

Ove Njå og Christian Kuran

**Erfaringer fra redningsarbeidet og selvredningen  
ved brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011**

Rapport IRIS - 2014/250







Universitetet  
i Stavanger

Senter for risikostyring og samfunnssikkerhet



International Research Institute of Stavanger

www.iris.no

Ove Njå og Christian Kuran

## Erfaringer fra redningsarbeidet og selvredningen ved brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011

Intervjuer med beredskapspersonell og  
trafikanter

Rapport IRIS - 2014/250

Prosjektnummer: 7351021  
Prosjektets tittel: Brannen i Oslofjordtunnelen  
Oppdragsgiver(e): HBI Haerter, Sveits  
ISBN: 978-82-490-0841-4  
Gradering: Åpen  
Kvalitetssikrer: Geir Sverre Braut

Stavanger

 Ove Njå Prosjektleder	 24/2-2015 Sign.dato	 Geir Sverre Braut Kvalitetssikrer	 24/2 2015 Sign.dato
 Einar Leknes Senterleder IRIS Samfunnsforskning		25.02.2015 Sign.dato	



## Forord

Oslofjordtunnelen er en undersjøisk vegtunnel, 7306 meter lang, og den lengste vegtunnelen i Akershus og Buskerud. Det dypeste punktet i tunnelen er 134 meter under havet og største stigning er 7 %. Kl. 1433, 23. juni 2011 kjørte et vogntog inn på Rv 23 inn i det vestlige tunnelinnslaget av Oslofjordtunnelen. Kl. 1436 fanget Vegtrafikksentralen (VTS) for Region øst i Oslo opp brannen i kjøretøyet og varslet umiddelbart nødetatene. Brannen eskalerte, og i det vogntogets tilhenger tok fyr startet tunnelens ventilatorvifter. Røyken og ventilasjonsluften fra brannen ble ledet 5,5 km mot tunnelåpningen på Hurumsiden, og tunnelen ble fylt med røyk. Flere trafikanter ble innhyllet av røyk og kjempet en hard kamp for å overleve hendelsen.

Dette prosjektet har forsøkt å få fram de involvertes historiefortellinger fra den farlige hendelsen oppstod til situasjonen var under kontroll og normalisert, dvs trafikantene var friskmeldt. Gjennom prosjektet har vi intervjuet trafikanter, personell fra nødetatene og Statens vegvesen. Alle har vist oss stor velvilje og gitt sine versjoner av hendelsen ut fra egen hukommelse to og et halvt år etter hendelsen. Vi er veldig takknemlig for denne velviljen, tusen takk! Også takk til Politiet som hjalp oss med å komme i kontakt med trafikantene som ønsket å la seg intervju.

Det å utforme tunneler på trafikantenes premisser slik at selvevakuering kan gjennomføres, er veldig utfordrende. Denne rapporten har belyst dette temaet og vi håper at den kan gi innspill til ettertanke og forbedringer i norske vegtunneler. Analysen og fortolkningen av datamaterialet og relaterte anbefalinger til tiltak står helt for vår egen regning.

Avslutningsvis vil vi takke HBI Haerter ved Rune Brandt og Statens vegvesen ved Finn Harald Amundsen for oppdraget.

Stavanger, 26. februar 2015

Ove Njå, prosjektleder



## Abstract

This project is a case study of the crisis management of the Oslofjord-tunnel fire on the 23<sup>rd</sup> of June 2011. The Oslofjord-tunnel is 7.3 km long and the fire occurred in a heavy goods vehicle (HGV) approximately 1.7 km from the tunnel mouth at the eastern side (Drøbak), where the gradient is 7 %. The fire escalated quickly and road-users downstream of the tunnel ventilation (from east towards west) were suddenly trapped in smoke. The issue of this study has been; how was the tunnel design adapted to maintain self-evacuation in major fires? By tunnel design we mean the physical layout of the tunnel, the safety systems, the traffic regulation, the crisis response system, the road-users abilities and prerequisites in major fires, such as HGV fires. No-one was killed in the event, but 34 persons were trapped in the tunnel and some of them seriously injured due to toxic gases.

Our study was based on interviews with the involved parties in order to reveal their narratives about the event. We focused on decision making in the accident, based on ideas in the theory of Naturalistic Decision Making. The interviews gave us information about the road-users behaviors, which were characterized by great uncertainty about the situation in the early phase of the incident. For many persons it delayed their decision to escape. Some people (4-5) decided to sit in their vehicles using the recirculated air. These persons have not been part of this study. The other road-users tried to turn their vehicles around in order to drive out downstream from the fire to the western entrance of the tunnel. Most of them succeeded, but a number of persons (9-12, the exact number is uncertain) did not make it and were enforced to find shelter in the tunnel. They ended up behind hatches leading to the space between the tunnel arch and the mountain profile, which were not supposed to serve as a shelter. All victims were brought to safety and hospitalized within two hours after the fire broke out.

Our conclusion is that the tunnel design at the time of the accident did not comply with the principles of self-evacuation. The road-users had very little knowledge about tunnel fires and how to react in the situation. Their situation awareness was only aided by the cues and fellow road-users at the site. Their behavior was socially conditioned, and they became focused on fleeing from the fire with the goal to search for tenable spots. The critical decisions that contributed to the difficult situation for the road-users, but positive outcome (no fatalities) were:

- Event detection on CCTV and tunnel closure
- Triplet alarm and resource allocation
- Fire ventilation
- Information to road-users (radio information, light, smoke dispersion)
- Road-user solidarity
- Fearless firefighting behavior
- Rapid rescue with ATV (all-terrain vehicle) and the paramedics available close to the scene in the tunnel
- Debrief and the road users' own initiatives to gather and cope with the psychological stress reactions

Norwegian Public Roads Authority has carried out many arrangements to improve the safety of the Oslofjord-tunnel. The risk reducing measures span from reducing speed when entering the tunnel, better signs and road marking, dynamic emergency lights guiding to emergency rooms, to automatic voice input in emergencies. The efforts done will inter alia improve self-evacuation conditions. However, this report also add some recommendations regarding regulation and responsibilities, increased competence on tunnel fires, reassessing the principles of emergency management, technological measures and an improved psychological follow-up care.

Stavanger, 26. February 2015

Ove Njå, project manager



## Innhold

Sammendrag .....	9
1 INNLEDNING .....	15
1.1 Hendelsesforløpet og relevante vurderinger fra SHT.....	16
2 TEORI .....	23
2.1 Beredskapsprosedyrene, basert på info fra SHT (2013) .....	23
2.2 Menneskelige reaksjoner – rømming .....	24
2.3 Atferd .....	27
2.4 Rømming.....	29
2.5 Handlingsvalg basert på beslutninger i sine naturlige, men kritiske omgivelser .....	31
3 METODEN ANVENDT I DENNE STUDIEN .....	33
4 FUNN FRA INTERVJUENE.....	35
4.1 Statens vegvesen .....	35
4.2 Nødetatene.....	36
4.3 Trafikantene .....	39
4.4 De viktigste beslutningene og grunnleggende resonnementer .....	43
4.5 Mulige tiltak .....	46
5 DISKUSJON .....	53
6 KONKLUSJON.....	55
7 REFERANSER.....	56
VEDLEGG .....	61
A Intervjuguide brann i Oslofjordtunnelen .....	61
B Funksjonelle krav til sikkerhet .....	64
C Termiske, toksiske og mekaniske belastninger og menneskers tåleevne.....	67



## Sammendrag

Oslofjordtunnelen er en undersjøisk vegtunnel, 7306 meter lang, og den lengste vegtunnelen i Akershus og Buskerud. Det dypeste punktet i tunnelen er 134 meter under havet og største stigning er 7 %. Kl. 1433, 23. juni 2011 kjørte et vogntog inn på Rv 23 inn i det vestlige tunnelinnslaget av Oslofjordtunnelen. Kl. 1436 fanget Vegtrafikksentralen (VTS) for Region øst i Oslo opp brannen i kjøretøyet og varslet umiddelbart nødetatene. Brannen eskalerte, og i det vogntogets tilhenger tok fyr startet tunnelens ventilatorvifter. Røyken og ventilasjonsluften fra brannen ble ledet 5,5 km mot tunnelåpningen på Hurumsiden, og tunnelen ble fylt med røyk. Flere trafikanter ble innhyllet av røyk og kjempet en hard kamp for å overleve hendelsen.

Statens vegvesen ønsker å kartlegge erfaringer fra branner og redningsaksjoner i sine tunneler. Dette prosjektet er et bidrag til det arbeidet ved å intervjuer trafikanter, tunnelpersonell, rednings- og brannmannskaper som var til stede under brannen. Målet med rapporten er å frembringe ny kunnskap om hvordan trafikanter og beredskapspersonell oppfattet hendelsen, identifisere bakgrunnen for de handlingsvalgene som ble foretatt og hvordan usikkerheter omkring redningsarbeidet ble håndtert. I denne studien har vår problemstilling vært: **Hvordan var tunnel-utformingen tilrettelagt for å ivareta (selv)redning i forbindelse med store branner?**

Selvredningsprinsippet er det grunnleggende prinsippet for evakuering av veitunneler ved brann. Tunnelsikkerhetsforskriften, basert på EUs direktiv 2004/54/EF, legger opp til at fluktveger 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.

Denne studien har sett på trafikantenes og krisehåndterernes handlingsvalg. I forskningen på beslutninger i krisesituasjoner er det utviklet et teoretisk perspektiv som heter «Naturalistic Decision Making – NDM». Dette perspektivet studerer beslutninger i sin virkelige kontekst ut fra en søken etter hva som styrte aktuelle handlingsvalg i situasjonen, i dette tilfellet brannen. Forskningen er vanligvis forbundet med forklaringer på hvorfor ting løses så vellykket og hva som gjorde at kompetente beslutningstakere håndterte situasjonene så godt. Forutsetningen er kompetente beslutningstakere og at situasjonen er krevende mhp stor usikkerhet om hva som er i ferd med å skje, store verdier på spill, uklarhet omkring målene, kompleks situasjon og flere aktører involvert. Det er to hovedelementer som kjennetegner NDM, situasjonsvurdering og mental simulering, som begge er gitt av omgivelsene og knyttet til personens erfaringer og kompetanse.

Vi baserte datainnsamlingen på dybdeintervjuer med personer som var til stede under brannen. Semi-strukturerte, samtalebaserte og uformelle dybdeintervjuer var velegnet som verktøy i dette prosjektet. I kontrast til survey-pregede eller sjekklisteintervjuer inviterte vi informantene til å reflektere over våre tema. Informantens refleksjoner ble vektlagt, og følgende kategorier av informanter ble intervjuet, antall respondenter i parentes:

- Folk som har vært fanget av røyk i tunnelen hvor evakuering var nødvendig (7).
- Redningspersonell (Helse, Brann, Politi - 6)
- Vegtrafikkstyring (3)

Vi ønsket å se hvordan den enkelte resonnerer for sine valg som var mer eller mindre viktige for utfallet av hendelsen. Trafikantene som var i den røykfylte sonen var i liten grad opplært til å møte den kritiske situasjonen. Vi mener at de viktigste beslutningene med hensyn til utfallet og trafikantenes helse er:

*Hendelsesdeteksjon og stengning av tunnelen.* På Vegtrafikksentralen ble hendelsen oppdaget av to operatører nesten samtidig. Begge resonnerer umiddelbart at dette var en stor hendelse. Det er en internalisert rutine at ved slike hendelser stenges tunnelen umiddelbart og fullt lys slås på. Kameraene gjorde at operatørene på VTS hadde rimelig god oversikt om hvem og hvor mange som var inne i tunnelen, selv om det var usikkert. For trafikantene som befant seg på utsiden på vei inn i tunnelen var dette et ekstremt viktig tiltak, og at det var fullstendig rutinisert bidro til at løsningen ble raskt iverksatt.

*Trippelvarsling og ressursallokering.* Trippelvarslingen på begge sider av fjorden ble også foretatt umiddelbart. Første bil var fremme på skadestedet 13 minutt etter at hendelsen ble oppdaget av VTS. Ressursallokeringen på begge sider var stor. Fagleder brann sørget for å få inn ressurser, men også helsevesenet hadde stor oppmerksomhet omkring mulige behov. Bruk av Helseekspressen ble en mulighet som fikk veldig positiv omtale av nødetatene.

*Brannventilasjon og påfølgende full ventilasjon.* Den vanskeligste beslutningen, kanskje sett i ettertid, var når ventilasjonen skulle settes på. VTS hadde oversikt over situasjonen og drøydde handlingen så lenge som de oppfattet var mulig. Beslutningen var tatt, den var i henhold til planverket. Kriteriet for å sette på brannventilasjonen var at brannvesenet fra Drøbaksiden ankom og resonnementet var at de da måtte ha tilgang til brannen. Trafikantenes bilde av røykproppen som kom mot dem var en dramatisk opplevelse. Mange opplevde å være sjanseløse med hensyn til å forstå situasjonen og agere med selvevakuering tidsnok.

*Trafikantinformasjon (radioinnsnakk, lys, røykspredning).* Statens havarikommisjon for transport (SHT) har reist kritikk når det gjelder radioinnsnakk og informasjon til trafikantene i forbindelse med sin undersøkelse. Våre intervjuer viser at kun en trafikant mente å ha hørt noe på radio, men at den informasjonen ikke fikk betydning for vedkommende sin selvevakuering. De som evakuerte baserte seg på informasjon fra andre trafikanter eller at de så brannen selv. En trafikant sa at kontakten med VTS ga dem informasjon om hvelvet bak SOS-telefonen og at de kunne komme seg bak luken. Det var null sikt etter at røykproppen kom, dvs lysene hadde ingen funksjon.

*Trafikantsolidaritet.* Trafikantene beskrev en oppgitt situasjon hvor flere av dem uttrykte at de var «sikre på å dø». Der hvor trafikanter samlet seg i kjøretøy ble føreren leder for evakueringen. De gruppene som hadde funnet hverandre holdt også stort sett sammen etter at de måtte fortsette til fots. Gruppen som oppholdt seg i luken som var nærmest brannen beskrev luften som frisk når de kom inn i rommet bak luken. Alle trafikantene vi snakket med var ved full bevissthet hele tiden. Selv om trafikantene uttrykte oppgitthet

mener vi at de agerte annerledes. De forsøkte hele tiden å komme seg lengst unna brannen og å finne bedre forhold. Atferden var kjennetegnet av en overlevelsestrang som vi mener ble forsterket av solidariteten mellom dem.

«Uredd» slokkeinnsats. Det eksisterer stor tillit internt i brannvesenet om at eget planverk og egne ressurser er tilstrekkelige i håndtering av kriser i Oslofjordtunnelen. Første bil som ankom hadde fått beskjed om at vogntoget ikke inneholdt farlig gods og hadde dermed ikke tid til å stoppe ved føreren som var på vei ut. De stolte fullt ut på 110-sentralens informasjon. Det å holde mannskaper tilbake når redningsmannskapene der nede visste at det var mange trafikanter nedstrøms, var vanskelig for utrykningslederen. En respondent (nødetat) antok at de brukte 4-5 minutt lenger på slokkearbeidet fra første kollega anmodet om å få gå inn.

*Rask redning med ATV og ambulansemannskap ned i tunnel.* I resonnementet omkring røyksskadede mennesker ble løsningen om å sende ambulanse ned i tunnelen valgt. Dette var ikke åpenbart for alle på grunn av egensikkerheten, men fremsto for etatene i ettertid som et lykkelig valg og noe de også ville ta med seg fremover. IR-kamera og bruk av ATV med henger var en veldig god løsning for å finne trafikantene nede i tunnelen. Først ble søk foretatt for å finne og geleide ut trafikantene som satt i egne biler (så nær som 50 m fra vogntoget?). Vi har ikke snakket med noen av disse og har ikke innsikt i deres resonnementer, men respondentene (Vegvesen og nødetat) trakk heller ikke frem spesielle forhold omkring dem slik at vi antar at de ikke kan ha opplevd helt ekstreme forhold med hensyn til temperatur eller røyk. Generelt oppfattet trafikantene at de ble håndtert veldig profesjonelt når redningsmannskapene fant dem.

*Debrief og trafikantenes egne initiativ.* Utvilsomt har alle opplevd hendelsen som traumatisk, og noen sliter med ettervirkninger. Tre av syv trafikanter ga uttrykk for at de hadde luftveisplager nå i ettertid. Etatenes debriefing like etterpå ble stort sett oppfattet veldig positivt. Selve opplegget var bra, spesielt å få komme til åstedet for å se i trygge omgivelser. Enkelte trafikanter hadde positiv erfaring med ad hoc samlinger, bestående av en gruppe av trafikanter som hadde opplevd felles skjebne. De beskrev disse som uformelle samlinger, og et sted å «luften» sine erfaringer. For oss virket dette som viktige møtearenaer for egen krisebearbeiding.

Kunne VTS og nødetatene ventet med å starte ventilasjonen? Det ville i så fall måtte bety at de som stod på Hurumsiden skulle registrert utkjørte biler i full kommunikasjon med VTS og videobildene deres, slik at de i fellesskap kunne avklart når det var greit å sette på brannventilasjonen. Dersom en slik strategi ble valgt ville det ha medført at de trafikantene som faktisk valgte å sitte i egne biler kunne fått en langt tøffere eksponering av varme og røyk. Sjøføren av traileren på veg opp ville også fått det vanskeligere. Og hadde eventuelt en slik strategi kunnet sikre at alle som hadde valgt evakuering, ville fått gjennomført? Hvordan ville en slik strategi blitt fortolket i ettertid, for eksempel i en juridisk kontekst? Dette er hypoteser, men vel verdt som underlag i fremtidige diskusjoner om hvordan selvevakueringsprinsippet skal utvikles og håndteres i Norge.

Det er mange kunnskapshull i tunnelsikkerhetsarbeidet, både på forebyggende og skadebegrensende side, hvor vi lister følgende kunnskapshull med relevans til problemstillingen vi har jobbet med gjennom denne studien:

- Kjøretøyene som bruker tunnelene; tilstand, last og kjøreatferd på tyngre kjøretøy.
- Brannutvikling i tyngre kjøretøy, blant annet variasjon, brannvekst, varmeavgivelseshastighet, varmefluks, forbrenning, masseforbrenningshastighet, forbrenningsintensitet i ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer).
- Røykgasser, konsentrasjoner og spredning av giftige gasser gitt ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer).
- Menneskets tåleevne, som grunnlag for å identifisere grenseverdier til bruk i dimensjonering.
- Sammenhengen mellom kravet til selvevakuering og nødetatenes krisehåndtering, gitt en funksjonsbasert tilnærming til utformingen av tunnelen.
- Sammenhengen mellom teknologiske løsninger og selvevakuering, hvordan vil trafikanter kunne påvirkes til å gjøre riktige valg.

Gjennom denne studien har vi fått avdekket at NDM teorien har hatt en mindre effekt når det gjelder håndteringen av krisen. Det må en annen tenkning til for at man for eksempel kunne avvente brannventilasjonen til trafikantene var informert og hadde anledning til å rømme. Dersom prinsippet skal være selvredning må også det prinsippet være førende for beredskapsplanleggingen. Da er det gjerne et sterkere fokus på funksjonsbasert tilnærming, hvor bruk av scenarier blir en vesentlig del.

Hvordan var tunnel-utformingen tilrettelagt for å ivareta (selv)redning i forbindelse med store branner? Trafikantene som var i den røkfylte sonen var i liten grad opplært til å møte den kritiske situasjonen. Trafikantene handlet i liten grad i tråd med NDM, men responderte på hendelser etter hvert som de inntraff. De ble eksponert for røykgasser ingen hadde kontroll på, og situasjonen deres var veldig kritisk. Beredskapsplanlegging med basis i selvredningsprinsippet kan ikke skje uten en forbedret kunnskap om trafikanters handlingsmønstre og tåleevne i branner. Her mangler vi fortsatt mye kunnskap. Vi mener at prinsippene til utforming av tunnelen basert på at 1) trafikantene kan redde seg selv (selvredning), 2) røyken i mindre grad er livstruende, selv om trafikantene (må) forvente å bli utsatt for røyk, 3) brannvesenet skal kunne komme til brann/ulykkesstedet med frisk luft i ryggen, og 4) restrisiko blir minst mulig; ikke har vært forenlige i Oslofjordtunnelen. Det ble kritisk og livstruende for de ca 15 personene som ikke kom seg ut raskt.

Alle forbedringene gjort i Oslofjordtunnelen er gode bidrag til å sikre selvredning for trafikantene, men Statens vegvesen bør gjøre flere tiltak med tanke på sine mange og lange ettløpstunneler. Vi har antydning endringer i regulering og ansvar, økt kompetanse om tunnelbrann, revurdering av beredskapsplanleggingen, teknologisk utvikling og tidlig informasjon til trafikanter, og bedre psykisk ettervern. Dette krever involvering av langt flere aktører enn Statens vegvesen.

Det eksisterer mye erfaringsmateriale fra hendelser i tunneler, men vi mangler fortsatt mye kunnskap om hendelser som kan medføre branner og hvilke potensialer disse har. Vår hovedkonklusjon er at Statens vegvesen må bidra til å øke kunnskapen og stadig være på jakt etter risikoinformasjon som kan gi bedre løsninger. En stor brann med flere drepte i en norsk vegtunnel vil møte stor oppmerksomhet i samfunnet hvor de involverte

aktørene vil bli kritisk undersøkt. Det må forventes at tunnelsystemene utformes etter høypålitelighetsteori (Leveson, 2011; Reason, 1997; Weick & Sutcliffe, 2001) for å gi de sikreste løsningene ut fra samtidens kunnskap.





# 1 Innledning

Statens vegvesen ønsker å kartlegge erfaringer fra branner og redningsaksjoner i sine tunneler. Dette prosjektet er et bidrag til det arbeidet ved å intervjuere trafikanter, tunnelpersonell, rednings- og brannmannskaper som var til stede under brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011. Målet med rapporten er å frembringe ny kunnskap om hvordan trafikanter og beredskapspersonell oppfattet hendelsen, identifisere bakgrunnen for de handlingsvalgene som ble foretatt og hvordan usikkerheter omkring redningsarbeidet ble håndtert. Basert på datamaterialet og analysene foreslår vi mulige tiltak som innspill til styrking av selvredning for trafikantene.

Oslofjordtunnelen er en undersjøisk veitunnel, 7306 meter lang, og den lengste veitunnelen i Akershus og Buskerud. Det dypeste punktet i tunnelen er 134 meter under havet og største stigning er 7 %. Tunnelen gir en alternativ veiforbindelse under Oslofjorden utenom Oslo, og da den ble åpnet i 1999 erstattet den fergestrekningen mellom Drøbak og Storsand.

I denne studien har vår problemstilling vært: **Hvordan var tunnel-utformingen tilrettelagt for å ivareta (selv)redning i forbindelse med store branner?**

Donald Schön hevder at «design is a reflective conversation with the situation» (1991). Overført kan det forstås som evnen systemet (Oslofjordtunnelen) hadde for å møte en storbrann. Systemet er helheten av tunnelutformingen, regelverket, trafikken, kjøretøyene, trafikantene, og nødetatene med de relaterte «arbeidspraksisene». I hvilken grad var disse tilpasset risiko for ulykker og farlige forhold? Vi snakker da om hvordan hendelser fikk inntreffe og utvikle seg i en symbiose med aktiviteter som motvirket. Det kan ses som en før-ulykkesfase og en ulykkesfase, som begge krever at noe må skje (Njå, 1998). Brannen i Oslofjordtunnelen er vår case studie, hvor vi har konsentrert oss om redningsaksjonene, basert på trafikantenes, nødetatenes og vegvesenets strategier/prinsipper. Branneffektene ble etter hendelsen beregnet og korrigert til 70-90 MW (forutsatt at 10 tonn av lasten brant opp) som tilsvarer en stor brann, men i underkant av hva man kan forvente av en stor lastebil.

De normative forutsetningene som ventilasjonskapasiteten og –designet er bygget på er at (SHT, 2013):

- trafikantene kan redde seg selv (selvredning),
- røyken i mindre grad er livstruende, selv om trafikantene (må) forvente å bli utsatt for røyk,
- brannvesenet skal kunne komme til brann/ulykkesstedet med frisk luft i ryggen, og
- restrisikoen blir minst mulig.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) mener at det mest forutsigbare designet for brannvesenets innsatsstyrke er at de har forhåndsfastsatte oppgaver ved utrykning til Oslofjordtunnelen. Prosedyren var derfor ikke fleksibel mhp å snu brannventilasjonsretningen, uansett hvor brannen oppstod i tunnelen. En annen grunn for

den valgte prosedyren var at brannvesenene på Hurumsiden ikke var dimensjonert for hovedslokkeinnsats.

Et vesentlig spørsmål i brannvernstrategien er hvorvidt det er bedre å føre mye luft inn i brannen. En teori som støtter mye luft inn er at det medfører mer fullstendig forbrenning og dermed mindre sot og røyk samtidig som røyken blir fortynnet og avkjølt. En annen teori fremhever at det bør være en begrenset bruk av ventilasjon for å redusere røykutvikling i tid og utstrekning. Vår studie tar ikke for seg tekniske designforhold knyttet til ventilasjonssystemet, tunnelutformingen, medisinsk grunnlagskunnskap med mer, utover å analysere responsen fra de som faktisk opplevde og håndterte ulykkeshendelsen.

Rapporten er strukturert som følger: Under har vi oppsummert hendelsen kopiert fra Statens havarikommisjon for transport (SHT) sin ulykkesundersøkelse (SHT, 2013). Dette har vi gjort for å ta med historien om selve hendelsen, men også for å få frem mulige avvik mellom hendelsen beskrevet av SHT og den informasjonen vi har innhentet. Vårt teoretiske perspektiv i kapittel to er presentert for å forstå farenivåene som trafikantene ble utsatt for. Fysisk og psykisk eksponering, reaksjonsmønstre og beslutninger under usikkerhet er vesentlige elementer for å forstå det som skjedde i tunnelen og hvorfor ingen ble drept. Kapittel tre beskriver våre metodiske grep hvor intervjuer med trafikanter og beredskapspersonell viser hvordan utformingen av tunnelen bidro til utfallene vi har observert. Resultatkapitlet gjenspeiler i stor grad intervjuguiden hvor første del (kap. 4.1) er viet til selve historiefortellingen, kap 4.2 beskriver de kritiske beslutningene og argumentene bak dem. Kapittel 4.3 gir forskernes skisser til mulige tiltak for å forbedre mulighetene for selvevakuering i tilfelle brann. Vi mener at beredskap også må omfatte tiltak som hindrer at farlige situasjoner får utvikle seg. Rapporten avsluttes med en kort diskusjon og konklusjonene i kapittel 6. Intervjuguide, prinsipp om funksjonelle krav i tunnelutforming, og grenseverdier for menneskers eksponering og tåleevne i branner finnes som vedlegg.

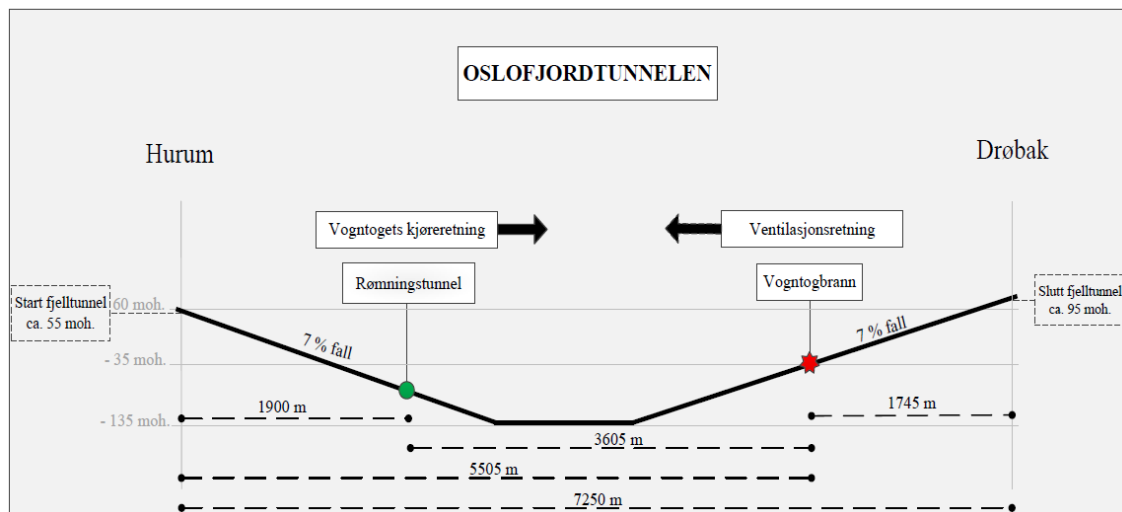
## **1.1 Hendelsesforløpet og relevante vurderinger fra SHT**

Nedenfor gjengir vi hendelsesforløpet slik det er beskrevet av Statens Havarikommisjon for Transport (SHT), som undersøkte ulykken (SHT, 2013).

### **1.1.1 Ulykkesstedet**

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 rømningstunnelen 3 605 m i retning mot Hurum, se figur 1. Ifølge videoovervåkingsbilder fra tunnelen startet brannen sannsynligvis noen meter før vogntoget stoppet.

Ca. 4 minutter etter at Vegtrafikksentralen (VTS) registrerte at det brant i vogntoget ble brannventilasjonen igangsatt. Ventilasjonsretningen var predefinert med bakgrunn i brannvesenets slokkingsinnsats og dette resulterte i at 5,5 km av tunnelen ble fylt med tykk, sort røyk i en hastighet på 2-3 m/s.



Figur 1: Skjematisk tegning av Oslofjordtunnelen med avstander, fall m.m. Avstandene på skissen tar utgangspunkt i data fra beredskapsplanen for Oslofjordtunnelen. Illustrasjon: SHT

### 1.1.2 Fakta om hendelsen

Ca. kl. 1433 kjørte vogntoget inn på Rv 23 (del av det transeuropeiske vegnettet – TERN/TEN-T<sup>1</sup>) og inn i det vestlige tunnelinnslaget av den om lag 7,3 km lange Oslofjordtunnelen. Føreren benyttet hovedsakelig trekkbilens retarder<sup>2</sup> for å holde en jevn hastighet nedover den 7 % bratte hellingen mot bunnen av tunnelen. Retardereren på kjøretøyet var ikke koblet til bremselysene bak på semitraileren. Føreren sa at han derfor berørte bremsepedalen for å signalisere med bremselysene til bakenforliggende kjøretøy at vogntogets brems var aktivert. 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. I det vogntoget kom ned i tunnelens lavbrekk akselererte føreren for å opprettholde trafikkflyten og møte den kommende stigningen med høyere hastighet. Et stykke oppe i stigningen mot Drøbaksiden giret han ned til sjette gir. Like etter hørte han en høy metallisk og romlende lyd fra motoren.

Kort tid etter at føreren registrerte lyden stanset han vogntoget. Han aktiverte varselblink og satte på håndbremsen. 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 ulykkes-vogntoget via samband om at det brant under førerhytta. Ca. kl. 1436 forlot føreren førerhytta på høyre side, og iverksatte straks sløkkingsarbeid. Tross iherdig sløkkingsforsøk var det ikke mulig å få kontroll over brannen. Han forsøkte med et

<sup>1</sup> Det er vedtatt en justert versjon av TEN-T Roads (det som het TERN før), det europeiske hovedvegnettet I Norge består nettet av E6, E16, E18, E39 og Rv23, - samt noen grensekryssinger i nord. Se også <http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker/nyheter/justert-versjon-av-ten-t-roads>

<sup>2</sup> Retarder er et supplement til de vanlige, friksjonsbaserte hjulbremsene og aktiveres fra førerplass. Føreren kan selv bestemme effekten av denne bremsen.

brannsløkkingsapparat fra bilen og to apparater fra tunnelen (se figur 2), men disse hadde ikke tilstrekkelig kapasitet til å slokke brannen.



*Figur 2 Førerens sløkkingsforsøk. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen – Statens vegvesen*

### **1.1.3 Varsling og initial evakuering**

Vegtrafikksentralen (VTS) for Region øst i Oslo fanget opp hendelsen kl. 1436<sup>3</sup> 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 imidlertid 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

---

<sup>3</sup> Tidspunktene i dette kapittelet er loggført tid i VTS' hendelsesrapport etter brannen.

hastighet på 2-3 m/s<sup>4</sup>. VTS hadde gjennom sitt videoovervåkingssystem en viss oversikt over de trafikantene som befant seg inne i tunnelen før denne ble røyklagt.

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 kjøretøyer. Føreren hadde sikret transportdokumentene fra trekkbilen slik at brannvesenet kunne få informasjon om at det ikke var farlig gods i vogntoget.<sup>5</sup>

#### 1.1.4 Trafikantenes opplevelse av brannen og evakueringen

Delen av tunnelen som lå på Hurumsiden av brannstedet ble fylt med tett røyk og mange av trafikantene fikk problemer med å evakuere. SHT anslo at det befant seg 34 trafikanter fordelt på 21 kjøretøy i tunnelen da brannen oppsto. VTS foretok innsnakk<sup>6</sup> kl. 1445 via bilradio til trafikantene i tunnelen for å forklare situasjonen (dette ble også gjentatt i ettertid).



Figur 3: Røyk i tunnelen. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen – Statens vegvesen

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

4 På et seminar innen beredskap, innsats og redning ved brann i vegtunneler i Oslo, 22. januar 2015 ble røykspredningen i Oslofjordtunnelen diskutert, hvor det ble fremmet antakelser om mye raskere hastigheter enn indikert av SHT.

5 Denne fremstillingen er noe forskjellig beskrevet av respondent fra brannvesenet (nødetat) – det var ingen andre kjøretøy inne i tunnelen enn brannvesenets og etter hvert ambulanse.

6 I henhold til VTS sin tekniske logg

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 (se figur 4). Det var også fare for påkjørsel av de trafikantene som hadde forlatt bilene sine og evakuerte til fots. En bilfører kjørte på en person i lav hastighet som «trillet over bilen».



Figur 4: Bildet viser skadde kjøretøy som forsøkte å evakuere. Foto: Johnny Olsen, Presseservice

Redningsmannskapet måtte bistå med å evakuere ni trafikanter. Gjennom intervjuer med to av de ni trafikantene som ikke kom seg ut ved egen hjelp, baserte SHT sin beskrivelse av situasjonen inne i tunnelen; 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 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 røykfylt 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.

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.



Figur 5: Vogntoget etter at brannen er slokket. Foto: Politiet





## 2 Teori

For å forstå hvordan utformingen av tunnelen påvirket mulighetene trafikantene hadde til selvevakuering presenterer vi kort beredskapsprosedyrene som gjaldt for tunnelen og hva som inngår i selvredningsprinsippet. Forventet atferd i krisesituasjoner er interessant for å se variasjon og mønstre i rømningsaktivitetene til våre informanter. Avslutningsvis presenterer vi kort beslutningstaking under usikkerhet i kriser basert på «naturalistic decision making – NDM».

### 2.1 Beredskapsprosedyrene, basert på info fra SHT (2013)

#### 2.1.1 Brannberedskapen utformet av Statens vegvesen

I beredskapsplanen fra 2009 er følgende sitat det eneste som SHT fant knyttet direkte opp mot evakuering av trafikanter i tunnelen:

##### 0.2.1.1 Rømningsmuligheter

- Rømning kan skje gjennom **tunnelinngangene**.
- En **tverrslagstunnel** 1900 m fra vestre inngangen (Verpen) kan brukes som gangbar rømningsvei for trafikantene, og kjørbær innsatsvei for nødetatene fra Buskerud siden. Døren for trafikantene er ikke låst. Porten for kjøretøy åpnes fra baksiden ift trafikkrommet. Tverrslagstunnelen er skiltet med innvendig belyst skilt (grønn løpende mann) ved porten.

I beredskapsplanen fra 12. mars 2009 vises det til vedlegg 4.4 VTS-rutiner. Følgende siteres fra denne:

##### *Rv 23 Oslofjordtunnelen*

##### *TILTAK VED HENDELSER*

##### *BRANN:*

*Steng tunnel*

*Varsle brannvesen*

*Varsle politi*

*Ventilasjon settes i brannventilasjon*

*Belysning på fullt*

*Informere trafikantene via radioinnsnakk*

*Varsle beredskapsvakt SVA*

#### 2.1.2 Selvredningsprinsippet

Selvredningsprinsippet er det grunnleggende prinsippet for evakuering av veitunneler ved brann. Tunnelsikkerhetsforskriften, basert på EUs direktiv 2004/54/EF, legger opp til at fluktveger 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, og det gjelder generelt i forbindelse med evakuering fra objekt i brann.

Utgangspunktet er videre at sikkerheten og muligheten for selvredning skal ivaretas gjennom tunnelens utforming, sikkerhetsutstyr og eventuell videoovervåking i tunnelen, herunder brannventilasjon som gjør det mulig for brannvesenet å komme inn til brannstedet med frisk luft i ryggen. Dette skal gi brannvesenet mulighet til å yte livreddende innsats og stanse utviklingen av en brann.

I 2010 utgaven av Statens vegvesens Håndbok 021 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.*

...

*Selvberging 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.*

...

*Hovedpoenget for at selvberging skal kunne fungere i praksis er at tunnelen er utformet for og utrustet med tekniske installasjoner som fungerer i en nødsituasjon. All ekstern redningsinnsats skal planlegges og iverksettes i henhold til godkjent beredskapsplan. Men i startfasen av en hendelse vil det alltid være selvbergingsprinsippet som gjelder og som derigjennom påvirker omfanget av hendelsen.*

Dersom vi ser på beredskapsplanen fra 12. mars 2009 vedrørende Oslofjordtunnelen, kan det reises spørsmål ved hvorvidt selvbergingsprinsippet har vært førende for prosedyren. Det vil være avhengig av kronologien i beskrevne aktiviteter og i hvor stor grad operatørene på VTS er blitt gitt frihet til å vurdere krisesituasjonen og derigjennom aktivere tiltakene. Vår analyse går ikke nærmere inn på beredskapsplanleggingen i Statens vegvesen.

## **2.2 Menneskelige reaksjoner – rømming**

Tunnelbrann er en hendelse som rammer uforutsigbart og uventet, og mennesker som involveres i hendelsen opplever ofte en dramatisk endring av omgivelsene, som oppfattes å true eksistensen. En tunnelbrann kan defineres som en krise eller en katastrofe, avhengig

av omfang, varighet og sosiale og materielle konsekvenser som følger hendelsen. Krise er definert av Retterstøl, Sund og Weisæth (1985) som en «*kort periode av psykologisk ulikevekt hos en person som blir konfrontert med vanskelige forhold. Disse er for vedkommende et viktig problem, men han er på det aktuelle tidspunkt verken i stand til å løse dem ved hjelp av sine vanlige problemløsende krefter eller til å flykte fra dem*». Dyregrov (1999) definerer katastrofe som «*en større ulykke som inntreffer plutselig og uventet, og som ligger utenfor vår kontroll, og som leder til store menneskelige lidelser og materielle skader*». Disse to begrepene ligger nært opp til hverandre. Felles for mennesker som eksponeres for kriser og katastrofer er at de utsettes for betydelige personlige psykiske og fysiske belastninger. Fasen fra trafikantenes generelle usikkerhet om hvorfor det hadde dannet seg kø til det truende mørket ble beskrevet som veldig kort og uventet.

De fysiske belastningene ved tunnelbranner vil ofte være mer fremtredende sammenlignet med de psykiske belastningene; mye på grunn av at de er observerbare og lettere å kartlegge. De psykiske reaksjonene vil være mer diffuse og vanskeligere å få oversikt over i et kort tidsperspektiv, samtidig som de i mange tilfeller ikke er umiddelbart tilgjengelige ved at mange vil reagere på hendelsen i lang tid etter den inntraff. Alvorlighetsgraden og varigheten av de psykiske reaksjonene er individuelle, men grovt er reaksjonene tradisjonelt sett delt inn i tre kategorier: *umiddelbare psykiske reaksjoner* som akutt belastningslidelse, *forbigående psykiske reaksjoner* som tilpasningsforstyrrelser og *vedvarende og mer alvorlige psykiske ettervirkninger* på den traumatiske hendelsen, for eksempel i form av post-traumatiske stressreaksjoner. Denne generelle inndelingen er i tråd med det diagnostiske klassifikasjonssystemet, *International Classification of Diseases*, ICD-10 for psykiske lidelser (World Health Organization, 2015).

## **2.2.1 Psykiske reaksjoner**

De fysiske påkjenningene ved en tunnelbrann, i form av varme og røykgasser, oppleves skremmende for de involverte, samtidig som at pusteproblemer og dårlig sikt forsterker følelsen av manglende kontroll og oversikt i situasjonen. Menneskets atferd i slike hendelser vil i stor grad avhenge av de individuelle psykiske reaksjonene. Innenfor psykologien forklares reaksjonene ut fra *kognitive, biologiske og emosjonelle* faktorer.

### **2.2.1.1 Kognitive faktorer**

Mennesket bearbeider til enhver tid informasjon fra omgivelsene, også i krise- og katastrofesituasjoner. Mye tyder på at kvaliteten i informasjonsbearbeidingen endres under slike hendelser (Dyregrov, 1999). Disse kognitive endringene kan både ha positive og negative konsekvenser. Positive konsekvenser er at endringene kan ha funksjonell (adaptiv) verdi eller overlevelsverdi. Dette illustreres blant annet ved at informasjonsbearbeidingskapasiteten øker kraftig i krise- og katastrofesituasjoner, som ofte forklares med endret tidsopplevelse for hendelsen. Det vil si at en tidssekvens på få sekunder kan oppleves som flere minutter, og i ekstreme tilfeller som en evighet. Mennesker som har vært utsatt for nær-døden opplevelser beskriver ofte sekundene før hendelsen som at "livet passerte i revy" (Yalom, 2011). Dette understreker hjernens evne

til å bearbeide store mengder informasjon i løpet av kort tid, slik at tidsopplevelsen blir ”lurt”. Negative følger er at mennesker i krise opplever angst og sterke følelser enda sterkere. For eksempel ble redningsmannskaper, som rykket ut til brannstedet i forbindelse med diskotekbrannen i Göteborg i 1999 (63 omkomne), fysisk og verbalt angrepet av mennesker på stedet. Årsaken var at menneskene syntes mannskapene tok altfor lang tid før de kom frem. Tidsopplevelsen kan også virke motsatt, ved at en føler at tiden renner bort. Slik tidsopplevelse er spesielt vanlig blant ledere som må ta viktige avgjørelser under tidspress (Dyregrov, 1999). Endring i informasjonsbearbeidingen kan også føre til at mennesket utvikler en underreaksjon på hendelsen, ved at alvoret ikke oppfattes og at det utvikles en avstand/uvirkelighetsfølelse i forhold til situasjonen. På den andre siden forekommer også overreaksjon ved at mennesket opplever sterke følelser og blir ekstremt handlingsrettet.

En annen kognitiv faktor er skjerpet/innsnevret sansing og fokusert oppmerksomhet. Fenomenet kalles ”tunnelsyn” og vil si at oppmerksomheten rettes mot noe spesielt i situasjonen. Tunnelsyn kan i mange tilfeller være hensiktsmessig, forutsatt at fokuset rettes mot relevant informasjon samtidig som unyttig og overflødig informasjon ekskluderes. Det negative er følgelig i tilfeller hvor tunnelsynet medfører fokus på irrelevante elementer og hvor individet stivner og er ute av stand til å reagere etter hvert som situasjonen endrer seg. I ekstreme tilfeller kan sansingen blokkeres helt. Slike situasjoner kjennetegnes ved at individet er sterkt truet og overveldet av faren i en følelse av hjelpeløshet. Skjerpet sansing kan også lede til såkalt ”superhukommelse”, der deler av situasjonen og inntrykkene huskes i lang tid etter hendelsen. Minnene er ofte meget detaljerte og livaktige. Mange uttaler at de husker hendelsen ”som om den var i går”. Slike minner kan ha overføringsverdi i den forstand at hjernen har tilgang til informasjon (erfaring) som kan være hensiktsmessig om lignende farer skulle opptre.

### **2.2.1.2 Biologiske faktorer**

Biologiske faktorer representerer fysiologiske reaksjoner som utløses av det autonome nervesystemet. Denne delen av nervesystemet har stor betydning for hvordan mennesker reagerer i krise- og katastrofesituasjoner. Mennesker som opplever fare vil ofte bli stimulert til å handle, blant annet gjennom økt omsetning av glukose i leveren og økt utskillelse av nevrontransmittere i hjernen. De vil ofte også oppleve en umiddelbar mobilisering av energi (*fight-or-flight*). Andre biologiske reaksjoner kan være pulsøkning, svette, skjelving, frysninger, hjertebank, økt hjerterefrekvens og økt fysisk styrke. Økt handlingsevne er innprentet i mennesket ved fare, ofte med referanse til Darwins teori om ”*survival of the fittest*”). Det vises for øvrig til Ursin & Zahl-Begnum (1993) og Bernstein m.fl. (1997).

### **2.2.1.3 Emosjonelle faktorer**

Menneskets følelser påvirkes i krise- og katastrofesituasjoner, i form av frykt, angst, redsel, sjokk og panikk på den ene siden, og apati, lammelser, hjelpeløshet og håpløshet på den andre siden (Dyregrov, 1999). Hvilke følelsesmessige reaksjoner som aktiveres

vil avhenge av personlighet, individets subjektive mestringsforventning - tro på egen mestringssevne (Bandura, 1997), kvaliteten på individets psykiske forsvarsmekanismer (Bernstein et al., 1997), samt kunnskap og erfaring fra lignende situasjoner. Mennesker søker ubevisst positive følelser og prøver å unngå negative følelser. Dette kan føre til at mennesket undervurderer fare. I følge teori om sosial tilhørighet i branner (Sime, 1985), vil trafikanter ha en tendens til å bevege seg mot kjente personer eller steder i en evakuerings situasjon. De søker det som blir opplevd som trygt. En konsekvens av dette kan være at de forblir i eget kjøretøy fordi det er kjent, oppfattes trygt. Nilsson, Johansson og Frantzich (2009) gjennomførte en evakueringsstudie i Gøta-tunnelen i Gøteborg med utgangspunkt i emosjonell tilstand (Human-Environment Interaction model, Küller, 1991), som består av styrken på emosjonene (activation/arousal), i hvilken retning emosjonene trekker (orientation), gradering av følelsesmessig opplevelse (evaluation) og kontroll over situasjonen (control). Forskerne fant at styrken på emosjonene var negativt korrelert med evnen trafikantene hadde for å ta til seg informasjon i evakuerings situasjonen.

Opplevd kunnskap om krisehåndtering er en viktig faktor som kan bidra til å redusere brannindusert frykt (Knuth, Kehl, Hulse, & Schmidt, 2013), hvor også faktorer som opplevd tidspress, opplevd trussel og opplæring er viktige faktorer. Emosjonelle faktorer i en tunnelbrann er mulige å påvirke.

Sjokk vil for mange være en viktig umiddelbar reaksjon for mennesker som opplever en tunnelbrann, fordi hendelsen inntreffer uten forvarsel. Individet utsettes for voldsomme påkjenninger uten å ha fått mulighet til å mobilisere sitt psykologiske forsvar. Sjokkreaksjonen er en hensiktsmessig og viktig reaksjon som hjelper individet å møte fare (Dyregrov, 1999). Denne reaksjonen kan også sees på som en alarmreaksjon på potensielle farer og trusler (Selye, 1976). Sjokk fører ofte til mobilisering av mentale ressurser for å håndtere den ytre trusselen.

En variant av sjokkreaksjoner kalles *uunngåelig sjokk (inescapable shock)*, som inntreffer når det forlegger få handlingsalternativ for å unngå faren som har oppstått. Denne type sjokk leder ofte til reaksjoner i form av apati og hjelpeløshet (Bernstein et al., 1997). Personer i sjokk vil sjelden bære synlige preg av økt aktivitet eller uro, og i ettertid uttaler de ofte at de "ikke følte noe". Dette forklares ved at menneskets psykiske forsvarsmekanismer aktiveres. Det psykiske forsvaret er mekanismene som beskytter individet mot ubehagelig, skremmende og uønsket informasjon. Et robust og rigid psykisk forsvar vil i mange krise- eller katastrofesituasjoner være lite hensiktsmessig, fordi det stenger ute frykttfølelser. Alvoret i situasjonen kan da bli neglisjert eller ikke oppfattet i tilstrekkelig grad.

## 2.3 Atferd

Brann som oppstår i et kjøretøy under fart oppdages ikke lett av personer i kjøretøyet. Brannen får derfor ofte tid til å utvikle seg til en farlig størrelse før den blir oppdaget. Erfaringene hittil viser likevel at trafikantene oftest forsøker å slukke umiddelbart, når de oppdager et branntilløp. Dersom ikke dette lykkes, varsler de brannen. Nødtelefoner og håndslukkere i tunneler er derfor viktige hjelpemiddel for å redusere sannsynlighet for at en brann skal utvikle seg. Vegdirektoratet (Amundsen & Ranæs, 1997; Amundsen, Ranæs,

& Engebretsen, 2001) har dokumentert at 11 av 29 registrerte branner ble slokket med håndslukkere av trafikanter, og det er grunn til å tro at raten er høyere, fordi slike hendelser ikke blir rapportert i like stor grad som hendelser som har fått utviklet seg. Beredskapstrening hos førere, spesielt yrkessjåfører, kan være et vesentlig tiltak for å redusere sannsynlighet for brann i tunge kjøretøy.

I kriser og katastrofer vil mennesket oppleve en situasjon preget av tidsnød og begrenset informasjon samtidig som det oppstår et fravær av kontroll, mening og trygghet. Dette gjør at menneskets evner og egenskaper aktiveres for å søke informasjon som kan gi ny mening og trygghet i situasjonen. Mennesket blir stimulert til å iverksette en atferd som i stor grad påvirkes av de psykiske reaksjonene. Reaksjonsmønsteret vil variere individuelt. Atferden kan følgelig innta mange ulike former når en slik hendelse inntreffer.

Det er mye som tyder på at mennesket hele tiden vil tolke omgivelsene aktivt og prøve å finne sammenhenger. Det gjelder også i kriser og katastrofer. Tolkningene eller vurderingene danner grunnlaget for menneskets vurdering av risiko i situasjonen. Misoppfattelse av situasjonene vil kunne føre til under- eller overreaksjoner. Tolkningene har avgjørende betydning på atferden, og i mange tilfeller vil den være svært målrettet. Dette henger sammen med at mennesket har et formål med å befinne seg på det aktuelle stedet, og det styrer atferden (Canter, Donald, & Clark, 1992). Atferden karakteriseres ofte som *respons perseverasjon*, som betyr at mennesket fortsetter å utføre opprinnelig valgte handling uavhengig om nye handlingsalternativ fremstår som gunstigere etter hvert som situasjonen endrer seg (Retterstøl et al., 1985). Dette kan for eksempel komme til uttrykk ved at et menneske kjører videre i en tunnel etter å ha møtt/observert uvanlige mengder røyk inne i tunnelen.

Begrenset informasjon vil forsterke atferd av typen respons perseverasjon, fordi mennesker gir egne fortolkninger av årsak og virkning til farer, hvor emosjonelle og kognitive faktorer påvirker vurderingene. Sosiale faktorer har også stor betydning for atferd i krise- og katastrofesituasjoner. Mennesket ser på andres atferd som viktig informasjonskilde, og handler i tråd med andres atferd. Ofte ser man at det oppstår ledere og følgesvenner, hvor de fleste tar den sistnevnte rollen (Kobes, Helsloot, de Vries, & Post, 2010). Spesielt tillegges atferden til personer med opplevd autoritet som retningsgivende. Autoritet kan baseres på personens rolle forut for selve hendelsen (f.eks. bussjåfør eller annen tungbilfører), myndighet, antrekk (f.eks. uniform) eller oppførsel (f.eks. en med erfaring). Mennesker med tilhørighet til hverandre (familie, venner, med videre) vil holde sammen, og derfor også handle ut fra hverandres atferd (Dyregrov, 1999). Mennesker som blir skilt fra sine nærmeste vil lettere utvise irrasjonell atferd, ofte med stor fare for sitt og andres liv, for å gjenforenes. Eksempel på dette er foreldre som går inn i brennende hus for å redde barna. Når det gjelder barns atferd vil den i stor grad bestemmes av hvordan voksne reagerer og ivaretar barnas behov. Atferd i kriser og katastrofer kan grovt inndeles i tre handlingsmønstre: *bekjempe faren*, *flykte fra faren* og *apati*.

De to førstnevnte handlingsmønstrene forutsetter at individet er bevisst sine valg, men at de nødvendigvis ikke blir hensiktsmessig utført. Bakgrunnen for det ligger i individets erfaring og kompetanse, i tillegg til individets psykologiske forsvar. Apati innebærer at

individets atferd preges av liten bevegelse og formålsløshet. Ellers kjennetegnes slike situasjoner av håpløshet, og at individet føler seg hjelpeløs. Panikk er det motsatte og kjennetegnes ved ukontrollert flukt fra faren, uten at selve flukten har noe mål eller fornuft. Det er ikke uvanlig at individ som opplever panikk løper mot selve faren, eller utfører andre handlinger som er irrasjonelle og farlige for seg selv eller andre. Individ som har opplevd panikk beskriver ofte i ettertid at de husker svært lite av hendelsen ("alt ble svart"). Panikk er en sjelden reaksjonsmåte, og inntreffer sjeldnere blant personer med erfaring og trening fra lignende hendelser (Retterstøl et al., 1985).

## 2.4 Rømming

Det er gjennomført noen forsøk og undersøkelser på hvordan mennesker oppfører seg i tunnelbrann. Det er gjennomført fullskalaforsøk i Nederland, i Benelux tunnelen før tunnelen ble åpnet for trafikk (Daas, 2002). Personene som var med i forsøkene var utelukkende menn over 20 år. Her ble det blant annet funnet ut at omtrent 25 % evakuerte ut av tunnelen via kjørebanelene, mens resten brukte nødutgangene som tunnelen var utstyrt med. Når personene fikk beskjed om å evakuere via nødutgangene brukte kun 5 % kjørebanelen som evakueringsmåte. Det kan tyde på at informasjon i evakuerings-situasjoner er meget effektivt, og i mange tilfeller nødvendig for å sikre ønsket atferd. Enkelte av forsøkene viste også at det tok lang tid før evakueringen startet, men når et fåtall av personene startet evakuering fulgte flertallet etter. Det ble også gjennomført forsøk hvor effekten av lyd ble testet. Det ble montert lydsignaler ved nødutgangene, der første gruppe fikk beskjed om lydsignalene kunne være til hjelp for å orientere seg, mens andre gruppe fikk beskjed om at det var montert lydsignal ved nødutgangene. Det ble ikke merket noe effekt på første gruppe, men på andre var effekten meget god. Dette tyder på at presis informasjon er effektivt i slike situasjoner.

Statens vegvesen har gjort en undersøkelse på hvordan mennesker vil reagere dersom de fikk rødt lys når de kjørte inn i en tunnel. De fant ut at 80 % ville snu og kjøre ut samme vei som de kom inn. Mellom 4-14 % ville stanset og ventet. Forsøkene fra Nederland (Daas, 2002) viste også tendens til at flere ventet med å evakuere helt til røyken var tett opptil bilen. Kinatøder med flere (2013) demonstrerte at evnen til selvevakuering blant trafikanter kan påvirkes gjennom informasjon og opplæring, det vil si at trafikantene i deres grupper forstod situasjonen raskere og valgte riktig evakueringsmetode vesentlig raskere enn kontrollgruppen uten opplæring.

Når en brann har startet, vil personsikkerheten i de aller fleste tilfeller måtte bygge på at trafikanter med egen hjelp evakuerer til fots eller med bil. Den korte tiden som er til disposisjon før forholdene for mennesker blir kritiske, gjør at en ekstern innsatsstyrke bare vil kunne bidra til rømming i tunneler som ligger slik til at forspenningstiden er svært kort. En innsatsstyrke vil derimot kunne være viktig for å redde skadde personer som er brakt ut av tunnelen eller inn i en sidetunnel. Erfaringer fra store branner i ettløpstunneler viser at innsatsstyrker har møtt så alvorlige vansker med å ta seg frem til brannen at mulighetene for effektiv slokking var beskjeden. I toløpstunneler med kort avstand mellom forbindelsene, kan innsatsstyrken spille en betydelig rolle for å slokke brannen og på den måten begrense skadene på tunnelen.

Noen av de viktigste størrelsene knyttet til dimensjonering av tunnelens sikkerhetssystemer basert på menneskers reaksjoner er (se også funksjonskravene i vedlegg B):

*Tidspunkt for oppdagelse av brann (deteksjon).*

*Tiden som medgår til varsling og varslingsmetode.*

*Mobilisering og menneskelige reaksjoner.*

*Tid til evakuering, herunder ganghastigheter og faktorer som påvirker rømming.* Veiledning til byggeforskriftene snakker om tilgjengelig rømningstid og nødvendig rømningstid. Målet er da at den tilgjengelige rømningstiden skal være større enn nødvendig rømningstid, som er tiden fra brannen starter til menneskets tålegrenser er nådd.

For alle størrelsene beskrevet ovenfor finnes ulike internasjonale veiledninger, håndbøker, erfaringsdata, tabeller med mer som kan benyttes til å anslå eller beregne størrelsene. Valg av modeller og anslag representerer analytikerens vurdering av størrelser, og disse er beheftet med usikkerhet.

De største utfordringene i forbindelse med rømning er:

- Å få trafikanter til raskt å skjønne alvorret i en krisesituasjon
- Å få trafikanter til å avbryte sine opprinnelige forsett og starte rømning
- Å være tydelig i instruksene når kritiske situasjoner oppstår slik at ønsket atferd (det å rømme på riktig måte) inntreffer.

Det eksisterer en rekke simuleringsverktøy for evakuering basert på forutsetninger om at mennesker er rasjonelle og tar riktige valg, de går med konstant hastighet og de evakuerer i henhold til skilt og prosedyrer. Presentasjon og testing av ulike simuleringsverktøy for evakuering har opptatt mange forskere (Alvear, Abreu, Cuesta, & Alonso, 2014; Caliendo, Ciambelli, Guglielmo, Meo, & Russo, 2012; Capote, Alvear, Abreu, Cuesta, & Alonso, 2013; Mu, Song, Qi, Lu, & Cao, 2014; Ronchi, 2013; Ronchi, Colonna, & Berloco, 2013). Kobes med flere (2010) er skeptisk til grunnlaget for den klassiske simuleringstenkningen og viser at forutsetningene er feil. Det oppstår mange forstyrrelser i krisesituasjoner som påvirker evnen til evakuering, mennesker benytter kjente (dvs hovedløpene i tunnelene) fremfor ukjente rømningsveier (for eksempel tverrslag), mennesker har en tendens til å overhøre lyd signaler, og de overser skilt. Deres anbefaling er større forståelse av menneskelig atferd ut fra et psykonomisk (psychonomics) ståsted:

“Psychonomics deals with processes, such as observing, locomotion, learning, deciding, thinking, getting emotional, speaking, writing, which occur in numerous situations, at child and adult, individually and socially. It deals not only with logos (doctrine) of behavior, but also and in particular with the nomos, the laws that describes and predicts the behavior”.

Kobes med flere etterlyser mer og langt bedre kunnskap om evakuering fra branner enn det som finnes i dag. Tunnelutforming som er sterkere basert på tunnelbrukeres forutsetninger, behov og holdninger støttes også av franske forskere (Gandit, Kouabenan, & Caroly, 2009).



## 2.5 Handlingsvalg basert på beslutninger i sine naturlige, men kritiske omgivelser

Nært knyttet til forskningen på beslutninger i krisesituasjoner er det innenfor anvendt psykologi utviklet et teoretisk perspektiv som heter «Naturalistic Decision Making – NDM». Dette perspektivet studerer beslutninger i sin virkelige kontekst ut fra en søken etter hva som styrte aktuelle handlingsvalg i situasjonen. Forskningen er vanligvis forbundet med forklaringer på hvorfor ting løses så vellykket og hva som gjorde at kompetente beslutningstakere håndterte situasjonene så godt. Forutsetningen er kompetente beslutningstakere og at situasjonen er krevende mhp stor usikkerhet om hva som er i ferd med å skje, store verdier på spill, uklarhet omkring målene, kompleks situasjon og flere aktører involvert.

Det er to hovedelementer som kjennetegner NDM, situasjonsvurdering og mental simulering, som begge er gitt av konteksten (omgivelsene) og knyttet til personens erfaringer og kompetanse. En hovedmodell innenfor NDM er den såkalte gjenkjenningsmodellen, Recognition-Primed Decision (RPD), utviklet av Gary Klein med flere (1989, 1993). Modellen er utviklet fra flere ulike krisesituasjoner så som skogbranner, branner i bygninger, militære operasjoner, kritiske helsevurderinger, men også fra sjakkspill (Klein, 1993). Metodikken er basert på intervjuer med beslutningstakere i etterkant av hendelsene, samt observasjoner på skadestedet og protokoll-analyse. En mye anvendt metodikk er den såkalte Critical Decision Method (CDM), som er en intervjuprosess hvor man stadig graver dypere i det som blir identifisert som kritiske beslutninger (Crandall, Klein, & Hoffman, 2006). Det er først og fremst beslutningene fattet i veldig tidlig fase av hendelsen som er av interesse, og hvordan aktørene har resonnet seg frem til valgene. RPD forutsetter at beslutningstakerne gjenkjenner signaler og trekk ved situasjonen (cues) som gjør at de ser for seg hvordan hendelsen kan håndteres gjennom en form for mental simulering av hvordan hendelsen vil utvikle seg. Derigjennom velges en løsning som er praktisk mulig og som vil fungere. Det er ikke snakk om optimalisering, men heller å finne det som vil fungere. Ved å trekke dette over på alle aktørene i brannen i Oslofjordtunnelen ønsket vi å se hvordan den enkelte resonnet for sine valg som var mer eller mindre viktige for utfallet av hendelsen. Trafikantene som var i den røkfylte sonen var i liten grad opplært til å møte den kritiske situasjonen. Kan vi da si at deres handlingsvalg var vesentlig forskjellig fra andres? Det var noe vi ønsket å undersøke i studien.



### 3 Metoden anvendt i denne studien

Vår problemstilling er: *Hvordan var tunnel-utformingen tilrettelagt for å ivareta (selv)redning i forbindelse med store branner?* Vi belyser dataene ved å bruke ”Naturalistic decision making process” som teoretisk perspektiv (Klein, 1993; Klein, Orasanu, Calderwood, & Zsombok, 1993). Mennesker i krisesituasjoner fatter beslutninger ut fra observasjoner av såkalte «cues» og tidligere erfaringer, de gjennomfører enkle mentale simuleringer av situasjonen ut fra dette (Klein, 1993). Cues er signaler ved situasjonen, faktorer i omgivelsene som mennesket bruker i sine handlingsvalg, for eksempel i forbindelse med rømning. I henhold til teorien vil personen simulere hendelser mentalt i den grad det er tid til det. Vi vil dermed søke å forstå hva som førte til valgene til de enkelte aktørene. Hvis det stemmer at operative beslutninger foretas i stor grad basert på en intuitiv tilnærming, er det viktig å utforske hva som ligger i intuisjonen, eller «ryggmargsrefleksen» til aktørene. Vi er interessert i å samle og belyse erfaringer som kan brukes i arbeidet med å sikre tunneler ytterligere. I tillegg er det av stor interesse å få førstehåndserfaringer fra involvert personell med hensyn til å identifisere sammenhenger mellom tunneldesign, beredskapsløsninger og forkunnskaper hos personene som var involvert. Relevante spørsmål i denne sammenhengen kan være, men ikke utelukket til:

1. Hva var hendelsesforløpet?
2. Hva var aktørenes forventinger til hendelser?
3. Hva ble regnet som kjapp og dyktig reaksjon?
4. Hva var den generelle forkunnskapen til aktørene som ledet til ulike handlingsmønstre?
5. Hvordan varierer opplevelser og atferd mellom ulike personellgrupper?
6. Hvilke faktorer er styrbare for tunnelforvalter og redningspersonell i krisesituasjoner?
7. Hvor velegnet er NDM som perspektiv for å belyse aktørenes handlingsvalg?
8. Hva bør Statens vegvesen prioritere i forbindelse med brannberedskap i lignende tunneler – implikasjoner av studien?

#### 3.1.1 Metodisk opplegg

Foretrukket metode var dybdeintervjuer med personer som var til stede under brannen. Semi-strukturerte, samtalebaserte og uformelle dybdeintervjuer fant vi velegnet som verktøy i dette prosjektet. I kontrast til survey-pregede eller sjekklisterintervjuer inviterte vi informantene til å reflektere over våre tema. Informantens refleksjoner ble vektlagt, hvor vi fulgte opp innholdet i informantens betraktninger uten å overstyre. Følgende kategorier av informanter ble intervjuet, antall respondenter i parentes:

- Folk som har vært fanget av røyk i tunnelen hvor evakuering var nødvendig (7).
- Redningspersonell (Helse, Brann, Politi - 6)
- Vegtrafikkstyring (3)

Intervju med trafikantene ble organisert av Politiet. Vi ba Politiet om å kontakte alle trafikantene som de hadde registrert fra brannen for å få snakke med flest mulig. Vår gruppe ble 7 av 34, som kun er 20% av de som ble registrert av SHT. Vi har ikke fått

tilbakemelding fra Politiet om hvorfor trafikanter sa nei, og vi har heller ikke oversikt over antallet trafikanter som har vært kontaktet av Politiet. Vår gruppe trafikanter var personer som fikk problemer når de skulle ta seg ut av tunnelen med eget kjøretøy, og det var personer som satt i kjøretøy som ikke kunne føres lenger og dermed måtte trafikantene forsøke å evakuere til fots. Ingen hadde erfart brann før, de hadde ikke kunnskap om selvredningsprinsippet og hvordan rømning fra tunnelen skulle foregå. Det var fire damer og tre menn i alderen 35 til 61 år, de fleste var enslige i sine kjøretøy før hendelsen. Fire var på fritidsreise mens resten reiste i forbindelse med jobb, alle hadde kjørt i Oslofjordtunnelen mange ganger. I selvredningsarbeidet var det flere av respondentene som grupperte seg sammen med andre for å komme seg i sikkerhet.

Vi intervjuet redningspersonellet på Drøbaksiden som var i ledende posisjoner eller ansvarlig for handlinger av betydning for trafikantenes liv og helse. Det samme kriteriet ble benyttet for å selektene de tre personene i Statens vegvesen. Når vi i resultatdelen angir respondentene beskriver vi dem som representanter fra gruppene *Trafikant*, *Nødetat* og *Vegvesen*.

Intervjuene ble tatt opp på bånd og det ble skrevet referat ut fra lydfilene uten at de er ordrett transkribert. Referatene ble sendt til intervjuobjektene for kommentarer og korreksjoner. Alle informantene har signert samtykkeskjema.

Intervjuene ble konstruert i henhold til Critical Decision Method (Crandall et al., 2006), som er en teknikk for å stadig gå dypere inn i resonnementene i situasjonen som var når respondenten tok sine valg. På denne måten vil vi kunne relatere respondentens forkunnskaper om tunnelbranner og de faktorene som bestemte valgene, gitt at han eller hun reflekterte over ulike valg. Teknikken er spesielt egnet for redningsmannskaper, men den vil også være relevant for å forstå hvordan trafikantene resonnerer i situasjonene. Analysen av materialet vil knytte observasjoner/handlinger til aktørens beskrevne historiefortelling (opplevde tidslinje). Vi la vekt på å møte respondentene ut fra de opplevelsene de har gjennomgått (Bernard, 2006; Salzman, 1996).

## 4 Funn fra intervjuene

Vi innleder dette kapitlet med typiske trekk i hendelsesbeskrivelsene til våre intervjuobjekter. Vi har ikke hatt noen muligheter for å tidsangi historiene, men vår erfaring er at grunnhendelsen er rimelig felles, det er den enkeltes perspektiv som varierer. Derfor inndeler vi i ansatte fra Statens vegvesen, nødetatene og til slutt trafikantene. Grunnen til det er at selv om Statens vegvesen har sin kriseberedskap er det her tunnelkompetansen og oversikten i sann tid samt driftserfaringen ligger. Nødetatene sin inngripen er der og da og samvirkeprinsippet stiller store utfordringer i en hendelse som dette, spesielt koordineringen mellom Hurum-siden og Follo-siden. Den siste gruppen er ofrene, trafikantene som hadde til felles at de plutselig ble satt i en situasjon hvor det egentlig kun var snakk om å overleve.

### 4.1 Statens vegvesen

Det ble tidlig klart at det var en stor hendelse, 110 ble kontaktet umiddelbart og det var kontakt med dem hele tiden fra bommene gikk ned. Ledelsen på VTS, vegavdelingen i Fylkeskommunen, og Vegdirektoratet fikk varsel. Det gikk også varsel til SHT og Vegvesenets ulykkesgruppe (UG). Ca. 10 min etter at hendelsen inntraff ble bemanningen økt i sentralen. På det tidspunktet så ikke operatørene kamerabildet på bilen som brant. Ved første oppdagelse på hendelsesdeteksjonen var det to operatører som begge oppdaget det som skjedde umiddelbart. Tunnelen ble stengt med en gang. Etter at bommene ble satt var det flere som kjørte utenom, men det fikk de ikke gjort noe med. En respondent (Vegvesen) sa: «XX (kollega) ringer brannvesen, Politiet, bomstasjon og forbereder radioinnsnakket. YY (kollega) ordnet raskt innsnakket».

Vurderinger omkring viftene ble basert på at de så at mange var på veg inn i tunnelen. Det tok lang tid før noen av trafikantene benyttet seg av nødtelefonen – «vi ventet på den». Brannventilasjonen ble skrudd på etter 4-5 minutter. «Vi så hvordan det var bakover og forover, vi visste det var mye folk der, men vi visste ikke hvor mange», respondent (Vegvesen). En operatør hadde kontinuerlig kontakt med nødetatene. «Når nødtelefonen kom, prøvde vi å spørre dem ut om hva som var skjedd. Vi sa at hjelpen var på veg og at et vogntog var i brann». Utover i hendelsen ble det ofte ringt fra SOS-boksene, og disse var det to faste operatører som håndterte. VTS anbefalte trafikantene å oppholde seg i hvelvet bak og ikke forsøke å gå ut, og trafikantene ble også anbefalt å fukte en trøye med vannet fra fjellet og holde den fremfor ansiktet.

Leder for operatørene mente at de samme personene burde fortsette å besvare SOS-telefonene fordi det var viktig å høre de samme stemmene. En oppgave var å høre på disse samtalene og oversende informasjonen til alarmsentralen (110), på den måten kunne VTS hjelpe dem med å legge strategien for søk og redning. Mange ville gå ut av nødboksene selv om VTS sa noe annet. Respondenten mente at det var 8-9 personer i samme boks. Etter hvert ble det enighet om å gå bak hvelvingen. Det var en kunnskap basert på erfaring fra brannen i vår (29. mars). «Løsningen ble diskutert på debriefen hvor det resulterte i at jeg så den var en mulighet», respondent (Vegvesen).

Det kan tyde på at anbefalingene som ble gitt til trafikantene var i liten grad forberedt, det var vurderinger som ble gjort der og da, basert på positive erfaringer.

I forhold til nødetatene og spesielt brannvesenet var det viktig å få frem fersk informasjon kontinuerlig. Samtidig oppsto det også problem i Nordbytunnelen som måtte håndteres. «Vi sørget også for å få frem navn og data på personene som var i boksene for å videreføre til Politiet», respondent (Vegvesen).

Brannvernlederen ble også varslet umiddelbart og reiste ut til skadestedet på Drøbaksiden. Han tok rollen som VTS sin forlengede arm og var liaison i innsatsleders KO. Brannvernleder hørte på sambandet og det var stor trafikk og mange meldinger som sa «trolig omkomne», det vil si at det var liten oversikt. Vegvesenet opplevde at Helseekspressen var «genial» som del av ILKO (Innsatsleders kommandoplass) og evakueringspunkt i hendelsen. I tillegg til å være et operativt element ga det også Vegvesenet direkte kontakt med trafikantene. Dermed fikk Vegvesenet verdifull informasjon om opplevelser og andre forhold fra baksiden av brannen. Det ga innsikt i hvordan sikkerhetstiltakene hadde fungert under brannen. For øvrig ble brannvernleder brukt til å gi informasjon om tunnelen (brannkummer, hvor trafikantene befant seg osv).

## 4.2 Nødetatene

Vi kombinerer historiene til brann, helse og politi, for å gi en enhetlig fremstilling. Det som er viktig for oss er å fremstille en historiefortelling basert på respondentenes minne, og derigjennom få frem det de opplevde som viktigst, sett i etterkant (fra to-tre år siden). Hendelsen slik vi starter den er fra utrykningslederens (UL) ståsted. Vi kunne nok ha intervjuet den som satt og håndterte saken i 110-sentralen, men vår fremstilling er gjennom han som ledet utførelsen av redningsarbeidet nede ved lastebilen.

UL spilte innebandy da alarmer gikk. Alarmer beskrev brann i lastebil i Oslofjordtunnelen (OT). Han vurderte at dette kunne bli stort basert på erfaringer generelt men også spesielt med hensyn til en brann 29. mars samme året<sup>7</sup>. Han fikk med seg tankbil og var raskt ute. Sitatet nedenfor er fra intervjuet med respondenten (nødetat), som beskrev sin involvering og respons på hendelsen. Der hvor det er spørsmål i teksten er det forskeren som har lagt inn det i samtalen:

«Veit at 110-sentralen hadde oversikt – kamera. Visste også at det ikke var farlig gods og hvordan bilen sto. Ikke superstress for oss. Vært i denne situasjonen mange ganger før. Diskuterte underveis hvordan vi skulle angripe.

På veg ned i OT møtte vi sjåføren på veg ut. Ignorerte han og kjørte ned. Så bilen i full fyr – begynte å informere Fagleder Brann (FLB) ute. Startet med skum – det har god effekt. Men brannen eskalerte og vi fikk ikke slått det ned. Men vi opplevde det ikke som farlig, vi hadde vinden i ryggen. Visste hele tiden at det var mange folk bak, men vi måtte konsentrere oss om å slå ned brannen. Kunne ikke sende noen forbi. Store avstander – ville ikke funke. Før vi fikk inn flere mannskaper fikk vi en vanvittig eksplosjon, så vi

---

7 29. mars 2011 brant det også i et vogntog lastet med papir i Oslofjordtunnelen, men da nærmere Hurumsiden helt i bunnen av tunnelen. En person ble sendt til sykehus, mens tre personer ble behandlet for røykskader. Det var en komplisert redningsinnsats, men små konsekvenser.

nesten ramla på ræva. Jeg hadde ikke på meg luft da. Eksplosjonen gjorde slik at luften snudde og vi ble innhyllet i røyk. Det var da ikke slik det skulle være!

Men da fikk vi jo innsikt i hvordan disse øst-europeerne har det. De har gjerne stående et 11 kilos med gass i førerhytten, og den kan godt ligge. Dette påvirket hvordan brannen utviklet seg.

Fortsatte med slokking. Trakk oss ikke unna. Skjønte ikke da hva som hadde smelt, trodde gjerne at det var et dekk. Etter hvert kom det flere tankbiler ned til oss, XX, YY, ZZ (brannvesen). Vi fikk slått ned brannen – vi har lang erfaring. Mange skreik: «Skal vi ikke ta ut folk!» Kjipe minutter det, men vi hadde ikke valg.

Men så fort vi hadde kontroll sendte vi inn folk med ATV. Redningsmannskaper fra XX + en fra YY var kritiske til vår prioritering. Det er viktig å prioritere egen sikkerhet. Så fort vi så at det var en form for reduksjon i brannen slapp vi folk inn. Vi fikk hele tiden vite at folk ringte fra tunnelen. Dødsangst – press gjennom det. Fikk greie meldinger fra FLB og 110 – hvor mange trafikanter det var og hvor de sto. Vanvittig mye brannmannskaper nede – mistet litt kontrollen etter hvert.

Første søket ble gjort av våre + XX (en ATV). Litt tryggere med den. Biltrafikken hadde lagt seg. Redningsmannskaper med luft.

Biler inne? Kjørte med IR-kamera. Det funket veldig bra. De første som ble tatt ut var folk som ble geleidet ut med bilen sin – de satt inne i bilene sine. De satt ca 50 m på nedsiden. Du så at de var svarte i trynet. Satt med omluft i bilene – 4-5 stk var det. De hadde fått i seg mye røyk. Ble så tatt imot av helsepersonell – oppegående.

Ga også beskjed så fort vi fikk kontroll at ambulansen skulle ned i tunnelen. Tidlig bistand. Ambulansefolka har i ettertid vært enig i dette. Var en grei måte. Jeg ga beskjed om at de skulle ned. Sjefen i tjenesten var dritforneym. Kollegaen hans var ikke så glad. Veldig utrygg situasjon for dem. Vi visste at vi hadde vinden i ryggen.

Pasientene ble tatt imot med en gang. Veldig bra for oss. De som fortsatt var i tunnelen var bak tunnelementene. Det skal jo ikke skje. I ettertid er de stengt – gudskjelov.

Det spesielle i brannen her? Vi har jo vanvittig bra rutiner. XX (brannvesenet) hadde gått inn fra sin side – jeg visste ingenting. De var ikke med på egne prosedyrer. YY (brannvesenet) gikk ned i redningsløpet – veldig bra. Hadde litt kontakt med dem på nødnettet, men det var i tidlig fase, funket ikke helt.

Var det andre folk i løpet når dere dro inn? Nei, trafikken hadde stoppet bak traileren. Så at det måtte være sjåføren. Visste alt på forhånd – vi så skiltene og alt var ok. Fikk beskjed om at det brant i hytta – var vel den beskjeden jeg fikk.

Når du kom frem – stemte opplysningene du hadde? Ja men da hadde det tatt fyr i kapellet også. Hadde trudd vi skulle tatt den før, men det gikk ikke. Eksplosjonen også. Hadde hele tiden oversikt over at folk satt i tunnelen og trengte desperat hjelp.

Hvor stod du? Ca 50 m fra. Satte vann på pumpa, de begynte å slokke. De tre andre hadde luft. Litt min dumhet, hadde ikke vært problem før. Ikke lett å prate i tre radioer og snakke i luft. Hadde ikke ventet smellet.

Kunne det ha vært en annen lastebil? Jeg visste om det som var bak og at det ikke var farlig gods (FG). 110-sentralen har overvåkning der – har storskjerm nå. Vet ikke om de hadde det da eller om de fikk info fra VTS. Stoler 100% på det. Bilen var ikke merket med FG-skilt. Eksplosjonen kom fra hytta. Litt sjokk var det. Har sett gassflasken i ettertid.

Mannskaper fra xx kom 7-8 min etter oss. Veldig bra at FLB rekvirerte mye vann. Visste at vi hadde nok vann. FLB er veldig flink sånn.

Litt deilig at det var mye folk når vi skulle starte med søk. Hele tiden fokus på egensikkerhet. To mann holdt på med slukking. To startet med søk, men ble en hel haug etter hvert. Var mye mindre røyk etter hvert. Viftene sto på hele tiden. Halv til å begynne med, etter hvert over på fullt. Visste det sto biler nærme, så vi startet med søk.

Kontakt med Hurumsiden? Første gang var når jeg traff en som hadde rekvirert bil og kjørte helt opp til oss. Litt spesielt at jeg fikk vite at det lå to døde personer ved redningstunnelen. Men det var bare tull.

Hvordan var folk når dere fant dem? De som kom ut var overraskende rolig. Men de var vel overlykkelige. Fra 110-sentralen ble det sagt at mange var i dødsangst.

Ingen som oppførte seg rart for øvrig? Nei.

Telefonkioskene? Kanskje 6-7 stk. som hadde stått der. Når de ble funnet vet jeg ikke.»

Fagleder Brann (FLB) jobbet mye med å rekvirere ressurser i perioden frem til han var ved tunnelåpningen. Det var han som hadde det største «trykket» og satte kommandosentralen (ILKO) sammen med skadestedsleder fra Politiet. FLB var knutepunkt for sin etat med hensyn til prioriteringer, rekvirering og beslutninger, mens han også var mediakontakt gjennom hendelsen sammen med Politiets skadestedsleder. Helseekspressen ble en viktig ressurs i det arbeidet, ikke minst fordi værforholdene bestod av nedbør. Fagleder helse og operativ leder på Helseekspressen befant seg i ILKO. En respondent (nødetat) antok at ca 20 pasienter var innom Helseekspressen og ble triagert der. Organiseringen ute foregikk greit med hensyn til ambulanser og brannvesenets ressurser. FLB var også fagleder ved hendelsen 29. mars og brukte disse erfaringene aktivt. Helse organiserte seg med egen logistikkleder som ambulansesjåførene forholdt seg til.

Det ble tatt skritt for å kunne eskalere tilgangen på ressurser, både med hensyn til helse og brann. Respondentene beskrev aldri at det ikke var nok ressurser tilgjengelig, og flere ressurser var varslet om å være klar. Det var sambandsproblematikken som opplevdes størst, det vil si at feil informasjon ble gitt, men også ressurser som ikke kommuniserte med hverandre.

De fleste respondentene trakk frem debriefen som nødetatene og Statens vegvesen arrangerte for trafikantene. Det opplevdes som et svært positivt tiltak, som kan egne seg som praksis for fremtidige tilsvarende hendelser. Likevel, det var en veldig avgrenset aktivitet. Noen respondenter nevnte at oppfølgingen av de mest traumatiserte pasientene ikke har vært god nok, basert på uformell kontakt med dem som har vært involvert. Også intervjuene med trafikantene indikerer at her finnes det utfordringer.



### 4.3 Trafikantene

Trafikantenes versjoner varierer naturligvis, siden de både kom inn i tunnelen med ulike forutsetninger og deres evakueringsmuligheter ble påvirket av situasjonen de satt i. Felles debrief har nok gjort at deres forståelser er mer konforme enn om de hadde blitt intervjuet like etter at situasjonen var under kontroll. Likevel har disse trafikantene litt ulike perspektiver med hensyn til tunnelens sikkerhetsnivå. Noen er sterkt kritiske til hvordan tunnel-eier har utformet tunnelen mens andre ikke har reflektert så mye over dette punktet. Trafikantene har vært utsatt for sterke opplevelser hvor noen er sterkere påvirket av post-traumer enn andre. Måten slike opplevelser har blitt bearbeidet i ettertid varierer også mye, fra en som ønsket å fortrenge hele hendelsen og kun dra frem det «morsomme» fra den, til noen som har etablert samtalegrupper for å snakke gjennom sine utfordringer.

Vi har intervjuet sju av en antatt mengde på 34 trafikanter som var i tunnelen etter at det begynte å brenne. For eksempel mangler vi kunnskap om dem som valgte å sitte i sine biler, trafikanter som ifølge utrykningslederen satt kun 50 m fra der det brant. Vi skulle gjerne ha snakket med disse, men Politiet har ikke klart å få dem med i undersøkelsen. Det å få avdekket rasjonalet bak deres beslutninger, deres opplevelser av varme og røyk, samt usikkerheten deres knyttet til situasjonen som utviklet seg, ville vært svært verdifull informasjon. Vår informasjon er knyttet til respondenter som etter eget utsagn befant seg i luke 22<sup>8</sup> og luke 16, samt noen som lykkes i å komme seg ut på Hurumsiden i eget kjøretøy.

Alle våre informanter havnet i en lang kø nede i tunnelen på grunn av et saktegående kjøretøy foran tunnelen på Hurumsiden, som bidro til at hendelsen ble så omfattende og alvorlig. Det var et stort antall biler som kom et stykke bak lastebilen som tok fyr. Det ble bråstopp oppover i tunnelen og stor usikkerhet om hva som var i ferd med å skje. Det var ingen indikasjon på at noe alvorlig var i anmarsj, men mange antok at det var noe midlertidig som hadde inntruffet i bakken opp mot tunnelåpningen. Enkelte ga også uttrykk for at så lenge de så biler komme ned antok de at det ikke var noe alvorlig. Etter hvert skjønnte trafikanter at her gjaldt det å snu fortet mulig fordi røykproppen kom veldig fort. Det har vært veldig vanskelig å anslå tider basert på intervjuinformasjonen, for eksempel fra bilene stoppet opp i køen til det begynte å bli kritisk med hensyn på sikten.

Enkelte av trafikantene hevdet at det var når brannventilasjonen ble skrudd på at det «smalt» (ble mørkt og røykfullt). Beskrivelsen var at røyken kom ekstremt fort nær trafikantene som var i ferd med å snu kjøretøyene, det vil si at det må ha skjedd hurtigere enn 8-10 km/t, som tilsvarer lufthastigheten på viftene i brannmodus (halv fart). Det har vært vanskelig å få informasjon om røykspredningen før brannventilasjonen ble satt på, dvs hvor langt røyken hadde nådd de første 4 minuttene som var anslaget på tiden fra brannen ble oppdaget til røykventilasjonen ble satt på. Konsentrasjoner, dvs røykens fordeling over tverrsnittet og bevegelser i lengderetning som funksjon av tid har vært vanskelig for respondentene å angi. Deres beskrivelser handler om «av og på», det skjedde så fort.

---

8 I følge SHT-rapporten var det luke 21.

Vi har kun informasjon fra de trafikantene som ble fullstendig innhyllet i røyk, og dermed vet vi ikke i hvilken grad de øvrige kom seg ut i en bedre sikt enn «våre» respondenter. På grunn av enten ukurante kjøretøy (lastebil, campingbil) eller vanskelige snuforhold var respondentene våre fordelt på fire kjøretøy, hvorav kun en fortsatt var alene. Selv om trafikanten var alene var det flere i samme situasjon som kolliderte med forankjørende, vegger og forlatte biler, slik at det var en form for «skjebnefellesskap». Det vil si alle de andre hadde plukket opp passasjerer underveis.

Med null sikt, eksponering av røyk og varme ble trafikantene i varierende grad grepet av fryktfølelse og angst. Likevel var den rasjonelle handlingen å rømme fra, dvs nedover tunnelen. Rømningen var vanskelig på grunn av alle hindringene nedover (forlatte kjøretøy, tunnelvegg og forankjørende). For to av kjøretøyene i vår studie bidro hindringene til at de ikke kom særlig langt (den ene ved luke 22), mens den andre kom nesten helt ned (luke 16). To av bilene kom seg helt ut og de rapporterte at et godt stykke før evakueringstunnelen ble sikten bedre. Likevel viste de stor kreativitet i forhold til navigering og det å komme seg fremover. Navigeringsutstyret i bilen ble brukt (sensorer som viste høyre og venstre, GPS), og rillene i midtmarkeringen var viktige for da merket trafikantene at de holdt seg i kjørebanelen. Vi har ingen tidspunkt, slik at det er ikke mulig å relatere dette til for eksempel slukkeprosessen og ventilasjonen.

De fleste av våre respondenter viste en tendens til å samle seg og ta med folk i nød inn i sine biler. Flere av trafikantene ble beskrevet som hysteriske og panikkslåtte personer som rasjonelt tenkt var mer til hindring enn hjelp for de andre. Likevel, de ble plukket med og de gikk stort sett sammen de som gikk til fots. I alle gruppene var det en sterk overlevelsestrang selv om alle respondentene var overbevist om at de skulle dø og hadde dødsangst. Det ble sett etter muligheter og de utnyttet dem som oppstod.

Gruppen som fant luke 22 synes å ha identifisert den på egenhånd ved å ha kjent på veggen etter kaldere overflater. Luke 16 har sannsynligvis blitt funnet som et resultat av anbefalinger fra VTS. Kommunikasjon med eksterne redningsentraler synes å ha vært ekstremt viktig, både for respondentenes overlevelseskamp, men også for å forstå egen situasjon. Grupperingene viste seg også å være veldig viktige i ventefasen fra de fant lukene til redningsmannskapene kom. Spesielt de som satt i luke 16 hadde god og viktig kommunikasjon med VTS, og samholdet i gruppen som satt der ble beskrevet som viktig for respondentene vi snakket med. De som satt i luke 22 beskrev også at samtalen i gruppen var viktig for ventetiden. Deres opplevelse av luftkvaliteten var vesentlig bedre bak luken.

Fra å bli tatt hånd om og til de var på sykehuset beskrev respondentene håndteringen som veldig profesjonell, trygg og god. Debriefen og diskusjonsgruppene ble fremhevet som svært viktige elementer i etterarbeidet. Men, mange sliter med ettervirkninger som de i mindre grad har fått hjelp til. Hvorvidt dette er typisk for våre respondenter eller om det er en generell tendens er vanskelig å si. Noen bærer på sinne i forhold til prioriteringer innenfor tunnelsikkerhet. Det har med den maktesløsheten de opplevde og at de oppfattet tunneleier som ansvarlig for at de ble innhyllet i røyk.

## Konkrete kritiske bemerkninger fra trafikantene

Statens vegvesen har ønsket seg en oversikt over trafikantenes kritiske bemerkninger i forhold til sikkerheten de opplevde i tunnelen. I denne delen har vi listet bemerkningene ut fra referatene fra intervjuene. Vi har ikke sortert dem i tema eller kronologiske faser. Disse er direkte uttrekk uten at de skal forstås som generelle inntrykk av intervjuene.

*Dødsangsten kjenner jeg veldig på enda. Hver gang jeg skal gjennom tunnelen. Kjenner jeg lukt der inne, da er det klampen i bønn når jeg er forbi fartskameraet.*

*Hvorfor fantes det ikke vann i romma? Hvorfor ikke bare ha tilgjengelig noen flasker vann?*

*Det ble et stort behov for meg å kunne si farvel til alle mine kjære.*

*Konklusjonene i granskningsrapporten var latterlig enkle.*

*Han som snakket på debriefen var mest fokusert på å åpne tunnelen – det var agendaen.*

*De har vasket alle lysene, det koster nok ikke mye. De har laget en 20-25 såkalt brannsikre rom, det kan kanskje være greit det, men jeg vet ikke om det er forskjell på å bli stekt eller kokt. De har ikke gjort noe med årsaken til at ting skjer.*

*Det satt en i Oslo og satte fullt trykk på viftene og trykket røyken nedover i tunnelen, det hadde vært mye bedre om han ikke hadde gjort noen ting. For det var da det oppstod en farlig situasjon for alle sammen.*

*Det var en som surret på den ene siden av tunnelen der det ikke finnes lys, og da jeg spør om hvorfor det ikke er lys på begge sider så svarer karen fra Vegvesenet at det er forskriften, og jeg spør videre om det er forbudt å ha lys på begge sider og får svar om at det er ikke forbudt, men det er ikke nødvendig. Det er forskrifter ditt og datt, nye og gamle, det er rett og slett bare trist å høre hvor lite foroverbøyd man er i forhold til virkeligheten.*

*At vi kom oss ut er helt og holdent vår egen fortjeneste. Det var ikke noe hjelp å få.*

*Hendelsen har satt dype spor i meg. Det er noe som surrer og går i bakhodet som man ikke har kontroll på.*

*Jeg blir sint når jeg tenker på hva man tillater av transporter på norske veier, for eksempel elendig østeuropeisk materiell uten motorbremseser.*

*Det er ingen i ettertid som har spurt oss om hvordan vi har hatt det. Kommunen har ikke tatt ansvar.*

*Vi reagerte etterpå at viftene ble satt på – det ødela veldig mye for oss.*

*Kom ikke gjennom til noen når jeg prøvde å ringe.*

*Beskjeder på radioen? Husker ikke. Var nok noe på radioen.*

*Vi fikk masker på når vi kom ut. Vi var helt ok i forhold til mange andre. En xx hadde gått veldig langt inne i tunnelen – han så ut som en fra mørkeste Afrika.*

*I ettertid er jeg veldig obs når jeg kjører gjennom tunneler. Det er dårlig stelt med sikkerhetstiltak.*

*Det var mye snakk om viftene på debriefen. Hvorfor de som skulle redde oss ut måtte vente så lenge på grunn av egensikkerhet.*

*Jeg hadde noen spørsmål om standard ift EU-krav. Disse spørsmålene ble feid unna – ikke imponerende.*

*Jeg satt sammen med 6 andre i en luke. Overraskende at vi hadde veldig ulike måter å reagere på i ettertid. Veldig lange og mørke tunneler kjennes ubehagelig. Frykten kommer dersom ting stopper.*

*Jeg og en dame til ble heist bort til vannet på fjellveggen – var veldig godt (når de satt bak hvelvet).*

*Fikk konsultasjon med psykiater som jeg ikke opplevde som profesjonell, han hadde nok gått ut på dato. Jeg fikk ingen tillit til han. Utrolig gammeldags. Fortalte meg ting som var selvfølgeligheter.*

*Det som har satt spor er mest den eksplosjonslyden. Buldringen av selve brannen. Kjente at grunnen sviktet under deg. Lyder og lukt var problematisk etter hendelsen.*

*Din handling til du besluttet å rømme (forsker)? Litt tilbake – handlet om at det kom biler i motgående felt – tåkete og jeg ser at noen snur. Det som hindret meg, det var at det var så mange som stod stille. Redd for å avvike fra mengden.*

*Det burde vært bedre nøddlys.*

*Var ille og jeg begynte å slite med pusten, har vært allergisk før og kjente at nå kom det tilbake.*

*Jeg måtte ha nøkler og diverse i min egen bil når vi skulle fraktes ut, det fikk jeg ikke lov til sa redningsmannskapene. Jeg måtte lure brannmannen, og sa at jeg hadde snakket med sjefen hans og vi skulle stoppe med bilen. Sjefen hans ble sinna etterpå.*

*At noen ikke ble påkjørt og drept nede i kaoset der forstår jeg ikke.*

*Varmen var slående, akkurat som når du åpner en pizza-ovn og varmen slår mot deg.*

*Alle som var fra brannen og opp hadde kjørt ut. Alt ble dyttet ned til oss. Helt utrolig.*

*Veldig var for lyder jeg hørte der nede, det har påvirket meg. Kjenner på det i dag også.*

*Greia mi er at jeg har fått meg en gassmaske – det er løsningen min.*

*Skulle hatt nøddlys – en stripe langs veggen.*

*Ble dårlig i høst – angstanfall. Vondt i brystet og trodde jeg skulle svime av. Nå skvetter jeg for ingenting, det er angstreaksjoner.*

*Kom en mann mot meg gående. Skjedd noe med en lastebil. Lurt at alle snur og kjører ut. Han bak rygget. Setter i revers og rygget selv og skulle kjøre. Da gikk lyset (røyken). Krise i kroppen. Krasjet i forankjørende. Det smalt noe skikkelig når vi krasjet i hverandre.*

*Prøvde å ringe, men det ble bare dyd, dyd, dyd.*

## 4.4 De viktigste beslutningene og grunnleggende resonnementer

Vi går ikke inn på planleggingsprosessene forut for Oslofjordtunnelen og valgene av løsninger som var gjort, men anser dem mer som rammebetingelser for håndteringen av hendelsen når den oppstod. Vi går heller ikke inn på opplæringen av trafikanter i inn- og utland, ei heller godkjenningsprosessene av kjøretøyene som tillates adgang til Oslofjordtunnelen. Derimot analyserer vi aktørenes tilbakemeldinger om hva som styrte deres handlingsvalg ulykkesdagen og hvordan de oppfattet virkemidlene de hadde til rådighet. Basert på metode for kritisk beslutningstaking (CDM) har vi identifisert beslutninger som påvirket utfallet i vesentlig grad. Vi mener at de viktigste beslutningene med hensyn til trafikantenes helse er som vi har beskrevet i kap. 4.4.1 til 4.4.8 under.

### 4.4.1 Hendelsesdeteksjon og stengning av tunnelen

På Vegtrafikkentralen ble hendelsen oppdaget av to operatører nesten samtidig. Begge resonnererte umiddelbart at dette var en stor hendelse. Det er en internalisert rutine at ved slike hendelser stenges tunnelen umiddelbart og fullt lys slås på. Nødetatene blir varslet omgående (brannvesenet først). Forberedelser til innsnakk ble også foretatt ifølge en respondent (Vegvesen). Kameraene gjorde at operatørene på VTS hadde rimelig god oversikt om hvem og hvor mange som var inne i tunnelen, selv om det var usikkert. VTS kunne også observere at flere kjørte utenom bommene. For trafikantene som befant seg på utsiden på vei inn i tunnelen var dette et ekstremt viktig tiltak, og at det var fullstendig rutinisert bidro til at løsningen ble raskt iverksatt. Blant aktørene på VTS ble det ikke foretatt noen vurderinger som kunne endret beslutningen og handlingsvalget.

### 4.4.2 Trippelvarsling og ressursallokering

Trippelvarslingen på begge sider av fjorden ble også foretatt umiddelbart som rutinisert aksjon (kfr. «Oppsummering etter brannen i Oslofjordtunnelen torsdag 23. juni 2011», Søndre Follo Brannvesen). Første bil var fremme på skadestedet 13 minutt etter at hendelsen ble oppdaget av VTS. Ressursallokeringen på begge sider var stor, noe som både var basert på erfaringer fra hendelsen tidligere på året og at brann i Oslofjordtunnelen var et scenario som nødetatene hadde mange erfaringer fra og var forberedt på. Fagleder brann sørget for å få inn ressurser, men også helsevesenet hadde stor oppmerksomhet omkring mulige behov. Bruk av Helseekspressen ble en mulighet som fikk veldig positiv omtale av nødetatene. Leder av Helseekspressen brukte mental simulering (tenkte på flere mulige hendelsesforløp) og var aldri i tvil om at Helseekspressen var en viktig faktor i arbeidet. «Ja, jeg så for meg farlig gods, giftig materiale som kom i spill. Hadde vært en veldig katastrofe da. Så også for meg kjedekollisjon med mennesker fanget i egne biler». Nødetatene rustet opp på begge sider i henhold til verstefallscenarier. De sørget for å ha eget brannvann med seg.

### 4.4.3 Brannventilasjon og påfølgende full ventilasjon

Den vanskeligste beslutningen, kanskje sett i ettertid, var når ventilasjonen skulle settes på. VTS hadde oversikt over situasjonen og drøydde handlingen så lenge som de oppfattet var mulig. Beslutningen var tatt, den var i henhold til planverket. Det kompliserte også situasjonen at det gikk så lang tid før noen benyttet seg av nødtelefonen. Kriteriet for å

sette på brannventilasjonen var at brannvesenet fra Drøbaksiden ankom og resonnementet var at de da måtte ha tilgang til brannen. Beslutningene her er fattet på grunn av planverk hvor målet er å gi brannvesenet arbeidsforhold for å kunne slokke og deretter redde. En respondent (nødetat) mente at en av de viktigste beslutningene som ble fattet var å utsette full ventilasjon med hensyn til trafikantenes selvevakuering. Hvordan røykkonsentrasjonen og giftige gasser påvirkes av dette er usikkert. Trafikantenes bilde av røykproppen som kom mot dem var en dramatisk opplevelse. Mange opplevde å være sjanseløse med hensyn til å forstå situasjonen og agere med selvevakuering tidsnok. En av trafikantene var særlig kritisk til tidspunktet for når brannventilasjonen ble skrudd på. Ingen av trafikantene har beskrevet at de merket noe til endringer i røykkonsentrasjonen, for eksempel etter at full ventilasjon ble skrudd på. Beslutningen om full ventilasjon var mer kunnskapsbasert, men forutsetningene her har ikke vært forfulgt i ettertid. Andre løsninger var ikke vurdert, selv om problemstillingen om å snu viftene ble trukket frem på skadestedet. Det ble avvist umiddelbart.

#### **4.4.4 Trafikantinformasjon (radioinnsnakk, lys, røykspredning)**

SHT har reist kritikk når det gjelder radioinnsnakk og informasjon til trafikantene i forbindelse med sin granskning. Våre intervjuer viser at kun en trafikanter mente å ha hørt noe på radio, men at den informasjonen ikke fikk betydning for vedkommende sin selvevakuering. Vi vektlegger at vi kun har snakket med syv trafikanter som alle var innhyllet i røyk. Mange av dem som kom seg ut tidlig kan ha hatt stor hjelp fra radioinnsnakket. Likevel vil vi hevde at det ikke har vært formidlet informasjon i tidlig fase som kunne sette alle trafikantene i en riktig evakueringsmodus før røyken møtte dem. De som evakuerte baserte seg på informasjon fra andre trafikanter eller at de så brannen selv. Trafikantene har hatt ulik erfaring med informasjonen gitt i hendelsen. I en av bilene som lyktes å kjøre ut på Hurumsiden, ble en trafikanter som ringte et nødnummer fortalt å legge seg ned på bakken. Dette var en illustrasjon på det trafikanten opplevde som manglende innsikt i alarmsentralen. En annen trafikanter som etter hvert fant rommet bak hvelvet ble fortalt at hjelpen var på veg: «Hadde kontakt med dem der oppe. Jo de begynner å få kontroll sa dem. Var en eller annen sentral som betrygget oss. Men det ble bare verre, for det var tull det de sa. Vi tenkte da at det måtte være noe annet veldig galt. Vi ble skeptisk til all informasjon». En annen trafikanter sa at kontakten med VTS ga dem informasjon om hvelvet bak SOS-telefonen og at de kunne komme seg bak luken. Det var null sikt etter at røykproppen kom, dvs lysene hadde ingen funksjon.

#### **4.4.5 Trafikantsolidaritet**

Trafikantene beskrev en oppgitt situasjon hvor flere av dem utrykte at de var «sikre på å dø». En trafikanter søkte andre trafikanter for å holde en annens hånd mens vedkommende skulle dø. Andre beskrev en form for oppgitthet og flere respondenter beskrev andre trafikanter som hysteriske og i panikk. Likevel var det kun en trafikanter som sa at vedkommende hadde blitt avvist av en annen trafikanter på forespørsel om å komme inn i vedkommende sitt kjøretøy. Der hvor trafikanter samlet seg ble føreren leder for evakueringen. De gruppene som hadde funnet hverandre holdt også stort sett sammen etter at de måtte fortsette til fots. Gruppen som oppholdt seg i luken som var nærmest brannen beskrev luften som frisk når de kom inn i rommet bak luken. Det var imidlertid en trafikanter som ikke gikk bak men satt like foran. Denne trafikanten beskrev heller ikke

sin situasjon som betydelig forverret mens vedkommende satt der. Alle trafikantene vi snakket med var ved full bevissthet hele tiden. Selv om trafikantene uttrykte oppgitthet mener vi at de agerte annerledes. De forsøkte hele tiden å komme seg lengst unna brannen og å finne bedre forhold. Det var kjennetegnet av en overlevelsestrang som vi mener ble forsterket av solidariteten mellom dem.

#### **4.4.6 «Uredd» slokkeinnsats**

Det eksisterer stor tillit internt i brannvesenet om at eget planverk og egne ressurser er tilstrekkelige i håndtering av kriser i Oslofjordtunnelen. Første bil som ankom hadde fått beskjed om at vogntoget ikke inneholdt farlig gods og hadde dermed ikke tid til å stoppe ved føreren som var på vei ut. De stolte fullt ut på 110-sentralens informasjon. Vi har studert farlig gods transport i Norge og vet at det er mye bevisst regelbrudd og manglende informasjon om denne type transport, for eksempel i forbindelse med tilgang til ferjer og samlasting (Njå & Vatn, 2010). Slokkeinnsatsen startet umiddelbart og luftforholdene var så gode ved vogntoget at respondenten (nødetat) sto uten røykdykkerutstyr. Når propanflasken eksploderte skapte ikke det ny vurdering av strategien, de fortsatte slukking med skum og vann. Det kan tyde på at brannmannskapene trodde at det var et av dekkene som hadde eksplodert. Det å holde mannskaper tilbake når redningsmannskapene der nede visste at det var mange trafikanter nedstrøms, var vanskelig for utrykningslederen. Kriteriet for å sende folk inn i søk var at brannen var under kontroll. Det er ukjent når full ventilasjon ble satt på. I følge rapporten fra Søndre Follo Brannvesen skjedde det kl. 15:25, dvs. ca. en halv time etter at trafikantene ble innhyllet i røyken. Brannslukkingen skjedde i henhold til innarbeidede prosedyrer, situasjonsforståelsen av brannobjektet ga løsninger for etterfølgende søk og redning. Respondent (nødetat) antok at de brukte 4-5 minutt lenger på slokkearbeidet fra første kollega anmodet om å få gå inn.

#### **4.4.7 Rask redning med ATV og ambulansemannskap ned i tunnel**

I resonnementet omkring røyksskadede mennesker ble løsningen om å sende ambulanse ned i tunnelen valgt. Dette var ikke åpenbart for alle på grunn av egensikkerheten, men fremsto for etatene i ettertid som et lykkelig valg og noe de også ville ta med seg fremover. Hvem som fattet beslutningen er litt uklart for oss, det er flere som mente de var involvert. Det betyr at samvirke og eierskap til beslutningen har dominert og er således et positivt trekk. IR-kamera og bruk av ATV med henger var en veldig god løsning for å finne trafikantene nede i tunnelen. Først ble søk foretatt for å finne og geleide ut trafikantene som satt i egne biler (så nær som 50 m fra vogntoget?). Vi har ikke snakket med noen av disse og har ikke innsikt i deres resonnementer, men respondentene (Vegvesen og nødetat) trakk heller ikke frem spesielle forhold omkring dem slik at vi antar at de ikke kan ha opplevd helt ekstreme forhold med hensyn til temperatur eller røyk. Generelt oppfattet trafikantene at de ble håndtert veldig profesjonelt når redningsmannskapene fant dem.

#### **4.4.8 Debrief og trafikantenes egne initiativ**

Etter å ha intervjuet trafikantene sitter vi igjen med et inntrykk av at det er veldig forskjellige mennesker med ulike behov. Utvilsomt har alle opplevd hendelsen som traumatisk, og noen sliter med ettervirkninger. Tre av syv trafikanter ga uttrykk for at de

hadde luftveisplager nå i ettertid, uten at vi har etterspurt denne informasjonen. Etatenes debriefing like etterpå ble stort sett oppfattet veldig positivt. Selve opplegget var bra, spesielt å få komme til åstedet for å se i trygge omgivelser. Enkelte trafikanter klaget på tunneleierens manglende og unnvikende svar på spørsmål som trafikantene hadde til sikkerhetsopplegget, knyttet til ventilasjonen og regelverkets krav til sikkerhet.

Enkelte trafikanter hadde positiv erfaring med ad hoc samlinger, bestående av en gruppe av trafikanter som hadde opplevd felles skjebne. De beskrev disse som uformelle samlinger, og et sted å «lufte» sine erfaringer. For oss virket dette som viktige møtearenaer for egen krisebearbeiding.

## 4.5 Mulige tiltak

Vi går ikke inn på kritikken som er fremkommet gjennom SHT sin rapport og hvilke krav til tiltak som er utviklet der. I tråd med vår forskning (Braut & Njå, 2010; Braut, Solberg, & Njå, 2014) ser vi at Statens vegvesen og nødetatene har utviklet og reflektert over historiefortellingene som gjaldt deres etater, slik at etatene har lært. Læringen består i konkrete endringer (tiltak), men også bekreftelse av praksiser og dypere forståelse av hvordan tunnelsystemene virker. Denne tilnærmingen til læreprosesser som skjedde etter brannen 23. juni, og spesielt brannvernlederens initiativ til forbedrede læreprosesser er forbilledlige. Oslofjordtunnelen har i dag gjennomgått en omfattende opprustning som inkluderer en rekke sikkerhetstiltak. Tunnelen bør kunne tjene som referansetunnel for de andre eksisterende tunnelene i Norge som behøver en revurdering av brannsikkerhet, og på den måten gjøre sammenligninger av brannsikkerhetsnivåene. Basert på vår studie mener vi likevel at myndighetene, aktørene og brukerne av norske tunneler bør vurdere flere muligheter for enda bedre sikkerhet i tunnelene, og ikke bare Oslofjordtunnelen. Vi begrunner våre innspill med følgende forhold:

- Det tar alt for lang tid før trafikantene oppfatter at en alvorlig situasjon har oppstått til selvevakuering iverksettes.
- Organisering av selvevakuering er tilfeldig og i liten grad tilrettelagt for trafikantene.
- Trafikantene har svært begrensede forkunnskaper om tunnelbrann.
- Kjøpere av transport, selgere av transport, transportfirma og sjåfører av store energimengder er lite påaktet med hensyn til deres roller og ansvar i forbindelse med branner i tunneler.
- Kunnskap om branndynamikk, 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.

Nedenfor presenterer vi våre innspill til norske vegmyndigheter og andre relevante aktører. Vi mener at innspillene er forankret i vesentlig empiri, mens utformingen av innspillene er skisser eller mer ideer, men såpass at det er mulig å videreføre dem til konkrete realiseringer. Vi relaterer tiltakene til annen forskning der vi kan, og vi angir ytelsesmål som kan benyttes for å vurdere effektiviteten av tiltakene. Det er utenfor rammene av dette prosjektet å gjøre ytelsesanalyser, men vi oppfordrer Statens vegvesen å følge opp med slike vurderinger.



#### 4.5.1 Bruke regelverket i forhold til transporter av tyngre kjøretøy, store energimengder og farlig gods

Våre data og forskning på evakuering viser at det kan være fornuftig å legge større ansvar på transportselskaper og førere av store kjøretøy (store energimengder) med hensyn på at HMS-systemene deres må ivareta tunnelsikkerhet gjennom etablerte beredskapsrutiner og at sjåføren skal ha kompetanse og ansvar for å sikre evakuering dersom eget kjøretøy er opphav til tunnelbrann. Dette har sin parallell til skipstransport og vi vil hevde at denne praksisen vil kunne overføres til vegtransport og med tunneler som spesielle objekter. Gjennom et slikt krav vil kunnskapsnivået øke hos transportører, tungbilførerne vil ta ledelse i evakuerings situasjoner og de vil vite om brannvernstrategiene i alle tunnelene av en viss størrelse. De vil kommunisere med VTS/evt. nødsentraler med en gang noe skjer. Nilsson og Johannessen (2009) studerte brannevakuering fra kinolokale. Sosial påvirkning var størst når alarmmeldingene var uklare, dvs. da nølte menneskene og avvartet sidepersonens handlinger. Relevansen av denne studien og trafikantenes atferd i Oslofjordtunnelen viser at en tydelig leder som styrer evakueringen vil ha gode muligheter for å lykkes.

**Utfordring:** Det må gjennomføres en studie for å avklare hvordan regelverket kan tilpasses og å finne frem til gode løsninger på organisering av evakuering nedstrøms brannen, hvilket også innebærer uniformering, merking og rettigheter som sjåføren og transportselskapet må tilføres. Med uniformering tenker vi oss en vest som tydelig viser «EVAKUERINGSLEDER» eller noe tilsvarende. Dersom vi ser til skipsfarten krever det internasjonale regelverket IAMSAR Manual (International Aeronautical and Maritime Search and Rescue) at det utpekes en stedlig skadestedsleder som ikke nødvendigvis er i den nasjonale redningsberedskapen, men som får tildelt ansvaret. Et eksempel i så måte er kapteinen på «Stena Saga» i forbindelse med Scandinavian Star-ulykken i 1990 (NOU, 1991: 1A)

**Ytelsesmål:** Tungbilførerens pålitelighet; Kapasiteten til førerens evakueringsledelse innenfor kritisk tid (available safe egress time – ASET). Trafikanters responsatferd gitt en evakueringsleder.

#### 4.5.2 Utvikle en IT-basert tunnelportal

«Tunnelportalen» legges på Vegvesenets internettsider og beskriver alle norske tunneler av en viss lengde med skisser/bilder, sikkerhetstiltak og brannvernstrategi. Vi mener at en slik portal kan ha sin langsiktige virkning i å øke kunnskapen blant trafikanter generelt. Tiltaket vil ha mye større effekt i forhold til tungtransportnæringen og spesielt dersom tiltaket beskrevet i 4.5.1 blir en realitet. Virksomheter innenfor tungtransporten må pålegges innsikt i tunnelportalen. Virksomhetenes sikkerhetsrådgivere kan blant annet være viktige formidlere av denne typen kunnskap.

**Ytelsesmål:** Trafikantenes pålitelighet – korrekt selvevakueringsatferd. Andel trafikanter med kunnskap om brannvernstrategi og hva som forventes av dem i en evakuering.

### 4.5.3 Situasjonsforståelse som førende prinsipp styrt av personsikkerhet

Dette tiltaket baseres på å bruke videoovervåkning i mye sterkere grad – dvs observere og fortolke situasjonen (situation awareness fremfor predefinerte prosedyrer). Våre data indikerer til tross for at Oslofjordtunnelen må sies å være spesiell med hensyn til mange erfaringer, at det enda er sektortenkning innenfor tunnelsikkerhet, brann- og redningsarbeid. Hva er begrensningene for vegtrafikksentralene og nødetatene? I dag forskes det på IT-systemer som skal gi rask og korrekt informasjon i komplekse kriser (for eksempel BRIDGE-prosjektet<sup>9</sup>) fordelt på ulike nivåer/aktører. Denne utviklingen kan integreres i trafikkstyring og krisehåndtering for norske tunneler som kan gi gode effekter på sikkerhetsnivået. Da er fokus på sannsynlighetsreducerende effekter like viktige som konsekvensreducerende effekter. En gjenskaping av den konkrete hendelsen i Oslofjordtunnelen og tilsvarende hendelser mener vi er svært viktig for å lære av hendelsen. Ut fra våre data mener vi at SHT sin fremstilling av antall trafikanter fanget av røyk (9) er feil, vi mener at det er minst 15 (inkludert de som satt i egne biler). Hvordan bilene sto i forhold til hverandre og hva som har vært betingelsen for de trafikantene som lykkes og ikke lykkes med selvevakuering, burde vært studert nærmere. Våre data bygger på trafikantenes forståelse av situasjonen etter 2,5 år, noe som gir grobunn for vesentlige skjjevheter (bias). Forskning på kriser viser at det er den umiddelbare datainnsamlingen som er viktig for å få et mest mulig reelt bilde av hendelsen og de involverte sine handlinger (Stallings, 2002).

Både respondentene fra Vegvesen og Nødetat var og er overbevist om at dagens praksis er den beste, det vil si at det er predefinerte prosedyrer som skal styre ventilasjonsstyringen, slokkingen og redningsinnsatsen. Ingen hadde kontroll på situasjonen med hensyn til røykspredning og toksisk eksponering av mennesker i den konkrete hendelsen. Det er bekymringsfullt og vi mener det bør utføres et arbeid som ser på balansen mellom funksjonsbasert og detaljorientert beredskapsplanlegging. Det er stor usikkerhet om individuell variasjon i tåleevne med hensyn til røykgasser (Alarie, 2002; Büyük & Koçak, 2009), og simuleringsverktøyene for termiske effekter og røykspredning har store mangler (Bubbico, Mazzarotta, & Verdone, 2014; Qu, Meng, & Liu, 2013), spesielt knyttet til simuleringer av lange tunneler. Tunneler hvor mulighet for selvevakuering ved branner er vanskelige (lange ett-løpstunneler) bør vurderes med hensyn til tilfartskontroll, tidligdeteksjon og situasjonsbestemte brannvernstrategier.

**Ytelsesmål:** Her kreves grundig gjennomgang av risikovurderinger for noen typiske tunneler og en helhetlig gjennomgang av systemet inklusiv hva som er mulig i forhold til VTS. Gudvanga som DSB og Vegvesenet har studert og som SHT undersøker er et eksempel. Statens vegvesen har gjennomført arbeid hvor erfaringer fra branner har vært systematisert. For å være i forkant kan Vegvesenet påstarte arbeid med å avklare i hvilken grad en funksjonsbasert tilnærming (se vedlegg B for et sett med funksjonsbaserte krav) til beredskap mot tunnelbranner er fornuftig.

---

<sup>9</sup> <http://www.bridgeproject.eu/en/about-bridge>

#### 4.5.4 Full ventilasjon strategi og assistert friskluft til personer fanget av røyk

I Oslofjordtunnelen var strategien brannventilering ved brannvesenets ankomst og full ventilasjon ble satt på etter hvert. Mange i Statens vegvesen ønsker full ventilasjon så raskt som mulig. En slik strategi er ikke forenlig med selvevakuering ut fra ettløpstunneler som for eksempel Oslofjordtunnelen på ulykkestidspunktet, og som det er mange tilsvarende tunneler av i Norge. I en oppgraderingsprosess som skal skje frem mot 2019 og med filosofien full ventilasjon behøver trafikanter fanget i røyk frisk luft. Erfaringene fra Oslofjordtunnelen var at mennesker fant sammen og stoppet ved nødtelefonboksene. Et enkelt tiltak er å sørge for friskluft til/ved disse telefonboksene, gjerne hvor det plasseres friskluftmasker i et eget skap, og med mulighet for å sitte lavt. Friskluften kan designes ved et langsgående rør med lufttilførsel fra samme side som angrepspunktet til brannvesenet. Når brannventilasjonen settes på forrigles den med lufttilførselen. Når personer fanget i røyk åpner skapet og tar ut gassmasker vil de automatisk registreres i VTS og kunne kommunisere. På den måten vil dagens brannfilosofi kunne ta hensyn til trafikantene. Erfaringene fra intervjuene er at flere respondenter sliter med senskader som de knytter til røykinhalasjonen. Varmeutviklingen er sjelden et problem uten at trafikantene er fanget i egne kjøretøy. Når brannventilasjonen settes på går man fra selvevakuering til assistert evakuering.

**Ytelsesmål:** Tilgjengelighet av friskluft, kvalitet/effekt av tilført luft, samt overlevelses- evnen til tiltaket (stor varmepåkjenning på arnestedet).

#### 4.5.5 Sensorteknologi med hensyn til toksiske og termiske trusler

I dag finnes smarttelefoner med store muligheter ift registrering av tilstander. Vårt datamateriale viser at det er stor usikkerhet med hensyn til giftige gasser, farlige temperaturer og deres utbredelse i tid. Det er heller ingen indikasjoner om hvor nær situasjonen var grensene for å omkomme, og heller hvilke forhold som ville gitt katastrofale utfall. Vi har antydnet noen grenseverdier i teorikapitlet, men her mangler kunnskap. Som et ledd i bedre krisehåndtering og med relevans til pkt 4.5.3 foreslår vi at myndighetene utvikler og installerer sensorer for måling av gasser og temperaturer. Dersom det er vedlikeholdstekniske problemer med å ha sensorer i kontinuerlig drift, kan det gjerne være sensorer som er innelukket i normaltstand og som for eksempel VTS-operatører aktiviserer i tilfelle brann. På den måten kan Statens vegvesen og nødetatene få oppdatert sin informasjon og velge bedre og mer situasjonstilpassede slokke-, søk- og redningsaktiviteter. Dette vil og kunne gi vesentlige bidrag til forbedring av simuleringsverktøy til bruk i planlegging av tunnelutforming.

Trafikantene vi snakket med var ved bevissthet gjennom hele scenariet. Dagens målestørrelser (CO-Hb, GCS, sot i hals) er forbundet med vesentlig usikkerhet med hensyn til røykforgiftning (cyanid – Geldner et al., 2013) og vi har ikke funnet forskning som kan vise sammenhengen mellom påviste stoffer i blodet og eksponeringen som mennesket har vært utsatt for. Espen Nakstad (2014) gjennomfører sin doktorgrad på røyksskadede mennesker og sammen med CBRN-e senteret ved Ullevål universitets- sykehus, karakteriserer de branner i tunneler som den største CBRN-e risikoen i Norge.

Det jobbes fortsatt med dette arbeidet, men det kan få relevans for hvordan selvevakueringsbør designes i norske tunneler. Vi mener at vegmyndighetene bør bidra til at kunnskapsnivået om innholdet og spredningen av røykgasser øker.

**Ytelsesmål:** Prediksjonsevne og tilgjengelige analyseverktøy (langiktig).

#### 4.5.6 Radioinnsnakk, tydelig og enkel informasjon

Dette er kanskje mer en understreking av kjent kunnskap om at rask og korrekt informasjon er det vesentligste for å styrke muligheten for selvevakuering. Ved brannen i Oslofjordtunnelen var det få som forstod hva som var i ferd med å skje. Bruk av lyssignal, radioinnsnakk, høyttalere, eller lignende for å gjøre trafikantene oppmerksomme er avgjørende. Vår erfaring er at det var rasjonelle og tenkende mennesker, men de oppfattet ganske enkelt ikke situasjonen. Nødtelefoner viste seg å være svært viktige i hendelsen. Flere respondenter klagde på at informasjonen som ble gitt ikke var korrekt. Selv om meningen er å holde oppe motivasjonen er det viktig å informere folk fanget i røk på en oppriktig måte med vekt på hva de skal gjøre. Det krever opplæring av operatører på tvers av etatene.

Informasjonen må være tydelig med god beskrivelse av situasjonen og hva den enkelte skal gjøre. Det stiller krav til den innleste informasjonen. Nilsson, Johansson og Frantzich (2009) fant at høyttalersystemer i tunneler ikke vil fungere som følge av lydnivået fra brannen, men anbefalte et sterkt akustisk signal og variable skilt kunne være et alternativ. Også i denne evakueringsstudien ble det påvist sterk sosial innflytelse med hensyn til handlingsvalg i evakueringssituasjonen. Det vil si at svært mange ser hva andre personer foretar seg. I denne studien var det at trafikanter gikk ut av bilene og fant frem til de nærmeste nødutgangene i to-løpstunnelen. Smart-telefoner (Android) og kommunikasjonsmuligheter til kjøretøyenes paneler er andre muligheter for rask og presis informasjon.

**Ytelse:** Kapasitet og tid til evakuering i branner (øvelser)

#### 4.5.7 Trafikantopplæring og tunnelerfaring

Trafikanter som kjører i norske tunneler har for dårlige forkunnskaper. Det bør legges til rette for test-tunneler hvor opplæring og fysisk erfaring gis i røykfylte rom/tunneler så nært opp til virkelige situasjoner som mulig. Typiske signaler på at en hendelse er i ferd med å utvikle seg må være del av denne opplæringen. Trafikantene i Oslofjordtunnelen visste veldig lite eller ingenting om mulige situasjoner og hvordan de skulle respondere. En trafikant forventet at tunnelen skulle kollapse og oversvømmes og en annen vurderte at det kunne bli store lekkasjer av brannfarlige væsker som kunne antenne flere kjøretøy nedover. Det var stor usikkerhet om hendelsen.

Oljeindustrien legger stor vekt på praktisk og teoretisk opplæring av mannskaper som skal oppholde seg på brannfarlige installasjoner. En oljearbeider reagerte raskt og bidrog til at en møteulykke med påfølgende brann i Løvstakktunnelen i 2004 ikke fikk utvikle seg til en større hendelse enn personen som omkom i selve kollisjonen (Pettersen, 2004).

Vi vil hevde at større forståelse hos trafikanter om brannsituasjoner og redningsarbeid vil være viktig for å møte branner i norske tunneler. Norge bør gjerne være i forkant av andre europeiske land med hensyn til den generelle kompetansen når det gjelder tunnelsikkerhet, også i lys av nytt EU-krav til tunnelkjøring som del av føreropplæringen.

**Ytelsesmål:** Pålitelighet knyttet til riktig evakueringsatferd i en brann

#### 4.5.8 Bidra til kjøretøyutvikling

I dag er den førerløse bilen et faktum. Et fremtidig perspektiv kunne jo være at man basert på sensorteknologi også utviklet en evakueringsmodus hvor bilen unngikk hindringer (autopilot). Tiltaket her er gjerne litt diffust, men det kan bygge på:

1. Selvkjørende biler som kan se hvor de kjører med hjelp av radar og kommer seg ut på den måten. Dette krever at bilen er selvkjørende.
2. En nød knapp på et navigasjonssystem for bil. Denne vil vise korteste vei ut av tunnelen (som godt kan være å snu og kjøre tilbake), men kan ikke kjøre bilen for sjåføren. Dette er mye enklere å installere i eldre biler. Man vil måtte gjøre tester for hvor nøyaktige slike systemer er og hva man trenger av data. Trenger man for eksempel bilens fart fra speedometer eller er det OK bare å vite fartsgrensa? I det siste tilfellet kan en mobil-app være nok, mens i det første trenger man et system som er koblet til bilen.

Må man ha et mer nøyaktig posisjoneringssystem enn dead reckoning siden dead reckoning involverer et dobbeltintegral hvor små feil fort vokser seg store, kan det bli en utfordring. Det er mange miljøer som jobber med tilsvarende teknologi som beskrevet ovenfor, som kan være interessert i å utforske bruken av teknologien i tunnelbrann som spesiell kontekst. Vi har ikke kunnet oppdrive miljøer som har sett spesielt på dette.

#### 4.5.9 Sikkerhetstiltakene i Oslofjordtunnelen

Alle respondentene vi snakket med visste ikke om hvilke tiltak som faktisk var utført i tunnelen. Vi syntes det var merkelig. Vi anbefaler at Statens vegvesen lager en informasjonsbrosjyre og sender ut til alle involverte i hendelsen, naboer og typiske brukere, samt at den legges på egnede steder, for eksempel bensinstasjoner, informasjonstavler eller lignende. For de involverte og kanskje også nødetatene er en befaring og demonstrasjon et tiltak som kan gi en positiv holdning til tunnelsikkerheten.

Begrunnelsene og vurderingene bak implementeringen av tiltakene i Oslofjordtunnelen bør beskrives og sendes til alle kommuner i Norge som har lange og kompliserte tunneler, slik at det kan utvikles en bedre forståelse om tunnelsikkerhet hos reguleringsmyndighetene.

**Ytelsesmål:** Tillit til sikkerhetsnivået i Oslofjordtunnelen.

#### **4.5.10 Eftervirkninger må møtes med en variert verktøykasse**

Her synes det som om at kommunene, som har det konkrete ansvaret (Helsedirektoratet, 2011), ikke har engasjert seg uten at pasienten selv har tatt kontakt. For oss synes det å være for passivt. For de fleste vi snakket med ble samtalegruppene, som vi forstod var ad hoc etablert, fremhevet som et svært godt tiltak. Det å legge til rette for slike grupper, gjerne ved at kompetente folk kan tilbys å informere virker å være viktig. Bedre kunnskap om ettervirkninger som er mer varige og krever spesiell behandling bør utredes/konkretiseres. Psykosomatiske reaksjoner og somatiske lidelser etter hendelser bør også følges opp. Vår erfaring fra intervjuene er at personer er svært forskjellige og sårbare. De traumatiserte vil ikke nødvendigvis selv ta initiativ til et hjelpeopplegg.

**Ytelsesmål:** Antall personer med senskader fra tunnelbranner

## 5 Diskusjon

I hvor stor grad kan vi si at teorien om «Naturalistic Decision Making» kunne belyse rasjonalet bak valgene til aktørene under brannen i Oslofjordtunnelen? Hva er forutsetningene for at en slik type tenkning skal kunne utvikle seg? Det absolutte kravet er kunnskapsbasert atferd, det vil si en form for ekspertise utover etablerte normer (prosedyrer). Den mest utpregede respondenten som tydelig brukte en form for mental simulering var leder av Helseekspressen. Utrykningsleder og fagleder brann utviste også atferd som var kunnskapsbasert og knyttet til den aktuelle situasjonen og deres erfaringer med tilsvarende situasjoner. Trafikantenes opplevelser er i vesentlig grad at de ble påført den vanskelige situasjonen, hvor noen mente at det var unødvendig.

Kunne VTS og nødetatene ventet med å starte ventilasjonen? Det ville i så fall måtte bety at de som stod på Hurumsiden skulle registrert utkjørte biler i full kommunikasjon med VTS og videobildene deres, slik at de i fellesskap kunne avklart når det var greit å sette på brannventilasjonen. Dersom en slik strategi ble valgt ville det ha medført at de trafikantene som faktisk valgte å sitte i egne biler kunne fått en langt tøffere eksponering av varme og røyk. Sjøføren av traileren på veg opp ville også fått det vanskeligere. Og hadde eventuelt en slik strategi kunnet sikre at alle som hadde valgt evakuering, ville fått gjennomført? Hvordan ville en slik strategi blitt fortolket i ettertid, for eksempel i en juridisk kontekst? Dette er hypoteser, men vel verdt som underlag i fremtidige diskusjoner om hvordan selvevakueringsprinsippet skal utvikles og håndteres i Norge.

Det eksisterer flere simuleringstøys for evakuering i tilfelle branner. Disse verktøyene baserer seg på å avklare forholdet mellom tilgjengelig tid til sikker evakuering og nødvendig tid til sikker evakuering ( $ASET - RSET > 0$ ). Ronchi (2013) fant at simuleringstøysene ga svært ulike resultater, som medførte at forskeren anbefalte en fler-modell tilnærming til å analysere evakueringsscenarioer. Å simulere effekter eller evakueringprosesser som vi har fått beskrevet i dette prosjektet kan synes meningsløst. I fremtidige design av tunneler vil vi anbefale en kombinasjon av empiriske data fra tunnelbranner, øvelser osv kombinert med vitenskapelig litteratur fra relevante forskningstradisjoner (sosiologi, psykologi, teknologi) og gjerne koplinger av disse.

Det savnes et sterkere teoretisk fundament for å forstå menneskelige reaksjoner i tunnel, både i normalsituasjon og i krisesituasjoner. Først da kan en vektlegge ulike faktorerens betydning på den avhengige variabelen "utrygghet". Den avhengige variabelen "utrygghet" er i liten grad målbar og det er dermed vanskelig å relatere tiltak til variabelen. En inndeling i følelser som gir og ikke gir endringer i atferd, og hva slags endringer i atferd (i form av kritikalitet) kunne gi et betydelig bidrag, og det ville forenklet forklaringsproblemet som man møter når atferd i tunnelbranner skal studeres.

En av trafikantene beskrev at han ble så fokusert på egen kjøring ut av tunnelen at han ikke registrerte annet av det som ble sagt uten å reagere på beskjeder om høyre, venstre eller rygg. Dette stemmer godt med tunnelsyn og evnen til å fokusere, i dette tilfellet på faktorer som underbygget funksjonell atferd.

Usikkerhet og usikkerhetshåndtering er vesentlige begreper både i selve brannen og redningsaksjonen, men det er også vesentlig i plan- og utformingsprosesser. I dag eksisterer det et regelverk som avviser bruk av nødrom som er etablert i Oslofjordtunnelen etter hendelsen. Det er stor skepsis blant mange trafikanter, konsulenter og eksperter om at dette tiltaket er effektivt. Likevel, det er ingen som har utfordret bakgrunnen for punkt 2.3.4 i Vedlegg I av Tunnelsikkerhetsforskriften som forbyr bruk av slike rom. Det burde absolutt være en prioritert oppgave fremover å utfordre argumentene bak dette forbudet. Fra våre opplysninger satt det trafikanter i kjøretøyene sine lokalisert ca. 50 m på nedstrøms brannen. «Du så at de var svarte i trynet. Satt med omluft i bilene – 4-5 stk. var det. De hadde fått i seg mye røyk. Ble så tatt imot av helsepersonell – oppegående». I dette perspektivet er betenkelighetene knyttet til nødrommene relativt vanskelige å forstå. Innholdet i røykgassene, brannutviklingen, og hvordan Statens vegvesen kan utvikle scenarier som grunnlag for designet av sikkerhetstiltakene er forbundet med vesentlig usikkerhet. Borg, Njå og Torero (2015) har foreslått et rammeverk som i en helhetlig systemtilnærming til tunnel (for eksempel Oslofjordtunnelen) kan bidra til å skreddersy beredskapen (Bjelland, Njå, Heskestad, & Braut, 2014). En funksjonsbasert beredskapsplanlegging krever gjennomtenkte scenarier som grunnlag for tekniske, operasjonelle og organisatoriske sikkerhetstiltak (Gehandler, Ingason, Lönnermark, Frantzich, & Strömberg, 2014).

Det er mange kunnskapshull i tunnelsikkerhetsarbeidet, både på forebyggende og skadebegrensende side, hvor vi lister følgende kunnskapshull med relevans til problemstillingen vi har jobbet med gjennom denne studien:

- Kjøretøyene som bruker tunnelene; omfang, variasjon, tilstand, last og kjøreatferd på tyngre kjøretøy.
- Antennelse og brannutvikling i tunge kjøretøy, blant annet antennelse, brannvekst, maksimal branneffekt/varmeavgivelsesrate og branntid/-varighet i ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer)
- Røykgasser, konsentrasjoner og spredning av giftige gasser gitt ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer)
- Menneskets tåleevne, som grunnlag for å identifisere grenseverdier til bruk i dimensjonering.
- Sammenhengen mellom kravet til selvevakuering og nødetatens krisehåndtering, gitt en funksjonsbasert tilnærming til utformingen av tunnelen.
- Sammenhengen mellom teknologiske løsninger og selvevakuering, hvordan vil trafikanter 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



## 6 Konklusjon

Gjennom denne studien har vi fått avdekket at NDM teorien har hatt en mindre effekt når det gjelder håndteringen av krisen. Prosedyrer styrte prosessen med Søndre Follo Brannvesen som den dominerende aktøren for prosedyrene. Kunne ting vært løst annerledes?

Vi mener at det ville vært veldig vanskelig under det rådende regimet. Det må en annen tenkning til for at man for eksempel hadde avventet brannventilasjonen til at trafikantene var informert og hadde anledning til å rømme. En slik avventning kunne vært kritisk for de trafikantene som valgte å sitte i egne biler. Dersom prinsippet skal være selvredning må også det prinsippet være førende for beredskapsplanleggingen. Da er det gjerne et sterkere fokus på funksjonsbasert tilnærming hvor bruk av scenarier legges til grunn.

***Hvordan var tunnel-utformingen tilrettelagt for å ivareta (selv)redning i forbindelse med store branner?*** Trafikantene som var i den røkfylte sonen var i liten grad opplært til å møte den kritiske situasjonen. Kan vi da si at deres handlingsvalg var vesentlig forskjellig fra andres? Trafikantene handlet i liten grad i tråd med NDM, men responderte på hendelser etter hvert som de inntreffer. De ble eksponert for røykgasser ingen hadde kontroll på, og situasjonen deres var veldig kritisk. Beredskapsplanlegging med basis i selvredningsprinsippet kan ikke skje uten en forbedret kunnskap om trafikanters handlingsmønstre og tåleevne i branner. Her mangler vi fortsatt mye kunnskap. Vi mener at prinsippene til utforming av tunnelen basert på at 1) trafikantene kan redde seg selv (selvredning), 2) røyken i mindre grad er livstruende, selv om trafikantene (må) forvente å bli utsatt for røyk, 3) brannvesenet skal kunne komme til brann/ulykkesstedet med frisk luft i ryggen, og 4) restrisikoen blir minst mulig; ikke har vært forenlige i Oslofjordtunnelen. Det ble kritisk og livstruende for de ca 15 personene som ikke kom seg ut raskt.

Derfor er alle forbedringene gjort i Oslofjordtunnelen gode bidrag til å sikre selvredning for trafikantene, men Statens vegvesen bør gjøre flere tiltak med tanke på sine mange og lange ettløpstunneler. Vi har antydnet endringer i regulering og ansvar, økt kompetanse om tunnelbrann, revurdering av beredskapsplanleggingen, teknologisk utvikling og tidlig informasjon til trafikanter, og bedre psykisk ettervern. Dette krever involvering av langt flere aktører enn Statens vegvesen.

Det eksisterer mye erfaringsmateriale fra hendelser i tunneler, men vi mangler fortsatt mye kunnskap om hendelser som kan medføre branner og hvilke potensialer disse har. Vår hovedkonklusjon er at Statens vegvesen må bidra til å øke kunnskapen og stadig være på jakt etter risikoinformasjon som kan gi bedre løsninger. En stor brann med flere drepte i en norsk vegtunnel vil møte stor oppmerksomhet i samfunnet hvor de involverte aktørene vil bli kritisk undersøkt. Det må forventes at tunnelsystemene utformes etter høypålitelighetsteori (Leveson, 2011; Reason, 1997; Weick & Sutcliffe, 2001) for å gi de sikreste løsningene ut fra samtidens kunnskap.

## 7 Referanser

- Alarie, Y. (2002). Toxicity of fire smoke. *Crit Rev Toxicol*, 32(4), 259-289. doi: 10.1080/20024091064246
- Alvear, D., Abreu, O., Cuesta, A., & Alonso, V. (2014). A new method for assessing the application of deterministic or stochastic modelling approach in evacuation scenarios. *Fire Safety Journal*, 65(0), 11-18. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.02.005>
- Amundsen, F. H., & Ranæs, G. (1997). *Trafikkulykker i vegtunneler: en analyse av trafikkulykker i vegtunneler på Europa- og riksvegnettet for perioden 1992-96. [Traffic accidents in road tunnels : an analysis of traffic accidents in tunnels on national roads for the periode of 1992-96]*. Oslo: Vegdirektoratet.
- Amundsen, F. H., Ranæs, G., & Engebretsen, A. (2001). Bilbranner, alvorlige trafikkulykker og andre hendelser i norske vegtunneler 1997-2001. *TTS-07-2001*. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York: Freeman.
- Bergqvist, A., Frantzich, H., Hasselrot, K., & Ingason, H. (2002). *Räddningsinsatser vid tunnelbränder: Probleminventering och miljöbeskrivning vid brand i spårtunnel*. Stockholm: Räddningsverket.
- Bernard, H. R. (2006). *Research methods in anthropology: qualitative and quantitative methods*. Lanham, Md.: AltaMira Press.
- Bernstein, D. A., Clarke-Stewart, A., Roy, E. J., & Wickens, C. D. (1997). *Psychology* (4th ed.). Boston: Houghton Mifflin.
- Bjelland, H., Njå, O., Heskestad, A. W., & Braut, G. S. (2014). The Concepts of Safety Level and Safety Margin: Framework for Fire Safety Design of Novel Buildings. *Fire Technology*, 1-33. doi: 10.1007/s10694-014-0400-y
- Borg, A., Njå, O., & Torero, J. L. (2015). A Framework for Selecting Design Fires in Performance Based Fire Safety Engineering. *Fire Technology*, 1-23. doi: 10.1007/s10694-014-0454-x
- Braut, G. S., & Njå, O. (2010). Learning from accidents (incidents). Theoretical perspectives on investigation reports as educational tools. In R. Briš, C. Guedes Soares & S. Martorell (Eds.), *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications* (pp. 9-16). London: Taylor & Francis Group.
- Braut, G. S., Solberg, Ø., & Njå, O. (2014). Organizational effects of experience from accidents. Learning in the aftermath of the Tretten and Åsta train accidents. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69(0), 354-366. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2014.08.013>
- BSI. (2002). *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings: part 0: Guide to design framework and fire safety engineering procedures*. London: British Standards Institution.
- Bubbico, R., Mazzarotta, B., & Verdone, N. (2014). CFD analysis of the dispersion of toxic materials in road tunnels. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 28(0), 47-59. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2013.05.002>
- Büyüç, Y., & Koçak, U. (2009). Fire-related fatalities in Istanbul, Turkey: Analysis of 320 forensic autopsy cases. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 16(8), 449-454. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2009.05.005>
- Caliendo, C., Ciambelli, P., Guglielmo, M. L. D., Meo, M. G., & Russo, P. (2012). Simulation of People Evacuation in the Event of a Road Tunnel Fire. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 53(0), 178-188. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.871>

- Canter, D. V., Donald, I., & Clark, J. R. (1992). *Pedestrian Behaviour during Emergencies Underground: The Psychology of Crowd Control under Life Threatening Circumstances*. Paper presented at the 1st International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, Basel, Switzerland.
- CBRNe-senteret. (2012). *Håndbok i NBC medisin : Nuclear (Nukleær - ioniserende stråling), Biological (Biologisk - mikroorganismer/toksiner), Chemical (Kjemisk - giftige/skadelige agens) (Versjon 3. ed.)*. Oslo: NBC senteret.
- Capote, J. A., Alvear, D., Abreu, O., Cuesta, A., & Alonso, V. (2013). A real-time stochastic evacuation model for road tunnels. *Safety Science*, 52(0), 73-80. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.02.006>
- Crandall, B., Klein, G., & Hoffman, R. R. (2006). *Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Daas, H. R. (2002). Rapport fra et seminar om brann- og røyktester i Benelux tunnelen. Oslo: Statens vegvesen.
- Dyregrov, A. (1999). *Katastrofepsykologi*. Bergen: Fagbokforl.
- 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., & Strömgen, 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>
- Geldner, G., Koch, E. M., Gottwald-Hostalek, U., Baud, F., Burillo, G., Fauville, J. P., . . . Zilker, T. (2013). Report on a study of fires with smoke gas development Determination of blood cyanide levels, clinical signs and laboratory values in victims. *Anaesthetist*, 62(8), 609-616. doi: 10.1007/s00101-013-2209-3
- Hartzell, G. E. (1989). Understanding of Hazard to Humans. *Advances in Combustion Toxicology*, 1, 19-37.
- Helsedirektoratet. (2011). *Veileder for psykososiale tiltak ved kriser, ulykker og katastrofer*. Oslo: Helsedirektoratet.
- 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>
- Klein, G. (1989). Recognition – Primed Decisions. *Advances in Man-Machine Systems Research*, 5, 47-92.
- Klein, G. (1993). A Recognition – Primed Decision (RPD) Model of Rapid Decision Making. In G. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models and Methods* (pp. 138-147). Norwood, N.J.: Ablex Publishing Corporation.
- Klein, G., Orasanu, J., Calderwood, R., & Zsombok, C. E. (Eds.). (1993). *Decision Making in Action: Models and Methods*. Norwood, N.J.: Ablex Pub.
- Knuth, D., Kehl, D., Hulse, L., & Schmidt, S. (2013). Perievent distress during fires – The impact of perceived emergency knowledge. *Journal of Environmental Psychology*, 34(0), 10-17. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.12.002>
- Kobes, M., Helsloot, I., de Vries, B., & Post, J. G. (2010). Building safety and human behaviour in fire: A literature review. *Fire Safety Journal*, 45(1), 1-11. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.08.005>

- Küller, R. (1991). Environmental assessments from a neuropsychological perspective. In T. Gøerling & G. W. Evans (Eds.), *Environment, cognition, and action: An integrated approach* (pp. 111-147). New York: New York: Oxford University Press.
- Leveson, N. (2011). *Engineering a safer world: systems thinking applied to safety*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Moestue, B. A., Stensaas, J. P., & Wighus, R. (2003). Forventet effekt av faste, aktive slokkeanlegg. Boligsprinkler og vanntåke NBL A03105. Trondheim: Norges branntekniske laboratorium, SINTEF.
- Mu, N., Song, W.-g., Qi, X.-x., Lu, W., & Cao, S.-c. (2014). Simulation of Evacuation in a Twin Bore Tunnel: Analysis of Evacuation Time and Egress Selection. *Procedia Engineering*, 71(0), 333-342. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.048>
- Nakstad, E. (2014). *Brannrøykgasser*. Paper presented at the CBRN kurs for leger og helsepersonell, Oslo.
- NFPA. (2002). *SFPE handbook of fire protection engineering* (3rd ed. ed.). Quincy, Mass: National Fire Protection Association.
- Nilsson, D., & Johansson, A. (2009). Social influence during the initial phase of a fire evacuation—Analysis of evacuation experiments in a cinema theatre. *Fire Safety Journal*, 44(1), 71-79. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.03.008>
- 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. (1998). *Approach for assessing the performance of emergency response arrangements*. Stavanger, Norway: Aalborg University/Stavanger University College.
- Njå, O., & Nilsen, A. R. (2004). Bruk av risikoanalyser i planlegging og drift av vegtunneler. Stavanger: RF-Rogaland Research.
- Njå, O., & Vatn, J. (2010). Safety information systems related to transport of dangerous goods in Norway. In S. Menoni (Ed.), *Risks challenging publics, scientists and governments* (pp. 223-232). London: CRC Press/Balkema.
- NOU. (1991: 1A). "Scandinavian Star"-ulykken, 7. april 1990: rapport fra granskningsutvalget oppnevnt ved kongelige resolusjoner 20. april og 4. mai 1990 : avgitt til Justis- og politidepartementet i januar 1991, Hovedrapport. Oslo: Statens forvaltningstjeneste, Seksjon Statens trykning.
- Petterson, E. A. (2004). Døde i tunnelbrann. *Dagsavisen*, p. 9.
- Purser, D. A. (2002). Toxicity Assessment of Combustion Products. In P. J. DiNenno, National Fire Protection Association & Society of Fire Protection Engineers (Eds.), *SFPE handbook of fire protection engineering* (3rd ed. ed.). Quincy, Mass: National Fire Protection Association.
- Qu, X., Meng, Q., & Liu, Z. (2013). Estimation of number of fatalities caused by toxic gases due to fire in road tunnels. *Accident Analysis & Prevention*, 50(0), 616-621. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.06.010>
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.
- Retterstøl, N., Sund, A., & Weisæth, L. (1985). *Katastrofer og kriser*. Oslo: Universitetsforl.
- Ronchi, E. (2013). Testing the predictive capabilities of evacuation models for tunnel fire safety analysis. *Safety Science*, 59(0), 141-153. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.05.008>
- Ronchi, E., Colonna, P., & Berloco, N. (2013). Reviewing Italian Fire Safety Codes for the analysis of road tunnel evacuations: Advantages and limitations of using

- evacuation models. *Safety Science*, 52(0), 28-36. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.03.015>
- Salzman, P. C. (1996). Methodology. In J. Spencer & A. Barnard (Eds.), *Encyclopedia of social and cultural anthropology* (pp. XXIV, 658 s.). London: Routledge.
- Schön, D. A. (1991). *The reflective practitioner: how professionals think in action*. Aldershot: Avebury.
- Selye, H. (1976). *The stress of life*. New York: McGraw-Hill.
- SHT. (2013). *Rapport om brann i vogntog på rv 23, Oslofjordtunnelen, 23. juni 2011*. Rapport vei (online),
- Sime, J. D. (1985). Movement toward the Familiar. Person and Place Affiliation in a Fire Entrapment Setting. *Environment and Behaviour*, 17(6), 697-724.
- Stallings, R. A. (Ed.). (2002). *Methods of Disaster Research*: International Research Committee on Disasters.
- Stene, T. M., Jenssen, G. D., Bjørkli, C. A., & Bertelsen, D. (2003). *Atferd ved evakuering av vegtunneler - litteraturstudium*. Trondheim: SINTEF Bygg og miljø.
- Tewarson, A. (2002). Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires. In P. J. DiNenno, National Fire Protection Association & Society of Fire Protection Engineers (Eds.), *SFPE handbook of fire protection engineering* (3rd ed. ed.). Quincy, Mass: National Fire Protection Association.
- Ursin, H., & Zahl-Begnum, O. H. (1993). *Biologisk psykologi*. Oslo: Tanum-Norli.
- Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2001). *Managing the unexpected: assuring high performance in an age of complexity*. San Francisco, Calif.: Jossey-Bass.
- World Health Organization. (2015). ICD-10: psykiske lidelser og atferdsforstyrrelser : kliniske beskrivelser og diagnostiske retningslinjer. In Elektronisk søkeverktøy ICD-10 versjon 1 for 2015. Tjenesten utvikles og driftes av Helsedirektoratet (Ed.), *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders*. Oslo: Universitetsforl. Retrieved from <http://finnkode.helsedirektoratet.no/#|icd10|ICD10SysDel|2599505|flow>.
- Yalom, I. D. (2011). *Eksistensiell psykoterapi* (M. Solli, Trans.). [Oslo]: Arneberg.



## Vedlegg

### A Intervjuguide brann i Oslofjordtunnelen

Prosjektet er sponset av vegvesenet med det formål å bedre sikkerheten i tunneller. Intervjuet tenkes todelt med 40 minutters intervaller med en ti minutters pause imellom. Intervjuet er semi-strukturert og åpent i den grad at det er informantens historiefortelling i første del som legger føringer for spørsmålsstillingen i intervjuets del to.

Informantene har ulike roller, involverte trafikanter har selvberging som mål, brannmannskaper har søk, redning og bekjempelse som mål, innsatspersonell fra politiet og ambulanspersonell har også sine oppgaver.

Før vi begynner vil jeg påpeke at alle som deltar i forskningsprosjektet anonymiseres, og det er ingen enkeltpersoner eller organisasjoner som på noe vis vil eksponeres. Formålet med intervjuer er den enkeltes resonnement og handlingsmønstre.

---

Intervjuets første del

#### 1. Generell informasjon

##### 1.1. Kjønn

##### 1.2. Hva er din alder?

##### 1.3. Hva var ditt yrke og stilling under brannen i Oslofjordtunnelen?

##### 1.4. Hvilken utdanningsbakgrunn hadde du under brannen i Oslofjordtunnelen?

##### 1.5. Hva var din familiesituasjon under brannen i Oslofjordtunnelen?

##### 1.6. Har du sertifikat?

- I så fall, hvilke?

##### 1.7. Var du sjåfør under brannen i Oslofjordtunnelen?

Hvis ja:

##### 1.7.1. Hvor lang erfaring har du som sjåfør?

##### 1.8. Har du tidligere erfaring med uforutsette hendelser på vei?

- I hva slags hendelser?

##### 1.8. Har du tidligere erfaring fra uforutsette hendelser eller ulykker?

##### 1.9. Har du tidligere arbeidserfaring fra blålysetatene?

##### 1.10 Har du avtjent militærtjeneste?

##### 1.11 Hva har skjedd i etter-fasen?

- Har du lest om brannen?

- Har du vært med på debrief?
- Har du snakket med mange om brannen?
- Har du snakket med andre som var til stede under brannen?

## 2. Før brannen i Oslofjordtunellen

2.1. Kan du kort beskrive dagen din frem til du var til stede under brannen i Oslofjordtunellen?

Intervjuer gjør notater og bemerker seg eventuelle tema og formuleringer som går igjen.

## 3. Under brannen i Oslofjordtunellen, første gjennomgang.

3.1 Kan du beskrive så nøye du klarer dine egne observasjoner og handlinger under brannen i Oslofjordtunellen?

Det er mulig at informanten er uklar hvor han/henne skal begynne, og det er dermed viktig at intervjuer følger opp:

- Hva om du begynner der du sluttet på forrige spørsmål?
- Hva gjorde du så?
- Hva så du?
- Hva luktet du?
- Hvorfor var du i Oslofjordtunnelen?
- Hvilket kjøretøy brukte du?
- Hvor satt du i kjøretøyet?
- Når oppdaget du at noe var galt?
- Hva var de viktigste hendelsene fra du ble klar over at situasjonen var kritisk?
- Hvor lenge varte det?
- Hvem kommuniserte du med?
- Hva ble sagt, og var det til hjelp for deg?

Mens dette pågår skriver intervjuer ned hendelsesforløpet kronologisk ved å merke seg de ulike hendelsene/tankene/observasjonene og handlingene som informanten nevner og bruker dette til å strukturere intervjuets andre del.



---

10 minutters pause

---

Intervjuets andre del

4. Under brannen i Oslofjordtunellen, andre gjennomgang.

4.1: Da du så/observerte/gjorde.

- Hva følte du da?
- Hva lurte du på da?
- Hva tenkte du på da?
- Hva var de viktigste handlingsvalgene/beslutningene som ble gjort?
- Hvilke ting/saker registrerte du som ble viktig for deg?
- Gjorde du noen form for vurderinger om hva som kunne skje fremover?
- Var du redd?

I del to leder intervjuer informantene igjennom det samme hendelsesforløpet som informantene beskrev i første del. Vekten ligger på å spørre informantene hva han/hun tenkte på under de ulike øyeblikkene og hva ulike handlingsmønstre kan skyldes.

Hva var informantens:

- o Situasjonsforståelse?
- o Forståelse for usikkerhet?

Hvilke ledetråder/gjentakelser dukker opp i

Hva kan bli forstått som mental simulering?

5. Etter brannen i Oslofjordtunellen

5.1. Med blick på hendelsesforløpet du har beskrevet og dine tanker underveis under brannen i Oslofjordtunellen. Hvilke refleksjoner har du gjort deg i ettertid?

5.2. Takk for deltakelsen. Vi håper det er greit for deg at vi kan kontakte deg i ettertid

## B Funksjonelle krav til sikkerhet

Statens vegvesen har siden innføringen av Nullvisjonen endret reguleringspraksis som bærer preg av en noe tradisjonell lovgivningsteknikk hvor idealet ved den regeltekniske utviklingen var deterministiske eller preskriptive krav. Dette er en rigid form for regulering som er en utfordring for mer fleksible funksjonsbaserte sikkerhetsreguleringer. Tunnelsikkerhetsforskriften og Statens vegvesen sin tilnærming til sikkerhetsstyring er basert på risikoinformerte beslutninger. En forutsetning for risikovurderinger er underliggende funksjonsbaserte krav som sier noe om hva man ønsker å oppnå. Dette er i tråd med svenske anbefalinger til dimensjoneringspraksis i tunneler (Gehandler, Ingason, Lönnermark, Frantzich, & Strömberg, 2014).

Nedenfor har forfatterne av denne rapporten utviklet et utkast til funksjonelle krav til sikkerhet i tunnelsystemet. De er å oppfatte som uforpliktende innspill, men vi håper at det skaper refleksjon. Tanken er at ansvarlig eier av tunnelprosjektet må ta stilling til hvilke funksjonelle krav som skal ivaretas gjennom planlegging, utbygging og drift av tunnelen.

### *Funksjonelle krav til sikkert tunnelsystem*

Hensikten med tunnelen er at den skal være funksjonell i forhold til trafikkflyt og sikkerhet. Tunnelen skal invitere til ønsket fart og være logisk og lettlest for alle typer trafikanter. Utformingen må være tilpasset kjøretøy og trafikkmengder. Med hensyn til sikkerhet og beredskap mot ulykker er kravene nedenfor delt inn i *generelle overordnede krav, krav i normalfasen og krav til ulykkehåndtering*.

#### Overordnede generelle funksjonskrav

- *Menneskets forutsetninger* skal ligge til grunn for utforming av tunneler; menneskets mestringsevne i trafikken, tåleevne i en kollisjon, brann 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.

#### Funksjonskrav til normal drift

- Tunnelens utforming skal lede til sikker atferd gjennom å være logisk og lettlest.
- Tunnelen skal invitere/veilede til riktig fart og stimulere til årvåkenhet.
- For at tunnelen skal være sikker for alle, må de svakeste trafikantgruppene forutsetninger legges til grunn for løsningene.
- Utforming av tunnelsystemet må skape korrekte forventninger hos bilførerene ved hjelp av geometrisk utforming, oppmerking og skilting
- Tunnelsystemet skal ivareta sikker trafikkavvikling basert på anslått fordeling av kjøretøy (tunge/lette, variasjon i kjøretøyers hastighet, manøvreringsegenskaper, godsmengde og -type).

- Trafikkstyring må inkludere spesielle transporter gjennom tunnelen.
- Trafikken i tunnelen må kunne monitoreres i vanlig drift
- Tunnelen må ivareta behov for planlagt og ikke-planlagt vedlikehold
- Tunnelens sikkerhetsnivå og fartsgrense skal være tilpasset hverandre.
- Innkjørings- og utkjøringssoner må ivareta de ulike trafikantene mhp. miljø/klima-fenomener, lys, lyd, frykt for lukkede rom, m.m
- Ta “høyde for” vanlige trafikantfeil: *Overse, misforstå, feilvurdere*
- Legge opp til riktig “aktiveringsnivå” (lav mental belastning kan gi *trøtthet*, høy mental belastning kan gi ”stress”):
  - Mental belastning påvirker aktiveringsnivået
  - Best prestasjon ved midlere aktiveringsnivå
  - For lavt eller høyt nivå kan føre til økt risiko for feilhandlinger
  - For krevende tunnelmiljø
  - For monotont tunnelmiljø

#### Funksjonskrav til ulykkehåndtering

Følgende krav er utviklet basert på ulykkehåndteringen ulike faser:

- *Varsling av omgivelser*, som for eksempel til- og frakjørende trafikanter, skal foretas slik at mennesker utenfor skadestedet unngår å bli involvert i ulykkehendelsen.
  - Menneskers evne til å redde seg selv må vurderes
- Et *effektivt samarbeid* mellom like og ulike etater/ressurser med ansvar for redning i ulykkehendelser er overordnet designkrav for tunnelsystemet
- *Varsling* skal foretas på en slik måte at en sikrer en fullt ut effektiv mobilisering av alle relevante beredskapsressurser.
  - Nødetater må sikres rik og reell informasjon om ulykkehendelser tidlig
- *Bekjempelsestiltak* skal iverksettes for å hindre at en faresituasjon utvikler seg til en ulykke, og at konsekvensene av en inntrådt ulykkesituasjon reduseres, slik at redning og evakuering kan foregå på en sikker og organisert måte, forurensingsskader unngås og økonomiske tap begrenses.
  - Tunnelsystemet må kunne sikres for hjelpemannskaper
  - Tunnelsystemet må tilrettelegges for effektiv skadestedsledelse
- *Redningstiltak* skal sikre at savnede personer blir funnet, og skadde personer gis nødvendig førstehjelp og bringes til sikkert område for å behandles av helsetjenesten.

- Tunnelens lengde, geometri og angrepspunkt må vurderes ift redning av mennesker
- Støy og andre arbeidsmiljøfaktorer i ulykkeshendelser må ikke hindre redningsressurser
- Lang responstid for brann- og redningsmannskaper må ikke redusere mulighetene for effektiv redning og evakuering
- *Evakuering* av tunnelen (rømming) skal gjennomføres sikkert og organisert slik at alle bringes til et sikkert område.
- *Normalisering* skal sikre at skadde behandles, miljøet føres tilbake til normal tilstand, og at skader på tunnelen repareres.
- Trafikkavvikling må sikres ved stengt tunnel i lengre perioder

Ansvarlig eier av tunnelprosjektet må ta stilling til hvilke funksjonelle krav som skal ivaretas gjennom planlegging, utbygging og drift av tunnelen.

## C Termiske, toksiske og mekaniske belastninger og menneskers tåleevne

Uønskede hendelser i tunneler gir i første rekke mekaniske belastninger på mennesker og konstruksjoner, men også termiske og toksiske (giftige) belastninger er vesentlige. Dette kapitlet gir noen betraktninger om disse belastningene og hvilken tåleevne mennesker har over tid når de blir utsatt for slike belastninger. Behovet for dypere forståelse av de fysiske fenomenene i tunnelulykker og menneskers fysiologiske egenskaper er stor, gitt at Statens vegvesen skal vurdere sikkerhets- og beredskapsløsninger.

Mye av teksten nedenfor bygger på (Njå & Nilsen, 2004; Stene, Jenssen, Bjørkli, & Bertelsen, 2003), som igjen er inspirert av Purser (2002), Tewarson (2002) og Bergqvist m.fl. (2002). Det er relativt gamle referanser og vi har ikke vært systematiske i vårt søk etter nyere studier på dette området. Likevel vil vi anta at grenser og normer er fornuftige, selv om de kun må anses som indikasjoner på grenseverdier og modeller for å uttrykke kritiske størrelser i branner. De empirisk baserte formlene må ses på som indikasjoner og kan ikke oppfattes som gyldige for systemet Oslofjordtunnelen. Det er beheftet med stor usikkerhet. Menneskers tåleevne defineres som menneskets motstandsevne i forhold til ytre belastninger hvor skadene er reversible (dvs. at skadene vil leges etter behandling). Menneskers toleranseevne defineres som den ytre belastning et menneske kan motstå uten å bli drept (men varige skader kan ha inntruffet). I fremstillingen nedenfor ser vi på hver enkelt belastning for seg. I ulykker vil belastningene ofte være kombinerte.

Alle disse gassene er spesielle, fordi de gir hypoksi (generell oksygenmangel, tilstand med for lav oksygentilførsel til kroppens vev), og da er de eksponertes premorbide status (helsetilstanden før krisen) som er helt avgjørende, dvs. om de har atherosklerose (åreforkalkning) i hjerte/hjerne-kar. I motsetning til i mange andre tilfeller vil derfor den kliniske vurderingen av alvorret bli mer viktig enn objektive parametere som ppm, eksponeringstid osv., i tillegg vil mengde sot som inhaleres også være viktig. Informasjonen som kommer i kapitlene under må leses i dette perspektivet.

### Mekaniske påkjenninger i tunnelulykker

De aller fleste trafikkulykkene i norske vegtunneler innebærer en eller annen form for ukontrollert utløsning av mekaniske krefter som virker på kjøretøyet, som igjen gir mekaniske påkjenninger (støt) på menneskekroppen. Svært få av disse hendelsene medfører antennelse og påfølgende branner. I de ulykkene som har medført branner, er det ofte de mekaniske påkjenningene som har ført til tap av liv (enten direkte eller ved at mennesker blir sittende fastklemt i kjøretøyet), og ikke brannene i seg selv.

### Termisk belastning

Varme overføres til nærliggende overflater hovedsakelig i form av *konveksjon* og *stråling*. Dersom det skal studeres virkning på mennesker eller utstyr som befinner seg bak vegger eller i et rom utenfor brannstedet (for eksempel i en lukket bil eller i et tilfluktsrom) vil også evnen materialer har til å lede varme være av vesentlig betydning.

Konveksjon er varme som overføres når et varmt fluid er i kontakt med et objekt eller et annet fluid som er kaldt. Varmestråling (elektromagnetisk stråling) er knyttet til overflatenes egenskaper. Evne til å avgi stråling uttrykkes gjennom emissivitet og er avhengig av overflatens farge. Størrelsen avhenger av temperaturen i fjerde potens.

Temperaturutviklingen i en tunnelbrann kan beregnes på bakgrunn av energiproduksjon over tid. Gitt en tunnel uten helling er temperaturen på brannstedet (i selve brannen) som funksjon av tid gitt ved:

$$T_{g,0}(t) = T_0 + \frac{0.7\dot{Q}(t)}{\rho_a u A_T C_p} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{C.1})$$

hvor:

$T_0$	= initial temperatur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\dot{Q}(t)$	= energiproduksjon (fra brannscenariet)	[kW]
$\rho_a$	= tetthet til luft	[ $\text{kgm}^{-3}$ ]
$A_T$	= areal av tunnelåpning	[ $\text{m}^2$ ]
$u$	= ventilasjons-/vindhastighet i tunnel	[ $\text{ms}^{-1}$ ]
$C_p$	= spesifikk varmekapasitet av luft	[ $\text{kJkg}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]

Denne modellen er også benyttet i forskning på tunneler med helling (Riess, Bettelini og Brandt 2001).

Temperaturen i de varme røykgassene vil reduseres når avstanden til brannstedet øker ( $x > 0$ ). Temperaturen som funksjon av avstand ( $x$ ) og tid ( $t$ ) er gitt ved:

$$T_g(x, t) = T_0 + [T_{g,0}(\tau) - T_0] e^{-\frac{hPx}{\rho_a u A_T C_p}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{C.2})$$

hvor:

$$\tau = t - \frac{x}{u} \quad [\text{s}] \quad (\text{C.3})$$

og:

$T_{g,0}(\tau)$	= temperatur ved tidspunkt $\tau$	[kW]
$h$	= varmeovergangskoeffisient	[ $\text{kWm}^{-2} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]
$P$	= perimeter (f. eks. $2 \circ$ bredde + $2 \circ$ høyde)	[m]

$x$  = avstand nedstrøms fra brannstedet [m]

Tau ( $\tau$ ) er en tidsforskyvingskoeffisient som beskriver røykgassenes transporttid frem til en avstand  $x$ , etter tidspunktet  $t$  ( $\tau$  er den tiden det tar å transportere en forandring som skjer på brannstedet til et definert sted nedstrøms brannen i tunnelen). Perimeter finnes ved å addere to ganger tunnelbredde med to ganger tunnelhøyde, og representerer omkretsen av tunneltverrsnittet.

Varmeovergangskoeffisienten,  $h$ , antas som  $0.03 \text{ kWm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Modellen er basert på at den termiske drivkraften ikke påvirker røykbevegelsen, men at røyken spres av mekanisk eller naturlig ventilasjon.

Varmen som produseres av en brann påvirker overflater og volum i nærheten av arnestedet gjennom temperaturen som skapes i det varme røyklaget. Termisk påvirkning på et menneske gir temperaturøkning i kroppen. Temperaturøkningen skyldes at kroppen ikke klarer å kvitte seg med overskuddsvarmen, ettersom temperaturen er høyere i omgivelsene. Forhold som vil bidra til økt/reduert kroppstemperatur er type bekledning og luftfuktighet. Enkelte bekledninger kan være isolerende og økt luftfuktighet gjør det vanskeligere å kvitte seg med overskuddsvarme. Menneskets tåleevne med hensyn til termisk påvirkning vil variere individuelt, alt etter alder, kroppsvolum, fysisk kondisjon osv. Enkelte vil føle ubehag ved  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , og noen vil få heteslag ved  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tabell C.1 viser en gjennomsnittlig effekt på mennesker ved ulike temperaturer.

Tabell C.1: Menneskets respons på temperatur (Moestue, Stensaas, & Wighus, 2003).

Temperatur [ $^\circ\text{C}$ ]	Effekt
50	Ubehag
60	Heteslag
70	Annen grads forbrenning etter ett minutt
80	Tåleevne i underkant av en time
100	Veldig hurtig brannskade i fuktig luft
115	Tåleevne rundt 20 minutt
125	Pustevansker gjennom nese
150	Pustevansker gjennom munn
160	Rask, ulidelig smerte mot tørr hud
180	Irreversibel skade etter 30 sekunder
205	Toleransetid på under 4 minutt ved våt hud

Mennesker som utsettes for høye temperaturer over tid vil få økt kroppstemperatur, som igjen vil påvirke vitale kroppsfunksjoner og kunne føre til brannskader. Tåleevne for personer som eksponeres for temperaturer utover normal kroppstemperatur kan finnes ved å se på termisk dose,  $F_{temp}$ , som er gitt ved følgende empiriske formel:

$$F_{temp} = \frac{1}{e^{5.18-0.0273T}} t \quad \forall T > 37^{\circ}\text{C} \quad [-] \quad (\text{C.4})$$

hvor:

T = temperatur [°C]

t = tid [min]

Termisk dose beregnes akkumulert for temperaturer over normal kroppstemperatur (37°C), og kritisk dose (eventuelt tålegrense) finnes når  $F_{temp} > 1,0$ . Hvorvidt kritisk dose representerer bevisstløshet eller død må sees i sammenheng med effektene gitt i tabell C.1 og hvilke temperaturnivå kritisk dose beregnes ut fra. For eksempel dersom en person eksponeres for temperaturer rundt 50-60 °C over lengre tid, er det rimelig at kritisk dose over 1,0 representerer bevisstløshet, og ikke død. Ligning (C.4) for beregning av termisk dose er basert på gjennomsnittlig luftfuktighet og bekledning, og lavere luftfuktig og bedre isolerte klær vil derfor øke overlevningsevnen.

Foruten eksponering for økt temperatur vil også stråling fra brannkilde og/eller røyklag bidra til termisk påkjenning. Toleransetid for stråling vil variere individuelt (alder, helse, m.v.) og med hensyn til personens bekledning. Ofte settes tåleevnen for stråling over tid lik 2,5 kWm<sup>-2</sup> (Purser, 2002). Toleransetid for en gitt mengde stråling er gitt ved følgende empiriske ligning:

$$t_{I_{rad}} = \frac{133}{\dot{q}''^{1.33}} \quad [-] \quad (\text{C.5})$$

hvor:

$t_{I_{rad}}$  = toleransetid for stråling [min]

$\dot{q}''$  = strålefluks [kWm<sup>-2</sup>]

## Røykgasser og annen toksisk (giftig) påvirkning

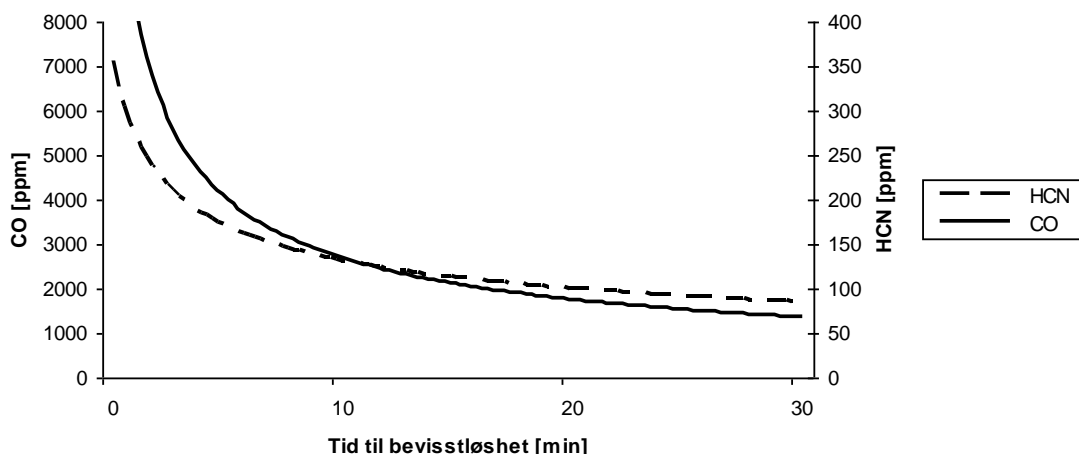
En brann vil produsere giftige røykgasser (aerosoler, sot, CO, HCN, mv.), samtidig som oksygen forbrukes. Mangel på oksygen medfører kvelning. Produksjonen av kjemiske komponenter og forbruket av oksygen kan deles i to faser: *reduksjonsfase* og *oksidasjonsfase*. I reduksjonsfasen forgasses og dekomponeres materialer, og det dannes giftige gasser som reagerer til røyk, CO, NO<sub>x</sub>, mv. I oksidasjonsfasen reagerer komponentene fra reduksjonsfasen med oksygenet i luften, og det produseres kjemisk



varme og avgasser som CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>O som følge av fullstendig forbrenning. Effektiviteten på reaksjonene mellom komponentene fra reduksjonsfasen og oksygenet varierer, og avhenger blant annet av temperatur og forholdet mellom komponenter og luft. Andel produkter fra reduksjonsfasen som slippes ut av brannen øker når effektiviteten reduseres.

De viktigste toksiske gassene som dannes under en brann er karbonmonoksid (CO), blåsyre (HCN) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Menneskets tålegrense ovenfor disse gassene vil variere individuelt. Foruten belastningen i form av konsentrasjonen av gassene og eksponeringstiden, vil tåleevnen (styrken) være avhengig av kroppens størrelse og helsetilstanden til individet.

*Karbonmonoksid (CO)* er branngassen som utgjør størst trussel for mennesker. CO dannes ofte i store mengder under en brann, spesielt dersom brannen er underventilert (mangel på oksygen). Gassen lagres i kroppen, den binder seg til de røde blodlegemene og hemmer oksygentransporten. Tålegrensen med hensyn til CO varierer individuelt. Retningsgivende verdier for andel kulloksidhemoglobin (CO-Hb) i blodet er at 30% COHb medfører bevisstløshet og 50% CO-Hb medfører død. Håndboken i NBC-medisin (CBRNe-senteret, 2012) angir 0,1 % i 1 time som kritisk, dvs det gir 50 % CO-Hb. Figur C.1 angir tid til bevisstløshet ved ulik eksponering av CO og HCN:



Figur C.1: Tid til bevisstløshet ved eksponering av CO og HCN (NFPA, 2002).

Tabell C.2 viser den gjennomsnittlige effekten på mennesker etter eksponering av noen CO konsentrasjoner over tid.

Tabell C.2: Forventet effekt på mennesker ved eksponering av CO (Hartzell, 1989)

CO [ppm]	Effekt
200	Hodepine i løpet av 2-3 timer.

800	Hodepine, svimmelhet og kvalme i løpet av ¾ time, og kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
3 200	Hodepine, svimmelhet i løpet av 5-10 minutter, og bevisstløshet og mulig død i løpet av 30 minutter.
6 400	Hodepine, svimmelhet i løpet av 1-2 minutter, og bevisstløshet og mulig død i løpet av 10-15 minutter.
12 800	Umiddelbar effekt, bevisstløshet og død i løpet av 1-3 minutter.

*Hydrogencyanid* [HCN] eller blåsyre er omtrent 20 ganger giftigere enn CO, og effekten i menneskekroppen skjer raskere som følge av HCN. Når cyanidet i blåsyren tas opp i blodet fører det til ukontrollerte muskelbevegelser (ataksi) etterfulgt av koma, krampe og død. Dødelig cyanidnivå i blodet er over 3 µgml<sup>-1</sup>, mens normalt nivå er under 2 µgml<sup>-1</sup>. Figur C.1 viser tid til bevisstløshet ved eksponering av HCN. Håndboken i NBC-medisin (CBRNe-senteret, 2012) angir 100 ppm i en time som dødelig dose og 300 ppm er dødelig i løpet av minutter.

*Karbondioksid* [CO<sub>2</sub>] er giftig ved konsentrasjoner større enn 6 vol%, men slike konsentrasjoner er ikke vanlige. Allikevel har CO<sub>2</sub> stor betydning ved at den øker innåndingsfrekvensen, som blant annet medfører økt opptak av CO. For eksempel vil omtrent 3 vol% CO<sub>2</sub> føre til en fordobling av innåndingsfrekvensen.

I forhold til **branner** vil *produksjon av toksiske gasser* noe forenklet kunne sies å være proporsjonal med forbrenningsraten:

$$\dot{G}_j'' = y_j \cdot \dot{m}'' \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}] \quad (\text{C.6})$$

hvor:

$$\dot{G}_j'' = \text{masse produsert av komponent } j \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}]$$

$$y_j = \text{ytelse av komponent } j \quad [\text{gg}^{-1}]$$

$$\dot{m}'' = \text{forbrenningsraten til brensel/brannforløp} \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}]$$

Konsentrasjonen av de toksiske gassene som funksjon av tid fra brannen starter og avstand fra brannstedet, kan bestemmes ved å anta at de blandes fullstendig ved arnestedet. Da er konsentrasjon av henholdsvis karbonmonoksid (CO) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>) gitt ved:

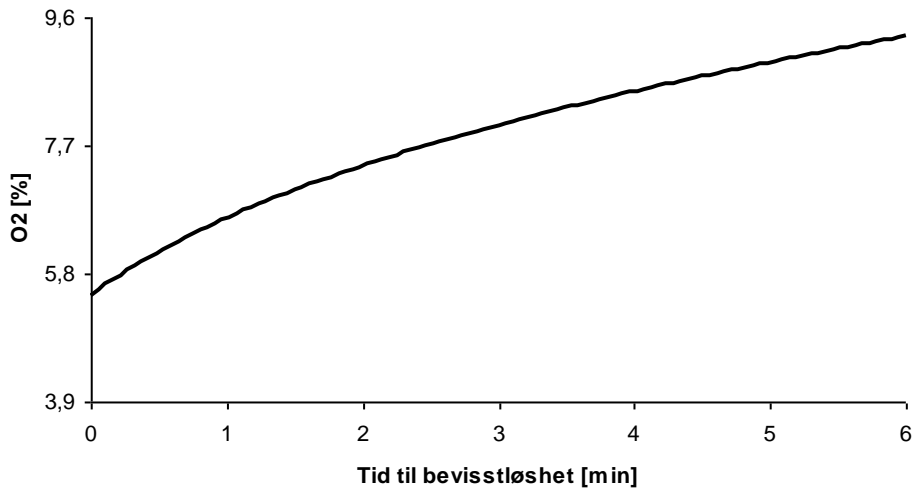
$$X_{CO}(t, x) = \left[ Y_{CO} - \frac{M_a}{M_{CO}} \frac{Q(\tau)}{\Delta H \rho_a u A_T} \right] \cdot 10^6 \quad [\text{ppm CO}] \quad (\text{C.7})$$

$$X_{CO_2}(t, x) = \left[ \frac{Q(\tau)(1+r_0)}{\Delta H \rho_a u A_T} \right] \cdot 100 \quad [\text{vol\% CO}_2] \quad (\text{C.8})$$

hvor:

$Q(\tau)$	= energiproduksjon ved tiden $\tau$	[kW]
$\Delta H$	= effektiv forbrenningsverdi	[kJkg <sup>-1</sup> ]
$M_a$	= molvekt av luft	[gmol <sup>-1</sup> ]
$M_{CO}$	= molvekt av karbonmonoksid	[gmol <sup>-1</sup> ]
$r_0$	= støkiometrisk forbrenningsverdi	[-]
$\rho_a$	= tetthet til luft	[kgm <sup>-3</sup> ]
$A_T$	= areal av tunnelåpning	[m <sup>2</sup> ]
$u$	= ventilasjons-/vindhastighet i tunnel	[ms <sup>-1</sup> ]
$Y_{CO}$	= ytelse av CO	[-]

Tidsforskyvningskoeffisienten ( $\tau$ ) er gitt ved ligning (C.3) ovenfor. *Oksygen* [O<sub>2</sub>] utgjør en andel på omtrent 21 vol% i normal luft. Ved brann vil oksygenkonsentrasjonen avta, og kritisk konsentrasjon for at mennesker skal kunne overleve er rundt 9 vol%. Denne konsentrasjonen fører til pusteproblemer og fare for bevisstløshet. Et stort fall i oksygenkonsentrasjonen krever at brannen er kraftig underventilert, noen som ikke er vanlig ved tunnelbrann. Figur C.2 viser gjennomsnittlig tid til bevisstløshet ved fallende oksygenkonsentrasjon.



Figur C.2: Tid til bevisstløshet ved eksponering av lave oksygenkonsentrasjoner (NFPA 2002)

I forhold til **branner** vil *forbruket av oksygen* noe forenklet kunne sies å være proporsjonal med forbrenningsraten:

$$\dot{C}_O'' = c_O \cdot \dot{m}'' \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}] \quad (\text{C.9})$$

hvor:

$$\dot{C}_O'' = \text{forbruksraten av oksygen} \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}]$$

$$c_O = \text{ytelse av komponent o} \quad [\text{gg}^{-1}]$$

$$\dot{m}'' = \text{forbrenningsrate} \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}]$$

Konsentrasjon av oksygen (O<sub>2</sub>) som en funksjon av tid fra brannstart og avstand fra brannstedet er gitt ved:

$$X_{O_2}(t, x) = \left[ X_\infty - \frac{Q(\tau) M_a}{\Delta H M_{O_2}} \left( \frac{X_\infty M_a}{M_{O_2}} + r_0 \right) \right] \quad [\text{vol\% O}_2] \quad (\text{C.10})$$

hvor:

$$X_\infty = \text{andel oksygen i luft} \quad [-]$$

$$Q(\tau) = \text{energiproduksjon ved tiden } \tau \quad [\text{kW}]$$

$\Delta H$	= effektiv forbrenningsverdi	$[\text{kJkg}^{-1}]$
$M_a$	= molvekt av luft	$[\text{gmol}^{-1}]$
$M_{\text{O}_2}$	= molvekt av oksygen	$[\text{gmol}^{-1}]$
$r_0$	= støkiometrisk forbrenningsverdi	$[-]$
$\rho_a$	= tetthet til luft	$[\text{kgm}^{-3}]$
$A_T$	= areal av tunnelåpning	$[\text{m}^2]$
$u$	= ventilasjons-/vindhastighet i tunnel	$[\text{ms}^{-1}]$

Tidsforskyvningskoeffisienten ( $\tau$ ) er gitt ved ligning (C.3) ovenfor. Den toksiske påvirkningen på mennesker varierer, da tålegrensene vil variere blant annet som følge av alder og helsetilstand. Likevel finnes det typiske verdier for når konsentrasjonene antas å bli kritiske. Noen av disse vises i tabell C.3 når eksponeringen kun gjelder en gass om gangen.

Tabell C.3: Typiske verdier for tålegrense (BSI, 2002).

Produkt	Maksimal konsentrasjon [%]	Akkumulert dose [%min] (hhv. 5 og 30 minutt)	
CO	> 1	1,5	1,5
CO <sub>2</sub>	> 6	25	150
O <sub>2</sub>	< 9	45	360
HCN	> 0,01	0,05	0,225

Tid til kritisk nivå inntreffer, kan bestemmes ved å beregne fraksjonsdose for de forskjellige produktene. Bevisstløshet eller død inntreffer når fraksjonsdosen overstiger 1,0. Ligningene (C.7, C.8 og C.10) utgjør basis i ligningene for fraksjonsdose som er gitt ved:

$$F_{i,CO} = \frac{K \cdot ppmCO^{1.036}}{D} \cdot t \quad [-] \quad (C.11)$$

$$F_{i,HCN} = \frac{1}{e^{5.396 - 0.023 \cdot ppmHCN}} \cdot t \quad [-] \quad (C.12)$$

$$F_{i,CO_2} = \frac{1}{e^{6.1623 - 0.5189 \cdot vol\%CO_2}} \cdot t \quad [-] \quad (C.13)$$

$$F_{i,O_2} = \frac{1}{e^{8.13 - 0.54(20.9 - vol\%O_2)}} \cdot t \quad [-] \quad (C.14)$$

hvor:

- $i$  = ID for fraksjonsdose til bevisstløshet (*fractional incapacitation dose*).  
 = LD for fraksjonsdose til død (*fractional lethal dose*).

og:

- ppmCO = ppm karbonmonoksid i luften [ppm]  
 ppmHCN = ppm hydrogencyanid i luften [ppm]  
 vol%CO<sub>2</sub> = andel karbondioksid i luften [vol%]  
 vol%O<sub>2</sub> = andel oksygen i luften [vol%]  
 K = konstant som avhenger av individets pustefrekvens [RMV] [-]  
 D = kulloksidhemoglobin [COHb] i blodet [%]  
 t = eksponeringstid [min]

Konstanten K settes lik  $8,2925 \cdot 10^{-4}$  ved lett aktivitet og  $1,99 \cdot 10^{-4}$  ved hvile. Kulloksidhemoglobin i blodet settes lik 30% og 50% ved henholdsvis bevisstløshet og død.

Da kritiske verdier vil oppnås som et resultat av samvirke mellom de ulike gassene må total fraksjonsdose beregnes akkumulert ved å summere effekten av CO, HCN og O<sub>2</sub> i eksponeringstiden, med korrigerer for økt pustefrekvens som følge av CO<sub>2</sub>. Total fraksjonsdose til henholdsvis bevisstløshet og død kan da uttrykkes ved:

$$F_{ID} = (F_{ID,CO} + F_{ID,HCN}) \cdot V_{CO_2} + F_{ID,O_2} \quad [-] \quad (C.15)$$

$$F_{LD} = (F_{LD,CO} + F_{LD,HCN}) \cdot V_{CO_2} + F_{LD,O_2} \quad [-] \quad (C.16)$$

Oppsummert inntreffer bevisstløshet (i=IN) eller død (i=LD) når akkumulert dose  $F_i > 1,0$  eller  $F_{i,CO_2} > 1,0$ .









International Research  
Institute of Stavanger

ISBN:978-82-490-0841-4

**Main Office:**

PO Box 8046,  
NO-4068 Stavanger, Norway  
Telephone: (+47) 51 87 50 00  
Telefax: (+47) 51 87 52 00

Visiting address Stavanger:

Prof. Olav Hanssens vei 15

**Office Bergen:**

Thormøhlens gate 55,  
NO-5008 Bergen, Norway  
Telephone: (+47) 55 54 38 50  
Telefax: (+47) 55 54 38 60

General mail address:

firmapost@iris.no

**Office Mekjarvik:**

Mekjarvik 12,  
NO-4070 Randaberg, Norway  
Telephone: (+47) 51 87 55 00  
Telefax: (+47) 51 87 55 30

Enterprise No.:

NO 988 944 459 MVA

[www.iris.no](http://www.iris.no)