På det tenkte tidspunktet her er Roadrunner sin viktigste funksjon å gi tilstrekkelig informasjon til redningsmannskapene slik at de kan lokalisere trafikantene straks de beveger seg inn bak vogntoget. En slik situasjon kunne betydd at frisk luft ble fraktet inn til trafikantene med kontakt gjennom Roadrunner.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Helsetilstand på pasienter.
- Røykgassenes innhold, toksiner.
- Antallet trafikanter som vil stole på utstyret (erfaringene med at de beveget seg bak tunnelhvelvet viser at trafikantene går langt for å forbedre sin situasjon).
- Menneskelige reaksjoner i krisen, det å kommunisere de beste løsningene.

- Roadrunners effekt i røykgasser, presisjon i målinger og kommunikasjon.
- Koordinering mellom VTS/110 og redningslederne på skadestedet i bruken av Roadrunner.
- Medisinske vurderinger.

Tilbake til hendelsen:

«Oslofjordtunnelen har en utstrekning som gjør at den berører tre brannvesen. Det er Røyken, Hurum og Søndre Follo brannvesen (SFB). Ved behov kan brannvesenet søke bistand fra omkringliggende brannvesen på begge sider av Oslofjorden. Ved melding om brann/ulykke blir det foretatt trippelvarsling for redningspersonell på begge sider av tunnelen.

Det er på forhånd bestemt at fagleder brann ved SFB leder brannvesenets innsats i tunnelen. Direkte innsats mot ulykke-/brannstedet skal foregå fra Drøbaksiden ved SFB som har flest ressurser. Røyken og Hurum brannvesen har ansvar for innsatsen fra Hurumsiden, som i hovedsak omfatter redning og evakueringsarbeid. Hurum brannvesen møter i bunnen av rømningstunnelen på Hurumsiden, mens Røyken brannvesen møter ved tunnelinngangen (bommen) på Hurumsiden.

110-sentralen i Moss (Alarmsentral Brann Øst AS) ble varslet av VTS, deretter foretok de trippelvarsling, samt varslet 110-sentralen i Drammen (Vestviken 110 IKS). Vestviken har loggført alarmering fra Brann Øst kl. 1440. Utdalmering av SFB, Røyken brannvesen og Hurum brannvesen ble foretatt tilnærmet samtidig, kl. 1442.

Tidslogg for brann- og redningsvesenets innsats, basert på operative logger fra brannvesenet og samtaler med involverte. SFB startet slokkingsarbeidet straks de kom fram til brannstedet (kl. 1449 – syv minutter etter at de hadde fått melding om brannen), men måtte i en liten periode trekke seg noe tilbake da en gassflaske og vogntogets dekk eksploderte. Samtidig med slokkingen evakuerte SFB trafikanter som befant seg på Drøbaksiden av brannstedet. Da de etter rundt 45 minutter hadde kontroll over brannen, startet de sammen med Oslo Brann- og Redningsetat også søk på Hurumsiden av brannstedet. Søket fra Drøbaksiden fungerte tilfredsstillende, da røyken ble ventilert mot Hurumsiden.

Brannvesenet fraktet slokkevann til brannstedet med tankbiler, da tunnelens tilførselssystem for slokkevann (brannkummer) ikke blir brukt av brannvesenet. Totalt ble det brukt 20 – 30 m³ med vann/skum i forbindelse med slokkingsarbeidet.

Brannventilasjon (2-3 m/s) i retning fra Drøbak mot Hurum ble igangsatt av VTS i henhold til tunnelens beredskapsplan. Oslofjordtunnelen har langsgående ventilasjon og ventilasjonsretningen er predefinert uavhengig av lokalisering av ulykke-/brannsted i tunnelen.

Operatørene på VTS var oppmerksom på at det var relativt mange biler og mennesker inne i tunnelen. De avventet derfor noe før de startet viftene. Av hensyn til at brannvesenet må ha klar sikt for å drive effektivt slokkearbeid, ble viftene til slutt startet. Viftene ble i følge hendelsesrapport fra VTS startet kl. 1440 - ca. fire minutter etter at brannen ble oppdaget av VTS gjennom overvåkingskamera nr. 926.

Fagleder brann tok ansvar for ventilasjonen straks vedkommende ble koblet på saken. Det ble hele tiden gjennom innsatsarbeidet foretatt løpende vurdering av hvordan brannventilasjonen skulle benyttes og etter tilbakemelding om røyksituasjonen fra utrykningsleder Hurum ved rømningstunnelen ble det anmodet om full ventilasjonseffekt (5-6 m/s). I følge hendelsesrapport fra VTS ble full ventilasjon igangsatt kl. 1525.

Innsatspersonellet fra Røyken og Hurum fikk store utfordringer i sitt redningsarbeid grunnet de omfattende røykmengdene. De har beskrevet for SHT at utfallet har vært heldig ved at det ikke ble fatale konsekvenser av brannen. Røyken brannvesen kom fram til tunnelinnløpet ca. 10 minutter etter at de mottok varsel fra Alarmsentral Brann Øst. Tunnelen var på det tidspunktet røykfri på Hurumsiden. Fire røykdykkere (to røykdykkerlag) gikk raskt inn i tunnelen for å starte søk. Da de kom rundt 600 m inn i tunnelen møtte de «røykproppen» som beveget seg raskt mot Hurumsiden. De mistet brått all sikt, og etter en rask rådslaging bestemte de seg for å gå ut av tunnelen. Røyken i tunnelen var på det tidspunktet så tett at de hadde mistet muligheten til å orientere seg. De la derfor en rund gjenstand på veibanen for å se hvilken vei den rullet, slik at de visste hvilken retning som var oppover og ut av tunnelen.

Evakueringen ble foretatt langs tunnelveggene, både for å vite hvor de var og for å unngå å bli påkjørt av kjøretøy som kjørte mot Hurumsiden. For å holde kontakt med hverandre hadde røykdykkerne i hvert lag fysisk kontakt, men sikten var så begrenset at de ikke så hverandre. De klarte etter hvert komme seg ut av tunnelen, godt hjulpet av et infrarødt røykdykkerkamera. Røyken var da så tett også på utsiden av tunnelen at det ikke var mulig å se noe før de var rundt 50 – 60 m utenfor tunnelen. Innsatslederen besluttet at de ikke skulle gå inn i tunnelen før det var tilstrekkelig sikt til å gjennomføre søk på en sikker måte.

Røykdykkere fra Hurum brannvesen kom fram til rømningstunnelen (ca. 1 900 m fra tunnelåpningen på Hurumsiden) rundt 20 minutter etter at de hadde mottatt varselet. Da var det kun 10 – 20 cm sikt inne i tunnelens hovedløp. Det ble benyttet standard prosedyrer for røykdykking, men røykdykkerne benyttet et forlenget brannslangeutlegg på 100 m i stedet for 50 m. Dette begrenset røykdykkernes rekkevidde til rundt 100 m til hver side av innslaget for rømningstunnelen. Røykdykkerne opplevde at det var vanskelig å orientere seg ved hjelp av termokamera pga. liten eller ingen temperaturredifferanse mellom vei og tunnelvegger så langt inne i tunnelen (for å være effektivt må kamera oppfatte forskjell i temperatur i omgivelsene).

Mens de holdt på med søket hørte de biler passere i tunnelen uten at de hadde mulighet for å se dem, og de opplevde stor fare for å bli påkjørt. Da nødtelefonbokser og inspeksjonsluker innenfor denne rekkevidden var gjennomført ble røykdykkerne av sikkerhetsmessige grunner trukket tilbake. De gikk ikke inn i tunnelen igjen før det var tilstrekkelig sikt til at de kunne bevege seg fritt med medbrakt luft.

Flere ambulanser og helikoptre gjennomførte innsats på begge sider av tunnelen. Ambulansetjenesten var raskt på stedet, da et utrykningslag kom direkte fra en ulykke på E6 i Nordbytunnelen. Omfanget og potensialet i hendelsen ble oppfattet umiddelbart, og de ba om å få sendt flere ambulanser og ambulanshelikopter til begge sider av Oslofjordtunnelen. En «helsebuss» som passerte på E6 ble omdirigert til Drøbaksiden av tunnelen, slik at helsepersonellet hadde et sted å behandle de som kom ut av tunnelen.

Ambulanser ble kjørt inn til skadestedet for raskere å kunne frakte personer ut. Det ble foretatt en fortløpende vurdering av de som ble evakuert fra tunnelen. Trafikantene som var lettere skadet ble behandlet på stedet, mens de som ble vurdert til å ha alvorligere røykskader raskt ble sendt videre til akuttmottaket ved Ullevål sykehus. På Hurumsiden ble de tilsvarende vurdert og sendt til Drammen sykehus.

Omkring 120 personer var involvert i det operative redningsarbeidet i Oslofjordtunnelen. Politiet hadde 13 personer på Drøbaksiden og sju på Hurumsiden, mens brannvesenet hadde 23 personer på Drøbaksiden og 21 på Hurumsiden. Helsevesenet var fordelt med 27 på Drøbaksiden og ca. 30 på Hurumsiden.

Det digitale nødsambandet opplyses å ha fungert godt mellom nødetatene.

Trafikantene ble både fysisk og psykisk påvirket av den massive røykmengden som fylte tunnelen. Av de 34 trafikanter som evakuerte ut av tunnelen ble 32 transportert til sykehus for behandling, mens to ikke hadde behov for behandling».

Kommentarer knyttet til redningsaksjonen

Det er påvist en veldig uklar situasjonsforståelse mellom de tre innsatsenhetene, og da spesielt på Hurumsiden hvor brannvesenet entret den røykfylte tunnelen og utsatte seg selv for stor fare. Selv om kommunikasjonsmidlene på dette tidspunktet ville vært de samme er det all grunn til å tro at beredskapstenkningen gitt et installert Roadrunner-system og rutineene omkring redning ville vært helt annerledes, hvor nødetatene på den røykfylte sidene ikke ville ha entret tunnelen uten sikker kunnskap om hvorfor de eventuelt skulle gjøre det. Det vil si at nødetatene for seg selv ville hatt en nedskalert og mye mindre stressende situasjon.

Videre ville alle nødetatene hatt tilgang til bedre kunnskap via Roadrunner, VTS og 110-sentralen. Felles bilder og verktøy blant de ulike tjenestene ville frigitt mye ressurser til strategisk og taktisk planlegging, beslutninger og tilrettelegging av redningsoperasjoner. Roadrunner kunne sikret en kontinuerlig monitorering av røykgasser i områder nær trafikanter. Roadrunner ville gitt en langt bedre forståelse av brannventilasjonens effekt, som ville senket kompleksiteten til fagleder brann sine vurderinger og beslutninger i sann tid.

Samtidig ville de aller fleste trafikantene ha evakuert før røyken innhyllet dem, og dermed ville redningsaksjonen for nødetatene være kraftig redusert og spisset. Svakheterne i samvirket som ble demonstrert i brannen ville vært unngått. Triageringen og den helsemessige forberedelsen kunne vært langt bedre forberedt, med bedre kunnskap om den faktiske eksponeringen av pasientene.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Roadrunner.
- Effektiviteten av termokamera.
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn fra Roadrunner i redningsarbeidet.
- Roadrunners overlevelse i brann- og røyksituasjoner.
- Kommunikasjonen via Roadrunner til trafikanter og menneskelige reaksjoner i krisen med relevans for redningstjenesten.

5.2.2 Første brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 (SHT, 2015)

5.2.2.1 Generelt

«Gudvangatunnelen er en ettløpstunnel som ligger på E16 mellom Aurland og Voss. Tunnelen har en T8 tunnelprofil. Tunnelen er 11 428 m lang og ble åpnet for trafikk 17. desember 1991. Tunnelen har en

stigning på 3,5 % fra Gudvangen mot Aurland. Den har en høydeforskjell på ca. 300 meter mellom Gudvangen og høyeste punkt, som ligger 300 meter vest for tunnelåpningen ved Langhuso (på Aurlandsiden).

Fartsgrensen på hendelsestidspunktet var 80 km/t. Det var etablert automatisk trafikk kontroll (ATK), med to fotobokser i hver retning. I følge tall fra Statens vegvesen var ÅDT-verdien for Gudvangatunnelen i 2012 på om lag 2050 kjøretøy/døgn. Trafikkmengden varierer over året, med en topp i juli på 3760 kjøretøy/døgn. Det er også en markant økning i helgene som følge av helgeutfart. Gudvangatunnelen hadde i 2012 en tungbilandel på 25,2 %.

I følge beredskapsplanen datert 5. juli 2006 hadde tunnelen sikkerhetsutrustning³. Da det på åpningstidspunktet ikke var satt spesielle krav til sikkerhetsutrustning valgte Statens vegvesen å utruste den etter kravene i klasse B (Håndbok 021), fordi disse kravene lå nærmest det som gjaldt for tilsvarende tunneler på tidspunktet siste utgave av beredskapsplanen for Gudvangatunnelen ble utarbeidet.

Deler av tunnelen var dekket med PE-skum (Polyetylen) – til sammen 151 m². Dette PE-skummet ble i 2012 dekket med sprøytebetong. På brannstedet var det ikke PE-skum, men fjellet over kjørebane var sikret med nett og bolter.

Det var forutsatt at evakuering skulle foretas gjennom tunnelåpningene på Gudvangensiden og Aurlandsiden. Tunnelen hadde ikke andre rømningsveier. Tunnelen hadde ikke rømningslys, men det var informasjonsskilt på alle nødtelefoner som viste avstand til de respektive tunnelåpningene».

Antakelser om Roadrunner i Gudvangatunnelen – kontrafaktisk situasjon

Gudvangatunnelen hadde en veldig høy tungbilandel, en av fire biler var tungbil. I travle perioder vil det være mellom 500 og 900 tungbiler som ikke fordeler seg jevnt over døgnet. Hver bil vil være i tunnelen ca 15 min, og det vil dermed sette et sterkere krav til Roadrunner.

For å anslå etableringen av Roadrunner i Gudvangatunnelen på dette tidspunktet, som en hypotetisk hendelse kunne vi tenke oss at den var inspirert av brannen i Oslofjordtunnelen, egen risikoanalyse som illustrerte veldig analog brann og de pågående modifikasjonsprosjektene til Statens vegvesen. Roadrunner er et verktøy med funksjoner i den normale, daglige trafikkstyringen av tunnelen og som verktøy for å sikre en tidlig situasjonsforståelse hos alle aktørene involvert i mer alvorlige hendelser. Det betyr at en innføring av Roadrunner i Gudvangatunnelen ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-en i Bergen/Lærdal, de relaterte alarmsentralene i Sogn og Fjordane og i Hordaland, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene, ved at Roadrunner ville hatt en automatisk og mer hands-on overvåking av trafikken.

³ Tabellen beskriver at tunnelen hadde 18 havarinisjer (c/c 500 m), 6 snunisjer (c/c 2000 m), belysning 35 W lavtrykksnatrium lamper c/c 25 m, 90 vifter a 21 kW plassert i 4 grupper a 20 vifter og en gruppe på 10 vifter, avbruddsfri strømforsyning, 20 nødtelefoner c/c ca 500 m, 42 brannslukkingsapparat c/c 250 m, rødt stoppblinksignal, kommunikasjons- og kringkastingsanlegg og mobilnett (Telenor og Netcom).

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generell ekspertkunnskap hos vegeier. Tunnel-lengde er en viktig størrelse for å avklare mobiliteten av Roadrunner og man kan tenke seg minst fem droner plassert ut etter nærmere beskrivelse. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av Roadrunner vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som vegeier vil kunne designe opp Roadrunner for å være *mest mulig mobil* (trafikkere langs skinnen), *se* (termokamera, konvensjonelt kamera), *høre* (akustiske sensorer), *lukte* (sensorer for ulike definerte farlige gasser), *analysere data* (prosessorer, algoritmer, simulering), *melde tilbake* (nettverk, dataoverføring, presentasjon av resultater) og *snakke med omgivelsene* når eller like etter at avvik og farlige forhold inntreffer (bilde, lyd, tekst). Grensesnittet med VTS er en utfordring som må avklares for hver tunnel. I Gudvangatunnelen ville dronene være koplet opp mot VTS og med kopling til 110 for å gi tidlig informasjon ved branntilløp. I tillegg vil det være kamera i begge ender som kunne vært designet for å registrere varmgang og stoppe kjøretøy før entring.

Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen. Det betyr en sløyfe med 5-6 droner som patruljerer tunnelen, hvor minimum 5 droner vil være tilgjengelig til enhver tid. Den relativt lange tunnelen ville dermed hatt en lengre avstand til åstedet ved ugunstige forhold, som kunne gitt en responstid på opp mot tre minutt.

5.2.2.2 *Hendelsen inklusiv kommentarer*

«Kl. 0930 den 5. august 2013 startet et polsk vogntog fra Bergen med retning mot Malmø i Sverige. Vogntoget hadde losset gods i Bergen, og var tomt da det returnerte sammen med et annet polsk vogntog som også skulle til Malmø. Førerne av vogntogene hadde radiokontakt med hverandre og fulgte E16 østover. Da de nærmet seg Vinje, ca. 20 km. vest for Voss stoppet de, da den ene føreren mente at han så røyk fra det andre vogntoget. Etter en kort stopp kjørte de videre da de konkluderte med at den angivelige røyken var damp fra eksosrøret siden de kjørte på en regnvåt vei.

Da de kom til Gudvangen stoppet vogntogene på bensinstasjonen som lå ved inngangen til Gudvangatunnelen. Her drakk de kaffe og fylte opp vannflasker før de fortsatte ut på E16 og kjørte inn i Gudvangatunnelen i retning mot Aurland. Ca. 6 kilometer inne i tunnelen merket føreren av vogntoget at han mistet kraften i motoren. Etter ytterligere 2 kilometer måtte han stanse. Han kjørte da ut til høyre, slo på varselblikkeren og gikk ut. Da oppdaget han flammer under førerhyttens venstre side. Føreren prøvde først å slukke brannen med et 6 kilo brannslukningsapparat som han hadde i bilen, men klarte det ikke før dette var tomt. Han prøvde deretter å få tak i andre brannsluknings-apparater, men ingen av bilene som var i nærheten hadde det tilgjengelig. Det var heller ingen brannslukningsapparat i tunnelen i nærheten av det stedet vogntoget hadde stoppet. Føreren ba personene som var i de nærmeste bilene om å varsle politi, ambulanse og brann.

Vogntoget som brant stoppet i østgående kjørefelt (i retning mot Aurland) ca. 2880 meter før tunnelutgangen mot Aurland. Vogntoget hadde da tilbakelagt en strekning på ca. 8500 meter inne i Gudvangatunnelen. Føreren kjørte vogntoget ut mot høyre før det stoppet.



Figur 5.4: Vognetoget i en tidlig fase av brannen. Foto: Monika Blikås (SHT, 2015)

Brannen utviklet seg raskt, og i løpet av kort tid var vognetoget overtent og tunnelen begynte å bli fylt med tykk svart røyk. Føreren valgte da å søke tilflukt i en buss som hadde stoppet et stykke bak vognetoget.

Ca. kl. 1200 ble brannen varslet fra innringer/trafikanter til alarmsentralen 110 i Sogn og Fjordane (110SF). 110SF iverksatte umiddelbart (ca. kl. 1202) full alarm til Aurland brannverns stasjoner i Aurland og Gudvangen. Vakhavende i Aurland kvitterte på mottatt melding, fikk vite at det var brann i et vogntog og rykket umiddelbart ut til tunnelen. 110SF iverksatte deretter trippelvarsling til helse og politi.

Samtidig som 110SF iverksatte trippelvarsling fikk AMK-sentralen i Førde nødmelding fra innringer om branntilløp i vogntog i Gudvangatunnelen. Innringer hadde kjørt i retning fra Flåm mot Gudvangen og sett røyk og flammer fra vogntoget da han passerte det sammen med andre biler og en polsk buss. Disse bilene fortsatte i retning mot Gudvangen uten å stoppe.

Ca. kl. 1203 fikk Vegtrafikksentralen (VTS) hos Statens vegvesen i Region vest, som har ansvaret for styring av de tekniske installasjonene i Gudvangatunnelen, varsel fra 110SF om å stenge tunnelen. Politiet i Sogn og Fjordane har registrert mottatt trippelvarsling kl. 1204. 110SF informerte samtidig politiet om at VTS og AMK var varslet. Kl. 1205 iverksatte AMK Førde ambulansalarm i Lærdal og informerte kommunelegen i Aurland.

I følge trafikktegninger var det kl. 1158 totalt 58 kjøretøy inne i Gudvangatunnelen – 43 i retning mot Aurland og 15 i retning mot Gudvangen. Umiddelbart før tunnelen ble stengt hadde det kommet ytterligere 18 kjøretøy inn fra Gudvangensiden. SHT hadde ikke oversikt over eiere av og trafikantene i alle kjøretøyene, og SHT konsentrerte undersøkelsen omkring de trafikantene som ikke kom seg ut, fanget av røyken inne i tunnelen.

Verken politi, brannvesen eller helse har loggført eksakt antall trafikanter og tidspunkter underveis i evakueringen. På grunnlag av mottatt informasjon kan 67 trafikanter redegjøres for i tunnelen – 47 av disse kom ut på Aurlandsiden av tunnelen og 20 kom ut på Gudvangensiden av tunnelen».

Kommentarer knyttet til kjøretøyets atferd, umiddelbar håndtering, varsling, og situasjonsforståelse

Hendelsesforløpet ved at de to vogntogene stoppet for hvil i Gudvangen og startet opp og kjørte nesten direkte inn i tunnelen, ville høyst sannsynlig bidratt til at det farlige kjøretøyet ikke ville blitt oppdaget av et termokamera utenfor tunnelen. Kombinasjonen av to polske vogntog kunne gjort at Roadrunner identifiserte en risikosituasjon. På dette grunnlaget kunne det bli satt inn eskorte av lastebiler, men en slik rutine er usikker. Trafikken i sommermånedene er høy og andelen tunge kjøretøy også, slik at Roadrunners funksjon måtte vært tilpasset forholdene. Det er snakk om systemets kapasiteter. Vi kan tenke oss at Roadrunner ville hatt settpunkt på:

- Unormal trafikk – opphopning av kjøretøy
- Store energimengder i kjørebane (> 50 MW), dvs tungbiler/vogntog og oppover i tett trafikk
- Farlig gods
- Avvikende kjøring – for tett opp til andre kjøretøy, i feil kjørebane, stopp, med mer
- Varmeregistrering
- Røykutvikling
- Gasskonsentrasjoner - avvik
- Hastighetsavvik
- Merknader knyttet til kjøretøyet

Hvorvidt dronene ville avdekket tilløpet til brann inne i tunnelen er høyst usikkert, det måtte i tilfelle ha vært ved passering av dronene. Imidlertid er sjansen for at situasjonen ville vært avdekket før brannen fikk utvikle seg betydelig høyere enn i den reelle situasjonen. Konfigurasjonen av droner vil styre responstiden fra en situasjon var identifisert til nærmeste drone var på stedet, maks fire minutter. Kritisk fase er de første ti minuttene etter at vogntoget har stoppet og da må Roadrunner-systemet utnyttes maksimalt. De første nødetatene kom ikke til tunnelåpningen på Aurlandsiden før det var gått 25 min. siden vogntoget stanset. En effektiv styring av Roadrunner ville gitt trafikantene en tydelig situasjonsvurdering, som med høy sannsynlighet hadde forhindret de opplevde skadene.

Ut fra de registrerte kjøretøyene og deres antatte posisjon, ville VTS kunne iverksette en varsling av trafikk på vei mot ulykkesstedet, med lyd, varsellys og rød stripe i veibanen. Hurtig radioinnsnakk og bruk av kommunikasjonsmuligheter med trafikantene kunne vært iverksatt basert på pålitelig informasjon. VTS og redningstjenesten kunne stoppet bilene før de kom for nær brannstedet, og bidratt til iverksatt selvredning. Alle dronene ville vært i funksjon, hvor utgangsposisjon ville avgjøre rollen, for eksempel dersom det var fire droner på Gudvangen-siden og to på Aurlandsiden, så ville en av dronene fra Aurland bevege seg nær arnestedet, mens en informerte trafikanter på veg inn. Tilsvarende ville skjedd på den andre siden, hvor kontakt med fører av vogntoget og øvrige trafikanter ville vært hovedmålet. Prosedyrene ville vært tilpasset situasjonen i et samvirke mellom VTS og 110/brannsjef.

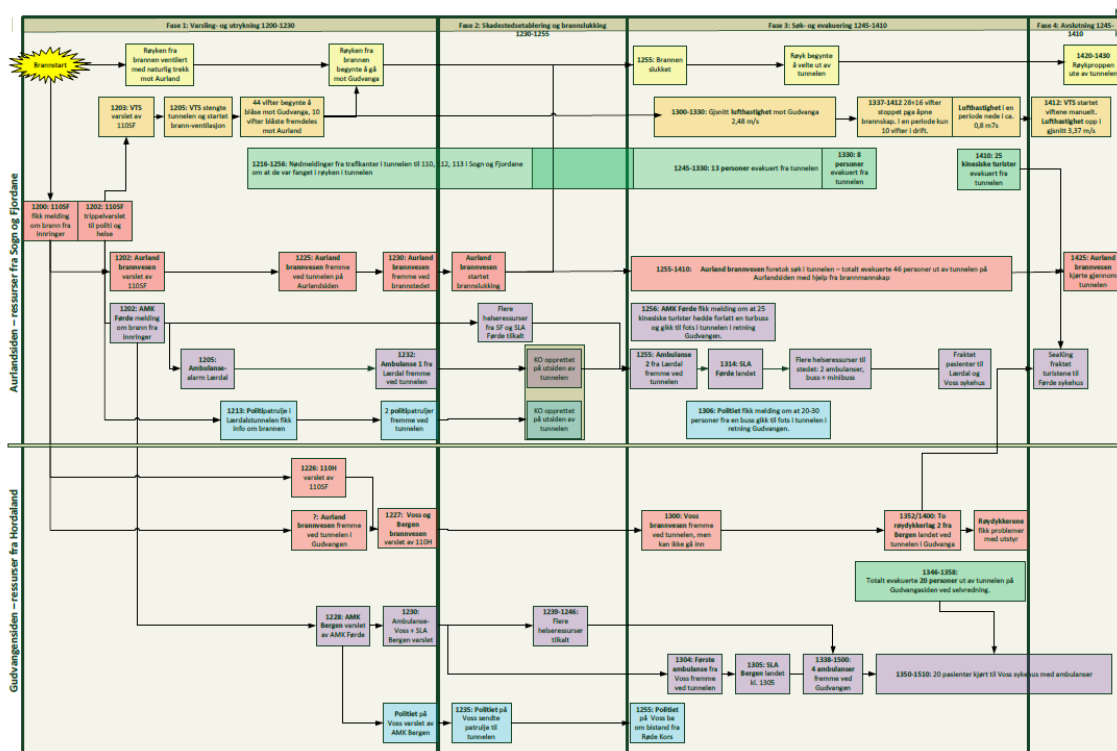
Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper og evne til å kommunisere (etnisitet).
- Trafikantenes respons på mobile overvåkningsanlegg.
- Roadrunners tilgjengelighet og deteksjonsevne.
- Trafikantenes tillit til informasjon gitt av Roadrunner.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Roadrunner.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Dronenes tilgjengelighet og overlevelsessevne i brannen.
- Kvaliteten av inspeksjons- og vedlikeholdsprogrammet av teknisk utrustning.
- Kriseledelse i de tidligste fasene.

Tilbake til hendelsen:

«Kl. 1226 mottok alarmsentralen 110 Hordaland (110H) melding om brannen i Gudvangatunnelen fra 110SF. 110H varslet umiddelbart videre til Bergen brannvesen og Voss brannvesen, som kl. 1229 kvitterte på mottatt melding. Kl. 1228 varslet AMK Førde videre til AMK Bergen. Deretter ble luftambulanse (SLA Førde) varslet. Etter dette ble flere helseressurser fra Sogn og Fjordane tilkalt. Kl. 1230 varslet AMK Bergen luftambulanse (SLA Bergen) og ambulanse på Voss. AMK Bergen kontaktet også politi og brannvesen på Voss. I tidsrommet kl. 1239-1246 ble Voss sykehus, kommunelege på Voss og Haukeland sykehus varslet med hensyn til potensielt mottak av pasienter. Etter dette ble flere helseressurser fra Hordaland og Voss tilkalt.

Kl. 1235 meldte politiet på Voss til 110H at de sendte en patrulje til skadestedet ved Gudvangen. Kl. 1255 varslet politiet på Voss Røde Kors, og ba om bistand. Alle tidspunkter som gjengis i denne rapporten er systematisert på tidslinjen.



Figur 5.5: Tidslinje av hendelsesforløpet (SHT, 2015 – vedlegg B)

I henhold til tunnelens beredskapsplan og innsatsplan for VTS, iverksatte VTS-operatøren umiddelbart manuell stenging av tunnelen da de ble varslet om brannen. Stengingen ble gjort ved aktivering av blinkende røde lys utenfor tunnelen. Det var ikke montert bomber på utsiden av tunnelen.

Kl. 1205 startet VTS brannventilasjonen⁴ i tunnelen, og umiddelbart etter dette ble brannen lokalisert til 3,05 km +/- 250 m fra tunnelåpningen på Aurlandsiden, da brannslukningsapparat i brannskap BS 133 ble fjernet. Gudvangatunnelen hadde langsgående ventilasjon og ventilasjonsretningen ved brann var i henhold til beredskapsplanen forhåndsbestemt til å gå i retning fra Aurland mot Gudvangen, med en hastighet på 1 – 2 m/s. Dette gjaldt uavhengig av lokalisering av hendelse-/brannsted i tunnelen. Retningen var fastsatt med bakgrunn i at direkte slokkeinnsats mot hendelse-/brannstedet skulle foregå fra Aurland brannvern, som hadde kortest utrykningstid til tunnelen.

Teksten under er utdrag fra SINTEFs rapport⁵. Trafikantenes opplevelser kan på grunnlag av samtalene deles inn i tre opplevelsperioder hvor trafikantene;

- ikke opplevde at de var i fare,
- følte uro eller usikkerhet,
- følte at de var i fare/dødsangst.

⁴ Den ventilasjonsretningen og -hastigheten som er beskrevet i beredskapsplanen i forbindelse med ventilering av tunnelen ved brann. Denne definisjon brukes også av brannvesenet og VTS.

⁵ SINTEF gjennomførte datainnsamling som involverte 57 av de 67 som var fanget av røyken. Ni telefonintervjuer (noen ganger mer enn en person), ett ansikt til ansikt, tre besvarte spørsmål på epost (32 personer), samt beskrivelsen av en gruppe på 25 turister inklusiv sjåfør.

Både de norske og utenlandske trafikantene har gitt en god beskrivelse av hvordan de oppfattet situasjonen i de enkelte fasene.

Fase 1 og 2 -trafikantene opplevde ingen fare.

Flere av trafikantene reagerte på at møtende biler blinket med lysene. Noen møtende biler kom med nødblink på. Trafikantene registrerte etter hvert at hastigheten ble redusert før bilene foran stoppet helt opp. De regnet med at det var en midlertidig trafikal stans. En del av bilene som ble stående i køen begynte å snu og kjører tilbake i samme retningen som de kom inn i tunnelen. Det var på dette tidspunktet ingen uro hos de trafikantene som var inne i tunnelen. Noen av de utenlandske turistene diskuterte farenivået med lange tunneler, men forventet at sikkerhetsnivået var i henhold til europeiske normer.

Fase 3 og 4 – trafikantene følte uro

Trafikantene begynte å føle uro da de forsto at noe unormalt var på gang. Personene i de bilene som sto lengst bak i køen gikk ut for å se hva som foregikk, men ingen av disse så hva som skjedde. De som sto nærmest vogntoget så at det brant. En del av disse kjørte forbi det brennende vogntoget, mens andre prøvde å snu og returnere mot Gudvangen. Flere av bilene som sto i køen hadde tilkoblet tilhengere eller campingvogner. Disse hadde problemer med å snu eller koble fra tilhengerne. Etter hvert hørtes det kraftige drønn som sannsynligvis kom fra vogntogets dekk som eksploderte på grunn av varmen.

Flere biler prøvde etter dette å snu og returnere. Det begynte nå å bli kaotisk da de fleste forsto at situasjonen begynte å tilspisse seg og at de kunne få problemer med å komme ut av tunnelen.

Fase 5 – følte at de var i fare

Plutselig kom røyken, og sikten og orienteringsevnen ble redusert. En sier at "røyken kom som sluppet ut av en sekk, nærmest som et snøras". Det oppsto nå et kaos der biler krasjet inn i hverandre, inn i tunnelveggen og folk ropte og skrek. Mange beskrev at det oppstod frykt, panikk og fullstendig kaos. Etter hvert som situasjonen med den tette røyken utviklet seg, valgte noen å bli i bilen mens andre valgte å forlate bilen og bega seg på veg tilbake mot Gudvangen der de kom fra. De som gikk ut famlet seg langs tunnelveggen med den ene hånden og et tøyestykke over munn og nese. De gikk i sikksakk på grunn av redusert eller manglende orienteringsmulighet. De slo seg i den ujevne tunnelveggen, skrapte seg opp og snublet i den ujevne veiskulderen».

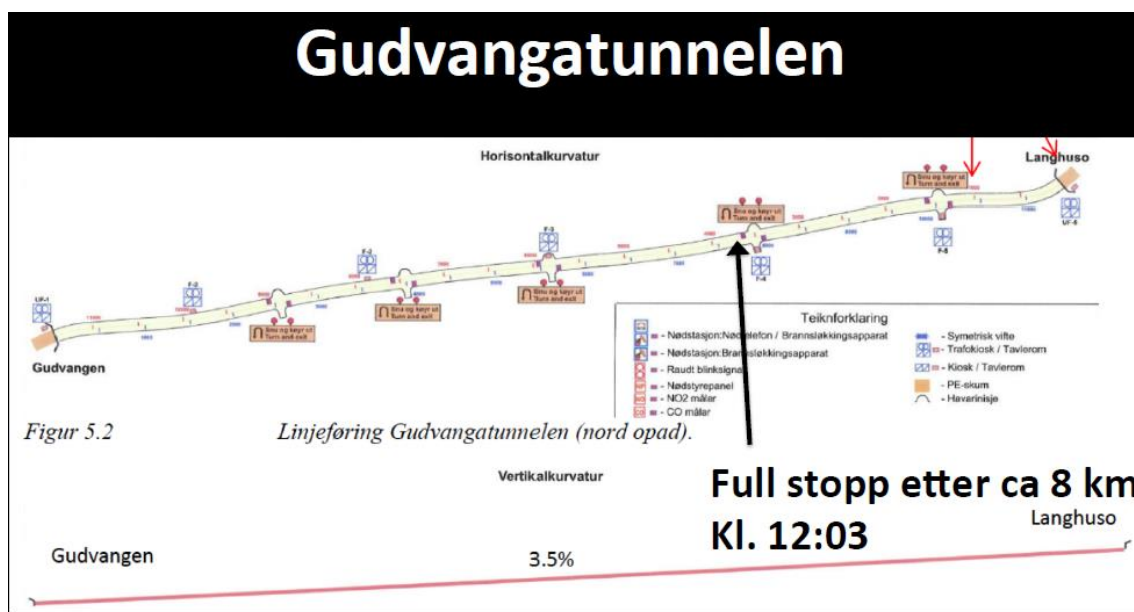
Kommentarer knyttet til trafikantenes perspektiver i grønn og gul fase

SHTs beskrivelse over aktørene viser et stort antall enheter som alle hadde behov for kunnskap om hendelsen. Det fikk de ikke, og SHTs flytdiagram (STEP) viser at flere aktører ikke var på plass før etter mer enn en time etter at det var varslet om brann. Roadrunner som effektivt kommunikasjonsverktøy ville blitt utnyttet i denne fasen, hvor trafikantene fortsatt var i grønn og gul sone. Det vil si at selv om det er viktig å gi nødtjenestene nødvendig informasjon er det de gylne 10-15 minuttene ift til trafikantene som må styre designet av det mobile informasjons- og kommunikasjons-systemet. En bedre styring av brannventilasjonen ville gitt handlingsrom til å identifisere og kontrollere evakueringen av trafikantene.

Dersom vi legger til grunn Einar Morlands beskrivelse av situasjonen de opplevde (Morland, 2016), får vi en øyenvitnebeskrivelse av en trafikant som gjennomlevde alle

fasene som ble beskrevet av Statens havarikommisjon for transport. I disse fasene hersket det stor usikkerhet blant trafikantene, usikkerheter som i den grønne fasen (fase 1 og 2) ikke trigget noen større bekymring. Her ville Roadrunner bidratt til en kjapp og tydelig informasjon om evakuering, hvor Roadrunner og VTS ville hatt minst fem minutter med intens varsling av trafikantene til rådighet.

Morland har sannsynligvis vært i røykproppen fra han startet evakueringen til han kom seg ut (de var i alt 11 personer), dvs bilen fulgte proppen som gjerne var hendelsens sterkeste eksponering av røykgasser, dog uten at disse trafikantene hadde høyere forbruk av luft som følge av fysiske anstrengelser, som for eksempel de som gikk på egenhånd.



Figur 5.6: Bilde fra Einar Morland sin presentasjon på konferanse på Sola (Morland, 2016)

Basert på rapportene etter hendelsene og emailkorrespondanse med SHT tolker vi «krisefasene» slik:

- Grønn sone er fra kødannelsen til bekreftet brannhendelse (eller ulykke)
- Gul sone vil vi anta er fra bekreftet ulykkehendelse til konkret fare (røyk)
- Rød sone er tiden etterpå, som varte veldig lenge - dog heldigvis uten cyanid.

Det er usikkert om 12:00 er riktig tidspunkt for beregningen knyttet til starten av grønn sone. Det er ingen som har klart å tidfeste når det stoppet opp i trafikken, og hvor de som kom seg ut stod. Det er imidlertid vår referanse for initiering av Roadrunner.

Fremme ved lastebilen er det full fyr i grønn sone, men informasjonen om evakuering flyter ikke bakover blant trafikantene som står i kø eller er i ferd med å ta seg til køen. Radioinnsnakket virket ikke. VTS kunne fått full innsikt i hendelsen gjennom Roadrunner og bearbeidet/styrket informasjonen til trafikanter som var avventende. Biler som allerede sto i umiddelbar nærhet av ulykkesbilen ville kunnet få råd om å kjøre forbi ulykkesstedet, eller om å snu. Evakuering kunne startet umiddelbart basert på riktig

informasjon fra VTS. Her kunne VTS/110-sentralen brukt andre medtrafikanter i evakueringen som måtte iverksettes.

I gul sone, som er en forlengelse av grønn sone, og som i tid vil variere fra trafikant til trafikant, er selve situasjonsforståelsen det avgjørende spørsmålet. Hvordan få folk til å gjenkjenne farepotensialet? Det er snakk om få sekunder dersom trafikantene ikke har sett faren før røyken kommer over dem. Også her ville Roadrunner sikret tiden for trafikantene, ved tidlig og spesifikk informasjon. Med stor sannsynlighet ville Roadrunner bidratt til at trafikantene unngikk evakuering til fots i tunnelen, ved å evakuere bilene tidlig nok. VTS/110-sentralen/fagleder brann ville også hatt bedre mulighet til å dirigere redningsmannskaper til områdene hvor det befant seg mennesker. De som eventuelt gikk ut av bilene ville likevel kunne bli lokalisert og kommunisert med.

Det er grunn til å tro at VTS/110-sentralen ville ved hjelp av Roadrunner fått alle trafikantene i Gudvangatunnelen til å iverksette effektiv selvredning, før de ble innhentet av røyken.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper og evne til å motta informasjon (språk).
- Trafikantenes tillit til Roadrunner.
- Roadrunner som kommunikasjonsverktøy.
- En veldig ulik samling av trafikanter – sosial påvirkning.
- Trafikanter som valgte å sitte i egne biler er i liten grad studert for å avklare hva slags informasjon som skulle fått dem til å forsøke evakuering.
- Kriseledelsens handlinger.

Tilbake til hendelsen:

«Røyken og ventilasjonsluften fra brannen ble ledet 8,5 km mot tunnelåpningen på Gudvangensiden, og tunnelen ble fylt av røyk med en hastighet på rundt 2 m/s. Skilt med «Snu og køyr ut» plassert inne i tunnelen ble ikke aktivert på grunnlag av meldingen som kom umiddelbart etter kl. 1205, fordi VTS ikke fikk bekreftet brannsted fra 110-sentralen/brannvesenet. Dette ble først gjort da fagleder brann bekreftet brannstedet ved å fjerne brannslukningsapparatet i brannskap BS 134 kl. 1244.

Flere trafikanter som ringte inn nødmeldinger til alarmsentralene i Sogn og Fjordane (brann, ambulanse og politi) beskrev en kritisk situasjon for de som oppholdt seg i den røykfylte tunnelen. Det ble gjennomført intervju/samtaler med representanter for 57 av de 67 personene som måtte evakuere. I tidsrommet 1200-1320 fikk de forskjellige nødsentralene flere telefon- og nødsamtaler fra trafikanter som var inne i Gudvangatunnelen. I 110SF sin logg ble det registrert en spesifikk innringer (varsel om brann kl. 1200), og at det løpende var mange innringere fra tunnelen. I politiets logg ble det registrert totalt fire innringere.

Den første nødmeldingen om stor røykutvikling fra en trafikant i tunnelen ble registrert kl. 1216 hos AMK Førde. Innringer var omtrent midt i tunnelen sammen med flere andre biler. Vedkommende beskrev at

de ikke klarte å komme seg videre på grunn av tett røyk. AMK ga råd om at de skulle holde seg i bilen og stenge ventilasjonen. Politiet registrerte første nødmelding kl. 1223. Innringer var en tysk sjåfør med totalt fem personer i bilen, inkludert barn. Politioperatøren hadde kontakt med vedkommende frem til kl. 1239. Bilen kjørte i retning fra Gudvangen mot Aurland/Flåm. På anmodning fra 110SF hadde bilen klart å snu mot Gudvangen, men kolliderte til slutt og kom seg ikke videre.

Den neste nødmeldingen fra en trafikant til AMK Førde ble registeret kl. 1224. Innringer hadde problemer med å puste og hadde kjørt i tunnelveggen og kom ingen vei. Kl. 1233 fikk politiet en nødmelding fra et fransk par med to barn som gikk til fots i tunnelen og ikke klarte å orientere seg. I tidsrommet kl. 1234-1339 hadde politiet løpende kontakt med en norsk bilfører i tunnelen med to barn i bilen. Vedkommende klarte å snu bilen i retning Gudvangen og forsøkte å ta seg videre. Innringer informerte politiet om at de kunne observere omtrent 30 personer gående til fots i tunnelen. I tidsrommet mellom kl. 1238-1239 kom det ytterligere to andre lignende nødmeldinger til AMK.

Kl. 1246 mottok VTS den første meldingen fra en trafikant via tunnelens nødtelefon. Kl. 1253 kom nødmelding til politiet fra innringer med barn på syv år som gikk langs tunnelveggen i retning utgangen mot Gudvangen. Kl. 1256 kom melding til AMK om at 24 kinesiske turister hadde forlatt en turbuss og gikk til fots i tunnelen i retning Gudvangen. AMK ga beskjed om at brannvesenet var på vei fra begge sider. Siste innringer (kl. 1320) til politiet var en av de første bilene som hadde klart å snu og kjøre ut av tunnelen.

Alle opplevde situasjonen som svært dramatisk og ga uttrykk for at: "vi trodde ikke vi ville komme levende fra dette", "jeg hadde dødsangst, men ikke panikk og holdt datteren i hånden hele tiden", "vi manglet luft og var sterkt bekymret for at vi ikke ville overleve", "ble roligere etter hvert, men tvilte på at vi ville overleve", "vi trodde vår siste time var kommet", "vi var veldig slitne, undertrykte redselen og fokuserte på å komme oss ut", "vi trodde vi var fortapt, men kom oss opp og fortsatte", "ble mer og mer tungpustet og var bekymret for at vi ikke skulle komme oss ut i live".

En familie gikk med faren først og de andre fulgte hånd i hånd etter han. Faren følte seg fram langs tunnelveggen med en hånd og holdt en ryggsekk i den andre. Han slo seg kraftig mot tunnelveggen flere ganger. En gang så hardt at han fikk hjernerystelse, kastet opp, var forvirret og begynte å gå feil vei. En utenlandsk familie med tre barn valgte å forlate bilen for å evakuere til fots. Like etter at de gikk ut av bilen forsvant to av barna (13 år og 4 år) i røyken, og moren og faren fant dem ikke igjen. Foreldrene tok det tredje barnet (10 år) mellom seg og begynte å gå mot Gudvangen. Etter å ha gått i noe over en og en halv time, og tilbakelagt en strekning på rundt 8 kilometer med minimal sikt og i tett røyk, kom de ut av tunnelen i Gudvangen. De var da helt nedsotet og utmattet. På det tidspunktet visste de ikke hvor de to andre barna var eller hvordan det var gått med dem. De fikk etter hvert informasjon om at de hadde kommet ut av tunnelen på Aurlandsiden, og var tatt hånd om og befant seg på Lærdal sykehus.

Mange ga uttrykk for at de hadde forventet å møte redningspersonell på et tidligere tidspunkt og ikke først da de nesten var ute av tunnelen. Ett av de norske parene snakket med en tysk familie som var sjokkert over sikkerheten i tunnelen. De fleste av de som ble fanget i røyken har etter beskrivelsene de har gitt vært utsatt for store belastninger og sterke inntrykk. Flere av de utenlandske turistene mente at

- det burde etableres evakueringsrom
- internasjonale normer for tunneler måtte respekteres
- det måtte være nok oksygen tilgjengelig
- de som evakueres må få hjelp av redningsmannskaper underveis og proffe folk utenfor tunnelen for å ta i mot dem

Konklusjonen i rapporten viser at:

1. Blant trafikantene som ble behandlet for røykskader på sykehus etter brannen i Gudvangatunnelen den 5. august 2013 hadde 23 alvorlige skader og 5 meget alvorlige skader.
2. Sot og kullos (karbonmonoksid) bidro vesentlig til sykdom hos trafikantene. Cyanid (blåsyre) ble ikke påvist i blodprøver og klinisk var det heller ikke holdepunkter for alvorlige tilfeller av cyanidforgiftning.
3. Ung alder og god helse var trolig medvirkende årsaker til at liv ikke gikk tapt under brannen.
4. Trafikantene med de mest alvorlige symptomene hadde lengst opphold utenfor bil og høyest grad av fysisk anstrengelse i tunnelen.
5. Et forlenget opphold i tunnelen ville trolig satt minst fem av trafikantene i akutt livsfare.

For de øvrige 39 av de 67 trafikantene som ble fanget i røyken inne i tunnelen foreligger ikke tilgjengelig journal fra prehospital behandling. Rapporten konkluderer med at det for disse må antas at det forelå et større antall med lettere skader. I rapporten er det også laget en skjematisk oversikt over skadeomfang i forhold til evakueringsmåte. Den indikerer at de som har evakuert hele veien til fots er alvorligere skadet enn de som hele eller deler av tiden har oppholdt seg i kjøretøy.

Vurdering av skadegrad er iht. rapporten gjort med bakgrunn i de definisjonene som er gitt i Statistisk sentralbyrås (SSB) skadestatistikk for Veitrafikkulykker. Med bakgrunn i dette ble totalt 28 personer hardt skadet i henhold til SSBs definisjoner i forbindelse med brannen i Gudvangatunnelen».

Kommentarer knyttet til evakuering

Det var 67 personer som var innhyllet i røyk i denne hendelsen. Informasjonen tilfløt ikke trafikantene og den informasjonen som kom var ikke konsistent. VTS og 110-sentralene ville umiddelbart hatt korrekt angivelse av skadestedet og omfanget av dette. I denne fasen fantes både gående, kjørende og trafikanter som stod i ro. Det var rød sone og trafikantene var i ferd med å bli traumatisert. Studiene gjort i forbindelse med SHTs undersøkelse har sett på 28 pasientjournaler, begrenset til fysisk påvirkning av røykgasser. Andre typer stressreaksjoner er i liten grad studert ift de 67 pasientene som ble innhyllet i røyk.

Roadrunner ville ha bidratt til at evakuering kunne skjedd før røykproppen nådde trafikantene. Vi mener at det er høyst sannsynlig at trafikantene ville evakuert i grønn sone og i enda større grad i løpet av gul sone. Korrekt situasjonsforståelse var det store problemet i hendelsen, hvor det i liten grad var kontakt mellom de som visste og de som ikke visste. Denne funksjonen ville Roadrunner ha dekket, selv om trafikantenes etniske bakgrunn ikke var norsk og at språket var et problem. Dersom det hadde vært noen trafikanter som ble innhyllet i røyk ville også Roadrunner for dem sikret kontinuerlig kommunikasjon, som enten kunne eskortert dem ut eller bidratt til den mest helsebevarende løsningen.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Andelen trafikanter som ville bli dekket/informert av Roadrunner.

- Sosialt ansvar for evakuering blant trafikanter som kommuniserer gjennom Roadrunner, via VTS.
- Kjøretøyenes plassering og mulighet for å snu for selvredning.
- Krisekommunikasjonen mens det ikke var røyk.
- Krisekommunikasjon etter at trafikantene var innhyllet i røyk.
- Brann- og redningstjenestens bruk av Roadrunner.

Tilbake til hendelsen:

«Umiddelbart etter at brannen i vogntoget ble varslet rykket alle nødetatene ut. Aurland Brannvern ba om bistand fra Lærdal, Voss og Bergen brannvesen umiddelbart etter utrykning. Helse Førde ba i tillegg om assistanse fra Helse Bergen. Følgende gjengis i forbindelse med redningsetatenes utrykning til Gudvangatunnelen:

- Aurland brannvern ankom tunnelåpningen på Aurlandsiden med tre biler og ni personer ca. kl. 1225. Samtlige biler og personer kjørte direkte inn i tunnelen, og var framme ved brannstedet kl. 1230.
- Ambulanse fra Lærdal ankom tunnelåpning på Aurlandsiden kl. 1232. De ventet på klarering fra brannvesenet til å dra inn i tunnelen.
- En politipatrulje som var i Lærdaltunnelen fikk kl. 1213 informasjon om brannen, og kjørte utrykning til Gudvangatunnelen. Da de kom fram til tunnelåpningen på Aurlandsiden var allerede personell fra AMK der.
- KO (Kommandoplass-innsatsledelsens plassering på skadestedet) ble opprettet på utsiden av tunnelåpningen på Aurlandsiden.
- Skadestedsledelse fra politiet og AMK befant seg i KO. Det var ingen representanter fra brannvesenet i KO, da skadestedsleder fra brannvesenet valgte å oppholde seg ved brannstedet og lede innsatsstyrken fra dette stedet for å ivareta sikkerheten til innsatspersonellet fra brannvesenet som var i aksjon inne i tunnelen.
- Da Voss brannvesen ikke fikk melding fra 110H før kl. 1229, ankom de Gudvangen først kl. 1300. Brannsjef på Voss ga mannskapene ordre om å vente på utsiden fordi det ble forventet at tett røyk vil møte dem, og at det dermed kunne oppstå kollisjoner med biler og personer som var på vei ut av tunnelen.
- Kl. 1304 ankom første ambulanse fra Voss til Gudvangen.
- Første røykdykkerlag fra Bergen brannvesen ankom Gudvangen kl. 1352 og gjorde seg klare. Mannskapene fikk ordre om at ingen skulle i innsats før nødvendig utstyr var på plass og klart.
- Andre røykdykkerlag fra Bergen brannvesen ankom Gudvangen kl. 1400.

I løpet av tiden slokke- og redningsarbeidet pågikk var følgende mannskaper og utstyr fra brannvesenet i aktivitet.

Aurland brannvern rykket inn i tunnelen med totalt ni personer (brannsjef, to sjåførere og seks røykdykkere), og var framme ved brannstedet ca. kl. 1230. Røykdykkerbilen og brannbilen ble rygget inn slik at de kunne evakuere raskt dersom det skjedde noe uforutsett. De koblet opp vannet fra tankbilen og tre røykdykkere startet slukningsarbeidet. Da slukkingen startet brant det fremdeles fra påfyllingsrørene til begge dieseltankene og i brennbart materiale i førerhytten og på semitraileren. Samtidig raste det mye stein ned fra tunneltaket på grunn av varmen fra brannen. Brannvesenet fikk raskt kontroll, og meldte kl. 1255 at brannen nesten var slukket.

Da varmen fra vogntoget var redusert gikk tre røykdykkere i gang med å få personer ut av bilene som stod nærmest brannstedet. De fikk hentet ut 10-15 personer, to hunder og en kanin i de første bilene. Brannvesenet rygget deretter røykdykkerbilen med tre røykdykkere videre inn i tunnelen. Da de kom ca. 500 m forbi brannstedet støtte de på biler som hadde kollidert med hverandre og/eller med tunnelvegg. Brannmannskapet fikk ut alle personene i disse bilene. De måtte dytte fem biler med håndmakt for å komme videre i tunnelen. Mannskapet har beskrevet at sikten var veldig dårlig (0 – 2 meter), og dette ble forsterket da det manglet lys i tunnelen rundt brannstedet (se kapittel 1.13.5). Da de på returen passerte det utbrente vogntoget raste det steiner fra tunneltaket på brannstedet, men ingen personer ble truffet av disse steinene.

Da tunnelen ble klarert av brannvesenet rykket ambulanser og ambulanspersonell inn til brannstedet og tok hånd om de personene som brannvesenet hadde evakuert fra den røyklagte delen av tunnelen. Disse personene ble fraktet videre ut av tunnelen hvor de ble tatt hånd om av helsepersonell som gjorde en vurdering av den enkelte, og sendte de det var behov for videre til sykehus.

Aurland brannvern forsterket bemanningen med fire røykdykkere fra redningsbilen, fikk tak i oksygen fra ambulansene som var kommet til skadestedet, og var klar til å rykke inn i tunnelen igjen. Røykdykkerbilen ble rygget inn helt til de kom til den belyste delen av tunnelen. Da ble bilen snudd og kjørt fremover i retning Gudvangen. Det var tett røyk i tunnelen, med minimal sikt. Biler og snuplasser ble sjekket for personer. De fikk da hjulpet ut en til to biler med personer i, som selv kjørte ut etter brannbilen.

Da mannskapet kom 7 km inn i tunnelen, var de nesten tomme for luft. Sikten var dårlig og de kunne ikke se mer enn 10-20 meter framover. Nødsambandet fungerte ikke på skadestedet, men lenger inn i tunnelen hadde de AMK Førde på sambandet. Røykdykkerleder ga beskjed om at de trengte mer luft. Etter en stund kom Aurland brannvern med en pickup og Lærdal brannvern med en bil.

De tre bilene rykket deretter lenger inn i tunnelen. Mannskapet fant noen personer ved ca. 7,6 km. De ble tatt med i pickupen og kjørt ut av tunnelen på Aurlandsiden. På det interne sambandet fikk røykdykkerbilen fra Aurland brannvern vite at det var ca. 30 personer ved 8 km (dette var blant annet kinesiske turister som hadde forlatt en turbuss). Røykdykkerbilen fortsatte videre, og da de kom til ca. 8 km møtte de 25 personer som ble tatt inn i røykdykkerbilen. Røyken var tett, men var i ferd med å tynnes ut. Bilen hadde ikke plass til alle personene i tillegg til mannskapet, så to røykdykkere fra Aurland brannvern ble stående igjen i tunnelen. Disse hadde egne flasker med komprimert luft for ca. 30 min. Personene fra tunnelen ble kjørt ut og overlatt til helsepersonell. Brannmannskapet kjørte deretter tilbake til tunnelen for å sjekke om de fant flere personer og hente røykdykkerne som stod igjen. Kl. 1428 ga Aurland brannvern beskjed om at det ikke var flere personer i tunnelen. Det ble deretter foretatt finsøk, uten at det ble funnet flere personer i tunnelen. Da det siste søket var gjennomført hadde brannvesenet totalt hentet ut 47 personer til Aurlandsiden av tunnelen.

Tre personer fra Aurland brannverns stasjon i Gudvangen var først framme ved tunnelåpningen på Gudvangensiden. Da disse ikke var utstyrt med røykdykkerutstyr avventet de situasjonen på utsiden av tunnelåpningen. Voss brannvesen rykket ut med to brannbiler og et mannskap på 14. Kjøretiden fra Voss var ca. 35 min, og brannmannskapet kom fram til skadestedet i Gudvangen like etter kl. 1300. Brannen i vogntoget var slukket på dette tidspunktet. Røykdykkere med ATV rykket umiddelbart inn i tunnelen. Ca. 1 kilometer inne i tunnelen møtte de røykproppen, og sikten ble så dårlig at de valgte å trekke seg ut av sikkerhetsmessige årsaker. De var redde for å kjøre på eventuelle personer som befant seg inne i den røyklagte tunnelen. Ca. kl.1325 meldte vakthavende i Voss brannvesen til 110-sentralen i Hordaland at røyk begynte å velte ut av tunnelen. De stod da ca. 50-60 m fra tunnelutløpet. Mannskapet fra

brannvesenet har beskrevet til SHT at de følte seg maktesløse i en situasjon hvor de ikke hadde mulighet til å bidra til redningsinnsatsen.

Mellom kl. 1346 og 1358, begynte folk å komme ut av tunnelen. Først kom tre puljer med gående personer. Det var først en gruppe på tre personer (to voksne og et barn) som hadde kommet vekk fra to andre barn i kaoset i tunnelen. Deretter kom grupper av fire personer og to personer gående. Til slutt kom en Volkswagen Caravelle kjørende ut av tunnelen med 11 personer og en hund. Totalt antall personer som evakuerte ut av tunnelen på Gudvangensiden var dermed 20.

Kl. 1352 landet et helikopter i Gudvangen med røykdykkere fra Bergen brannvesen med firetimers oksygenapparater. Røykdykkerne fikk imidlertid problemer med montering av utstyret. Da dette var ordnet ble to røykdykkere sendt inn i tunnelen til fots, men som følge av siktforholdene i tunnelen ga det ingen resultater. Kl. 1400 landet et Sea King helikopter med røykdykkerlag 2 fra Bergen brannvesen. Kl. 1425 kom Aurland brannvern kjørende gjennom tunnelen. Deretter ble det iverksatt finsøk i tunnelen etter eventuelle gjenværende trafikanter.

Totalt ble 66 personer sendt til sykehus som følge av brannen i tunnelen. Voss sykehus fikk 22 pasienter, Lærdal sykehus fikk 19 pasienter (av disse ble 12 sendt videre til Bergen og fem videre til Førde), og Førde sykehus fikk 25 pasienter. Totalt evakuerte 47 personer ut av tunnelen på Aurlandsiden med hjelp fra redningsmannskap.

Første ambulanse med operativ leder helse rykket ut kl. 1206. Ambulansen kom til skadestedet ved tunnelåpningen i Aurland kl. 1234, samtidig med to politibiler fra Lærdal. Neste ambulanse kom fra Lærdal og var på skadestedet ca. kl. 1255. Ca. kl. 1314 landet Luftambulansen fra Førde. Senere kom to ambulanser fra Årdal og Sogndal til stedet. I tillegg til ambulanser og luftambulanse var det også buss og minibuss tilgjengelig for transport av pasienter til sykehus.

Da brannen var under kontroll ble to ambulanser sluppet inn i tunnelen fram til brannstedet. Skadestedsleder (fagleder brann) sendte de to ambulansene innover i tunnelen forbi brannstedet for å hente ut trafikanter. Imidlertid snudde de to ambulansene da de vurderte at området ikke var sikkert uten verneutstyr.

Røykdykkere hentet deretter ut trafikanter fra biler som sto inne i tunnelen og transporterte de til brannstedet, hvor ambulanser tok imot dem og transporterte dem videre ut av tunnelen. Trafikantene som ble transportert med ambulanse ut av tunnelen fikk oksygen, før de ble transportert videre til sykehus.

Etter hvert som trafikantene kom ut av tunnelen ble det gjort en vurdering av pasientenes tilstand, og de som hadde størst behov ble prioritert for videre transport til Lærdal og Voss sykehus:

- I tidsrommet fra kl. 1245 til kl. 1330 ble 13 personer evakuert ut av tunnelen. Av disse ble ni personer kjørt med buss til Lærdal sykehus, to ble kjørt med ambulanse til Lærdal og to ble fraktet med luftambulanse (LA Førde) direkte til Voss sykehus.
- Ca. kl. 1330 ble åtte personer evakuert ut av tunnelen. Disse personene ble fraktet videre i tre ambulanser til Lærdal sykehus.
- Kl. 1410 ble 24 kinesiske turister evakuert. Disse ble fraktet med Sea King helikopter til Førde sykehus.

Da første ambulanse fra Voss kom frem til skadestedet ved Gudvangen kl. 1304 var politiet og brannvesenet på stedet. Luftambulans fra Bergen kom til stedet ca. kl. 1305 Deretter kom det fire ambulanser som var framme i Gudvangen mellom kl. 1338 og 1500. Som følge av at røyken ble ført mot Gudvangen gikk ikke ambulanspersonellet videre inn i tunnelen fra denne siden. Innsatspersonellet var derfor vitner til at røyken begynte å velte ut av tunnelen og at trafikantene kom gående/kjørende ut av tunnelen på egenhånd. De første trafikantene som kom ut av røyken var helt nedsotet, apatiske, og med akutt behov for oksygen. Ambulanspersonellet satt straks i gang vurdering og behandling av de som kom ut, og sendte de så raskt som mulig med ambulanse/minibuss til Voss sykehus. Totalt 20 pasienter ble i tidsrommet mellom kl. 1350 og 1510 kjørt til Voss sykehus.

Brannen i Gudvangatunnelen satte store krav til ledelse og koordinering, da innsatsen måtte organiseres fra to sider. I tillegg måtte innsatsen fra tre nødetater samordnes. Ansvar for brann og ambulansetjenesten på Aurlandsiden var underlagt Aurland brannvern og Helse Førde. På Gudvangensiden var Voss og Bergen brannvesen styrt av 110SF/Aurland brannvern, mens ambulanspersonellet var underlagt Helse Bergen.

Aurland brannvern ankom hendelsesstedet før politiet. Brannsjefen i Aurland, som da var overordnet leder for brannvesenet, tok derfor ansvar for ledelse av skadestedet inntil politiet ankom. Overordnet leder for brannvesenet valgte å bli med inn til brannstedet og overtok i tillegg til å være overordnet leder for brannvesenet også innsatsledelsen fra utrykningsleder (overordnet vakt), som ble utpekt som røykdykkerleder.

Da politiet ankom stedet (noe etter kl. 1230) overtok de skadestedsledelsen og etablerte kommandoplass (KO) utenfor tunnelåpningen på Aurlandsiden. Politiet og fagleder Helse oppholdt seg på KO, og organiserte den overordnede ledelsen for sine etater fra dette stedet.

Overordnet ledelse for brannvesenet valgte å bli ved brannstedet for å ivareta sikkerheten til innsatspersonellet fra brannvesenet som var i aksjon inne i tunnelen. Der opererte han både som utrykningsleder og overordnet leder (fagleder brann) med det strategiske ansvaret. Dette bød på utfordringer, da all kommunikasjon med ledere for øvrige redningsetater og andre brannvesen måtte foregå med mobiltelefon fordi sambandet i tunnelen ikke fungerte. Totalt ringte overordnet leder/utrykningsleder 64 samtaler i løpet av hendelsen.

Etter hvert som hendelsen utviklet seg så ambulanspersonellet på Gudvangensiden som kom først til stedet at det var behov for å styrke innsatsen på helsesiden. De anmodet derfor AMK Bergen, som de er underlagt, om å få tilført flere ressurser. Da AMK Førde, som styrte innsatsen i Gudvangatunnelen, ikke hadde gitt beskjed til AMK Bergen at det var behov for flere ressurser ble det avslått. Etter en del samtaler med innsatspersonellet på Gudvangensiden valgte likevel AMK Bergen å sende flere ressurser selv om det ikke var kommet anmodning fra AMK Førde.

Operativ leder ambulanse på Aurlandsiden hadde vest med «Leder Ambulanse». Verken politi eller brannvesen på Aurlandsiden hadde vest med tittel som viste at de var innsatsledere for sine etater. På Gudvangensiden hadde alle innsatslederne fra de respektive etatene vester som viste at de var innsatsledere.

Da kommunikasjonskabelen som var montert i tunneltaket brant av på brannstedet, fungerte ikke sambandet mellom skadestedet og det personellet som var i eller på utsiden av tunnelen på Aurlandsiden. Brannsjefen kommuniserte derfor via sin mobiltelefon med 110 Sogn og Fjordane, og etter hvert også med politi og operativ leder helse.

Allerede ved ankomst ved tunnelmunningen oppdaget ambulansespersonellet at sambandet var nede (dvs. kanal 37 Aurland). Operativ leder helse hadde kontakt med AMK og forsøkte å teste sambandet, men dette virket ikke. Dermed ble ambulansespersonellet og AMK enige om å benytte mobiltelefon for å kommunisere. Det manglede sambandet førte videre til at AMK og operativ leder helse ikke oppnådde kontakt med brannvesenet inne i tunnelen. Imidlertid fikk en fra politiet kontakt med overordnet leder/utrykningsleder fra brannvesenet via mobiltelefon. Operativ leder helse har beskrevet at det til tider også var vanskelig å oppnå kontakt med AMK via mobiltelefon, samt at forskjellige AMK-operatører besvarte anropene.

Inne ved skadestedet fikk operativ leder helse kontakt med AMK via radiosamband ved et tilfelle, men informasjon som da ble gitt kom ikke videre til helseressurser utenfor tunnelen siden sambandet ikke virket der. Operativ leder helse brukte derfor bilen inn og ut av tunnelen ved et par tilfeller for å gi beskjeder og skaffe seg oversikt. I Gudvangen fungerte sambandet mellom operativt personell på skadestedet og AMK Bergen greit, men SHT har fått opplyst at det til tider var vanskelig å få kontakt og høre hva som ble sagt.

Totalt var det 15 kjøretøy med 67 personer som ble fanget i røyken i tunnelen. Disse oppholdt seg i den røykfylte tunnelen i et tidsrom på mellom 50 og 95 minutter før de ble reddet ut. 28 av disse personene ble utsatt for så sterk røykpåvirkning at de måtte behandles på sykehus.

Styring av ventilasjonsanlegget i forbindelse med brann i Gudvangatunnelen utføres normalt av VTS etter rutiner fastlagt i samarbeid med brannvesenet. Brannvesenet kan ved behov be VTS avvike fra fastlagte rutiner. Brannvesenet har også mulighet til selv å styre ventilasjonsanlegget fra styringsskap på utsiden av begge tunnelåpningene.

Før brannen startet gikk trekken mot Aurland, og ventilasjonsanlegget gikk med nesten full kapasitet i samme retning (74 av 84 tilgjengelige vifter). Da melding om brann ble mottatt av VTS ble ventilasjonsanlegget satt i brannmodus, som i følge beredskapsplanen på hendelsestidspunktet tilsa en lufthastighet på 1 – 2 m/s i retning fra Aurland mot Gudvangen. I følge opplysninger fra VTS var styringen av brannventilasjon programmert til å gi en lufthastighet på 2,5 m/s når den ble aktivert, mens full brannventilasjon var programmert til å gi en lufthastighet på 3,6 m/s.

Da ventilasjonsretningen ble snudd startet 44 av viftene å blåse mot Gudvangen, mens 10 av viftene fremdeles blåste mot Aurland. De 10 viftene fortsatte å blåse mot Aurland i rundt halvannen time etter at ventilasjonsretningen var snudd mot Gudvangen. Ved reversering av trekkretningen ble lufthastigheten redusert fra ca. 3 m/s i retning mot Aurland til ca. 2 m/s i retning mot Gudvangen. Den gjennomsnittlige lufthastigheten i retning mot Gudvangen var 2,48 m/s i tidsrommet mellom kl. 1300 og 1330.

I tidsrommet mellom kl. 1337 og 1412 stoppet først 18 av de 44 viftene, og deretter stoppet ytterligere 16 vifter. Årsaken til at viftene stoppet var høyst sannsynlig at telefon/brannskap ble åpnet. I en periode på rundt 15 minutter (mellom kl. 1354 og 1409) var kun 10 vifter i drift mot Gudvangen. På det tidspunktet hadde også de 10 viftene som tidligere blåste i retning mot Aurland stoppet. Dette resulterte i at lufthastigheten i retning mot Gudvangen i en periode var nede i ca. 0,8 m/s.

Ca. kl. 1409 begynte VTS å starte viftene manuelt, og kl.1413 ventilerte 64 vifter mot Gudvangen. Lufthastigheten kom da opp i en gjennomsnittshastighet på 3,37 m/s.

Tunnelen har belysning med 450 stk. 35 W lavtrykkslamper med en innbyrdes avstand på ca. 25 meter. Inngangs-/overgangssonene har ekstra belysning. I hvert skap for brannapparat er det egen belysning som

blir dekket av nødstrøm ved strømstans. Disse lysene vil tenne som ledelys ved strømstans, men er i følge Statens vegvesen ikke tilstrekkelig ved røykutvikling i tunnelen.

På hendelsestidspunktet var en av lyskursene i tunnelen slått av på grunn av jordfeil. Det resulterte i en mørklagt strekning på ca. 1000 meter som startet ca. 7 kilometer fra innkjøringen på Aurlandsiden av tunnelen. Den mørklagte strekningen var merket med skilt «annen fare» med underskilt «lys mangler».

Lysset over brannstedet var intakt inntil kablet smeltet som følge av brannen, med det resultat at kursen kortsluttet og overstrømsvern ble løst ut. Tidspunkt da sikring ble koblet ut var 5. august 2013 kl. 1209.

Kommentarer knyttet til redningsaksjonen og de kontekstuelle forholdene

Redningsaksjonen var preget av stor usikkerhet og innsatsleder brann sin sterke operative involvering. Vi har sett på selvevalueringsrapportene fra nødetatene. Kritikken har vært reist av nødetatene selv og SHT med hensyn til hvordan oppdraget ble løst, først og fremst for å bidra til læring. Kommunikasjonen sviktet, ledelse av operasjonene sviktet, entring av tunnel (rygging) var farlig, varslingen av samvirkende aktører sviktet, triagering ble ikke utført av kompetent personell med mer. Samlet var dette forhold som ble svært utfordrende for redningstjenesten. Idegrunlaget om ventilasjonsretninger, det å slokke brannen for så å redde pasienter ble utfordret. Hele 47 pasienter ble hentet ut på Aurland-siden, mens de resterende evakuerte selv ut på Gudvanga-siden.

Bruk av Roadrunner ville både gitt en klarere situasjonsforståelse og omfanget av redningsaksjonen ville blitt vesentlig mindre, kanskje bare begrenset til slokking av brannen i vogntoget. I den grad evakueringsatferden fra trafikantene hadde vært like variabel som den opplevde situasjonen, det vil si at det fortsatt hadde sittet trafikanter i egne kjøretøy, ville redningsledelsen ha visst dette og kunne konsentrert seg om de konkrete oppdragene. Trafikantene ville vært lokalisert i tunnelen ved hjelp av Roadrunner.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Roadrunner.
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn i redningsarbeidet.
- Brann- og redningstjenestens samvirke og samhandling, gitt en raskere rømmingssituasjon for trafikanter.
- Øvings- og opplæringsregimet i samvirkende etater gitt tunnelbrann.
- Ville Roadrunner overlevd brannen?
- Status på tunnelutrustningen, gitt Roadrunners funksjon i normalfasen.

5.2.3 Andre brannen i Gudvangatunnelen (SHT, 2016b)

5.2.3.1 Generelt

Se kapittel 5.2.2 for generell introduksjon til Gudvangatunnelen.

«På hendelsestidspunktet bestod tunnelens sikkerhetsutrustning av nedsenkbare bomber, havarilommer, snunisjer, nødskap, og brannslukkere jevnt fordelt i tunnelen. Av kommunikasjon var det

installert Nødnett, nødtelefoner, samt mobildekning på både Telenor og Netcoms mobilnett. Det er også kameraer i tunnelen.

Gudvangatunnelen er utstyrt med tellepunkt for registrering av trafikkmengde. To av disse tellepunktene er koblet opp mot fotobokser (Automatisk trafikk kontroll – ATK) som er montert inne i tunnelen.

Statens vegvesens beredskapsplan for Gudvangatunnelen datert 5. januar 2015 inneholder informasjon om tunnelkonstruksjon, sikkerhetsutstyr og strategier i beredskapssituasjoner. I beredskapsplanens risikoanalyse fremgår det at en kan forvente en brann i tungt kjøretøy i tunnelen hvert 24. år».

Antakelser om Roadrunner i Gudvangatunnelen – kontrafaktisk situasjon

For å anslå etableringen av Roadrunner i Gudvanga-tunnelen på dette tidspunktet, som en hypotetisk hendelse kunne vi tenke oss at den var inspirert av brannene og håndteringene i Oslofjordtunnelen og Gudvangatunnelen, egen risikoanalyse og de pågående modifikasjonsprosjektene til Statens vegvesen. Roadrunner er et verktøy med funksjoner i den normale, daglige trafikkstyringen av tunnelen og som verktøy for å sikre en tidlig situasjonsforståelse hos alle aktørene involvert i mer alvorlige hendelser. Det betyr at en innføring av Roadrunner i Gudvangatunnelen ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-en i Bergen/Lærdal, de relaterte alarmsentralene i Sogn og Fjordane og i Hordaland, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene, ved at Roadrunner ville hatt en automatisk og mer hands-on overvåking av trafikken.

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generell ekspertkunnskap hos vegeier. Tunnel-lengde er en viktig størrelse for å avklare mobiliteten av Roadrunner og man kan tenke seg minst fem droner plassert ut etter nærmere beskrivelse. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av Roadrunner vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som vegeier vil kunne designe opp Roadrunner for å være *mest mulig mobil* (trafikkere langs skinnen), *se* (termokamera, konvensjonelt kamera), *høre* (akustiske sensorer), *lukte* (sensorer for ulike definerte farlige gasser), *analysere data* (prosessorer, algoritmer, simulering), *melde tilbake* (nettverk, dataoverføring, presentasjon av resultater) og *snakke med omgivelsene* når eller like etter at avvik og farlige forhold inntreffer (bilde, lyd, tekst). Grensesnittet med VTS er en utfordring som må avklares for hver tunnel. I Gudvangatunnelen ville dronene være koblet opp mot VTS og med kopling til 110-sentralene for å gi tidlig informasjon ved branntilløp. I tillegg vil det være kamera i begge ender som kunne vært designet for å registrere varmgang og stoppe kjøretøy før entring. Dersom Roadrunner hadde vært installert i den første hendelsen ville det ha påvirket løsningene som vi tenker oss i denne hendelsen.

Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen. Det betyr en sløyfe med 5-6 droner som patruljerer tunnelen, hvor minimum 5 droner vil være tilgjengelig til enhver tid. Det er en lang tunnel, men i dette tilfellet er det rimelig å anta at minst en drone ville vært nær portalen, foruten kameraet på utsiden.

5.2.3.2 Hendelsen med kommentarer

«I 13-tiden passerte bussen Flåm på vei mot Gudvangen. Etter å ha kjørt inn i den 5 km lange Flenjatunnelen på E16 merket bussføreren at han mistet motorkraft, men han så ingen varsler i dashbord. Da bussen etter kort tid fikk motorkraften tilbake fortsatte han som planlagt. Vitneutsagn fra en trafikant som kjørte bak bussen i Flenjatunnelen beskrev at det kom damp bak bussen, samt en lukt av kjølevæske. Vitnet kjørte bak og observerte at bussen kjørte merkbart sakte i begynnelsen av tunnelen, for så å øke hastighet midtveis i Flenjatunnelen. Ved utgangen av Flenjatunnelen observerte vitnet blålig røyk fra under bussen. Ca. midt på strekningen mellom tunnelene, la vitnet seg litt over midten av veien og blinket med lysene for å forsøke å varsle bussføreren. Bussen fortsatte på den ca. 800 meter åpne strekningen mellom Flenjatunnelen og den 11,4 km lange Gudvangatunnelen vestover på E16. Da bussen hadde kjørt inn i Gudvangatunnelen oppdaget bussføreren i sidespeilet at det kom flammer bak på venstre side av bussen. Bussens brannsløkkeanlegget løste ut, og det kom varsler i både dashbord og signalhorn.

Bussens kjølesystem var konstruert med en hydraulisk oljepumpe direkte koblet på drivakselen til motoren. Den hydrauliske oljepumpen var koblet med en høytrykkslange til en hydraulisk motor som drev kjøleviftene. Oljereturen fra viftemotoren ble med lavt trykk ført mot en ekspansjonstank og videre tilbake til hydraulikkpumpen. Dette hydrauliske systemet var lukket og rommet 10-12 liter olje.

Det ble observert at det var hull i forbindelse med rørstussen til hydraulikkslangen på trykksiden før motoren ble tatt ut, samt at det var mye smeltet aluminium på pumpen».

Kommentarer knyttet til kjøretøyets atferd, umiddelbar håndtering, varsling, og situasjonsforståelse

Bussen i denne situasjonen ville ha møtt første barriere før innkjøring til tunnelen, ved termokameraet på utsiden. Bussen ville der blitt stoppet og brannen avverget eller bekjempet på utsiden av tunnelen.

Dersom barrieren hadde sviktet, dvs bussen hadde kjørt videre til tross for at den var bedt om å stoppe, ville hendelsen ha vært detektert og droner initiert fra kameraet på utsiden. Bussen ville vært forsøkt stoppet helt til den eventuelt stoppet selv, i den reelle situasjonen etter 360 meter inn i tunnelen.

Dette vil si at i verste fall ville Roadrunner observert brannen fra det øyeblikket sjåføren tok brannslukkingsapparatet fra tunnelveggen. Den primære oppgaven til dronene som kommer først frem ville i dette tilfellet vært å vurdere brannforholdene ved bussen og klarere strekket på 360 meter mot åpningen, mens den andre ville overvåket brannen nedstrøms (mot Gudvangen). Dersom vi tenker at Roadrunner ikke ville påvirke strategien omkring brannventilasjonen, dvs at viftene var forriglet med brannslukkingsapparatet, ville vi fått situasjonen hvor den naturlige ventilasjonen gikk mot Flåm for deretter å bli snudd mot Gudvangen for så bli vendt til Flåm igjen. Det medførte at fem personer ble sittende halvannen time i røyk. Roadrunner ville enten hatt rolle som informasjonskanal for førere som hadde stoppet opp, for å gi disse anledning til å evakuere før røyken, eventuelt å sikre at brannventilasjonen ikke fikk snudd røyken mot Gudvangen. Bussjåføren hadde ca 20 min fra han stoppet til han

plukket ned brannslukkingsapparatet fra veggen. Evakuering av alle trafikanter via Roadrunner innenfor denne tiden skulle vært en oppnåelig oppgave

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes respons på mobile overvåkningsanlegg.
- Trafikantenes tillit til informasjon gitt av Roadrunner.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Roadrunner.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Dronenes tilgjengelighet og overlevelsessevne i brannen.

Tilbake til hendelsen:

«Bussføreren stoppet bussen på nærmeste sidelomme 360 meter inn i Gudvangatunnelen og fikk alle passasjerene ut av bussen. Bussføreren tok så brannslukkingsapparatet fra bussen og tømte det i motorrommet uten å åpne motorromsluken. Deretter, kl. 1315, ringte han politiets nødnummer (112) på mobiltelefon.

Brannen så først ut til å slokke, men da denne blusset raskt opp igjen, tok bussføreren et brannslukkingsapparat fra veggen i tunnelen for å prøve å slokke en gang til. Da bussføreren tok av brannslukkingsapparatet (kl. 1318) utløste det en automatisk funksjon som medførte at ventilasjonen og trekretningen på røyken i tunnelen, som opprinnelig hadde gått mot Flåm denne dagen, skiftet retning mot Gudvangen.

På samme tidspunkt kom en tilfeldig forbipasserende kjørende i en tom varebil (Mercedes Sprinter) gjennom tunnelen. Føreren av varebilen klarte å få plass til alle de 32 busspassasjerene som stod utenfor bussen i tunnelen og fraktet dem ut av tunnelen til Gudvangen.

Brannslukkingsapparatet som bussføreren hadde tatt fra veggen ga ingen effekt på brannen i motorrommet. Da det virket nytteløst å slokke brannen, gikk han videre innover i tunnelen for å varsle andre trafikanter. Bussføreren rakk å komme ca. 300 meter videre inn i tunnelen fra brannstedet, før røyken innhentet han. Bussføreren søkte tilflukt i et vogntog som stod parkert i retning mot Flåm og ble sittende der sammen med vogntogsjåføren. Figur 5.7 og figur 5.8 viser sikten i tunnelen 3,5 km fra utgangen i retning Flåm kl. 1338 og kl. 1339.



Figur 5.7: *Vogntog snudde 3,5 km inn i tunnelen mot Gudvangen, kl. 1338. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen*



Figur 5.8: *Sikten ble svært dårlig på samme sted kl. 1339. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen*

Vogntoget med vogntogsjåføren og føreren av den brennende bussen, en annen fører i en tom buss og to personer i en personbil med campingvogn ble fanget i røyken ca. 700 meter fra utgangen på Flåmsiden i den 11,4 km lange tunnelen.

Trafikantene var i kontakt med nødetatene på mobiltelefon gjennom hendelsen og fikk beskjed om å sitte i kjøretøyene og puste gjennom fuktete håndklær, mens brannvesenet var på vei. Underveis ble det meddelt at ett av kjøretøyene målte 55 °C utenfor kjøretøyet, at det var null sikt, kraftige smell og røykinntrænging».

Kommentarer knyttet til trafikantenes kommunikasjon og situasjonsforståelse

Med oversikt over hvilke kjøretøy som var på vei inn fra Gudvangen, ville de to resterende dronene kunnet påvirke disse til å stoppe og snu før de nådde ulykkesstedet.

Strekket hadde vært klarert i det øyeblikket varebilen med busspassasjerene var evakuert. Ventilasjonsretning kunne blitt endret langt tidligere og dermed hadde vegeier unngått at så mange ble fanget i røyken. Personer i bilene mellom brannen og Gudvangen hadde enten vært evakuert eller bedt om å evakuere straks sikten var blitt bedre. Hendelsen ville etter all sannsynlighet ikke vært en ulykkeshendelse, men avklart før folk befant seg i umiddelbar fare.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes respons på mobile overvåkningsanlegg.
- Trafikantenes tillit til informasjon gitt av Roadrunner.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Roadrunner.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Dronenes tilgjengelighet og overlevelsessevne i brannen.
- Røykens innhold og pasientenes oppholdstid i denne.
- Tidsaspektet frem til full situasjonsforståelse.
- Bistand til bussjåføren.

Tilbake til hendelsen:

«De fem personene som var igjen i tunnelen, ble funnet av Voss brannvern sine røykdykkere og transportert til sykehus for å bli behandlet for røykskader ca. 1,5 time etter at de ble fanget i røyken.

Ved Statens vegvesens tellepunkt i tunnelen, som ligger 3,5 km fra Langhuso, ble det registrert 19 kjøretøy som hadde snudd og var på vei tilbake til Gudvangen mellom kl. 13:23:03 og kl. 13:38:40. De tre siste var to vogntog og varebilen med turistene fra bussen. Dvs. at alle personbilene som kom fra Gudvangen og ikke hadde tilhenger fikk snudd i tunnelen. Det var ca. 16 personbiler som snudde mindre enn 3,2 km fra brannen. Alle personbilene som kom fra Flåm rygget ut av tunnelen.

Bussføreren ringte politiets nødnummer på mobil etter at han hadde tømt bussens brannsløkkingsapparat uten effekt kl. 1315. Politiet og Akuttmedisinsk kommunikasjonssentral (AMK) ble umiddelbart satt i konferansetelefon og trippelvarsling ble gjennomført i løpet av to minutter. Alarmsentralen Sogn og Fjordane (110-sentralen) ringte Vegtrafikksentralen (VTS) umiddelbart kl. 1317 og ba om at tunnelen skulle stenges.

VTS senket bommer og rødt stoppblinksignal ble satt på ved begge tunnelåpningene i Gudvangatunnelen. Operatøren på VTS spurte alarmsentralen om ventilasjon skulle igangsettes (brannventilasjon mot Gudvangen), men ble bedt om å vente med det. Like etterpå, kl. 1318, ble brannventilasjonen igangsatt automatisk da bussføreren tok av brannslukkingsapparatet fra veggen i tunnelen. Kl. 1326 oppdaget operatøren på VTS at den automatiske brannventilasjonen var startet, og informerte 110-sentralen om dette. Kl. 1326 aktiverte VTS stopplys (rød vekselblink) og skilt med teksten «snu og kjør ut/stop and exit» ved snuplassene innover i tunnelen fra Gudvangen.

VTS oppdaget på kamera at to vogntog stod avventende og ville bli innhentet av røyken. Operatør på VTS fikk da beskjed av faggruppeteleder på VTS om å bruke innsnakk med følgende melding: «Det brenner i Gudvangatunnelen på E16, røyken går mot Gudvangen. Evakuer.» Ved første forsøk ble samtalen brutt. Operatør fikk beskjed om å prøve igjen, og ca. kl. 1333 gikk meldingen ut. VTS så at meldingen nådde frem, og begge vogntogene klarte å snu og kjøre ut. Trafikkoperatør formidlet i tillegg via NRK Trafikk at «Det er brann i Gudvangatunnelen, trafikanter må evakuere og røyken går mot Gudvangen».

«Aurland brannvern rykket ut til Gudvangatunnelen og var inne ved brannstedet kl. 1330, ca. 15 minutter etter brannen ble ringt inn. Aurland brannvern fikk store utfordringer med å slokke brannen, samtidig som de fikk melding om at det var trafikanter fanget i røyk lenger inn i tunnelen mot Gudvangen. Aurland brannvern hadde gjennomført strekningen på 360 m fra tunnelåpningen på Flåmsiden til brannstedet og forsikret seg om at det ikke var trafikanter i dette området. Aurland brannvern valgte derfor å stoppe slokkearbeidet og besluttet å snu ventilasjonsretningen. Ved å snu ventilasjonsretningen ville man oppnå at strekningen på 11,1 km der trafikantene befant seg mellom brannstedet og tunnelåpningen i Gudvangen ble tømt for røyk.

Meldingen om å snu ventilasjonen ble videreført til VTS gjennom 110-sentralen kl. 1353, 23 minutter etter at Aurland brannvern var kommet inn til brannstedet. Deretter returnerte Aurland brannvern til utgangen på Flåmsiden. Da VTS fikk melding om å snu ventilasjonen ble dette gjort umiddelbart. Røyken som på dette tidspunktet hadde kommet ca. 6,9 km inn i tunnelen mot Gudvangen ble snudd og ført tilbake i retning mot brannen og tunnelåpningen på Flåmsiden.

Voss brannvern ble varslet i forbindelse med trippelvarslingen og ankom tunnelåpningen i Gudvangen ca. kl. 1400. Voss brannvern fulgte røykens tilbakegang i tunnelen i ca. 40 minutter før de kom frem til trafikantene som var fanget i røyken. Trafikantene ble fraktet ut av tunnelen av ambulanspersonell. Voss brannvern begynte med slokking av den brennende bussen i et krevende miljø med nedfall fra tunneltaket. Etter ca. 20 minutters arbeid var det kun etterslokking som gjenstod.

I forbindelse med trippelvarslingen rykket også Bergen brannvesen ut. De kom til Gudvangatunnelen med helikopter til Flåmsiden, og deretter med bil til Gudvangen etter at brannen var slokket.

Fire personer av fem ble sendt til observasjon og behandlet for røykskader på sykehus.

I bussen var det installert brannslukkeanlegg med dyser fordelt over selve motoren. Deteksjonsmetoden var av typen varmedeteksjonskabel som smelter og varsler ved ca. 180 °C. I hendelsen løste slukkeanlegget ut, men det ikke var tilstrekkelig for å slokke brannen som oppstod.

Representanter fra SHT og Kripas samarbeidet om den tekniske undersøkelsen av bussen. Det elektriske anlegget, brems, turbo, sylindere, ventiler, kamaksel og girkassen i bussen ble undersøkt, men det ble ikke funnet tegn på unormal slitasje, eller at disse var grunnlag til brannårsak. Den hydrauliske driften av motorens kjølevifte ble demontert og tatt ut for videre undersøkelser da brannskadebildet tydet på at arnestedet var i bakre del av motor, over girkasse.

Radiatoren var delvis oppbrent og tilsmusset. SHT fikk tatt prøver av avsetningene, og partiklene bestod hovedsakelig av mineraler og salter. Det kan være tegn på at det var avsetninger i deler av radiatoren før brannen oppstod. Dette kan ha påvirket kjøleeffekten til motorens radiator, som er en viktig komponent i kjølesystemet.

I bussen ble det funnet tegn etter lysbuer i det elektriske anlegget fra motorrommet frem til batteriene som var plassert midtveis i bussens lasterommet. Kortsluttinger og fastbrenning ble funnet på kablene ved gjennomføringer og ved innfestinger.

I passasjerkupeen var det inspeksjonsluker av aluminium i gulvet over motorrommet, samt tekniske komponenter av aluminium i selve motorrommet. Disse lukene og komponentene var smeltet. Aluminium har en smeltetemperatur på rundt 660 °C.

På grunnlag av de tilgjengelige dataene, ble brannen beregnet til å ligge på ca. 30 MW»

Kommentarer knyttet til redning og evakuering

Det var fem personer som var innhyllet i røyk i denne hendelsen. Gitt situasjonen med fem passive trafikanter, ville Roadrunner bidratt til at de enten kunne komme seg ut på egenhånd eller at Voss brannvesen kunne entret tunnelen mye tidligere og funnet dem.

Det er rimelig å anta at Roadrunner ville vært programmert med innsnakk, men også at VTS-operatører kunne håndtert dronene i en situasjon hvor alle trafikanter inne i tunnelen skulle evakueres.

Dersom pasienter fortsatt hadde blitt værende i sine biler, ville Roadrunner monitorert gasskonsentrasjoner og dersom kritiske verdier ble målt, måtte redningstjenesten gjøre konkrete valg om eventuelle røykdykk. Pasientene med lengst oppholdstid i røyk satt i ca 90 minutt.

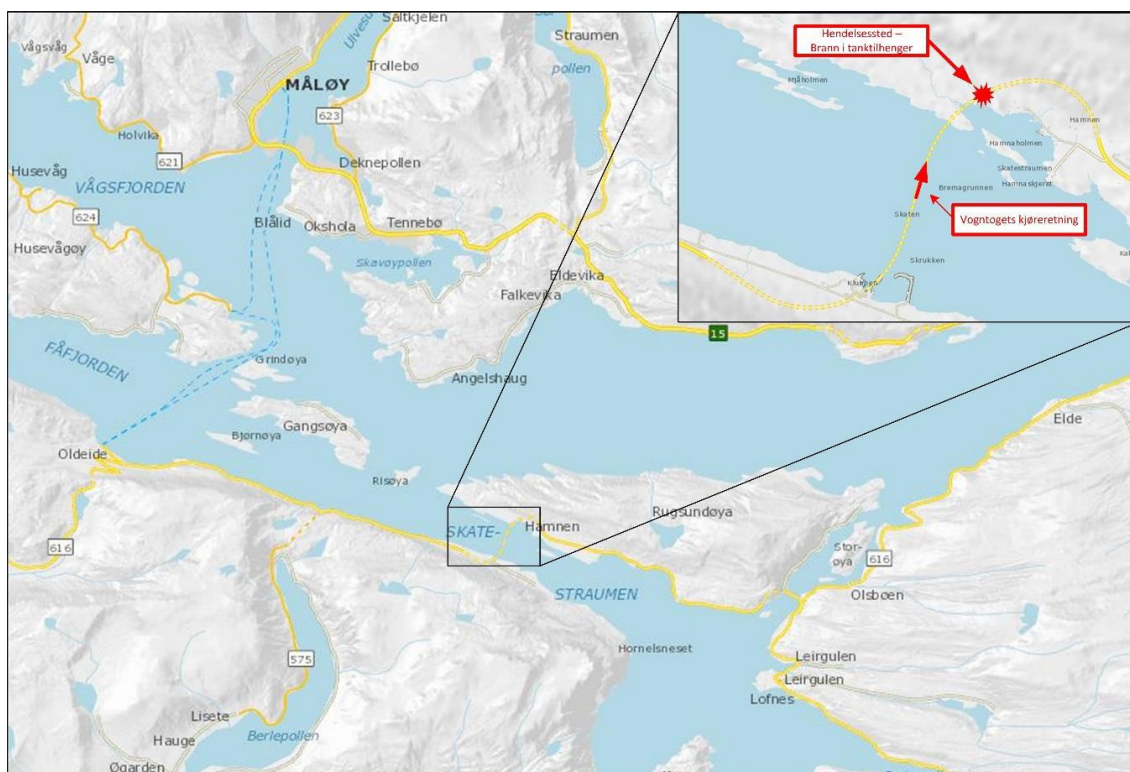
Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Andelen trafikanter som ville bli dekket/informert av Roadrunner.
- Krisekommunikasjonen mens det ikke var røyk.
- Krisekommunikasjon etter at trafikantene var innhyllet i røyk.
- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Roadrunner.
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn i redningsarbeidet.
- Brann- og redningstjenestens samvirke og samhandling, gitt en raskere rømmingssituasjon for trafikanter.
- Roadrunners funksjonsevne i røyk.

5.2.4 Brannen i Skatestraumtunnelen (SHT, 2016a)

5.2.4.1 Generelt

«Skatestraumtunnelen er en undersjøisk ettløpstunnel som ligger på Fv 616 mellom Hamnen på Rugsundøya og Klubben på Bremangerlandet i Bremanger kommune. Tunnelen er 1902 meter lang og har en årsdøgntrafikk (ÅDT) på om lag 300 kjøretøy. Den er utformet etter Statens vegvesens Håndbok 021 – Vegtunneler. I følge Statens vegvesen er andelen tunge kjøretøy på om lag 10 %. Tunnelen har en kjørebanebredde på 6 meter med en betongskulder på 1 meter på hver side. Frihøyde er på 4,5 meter. Fartsgrensen i tunnelen er 80 km/t. Tunnelen har en stigning på 10 % på hver side av tunnelens laveste punkt som ligger om lag 80 meter under havnivå. Tunnelen ble åpnet for trafikk 12. juli 2002. Tunnelen har en havarinisje/snunisje for store kjøretøy i det dypeste punktet av tunnelen, to havarinisjer i stigningen mot Hamnen og en i stigningen mot Klubben. Disse er store nok til at person-/varebiler lett kan snu.



Figur 5.9: Kart med Skatestraumtunnelen innfelt (SHT, 2016a)

Skatestraumtunnelen har to dreneringssystem. Et er for oppsamling og håndtering av vaske- og spylevann/overvann fra veibanen og et for drenering av grunnvann. Begge dreneringssystemene ligger langs sidearealet under veibanen med kjeftsluk/sandfang og inspeksjonskummer hver 80 meter. I bunnen av tunnelen er det et oppsamlingsbasseng hvor alt vannet (både spylevann/overvann og grunnvann), samles opp før det pumpes ut ved hjelp av automatiserte pumper. Overvannsrøret er tett (uten perforering), da dette skal lede overvann/spylevann/oljesøl ned til oljeutskilleren. Dreneringsrøret er perforert, da dette skal samle opp grunnvann og lede det til slambassenget. Pumpeledningen er også tett da den skal lede vann som pumpes fra oppsamlingsbasseng ut av tunnelen.

Sandfangkum med kjeftsluk og spor i asfalten etter rennende bensin er en del av spyle-/overvannsystemet som har til hensikt å drenere vekk overflatevann/oljesøl fra veibanen i forbindelse med vasking av tunnelen/lekkasje fra kjøretøy. Systemet har ikke hatt kapasitet til å fange opp bensinen som har rent videre nedover langs kantsteinen.

De to dreneringssystemene leder spylevann og grunnvann ned til bunnen av tunnelen hvor det samles i et basseng før det pumpes ut av tunnelen. Rent vann fra oljeutskilleren ledes ut i en fordelingskum på overvannsledningen, før det renner ut i slambassenget. I oljeutskilleren er det detektorer som varsler VTS automatisk når det danner seg oljefilm i utskilleren.

Over oppsamlingsbassenget er det et ristdekke som kan benyttes for å få tilgang under pumpestasjonen. Dette dekket er tilgjengelig via en trapp som er plassert bak pumpestasjonen. Utløp for overvann og grunnvann er lokalisert over slambassenget. Slambassenget og oppsamlingsbassenget er skilt med et overløp i betong.

Tunnelen har langsgående ventilasjon med luftinntak gjennom portalene. Det er montert fire vifter i hver ende av tunnelen. Viftestyringen skjer automatisk på grunnlag av målinger av CO- og NO-konsentrasjonen inne i tunnelen. Anlegget kan kjøres manuelt fra VTS i Lærdal og Bergen eller overstyres fra et nødstyrepanel utenfor tunnelen. Styring av ventilasjonsanlegget i forbindelse med brann utføres normalt av VTS etter rutiner fastlagt i samarbeid med brannvesenet. Brannvesenet har selv anledning til å styre ventilasjonen via nødstyrepanelet utenfor tunnelen.

Retningen på brannventilasjonen er forhåndsbestemt og skal være i retning fra Klubben mot Hamnen. Denne beslutningen er tatt i samråd med det lokale brannvesenet. Ved manuell overstyring kan trekretningen endres. Når ventilasjonsanlegget er satt i brannmodus vil det gi en stabil trekk på ca. 2 m/s. Anlegget har ikke redundans i strømforsyningen og vil ikke fungere hvis det oppstår en svikt i strømforsyningsnettet.

Gjennom hele tunnelen er det montert tverrstilte tunnellysarmatur med 55W QL-lamper med 18 meters senteravstand. De er av utførelse IP 66. Det er montert ekstra lysarmatur ved inngangssonene.

Det er radio- men ikke mobildekning i tunnelen. VTS har mulighet til å gjennomføre innsnakk til trafikantene via radio. Det er også installert radiosamband for nødetatene i tunnelen».

Antakelser om Roadrunner i Skatestraumtunnelen – kontrafaktisk situasjon

For å anslå etableringen av Roadrunner i Skatestraum-tunnelen som en hypotetisk hendelse kunne vi tenke oss at den var inspirert av tidligere branner og de pågående modifikasjonsprosjektene til Statens vegvesen. Roadrunner er et verktøy med funksjoner i den normale, daglige trafikkstyringen av tunnelen og som verktøy for å sikre en tidlig situasjonsforståelse hos alle aktørene involvert i mer alvorlige hendelser. Det betyr at en innføring av Roadrunner i Skatestraumtunnelen ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-en i Bergen/Lærdal, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene, ved at Roadrunner ville hatt en automatisk og mer hands-on overvåkning av trafikken.

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generell ekspertkunnskap hos

vegeier. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av Roadrunner vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som vegeier vil kunne designe opp Roadrunner for å være *mest mulig mobil* (trafikkere langs skinnen), *se* (termokamera, konvensjonelt kamera), *høre* (akustiske sensorer), *lukte* (sensorer for ulike definerte farlige gasser), *analysere data* (prosessorer, algoritmer, simulering), *melde tilbake* (nettverk, dataoverføring, presentasjon av resultater) og *snakke med omgivelsene* når eller like etter at avvik og farlige forhold inntreffer (bilde, lyd, tekst). Grensesnittet med VTS er en utfordring som må avklares for hver tunnel. I Skatestraumtunnelen ville dronene være koplet opp mot VTS og med kopling til 110 for å gi tidlig informasjon ved branttilløp. I tillegg vil det være kamera i begge ender som kunne vært designet for å registrere varmgang og stoppe kjøretøy før entring.

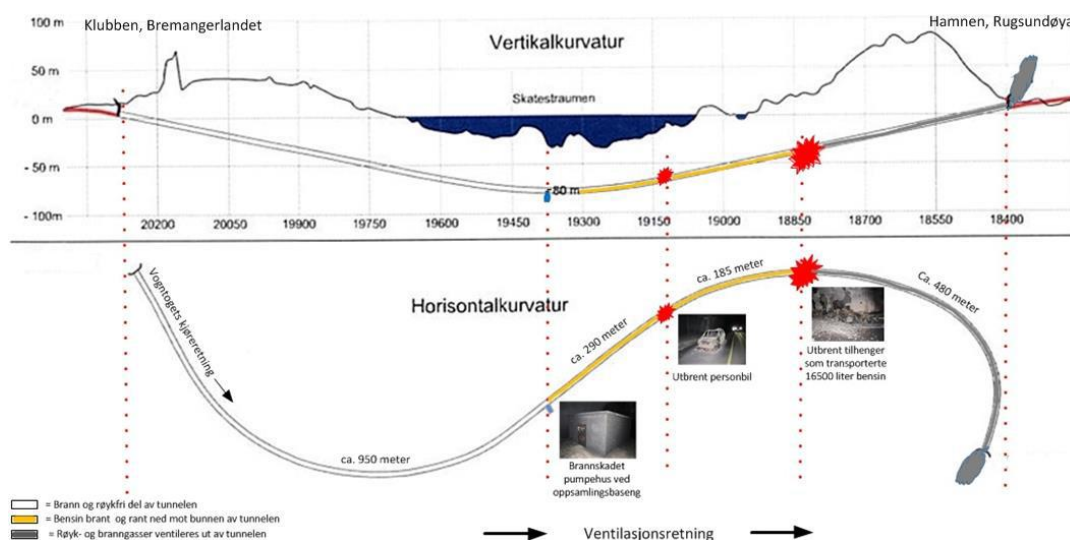
Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen. Det betyr en sløyfe med minimum tre droner som patruljerer tunnelen, som er det minimale antall droner i system for de enkleste tunnelene. Den relativt korte men bratte tunnelen vil da ha droner like i nærheten, innenfor et minutt.

5.2.4.2 Hendelsen inklusiv kommentarer

«Da vogntoget hadde kjørt av fergen på Oldeide, stoppet føreren for å slippe forbi de bilene som kom av fergen etter vogntoget. Dette for å unngå å ha disse bak seg da veien mot Florø var smal og svingete. Han ønsket heller ikke å ha kjøretøy bak seg gjennom Skatestraumtunnelen, som har sitt laveste punkt 80 meter under havflaten og et fall/en stigning på 10 %, se figur 5.10.

Ca. 10 minutter etter at vogntoget startet fra Oldeide fergekai med retning mot Florø, kjørte det inn i Skatestraumtunnelen på Fv 616. For å unngå varmgang i bremsene ved nedkjøring til tunnelens laveste punkt benyttet føreren kun bilens retarder og motorbrems. Rundt 450 meter etter at vogntoget startet oppkjøringen fra bunnen av tunnelen hørte føreren et smell, og merket at vogntogets hastighet økte uten at han ga mer gass. Da han kikket i speilene så han at tilhengeren hadde løsnet fra trekkbilen og sto med fremre høyre hjørne mot tunnelveggen et stykke bak lastebilen. Han stoppet lastebilen og gikk ut, og så da at deler av tilhengerdraget fremdeles var festet til bilen. Tilhengerdraget var røket i framkant av innfestingen til tilhengeren, se figur 5.13.

Utskrift fra tankbilens fartsskriver viser at den like etter innkjøring i Skatestraumtunnelen holdt en registrert hastighet på 74 km/t. Hastigheten økte ned mot bunnen av tunnelen, og var 89 km/t da den startet oppkjøringen fra bunnen av tunnelen. Da tanktilhengeren løsnet fra trekkbilen var registrert hastighet redusert til ca. 45 km/t.



Figur 5.10: Hendelsessted og vogntogets kjøreretning. Kart: Vegkart, Statens vegvesen

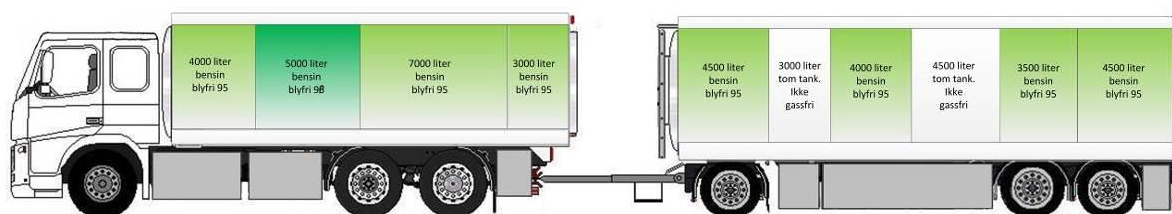
Da han så mot tilhengeren, oppdaget han at det rant bensin fra tilhengerens fremre tankrom. Føreren varslet umiddelbart Vegtrafikkentralen (VTS) om hendelsen via tunnelens nødtelefon, slik at de fikk stengt tunnelen. Han varslet samtidig en møtende personbil slik at den fikk snudd og kjørt ut av tunnelen.

Føreren av vogntoget var en norsk mann på 52 år på hendelsestidspunktet. Han hadde vært ansatt i Måløy Havneservice AS i flere år, og hadde lang erfaring som tankbilsjåfør. Han hadde ansvar for oppfølging og vedlikehold av firmaets kjøretøy, og var en av firmaets nøkkelpersoner når det gjaldt innkjøp av kjøretøy og utstyr.

Utskrift av aktivitetslogg for førerens kjøre- og hviletid viser at han helgen før hendelsen hadde en foreskrevet ukehvil. Arbeidsdagene mellom siste ukehvil og den aktuelle hendelsen var gjennomført i henhold til fastsatte arbeidstids-, og kjøre- og hviletidsbestemmelser.

Det var også 16 andre trafikanter i tunnelen da hendelsen intraff. Disse trafikantene var fordelt på fem kjøretøy (fire personbiler og en campingbil).

Vogntoget besto av en treakslet tankbil og en treakslet tanktilhenger. Det var lastet med 35 500 liter bensin som skulle leveres i Florø. Bensinen var lastet på vogntoget som vist i figur 5.11.



Figur 5.11: Lastens plassering på vogntoget som var involvert i hendelsen i Skatestraum-tunnelen 15. juli 2015. Illustrasjon: SHT

Lastebilen var en 2011 modell MAN 26.540, type 6x2-2 LL/LLS. Den var registrert ny på nåværende eier (Måløy Havneservice AS, Måløy) 23. september 2011, og hadde påmontert en tank av type HNK Bilcon,

med fire separate tankrom, se figur 5.11. Bilen ble siste gang godkjent i periodiske kjøretøykontroll 21. august 2014.

Bilen var godkjent for transport av væsker med flammepunkt ikke høyere enn 60° (FL + AT kjøretøy). ADR godkjenningssattest ble første gang utstedt 30. september 2011, og ble siste gang fornyet 24. september 2014, med gyldighet til 2. oktober 2015.

Tanktilhengeren var en 1997 modell Eurotank type ET. Tanken var bygget i aluminium og var selvbærende. Den hadde seks separate tankrom, se figur 5.2.4.3. Tanktilhengeren ble registrert første gang 23. juli 1997. Forrige eier kjøpte den i 1999 og eide den fram til Måløy Havneservice AS kjøpte den 19. januar 2012. Måløy Havneservice AS var eier på hendelsestidspunktet.

Tanktilhengeren var godkjent for transport av væsker med flammepunkt ikke høyere enn 60° (FL + AT kjøretøy). ADR godkjenningssattest ble første gang utstedt 23. juli 1997, og ble siste gang fornyet 30. april 2015, med gyldighet til 30. april 2016.

Tilhengerdraget var ved levering fra tilhengerfabrikant utstyrt med påsveisede stigtrinn på hver av de to dragstengene, og en påsveiset strekkmetallrist på toppen. Denne påsveisingen var ikke utført av VBG, som har produsert tilhengerdraget.



Figur 5.12: Tanktilhenger av tilsvarende fabrikat og type som den som brant i Skatestraum-tunnelen.
Foto: SHT

Undersøkelse av tilhengerdraget, som SHT og Forsvarets laboratorietjeneste har gjennomført, viser at det var store innvendige rustskader i begge dragstengene til tilhengerdraget. Disse rustskadene resulterte i overbelastning av dragstengene, som medførte at disse røk under kjøringen i tunnelen.

Når det gjelder utfyllende informasjon om tilhengerdragets tilstand vises det til rapport fra Forsvarets laboratorietjeneste.

SHT har gjennom tilsendt dokumentasjon og i møte med Statens vegvesen, Vegdirektoratet fått informasjon om den aktuelle tanktilhengerens kontroll- og godkjenningshistorikk.

Fra tanktilhengeren ble registrert første gang i 1997 og fram til 2011 var den inne til årlig periodisk kjøretøykontroll (PKK) og ADR-kontroll. På grunnlag av disse kontrollene ble det årlig utstedt/fornyset godkjenning for transport av brannfarlige væsker med flammepunkt lavere enn 60 °C. Det ble ikke påvist alvorlige feil eller mangler som måtte utbedres ved noen av disse kontrollene.

I mai 2011 var tanktilhengeren igjen til kontroll hos Statens vegvesen for å få fornyet ADR-godkjenningen. Ved denne kontrollen ble det påvist flere feil som måtte utbedres før ny godkjenning ble utstedt. En del av feilene var så alvorlige at tanktilhengeren kun fikk tillatelse til å kjøre til verksted for reparasjon. Ved kontrollen ble følgende mangler påvist:

- Rustskader i tilhengerdrag.
- Ujevne og svake bremses
- Sprekker og store rustskader i innfesting til forakselen
- Sprekker i innfestning til fjærbolt på andre aksel
- Fjærbrudd på tredje aksel
- Diverse feil på lys
- Feil med jordingspunkt, og strekkavlastning/gjennomføring for diverse ledninger
- Div. sprekker i tank/skap

I følge Statens vegvesen ble både kontrollseddel og bilder arkivert i etatens arkivsystem, og er tilgjengelig for etatens kontrollører ved senere kontroll av kjøretøyet».



Figur 5.13: Rustskader i tilhengerdrag påvist i kontroll hos Statens vegvesen i mai 2011. Foto: Statens vegvesen

Kommentarer knyttet til varsling, situasjonsforståelse og rømning

Vi kan tenke oss at Roadrunner ville hatt settpunkt på:

- Unormal trafikk – opphopning av kjøretøy
- Store energimengder i kjørebane (> 50 MW), dvs tungbiler og oppover i tett trafikk
- Farlig gods
- Avvikende kjøring – for tett opp til andre kjøretøy, i feil kjørebane, stopp, med mer
- Varmeregistrering
- Røykutvikling
- Gasskonsentrasjoner - avvik
- Hastighetsavvik
- Merknader knyttet til kjøretøyet

Med en ÅDT på 300 og tungbilandel på 10%, vil et anslag på kjøretøy med farlig gods være 1-2 kjøretøy i døgnet. Det vil ikke være urimelig at disse kjøretøyene, og kanskje de fleste tunge kjøretøyene i denne tunnelen ville blitt «eskortert» av en drone. Det er imidlertid ingenting i det beskrevne hendelsesforløpet som ville avdekket svakhetene i tilhengerfestet før hendelsen inntreff. Roadrunner sin funksjon ville vært tidlig deteksjon og varsling av trafikanter bak kjøretøyet.

Hendelsen var ingen typisk hendelse og den ville stilt store krav til VTS om rask respons. Føreren av tankbilen handlet raskt og fikk varslet møtende trafikk, og dermed ville Roadrunners funksjon vært rettet mot den 1,5 km strekningen bak hengeren og ut til Klubben. Fra tankbil-føreren oppdaget at tilhengeren forsvant til det begynte å brenne gikk det to minutter. Det er rimelig å anta at Roadrunner måtte hatt en innebygget katastrofevarsling hvor bilde (tekst) og lyd (radioinnsnakk) ville bli initiert umiddelbart og alle tennkilder fjernet for at hendelsen kunne vært avverget.

Roadrunner har en viktig preventiv rolle gjennom kjøretøyeskorte, trafikkanalyse og tilstedeværelse. Det er rimelig å tenke seg at kjøretøy med farlig gods ble gitt en sikkerhetssone/-avstand. Et rimelig anslag kunne vært at kjøretøyet ble fulgt av to droner. Én som følger lastebilen og én som holder avstanden til bilene bak? En slik situasjon kunne ha fjernet tennkildene fra bensindampen.

Et utviklet system for registrering av kjøretøy inn i tunnelen og en trafikkmodell ville gitt VTS mulighet for rask aktivisering av varslingen. Likevel ville det vært optimistisk å forvente at et manuelt system kunne respondere raskt nok til at campingbilen ville blitt stoppet før den nådde lavbrekket på veg mot bensindampen, men da skulle systemet vært svært effektivt.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper om mobile overvåkningssystemer.
- Normaliserte prosedyrer for bruk av Roadrunner.
- Funksjonaliteter bygget inn i systemet.
- Arbeidsbelastning og respons i VTS, kopling mellom automatisk og manuell respons.
- Roadrunners lokalisering og kontakt med kjøretøy inne i tunnelen.
- Trafikantenes respons på mobile overvåkningsanlegg.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Roadrunner.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Dronenes tilgjengelighet og overlevelsessevne i brannen.
- Roadrunners involvering i inspeksjon og vedlikeholdsaktiviteter.
- Merknader knyttet til kjøretøyet og informasjonsdeling til Roadrunner.

Tilbake til hendelsen:

«I overkant av to minutter etter at føreren oppdaget at hengeren hadde løsnet fra bilen hørte han et nytt smell, og så da at det hadde begynt å brenne i bakkant av tanktilhengeren. Ventilasjonen i tunnelen førte røyken fra brannen i retning mot tankbilen, og føreren valgte da å kjøre bilen ut av tunnelen. Røykutviklingen fra brannen tiltok, og den siste strekningen før tankbilen var ute kjørte den i tett røyk. Føreren parkerte tankbilen i god avstand fra tunnelåpningen, men måtte senere flytte den på grunn av meget stor røyk- og varmeutvikling.

Etter tankvogntoget kjørte fire personbiler og en campingbil inn i tunnelen. Tre av personbilene og campingbilen klarte å snu og kjøre ut av tunnelen, mens en personbil ble forlatt 150 m bak den havarerte

tilhengeren. Føreren og passasjerer fra personbilen som ble forlatt evakuerte etter hvert i campingbilen som var en av de to siste bilene som forlot tunnelen. Brannen i tanktilhengeren og tunnelen utviklet seg raskt, og store deler av bensinen som var i tilhengerens fremre tankrom rant ut og ned mot bunnen av tunnelen. All bensinen ble etter hvert antent, og brannen spredde seg fra bunnen av tunnelen opp til de østre utløpet, som utgjør en strekning på ca. 900 meter. Tanktilhengeren og den evakuerte personbilen brant opp, og tunnelen og infrastrukturen i denne ble påført store skader.

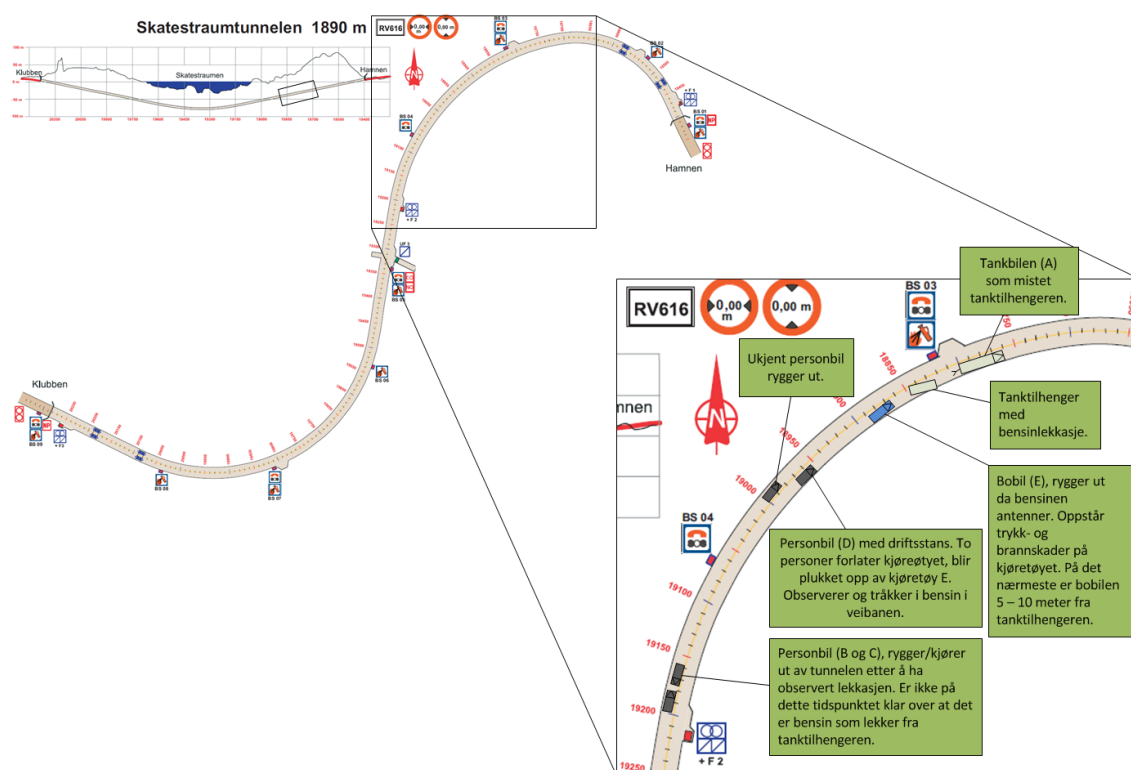
Da tilhengeren løsnet fra tankbilen var det fire personbiler og en campingbil inne i tunnelen. Den første bilen (personbil) tok igjen vogntoget like etter bunnen av tunnelen, og kjørte etter det til tilhengeren løsnet fra bilen. Føreren av personbilen reagerte på at tilhengeren begynte å vingle kraftig 50 – 100 meter før den løsnet og traff tunnelveggen. Da føreren av personbilen så at det rant væske fra tanktilhengeren, valgte han å snu og kjøre tilbake samme veien som han kom inn. Han fikk varslet den første bilen han møtte på returen, mens de tre andre fortsatte videre mot den havarerte tanktilhengeren.

Like etter at campingbilen startet oppkjøringen fra tunnelen registrerte føreren og passasjerer at det rant væske nedover langs høyre kant av sitt kjørefelt. På vei oppover kjørte de forbi en personbil som sto stille i deres kjørefelt, før de kom fram til tilhengeren som hadde kjørt inn i tunnelveggen.

I det campingbilen var 5 – 10 meter bak tanktilhengeren hørte de et smell, og det begynte å brenne rundt tilhengeren. Trykkbølgen fra brannen førte til at campingbilens panser ble presset oppover og lyktene på bilen løsnet. Føreren begynte umiddelbart å rygge tilbake mot bunnen av tunnelen. De to i bilen fortalte at brannen spredde seg raskt i bensinen som rant i veibanen. Da de rygget nedover sto flammene fra den rennende bensinen opp langs siden på campingbilen.

Da campingbilen nærmet seg bunnen av tunnelen tok de igjen to personer som løp nedover. De kom seg etter hvert inn i campingbilen, og det viste seg å være føreren og passasjerer i personbilen som campingbilen hadde kjørt forbi på vei opp mot tankbilen. De to personene fortalte at de hadde stoppet fordi de hadde punktert, og forlot bilen og løp nedover mot bunnen da de hørte smellet og så brannen ved tanktilhengeren. Da de forlot bilen trakk de ut i den rennende bensinen.

Campingbilen rygget så videre ned mot bunnen av tunnelen og et stykke opp mot Bremangersiden. Da de følte de var i sikkerhet, snudde føreren campingbilen og kjørte ut av tunnelen. Figur 5.14 viser kjøretøyenes plassering/posisjon i tunnelen i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren».



Figur 5.14: Kjøretøyenes posisjon i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren. Illustrasjon: SHT

Kommentarer knyttet til kommunikasjon med trafikanter, rømning og evakuering

Bilen som kjørte inn i bensindampen var nummer tre etter tankbilen, og med et effektivt system kunne den vært stoppet før den nådde lavbrekket.

Roadrunners funksjon i evakueringsfasen ville sannsynligvis ikke kunne bidratt til høyere effektivitet enn det som ble beskrevet i SHTs undersøkelse. VTS og 110-sentralen ville hatt en bedre oversikt, men alle trafikantene forstod raskt at det å komme seg ut var hovedmålet. Bilde, lyd og øvrige sensorer ville gitt et rikere informasjonsmateriale vesentlig for læring fra hendelsen.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Kunne Roadrunner bidratt til at evakueringen ble forsinket, dvs økt fare for personskade?
- Ville Roadrunner bidratt til at de to trafikantene fra den punkterte bilen ikke hadde blitt evakuert?
- Roadrunners kopling mot nød- og kriseprosedyrer.
- Ville bensinen vært antent?

Tilbake til hendelsen:

«Fem av 17 personer som befant seg i tunnelen da tilhengeren begynte å brenne ble påført lettere røykskader.

Den første meldingen om hendelsen ble mottatt av VTS via Skatestraumtunnelens nødtelefon kl. 1025. Meldingen kom fra føreren av vogntoget og gikk ut på at det lekket bensin fra en tilhenger. VTS stengte tunnelen umiddelbart. Alarmsentralen Sogn og Fjordane (ALSF) mottok melding om brann i tilhenger i Skatestraumtunnelen fra fører av vogntoget kl. 1027. De iverksatte umiddelbar trippelvarsling, og varslet politiet og AMK Sogn og Fjordane. Innsatspersonell fra alle redningsetater ble umiddelbart sendt til stedet. Politiet hadde tilfeldigvis en tjenestemann i nærheten av tunnelåpningen på Hamnen (Rugsundøysiden). Han ankom kl. 1048 og tok rollen som innsatsleder.

Kl. 1048 ankom den første ambulansen Hamnen, mens luftambulanse og Sea King redningshelikopter ankom henholdsvis Hamnen og Klubben (Bremangersiden) kl. 1104.

Kl. 1101 ble det meldt at 13 personer hadde kommet ut av tunnelen på Klubben. Kl. 1112 ble røykdykker sendt inn i tunnelen fra Klubben. Kl. 1120 ble det meldt at totalt 17 personer var evakuert mot Klubben og en person mot Hamnen. Disse ble tatt hånd om av redningspersonell.

Kl. 1128 kom røykdykkerne ut av tunnelen. De meldte at det ikke befant seg personer mellom den brennende tilhengeren og utgangen av tunnelen.

Tilhengeren som løsnet fra tankbilen ble totalskadet i brannen som startet da tilhengerens last på 16 500 liter begynte å brenne. Det var kun utbrente rester av tilhengerens for- og bakaksel igjen da brannen var slukket.

En av personbilene som kjørte inn i tunnelen etter vogntoget, ble forlatt ca. 150 meter bak vogntoget fordi den ikke var kjørbar. Personbilen som ble forlatt brant opp.

Campingbilen var 5 – 10 meter fra tanktilhengeren da bensinen antente. Kjøretøyet hadde trykkskader i motorrommet, panseret og hengslene til dette, samt varme- og smelteskader på overflatene på høyre side i tillegg til ødelagte frontlys.

Brannen som oppsto i forbindelse med bensinlekkasjen førte til stor varme- og røykutvikling. Store deler av sprøytebetongen på tunnelveggen og i tunneltaket i området rundt den havarerte tilhengeren løsnet og falt ned. Det medvirket til at det også begynte å brenne i isolasjonsmaterialet (PE-skummet) som var montert bak sprøytebetongen.

Tunnelen ble påført store røyk- og varmeskader i den delen som lå mellom den havarerte tanktilhengeren og utløpet på Hamnen (Rugsundøysiden). Her gikk det spesielt hardt ut over ventilasjonsvifter og elektroinstallasjoner.

I den delen av tunnelen som lå mellom den havarerte tilhengeren og bunnen av tunnelen ble det påført skader på avløpssystemet, elektroinstallasjoner og pumpeanlegget som ligger ved oppsamlingsbassenget i bunnen av tunnelen.

Hendelsesstedet hadde en utstrekning på ca. 900 meter. Det strakk seg fra tunnelens lavbrekk, som ligger 80 meter under havflaten, til tunnelens vestre portal som ligger ved Hamnen på Rugsundøya.

Tanktilhengeren ble stående med tankens fremre høyre hjørne mot tunnelveggen i en høyrekurve med radius 400 m og en avstand på 475 meter fra bunnen av tunnelen og 425 fra tunnelåpningen ved Hamnen. Her har veibanen et fall i lengderetningen på om lag 10 % og et ensidig tverrfall mot høyre, sett i kjøreretningen til tankbilen. Tunnelen var dekket med PE-skum og fiberarmert sprøytebetong. I umiddelbar nærhet til stedet hvor tanktilhengeren løsnet finnes det en SOS-telefon og en havarilomme på venstre side av veibanen sett i kjøreretningen til tankbilen.

På høyre side av veibanen, langs kantsteinen, ligger dreneringen for spylevann med tilhørende kjeftsluker og sandfang integrert i kantsteinen. Under dette ligger tunnelens hoveddreneringssystem. Begge dreneringssystemene leder vannet ned til bunnen av tunnelen til et oppsamlingsbasseng.

I forbindelse med reparasjonsarbeidene etter brannen ble det avdekket at det hadde vært lekkasje i spylevannsystemet. Det var montert feil pakninger mellom dreneringsrørene og utsparingen i kummene, slik at det ble lekkasje til grunnen. Dette medførte at bensinen som ble fanget opp av slukene i sandfangkummene lakk ut i grunnen under kummen for deretter å bli fanget opp av dreneringssystemet for grunnvannet. Det ble ikke funnet bensin i oljeutskillerne nede ved pumpestasjonen som var tilkoblet spylevannsystemet.

Utløpet fra sandfangkummene var ikke utstyrt med dykkere som hindrer/reducerer muligheten for at utslipp av farlige væsker sprer seg i overvannsystemet. Da tunnelen ble tatt i bruk i 2002 var det ikke krav til dette. Krav om at det skulle monteres dykkere kom først i revidert Håndbok 021 - Vegtunneler i 2010.

Undersøkelsen av pumpestasjonen viste varme- og sotskader på pumpestasjonen, konstruksjonene under pumpestasjonen samt omkringliggende fjell. Vannspeilet i slambassenget var sort og fremstod som forurenset, mens vannspeilet i oppsamlingsbassenget var uten vesentlige forurensinger.

En av rørstussene under pumpestasjonen for utløp av overvann og grunnvann var skadet av varme.

Da brannen oppstod i tunnelen fungerte imidlertid ikke systemet for innsnakk. Dette var ukjent for operatøren ved VTS. I Statens vegvesen egen evalueringsrapport «Brann i Skatestraumtunnelen. Evalueringsrapport», Statens vegvesen 2016, står følgende: VTS hadde fokus på bruk av innsnakk og informerte 110 om denne muligheten. Ut fra loggene kommer det ikke frem hva 110 responderte på denne anmodningen.

VTS operatør som håndterte hendelsen var ikke klar over at innsnakk under gjeldende tidspunkt var satt ut av drift. Dette var rapportert til VTS, men ikke videreformidlet. Rutinene for dette blir evaluert og fulgt opp av VTS».

Kommentarer knyttet til redningsaksjonen

Når det gjaldt redningsaksjonen, hvor røykdykkere var inne i tunnelen ville Roadrunner bidratt til å redusere usikkerheten om hvorvidt det var folk eller ikke. Roadrunner ville også kunnet bistå røykdykkerlaget og sende bilder kontinuerlig til operasjonssentralen/ILKO slik at kvaliteten på oppdraget ville økt. I den konkrete situasjonen i Skatestraumtunnelen ville ikke Roadrunner bidratt til bedre helse, men anlegget kunne også vært benyttet til å frakte ekstra utstyr med inn.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Roadrunner vil kreve at brann- og redningstjenesten øver og trener med utstyret for å trekke ut kvalitetene.

5.3 «Situation awareness» og menneskelige reaksjoner i brann- og røyksituasjoner

Njå & Kuran (2015) fant at mennesker har sin rasjonalitet i krisehendelser, men slike situasjoner er forbundet med så mange andre signal og begivenheter at situasjonsforståelsen ofte avviker med den reelle. Det er ikke en form for undergraving av realitetene som er problemet, det er å rette oppmerksomheten mot realitetene. Her kan forbedrede kommunikasjonssystemer bidra, og vi mener at Roadrunner kan designes med nødvendige funksjonaliteter.

Å erkjenne at tunneler er et farlig sted ved branner er ikke vanskelig å formidle til trafikanter. Det er vanskeligere å formidle strategier de skal følge i ulike situasjoner og hva de eventuelt skal se etter i det fare oppstår. Selvredningsprinsippet er i liten grad kjent (Knapstad & Bjørnsen, 2017; Vatsvåg, 2016). Ulykkesrespons handler kun om overlevelsessevne, og det å begrense skader på liv og helse. Roadrunner vil være et tiltak som beveger seg mellom normalsituasjon og ulykkesrespons, som et verktøy trafikanter må bli kjent med og akseptere finnes i tunneler.

Det er nær sammenheng mellom beredskap og ulykkesrespons, tidsfaktoren er ekstremt kritisk. Det vil si at trafikanter i umiddelbar nærhet av brannstedet må ha forstått hva som er i ferd med å skje, og de må ha identifisert korrekt selvredningsatferd. Erfaring fra hendelsene i de norske tunnelene viser at det i svært begrenset grad er oppnådd, og vi har heller ikke kunnskap om hvordan mennesker vil forholde seg til ulike typer varslings i reelle kriser. Roadrunner sine funksjoner bør derfor testes ut på flest mulig sanser for å skape et bedre bilde av menneskelig respons. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljøer. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikanter) er kjernen av forskningsaktiviteten her. Assistent redning og evakuering må kun unntaksvis være løsningen, det bør etableres tiltak som forsterker evnen til selvredning. Forskningsresultater (Gandit, Kouabenan, & Caroly, 2009; Kinatader et al., 2013; Nilsson, Johansson, & Frantzich, 2009) viser at trafikantoppmerksomhet oppnås ved å bruke redundante systemer som rettes mot ulike sanser (visuelle, audiovisuelle, bevegelse/vibrasjon, lukt). Informasjonen må være kort, enkel og entydig.

Trafikanter og andre brukere av tunnelene er i stand til å lære ulykkesrespons, og det å gjenkjenne faresignaler. Hvordan slik opplæring og erfaringsoverføring skal oppnås krever skreddersydde løsninger, som i dag ikke er utprøvd. FoU-aktivitetene det vil være snakk om her er å utfordre en massestrategi, hvor alle skal ha opplæring, fysisk erfare og respondere på hendelser under utvikling, eller at det settes opp ulike former for simuleringer. Vil en massestrategi på opplæring øke kunnskapen om tunnelbranner og riktig selvredning blant trafikantene? Vi tror at Roadrunner kan være et eksperiment i eksperimentet. Med det mener vi at å teste Roadrunner i øvelsessituasjoner så kan en del av studien være å se på generell læringseffekt i forhold til tunnelbrannutvikling.

En annen ide er å avgrense kunnskapsoverføring til utvalgte grupper som forutsettes å ta ansvar i selvredningsprosesser. Dette kan være profesjonelle sjåførere, så som tungtransport, taxi-næringen og vaktjenester, som vil få en omfattende innføring i Roadrunner-systemet. Det vil si å avgrense opplæringsaktivitetene, men samtidig sikre

at det alltid vil være noen til stede i kritiske branner med formell opplæring. Vil en seleksjonsstrategi på opplæring øke sannsynligheten for funksjonell selvredning blant trafikantene?

Det er ulike måter å øke kunnskapen på, måter som vil forsterke selvredningskompetansen blant trafikanter som blir involvert i reelle tunnelbranner. Vi mener at trafikantene må få bedre anledning til selv å reflektere (Sommer, Njå, & Braut, 2013) over brannhendelser i trygge omgivelser, men hvor sansene blir utfordret.

5.4 Diskusjon om usikkerhetene reist i analysen

I kapittel 2 presenterte vi Roadrunner som er en utviklet pilot som krever en større uttesting. Et mobilt dronesystem i tunneltaket vil tiltrekke seg oppmerksomhet fra trafikanter. Distraksjonsforskningen er omfattende og hovedtema blant trafikkpsykologer og andre som jobber med trafikantrettet forskning (Bergen, Medeiros-Ward, Wheeler, Drews, & Strayer, 2013; Fofanova & Vollrath, 2012; Lee et al., 2015; Strayer & Cooper, 2015; Young & Salmon, 2015; Young, Salmon, & Cornelissen, 2013). Mye er rettet mot situasjoner med varighet inne i bilen, mens det er gjort få studier på eksterne mobile informasjons- og kommunikasjonssystemer. Det betyr at Roadrunner må designes ut fra eget farepotensiale i normal drift, samtidig som systemets egen funksjon må skreddersys den enkelte tunnel og det som tunneleier vil definere som dimensjonerende hendelse.

I vår studie har vi benyttet kontrafaktiske hendelser som metode. Denne metoden har vesentlige svakheter, hvor de viktigste er forutsetningene og forventningene som trekkes inn i et narrativ. Usikkerhet må diskuteres for å sikre troverdighet. I granskninger etter alvorlige ulykker og katastrofer, for eksempel Tsunami-katastrofen i det sørvestlige Asia julen 2004 (Reinås, 2005) og 22. juli-kommisjonens arbeid (NOU 2012: 14) etter terroraksjonene mot Regjeringskvartalet og Utøya, er bruk av kontrafaktiske hendelser viktige grep for å få frem svikt. Det er Politiet som får brorparten av kritikken fra 22. juli-kommisjonen, hvor alle ledd har sviktet; Terroristen ble ikke stoppet før 22. juli; Terroristen ble ikke stoppet utenfor Regjeringskvartalet; Terroristen ble ikke stoppet like etter bombeaksjonen på veg til Utøya og; Terroristen fikk holde på alt for lenge på Utøya. Kommisjonen knytter alvorlige svikt, i hovedsak i Politiet til at alle disse forholdene fikk skje. Et eksempel på en kontrafaktisk hendelse henter vi fra rapportens side 126:

Dersom den lokale aksjonsplanen hadde vært gjennomført, ville politiet ifølge kommisjonens estimat ha kunnet ankomme til øya cirka kl. 18.15.

Enhver forelder som vet når sine barn ble skutt har dermed fått dokumentasjon på denne svikten, og det reiser selvfølgelig spørsmål om strafferettslig ansvar. Dokumentasjonen er ikke annet enn hypoteser med mange forutsetninger og usikkerheter, som Gjørvi-kommisjonen ikke har gjort rede for.

I motsetning til granskningsrapportene nevnt over er det i vår metode vektlagt å adressere usikkerheter i analysen, slik at vi ikke fremstiller vurderingene som annet enn hypoteser. Det er hypoteser som krever nærmere studier. Vi vil inkludere disse usikkerhetene i våre anbefalinger til testopplegg omkring løsningene for mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem – Roadrunner.

5.4.1 Hurtiggående droner på skinner i tunnel

Statens vegvesen er svært bekymret for distraksjoner. Skilt og annet langs vegkanten som ikke har relevante budskap til trafikantene blir avvist. Kamera og bommer er allment akseptert på vegnettet og i så måte ikke oppfattet å være et problem. Trafikk på flyplasser er heller ikke forbundet med økt risiko, selv om flykroppene krysser like over kjøretøyene. På idrettsarrangement er det vanlig at droner filmer idrettsutøvere i høye hastigheter, for eksempel innenfor alpint. Likevel vil droner i taket av en tunnel by på usikkerhet med hensyn til trafikantenes risikooppfattelse. På den andre siden vil en tydelig tilstedeværelse samtidig gi en positiv effekt på kjøreadferd på samme måte som automatisk trafikk kontroll bidrar til forbedret kjøreatferd. Ved å gå inn i distraksjonsforskningen vil vi kunne sette opp ulike testvarianter for trafikanter for å måle effekter på kjøreatferd.

Roadrunner må designes slik at dronene følger kjøretøyene i fartsretning. En slik tilnærming vil skåne møtende trafikk, selv om dronen vil kunne distrahere dem gitt at den ligger i synsfeltet til trafikanter i samme kjøreretning. Et design som reduserer distraksjon inkluderer også minst mulig overraskelse for møtende trafikanter, dvs at målet for designerne av systemet er å sikre at den møtende dronen ikke oppleves verre enn normal trafikk mot. Selve løsningen må også vurderes opp mot risiko for svikt og at droner kommer på avveie eller faller ned. Mekanisk robusthet er et viktig forhold å analysere i pilotfasen. Det er utviklet mye relevant teknologi med høy robusthet for el-sykler og el-biler. Det skulle derfor være mange komponenter og mye erfaring å hente i detalj utviklingen av Roadrunner. Risiko for «drone-nedfall» kan reduseres ved å legge skinnen langs siden av tunnelen.

5.4.2 Roadrunner garanterer selvredning?

I denne rapporten har vi brukt Statens havarikommisjon for transport sine rapporter fra de fire store brannene siden 2011. Det har vært flere branner og tilløp til branner etter disse. SHT har pågående analyser, nå også etter siste brann i Oslofjordtunnelen. Hovedproblemet er at trafikantene må skjønne når det er fare på ferde, dvs når de skal iverksette selvredning. Etter brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 er dette fortsatt en stor utfordring. Svært få trafikanter vet hva de skal se etter og hva de skal gjøre når branner har inntruffet. Potensialet for forbedring her er formidabelt og Roadrunner kan være et egnet verktøy. En bedre kontroll av trafikkbildet er nødvendig. SEROS/UiS jobber med disse problemstillingene i to PhD-prosjekter og flere pågående masterstudier.

Med Roadrunner er det et potensiale å sikre «nesten alle» nødvendige observasjoner og målinger i sann tid som gir et bilde en innsatsleder har store problemer å skaffe, også

i «normale» redningsinnsatser (Bøhm, 2017; Rake & Njå, 2009). Roadrunner er en barriere i sikkerhetsstyringen med påvist funksjon i alle fasene av scenariobeskrivelsene, som også inkluderer forebyggende aktiviteter.

Etablering av trafikkmodeller med identifisering av kjøretøy er et biprodukt av systemet, men vil også som isolert produkt kunne bidra til bedre situasjonsforståelse og hendelsesdeteksjon. Oppdatering av trafikkmodell kan gjøres fra stasjonære kamera. Her ligger et forsknings- og utviklingsarbeid som er viktig, uavhengig om det installeres mobile informasjons- og kommunikasjonssystemer eller ikke.

5.4.3 Kunnskap om og bruk av risikoindikatorer ved hjelp av Roadrunner

VTS er en sentral aktør i tunnelsikkerhetsarbeidet. Målet må være å finne ordninger som involverer VTS i drift, avvikshåndtering, beredskap og ulykkesrespons for tunneler som kan medføre problemer med hensyn til trafikanters selvredning. I dag finnes det store mengder data i sann tid som registreres av VTS for en rekke tunneler. I hvilken grad er det mulig å finne sammenhenger mellom (potensielt) store hendelser og mindre alvorlige hendelser (bilberging, forurensning, objekter i vegbanen med mer)? Målet er å identifisere et sett med risikoindikatorer som er styrbare for VTS, og som dermed reduserer risiko for store ulykker.

Utvikling, testing og implementering av Roadrunner forventes å gi et sett med indikatorer som kan brukes i trafikkstyringen. Indikatorsettene må testes og evalueres som del den kontinuerlige sikkerhetsstyringen. Roadrunner vil være en informasjonskilde som kan gi nye indikatorer og på sikt langt forbedre kunnskapen om tunnelsikkerhet.

5.4.4 Forslag til pilot-testing og videre utvikling av Roadrunner

Implementeringsforskning vil være det førende designet for testingen av Roadrunner. For eksempel vil det være viktig å avdekke konsekvenser av implementering av tiltaket i et livsløpsperspektiv. Det krever etiske vurderinger, kost/nytte-effekter og en kontinuerlig vurdering av forskningskvalitet. Roadrunner sine funksjoner bør derfor testes ut på flest mulig sanser for å skape et bedre bilde av menneskelig respons. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljø. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikanter) er kjernen av forskningsaktiviteten her. Roadrunner vil være en del av sikkerhetssystemet som skal virke ved behov i den daglige sosio-tekniske konteksten ute i tunnelsystemet med alle samvirkende aktører. Forskingen er med andre ord behovsdrivet, løsningene må være dynamiske og tilpasningsdyktige, hvor fasene for studiene splittes i følgende:

Fase 1. Mulighetsfasen

Konseptet lanseres, beskrives og testes i liten skala. Funksjoner som bilder lyd og mobilitet demonstreres. Studie av muligheter for Roadrunner i den helhetlige

sikkerhetsstyringen av tunneler utvikles med basis i dagens kunnskap. Studien i denne rapporten er en del av dette.

Fase 2. Storskala funksjonstesting

Konseptet utvikles videre med skinner, drone (kamera, sensorer) og styringssystem. Denne løsningen kan settes opp i et større testområde, for eksempel Samfunnssikkerhetssenteret i Rogaland (SASIRO⁶) eller tilsvarende anlegg, hvor det er mulig å skape brannsituasjoner. Avklaring av systemets autonome egenskaper og kopling til kommunikasjonsentraler vil være en viktig aktivitet. Testing av funksjoner som bilde, gassmåling, temperaturmåling med mer ligger i denne aktiviteten. Full hastighet på dronen vil også være del av denne fasen. Studien vil se på mekaniske forhold som vibrasjon, robusthet, hastighet, samt deteksjonsalgoritmer for kamera i bevegelse.

Fase 3. Fullskala i tunnel

I denne fasen er det to hensyn som skal utfordres. Det første er interaksjoner med trafikanter, dvs vi må finne en lav-trafikkert tunnel hvor det er god mulighet til å informere brukerne om studien. I dette opplegget blir det skreddersydd datainnsamling for lys og lyd til kommunikasjon med publikum, operatørgrensesnitt og datakommunikasjon.

Det andre hovedmålet er å fremprovosere aggressivt miljø for å studere funksjoneringen over tid, for eksempel å montere Roadrunner i en nedlagt tunnel med mulighet for å sette opp eksperimentet (det er flere nedlagte tunneler på Sør-Vestlandet).

6 SASIRO er vertskap for Norwegian Tunnel Safety Cluster, som er en klynge bestående av over 100 virksomheter som jobber med innovasjonsprosjekter for bedre tunnelsikkerhet.

6. Konklusjoner

I denne studien har vi presentert et mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem (Roadrunner) anvendt i norske vegtunneler. Metodisk har vi analysert tiltaket med kontrafaktiske hendelser koplet til narrativene til Statens havarikommisjons sine fire store undersøkelser av tunnelbranner siden 2011. I alle brannene ville Roadrunner kunne redusert skadeomfanget vesentlig, spesielt brannene i Gudvanga-tunnelen og Oslofjordtunnelen. Brannen i Skatestraum-tunnelen kunne vært forhindre, men her er det knyttet stor usikkerhet til effekten av Roadrunner. Vår analyse viser også Roadrunners rolle som forebyggende tiltak ved at systemet kontrollerer trafikken og inspiserer teknisk infrastruktur i tunnelen.

Forskere på kriser og krisehåndtering viser til mangel på tidlig situasjonsforståelse (situation awareness) som forklaring på at skadeomfanget eskalerer, enten det er jordskjelv i Italia, flommer i Øst-Europa, eller tunnelbranner i Norge. Å forbedre trafikantenes forutsetninger for selvredning er det derfor liten uenighet om. Roadrunner kan være en funksjonell løsning. Roadrunner sine funksjoner bør derfor testes ut på flest mulig sanser for å skape et bedre bilde av menneskelig respons. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljø. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikantene) er kjernen av forskningsaktiviteten her.

Vi har foreslått testing av Roadrunner i tre faser; Mulighetsfasen, Storskala funksjonstesting; og fullskalatest i tunnel. Forskningsresultater viser at trafikantoppmerksomhet oppnås ved å bruke redundante systemer som rettes mot ulike sanser (visuelle, audiovisuelle, bevegelse/vibrasjon, lukt). Informasjonen må være kort, enkel og entydig.

7. Referanser

- Aven, T., Boyesen, M., Njå, O., Olsen, K. H., & Sandve, K. (2004). *Samfunnssikkerhet*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Bergen, B., Medeiros-Ward, N., Wheeler, K., Drews, F., & Strayer, D. (2013). The Crosstalk Hypothesis: Why Language Interferes with Driving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(1), 119-130. doi:10.1037/a0028428
- Bøhm, M. (2017). *Opplevelser fra at blive "ramt" i hverdagens operative innsatser. Brugen av hjelmkameraet som oppmerksomhedsunderstøttende teknologi [Recalls from "being struck" in everyday emergencies – The use of helmet-mounted cameras as an awareness supporting technology]*. (PhD), Roskilde University, Roskilde.
- Flottorp, S. & Aakhus, E. (2013). Implementeringsforskning: vitenskap for forbedring av praksis. *Norsk epidemiologi*, 23(2), 187-196.
- Fofanova, J., & Vollrath, M. (2012). Distraction in older drivers – A face-to-face interview study. *Safety Science*, 50, 502-509. doi:10.1016/j.ssci.2011.10.017
- Gandit, M., Kouabenan, D. R., & Caroly, S. (2009). Road-tunnel fires: Risk perception and management strategies among users. *Safety Science*, 47(1), 105-114. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2008.01.001>
- Gehandler, J., Ingason, H., Lönnemark, A., Frantzich, H., & Strömberg, M. (2014). Performance-based design of road tunnel fire safety: Proposal of new Swedish framework. *Case Studies in Fire Safety*, 1(0), 18-28. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csfs.2014.01.002>
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (Eds.). (2006). *Resilience engineering: concepts and precepts*. Aldershot: Ashgate.
- Ingason, H., Li, Y. Z., & Lönnemark, A. (2014). *Tunnel Fire Dynamics*. New York: Springer New York.
- Jenssen, G. D., Bjørkli, C. A., & Flø, M. (2006). *Vurderinger E39 Rogfast: trygghet, monotoni og sikkerhet i krisesituasjoner og ved normal ferdsel* (STF50 A06109). Retrieved from Trondheim:
- Kinateder, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönnau, I., . . . Mühlberger, A. (2013). Human behaviour in severe tunnel accidents: Effects of information and behavioural training. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 17(0), 20-32. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2012.09.001>
- Knapstad, T., & Bjørnsen, G. (2017). *Sikker kjøring i tunneler. En studie av trafikanters kunnskap om kjøring i norske tunneler, og hvordan norske myndigheter kan tilrettelegge for læring som utvikler trafikanters kompetanse i tunnelsikkerhet*. (MSc), University of Stavanger, Stavanger.
- Lee, J. D., Boyle, L. N., Strayer, D. L., Turrill, J., Cooper, J. M., Coleman, J. R., . . . Biondi, F. (2015). Assessing Cognitive Distraction in the Automobile. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*, 57(8), 1300-1324. doi:10.1177/0018720815575149
- Lerang, G. I. (2016). *Roadrunner demonstration*. Roxel, Forus: Roxel Aanestad, Stavanger.
- Leveson, N. (2011). *Engineering a safer world: systems thinking applied to safety*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Marcuse, H. (2009, 3 June). Reception History: Definition and Quotations. Retrieved from <http://www.history.ucsb.edu/faculty/marcuse/receptionhist.htm>
- Nilsson, D., Johansson, M., & Frantzich, H. (2009). Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations. *Fire Safety Journal*, 44(4), 458-468. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.09.009>
- Njå, O. (2016). *Utfordringer og kunnskapsstatus i tunnelsikkerhet. Designprinsipper og funksjonelle krav og problemstillinger som innspill til Statens vegvesens arbeid med å etablere etatsprogram om tunnelsikkerhet*. Stavanger.

- Njå, O., & Kuran, C. (2015). *Erfaringer fra redningsarbeidet og selvredningen ved brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011 [Experiences from the rescue work and the self rescue in the Oslofjord tunnel fire 23 June 2011]*. Stavanger: International Research Institute of Stavanger.
- Njå, O., Vastveit, K. R., Abrahamsen, E. B., & Eriksson, K. (2013). *Evaluering av risikovurderinger i Statens vegvesen. Beslutningsstøtte og læringsverktøy. [Evaluation of risk assessments in the Norwegian Public Roads Authority: Decision support and learning tool]*. Stavanger: International Research Institute of Stavanger.
- NOU 2012: 14. *Rapport fra 22. juli-kommisjonen [Report from the 22 July Commission]*. Oslo: Statens forvaltningstjeneste. Informasjonsforvaltning.
- Rake, E. L., & Njå, O. (2009). Perceptions and performances of experienced incident commanders. *Journal of Risk Research*, 12(5), 665-685.
- Rausand, M., & Utne, I. B. (2009). *Risikoanalyse : teori og metoder*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Reinås, J. (2005). *26.12 Rapport fra evalueringsutvalget for flodbølgekatastrofen i Sør-Asia [Report from the evaluation commission for the tsunami catastrophe in South Asia]*. Retrieved from Oslo:
- Renå, H. (2017). 22. juli-kommisjonens analyse, vurderinger og konklusjoner. *Norsk statsvitenskapelig tidsskrift*(01), 10-36.
- Ringstad, A. J. (1994). Perceived danger and the design of underground facilities for public use. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 9(1), 5-7. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0886-7798\(94\)90003-5](http://dx.doi.org/10.1016/0886-7798(94)90003-5)
- Schubert, H. M., Høj, N. P., & Faber, M., H. (2011). *Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels*. Retrieved from Brunnen, Switzerland:
- SHT. (2013). *Rapport om brann i vogntog på Rv 23, Oslofjordtunnelen, 23. juni 2011* Rapport vei (online),
- SHT. (2015). *Rapport om brann i vogntog på E16 i Gudvangatunnelen i Aurland 5. august 2013. [Report on fire in a heavy goods vehicle in the Gudvanga tunnel on the E16 road in Aurland on 5 August 2013]* Rapport vei (online),
- SHT. (2016a). *Rapport om brann i tanktilhenger i Skatestraumtunnelen i Sogn og Fjordane 15. juli 2015* Rapport vei (online), Retrieved from <https://www.aibn.no/Veitrafikk/Avgitte-rapporter/2016-05>
- SHT. (2016b). *Rapport om bussbrann i Gudvangatunnelen på E16 i Aurland 11. august 2015* Rapport vei (online), Retrieved from <https://www.aibn.no/Veitrafikk/Avgitte-rapporter/2016-03>
- Sommer, M., Njå, O., & Braut, G. S. (2013). A model for learning in emergency response work. *International Journal of Emergency Management*, 9(2), 151-169.
- Store Norske Leksikon. (2016). Universell utforming. Retrieved from https://snl.no/universell_utforming
- Strayer, D., & Cooper, J. (2015). Driven to Distraction. *Human Factors*, 57(8), 1343-1347. doi:10.1177/0018720815610668
- SVV. (2013). *Rapport: Automatisk hendelsesdetektering i tunnel. Teknologisammenligning*. Oslo: Statens vegvesen.
- SVV. (2014). *Veileder i trafikkdata: veiledning [håndbok V714]* Håndbok (Statens vegvesen : online), Vol. V714.
- SVV. (2016). *Håndbok N500 Vegtunneler*. Oslo: Statens vegvesen.
- Søvik, A. P. (2015, 21.04). [Tunnelliste].
- Vatsvåg, N. (2016). *En undersøkelse av ulike faktorerers betydning i forhold til opplevd trygghet ved tunnelkjøring – en studie basert på fokusgruppeintervju og en spørreundersøkelse blant norske trafikanter*. (MSc), University of Stavanger, Stavanger.
- Vegtilsynet. (2015). *Tilsynsrapport sak 2015-05. Risikoanalyse av vegtunneler*. Voss: Vegtilsynet.
- WHO. (2014). *Implementation research toolkit: workbook* Retrieved from http://www.who.int/tdr/publications/year/2014/9789241506960_workbook_eng.pdf

- WOAD. (2016). *Improving Safety in Road Tunnels through Real-Time Communication with Users*. Retrieved from <http://www.piarc.org/en/order-library/24148-en-Improving%20safety%20in%20road%20tunnels%20through%20real-time%20communication%20with%20users.htm>
- Young, K. L., & Salmon, P. M. (2015). Sharing the responsibility for driver distraction across road transport systems: A systems approach to the management of distracted driving. *Accident Analysis & Prevention*, 74, 350-359. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.03.017>
- Young, K. L., Salmon, P. M., & Cornelissen, M. (2013). Distraction-induced driving error: An on-road examination of the errors made by distracted and undistracted drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 58, 218-225. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.06.001>



International Research Institute of Stavanger

Hovedkontor

Postboks 8046
4068 Stavanger
Tlf: +47 51 87 50 00
Fax: +47 51 87 52 00

Besøksadresse: Prof. Olav Hanssensvei 15

E-post: firmapost@iris.no

Org. nummer: 988 944 459 MVA

Bergen

Thormøhlensgate 55
5508 Bergen

Mekjarvik

Mekjarvik 12
4070 Randaberg