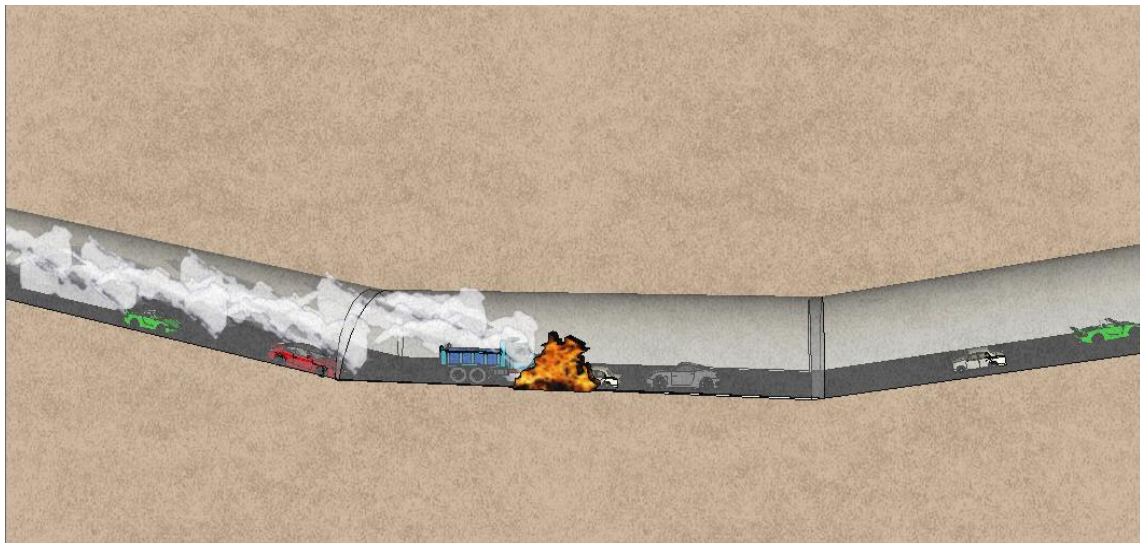


Røykventilasjon i undersjøiske tunneler



Bachelorprosjekt utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Studieretning: Brann

Av: Svein Arne Bjørkheim
Anders Vågen
Johanne Kværner Hestetun

Kandidatnr: 12
Kandidatnr: 14
Kandidatnr: 11

Haugesund

Våren 2016



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

COWI

BACHELORPROSJEKT

Studentenes navn: Svein Arne Bjørkheim
Anders Vågen
Johanne Kværner Hestetun

Linje & studieretning Brann, Sikkerhetsingeniør

Oppgavens tittel: Røykventilasjon i undersjøiske tunneler.

Oppgavetekst:

Det skal i årene fremover bygges flere nye undersjøiske tunneler. Basert på tidligere forsøk og hendelser er det vist problematikk rundt røykventilasjon og retningen røyken styres. I oppgaven skal det undersøkes nærmere på dagens retningslinjer innen røykventilasjon. Rogfasttunnelen skal brukes som et eksempel på hvordan fremtidige undersjøiske tunneler kan se ut.

Oppgaven skal gjennomgå hendelser fra tidligere tunnelbranner, teorien rundt brann- og røykutvikling i tunnel, ulike ventilasjonssystemer, samt oppbyggingen av undersjøiske tunneler med ventilasjon. Rapporten skal gi en innføring i lovverk som regulerer brann sikkerhet i tunnel og hvilke retningslinjer som blir fulgt ved prosjektering i Norge.

Denne oppgaven skal også fokusere på hvordan røykventilasjon i undersjøiske tunneler kan påvirke brannvesenets innsats, samt hjelpe til å bevare personsikkerheten til bilister og andre brukere som oppholder seg i tunnelen ved en brann. Oppgaven skal gi et svar på om dagens standard til røykventilasjon ivaretar personsikkerheten til brukerne.

Endelig oppgave gitt: Onsdag 2.mars

Innleveringsfrist: Onsdag 4.mai kl. 12:00

Intern veileder Sanjay Kumar Khattri

Ekstern veileder Johan Kr. Møller, COWI

**Godkjent av
studieansvarlig:**

Dato:

J. C. Løvås
15/4-16



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

COWI



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Røykventilasjon i undersjøiske tunneler		Rapportnummer
Utført av Svein Arne Bjørkheim, Anders Vågen og Johanne Kværner Hestetun.		
Linje Sikkerhet, Brannteknikk		Studieretning Branningeniør
Gradering Åpen	Innlevert dato 04.05.2016	Veiledere Sanjay Kumar Khattri og Johan Kr. Møller



Forord

Hovedprosjektet består av en rapport, produkt og en presentasjon. Oppgaven representerer avslutningen på vårt bachelorstudium i Brannsikkerhet ved Høgskolen Stord/Haugesund.

Rapport og presentasjon består av 15 studiepoeng, produkt del består av 5 studiepoeng.

Valget av tema falt på tunnelsikkerhet, da tunnel er et spennende tema og høyst aktuelt. Det har vært lærerikt og utfordrende å jobbe med oppgaven. Arbeidet med oppgaven har gitt oss ny kunnskap, som vi kan ta med oss videre i karrieren.

Vi vil rette en stor takk til følgende, som har hjulpet oss med innsamling av informasjon, oppfølging og god støtte:

Intern veileder: Sanjay Kumar Khattri – Høgskolen Stord/Haugesund – for kontinuerlig oppfølging, veiledning og gode tilbakemeldinger.

Ekstern veileder: Johan Kr. Møller – COWI AS – for god veiledning og oppfølging av oppgaven, samt gode innspill i oppstartsfasen.

Onar Walland i Karmøy brann- og redningsvesen, Kenneth Vik i Rogaland brann og redning IKS og Statens vegvesen. Vi setter stor pris på at dere tok dere tid til intervju med oss.

Kjersti Kværner Hestetun og Elisabeth Næsheim Vågen. Vi takker for gode tilbakemeldinger og råd.

Haugesund 2016



Figurliste

Figur 1: Ventilasjonshastighet < Kritisk hastighet	8
Figur 2: Ventilasjonshastighet > Kritisk hastighet	8
Figur 3: Tverrgående ventilasjon	10
Figur 4: Langsgående ventilasjon	10
Figur 5: Eksempel på toløps-tunnel	11
Figur 6: Simulering av røykventilasjon	12
Figur 7: Tunnelklasse.....	14
Figur 8: Beregningsmetode for ventilasjonstrykk.....	16
Figur 9: Beregningsmetode for ventilasjonshastighet.....	17
Figur 10: Fordeling av hvilken stigningsgrad norske undersjøiske tunneler har.....	18
Figur 11: Planlegging av Rogfast tunnelen.....	24
Figur 12: Prinsippskisse for ventilasjonssystem av nordgående løp	25
Tabell 1: Strålingsvarme	5
Tabell 2: Dimensjonerende branneffekt.....	15
Tabell 3: Fordeling over ulykker i norske vegtunneler.....	19



Innholdsfortegnelse

Forord.....	III
Figurliste	IV
Sammendrag	VI
Symboler og terminologi	VII
1. Innledning	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Problemstilling	1
1.3. Begrensinger	1
2. Teori og forskning.....	2
2.1. Undersjøisk tunnel	2
2.2. Brannodynamikk	2
2.3. Røykventilasjon	6
2.4. Lovverk og retningslinjer.....	12
2.5. Tidligere hendelser og fullskala tester	18
2.6. Rogfast	23
3. Datainnsamling	26
3.1. Metode	26
3.2. Intervju	26
4. Diskusjon	39
4.1. Røykventilasjon	39
4.2. Ett-løp vs. To-løp	41
4.3. Lovverk, retningslinjer og økonomi.....	42
4.4. Rogfast	44
5. Konklusjon.....	46
6. Videre arbeid.....	48
Bibliografi	49
Vedlegg	i
Vedlegg A: Utdrag fra Lover, regler og forskrifter	ii
Vedlegg B: Mail om tillatelse av bruk av bilder	ix
Vedlegg C: Intervju med Statens Vegvesen Region Sør	x
Vedlegg D: Intervju med Brannsjefen i Karmøy brann- og redningsvesen.....	xv
Vedlegg E: Intervju med Kenneth Vik i Rogaland brann og redning IKS	xxiii



Sammendrag

Det skal i årene fremover bygges flere undersjøiske tunneler, og fokus på tunnelsikkerhet vil være et høyaktuelt tema i mange år fremover. Oppgavens mål er å besvare problemstillingen om hvordan røykventilasjon kan påvirke brannvesenets innsats, og deres arbeid med å bidra til å bevare personsikkerheten til bilister og brukere av tunnel ved brann.

En del av oppgaven er innhenting av informasjon om røykventilasjon i undersjøiske tunneler; tidligere fullskala forsøk, tidligere branner og teori rundt brann- og røykspredning. Det er gjennomført intervjuer med aktuelle aktører som skal gi et overblikk over dagens situasjon; Statens vegvesen, Karmøy brann- og redningsvesen og Rogaland brann og redning IKS.

Røykventilasjonens hovedoppgave er å sørge for sikker innsats og bedre evakueringsmuligheter. Forutsatt at brannvesenet får luft i ryggen ved innsats vil røykventilasjonen ivareta deres arbeidsoppgaver. Det er utfordringer med selvbergning ved brann i tunnel, da det er mangel på opplæring og informasjon om selvbergingsprinsippet.

Siden ventilasjonsstrategien varierer i de forskjellige tunnelene, bør den gjennomgås og om mulig gjøres mer fleksibel for å ivareta selvbergingsprinsippet og brannvesenets innsats. Kameraovervåking i tunnel vil sørge for informasjon til VTS, noe som vil bidra til at sikkerheten til brukerne blir bedre ivaretatt.

Det er utfordringer knyttet til eksisterende ett-løpstunneler med tanke på røykventilasjon for å ivareta selvbergning, samt dimensjonering av røykventilasjon i forhold til potensiell branneffekt. To-løps tunneler vil ha et høyere sikkerhetsnivå enn eksisterende ett-løps tunneler da brukerne kan evakuere til sikkert sted gjennom tverrforbindelser, samt at brannvesenet har mulighet for å snu til motgående løp. I Rogfast vil sikkerhetsnivået for brukerne være høyere enn for en eksisterende ett-løpstunnel. Mange av tiltakene de prosjekterende har kommet frem til ved hjelp av analyse, anbefales å bli implementert i kortere vegtunneler fremover.

Verktøy som brukes til prosjektering av undersjøiske tunneler er ikke tilstrekkelig utformet etter norske forhold. Det bør utarbeides et tydeligere lovverk med veiledning, slik at forhandlinger mellom Statens vegvesen og Brannvesen i mindre grad er viktig for å opprettholde sikkerheten.



Symboler og terminologi

N500	Statens vegvesen Normal 500 – Vegtunneler
ROS	Risiko- og sårbarhetsanalyse
SVV	Statens Vegvesen
CO	Karbonmonoksid
HCN	Hydrogen cyanid/blåsyre
CO ₂	Karbondioksid
HCl	Hydrogen klorid/saltsyre
HGV	Heavy Goods Vehicle
NFPA	National Fire Protection Association
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
ÅDT	Årsdøgntrafikk
SHT	Statens Havarikommisjon for Transport
RBR	Rogaland Brann og redning IKS
VTS	Veitrafikksentralen
\dot{Q}	Energiproduksjon fra en brann. [W/kW]
A_f	Det horisontale brannarealet til brenselet. [m ²]
\dot{m}''	Massetapsrate per areal. [kg/m ² s]
χ	Forbrenningseffektivitet
ΔH_c	Forbrenningsvarme til et brensel. [J/kg]
\dot{Q}_F''	Varmefluks fra flammen til overflaten. [W/m ²]
\dot{Q}_E''	Ekstern varmekraft tilført til brenseloverflaten. [W/m ²]
\dot{Q}_L''	Varmetap fra brenseloverflaten. [W/m ²]
L_v	Varmerødning for avdamping/pyrolysing av brenselet. [J/kg]
\dot{q}_r''	Varmestråling [W/kW]
T	Temperatur [K]
ϕ	Synsfaktoren
σ	Stefan-Boltzmanns konstant ($5,669 \cdot 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$)
ε	Utstrålingsevne; hvor sort et legeme er. [-]
A	Areal på et legeme [m ²]
z_0	Virtuell origo [m]
D	Diameter [m]
\dot{Q}_c	Konvektiv varmekraftproduksjon [kW]
ρ	Tetthet [kg/m ³]
ΔP	Naturlig drivtrykk på grunn av oppdrift og ekstern vind [Pa]
P_v	Påtrykt kraft fra ventilasjonen [N]



Δp_s	Påtrykt drivtrykk fra ventilasjonen når brannen er overvunnet med hastighet u . [Pa]
n_s	Sikkerhetsfaktor [-]
n_v	Virkningsgrad for vifte. [-]
u_{crit}	Kritisk ventilasjonshastighet [m/s]
k	Konstant [-]
\dot{Q}'	Konvektiv varmeproduksjon per enhet [W/m]
g	Gravitasjonsakselerasjon [m/s^2]
ρ_0	Tetthet til omgivelsene [kg/m^3]
c_p	Spesifikk varmekapasitet til luft [J/kgK]

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Norge er et av landene i verden som bygger flest tunneler. Undersjøiske tunneler er en viktig del av infrastrukturen i det norske samfunnet, spesielt for å knytte vestlandskysten sammen.

Sannsynligheten for at en ulykke inntreffer er større på åpen vei enn i tunnel, katastrofepotensialet derimot er mye større ved en eventuell tunnelbrann.

Undersjøiske tunneler skiller seg statistisk sett ut ved at de er overrepresentert når det gjelder branner og tilløp. (Nævestad & Meyer, 2012)

Siden 1970-tallet har det i Norge vært drevet et målrettet trafikksikkerhetsarbeid. Resultatet er at antall drepte i trafikken per år nå er halvvert i forhold til da de startet trafikksikkerhetsarbeidet. Stortinget vedtok i 2011 ”*En visjon om et transportsystem som ikke fører til tap av liv eller varig skade*”. (Statens vegvesen, 2010) For å opprettholde nullvisjonen, er det viktig å se på tunnelsikkerheten, spesielt i lange undersjøiske tunneler. (Statens vegvesen, 2010)

Oppgaven skal se nærmere på om det bør gjøres endringer i regelverket for røykventilasjon, slik at sikkerheten for trafikanter, andre brukere og brannvesenet blir ivaretatt. For å gi et bedre innblikk i temaet røyk og røykventilasjon skal oppgaven diskutere teorien bak brann- og røykspredning, ulike røykventilasjonssystemer samt lovverk og retningslinjer.

Oppgaven skal også gjennomgå tidligere hendelser og statistisk data for å gi et bilde på dagens situasjon.

1.2. Problemstilling

Oppgaven skal svare på om dagens retningslinjer for røykventilasjon ivaretar personsikkerheten til trafikanter og brannvesenets innsats ved brann i undersjøisk tunnel.

1.3. Begrensinger

Oppgaven fokuserer hovedsakelig på undersjøiske tunneler i Norge, og skal gi et bilde over dagens situasjon. Rapporten er basert på kvalitative metode, hvor deler av oppgaven er basert på intervju med Statens vegvesen, Karmøy brann- og redningsvesen og Rogaland brann og redning IKS. Det er gjennomført en analyse av fullskala forsøk og tidligere hendelser.



2. Teori og forskning

I dette kapitlet gis det innføring i undersjøiske tunneler og teori om brann og røyk. Det presenteres ulike ventilasjonssystemer som har tilknytning til tunnel, samt lovverk som er relevant for problemstillingen.

For å få en forståelse for hvordan ventilasjonssystemet fungerer i praksis, vil det også bli presentert en oversikt over tidligere hendelser og fullskala forsøk.

2.1. Undersjøisk tunnel

Norge er blant de i verden som bygger flest vegtunneler. Typisk for undersjøiske vegtunneler er at de går under havnivå, elv eller en innsjø. Undersjøiske vegtunneler blir bygd for å erstatte fergesamband og korte ned vegstrekninger. Norge er et av de landene hvor forholdene ligger til rette for undersjøiske tunnelløsninger. (Hugsted, 2009)

Uttrykket undersjøisk blir også brukt om vegtunneler som går under bakkenivå. Disse undersjøiske tunnelene har en stigning på over 5 %, som blir regnet som høy stigningsgrad. (Nævestad & Meyer, 2012)

2.2. Brannodynamikk

2.2.1. Varmeproduksjon

Brann er en ukontrollert forbrenningsprosess som er ledsaget av røyk og forbrenningsprodukter. (Kollegiet for brannfaglig terminologi, 1994) Ved denne forbrenningsprosessen vil det bli produsert energi. Alle materialer vil avgi forskjellig mengde energi ettersom hvert material har sin egen forbrenningsvarme (ΔH_c). Forbrenningsvarmen kan bestemmes ved oksygen-forbruk eller formasjonsvarme. (Hagen, 2004).



Formelen for varmeproduksjon er gitt ved:

$$\dot{Q} = A_f \dot{m}'' \chi \Delta H_c \quad [kW] \quad 2.2.1.$$

Hvor:

\dot{Q} : energiproduksjon	[W]
A_f : brannarealet til brenselet	[m ²]
\dot{m}'' : er massetapsrate per areal.	[kg/m ² s]
χ : forbrenningseffektivitet	[-]
ΔH_c : forbrenningsvarme til et brensel.	[J/kg]

(Karlsson & Quintiere, 2000)

Dersom varmen er frigjort i en tunnel vil ikke strålingsvarme og oppdriftsvarme fraktes like lett bort fra antennelsesstedet som det ville gjort i friluft. Objekter vil bli varmet opp ved kontakt med varme røyksøylegasser, der gassene skifter retning og fanges under tunneltaket. Her kan det trekkes parallell med hva som skjer dersom det brenner inne i et rom i et byggverk. En av forskjellene vil være at tilgangen på oksygen potensielt sett vil være større i en tunnel enn i et lukket rom. Termisk stråling fra flammen og røyklaget vil øke ettersom røykkonsentrasjon, lagtykkelse og temperatur vil øke. Massetapsraten i en tunnel vil dermed vokse slik:

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{Q}_F'' + \dot{Q}_E'' - \dot{Q}_L''}{L_v} \left[\frac{kg}{m^2s} \right] \quad 2.2.2.$$

Hvor:

\dot{Q}_F'' : varmefluks fra flammen til overflaten.	[W/m ²]
\dot{Q}_E'' : ekstern varmefluks tilført til brenseloverflaten	[W/m ²]
\dot{Q}_L'' : varmetap fra brenseloverflaten.	[W/m ²]
L_v : varme nødvendig for avdamping/pyrolysing av brenselet.	[J/kg]

(Nilsen, 2011)



2.2.2. Definisjon på røyk

Røyk er definert som en samling av forbrenningsprodukter fra en brann blandet med luft. Ved området rundt brannen vil det oppstå turbulens som dannes ved at luft og en forbrenningsprosess blandes. Ved denne blandingen oppstår det mange forbrenningsprodukter og sotpartikler som kalles røyk. (Hagen, 2004)

2.2.3. Faremomenter ved røyk

Røyk er skadelig på flere måter; inhalering av helseskadelige gasser, termisk påkjenninger. I tillegg hindrer røyk sikt.

Helsefarlige gasser

Røyk produserer helsefarlige gasser som karbonmonoksid (CO), karbondioksid (CO₂), hydrogen cyanid/blåsyre (HCN), og hydrogen klorid/saltsyre (HCl). Inhalering av karbonmonoksid er den vanligste dødsårsaken ved brann. (Hagen, 2004)

Sikt

Etter hvert som en tunnel fylles med røyk, vil dette påvirke bilister, innsatspersonell og andre brukere av tunnel. Dette påvirker i stor grad rømningssikkerheten da det blir vanskelig å orientere seg for brukere. (Hagen, 2004)

Temperatur i røyklaget – Termisk påvirkning

Høy temperatur i røyklaget vil øke varmestrålingen fra røyklaget, og er den dominerende varmetransporten for videre spredning av brann. Varmestrålingen vil være proporsjonal med temperaturen i eksponent 4. (Hagen, 2004)

$$\dot{q}'' \propto T^4 \qquad 2.2.3.$$

Varmestrålingen vil også øke etter hvert som fargen på røyklaget blir mer tilnærmet et sort legeme, samtidig som arealet på røyklaget øker ($\epsilon \approx 1$).

Der den totale varmestrålingen blir:



$$\dot{q} = \phi \sigma \varepsilon A T^4 \text{ [W]}$$

2.2.4.

Hvor:

T: temperatur	[K]
σ : Stefan-Boltzmanns konstant	$[5,669 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4]$
ϕ : synsfaktor	[-]
ε : Utstrålingsevne	[-]
A: areal av røyklaget.	$[\text{m}^2]$

(Drysdale, 2011)

Varmestrålingen vil være kritisk ved høye temperaturer, ettersom eksponering over tid vil kunne skade eller antenne både personer og materiell som befinner seg i nærheten av røyklaget. Effekt av strålingen er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Strålingsvarme

Strålingsvarme $[\text{kW/m}^2]$	Observert effekt (eksponering)
0,67	Solstråle på sommeren i Storbritannia
1	Maksimal stråling for ubestemt eksponering på hud
6,4	Smerte etter 8 sekunder eksponering på hud
10,4	Smerte etter 3 sekunder eksponering på hud
12,5	Flyktig fra trevirke kan bli antent av en gnist etter forlenget eksponering
16	Person får blemmer på hud etter 5 sekunder eksponering
29	Trevirke antennes spontant etter forlenget eksponering
52	Trefiberplate spontanantennes innen 5 sekunder

(Drysdale, 2011)

2.2.4. Brann- og røykspredning

Ved et naturlig brannbrannforløp vil røyken fra brannen stige oppover i en røyksøyde. Når røyksøylen treffer taket vil den spre seg utover i form av en røykjet. Når røykjeten treffer veggene i et lukket område vil røyken etter hvert forme et røyklag som vil bli større og større,



og den danner to soner i form av kald luft og varm røyk sone. Hvor hurtig dette skjer avhenger av hvor kraftig varmeproduksjonen er fra brannen og hvor stort det lukkede området er. Oppgaven handler om tunnel, det er derfor mest relevant å fokusere på hvor stor varmeproduksjon som kan oppstå fra for eksempel kjøretøy og brannfarlig gods. (Hagen, 2004)

2.3. Røykventilasjon

2.3.1. Naturlig røykventilasjon

Røyk vil i prinsipp bevege seg naturlig oppover mot taket i tunnelen som følge av oppdrift og tetthetsforskjeller i luft. (Drysdale, 2011)

$$\rho = \frac{353}{T} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad 2.3.1.$$

Hvor:

ρ : Tetthet [kg/m³]

T : Temperatur [K]

Når røyken treffer taket vil den naturlige ventilasjonen akkumulere bort røyken. Siden ventilasjonen er avhengig av klimatiske forhold vil vinden og temperaturendringen avgjøre hvordan røyken beveger seg. (Beard & Carvel, 2005)

2.3.2. Mekanisk røykventilasjon

Mekanisk røykventilasjon blir kategorisert som tvungen ventilasjon. Det blir brukt vifter som «tvinger» røyken i en bestemt retning. Viftene «overkjører» alle oppdriftskrefter som er til stede. (Beard & Carvel, 2005)

Påvirkning av brannforløpet ved ventilasjon

En tvungen luftstrøm rettet mot brannen vil forårsake en mer effektiv tilstrømning av oksygen sammenlignet med en naturlig brannprosess. Dette kan påvirke brannforløpet negativ ved å tilføre brannen mer oksygen som igjen vil øke varmeproduksjonen. Samtidig vil tvungen



ventilasjon «dytte» brannen til en side i tunnelen slik at strålingen på den andre siden av brannen minsker. (Beard & Carvel, 2005)

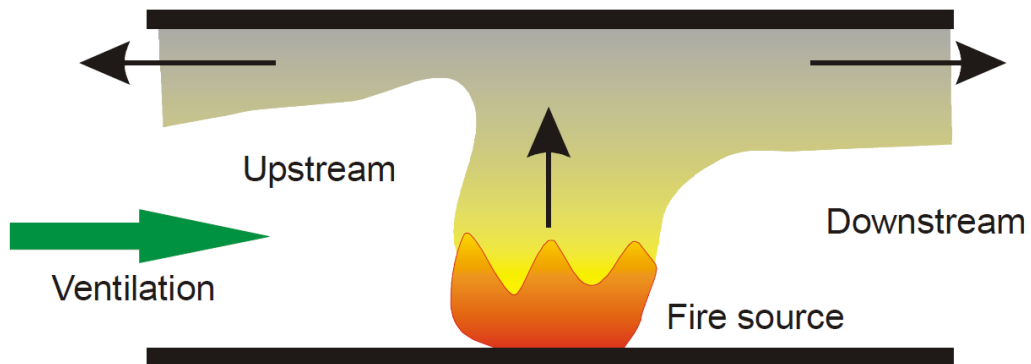
HGV-brann

Brann i tunge kjøretøy/Heavy Goods Vehicle (HGV) utgjør den største faren for brann i en vegtunnel. I hele 2 av 3 branntilfeller i vegtunneler er tunge kjøretøy involvert. Dette kan anses som den største risikoen også for brann i undersjøiske tunneler. I et tidligere eksperiment utført av A. Beard og R. Carvel, er det gjort noen observasjoner angående røykventilasjon. For eksempel ved HGV-brann er det vist at dersom det blir brukt mekanisk ventilasjon vil det i de fleste tilfellene være fire ganger så stor brann sammenlignet med en brann ved naturlig ventilasjon. Dette med en ventilasjonshastighet på 4 m/s. (Beard & Carvel, 2005) I et annet eksperiment utført av H. Ingason og Y.Z. Li er det vist at varmeproduksjonen får en økning på 1,4 til 1,55. Ventilasjonshastigheten i dette studiet ligger i størrelsesorden 1,6-4,3 m/s. (Ingason & Li, 2010) Disse eksperimentene viser at mekanisk ventilasjon påvirker brannforløpet på den måten at varmeproduksjonen øker. Varmeproduksjonen til en gjennomsnittlig HGV-brann er estimert på rundt 30 MW, mens en tankbil med 50 m² bensin vil ha en estimert varmeproduksjon på hele 300 MW. (Beard & Carvel, 2005)

Back-layering og kritisk hastighet

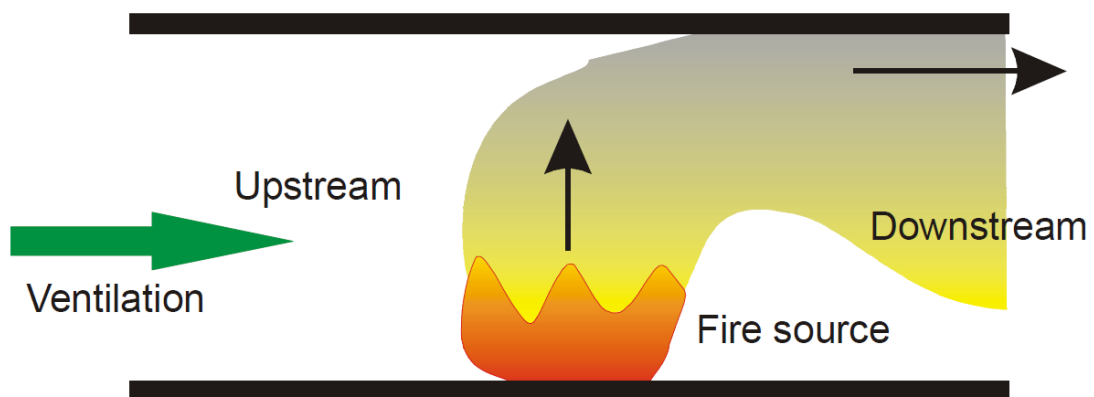
Prosessen ved tvungen ventilasjon kan bli hindret dersom røyk tvinges mot ventilasjonsstrømmen på grunn av oppdriftskrefter. Dette fenomenet blir kalt *back-layering* eller *tilbakestrømning av røyk*. (Beard & Carvel, 2005)

Tiltak for å hindre back-layering er å fastsette ventilasjonshastigheten som kritisk hastighet. Kritisk hastighet er hastigheten som behøves for å tvinge røyken i en bestemt retning. Hastigheten må være så stor at den overgår naturlig oppdrift. Figur 1 viser hvordan røykstrømmen beveger seg dersom ventilasjonshastigheten er mindre enn kritisk hastighet. (Railssystem - Smoke produced from fires)



Figur 1: Ventilasjonshastighet < Kritisk hastighet (Railsystem - Smoke produced from fires)

Dersom ventilasjonshastigheten er større enn kritisk hastighet vil røyken bevege seg i ønsket retning. Figur 2 viser hvordan røykstrømmen beveger seg dersom ventilasjonshastigheten er større enn kritisk hastighet. (Railsystem - Smoke produced from fires)



Figur 2: Ventilasjonshastighet > Kritisk hastighet (Railsystem - Smoke produced from fires)

En metode for å bestemme kritisk hastighet kan gjøres ved å benytte Thomas Plumes ligning for kritisk hastighet.

$$u_{crit} = k \left(\frac{g\dot{Q}'}{\rho_0 c_p T} \right)^{\frac{1}{3}} \left[\frac{m}{s} \right] \quad 2.3.2.$$



Hvor:

u_{crit}	: Kritisk ventilasjonshastighet	[m/s]
k	: Konstant	[-]
\dot{Q}'	: Konvektiv varmeproduksjon per enhet bredde i tunnelen	[W/m]
g	: gravitasjonsakselerasjon	[m/s ²]
ρ_0	: Tetthet til omgivelsene	[kg/m ³]
c_p	: Spesifikk varmekapasitet til luft	[J/kgK]
T	: Røyklagstemperatur	[K]

(Wu, 2010)

2.3.3 Valg av ventilasjon

Tunnellengde, tunneltype og trafikkvolum er variabler som avgjør ventilasjonstype. For tunneler med lavt trafikkvolum eller korte tunneler kan det bli brukt naturlig ventilasjon.

Naturlig ventilasjon er avhengig av værforhold. Naturlig ventilasjon er ikke tilstrekkelig som brannventilasjon eller røykventilasjon bortsett fra ved små tunneler eller ved tunneler som har lite trafikkmengde. (Beard & Carvel, 2005)

Ved lange komplekse tunneler som undersjøiske tunneler, vil det være nødvendig å benytte mekanisk ventilasjon. (Abanto, Reggio, Barrero, & Petro, 2006)

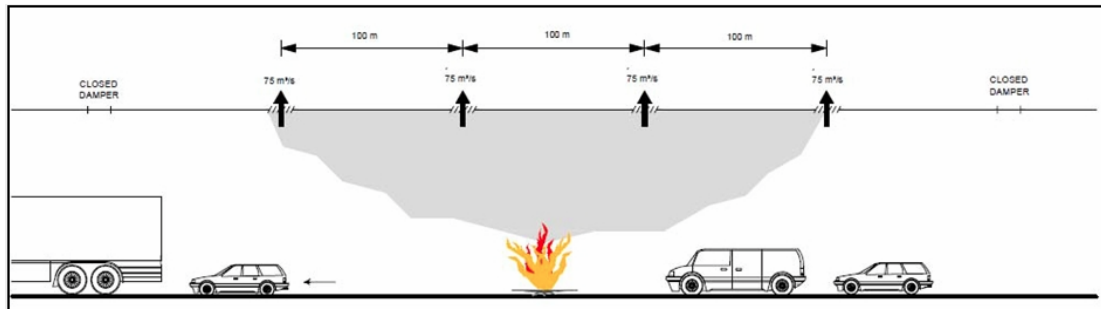
2.3.4 Typer ventilasjon i tunnel

Det finnes to kategorier for mekanisk ventilasjon i vegtunneler; det er henholdsvis tversgående og langsgående ventilasjon.

Tverrgående ventilasjon

I tverrgående ventilasjon blir røyk og forurenset luft transportert inn i kanaler som fører røyken ut. Systemet fungerer slik at en uniform samling og/eller distribusjon av luft går ut gjennom lengden av tunnelen. Røyken blir transportert ut av tunnelen via ventilasjonskanaler, derfra blir det videreført ut i frisk luft ved hjelp av ventilasjonstårn.

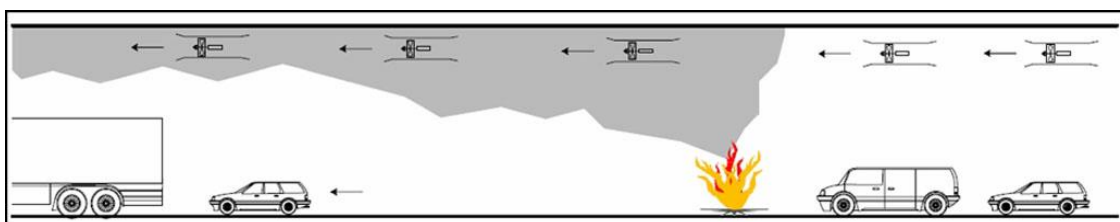
Tverrgående ventilasjon deles inn i tverrgående og halvveis tverrgående ventilasjon. Halvveis tverrgående ventilasjon kan enten være i form av forsyning av luft; da føres røyken ut tunnelåpningen, eller ventilasjonsuttrekk; da føres røyken ut via ventilasjonskanaler mens frisk luft kommer inn tunnelåpningen. (Beard & Carvel, 2005) I figur 3 er det vist hvordan et tverrgående ventilasjonssystem fungerer.



Figur 3: Tverrgående ventilasjon (Williams & Disney, 2012)

Langsgående ventilasjon

I langsgående ventilasjon blir røyk og forurenset luft transportert langs tunnelen og ut via portaler. Systemet tilfører luft til, eller fjerner luft fra tunnelen i et begrenset antall punkter, som portaler, dyser, sjakter eller andre områder som skaper en langsgående strøm av luft langs tunnelen. (Beard & Carvel, 2005) Ventilasjon av reversible vifter forsyner langsgående ventilasjon. Maks lufthastighet er 7 m/s for ett-løps tunneler, og 10 m/s for to-løps tunneler. (Beard & Carvel, 2005) I tilfelle brann, skal ikke lufthastigheten være mindre enn 2-3,5 m/s (5/20 MW) for å tillate røykkontroll. (Blindheim, Grøv, & Nilsen, 2005) I figur 4 er det representert hvordan langsgående ventilasjon fungerer.



Figur 4: Langsgående ventilasjon (Williams & Disney, 2012)

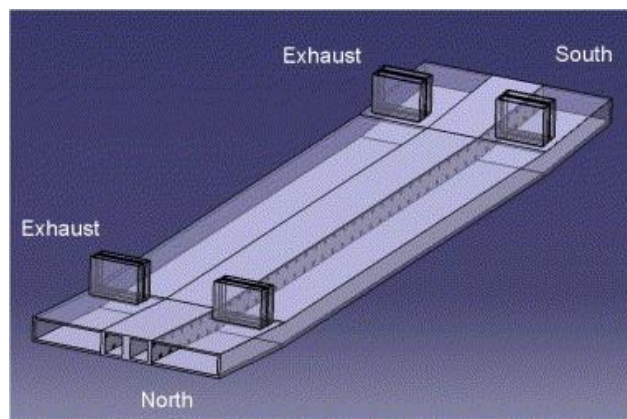
2.3.5. Hovedfunksjoner til ventilasjon

Ved en brann skal ventilasjonssystemet danne en trygg rømningsvei for brukere som oppholder seg i tunnelen. Dette gjøres ved å transportere ut røyken, enten ved langsgående eller tverrgående ventilasjon.

Dersom naturlig ventilasjon ikke er tilstrekkelig finnes det flere løsninger på dette problemet, som inkluderer mekanisk ventilasjon; i form av langsgående ventilasjon eller tverrgående ventilasjon. Fullskala forsøk på eksisterende kan være en mulighet for å få en innsikt i røykventilasjonen i mindre brannforløp. Disse metodene vil også gi en forståelse på hvordan ventilasjonssystemet fungerer med tanke på røykutvikling. (Abanto, Reggio, Barrero, & Petro, 2006)

2.3.6. Simulering av toløpstunnel

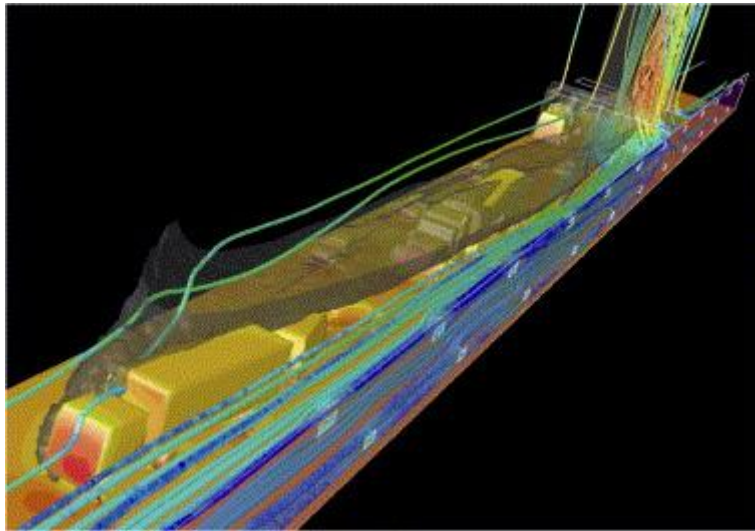
Tidligere er det foretatt en simulering på en utenlandsk undersjøisk tunnel. Dette ble gjort for å se forskjeller i sikkerhetsnivå på en toløps-tunnel med tverrgående ventilasjon mot eksisterende ett-løpstunneler i Norge. Tunnelen er en 1,8 km lang undersjøisk toløpstunnel og brukte en Reynolds averaging turbulens modell. Grensebetingelsene var $115 \text{ m}^3/\text{s}$ levert til ventilene, og åpningene i tunnelen er plassert ved tunnelens portaler og trykkavlastningsflater. (Abanto, Reggio, Barrero, & Petro, 2006) Figur 5 viser hvordan en toløps-tunnel kan se ut, med eksoskanaler som går ut via ventilasjonstårn plassert i enden av tunnellopene.



Figur 5: Eksempel på toløps-tunnel. (Abanto, Reggio, Barrero, & Petro, 2006)

Ventilasjonssystemet har delvis sidekanaler som skal lede røyken på langs av tunnelen, og eksoskanaler som leder røyken opp gjennom luker og ut av et ventilasjonstårn. Det ble deretter gjort et forsøk med kjøretøy, der et tungt kjøretøy tok fyr. Hastigheten på røyken var satt til ca. 1 m/s . Røyken ble ført ut via eksoskanalene og ut av tunnelen. Noen kjøretøy fikk røyk mot seg, dette sørget for redusert sikt. Ventilasjonen vil uansett fungere godt i dette tilfellet i forhold til utvinning av røyk. (Abanto, Reggio, Barrero, & Petro, 2006)

Figur 6 viser hvordan røyken blir ført langs tunnelen og opp eksoskanalen. Brukerne kan få dårlig sikt på grunn av at røyken strømmer mot dem.



Figur 6: Simulering av røykventilasjon. (Abanto, Reggio, Barrero, & Petro, 2006)

2.4. Lovverk og retningslinjer

I dette kapitlet beskrives relevante lover og forskrifter som gjelder for tunneler i Norge. Her gjelder Brann- og eksplosjonsvernloven og Vegloven med tilhørende forskrifter. Det blir gitt en innføring i dimensjoneringsmetoder, retningslinjer og praksisløsninger som skal tilfredsstille kravene gitt i lover og forskrifter.

2.4.1. Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (Brann- og eksplosjonsvernloven)

Lover er direkte bestemmelser som Stortinget har vedtatt. (SFS - Samarbeid for Sikkerhet, 2011) Formålet med brann- og eksplosjonsvernloven er å verne liv, helse og materiell mot skadene av en brann og eksplosjon. Loven har også som formål å verne verdier mot ulykker med farlig gods og stoff, eller andre uønskede hendelser. Loven gir også en beskrivelse over brannvesenets oppgaver i en kommune. (Brann- og eksplosjonsvernloven, 2002)

Loven gir generelle krav om hvem som skal pålegge at brannsikkerheten i tunnel er optimal. Dette ansvarsområdet er delegert videre til kommuner og sentral tilsynsmyndigheter. (Brann- og eksplosjonsvernloven, 2002)



2.4.2. Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler

(Tunnelsikkerhetsforskriften)

Forskriften har hjemmel i Vegloven og gir funksjonelle krav til sikkerhet i tunnel. Forskriften gir mer direkte krav knyttet til tunnel. Formålet med forskriften er å sikre minimum

sikkerhetsnivå i tunneler for trafikanter, for å forebygge hendelser som kan sette menneskeliv, miljø og tunnelanlegg i fare i tilfelle brann eller ulykke. (Tunnelsikkerhetsforskriften, 2007)

Bestemmelser

Loven omhandler bestemmelser og ansvarsområder innen tunnelsikkerhet. Forskriften gir deler av ansvaret til Vegdirektoratet, som er forvaltningsmyndighet. Vegdirektoratet skal koordinere oppgaver for å påse at sikkerheten i tunnel er i samsvar med forskriften. Det skal innhentes uttalelse fra brannvernmyndigheten før tillatelse om bruk av tunnelen.

(Tunnelsikkerhetsforskriften, 2007)

Sikkerhetstiltakene for en tunnel blir beskrevet i § 8, som derunder beskriver minstekrav til sikkerhet i tunnel. I vedlegg 1 blir det beskrevet minstekrav for løsninger angående røykventilasjon. Blant annet kommer det frem et krav om at alle tunneler lengre enn 1000 m skal ha mekanisk røykventilasjon. Langsgående ventilasjon skal kun benyttes dersom en risikoanalyse i henhold til § 10 tilsier dette, dersom ikke skal det benyttes tverrgående ventilasjon. Risikoanalyse skal benyttes dersom det finnes løsninger som ikke er definert i forskriften. Risikoanalysen skal gjennomføres av et organ som er uavhengig av tunnelforvalteren. Tunneler skal ikke prosjekteres med mer enn 5 % stigning dersom dette ikke er geografisk umulig. (Tunnelsikkerhetsforskriften, 2007)

2.4.3. Statens vegvesen håndbok N500

Statens vegvesen håndbok N500 gir dimensjoneringsmetoder og praksisløsninger for tunnelsikkerhet. Håndboken har fullmakt til å regulere alle retningslinjer som har med planlegging, gjennomføring og vedlikehold av tunneler i Norge. Det finnes en bestemmelsesdel og en veiledningsdel. Håndbok N500 er gitt med hjemmel i forskrifter etter Vegloven. (Statens vegvesen, 2014)

Bestemmelser

Ved en stigning på under 2 % i tunnel, viser en tabell hvor stor lufthastigheten til ventilasjonssystemet skal være. Tabellen viser for mindre enn 2 % stigning, vil ventilasjonshastigheten være omtrent den samme for alle tunnelklassene (3,5-4,5 m/s). Ved

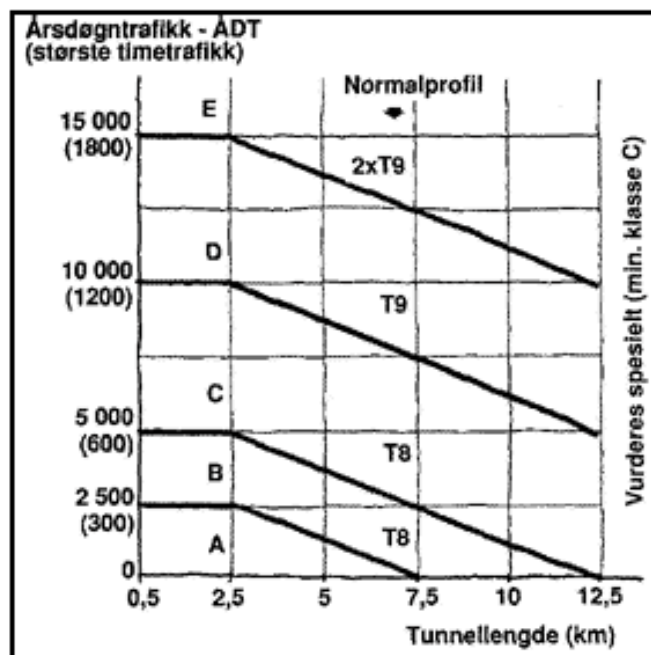
en stigning på over 2 % må ventilasjonshastigheten beregnes ved å bruke en dimensjoneringsmetode for røykventilasjon. (Statens vegvesen, 2014)

Tunnelklasser

Krav til standard i tunnel øker i takt med trafikkmengde og tunnellengde. Standarden deles inn i klasser på bakgrunn av dette og som er avgjørende for geometrisk kvalitet og utrustning. Statens vegvesen N500 omfatter krav til sikkerhet og dimensjonering av tunnel. (Statens vegvesen, 2014) Det finnes fem forskjellige klasser, fra A-E.

Trafikkmengden angis som årsdøgntrafikk (ÅDT), og er beregnet trafikkmengde som kan forventes 20 år etter åpning, ÅDT (20). ÅDT er total trafikkmengde pr. år dividert med 365 og angis som sum trafikk i begge retninger.

Tunnelklassene er utgangspunktet for å bestemme tunnelprofil, antall tunnellop, snunisjer, havarinisjer, nødvendig sikkerhetsutstyr og lignende. Figur 7 viser de forskjellige tunnelklassene basert på trafikkmengde og tunnellengde. (Statens vegvesen, 2014)



Figur 7: Tunnelklasse. Tillatelse fra Statens vegvesen

I tunnel stilles det krav til konstruksjoners brannmotstand over en viss tid. For tunneler hvor



konsekvensen av en brann er vanninnbrudd, skal det dimensjoneres for en brannbelastning på minimum 200 MW i 2 timer. (Statens vegvesen, 2014) tabell 2 viser dimensjonerende brann og krav til brannmotstand.

Tabell 2: Dimensjonerende branneffekt. Tillatelse fra Statens vegvesen

Tunnelklasse	Dimensjonerende branneffekt	Eksponeeringskurve	Tid (minutter)
A	20 MW	ISO 834	60
B	20 MW	ISO 834	60
C	50 MW	HC	60
D	100 MW	HC	60
E	50 MW	HC	60
F	100 MW	HC	60

Beregningsmetode

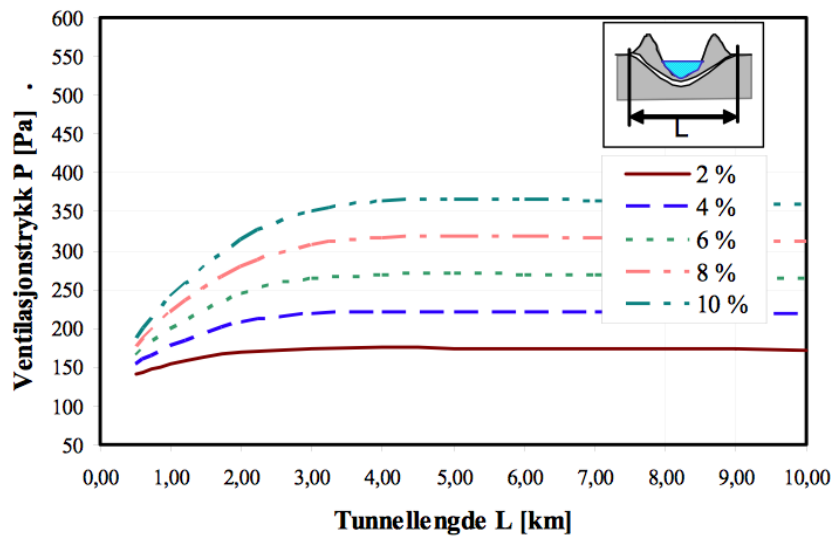
Dimensjoneringen tar utgangspunkt i blant annet undersjøiske tunneler ved lengde mindre enn 10 km. Det er gjort forhåndskalkulasjoner på tunneler med effekt 20 MW, 50 MW og 100 MW, samt naturlig drivtrykk på grunn av oppdrift og ekstern vind som må overvinnes (ΔP), disse ligger i størrelsesorden 0, 16 og 64 Pa. I disse koordinatsystemene blir blant annet ventilasjonstrykk og ventilasjonshastighet beregnet. (Statens vegvesen, 2014)

Det finnes antagelser på bakgrunn av denne metoden. Blant annet at røyken stiger som følge av oppdrift(tetthet- og temperaturforskjeller), stasjonær strømming og strålingsbidraget blir absorbert i tunnelveggene.

Eksempler på beregningsmetode

I figur 8 er det representert et eksempel på hvordan ventilasjonen dimensjoneres med tanke på ventilasjonstrykk. Figuren viser hvordan ventilasjonstrykket [Pa] varierer med tunnellengde [km] i en tunnel som har dimensjonerende branneffekt på 20 MW og naturlig drivtrykk på 64 Pa.

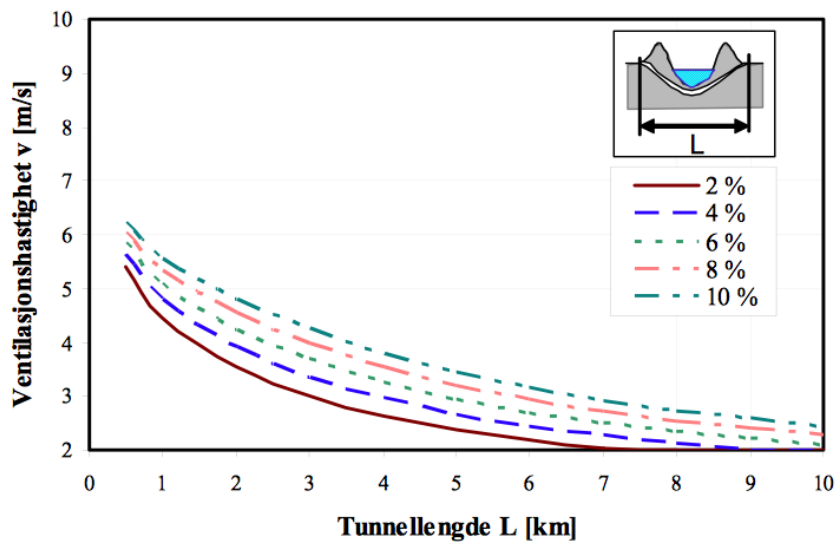
Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 64$ Pa



Figur 8: Beregningsmetode for ventilasjonstrykk. Tillatelse fra Statens vegvesen

Det kommer frem i figuren at undersjøiske tunneler kortere enn 500 m ikke vil ha behov for røykventilasjon. Ved stigning på 2 % vil ventilasjonstrykket oppføre seg tilnærmet konstant, mens ved 10 % stigning vil trykket oppføre seg tilnærmet eksponentielt. For eksempel vil en 5 km lang undersjøisk tunnel med stigning 6 %, ha et ventilasjonstrykk på ca. 275 Pa. I figur 9 er det representert et eksempel hvordan ventilasjonen dimensjoneres med tanke på ventilasjonshastighet. Det er brukt samme dimensjonerende parametere (20 MW og 64 Pa).

Røykventilasjon, 20 MW brann, $\Delta P = 64$ Pa



Figur 9: Beregningsmetode for ventilasjonshastighet. Tillatelse fra Statens vegvesen

Det kommer frem i figuren at ventilasjonshastighetene vil oppføre seg tilnærmet eksponentielt, og vil oppføre seg tilnærmet parallelt i forhold til hverandre. For eksempel vil en 5 km lang undersjøisk tunnel med stigning på 5 % ha en ventilasjonshastighet på ca. 3 m/s. Dersom ventilasjonshastigheten er bare litt større enn vindhastighet, bør det benyttes dimensjoneringsmetode for å beregne viftekapasitet:

$$P_V = \frac{n_s}{n_v} \cdot \Delta p_s \cdot A \quad [N] \quad 2.4.1$$

Hvor:

- P_V : Er påtrykt kraft fra ventilasjonen [N]
- Δp_s : Er påtrykt drivtrykk fra ventilasjonen når brannen er overvunnet med hastighet u . [Pa]
- n_s : er sikkerhetsfaktor, anbefales til 1,1 [-]
- n_v : Er virkningsgrad for vifte. [-]
- A : Er tverrsnittarealet på tunnelen. [m²]

(Statens vegvesen, 2014)

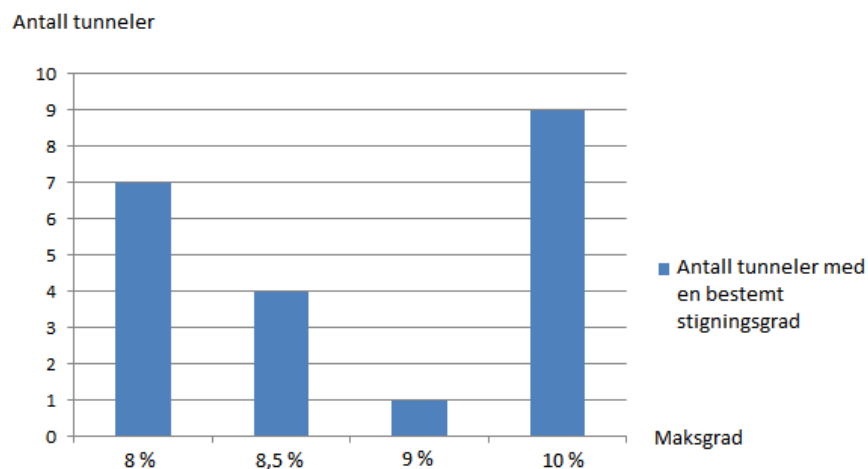
2.5. Tidligere hendelser og fullskala tester

I dette kapitlet er det gjort en beskrivelse på tidligere hendelser og fullskala tester. Det skal gi en forklaring på hvordan ventilasjonssystemet er bygd opp og hvordan dette fungerer i praksis.

2.5.1. Statistisk data

En studie basert på politi-rapporterte ulykker og skader, gjennomført av Statens Vegvesen, tar for seg 17 undersjøiske tunneler. Ulykkesraten for tunneler kortere enn 100 meter kalkuleres i følge studien til 0,35, mens raten for tunneler over 3 km kalkuleres til 0,05. Dette viser at lengre tunneler i hovedsak er tryggere. Ulykkesraten er basert på antall ulykker med skadde personer per millioner kjørte km per år. (Statens vegvesen, 2002)

43,3 % av ulykkene skjer i samme retning, såkalt kjedekollisjon. Den vanligste typen ulykke etter dette er hvor kun en bil er involvert. Dette omfatter 28,9 % av ulykkene i norske tunneler. Disse to typene ulykker skjer oftere i tunneler enn ellers på vegnettet. Figur 10 viser en fordeling av ulike stigningsgrad i norske undersjøiske tunneler. (Statens vegvesen, 2002)



Figur 10: Fordeling av hvilken stigningsgrad norske undersjøiske tunneler har.

Årsaken til at slike ulykker oppstår hyppigere i tunnel enn ellers på vegnettet kan være på grunn av den bratte stigningsgraden i undersjøiske tunneler. Gradienten på de fleste eksisterende undersjøiske tunneler varierer mellom 8-10 %. Studiet utført av Statens vegvesen tar for seg 17 av disse tunnelene. Ulykkesraten i de syv tunnelene med en stigningsgrad på 9-10 % ligger i følge studien på 0,18, mens raten for tunneler med stigningsgrad på 8 % eller 8,5 % ligger på 0,06. De fleste ulykkene i studien skjedde i de lengste tunnelene med de

bratteste stigningene. 45,5 % av de undersjøiske tunnelene inkludert i studien hadde 9 % eller høyere maksstigning. (Statens vegvesen, 2002)

Sannsynligheten for at ulykker oppstår er større på åpen vei enn i tunnel. Konsekvensen vil derimot være større dersom den skjer en ulykke inne i en tunnel, da tunnel er et relativt lukket område der røyk og varme vil ha vanskeligheter for å forsvinne. Dette skaper dårlig tilgjengelighet for brann og redning, og gjør det vanskelig for berørte å evakuere.

I en rapport gjennomført for Transportøkonomisk institutt, publisert mars 2014 underbygges mye av det som kommer frem i studien gjennomført av Statens Vegvesen. (Statens vegvesen, 2002) Tabell 3 viser en fordeling over årsak til ulykker som medførte brann i norske vegtunneler. Det skilles mellom kjøretøy på over og under 3,5 tonn.

Tabell 3: Fordeling over ulykker i norske vegtunneler

Årsaker	Kjøretøy < 3,5 tonn	Kjøretøy > 3,5 tonn	Antall ulykker
Uklar	52 %	37 %	51
Tekniske problemer	17 %	49 %	41
Et kjøretøy involvert	11 %	2 %	9
Kollisjon	20 %	12 %	22
Antall ulykker	76	57	133

Tabellen viser at tekniske problemer er den hyppigste årsaken til brann eller røyk uten synlige flammer i større kjøretøy. Det kommer også frem at mindre personbiler er for det meste involvert i enkeltkjøretøys ulykker eller kollisjoner. Det viser seg at det er stor forskjell på ulykkesårsak for kjøretøy som er over 3,5 tonn, kontra kjøretøy som er under 3,5 tonn.

En av nøkkelfaktorene er den høye stigningsgraden som eksisterende undersjøiske tunneler har. En tredjedel av brannene ble forårsaket av overopphetede motorer, mens to tredjedeler av brannene i de større kjøretøyene ble forårsaket av overopphetede bremses. Et eksempel på hvor dette er relevant i en eksisterende tunnel, er Oslofjord tunnelen. Denne tunnelen har to strekk på 3 km med stigningsgrad på 7 %. (Nævestad & Meyer, 2014)

Det er et par punkter som er vesentlige i forhold til framtidig prosjektering. Større kjøretøy er overrepresenterte i tunnelbrann. Ettersom denne gruppen kjøretøy generelt sett skaper mer branneffekt og røyk vil det skape større fare for liv, og gjør røykventilasjonens oppgave under



en tunnelbrann desto viktigere. Undersjøiske tunneler er overrepresenterte når det kommer til brannstatistikk i norske tunneler. Selv om kun 4 % av norske tunneler er undersjøiske, oppstår hele 44 % av tunnelbrannene her. (Nævestad & Meyer, 2014)

2.5.2. Selvberging prinsippet

Hovedprinsippet for evakuering ved ulykker og branner i norske tunneler er selvberging. Å utføre selvberging, vil si at en bruker har ansvar for å evakuere seg selv dersom en inntruffen hendelse krever det. Redningsmannskaper har i de fleste tilfeller ikke mulighet til å utføre rask redning ved en hendelse i tunnel. Dette er fordi brannmannskapet først må tenke på egen sikkerhet. Det er Statens vegvesen sitt ansvar å informere trafikanter om at det er selvberging som gjelder for tunnel i Norge. (Statens vegvesen, 2012)

I en avisartikkel blir det presentert en studie gjort på spørsmålet ”Syns du selv at du vet nok om hvordan du skal forholde deg hvis det begynner å brenne i en tunnel?” Resultatene av undersøkelsen viser at to av tre kvinner og en av tre menn, svarte nei. Til sammen svarte halvparten at de ikke vet nok. (Johansen, 2009) Det at så få vet hvordan man skal komme seg i sikkerhet ved en brann i tunnel er farlig, og konsekvensene kan være store.

2.5.3. Fullskala test i Byfjordtunnelen

Oppsett

Byfjordtunnelen går mellom Randaberg og Rennesøy. Byfjordtunnelen har en lengde på 5,8 km og en dybde på 230 m. Brannforsøket er gjort ca. 3 km fra åpningene. Hensikten med forsøket er å undersøke forberedelsene til brannvesenet og vegvesenet ved nødstilfeller, samt måle temperaturer, bevegelsen og synligheten til røyksøylen og røykjeten. Det ble også målt oksygen-, nitrogen- og karbonmonooksyd- konsentrasjoner, samt vindhastighet i laveste høyde i tunnelen og temperaturer 10-60 meter ovenfor bilene.

Utførelse

To biler ble stilt front mot front og påtønt. Dette resulterte i en brann på 5-10 MW. Her vil det danne seg røyksøylen og etter hvert vil røyken gå begge retninger. Vindstyrken gikk mot Randaberg/Stavanger i en hastighet på 2-3 m/s. Det ville vært mest optimalt om ventilasjonsretningen hadde gått mot Rennesøy, da kan Stavanger brannvesen, som er et større brannvesen gå inn å bekjempe brannen. Det ble i dette forsøket benyttet en ventilasjonshastighet på 3,1 m/s i samme retning som vinden.



I løpet av et år vil naturlig vindretning gå mot Randaberg/Stavanger 98 % av tiden. Det mindre brannvesenet på Rennesøy må derfor inn å slokke brannen, ettersom røyken kom igjennom åpningen mot Randaberg/Stavanger. Rennesøy brannvesen har kun mulighet for å bekjempe mindre branner på grunn av lite ressurser. Etter at brannen ble slukket, var det fortsatt røyk i tunnelen og det var en testbil som ikke klarte å kjøre mot røyken etter at brannen var slukket. 18 minutter etter at brannen var slukket var tunnelen fri for røyk.

Resultat

Det kom klart frem at dersom røyken kan bli kontrollert i én retning vil brannvesenet på én av sidene være i stand til å bekjempe brannen. Dette kan best bli gjort ved en permanent fikset ventilasjonsretning i tunnelen. Ventilasjonen fungerte godt i dette forsøket ettersom temperaturen i røyklaget nær brannen ikke oversteg 40°C.

Den største faren som ble avdekket ved dette forsøket er relatert til kjøretøy som kjører mot røyksøylen og som ikke kan oppdage røyken før de blir fanget. Dette medfører fare for å treffe biler som står midt i veien. Det vil være nesten umulig for brannvesenet å redde personer som er fanget i røyksøylen før mesteparten av røyk i tunnel er fjernet. (Nilsen, 2011)

2.5.4. Fullskala test i Bømlafjordtunnelen

Før åpningen av Bømlafjordtunnelen ble det utført test, med mange likhetstrekk til testen utført i Byfjordtunnelen. Bømlafjordtunnelen har en lengde på 7,8 km og en dybde 260 m under havnivå. Hensiktene med testen var å undersøke om ventilasjonssystemet var dimensjonert for å tvinge røyksøylen videre ned i løpet av tunnelen og for å sjekke om brann-detektering var mulig med termosensorer. Den påtente brannen fant sted 2,5 km inn i tunnellopet, i tunnelens nedstiging på 8 %.

Oppsett

Ventilasjonen for denne tunnelen tvinger røyken bort fra Stord-åpningen. Dette er gjort for at det mellomstore brannvesenet på Stord skal kunne gjennomføre en trygg og effektiv innsats under en brann. Stord Brann og Redning befinner seg kun 10 minutter fra tunnelåpningen. Tunnelen har veldig lik profil og sikkerhetstiltak som Byfjordtunnelen. I tillegg til de samme installasjonene har Bømlafjordtunnelen også fått montert et relativt nytt bil-registreringssystem som gir brannmannskapet informasjon om antall kjøretøy i tunnelen, samt type kjøretøy.



Utførelse

Brannscenarioet var arrangert på samme måte som i Byfjordtunnelen med to biler stilt front mot front og påtent. Ventilasjonshastigheten ble i utgangspunktet stilt slik at den initiale lufthastigheten ble 0,5 m/s retning nedover tunnellopet, bort fra Stord. Etter 10 minutter ble viftehastigheten økt til mellom 4 og 5 m/s. Med mottrekken fra den varme røyksøylen resulterte dette i en lufthastighet på 3,7 m/s retning nedover tunnellopet.

Resultat

I testen kom det frem at en ventilasjonshastighet på 0,5 m/s var sterk nok til å tvinge den initiale røyken og varmen nedover. Da alarmsystemet oppdaget flammene og røyken, ble viftene automatisk skrudd opp til 4-5 m/s. Dette var nok til å takle testbilene ved maksimal varmeavgivelse på 5-10 MW. Når ventilasjonssystemet kobles sammen med alarmsystemet, vil det i mindre branner som utgjør minst 5-10 MW, sørge for at brannvesenet får tilgang i henhold til ønsket innsatsstrategi. Testen sier ikke noe om maksimal kapasiteten til ventilasjonssystemet, eller branneffekten et større kjøretøy vil produsere. (Nilsen, 2011)

2.5.5. Brann i Oslofjordtunnelen

Tunnelen er 7,3 km lang. Hendelsen skjedde torsdag 23. juni 2011, kl. 14.36. Brannen skjedde som følge av motorhavari i et vogntog. Ut fra en undersøkelse kom det klart frem at sikkerhetsnivået ikke var tilstrekkelig i forhold til tunnelens trafikkvekst og sammensetning. I denne hendelsen var det 9 av 34 trafikanter som ble fanget i røyken og som ikke kunne evakuere ved egen hjelp. Trafikantene ble senere evakuert ut av tunnelen ved hjelp av innsatspersonell.

Basert på en undersøkelse kom det frem noen sentrale problemstillinger fra Statens Havarikommisjon for Transport (SHT):

Flere av trafikantene ble fanget i røyken som følge av mangelfull kunnskap om selvbergingsprinsippet. SHT savner samspillet mellom trafikantinformasjon, sikkerhetsutrustning, ventilasjonsløsning/røykstyring, brannsløkking og selvbergingsprinsippet som grunnlag for Oslofjordtunnelens beredskapsplan.

Tunnelens sikkerhetsnivå var ikke tilfredsstillende. Det er et gap mellom tunnelens sikkerhetsutrustning og beredskapsløsning, opp mot trafikkutvikling og sammensetning. SHT mener at Statens vegvesens risikobasert tilnærming til sikkerheten og beredskapsplanen var mangelfull.



Brann- og innsatspersonellets innsats er kun dimensjonert for branneffekt opptil 50 MW. Denne tunnelbrannen hadde en beregnet branneffekt på 70-90 MW. Brannen ble tilfredsstillende slokket i dette tilfellet. Med tanke på at branneffekten på vogntogbranner ligger mellom 50 og 150 MW stiller det store krav til brannmannskapet ved innsats. (Statens Havarikommisjon for Transport, 2011) Ventilasjonen var dimensjonert for 50 MW, og tunnelbrannen hadde en branneffekt på 70-90 MW. (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2014)

2.5.6. Delkonklusjon

Fullskala testene er ikke tilstrekkelige dimensjonert for å representere et virkelig brannscenario. Som vist i Oslofjord-brannen kan en brann raskt gå langt over det fullskala forsøkene tar høyde for. I begge forsøkene ble det påtatt biler hvor branneffekten utgjorde 5-10 MW. I Bømlafjordtunnelen kom det frem at tunnel og brannvesen er rustet for en liten brann med 1-2 personbiler. Forsøket viser ikke om ventilasjonssystemet vil kunne takle en større branneffekt i det bratte tunneløpet. I Byfjordtunnelen kom det frem at brannvesenet på Rennesøy hadde kapasitet til å takle brannen i forsøket. Den store utfordringen er om ventilasjonsretningen måtte stilles mot Randaberg på grunn av naturlig vind. Dette vil kunne være problematisk dersom en brann med flere eller større kjøretøy oppstår.

Eksemplene viser at det eksisterer en stor risiko for personer som fanges i røyken. I mange tilfeller oppdages røyken for sent. Dette kan ha alvorlige konsekvenser for både andre personer og innsatspersonell. Resultatene viser også at det er en stor risiko for å bli påkjørt på grunn av den tykke røyken. Alle tunnelene er ettløpstunneler. Dette medfører at alle personer må evakuere i samme løp som brann- og røykspredningen.

2.6. Rogfast

Rogfast er et stort samferdselsprosjekt som skal inngå i planen om fergefri forbindelse langs vestlandskysten. E39 Rogfast vil bli verdens lengste og dypeste undersjøiske tunnel. Dette byr på utfordringer og krever nytenking når det gjelder sikkerheten til brukerne av tunnelen. Total lengde på tunnelen kommer til å være ca. 26,7 km og maks dybde på ca. 390m. Rogfast er per i dag ikke godkjent av Stortinget og endringer i prosjektering kan da forekomme. (Statens vegvesen; COWI, 2015)Figur 11 viser planlegging av Rogfast.



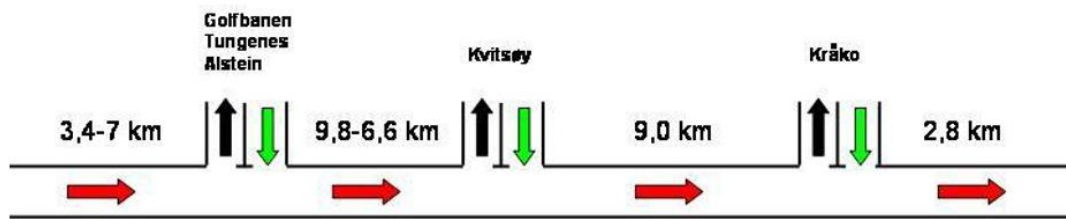
Figur 11: Planlegging av Rogfast tunnelen. Tillatelse fra Statens vegvesen

Forebyggende barrierer

Originalt var tunnelen planlagt som en ett-løps tunnel, dette ble vurdert risikabelt og dermed prosjekteres tunnelen som to-løps tunnel med totalt fire veibaner. Rogfast prosjekteres også med evakueringsmulighet via tverrforbindelser. Dette tiltaket gjør avstanden til sikkert sted betraktelig mindre. (Norconsult)

Maksimal stigningsgrad i tunnelen var planlagt å være opp løpet mot Arsvågen og skulle være 7 %. Vegdirektoratet avgjorde derimot i 2013 at maksimal stigningsgrad ikke skulle overstige 5 % dersom ikke dette var geografisk nødvendig. Dette er i tråd med Tunnelsikkerhetsforskriften. Endringen førte til at tunnelen ble omtrent 1,1 km. lenger. (Statens vegvesen; COWI, 2015)

Røykventilasjonen vil være en kombinasjon av tverrgående og langsgående løsning, og lufter ut potensiell røyk via ventilasjonstårn på for eksempel Kvitstøya. Ventilasjonsretningen er den samme som kjøreretningen, men kan endres av myndighet dersom det blir nødvendig under innsats. Normalt under innsats vil røykventilasjonen gå i samme retning i begge løpene. Figur 12 viser hvor ventilasjonstårnene skal være ut fra prosjekteringen. figuren viser også hvordan Rogfast er planlagt med en kombinasjon av tverrgående og langsgående ventilasjon. (Sintef; COWI, 2012)



Figur 12: Prinsippskisse for ventilasjonssystem av nordgående løp (Sintef; COWI, 2012)

Anbefalinger i konseptfasen

I 2012 ble det gjennomført en ROS-analyse for å kartlegge sikkerhetsbehovet til Rogfast.

Noen relevante sikkerhetstiltak for oppgaven kan være; Røykventilasjon anbefales dimensjonert til 200MW branner og tunnelen bør utstyres med effektive informasjonssystem. Det anbefales ikke vannbasert slokkeanlegg, årsaken til dette er store kostnader, samt regelmessig funksjonstesting og vedlikehold. Det blir likevel poengtert at slokkesystemet vil begrense brannforløpet. Tunnelen bør utstyres med manuelle slokkesystem/apparater beregnet for trafikanter. (Sintef; COWI, 2012)



3. Datainnsamling

3.1. Metode

Metoden som er brukt for å besvare problemstillingen er intervju med aktuelle aktører involvert i tunnelsikkerhet. Intervjuene er gjort i form av samtaler dokumentert ved hjelp av båndopptaker. Opptakene er transkribert og finnes i vedlegg C, D og E.

3.2. Intervju

Intervjuene er skrevet med utgangspunkt i transkriberingene og skal vise syn og vinkling fra de forskjellige intervjuobjektene.

3.2.1. Intervju med Statens Vegvesen Region sør

Det ble gjennomført et intervju med Statens vegvesen Region sør (SVV), da de har ansvar for tunnelene som er bygd i Norge. Det er et ønske om å belyse ulike tema rundt røykventilasjon i undersjøiske tunneler, i forhold til dimensjoneringsmetode, lovverk, brannvesenets innsats og brukere.

Statens vegvesen er en statlig etat som består av Vegdirektoratet og fem regioner: Region nord, Region midt, Region vest, Region sør og Region øst.

Statens vegvesen har mange roller, de er både en tunnelforvalter, planlegger prosjekter, bygger, drifter og vedlikeholder riks- og fylkesvegene i Norge. I tillegg har Statens vegvesen et samarbeid med fylkeskommunen for å drifte og forvalte fylkeskommunale vegnett. Det innbefatter de tunnelene som da ligger innenfor deres eierskap.

Røykventilasjon

Når røykventilasjon skal dimensjoneres for undersjøiske tunneler, blir det brukt en beregningsmodell som tar hensyn til stigning, trykkmetrologiske endringer i trykk og lufttrykk på utsiden av tunnelen. Selve dimensjonering av tunnel og av viftekapasitet blir utført internt av fagfolk i SVV eller av eksterne rådgivere.

Metoden som blir brukt, blir uttrykt i intervjuet til å være ganske god, med begrunnelse i at modellen blir beregnet, så testkjørt i ettertid for å se om ventilasjon, skyvekrefter og hastighet på luft er oppnådd. SVV poengterer at meteorologiske forhold som for eksempel uvær og



storm, kan by på utfordringer i forhold til røykventilasjon. Til tross for dette har SVV tiltro til dimensjoneringsverktøyet.

Lovverk og retningslinjer

Tunnelsikkerhetsforskriften fra 2007 er avskrevet fra EU direktivet fra 2004, EU direktivet er på en måte bunnplattformen på det regimet tunnel bygges etter i dag. SVV følger

Tunnelsikkerhetsforskriften og veinormalen N500.

Som grunnlag for veinormalen ligger det eksterne lover og regelverk, som samles inn i de kravene som dimensjoneres i veinormalen. På bakgrunn av dette mener SVV at brann- og eksplosjonsvernloven er fulgt.

I Tunnelsikkerhetsforskriften punkt 2.2.2 står det beskrevet at ”Mer enn 5 % stigning i lengderetning skal ikke være tillatt i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig.” (Tunnelsikkerhetsforskriften, 2007) Veinormalen N500 åpner for 8 % i lavtrafikkerte tunneler. Forskriften gir mulighet for en brattere tunnellsøsning, der det ikke er en annen løsning. Mange av de undersjøiske tunnelene som er brattere, ender opp på en øy eller holme som gjør at geografien fremtvinger en del dårlige løsninger. Dersom stigningsgraden er mer enn 5 %, må dette dokumenteres og søkes om til Vegdirektoratet, hvor de fleste dokumentasjoner har blitt dokumentert med geografiske betingelser, men også økonomiske betingelser. SVV sier dette er utfordringer spesielt på Vestlandet, som gir begrensninger. Det blir også nevnt at det er en utfordring i tolkning mellom håndbok og Tunnelsikkerhetsforskriften, dette med tanke på stigningsprosent.

Håndbok N500 dimensjonerer ventilasjonssystemer for tunneler opptil 10 km. Ved tunneler lengre enn 10 km vil ikke håndbokkravene ha gyldighet. Det blir utført en risikoanalyse som tar for seg problemstillingen og det gjøres en vurdering som blir videresendt til

Vegdirektoratet for godkjenning. Det blir utført en spesiell dimensjonering for anlegg som går utenfor håndbokdefinisjonen, disse gis en spesiell godkjenning for hvert enkelt prosjekt.

I utgangspunktet skal det være tverrgående ventilasjon, dersom det ikke ligger til grunn en risikoanalyse som sier noe annet. SVV forklarer at dette er svært vanskelig i undersjøiske tunneler, ettersom kanalene ikke kan gå ut i havet. I T-forbindelsen på Karmøy, har de løst dette med å ha sjaktventileringen opp via fjordarmen. Kravet stammer fra EU direktivet i 2004, som ikke har de særnorske utfordringene som fjordkryssing.



SVV mener det er tilpassingen til de norske forholdene som har gjort at det ligger en mulighet for langsgående ventilasjon.

I gamle eksisterende tunneler er det brukt to typer vifter i langsgående ventilasjon, det er symmetriske og asymmetriske vifter. Forskjellen på viftene er ved reversering av ventilasjonsretning. Symmetriske vifter har akkurat den samme skyvekraften når ventilasjonen reverseres, som når den kjører i normalsituasjon. Asymmetrisk har 100 % skyvekraft i planlagt ventilasjonsretning, men ved reversering av ventilasjonen vil kun få 60 % av 100 % kapasitet som i normalsituasjon.

Røykventilasjon for å ivareta brannvesenets innsats, samt selvberging.

SVV mener at dimensjoneringsmetoden ivaretar både brannvesenets innsats, og selvberging i toløps-tunneler. Her vil det være evakueringsmuligheter gjennom tverrforbindelser som er ved hver 125-250 m avhengig av tunnelklasse og trafikkmengde. Ved ettløps tunneler med toveis trafikk, som for eksempel Bømlafjordtunnelen er brannvesenet avhengig av røykventilasjon, slik at de kan gå inn med ventilasjonsretning i samme retning som angrepsretning. Det finnes fortsatt fare for at brukere kan bli fanget i røyken. SVV uttaler at det finnes utfordringer ved eksisterende ettløpstunneler med toveis trafikk.

Rogfast

Ettersom Rogfast blir prosjektert som en toløps tunnel, vil i følge SVV ventilasjonen gå med trafikketningen. For eksempel kjøres det i nordgående løp, så går ventilasjonen nordover. Ved en brann i ett av løpene, vil røykventilasjonen aktiveres og gå samme retning i begge løpene. Dette er med bakgrunn i en normalsituasjon, hvor det ventileres med trafikkstrømmen. Ved en brann vil røyk fra nordgående løp bli sugd inn i sørgående løp og fylle det andre løpet med røyk. SVV poengterer at det kan være en utfordring med tanke på ventilasjonstenkning.

Oppsummering

Ved dimensjonering av røykventilasjon i undersjøiske tunneler, vil beregningsmodellen ta hensyn til stigning, trykkmetrologiske endringer i trykk og lufttrykk på utsiden. Modellen blir beregnet, testkjørt for å se om ventilasjon, skyvekrefter og hastighet er oppnådd. Metrologiske forhold byr på utfordringer, men SVV mener at metoden er god nok og har tiltro til dimensjoneringsverktøyet.



Tunnelsikkerhetsforskriften og veinormalen gir mulighet for brattere tunnelløsninger enn 5 %. Ved dokumentasjon av annen løsning, blir det tatt hensyn til geografiske og økonomiske betingelser.

I henhold til EU direktivet fra 2004 skal det være tverrgående ventilasjon, om ikke annet er dokumentert. SVV forklarer at dette er svært vanskelig i undersjøiske tunneler, ettersom kanalene ikke kan gå ut i havet.

SVV mener at dimensjoneringsmetoden ivaretar brannvesenets innsats, og selvberging i toløps tunneler. I ettløps tunneler med toveistraffikk finnes det utfordringer. Brannvesenet er avhengig av røykventilasjonen, slik at de går inn med ventilasjonsretning i samme retning som angrepsretning.

Rogfast blir prosjektert med toløp og med ventilasjon i trafikkretningen.

Ved en brann, vil røykventilasjonen gå i samme retning i begge løpene, når den aktiveres. Dette er for å unngå at røyk blir sugd inn i det andre løpet.

3.2.2. Intervju med Kenneth Vik i Rogaland brann og redning IKS

Kenneth Vik er branninspektør i Rogaland brann og redning IKS (RBR) og går tilsyn på samtlige tunneler i Sør Rogaland. Det er totalt åtte tunneler som er registrert som særskilt brannobjekt, og som RBR går tilsyn i, inkludert de lange undersjøiske tunnelene Mastrafjordtunnelen og Byfjordtunnelen.

Brannvesenets primære oppgave er å redde liv, og begrense skadene når ulykken har skjedd. Det ble poengtert noen forskjeller på en veitunnel og en undersjøisk tunnel med tanke på innsats. I for eksempel Kleppetunnelen vil brannvesenet få full oversikt over brannen fra utsiden, mens ved en undersjøisk tunnel som for eksempel Byfjordtunnelen og Mastrafjordtunnelen er det benyttet kameraovervåking for å se hva som brenner og hvor det brenner uten å måtte kjøre inn med en gang. Det ble også understreket utfordringer med de store avstandene i undersjøiske tunneler med tanke på evakuering ved en brann.

RBR har deltatt i prosjektering av Ryfast og Rogfast, ved å gi innspill til utførelse i henhold til brannvesenets innsats, og andre områder. Det ble poengtert at brannvesenets myndighet er



etter at tunnelene er åpnet, i forhold til tilsyn, men at det likevel må tas hensyn til brannvesenets innsats under prosjektering og bygging.

Røykventilasjon for å ivareta brannvesenets innsats under en tunnelbrann.

Det ble tidligere vist i et fullskala forsøk på Byfjordtunnelen at vindstyrken kan annullere røykventilasjonen, slik at det ble backlayer. Røykventilasjonen gikk mot Stavanger istedenfor Rennesøy, som er et mindre brannvesen. Grunnen til dette er den lave røykventilasjonsstyrken ved dette forsøket. Vik poengterte at dette var et bevisst valg. Røykventilasjonen i Byfjordtunnelen og Mastrafjordtunnelen ble oppgradert i 2015.

Dersom røykventilasjonen går i samme retning som brannvesenets angrepsretning, vil det ikke være et problem å slokke en bilbrann eller en lastebilbrann. Vik mente også at brannvesenet burde hatt mer utstyr i forhold til redning av brukere i en eventuell brann i Byfjordtunnelen.

Vik trekker frem faremomenter dersom det er en stykkgoods lastebil eller farlig gods som brenner. Når brannvesenet ikke vet hva som brenner, kan brannen bli kraftigere enn det røykventilasjonen er dimensjonert for. Det kan bli utfordringer ved innsats, og brannvesenet kan bli fanget i røyken. Brannvesenet er da avhengig av at tiltakene i tunnelen virker. Ved bruk av kameraovervåkning kan brannvesenet undersøke hva som brenner, hvor det brenner og hvilken angrepsretning brannvesenet bør tenke. Til tross for dette har brannvesenet full tillitt til røykventilasjonen.

En av de største farene/utfordringene ved innsats er brukere og bilister som er i bevegelse inne i røyken. Det finnes en risiko for at brannvesenet og andre bilister kan kjøre på brukere som evakuerer til fots. Vik poengterte at brannvesenet kjører forsiktig i røyken med varmesøkende kamera for å søke etter brukere. Undersjøiske tunneler er ofte lange, noe som gir dårlig oversikt og brannvesenet må langt inn i tunnelen for å observere brannen.

Vik trekker frem at ventilasjonsstrategi er et viktig diskusjonsemne i Norge. I mange tunneler i Norge er det forhåndsbestemt ventilasjonsretning. Det kan være skremmende hvis en brann skulle startet i den ene enden, og bestemt røykventilasjonsretning er den andre veien. Røykventilasjonssystemet vil da røyklegge hele tunnelen, i stede for å ventilere røyken ut kortest vei. Det er et vanskelig tema, da det er fordeler og ulemper med forhåndsbestemt ventilasjonsretning. Ved forhåndsbestemt ventilasjonsretning, vil en unngå at en person står



ansvarlig for styring av ventilasjonssystemet. Dette er et veldig viktig poeng da ikke én person skal få belastning ved å ta slike store avgjørelser, det kan derfor være en løsning å ha det forhåndsbestemt i mest gunstig retning.

Veitrafikksentralen styrer røykventilasjonen, men RBR kan overstyre om nødvendig. Mastrafjordtunnelen og Byfjordtunnelen har per i dag forhåndsprogrammert ventilasjonsretningen mot nord. Strategien om hvilken retning ventilasjonen skal gå blir diskutert med Statens vegvesen, og blir beskrevet i deres beredskapsplan og objektplan hos RBR. Det blir også diskutert om det skal være et nullpunkt på midten, eller om ventilasjonsretningen skal bestemmes ut ifra hvilken åpning brannen er nærmest.

Vik poengterer at diskusjonen om røykventilasjonsstrategi er veldig vanskelig, ettersom det finnes ulike spørsmål om dette temaet: *"Skal ventilasjonen settes i gang med en gang, eller skal vi vente? Kan vi bruke kameraene til å vurdere hvilken vei ventilasjonen skal gå?"* Det er helt individuelt fra tunnel til tunnel hvilken retning brann- og røykspredningen går, dette gjør det vanskelig å få en felles strategi, Vik mener allikevel det er viktig å anskaffe en tydelig strategi.

Røykventilasjonen vil tilføre brannen mer oksygen, dette vil sørge for at brannen utvikler seg raskere enn uten ventilasjon. Det er allikevel en nødvendighet for at brannvesenet skal kunne gå inn i tunnelen og slokke. Vik har i etterkant bedt om en ROS-analyse for Mastrafjordtunnelen og Byfjordtunnelen for å verifisere at ventilasjonsoppgraderingen er tilstrekkelig.

Røykventilasjon for å ivareta selvbergingsprinsippet

Diskusjonen om ventilasjonsstrategi går også på om ventilasjonen skal starte med en gang for å gi personer en indikasjon på hvor røyken skal gå og hvor de bør evakuere. Dette kan være en fordel siden det er selvbergingsprinsippet som gjelder i tunneler, og vil gi et klarere signal på hvor personer bør evakuere.

Da undersjøiske tunneler ofte er lange, i tillegg til at brann- og røykspredning går kjapt, kan det være en risiko for at bilister blir fanget i røyken når bilistene kjører inn i tunnelen. Avstandene i lange undersjøiske tunneler er utfordrende med tanke på selvberging.



Vik poengterte at alvorlighetsgraden i en tunnelbrann øker desto flere brukere som befinner seg inn i tunnellopet. En løsning på å ivareta sikkerheten rundt selvbergingsprinsippet kan være slokkeanlegg. Brukere bør i større grad være klar over at det ligger et eget ansvar for å berge seg selv ut av tunnel ved en brann. Det bør gis mer informasjon og opplæring til trafikantene om hvordan de skal opptre ved brann i tunnel. Ulike hendelser har de siste årene vist at personer reagerer forskjellig ved en tunnelbrann, ikke slik brannvesenet hadde forutsett og ønsket.

Vik mener at personsikkerheten til brukere som oppholder seg i tunnel ikke blir tilstrekkelig ivaretatt ved lange ett-løps tunneler, men at dette blir ivaretatt ved to-løps tunneler.

Ett-løp vs. to-løp

Ryfast og Rogfast er eksempler på kommende to-løps tunneler. Vik sa at det var planer om å få til et tunnelsikkerhetssenter når Ryfast kommer, slik at RBR skal bli bedre på tunnel. Rehabilitering av eksisterende ett-løps tunneler er kanskje enda mer utfordrende enn to-løps tunneler.

Det ble poengtert at Rogfast og Ryfast har kjøreretning og ventilasjonsretning i samme retning. Vik slår også fast at brannvesenets innsats blir minst like god ved to-løps-tunneler i forhold til eksisterende ett-løpstunneler. Ettersom trafikantene kan kjøre fra brannen og ikke møter røykpropp, samt at brukere kan evakuere til sikkert løp gjennom tverrforbindelsene, mener Vik at personsikkerheten blir ivaretatt ved to-løps-tunneler.

Rogfast og Ryfast blir prosjektert med flere kjørbare tverrforbindelser. Brannvesenet har dermed mulighet til å kjøre gjennom disse uten å måtte kjøre gjennom hele tunnelen i tilfelle trafikkulykke. Brannvesenet har mulighet til å trekke røyken begge veier.

Lovverk og retningslinjer

SVV og prosjekterende har ansvar for dimensjonering av røykventilasjon. I henhold til forskrifter og retningslinjer er det krav til mekanisk røykventilasjon i tunneler over 1000 meter, dette mente Vik var en av svakhetene i regelverket. Røykventilasjon burde være i alle tunneler. Til tross for liten trafikkmengde, kan det bli sårbart i tunnelene i tilfelle brann på grunn av mangelfull røykstyring. Vik mente ellers at regelverket var greit nok.

Vik mener vegvesenets håndbok N500 er viktig ettersom den er retningsgivende for bygging av tunneler, og som fastsetter tiltak avhengig av trafikkmengde, lengde og særpreg.



Økonomiske grenser – et hinder for brannvesenet?

Det er ønskelig fra brannvesenet side om bedre tunnelsikkerhet, og mener at nedetiden hvor en tunnel repareres og vedlikeholdes etter en brann vil koste samfunnet så mye penger at det er verdt å satse mer på forebyggende tiltak. Det blir ofte et kompromiss mellom sikkerhet og økonomi. Det er en verdi i seg selv at en tunnel forblir åpen, det er derfor ønskelig at potensiell nedetid etter en brann blir kortest mulig.

Vik mener at økonomien spiller mye inn ved prosjektering av tunneler ettersom Statens vegvesen har et budsjett de må forholde seg til

Rogfast

RBR deltar på prosjekteringsmøter for Rogfast, hvor de kommer med innspill. Det kan blant annet være kummer, tilgang på slokkevann, utstyr som innebærer det, koblinger, nødvendig trykk og andre innspill. Brannvesenets myndighet tiltrer hovedsakelig etter at tunnelen er åpen, med tanke på tilsyn og brannvesenets innsats.

Vik mener at personsikkerheten blir ivaretatt med Rogfast ettersom det går an å evakuere gjennom tverrforbindelser. Personsikkerheten vil være bedre enn den ville vært dersom Rogfast var prosjektert som en ett-løpstunnel. Til tross for dette er det fortsatt er rom for forbedringer med tanke på samfunnsikkerhet. Et eksempel på dette er brann i et kjøretøy som spres videre mellom biler, og avgir store mengder energi som fører til skade på tunnelen.

Utformingen til Rogfast er komplisert. En av de prosjekterte løsningene som gjør at Rogfast er komplisert er rampene som går opp til Kvitsøy. Det kompliserer også for brannvesenets innsats at tunnelen svinger, og Vik mener dette er noe RBR må følge opp på møtene om Rogfast. Funksjonen på ventilasjonen blir viktig i en så lang tunnel, og dersom denne er sårbar så bør det tas med ekstra tiltak.

Samarbeid vegvesen og brannvesen

Vik mener at samarbeidet mellom brannvesenet og vegvesenet er godt, og poengterer at brannvesenet tar opp dette med samfunnskostnader ved en potensiell ulykke. Dette blir tatt opp med vegvesenet, både i forhold til byggefasen og på tilsyn. Det er vegvesenet som kommer med tiltak, og som har det siste ordet.

Oppsummering

Dersom brannvesenet får ventilasjonen i samme retning som angrepsretning vil det være uproblematisk for brannvesenet å gå inn å slokke brannen. Dersom det er en stykkgodslastebil



som brenner eller flere biler som brenner, som avgir mye energi, kan dette skape problemer for brannvesenets innsats. Denne type brann kan overstige varmeenergien ventilasjonen er dimensjonert for. Det kan også være en overhengende fare for at personer og bilister blir fanget i røyken, og som kan gjøre skade på brukerne, samt de lange avstandene de må evakuere.

Personsikkerheten blir ikke i like stor grad ivaretatt ved lange ett-løpstunneler som ved toløps-tunneler. Toløps-tunneler har en tverrforbindelse til det andre løpet som brukere kan rømme til. Det vil være kjørbare tverrforbindelser, slik at brannvesenet har mulighet til å snu i tunnelen.

Ventilasjonsstrategien i Norge er et viktig og et vanskelig diskusjonsemne. Vurderingen går på om det skal være forhåndsbestemt ventilasjonsretning. Skal ventilasjonen starte umiddelbart slik at brukere kan få en indikasjon på hvilken retning de skal rømme, eller om det kan benyttes kamera for å bestemme hvilken vei ventilasjonen skal gå. Det inngås fortsatt kompromiss mellom sikkerhet og økonomi.

3.2.3. Intervju med Karmøy brann- og redningsvesen

Karmøy brann og redning har i de siste årene vært med på prosjektering og planlegging av T-forbindelsen, en undersjøisk tunnel som åpnet høsten 2013. Dette har åpnet for nye problemstillinger når det kommer til brannvesenets innsats under en potensiell brann.

For å skape et bedre bilde på brannvesenets rolle når det gjelder undersjøiske tunneler, både før og etter åpning er det foretatt et intervju med Brannsjef Onar Walland.

Walland har bidratt i startfasen av Rogfast planleggingen, men hovedsaklig har han siden 2006 vært involvert i planleggingen av T-forbindelsen.

Røykventilasjon for å ivareta brannvesenets innsats

Røykventilasjon er et viktig sikkerhetstiltak for at brannvesenet skal kunne gjennomføre en sikker innsats i tunnel. I forbindelse med angrepsretningen er det viktig at røykventilasjonssystemet er dimensjonert med tilstrekkelig kapasitet for å kunne stå i mot termiske krefter, samt naturlig vindforløp gjennom tunnelen.



Innsats i tunnel er ansett som en høy risiko for personell, det er derfor uaktuelt å starte slokking før brannmannskapet har ventilasjonen i ryggen. Dette medfører at tilliten brannvesenet har til røykventilasjonen er avgjørende for en rask og sikker responstid.

Når det kommer til røykdimensjoneringen av T-forbindelsen har det kommet frem i etterkant at den ikke er tilstrekkelig. Walland forklarer at dimensjoneringen ble satt for rundt 10 år siden og i etterkant har det kommet frem flere fakta som sier at dimensjoneringen ikke er god nok for store branner. Brannvesenet mener at dimensjoneringen av røykventilasjonen burde vært på bakgrunn av minst en dobbelt så stor brann som det i utgangspunktet ble dimensjonert for.

T-forbindelsen er en tre-arms tunnel, dette gjør at brannvesenet kan unngå det faktum at røykventilasjonen er under-dimensjonert. Dette gjør at Karmøy brann- og redningsvesen vurderer det som trygt å ha tunnelen åpen for bilister.

Røykventilasjon for å ivareta selvbergning

Selvbergingsprinsippet kan være en utfordring for både brannvesen og brukere. Walland erfarer at mange ikke er klar over at det er selvbergingsprinsippet som gjelder for tunneler. Det er også et problem at avstanden til sikkert sted kan være stor.

Dersom det tar en stund før en brann bli oppdaget, vil det ta tid før røykventilasjonen aktiveres. Dermed vil røyken i startfasen gå i begge retninger i tunnellopet. Det er ofte vanskelig å hindre brukere i å kjøre inn i en stengt tunnel. Stengsel bom foran tunnelen er i mange tilfeller kun på den ene siden av veibanen. Brannvesenet har erfart at bilister velger å kjøre rundt denne hindringen for å komme inn i tunnelen.

Dette skaper større risiko for brukere som prøver å evakuere ut av tunnelen.

Det er mange som ikke vet at man skal berge seg selv, dersom det oppstår en tunnelbrann. Walland mener det er flere grunner til at mange ikke vet at det er selvbergingsprinsippet som gjelder for tunnel. Dette gjør det komplisert. I Norge er man avhengig av tunneler, det gjør at det offentlige ikke ønsker å skape frykt. Mange lider i dag av tunnelskrek og informasjon om at man må klare seg selv dersom det oppstår en ulykke kan skremme mange.

Det er problematisk at avstanden til sikkert sted i undersjøiske tunneler kan være store. Blir avstanden større en 1-2 km, vil det være fysisk krevende å dekke denne avstanden til fots. For



at selvbergingsprinsippet skal fungere, må avstanden til bergingspunkt være så kort at det lar seg gjøre.

Ett løp vs. to løp

Selv om T-forbindelsen ble ferdigstilt i 2013 har ikke denne tunnelen to løp. Walland sier at brannvesenet i en tidlig fase av prosjekteringen fikk beskjed fra kommunalt hold om å ikke presse på med dette som et krav. Begrunnelse til dette var at prosjektet kunne stoppes dersom det ble for dyrt.

Da planleggingen av Rogfast startet i 2006 var det opprinnelig foreslått at tunnelen skulle prosjekteres med ett løp. Der ble etterhvert de brannfaglige konsulentene enige i at to-løps alternativet for denne tunnelen ville være best. Walland sier at han hadde vært bekymret dersom Rogfast kun skulle prosjekteres med ett løp.

Lovverk og retningslinjer

Når brannvesenet skal komme med anbefalinger og krav til sikkerhet i tunneler må dette gjøres på Statens vegvesens prinsipper. Dersom brannvesenets argumenter skal få gjennomslag må de argumentere ut i fra vegvesenets håndbok.

Walland sier at slik regelverket er i dag, er det alt for lett for de som prosjekterer tunnelene å definere seg ut av problemstillinger og sikkerhetskrav. Brannvesenet mener det er feil at SVV har mulighet til å senke sikkerhetskravene i en tunnel ved å for eksempel endre den fra å være en riksvei til å bli en fylkesvei.

Walland mener at det er bruken som skal definere hvilke sikkerhetstiltak som er nødvendige og sier at i brannvesenets øyne er det ikke slik i dag. Slik regelverket er i dag, fremstår det som et "frivillig regelverk".

Økonomiske grenser

I det økonomiske aspektet står ofte Brannvesenet og SVV på hver sin side av saken. SVV har rammer for å hindre at kostnadene skal bli for høye, mens Brannvesenet har hovedfokus på sikkerhet. Det vil være naturlig at begge parter vil måtte inngå kompromiss for å finne en bærekraftig helhetlig løsning. Dette er en problemstilling som gjelder for brannvesen rundt om i hele landet, ikke bare Karmøy. Brannvesenet vil i flere tilfeller måtte jobbe hardt for å få implementert sikkerhetstiltak som er gode nok for trygg innsats og bilister. Dette kan gå på sikkerheten løs.



Brannvesenet har erfart at i saker der de har bedt om støtte eller innspill fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har de møtt lite støtte, spesielt når det kommer til tunnelsikkerhet. Walland forteller at de i flere tilfeller har bedt DSB om å involvere seg. Etersom DSB ikke ønsker å skape problemer med SVV, velger de å forholde seg passive, eller stiller seg bak SVV.

I etterkant av en tunnelbygging er det brannvesenets ansvar å sørge for at brukere av tunnelen er trygge. I den forbindelse har brannvesenet mulighet til å søke SVV om støtte til forskjellige tiltak. Walland forteller at de tidligere har prøvd ut denne ordningen i forbindelse med T-forbindelsen uten hell. Dette har medført at Karmøy brann- og redningsvesen har brukt sine egne ressurser for å bedre sikkerheten. Ordningen har i nyere tid blitt bedret i form av en veileder som beskriver hvordan brannvesenet kan søke om forskjellige midler.

Samarbeid Vegvesen/Brannvesen

Som tidligere nevnt er ofte brannvesen og vegvesen motparter, dette har skapt et forhold hvor begge parter samarbeider for å få frem løsninger. Et eksempel på en problemstilling som går igjen, er tilgang til slukkevann. I T-forbindelsen var det i følge Walland enighet om at det skulle være tilgjengelig slukkevann hver 50 meter, men på grunn av en misforståelse fikk brannvesenet kun slukkevann hver 800-1000 meter. Misforståelser som dette viser seg å gå igjen også i andre kommuner. Karmøy brann- og redning gikk så langt at de var i ferd med å stenge tunnelen på åpningsdagen grunnet den dårlige sikkerheten.

Oppsummering

Karmøy brann- og redningsvesen har de siste årene samarbeidet med SVV for å forbedre sikkerheten rundt T-forbindelsen. Det har i etterkant kommet flere tiltak som er med på å bedre sikkerheten, og et eksempel på dette er kameraovervåkning.

Mange brannvesen rundt om i Norge sitter i lignende situasjoner som Karmøy brann- og redning. Walland understreker at det nå er ca. 10 år siden brannvesenet ble bedt om å tie for å hindre at prosjektet skulle stagnere, og at de fleste som var med i starten av den prosessen nå er borte. Vegvesenet hadde i følge Walland ikke stort nok fokus på sikkerheten i prosjektene, som i etterkant er endret. I de siste årene har det vært stort fokus på sikkerhet på landsdekkende konferanser og lignende.



Et problem som fremdeles eksisterer i dag er et utilstrekkelig lovverk. Et lovverk med faste bestemmelser vil kunne sette en stopper for feil som følger av misforståelser. Det vil også kunne spare SVV og norske brannvesen for tid og penger som går til forhandlinger om sikkerhet både før og etter bygging av nye tunneler. Dette forutsetter at et nytt lovverk er bindende.

Det jobbes i dag med både nybygging av tunneler, samt rehabilitering av gamle tunneler. SVV er nødt til å prioritere hvilke sikkerhetstiltak som skal brukes og hvor det er viktigst å bruke ressursene de har tilgjengelig. Dette medfører at selv om brannvesen og vegvesen i dag jobber mot samme sak, betyr ikke dette at det er en enkel løsning på tunnelproblematikken. Walland poengterer at vegvesenet er nødt til å se på helheten i norsk tunnel standard, noe som gjør at de i mange tilfeller prioriterer gamle tunneler. Lokale brannvesen ønsker gjerne at SVV prioriterer deres egne tunneler først.



4. Diskusjon

4.1. Røykventilasjon

På bakgrunn av tidligere branner i tunneler er det vist at røyken gjør skade på personer og materiell på ulike måter. Inhalering av røyk kan få dødelige følger for personer, der røyken består blant annet av karbonmonoksid, blåsyre og saltsyre. Etter hvert som temperaturen øker i røyklaget vil strålingsintensiteten øke i eksponent fire, og dette kan gjøre termisk skade på personer og materiell, samt påvirke brannutviklingen i negativ grad. På grunn av disse faremomentene er det viktig å føre bort røyken slik at personsikkerheten i tunnel blir ivaretatt. Røykventilasjonen vil også hjelpe brannvesenets innsats forutsatt at brannvesenet har ventilasjonen i samme retning som angrepsretningen.

Naturlig røykventilasjon er avhengig av værforhold, og vil ikke være gunstig i lange tunneler. Naturlig ventilasjon vil derfor ikke være aktuelt i lange undersjøiske tunneler ettersom det kan være komplisert og kostbart å lage lagringsrom for røyk under vann. Mekanisk røykventilasjon fungerer slik at vifter tvinger røyken i en bestemt retning, og skal i teorien overstyre alle værforhold. Det vil dermed være mest gunstig å benytte denne type ventilasjon i undersjøiske tunneler.

Røykventilasjonen kan både påvirke brann- og røykspredning negativ og positiv. Siden ventilasjon gir luft til brann vil brannen vokse mer enn det den ville gjort uten ventilasjon. Dette kan i tillegg medføre at brannen sprer seg til brannobjekter som gir større mengde branneffekt. Til tross for dette er røykventilasjon et ønskelig og nødvendig tiltak som i det helhetlige bildet gjør det lettere for brannvesen å utføre innsats. I tillegg til at personsikkerheten til brukerne av tunnelen øker ved at det hindrer røyken i å gå begge veier i tunnellopet. Ved å tvinge røyken bort fra brannen sørger røykventilasjonen for at tilbakestrålingen fra røyklaget til brannen blir mindre, dette medfører til at brannen blir mindre enn den potensielt sett kunne blitt.

Tverrgående ventilasjon fører røyk via kanaler i tunnelen og ut et ventilasjonstårn, mens langsgående ventilasjon er vifter som tvinger røyken i lengderetningen og ut portalene. Langsgående røykventilasjon er mest brukt i norske tunneler, både undersjøiske og andre vegtunneler. På bakgrunn av EU-direktivet fra 2004 er det et krav fra Tunnelsikkerhetsforskriften at det skal være tverrgående ventilasjon i tunneler hvis ikke en risikoanalyse indikerer noe annet. Det ser ut til at EU-direktivet ikke tar hensyn til alle



fjordkryssningene i Norge. Siden det er en utfordring å benytte tverrgående ventilasjon i undersjøiske tunneler, og EU direktivet ikke beskriver en god løsning på dette, kan det være nødvendig å revurdere ventilasjonsstrategien. Det vil være utfordrende å bygge et ventilasjonstårn, som går fra havbunnen og opp til havoverflaten. Avstanden kan være lang og utbyggelsen kostbar.

Det kommer tydelig frem av statistiske data at stigningsgrad er den faktoren som utgjør størst fare for branttilløp i tunnel. På bakgrunn av dette må det geografiske og/eller økonomiske grunner til for å ha høyere stigningsgrad enn 5 %. Å fravike en så vesentlig sikkerhetsbarriere bør ikke utføres som følger av økonomiske grunner. Redusering av stigningsgrad er et sannsynlighetsreducerende tiltak.

I fullskala forsøkene er det blitt brukt minimal varmeproduksjon på 5-10 MW. Hvis dette er knyttet opp mot et virkelig brannforløp, som for eksempel Oslofjordtunnelen 2011, der varmeproduksjonen var 70-90 MW, vil ikke fullskala forsøkene gi et reelt bilde. Ved forsøket i Byfjordtunnelen ble det brukt minimal ventilasjonshastighet. Selv om forsøket ble sett på som en suksess, har røykventilasjonen i senere tid blitt oppgradert, som følger av at den ikke har vært tilstrekkelig.

Den største utfordringen i Oslofjordtunnelen var at brukere plutselig ble fanget i røyken. Bilister kan kjøre inn i tunnelen før røyken har spredd seg, for så å møte en vegg av røyk og bli fanget. Dette kan medføre at brukere som evakuerer til fots blir påkjørt av bilister.

Det er enighet mellom intervjuobjektene at det finnes utfordringer når det kommer til dimensjonering av røykventilasjon. Naturkrefter kan by på utfordringer og det strides om den dimensjonerende branneffekten er stor nok til å være reell. Dimensjoneringsverktøyet begrenses til tunneler kortere enn 10 km. Basert på erfaringer gjort ved sammenligning av teori og intervju, vurderes det som fordelaktig å stramme inn på krav om dimensjonering av røykventilasjon.

Det finnes utfordringer med tanke på selvberging i ettløps tunneler med toveis trafikk. En av utfordringene er rømningsvei. I ettløps tunneler er det vanlig at rømning må skje i samme løp som røykutviklingen. Dette kan medføre at avstanden til sikkert sted er så stor at det vil være fysisk krevende å dekke denne avstanden til fots. En annen utfordring i ett-løps tunneler med langsgående ventilasjonsstrategi er at brukere på "feil" side av brannen vil få røyken sendt



mot seg som følger av at røykventilasjonen settes i gang. Dette kan føre til dårlig sikt, inhalering av farlige gasser og varmeeksponering. Dette vil bidra til at evakuering vil være både farlig og krevende. Et tiltak som kan være med å bidra til sikrere forhold for brukere av tunnelen er kameraovervåkning. Dette gir informasjon til VTS om hvilken retning det er fordelaktig å ventilere røyken.

Det er en del problemstillinger angående ventilasjonsstrategi, blant annet om hvorvidt ventilasjonen skal starte med en gang slik at brukerne får umiddelbar indikasjon på hvilken retning de må evakuere. Det er også diskusjoner om ventilasjonen skal være forhåndsprogrammert slik at ansvaret ikke faller på en person. Dette kan være en byrde for denne personen, spesielt dersom det er kø inne i tunnelen. Det er også en fordel at brannvesenet vet hvilket brannvesen som skal inn å bekjempe brannen og hvilken retning de skal angripe på forhånd. Dersom en brann oppstår i en av endene av tunnelen kan det være uhensiktsmessig å ha ventilasjonsretningen forhåndsprogrammert. Dette kan medføre at hele tunnelen blir røyklagt.

4.2. Ett-løp vs. To-løp

Byfjordtunnelen, Bømlafjordtunnelen og Karmøytunnelen er lange ett-løpstunneler, mens Ryfast og Rogfast er kommende toløps-tunneler. Karmøytunnelen burde, i følge brannsjefen i Karmøy, vært toløps-tunnel, men fikk tidlig beskjed fra kommunalt hold om at dette var uaktuelt. Ettersom dette er en ny tunnel med mye trafikk bør det stilles spørsmål om dette burde vært en toløps-tunnel. Årsaken til presset fra kommunen, var i følge brannsjefen i Karmøy brann- og redning at prosjektet risikerte å stagnere på grunn av at det kunne bli for kostnadskrevende. Det viser seg derfor at økonomien setter grenser for hvor god sikkerheten i en tunnel kan være.

Det er tidligere vist utfordringer ved evakuering i lange ett-løpstunneler, der brukere blir fanget i røyken. Brukerne må også evakuere over lange avstander uten å kunne evakuere til sikkert løp, og i mellomtiden kan brann- og røykspredningen gå fort. Ved toløps-tunneler vil personer kunne evakuere til sikkert løp gjennom tverrforbindelser. Alle intervjuobjektene mener at sikkerhetsnivået på de kommende toløps-tunnelene, Rogfast og Ryfast, vil ha et høyere sikkerhetsnivå enn lange ett-løpstunneler.



Ved sammenligning med en utenlandsk toløpstunnel, se kapittel 2.3.6., kommer det klart frem at ved en kombinasjon av ventilasjon i lengderetningen og ventilasjon ut kanaler vil dette fungere svært godt. Røyken blir ført ut gjennom lengderetningen og opp i eksoskanaler, samtidig som kanaler i midtløpet fører røyken langs tunnelen. Ved denne tunnelen vil også sikkerhetsnivået være høyere for brukere, ettersom et løp er fri for røyk.

4.3. Lovverk, retningslinjer og økonomi

Regelverket som har med vegtunneler er satt opp av Vegloven, Tunnelsikkerhetsforskriften og Statens vegvesen håndbok N500 – Vegtunneler. Til tross for at Tunnelsikkerhetsforskriften har hjemmel i Vegloven, finnes det likevel en kobling mellom Tunnelsikkerhetsforskriften og brann- og eksplosjonsvernloven. Loven forklarer hvilke organer som har ansvar for tunneler i en kommune: Kommunene selv, sammen med sentrale tilsynsmyndigheter.

Dagens regelverk gir i stor grad rom for tolkning. I noen tilfeller stemmer ikke vegvesenets håndbok N500 overens med Tunnelsikkerhetsforskriften, dette blir et problem når Tunnelsikkerhetsforskriften gir myndighet til håndboken, da brukes håndboken i flere tilfeller til å overstyre Tunnelsikkerhetsforskriften.

Varmeproduksjonen til en tankbil med en 50 m² tank fylt med bensin vil ha en estimert varmeproduksjon på 300 MW, noe som er tre ganger så høy som den maksimale dimensjonerende branneffekten i håndbok N500. Dette kan bli problematisk med tanke på røykventilasjon for å ivareta personsikkerheten. Selv om sannsynligheten er liten for at slike ulykker inntreffer, da det finnes egne forskrifter ved frakting av brannfarlig gods, er likevel konsekvensen så stor at det bør ses nærmere på om maksimal dimensjonerende branneffekt er for liten. På bakgrunn av Thomas Plumes analytiske metode for å beregne kritisk ventilasjonshastighet, vil hastigheten øke etter hvert som varmeproduksjonen øker. Dersom en tankbil med 50 m² bensin skulle ta fyr, vil det kreve en høyere kritisk hastighet enn det er dimensjonert for i eksisterende undersjøiske tunneler.

ÅDT (20) benyttes for å beregne årsdøgntrafikk 20 år etter åpning av tunnel. Det kan diskuteres om dette er en tilstrekkelig metode for å undersøke behovet for oppgradering av eksisterende tunneler. Trafikkmengden kan enten øke lineært eller eksponentielt, og det vil da



finnes utfordringer med tanke på hvor mange bilister som kan befinne seg i en tunnel 20 år etter åpning. Ved høyere trafikkmengde vil det også bety en høyere potensiell varmeproduksjon. Ved en høyere varmeproduksjon kan det medføre at dimensjonerende ventilasjonshastighet kan bli underdimensjonert. Brannvesenet har mulighet til å stenge tunnelen dersom de føler at tunnelens ventilasjonssystem er underdimensjonert. Ved å benytte trafikkregulering i en tunnel vil dette kunne kompensere for underdimensjonert røykventilasjon da branneffekten vil bli mindre ved liten trafikk.

SVV mener dimensjoneringsmetoden fungerer godt selv om det er noen uoverensstemmelser mellom håndboken og forskriften. Både Karmøy brann- og redningsvesen, og Rogaland brann- og redning IKS mener det er rom for forbedring. De mener det fremdeles inngås for store kompromiss med tanke på økonomi og tolkning av SVV's prosjekteringsverktøy.

Et eksempel på et godt fungerende regelverk er Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift Byggeteknisk forskrift (TEK10) med Veiledning til byggeteknisk forskrift (VTEK10). I dette regelverket finnes det en veiledning som forklarer løsninger som tilfredsstillende lover og forskrifter. Statens vegvesen håndbok N500 burde hatt samme funksjon som VTEK10, der håndboken skal tilfredsstillende Tunnelsikkerhetsforskriften og Vegloven. I motsetning til VTEK10 og TEK10, finnes det noen uoverensstemmelser mellom håndboken og Tunnelsikkerhetsforskriften i forhold til stigningsgrad og ventilasjonsløsning. Dette er på bakgrunn av at håndbok N500 ikke er en direkte veiledning til Tunnelsikkerhetsforskriften. Dette kan være som følger av at Tunnelsikkerhetsforskriften tar utgangspunkt i EU direktivet 2004.

Det finnes en del problemstillinger rundt tiltak for å ivareta den samfunnsverdien en tunnel har. Ved installering av automatisk sløkkeanlegg vil dette hindre brannen i å utvikle seg, noe som vil resultere i mindre skade på tunnelen. Spørsmålet er om slike tiltak koster mer enn å restaurere tunnelen etter en brann. Dersom det hadde vært sløkkeanlegg, ville samfunnsverdiene blitt ivaretatt i større grad, samt at tunnelen ikke trenger å være stengt like lenge. Dette vil sikre at både infrastrukturen og samfunnsverdiene blir ivaretatt.

I henhold til utenlands standard, *NFPA 502 – Standard for road tunnels*, er det krav om vannbasert sløkkesystem i tillegg til ventilasjon, dersom en risikoanalyse tilsier at dette er nødvendig med tanke på brannsikkerhet. I norsk standard er det kun en nødvendighet med



ventilasjon. Årsaken til denne forskjellen kan være at trafikkmengden i Norge i forhold til utlandet er liten. Konsekvensene ved brann i mye trafikk kan bli mye større, dermed må det også prioriteres flere tiltak for å hindre brannutviklingen. (National Fire Protection Association, 2014)

4.4. Rogfast

Rogfast skal prosjekteres som en 26,7 km lang to-løps undersjøisk tunnel. Dette gjør at tunnelstrategien blir helt annerledes enn ved en ett-løpstunnel, med tanke på selvberging, ventilasjonstenkning og brannvesenets innsats.

Det kan forstås slik at Rogfast skal prosjekteres med en kombinasjon av langsgående og tverrgående ventilasjon. Mekaniske vifter skal ventilere røyk i lengderetningen, og som samtidig fører røyk ut gjennom kanaler og opp i ventilasjonstårn, som blir plassert ved for eksempel Kvitsøy. Ventilasjonssystemet ved vanlig drift er bygd opp slik at ventilasjonsretningen går samme vei som kjøreretning, mens ved brann går ventilasjonsretningen samme vei i begge løpene, dette for å hindre at røyk blir sugd inn i motsatt løp.

Ettersom dette er en Europavei (E39) vil trafikkmengden være stor. Dette tilsier at det er et stort potensial med mange involverte brukere ved en brann. Ved en to-løps-tunnel er evakueringsstrategien helt annerledes på grunn av tverrforbindelsene mellom løpene. Her kan brukere som er involvert i en hendelse enkelt løpe til sikkert sted og videre evakuere ut gjennom tunnelåpningen. Noen av tverrforbindelsene er også kjørbare som kan benyttes av brannvesenet ved innsats, slik at de ikke trenger å kjøre gjennom hele løpet. Det kan også antas at potensiell varmeproduksjon i en så lang undersjøisk tunnel kan overstige 100 MW som er maksimal varmeproduksjon definert i håndboken.

I Rogfast vil sikkerhetsnivået for brukere være høyere enn for en eksisterende ett-løpstunnel, dette med tanke på selvberging gjennom tverrforbindelser, røykventilasjonsstrategi og mulighet for innsats. Det finnes fortsatt noen tiltak som kan hjelpe til å bevare samfunnsverdiene, som for eksempel slokkeanlegg. Ved tiltak som kan hindre eller begrense brannspredningen vil kostnadene for restaurering og nedetid bli mindre. Det kan dermed antas å være en del kompromiss mellom sikkerhet og økonomi, ettersom kostnadene er høye for å gjennomføre slike tiltak.



Grunnen til at prosjekterende ikke anbefalte vannbasert slokkesystem er kostnadene, samt regelmessige funksjonstester og vedlikehold. Det kan også påvirke sikten for brukere i form av slokkevann som fordamper i kontakt med brannen. Til tross for dette fungerer slokkesystem som et konsekvensreducerende tiltak for å begrense brannforløpet. Vannbasert slokkesystem egner seg best ved branner i faste materialer, og det vil være en utfordring dersom slokkesystemet må slokke brann i kjøretøy som transporter brannfarlig gods. Brannfarlig gods kan for eksempel være propan, bensin eller fettbasert materiell.



5. Konklusjon

Forutsatt at brannvesenet får luft i ryggen ved innsats vil røykventilasjonen ivareta deres arbeidsoppgaver. Røykventilasjonens hovedoppgave er å sørge for sikker innsats og bedre evakueringsmuligheter.

Det er utfordringer ved selvberging da det er mangler på informasjon og opplæring om selvbergingsprinsippet. Det kan også oppstå fare for at brukere vil bli fanget i røyken som følge av at røykventilasjonen er rettet mot dem, samt at brukerne ikke ser brannen før det er for sent. Ventilasjonsstrategiene for de forskjellige tunnelene rundt om i landet varierer fra tunnel til tunnel. Strategien bør gjennomgås og om mulig gjøres mer fleksibel for å ivareta selvbergingsprinsipper og brannvesenets innsats. Dette kan i tillegg medføre at ventilasjonsstyrken må økes. Trafikkregulering kan fungere som et tiltak for å sørge for at færre biler til en hver tid er inne i tunnelen. Dersom det er kameraovervåkning i tunnelen vil dette sørge for informasjon til VTS, noe som videre vil sørge for at sikkerheten til brukerne blir bedre ivaretatt.

Ved toløps-tunneler har brukere mulighet til å evakuere til sikkert sted gjennom tverrforbindelser, samt at brannvesenet har mulighet til å snu til motgående løp. Ved brann går ventilasjonen samme retning i begge løpene for å hindre at røyk blir ført inn i motgående løp. I Rogfast er det også ventilasjonstårn på tre ulike steder som sikrer at røyk blir ført ut via kanaler. Dette er klart det beste alternativet for røykventilering i undersjøiske tunneler. Utfordringen vil i mange tilfeller være vanskeligheten med å plassere ventilasjonstårn på strategisk gode plasser når mesteparten av tunnelen befinner seg under vann.

Det finnes utfordringer ved eksisterende ett-løpstunneler med tanke på røykventilasjon for å ivareta selvberging, samt dimensjonering av røykventilasjon i forhold til potensiell branneffekt. Ved toløps-tunneler vil dette bli ivaretatt med tanke på den korte avstanden til sikkert sted. Toløps-tunneler vil ha et høyere sikkerhetsnivå enn eksisterende ett-løpstunneler med tanke på selvberging og brannvesenets innsats.

Verktøy som brukes til prosjektering av undersjøiske tunneler er ikke tilstrekkelig utformet etter norske forhold. Det bør utarbeides et tydeligere lovverk med veiledning slik at forhandlinger mellom Statens vegvesen og Brannvesen i mindre grad er viktig for å



oppretholde sikkerheten. Det skaper stor usikkerhet rundt tunnelsikkerheten i nye tunneler siden det er hvert enkelt lokale brannvesen som må inn i forhandlinger.

I Rogfast vil sikkerhetsnivået for brukere være høyere enn for en eksisterende ett-løpstunnel. Prosjekteringen av Rogfast baserer seg på ROS-analyse ettersom dette er en tunnel som er over 10 km. Det anbefales at mange av tiltakene de prosjekterende har kommet frem til ved hjelp av analyse blir implementert i kortere vegtunneler fremover.



6. Videre arbeid

I rapporten er det belyst ulike syn i forhold til røykventilasjon i undersjøiske tunneler. Dette er et komplisert og omfattende tema som har potensiale for videre arbeid. Noen eksempler på problemstillinger er:

- Fullstendig simuleringer på eksisterende norske undersjøiske tunneler sammenlignet med nye og bedre toløps-tunneler.
- Komparativ analyse der det blir sammenlignet røykventilasjonen ved forskjellige styrker.
- Utarbeide ROS-analyse for eksisterende ett-løps undersjøiske tunneler for å verifisere om ventilasjonsstyrken er tilstrekkelig dimensjonert.
- Tegninger laget i Google Scetchup kan importeres inn i FDS for simulering.



Bibliografi

- Abanto, J., Reggio, M., Barrero, D., & Petro, E. (2006, Februar 20). *Tunneling and Underground Space Technology*. Hentet Februar 20, 2016 fra Prediction of fire and smoke propagation in an underwater tunnel: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779805003421>
- Beard, A., & Carvel, R. (2005). *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London, London, England: Thomas Telford Publishing .
- Blindheim, O. T., Grøv, E., & Nilsen, B. (2005, Oktober 4). *Tunneling and Underground Space Technology*. Hentet 16 2, 2016 fra Nordic sub sea tunnel projects: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779805000659>
- Brann- og eksplosjonsvernloven. (2002, Juli 1). *Lovdata - Justis- og beredskapsdepartementet*. Hentet Februar 17, 2016 fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-14-20>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2014). *Risikoanalyse av brann i tunnel - Delrapport til Nasjonalt risikobilde 2014*. DSB. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics* (3. utgave. utg.). Chichester, West Sussex, Storbritannia: John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Federal Highway Administration. (2005, U D). *Federal Highway Administration*. Hentet 03 20, 2016 fra Highway & Rail Transit Tunnel Maintenance & Rehabilitation Manual: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/tunnel/maintman02.cfm>
- Hagen, B. C. (2004). *Grunnleggende Brannteknikk*. Haugesund.
- Hugsted, R. &. (2009, 05 04). *snl*. (R. & Hugsted, Produsent) Hentet 04 04, 2016 fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/tunnel>
- Ingason, H., & Li, Y. Z. (2010). *Model scale tunnel fire test with longitudinal ventilation*. Sp Technical Research Institute of Sweden; School of mechanical Engineering. Elsevier.
- Johansen, G. G. (2009, 07 11). Norske bilister skremmende uvitende om tul.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press LLC.
- Kollegiet for brannfaglig terminologi. (1994, U D). *kbt*. Hentet 04 07, 2016 fra Faguttrykk: <http://kbt.no/faguttrykk.asp?Id=3418>
- National Fire Protection Association. (2014). *Standard for road tunnels, bridges and other limited access highways*. Quincy: NFPA.
- Nilsen, A. R. (2011). *Contributions to Fire Safety Designs of Tunnels*. Stavanger: UiS - University of Stavanger.
- Norconsult. (u.d.). *Norconsult*. Hentet 04 27, 2016 fra Norconsult vant E39 Rogfast: <https://www.norconsult.no/nyheter/2014/norconsult-vant-e39-rogfast>



- Nævestad & Meyer, T.-O. N. (2012). *Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2011*. Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Nævestad, T.-O., & Meyer, S. (2014, Mars). *ScienceDirect*. Hentet 03 04, 2016 fra A survey of vehicle fires in Norwegian road tunnels 2008–2011: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088677981300206X>
- Railsystem - Smoke produced from fires*. (n.d.). Retrieved 2016 20-April from Numerical Modelling of Movement and Behaviour of Smoke Produced from Fires in the Ville-Marie and L.-H. – La Fontaine Tunnels: <http://www.railsystem.net/critical-velocity/>
- SFS - Samarbeid for Sikkerhet. (2011, Desember 15). *Samarbeid for Sikkerhet*. Hentet Februar 14, 2016 fra Lover og forskrifter: <http://www.samarbeidforsikkerhet.no/modules/m02/article.aspx?CatId=85&ArtId=48>
- Sintef; COWI. (2012). *E-39 Rogfast, ROS-Analyse. Tunnel*. Trondheim: SINTEF Teknologi og Samfunn.
- Statens Havarikommisjon for Transport. (2011, Juni 23). *Statens Havarikommisjon for transport*. Hentet Mars 7, 2016 fra Rapport om brann i vogntog på Rv 23, Oslofjordtunnelen, 23. juni 2011: <http://www.aibn.no/Veitrafikk/Rapporter/2013-05>
- Statens vegvesen. (2002). *Subsea road tunnels in Norway*. Oslo: Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen. (2010, 11 05). *Nullvisjonen*. Hentet 04 06, 2016 fra Statens vegvesen: <http://www.vegvesen.no/fag/Fokusomrader/Trafikksikkerhet/Nullvisjonen>
- Statens vegvesen. (2012). *Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008-2012*. Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdeling. Oslo: Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen. (2014). *Vegtunneler, håndbok N500*. Statens vegvesen. Oslo: Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen; COWI. (2015). *E39 ROGFAST Laupland - Knarholmen*. Oslo: Region vest.
- Tunnelsikkerhetsforskriften. (2007, Mai 15). *Lovdata - Samferdselsdepartementet*. Hentet Februar 17, 2016 fra Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517?q=tunnelsikkerhetsforskriften>
- Williams, P., & Disney, N. &. (2012, 05). *Tunneltalk*. (P. Williams, & N. &. Disney, Produsenter) Hentet 02 23, 2016 fra Exit spacing influence on ventilation choices: <http://www.tunneltalk.com/TunnelTech-May12-Ventilation-system-selection.php>
- Wu, Y. (2010). *The Critical Velocity and the fire Development*. Sheffield University: Department of Chemical & Process Engineering.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

COWI

Vedlegg



Vedlegg A: Utdrag fra Lover, regler og forskrifter

Brann- og eksplosjonsvernloven

§ 1. Formål

Loven har som formål å verne liv, helse, miljø og materielle verdier mot brann og eksplosjon, mot ulykker med farlig stoff og farlig gods og andre akutte ulykker, samt uønskede tilsiktede hendelser.

§ 2. Saklig virkeområde

Loven gjelder alminnelige plikter til å forebygge brann og eksplosjon samt sentral og lokal organisering og gjennomføring av brann- og eksplosjonsvernsarbeidet.

Loven gjelder også ulykkes- og skadeforebyggende plikter i forbindelse med håndtering av farlig stoff og ved transport av farlig gods på land, samt krav til beredskap og innsats overfor akutte ulykker der brannvesenet har en innsatsplikt.

Kongen kan fastsette forskrifter for Forsvaret som avviker fra denne loven når særlige grunner tilsier det.

§ 11. Brannvesenets oppgaver

Brannvesenet skal:

- a) gjennomføre informasjons- og motivasjonstiltak i kommunen om fare for brann, farer ved brann, brannverntiltak og opptreden i tilfelle av brann og andre akutte ulykker
- b) gjennomføre brannforebyggende tilsyn
- c) gjennomføre ulykkesforebyggende oppgaver i forbindelse med håndtering av farlig stoff og ved transport av farlig gods på veg og jernbane
- d) utføre nærmere bestemte forebyggende og beredskapsmessige oppgaver i krigs- og krisesituasjoner
- e) være innsatsstyrke ved brann
- f) være innsatsstyrke ved andre akutte ulykker der det er bestemt med grunnlag i kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse
- g) etter anmodning yte innsats ved brann og ulykker i sjøområder innenfor eller utenfor den norske territorialgrensen
- h) sørge for feiing og tilsyn med fyringsanlegg.



Kommunen kan legge andre oppgaver til brannvesenet så langt dette ikke svekker brannvesenets gjennomføring av oppgavene i første ledd.

Departementet kan gi forskrifter om brannvesenets oppgaver.

§ 13. Særskilte brannobjekter

Kommunen skal identifisere og føre fortegnelse over byggverk, opplag, områder, tunneler, virksomheter m.m. hvor brann kan medføre tap av mange liv eller store skader på helse, miljø eller materielle verdier.

Kommunen skal sørge for at det føres tilsyn i byggverk m.m. som nevnt i første ledd for å påse at disse er tilstrekkelig sikret mot brann. Tilsynet skal omfatte alle forhold av betydning for brannsikkerheten, herunder bygningsmessige, tekniske, utstyrmessige og organisatoriske brannsikringstiltak og forhold av betydning for gjennomføring av brannbekjempelse og øvrig redningsinnsats.

Kommunen skal overfor sentral tilsynsmyndighet kunne dokumentere hvordan tilsyn med byggverk m.m. som nevnt i første ledd, som kommunen eier eller bruker, er gjennomført, og hvordan eventuelle pålegg er fulgt opp.

Kommunen kan ved enkeltvedtak bestemme at det skal føres tilsyn med andre byggverk m.m. enn de som er omfattet av første ledd. Kommunestyret selv kan fastsette lokal forskrift om tilsyn med andre byggverk m.m. enn de som er omfattet av første ledd.

Departementet kan gi forskrifter om tilsyn med særskilte brannobjekter.

§ 14. Ytterligere sikringstiltak og beredskap

Kommunen kan pålegge nødvendige brannverntiltak i enkelttilfeller for ethvert byggverk, opplag, områder, tunneler m.m.

Sentral tilsynsmyndighet kan pålegge eier av ethvert byggverk, opplag, områder, tunneler m.m. som anses å utgjøre en ekstraordinær risiko innen kommunen, å etablere en egen brann- og ulykkesberedskap, eller bekoste og vedlikeholde en nødvendig oppgradering av det kommunale brannvesen.

Departementet kan gi forskrifter om ytterligere sikringstiltak og beredskap etter denne bestemmelsen.



Tunnelsikkerhetsforskriften

§ 1. Formål

Formålet med forskriften er å sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler ved krav til å forebygge kritiske hendelser som kan sette menneskeliv, miljøet og tunnelanlegg i fare og til å sørge for vern i tilfelle av ulykker.

§ 2. Virkeområde

Forskriften får anvendelse på tunneler med lengde på over 500 meter på det transeuropeiske vegnettet (TERN) og på andre riksveger. Forskriften gjelder for tunneler som er i bruk, under bygging eller på prosjekteringsstadiet.

Tunneler med konstruksjon som ikke er godkjent innen 1. desember 2006, skal være underlagt kravene i denne forskriften.

For tunneler med konstruksjon som er godkjent, men som ikke er åpnet for offentlig trafikk innen 1. desember 2006, skal det etter nærmere bestemmelser fastsatt i § 13, jf. vedlegg II, foretas en vurdering av om de er i samsvar med kravene i denne forskriften.

For tunneler som allerede er åpne for offentlig trafikk per 30. november 2006, skal det etter nærmere bestemmelser fastsatt i § 14, jf. vedlegg II, foretas en vurdering av om de er i samsvar med kravene i denne forskriften.

§ 4. Forvaltningsmyndighet

Vegdirektoratet er forvaltningsmyndigheter med ansvar og koordinerende oppgaver for å påse at alle sider ved sikkerheten i en tunnel er ivaretatt, og å treffe de nødvendige tiltak for å sikre samsvar med innholdet i denne forskriften.

Vegdirektoratet skal gi tillatelse til at tunneler tas i bruk, i samsvar med framgangsmåten fastsatt i vedlegg II til forskriften. Før tillatelse gis skal det innhentes uttalelse fra brannvernmyndigheten.

Vegdirektoratet kan innstille eller begrense bruken av en tunnel, herunder spesifisere under hvilke forhold normal trafikk skal gjenopptas, dersom sikkerhetskravene ikke er oppfylt.

Vegdirektoratet skal påse at relevant organ

- a) regelmessig prøver og inspiserer tunneler og utarbeider sikkerhetskrav knyttet til dette,
- b) iverksetter organisasjons- og driftsmessige ordninger, herunder planer for håndtering av nødssituasjoner for opplæring og utrustning av redningstjenester,



- c) definerer framgangsmåten for umiddelbar stenging av en tunnel ved en nødssituasjon,
- d) gjennomfører nødvendige risikoreduserende tiltak.

For hver tunnel i det transeuropeiske vegnettet som grenser opp til Sverige eller Finland kan Vegdirektoratet vedta at det utpekes en felles forvaltningsmyndighet. Dersom det ikke foreligger felles forvaltningsmyndighet, skal Vegdirektoratets vedtak om trafiksikkerhet treffes med forhåndssamtykke fra det andre lands forvaltningsmyndighet.

§ 5. Tunnelforvalter

Regionvegkontoret er tunnelforvalter.

For hver betydelig hendelse eller ulykke som inntreffer i en tunnel, skal regionvegkontoret utarbeide en rapport. Denne rapporten skal sendes til sikkerhetskrolløren nevnt i § 6, til Vegdirektoratet og til redningstjenestene innen maksimum en måned fra hendelsen eller ulykken inntraff.

Dersom en undersøkelsesrapport utarbeides med en analyse av omstendighetene rundt hendelsen eller ulykken eller konklusjonene som kan trekkes av den, skal regionvegkontoret senest en måned etter mottak av rapporten sende den til sikkerhetskrolløren, Vegdirektoratet og redningstjenestene.

For hver tunnel i det transeuropeiske vegnettet som grenser opp til Sverige eller Finland, skal ansvaret for tunneldriften ligge til en felles tunnelforvalter.

§ 8. Sikkerhetstiltak

Alle tunneler som omfattes av forskriften skal oppfylle minstekravene til sikkerhet fastsatt i vedlegg I og II til forskriften.

Dersom enkelte av de konstruksjonsmessige kravene som er fastsatt i vedlegg I bare kan oppfylles ved tekniske løsninger som enten ikke kan gjennomføres eller bare kan gjennomføres til en uforholdsmessig høy kostnad, kan Vegdirektoratet godkjenne at det treffes alternative risikoreduserende tiltak, forutsatt at de alternative tiltakene vil føre til likeverdig eller forbedret vern. Virkningene av slike alternative tiltak skal påvises ved en risikoanalyse i samsvar med bestemmelsene i § 10.

Vegdirektoratet skal underrette EFTAs overvåkingsorgan om de alternative risikoreduserende tiltakene som er godkjent, og skal gi en begrunnelse for tiltak som er godkjent for tunneler på det transeuropeiske vegnettet.

Første til tredje ledd får ikke anvendelse på tunneler på prosjekteringsstadiet som nevnt i § 2 annet ledd, jf. § 12.



Vegdirektoratet kan fastsette strengere krav dersom kravene ikke strider mot direktivet 2004/54/EF.

Vegdirektoratet kan gjøre unntak fra krav om nødutgang for tunneler kortere enn 10 km og med en årsdøgntrafikk under 4.000 kjøretøy per kjørefelt dersom en risikoanalyse viser at tilsvarende eller bedre sikkerhet kan oppnås med alternative tiltak.

9. Periodiske inspeksjoner

Vegdirektoratet skal utføre jevnlige inspeksjoner for å påse at alle tunneler som omfattes av forskriften, er i samsvar med krav fastsatt i forskriften.

Tidsrommet mellom to inspeksjoner av en tunnel skal ikke overstige seks år.

Dersom Vegdirektoratet finner at en tunnel ikke tilfredsstillter kravene i forskriften, skal det underrette regionvegkontoret og sikkerhetskontrolløren om at det må treffes tiltak for å styrke tunnelsikkerheten. Vegdirektoratet fastsetter vilkår for fortsatt bruk eller gjenåpning av tunnelen eller andre restriksjoner eller vilkår som skal gjelde inntil utbedringstiltakene er iverksatt.

Dersom utbedringstiltakene medfører vesentlig endring i tunnelens konstruksjon eller bruk, skal det straks disse tiltakene er gjennomført gis ny brukstillatelse for tunnelen, i samsvar med framgangsmåten fastsatt i vedlegg II.

§ 10. Risikoanalyse

Risikoanalyse skal gjennomføres av et organ som er funksjonsmessig uavhengig av tunnelforvalter. Innholdet og resultatene av risikoanalysen skal tas med i sikkerhetsdokumentasjonen som framlegges for Vegdirektoratet.

Vegdirektoratet skal påse at risikoanalysen utføres etter en detaljert og godt definert metode som er i samsvar med den beste praksis som foreligger. Vegdirektoratet skal underrette EFTAs overvåkingsorgan om den metode som anvendes.

Vedlegg I. Sikkerhetstiltak nevnt i § 8

2. Tiltak angående infrastrukturen

2.1 Antall løp og kjørefelt

- 2.1.1. Forventet trafikkvolum og sikkerhet er hovedkriteriene for å bestemme om det skal bygges tunnel med ett eller to løp, og det skal tas hensyn til slike aspekter som prosentandelen tunge



lastebiler, stigning og lengde.

- 2.1.2. Når en 15-årsprognose viser at trafikkvolumet vil overstige 10.000 kjøretøy per døgn per kjørefelt, skal det for tunneler på prosjekteringsstadiet i alle tilfeller finnes en toløpstunnel med enveistrafikk på datoen da denne verdien er oversteget.
- 2.1.3. Med unntak av havarifeltet, skal det samme antall kjørefelt opprettholdes inne i og utenfor tunnelen. Enhver endring i antall kjørefelt skal forekomme i tilstrekkelig avstand før tunnelportalen; denne avstanden skal være minst den avstand som et kjøretøy tilbakelegger på 10 sekunder når det kjører i høyeste tillatte hastighet. Dersom geografiske omstendigheter forhindrer dette, skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten.
- 2.9. *Ventilasjon*
 - 2.9.1. Konstruksjon, bygging og drift av ventilasjonssystemet skal ta hensyn til:
 - kontroll med forurensende stoffer som slippes ut fra veggående kjøretøyer, under normale trafikkforhold og i trafikksterke perioder,
 - kontroll med forurensende stoffer som slippes ut fra veggående kjøretøyer når trafikken stanses på grunn av en hendelse eller ulykke,
 - kontroll med varme og røyk i tilfelle brann.
 - 2.9.2. Det skal være montert et mekanisk ventilasjonssystem i alle tunneler som er lengre enn 1.000 meter med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøyer kjørefelt.
 - 2.9.3. I tunneler med toveistrafikk og/eller enveistrafikkork, skal ventilasjon i lengderetningen være tillatt bare dersom en risikoanalyse i henhold til § 10 viser at det er akseptabelt og/eller dersom det er truffet konkrete tiltak, som hensiktsmessig trafikkregulering, kortere avstand mellom nødutganger, røykavtrekk med jevne mellomrom.
 - 2.9.4. Tverrgående eller halvveis tverrgående ventilasjonssystemer skal brukes i tunneler der det er nødvendig med et mekanisk ventilasjonssystem og ventilasjon i lengderetningen ikke er tillatt i henhold til nr. 2.9.3. Disse systemene må kunne fjerne røyk i tilfelle av brann.
 - 2.9.5. I tunneler med toveistrafikk, med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøyer per kjørefelt, som er lengre enn 3.000 meter og med kontrollsentral og tverrgående og/eller halvveis tverrgående ventilasjon, skal det treffes følgende minimumstiltak med hensyn til ventilasjon:



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

COWI

- det skal være montert luft- og røykavtrekksspjeld som kan betjenes enkeltvis eller i grupper,
- lufthastigheten i lengderetningen skal overvåkes konstant og ventilasjonssystemets styringsprosess (spjeld, vifter osv.) skal justeres ut fra dette.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

COWI

Vedlegg B: Mail om tillatelse av bruk av bilder

Fra: Nordbø Bård Asle

Sendt: 12. april 2016 13:18

Til: Firmapost-Vest <firmapost-vest@vegvesen.no>; Firmapost - VD <Firmapost-VD@vegvesen.no>

Emne: 16/52683-1 - Spørsmål om bruk av bilder/ figurer fra håndbok N500 ifm hovedoppgave

Hei.

Det er greit hvis det står «Statens vegvesen» under bildene.

Med hilsen
Bård Asle Nordbø

Grafisk senter

Postadresse: Statens vegvesen Vegdirektoratet, Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO

Besøksadresse: Lagårdsveien 80, STAVANGER

Telefon: +47 51911443 **Mobil:** +47 99265093 **e-post/Lync:** bard.nordbo@vegvesen.no

www.vegvesen.no **e-post:** firmapost@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?



Vedlegg C: Intervju med Statens Vegvesen Region Sør

Intervjuguide

- **Presentere seg selv:** Vi er tre studenter som går 3. året branningeniør og studerer på Høgskolen Stord/Haugesund.
- **Informere om prosjektet og hva man kommer til å stille spørsmål om:** Vi arbeider med bachelorprosjekt som omhandler ”Røykventilasjon i tunnel, for å ivareta brannvesenets innsats og selvbergingsprinsippet”
- **Si litt om betydningen av å være med på intervjuet, og tilbakemelding og om resultatet:** Intervjuet med de enkelte skal gi et overblikk over hvordan de opplever dagens situasjon, med tanke på dimensjonering av røykventilasjonen i undersjøiske tunneler.
- **Gå gjennom hvordan intervjuet dokumenteres, og hva som gjøres med datamaterialet når prosjektet er avsluttet:** Det skal brukes båndopptaker for å dokumentere intervjuet. Videre skal det transkriberes. Datamaterialet skal brukes for å dokumentere ulike synspunkt på røykventilasjon i tunnel, dette skal brukes i den kvalitative delen av bacheloroppgaven. Om det er av interesse kan bacheloroppgaven sendes, når den er ferdig.
- **Garantere anonymitet eller sikre tillatelse til å bruke dataene hvis informanten skal kunne identifiseres:** Det får være opp til den enkelte.
- **Informere informantens rett til å avbryte intervjuet når som helst:** Informanten kan avbryte intervjuet når som helst.
- **Antyde hvor lenge intervjuet vil vare:** ca. 1 time.

Hvilke tunneler har statens vegvesen tilknytning til?

Vi har tilknytning til alle riksveier, internveinette våres, og hovedvegnettet våres. I tillegg så har vi et samarbeid med fylkeskommune for å drifte og forvalte fylkeskommunale vegnettet. Så det innbefatter det de tunnelene som da ligger innfor demmes eierskap.

Hvilken rolle har statens vegvesen i forhold til tunneler?

Vi har mange roller her, vi har både en tunnelforvalter og vi kan si at vi har et eierskap til tunnelene, vi planlegger prosjekter og bygger for tunneler byggherre for og drifter tunneler



etter de er bygd og åpnet for trafikk. Vi har både eierskap, byggansvar og et forvaltningsdriftansvar.

Hva mener du om dimensjoneringsmetoden for røykventilasjon i undersjøiske tunneler?

Da tenker du mest på metode eller det er jo en beregningsmodell det her som brukes, og den tar hensyn til stigning, trykkmeteorologiske endringer av trykk og lufttrykk på utsiden av tunnelen det er jo en friksjon, en motstand i en lang tunnel og så føler jeg at metoden vi bruker er ganske god.

Det begrunner jeg med at vi har beregnet modellen, så testkjører vi de i ettertid for å se om vi har oppnådd av ventilasjon, skyvekrefter og hastighet på luft.

Det er riktig og viktig at på ekstreme meteorologiske dager, med skikkelig uvær og storme, så hender det jo at naturen gir oss noen utfordringer. Men jeg føler nok at dimensjoneringsverktøyet er godt.

Hvordan forholder statens vegvesen seg til lovverk og forskrifter.?

Når det gjelder tunneler, så er det et EU direktiv fra 2004. Som på en måte er en bunnplattform på det regimet vi bygger tunneler etter i dag. I 2007 kom Tunnelsikkerhetsforskriften, den norske Tunnelsikkerhetsforskriften som er avskrevet fra det EU direktivet som kom 3 år tidligere, i tillegg har vi veinormalen handbok N500, jeg føler vi er gode til å holde oss innenfor normalen og lovverket.

Blir brann og eksplosjonsvernloven fulgt, med tanke på brannsikkerhet?

Som grunnlag for veinormalen ligger det eksterne lover og regelverk som samles inn i de kravene som dimensjoneres i veinormalen, i den forstand at vi at vi kan si de tabbene vi har fått, de påleggene vi bruker, vi er pålagt å bruke i veinormalene, ivaretar det, mener jeg at det er riktig å si ja på det.

Følger Statens Vegvesen bestemmelsene i Tunnelsikkerhetsforskriften?

Ja, jeg har jo jeg kan jo nevne en liten utfordring vi har der, er jo at vi har i Tunnelsikkerhetsforskriften, nå må jeg tenke meg litt om her, det er jo i i punkt 2.2.2 mener jeg eller 2.2.1, ja men i et av forskriftskravene er det sagt jo at at vi ikke skal ha brattere enn 5 % i lengderetningen. Mens veinormalen åpner for 8 %, i lavtrafikkerte tunneler.

Da snakker vi om den veinormalen som er gyldig fra 2010, N500 fra 2010

Så det, er jo egentlig en form for en mismatch i utgangspunktet, men forskriften har gitt oss en mulighet til å få en brattere tunnelloseringer der det ikke er annen løsning på grunn av



geografi og det er mange av de undersjøiske tunnelen som er brattere, som ender opp på en øy, holme som gjør at geografien tvinger oss til oss en del dårlige løsninger. Det er en utfordring for oss at vi har Vestlandet som gir oss noen begrensninger men vi er nok mellom håndbok og Tunnelsikkerhetsforskriften er det nok en utfordring i tolkning her da.

Er det slik at håndbok N500 har fått fullmakt fra vegdirektoratet for å bestemme planlegging og retningslinjer for tunnel?

Men Tunnelsikkerhetsforskriften da som er jo litt på mange måter er litt strengere i forhold til den der stigningsgrad da.

Dersom vi har forstått det rett har det seg slik at brann- og eksplosjonsvernloven delegerer ansvaret for branntiltak i tunnel mellom kommune og sentrale tilsynsmyndigheter. Hvordan fungere dette i praksis?

Det synes jeg fungerer bra, alle tunneler som bygges i Norge i dag og med lengde med over 500 m blir oppført som særskilt brannobjekt. Dermed blir det en del av et spesielt objekt som den kommunes brannvesen er nødt til å dimensjonere seg til i forhold til, hvis de ikke har noen tilsvarende fra før av.

Det kjøres jevnlig øvelser både i anleggsfasen og i driftsfasen når tunnelene tas i bruk, det er Statens vegvesen som er med på å gjennomføre de øvelsene på alle nivåer og jeg føler det er bra ivaretatt.

Statens vegvesen håndbok N500 dimensjonerer ventilasjonssystemer for tunneler opptil 10 km. Hva skjer når tunnelen er lengre enn 10 km?

Da har ikke håndbokkravene en gyldighet, så da kjøres det en risikoanalyse som tar for seg problemstillinga og eventuelt den vurderinga, videre blir den sendt til vegdirektoratet for godkjenning. Da blir det gjort en spesiell dimensjonering for det anleggene som går utafør håndbokdefinisjon, og på en måte gi en godkjenning spesielt for det enkelte prosjektet.

Blir ventilasjonssystemet dimensjonert i lengderetning eller tverrgående(kanaler) i undersjøiske tunneler?

Alle undersjøiske tunneler med lengderetning har en langsgående ventilasjon, vi har mer unntak av Karmøy som har har sjakt som ventileres i. Bømlafjordtunnelen oppe i Bjørøy og alle de der har langsgående ventilasjon. Det er svært få som har sjakt eller som har et form for tverrslag.

For Tunnelsikkerhetsforskriften sier at den skal være tverrgående, dersom det ikke ligger til grunn en risikoanalyse som sier noe annet. Hvorfor er kravet da tverrgående?



Ja, men når du er midt under en fjor har du ingen mulighet enn å komme ut noen andre steder enn i havet. Det er praktisk, men i Haugesund T-forbindelsen er det mulig fordi du går fra karmøy inn under også er det opp og ned under den neste fjordarmen, som gjør at du har muligheten til å ha den sjaktventileringa.

Hvorfor er kravet da tverrgående i undersjøiske tunneler? Tunneler generelt i Tunnelsikkerhetsforskriften.

Det er jo fordi den er lufta på EU direktivet i 2004 som er laget i brussel som nok ikke har tenkt på det særnorske utfordringene som en fjordkryssing er. Unntak av Hjælpaldertunnelen(?) mellom frankrike og England og Sverige til Danmark finnes det knapt noen undersjøiske tunneler i de landene ned over der, der forskriften direktivet blir laget. Jeg tror nok det er mer den her oppkalle tilpassinga til norske til forhold som har gjort at vi har havna i det her. Vi har ikke noe alternativ for å si det sånn. Men så kan man jo tenke på det, sånn som i Ryfastforbindelsen i Rogaland bygges det jo 13,5 km toløps tunnel, i fra Tau og over til Stavanger, og da vil man jo da få tverrslag mellom de to tunnellopene som gjør at man har et annet sikkerhetsnivå. Det jobbes jo kontinuerlig med det her, og det gir jo å fleksibilitet med hensyn til ventilasjon

Er det slik at gamle tunneler er i stand til å arbeide på rundt 60 % av design kapasitet?

Det skal jeg forklare deg, det er nesten sant det som står der. Men det er ikke helt sant. De gamle tunnelene, vi har to typer vifter vi bruker i de her langsgående ventilasjon, det er symmetriske vifter som brukes så å si 100 % i dag, så har vi noen som vi kaller asymmetriske vifter som vi har brukt tidligere. Forskjellen på de to viftetyperne er det at hvis du ønsker å snu ventilasjonsretningen, reversere lufta, så har symmetrisk vifte akkurat den samme skyvekrafta når du reverserer som når du kjører i normalsituasjon. Mens en gammel asymmetrisk, den har 100% skyvekraft i den retningen du har planlagt å ventilere og hvis du må reversere den vifta, eller finner ut at innsatsen må gjøres på en annen måte, slik at du må snu ventilasjonen så vil du få ca. 60 % av 100 % kapasitet som du har i normalventilasjonsretningen. Så det er bakgrunn for akkurat den 60 %, så du har ikke samme ventilasjonskapasitet i to retninger på de gamle ventilatorene.

Har du deltatt i prosjekteringen av Rogfast?

Nei, ikke vært inn i prosjekteringen, men har vært på en del prosjekteringsmøter for Rogfast tidliger.

Vet du hvordan den ble prosjektert med hensyn på ventilasjon?



ja, i grove trekk, blir det en hoved ventilasjon i vært i de to tunnellopene, i tillegg så blir det hovedventilasjon som vil være styrt på den måten som i en normalsituasjon hvor det vil bli ventilert med trafikketningen. Kjører du i nordgående løp, vil du ha lufta med deg nordover. Men ved brann i et av løpene så vil brannventilasjon aktivert og du vil få brannventilasjon i samme retningen i begge løpene.

Det er blant annet fordi hvis man ventilerer i normalsituasjon, og ventilerer med trafikketningen, så vil du oppleve ved en brann i nordgående løp, vil du da sugge inn den røyken i fra nordgående løp, vil den da bli sugd inn i sørgående løp og bli med og fylle røyk i det rommet. Brannventilasjon i samme retning i begge løpene

Men drift ventilasjon følger trafikketningen. I tillegg vil det jo være en utfordring for Rogfast, fordi at det skal drives en fylkesvei ifra et (xxx) opp til Kvittsøy. Som å må håndteres særskilt i forhold til brannventilasjonstekning.

Hva mener du om dimensjoneringsmetoder for røykventilasjon for å ivareta brannvesenets innsats og personsikkerheten til bilister?

Nå det er litt forskjell på hvilke tunneltyper vi snakker om her, for de moderne toløpstunnelene med enveis i hvert løp, så er dimensjoneringa godt ivaretatt. Vi vil få evakueringsmulighet for hver 125-250 m litt avhengig av tunnelklasse og trafikkmengde vi snakker om. Du vil jo hele tiden ha mulighet til å rømme over i et friskt tunnellop. For tunneler, type Bømlafjord, som er etløps tunneler med toveis trafikk så er dimensjoneringen og innsatsen den der brannventilasjonen, den er styrt fra innsatsen fra brannvesenet. Sånn at brannvesenet går inn i en situasjon med frisk luft i ryggen. Det betyr at alle som er nedstrøms eller på feil side av en hendelse kan jo i verst tilfelle bli fanget i røyken, sånn som skjedde i Gudvangtunnelen.

Vil du si at dimensjoneringsmetoden for røykventilasjon er god nok i 2016?

Jeg mener den er god nok på toløpstunneler, men den kan nok være tilbøyelig og si at i etløpstunnelene med toveistrafikk har noen utfordringer.

Forskriftene er lovverket våres, veinormalen er jo da bygd opp i forhold til forskriften som du da skjønner i samtalen har vi litt sånn tolkningsutfordringer på stigningsproblematikk for forskriften gir en åpning men vi har vel kanskje tolka det vidt og bredt og gitt oss selv ganske stor romslighet som vi nok ikke kommer til å gjøre i fremtiden.

Jeg tror ikke at det kommer til å bygges så mange undersjøiske vegtunneler, og krever det stigning over 5 %, men det har vi gjort i tiden bak oss.



Vedlegg D: Intervju med Brannsjefen i Karmøy brann- og redningsvesen

Intervjuguide

- **Presentere seg selv:** Vi er tre studenter som går 3. året branningeniør og studerer på Høgskolen Stord/Haugesund.
- **Informere om prosjektet og hva man kommer til å stille spørsmål om:** Vi arbeider med bachelorprosjekt som omhandler ”Røykventilasjon i tunnel, for å ivareta brannvesenets innsats og selvbergingsprinsippet”
- **Si litt om betydningen av å være med på intervjuet, og tilbakemelding og om resultatet:** Intervjuet med de enkelte skal gi et overblikk over hvordan de opplever dagens situasjon, med tanke på dimensjonering av røykventilasjonen i undersjøiske tunneler.
- **Gå gjennom hvordan intervjuet dokumenteres, og hva som gjøres med datamaterialet når prosjektet er avsluttet:** Det skal brukes båndopptaker for å dokumentere intervjuet. Videre skal det transkriberes. Datamaterialet skal brukes for å dokumentere ulike synspunkt på røykventilasjon i tunnel, dette skal brukes i den kvalitative delen av bacheloroppgaven. Om det er av interesse kan bacheloroppgaven sendes, når den er ferdig.
- **Garantere anonymitet eller sikre tillatelse til å bruke dataene hvis informanten skal kunne identifiseres:** Det får være opp til den enkelte.
- **Informere informantens rett til å avbryte intervjuet når som helst:** Informanten kan avbryte intervjuet når som helst.
- **Antyde hvor lenge intervjuet vil vare:** ca. 1 time.

Hvilken erfaring har du med brannvesenets innsats i tunnel, og rundt temaet tunnel?

Vi har sluppet alvorlige hendelser i lokale tunneler, men jeg har vært med på T-forbindelsen 2006, de første rundene av Rogfast begynte også da. Har krangla og diskutert med Vegvesenet i etterkant.

Dere har jo tilknytning til T-forbindelsen, hva er ansvaret der?

Har to av munningene, den tredje munningen har Tysvær

Hvilke oppgaver har dere under brann i tunnel?



Vi er innsatsstyrken sånn sett, det er laget en ferdig beredskapsplan for T-forbindelsen, der er Karmøy og Tysvær partene. Lagt inn nye responser med det nye nødnett, da er det mer automatikk. I nødnett er det ferdig programmert inn, hvilken type brann det er, dermed er styrkestørrelsen forhåndsbestemt, og det skiller mellom brann og vanlige ulykker. Lik respons som normalt dersom det ikke er brann.

Har dere tilstrekkelig med utstyr for innsats i T-forbindelsen?

Det er vel ingen i brannvesenet som ikke vil ha mer utstyr, men vi er godt utstyrt i forhold til mange andre. Hadde jeg sagt ja til det hadde vi måttet stenge tunnelen. Vi har og dialog med Vegvesenet, men vi var i ferd med å stenge tunnelen den dagen den skulle åpnes med tanke på at det var uenigheter med tanke på prosjektering og sikkerhetsnivå.

Løsningene på prosjekteringsnivå ble sendt til Vegvesenet for godkjenning, mens de hadde plukket vekk deler av løsningen, som vi mente gikk utover den helhetlige sikkerheten. Vi mener en ny tunnel skal være på et nivået som er i henhold til regelverket. Da ble det en diskusjon mellom oss og Vegvesenet, og jurister var inne i bildet. Da prosjektet startet var T-forbindelsen en riksvei, mens underveis i prosessen ble denne veien endret til fylkesvei. Da datt den utav regelverket og det var mindre strenge krav. Vi mener det er bruken og belastningen som skal ha noe å si for sikkerhetsnivå, ikke hvilket navn man setter på veien. Vi godkjente til slutt åpningen og de satte inn noen ekstra tiltak.

Vi mener at de har satt inn en alt for lav ÅDT. den skal være satt til 20 år frem i tid, mens denne er allerede nådd for T-forbindelsen.

8 Hva er den største faren dere eksponerer dere for under innsats? (Hvordan påvirker/begrenser den faren deres oppgaver under brann)

Det går på angrepsretning. Det som er lagt inn i våre rutiner, er at vi aldri skal angripe en brann ovenfor der brannen er. Ventilasjonssystemet stiller seg automatisk slik at røyken først presses oppover (hvis mulig) for så å gå nedover. (utformingen til de tre løpene er som u'er med rundkjøringen som en topp.)

Det er høyere risiko i tunneler, så vi ønsker ikke å sende for mye mannskap før vi har god kontroll og de har vinden i ryggen. Det er kamera overvåkning i hele tunnelen, det ble lovet at det skal sendes til 110 sentralen, men det har enda ikke blitt utført. Dersom vi har slukket brannen, men det fremdeles er røyk i systemet, kan det risikeres at brannvesen blir kjørt ned av personer. Det har vært et problem før, spesielt i Oslofjordtunnelen. Dette er langinnsatser, så det vil være en sterk belastning på personer.



Hva mener du er den største forskjellen på brann i undersjøiske tunneler kontra ”vanlige” tunneler? (uten den stigningsprosenten)

De termiske kreftene i brann kan snu retningen på røyken, i fjelltunneler vil røyken gå en gitt vei, mens i undersjøiske tunneler vil muligens brannen være så sterk at den vil kunne gå imot røykventilasjonsystemet.

Mulighet for å endre retning på ventilasjonen? Er det brannvesenet som styrer røykventilasjonen i T-forbindelsen?(Dersom ikke, hvem har ansvar?)

Ja, det er VTS'en som styrer, vi kan styre det, men det skal litt til for at vi skal gripe inn. Det er de som har kameraovervåkning og ser hvor ting er. Det ville isåfall være et samarbeid, hvor vi skulle tatt kontakt med dem. Vi har mulighet til å endre selv, men det vil nesten aldri skje.

Hva mener du om standarden for dimensjoneringen av røykventilasjon i tunneler?

Vet ikke om det har kommet noe nytt i senere tid, men det strides en del om hvordan alt stemmer i den. Det som har vært problemet er at når man prosjekterer tunnelene vil de ikke dimensjonere med høy nok brannbelastning som følge av hendelser. Det er det som er problemet, ikke selve ventilasjons dimensjoneringen.

Vi klarte å krangle oss opp til en større MW brann belastning i T-forbindelsen, men det burde likevel blitt lagt opp til en større belastning. For Vegvesenets del er det økonomien det står på, det vil kreve større anlegg, mer strømforbruk, dyrere drift. Så det er andre hensyn som spiller inn fra deres side.

Hva mener du om dimensjoneringen av røykventilasjon i T-forbindelsen?

I etterkant har det kommet mer kunnskap som tilsier at det ikke vil være dekkende i forhold til store branner. Lurer på om det var 20-25 MW dimensjoneringen endte opp med her, det var høyt da, men dette er snart 10 år siden, så det har kommet flere fakta på bordet etter det, og det burde nok vært dimensjonert til 50-100MW

For vår del, siden vi har flere angrepsmuligheter, det er brannstasjoner på alle 3 endene, så har ikke vi noe problem med at vi må sende mannskap ned mot brannen, slik de kanskje må andre plasser. Noen plasser er brannstyrken kun i èn ende, da sliter de. Den slipper vi, men det er en utfordring for det.

Dere kan manipulere ventilasjonssystemet slik dere vil?

Nei, men det trengs ikke i like stor grad siden vi har så mange angrepsmuligheter. Brannvesenets strategi har blitt bedre med årene.



Mener du regelverket for røykventilasjon i dag er klart og tydelig?

Når det er et frivillig regelverk, har det ikke alltid så mye å si hvor tydelig det er. Det er jo ikke noe forskriftskrav. Det er en stund siden jeg har jobbet med det, kjenner ikke til alle detaljene, men det går litt på dimensjoneringen på tunnelen. Det som har noe å si er hva det blir prosjektert som. Det er ikke så mye hjelp i regelverket ettersom det ikke er skikkelig definert.

Er det et ønske om en oppgradering av ny standard for dimensjonering av røykventilasjon i tunnel?

Ja, hvis de hadde brukt den. Hvis den hadde vært bindende i forhold til de som prosjekterer tunnelene, det er lett å definere seg utav problemstillinger, som i vårt tilfelle der det plutselig blir kalt fylkesvei, så slapp de unna en del krav. Det spørres hvordan det blir brukt og.

Så du mener det er en del hull i regelverket som gjør at det er lett å "gå rundt det"?

Ja, hvis ikke det er kommet noen justeringer, jeg har ikke fått sett alt det, men for noen år siden var det en utfordring. Som for bygg, vanlige bygninger er det bruken som definerer kvaliteten på det. For tunneler for et par år siden var det ikke slik. Men der er vi og Vegvesenet litt uenige, vår mening og Tysvær sin mening er den samme. Vegvesenet har en del økonomiske hensyn å forholde seg til, det er problematisk for dem å få til noe slik i en sein fase. Deres oppgave er å bygge tunneler, og måten de gjør det på er grei nok, men vi mener at det bør være 100%, ikke bare nesten.

Mener du da at det økonomiske aspektet kan gå litt på sikkerheten løs, at dere måkrangle mye for å få frem deres meningen?

Ja, det har vi erfart her, og jeg vet det skjer andre plasser også.

Har dere deltatt i prosjekteringen av Rogfast tunnelen?

Jeg har vært med Norconsult på den første omgangen, og litt i etterkant i runde nr. 2, men det er mer som diskusjonspartnere, vi er ikke en del av de som prosjekterer det, mer som en referansegruppe. På lik linje med flere av de i Stavanger. Kenneth Vik og Frode Strøm var mer med. Med flere.

Tanker om en så lang undersjøisk tunnel?

Kan bli større konsekvenser, men slik Rogfast er lagt opp nå med kjørbare porter mellom de forskjellige løpene, vil dette være mye tryggere enn i f. eks. T-forbindelsen. I Rogfast, selv om det er lang lengde, er det allikevel ikke så lang vei til sikkert sted, så sann sett er jeg ikke mer bekymret for den.



Var det noen gang snakk om å ha to løp i T-forbindelsen?

Nei, helt i startfasen, nesten stygt å sei det, men då fikk vi beskjed fra internt i kommunen at vi ikke skulle stikke noen kjepper i hjulene vi heller, for da kunne vi risikere at det ikke ble noen tunnel i det heletatt. Det var på det nivået, men det er 10 år siden, så de som sa det har forsvunnet nå, men det er slikt vi må forholde oss til, men akkurat på den tiden var det vanskelig å komme videre med det, tror ikke Vegvesenet hadde så stort fokus på den biten, men de har blitt mye flinkere i nyere tid. Det har vært konferanser og enormt stort fokus på det, så de i Vegvesenet har nok mye større fokus på det nå i dag.

Har du noen tiltak som kan være med på og ivareta selvbergingsprinsippet?

Kan en løsning være høyttaleranlegg eller noe lignende?

Selvbergingsprinsippet er utfordrende, slik det blir uttalt fra offentligheten tror man ikke at folk som bruker tunnelene vet at det er slik det er. Man forventer å bli berget av noen. Jeg er skeptisk til høyttalere, det måtte vært forskjellige beskjeder i forskjellige deler av tunnelen. Hvis det er en melding i hele tunnelen kan det misforstås i forhold til hvor man er. Det har vært mye diskutert ang. merking i tunneler, dette ble diskutert for T-forbindelsen før det ble satt opp kamera. Personer vet hvilken retning de kommer fra, men ikke hvor de er. Noen vet ikke at det er flere armer, så det er ikke lett uansett, men jeg ser sånn som nye store tunneler slikt som Rogfast, der det har blitt lagt inn kortere vei til sikkert sted, med at de kan komme seg over i andre løp der det er overtykk i forhold til delen med røyk, så blir det et helt annet sikkerhetsnivå. Når jeg begynte i Rogfast planleggingen i 2006 så var det snakk om 1 løp der og, men da klarte de brannfaglige med konsulenten å være enige om at det måtte være to løp, og det gikk Vegvesenet med på. Hadde det vært 1 løp hadde jeg vært bekymret.

Hvordan forholder dere dere til standarden kontra Vegvesenets håndbok?

I fasen med T-forbindelsen var det forhandlinger på hvilke profiler som skulle velges, men så var det kranling/diskutering, for vi ville ha bedre sikkerhet og de tenkte økonomi. Så vi måtte gi og ta i startfasen for å få bedre sikkerhet. Når vi skal ha dialog og komme videre med Vegvesenet, så er det deres håndbøker vi må forholde oss til, og argumentere utifra dem. Vi har et direktorat over oss og de gi oss lite støtte i slike saker. De vil holde seg passive og det har vi hatt mange tilfeller der vi har bedt dem om å kommentere og å involvere seg i problemstillinger vi har med Vegvesenet. Der har de holdt seg passive eller forholdt seg til det Vegvesenet sier. De vil ikke lage problemer med dem.

Hva er navn på dette direktoratet?



Samfunnsikkerhet og beredskap, vårt direktorat. DSB

Mener du at dagens standard til røykventilasjon er god nok med tanke på deres sikkerhet og innsats under en tunnelbrann?

Det er vanskelig å gi et helhetlig svar på det, men det som er viktig er hva som har blitt prosjektert, størrelse på ventilasjon i forhold til størrelse på potensiell brann. Vi har en tunnel med tre utganger. Usikker på om kunnskapen er god nok hos alle konsulentene foreløpig for å kunne gjøre riktige vurderinger for hvilke påvirkning det vil få dersom man bruker de kravene som er i dag. Som f. eks Rogfast som kanskje vil ha løp med forskjellig trekkretning og munning på omtrent samme plass i tillegg til å ha sjakter. Det blir kjørt i modeller og slikt, men det er nok ikke lett å kvalitetssjekke. Jeg er glad jeg ikke er den konsulenten som skal prosjektere det.

Er utforming og styring av røykventilasjon god nok til å ivareta brannvesenets innsats i undersjøisk tunnel i alle tilfeller?

Styringen er forsåvidt grei nok, vi har mulighet til å overstyre. VTS'en er lett å få tak i enten med telefonnummer eller via politisentralen.

Mener du at personsikkerheten til bilister og andre som oppholder seg i tunnel under brann blir ivaretatt?

Nei, med tanke på selvbergingsprinsippet så tror jeg ikke folk er innforstått med at det er det som gjelder. Jeg tror at dersom vi får en hendelse så vil det nok bli en del utfordringer på samme måte som det de har slitt med i Oslofjordtunnelen. F. eks hvis det tar en stund for oss før brannen blir meldt og varslet og vi får lokalisert den, vil røyken gå i begge retninger før vi får snudd den der den skal. Et problem er at folk ikke respekterer det med bommer, selv om bommen er gått ned, kjører folk forbi, fordi bommen ofte kun går ned på den ene siden av veibanen. Dette har vi opplevd i mange øvelser foretatt rundt omkring, fordi folk skal frem, og har ikke tid til å kjøre rundt. Folk respekterer ikke tiltakene som er satt heller, så da setter de seg selv i fare uten at de er klare over det. De kommer ned til røyken, dette skaper kaos da de vil prøve å snu bilen, og det bli krasjing og dunking, dette er en fare for dem selv, andre personer, samt brannvesen. Men slik er det dessverre og det har de erfart på de fleste hendelser som har vært alvorlige.

I Oslofjordtunnelen ble personer fanget i røyken. Er dette en bekymring i T-forbindelsen?



Ja, det er like aktuelt her. Der er slik at hvis det skjer en hendelse, spesielt med folk som kjører ned før alarmen har gått kanskje, men det kan være mye tungtransport, busser, det er fort gjort at det samler seg opp en del biler.

En avisartikkel som presenterte en undersøkelse som sa at 1/2 kvinner og 1/3 menn ikke visste at du må redde deg selv ut av en tunnel og at 50% visste lite om det med selvberging. Kan du tenke deg hvorfor det er så få som vet om dette? Burde blitt gjort noen tiltak som kunne gjort personer mer oppmerksomme på hva som faktisk gjelder?

Det er litt komplisert. Det ene er at Vegvesenet, DSB med flere ikke vil skape frykt, i og med at vi er totalt avhengig av dem. Dermed er det kanskje ikke så tydelig at det er det som gjelder. Det er en god del folk som har tunnellskrekk, så sånn fokus har de sikkert. Jeg vet ikke hvor tydelig det kommer frem i kjøreopplæringen, det er sjeldent skiltet om det, så det er nok litt på grunn av at de ikke vil skremme folk. Menn jeg er ikke overrasket over at flere ikke vet om det. Det er nesten for spesielt interesserte. Det er slik at i Norge har folk en forventning av et visst service tilbud og vi bor jo i et trygt land, så forventningene tilsier at de skal bli reddet.

Folk er kanskje litt naive, og har man hørt om selvbergingsprinsipp, så tenker man kanskje at det ikke gjelder dem selv uansett.

Kunne du tenkt deg en måte på å informert om det på, eller gjort det mer kjent, hvis det er et problem?

Det burde vært gjort, jeg tenker at nye tunneler burde bygges slik at redning kan ivaretas på en slik måte, men det er gamle tunneler det er problematisk for, med lav ÅDT så vil det være dyrt å gjøre noe med det, men allikevel så skal det ikke mye til. Har vi en personbil med 5 personer, så har vi 5 mann som stryker med, og slike ulykker skal ikke skje i Norge ble det sagt i en stortingsmelding for en del år siden. Men det er vanskelig å følge opp.

Har du en avsluttende kommentar?

Ikke noe spesielt, men det jeg registrerer i forhold til det jeg selv har vært involvert i er det i dag et mye bedre forhold spesielt mellom Vegvesenet og brannvesenet, i forhold til at vi har en felles sak vi jobber mot. Forskjellen er bare at for Vegvesenets del vil det koste mye å nå målet som er ønskelig, og de får begrenset med penger og det er en enorm mengde tunneler som ikke er gode nok, og i forhold til deres prioriteringer som gjør at de helst vil ta de tunnelene som er verst, mens vi i brannvesenet gjerne tenkte på våre egne tunneler. Så vi har hver våre oppgaver og hensyn å ta.



Det har blitt gjort en del tiltak i forhold til brannvesenet i forhold til innsatse, for eksempel så er slukkevann i tunneler en problemstilling som går igjen ofte. I T-forbindelsen ble vi enige om at det skulle være slukkevann hver 50 meter, men det ble en misforståelse i tolkningen i prosessen videre, slik at det endte opp med at vi kun fikk det hver 800-1000 meter, det er ikke brukende for oss. Det er en problemstilling man finner andre plasser også. En annen kommune der de hadde lagd vannreservoar med stigeledning som skulle frakte vann inn i tunnelen. Med den mengden med vann som var tilgjengelig var det ikke en gang nok til å fylle stigeledninger, så det er en del manglende kompetanse rundt omkring. Konkret hos oss har vi mulighet til å søke Vegvesenet om støtte til forskjellige tiltak. Vi har prøvd å søke tidligere, men kom ingen vei. Dette gjorde at vi valgte å bruke våre egne resursser på å bedre sikkerheten; kjøpt ATV med røykkamera i baugen, kjøpt utstyr til røykdykkere slik at de kan doble innsatsen, i tillegg er det lagt opp med tilhenger til ATV'en slik at vi kan kjøre folk ut, det kan være to km oppoverbakke, det er ikke for hvemsomhelst. Dette er tiltak vi har satt i gang pga. T-forbindelsen. I en del andre kommuner har de fått mye støtte. For to år siden kom det et temahefte, med veileder for hvordan vi kan søke om støtte til forskjellige ting. Vi vurderer å bruke den, men har ikke kommet til det enda. I tillegg er det IR kameraer, det er viktig for å finne folk i røyken. Det nytter ikke å gå der og ikke se noenting, og lete ut folk.



Vedlegg E: Intervju med Kenneth Vik i Rogaland brann og redning IKS

Intervjuguide

- **Presentere seg selv:** Vi er tre studenter som går 3. året branningeniør og studerer på Høgskolen Stord/Haugesund.
- **Informere om prosjektet og hva man kommer til å stille spørsmål om:** Vi arbeider med bachelorprosjekt som omhandler ”Røykventilasjon i tunnel, for å ivareta brannvesenets innsats og selvbergingsprinsippet”
- **Si litt om betydningen av å være med på intervjuet, og tilbakemelding og om resultatet:** Intervjuet med de enkelte skal gi et overblikk over hvordan de opplever dagens situasjon, med tanke på dimensjonering av røykventilasjonen i undersjøiske tunneler.
- **Gå gjennom hvordan intervjuet dokumenteres, og hva som gjøres med datamaterialet når prosjektet er avsluttet:** Det skal brukes båndopptaker for å dokumentere intervjuet. Videre skal det transkriberes. Datamaterialet skal brukes for å dokumentere ulike synspunkt på røykventilasjon i tunnel, dette skal brukes i den kvalitative delen av bacheloroppgaven. Om det er av interesse kan bacheloroppgaven sendes, når den er ferdig.
- **Garantere anonymitet eller sikre tillatelse til å bruke dataene hvis informanten skal kunne identifiseres:** Det får være opp til den enkelte.
- **Informere informantens rett til å avbryte intervjuet når som helst:** Informanten kan avbryte intervjuet når som helst.
- **Antyde hvor lenge intervjuet vil vare:** ca. 1 time.

Hvilken stilling har du?

Jeg er branninspektør, og jobbe i seksjon tilsyn, så min jobb i forhold til tunnel er gå tilsyn/ tilsyn av tunnel

Hvilken erfaring har du med brannvesenets innsats i tunnel og rundt det temaet tunnel?

Jeg er jo utdannet ingeniør, branningeniør, og jobbet i forebyggende både her og i et annet brannvesen, det andre var et mindre brannvesen, der hadde jeg og en deltidsstilling i beredskap, har ikke vært mer ute i feltet på innsats i tunnel, det har jeg ikke, har ikke jobbet med felt i det siste da.



Hvilke tunneler har dere tilknytning til?

Ja, vi har Byfjordtunnelen, Mastrafjordtunnelen, Finnøytunnelen, Byhaugtunnelen, Wergelandstunnelen, Storhaugtunnelen, Frafjordtunnelen, Kleppetunnelen, det er de tunnelene vi har registrert som særskilt brannobjekt og som vi har tilsyn i.

Hvilke oppgaver har dere under brann i tunnel?

Det er jo å redde liv og ... verdier, det er det som er prioriteringen

Hvilke oppgaver har dere under brann i Byfjordtunnelen? Er det forskjell på den tunnelen kontra andre tunneler? Med tanke på at den er undersjøisk.

Oppgavene er de samme, vi må inn og slokke brannen, det som kan vær forskjell fra tunnel til tunnel er beredskapsplanen og hvordan tunnelen er utstyrt, og hvordan vi kan bruke de tiltakene som er der, for det vil jo variere fra tunnel til tunnel.

Er det noen klare forskjeller? På en vanlig tunnel som er slett og en undersjøisk.

Sånn med innsats? Om dere gjør noen forskjell på det?

Det er jo den avstanden som er utfordrende, ta en kort tunnel da, Kleppetunnelen, som er beine, kontra Mastrafjordtunnelen, eller en undersjøisk; den ser du gjennom, så du har full oversikt på utsiden, mens her (undersjøisk) må du inn for å se brannen, nå har Mastrafjordtunnelen og Byfjordtunnelen blitt utstyrt med kamera, så nå har vi mulighet til å se brannen selv om vi ikke kjører inn, men vi må uansett inn på et tidspunkt... så det er avstanden som er utfordrende. Og... ikke minst når det er avstand så kan vi ha mange personer, biler, brukere inni i tunnelen ved en hendelse. Og de må evakuere som er en stor utfordring med de avstandene.

Har dere tilstrekkelig med utstyr for innsats i Byfjordtunnelen?

Hvis vi deler det i to da; Slokkeinnsats skal vi alltid klare hvis vi har ventilasjonen i ryggen og kommer til brannen og får slokke ned en vanlig bilbrann eller mindre lastebilbrann, det skal ikke være noe problem. Men jeg tenker i forhold til evakuering, redde personer, og om det er snakk om mange personer, så er vi litt, ... Så skulle vi kanskje hatt mer utstyr i forhold til det.

Hva er den største faren dere eksponerer dere for under innsats?



I forhold til at vi har ventilasjonen i ryggen så har vi røyken borte fra oss, så vi er jo veldig trygge der, største faren er vel kanskje en stykkgoods lastebil eller farlig gods, der vi ikke vet hva som brenner, da kan jo alt skje, da er det vel en fare. Vi har jo for lite ventilasjon, hvis den svikter, og plutselig kommer mot oss, så kan faktisk vi også være fanget, så vi avhenger av at de tiltakene som er der virker.

Har du vært bort i at det er for lite tillitt til ventilasjonen?

Nei, det har jeg ikke, har full tillitt

Hvordan påvirker det eller begrenser den faren deres oppgaver?

Ja, i forhold til at hvis det er farlig gods, så er det jo snakk om å få avstanden, da er det mer usikkert om vi skal inn i tunnelen. Hvis det går galt, så går det skikkelig galt. Det er helst det, men i en vanlig brann så er det vel en xxx da hvis den skal trekke noe fare i forhold til innsats.

Hvordan påvirker røykens retning deres oppgave under innsats?

Hvis vi har frisk luft så er det enkelt. Det høres jo veldig... men det er hvert fall lettere, du ser brannen og du kommer deg i friskt miljø. Så i forhold til innsats er jo ventilasjonsretningen viktig

Hva er den største faren ved brann i undersjøiske tunneler?

De er ofte, som jeg sa, lange og at du ikke har oversikt, du må langt inn for å observere brannen og at det betyr jo at det kan være mye biler som skal ut... så det er at mange blir hardt skadet, er den største faren.

Hvor langt går dere inn? Er det også avhengig av styrken på ventilasjonen?

Ja, hvis vi har ventilasjonen i ryggen går vi jo helt inn til brannen. Det jo en fare med redning av folk i røyk, så det er en kjempe utfordring, du har ikke sikt, det kan være biler som er i bevegelse i røyken, det kan vær folk, altså myke trafikanter i røyken. Sånn som vi har gjort, er at vi har søkt med bil og kjørt forsiktig med varmesøkende kamera for å se etter folk. Det er en risiko for at vi kan kjøre på folk eller at andre bilister kjører på folk som evakuerer til fots. Så det er vel det med at de er ofte lange, siden de er undersjøiske og at du kan ha et potensialet med mye folk i en tunnel ved en hendelse, er den største faren, og evakueringsdelen.

Hvilken betydning har antennelsesstedet noe å si for brannvesenets innsats? Om det er midt i tunnelen eller i starten av tunnelen?



Hvis det er helt i åpningen, så er det jo bare for å få ventilasjonen snudd, kanskje å få, da er det ikke noe problem for tunnelen i det punktet, men sånn som det er i mange tunneler i Norge, så er det jo forhåndsbestemt ventilasjonsretning. Det kan være litt skummelt hvis det begynner å brenne i den ene enden og det er bestemt at ventilasjonen skal gå den andre veien, da tar vi jo å røyklegger hele tunnelen istedenfor å blåst det ut i kortest vei. Så det er jo en diskusjon som er i landet nå, så den tankegangen om en skal ha en bestemt retning.

Hvis du får for kraftig vind i feil retning?

Ja, det kan skje, men på de tunnelene vi har så er det nokså bra ventilasjon.

Mastrafjordtunnelen og Byfjordtunnelen ble oppgradert i fjor.

På et fullskala forsøk i Byfjordtunnelen så kom det frem at røyken ble ført mot Stavanger siden, hvordan kan dette bli et problem for dere hvis det oppstår en mye større brann? Og hvordan kan det mye mindre brannvesenet på Rennesøy bekjempe brannen?

På de forsøkene så hadde de ventilasjonen på veldig lite, at en fikk den backlayeren. At røyken ble ført mot Stavanger enden. Det er jo det diskusjonen går på. For å ta litt på det første spørsmålet; det er jo selvbergingsprinsippet i tunneler, at en skal berge seg selv, og sånn som det er i starten så går jo røyken begge veier, og det kan vær forvirrende for en bilist, tenker jeg, at det kan vær fordelen at ventilasjonen kanskje står på enda mer i startfasen, dette er ikke noe fasitsvar... for da vil jo røyken gå en vei, da kan du gi et signal til bilisten hvilken vei de bør evakuere, men så har du avstandene i disse lange tunnelene så gjør at brann- og røykspredning går kjapt, men det er så langt, at bilister kan komme inn i tunnelen og plutselig blir de fanget i den røyken som vi har satt i gang. Det er vanskelig hva som er rett i forhold til ventilasjonsretning, hvordan vi skal starta det, om vi skal starte det med en gang eller om vi skal vente, på grunn av at nå ser vi jo at det går begge veier, det kan også vær forvirrende, og den går fort begge veier. Hvordan kan... neste spørsmål... det var ”hvordan kan et mindre brannvesen bekjempe brannen?”, det er jo et deltidsmannskap, det er bare til den tunnelen og Finnøytunnelen så har vi også deltid på andre siden, eller på begge sidene, det går jo på det at de må trenes på de risikoene de har i sin kommune.

Er det god opplæring? Mener du det?

Ja, god... kan alltid bli bedre.



Er det brannvesenet som styrer røykventilasjonen i Byfjordtunnelen?

Vi kan overstyre, men det gjør vi ikke, det er VTS (Veitrafikksentralen) som styrer det, og ofte er vi jo forhåndsprogrammert, per i dag så har vi retning mot nord i Byfjordtunnelen og Mastrafjord. Også nå har vi jo oppgradert, så jeg sa, disse to tunnelene, så da må vi se på muligheter for å tenke litt annerledes med ventilasjonen. Det blir jo bestemt sammen med Vegvesenet hvilke vei den skal gå, og det blir beskrevet i beredskapsplanen hos vegvesenet og objektplanen hos oss. Sånn at vi vet hvilken vei røyken går, skal gå. der er det jo, hva er rett og hva skal vi lande med, og vi har diskutert om vi skal ha et nullpunkt i midten, og brenner det på den ene siden skal det kortest vei. Det har vi i Finnøytunnelen.

Hva mener du om standarden for dimensjonering av røykventilasjon i tunneler?

Det har jeg lite mening om, det er jo vegvesenet og de som prosjektere som jobber med den biten. Har vel egentlig ikke noe svar på det.

Det var kommentarer på den nye håndboka som er ute på høring, fra en i Oslo Brannvesen, som kommenterte det at det var nødvendig med en ny strategi i for ventilasjon?

Ja, det han legger i det, det er jo det jeg snakket om egentlig, hvilken strategi skal vi ha for ventilasjon, skal vi vente, skal vi la de få, spørsmålet er om vi skal ta ventilasjonen på med en gang eller skal vi vente. Kan vi bruke kameraene til å vurdere hvilken vei, også det er helt individuelt hvilken retning den går fra brann til brann. Det kan være litt vanskelig. Ja, absolutt, en tydelig strategi... men tunnelene er så ulike at, det kan ikke få en sånn felles strategi, det tviler jeg på.

Mener du at regelverket for røykventilasjon i dag er klart og tydelig?

Det står jo i forskriften... greit nok.

Synes du det er noe eller du mener som burde vært annerledes i regelverket? Det med røykventilasjon? Om du ser noen svakheter?

Ja, det er kanskje det. Det skulle vært ventilasjon i alle tunneler, sånn brannventilasjon, det er det jeg ser på som en svakhet. Jeg nevnte jo en del tunneler vi har; de har liten trafikkmengde, men det kan bli sårbart hvis det blir brann der, på grunn av at det ikke er noe styring.

Har dere har deltatt i prosjektering av Rogfast tunnelen?



Vi er heldige som får være med på møtet, å treffe de som prosjektere, komme med innspill. Nå har vi jo et stort prosjekt gående nå, med Ryfast, som vi har blitt involvert i. Og Rogfast har vi... det har vært litt stille akkurat der de siste årene, sånn, men vi har fått deltatt der da.

Men det er ikke gitt at dere får lov å være med?

Vår myndighet er jo egentlig etter tunnelen er åpen, i forhold til tilsyn, det må jeg si. Mens når tunneler blir bygd så skal det jo tas hensyn til brannvesenets innsats, så de er jo pliktet å ha oss med, men at vi får komt med andre innspill også, enn det som kun går på innsats, det gjør vi, så det er bra.

Hva er deres rolle vært i planleggingen av Rogfast?

Hvilken rolle vi har, altså, vi blir tatt med på møtet, der kommer vi med våre innspill til hvordan vi ønsker det i forhold til en innsats.

Har du noen eksempler på innspill dere har kommet med ?

Det går jo på hvordan de skal utforme disse kummene, tilgang til slokkevann i tunnelen. Ja, da er det jo hvilke utstyr som innebærer det, koblinger og hvilket trykk som trengs.

Har deres innsats under en brann i Rogfast blitt avklart?

Nei, ikke Rogfast, det tror jeg ikke... litt tidlig.

Siden ikke rollene deres har blitt klart, så har dere kanskje ikke fått gjort noen endringer av opplæring av personell?

Altså, vi får jo disse svære lange, som Ryfast; vi har jo planer om få til et tunnelsikkerhetssenter, så vi skal bli bedre på tunnel. Klart vi tar høyde for at Ryfast og Rogfast kommer i område, ikke minst de eksisterende tunnelene som er kanskje enda mer utfordrende.

Mener du at Rogfast oppfyller alle nødvendige sikkerhetskrav for å ivareta personsikkerhet samt brannvesenets trygghet under innsats?

Både Rogfast og Ryfast blir en helt annen hverdag, når du får to-løp, der vi har kjøreretning og ventilasjonsretning i samme vei, så gjør at innsatsen blir bra, eller sånn som den alltid har vært disse, i de andre tunnelene, men ikke minst for trafikkantene, at de kan kjøre fra brannen, sånn at de ikke møter røykpropp. Sånn som de nye tunnelene er laget, hvis de kommer til en brann kan de evakuere til et sikkert løp gjennom tverrforbindelsene. I tillegg er det også noen



kjørbare tverrforbindelser som er prosjektert inn rundt Ryfast og Rogfast så gjør at vi kan komme inn, så trenger vi ikke å kjøre gjennom hele tunnelen

For å redde?

Ja, for eksempel en trafikkulykke, så kan vi trekke røyken begge veier.

Så du mener at personsikkerheten er ivaretatt?

I de nye ja. Ja, det synes jeg.

Mener du at Rogfast er ”Fasiten”? Om vi har kommet til et punkt der sikkerheten er god nok eller om det fortsatt er mye kompromiss mellom sikkerhet og økonomi?

Vi/jeg ønsker det alltid bedre. Jeg mener at personsikkerheten blir veldig god i forhold til ettløpstunneler. Så har vi jo dette her med samfunnssikkerhet, som vi også må tenke litt på, samfunnsverdi ved en brann, nedetid etter en tunnel, det koster samfunnet mye penger. Så nei, vi er ikke i mål, jeg ser for meg andre tiltak som gjør at en sikrer verdiene i å ha en åpen tunnel, altså nedetiden blir kortest mulig etter en hendelse.

Har du noen eksempler på de innspillene?

Det kan være brann i et kjøretøy, så er det trafikk kø, brannen får spre seg, folk får evakuert bort, personer er det ikke fare for. Hvis brannen får spre seg bil etter bil... Har vi et skrekkszenario, da er det snakk om store mengder energi, og det tar skade på tunnelen, og det blir ikke fikset før måneder, det kan gå år. Det kan koste samfunnet mye penger å ha tunnelen nede. Da tenker jeg at det kan være tiltak som kan passe inn for å hindre at brannen utvikler seg.

Har du noen tiltak som kan være med på å ivareta selvbergingsprinsippet?

Slokkeanlegg. Mener du at kanskje at det burde være mer opplagt for folk at de skal redde seg selv ut? At det bør gis mer informasjon?

Informasjon og opplæring til trafikantene, det blir jo viktig. Kan se på ulike hendelser vi har hatt de siste årene, folk reagerer forskjellig, og kanskje ikke sånn vi hadde trodd. Så opplæring og informasjon om hvordan en skal opptre ved brann i tunnel, ser jeg på som veldig viktig.

Hvordan forholder dere dere til vegvesenets håndbok?

Den er viktig. Det er jo den de bygger tunnelen etter, og det er den som sier hvilke tiltak som skal være, avhengig av trafikkmengde og lengde og særpreg tunnelen har. Så den er viktig



Mener du at dagens standard til røykventilasjon er god nok med tanke på deres sikkerhet og innsats under en tunnelbrann?

Det har vel med den strategien da. Mange brannvesen er usikker på hva er rett og vegvesenet ikke minst, som er en forvalter. Så vi må vurdere det i forhold til strategi.

Er utforming og styring av røykventilasjon god nok til å ivareta brannvesenets innsats i undersjøisk tunnel i alle tilfeller?

Ja, fordelene er som jeg sa, vi får uansett ventilasjonen i ryggen når vi kommer til skadestedet. Ventilasjonen i seg selv er jo ikke, det gir jo luft til brannen, så vi får jo brannen til å utvikle seg raskere enn hvis vi ikke hadde hatt ventilasjon. Var det toløpstunneler du mente nå?

Ja, eller generelt undersjøisk.

Ja, så er det jo, alt etter. Hvis det er ettløps, så er det ikke alltid gitt at det er bra med ventilasjon, hvis vi drar brannen over en lastebil, drar brannen, drar røyk over skapet til lastebilen, hvis det er stykkgoods... da kan det gå skikkelig galt, eksplodere eller en heftig brann. Så det har jo noe med den strategien da, så hvis vi kan se brannen utenfra med kameraovervåkning, så kan vi vurdere i forhold til hva som brenner, ikke bare hvor det brenner, men hva som brenner, hvilken vei vi bør tenke. Så det liksom ikke bare å tenke person, altså, de får redde seg selv, brukerne, men for å hindre at brannen blir større enn nødvendig.

29.01 Mener du at personsikkerheten til bilister og andre som oppholder seg i tunnelen under brann blir ivaretatt?

Ja, toløpstunneler, ja. Ettløpstunneler, lange ettløpstunneler, nei. Ikke godt nok.

Med tanke på Byfjordtunnelen da: Mener du at det er en overhengende fare for at ventilasjonssystemet må gå mot stavanger på grunn av for eksempel sterk vind, sterk trekk, slik at det ikke vil klare å stå imot? noe som gjør at Rennesøy må gå inn å slokke, tror du de da har kapasitet til det i alle tilfeller?

Jeg tror, det var to spørsmål inni der, jeg tror ventilasjonen takler vind sånn som den er oppgradert i dag, det som vi så i det tunnelforsøket, at ventilasjonen var skrudd ned, den gikk sent, da får man backlayer. Andre spørsmålet var; hvis røyken går mot Stavanger, om Rennesøy takler hva som helst? Litt usikker, det er jo mest ressurser på Stavanger siden, det er jo det vi er i gang med å se på opplæring, for at vi skal bli bedre på tunnel i Rogaland

Vil de kunne komme opp i den situasjonen, per dags dato?



Vi har jo vært og snakket med Karmøy brannvesen også, og du sier at dere er heldige som får være med på prosjekteringen av Rogfast, men dere har vel myndighet til å stenge hvis det ikke er godt nok?

Når vi snakket med Karmøy brannvesen så satt jo de foten ganske hardt ned i prosjekteringen for T-forbindelsen, og ikke ville tillate åpning hvis det ikke inn for visse tiltak. Dere har vel samme mulighet/myndighet?

Det har vi. Jeg sa heldige, det har jo litt med at vi ble invitert, at vi får være med på møtene.

At de inkluderer dere mer enn de trenger?

Jeg synes det. Og hvis vi ønsker en oppdatering så bare spør vi. Og det gjør vi også.

Så du mener samarbeidet med vegvesenet er godt?

Mhm

Når en ser på forskriften så henviser den mye til vegvesenets håndbok, det vil jo si at det mye som ikke er lovfestet, de har latt vegvesenet ta mange bestemmelser her selv, er det et problem at økonomi fra deres side spiller mye inn når de skal prosjektere nye tunneler? At de har et budsjett de skal holde seg til?

Ja, det er åpenbart. Ja, det vil jeg tro.

Så litt den med Byfjord, du svarte vel egentlig på det, men tror du den naturlige trekken i Rogfast kunne være et problem for dimensjoneringen av røykventilasjonsystemet?

Jeg tror ikke det. Men, nå jobber jo ikke jeg med prosjektering av ventilasjon. Jeg vet jo at det er komplisert når det blir ramper og xxx. Tar Ryfast og tar Rogfast også, de rampene som skal opp til Kvitsøy. Det blir komplisert med en gang det ikke er bene linjer, så det er noe vi må følge med på når vi skal i gang med møter om Rogfast, stille spørsmål om det er godt nok, trengs det mer barrierer. Den ventilasjonen blir jo viktige i de lange tunnelene, og da må den fungere, er det noe sårbart, så bør vi ha ekstra tiltak.

Du snakket jo litt tidligere om økonomi med tanke på gjenoppbygging dersom det skjer en storulykke, har dere noe strategi på hvordan dere formidler dette til vegvesenet, som i stor grad fokuserer på byggekostnader og vedlikehold med normal drift?

Ja, vi tar det jo opp på møtet, både i forhold til i byggefasen og på tilsyn.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

COWI

Føler du at dere blir hørt når dere tar opp det?

Det er jo, de har jo komt med flere tiltak da, det er jo de som har det siste ordet. Til slutt.

Har du noe mer å tilføye?

Jeg har bedt om ROS analyse for både Byfjord og Mastrafjord tunnelene for å verifisere at det med dagens ventilasjonsoppgradering er godt nok.

Det kan være vanskelig å velge hvilken vei ventilasjonssystemet skal gå, hvilke bilister som skal belastes. Det er ikke bra at dette ansvaret ligger på en mann, f. eks. brannsjefen, jeg mener det derfor kan være fordelaktig at ventilasjonsretningen er "fikset" i en bestemt retning slik at belastningen av å snu røyken mot noen ikke havner på en person.