

RAPPORT

Vei 2016/05



RAPPORT OM BRANN I TANKTILHENDER I SKATESTRAUMTUNNELEN I SOGN OG FJORDANE 15. JULI 2015

 English summary included

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre trafikksikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke trafikksikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

ISSN 1894-5856 (trykt utg.)
ISSN 1894-5929 (online)

Statens havarikommisjon for transports virksomhet er hjemlet i lov 18. juni 1965 nr. 4 om veitrafikk § 44 jf. forskrift 30. juni 2005 nr. 793 om offentlige undersøkelser og om varsling av trafikkulykker mv. § 2

Foto: SHT

INNHALDSFORTEGNELSE

MELDING OM TRAFIKKUHELLET	3
SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	6
1.1 Hendelsesforløp	6
1.2 Personskader	8
1.3 Overlevelsesaspekter.....	8
1.4 Skader på kjøretøy og last.....	11
1.5 Skader på tunnel og infrastruktur.....	13
1.6 Hendelsesstedet.....	13
1.7 Trafikanter.....	14
1.8 Kjøretøy og last.....	14
1.9 Vær- og føreforhold	19
1.10 Skatestraumtunnelen	19
1.11 Tekniske registreringsystemer	26
1.12 Spesielle undersøkelser	26
1.13 Lover og forskrifter.....	38
1.14 Myndigheter, organisasjoner og ledelse	39
1.15 Andre opplysninger.....	45
1.16 Iverksatte tiltak.....	45
2. ANALYSE.....	47
2.1 Innledning	47
2.2 Vurdering av hendelsesforløpet	47
2.3 Tilhengerens reparasjons- og kontrollhistorikk	49
2.4 Habilitet ved periodisk kontroll av egne kjøretøy og ADR-tanker.....	51
2.5 Årsak til antennelse av bensin.....	52
2.6 Brannens utvikling i Skatestraumtunnelen	52
2.7 Avløps- og dreneringssystem i tunnelen.....	53
2.8 Sikkerhetsoppfølging av Skatestraumstunnelen	54
3. KONKLUSJON	57
3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater med betydning for sikkerheten	57
3.2 Undersøkelsesresultater	57
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	61
VEDLEGG.....	63

RAPPORT OM ALVORLIG TRAFIKKUHELL

Dato og tidspunkt:	15. juli 2015 kl. 1027
Ulykkessted:	Skatestraumtunnelen i Bremanger kommune i Sogn og Fjordane
Vegnr, hovedparsell (hp), km:	Fv 616 HP2, km 5,791
Ulykkestype:	Brann i tanktilhenger
Kjøretøy type og kombinasjon:	Lastebil og slepvogn godkjent for transport av brannfarlig væske i tank
Transportør:	Måløy Havneservice AS
Type transport:	Transport av 35 500 liter bensin i tank

MELDING OM TRAFIKKUHELLETT

Statens havarikommisjon for transport (SHT) fikk 15. juli 2015 informasjon gjennom media om brann i tilhenger på Fv 616 i Skatestraumtunnelen i Sogn og Fjordane. Ved kontakt med politiet fikk SHT opplyst at en tilhenger lastet med 16 500 liter bensin hadde løsnet fra trekkbilen og kjørt inn i tunnelveggen. Det hadde oppstått lekkasje fra et av tankkrommene, og bensin hadde begynt å brenne. På grunn av den store røyk- og varmeutviklingen var det ikke mulig å komme inn i tunnelen før tirsdag 21. juli. To havariinspektører fra SHT reiste da til hendelsesstedet.

SAMMENDRAG

Om morgenen onsdag 15. juli 2015 startet et vogntog fra Måløy Havneservice AS fra sitt anlegg i Måløy. Vogntoget var lastet med 19 000 liter bensin på bilen og 16 500 liter bensin på tilhengeren, som skulle leveres i Florø.

Ca. 10 minutter etter at vogntoget kjørte fra Oldeide fergekai kjørte det inn i Skatestraumtunnelen, som er en undersjøisk tunnel med fall/stigning på 10 %. Rundt 450 meter etter at vogntoget startet oppkjøringen fra bunnen av tunnelen, løsnet tilhengeren fra trekkbilen, og traff tunnelveggen med sitt fremre høyre hjørne. Det ble slått hull på det fremre tankkrommet og bensinen som var i dette rant ut.

På grunn av tunnelens store fall rant bensinen raskt mot bunnen. All bensinen ble etter hvert antent, og brannen spredde seg fra bunnen av tunnelen opp til det østre utløpet, som utgjør en strekning på ca. 900 meter.

Da hendelsen inntraff var det totalt 17 personer inne i tunnelen. Alle disse klarte å evakuere uten å bli påført alvorlige skader.

Resultatet av undersøkelsen viser at tilhengerdraget røk på grunn av langt framskredet innvendig korrosjon i tilhengerdragets dragstenger. Denne korrosjonen ble først avdekket i kontroll i 2011. Utbedring av rustskadene ble utført ved å sveise plater på de rustskadde delene av tilhengerdraget. Platene ble sveiset på utsiden av de korroderte områdene, uten at det ble utført rustfjerning i forbindelse med dette arbeidet og uten at det ble gjort ytterligere vurderinger av hvor omfattende de innvendige korrosjonsskadene i dragstengene var. Denne reparasjonen var ikke i henhold til

tilhengerdragproduzentens spesifikasjon. De sier at sveising ikke tillates og at skadde tilhengerdrag skal byttes.

Fra reparasjonen ble utført og fram til tilhengerdraget røk hadde tilhengeren vært gjennom åtte offentlige kontroller uten at den mangelfulle reparasjonen ble avdekket.

Undersøkelsen har avdekket at tunnelens overvannsystem ikke var dimensjonert for å håndtere de mengdene bensin som rant ut. I tillegg var det lekkasje i ledningene til overvannsystemet, slik at deler av bensinen rant ut i grunnen. Det medførte at det brant både i den rennende bensinen i veibanen og bensinen som rant ned i overvannsystemet.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har utredet mulige antennelseskilder og brannspredningen i tunnelen. De har konkludert med at bensindamp mest sannsynlig ble antent av et kjøretøy som kom bak den havarerte tilhengeren. Rapporten konkluderer også med at tunnelens fall/stigning hadde stor betydning for brannspredningen, og manglende kapasitet og feil med tunnelens avløp- og dreneringssystem forsterket dette.

SP har beregnet at brannens høyeste effekt var på over 400 MW i det tidsrommet det brant både i den rennende bensinen og i tanktilhengeren, og at beregnet temperatur over den brennende tilhengeren var ca. 1350 grader. Lufthastigheten inne i tunnelen, som var generert av brannen, var på det høyeste rundt 100 km/t. Rapporten konkluderer også med at personer som eventuelt hadde blitt fanget i røyken, enten på nedsiden eller oversiden av brannen, hadde de fått store problemer med å evakuere og de vil mest sannsynlig ha mistet bevisstheten og senere omkommet.

Undersøkelsen har videre avdekket at det er gjennomført risikoanalyser som beskriver blant annet scenario om brann/eksplosjon i tungt kjøretøy og uhell med farlig gods, men det er ikke beskrevet hvordan disse senarioene skal håndteres i forbindelse med slokking, evakuering, rømming og redning.

Sogn og Fjordane fylkeskommune har etter brannen ikke iverksatt eller vurdert å iverksette kompenserende tiltak for å redusere konsekvensen hvis tilsvarende hendelser inntreffer.

SHT fremmer fire sikkerhetstilrådinger i forbindelse med denne undersøkelsen.

ENGLISH SUMMARY

On the morning of Wednesday 15 July 2015, a heavy goods vehicle set out from Måløy Havneservice AS's facility in Måløy. The vehicle consisted of a truck and trailer, loaded with 19,000 and 16,500 litres of petrol respectively, for delivery in Florø.

Approximately 10 minutes after crossing the Oldeide ferry landing, the vehicle entered the Skatestraum tunnel, a subsea tunnel falling/rising at a gradient of 10%. About 450 metres after starting the uphill drive from the lowest point of the tunnel, the trailer broke loose from the truck and the front right-hand corner hit the tunnel wall. The impact made a hole in the front tank chamber and the petrol it contained ran out.

Because of the steep gradient of the tunnel, the petrol quickly ran towards the lowest point. All the petrol was eventually ignited and the fire spread from the lowest point of the tunnel to the eastern portal, over a distance of approximately 900 metres.

When the incident occurred, there were 17 people inside the tunnel in total. They all managed to evacuate without sustaining any serious injuries.

The result of the investigation shows that the trailer drawbar broke due to an advanced state of internal corrosion in the drawbar rods. This corrosion was first detected during an inspection in 2011. The rust damage was repaired by welding sheets of metal onto the rusted parts of the trailer drawbar. The metal sheet was welded onto the outside of the corroded areas, without removal of any rust in that connection and without any further assessment of the scope of the internal corrosion damage to the drawbar rods. The repairs were not in accordance with the trailer manufacturer's specifications, which state that welding is not permitted and that damaged drawbars must be replaced.

From the time that the repairs were carried out until the trailer drawbar broke, the trailer had undergone eight official inspections without the defective repairs having been detected.

The investigation found that the tunnel's surface water system was not designed to handle the amount of petrol that ran out. Furthermore, a leakage in the surface water pipes caused some of the petrol to run into the ground. This meant that both the petrol running on top of the roadway and the petrol that ran into the surface water system was on fire.

The SP Technical Research Institute of Sweden has studied possible sources of ignition and the spread of fire in the tunnel. It concluded that the petrol vapour was most probably ignited by a vehicle following behind the trailer that had broken loose. The report also concluded that the falling/rising gradient of the tunnel had a significant bearing on the spread of the fire, and that this was exacerbated by the inadequate capacity of and a fault in the tunnel's wastewater and drainage system.

According to SP's calculations, the maximum heat release rate exceeded 400 MW during the period when both the running petrol and the tank trailer were on fire, and the temperature above the burning trailer was approximately 1,350 °C. The greatest air flow rate generated by the fire inside the tunnel was around 100 km/h. Furthermore, the report concludes that any persons caught in the smoke downstream or upstream of the fire would have found it very difficult to evacuate and would most probably have lost consciousness and subsequently died.

The investigation also found that risk analyses have been conducted that, among other things, describe a fire/explosion in a heavy goods vehicle and accidents involving dangerous goods, but that no descriptions have been provided for how such scenarios are to be handled when it comes to extinguishing the fire, evacuation, self-rescue and assisted rescue.

After the fire, Sogn og Fjordane county administration has not implemented or considered implementing compensatory measures to limit the consequences of any similar incidents.

The AIBN submits four safety recommendations as a result of this investigation.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

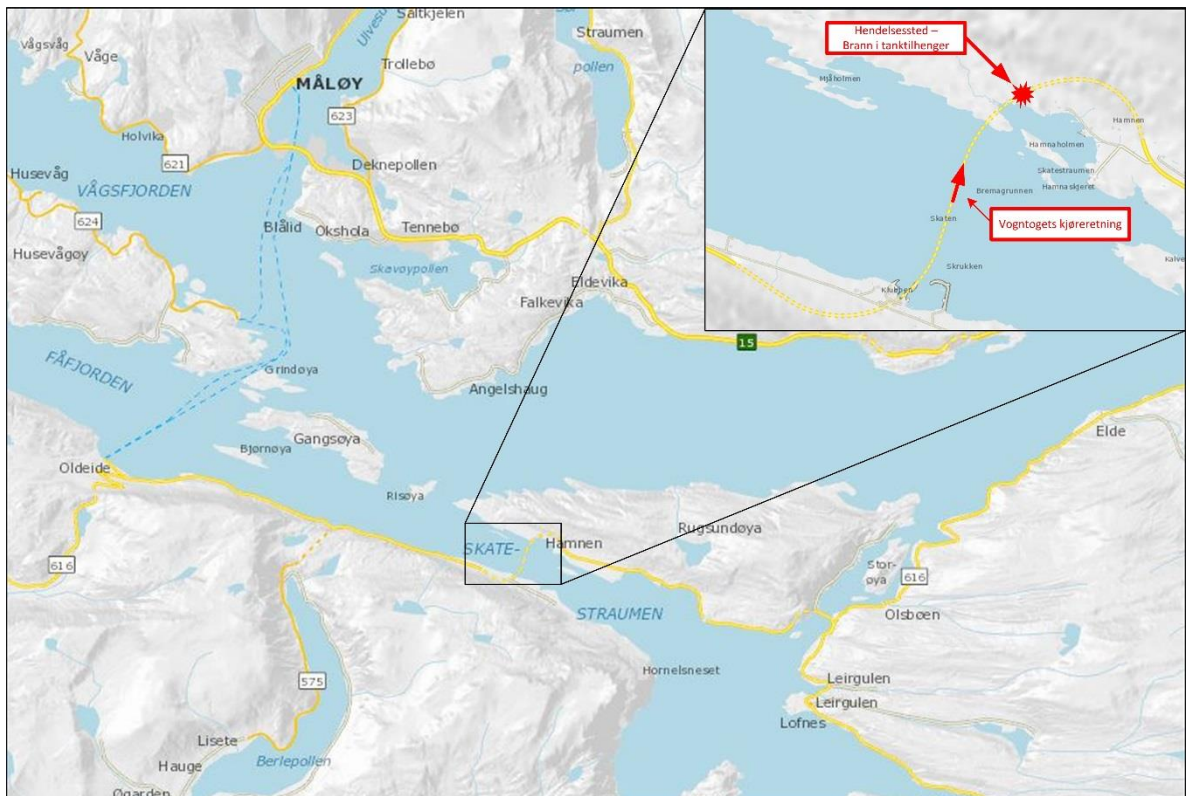
1.1 Hendelsesforløp

Om morgenen onsdag 15. juli 2015 startet et vogntog fra Måløy Havneservice AS fra sitt anlegg i Måløy. Vogntoget var lastet med 19 000 liter bensin på bilen og 16 500 liter bensin på tilhengeren. Lasten skulle leveres i Florø.

Da vogntoget hadde kjørt av fergen på Oldeide, stoppet føreren for å slippe forbi de bilene som kom av fergen etter vogntoget. Dette for å unngå å ha disse bak seg da veien mot Florø var smal og svingete. Han ønsket heller ikke å ha kjøretøy bak seg gjennom Skatestraumtunnelen, som har sitt laveste punkt 80 meter under havflaten og et fall/en stigning på 10 %, se figur 3

Ca. 10 minutter etter at vogntoget startet fra Oldeide fergekai med retning mot Florø, kjørte det inn i Skatestraumtunnelen på Fv 616. For å unngå varmgang i bremsene ved nedkjøring til tunnelens laveste punkt benyttet føreren kun bilens retarder og motorbrems.

Rundt 450 meter etter at vogntoget startet oppkjøringen fra bunnen av tunnelen hørte føreren et smell, og merket at vogntogets hastighet økte uten at han ga mer gass. Da han kikket i speilene så han at tilhengeren hadde løsnet fra trekkbilen og sto med fremre høyre hjørne mot tunnelveggen et stykke bak lastebilen. Han stoppet lastebilen og gikk ut, og så da at deler av tilhengerdraget fremdeles var festet til bilen. Tilhengerdraget var røket i framkant av innfestingen til tilhengeren, se figur 2.



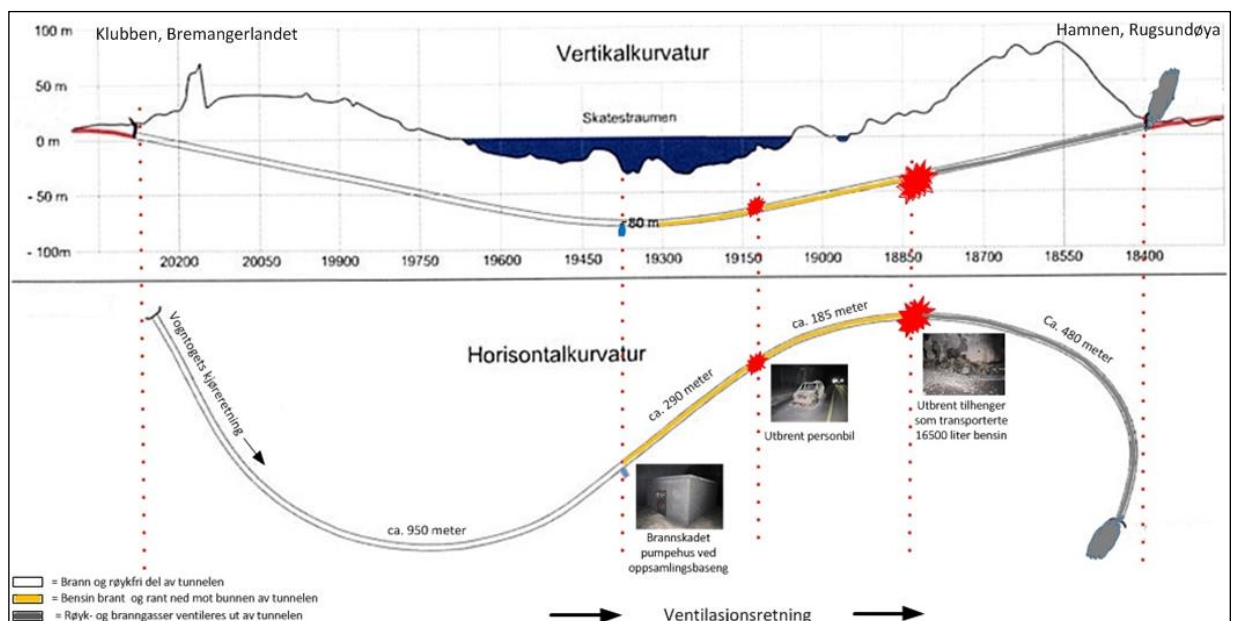
Figur 1: Hendelsessted og vogntogets kjøreretning. Kart: Vegkart, Statens vegvesen

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



Figur 2: Rester av tilhengerdraget festet til trekkbilen, etter at det var røket ved innfestingen til tilhengeren. Foto: Politiet

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



Figur 3: Tunnelens vertikal- og horisontalkurvatur og oversikt over hendelsene ved brannen. Illustrasjon: SHT / Statens vegvesen

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

ble forlatt evakuerte etter hvert i campingbilen som var en av de to siste bilene som forlot tunnelen. Detaljert beskrivelse om trafikantenes opplevelse av hendelsen er omtalt i kapittel 1.3.2.



Figur 4: Restene av tanktilhengeren slik den ble stående etter at den hadde løsnet fra bilen.
Foto: SHT

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

Figur 4 viser skader på tanktilhengeren og tunnelen.

1.2 Personskader

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

1.3 Overlevelsesaspekter

1.3.1 Redningsarbeidet

Den første meldingen om hendelsen ble mottatt av VTS via Skatestraumtunnelens nødtelefon kl. 1025. Meldingen kom fra føreren av vogntoget og gikk ut på at det lekket bensin fra en tilhenger. VTS stengte tunnelen umiddelbart.

Alarmsentralen Sogn og Fjordane (ALSF) mottok melding om brann i tilhenger i Skatestraumtunnelen fra fører av vogntoget kl. 1027. De iverksatte umiddelbar trippelvarsling, og varslet politiet og AMK Sogn og Fjordane. Innsatspersonell fra alle redningsetater ble umiddelbart sendt til stedet.

Politiet hadde tilfeldigvis en tjenestemann i nærheten av tunnelåpningen på Hamnen (Rugsundøysiden). Han ankom kl. 1048 og tok rollen som innsatsleder.

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

Kl. 1101 ble det meldt at 13 personer hadde kommet ut av tunnelen på Klubben.

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

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

1.3.2 Trafikantenes beskrivelse av hendelsen

Da tilhengeren løsnet fra tankbilen var det fire personbiler og en campingbil inne i tunnelen.

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

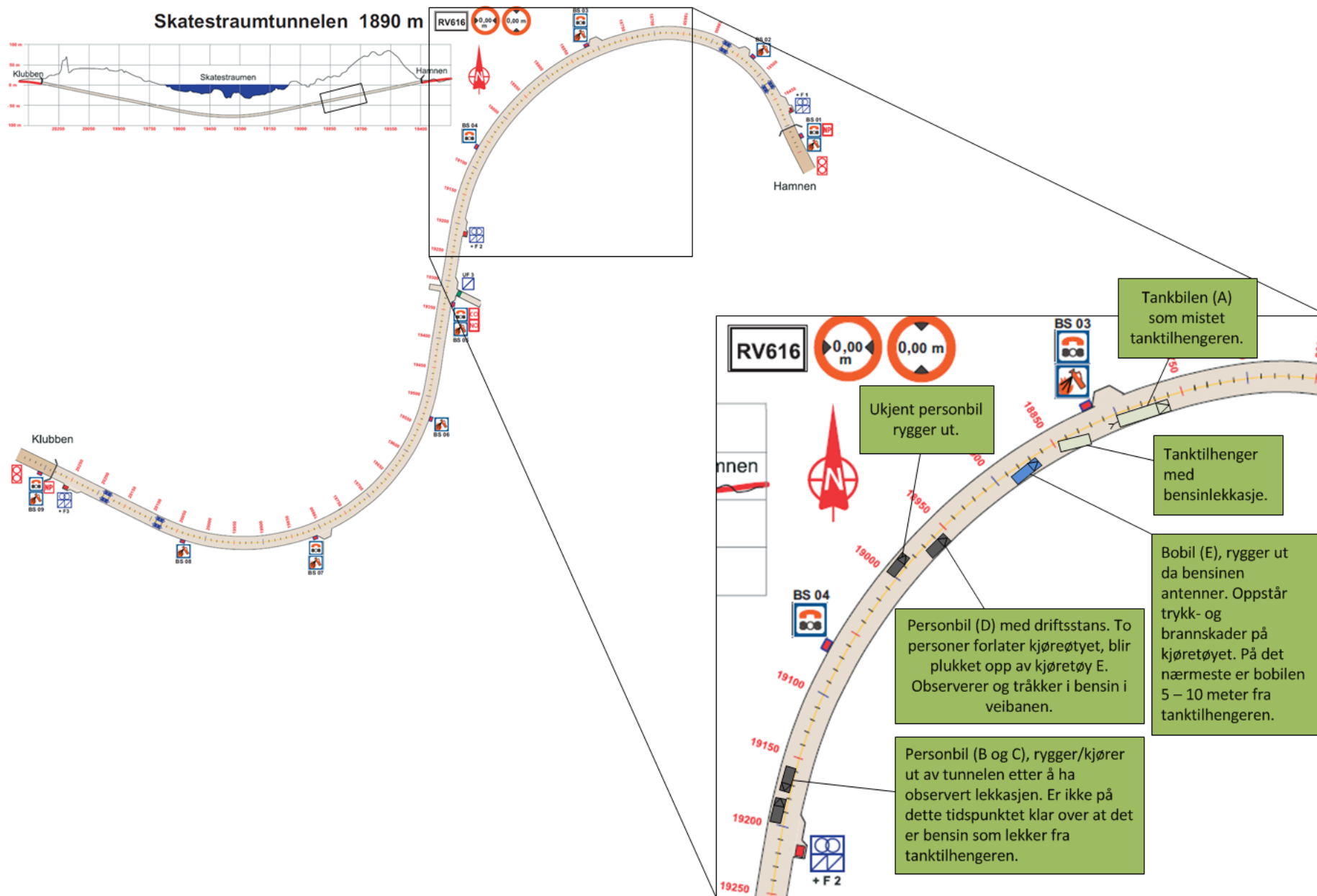
Like etter at campingbilen startet oppkjøringen fra tunnelen registrerte føreren og passasjerer at det rant væske nedover langs høyre kant av sitt kjørefelt. På vei oppover kjørte de forbi en personbil som sto stille i deres kjørefelt, før de kom fram til tilhengeren som hadde kjørt inn i tunnelveggen.

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

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

Campingbilen rygget så videre ned mot bunnen av tunnelen og et stykke opp mot Bremangersiden. Da de følte de var i sikkerhet, snudde føreren campingbilen og kjørte ut av tunnelen.

Figur 5 viser kjøretøyenes plassering/posisjon i tunnelen i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren.



Figur 5: Kjøretøyenes posisjon i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren. Illustrasjon: SHT

1.4 Skader på kjøretøy og last

1.4.1 Skader på tanktilhengeren

Tilhengeren som løsnet fra tankbilen ble totalskadet i brannen som startet da tilhengerens last på 16 500 liter begynte å brenne. Det var kun utbrente rester av tilhengerens for- og bakaksel igjen da brannen var slukket, se figur 6.



Figur 6: Restene av tanktilhengeren slik den ble stående i tunnelen. Foto: SHT

Skader og mangler på tilhengerdraget omtales i kapittel 1.8.2.2

1.4.2 Skader på personbilen

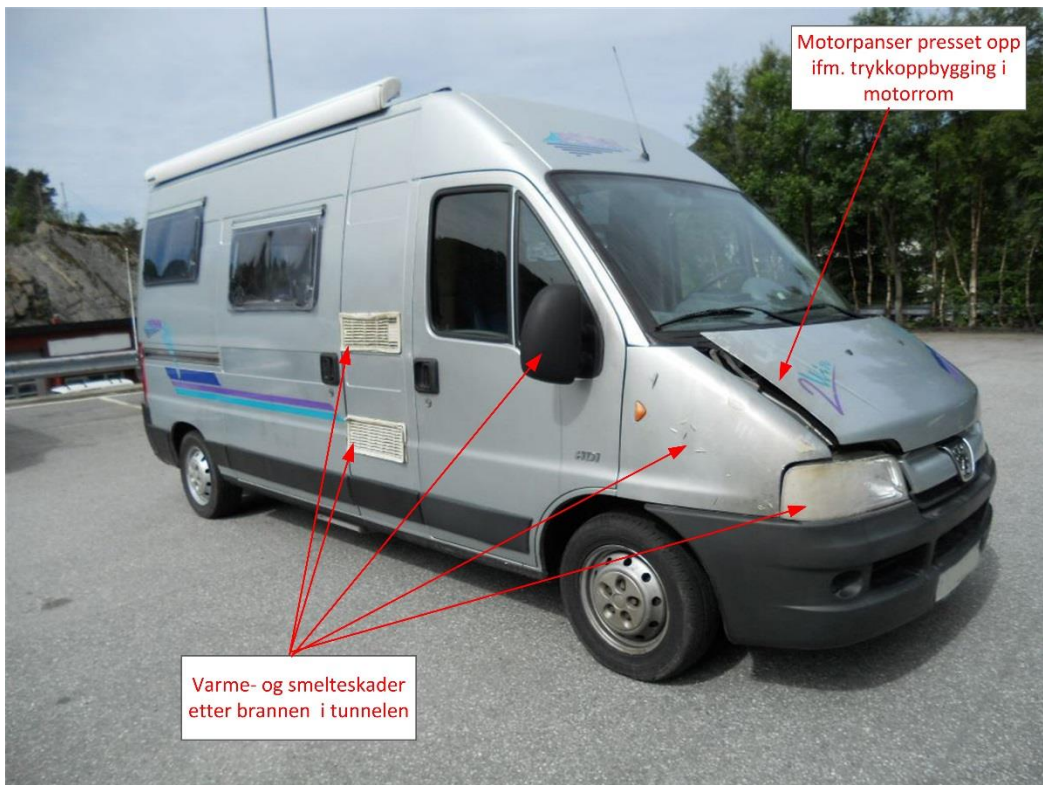
En av personbilene som kjørte inn i tunnelen etter vogntoget, ble forlatt ca. 150 meter bak vogntoget fordi den ikke var kjørbare. Personbilen som ble forlatt brant opp, se figur 7.



Figur 7: Personbilen som ble forlatt 150 meter bak vogntoget brant helt opp. Foto: SHT

1.4.3 Skader på campingbilen

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



Figur 8: Skader på campingbilen. Foto: Gjensidige

1.5 Skader på tunnel og infrastruktur

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

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

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

Skader på tunnelen i området rundt den havarerte tilhengeren vises i figur 9, mens oversikt over skader på den delen som lå mellom den havarerte tilhengeren og bunnen av tunnelen vises i vedlegg B.



Figur 9: Viser skader på tunnellopet på det stedet tanktilhengeren sto. Bildet er tatt i den retningen røyken ble ventilert. Foto: SHT

1.6 Hendelsesstedet

Hendelsesstedet hadde en utstrekning på ca. 900 meter. Det strakk seg fra tunnelens lavbrekk, som ligger 80 meter under havflaten, til tunnelens vestre portal som ligger ved Hamnen på Rugsundøya, se figur 3.

Tanktilhengeren ble stående med tankens fremre høyre hjørne mot tunnelveggen i en høyrekurve med radius 400 m og en avstand på 475 meter fra bunnen av tunnelen og 425 fra tunnelåpningen ved Hamnen. Her har veibanen et fall i lengderetningen på om lag 10 % og et ensidig tverrfall mot høyre, sett i kjøreretningen til tankbilen. Tunnelen var

dekket med PE-skum og fiberarmert sprøytebetong. I umiddelbar nærhet til stedet hvor tanktilhengeren løsnet finnes det en SOS-telefon og en havarilomme på venstre side av veibanen sett i kjøreretningen til tankbilen.

På høyre side av veibanen, langs kantsteinen, ligger dreneringen for spylevann med tilhørende kjeftsluker og sandfang integrert i kantsteinen. Under dette ligger tunnelens hoveddreneringssystem, jf. kapittel 1.10.2. Begge dreneringssystemene leder vannet ned til bunnen av tunnelen til et oppsamlingsbasseng.

1.7 Trafikanter

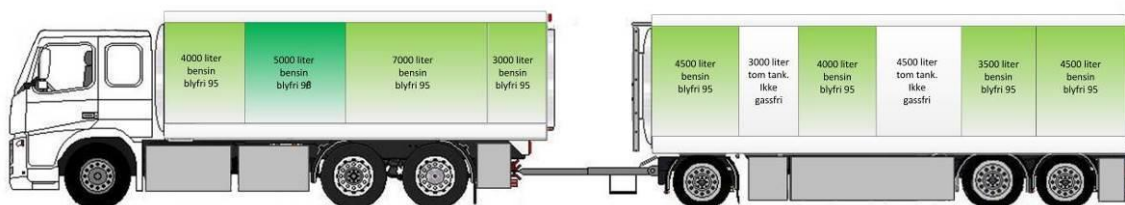
Føreren av vogntoget var en norsk mann på 52 år på hendelsestidspunktet. Han hadde vært ansatt i Måløy Havneservice AS i flere år, og hadde lang erfaring som tankbilsjåfør. Han hadde ansvar for oppfølging og vedlikehold av firmaets kjøretøy, og var en av firmaets nøkkelpersoner når det gjaldt innkjøp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

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

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

1.8 Kjøretøy og last

Vogntoget besto av en treakslet tankbil og en treakslet tanktilhenger. Det var lastet med 35 500 liter bensin som skulle leveres i Florø. Bensinen var lastet på vogntoget som vist i figur 10.



Figur 10: Lastens plassering på vogntoget som var involvert i hendelsen i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015. Illustrasjon: SHT

1.8.1 Lastebil

Lastebilen var en 2011 modell MAN 26.540, type 6x2-2 LL/LLS. Den var registrert ny på nåværende eier (Måløy Havneservice AS, Måløy) 23. september 2011, og hadde påmontert en tank av type HNK Bilcon, med fire separate tankrom, se figur 10. Bilen ble siste gang godkjent i periodiske kjøretøykontroll 21. august 2014.

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

1.8.2 Tanktilhenger (slepvogn)

1.8.2.1 *Generelt*

Tanktilhengeren var en 1997 modell Eurotank type ET. Tanken var bygget i aluminium og var selvbærende. Den hadde seks separate tankrom, se figur 10. Tanktilhengeren ble registrert første gang 23. juli 1997. Forrige eier kjøpte den i 1999 og eide den fram til Måløy Havneservice AS kjøpte den 19. januar 2012. Måløy Havneservice AS var eier på hendelsestidspunktet.

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

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



Figur 11: Tanktilhenger av tilsvarende fabrikat og type som den som brant i Skatestraumtunnelen. Foto: SHT

1.8.2.2 *Bruddet i tilhengerdraget*

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

Når det gjelder utfyllende informasjon om tilhengerdragets tilstand vises det til rapport fra Forsvarets laboratorietjeneste, som omtales i kapittel 1.12.1 og vedlegg D.

1.8.3 Tanktilhengerens kontroll-, reparasjons- og godkjenningshistorikk

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

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

1.8.3.1 *ADR-kontroll i mai 2011*

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

- Rustskader i tilhengerdrag. Se figur 12 med detaljbilder i figur 13 og figur 14.
- Ujevne og svake bremses
- Sprekker og store rustskader i innfesting til forakselen
- Sprekker i innfestning til fjærbolt på andre aksel
- Fjærbrudd på tredje aksel
- Diverse feil på lys
- Feil med jordingspunkt, og strekkavlastning/gjennomføring for diverse ledninger
- Div. sprekker i tank/skap

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



Figur 12: Rustskader i tilhengerdrag påvist i kontroll hos Statens vegvesen i mai 2011. Foto: Statens vegvesen



Figur 13: Rustskader i venstre dragstang. Foto: Statens vegvesen



Figur 14: Rustskader i høyre dragstang. Foto: Statens vegvesen

1.8.3.2 Reparasjon og PKK

På grunnlag av de påviste manglene ble tanktilhengeren reparert på et godkjent verksted som daværende eier av bilen også eide (se kapittel 1.14.5).

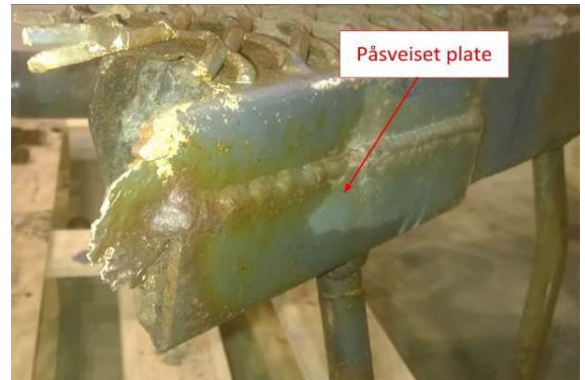
Før disse reparasjonene ble påbegynt gjennomførte det samme verkstedet PKK av tanktilhengeren, noe de også var godkjent for å gjøre. Manglene som ble anmerket ved denne kontrollen var identiske med manglene som ble anmerket ved ADR-kontrollen hos Statens vegvesen i mai 2011. Rustskadene på tilhengerdraget ble på kontrollseddelen for PKK anmerket med «2» under kontrollsedelens punkt 6.13 – Tilhengerfeste/svingskive. Det tilsier at manglene måtte utbedres før tanktilhengeren kunne godkjennes.

Utbedring av rustskadene ble utført ved å sveise plater på de rustskadde delene av tilhengerdraget. Platene ble sveiset på utsiden av de korroderte områdene, uten at det ble utført rustfjerning i forbindelse med dette arbeidet og uten at det ble gjort ytterligere

vurderinger av hvor omfattende de innvendige korrosjonsskadene i dragstengene var. Platene ble festet med sveisesømmer i dragstengenes lengderetning. Det ble ikke lagt sveisesømmer i endene på de to platene. De påsveisede platene på dragstengene vises i figur 15 og figur 16.



Figur 15: Påsveiset plate på venstre dragstang i forbindelse med rustreparasjon. Foto: SHT



Figur 16: Påsveiset plate på høyre dragstang i forbindelse med rustreparasjon. Foto: SHT

Etter at tanktilhengeren var reparert ble den godkjent i PKK. Kontrollpunktet for tilhengerdraget ble anmerket med «0», noe som tilsier at det var kontrollert og funnet i orden. Både førstegangskontroll og etterkontroll av de reparerte manglene ble utført av det samme kontrollorganet.

1.8.3.3 Etterkontroll av ADR-kontroll i juli 2011

Etter gjennomført reparasjon og PKK ble tanktilhengeren framstilt for Statens vegvesen for etterkontroll av tidligere forvaltningskontroll og fornyelse av ADR-godkjenningen. Dette var ved en annen trafikkstasjon enn den som gjennomførte forrige ADR-kontroll. Ved denne kontrollen ble manglene som var anmerket på de aktuelle kontrollsedlene utstedt av Statens vegvesen, godkjent. De kjøretøytekniske manglene (lys, bremseser, hjuloppheng, tilhengerdrag m.m.) ble hovedsakelig kvittert ut på grunnlag av godkjent PKK, mens manglene som var anmerket på tank og tankutstyr ble godkjent på grunnlag av etterkontroll foretatt av Statens vegvesen.

SHT har fått opplyst av Statens vegvesen at kontrollørene som gjennomførte ADR-kontrollen fulgte fastsatte rutiner. Disse tilsa at kjøretøy som er godkjent i PKK i løpet av den siste måneden ikke behøver å gjennomgå en ny teknisk kontroll, da dokumentasjon fra denne kontrollen bekrefter kjøretøyets tekniske tilstand. Statens vegvesen opplyser også at det skal gjennomføres en teknisk forvaltningskontroll i de tilfellene godkjent PKK er eldre enn en måned. Denne kontrollen skal sikre at kjøretøyet har tilfredsstillende sikkerhetstilstand og oppfyller relevante bestemmelser i kjøretøyforskriften. Den tekniske forvaltningskontrollen tar utgangspunkt i de samme kontrollpunktene som gjelder for PKK.

1.8.3.4 Kontroller i perioden 2012-2015

Fra nåværende eier kjøpte tanktilhengeren i 2012 og fram til brannen i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015 har den vært inne til offentlig kontroll (PKK og ADR-kontroll) totalt åtte ganger. Tre av disse åtte kontrollene er PKK som er gjennomført hos et annet kontrollorgan enn det som godkjente tanktilhengeren etter reparasjonen i 2012, mens fem av kontrollene er i forbindelse med fornyelse av ADR-godkjenningen hos Statens vegvesen. I to av de fem ADR-kontrollene ble resultatet fra den periodiske kontrollen lagt til grunn for at tanktilhengeren hadde en tilfredsstillende teknisk tilstand,

mens det i de øvrige tre kontrollene ble gjennomført en teknisk forvaltningskontroll av personell fra Statens vegvesen. Det ble ikke anmerket feil eller mangler på tilhengerdraget ved noen av disse åtte kontrollene.

Detaljert oversikt over gjennomførte PKK og ADR-kontroller i perioden 2011 til 2015 vises i vedlegg C.

1.8.4 Fabrikantens anvisninger for reparasjon og vedlikehold av tilhengerdrag

VBG Group Truck Equipment AB, Sverige (VBG), som har produsert tilhengerdraget, har gitt anvisninger for montering, reparasjon og vedlikehold av det aktuelle tilhengerdraget.

I monteringsanvisning fra VBG datert 9. desember 1999 heter det:

6. Montering av slanger og kabler

VBG tillater ikke sveising eller boring i dragstangen for montering av fester. VBG anbefaler at slanger og kabler klamres fast rundt profilene.

VBG opplyser at samme tekst også har stått i tidligere utgaver av monteringsanvisninger for denne dragtypen.

I VBGs «Drivers manual» utgave 38-233900c er det beskrevet følgende i kapitlet «Kontroll og servicekrav»:

TREKKBJELKER/GAVLER OG TREKKSTENGER

***OBS!** All sveising og retting er forbudt.*

Kontroller:

- 1. At det ikke har oppstått deformasjoner, sprekker eller andre skader.*
- 2. At alle skrukoblinger er intakte og at det ikke har forekommet bevegelser i dem. Gjeldende strammemoment - se produktets monteringsanvisning.*
- 3. At automattrekkstangens slitasje og frigang ligger innenfor de angitte verdiene.*

1.9 Vær- og føreforhold

Det var naturlig trekk gjennom tunnellopet i vogntogets kjøreretning, og god sikt. Veibanen inne i tunnelen var bar og tørr.

1.10 Skatestraumtunnelen

1.10.1 Utforming, trafikk og sikkerhetsutrustning

Skatestraumtunnelen er en undersjøisk ettløpstunnel som ligger på Fv 616 mellom Hamnen på Rugsundøya og Klubben på Bremangerlandet i Bremanger kommune. Tunnelen er 1902 meter lang og har en årsdøgntrafikk¹ (ÅDT) på om lag 300² kjøretøy. Den er utformet etter Statens vegvesens Håndbok 021 –Vegtunneler. I følge Statens vegvesen er andelen tunge kjøretøy på om lag 10 %. Tunnelen har en kjørebanebredde på 6 meter med en betongskulder på 1 meter på hver side. Frihøyde er på 4,5 meter. Fartsgrensen i tunnelen er 80 km/t. Tunnelen har en stigning på 10 % på hver side av

¹ Årsdøgntrafikk (ÅDT) = gjennomsnittlig døgntrafikk over året summert for begge kjøreretninger.

² Data fra Nasjonal vegdatabank (NVDB).

tunnelens laveste punkt som ligger om lag 80 meter under havnivå. Tunnelen ble åpnet for trafikk 12. juli 2002.

I følge beredskapsplanen datert 1. desember 2013 hadde tunnelen på hendelsestidspunktet en sikkerhetsutrustning i henhold til kravene for tunnelklasse B³. Utrustningen er vist i tabell 1 under.

Tabell 1. Tunnelens sikkerhetsutstyr ifølge beredskapsplanen. Kilde: Statens vegvesen

Utstyr ● Krav ○ Vurdert		Bygget/installert i samsvar med dagens krav
Havarinisjer/snunisjer	●	1 stk. havarinisje/snunisje for store kjøretøy i det dypeste punktet av tunnelen. 2 stk. havarinisjer i stigning mot Hamnen og 1 stk. i stigning mot Klubben. Disse er store nok til at person-/varebiler lett kan snu.
Belysning	●	Ja
Ventilasjon	●	Ja
Avbruddsfri strømforsyning	●	Ja
SOS-telefon	●	4 stk. SOS-telefoner
Brannslukkingsutstyr	●	9 stk. brannslukkingsapparat – 6 kg
Slokkevann	●	Nei
Rødt stoppblinksignal	●	Ja
Fjernstyrte bommer for stengning	●	Nei
Variable skilt	○	Ja
Kommunikasjons- og kringkastingsanlegg	●	Ja
Mobiltelefondekning i tunnel	○	Nei
Høydehinder (avviser)	●	Ja

1.10.2 Drenering

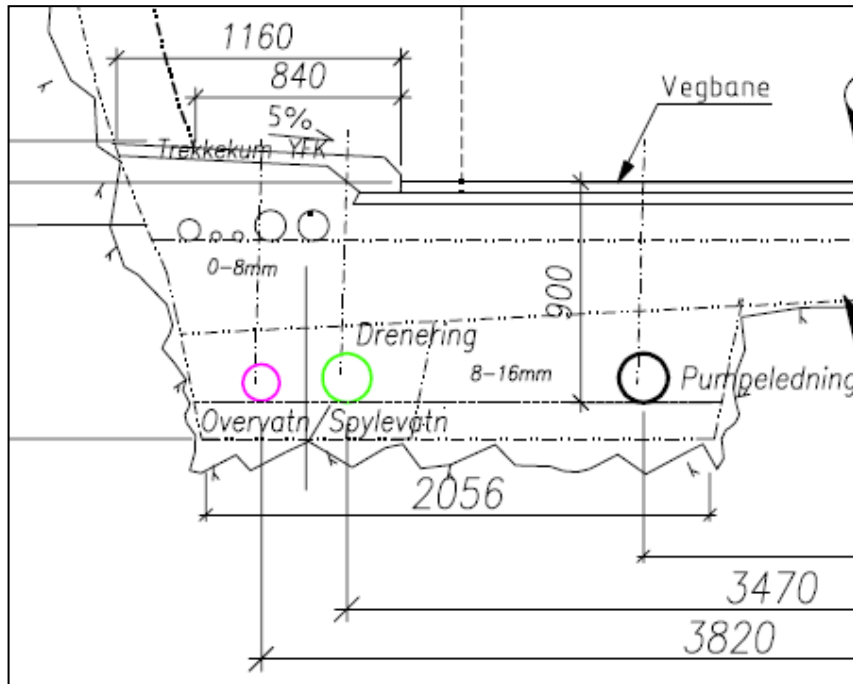
1.10.2.1 *Generelt*

Skatestraumtunnelen har to dreneringssystem. Et er for oppsamling og håndtering av vaske- og spylevann/overvann fra veibanen og et for drenering av grunnvann. Begge dreneringssystemene ligger langs sidearealet under veibanen med kjeftsluk/sandfang og inspeksjonskummer hver 80 meter.

³ Tunneler i Norge deles inn i klasser basert på trafikkmengde og tunnellengde.

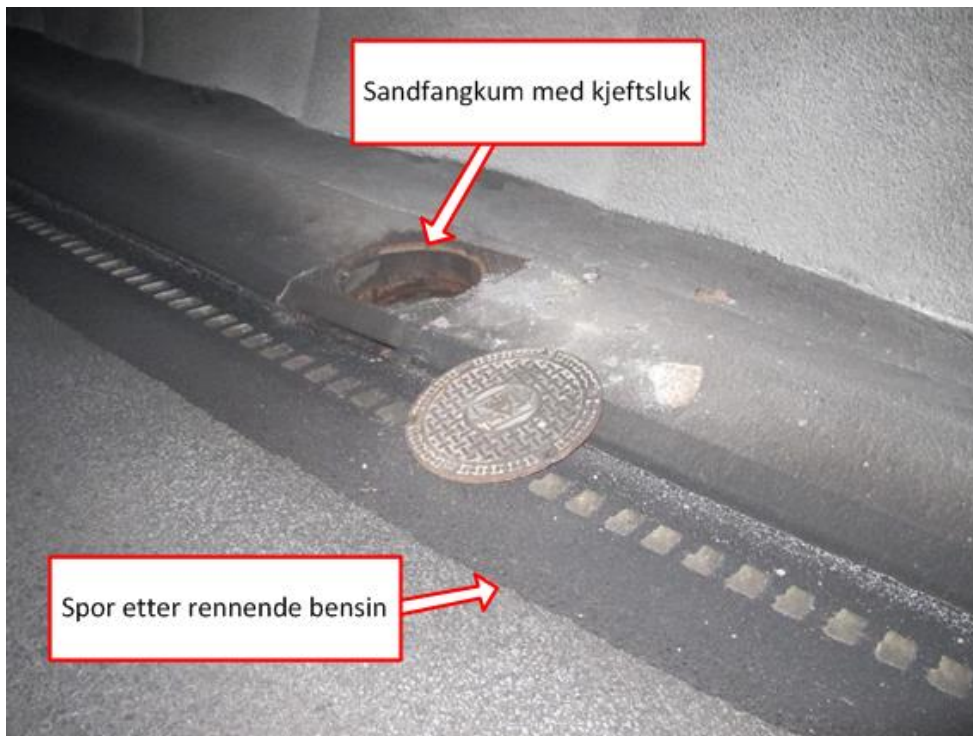
I bunnen av tunnelen er det et oppsamlingsbasseng hvor alt vannet (både spylevann/overvann og grunnvann), samles opp før det pumpes ut ved hjelp av automatiserte pumper. Pumpestasjonen med slambasseng, oljeutskiller og oppsamlingsbasseng er beskrevet i kapittel 1.10.2.3.

Figur 17 viser utsnitt fra byggetegninger hvor rør for overvann/spylevann, drenering og pumpeledning er markert med henholdsvis rødt, grønt og sort. Overvannsrøret er tett (uten perforering), da dette skal lede overvann/spylevann/oljesøl ned til oljeutskilleren. Dreneringsrøret er perforert, da dette skal samle opp grunnvann og lede det til slambassenget. Pumpeledningen er også tett da den skal lede vann som pumpes fra oppsamlingsbassenget ut av tunnelen.



Figur 17: Utsnitt fra byggetegninger som viser dreneringssystemet i veien tverrsnitt. Kilde: Statens vegvesen

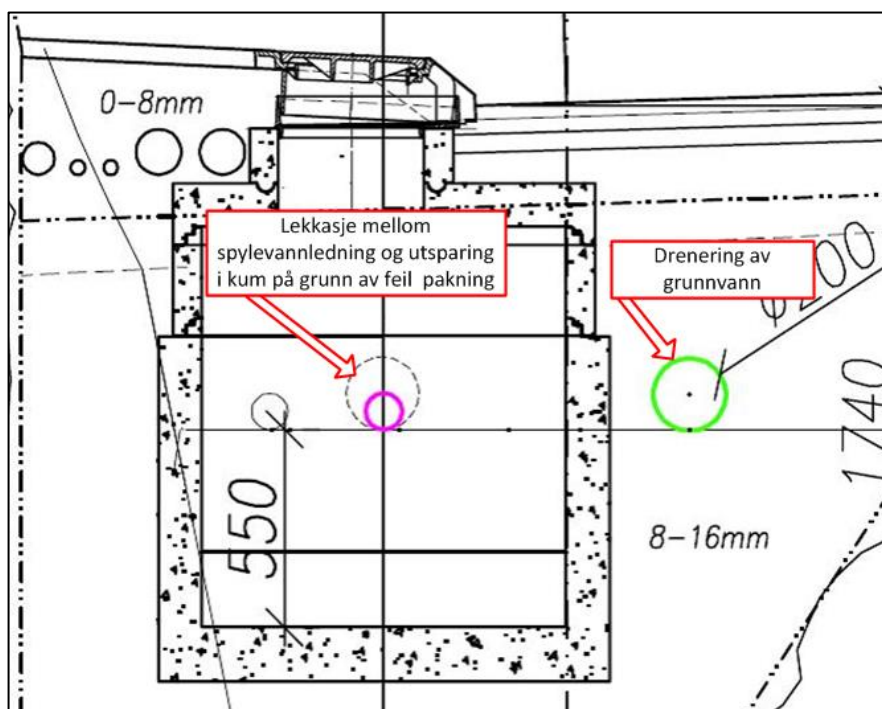
Figur 18 viser en sandfangkum med kjeftsluk og spor i asfalten etter rennende bensin. Denne kummen er en del av spyle-/overvannsystemet som har til hensikt å drenere vekk overflatevann/oljesøl fra veibanen i forbindelse med vasking av tunnelen/lekkasje fra kjøretøy. Som det kommer frem av figur 18 har ikke dette systemet hatt kapasitet til å fange opp bensinen som har rent videre nedover langs kantsteinen.



Figur 18: Sandfangkum med kjeftsluk hvor bensinen har rent forbi. Foto: SHT

1.10.2.2 Lekkasje i dreneringssystemet

I forbindelse med reparasjonsarbeidene etter brannen ble det avdekket at det hadde vært lekkasje i spylevannsystemet. Det var montert feil pakninger mellom dreneringsrørene og utsparingen i kummene, slik at det ble lekkasje til grunnen, se figur 19. Dette medførte at bensinen som ble fanget opp av slukene i sandfangkummene lakk ut i grunnen under kummen for deretter å bli fanget opp av dreneringssystemet for grunnvannet. Det ble ikke funnet bensin i oljeutskillerne nede ved pumpestasjonen som var tilkoblet spylevannsystemet, jf. kapittel 1.10.2.3.



Figur 19: Utsnitt fra byggetegningene som viser sandfangkum. Dreneringsledningens (grønn) reelle plassering er mest sannsynlig lavere enn spylevannsledningen. Kilde: Statens vegvesen («Som bygget» – tegning)

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

1.10.2.3 Pumpestasjonen

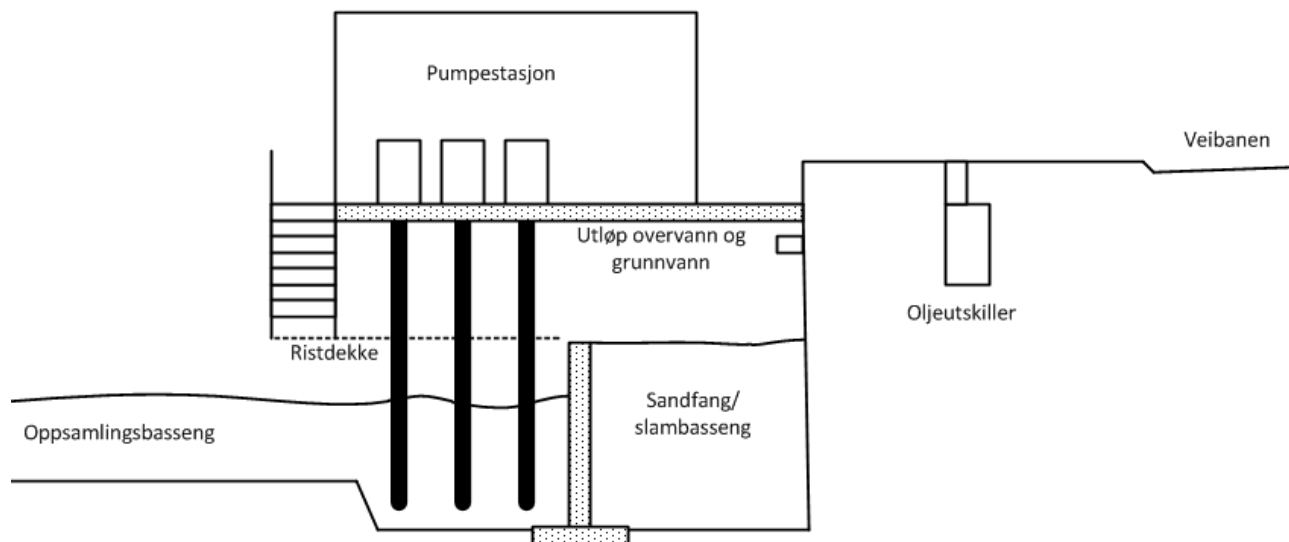
De to dreneringssystemene som er beskrevet i kapitel 1.10.2 leder spylevann og grunnvann ned til bunnen av tunnelen hvor det samles i et basseng før det pumpes ut av tunnelen. Figur 20 er en forenklet skisse som viser bl.a. pumpestasjonen, oppsamlingsbassenget og et mindre slambasseng. Skissen viser også en oljeutskiller som er knyttet til spyle-/overvannsystemet. Rent vann fra oljeutskilleren ledes ut i en fordelingskum på overvannsledningen, før det renner ut i slambassenget. I oljeutskilleren er det detektorer som varsler VTS automatisk når det danner seg oljefilm i utskilleren.

Over oppsamlingsbassenget er det et ristdekke som kan benyttes for å få tilgang under pumpestasjonen. Dette dekket er tilgjengelig via en trapp som er plassert bak pumpestasjonen.

Utløp for overvann og grunnvann er lokalisert over slambassenget. Slambassenget og oppsamlingsbassenget er skilt med et overløp i betong.

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

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



Figur 20: Prinsippskisse av pumpestasjonen i bunnen av tunnelen. Skissen er ikke i målestokk. Illustrasjon: SHT

1.10.3 Ventilasjon

1.10.3.1 *Teknisk beskrivelse*

Tunnelen har langsgående ventilasjon med luftinntak gjennom portalene. Det er montert fire vifter i hver ende av tunnelen. Viftestyringen skjer automatisk på grunnlag av målinger av CO- og NO-konsentrasjonen inne i tunnelen. Anlegget kan kjøres manuelt fra VTS i Lærdal og Bergen eller overstyres fra et nødstyrepanel utenfor tunnelen.

1.10.3.2 *Bruk av ventilasjon ved brann*

Styring av ventilasjonsanlegget i forbindelse med brann utføres normalt av VTS etter rutiner fastlagt i samarbeid med brannvesenet. Brannvesenet har selv anledning til å styre ventilasjonen via nødstyrepnelet utenfor tunnelen.

Retningen på brannventilasjonen er forhåndsbestemt og skal være i retning fra Klubben mot Hamnen. Denne beslutningen er tatt i samråd med det lokale brannvesenet. Ved manuell overstyring kan trekkretningen endres.

Når ventilasjonsanlegget er satt i brannmodus vil det gi en stabil trekk på ca. 2 m/s. Anlegget har ikke redundans i strømforsyningen og vil ikke fungere hvis det oppstår en svikt i strømforsyningsnettet.

1.10.4 Belysning

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

1.10.5 Kommunikasjon og samband

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

Da brannen oppstod i tunnelen fungerte imidlertid ikke systemet for innsnakk. Dette var ukjent for operatøren ved VTS. I Statens vegvesen egen evalueringsrapport «*Brann i Skatestraumtunnelen. Evalueringsrapport*», Statens vegvesen 2016, står følgende:

VTS hadde fokus på bruk av innsnakk og informerte 110 om denne muligheten. Utfra loggene kommer det ikke frem hva 110 responderte på denne anmodningen. VTS operatør som håndterte hendelsen var ikke klar over at innsnakk under gjeldende tidspunkt var satt ut av drift.

Dette var rapportert til VTS, men ikke videreformidlet. Rutinene for dette blir evaluert og fulgt opp av VTS.

1.10.6 Beredskapsplan

Gjeldende beredskapsplan for Skatestraumtunnelen da hendelsen inntraff var datert 1. desember 2013. Beredskapsplanen var utarbeidet av Statens vegvesen Region vest, Veiavdelingen i Sogn og Fjordane og var signert av avdelingsdirektør og brannvernleder.

Beredskapsplanen beskriver både generelle forhold som er lik for alle tunneler i Region vest og en spesiell del som gjelder for Skatestraumtunnelen. Beredskapsplanen er delt inn i to deler; S1 «*Opplysninger om tunnelen*» og S2 «*Risikoanalyse*». En stor del av

innholdet i S1 er gjengitt i kapittel 1.10.1 i denne rapporten, mens deler av innholdet i S2 er gjengitt i kapittel 1.10.7.

1.10.7 Risikoanalyser

1.10.7.1 *Gjennomførte risikoanalyser*

Risikoanalysen som er utarbeidet og presentert i S2 i beredskapsplanen tar for seg totalt 18 scenario hvor det for ett av scenarioene, trafikkuhell uten personskade, er beregnet frekvens. For de øvrige scenarioene er det ikke beregnet frekvens med begrunnelse i den lave trafikkmengden⁴ i tunnelen.

Sett i forhold til denne brannen er følgende scenario som er nevnt i risikoanalysen relevant:

- Scenario 4: Brann i tungt kjøretøy
- Scenario 13: Farlig gods
- Scenario 14: Farlig væske – renner ut i avløpssystemet
- Scenario 15: Eksplosjoner

I risikoanalysen står det at disse scenarioene er vurdert, men det er i liten grad beskrevet hvilke risikoreduserende/kompenserende tiltak som skal iverksettes for de enkelte scenarioene som er vurdert utover følgende:

Statistisk sett utgjør brann ca. 1% av alle hendinger i ein tunnel. Dei mest vanlege årsakene til brann i kjøretøy i tunnel er:

- *Varmgang i bremsar*
- *Elektriske feil i kjøretøy*
- *Kollisjonar*

Brannfrekvensen baserer seg på trafikkmengda (trafikkarbeidet). Sidan sannsynet for brann er så sterkt knytt til trafikkmengda, er dei mest effektive måtane å redusere denne risikoen på, å regulere trafikken, for eksempel med:

- *Fartsreduserande tiltak*
- *restriksjonar på transport med farleg gods*

På bakgrunn av dei berekningane som er gjort m.o.t. sannsynet for brann i tunnelen, har Statens vegvesen ikkje funne det rett å innføre slike tiltak.

1.10.7.2 *Statens vegvesens veiledning for gjennomføring av risikoanalyser*

I Statens vegvesens Håndbok V721 – Risikovurdering i vegtrafikken er det beskrevet anbefalte metoder for gjennomføring av risikoanalyser.





I Håndbokens kapittel 2 – Generell modell for risikovurdering er det gitt eksempel på risikomatrise som kan benyttes ved gjennomføring av risikovurdering, se figur 21.

⁴ I risikoanalysen benyttes en trafikkmengde, ÅDT, på 150 kjøretøy/døgn (i 2012).

		Risikomatrixe			
Frekvens \ Konsekvens	Lettere skadd	Hardt skadd	Drept	Flere drepte	
Svært ofte (minst 1gang pr år)	Uh 2				
Ofte (1 gang hvert 2.-10. år)	Uh 1	Uh 2			
Sjelden (1 gang hvert 10-30. år)	Uh 3	Uh 1	Uh 2		
Svært sjelden (sjeldnere enn hvert 30. år)		Uh 3	Uh 1		

Uønsket hendelse nr 1 (Uh 1) kan være møteulykke på en bestemt strekning, Uh 2 kan være utforkjøring og Uh 3 kan være påkjøring av gående og syklende

Fargekodene angir en vurderingsskala for risiko og kan tolkes slik:

	Tiltak ikke nødvendig		Tiltak skal vurderes
	Tiltak bør vurderes		Tiltak nødvendig

Figur 21: Risikomatrixe vist i Statens vegvesens Håndbok V721. Kilde: Statens vegvesen

I de tilfellene hvor konsekvensene kan være «flere drepte» eller defineres som «katastrofal» angir håndboken at «Tiltak skal vurderes» eller at «Tiltak er nødvendig», uavhengig av frekvensen av hendelsen.

1.11 Tekniske registreringssystemer

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

1.12 Spesielle undersøkelser

SHT har gjennomført tre separate utredninger i forbindelse med brannen i Skatestraumtunnelen. Forsvarets laboratorietjeneste har gjennomført metallurgiske undersøkelser av tilhengerdraget, mens SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut⁵ (SP) har utredet mulige antennelsesårsaker og brannens utvikling i tunnelen. Sammendrag av utredningene omtales i etterfølgende underkapitler. Alle utredningene ligger vedlagt denne rapporten.

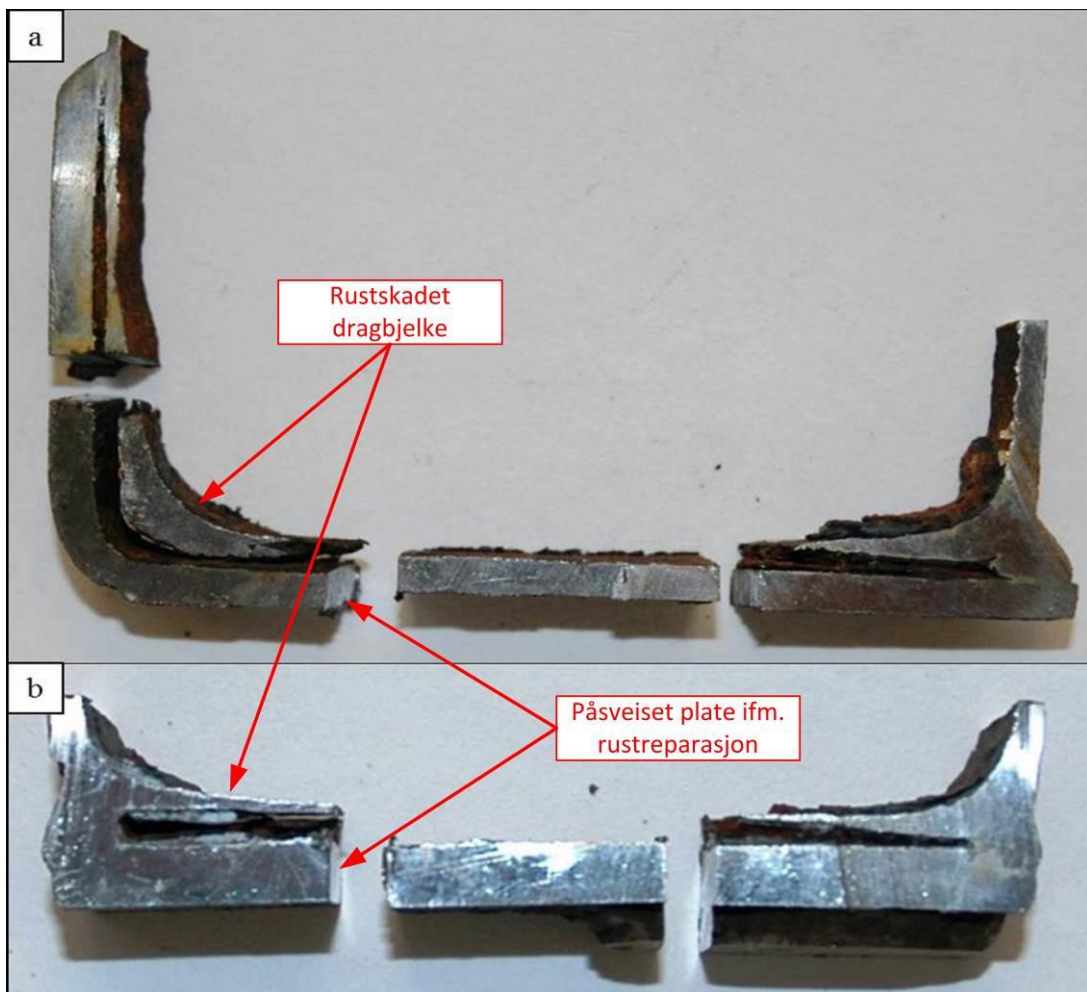
1.12.1 Metallurgiske undersøkelser av tilhengerdraget

Ved undersøkelsene som SHT gjennomførte ble det påvist store innvendige rustskader i de to dragstengene som var røket av. Disse har i utgangspunktet en tykkelse på 4 millimeter, men var på flere steder betydelig tynnere på grunn av langt framskredet korrosjon.

For å få dokumentert skader, rustangrep og styrke på de gjenværende delene av tilhengerdraget, gjennomførte Forsvarets laboratorietjeneste, FLO/VEDL/FOLAT metallurgiske undersøkelser av disse delene. I forbindelse med undersøkelsene ble

⁵ <https://www.sp.se/en/Sidor/default.aspx>

dragstengene delt. Bilder av gjennomskårede dragstenger, som viser rustskader og påsveisede plater, vises i figur 22.



Figur 22: Snitt av høyre(a) og venstre (b) dragstang i området hvor et er sveiset på plater i forbindelse med rustreparasjon. Foto: FLO

Rapporten fra Forsvarets laboratorietjeneste har følgende konklusjoner:

- *Bruddskadene i det undersøkte draget har oppstått som følge av langt fremskredet korrosjon som har tært bort bjelkematerialet i store deler av tverrsnittet.*
- *Korrosjonsskaden på innsiden av bjelkene har trolig oppstått som følge av inntrengning av klorholdig fukt i bjelken fra luftehull ved innfestet til draget. Denne korrosjonen kan videre ha blitt akselerert ved at det er sveiset på plater på utsiden av allerede korroderte områder, slik at det oppstår en spalteffekt på undersiden av den opprinnelige profilen og som dermed akselerer korrosjonsprosessen ytterligere.*
- *Funn av stein i korrosjonsproduktene mellom påsveiset plate og bjelke tyder på at det ikke har vært utført noen rustfjerning i forbindelse med dette arbeidet.*
- *Sveisearbeidet har mangler i form av manglende innsmelting og underskår langs deler av sveisesømmene. Det er vår vurdering at selve sveisearbeidet ikke har hatt noen større betydning i forhold til skadeutviklingen.*
- *Siden de påsveiste platene ikke tar opp krefter i overgangen til innfestet til trailerhengeren er det vår vurdering at en avstivning av et meget korrodert område ikke vil bidra til noen økt styrke i konstruksjonen, men heller vil bidra til*

økt risiko for korrosjonsutmatting. Dette kan eventuelt bekreftes ved styrkeberegninger.

- *Platetykkelsen ble målt til å variere fra 0-2,9 mm. I forbindelse med prøveuttak for mekaniske tester kunne det observeres lokal gjennomrusting i flere områder og det var ikke mulig å maskinere ut standard prøvestaver.*
- *Fraktografi kan kun bekrefte overbelastningsskade i et hjørne av høyre bjelke og det virker sannsynlig at øvrige bruddflater har oppstått før selve havariet som følge av korrosjon/korrosjonsutmatting.*
- *Draget har trolig hengt sammen som følge av sveisepunkter til stålnettingen lagt på oversiden av draget. Basert på strekkprøving av nettingen kan sveisepunktene samlet til sammen ha holdt en last opp mot 10 tonn, men styrken vil være svært sårbare for skjevbelastninger.*

Hele rapporten fra Forsvarets laboratorietjeneste er vedlagt – se vedlegg D.

1.12.2 Utredning av mulige antennelseskilder etter bensinlekkasjen i Skatestraumtunnelen

SPs utredning av brannens opprinnelse og antennelseskilder bygger på informasjon innhentet av SHT i forbindelse med undersøkelsen. SP har undersøkt dokumentasjon og beskrivelser om brannstedet, skader i tunnelen og dens dreneringssystem, skader på involverte kjøretøy samt beskrivelser og forklaringer gitt av vitner til hendelsen.

På bakgrunn av tilgjengelig informasjonen har SP vurdert følgende hypoteser for at bensinen antente:

Tabell 2. Vurdering av mulige antennelseskilder. Kilde: «Utredning av brandens oppkomst i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 1» SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Mulig årsak til antenneelse	Sannsynlighet
Gnistdannelse ved kollisjonen	Usannsynlig
Elektrisitet i tanktilhengeren	Usannsynlig
Elektriske installasjoner i tunnelen	Usannsynlig
Gnistdannelse som følge av at tanktilhengeren beveget seg og skrapte mot tunnelveggen	Usannsynlig
Gnistdannelse som følge av statisk elektrisitet når bensinen rant ut av tanken og ut på veibanen	Usannsynlig
Varme overflater på tanktilhengeren, slik som varme bremseskiver eller annet	Lav
Fører av kjøretøy B så «røyk» mellom tanktilhengeren og tunnelveggen	Usannsynlig
Et kjøretøy (bak tanktilhengeren) initierte brannen	Stor

Utredningen av mulige antennelseskilder konkluderer med at det er stor sannsynlighet for at et av de bakenforliggende kjøretøyene startet brannen og da spesielt campingbilen (kjøretøy E) siden dette kjøretøyet hadde trykkskader som tyder på en eksplosjon inne i motorrommet.



Figur 23. Nærbilde av panseret på campingbilen som kom kjørende bak tankbilen og som stoppet bak hengeren. Bildet viser at panseret har løftet seg, sannsynligvis som følge av en trykkendring i motorrommet. Foto: Gjensidige

Personene som satt i denne bilen observerte også at bensinen antente og brant rundt bilen rett før de begynte å rygge nedover. Opptrykking av bilens panser indikerer at brannen har startet som følge av trykkendring i motorrommet.

Hele rapporten fra SP – «Utredning om brandens oppkomst i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 1» vises i vedlegg E.

1.12.3 Utredning om brannens utvikling i Skatestraumtunnelen.

SP har undersøkt og analysert brannens utvikling i tunnelen sett i forhold til spredning av varme, røyk og gasser. Hensikten med denne utredningen har vært å beskrive og vurdere overlevelsesmulighetene for trafikanter i tunnelen sett i et tidsperspektiv.

Utredningen er gjort med utgangspunkt i dokumentasjon om tunnelens utforming, materielle skader, bensinmengde og lekkasje, vitneutsagn og SHTs egne bilder og beskrivelse av skadestedet. I forbindelse med undersøkelsene har SP også blitt bedt om å gjennomføre en simulering med etterfølgende animasjon for å beskrive utviklingen og visualisere brannforløpet.

Hele rapporten fra SP – «Utredning om brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2» vises i vedlegg F.

1.12.3.1 *Brannens utvikling i en tidslinje*

Tabell viser en sammenstilling av tidslinjen for hendelsen før og etter at brannen startet. Tidsangivelsene i kolonne to er estimerte verdier basert på beregninger med grunnlag i vitneforklaringer, dokumenterte fakta og funn gjort på ulykkesstedet etter hendelsen. Denne tidsangivelsen kan være noe usikker. Kjøretøyenes og brannskap F2s plassering vises i figur 5, og den omtalte kum 5 vises i vedlegg B.

Tabell 3: Sammenstilling av tidslinje for hendelsen før og etter brannens start. Kilde: «Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2», SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Loggførte tidspunkt	Tid i min:sek fra brannstart	Hendelse
	-2:40	Ulykken inntreffer, tanktilhengeren løsner og kolliderer med tunnelveggen – kjøretøy A
	-2:40	Kjøretøy B står 10 m nedenfor og bevitner ulykken
10:24:51	-01:41	Døren til BS03 åpnes av sjåføren
	-01:30	Bensinfront 150 m nedenfor tanktilhengeren
10:25:36	-00:54	Tunnelen stenges
10:25:38	-00:52	Tunnelen bekreftet stengt
	-00:30	Kjøretøy B og C møte kjøretøy E (campingbilen) og D ved F2 (se figur 5), 367 m nedenfor tanktilhengeren
	-00:20	Bensinfronten ved F2
	00:00	Kjøretøy B i bunnen av tunnelen
	00:00	Brannen starter – campingbilen er på dette tidspunktet 10 – 20 meter fra tanktilhengeren
	00:00	Kjøretøy D stopper (trafikanterne stiger ut i rennende bensin)
	00:05	Kjøretøy A kjører mot Hamnen (rett etter at brannen starter)
	00:25	Kjøretøy E nede ved kum 5 (103 meter fra tanktilhengeren)
	00:25	Bensinen når ned til pumpestasjonen (463 meter fra tanktilhengeren)
	00:25	Flammefronten nede ved kum 5 (103 meter fra tanktilhengeren)
10:27:50	01:20	Kortslutning av nattlyskabel som er mellom tanktilhengeren og portalen ved Hamnen
	01:30	Kjøretøy A kjører ut av tunnelen ved Hamnen i tett røyk

Loggførte tidspunkt	Tid i min:sek fra brannstart	Hendelse
10:28:01	01:31	Første vifte V01-V08 starter
10:28:16	01:46	Alle viftene V01-V08 i drift
10:28:20	01:50	Kritisk høy CO-nivå ved F1
	01:50	Kjøretøy E nede ved pumpestasjonen, plukker opp to trafikanter fra kjøretøy C, vanskelig å snakke på grunn av viftestøy
	02:00	Flammefronten nede ved pumpestasjonen

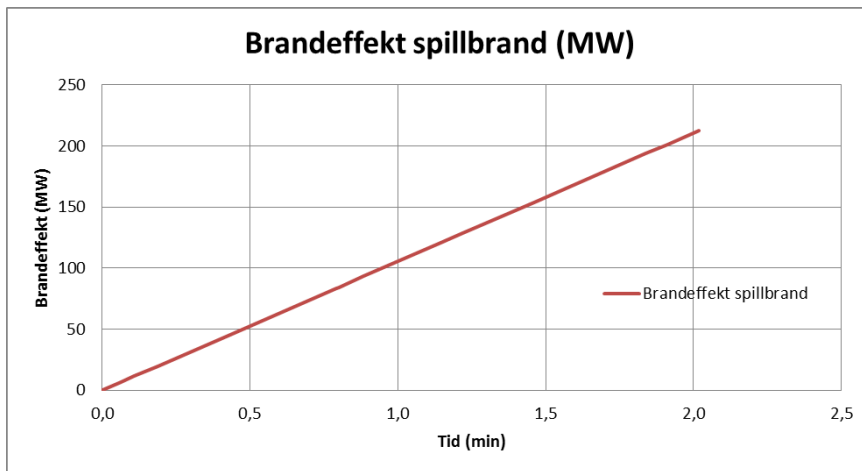
1.12.3.2 Overlevelsesaspektet gjennom brannens utvikling

Brannforløpet kan deles inn i tre scenario; spillbrannen langs veibanen (fra den rennende bensinen), brannen i tanktilhengeren og brannen nede ved pumpestasjonen i bunnen av tunnelen. I underkapitlene nedenfor følger et sammendrag av SPs vurderinger av overlevelsesmulighetene i forhold til de tre brannscenarioene.

Spillbrannen

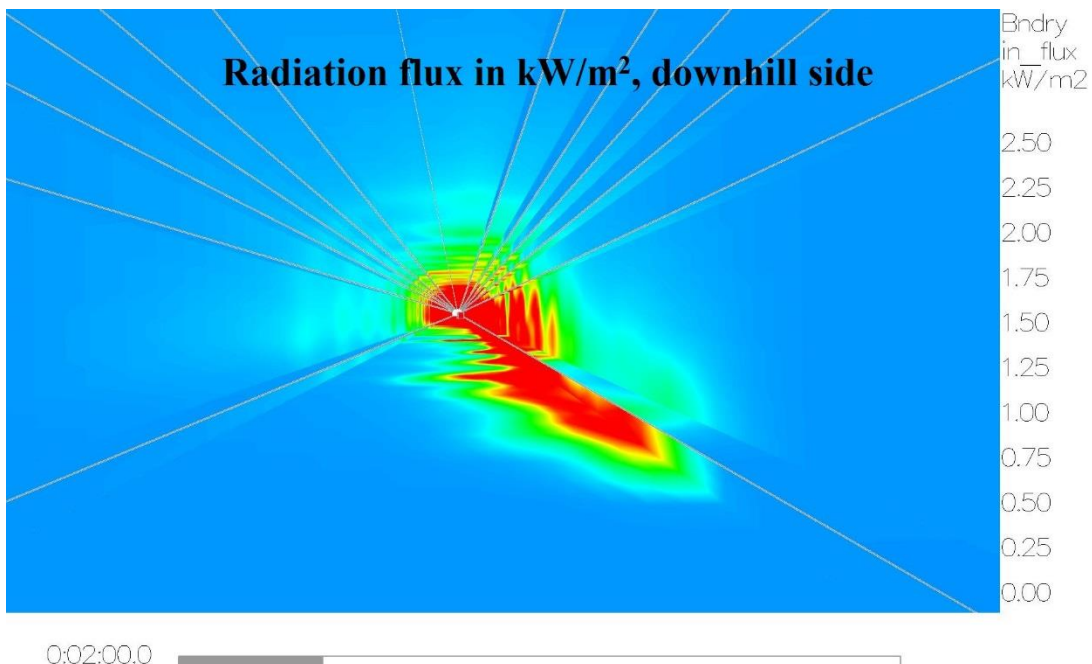
I det tanktilhengeren traff tunnelveggen ble det slått hull i tankens fremre rom og bensin begynte å lekke ut. På bakgrunn av registreringer av spor etter bensinen i veibanen, veiens tverrfall og tunnelens fall i lengderetning er det beregnet en gjennomsnittlig lekkasje på omkring 1000 – 1200 liter per minutt (17-20 l/s). Hastigheten til den rennende bensinen er beregnet til 2,6 m/s og bensinen nådde bunnen av tunnelen (100 meter fra pumpestasjonen ved kum nr. 1 – se vedlegg B) etter om lag 3 minutter. Det er beregnet at det fremre tankrommet tømmes i løpet av fire minutter, dersom man antar et hull med diameter på omkring 100 mm.

Om lag 2 minutter og 40 sekunder etter at tanktilhengeren traff tunnelveggen og bensinen begynte å lekke ut ble den antent, sannsynligvis av campingbilen oppe ved selve tanktilhengeren, ref. kapittel 1.12.2. Flammefronten beveget seg nedover i tunnelen med en hastighet på om lag 3,9 m/s. Figur 24 viser beregnet branneffekt av spillbrannen som funksjon av tiden. Som figuren viser genererte den brennende bensinen på veioverflaten alene en effekt på over 200 MW.



Figur 24. Beregnet branneffekt for spillbrannen som funksjon av tiden etter antennelse. Kilde: «Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2», SP - Sveriges Tekniska Forskningsinsitut

Sett i et overlevelsesperspektiv var spillbrannen livstruende for personer dersom de hadde befunnet seg i området mellom pumpestasjonen og tanktilhengeren etter at flammefronten hadde nådd bunnen. Beregninger viser at selve lufttemperaturen nedenfor tanktilhengeren ikke var spesielt høy som følge av ventilasjonen, men det oppstod kraftig røykutvikling og varmestrålingen oversteg kritisk verdi for overlevelse etter om lag to minutter, jf. figur 25.



Figur 25. Beregnet varmestråling på nedsiden av tanktilhengeren, 100 meter fra flammefronten etter 120 sekunder. Kilde: «Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2», SP - Sveriges Tekniska Forskningsinsitut

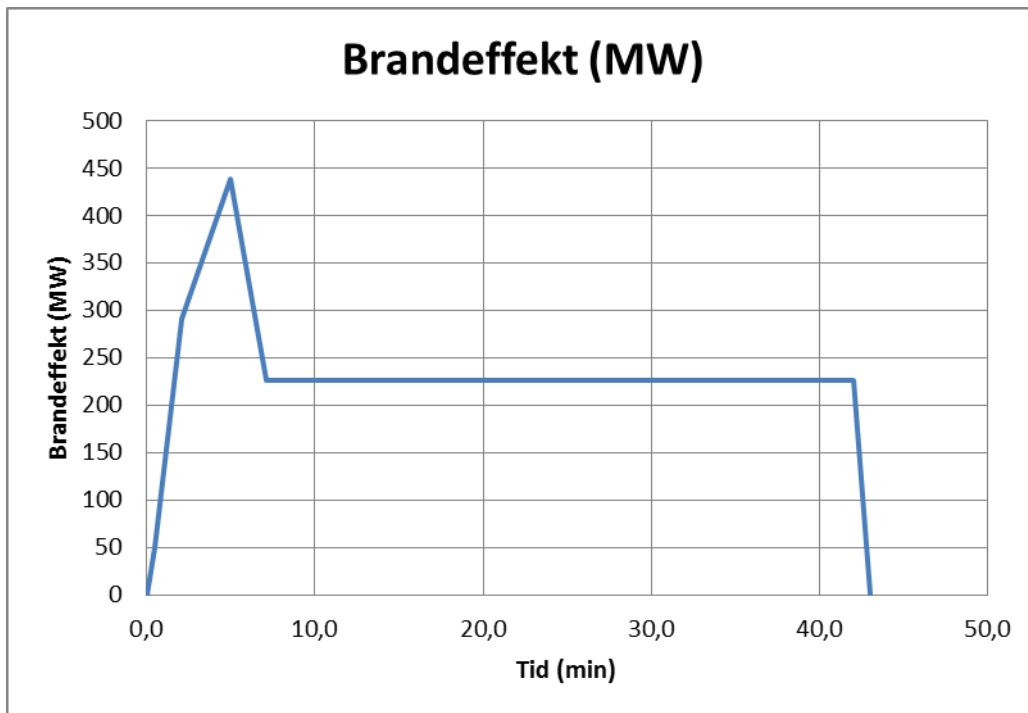
Beregningene viser at all bensin som lekket ut av tanktilhengeren brant opp i løpet av 7 minutter. Brannen stoppet først nærmest tanktilhengeren, etter om lag fem minutter og til slutt nede ved kum nr. 1, (100 meter fra pumpestasjonen) etter ca. 7 minutter.

Brannen i tanktilhengeren

Brannen i tanktilhengeren kan best beskrives som en såkalt «poolbrann». Det vil si at brannen først tærer vekk toppen av aluminiumstanken, mens nedre del av tanken kjøles ned av bensinen innvendig og holdes relativt intakt. Slik dannet resterende strukturer i

tanken en kjeleform hvor bensinen etter hvert begynte å koke og det oppstod en svært kraftig brann med beregnet branneffekt på 227 MW ($12,9 \text{ MW/m}^2$). Temperaturen over tanktilhengeren ble raskt svært høy, opp mot $1350 \text{ }^\circ\text{C}$ og røykutviklingen ble intens.

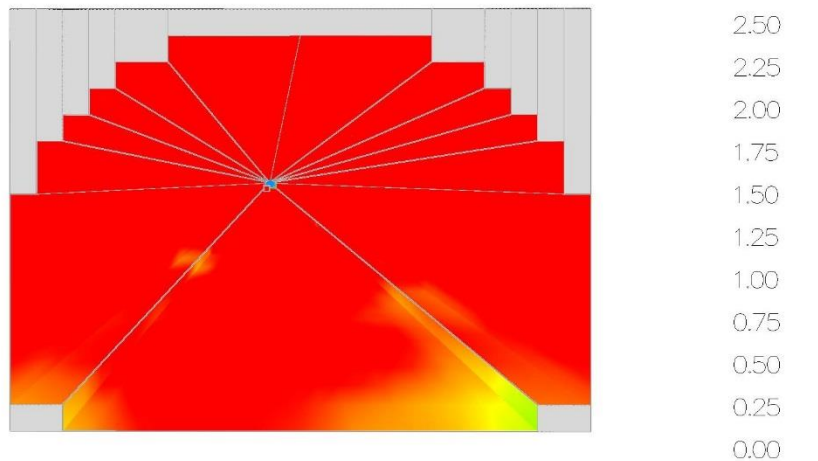
Figur 26 viser den beregnede totale branneffekten for både spillbrannen og brannen i tanktilhengeren. Den kraftige stigningen i branneffekten de første sju minuttene kan forklares med bensinen som brenner over en stor overflate langs veibanen. Når denne brannen ebbet ut, gjenstod poolbrannen i tanktilhengeren og branneffekten stabiliseres. Etter drøyt 40 minutter ebbet også denne brannen ut.



Figur 26: Den totale branneffekten som funksjon av tiden. Grafen inkluderer både spillbrannen og brannen i tanktilhengeren. Kilde: «Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2», SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

I området ovenfor tanktilhengeren og ut mot tunnelåpningen ved Hamnen har det ikke vært overlevelsesmuligheter. Den intense røykutviklingen utviklet seg raskt og røyken tok igjen tankbilen da den kjørte ut ved Hamnen ett og et halvt minutt etter antennelse. Beregninger viser omfattende og dødelig varmestråling i hele tunnellopet fra brannstedet og ut av portalen ved Hamnen jf. figur 27.

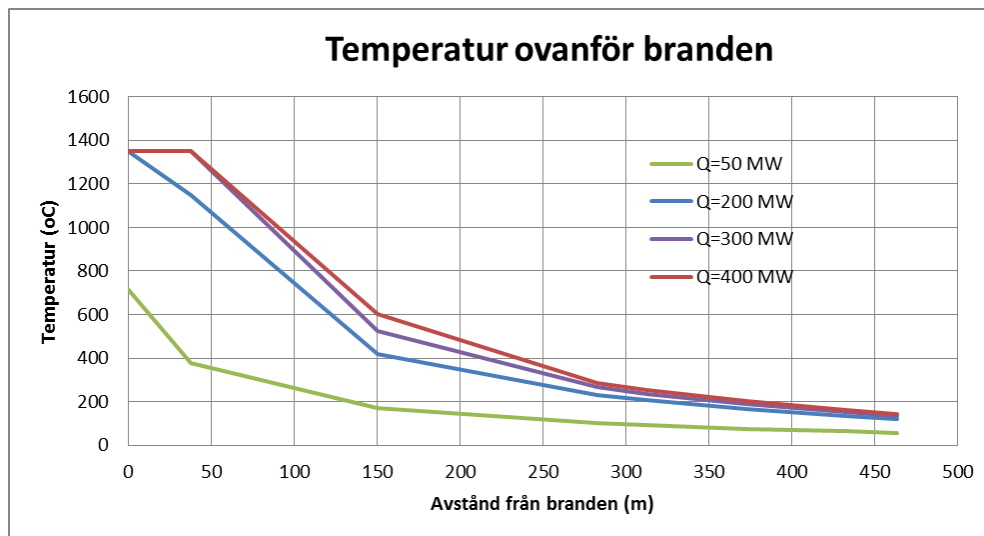
Radiation flux in kW/m², uphill side



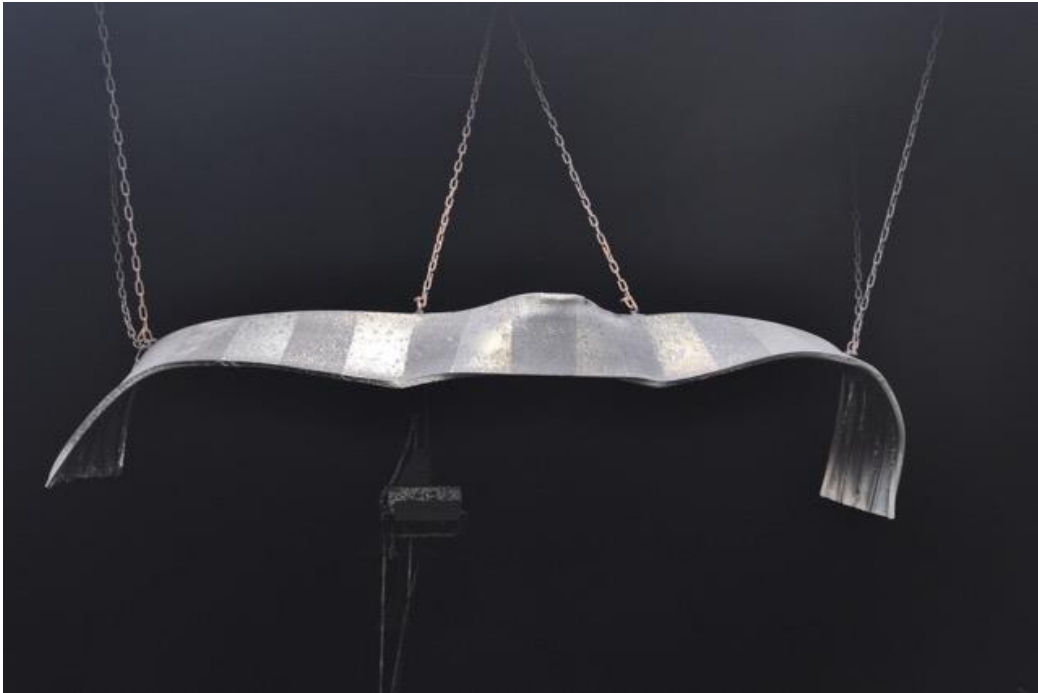
0:02:00.0

Figur 27: Beregnet varmestråling ovenfor brannstedet ved tunnelportalen etter 120 sekunder. Kilde: «Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2», SP - Sveriges Tekniska Forskningsinsitut

Beregnete røyktemperaturer på oversiden av brannen er vist i figur 28. Beregningene viser at temperaturen faller relativt raskt i lengderetningen og at den er mellom 170 °C og 200 °C ved tunnelportalen ved Hamnen. Grafen under er forenelig med de skadene man fant i tunnelen og infrastruktur etter hendelsen, jf. figur 29.



Figur 28: Beregnede temperaturer langs tunnelen (ovenfor brannstedet) for ulike branneffekter. Kilde: «Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnelen 15 juli 2015 – del 2», SP - Sveriges Tekniska Forskningsinsitut



Figur 29: Høydebegrensningsskilt i aluminium ved tunnelportalen ved Hamnen med tydelige deformasjonsskader som følge av varmepåvirkning. Foto: Statens vegvesen

Beregningene fra SP viser også at brannen genererte kraftige luftstrømmer med hastigheter opp mot $27 \text{ m/s} \approx 100 \text{ km/t}$ på oversiden av brannstedet. På nedsiden av brannen var lufthastigheten beregnet til å være opp mot $9 \text{ m/s} \approx 32 \text{ km/t}$.

Brannen nede ved pumpestasjonen

Det finnes to systemer for drenering av vann i Skatestraumtunnelen, jf. kapittel 1.10.2. Et system for drenering av overflatevann og et system for drenering av grunnvann. Begge systemene leder vannet ned til bunnen av tunnelen hvor det samles opp i et basseng før det pumpes opp og ut av tunnelen. Dreneringssystemet for overflatevannet er koblet sammen med kummer med sluk hver 80 meter. Da bensinen begynte å lekke ut av tanktilhengeren fyltes dette systemet raskt opp og mengden bensin oversteg kapasiteten til slukene og tilhørende rørsystem. Som en konsekvens av dette ble bensin liggende i veibanen og rant nedover veiene langs kantsteinen forbi slukene jf. figur 30.



Figur 30: Sandfangkum med sluk om lag 270 meter nedenfor brannstedet. På bildet ses mørke spor av bensin som har rent forbi sluket. Foto: SHT

Både bensinen som rant ned i dreneringssystemet for overvannet og den bensinen som lakk ned i grunnvannsystemet endte til slutt nede ved oppsamlingsbassenget under pumpestasjonen. Denne bensinen var antent og det oppstod en overflatebrann i slambassenget under pumpehuset. I rapporten fra SP står følgende:

Det som hände vid pumphuset är komplicerat men ändå relativt enkelt att förklara brandtekniskt. Branden i slambassängen brinner som en öppen pölbrand som genererar rök och värme. På grund av det relativt höga luftflödet inne tunneln skapas ett övertryck i förhållande till tunneln som gör att röken och värmen sugas in mot tunneln. Därav uppstår den rök och de sotskador som observerats där. Lokala skador vid utlopp eller brunnar kan förklaras genom tillgången till syre. Bensinångor har transporterats dit där det finns syre och skapat bränder i öppningarna. Dessa bränder tenderar att bli långvariga då avdunstningen tar lång tid. Branden pågår så länge det finns bensinvätska att tillgå.

Sammanfattningsvis kan man säga att det som hände nere vid pumphuset inte haft någon större betydelse för själva huvudbrandförloppet i tunneln men däremot för räddningstjänstens insatser och för skador på egendom.

Det oppsto både utvendige og innvendige sot- og brannskader på infrastrukturen som kabling, elektriske komponenter og overflater, men disse anses som relativt små sammenlignet med skadene lengre oppe i tunnelen mot Hamnen.



Figur 31: Pumpestasjonen ved bunnen av tunnelen med brann- og sotskader på overflatene.
Foto: SHT

1.12.3.3 Rapportens konklusjon

Utredningene konkluderer med at ingen omkom i brannen som følge av hurtige og korrekte handlinger av trafikantene. Videre konkluderer utredningen at det tok om lag to minutter før den antente bensinen nådde bunnen av tunnelen og at det da ikke var overlevelsesmuligheter for trafikanter fra pumpestasjonen og opp til tunnelmunningen ved Hamnen, en avstand på om lag 950 meter. Overlevelsesmulighetene ble i første rekke kompromittert av røykutvikling og strålingsvarme fra bensinbrannen. Brannens maksimale effekt er beregnet til å være om lag 440 MW med makstemperatur på 1350 °C ved tanktilhengeren.

Oppsummert konkluderer utredningen med følgende:

- Tunnelens fall/stigning på 10 % har hatt avgjørende betydning for brannspredningen/brannforløpet.
- Hvor raskt den innledende røyken og varmen spres ovenfor og nedenfor brannstedet bestemmes av tunnelen fall.
- Dreneringssystemet som skulle fange opp væsken på veioverflaten gjorde det ikke effektivt nok til å unngå en overflatebrann som var på mer enn 200 MW innen to minutter etter antenningen.
- Luftstrømmene som brannen genererte førte til at ventilasjonssystemet ikke hadde noen innvirkning på forløpet eller miljøet inne i tunnelen.
- Ingen omkom takket være raske og riktige handlinger av personene som var involvert.

- I området på nedsiden av brannen hadde man omkommet på grunn av strålevarme hvis det ikke hadde vært mulig å evakuere før røyken kom.
- Dersom personer hadde blitt fanget i røyken, enten på nedsiden eller oversiden av brannen, hadde de fått store problemer med å evakuere og de vil mest sannsynlig ha mistet bevisstheten og senere omkommet.
- Den kraftige termikken generert av brannen dannet en lufthastighet på 27 m/s (100 km/t) på oversiden av brannen (varmt) og 9 m/s (30 km/t) på nedsiden av brannen (kald).
- Den innledende brannen som ble generert av bensinlekkasjen var på 212 MW. I en kort periode nådde brannen et maksimum på 440 MW når både bensinen på veioverflaten og den resterende bensinen i tanktilhengeren brant samtidig.
- Den maksimale beregnede temperaturen var 1350 °C i taket 10 – 20 m ovenfor tanktilhengeren.
- Temperaturen falt raskt på oversiden av brannen, ca. 150 – 200 m fra tanktilhengeren var temperaturen om lag 600 °C og ved tunnelportalen (460 m fra tanktilhengeren) var temperaturen i underkant av 200 °C.
- Røyken oversteg raskt de kritiske verdiene, etterfulgt av temperatur og til slutt strålingsvarme.

1.13 Lover og forskrifter

Bruk, drift, tilsyn og kontroll i veisektoren er i hovedsak regulert i lov 18. juni 1965 nr. 4 om vegtrafikk (vegtrafikkloven) med tilhørende forskrifter og lov 21. juni 1963 nr. 23 om vegar (veglova). Transport av farlig gods er regulert i lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven).

1.13.1 Krav til fører

Vegtrafikkloven og tilhørende trafikkregler stiller krav til førers ansvar ved bruk av kjøretøy.

1.13.2 Tekniske krav til kjøretøy

Forskrift 4. oktober 1994 nr. 918 om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (kjøretøyforskriften) fastsetter tekniske krav til motorvogn og tanktilhenger registrert første gang etter 1. januar 1995. I tillegg til de tekniske kravene er det satt spesifikke krav til bruk av kjøretøy, både på generelt grunnlag og ved spesielle forhold og transporter.

1.13.3 Forskrift om landtransport av farlig gods

Forskrift 1. april 2009 om landtransport av farlig gods (ADR-forskriften) har som formål å verne liv, helse, miljø og materielle verdier mot uhell, ulykker og uønskede tilsiktede hendelser ved landtransport av farlig gods.

Forskriften forvaltes av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), og setter spesifikke tekniske krav til kjøretøy som skal transportere farlig gods. Disse kravene

kommer i tillegg til de kravene som er satt i kjøretøyforskriften. Forskriften hjemler også transportrestriksjoner i forbindelse med landtransport av farlig gods.

1.13.4 Forskrift om periodisk kontroll av kjøretøy

Forskrift 13. mai 2009 om periodisk kontroll av kjøretøy setter krav til kontrollorgan som skal gjennomføre periodisk kontroll av kjøretøy (PKK). Forskriften omhandler periodisk kontroll av norskregistrerte kjøretøy og krav til kontrollorgan som gjennomfører kontrollen.

1.13.5 Forskrift om kjøretøyverksteder

Forskrift 13. mai 2009 om kjøretøyverksteder setter krav til verksteder som skal utføre reparasjons-, vedlikeholds-, ombyggings-, oppbyggings- og påbyggingsarbeid på kjøretøy. Den gjelder alle som skal utføre slikt arbeid. Forskriften setter også krav til lokaler, teknisk utstyr og teknisk leder m.m.

1.13.6 lover, forskrifter, normaler og retningslinjer for bygging, drift og vedlikehold av veier

Følgende forskrifter, normaler og retningslinjer er relevante i forbindelse med denne undersøkelsen:

- Forskrift 26. juni 2002 nr. 847 om brannforebyggende tiltak og tilsyn (forebyggendeforskriften).
- Statens vegvesens Håndbok 021 – Vegtunneler (1992) og Håndbok 021 – Vegtunneler (2002). Håndboken har status som normal og er hjemlet i vegloven.
- Statens vegvesens Håndbok 163 – Vann- og frostsikring i tunneler (1995). Håndboken har status som retningslinje.
- Statens vegvesens Håndbok R511 – Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler del 1 (2014). Håndboken har status som retningslinje.
- Statens vegvesens Håndbok V721 – Risikovurdering i vegtrafikken (tidligere Håndbok 271).

1.14 Myndigheter, organisasjoner og ledelse

1.14.1 Sogn og Fjordane fylkeskommune

Sogn og Fjordane fylkeskommune (SFFK) er eier av fylkesveinetten og har ansvaret for den overordna samferdselsplanleggingen i Sogn og Fjordane. Eierskapet inkluderer også om lag 140 tunneler som ligger på fylkesveinetten. En del av disse veiene/tunnelene ble overført fra Statens vegvesen til SFFK i forbindelse med forvaltningsreformen i 2010, deriblant Skatestraumtunnelen. I tillegg til å ha ansvaret for sikkerhet og overordnet planlegging har SFFK også ansvaret for prioritering av investeringstiltak og større vedlikeholdstiltak på fylkesveinetten.

SFFK har ingen faglig kompetanse i sin stab til å utarbeide planer eller gjennomføre drifts- og vedlikeholdsoppgaver på veinetten. Dette løses gjennom sams (felles) veiadministrasjon. Sams veiadministrasjon innebærer at staten og fylkeskommunene bruker samme veiadministrasjon til å utføre fylkesveioppgavene på regionalt nivå. Statens vegvesen Region vest, representert ved veiavdelingen i Sogn og Fjordane, fungerer som sams veiadministrasjon for SFFK. Mellom fylkeskommunen og Statens

vegvesen er sams veiadministrasjon styrt gjennom en femårig rammeavtale, i tillegg til årlige leveranseavtaler. I disse avtalene er det bl.a. beskrevet hvordan delegeringen av myndighet fra SFFK til Statens vegvesen skal foregå. Det framgår av de overordnede retningslinjene at ansvaret ikke skal delegeres videre, hvilket betyr at det er SFFK som sitter med det øverste ansvaret for sitt veinett. I dette tilfellet gjelder det også ansvaret for Skatestraumtunnelen.

Statens vegvesens håndbøker legges til grunn for planlegging, bygging, drift og vedlikehold av veinettet i Sogn og Fjordane.

1.14.2 Statens vegvesen (SVV)

Statens vegvesen er et forvaltningsorgan underlagt Samferdselsdepartementet. Etaten er organisert i to forvaltningsnivåer – Vegdirektoratet og fem regioner. Statens vegvesen har ansvaret for planlegging, bygging, drift og vedlikehold av riksveier, samt godkjenning og tilsyn med kjøretøy og trafikanter. De utarbeider også bestemmelser og retningslinjer for veiutforming, drift og vedlikehold, veitrafikk, trafikantopplæring og kjøretøy.

Statens vegvesen er i tillegg tillagt oppgaven å stille med sams vegadministrasjon på regionalt nivå for fylkesveiene.

1.14.2.1 *Trafikant- og kjøretøyavdelingen i Vegdirektoratet*

Trafikant- og kjøretøyavdelingen i Vegdirektoratet har ansvar for forvaltning av regelverket innenfor førerkort, førerprøver, teknisk godkjenning av kjøretøy og bestemmelser for kjøretøy i bruk. De er også tillagt nasjonale spesialistoppgaver innenfor trafikant- og kjøretøyområdet.

Innenfor avdelingens ansvarsområde ligger blant annet godkjenning og tilsyn med verksteder som utfører reparasjon av kjøretøy og med kontrollorgan som gjennomfører periodisk kjøretøykontroll, utekontroll av kjøretøy og kontroll med bruk av verneutstyr i kjøretøy. De har også ansvar for godkjenning av og tilsyn med trafikkskoler og gjennomføring av førerprøver.

Statens vegvesen har skrevet under samarbeidsavtale med DSB om oppfølging av kjøretøy som transporterer farlig gods. Dette er en av oppgavene som ligger innenfor nasjonale spesialistoppgaver som er tillagt trafikant og kjøretøyområdet. Når det gjelder utfyllende opplysninger om samarbeidsavtalen mellom Statens vegvesen og DSB, vises det til kapittel 1.14.4.

Ansvaret for gjennomføringen av de oppgavene som er lagt til trafikant- og kjøretøyavdelingen er delegert til regionvegsjefen i hver av de fem regionene.

1.14.2.2 *Statens vegvesen Region vest*

Statens vegvesen Region vest ledes av en regionvegsjef. Regionvegsjefen hører i fylkesvegsaker under fylkeskommunen, mens han i riksvegsaker og andre statlige oppgaver hører under Vegdirektoratet – se [vegloven](#) § 10.

Regionvegsjefen har blant annet ansvar for følgende oppgaver:

- Skal sørge for en effektiv sams vegadministrasjon for fylkeskommunen i fylkesvegsaker.

- Skal etter initiativ fra fylkeskommunen som sams vegadministrasjon bistå fylkeskommunen i dens rolle som regional utviklingsaktør med bl.a. analyser og vurderinger av ulike tiltak innenfor transportområdet.
- Skal forestå utbygging, drift, vedlikehold og forvaltning av riks- og fylkesvegnettet og følge opp den trafikkmessige bruk av det.
- Skal forestå kontroll og godkjenning av ulike virksomheter som kjøreskoler, bilverksteder og kontrollorgan, samt kontroll og godkjenning av kjøretøyer og motorvognførere.

1.14.2.3 Godkjenning av kjøretøyverksted

Statens vegvesen er godkjenningsmyndighet for verksted som skal utføre reparasjons-, vedlikeholds-, ombyggings-, oppbyggings- og påbyggingsarbeid på kjøretøy. Godkjente verksteder kan foreta reparasjon av kjøretøy som ligger innenfor den kategori det er godkjent for.

Forskrift om kjøretøyverksteder, som regulerer godkjenning av kjøretøyverksteder, gir unntak for krav til godkjenning når eieren utfører reparasjons- og vedlikeholdsarbeider på egne kjøretøy, eller på kjøretøy som eieren disponerer.

1.14.2.4 Godkjenning av kontrollorgan

Statens vegvesen er også godkjenningsmyndighet for kontrollorgan som skal gjennomføre periodisk kjøretøykontroll (PKK). Kontrollorgan kan gjennomføre PKK på kjøretøy som ligger innenfor den kategori de er godkjent for. Godkjenningen setter ingen begrensning for kontroll av kjøretøy som kontrollorganet, innehaveren av kontrollorganet eller kontrolløren selv eier.

SHT har spurt Statens vegvesen om hvilke retningslinjer som gjelder for PKK på kjøretøy som kontrollorganet eller kontrolløren eier. Som svar på dette sier Statens vegvesen:

Slik PKK-forskriften er utformet i dag så er det ikke direkte krav om at kjøretøyeier ikke kan utføre PKK på egne kjøretøy. Dette har bl.a. en historisk side ved at rutebilselskapene tidligere hadde en «egenkontrollordning» som ble videreført ved overgang til PKK; altså at de kunne utføre egenkontroll – og senere PKK – på egen kjøretøypark. Dette gjelder også større transportselskap som har egne godkjente verksteder og kontrollorgan. I forlengelsen av dette kan det også tolkes slik at kontrollørene kan utføre kontroll av eget kjøretøy. Dette er imidlertid vanskelig å forene med kravene i kvalitetsstyringssystemet (jfr. PKK-forskriften §§ 13 og 14), og de aller fleste kontrollorganene har da også utarbeidet rutiner for at dette ikke skal forekomme.

Statens vegvesen opplyser at det er satt i gang et arbeid for å revidere hjemlene i Vegtrafikkloven knyttet til godkjenning og tilsyn med verksteder og kontrollorgan. Her blir blant annet kravet til habilitet vurdert. Dette er utarbeidet i forslag til endring av vegtrafikklovens § 19 som har vært ute på høring, med høringsfrist 1. oktober 2016.

1.14.2.5 *Godkjenning av tankbilverksteder som utfører periodisk kontroll av tanker, i henhold til ADR-forskriftene*

På atmosfæriske⁶ tankkjøretøy og løstanker, som definert i ADR kapittel 1.2, som benyttes til transport av petroleumsprodukter skal det gjennomføres periodisk kontroll av tanker. DSB er godkjenningsmyndighet for verksteder som skal gjennomføre slik periodisk kontroll.

DSB har godkjent totalt åtte verksteder som kan gjennomføre slike periodiske kontroller. Eierne av to av disse verkstedene driver også transportfirmaer som transporterer petroleumsprodukter i tankkjøretøy.

Godkjenningen som DSB har gitt disse verkstedene setter ingen begrensning for kontroll av kjøretøy som innehaveren av verkstedet selv eier, eller eier gjennom andre firmaer.

1.14.3 Måløy Havneservice AS

Måløy Havneservice AS ble etablert i Måløy i 1945, som er kommisjonsanlegg for drivstoff og oljeprodukter for Shell.

I 1995 tok nåværende eier over. De driver hovedsakelig med salg og distribusjon av drivstoff og smøreoljer i tillegg til bunkersolje for skip. I tillegg til tankanlegget i Måløy har de også anlegg i Ålesund og Fosnavåg. De har også en del selvbetjente bensinstasjoner for salg av drivstoff til kjøretøy.

Måløy Havneservice AS har to tankbiler og en tanktilhenger som er godkjent for transport av brannfarlige væsker.

Sjåførene i Måløy Havneservice AS har ansvar for oppfølging av firmaets kjøretøy. Nødvendige reparasjoner som nå foretas mellom intervallene for periodisk kjøretøykontroll/ADR-kontroll blir utført/bestilt av sjåførene.

1.14.4 Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)

DSB er et forvaltningsorgan underlagt Justis- og beredskapsdepartementet. DSBs ansvar på samfunnssikkerhetsområdet omfatter nasjonal, regional og lokal sikkerhet og beredskap, brann- og elsikkerhet, industri- og næringslivssikkerhet, farlige stoff, og produkt- og forbrukersikkerhet. DSB har også ansvar for Sivilforsvaret.

DSB og Statens vegvesen har i fellesskap utarbeidet «Retningslinjer for saksbehandling og ivaretagelse av brann- og elsikkerhet i vegtunneler». Retningslinjene henvender seg først og fremst til de som planlegger, bygger og drifter vegtunneler, til de som fører tilsyn med brannsikkerheten i vegtunneler og til de som skal være innsatsstyrke ved brann og ulykker i vegtunneler.

DSB er nasjonal fag- og tilsynsstyresmakt for all håndtering av brannfarlige, reaksjonsfarlige, trykksatte og eksplosjonsfarlige stoffer, og for transport av farlig gods på vei og jernbane (ADR/RID-transport).

⁶ Med atmosfæriske tanker forstås tanker for transport av væsker med damptrykk ikke over 110 kPa (1,1 bar) (absolutt) ved 50 °C som er konstruert i samsvar med bestemmelsene i ADR 6.8.2.1.14 (a) og som er utstyrt med luftesystem i henhold til 6.8.2.2.6. (Tankkode LGBF).

For å sikre at ressursene som brukes til oppfølging av transport av farlig gods på vei utnyttes best mulig, er det inngått en samarbeidsavtale mellom DSB og SVV. Denne samarbeidsavtalen omhandler følgende punkter:

- Eksamensordningen og utstedelsen av ADR-kompetansebevis.
- Arbeidet med hallkontroll og godkjenning av kjøretøy, inkludert årlig kontroll for transport av farlig gods, hvor Statens vegvesen skal utføre godkjenningen.
- Opprettelse og kunngjøring av lokale restriksjoner på transport av farlig gods på veg.
- Arbeide med utekontroll.

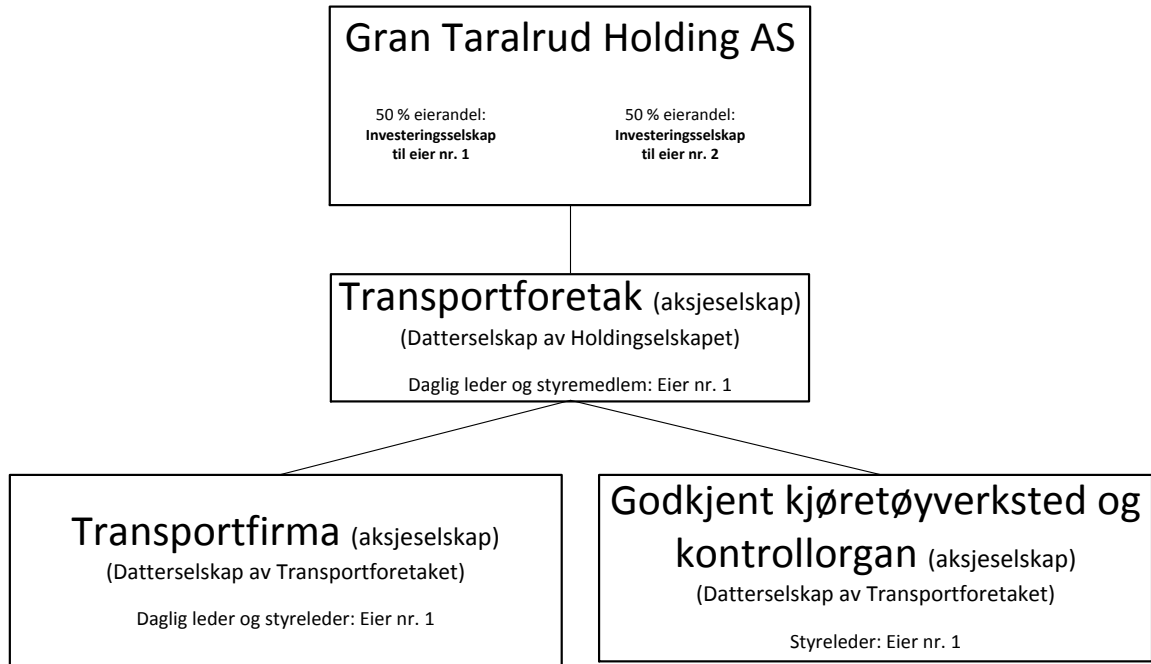
Når det gjelder kontroll av kjøretøy har DSB satt følgende betingelser for hvordan det skal gjennomføres:

- SVV skal foreta kontroll og godkjenning, periodisk kontroll og annen kontroll i relasjon til de kjøretøytekniske krav som fremgår av ADR del 9.
- DSB har ansvar for å kontrollere at kontrollveiledningene er i overensstemmelse med gjeldende regelverk.
- Tank på tankkjøretøy skal godkjennes på grunnlag av rapport fra foretak som er akseptert av DSB for kontroll av tank, jf. liste på www.dsb.no.

1.14.5 Firmaet som eide tilhengeren i 2011 (på det tidspunktet rustskadene i tilhengerdraget ble avdekket i kontroll av Statens vegvesen)

Firmaet som eide tanktilhengeren på det tidspunktet det ble avdekket rustskader i draget (2011) var datterselskap av et større transportforetak, som igjen var datterselskap av holdingselskapet Gran Taralrud Holding AS. Verkstedet som reparerte tanktilhengeren etter at det ble avdekket rustskader i tilhengerdraget var også datterselskap av det samme transportforetaket. Selskapsstrukturen vises i figur 32.

Transportfirmaet som eide tanktilhengeren mottok ikke selv oppdrag direkte fra aktuelle transportkjøpere. Det kjørte for morselskapet, som inngikk kontrakter med transportkjøperne.



Figur 32: Oversikt over strukturen i selskapet hvor transportfirmaet og bilverkstedet var datterselskaper. Gjaldt på det tidspunktet tanktilhengeren ble reparert. Illustrasjon: SHT

1.14.5.1 Transportforetakets kvalitetssystem

I transportforetakets kvalitetssystem, som også omhandlet transportfirmaet, var det utarbeidet daglige og månedlige sjekklister med tilhørende veiledningsskjema for hva som skulle kontrolleres. Daglig kontroll inneholdt både personlige og tekniske forhold, og omfattet 21 kontrollpunkter. Månedlig kontroll omfattet 75 kontrollpunkter, som alle gjaldt tekniske forhold ved kjøretøyet.

Disse kontrollene skulle gjennomføres av bilen/vogntogets fører. Utfylte skjema for gjennomført daglig og månedlig kontroll skulle leveres firmaet ved nærmere angitte tidspunkter.

1.14.5.2 Reparasjon og vedlikehold av transportfirmaets kjøretøy

Transportfirmaet hadde på hendelsestidspunktet rundt 100 kjøretøy/vogntog og 300 ansatte. For hoveddelen av bilene var det inngått serviceavtaler med aktuelle merkeverksteder. Tanktilhengerne som var en del av de enkelte vogntogene lå også under disse serviceavtalene. Bilverkstedet som transportforetaket eide ble også benyttet til reparasjoner og offentlige kontroller av firmaets kjøretøy.

1.14.5.3 Bilverkstedet

Bilverkstedet er et offentlig godkjent verksted for reparasjon av alle typer kjøretøy. Verkstedet er også godkjent kontrollorgan for gjennomføring av periodisk kjøretøykontroll (PKK). Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) hadde gitt verkstedet godkjenning til å utføre periodisk kontroll av tanker i henhold til ADR-forskriftene.

Verkstedet opplyser til SHT at de etter hendelsen har lagt om rutineene slik at skader på tilhengerdrag ikke lenger repareres, men byttes ut med nye deler. De har også spesielt fokus på dette i forbindelse med PKK.

1.15 Andre opplysninger

1.15.1 Branner i andre tunneler

SHT har tidligere undersøkt brann i kjøretøy i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011 ([SHT Vei rapport 2013/05](#)), brann i vogntog i Gudvangatunnelen 5. august 2013 ([SHT Vei rapport 2015/02](#)) og brann i buss i Gudvangatunnelen 11. august 2015 ([SHT Vei rapport 2016/03](#)).

Disse brannene involverte ikke ADR-transport og de har derfor et annet hendelsesforløp enn det som er tilfelle i brannen i Skatestraumtunnelen som involverte et kjøretøy som transporterte 16 500 liter bensin. Rapportene viser imidlertid skadepotensialet ved branner i lange veitunneler.

1.16 Iverksatte tiltak

1.16.1 Statens vegvesen

Etter hendelsen som er omtalt i denne rapporten har Statens vegvesen sendt ut informasjonsbrev til tungbilverksteder og kontrollorgan. I brevet understreker de viktigheten av at det gjennomføres en grundig kontroll av tilhengerdrag med tilhørende komponenter. De peker på at produsenter av tilhengerdrag er svært restriktive til reparasjon/modifisering av tilhengerdrag, og at verkstedene må forholde seg til de reparasjonsanvisningene som produsenten foreskriver når det gjelder slitasje, skader, svekkelser, rust og brudd i selve draget. De presiserer at dette blir stadig viktigere etter hvert som utviklingen innen materialteknologi og konstruksjon påvirker utforming av tilhengerdrag med tilhørende komponenter.

Overfor kontrollorganene påpeker de at kontroll av tilhengerdrag gjennomføres som beskrevet i kontrollinstruksen for PKK. De ber videre om at det brukes rusthammer/rustpikke i de tilfellene det er mistanke om rustskader, og viser i den forbindelse til rustskadeveiledningen som kan lastes ned fra Statens vegvesens hjemmesider⁷. Informasjonsbrevet fra Statens vegvesen vises i vedlegg G.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet opplyser at de samme presiseringene er gjort overfor kontrollpersonalet i Statens vegvesen som gjennomfører utekontroll og forvaltningskontroller på kjøretøy, og for det personellet som foretar tilsyn med og godkjenning av kontrollorgan og kjøretøyverksteder.

Statens vegvesen Region vest har også evaluert brannen i Skatestraumtunnelen og fremmet flere forslag til forbedringer med hensyn til Vegtrafikksentralens håndtering av hendelsen.

1.16.2 Sogn og Fjordane fylkeskommune

I forbindelse med rehabilitering av Skatestraumtunnelen etter brannen ble det gjort følgende oppgraderinger i forhold til den standarden og utrustning tunnelen hadde før brannen:

- Det er montert 10 nye nødtelefoner og 19 nye brannslukningsapparat.

⁷ www.vegvesen.no/Kjoretoy/Eie+og+vedlikeholde/EU-kontroll/for-kontrollorganene

- Det er lagt inn brannseksjonering av PE-skum i den delen av tunnelen som ble brannskadet.
- Det er lagt inn alarm i alle tekniske rom, slik at personell som oppholder seg der når tunnelen stenges blir varslet.
- Det er montert nytt dagslysanlegg i tunnelåpningen på den siden hvor det var påført skader (ved Hamnen).
- Det er montert evakueringslys gjennom hele tunnelen.
- Det er montert fjernstyrte bomber ved innkjøring til tunnelen.
- Det er montert vifter med større diameter som erstatning for de som ble skadet.
- Beredskapsplan er revidert etter rehabiliteringen.
- Nattlysanlegg som tilfredsstillt dagens krav er montert i litt over halve tunnelen.
- Nødkioskene er flyttet på utsiden av tunnelen og lengre vekk fra tunnelåpningene på begge sider.

Feilmonterte pakninger i overvannskummene er utbedret på den strekningen hvor overvannsystemet ble skadet (fra brannstedet ned til bunnen av tunnelen). Tilsvarende utbedring på resten av overvannsystemet skal gjennomføres senere.

Revidert beredskapsplan er datert 9. mai 2016. Risikoanalysen som inngår i revidert beredskapsplan beskriver de samme scenarioene som i beredskapsplan datert 1. desember 2013. Det er heller ikke i beredskapsplanen fra 2016 beskrevet hvilke risikoreduserende/kompenserende tiltak som bør iverksettes for de enkelte scenarioene som er vurdert.

2. ANALYSE

2.1 Innledning

SHT har undersøkt hendelsesforløp, medvirkende faktorer og konsekvenser ved brannen i Skatestraumtunnelen. Hendelsen medførte at en tanktilhenger lastet med 16 500 liter bensin og en personbil brant opp, og tunnelen ble påført store materielle skader. Fem personer ble påført lettere røykskader.

Analysen innledes med vurdering av hendelsesforløpet. Her vurderer SHT først hvorfor tanktilhengeren i vogntoget løsnet fra lastebilen, og deretter kjørte inn i tunnelveggen slik at det ble revet hull i det fremre tankrommet. Deretter drøftes trafikantenes handlinger og selvredning i situasjonen som oppstod med rennende bensin og brann i tunnelen. Det gjøres også en vurdering av VTS og redningsetatens innsats i forbindelse med hendelsen.

Undersøkelsen har videre hatt fokus på hvordan og hvorfor en tanktilhenger med fremskredne rustskader i tilhengerdraget kunne trafikere veinettet som ADR-transport, samt hva som hadde sviktet i kontroll- og reparasjonsrutinene for den aktuelle tanktilhengeren. Dette drøftes i kapittel 2.3. Her drøftes også hvorfor det ikke ble foretatt en tilfredsstillende reparasjon av tilhengerdraget etter gjennomført kontroll i 2011. SHT drøfter også hvorfor den mangelfulle reparasjonen ikke ble avdekket i de påfølgende kontrollene som ble gjennomført på tanktilhengeren fram til den aktuelle hendelsen i juli 2015.

Videre drøftes rutinene som gir kontrollorgan og kontrollører mulighet til å foreta periodisk kjøretøykontroll (PKK) på kjøretøy de selv eier eller disponerer.

Undersøkelsen har også hatt fokus på de dramatiske konsekvensene av at tanktilhengeren løsnet i tunnelen. SHT har derfor analysert lekkasje-, antennelses- og brannforløpet etter at det ble slått hull i tanktilhengerens fremre tankrom. Her har SPs utredninger av mulige antennelseskilder og brannens utvikling vært vesentlige for å beskrive og forstå det som skjedde. I kapittel 2.5 drøftes årsaken til at bensinen ble antent, i kapittel 2.6 drøftes brannens utvikling og i kapittel 2.7 drøftes avløps- og dreneringssystemet i tunnelen.

Til slutt vurderer SHT oppfølging av sikkerheten i tunneler. I dette drøftes risikovurderinger, muligheten for restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods, samt Sogn og Fjordane fylkeskommunes ansvar for sikkerhetsoppfølgingen i Skatestraumtunnelen.

2.2 Vurdering av hendelsesforløpet

2.2.1 Den utløsende hendelsen og brannspredningen

Undersøkelsen har avdekket at tanktilhengeren løsnet fra tankbilen som følge av overbelastning av tilhengerdraget. Dragstengenes materialstyrke var sterkt redusert på grunn av langt fremskredet innvendig korrosjon.

Da tanktilhengeren løsnet traff den tunnelveggen ca. 475 meter etter oppkjøringen fra bunnen i tunnelen. Det ble slått hull i en av tankene på tanktilhengeren, og bensinen som rant ut ble antent. Det medførte at brannen spredde seg ned mot bunnen av tunnelen både i veibanen og gjennom tunnelens avløpssystem. Etter hvert som brannen utviklet seg brant det hull i alle tankrommene på tanktilhengeren.

Årsaken til at tilhengerdraget røk er etter SHTs vurdering redusert styrke i dragstengene på grunn av langt framskredet korrosjon. Bensinen som rant ut ble deretter mest sannsynlig antent av varme/gnister fra en bil som stoppet bak den havarerte tanktilhengeren. SHT mener videre at den raske brannspredningen ned mot bunnen av tunnelen skyldes tunnelens store fall/stigning (10 %).

Korrosjonsskadene på tilhengerdraget, antennelsen av bensinen og brannspredningen omtales videre i kapitlene 2.3, 2.5 og 2.6.

2.2.2 Trafikantenes handlinger

SHT vurderer at føreren handlet slik en bør forvente av en fører som transporterer farlig gods. Han håndterte både turen fram mot hendelsesstedet, og det som skjedde etter at tanktilhengeren hadde løsnet fra bilen på en god måte. Han slapp forbi andre biler før han kjørte fra fergekaien på Oldeide og brukte bevisst bilens retarder og motorbrems for å holde hastigheten nede da han kjørte ned mot bunnen av tunnelen. Etter at tanktilhengeren hadde løsnet fra bilen varslet han umiddelbart VTS, stoppet møtende kjøretøy og evakuerte tunnelen på en god måte.

De fem bilene som kjørte inn i tunnelen etter tankbilen handlet raskt da de oppdaget tanktilhengeren som hadde kjørt inn i tunnelveggen. Fire av bilene snudde umiddelbart, mens føreren og passasjerer i den femte bilen evakuerte til fots da de mente bilen ikke var kjørbær. Disse ble senere tatt med i campingbilen som snudde, og ble med denne ut av tunnelen.

SHT mener situasjonen for trafikantene i vogntoget og de fem bilene ville vært kritisk hvis de ikke hadde reagert og handlet så raskt som de gjorde.

2.2.3 VTS' innsats

Det ble ikke foretatt innsnakk i denne hendelsen og trafikantene ble ikke varslet. I følge Statens vegvesen hadde operatøren ved VTS fokus på å få varslet trafikantene og meldte at det var mulighet for innsnakk til brannvesenet uten å få respons på denne henvendelsen. Operatøren ved VTS var imidlertid ikke klar over at systemet for innsnakk ikke fungerte i Skatestraumtunnelen selv om VTS hadde blitt varslet om dette tidligere. Det er ukjent for SHT hvorfor operatøren ved VTS ikke hadde fått denne informasjonen.

SHT har i tidligere rapporter påpekt behovet for umiddelbar varsling til trafikanter som befinner seg i tunnelen om evakuering ved brann. Dette ble både adressert i Sikkerhetstilråding VEI nr. 2013/08T etter brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 og Sikkerhetstilråding VEI nr. 2015/03T etter brannen i Gudvangatunnelen i 2013. SHT mener at rask og informativ varsling er et vesentlig element for å ivareta trafikantens muligheter for selvredning før tunnelen fylles med røyk.

I Statens vegvesens egen evaluering av brannen i Skatestraumtunnelen er bortfallet av innsnakk omtalt og definert som ett av flere læringspunkter etter brannen. SHT vurderer det som positivt at Statens vegvesen selv har indentifisert problemet og presentert anbefalt tiltak for å sikre at innsnakk blir gjennomført i samråd med lokalt brannvesen.

2.2.4 Brann- og redningsinnsats

Brannen i Skatestraumtunnelen var en svært kraftig brann med høy intensitet og store røykutvikling. Etter at VTS ble varslet om hendelsen ble Alarmsentralen Sogn og Fjordane varslet som igjen iverksatte umiddelbar trippelvarsling. Brann- og

redningsmannskapene rykket ut og ankom tunnelen etter relativ kort tid sett i forhold til avstanden.

Brannmannskapene hadde fokus på å søke etter og evakuere eventuelle trafikanter som befant seg inne i tunnelen. Deretter trakk mannskapene seg ut til brannen hadde slukket av seg selv. SHT vurderer brann- og redningsinnsatsen som tilfredsstillende sett i forhold til den voldsomme brannen som oppstod, og de begrensede mulighetene de hadde til å gjennomføre tunnelen etter at brannen hadde eskalert.

2.3 Tilhengerens reparasjons- og kontrollhistorikk

SHT vil i de følgende underkapitlene omtale reparasjonen som ble gjennomført etter ADR-kontrollen i 2011, og de offentlige kontrollene som ble gjennomført fra 2011 fram til hendelsen i Skatestraumtunnelen i 2015. Systematisk oversikt over de gjennomførte kontrollene i denne perioden vises i vedlegg C.

2.3.1 ADR-kontrollen hos Statens vegvesen i mai 2011 da rustskader ble avdekket

Tanktilhengeren var inne til teknisk kontroll hos Statens vegvesen i forbindelse med fornyelse av ADR-godkjenning i mai 2011. Ved denne kontrollen ble det påvist omfattende tekniske mangler ved tanktilhengeren, deriblant store rustskader i tilhengerdraget. Manglene på tanktilhengeren ble dokumentert med fotografier, samt kontrollseddel hvor alle manglene var spesifisert. Ved kontrollen ble det nedlagt bruksforbud for tanktilhengeren inntil manglene var utbedret.

SHT mener Statens vegvesen dokumenterte de påviste manglene ved kontrollen i mai 2011 på en tilfredsstillende måte. Det er også positivt at all dokumentasjonen, inkludert bildemateriell, i forbindelse med kontrollen ble arkivert, slik at det var mulig for Statens vegvesen å bruke denne informasjonen i forbindelse med godkjenning av tanktilhengeren etter at manglene var utbedret.

2.3.2 Reparasjon og periodisk kontroll (PKK) av tanktilhengeren

PKK og reparasjon av tanktilhengeren ble utført av samme verksted, da de hadde godkjenning fra Statens vegvesen både for reparasjon av kjøretøy og som kontrollorgan.

Før reparasjonen startet gjennomførte verkstedet PKK på tanktilhengeren, da den på dette tidspunktet var innenfor tidsperioden for PKK. Ved denne kontrollen ble det anmerket samme type mangler som ble anmerket ved kontrollen hos Statens vegvesen i mai 2011, deriblant rustskader i tilhengerdraget.

Reparasjonen av rustskadene på tilhengerdraget ble foretatt ved at to jernplater ble sveiset over de to synlige rusthullene i underkant av draget. Det ble ikke foretatt noen forarbeider eller undersøkelser for å vurdere det totale omfanget av rustskadene før jernplatene ble sveiset på dragstengene.

Reparasjonsarbeidene som ble foretatt på tilhengerdraget var ikke i henhold til tilhengerdragfabrikantens anvisninger. I fabrikantens anvisninger heter det bl.a. at «all sveising og retting er forbudt».

SHT er kritisk til at et godkjent verksted foretar reparasjoner av kjøretøy som er i strid med de anvisninger en fabrikant foreskriver for de produktene som de har konstruert og produsert. Etter SHTs vurdering burde tilhengerdraget vært byttet og ikke reparert.

I dette tilfellet gjaldt det utbedring av et tilhengerdrag til en tanktilhenger som transporterte farlig gods. Tilhengerdrag er en komponent som har stor sikkerhetsmessig betydning, da dette er hovedforbindelsen mellom bilen og tanktilhengeren. Det er ikke lagt opp til ekstra sikring av denne forbindelsen, og det er derfor viktig at oppfølging og reparasjoner av slike komponenter blir gjort i henhold til det som er spesifisert, slik at sikkerheten ivaretas.

På grunnlag av de rust- og sprekkdannelsene som vises i figur 13 og figur 14 mener SHT at verkstedet burde foretatt en nøyere undersøkelse av tilhengerdraget. Resultatet av disse undersøkelsene burde vært vurdert opp mot de veiledningene som fabrikanten har gitt med hensyn til reparasjon og utbedring av deres tilhengerdrag.

Etter at reparasjonen var gjennomført foretok verkstedet etterkontroll av manglene som var anmerket ved PKK, og tanktilhengeren ble godkjent uten anmerkinger.

SHT vurderer at verkstedet verken utbedret tilhengerdraget på en fagmessig måte, eller foretok en tilfredsstillende kontroll av manglene anmerket i PKK. Dette er etter SHTs vurdering spesielt uheldig når utbedringen ble gjort uten at omfanget av rustskadene ble vurdert, og innsveisingen ble gjort på en måte som ikke bidro til økt styrke i konstruksjonen.

2.3.3 Etterkontroll av ADR-kontrollen som ble gjennomført i mai 2011

Etter at tanktilhengeren var reparert og godkjent i PKK ble den i juli 2011 på nytt fremstilt for Statens vegvesen for etterkontroll av manglene som ble påvist ved ADR-kontrollen i mai 2011.

Manglene som var anmerket i forbindelse med kontroll av tanken ble godkjent etter at utbedringene var kontrollert. Tanktilhengerens kjøretøytekniske tilstand ble deretter godkjent på grunnlag av den godkjente periodiske kjøretøykontrollen, uten at det ble gjennomført annet enn visuell kontroll av de tidligere anmerkede manglene på kontrollseddelen utstedt av Statens vegvesen i mai 2011.

SHT vurderer at Statens vegvesen ved denne kontrollen burde avdekket den mangelfulle og ufagmessige utbedringen som var utført på tilhengerdraget. Selv om rutinene hos Statens vegvesen tilsier at kjøretøyers teknisk tilstand ved ADR-kontroll kan godkjennes på grunnlag av godkjent periodisk kontroll, mener SHT at den aktuelle trafikkstasjonen burde foretatt en mer omfattende etterkontroll av manglene på den aktuelle tanktilhengeren. Dette med bakgrunn i at det forelå en kontrollseddel med anmerkede mangler fra kontrollen i mai 2011, som de kvitterte ut. Statens vegvesen hadde også arkivert alle dokumenter og bilder fra den første ADR-kontrollen. En gjennomgang av denne dokumentasjonen, og en visuell kontroll av det reparerte tilhengerdraget, burde bidratt til å avdekke den mangelfulle reparasjonen.

2.3.4 Periodiske kontroller og ADR-kontroller i perioden 2012 – 2015 oppdaget ikke rustskader

I perioden 2012 – 2015 var tanktilhengeren inne til offentlig kontroll åtte ganger, hvorav fem ADR-kontroller hos Statens vegvesen.

SHT registrerer at det ikke ble gitt anmerkninger på det «reparerte» tilhengerdraget i noen av de åtte offentlige kontrollene som ble foretatt på tanktilhengeren i denne perioden. SHT stiller derfor spørsmål ved kvaliteten på disse kontrollene og evnen disse kontrollene har til å avdekke slike alvorlige feil på kjøretøy.

2.3.5 SHTs samlede vurdering

Med bakgrunn i punktene ovenfor mener SHT at det har vært system- og kunnskapssvikt både hos bilverkstedet som reparerte tanktilhengeren, kontrollorganene som gjennomførte de periodiske kontrollene og hos Statens vegvesen som foretok ADR-kontrollene i den aktuelle perioden. Denne svikten har etter SHTs vurdering medvirket til at rustskadene i tilhengerdraget fikk utvikle seg slik at styrken i tilhengerdraget ble vesentlig svekket. Det medførte at tilhengerdraget røk og tanktilhengeren løsnet fra trekkbilen.

Punktvis kan dette oppsummeres slik:

- SHT mener kontrollen som ble gjennomført av Statens vegvesen i mai 2011 som oppdaget og dokumenterte rustskadene på tilhengerdraget ble utført på en grundig måte.
- PKK og reparasjonen som ble gjennomført av verkstedet i juni/juli 2011 var etter SHTs vurdering ikke tilfredsstillende og ikke i henhold til fabrikantenes anvisning.
- Den etterfølgende kontrollen, utført av det samme verkstedet, av mangler anmerket i PKK avdekket ikke den mangelfulle reparasjonen som var utført på tilhengerdraget.
- Da tanktilhengeren i juli 2011 ble framstilt for oppfølging ved Statens vegvesens trafikkstasjon ble den godkjent på grunnlag av PKK, uten en mer omfattende etterkontroll.
- Fra januar 2012 til juli 2015 var tanktilhengeren inne til åtte offentlige kontroller uten at feilreparasjonene på tilhengerdraget ble anmerket.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet har i etterkant av hendelsen sendt ut informasjon/føringer om oppfølging av reparasjon og skader på tilhengerdrag til verksteder, kontrollorgan, organisasjoner, brukere og Statens vegvesens trafikkstasjoner. Informasjonen inneholder detaljerte opplysninger om hvordan disse skal forholde seg når det foretas inspeksjon, kontroll og reparasjon på disse komponentene. SHT mener informasjonsskrivet gir gode føringer for hvordan oppfølging og reparasjon skal gjennomføres, og vil derfor ikke fremme ytterligere sikkerhetstilrådinger i forbindelse med denne rapporten. SHT forventer imidlertid at Statens vegvesen, Vegdirektoratet, følger opp at verksteder, kontrollorganer og Statens vegvesens trafikkstasjoner innarbeider denne informasjonen i opplæring og rutiner.

2.4 **Habilitet ved periodisk kontroll av egne kjøretøy og ADR-tanker**

SHT mener at mangelfulle rutiner og kunnskaper hos verkstedet, som både reparerte og kontrollerte kjøretøyet, medvirket til at tanktilhengeren ble godkjent med et tilhengerdrag som hadde omfattende rustskader, hadde redusert styrke og ikke var utbedret i henhold til fabrikantens anvisninger.

SHT stiller spørsmål ved at det tillates at kontrollorganer, som er godkjent for å gjennomføre periodiske kontroller av kjøretøy og tanker, også kan foreta kontroll av kjøretøy som de selv eier eller disponerer. Ved disse kontrollene er det i tillegg til det sikkerhetsmessige, også et økonomisk aspekt. Mangler som blir anmerket kan i en del tilfeller pålegge eierne eller brukerne av kjøretøyene å utføre reparasjoner som vil påføre disse betydelige kostnader. Uten at SHT har dokumentasjon for at det er gjort, er det lett å tenke seg at kontrollorgan kan «overse feil» for å redusere reparasjonskostnader når egne kjøretøy kontrolleres. Tanktilhengeren som omhandles i denne rapporten ble først reparert og så godkjent i periodisk kjøretøykontroll av det samme verkstedet. Dette

verkstedet var eid av det samme transportforetaket som også eide transportfirmaet som disponerte (eide) tanktilhengeren. SHT har ingen indikasjon på at eierforholdet hadde betydning på den utførte reparasjonen og etterfølgende kontrollen i dette tilfellet. Det aktuelle verkstedet hadde utført den type reparasjon av tilhengerdrag i lang tid, uavhengig av hvem som var eier eller bruker av tanktilhengeren.

SHT mener likevel at slike koblinger mellom bileier og kontrollorgan for periodisk kontroll av kjøretøyer er uheldig. Av sikkerhetsmessige årsaker mener SHT at både Statens vegvesen og DSB bør vurdere habiliteten i forbindelse med gjennomføring av offentlige kontroller på kjøretøy.

SHT ser positivt på at Statens vegvesen har satt i gang et arbeid for å revidere regelverket for godkjenning og tilsyn med verksteder og kontrollorgan for periodisk kjøretøykontroll, hvor kravet til habilitet blir vurdert. SHT mener DSB bør gjøre tilsvarende vurderinger i forbindelse med godkjenning av verksted for periodisk kontroll av tanker som skal brukes til transport av farlig gods.

2.5 Årsak til antennelse av bensin

På bakgrunn av informasjon om tunnelens tekniske installasjoner, hendelsesforløp og vitneforklaringer har SP vurdert alternative antennelseskilder.

SP vurderer det som mest sannsynlig at campingbilen, som var ca. 10 meter fra tanktilhengeren da det begynte å brenne, var antennelseskilden. De utelukker ikke at varme flater på tanktilhengeren kan ha vært antennelseskilde, men ser det som lite sannsynlig. SP ser det derimot som usannsynlig at statisk elektrisitet, gnistdannelse fra elektriske installasjoner i tunnelen, gnistdannelse fra sammenstøtet med tunnelveggen eller elektrisitet feil/opplegg på tanktilhengeren kan ha antent bensindampen.

SHT støtter SPs vurdering om at varme flater eller gnister fra elektriske installasjoner i bobilens motorrom kan ha antent bensindampen. Det var i dette området (bak tanktilhengeren) både føreren og passasjerer i bobilen og føreren av vogntoget så det begynte å brenne. Skader på bobilen viser også at panseret ble trykket opp. I tillegg opplyser føreren av bobilen at lyktene på bilen løsnet. Dette mener SHT kan komme som følge av en trykkoppbygging da bensindamp ble trukket inn i motorrommet av bilens kjølevifter og antent der.

2.6 Brannens utvikling i Skatestraumtunnelen

SP har gjennomført analyse av brannens utvikling i Skatestraumtunnelen. Analysen er gjort med bakgrunn i blant annet vitneforklaringer, loggførte data og tekniske funn i tunnelen. SP konkluderer med at brannen utviklet seg svært raskt, og i løpet av to minutter etter antennelse var det små eller ingen muligheter for overlevelse i området fra pumpestasjonen i bunnen av tunnelen og opp til tunnelmunningen ved Hamnen, en strekning på om lag 950 meter.

Etter SHTs oppfatning er det tre forhold som utpeker seg som spesielle og som sammen gjør denne hendelsen dramatisk og potensielt livstruende for trafikanter. Disse tre forholdene er:

- Tunnelens fall og drenering.
- Den hurtige utbredelsen av bensinen på veioverflaten.
- Brannens ekstreme branneffekt, røykutvikling, temperatur og strålingsvarme.

Skatestraumtunnelen har et fall på 10 % som medførte at lekkasjen fra tanktilhengeren ble omfattende i utstrekning. Dette ble ytterligere forverret da kjeftslukene, som skal ta unna for overflatevann og spylevann i tunnelen, ikke hadde kapasitet til å håndtere den rennende bensinen. Bensinen rant i veibanen langs kantsteinen inntil sidearealet i tunnelen og nådde bunnen av tunnelen om lag 3 minutter etter at lekkasjen oppstod.

Da bensinen ble antent oppe ved tanktilhengeren, om lag to minutter og 40 sekunder etter kollisjonen mellom tanktilhengeren og tunnelveggen, oppstod det en kraftig overflatebrann langs veibanen. Flammefronten flyttet seg nedover mot bunnen av tunnelen og nådde bunnen etter om lag to minutter. Denne brannen i veibanen alene avga en branneffekt på over 200 MW i tillegg til kraftig røykutvikling og strålingsvarme, og ville ha vært dødelig dersom trafikanter ikke hadde klart å evakuere.

Ovenfor brannstedet nådde røykfronten tunnelportalen ved Hamnen etter 66 sekunder. Dersom personer hadde blitt fanget i denne røyken ville de etter SHTs vurdering ha omkommet relativt raskt som følge av den høye temperaturen i røyken og fra varmestrålingen.

Det er etter SHTs mening en klar sammenheng mellom brannens hurtige utvikling både i utstrekning og intensitet og tunnelens kraftige fall. Tunnelens fall på 10 % i kombinasjon med dreneringssystemets manglende evne til å fange opp væsken på veioverflaten, medførte at bensinlekkasjen raskt fikk en stor overflate som i sin tur genererte den kraftige røykutviklingen, varmen og intensiteten.

2.7 Avløps- og dreneringssystem i tunnelen

Det ble funnet lite bensin i overvann/spylevannsystemet etter brannen. Det ble heller ikke funnet brannskader i dette systemet. Dette tyder på at lite bensin ble drenert vekk fra veioverflaten i forbindelse med brannen. Fallet i tunnelen medførte at væsken fikk stor hastighet og kjeftslukene hadde ikke kapasitet eller var utformet på en slik måte at bensinen ble fanget opp og fjernet fra veiens overflate.

Dreneringssystemets manglende evne til å fange opp bensinen forverret brannens utvikling vesentlig både i utstrekning og i intensitet. SHT mener tunneler med kraftig fall bør ha et dreneringssystem for overflatevæske hvor slukene er utformet slik at de har kapasitet til å fange opp mer væske slik at konsekvensene ved enten brann i brennbar væske eller lekkasje av andre farlige væsker blir redusert til et minimum. Dette for å bidra til at trafikantene får et større tidsvindu å evakuere i.

Sandfangkummene var ikke utstyrt med dykkere da det ikke var krav til det på det tidspunktet tunnelen ble tatt i bruk. Fraværet av dykker kan etter SHTs vurdering øke faren for at brannfarlige væsker som renner ned i kummene sprer seg til andre deler av dreneringssystemet. Manglende dykkere kan også medføre at urenheter på væskeoverflaten vil renne direkte inn i rørsystemet slik at dette tetter seg over tid. Undersøkelsen har imidlertid ikke kunnet påvise om dette vare tilfelle i denne hendelsen.

Manglende tetning av inn- og utløpsrørene til overvann-/spylevannskummene resulterte i at bensin rant ned i grunnen, hvor det ble fanget opp av dreneringssystemet. Det resulterte i at det ble ledet ned til slambassenget, hvor det brant forholdsvis kraftig. SHT mener den manglende tetningen mellom overvann-/spylevannskummene og rørene inn og ut av disse var medvirkende til at det begynte å brenne ved slambassenget i bunnen av tunnelen.

SHT mener også at dette ikke kun er et problem i ettløpstunneler, men også i toløpstunneler med kraftig fall. Erfaringene fra denne brannen viser at brannen eskalerer svært raskt og at trafikanter har kort tid på å oppfatte situasjonen og evakuere tunneløpet.

Etter brannen i 2015 ble det i tillegg til nødvendige reparasjoner utført en del tilleggsarbeider i tunnelen for å øke sikkerheten (se kapittel 1.16.2). Blant disse arbeidene var utbedring av tetning mellom rør og overvann-/spylevannskummene på den delen som ble skadet i brannen. SHT er betenkt over at åpningen mellom hullene i betongkummene og rørene kun er tettet på denne strekningen. En tilsvarende lekkasje på andre steder i tunnelen vil medføre at farlige væsker fremdeles vil renne ut i grunnen. Dette vil vedvare inntil resten av dreneringssystemet er utbedret.

Ved en tilsvarende lekkasje i Skatestraumtunnelen mener SHT at store mengder væske fremdeles vil renne i veibanen mot bunnen av tunnelen, da overvannskummene med kjeftsluk ikke er endret. Overvannssystemet vil derfor ikke ha kapasitet til å håndtere tilsvarende mengder rennende væske. En tilsvarende lekkasje med påfølgende brann kan derfor gjøre en evakuering betydelig vanskeligere enn det som var tilfelle ved brannen som er omtalt i denne rapporten.

For å hindre spredning av farlig utslipp fra kjøretøy, mener SHT at et tiltak kan være å endre/øke spillvandsdreneringens kapasitet, slik at større utslipp av farlige væsker blir fanget opp og stanset på et tidligere tidspunkt. En vil på den måten kunne redusere utstrekningen av skadestedet.

Med bakgrunn i denne undersøkelsen fremmer SHT en sikkerhetstilråding, med hensikt å øke trafikantenes tidsvindu for evakuering, som anbefaler at det iverksettes tiltak som kan hindre spredning over større arealer ved lekkasje fra last og drivstofftanker på kjøretøy.

2.8 Sikkerhetsoppfølging av Skatestraumtunnelen

2.8.1 Risikovurderinger

Brann i kjøretøy med farlig gods er en alvorlig hendelse med potensial for store skader. Når slike hendelser skjer inne i en tunnel er skadepotensialet enda større. Tunnelmiljøene i Norge, og verden for øvrig, ser på slike hendelser som noe av det verste som kan inntreffe på veinettet.

Med bakgrunn i tunnelbrannene som har skjedd de siste 10 årene, hvor blant annet brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 og i Gudvangatunnelen i 2013 skjedde før beredskapsplanen for Skatestraumtunnelen ble revidert, mener SHT at skadepotensialet ved brann i tunnel burde være godt kjent for Sogn og Fjordane fylkeskommune og Statens vegvesen. Dette synes ikke å ha blitt ivaretatt i risikoanalysen som fulgte med beredskapsplanen. I risikoanalysen er det i liten grad beskrevet hvilke risikoreduserende/kompenserende tiltak som skal iverksettes for de enkelte scenarioene. Det er heller ikke beskrevet hvordan disse scenarioene skal håndteres i forbindelse med slokking, evakuering, rømming og redning.

De to tunnelbrannene i 2015 (Gudvangatunnelen og Skatestraumtunnelen) har forsterket behovet for slike risikovurderinger, hvorav brannen i Skatestraumtunnelen viser katastrofepotensialet dersom farlig gods er involvert. SHT er kritisk til at den reviderte utgaven av beredskapsplanen (datert 9. mai 2016) heller ikke synes å ta innover seg skadepotensialet.

Hendelsen som er beskrevet i denne rapporten viser at Skatestraumtunnelens utforming og sikkerhetsutstyr ikke var tilpasset en hendelse med lekkasje av farlig gods. Det var

heller ikke iverksatt tiltak som kunne redusere konsekvensene dersom en slik hendelse skulle oppstå. Lekkasje fra et kjøretøy som frakter brannfarlig væske er spesielt krevende når tunnelen har fall/stigning på 10 %.

Tilsvarende mangelfulle risikoanalyser har SHT sett i tidligere undersøkelser av brannene i Oslofjordtunnelen og Gudvangatunnelen. SHT mener at risikovurderinger må ta hensyn til de spesielle faremomentene og særegenhetene som gjelder for den enkelte tunnel. Det er også viktig å ta hensyn til ny kunnskap om tunnelutforming, trafikantenes selvredning, brannslukkings- og redningsarbeid og skadepotensial som er fremkommet gjennom SHTs undersøkelser av brannene de siste 10 årene. Utfordringene som oppstår når det inntreffer slike hendelser i denne type tunneler gjelder etter SHTs vurdering ikke bare Skatestraumtunnelen, men alle tilsvarende tunneler på riks-, fylkes- og kommunale veier i Norge.

SHT mener tunneleiere må ta ansvar for at det gjennomføres reelle risikoanalyser hvor også tiltak i forbindelse med de identifiserte scenarioer/hendelser beskrives og vurderes. I den forbindelse vises det til Statens vegvesens Håndbok V721 – Risikovurdering i vegtrafikken, hvor det beskrives at tiltak skal vurderes eller gjennomføres ved de alvorligste scenarioene/hendelsene uavhengig av sannsynlighet. Det fremmes en sikkerhetstilråding på dette området.

2.8.2 Restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods i tunneler

Undersøkelsen har vist at trafikantene hadde et meget lite tidsrom til å evakuere tunnelen da tanktilhengeren løsnet. I denne hendelsen reagerte trafikantene riktig og raskt, men en liten endring av omstendighetene kunne medført et helt annet utfall. For å redusere uhell- eller ulykker med kjøretøy som transporterer farlig gods eller konsekvensene hvis slike hendelser inntreffer, mener SHT at flere alternative tiltak kan iverksettes.

Regulering av annen trafikk når kjøretøy med farlig gods kjører gjennom tunnelen kan være et tiltak for å redusere antall trafikanter som settes i fare ved en eventuell hendelse. Dette kan eksempelvis gjøres ved å stenge tunnelen når kjøretøy med farlig gods kjører gjennom. Med det trafikkgrunnlaget som er i Skatestraumtunnelen, ville en slik regulering hatt liten betydning for andre trafikanter da hver stenging ville hatt en utstrekning på noen få minutter. Et annet tiltak kan være å innføre restriksjoner for kjøretøy som transporterer visse typer farlig gods i nærmere definerte tunneler, som for eksempel dype undersjøiske tunneler med stort fall/stigning.

I forskrift om landtransport av farlig gods gis det åpning for å innføre restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods i veitunneler. Med bakgrunn i brannen i Skatestraumtunnelen mener SHT at DSB som forvalter av denne forskriften, i samarbeid med tunneleierne, bør vurdere om slike restriksjoner bør iverksettes. Dette for å øke sikkerheten i forbindelse med transport av farlig gods i nærmere definerte tunneler med stor ulykkesrisiko.

SHT fremmer en sikkerhetstilråding innenfor dette området.

2.8.3 Sogn og Fjordane fylkeskommunes ansvar for oppfølging av sikkerheten i Skatestraumtunnelen

Sogn og Fjordane fylkeskommune (SFFK) er eier av Skatestraumtunnelen, og har ansvaret for drift, vedlikehold og sikkerheten i denne. Tunnelen ble sammen med store deler av det øvrige riksveinettet i Sogn og Fjordane overført til SFFK i forbindelse med

Forvaltningsreformen i 2010. SFFK har derfor ikke hatt innvirkning på tunnelens utforming, sikkerhetsutstyr og sikkerhetsnivå fram til dette tidspunktet.

SHT mener imidlertid at SFFK i større grad burde tatt ansvar for å få gjennomført vurderinger og oppgaver av sikkerhetsmessig betydning for Skatestraumtunnelen etter at de overtok ansvaret for tunnelen. Både risikoanalysen fra 2013 og den nye analysen fra 2016 er mangelfull med hensyn til vurderinger av scenario og tiltak. I tillegg har ikke oppbyggingen av tunnelen etter brannen økt kapasiteten til overvannsystemet for å forhindre at væske spres over store arealer slik tilfelle var i denne hendelsen. Utbedring av manglende tetninger på rørinnføringer i sandfangkummer er kun utført på den strekningen som ble skadet i brannen. SFFK har etter brannen heller ikke iverksatt eller vurdert å iverksette kompensierende tiltak for å redusere konsekvensen hvis tilsvarende hendelser skulle inntreffe igjen.

Med bakgrunn i undersøkelsen mener SHT at Sogn og Fjordane fylkeskommune ikke har tatt tilstrekkelig ansvar for at sikkerheten i Skatestraumtunnelen skal holde et tilfredsstillende nivå. SHT mener at Sogn og Fjordane fylkeskommune må gjennomgå og styrke sin sikkerhetsoppfølging av Skatestraumtunnelen og andre tunneler i fylket, slik at nødvendige tiltak som kan begrense risikoen for alvorlige hendelser blir iverksatt.

SHT fremmer en sikkerhetstilråding innenfor dette området.

3. KONKLUSJON

3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater med betydning for sikkerheten

- a) Rustskadene, som ble avdekket ved ADR-kontroll av tanktilhengeren i 2011, ble reparert i strid med produsentens anvisninger da det ble sveiset jernplater over rusthullene. Reparasjonen bidro ikke til økt styrke i konstruksjonen, men heller til økt risiko for korrosjonsutmatting. Dette medførte at korrosjonen fikk utvikle seg, med det resultat at tilhengerdraget røk i 2015.
- b) Det har vært mangelfulle rutiner og system- og kunnskapssvikt både hos bilverkstedet som reparerte tanktilhengeren, hos kontrollorganene som gjennomførte de periodiske kontrollene og hos Statens vegvesen som foretok ADR-kontrollene i perioden 2011-2015, da den mangelfulle reparasjonen ikke ble oppdaget i de etterfølgende kontrollene.
- c) Tunnelens kraftige fall på 10 % i kombinasjon med dreneringssystemets manglende evne til å fange opp væsken på veioverflaten, medførte at bensinlekkasjen raskt fikk en stor overflate som i sin tur genererte den kraftige røykutviklingen, varmen og intensiteten.
- d) Trafikantene hadde et meget lite tidsrom (ca. 2 minutter) til å evakuere tunnelen da tanktilhengeren løsnet for å ikke bli fanget av røyk og varme. I denne hendelsen reagerte trafikantene riktig og raskt, men en liten endring av omstendighetene kunne medført dramatiske konsekvenser.
- e) Både Skatestraumstunnelens risikoanalyse fra 2013 og fra 2016 etter brannen er mangelfulle mht. vurderinger av scenario og tiltak. Skadepotensialet ved transport av farlig gods og brann sett opp mot tunnelens særegenheter har ikke blitt tilstrekkelig vurdert og ivare tatt.
- f) Det er ingen restriksjoner for transport av farlig gods i tunnelen. I forskrift om landtransport av farlig gods gis det åpning for å innføre slike restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods i veitunneler.
- g) Sogn og Fjordane fylkeskommune sin sikkerhetsoppfølging av Skatestraumstunnelen har ikke vært tilfredsstillende. Etter brannen er heller ikke kapasiteten til overvannsystemet i tunnelen økt og ingen konsekvensreducerende tiltak er iverksatt for lignende hendelser i fremtiden.

3.2 Undersøkelsesresultater

3.2.1 Hendelsesforløpet

- a) Tanktilhengeren løsnet fra tankbilen som følge av overbelastning av tilhengerdraget. Dragstengenes materialstyrke var sterkt redusert på grunn av langt fremskredet innvendig korrosjon.
- b) Da det ble slått hull i det fremre tankrommet på tanktilhengeren rant store mengder bensin ned på veibanen og videre ned mot bunnen av tunnelen.
- c) Varme flater eller gnister fra elektriske installasjoner i campingbilens motorrom har sannsynligvis antent bensindampen.

- d) Føreren av vogntoget handlet slik en bør forvente av en fører som transporterer farlig gods. Han slapp forbi andre biler, brukte bevisst bilens retarder og motorbrems for å holde hastigheten nede, varslet umiddelbart VTS, stoppet møtende kjøretøy og evakuerte tunnelen på en god måte.
- e) Trafikantene i de fem bilene som kjørte inn i tunnelen etter tankbilen handlet raskt for å evakuere tunnelen da de oppdaget tanktilhengeren som hadde kjørt inn i tunnelveggen.
- f) Brann- og redningsinnsatsen var tilfredsstillende sett i forhold til den voldsomme brannen som oppstod, og de begrensede mulighetene de hadde til gjennomføre tunnelen etter at brannen hadde eskalert.

3.2.2 Tanktilhengerens reparasjons- og kontrollhistorikk

- a) Ved kontroll av tanktilhengeren i 2011 ble det avdekket store rustskader på tilhengerdraget i tillegg til en god del andre alvorlige mangler. Ved kontrollen ble det nedlagt kjøreforbud og tanktilhengeren ble kun tillatt kjørt til verksted.
- b) Rustskadene i tilhengerdraget ble utbedret ved at det ble sveiset jernplater over rusthullene.
- c) Verkstedet som utførte reparasjonen vurderte ikke omfanget av rustskadene før disse ble utbedret.
- d) Rustskadene ble reparert i strid med tilhengerdragfabrikantens anvisninger som sier at sveising ikke er tillatt på tilhengerdrag.
- e) Verkstedet som utførte reparasjonen var også godkjent kontrollorgan for gjennomføring av periodisk kjøretøykontroll. Etter at reparasjonen av tilhengerdraget og de øvrige feilene som var anmerket på kontrollseddelen var utført, ble tanktilhengeren godkjent i periodisk kjøretøykontroll av dette verkstedet (i juli 2011).
- f) I perioden 2012 – 2015 var tanktilhengeren inne til offentlig kontroll åtte ganger (tre periodiske kontroller og fem ADR-kontroller). Det ble ikke gitt anmerkninger på det «reparerte» tilhengerdraget i noen av kontrollene.
- g) Statens vegvesen, Vegdirektoratet har i etterkant av hendelsen i Skatestraumtunnelen sendt ut informasjon om oppfølging av reparasjon og skader på tilhengerdrag til verksteder, kontrollorgan, organisasjoner, brukere og Statens vegvesens trafikkstasjoner.
- h) I ettertid har verkstedet lagt om rutinene slik at skader på tilhengerdrag ikke lenger repareres, men byttes ut med nye deler. De har også spesielt fokus på dette i forbindelse med PKK.

3.2.3 Tunnel og infrastruktur

- a) Skatestraumtunnelens fall på 10 % medførte at lekkasjen fra tanktilhengeren ble omfattende i utstrekning.
- b) Kjeftslukene til sandfangkummene, som skal ta unna for overflatevann og rennende væske i tunnelen, hadde ikke kapasitet til å samle opp/håndtere den rennende bensinen. Bensinen rant i veibanen langs kantsteinen inntil sidearealet i tunnelen og nådde bunnen av tunnelen om lag 3 minutter etter at lekkasjen oppstod.

- c) Store deler av bensinen som ble samlet opp i sandfangkummene rant ut i grunnen og inn i dreneringssystemet, da det ikke var tetninger mellom sandfangkummene og rørene inn og ut av disse.
- d) Ved oppbygging av tunnelen etter brannen er ikke kapasiteten til overvannsystemet økt for å forhindre at væske spres over store arealer blitt forbedret. Utbedring av manglende tetninger på rørrinnføringer i sandfangkummer er kun utført på den strekningen som ble skadet i brannen.

3.2.4 Brannens antennelse og utvikling

- a) SHT støtter SPs vurdering om at varme flater eller gnister fra elektriske installasjoner i bobilens motorrom har antent bensindampen.
- b) Brannen utviklet seg svært raskt, og i løpet av to minutter etter antennelse var det små eller ingen muligheter for overlevelse i området fra pumpestasjonen i bunnen av tunnelen og opp til tunnelmunningen ved Hamnen, en strekning på om lag 950 meter.
- c) Om lag to minutter og 40 sekunder etter kollisjonen mellom tanktilhengeren og tunnelveggen, oppstod det en kraftig overflatebrann langs veibanen. Flammefronten flyttet seg nedover i tunnelen og nådde bunnen etter om lag to minutter.
- d) Brannen i veibanen alene avga en branneeffekt på over 200 MW i tillegg til kraftig røykutvikling og strålingsvarme, og ville ha vært dødelig dersom trafikanter ikke hadde klart å evakuere.
- e) Ovenfor brannstedet nådde røykfronten tunnelportalen ved Hamnen etter 66 sekunder. Dersom personer hadde blitt fanget i denne røyken ville de etter SHTs vurdering ha omkommet relativt raskt som følge av den høye temperaturen i røyken og fra varmestrålingen.
- f) Det er en klar sammenheng mellom brannens hurtige utvikling både i utstrekning og intensitet, og tunnelens fall på 10 %.
- g) Manglende tetning mellom rør og sandfangkummer medførte at brannen spredde seg til dreneringssystemet og ned til slambassenget og pumpehuset i bunnen av tunnelen.

3.2.5 Sikkerhetsoppfølging av Skatestraumtunnelen

- a) Risikoanalysen i beredskapsplanen for Skatestraumtunnelen, som ble revidert i 2013 beskriver blant annet scenario om brann/eksplosjon i tungt kjøretøy og uhell med farlig gods. Det er ikke beskrevet hvordan disse senarioene skal håndteres i forbindelse med slokking, evakuering, rømming og redning.
- b) Sogn og Fjordane fylkeskommune har ved revisjon av beredskapsplanen i 2016 heller ikke beskrevet hvordan senarioer med brann/eksplosjon i tungt kjøretøy og uhell med farlig gods skal håndteres.
- c) Sogn og Fjordane fylkeskommune har etter brannen ikke iverksatt eller vurdert å iverksette kompensierende tiltak for å redusere konsekvensen hvis tilsvarende hendelser inntreffer.

3.2.6 Andre undersøkelsesresultater

- a) Verkstedet, som både foretok PKK og reparasjon av tilhengeren, og transportfirmaet som disponerte (eide) tanktilhengeren var eid av det samme transportforetaket. Det er ingen indikasjon på at eierforholdet påvirket hvordan reparasjonen og den etterfølgende kontrollen av tanktilhengeren ble utført i dette tilfellet. SHT stiller likevel spørsmål ved at det tillates at kontrollorganer kan foreta kontroll av kjøretøy som de selv eier eller disponerer da det kan oppstå målkonflikter mellom økonomi og sikkerhet.
- b) Det ble ikke foretatt innsnakk til trafikantene via radio i denne hendelsen, men dette fikk ikke betydning for trafikantenes selvredning. SHT stiller likevel spørsmål ved at et system som kan utgjøre et vesentlig element for å ivareta trafikantenes muligheter for selvredning ikke var i funksjon.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne veitrafikkulykken har avdekket flere områder hvor havarikommisjonen anser det som nødvendig å fremme sikkerhetstilrådinge som har til formål å forbedre trafikksikkerheten.⁸

I tillegg til sikkerhetstilrådingene som er fremmet er det i denne undersøkelsen gitt en detaljert omtale av årsaken til at tilhengerens tilhengerdrag røk på grunn av langt framskredet innvendig korrosjon i dragstengene.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet har i etterkant av hendelsen sendt ut informasjon/føringer om oppfølging av reparasjon og skader på tilhengerdrag. SHT mener informasjonsskrivet gir gode føringer for hvordan oppfølging og reparasjon skal gjennomføres, og vil derfor ikke fremme sikkerhetstilråding innenfor dette området. SHT forventer imidlertid at Statens vegvesen, Vegdirektoratet, følger opp at verksteder, kontrollorganer og Statens vegvesens trafikkstasjoner innarbeider denne informasjonen i opplæring og rutiner.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2016/13T

Skatestraumtunnelens dreneringssystem er i likhet med hoveddelen av de øvrige tunnelene i Norge utformet etter Statens vegvesens håndbok om veitunneler. Tunnelens fall på 10 % i kombinasjon med dreneringssystemets manglende evne til å fange opp væsken på veioverflaten, medførte at bensinlekkasjen raskt fikk en stor overflate som i sin tur genererte den kraftige varmen, røykutviklingen, og intensiteten under brannen 15. juli 2015. For å hindre spredning av farlig utslipp fra kjøretøy og redusere utstrekningen av skadestedet, bør kapasiteten til tunnelers spillvannsdrenering dimensjoneres slik at større utslipp av farlige væsker blir fanget opp og stanset på et tidligere tidspunkt.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens vegvesen reviderer kravene til dreneringssystem i tunneler, slik at de dimensjoneres for å håndtere utslipp av større mengder farlige væsker som renner fra kjøretøy.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2016/14T

Risikoanalysene for Skatestraumtunnelen som er gjennomført både før og etter brannen 15. juli 2015 følger ikke anbefalingene gitt i Håndbok V721 Risikovurderinger i vegtrafikken om at tiltak skal vurderes eller gjennomføres ved de alvorligste senarioene/hendelsene, uavhengig av sannsynlighet. SHT mener at risikoanalysene er mangelfulle med hensyn til vurderinger av scenario og risikoreduserende tiltak. Mangelfulle risikoanalyser kan medføre at skadepotensialet og den enkelte tunnelens særegenheter ikke blir tilstrekkelig vurdert og ivaretatt.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Sogn og Fjordane fylkeskommune og Statens vegvesen ved gjennomføring av risikoanalyser beskriver og følger opp tiltak i forbindelse med beskrevne senarioer/hendelser.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2016/15T

Undersøkelsen av brannen i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015 har vist at trafikantene hadde et lite tidsrom til å evakuere tunnelen da tanktilhengeren løsnet. I denne hendelsen reagerte trafikantene riktig og raskt, men en liten endring av omstendighetene kunne medført dramatiske konsekvenser. Fordi det er så lite tidsvindu og stor branneeffekt,

⁸ Undersøkelserapport oversendes Samferdselsdepartementet som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, jf. Forskrift 30. juni 2005 om offentlige undersøkelser og om varsling av trafikkulykker mv., § 14.

mener SHT at restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods gjennom Skatestraumtunnelen og tilsvarende tunneler må vurderes.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at aktuell veimyndighet i samarbeid med DSB innfører restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods i tunneler, basert på risikovurdering av den enkelte tunnel.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2016/16T

Undersøkelsen av brannen i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015 viser at Sogn og Fjordane fylkeskommune sin sikkerhetsoppfølging av tunnelen ikke har vært tilfredsstillende. Risikoanalysene for Skatestraumtunnelen, både før og etter brannen, er mangelfulle med hensyn til vurderinger av scenario og tiltak. Oppbyggingen av tunnelen etter brannen har ikke økt kapasiteten til overvannsystemet for å forhindre at væske spres over store arealer. Det er heller ikke vurdert eller iverksatt konsekvensreducerende tiltak eller restriksjoner i forbindelse med transport av farlig gods.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Sogn og Fjordane fylkeskommune gjennomgår og styrker sin sikkerhetsoppfølging av Skatestraumtunnelen og andre tunneler på fylkesveiene.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 11. november 2016

VEDLEGG

- Vedlegg A: Safety recommendations (English translation)
- Vedlegg B: Registeringer av dreneringskummer og plassering av bilvrak Skatestraumtunnelen tirsdag 21.07.2015
- Vedlegg C: Oversikt over gjennomførte kontroller av tanktilhenger HV 6927 i perioden 2011 – 2015.
- Vedlegg D: Rapport fra Forsvarets laboratorietjeneste
- Vedlegg E: Rapport fra SP – Utredning av brannens oppkomst i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015 – del 1
- Vedlegg F: Rapport fra SP – Utredning av brannens utveckling i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015 – del 2
- Vedlegg G: Statens vegvesen, Vegdirektoratets informasjonsbrev – Reparasjon og kontroll av tilhengerdrag

VEDLEGG A: SAFETY RECOMMENDATIONS (ENGLISH TRANSLATION)

The investigation of this accident has identified several areas in which the AIBN deems it necessary to submit safety recommendations for the purpose of improving road safety.⁹

In addition to the submitted safety recommendations, this investigation report provides a detailed description of what caused the trailer's drawbar to break as a result of an advanced stage of internal corrosion in the drawbar rods.

After the accident, the Directorate of Public Roads on behalf of the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) has sent out information/guidelines on following up repairs and damage to trailer drawbars. The AIBN is of the opinion that the written information provides good guidelines on how to follow up repairs and will therefore not submit any safety recommendation on this topic. However, the AIBN expects the NPRA to follow up that this information is incorporated into the training and procedures of garages, inspection bodies and the NPRA's Driver and Vehicle Licensing Offices.

Safety recommendation ROAD No 2016/13T

Like most other tunnels in Norway, the Skatestraum tunnel has a drainage system designed in accordance with the NPRA's manual on road tunnels. The gradient of 10% inside the tunnel combined with the fact that the drainage system was unable to drain away the liquid from the roadway surface, caused the petrol that leaked out to quickly cover a wide area, which in turn generated strong heat and a lot of smoke and explains the intensity of the fire on 15 July 2015. In order to prevent the spread of dangerous spills from vehicles and limit the size of the accident site, the tunnels' wastewater drainage systems should be designed with a greater capacity for draining away large spills of dangerous liquids and prevent them from spreading at an early stage.

The AIBN recommends that the NPRA revise its requirements for tunnel drainage systems, so that they are designed to handle large spills of dangerous liquids carried by vehicles.

Safety recommendation ROAD No 2016/14T

The risk analyses for the Skatestraum tunnel carried out both before and after the fire on 15 July 2015 were not in accordance with the recommended guidelines in Manual V721 – Risk analyses related to road traffic, which require consideration or implementation of measures related to the most serious scenarios/incidents, regardless of the probability that they will occur. The AIBN is of the opinion that the risk analyses were inadequate with respect to the consideration of scenarios and risk-reducing measures. Inadequate risk analyses can entail that the damage potential and the unique features of each tunnel are inadequately assessed and addressed.

The AIBN recommends that Sogn og Fjordane county administration and the NPRA, when conducting risk analyses, describe and follow up measures related to the described scenarios/incidents.

Safety recommendation ROAD No 2016/15T

The investigation of the fire in the Skatestraum tunnel on 15 July 2015 showed that road users had a very short time window for evacuating the tunnel when the tank trailer broke loose from the truck. Road users responded rapidly and correctly when the incident occurred, but a minor change in circumstances could have had dramatic consequences. Because of the short time window and the

⁹ The investigation report is submitted to the Ministry of Transport and Communications, which will take necessary steps to ensure that due consideration is given to the safety recommendations, cf. Section 14 of the Regulations of 30 June 2005 on Public Investigation and Notification of Traffic Accidents etc.

extensive effect of a fire, the AIBN is of the opinion that consideration must be given to restricting the transportation of dangerous goods through the Skatestraum tunnel and similar tunnels.

The AIBN recommends that the relevant road authority together with the Directorate for Civil Protection and Emergency Planning introduce restrictions on the transportation of dangerous goods through tunnels, based on a risk assessment of each individual tunnel.





Safety recommendation ROAD No 2016/16T






The investigation of the fire in the Skatestraum tunnel on 15 July 2015 shows that the safety of this tunnel has not been adequately followed up by Sogn og Fjordane county administration. The risk analyses of the Skatestraum tunnel carried out both before and after the fire did not adequately address scenarios and measures. When the tunnel was restored after the fire, the capacity of the drainage system was not increased to prevent the spread of liquid over large areas. Nor have measures been considered or implemented to reduce potential consequences or restrict the transportation of dangerous goods.


The AIBN recommends that Sogn og Fjordane county administration review and strengthen its follow-up of safety in the Skatestraum tunnel and other similar tunnels on the county roads.

VEDLEGG B: Registeringer av dreneringskummer og plassering av bilvrak Skatestraumtunnelen tirsdag 21.07.2015

Registreringene ble gjort i samarbeid med politiet. Startpunktet for registreringene var midt på pumpestasjonen i bunnen av Skatestraumtunnelen. Målingene ble gjennomført ved bruk av målehjul.

Element	Meter fra midt pumpestasjon	Bilde
Kum med drenering (Kum nr. 1)	41,9	
Kum med drenering (Kum nr. 2)	128,5	
Skader på bankett	186,7	
Kum med drenering (Kum nr. 3)	204,4	

Kum med drenering (Kum nr. 4)	284,9			
Personbil (bakkant)	286,7			
Kum med drenering (Kumløkk løftet) (Kum nr. 5)	369,1			
Kum med drenering (Kum nr. 6)	447,4			
Bakkant tank	467,0			

Fremkant tank	475,5			
---------------	-------	--	--	--

VEDLEGG C:**Oversikt over gjennomførte kontroller av tanktilhenger HV 6927 i perioden 2011 – 2015.**

Dato	Periodisk kjøretøykontroll (PKK)		Forvaltningskontr. – teknisk (SVV*)		ADR-kontroll ** (SVV)		ADR godkjenningssattest
	Kontrollresultat	Påviste mangler	Kontrollresultat	Påviste mangler	Kontrollresultat	Påviste mangler	Gyldig til:
							28.05.2011
10.05.2011			Ikke godkjent	Bremser, hjuloppheng, fjærer, lys, sprekker i ramme, rust i tilhengerdrag	Ikke godkjent, kjøreforbud nedlagt for transport av farlig gods	Sprekkdannelse i tank, røropplegg, elektriske ledninger, jordingspunkt	
05.07.2011	Ikke godkjent	Bremser, hjuloppheng, fjærer, lys, sprekker i ramme, rust i tilhengerdrag					
05.07.2011	Godkjent etterkontroll av mangler på kontrollseddel datert 05.07.2011						
06.07.2011			Godkjent etterkontroll av mangler på kontrollseddel datert 10.05.2011		Godkjent etterkontroll av mangler på kontrollseddel datert 10.05.2011		Fornytt godkjenning 06.07.2011 med gyldighet til 30.04.2012
25.04.2012					Godkjent		30.04.2013
17.09.2012	Godkjent						
25.09.2012					Godkjent		25.09.2013
24.09.2013	Ikke godkjent	Bremser, fjærer					

Dato	Periodisk kjøretøykontroll (PKK)		Forvaltningskontr. – teknisk (SVV*)		ADR kontroll ** (SVV)		ADR godkjenningssattest
	Kontrollresultat	Påviste mangler	Kontrollresultat	Påviste mangler	Kontrollresultat	Påviste mangler	Gyldig til:
25.09.2013	Godkjent etterkontroll av mangler på kontrollseddel datert 24.09.2013						
02.10.13					Godkjent PKK datert 25.09.2013 legges til grunn for godkjent teknisk tilstand		02.10.2014
20.08.2014	Ikke godkjent	ABS-kobling, fjærer					
27.08.2014	Godkjent etterkontroll av mangler på kontrollseddel datert 20.08.2014						
24.09.2014					Godkjent. PKK datert 27.08.2014 legges til grunn for godkjent teknisk tilstand		30.04.2015
30.04.2015					Godkjent		30.04.2016

*= Statens vegvesen

**= I de tilfellene det ikke foreligger PKK nyere enn 30 dager eller det gjennomføres en teknisk forvaltningskontroll, skal det gjennomføres en teknisk kontroll i forbindelse med ADR-kontrollen for å sikre at kjøretøyet er i forsvarlig og forskriftsmessig stand



FLO/VEDL/FOLAT

Forsvarets laboratorietjeneste

Kjemi - Material

Oppdragsgiver SHT		Teknisk Rapport	
Gjenpart		Oppdragsgivers referanse	
Tittel Skadeundersøkelse av drag til trailerhenger			
Rapportnr 150925-03	Dato for mottak av oppdrag 2015-09-10	Dato for utgivelse 2015-11-05	
Jobbnr / Prøvenr M-15-074	Antall sider 21	Antall vedlegg -	
Utarbeidet av		Verifisert av	

Utdrag av rapporten må ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra FOLAT.

Postadresse :
FLO/VEDL/FOLAT Kjemi og Material
Postboks 10
N-2027 KJELLER

Gateadresse :
FLO/VEDL/FOLAT Kjemi og Material
Fetveien 80-84
N-2027 KJELLER

Telefon :
+ 47 63 80 87 41
505 8741

Telefax :
+ 47 63 80 87 58
505 8758

1 Innledning

Forsvarets laboratorietjeneste ble forespurt om å bistå i skadeanalysen av et havarert drag til trailerhenger, Figur 1. Oppdragsgiver ønsket avklart skadeårsak og i hvilken grad reparasjon ved påsveiste plater hadde bidratt til skadeforløpet.

Det ble utført visuelle undersøkelser, fraktografi i lysmikroskop/SEM og metallografi.



Figur 1 Oversiktsbilde av drag med bruddskader.

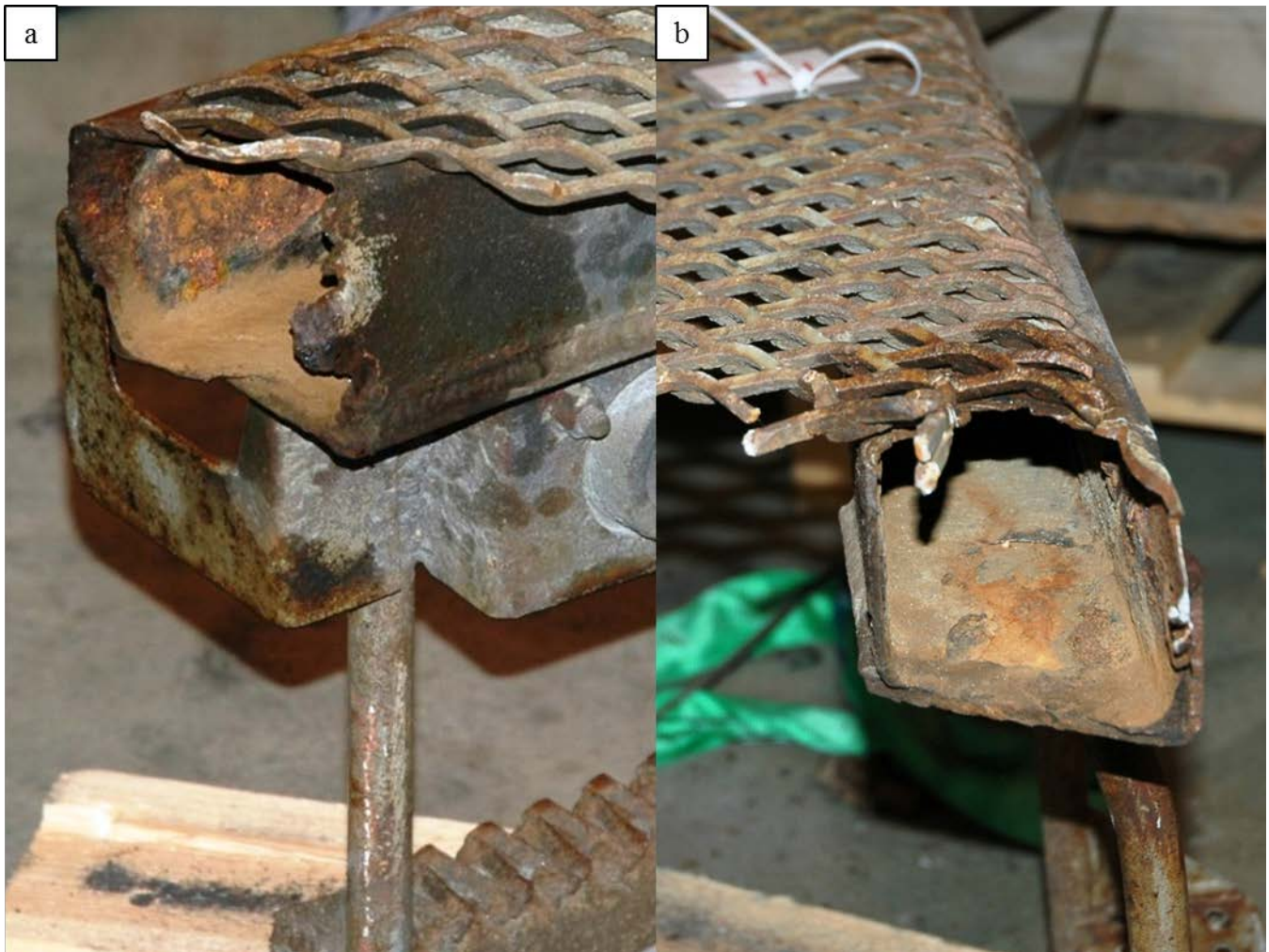
2 Resultater

2.1 Befaring og visuelle undersøkelser

Innledende undersøkelse av draget ble utført hos SHT 10/9-15, draget ble deretter fraktet til RTV (Romerike Tekniske Verksted) der oppfølgingsbefaringer og prøveuttak ble utført.

Observasjoner ble dokumentert med foto.

Oversiktsbilde av bruddskaden til stålprofilene i staget er vist i Figur 2ab. Det fremgår av bildene at profilene fremstår som betydelig korrodert og der det kan observeres påsveising av stålplater i underkant av profilene, selve stålprofilen var gjennomrustet i disse områdene.



Figur 2 a. Bilde av bruddskade merket venstre side (V). b: Bilde av bruddskade merket høyre side (H).

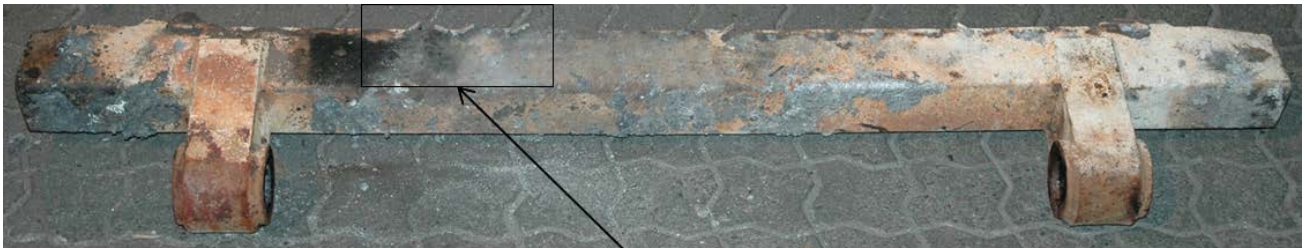
Korrosjonen var ikke begrenset til enden av profilene, men hadde betydelige rustlag på innsiden.

Det ble videre avdekket at profilene hadde «luftehull» ved innsveisingen i motsatt ende, slik at det må forventes at profilens innside kontinuerlig vil være eksponert mot fukt og sprut fra vei, se Figur 3. Veggtykkelser ble forsøkt målt med ultralyd, men rustlaget på innsiden forstyrret signalet slik at dette viste seg ikke mulig.

Nettingen hadde vært påsveiset tverrbjelken til draget som hadde vært utsatt for brann, det kunne observeres rester av nettingen og sveisepunkter slik det fremgår av Figur 4. Basert på bildene er det sannsynlig at flere av sveisepunktene har røket i forbindelse med ulykken hvilket innebærer at nettingen har bidratt til å holde draget sammen.



Figur 3 Bilde som viser innsveising av profil til innfestet av draget med åpning som gir fuktinntrenging på innsiden av profil.



Figur 4 Bilde av drag som viser sveisepunkter og restbiter av nettingen.

2.2 Skadeundersøkelse av stålbejelker til drag

Prøveuttaket er vist i Figur 5a-d. Utsnittene bekreftet betydelig korrosjon på innsiden av stålprofilen med gjennomrusting mot plater sveiset på undersiden som vist i Figur 6ab.

Rustlaget ble skrapet av siden på et område av utsnittet fra hhv. høyre og venstre profil og veggtykkelsen ble deretter målt med skyvelær og mikrometer. På høyre side varierte tykkelsen fra 1,3-2,8mm og på venstre side fra 1,9 til 2,9mm.

For å få et inntrykk av korrosjonsgraden også i andre deler av profilen ble en prøvebit kappet ut i motsatt ende av profilen ved luftehullet vist i Figur 3. Angivelse av prøveuttaket er nærmere angitt i Figur 7a. Maling ble fjernet på utsiden og korrosjonsprodukter ble fjernet fra innsiden, prøvebiten viste etter dette tydelig gjennomrusting og korrosjonsangrep gjennom hele platetykkelsen i varierende grad fra maksimalt 3mm til 0 (gjennomrusting).

Det ble gjort forsøk på å maskinere ut standard prøvestaver for strekkprøving, men dette lot seg ikke gjøre da parallellområdet ble påvirket av korrosjonsgroper.



Figur 5 Prøveuttak fra stag utført ved RTV. a-b: Høyre side (H). c-d: Venstre side (V).



Figur 6 a: Bilde av gjennomrusting H-side, b: Bilde av gjennomrusting V-side.



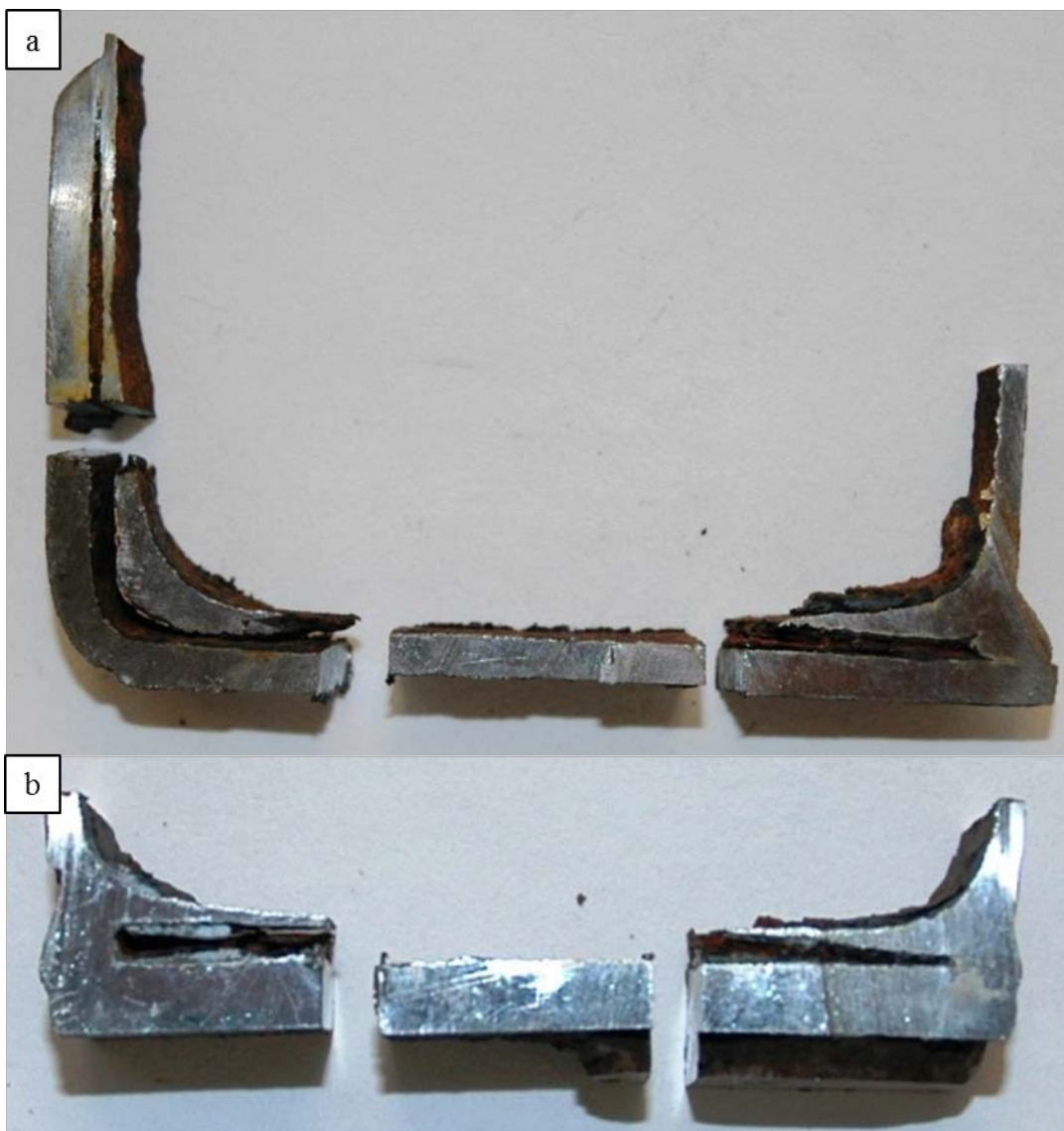
Figur 7a: Bilde av område for prøveuttak for bestemmelse av korrosjonsgrad. b: Bilde av fremside av profil etter fjerning av maling. c: Bilde av innside etter fjerning av overflaterust.

2.2.1 Metallografi

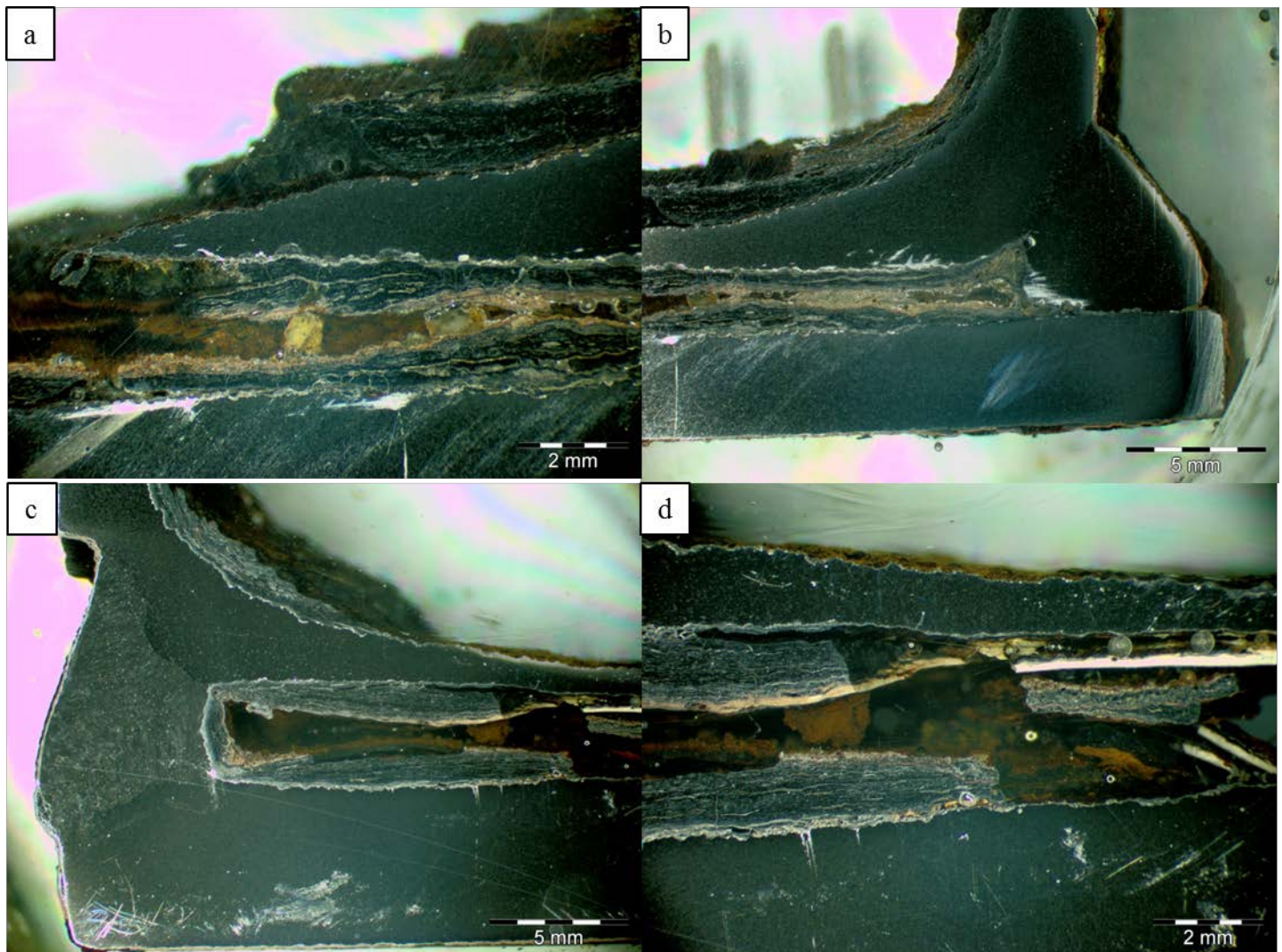
Det ble tatt ut metallografiske slip for å dokumentere korrosjonsangrepet spesielt mot nedre del av profilene, prøveuttaket er vist i Figur 8.

Prøvestykkene ble deretter støpt inn i epoxy, slipt og polert. Bilder i stereo lysmikroskop av prøvene etter polering er vist i Figur 9a-d. Som det fremgår av bildene er den opprinnelige profilbunnen korrodert fra begge sider, videre kan det i bilde *b* observeres manglende innsmelting av sveis og i bilde *c* underskår langs sveisefugen.

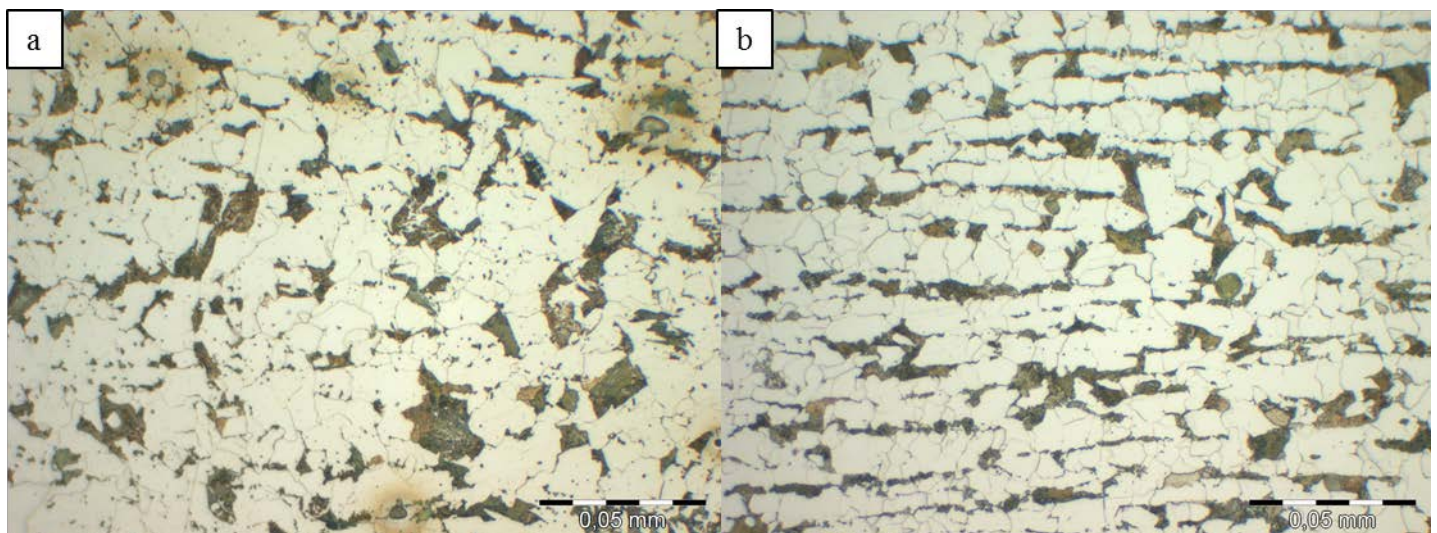
Mikrostrukturen til profilene viste en ferritt perlittisk struktur forenlig med konstruksjonsstål, Figur 10ab. Den kjemiske sammensetningen viser et karboninnhold på 0,17 wt% for begge bjelkene, se Tabell 1 og Tabell 2. Videre undersøkelser i SEM med EDS, se Figur 11 og Figur 12, bekreftet at profilen består av manganstål med rustavsetninger med innhold av blant annet klor. Videre er det i korrosjonsproduktene avdekket mineralske partikler, trolig småstein.



Figur 8 Prøveuttak fra hhv. a: H-side og b: V-side.



Figur 9 Bilder av metallografiske slip gjennom profil som viser overgang fra opprinnelig underside av profilen mot påsveist plate. a-b: Høyre side, c-d: Venstre side.



Figur 10 Mikrostruktur for hhv. a: V-profil og b: H-profil viser ferritt perlitisk konstruksjonsstål. Prøvene er etset med Nital.

Tabell 1 Kjemisk sammensetning til grunnmaterialet i stålbjelke H-side bestemt ved massespektrograf*.

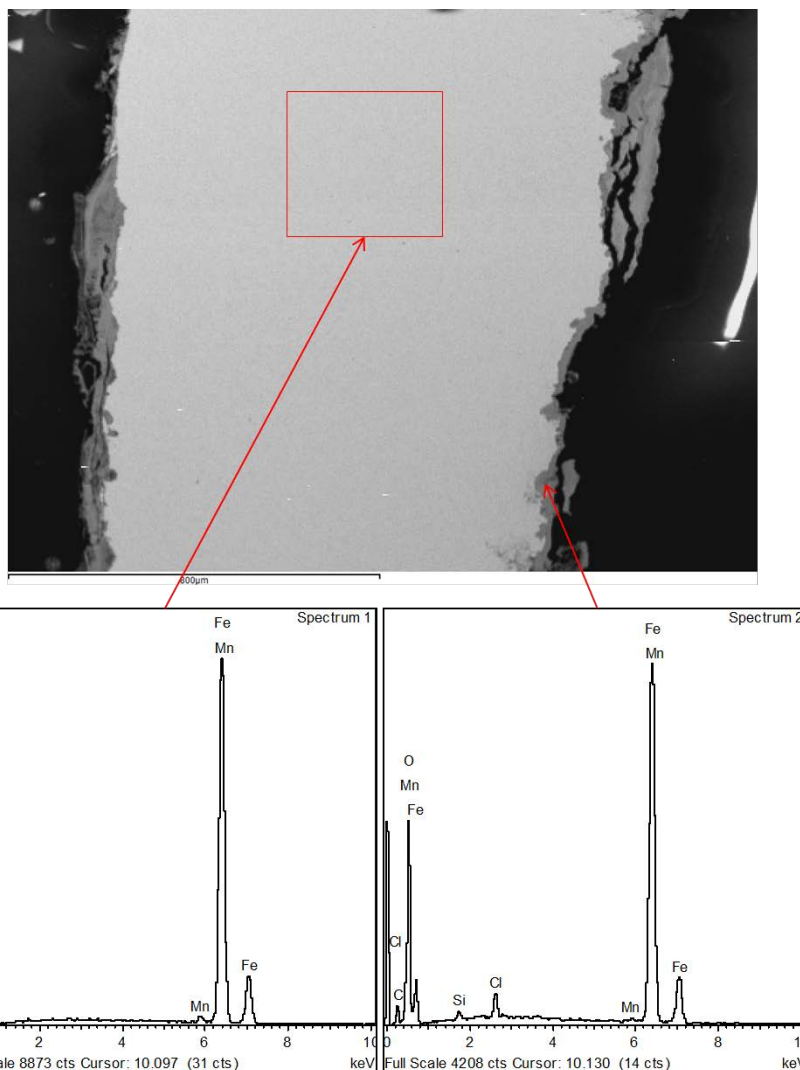
C* %	Si* %	Mn* %	P* %	S* %	Cr* %	Ni* %
0.168 ± 0.005	0.185 ± 0.003	1.10 ± 0.012	0.015 ± 0.001	0.012 ± 0.001	0.024	0.025 ± 0.001
Mo* %	Al* %	Cu %	Co %	Ti %	Nb %	V %
< 0.001	0.046 ± 0.003	0.014	< 0.001	0.001	0.029 ± 0.002	0.002
W %	Pb %	B %	Sn %	As %	N %	Fe %
0.007 ± 0.002	< 0.001	0.0002 ± 0.0001	0.004	0.005 ± 0.003	0.007 ± 0.001	98.2 ± 0.017

* TI rapport 63406-24-022205.

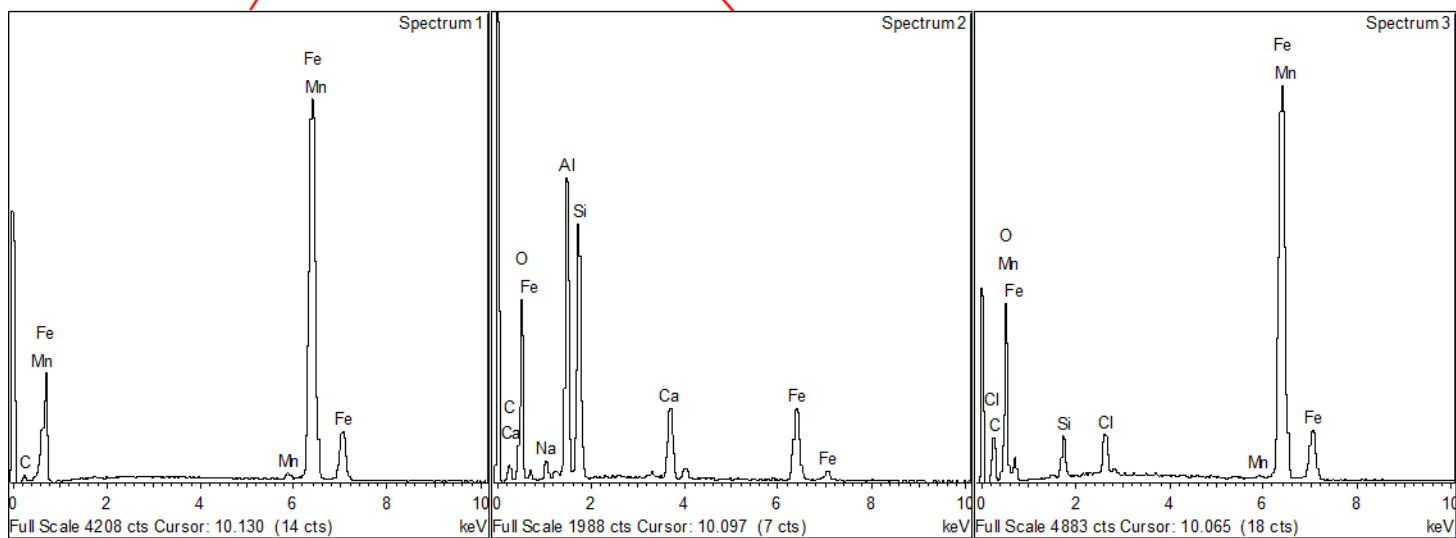
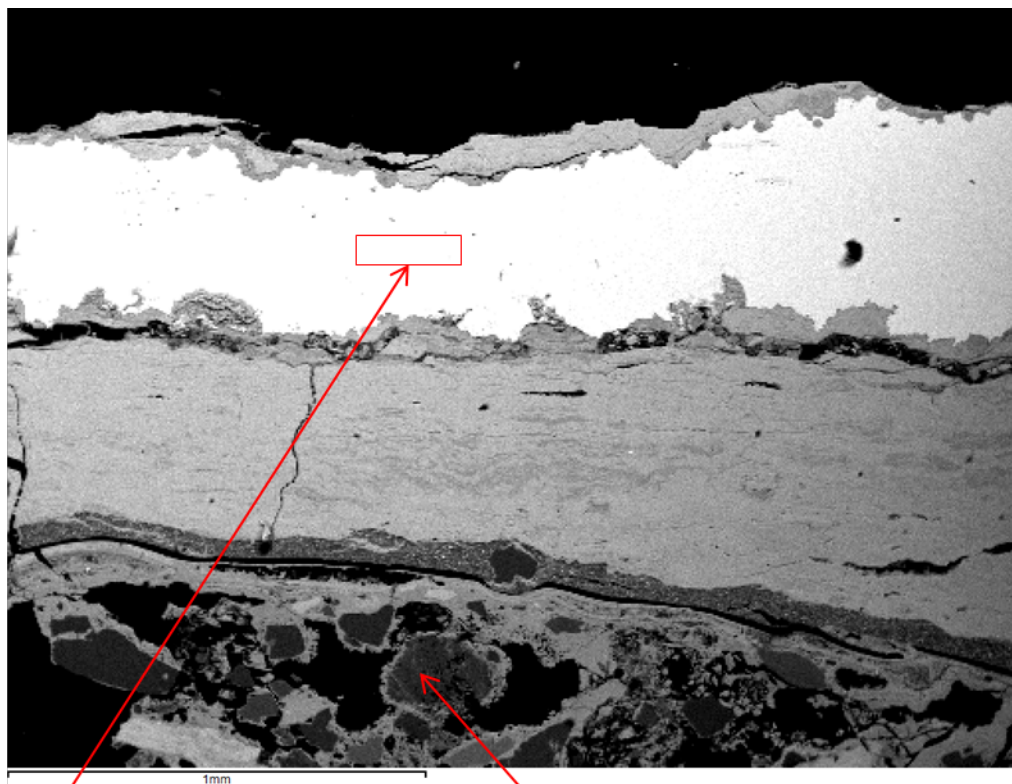
Tabell 2 Kjemisk sammensetning til grunnmaterialet i stålbjelke V-side bestemt ved massespektrograf*.

C* %	Si* %	Mn* %	P* %	S* %	Cr* %	Ni* %
0.174 ± 0.005	0.187 ± 0.002	1.10 ± 0.010	0.018	0.013 ± 0.001	0.025 ± 0.001	0.027 ± 0.002
Mo* %	Al* %	Cu %	Co %	Ti %	Nb %	V %
< 0.001	0.046 ± 0.002	0.015	< 0.001	0.001	0.030 ± 0.002	0.002
W %	Pb %	B %	Sn %	As %	N %	Fe %
0.005 ± 0.003	< 0.001	0.0003 ± 0.0002	0.004	0.006 ± 0.003	0.008 ± 0.001	98.1 ± 0.017

* TI rapport 63406-24-022205.



Figur 11 Bilde i SEM av tverrsnitt av vegg til profil merket H-side. Bildet viser korrosjon fra begge sider av tverrsnittet. EDS spektrene viser at profilen består av mangan-stål og der korrosjonsproduktene har innslag av klor.



Figur 12 Bilde i SEM av tverrsnitt av vegg til profil merket V-side. Bildet viser korrosjon fra begge sider av tverrsnittet. EDS spektrene viser at profilen består av mangan-stål, deler av korrosjonslaget har mineralske partikler (stein) og korrosjonsproduktene med innslag av klor.

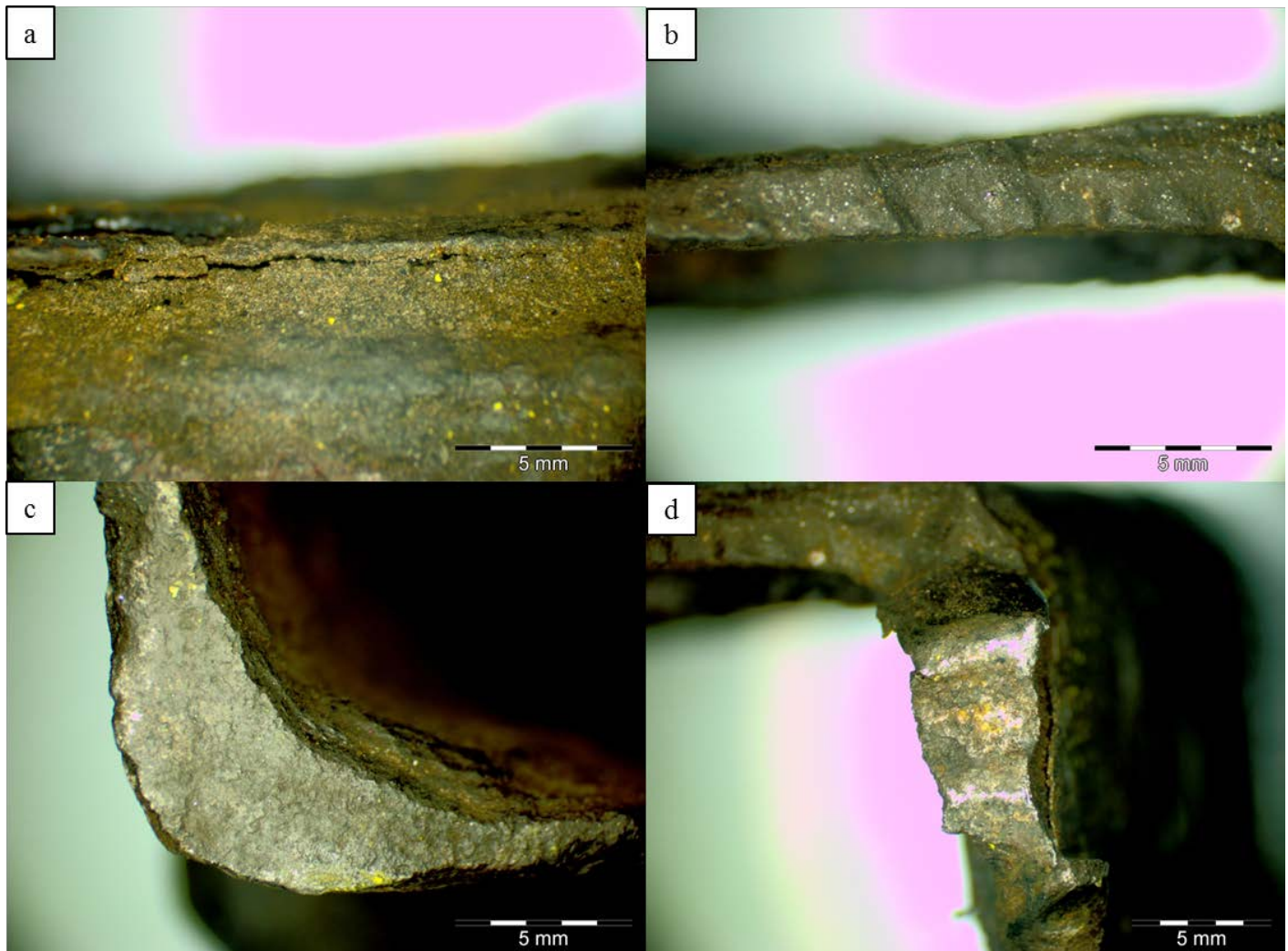
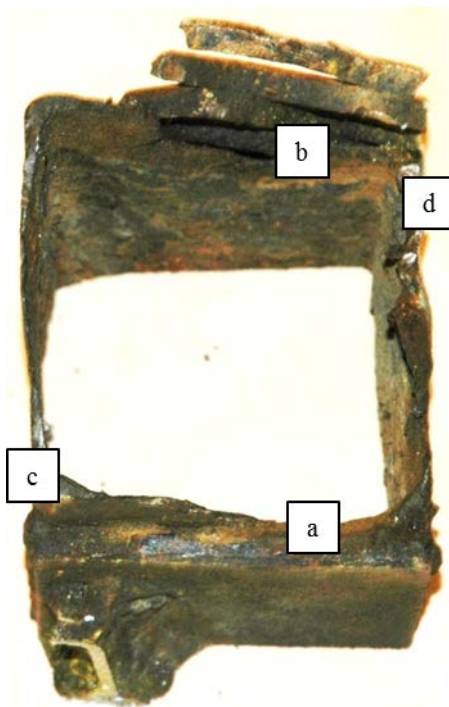
2.2.2 Fraktografi

Bruddflatene ble undersøkt i stereo lysmikroskop for å avdekke områder med potensielt overbelastningsbrudd.

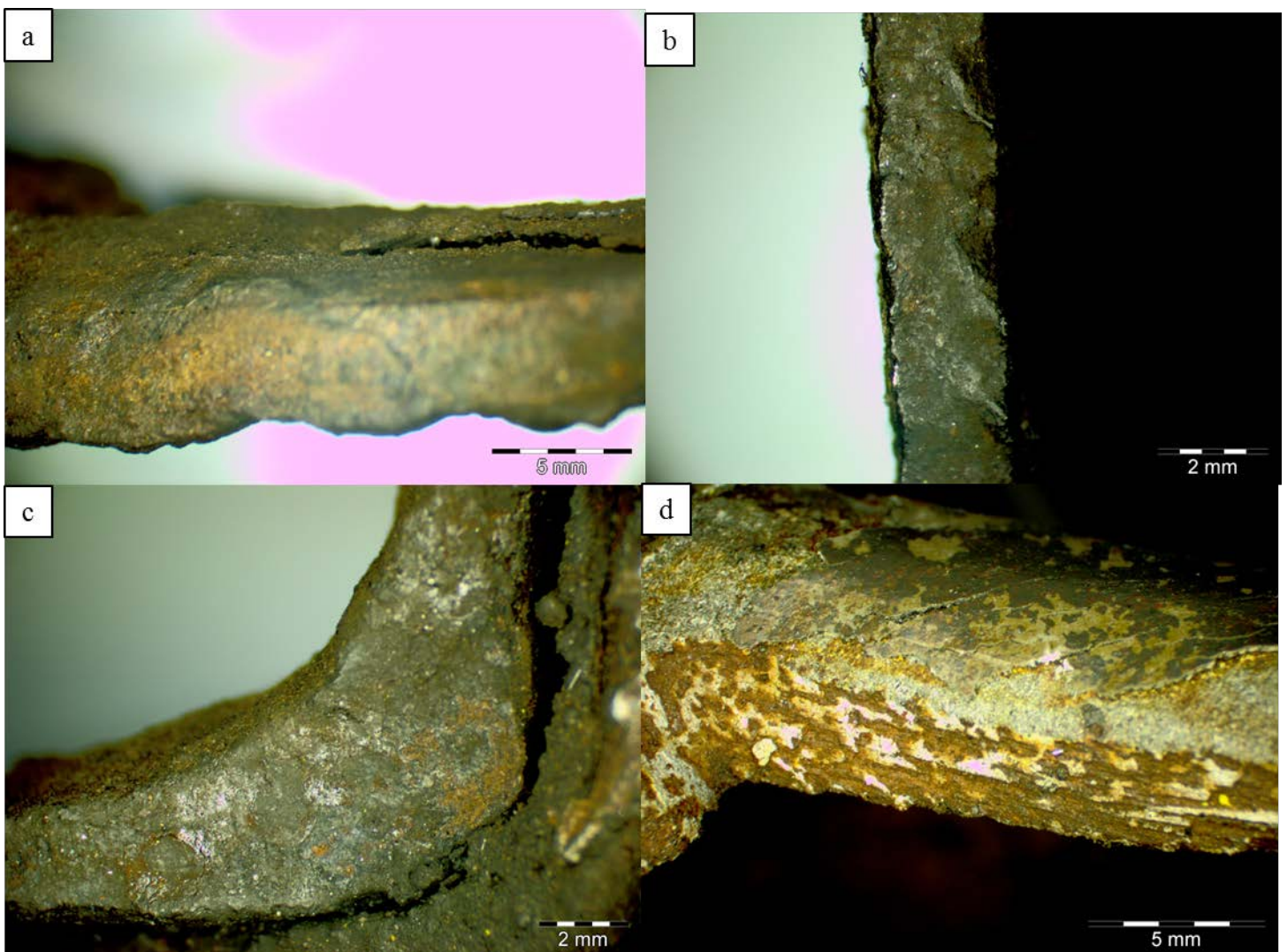
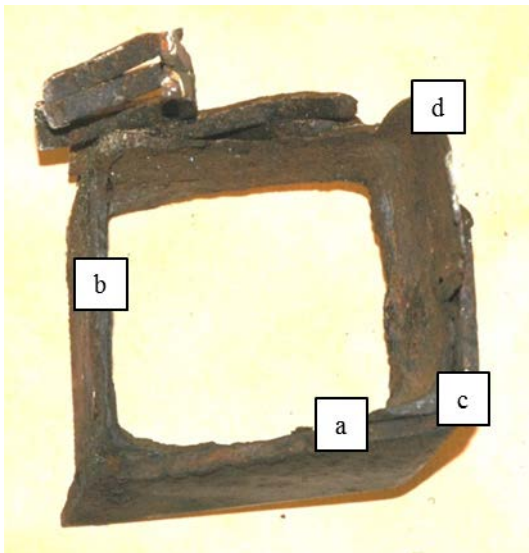
En oppsummering av observasjonene er vist i Figur 13 og Figur 14 for brudd på venstre og høyre side. Generelt gjelder for nedre del av profilene at det ikke kunne observeres noe restmateriale i dette området og at dette er å anse som rustet bort. Bruddflatene fremstod gjennomgående som gamle med korrosjon og gnisningsskader. Undersøkelsen avdekket kun et område i øvre høyre hjørne av brudd til profil på høyre side, (Figur 14d), som viste tegn til overbelastning.

Denne delen av bruddflaten ble kappet ut for fraktografi i SEM.

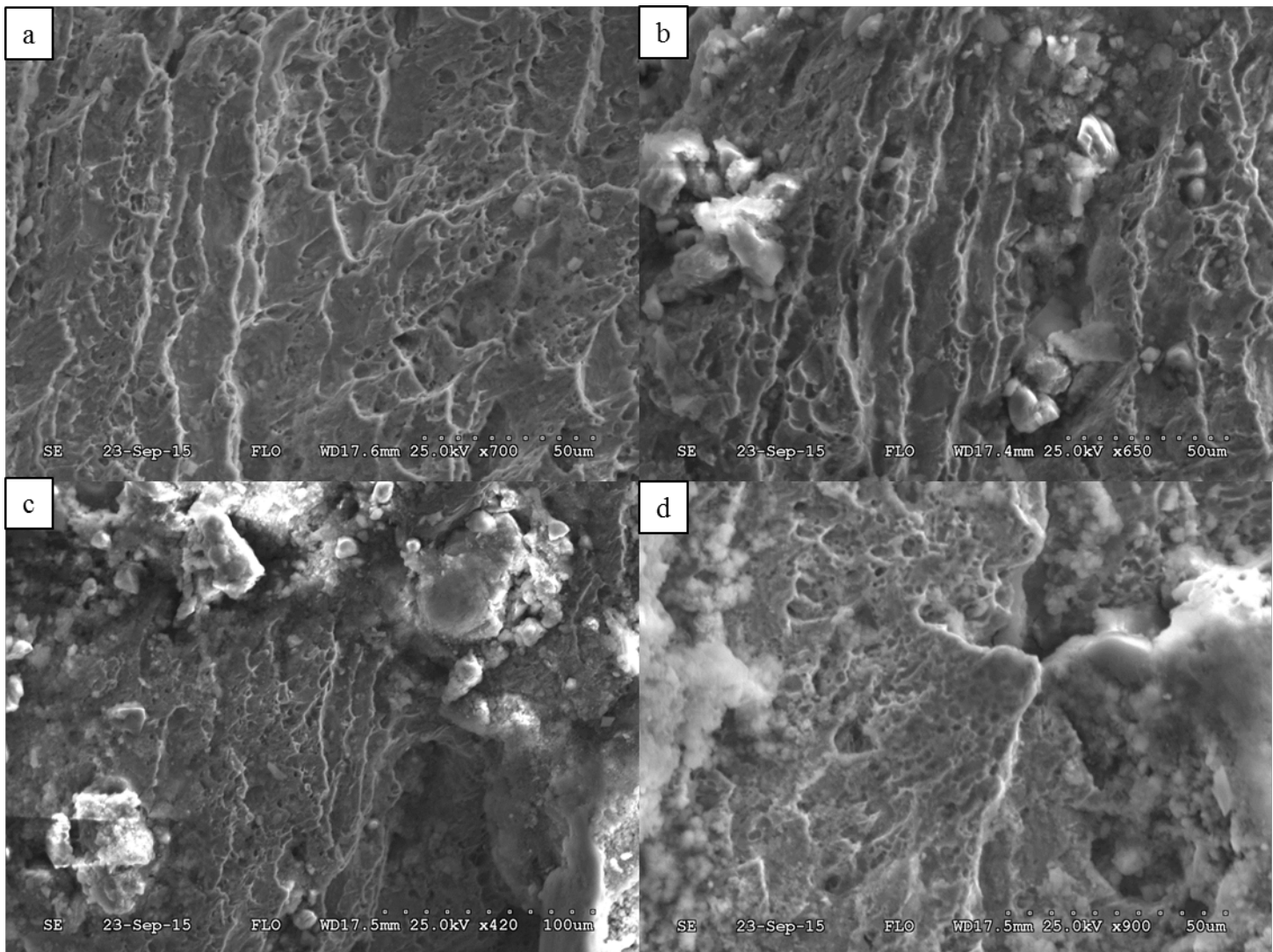
Fraktografibilder i SEM er vist i Figur 15a-d og viser dimpler i bruddflaten forenlig med duktil overbelastning. Det kan med sikkerhet fastslås at bruddet i dette området oppstod som følge av overbelastning og at dette området var intakt før ulykken.



Figur 13 Oversiktsbilde av bruddflaten V-side med angivelse av bilder a-d tatt i stereo lysmikroskop.



Figur 14 Oversiktsbilde av bruddflaten H-side med angivelse av bilder a-d tatt i stereo lysmikroskop.

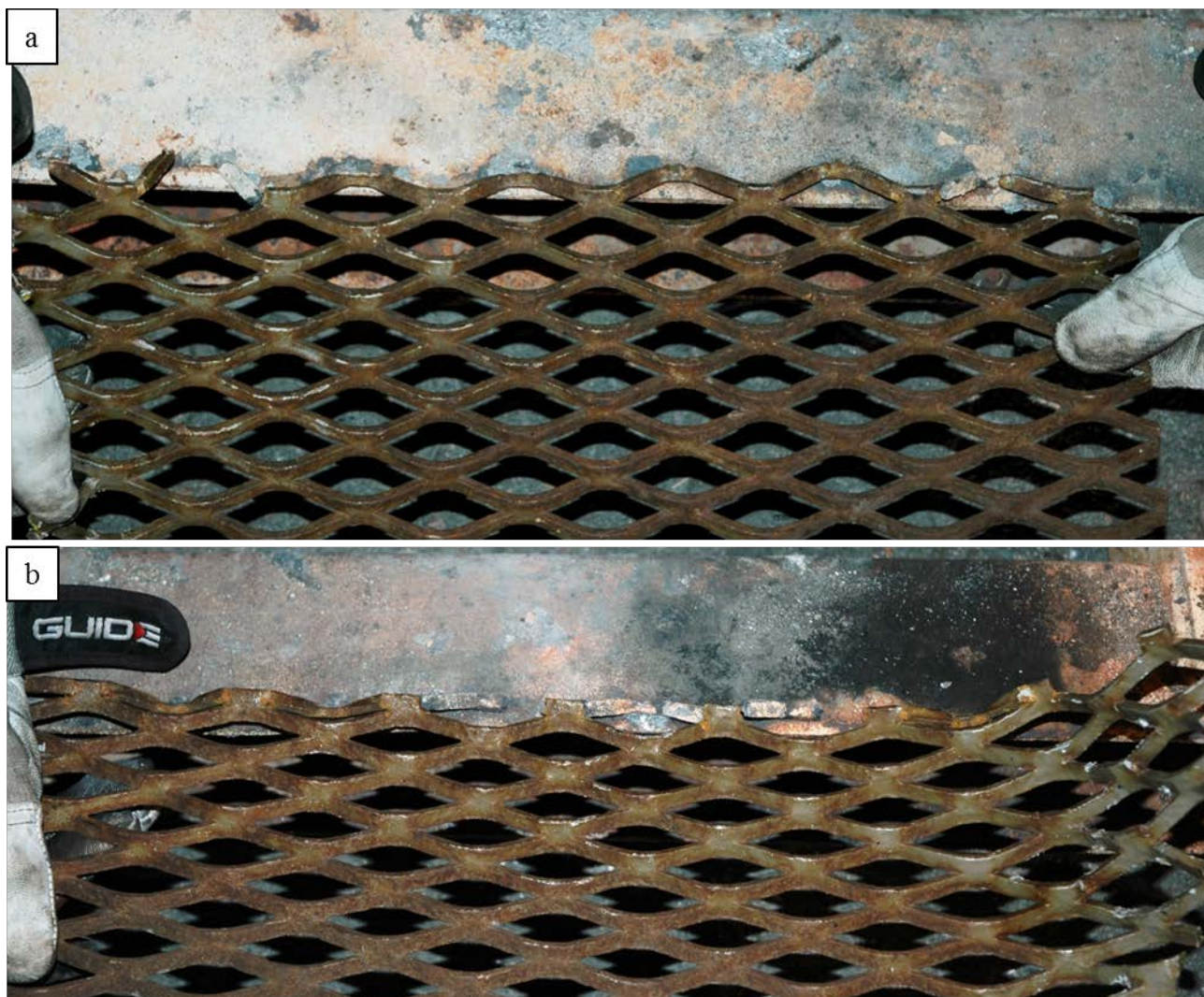


Figur 15a-d: Fraktografibilder i SEM av område vist i Figur 14d. Bildene viser dimpler i bruddflaten forenlig med overbelastning og begynnende korrosjon oppstått etter havariet.

2.3 Skadeundersøkelse av netting/rist

Som det fremgår av oversiktsbildet i Figur 1 og Figur 4 hadde draget blitt påsveiset en netting/rist. Med tanke på den observerte tilstanden til stålbjelkene ble det besluttet å gjøre en nærmere analyse av styrkebidraget fra stålnettingen/risten.

En sammenstilling av nettingene mot tverrbjelken til draget viser at disse passer godt sammen og det er samsvar mellom nettingtråder og sveisepunkter, Figur 16. Antall sveisepunkter totalt ble bestemt til å være i størrelsesorden 20 sveisepunkter.



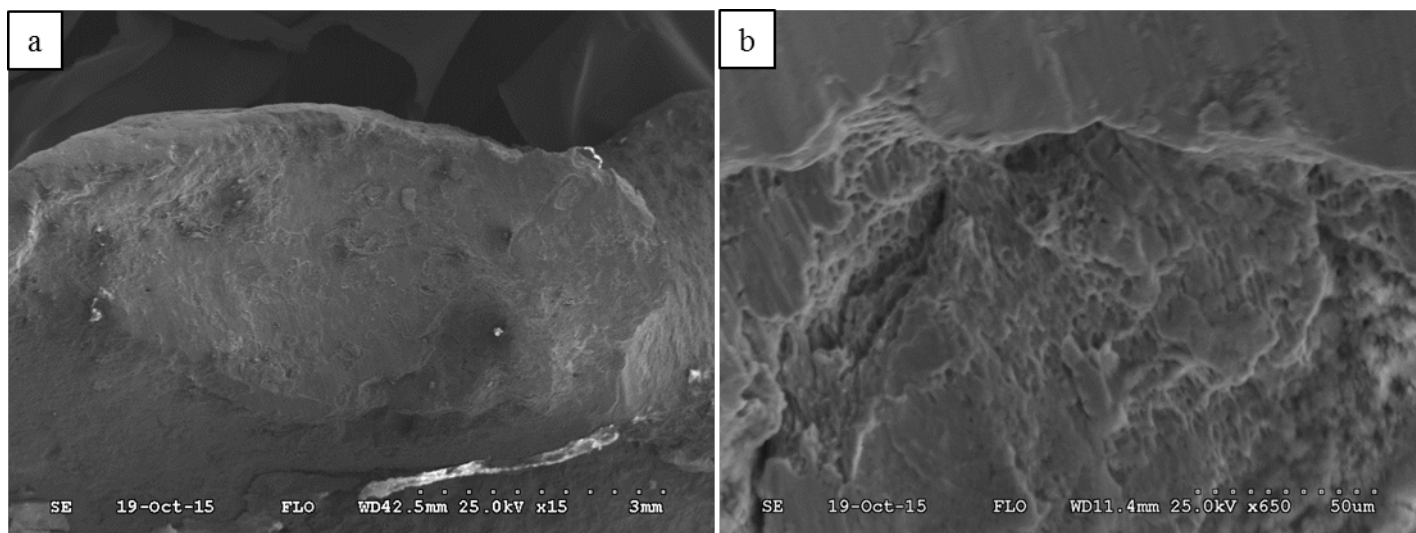
Figur 16ab Bilde av sammenstilling av netting mot tverrbjelke til draget.

Bruddflatene på nettingen ble undersøkt videre og hadde karakteristikk typisk for overbelastning, med arealreduksjon ved bruddene i nettingtrådene og skjærlepper i bruddene ved sveisepunkter, som vist i Figur 17ab.

En bruddflate fra et sveisepunkt ble undersøkt videre i SEM og overbelastning kunne bekreftes ved funn av dimpler i bruddoverflaten som vist i Figur 18ab.



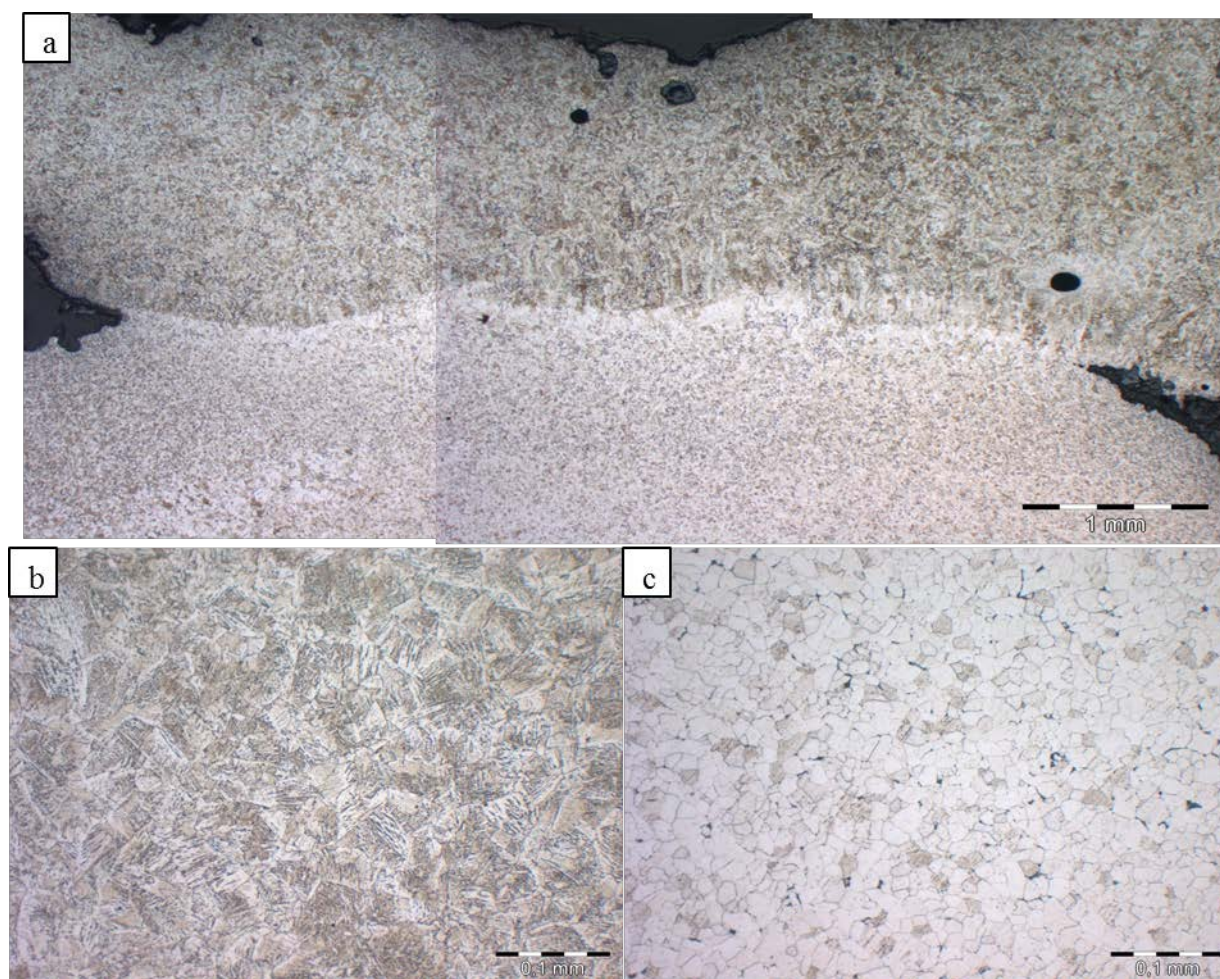
Figur 17 Bilde av a: Brudd i nettingtråd og b: Brudd i sveisepunkt.



Figur 18ab Bilde i SEM av sveisepunkt med bruddskade. b: Bilde i SEM av dimpler i bruddflaten typisk for overbelastning.

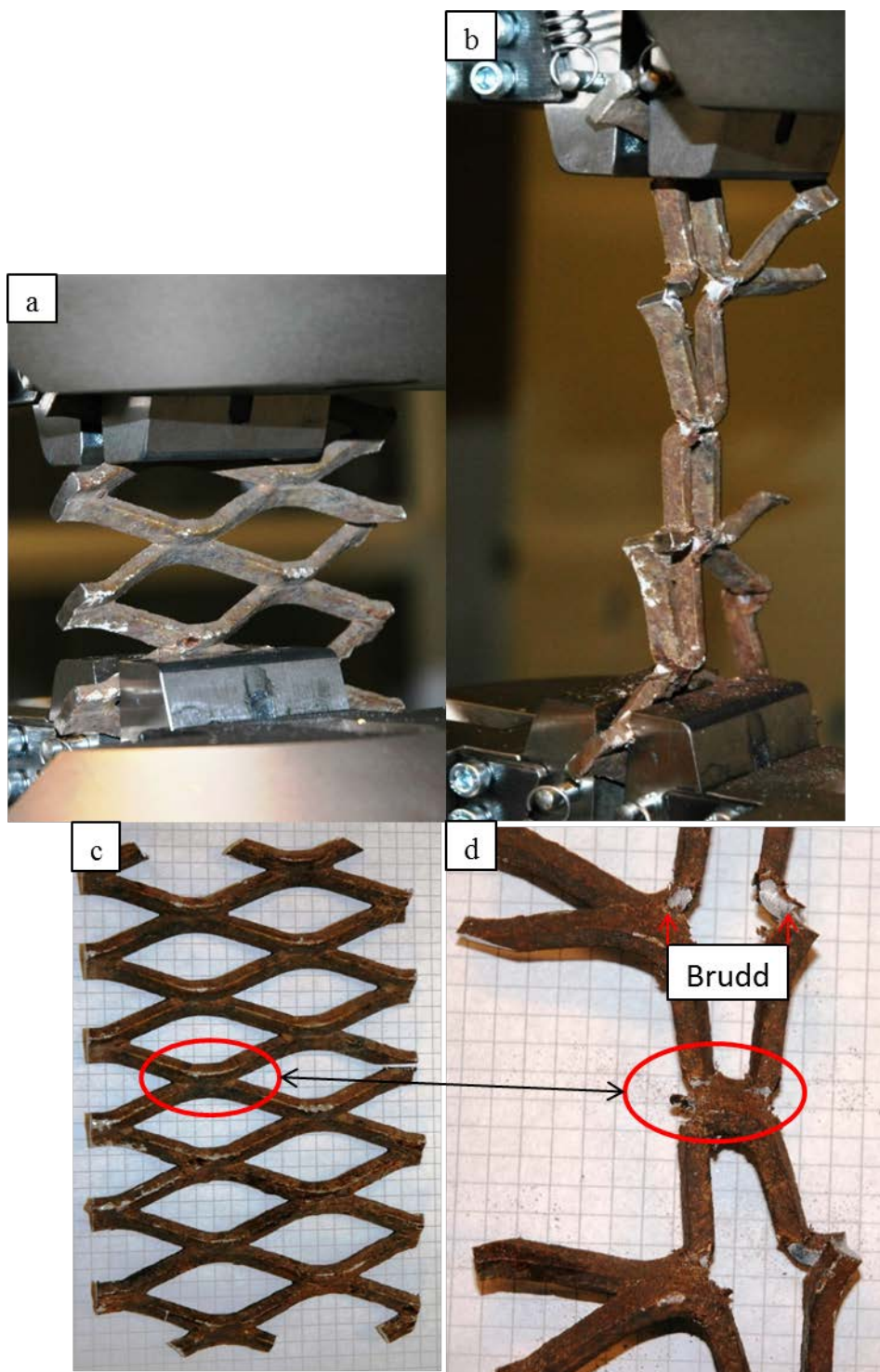
For å få en antydning av styrken til materialet ble det laget et metallografisk slip gjennom et sveisepunkt. Mikrostrukturbildene i viser en herdestruktur i selve sveisepunktet med en ferritt perlittisk struktur i nettingråden.

Strukturobservasjonene ble bekreftet med hardhetsmålinger der sveisepunktet hadde en hardhet i området 200 HV_{1,0} og nettingråden en hardhet i området 150 HV_{1,0}.



Figur 19 Mikrostrukturbilder i lysmikroskop i tverrsnitt gjennom sveisepunkt a. Oversiktsbilde, b: Mikrostruktur i sveisepunkt viser herdestruktur. C: Mikrostruktur i nettingråd viser ferritt perlitt.

For å få et inntrykk av den faktiske styrken til nettingen ble det kappet ut en prøve for å teste et singel sveisepunkt. En oversikt over testoppsettet med observasjoner er vist i Figur 20a-d. Nettingen gikk til brudd i nettingtråder utenfor sveisepunktet og resultatet bekrefter observasjonene fra mikrostrukturundersøkelsene. Bruddlasten ble målt til 500kg.



Figur 20a: Bilde av nettingprøve montert i strekkmaskin. b: Bilde av nettingprøve montert i strekkmaskin etter test. c: Oversiktsbilde av nettingprøve med angivelse av singel sveisepunkt. d: Bilde av nettingprøve etter test med angivelse av singel sveisepunkt og bruddsted.

3 Konklusjon

Bruddskadene i det undersøkte draget har oppstått som følge av langt fremskredet korrosjon som har tært bort bjelkematerialet i store deler av tverrsnittet.

Fraktografi kan kun bekrefte overbelastningsskade i et hjørne av høyre bjelke og det virker sannsynlig at øvrige bruddflater har oppstått før selve havariet som følge av korrosjon/korrosjonsutmatting.

Korrosjonsskaden på innsiden av bjelkene har trolig oppstått som følge av inntrengning av klorholdig fukt i bjelken fra luftehull ved innfestet til draget. Denne korrosjonen kan videre ha blitt akselerert ved at det er sveiset på plater på utsiden av allerede korroderte områder, slik at det oppstår en spalteffekt på undersiden av den opprinnelige profilen og som dermed akselerer korrosjonsprosessen ytterligere.

Funn av stein i korrosjonsproduktene mellom påsveiset plate og bjelke tyder på at det ikke har vært utørt noen rustfjerning i forbindelse med dette arbeidet.

Sveisearbeidet har mangler i form av manglende innsmelting og underskår langs deler av sveisesømmene. Det er vår vurdering at selve sveisearbeidet ikke har hatt noen større betydning i forhold til skadeutviklingen.

Platetykkelsen ble målt til å variere fra 0-2,9 mm, i forbindelse med prøveuttak for mekaniske tester kunne det observeres lokal gjennomrusting i flere områder og det var ikke mulig å maskinere ut standard prøvestaver.

Siden de påsveiste platene ikke tar opp krefter i overgangen til innfestet til trailerhengeren er det vår vurdering at en avstivning av et meget korrodert område ikke vil bidra til noen økt styrke i konstruksjonen, men heller vil bidra til økt risiko for korrosjonsutmatting. Dette kan eventuelt bekrefte ved styrkeberegninger.

Draget har trolig hengt sammen som følge av sveisepunkter til stålnettingen lagt på oversiden av draget. Basert på strekkprøving av nettingen kan sveisepunktene samlet til sammen ha holdt en last opp mot 10 tonn, men styrken vil være svært sårbar for skjevbelastninger.

Ved en styrkeberegning av reststyrken til draget i tilknytning til korrosjonsskader må styrkebidraget fra den punktsveiste stålnettingen tas med i betraktningen.

Statens havrikkommisjon for transport (SHT)
Sophie Radichs vei 17
PB213, 2001
Lillestrom
NORGE

Utredning av brandens oppkomst i Skatestraumtunnel 15 juli 2015 – del 1

SP Fire Research har fått i oppdrag av Statens Haverikommisjon for Transport (SHT)¹ i Norge att utreda oppkomsten av branden i Skatestraumtunneln 15 juli 2015.

Bakgrunden till olyckan och beskrivningen av den anges i huvudrapporten från SHT. En analys av brandens utveckling studeras i en separat SP rapport - del 2 [1].

Initialt forløpp

Ett släp på en tankbil, innehållande 16500 liter bensin, lossnar från dragvagnen och då det träffar tunnelväggen, ungefär 460 m från bottennivån vid pumphuset, öppnas upp ett eller flera hål eller skårer i den främst placerade tanksektionen (fack). Det går inte att avgöra hur stora hålen eller skårorna blev, men genom att uppskatta bensinflödet på vägbanan nedströms från tanken och ner mot pumphuset vid tunnelns botten, kan en rimlig bedömning ändå göras. Mängden rinnande bensin på vägbanan initialt är viktig för analysen av antändningsförloppet.

Genom att analysera vittnesuppgifter som är relaterade till själva antändningen, strax före och strax efter, kan en sannolik orsak för om vad som kan ha initierat branden erhållas. Det finns olika hypoteser eller möjligheter för antändning som presenteras och värderas i denna rapport.

Fakta om släpet

När dragfordonet tappar kontakten med släpet aktiveras bromsarna automatiskt. Detta gör att släpet börjar sakta in, innan det träffar tunnelväggen, dock inte tillräckligt för att förhindra en kollision. Enligt SHT var hastigheten på dragfordonet vid olycksögonblicket ungefär 45 km/h. Placeringen av släpets framhjul efter branden visar att det främre hjulparet måste ha först träffat trottoarkanten innan släpet träffar tunnelväggen. Hur kraftigt och på vilket sätt släpet träffar tunnelväggen kan ha betydelse för oppkomsten av branden.

Enligt uppgifter från SHT finns ingen batteribackup i den typ av släp som användes, se Figur 1. Detta innebär att alla tänkbara strömskällor försvinner omedelbart vid bruten kontakt med dragfordonet.

Släpet var indelat i sex olika fack med olika mängd bensin. I Figur 1 kan man avläsa på toppen av släpet hur mycket bensin som fanns i varje enskilt fack. I facket närmast kollisionspunkten

¹ Uppdragsreferens 15/546.

fanns 4500 liter. Själva tankkonstruktionen är gjord av 5 till 6 millimeter tjock aluminiumplåt [2], monterad på ett stålbalksystem som håller upp tanken.



Figur 1 En bild av samma typ av släp som vid olyckan.



Figur 2 Placeringen av släpet efter branden. Notera placeringen av främre hjulparet mot tunnelväggen.

I Figur 2 kan man observera att det högra framhjulet på släpet ligger relativt nära tunnelväggen. Att släpet ser ut att befinna sig i samma position efter branden som vid själva

kollisionsögonblicket indikerar att de automatiska bromsarna har slagits på. Om man jämför Figur 1 och Figur 2 inser man att högra hörnet på släpet måste ha blivit rejält intryckt då högra framhjulet är vridet och står nära tunnelväggen. Därför kan man räkna med att stora mängder bensin har flödat ut redan från kollisionsögonblicket. Hur mycket bensin som har flödat ut initialt är svårt att bedöma men i del 2 [1] har vi uppskattat det till i genomsnitt 1000 – 1200 liter i minuten (17 – 20 l/s). Eftersom utflödet är ett dynamiskt förlopp (mer i början och mindre senare) är det svårt att uppskatta exakt hur lång tid det tog att tömma första facket. Dessutom är det inte säkert att hela facket tömdes initialt. Vi kan dock konstatera att det stora utflödet av bensin på trottoaren har så småningom samlats i en 0.4 – 0.7 m bred remsa med bensin som ligger an mot trottoarkanten på grund av de tvärlutningar som fanns i tunneln. Det är denna remsa av bensin vittnen noterar på vägen upp mot släpet. Delar av den bensin som rinner längs trottoaren ska rinna ner i ett dräneringssystem kopplad till brunnar utrustade med ”svalg” av den typ som visas i Figur 3 (svalget ligger mot vägbanan). I Skatestraumtunneln finns dessa brunnar var 80 m. Hur mycket bensin som har runnit ner i dessa brunnar är svårt att avgöra. Detta diskuteras i mer detalj i del 2 [1].



Figur 3 En dräneringsbrunn där bensin kan samlas upp genom den 60 cm breda och ca 5 cm höga öppning (”svalg”) som finns mot vägbanan. Den svarta strimma (ungefär 0.7 m bred i bilden) på vägbanan är där den största andelen bensin rann ner och som sedan tog eld (därav märken). Brunnen på bilden stod 187 m nedanför släpet.

Antändning av bensinångor

Direkt när bensinen började flöda ut bildas bensinångor som snabbt blandas med omgivande luft. Densiteten för rena bensinångor är ungefär fyra gånger så hög som för luft, vilket innebär att ångorna sprids nära vägbanan, både radiellt och neråt i tunneln på grund av gravitationen (tunnel lutar i längsgående riktning med 10 %). Det är vår bedömning att det inte förelåg särskilt höga luftflöden i tunneln vid olyckstillfället, varför ångorna inte spädades eller transporterades bort i någon högre utsträckning.

Det finns olika sätt att antända ångor från bensin. Det kan exempelvis orsakas av självantändning över heta ytor, av statisk elektricitet eller genom gnistbildning på grund av

friktion mellan hårda material. Brännbarhetsområdet för bensinångor i luft ligger mellan 1.7 % (mager blandning) och 7.6 % (fet blandning) vid normala temperaturer. Bensin har låg flampunkt ($> -40^{\circ}\text{C}$) vilket egentligen betyder att bensin är en lättflyktig vätska vid normala temperaturer. Temperaturen i tunneln vid olyckstillfället uppskattas till 10 – 15°C. Därför bör det ha funnits gott om bensinångor i närområdet av släpet när antändning sker.

Rent praktiskt är det svårt att antända bensinångor med hjälp av heta ytor, men om det inträffar krävs en relativt hög yttemperatur. Vid självantändning av bensinångor mot heta ytor krävs över 760°C yttemperatur vid stillastående luft. Högre luftflöden höjer dessa värden [3].

Det är känt att det krävs väldigt låga energinivåer för att antända brännbara bensinångor. Lägsta energin är ungefär 0.2 mJ och den högsta för att ge säker tändning omkring 10 mJ [4]. Detta varierar naturligtvis med koncentrationen av blandningen (lägst vid stökiometriska förhållanden och högst närmast brännbarhetsgränserna). Om vätska rinner över en het yta är motsvarande yttemperaturer för självantändning ungefär på samma nivå som för rena bensinångor [3].

En gnista kan betraktas som en urladdning mellan två föremål med olika elektrisk potential. Statisk elektricitet kan uppkomma exempelvis vid strömning i icke ledande rör eller slangar (t ex plast), vid en lång frifallande stråle av vätska, om en person går över ett golv, reser sig från en stol, tar av sig kläder, hanterar plastföremål eller står intill laddade föremål. Statisk elektricitet kan också uppstå genom induktion (ledning). För att undvika statisk elektricitet krävs någon form av jordning/potentialutjämning [5, 6]. Energin i en gnista beror på vilka material som är inblandade, potentialskillnaden, och hur energin frigörs. Energinivåer vid urladdning av statisk elektricitet kan ligga mellan 0.01 mJ – 10 mJ [5], vilket är delvis inom de områden som behövs för antändning av brännbara bensinångor. Det är till exempel känt att en brand kan uppstå vid tankning på grund av gnistbildning. När en personen står och tankar då är den jordad genom bensinpumpens handtag. Då personen släpper pumphandtaget blir den av med sin jordanslutning. Eftersom personen oftast har isolerande skor och därmed inte har någon naturlig avledningsväg av laddningar kan den ladda upp sig och orsaka en gnisturladdning när den skall ta tag i pumphandtaget igen. Under olyckliga omständigheter kan denna gnistbildning starta en brand i de bensinångor som strömmar ut från tanklocket.

Vittnesuppgifter

När chauffören stoppar tankbilen (fordon A) och går ut ser han att draget bakom bilen är av och att släpet har kolliderat med tunnelväggen. När han tittar ner mot släpet upptäcker han att det rinner bensin från släpets främre tanksektion, på högre sidan av släpets front i körriktningen. Cirka två minuter efter att chauffören upptäckt att släpet har lossnat hör han en smäll och ser att det hade börjat brinna i bakkanten av släpet. Han släpper då telefonen och springer till tankbilen för att köra ut av tunneln eftersom röken kom i riktning mot honom.

Det är fyra fordon som kör uppför backen efter tankbilen. Föraren i första fordonet, en personbil (fordon B), blir vittne till själva händelsen. Han stannar ungefär 10 m nedanför släpet som kolliderat med väggen. Han ser att det börjar rinna bensin mot hans fordon. Han noterar även ”rök” mellan släpet och tunnelväggen. Han blir stressad och backar neråt, mot pumpstationen, med blinkers på för att varna andra. Han berättar att bensinen rinner lika fort som han backar. Han säger att det rinner ”mye”. Detta vittne berättar inte om någon brand på vägen ner mot pumpstationen, men däremot att han möter personbil med förare, svärmor och två barn (fordon C) som han gör medvetna om faran. Fordon C börjar också backa med blinkers och som tutar för att varna andra. När de har backat nästan ner till botten och är på väg att vända noterar båda att det åker fordon förbi dem utan att reducera hastigheten speciellt mycket (ser dock bromsljus vilket indikerar att de har saktat in).

Dessa fordon är intressanta med hänsyn till vad som kan ha hänt vid antändningen. Det ena fordonet stannar uppe i backen, 150 m nedanför släpet, eftersom de fick punktering (fordon D). Enligt vittnet började de bromsa för att de kände något var på gång. De såg inte vad som brann men observerade en vägg av gula flammor högre upp (tunneln är ganska kurvig på denna sträcka). Passageraren som stiger ut ur bilen på höger sida av fordonet berättar att hon stiger mitt ut i en ”älv” av rinnande bensin som hon sedan trampar i när hon tar sig därifrån. Hon kände en bensinlukt och både föraren och passageraren springer neråt i tunneln. Det andra fordonet är en husbil av märket Peugeot Boxer HDI årsmodell 2002 (fordon E), se Figur 4, som kör ända upp till släpet.

Vittnet i fordon B nere vid pumpstationen hörde kort efter att fordonen D och E passerade, en smäll. Han ser en våldsam ”lysglimt”, men kunde inte se släpet (kurvig tunnel). Vittnet beskriver smällen som skarp och distinkt. Vittnet i fordon C beskriver också att han hör en smäll och att bilen skakade nere vid vändplatsen. Vittnet inspekterade sin bil efteråt och kände doften av bensin.

Det finns två vittnesskildringar från passagerarna i husbilen, fordon E. Vittnet som satt i passagerarsätet beskriver hur de möter två fordon på väg ner som ger varningssignaler och tutar. De var precis på väg att börja köra uppför från tunnelns botten när vittnet noterade att det rann något på vägbanan vilket vittnet trodde var vatten. De körde förbi en bil (fordon D) som stod parkerad på vägen. Kort stund senare såg de släpet som hade kolliderat mot väggen. De funderade på om de kunde passera den, vilket verkade möjligt då. Vittnet hann inte tänka så mycket mer förr än det smäll och flammor slog upp mot husbilen. Vittnet berättar att de stod ungefär 5-10 m från släpet när det smäll. Vittnet förklarar att motorhuvud blev upptryckt och lyktor på bilen lossnade. Chauffören lyckades få in backväxel på husbilen och började backa direkt. Vittnet berättade att den vätska vittnet hade sett tidigare fungerade som en veke när branden spreds. När man frågar vittnet om man observerade några flammor när de anlände så sa vittnet nej, men däremot var det bara fråga om några sekunder från det att de såg släpet till explosionen.

Det andra vittnet, chauffören, ger en liknande beskrivelse om färden upp mot släpet. De ser ett fordon parkerat på vägen mot släpet och att det rinner vätska längs högre trottoaren. När de var framme vid släpet funderade de på att ta sig förbi släpet. När de såg släpet noterade de att det rann vätska från släpet mot högre sidan av vägbanan och att det var ”en älv” med vätska som rann. De noterade ingen brand då. Chauffören uppskattar att han står ungefär 20 m ifrån släpet när han sätter i backväxeln och börjar backa. Precis då börjar det brinna i släpet. Branden spreds vidare mot trottoarkanten och vägbanan. Elden sprids snabbt förbi husbilen och chauffören försöker backa tillräckligt snabbt så eldfronten är framför bilen när han backar. Halvvägs mellan släpet och botten av tunneln inträffade en explosion. Vittnet berättar att motorhuvud slog upp och frontbelysningen föll ut. De noterade inga fler explosioner. Vittnet berättar om potentiellt stora skador i motorutrymmet.

Tänkbara hypoteser

Det kan finnas många orsaker eller förklaringar till varför det började brinna. Sannolikt rann det ut bensin i drygt två och en halv minut innan den antändes. De tändkällor som är mest sannolika är gnistor eller heta ytor. Baserat på det material som har presenterats finns i

Tabell 1 en lista över tänkbara tändkällor samt motiveringar för eller emot en hypotes som berör möjlig antändningsorsaken.

Tabell 1 En sammanställning av olika tänkbara hypoteser till att branden startade.

Tänkbar orsak	Motivering	Motivering emot/för	Sannolikhet för antändning
Gnistor vid kollision	När släpet träffar tunnelväggen kan gnistor uppstå som har tillräcklig hög energi för att antända bensinångorna	Det tog minst 2 och halv minut innan någon brand observerades. Området mellan släp och tunnelvägg kyls av läckande bensin	Obefintlig
Elektricitet i släpet	Någon typ av elektricitet kvar i släpet	Det fanns ingen batteribackup i släpet och därför försvinner all ström när släpet lossnar. Dessutom startade branden en relativt lång stund efter kollisionen	Obefintlig
Elektrisk utrustning i tunneln	Det finns elektrisk utrustning i tunneltaket t ex belysning. En gnistbildning kan orsaka en brand	Elteknisk utrustning är högt IP klassad i tunnlar. För Skatestraumtunneln var det IP 66. Dessutom stiger bensinångorna inte upp mot taket där fast installerade elkomponenter är placerade, utan lägger sig i höjd med vägbanan	Obefintlig
Gnistor på grund av att släpet rörde på sig och skrapade mot tunnelväggen	När bensin rinner runt/under däcken blir de hala och därmed kunde släpet plötsligt rör på sig på grund av lutningen och därmed bildat gnistor som antände senare	Inget tyder på att det har flyttat sig efter kollisionen. Det krävs förmodligen rätt kraftiga rörelser för att bilda gnistor	Obefintlig

Tänkbar orsak	Motivering	Motivering emot/för	Sannolikhet för antändning
Gnistor på grund av statisk elektricitet när bensinen flödar från tanken och mot vägbanan	Det är känt att flödande vätskor som faller fritt från en given höjd kan skapa statisk elektricitet	Tanken är gjord av aluminium och därmed ledande plus att om den står emot tunnelväggen så blir systemet jordat. Bensinen har förmodligen ett ledande additiv vilket gör att systemet även innefattar markytan. Därigenom blir hela systemet potentialutjämnat och det finns inga möjligheter att få några urladdningar	Obefintlig
Heta ytor på släpet, såsom varma bromskivor eller något annat	Det är känt att varma ytor kan genom självantändning starta en brand	Förmodligen var bromskivorna inte så varma som 760°C när läckan uppstod. Om så var fallet hade branden startat direkt. Svårt att hitta andra varma delar på släpet	Låg
Förare i fordon B såg ”rök” mellan släpet och tunnelväggen	Stod 10 m från släpet när det började flöda bensin och säger att han såg ”rök”	Branden startade inte när fordon B stod där. Om det hade varit brandrök så borde branden ha startat redan då. Det finns inget mellanläge när det gäller öppna bensinbränder. Mer sannolikt var det någon typ av kondensering av bensinånga eller något annat som vittnet ser	Obefintlig
Fordon initierade branden	När fordon E står 5 – 20 m nedanför släpet händer något plötsligt enligt båda vittnen i fordonet. Före det fanns ingen brand. Ena vittnet berättar att man hör en smäll och att motorhuven åker upp, följt av flammor framför och bredvid fordonet	Fordon E kör emot släpet omgivet av bensinånga som dras in i motorrummet. Av någon orsak antänds det sannolikt vid fordonet, förmodligen i motorutrymmet eller direkt under det som leder till att motorhuven åker upp. En sådan smäll kan upplevas som distinkt eller tydlig	Stor

Sannolik orsak till branden

Enligt sammanställningen i

Tabell 1 finns det inte många hållbara förklaringar till varför branden startade förutom kanske den sista. Därför ska vi utveckla den hypotesen lite mer.

När bensinen börjar rinna ut kommer bensinångorna på grund av gravitationen att strömma neråt. Hur snabbt eller i vilken koncentration det sker vet vi inte. Om det finns luftflöde i tunneln, även om det är väldigt lågt, späds det ut och till och med bromsar upp hur fort ångorna ”rinner” neråt i tunneln. Själva bensinvätskan rinner neråt (gravitationsflöde) med en hastighet på ungefär $2 - 3 \text{ m/s}^2$. Emellertid har koncentrationen uppenbarligen inte blivit tillräcklig hög vid fordon D, som stod 150 m nedanför släpet. Det fordonet antände bevisligen inte branden, men de omgärdades av bensin som rann förbi det på högra sidan.

När fordon E närmar sig släpet har det kört en sträcka igenom bensinångor som sugas in i motorhuven. När fordonet väl stannar 5 – 20 m från släpet inträffar något drastiskt; både en explosion där motorhuven åker upp, samtidigt som vittnen observerar flammor framför och bredvid fordonet. Med stor sannolikhet har fordon E startat branden på grund av att det ansamlas en blandning av brännbara gaser och luft i dess motorrum. Detta har förmodligen kommit in i motorrummet med hjälp av fartvind och av fordonets kylfläkt. När fordonet saktar in eller stannar blir blandningsförhållanden i motorrummet idealistiska för en snabb förbränning (1.7 – 7.6 %). Den snabba expansionen på gasblandningen gör att motorhuven lyfter samtidigt som den expanderar neråt och flamfronten antänder bensinen vid vägbanan.

I fordonets motorrum med dieselmotor, finns ett antal olika komponenter som kan antända den gasblandning som uppstått, exempelvis kan gnistor bildas hos förekommande elmaskiner, t.ex. kolborstar i generator eller motorer med kommutator av DC-typ. Dessa kan vara t.ex. fläktmotorer, pumphotorer eller dylikt. Det finns även heta ytor; en katalysator som kan vara över 700°C , turbon eller partikelfiltret. Vilken av alla dessa komponenter som mest troligt orsakat antändning går inte att avgöra utan en mer omfattande utredning och tester.

En annan hypotes kan vara att fordonets förbränningsmotor fått en för hög bränsleblandning av sin normala tillförseln av dieselbränsle i kombination med bensinångor via luftintaget varvid förbränning skett på sådant sätt att oförbrända kolväten antänts i avgassystemet som då ”skjuter” ut lågor.

Det mest sannolika är det förstnämnda, dvs, att det förekommit en gasblandning inne i motorrummet som antänds och orsakat ett övertryck som lyft huven och på samma gång startat hela brandförloppet. Om brandförloppet startat tack vare elektrisk antändning/het yta eller på grund av en baktändning ifrån insuget kan eventuellt redas ut om det finns bilder från motorrummet att tillgå.

Vittnet i fordon E berättar om potentiellt stora skador i mottutrymmet vilket skulle stödja den förstnämnda hypotesen. Den andra explosion som vittnen hör, sker när fordon E backar neråt framför flamfronten och när det är halvvägs ner mot pumpstationen. Då antänds brännbara gaser i dräneringssystemet. Själva explosionen har inget med fordon E i övrigt att göra utan det är sannolikt flamfronten som antänder de brännbara gaserna i dräneringssystemet. Fordon E klarar och dess passagerare klarar sig genom deras snabba agerande.

² Beräkning med klassisk Manning's ekvation ger 2.6 m/s (9 km/h) för 10% lutning – se del 2 [1]

I Figur 4 kan man se den upptryckta motorhuven och hur branden på sidan har påverkat fordonet i övrigt genom strålning.



Figur 4 Fordon E som stod närmast släpet när branden startade. Det syns tydligt hur motorhuven har tryckts upp och hur strålningen har påverkat den sidan på fordonet som vände mot flammorna.

Exempel på ett liknande antändningsförlopp

Det finns tidigare exempel på olyckor där fordon har åkt in i ett moln av bensenångor och antänt gasblandningen. Det finns som nämnts ovan, många tänkbara tändkällor i ett fordon i en sådan situation. Nedan visas en bildsekvens från en olycka i samband med att en tankbil höll på att fylla två bensincisterner på en bensinstation. Bildsekvensen bygger på flertal skärmdumpar från den videofilm som presenteras via länken, se referens [7]. Av okänt anledning fungerar inte avluftningssystemet och bensenångorna lägger sig radiellt över stora delar av närområdet av tankställena.

På en övervakningskamera kan man tydligt följa hur ett fordon åker in i molnet, vilket antänds (Figur 5 och Figur 6). Det framgår tydligt att bensenmolnet inte är speciellt tjockt, kanske några decimeter på grund av densitetsskillnaden mellan luft och bensenångor. I Figur 8 syns hur bensenmolnet ligger över stort område och hur lätt branden sprids. Man lyckades till slut släcka branden som lokaliserades till det två öppningarna i cisternerna.



Figur 5 Bilder från övervakningskamera vid en bensinstation där en tankbill fyller på bensin. Slangar är kopplade till två olika tankar. Längst ner till höger i båda bilderna ser man hur ett fordon anländer och genom att jämföra med den heldragna linjen för parkering kan man se hur fordonet flyttar sig mellan de två bilderna.



Figur 6 I den vänstra bilden antänds bensinmolnet som sedan sprids radiellt och mot det ena tankstället där det blir en öppen flamma.



Figur 7 Flamman brinner upp närmast fordonet för att gå vidare till nästa tankställe.



Figur 8 Nu syns tydligt hur branden sprids radiellt genom bensinmolnet och till nästa tankställe.

Slutsatser

Den mest sannolika orsaken för antändningen av släpet i Skatestraumtunneln den 15 juli 2015 är att ett fordon ("fordon E" i utredningen) åker in i en brännbar blandning av bensinångor som antänds. Både vittnesskildringar och tekniskt stöd talar för detta.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Fire Research - Branddynamik

Utfört av



Haukur Ingason

Granskat av



Tommy Hertzberg

Referenser

1. Ingason, H. and Y.Z. Li, *Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnel 15 juli 2015 – del 2*. 2016, SP Fire Research Projekt 6P03116.
2. Torstensson, H., *Säkerhetsbrister och skador vid tanktransport av farligt gods på väg*, in P21-290199. 1999, FoU Rapport Räddningsverket.
3. *Ignition Risk of Hydrocarbon Liquids and Vapors by Hot Surfaces in the Open Air - API RECOMMENDED PRACTICE 2216*. 2003, American Petroleum Institute.
4. Clark, J.S., *Tändenergi*. 1960.
5. Egardt, E., *Statisk elektricitet och potentialutjämning*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).
6. Mulligan, J.C., *Handling Flammable Liquids*, in *Cepmagazine*. July 2003.
7. <https://www.youtube.com/watch?v=OSICMPvs220>.

Statens havrikkommisjon for transport (SHT)
Sophie Radichs vei 17
PB213, 2001
Lillestrom
NORGE

Utredning av brandens utveckling i Skatestraumtunnel 15 juli 2015 – del 2

SP Fire Research har fått i uppdrag av Statens Haverikommisjon for Transport (SHT)¹ i Norge att utreda brandens utveckling vid olyckan i Skatestraumtunneln som involverade ett tankbilssläp. Fokus för utredningen är det initiala brandförloppet och dess konsekvenser. Uppdraget innefattar även att ta fram underlag för animering av brandens initiala utveckling (<10 min).

Bakgrunden till olyckan och beskrivningen av den anges i huvudrapporten från SHT. Orsaken och händelseförloppet fram till dess att branden startade kommer inte att återges i denna rapport utan presenteras i en separat SP rapport - del 1[1].

Bakgrund till uppdraget

SHT önskar att SP Fire Research tar fram följande information från olyckan:

1. Etablera en tidslinje hur den rinnande vätska och branden initialt utvecklas
2. Beskriva temperatur- och rökutveckling för hela brandförloppet
3. Beräkna brandeffekten för hela förloppet
4. Beskriva överlevnadsmöjligheterna i hela tunneln
5. Värdera tunnelns skadeomfattning gentemot brandens typ och storlek
6. Göra en 3D animering av det initiala brandförloppet (<10 min)

För att etablera en tidslinje behövs en analys av vittnesuppgifter och loggade tekniska data från Statens Vegvesen. SP Fire Research har fått ta del av bildmaterial från SHT, evalueringsrapport från Statens Vegvesen angående branden [2], vittnesuppgifter från inblandade personer i olyckan samt teknisk information om tunneln. Utifrån data och enklare endimensionella modeller som beskrivs i [3], har brandeffekten och utvecklingen av temperaturer, gas- och rökutveckling som funktion av tiden beräknats. Även strålning och flamlängder har tagits fram för att utvärdera påverkan på konstruktionen. De enklare beräkningarna för temperatur, gas, strålning och rök gjordes endast för situationen ovanför branden. För att kunna bedöma situationen nedanför branden gjordes en tredimensionell (3D) beräkning med hjälp av datorprogrammet FDS [4]. Dessa 3D beräkningar ligger även till grund för animeringen av det initiala brandförloppet. Med hjälp av dessa beräkningar kan man göra en bedömning om överlevnadsmöjligheterna i hela tunneln. Inga människor omkom i

¹ Uppdragsreferens 15/546.

denna brand, främst på grund av lyckliga omständigheter samt snabba och korrekta reaktioner hos de inblandade. Förutsättningar för de omfattande skadorna på konstruktionen berörs endast utifrån bedömning av den värmebelastningen konstruktionen blev utsatt för.

En tidslinje hur den rinnande vätska och branden initialt utvecklas

För att kunna etablera en tidslinje behöver vi analysera händelseförloppet och sätta det i relation till de olika fordons positioner och vad olika personer involverade i olycksförloppet såg eller upplevde i samband med olyckan. Fokus är på det som hände där efter, speciellt bensinutflödet längs vägbanan. I följande avsnitt görs en analys av olika tidpunkter för händelser utifrån vittnesmål och loggade data som delgetts oss.

I Tabell 1 ges en sammanställning av de tider som har uppskattats för att få en sammanhängande tidslinje av vad som kan ha inträffat, baserat på loggade och beräknade tider. I första kolumnen anges de exakta klockslagen och i andra kolumnen de beräknade tiderna i minuter och sekunder (min:sek) utifrån när branden antas ha startat. Ett minustecken framför betyder tiden före antändning av branden. Noggrannheten i de beräknade tiderna hänger ihop med noggrannheten i uppskattningen av olika hastigheter på fordon, bränsleutflutning och flamspridning. Bokstäverna för fordon A-E förklarars i den löpande texten.

Det första vittnet är chauffören till tankbilen. Vi kallar denna för fordon A. På sin resa genom tunneln (45 km/h enligt uppgift från SHT) märker chauffören att tankbilens hastighet ökar utan att han behöver ”gasa” på. Han tittar i backspeglarna och ser att släpet har lossnat från dragfordonet och står med främre högra hörnet av släpet mot tunnelväggen längre ner i tunneln. Han stoppar tankbilen och går ut och ser att draget bakom bilen är av. När han tittar ner mot släpet upptäcker han att det rinner stora mängder bensin från släpets främre tanksektion. Chauffören varslar Vägledningscentralen (VTS) genom att gå till hjälprum BS03 så de kunde stänga tunneln. Han varnar även fordon som kommer emot honom från Hamnen och ber dem vända. Cirka två minuter efter att chauffören upptäckt att släpet har lossnat, hör han en smäll och ser att det har börjat brinna i bakkanten av släpet. Röken sprids i riktning mot honom och han väljer därför att köra tankbilen ut ur tunneln. Rökutvecklingen från branden tilltar och sista delen av resan kör han i tät rök. Chauffören parkerar på ett ”bra” avstånd från tunnelmynningen, men är tvungen att senare flytta fordonet på grund av mycket rök och värme. Denna information ger en ledtråd hur det såg ut uppe vid portalen Hamnen när fordon A åker ut ur tunneln, en och en halv minut efter att branden startade.

När släpet med 16500 liter träffar tunnelväggen, ungefär 460 m från bottennivån vid pumphuset, öppnas ett eller flera hål eller skårar i den främst placerade tanksektionen (fack). Det går inte att bedöma hur stora hålen eller skårorna blev, men genom att uppskatta flödet på vägbanan nedanför tanken och ner mot pumphuset vid tunnelns botten, kan en rimlig bedömning göras.

Tvärlutningen på vägbanan är 3.5 % enligt det ritningsunderlag vi erhållit. Bredden på bensinflödet som bildades från släpet och rann ner till pumphuset, varierade uppskattningsvis mellan 0.4 – 0.7 m. I Figur 1 kan man observera en del av detta flöde. Ett medelvärde på 0.5 m för hela sträckan har använts i beräkningarna. Genom att använda ekvationer för fritt gravitationsflöde (Manning’s ekvation) i en öppen ränna som skapas genom 3.5 % tvärlutningen och trottoarkanten (se Figur 2) kan man uppskatta flödeshastigheten. Själva sträckan ner till pumpstationen är 472 m lång och längslutningen är 10 %. Enligt beräkningarna blir hastigheten på den rinnande bensinen 2.6 m/s (~10 km/h) och det tar ungefär 3 minuter för den att nå ner till botten. Genom att uppskatta tvärsnittsarean på den rinnande bensinen och utnyttja densiteten för bensin (790 kg/m³) kan man beräkna att det genomsnittliga flödet från släpet är omkring 1000 – 1200 liter per minut (17-20 l/s). Detta

flöde varierar dock beroende på om det är i början eller slutet av utsläppet. Antar man en öppning med en diameter på 100 mm i botten av en tank med 4.5 m³ och en bensinhöjd på 1.2 m kommer det att flöda ut 38 l/s i början för att avta ner till noll-flöde på mindre än 4 minuter. Detta visar att ett medelflöde på 17 – 20 l/s beräknat utifrån hur det såg ut på vägbanan, är rimligt.



Figur 1 En bild över hur bensinen har runnit på vägbanan från släpet och ner mot pumphuset i botten på tunneln. Den mörka delen på vägbanan är där bensinen har runnit när det började brinna. Locket har en diameter på 0.609 m.

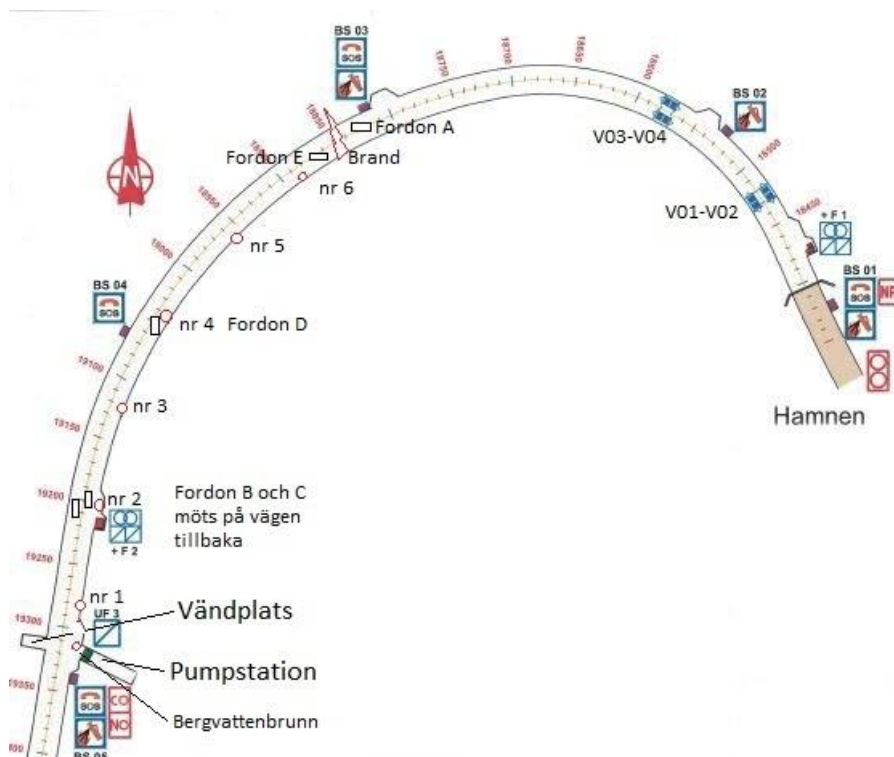


Figur 2 En skiss hur bensinen rinner längs trottoarkanten på grund av tvärlutningar.

Tillbaka till chauffören av tankbilen (fordon A). Avståndet mellan framkant släp efter kollisionen och hjälprum BS03 var 34 m. Förmodligen stannade tankbilen några tiotal meter ovanför släpet. Tiden det tar att gå ut ur fordonen, titta ner mot släpet och sedan gå fram till hjälprum BS03 bör inte ha varit mer än 30 – 60 sekunder. En normal gånghastighet på horisontell yta är 1.3 m/s [5] men här lutade tunneln 10% . Hastigheten förväntas därför vara lägre på grund av uppförsbacken, uppskattningsvis 1 m/s. Det innebär att chauffören kan tänkas ha gått en sträcka på 34 – 68 m inom angivet tidsintervall. Dörren till BS03 öppnas av chauffören klockan **10:24:51, vilket** innebär att kollisionen inträffar inom tidsramen 10:23:51 – 10:24:21. För att vara på den säkra sidan väljer vi klockslaget **10:23:51 som första ansats**, det vill säga en minut från kollisionen tills chauffören öppnar dörren till hjälprummet vid BS03. Enligt vittnesmålet från chauffören hör han en smäll när han pratar i telefonen. Chauffören anger också i sitt vittnesmål att det tog cirka två minuter från att olyckan inträffade tills branden startade.

Tabell 1 En sammanställning av tidslinjen för händelsen före och efter brandens start. Notera att de uppskattade tiderna bygger på beräkningar som innehåller osäkerheter i antaganden om hastigheter på inblandade fordon. Se Figur 3 och Tabell 2 för mer detaljinformation om position.

Loggad tid (h:min:sek)	Tid i min:sek från brandstart	Händelse
	-02:40	Olyckan inträffar, släpet lossnar och kolliderar med tunnelväggen - fordon A
	-02:40	Fordon B - står 10 m nedanför och bevittnar olyckan
10:24:51	-01:41	Dörr öppnar till sos BS03 av chauffören
	-01:30	Bensinfront 150 m nedanför släpet
10:25:36	-01:36	Tunneln börjar stängas
10:25:38	-01:38	Tunneln stängd
	-00:30	Fordon B och C möter fordon E och D ungefär vid F2 367 m nedanför släpet
	-00:20	Bensinfront ungefär vid F2
	00:00	Fordon B nere vid botten
	00:00	Fordon E (husbil) framme vid släp och börjar backa
	00:00	<i>Branden startar</i>
	00:00	Fordon D stannar (stiger ut i rinnande bensin)
	00:05	Fordon A åker iväg mot Hamnen (strax efter branden startar)
	00:25	Fordon E nere vid brunn 5 (103 m från släp)
	00:25	Bränslet når ner till pumpstation (463 m från släp)
	00:25	Flamfronten nere vid brunn 5 (103 m från släp)
	00:25	Explosion i dräneringssystem vid brunn 4 och 5
10:27:50	01:20	Kortslutning av nattlyskabel som är mellan tankbil och portal
	01:30	Fordon A åker ut ur tunneln vid Hamnen i tät rök
10:28:01	01:31	Första fläktarna V01-V08 startar
10:28:16	01:46	Alla fläktarna V01-V08 startade
10:28:20	01:50	Kritisk hög CO nivå vid F1
	01:50	Fordon E (husbil) nere vid pumpstation, plockar upp två kvinnor från fordon C, svårt att prata på grund av fläktar igång
	02:00	Flamfronten nere vid pumpstation



Figur 3 En översiktsskiss över positioner av fordon, hjälprum, vändplats, pumphus, brunnar och branden.

Tabell 2 En översikt över placeringar inne i tunneln utifrån positioner angivna i Figur 3.

Position enligt figur 3 (m)	Avstånd från Hamnen (m)	Avstånd från brand (m)	Avstånd från pumphus (m)	Objekt/beskrivning
18390	0	463	923	Portal Hamnen
18420	-30	433	893	F1
18480	-90	373	833	Fläktpar V01-V02
18540	-150	313	773	Hjälprum BS02 - mätning CO/NO
18570	-180	283	743	Fläktpar V03-V04
18815	-425	38	498	Hjälprum BS03
18849	-459	4	464	framkant (kollision) släp
18853	-463	0	460	Centrum släp (brandplats)
18858	-468	-5	455	bakkant släp
18878	-488	-25	435	Brunn nr 6
18897	-507	-44	416	Oberörda lampor i taket/fungerade efter branden
18956	-566	-103	357	Brunn nr 5 (dräneringslock låg 1m ifrån)
19038	-648	-185	275	Fordon B - utbrunnen personbil
19040	-650	-187	273	Brunn nr 4 (dräneringslocket halvt av)
19060	-670	-207	253	Hjälprum BS04
19121	-731	-268	192	Brunn 3
19138	-748	-285	175	Skador på gångbetongen
19196	-806	-343	117	Brunn 2
19220	-830	-367	93	Plats F2
19283	-893	-430	30	Brunn 1
19300	-910	-447	13	Plats UF3
19310	-920	-457	3	Brunn som brann vid pumphus
19313	-923	-460	0	Pumphus och vändplats
19340	-950	-487	-27	Hjälprum BS05 - mätning CO/NO (tunnelbotten)

Nu till de fordon som följde efter tankbilen (fordon A). Det är minst fyra fordon som kör uppför backen efter tankbilen. Dessa fordon är intressanta med hänsyn till deras vittnesmål för att utröna hur långt bensinen kan ha runnit när den antänds. Föraren i första fordonet som är en personbil (fordon B) blir vittne till själva händelsen. Han stannar ungefär 10 m nedanför släpet som har kolliderat med väggen. Det innebär att vi kan sätta tidpunkten när fordon B stannade till densamma som för olyckan dvs **10:23:51**. Föraren i fordon B ser att det börjar rinna ut bensin som flödar emot hans fordon. Han blir stressad och backar neråt mot pumpstationen med blinkers på för att varna andra. Han berättar att bensinen rinner lika fort som han backar neråt (~10 km/h). Han möter personbil med förare, svärmor och två barn (fordon C) som han gör medvetna om faran. Fordon C börjar också backa med blinkers och även tutar för att varna andra. När de har backat nästan ner till botten (uppskattningsvis vid F2 som är 367 m från släpet) och är på väg att vända noterar både förarna i fordon B och C att det åker två fordon förbi. Tidpunkten för detta möte är beräknad till **-00:30 min:sek före brandstart** om vi antar 10 km/h hastighet när fordon B backar. Fordon B beräknas vara nere vid tunnelns lägsta nivå för att vända **strax innan branden startar**.

Ett av de fordon som mötte fordon B och C, stannar uppe i backen 150 m nedanför släpet på grund av punktering (fordon D), se placering i Figur 3. Tidpunkten när de stannar är beräknad till **strax innan branden startar**. Här har vi antagit en hastighet på 30 km/h, då de förmodligen körde lugnt uppför. De vittnar om en brand där de står 150 m nedanför släpet. De såg inte vad som brann men observerade en vägg av gula flammor högre upp (tunneln kurvig på denna sträcka). Passageraren som stiger ut ur bilen på höger sida av fordonet berättar att hon stiger mitt ut i en ”älv” av rinnande bensin som hon sedan trampar i när hon tar sig därifrån. Beräkningar visar att bensinfronten passerade platsen 20 sekunder innan branden startar (**-00:20 min:sek**), dvs en kort stund innan fordon D stannade. Bensinfrontens hastighet var beräknad till 10 km/h. Både föraren och passageraren springer neråt i tunneln. De försökte stoppa en bil som backade och när de tittar uppåt ser de hur flamfronten rörde sig neråt längs ”älven”. De hör också en explosion vid samma tidpunkt, förmodligen när locken på dräneringsbrunnarna nr 4 och 5 hoppar upp, se Figur 3. Vi återkommer till tidpunkten för explosionen i dräneringssystemet.

Det andra fordonet som passerar fordon B och C är en husbil (fordon E). Det fordonet kör ända upp till släpet och beräknas vara där klockan **10:26:30 som är den tid som antagits för att branden startade**. Vi har antagit en hastighet för fordon E på 40 km/h, lite högre än fordon D. De antaganden om hastigheter på fordon D och E uppför backen är svåra att avgöra men satt i sammanhang av händelseförloppet inte osannolika.

Vittnet i fordon E som satt i passagerarsätet beskriver hur de möter två fordon på väg ner som ger varningssignaler och tutar. Fordon E möter fordon B och C ungefär 30 sekunder före brandstart (**-00:30 min:sek**). De var precis på väg att börja köra uppför när vittnet noterade att det rann något på vägbanan vilket vittnet trodde var vatten. Enligt beräkningarna så var bensinfronten nere där bilarna möttes 20 sekunder före brandstart (**-00:20 min:sek**) vilket kan stämma med det faktum att vittnet ser bensinen komma. Antar man hastighet på 40 km/h så är de framme vid släpet klockan **10:26:30** och det är då branden antas starta. Chauffören började backa direkt. Elden sprids snabbt förbi husbilen och chauffören försöker backa tillräckligt snabbt så eldfrenten är framför bilen när han backar. Beräkningar visar att eldfrenten har en hastighet på 3.9 m/s, vilket motsvarar 14 km/h. Halvvägs mellan släpet och botten av tunneln inträffade en explosion. Antar vi en hastighet vid backandet på 15 km/h så passerar fordon E brunnlocken som exploderar 25 sekunder efter brandstart (**00:25 min:sek**).

Tillbaka till fordon B och C som nu befinner sig nere vid vändplatsen längst nere i tunneln, se Figur 3. Vittnet i fordon B hörde en smäll kort efter att fordon D och E passerade (det tog ungefär 40 sekunder för fordon E att köra upp till släpet). Vittnet från fordon B ser en våldsam

”lysglimt”, eftersom han inte kunde se släpet (kurvig tunnel). Vittnet i fordon C beskriver också att han hör en smäll och att bilen skakade nere vid vändplatsen. Vittnet inspekterade sin bil efteråt och kände doften av bensin, vilket är tecken på att utspädda bensinångor börjar nå bottennivån. Detta beräknas inträffa ungefär samtidigt som branden startar. Enligt den utredning som presenteras i del 1 startade branden sannolikt när fordon E kom fram till släpet [1]. Bensinen når den sista brunnen 25 sekunder efter brandens start (**00:25 min:sek**) och 3 minuter och fem sekunder efter olyckan. Flamfronten beräknas vara nere vid tunnelns botten två minuter (**02:00 min:sek**) efter brandens start. Vid den tidpunkten har lufthastigheten ökat från någon eller några decimeter till 8 m/s, vilket är väldigt hög hastighet och borde på något sätt ha påverkat situationen nere vid tunnelns botten. Flammorna har blivit nedtryckta, röken har tryckts tillbaka och temperaturen nedan branden borde ha påverkats kraftigt. I nästa kapitel analyseras detta mer noggrant.

Bensin har med all säkerhet nått ner till den lägst placerade brunnen (nr 1). Detta syns tydligt i Figur 4 där sotfläcken försvinner nedanför brunnen. En del av bensinen har slukats av dräneringssystemet (brunnar nr 1 till 6) på vägen ner mot botten. Det finns bevis på att bensin har tagits sig ner till pumpstationen och de bassänger som finns under pumphuset. Vi kommer att diskutera detta i kapitlet om ”Skador nere vid pumphus och lägst placerade brunnen”.



Figur 4 Bilden visar lägst placerade brunnen som är nummer 1 i Figur 3. Där syns tecken på att bensin har runnit ner i brunnen men inte förbi. Denna bensin beräknas ha nått ner till brunnen ungefär 25 sekunder efter brandstart (3 minuter efter olyckan) och flamfronten ungefär 2 minuter efter brandstart.

Enligt information från rapporten ”Brann i Skatestraumstunnelen” [2], blir det en kortslutning av ”nattlyskabel” som är mellan tankbilen och portalen vid Hamnen klockan **10:27:50** (01:20 min:sek) och klockan **10:28:20** (01:50 min:sek) larmas för hög CO nivå i F1. Station F1 är 433 m från släpets centrum. Detta indikerar relativt höga temperaturer och snabb transport av brandgaser upp mot portalen ”Hamnen”. Beräkningar visa att röken passerar F1 redan en minut från tändning och är framme vid portalen efter en minut och sex sekunder. Fläktarna börjar igångsättas vid **10:28:01 – 10:28:16**.

Fordon E är nere vid pumpstation en minut och femtio sekunder efter branden (**10:28:20**) och plockar upp två kvinnor från fordon C. De hade svårt att prata för att fläktarna var igång. Detta visar att tidslinjen när det gäller fordonen stämmer bra med vad som har observerats av vittnen. Tio sekunder senare når flamfronten sista brunnen vid tunnelbotten men då har alla fordon lämnat området och kört mot ”Klubben”.

Kriterier för överlevnad

Det finns olika kriterier för beräkning av överlevnad i en brandmiljö i en tunnel. De värden som finns att tillgå i litteraturen varierar ofta mycket. När man gör en fullständig analys används mått som ”Fractional Incapitation” (FI) eller ”Fractional Effective Dose” (FED), vilka innefattar kombinationseffekter av olika parametrar som påverkar människors överlevnadsmöjlighet vid en brand [6]. Ett annat sätt är att ge enskilda kritiska värden för olika parametrar. De värden som har använts i den aktuella analysen har hämtats från referens [7] som ger följande kritiska värden:

Sikt ≥ 10 m

Temperatur ≤ 60 °C

Strålning ≤ 2 kW/m²

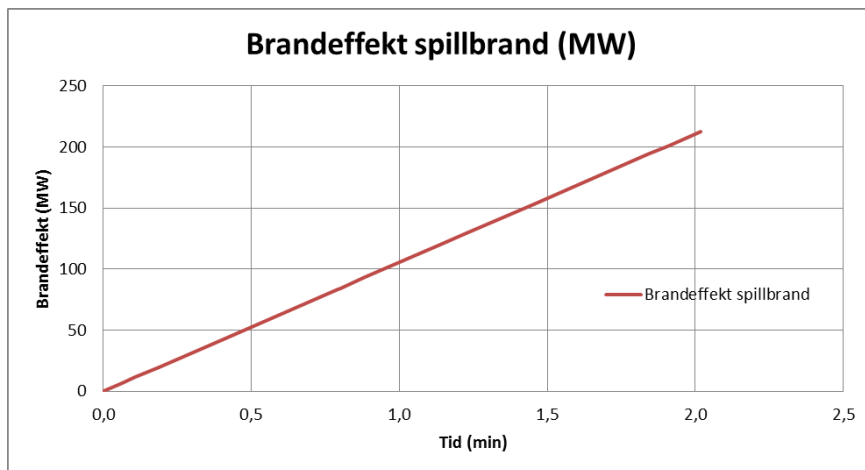
Toxiska gaser (Purser model): $FI_{tot} < 1$ (or FED)

När det gäller enbart CO så finns värden angivna på 6000 – 8000 ppm under en fem minuters exponering.

Påverkan av den initiala spillbranden för de som utrymde nedanför släpet

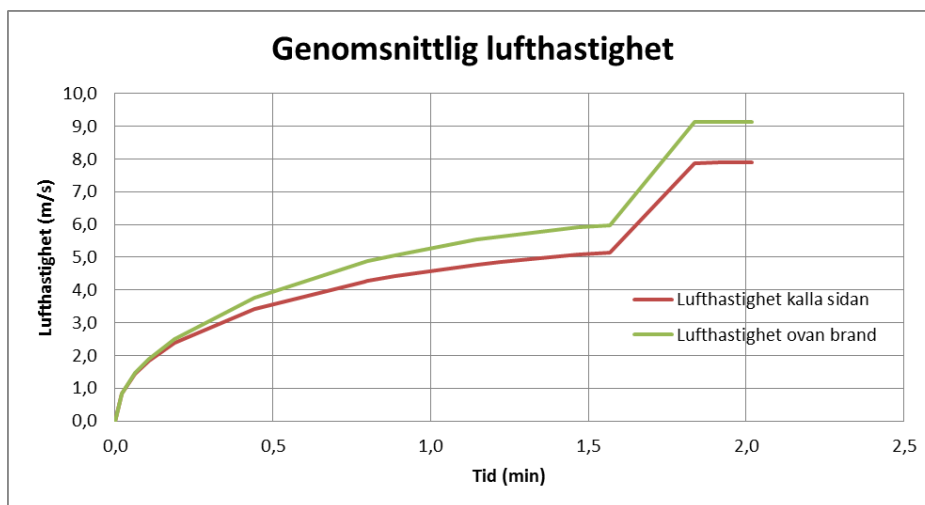
I Figur 5 visas en brandeffektkurva för det initiala spill som bildades nedanför släpet. Försök som SP gjort visar att ett spill med den aktuella tjockleken genererar ungefär 0,9 MW/m² [8]. Med genomsnittlig bredd på 0,5 m har brandeffekten beräknats utifrån placeringen av flamfronten vid varje ögonblick från tändning. Då bensinen har runnit ut ur första facket kommer det sedan att brinna upp och till slut slockna.

När branden antändes hade bensinen runnit drygt 100 m från släpet. Spillet når ner till sista brunnen 430 m nedanför släpet efter drygt 3 minuter från olyckan. I Figur 5 visas den beräknade brandeffekt för den spillbrand som spreds neråt i tunneln de första 2 minuterna från antändning.



Figur 5 Beräknad brandeffekt för spillbrand nedanför släpet som funktion av tiden från antändning.

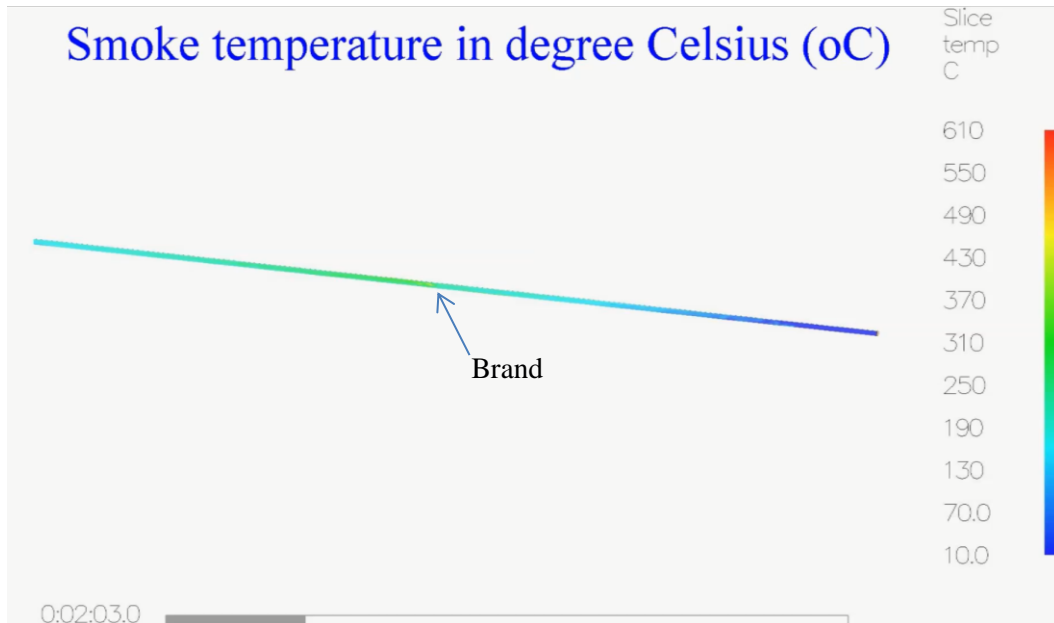
Lufthastigheten vid olyckan var förmodligen väldigt låg eftersom höjdskillnaden mellan portalerna Hamnen och Klubben är liten. Om inte det blåser eller det är kraftigt temperaturskillnad mellan utemiljön och inne i tunneln, bör lufthastigheten rimligen varit låg då inga fläktar var igång vid olyckstillfället. När bensinspillet antänds genereras omedelbart en termik som tenderar att öka lufthastigheten snabbt eftersom branden sker i 10% lutning. Det innebär att det initiala luftflödet bestäms av branden. Lufthastigheten i tunneln börjar öka snabbt; efter ungefär 10 sekunder är den 1,8 m/s och efter 1 minut nästan 5 m/s. Den ökar sedan allt eftersom branden utvecklas. När fläktarna så startar efter 1,6 minuter, ökar hastigheten ytterligare med 2 m/s, se Figur 6. När flamman når till sista brunnen 2 minuter från tändning är lufthastigheten 8 m/s.



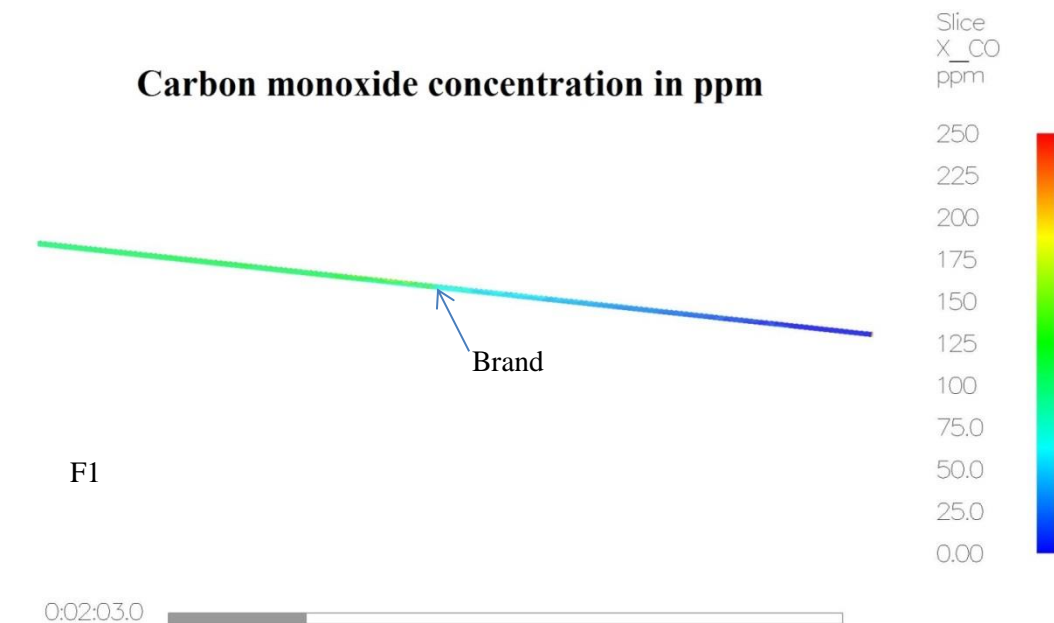
Figur 6 Beräknad lufthastighet utifrån spillbrand nedanför släpet. Efter 1.6 minuter startar fläktarna.

De 3D beräkningar med programmet FDS som genomförts indikerar att temperaturen inte var speciellt hög nedanför branden. Taktemperaturerna låg omkring 70 – 200°C, se Figur 7. Eftersom det var en linjebrand (en lång och smal brand), kyls brandgaserna ganska effektivt. Dessutom kommer ventilationen på grund av termiken snabbt igång, vilket kyler ytterligare omgivande luft. Detta förklarar också varför det inte fanns några tecken på att något nedanför branden hade skadats. Inspektioner efter olyckan visade inte några skador på tekniska system i det området.

Hela tunneltvärsnittet fylldes med rök efter fåtal minuter vilket hade gjort det svårt för de som eventuellt blivit kvar i området. Sikten i röken var någonstans mellan 0 – 1 m men CO halten var inte speciellt hög under denna initiala period, lägre än 75 ppm efter två minuter, se Figur 8. Ovan branden ligger CO halten omkring 150 ppm. Det är också vid denna tidpunkt som F1 larmar om hög nivå på CO (gräns 300 ppm), vilket med tanke på olika osäkerheter i den typ av beräkningar vi kan göra, visar att dessa stämmer relativt bra med verkligheten.

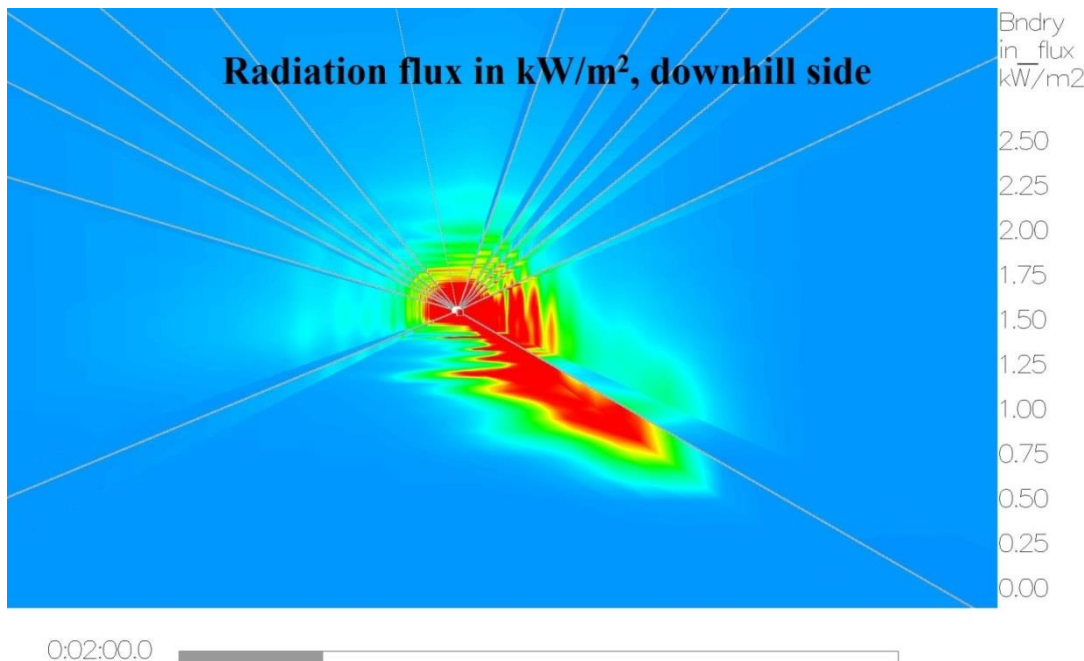


Figur 7 En översiktsbild från 3D beräkningar (FDS). Visar temperaturen inne i tunneln efter två minuter från brandens start.



Figur 8 Den beräknade CO halten i tunneln efter två minuter från brandens start.

Den beräknade strålningen blev högre än det kritiska värdet under perioden och överskred 2.0 kW/m² hela vägen utom de sista 100 metrarna från botten, Figur 9. De personer som hade blivit kvar ovanför punkten F2 (93 m från pumpstation) hade omkommit på grund av strålningen från flammorna vid sidan av vägbanan.



Figur 9 Den beräknade värmestrålningen nedan branden efter två minuter från brandstart.

Tack vare anmärkningsvärt snabba och korrekta reaktioner hos alla inblandade i olyckan omkom ingen. Genom att samtliga snabbt tog sig ner till botten av tunneln och vände sina fordon (utom fordon E som backade hela vägen) kunde alla ta sig säkert ut ur tunneln vid portalen Kubben. Ventilationen som branden genererade höll rök och värme ifrån området nere vid pumpstationen. Senare pågick en annan långvarig brand i en av bassängerna som förklarar den sotbildning och lokala skador på tekniska utrustningen som har hittats runt pumphuset. De skadorna har inget med det initiala brandförloppet att göra.

Förmodligen har stora delar av bensinen runnit ner i brunnarna på vägen ner (nr 6, 5, 4, 3, 2 och slutligen 1, se placeringar i Figur 3). Exakt hur mycket är svårt att bedöma. Den explosion som inträffade i brunn 4 och 5, har att göra med de brännbara bensinångor som fanns i dräneringssystemet i området då flamfronten passerade. I övriga delar av området låg blandningen utanför brännbarhetsgränserna (1.7 – 7.6 %) när flamfronten passerade.

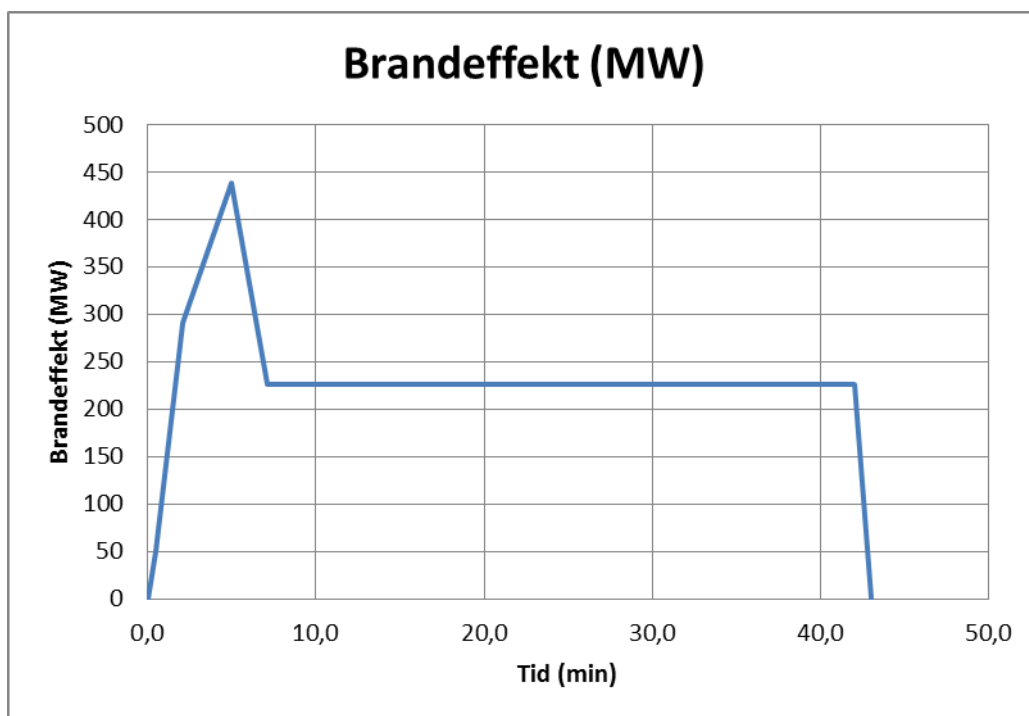
Beräkningarna visar att efter 7 minuter har all bensin som läckt ut på vägbanan brunnit upp. Den tar slut först efter ungefär 5 minuter närmast släpet för att slutligen brinna upp helt nere vid sista brunnen (nr 1).

Brandmiljön ovanför släpet

Vid släpet fortsätter hela tanken att värmas upp och i de tankfack där det finns bensinångor uppe vid toppen börjar aluminiumet att kollapsa eller öppnas upp och så småningom smälta bort. Enligt uppgift från SHT var de fyllda upp till 80 – 90 % av sin totala volym med bensin. I resterande delar av tankfacket finns bensinvätska som ligger an mot den 5-6 mm tjocka aluminiumplåten och kyler den effektivt. Bensinen är ungefär 10 – 15°C i början av branden. Med andra ord, den delen som inte är i kontakt med bensinvätska kommer att försvinna eller öppnas upp snabbt. Aluminium försämrar sin hållfasthet avsevärt mellan 175°C - 250°C [9] och smälter vid 660°C. Det leder så småningom till att det uppstår en poolbrand på toppen som avger en brandeffekt på 2 – 2.5 MW/m² [3]. Samtidigt som det börjar brinna i toppen av de tankfack där det fortfarande finns bensin, värms den resterande delen av bensinen upp genom de omgivande flammorna.

Det är omkring 12000 liter bensin kvar i de fem resterande tankfacken. Allt eftersom det brinner runt släpet på vägbanan och i däck och andra brännbara detaljer på släpet, kommer bensinvätskan i kvarvarande tankfack att värmas upp snabbt. Försök som SP Fire Research har gjort med modelltank visar tydligt hur detta kan gå till [10]. När temperaturen i bensinen uppnår en viss punkt ($> 40^{\circ}\text{C}$) kommer hela bensinmassan i varje enskilt tankfack att börja koka. Det innebär att avbrinningshastigheten blir mycket högre jämfört med en bensinbrand i ett öppet kärl eller balja. Till slut kokar hela bensinmassan i släpet med en intensitet som styrs av den kokande massan. När detta tillståndet inträffar bildas ungefär 0.3 kg/s/m^2 bensinångor vilket motsvarar $12,9 \text{ MW/m}^2$ [10]. Antar vi en toppyta på 17.5 m^2 får vi en brandeffekt motsvarande 227 MW när hela släpet brinner (alla kvarvarande tankfack som är fyllda med bensin). Denna brand pågår så länge det finns bensin kvar i släpet. Mot slutet kommer släpet att kollapsa och bensin kan plötsligt rinna ut, men jämfört med det som pågått innan är detta försumbart i sammanhanget.

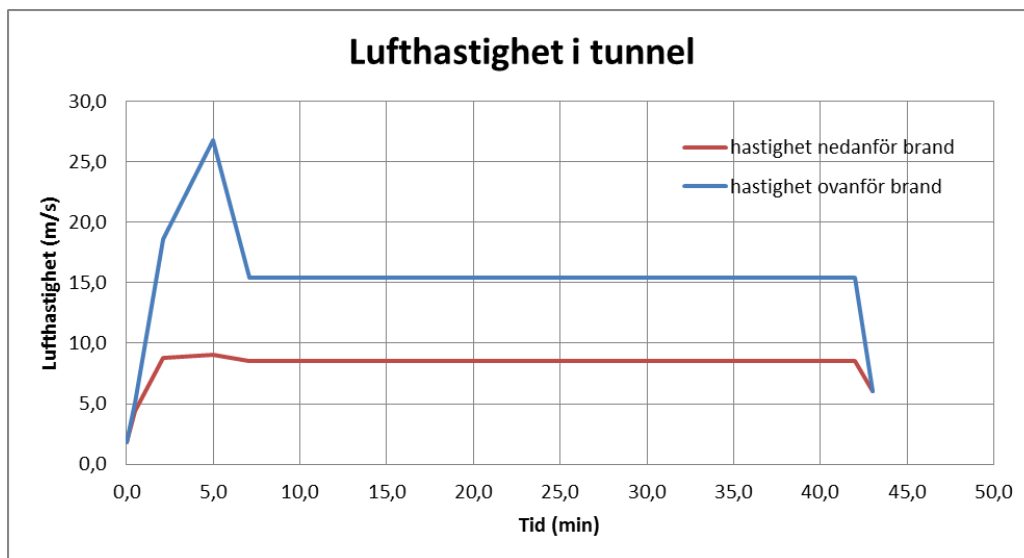
I Figur 10 visas den totala beräknade brandeffekten för hela brandförloppet. Den innehåller både spillbrand och situationen då resterande bensin i släpet börjar brinna. I början växer brandeffekten linjärt, när branden sprids nedanför släpet, se Figur 5. När toppen av de resterande tankfacken öppnas upp börjar det brinna i toppen av dessa. Detta sker redan efter en halv minut, vilket förklarar ökningen i brandeffekt tillväxten jämfört med Figur 5. Så småningom börjar hela bensinvätskan att koka och efter ungefär 5 minuter har man fullt utvecklat brand i spillet nedanför släpet och i de kokande tankfacken. Den totala brandeffekten blir 440 MW under en kort period. Det är nu spillbranden nedanför släpet börjar brinna slut och därför sjunker brandeffekten ner till 227 MW , vilket inträffar när endast tankfacken i släpet brinner. Den totala mängden bensin som har försvunnit i branden är 16500 liter. Det motsvarar en energimängd på 560 GJ . Arealen under kurvan motsvarar ungefär den mängden.



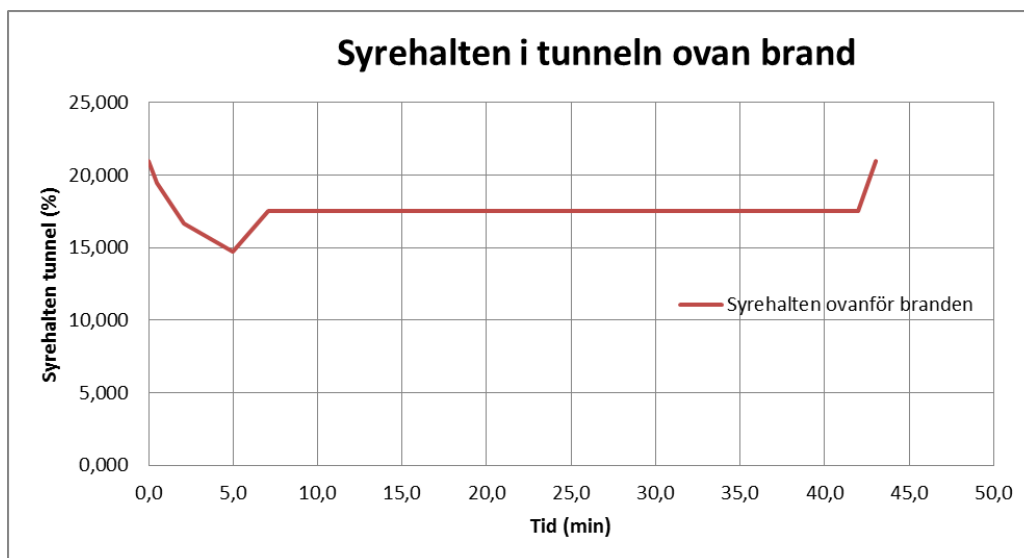
Figur 10 Den totala brandeffekten. Inkluderar både initialt utflöde av bensin och när själva släpet brinner. Inkluderar inte branden i brunnen längst ner i tunneln.

I Figur 11 visas den beräknade genomsnittslufthastigheten för hela brandförloppet, både ovanför och nedanför branden. De högsta genomsnitts hastigheterna blir ungefär 27 m/s , vilket motsvarar utflödet hos en jetfläkt i en tunnel. Detta är mycket höga hastigheter och förklarar

varför tankbilschauffören var tvungen att flytta på fordonet, som tidigare nämnts. När bränder blir så kraftiga som den i Skatestraumtunneln kommer frågan om ventilationskontrollerad brand upp, dvs huruvida det fanns tillräckligt med syre för att föda branden under hela förloppet. Genom att beräkna syrekonzentrationen ovanför branden kan man uppskatta om så var fallet, vilket visas i Figur 12. För att branden skall vara ventilationskontrollerad bör värdena ligga nära noll. De ligger nu på 15 - 17%, vilket tydligt indikerar att branden haft god tillgång till syre hela tiden.



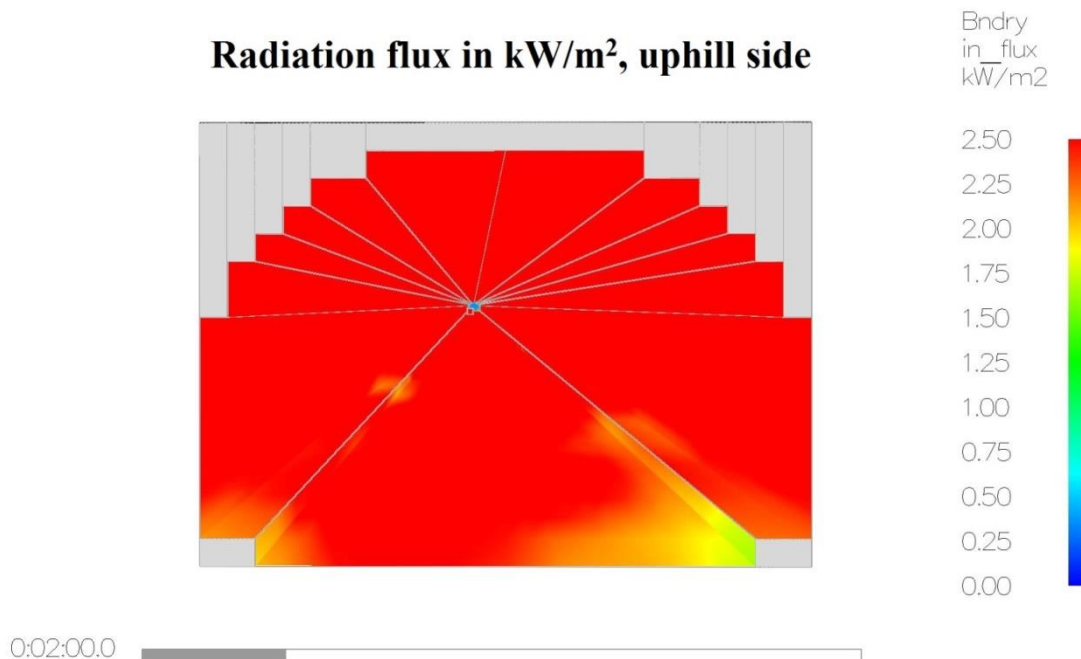
Figur 11 Beräknad lufthastighet ovanför och nedanför branden.



Figur 12 Beräknad syrgashalt i procent ovanför branden.

Branden har varit väldigt intensiv och genererat mycket höga temperaturer och luftflöden. Sikt längden i röken ovanför branden är beräknad till 0,3 – 0,4 m, vilket gjort det svårt att orientera sig om man vistats där. CO halterna är inte speciellt höga på grund av god syretillgång, den goda förbränningen och den enorma utspädningen som luftflödet gav. Beräkningar visar därför att CO-halterna är långt under de kritiska. Däremot visar de beräknade temperaturerna och strålningen ovanför branden att inga personer skulle ha kunnat

överleva om de blivit kvar ovanför branden. I Figur 13 visas att den kritiska strålningsvärmem överstiger det kritiska värdet endast två minuter från brandens start.

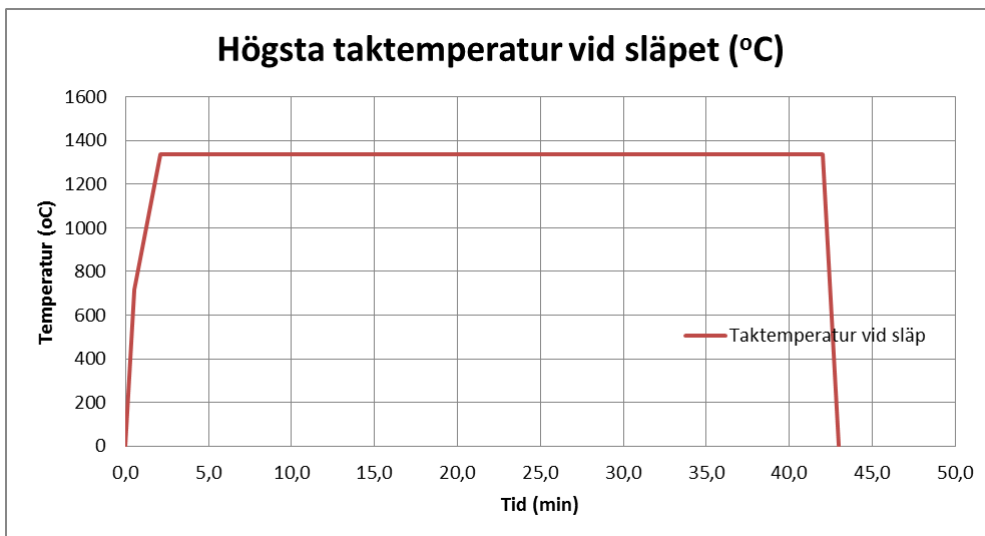


Figur 13 En 3D simulering med FDS visar att efter två minuter så uppnås kritiska strålningsvärden i tunneln hela sträckan ovanför branden.

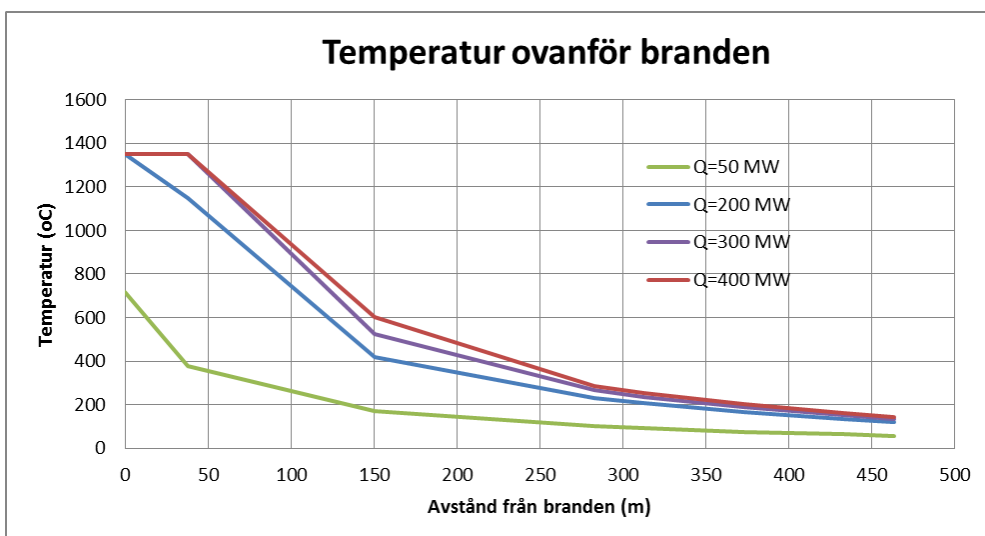
Beräknade temperaturer ovanför branden

I Figur 14 visas de beräknade taktemperaturerna vid släpet. De visar att temperaturen snabbt blev väldigt hög. Den uppnådde de högsta temperaturer som teoretiskt går att uppnå i tunnelbränder, 1350°C [11], efter endast fåtal minuter. Detta motsvarar temperaturnivån i en RWS tid-temperaturkurva [12]. De skador som har uppstått på sprutbetongen är lätt att förstå utifrån de temperaturer och den varaktighet som den blev utsatt för. Sprutbetongen var stålfiberarmerad, 60 mm tjock, och det fanns även PE isolering mellan berget och sprutbetongen. Temperaturen på olika avstånd ovanför branden sjunker dock snabbt.

I Figur 15 visas hur den genomsnittliga temperaturen i hela tvärsnittet varierade längs tunneln ovanför branden. Värderna är framtagna vid fyra olika brandeffekter; 50, 200, 300 och 400 MW. Temperaturer över 170°C används ofta som riktmärke för om plast börjar smälta. Grafen förklarar skadorna i tunneln ovanför branden. Vid fläktarna V03-V04 som var placerade 283 m från branden blev genomsnittliga temperaturerna 304°C och vid fläktpar V01 – V02 som var 373 m från branden 212°C. Dessa temperaturnivåer kan förklara varför fläktarna slutade fungera endast 14 minuter från brandens start.

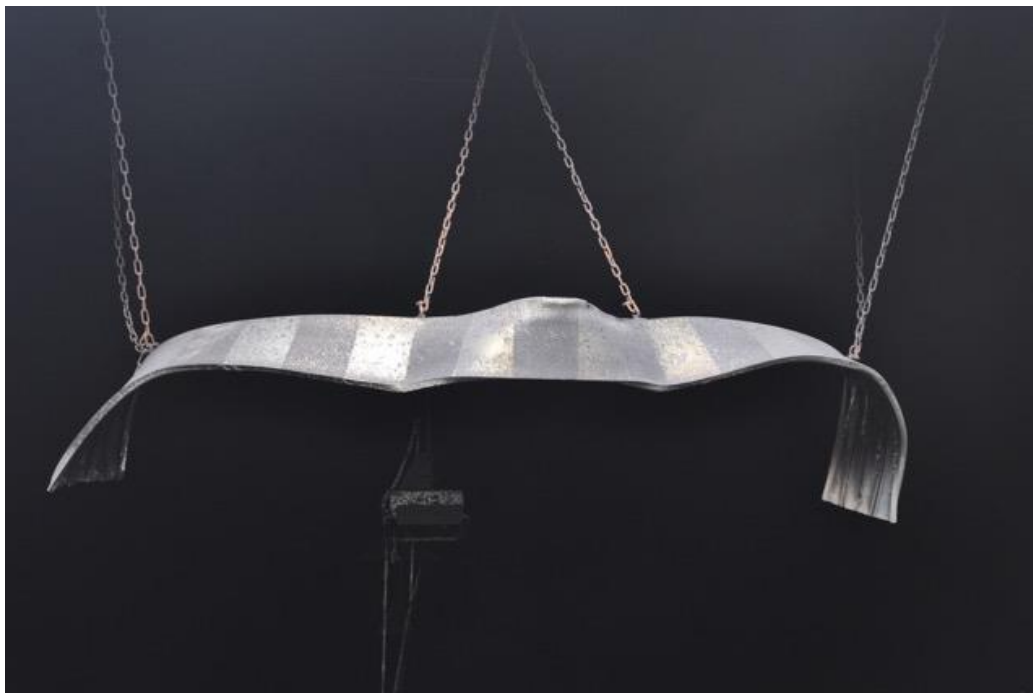


Figur 14 Beräknad högsta temperatur vid brandplatsen (släpet).



Figur 15 Beräknad temperatur längs tunneln (ovanför branden) för olika brandeffekter.

Temperaturen vid mynningen är strax under 200°C enligt Figur 15. Det finns ett foto på höjdvarningsskylten vid tunnelmynningen (Hamnen) som visar hur det har påverkats av branden, se Figur 16. Aluminium försämrar sin hållfasthet avsevärt mellan 175°C - 250°C [9] vilket kan förklara varför skylten i bilden har deformerats av sin egen tyngd.



Figur 16 Ett foto taget efter branden av höjdvarningskylten vid tunnelmynningen vid Hamnen (källa: Statens Vegvesen).

Tabell 3 visar tydligt att det är många tekniska funktioner ovanför branden som havererar under perioden 10:28:35 och 10:40:00 (2 – 14 minuter från brandstart). Kablar i hjälprum BS03, som är 38 m från branden slås ut efter tre och en halv minut. Kort därefter tas en handbrandsläckare bort därifrån. Inga människor befann sig där, vilket betyder att branden orsakat detta. Även vid hjälprum BS02, som är 313 m från branden, händer något efter 13 minuter. Ytterligare en minut senare slås takfläktarna ut.

Det är uppenbart att de skador och händelser som är dokumenterad ovanför branden överensstämmer bra med de beräkningar som redovisas här. Det mesta har inträffat inom en tidsperiod på 10 – 15 minuter från brandens start. Det beror på att kablaget som oftast inte tål mycket högre temperaturer än 170°C börjar förlora sin funktion när plastskyddet smälter/droppar. Det är inte känt vilka brandkrav som har ställts på det material som fanns i tunneln, men det är lämpligt att material är funktionsdugliga även när temperaturerna blir högre än 200°C.

Tabell 3 Loggade värden efter att flamfronten når ner till pumpstationen.

Loggad tid (h:min:sek)	Tid i minuter från brandstart (min:sek)	Händelse
10:28:35	2:05	Kvitterar att dörr är öppen i BS03
10:29:39	3:09	Kritiskt högt NO värde vid F1
10:30:00	3:30	Kablar i BS03 kortsluts på grund av värme, skåp brinner upp
10:30:06	3:36	Brandventilation i full drift
10:30:06	3:36	Larm om att handbrandsläckare tas bort i BS03 -> kabel bränns av förmodligen
10:31:20	4:50	Kvitterar att handbrandsläckare är borttagen -> kabel påverkad av branden, måste vara i BS03
10:33:50	7:20	Telefonlur lyfts av -> brandens fel
10:39:20	12:50	Kortslutning i BS02 (handbrandsläckare borttagen/inga personer där), 250 m från BS03
10:39:32	13:02	Kvitterar att dörr är öppen i BS02, inga personer där- fel ordning
10:40:00	13:30	Fläktarna slutar fungera vid F1, smälta fläktblad/CO mätare slutar fungera

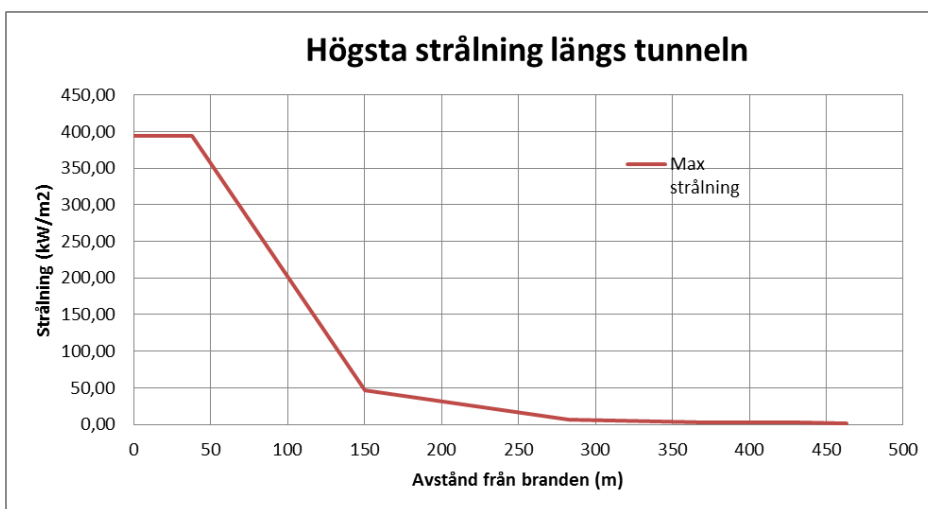
Skador på konstruktion och teknisk utrustning ovanför branden

De skador som har uppstått på sprutbetongen ovanför branden (se Figur 17) kan enkelt förklaras av den snabba temperaturutvecklingen. Sprutbetongen närmast släpet har blivit utsatt för infallande värmestrålning uppemot 400 kW/m², se Figur 18, vilket motsvarar den högsta värmestrålningen som anses förekomma i tunnelbränder. I Runehamar försöken 2003 [13] uppmättes ungefär lika hög strålningsnivå. Denna strålning motsvarar den som uppnås vid försök i provningsugnar där man styr temperaturen i enlighet med en RWS kurva.

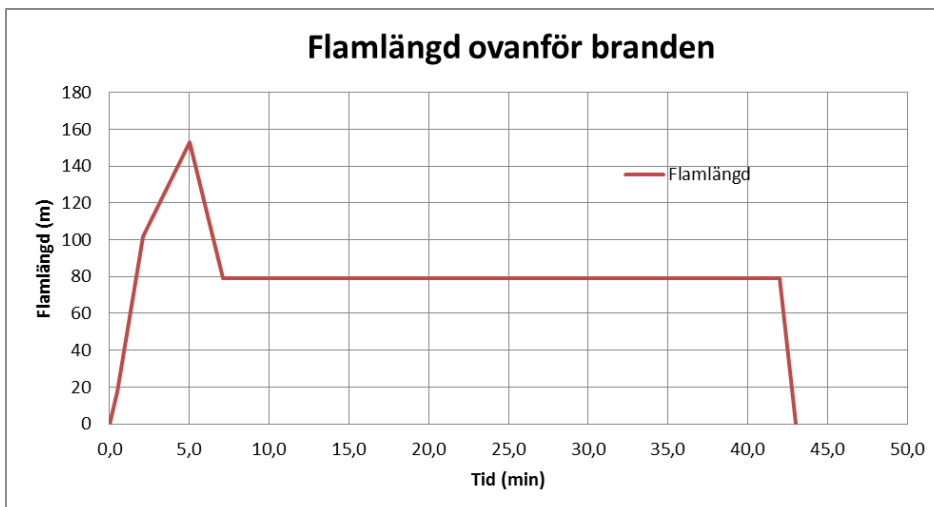
En indikation på hur långt skadorna på sprutbetongen kan sträcka sig är att undersöka flamlängden. I Figur 19 visas flamlängden som funktion av tiden ovanför branden. Den varierar men högsta flamlängden är beräknad till 150 m. Det skulle innebära att inom det området är det förhöjd risk för ytskador på sprutbetongen. Bakom sprutbetongen kan plastisoleringen brinna eller smälta bort. Det sker först närmast branden för att sedan fortsätta under sprutbetongen så länge det finns luft som transporteras till baksidan av sprutbetongen. Det är inte känt för författarna hur skadebilden ser ut längre bort ifrån branden, men skadorna på tunnelkonstruktionen är troligtvis ganska tydliga fram till området 80 - 150 m ovanför branden. Efter det bör det mest vara skador på tekniska installationer.



Figur 17 Skador på sprutbetongen strax ovanför släpet.



Figur 18 Beräknad infallande strålning mot tunnelkonstruktionen som funktion av avståndet från branden.



Figur 19 Beräknad flamlängd ovanför branden.

Brand nere vid pumphus

I Skatestråum tunneln finns två system som tar hand om vatten och farlig ytvätska inne i tunneln. Det ena systemet tar hand om det vatten som läcker in i tunneln bakom sprutbetongen (bergvatten/grundvatten) och det andra tar hand om vatten som härstammar inifrån tunneln, tex tvättvatten eller rinnande vätskor från fordon (här kallas det ytdräneringssystem). De brunnar som är utplacerade var åttionde m, har ett svalg på 0,6 m x 0,05 m vid trottoarkanten och ska fånga upp rinnande ytvätska (sandfångsbrunnar) på vägbanan. Det andra systemet ska vara separat från detta ytdräneringssystem.

När bensinen läckte ut från släpet rann det neråt längs trottoarkanten. När det passerade brunnarna nr 6 – 1 (yt-dräneringssystemet för tunneln) kom en viss andel bensin att hamna i brunnarna. Dessa dräneringsbrunnar var kopplade sinsemellan med 110 mm plaströr och om en enskild brunn fylls med bensin, flödar den vidare till en lägre placerad brunn. Nere vid pumpstationen finns en oljeavskiljare som också är kopplad till yt-dräneringssystemet. Nu har det visat sig att yt-dräneringssystemet inte var tätt (saknades tätningar) vilket medfört att bensin läckt ner i berggrunden. Bensin har då läckt ner ända ner till en brunn som står utanför pumphuset, markerad i Figur 3 som bergvattenbrunn, och ner i slambassängen under pumphuset [2].

Under pumphuset finns två bassänger, en slambassäng och en vattenbassäng. Det fanns en vägg emellan dessa med en öppning högst upp. Från både oljeavskiljaren och bergvattenbrunnen går rör som mynnar ut vid taket ovanför slambassängen (pumphuset ovanför). Det har brunnit en längre period i utloppen på röret kopplat till bergvattenbrunnen och även i slambassängen. Konsekvenserna av dessa bränder kunde dokumenteras efteråt i form av sot, smälta kablar och tydliga lokala brandskador. När bensinen hamnar i slambassängen lägger den sig överst på grund av densitetsskillnader. Branden har spridit sig dit och då uppstår en pölbrand. Eftersom det finns öppningar genom ristar ovanför slambassängen och vattenbassängen, kommer rök och värme att spridas in i tunneln vid pumpstationen. Den branden har dock inte haft någon betydelse för händelseutvecklingen under den första timmen efter olyckan.

Det som hände vid pumphuset är komplicerat men ändå relativt enkelt att förklara brandtekniskt. Branden i slambassängen brinner som en öppen pölbrand som genererar rök och värme. På grund av det relativt höga luftflödet inne i tunneln skapas ett övertryck i förhållande till tunneln som gör att röken och värmen sugas in mot tunneln. Därav uppstår den rök och de

sotskador som observerats där. Lokala skador vid utlopp eller brunnar kan förklaras genom tillgången till syre. Bensenångor har transporterats dit där det finns syre och skapat bränder i öppningarna. Dessa bränder tenderar att bli långvariga då avdunstningen tar lång tid. Branden pågår så länge det finns bensinvätska att tillgå.

Sammanfattningsvis kan man säga att det som hände nere vid pumphuset inte haft någon större betydelse för själva huvudbrandförloppet i tunneln men däremot för räddningstjänstens insatser och för skador på egendom.

Speciella observationer som behöver förklaring

I det utredningsmaterial som SP har haft tillgång till finns ett antal händelser som inte är så enkla att förklara. Inga av dessa händelser har någon större betydelse för tunnelbrandens utveckling men är intressanta rent brandtekniskt. I Figur 20 visas hur bensenen verkar ha flödat ut från ytdräneringsbrunn nr 3. Den enda tänkbara förklaringen till detta är att brunnen har blivit översvämmad på grund av förhinder i rören. När detta kan ha hänt går inte att avgöra.



Figur 20 Vid brunn nr 3 finns en avvikelse på hur bensenen har runnit ner längs vägbanan. Den buktar ut och det ser ut som bensen har flödat ut ifrån brunnen.

I Figur 21 syns tydliga skador på dörren till pumphuset. Detta kan förklaras av den brand som pågick i slambassängen. På grund av hög lufthastighet i tunneln kan antas att kraftiga och turbulenta flammor svept förbi dörren. Hög lokal strålningsintensitet skulle därför kunna förklara skadorna. Man kan även observera att sotet på pumphuset är bortbränt vilket indikerar höga temperaturer. Däremot var kanske inte temperaturerna i övriga delar av utrymmet speciellt höga genom det kraftiga luftflödet och turbulensen i området. För att kunna förstå förloppet bättre krävs bättre information och dokumentation kring skadorna.



Figur 21 Väldigt speciella brandskador på dörren in till pumphuset som ligger rakt ovanför slambassängen. Bortom och bredvid pumphuset finns ett galler som man kan promenera på. Nedanför det finns slam- och vattenbassängen. Det fanns tydliga tecken på att det har brunnit nere i slambassängen.

I Figur 22 kan man observera kraftiga spjälkskador ovanför brunnslöcket till en bergvattenbrunn, 175 m ifrån pumphuset. Denna brand måste ha kommit underifrån, via sprickor eller spalter runt locket. Det har bör varit en brand i bergvattensystemet som förklarar detta. Då bildas förmodligen flammor som har väldigt hög hastighet och också hög strålningsvärme. Detta är osäkert varför detta har inträffat, men skadorna kommer inte ifrån branden på ovansidan. Det är alldeles för lokala för att kunna förklaras med en brand ovanifrån.



Figur 22 En inspektionsslucka som hör till bergvattensystemet 175 m från pumphuset.

I Figur 23 kan man observera kraftiga brandskador på bergvattenbrunnen utanför pumpstationen. Det har pågått en brand nere i bergvattensystemet som skulle kunna förklara detta. Den kraftiga skadan längst upp indikerar att det har brunnit intensivt högre upp mot vägbanan, där det finns syre. Det är känt att branden fortsatte längs hela bergvattensystemet för denna brunn och upp till släpet. De grenrör som är anslutna till det är kraftigt skadade.



Figur 23 Delar av bergvattenbrunnen utanför pumphuset. Tydliga märken om en kraftig brand.

Diskussion och sammanfattning

Den redovisade olyckan är på många sätt unik. En tankbil som brinner i en tunnel har inträffat tidigare, t ex i Caldecott tunneln i USA 1982 [14]. Det unika med Skatestraum tunnel olyckan är den kraftiga lutningen. Att tunneln lutar med 10% har haft avgörande betydelse för händelseförloppet. Detta påverkar både hur snabbt bensinen rann ner mot botten på tunneln och hur snabbt röken och värmen spreds inne i tunneln. Det ytdraineringssystem som skulle fånga upp vätska på vägbanan gjorde det inte tillräckligt effektivt för att undvika den ytbrand som nådde drygt 200 MW inom två minuter från antändning. Det luftflöde som branden genererade gjorde att ventilationssystemet inte hade någon större påverkan på förloppet eller miljön inne i tunneln. Hade man initialt försökt köra ventilationen åt andra hållet hade systemet snabbt blivit utmanövrerat av branden och därmed heller inte orsakat någon skada gentemot de som befann sig inne i tunneln.

Ingen omkom i denna brand tack vare snabbt och korrekt agerande från de inblandade personerna. Om någon hade förhindrats eller tagit andra beslut hade de knappast överlevt med tanke på den snabba utveckling som skedde. I området nedanför branden hade man omkommit på grund av strålningsvärme om man inte hunnit utrymma när väl röken kom. På motsvarande sätt hade trafikanter ovanför branden omkommit på grund av de inte kunde tas sig ut tillräckligt snabbt i röken och följaktligen omkommit på grund av den höga värmen och strålningen. Genom sitt snabba agerande räddade personerna inne i tunneln sig själva. Inga av de säkerhetstekniska system som fanns i tunneln hade någon avgörande betydelse för utgången. Händelseförloppet med bensinutsläppet gjorde det omöjligt att påverka utgången.

Det ytdraineringssystem som finns i tunneln har inte uppfyllt sin funktion eftersom stora delar av bränslet rann hela vägen längst ner mot botten av tunneln. På grund av den kraftiga lutning

rann bensinen ungefär lika snabbt som inblandade fordon backade. Att hitta en lösning för att få stopp på ett sådant flöde av bensin är en utmaning inför framtiden. En ny design på ytdräneringssystemen är nödvändig.

För att undersöka överlevnadsmöjligheterna i det tidiga brandförloppet kan man undersöka situationen först nedanför branden och sedan ovanför branden. Röken som sprids har omdeddelbart en siktlängd som är betydligt lägre än det angivna kritiska värdet på 10 m. Rökfronten når ner till tunnelns lägsta punkt två minuter efter antändning. De som fångats upp av den röken skulle i princip inte haft någon sikt, möjligen några decimeter. Brandröken kom att fylla upp hela tvärsnittet från släpet och ner mot bensinbålets lägsta punkt, 430 m från släpet. Beräkningarna visar att gastemperaturen, förutom 50 m från den lägsta punkten, översteg 60°C. På ett avstånd av 100 m från den lägsta punkten översteg strålningsvärmens det kritiska värdet för överlevnad. Generellt kan man säga att stod man bredvid den rinnande bensinen då den antänds blir det svårt att ta sig vidare neråt, om man fångas av röken. Stod man längre än 50 m från den lägsta punkten skulle man fått problem med andningen och stod man längre än 100 m från botten vore överlevnadschanserna mycket små. Detta betyder att inom ett område av 330 m från släpet ned mot botten av tunneln indikerar beräkningarna att man utsätts för sådana påfrestningar att man riskerar att snabbt förlora medvetandet och därefter omkomma. Sammanfattningsvis kan man säga att från branden mot botten av tunneln kommer röken först, sedan temperaturen och slutligen den höga strålningen. De toxiska nivåerna i tunnelns luft-gasblandning är dock inte alarmerande höga nedanför släpet. För att förlora medvetandet inom 5 minuter så krävs en CO exponering på 6000 – 8000 ppm [7].

Ovanför branden når rökfronten fram till portalen Hamnen efter 66 sekunder enligt beräkningarna. Det motsvarar en hastighet på 25 km/h. Sikten i röken blir snabbt väldigt låg; beräkningarna visar på 0,4 m eller lägre. Gastemperaturen vid portalen uppnår 60°C efter en och en halv minut från brandstart. Den kritiska strålningen uppnås efter två minuter från brandstart. Samma skeenden inträffar ovanför branden som nedanför, dvs, först kommer röken att nå kritiska nivåer, sedan temperaturen och slutligen strålningen. De toxiska nivåerna är inte kritiska inom detta tidsintervall. Osäkerheten i beräkningar på CO-halter är relativt stora men de ger dock tydlig indikation på att det är värme och rök som blir kritiska faktorer här. Bensin brinner relativt ”rent” vid bra ventilation (dvs låg CO produktion) i förhållande till många andra bränslen. Branden var aldrig ventilationskontrollerad vilket betyder att det under hela förloppet fanns gott om syre för branden. Flammorna ovanför släpet var omkring 80 – 150 m långa under stora delar av brandförloppet. Detta tillsammans med det faktum att branden inte var ventilationskontrollerad, indikerar att inga flammor bör ha nått fram till tunnelmynningen. Om det finns sådana vittensuppgifter så kan det förklaras av flygande föremål eller brand i isolering. Eventuell brand i isoleringen bakom sprutbetongen styrs i så fall helt och hållet av tillgången till syre.

Personer som fångats upp av röken skulle fått stora problem att ta sig ut. Den eventuella förseningen, orsakad av försämrade sikt, skulle förmodligen inneburit att de förlorat medvetandet på grund av värmen och sedan avlidit. Detta gäller de som hade fångats upp av röken ovanför punkten F2 och fram till portalen Hamnen, det vill säga i stort sett i hela det norra tunnelröret.

Den kraftiga termik som branden genererade skapade enligt beräkningarna en lufthastighet på över 27 m/s på ovansidan av branden (varm luft) och 9 m/s nedanför branden (kall luft). Den initiala brandens effekt, genererad av läckande bensin estimeras till 212 MW och som högst 440 MW under en kort period när både den läckande bensinen och kvarvarande bensin i släpet brann. Med enbart det kvarvarande branden i släpet beräknas brandeffekten till 227 MW. Den högst beräknade temperaturen var 1350°C i taket, 10 – 20 m ovanför släpets centrum.

Temperaturen sjönk snabbt ovanför branden; 150 – 200 m upp var den 600°C och vid portalen Hamnen (460 m) var den strax under 200°C.

Skador på sprutbetongen kan förklaras utifrån den analys och de beräkningar som redovisats här. Den höga strålningen på 400 kW/m² i närområdet av släpet är bland det högsta som går att uppnå i tunnelbränder. Att stora skador både på sprutbetong och på den plastisolering som fanns bakom har uppstått går att förklara utifrån de temperaturer och flamlängder som beräknats. Uppskattade flamlängder på 150 m visar på vilken enorm brand släpet genererade. De kvarvarande fem tankfacken i släpet var sannolikt intakta under ansenlig tid av brandförloppet. Några större mängder bensin förutom det som initialt rann ut förekom inte. Brandens mest intensiva period varade förmodligen inte mer än 40 - 45 minuter.

Den brand som pågick en längre period nere vid pumpstationen var kopplat till den bensin som rann ner i ytdraineringssystemet för att sedan ta sig ner i bassänger och bergvattenbrunn längst ner i tunneln. Den branden har inte haft någon betydelse för konsekvenserna av denna olycka.

Slutsatser

- Att tunneln lutar med 10% har haft avgörande betydelse för händelseförloppet.
- Hur snabbt den initiala röken och värmen spreds ovanför och nedanför branden har styrts av tunnelns lutning.
- Det ytdräningsystem som skulle fånga upp vätskan på vägbanan gjorde inte det tillräckligt effektivt för att undvika en ytbrand som blev drygt 200 MW inom två minuter från antändning.
- Det luftflöde som branden genererade gjorde att ventilationssystemet inte hade någon större påverkan på förloppet eller miljön inne i tunneln.
- Att ingen omkom berodde på snabbt och korrekt agerande från de inblandade personerna.
- I området nedanför branden skulle man omkommit på grund av strålningsvärme.
- Personer som fångats upp av röken, både ovanför och nedanför branden, skulle fått stora problem att ta sig ut. Den eventuella förseningen det hade inneburit hade förmodligen resulterat i att de förlorat medvetandet för att senare avlida.
- Inga av de säkerhetstekniska system som fanns i tunneln hade någon avgörande betydelse för utgången av olyckan.
- Den kraftiga termik som branden genererade skapade en lufthastighet på över 27 m/s på ovansidan av branden (varm) och 9 m/s nedanför branden (kall).
- Den initiala branden genererad av det läckande bensinen var 212 MW och som högst 440 MW en kort period när både den läckande bensinen och kvarvarande bensin i släpet brann.
- Den högst beräknade temperaturen var 1350°C i taket 10 – 20 m ovanför släpets centrum.
- Temperaturen sjönk snabbt ovanför branden; 150 – 200 m var den 600°C och borta vid portalen Hamnen (460 m) var den strax under 200°C.
- Röken överskred snabbast de kritiska värdena, följt av temperaturen och slutligen strålningsvärmen.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Fire Research - Branddynamik

Utfört av



Haukur Ingason

Granskat av



Tommy Hertzberg

Referenser

1. Ingason, H., *Utredning av brandens uppkomst i Skatestraumtunnel 15 juli 2015 – del 1*. 2016, SP Fire Research 6P03116.
2. *Brann i Skatestraumstunnelen 15. Juli 2015 - Evalueringsrapport*. Januari 2016, Region Vest Vegavdelning Sogn og Fjordane - Statens Vegvesen.
3. Ingason, H., Y.Z. Li, and A. Lönnemark, *Tunnel Fire Dynamics*. 2015: Springer.
4. McGrattan, K., S. Hostikka, J. Floyd, and R. McDermott, *Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide: Volume 3: Validation*. 2010, National Institute of Standards and Technology.
5. Ingason, H., A. Bergqvist, A. Lönnemark, H. Frantzich, and K. Hasselrot, *Räddningsinsatser i vägtunlar*. 2005, Räddningsverket.
6. Purser, D.A., *Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat*. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 4th ed. ed, ed. P. DiNenno. 2008: Quincy: National Fire Protection Association.
7. Ingason, H., ed. *TG2.2 - Target criteria*. 2005, UPTUN Report WP2 - task Group 2.
8. Ingason, H., G. Appel, and U. Lundström, *Water spray interaction with liquid spill in a road tunnel*. 2015, SP Report 2015:19 SP Swedish Technical Research Institute.
9. van Haaren, L., *Deformation of Aluminium Sheet at Elevated Temperatures - Experiments and Modelling*, in *Department of Mechanical Engineering 2002*, University of Twente Enschede, The Netherlands.
10. Ingason, H. *Small Scale Test of a Road Tanker Fire*. in *International Conference on Fires in Tunnels*. 1994. Borås, Sweden: SP Swedish National Testing and Research Institute.
11. Lönnemark, A. and H. Ingason, *Gas Temperatures in Heavy Goods Vehicle Fires in Tunnels*. *Fire Safety Journal*, 2005. 40: p. 506-527.
12. *Beproeving van het gedrag bij verhitting van twee isolatiematerialen ter bescherming van tunnels bij brand*. 1979, Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies: Delft, The Netherlands.
13. Ingason, H., A. Lönnemark, and Y.Z. Li, *Runehamar Tunnel Fire Tests*. 2011, SP Technical Research Institute: SP Report 2011:55.
14. *Caldecott Tunnel Near Oakland California, April 7, 1982*, in *Highway Accident Report Report No. 3665A*. Highway Accident Report Report No. 3665A., National Transportation Safety Board Washington D. C.



Reparasjon og kontroll av tilhengerdrag

Til alle tungbilverksteder og –kontrollorgan



Reparasjon og kontroll av tilhengerdrag

Statens vegvesen er blitt kjent med at det i den senere tid har blitt avdekket flere tilfeller av alvorlige rustskader og svekkelser på tilhengerdrag til slepvogn. Dette har også blitt konstatert i forbindelse med ulike kontroller.

Rent trafiksikkerhetsmessig er feil eller mangler ved tilhengerdrag svært alvorlig fordi skadepotensialet ved en svikt eller brekkasje i tilhengerdraget er så stort. En slepvogn på 20 – 30 000 kg som mister forbindelsen til trekkende bil under kjøring kan gjøre enorme skader på andre trafikanter.

Trafikant- og kjøretøyavdelingen vil derfor be om at verkstedene og kontrollorganene har større fokus på tilhengerdrag både i forbindelse med reparasjon av drag og i forbindelse med periodisk kjøretøykontroll (PKK). Vi kommer til å ha større fokus på dette kontrollpunktet i forbindelse med våre utekontroller og forvaltningskontroller.

Reparasjon av tilhengerdrag

De fleste produsenter av tilhengerdrag er svært restriktive til reparasjon/sveising/modifisering av drag. Mange har klare anvisninger for vedlikehold av de ulike komponentene knyttet til tilhengerdrag (trekkbjelke, koplring, øye, foringer osv), men også for bytte av slitasjedeler og av selve tilhengerdraget.

Verkstedene må forholde seg til de reparasjonsanvisningene som kjøretøyfabrikanten - og i dette tilfelle produsenten av tilhengerdrag – foreskriver når det gjelder slitasje, skader, svekkelser, rust og brudd i selve draget og tilhørende komponenter. Dette blir stadig viktigere etter hvert som utviklingen innen materialteknologi og konstruksjon påvirker utformingen av tilhengerdrag med tilhørende komponenter.

Kontroll av tilhengerdrag

For kontrollorganene er det også viktig å foreta en grundig kontroll av tilhengerdrag med tilhørende komponenter. Kontrollen er nærmere beskrevet i kontrollinstruksen for PKK under pkt 6.1.6. Vi ber kontrollorganene gå spesielt gjennom dette kontrollpunktet med sine kontrollører for å sikre at dette blir grundig kontrollert.

Videre vil vi be om at det brukes rusthammer/rustpikke i de tilfellene det er mistanke om rustskader mv. Det vises i den forbindelse til rustskadeveiledningen hvor det blant annet står følgende:

«De bærende konstruksjoner skal i første omgang kontrolleres visuelt. Oppdages det rustskader bør det anvendes en rusthammer for å fastlegge rustskadens omfang. Rusthammeren bør brukes med forsiktighet og kun i den utstrekning som er nødvendig for å fastsette bedømmelsen.»

Kontrollinstruksen beskriver at vurdering av rustskader skal foretas i tråd med denne veiledningen. Rustskadeveiledningen kan lastes ned fra følgende link:
<http://www.vegvesen.no/Kjoretoy/Eie+og+vedlikeholde/EU-kontroll/for-kontrollorganene>

Vi gjør også oppmerksom på at dersom det oppdages feilaktig reparasjon eller modifisering, så er dette en mangel som skal bedømmes med 2-er eller 3-er feil.

Avslutningsvis vil vi igjen bare påpeke viktigheten av at dere som kontrollorgan og verksteder både kontrollerer tilhengerdrag med tilhørende komponenter i tråd med kontrollinstruksen, og at dere ikke minst vedlikeholder og reparerer de samme komponentene i henhold til kjøretøyfabrikantens og tilhengerdragfabrikantens anvisninger. Dette er veldig viktige punkter rent trafiksikkerhetsmessig, og derfor må vi alle bidra for å unngå trafikkfarlige forbindelser mellom trekkbil og tilhenger.