



**Norges brann tekniske
laboratorium as**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Tiller Bru, Tiller

Telefon: 73 59 10 78
Telefaks: 73 59 10 44
E-post: nbl@nbl.sintef.no
Internet: nbl.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 982 930 057 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Analyse av bussbranner i Norge i fireårsperioden 1997-2000

FORFATTER(E)

Jan P. Stensaas

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens Vegvesen, Transportbedriftenes Landsforening (TL)

RAPPORTNR. NBL10 A01115	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Asbjørn Hagerupsen, Arne Johan Gjerstad	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR. 22N211.01	ANTALL SIDER OG BILAG 43 + 3
ELEKTRONISK ARKIVKODE i:\pro\22N211\JPS\Rapport\ RAPPORT_bussbranner.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Geir Berge	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Kristen Opstad
ARKIVKODE	DATO 2001-09-21	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Kjell Schmidt Pedersen, direktør	

SAMMENDRAG

Prosjektet har som overordnet målsetting å bidra til en reduksjon i antallet bussbranner i fremtiden. Arbeidet som beskrives i rapporten har blant annet omfattet gjennomgang av 109 branner i busser i fireårsperioden 1997-2000. Hensikten med arbeidet har vært å finne ut om det eksisterer et karakteristisk hendelsesforløp og typisk årsaksforhold ved disse bussbrannene.

Rapporten prøver å gi svar på følgende problemstillinger:

- I. Kartlegging av bussbranner i Norge de siste fem årene, samt årsaksforhold knyttet til disse, herunder eventuelle brann tekniske svakheter ved chassis/karosseri.
- II. En skal prøve å avdekke om det er sider ved konstruksjonen som fører til brann.
- III. Kartlegging av bussbranner i Norge de siste fem årene etter typisk hendelsesforløp.
- IV. Bussens konstruksjon med hensyn til brannsikkerhet, og om fordeler og ulemper ved bruk av flammehemmende materialer.
- V. Kort om langsiktige tiltak for å redusere brannrisikoen, samt foreslå slökkemetoder og utstyr for brann i buss.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Brann	Fire
GRUPPE 2	Transport	Transport
EGENVALGTE	Buss	Bus

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	4
SUMMARY	6
1 INNLEDNING.....	8
1.1 Bakgrunn.....	8
1.1 Målsetting.....	8
2 KARTLEGGING AV BUSSBRANNER I PERIODEN 1997-2000.....	9
2.1 Datagrunnlaget for analysen.....	9
2.1.1 Generelt	9
2.1.2 Datagrunnlagets størrelse	9
2.1.3 Aktuelle data fra bussbrannene	9
2.1.4 Datagrunnlagets kvalitet.....	10
2.1.5 Sannsynlig omfang av bussbranner i Norge.....	11
2.2 Karakteristiske trekk for bussbranner for fireårsperioden 1997-2000.....	12
2.2.1 Hyppigheten av bussbrannene i perioden.....	12
2.2.2 Brannsted.....	12
2.2.3 Busstype	12
2.2.4 Bussmerke	14
2.2.5 Bussens alder	15
2.2.6 Bussens posisjon da brannen brøt ut	15
2.2.7 Hva var det som gjorde at brannen i bussen ble oppdaget?	16
2.2.8 Bussens drivstoff.....	17
2.2.9 Brannutviklingen i bussen	18
2.2.10 Arnestedet for brannen	18
2.2.11 Hva begynte først å brenne i bussen?.....	19
2.2.12 Brannårsaken	21
2.2.13 Brannskadene	26
2.3 Utviklingstrender	27
2.3.1 Generelt	27
2.3.2 Brannårsaken	27
2.3.3 Brannskader i bussen.....	28
2.4 Brannsløkking.....	28
2.5 Typisk hendelsesforløp ved branner i busser.....	29
2.6 Oppsummering vedrørende karakteristiske trekk for bussbranner 1997-2000.....	29
3 UTGJØR BUSSENS KONSTRUKSJON EN BRANNFARE?.....	32
3.1 Er selve busskonstruksjonen årsaken til bussbranner?	32
3.2 Kan selve busskonstruksjonen medføre forverring av brannrisikoen i bussen?.....	33
3.2.1 Generelt	33
3.2.2 Personskader.....	33
3.2.3 Materielle skader	33
3.2.4 Testmetode	33
3.3 Brannrisikoen i busskupéen.....	34
3.3.1 Generelt	34
3.3.2 Forskningsresultater	34
3.3.3 Stoppematerialet.....	35
3.3.4 Brann- eller flammebarrierer.....	36
3.3.5 Ramme.....	36
3.3.6 Forskning.....	37

3.3.7	American Seating Corporation	38
3.4	Fordeler og ulemper ved brannhemmende tilsetninger i for eksempel busseter	39
4	FORSLAG TIL TILTAK FOR REDUKSJON AV BRANNRISIKOEN	41
4.1	Forslag til tiltak.....	41
REFERANSER		43
VEDLEGG A:	Statistikk fra Gjensidige Nor Forsikring vedrørende branner i busser 1998-2000.	44

SAMMENDRAG

Denne rapporten inneholder en analyse av karakteristiske trekk ved bussbranner i fireårsperioden 1997-2000. Rapporten kan deles inn i følgende tre deler:

1. En analyse eller kartlegging av bussbranner i perioden 1997-2000
2. En vurdering av om selve busskonstruksjonen utgjør en brannfare
3. Tiltak for reduksjon av brannrisikoen i busser

En analyse eller kartlegging av bussbranner i perioden 1997-2000

Analysen baserer seg på gjennomgang av politidokumentene etter brannene. Det er gjennomgått til sammen 109 branner. Dette utgjør ca 88 % av de 124 bussbrannene politiet har etterforsket i denne perioden. Politiet etterforsker altså i gjennomsnitt ca 30 bussbranner pr år. I henhold til statistikk fra forsikringsselskapene skjer det trolig dobbelt så mange bussbranner pr år i Norge.

Et gjennomgående trekk ved etterforskningen av bussbrannen er at den har en del mangler. På grunn av mangler ved dokumentasjonen, har antallet ukjente karakteristiske trekk ved bussbrannene i denne analysen blitt alt for høyt.

Typisk hendelsesforløp for bussbranner er at sjåføren eller passasjerene oppdager røyk inne i busskupéen, som regel bak i bussen. De fleste bussbrannen skjer i 1-5 år gamle busser, og færrest branner skjer i 16-20 år gamle busser. Av de bussbrannene som er registrert, oppstod 53 % av bussbrannene i motorrommet, mens 33 % oppstod i kupéen.

Vel 40 % av bussbrannene skjedde mens bussen var i rute, mens 25 % av brannene skjedde ved kjøring utenom rute. Ca 28 % av brannen skjedde mens bussen var parkert, hvorav 8 % med motoren på tomgang og 20 % med avslått motor.

Av de bussbrannene som er med i denne statistikken var 30 % av brannene i en buss av merket Volvo, 16 % i Mercedes, 11 % i Scania og 21 % andre merker (Setra, DAF, DAB, MAN osv). Bussmerket var ukjent i 22 % av brannene. Hvis man relaterer disse tallene i forhold til antall busser av hvert bussmerke, får en følgende tall: Volvo: 8,4, Mercedes: 10,8 og i Scania: 6,2 branner pr tusen busser i Norge pr 31.12.98.

De fleste bussbrannene hadde *elektrisk årsak* (32 %). 21 % av brannene var knyttet til *utstyr for flytende og gassformig brensel*, hvorav bare to branner skyldtes annet enn *drivstofflekkasje*. 27,5 % av brannene hadde *ukjent årsak*, og 10 % av bussbrannene var *på satt*. 90 % de påsatte brannene skjedde i busser som var mer enn 20 år gamle. Dette var som regel uregistrerte og hensatte busser.

Branner med elektrisk årsak skyldtes ofte gnissing av løse elektriske ledninger i motorrom og kupé, med etterfølgende avisolering, kortslutning og brann som resultat. Det er visse indikasjoner på at branner med elektrisk årsak, og hvor brannårsaken er knyttet til utstyr for flytende og gassformig brensel, fortrinnsvis skjer i relativt nye busser, det vil si 1-5 år gamle busser. Videre virker branner med elektrisk årsak å være avtagende, mens branner knyttet til utstyr for flytende og gassformig brensel har økt i løpet av fireårsperioden.

Brannskadene i forbindelse med bussbranner var relativt små i de fleste tilfeller. I 60 av de 109 gjennomgåtte bussbrannene var det relativt små skader ved arnestedet. Dette skyldes ofte at brannen ble slukket ved hjelp av brannslukningsapparat på et tidlig tidspunkt av bussjåføren.

Påbudet om brannslukningsapparat ser ut til å ha begrenset brannskadene i bussen i betydelig grad.

Vurdering av om selve busskonstruksjonen utgjør en brannfare.

Denne analysen av bussbranner i Norge har vist at den største brannrisikoen i busser er lokalisert *utenfor* kupéen, nemlig i motorrommet. Ved brann i busser er det derfor ønskelig at flammer og røyk forhindres i å trenge inn i kupéen, før full evakuering av bussen har funnet sted. Flammer og røyk vil spre seg relativt lett via utettheter i seksjoneringen mellom kupé og motorrom, slik som gjennom sprekker, gjennomføringer for rør og kabler, samt gjennom luker.

Selv om det er mange brennbare materialer i en buss, utgjør *setene* vanligvis det enkeltvist største brennbare objektet i en buss. Stoppede møbler er, som i bygninger, antagelig det mest brannfarlige objektet i busskupéen. Gitt at antennelse av et sete i bussen finner sted, bør anstrengelsene rettes mot å velge materialer som forsinker antennelsen av setet, og som medfører beskjeden flammespredning, samt har lav varmeutvikling.

Et akseptabelt sikkerhetsnivå kan oppnås ved å anvende *flammehemmende tilsetningsstoffer* i bussetene. Slike tilsetningsstoffer vil i første rekke virke positivt inn på antenneligheten, flammespredningen og varmeavgivelsen, mens de i noen tilfeller kan føre til at røykproduksjonen og røykens giftighet øker, i hvert fall pr kg materiale som brenner i bussen. På grunn av at brannhastigheten avtar dramatisk, og dermed tilsvarende produksjonen av giftige gasser, vil flammehemmende tilsetningsstoffer i de aller fleste tilfeller ha en meget gunstig effekt for situasjonen i bussen med hensyn til giftigheten av røykgassene.

Tiltak for reduksjon av brannrisikoen i busser

Bussjåføren bør ha god *opplæring* med hensyn til hvordan de skal opptre ved brann i busser. Dette gjelder spesielt ved evakuering av bussen, og slokking av små branner i bussen ved hjelp av bussens brannslukningsapparat.

Elektriske ledninger i kupé og motorrom bør festes/klamres tilstrekkelig, slik at man unngår løse ledninger. Festeordningene bør være av isolerende type, og det må ikke være for stor avstand mellom festepunktene (maksimal 400 mm). Elektriske ledninger må også beskyttes mot mekanisk påvirkning, høye temperaturer, drivstoff, oljer, smøremidler og vann/fuktighet, samt skarpe kanter.

I prinsippet alle busser, i hvert fall turbusser, bør ha *automatisk, fast installerte system for slokking* av branner i motorrom, bagasjerom, rom for batteri og andre rom hvor brann lett kan oppstå, samt i hjulhus i tilfelle brann i bildekk. Plassering av *detektorer* i disse rommene vil kunne oppdage og varsle brannen på et tidlig tidspunkt.

Det er spesielt viktig at elektriske ledninger kontrolleres jevnlig med hensyn til punktene nevnt over. At isolasjonsmaterialer i bussens motorrom er tilstrekkelig festet og er av ubrennbart materiale, bør også kontrolleres jevnlig. Denne analysen har vist at mange branner har oppstått i forskjellige *varmeapparater* i bussen. Det er derfor viktig at også disse samtidig kontrolleres nøye.

SUMMARY

This report includes an analysis of fires in busses in Norway during the four years 1997-2000 with respect to revealing characteristic features concerning such fires. The reports can be divided into the following three main parts:

1. An analysis of fire in buses during the time period 1997-2000.
2. An evaluation of the fire hazard of the bus construction.
3. Measures for reduction of the fire hazard of buses.

An analysis of fire in buses during the time period 1997-2000

The analysis is based on an examination of the case documents of the police. In all 109 bus fires have been examined. These fires represent approximately 88 % of the 124 bus fires the local police have investigated with respect to finding the cause of the fire. That is, the police in Norway investigate each year approximately thirty fires in buses. Based on statistics from the assurance companies possibly twice as many bus fires occur each year in Norway.

The investigation of bus fires by the police suffers from missing information. For this reason the number of unknown characteristics in the analysis have turned out to be too high.

Typical course of events for fires in buses is that the busman or the passengers observing smoke, normally at the bus rear. Most of the bus fires occur in 1-5 years old buses. Bus fires occur most infrequent in 16-20 years old buses. 53 % of the bus fires started in the engine room, while 33 % was initiated in the bus coupé.

More than 40 % of fires in buses occur when the bus was in service and 25 % of the bus fires occurred when the bus was not in service. 28 % of the bus fires occurred in parked position, of which 8 % with the engine running and 20 % with the engine turned off.

Of all bus fires in this statistic material 30 % occurs in Volvo buses, 16 % in Mercedes, 11 % in Scania and 21 % in other makes of bus. The make of the bus was unknown in 22 % of the fires. However, if these percentages are related to the number of each make of buses registered in Norway per 31.12.98, the following numbers appears (per thousand buses of each make): Volvo: 8,4, Mercedes: 10,8 and Scania: 6,2.

Most of the examined fires in buses had an *electric cause* (32 %). 21 % of the fires were associated with *equipment for liquid and gaseous fuel*, mostly diesel (99 %). 27,5 % of the fires had an *unknown cause* and 10 % was *incendiary fires*. 90 % of the incendiary fires occurred in buses that were older than 20 years. These buses were usually immobilised and not registered.

Bus fires with an electric cause of the fire were often due to rub-off of loose *electric cables* in the engine room and in the bus coupé, followed by short circuit and fire. There are indications that fires with electric cause of the fire or fires associated with equipment for liquid and gaseous fuel preferably occur in rather new buses, i.e. buses of 1-5 years of age. Further, there are also certain indications that fires with an electric cause were decreasing, while fires associated with equipment for liquid and gaseous fuel were increasing during the time period 1997-2000.

The fire damages in buses are generally small. In 60 of the 109 examined fires in buses the fire damages were generally small by the hearth of the fire. The driver extinguished the fire by means

of a portable fire extinguisher at an early stage of the fire. The legal requirement of having a 6-kg portable fire extinguisher in the bus seems to be very cost-effective.

An evaluation of the fire hazard of the bus construction.

This examination of 109 bus fires has shown that the greatest fire hazard is outside the bus coupé, i.e. in the engine room. For this reason it is required that flames and smoke are prevented from penetrating into the bus coupé before an evacuation. Flames and fire gases will easily be spread through gaps in the section wall between the engine room and the coupé. That is, through cracks as well as through pipes and cable penetrations.

The largest source of combustible materials in a bus interior is the *seat assembly*. Efforts should be made to select materials that will prevent ignition, giving low fire spread and low heat release rates. An acceptable level of safety may be achieved by using *flame retardant*. Such additives will have a positive effect on lowering the ignitability, flame spread and the heat release rate. In certain cases such additives may result in an increased smoke production and an increased toxicity of the fire effluents, at least per kg of material consumed by the fire. Because the mass burning rate is decreased by use of fire retardant (and thus also correspondingly the production of toxic gases), the use will in most cases be favourable with respect to the toxic hazard and the smoke exposure in the bus coupé.

Measures for reduction of the fire hazard of buses

The driver should have a good education with respect to how they shall react in case of fire in buses. This applies especially to the evacuation of the passengers, but also the fire fighting of small, limited fires by means of a portable fire extinguisher.

Electric cables inside the bus coupé and in the engine room have to be fastened or clamped sufficiently. In this way loosen electric cables are avoided. The fasteners should be of the insulated type, and the distance between the anchorage points must not be too large (max. 400 mm). Electric cables must also be protected against mechanical influence, high temperatures, fuel, oils, fats, water/moisture and sharp edges.

Principally, all buses, or at least the touring coaches, should have a fixed system for automatic extinguishment of fires in the engine room, luggage compartment, battery enclosure and other enclosures where a fire may occur. Alternatively, a fire detector in these rooms should be installed.

It is of great importance that electric cables are controlled frequently with respect to the factors mentioned above. The insulation materials in the engine room should be sufficiently fastened. This fire analysis has revealed that many fires have started in bus heaters. Such heaters should also be controlled frequently.

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Vegdirektoratet og Transportbedriftenes Landsforening har anmodet til Norges branntekniske laboratorium as (NBL) om en undersøkelse omkring branner i busser. De problemstillingene som ønskes belyst, er gitt i prosjektforslag fra Norges branntekniske laboratorium as av 31. aug. 2000 /1/¹.

Følgende problemstillinger ønskes belyst:

- I. Kartlegging av bussbranner i Norge de siste fem årene, samt *årsaksforhold* knyttet til disse, herunder eventuelle branntekniske svakheter ved chassis/karosseri.
- II. Avsløre om det er sider ved konstruksjonen som fører til brann.
- III. Kartlegging av bussbranner i Norge de siste fem årene etter typisk hendelsesforløp.
- IV. Bussens konstruksjon med hensyn til brannsikkerhet, og om fordeler og ulemper ved bruk av flammehemmende materialer.
- V. Kort om langsiktige tiltak for å redusere brannrisikoen, samt foreslå slökkemetoder og utstyr for brann i buss.

1.1 Målsetting

Målsettingen med prosjektet er å prøve å bidra til reduksjon av bussbranner i fremtiden. Dette skal gjøres ved å gjennomgå en del tidligere branner i busser, for å finne ut om det eksisterer et *karakteristisk hendelsesforløp* eller typisk årsaksforhold. Det skal videre foreslås tiltak for å redusere risikoen² for branner i busser.

¹ Alle referanser i denne rapporten er gitt med referansenummer mellom to skråstreker: /referansenummer/. Referansen er nærmere beskrevet i en referanseliste bak i rapporten, det vil si foran vedlegg A.

² Med begrepet *risiko* menes her produktet av sannsynligheten og konsekvensen for at branner i en busser skal oppstå. En reduksjon av risikoen innebærer både en reduksjon av sannsynligheten for bussbranner og konsekvensen i forbindelse med branner i busser.

2 KARTLEGGING AV BUSSBRANNER I PERIODEN 1997-2000

2.1 Datagrunnlaget for analysen

2.1.1 Generelt

Ifølge påtaleinstruksen kapittel 7, § 7-4 skal *alle* branner etterforskes for å finne brannårsaken. Her står blant annet følgende: ”Ved brann skal det foretas etterforskning av årsaken, selv om det ikke er grunn til mistanke om straffbare forhold”.

Det er politiet som har ansvaret for etterforskningen av branner i Norge. Dette gjelder også for bussbranner. Politiet tilkaller trafikkstasjonene i den grad de har behov assistanse for å bestemme brannårsaken.

Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern (DBE) har fra og med 1997 ført offisiell statistikk over bussbranner, basert på løpende innrapportering fra politi- og lensmannsetaten /2/. NBL har brukt denne statistikken som grunnlag for å få utlånt politidokumenter for bussbrannene fra de enkelte politikamre for fireårsperioden 1997-2000.

2.1.2 Datagrunnlagets størrelse

På grunnlag av et brev fra riksadvokaten, hvor NBL fikk tillatelse til utlån av politidokumenter over bussbranner i fireårsperioden 1997-2000, sendte NBL ut en forespørsel til de aktuelle politidistrikt om utlån av politidokumentene for bussbrannene som var registrert i DBEs brannstatistikk, det vil si til sammen 124 bussbranner.

Av de 124 bussbrannene, fikk NBL tilsendt politidokumentene for til sammen 101 bussbranner. Disse er gjennomgått med hensyn til å finne karakteristiske opplysninger om brannen. I tillegg er det blitt sendt skjema til busselskapene for utfylling av samme type informasjon om bussbranner i fireårsperioden. Dette medførte i tillegg data for 12 bussbranner, samt utfyllende data for tre allerede registrerte bussbranner. Etter å ha fjernet data for fire branner i uregistrerte busser, utgjorde datagrunnlaget til slutt opplysninger for til sammen 109 bussbranner i fireårsperioden 1997-2000.

2.1.3 Aktuelle data fra bussbrannene

Følgende data er blitt (såfremt de var oppgitt i politidokumentene) registrert for til sammen 109 bussbranner i fireårsperioden 1997-2000:

- Aktuell kommune hvor brannen fant sted
- Dato/år for brannen
- Busstype (rutebuss, turbuss, minibuss etc)
- Merke (Volvo, Mercedes, Scania, MAN, etc)
- Registreringsår/alder på bussen
- Drivstoff (diesel, bensin, gass, strøm)
- Antall seter og ståplasser
- Brannsted (by, tettbygd strøk, landevei, tunnel, verksted etc)
- Bussens situasjon da brannen oppstod (i rute, i fart, kollisjon, utforkjøring etc)

- Arnestedet for brannen (motor, kupe, bagasjerom etc)
- Grunnen til oppdagelse av brannen (lyd, lukt, røyk, flammer)
- Komponent i bussen som begynte å brenne (drivstoff, batteri, turbo, dekk etc)
- Brannårsak (i henhold til DBEs inndeling av brannårsaker)
- Antall passasjerer i bussen da brannen startet
- Antall røykskadde personer
- Antall personer med forbrenningsskader
- Antall personer med andre skader
- Graden av materielle skader
- Brannutvikling (meget rask, rask, middels og langsom)
- Ble brannen sløkt med bussens brannslukningsapparat?

Alle data i henhold til listen over ble, i den grad de var oppgitt i politidokumentene, registrert i et Excel regneark. På denne måten ble en ”databasetabell” for 109 bussbranner etablert. Statistiske analyser med hensyn til hyppigheten av hver enkelt parameter, eller to parametre i kombinasjon, ble gjennomført.

2.1.4 Datagrunnlagets kvalitet

Blant de ovennevnte data var for eksempel drivstoffet for bussen, antall seter/ståplasser, bussmerke, modellår/registreringsår, hvilken komponent som først begynte å brenne etc, ofte ikke oppgitt i politidokumentene. Brannårsaken var derimot, hvis ikke det var ukjent brannårsak (25 bussbranner), alltid oppgitt i henhold til koding gitt av DBE. Disse brannårsakskodene for bussbrannene fremgikk også direkte i DBEs statistikk /2/.

Kodingen i DBEs brannårsaksstatistikk er gitt av følgende standardiserte¹ liste (de brannårsakene som er i uthevet, har vært aktuell i denne analysen):

1 PÅSATTE BRANNER

1.1 Bar ild

1.9 Annet

2 BAR ILD

2.1 Røyking

2.2 Levende lys

2.3 Aske fra ildsted

2.4 Piper og ildsteder

2.5 Fyrstikker/fyrtøy

2.6 Varme arbeider

2.7 Fyrverkeri

2.9 Annet

3 ELEKTRISK ÅRSAK

3.1 Jordfeil

3.2 Serielysbue

3.3 Krypstrøm

3.4 Termostatsvikt

3.9 Annet

¹ Disse årsakskodene blir brukt av politiet også i forbindelse med branner i bygninger, slik som boliger og alle typer næringsbygg.

4 FEIL BRUK AV ELEKTRISK UTSTYR

4.1 Tørrkoking, overoppheting og lignende.

4.2 Tildekking

4.3 Stråling

4.4 Dårlig vedlikehold

4.9 Annet

5. EKSPLOSJON

5.1 Støv

5.2 Sprengstoff

5.3 Gass

5.9 Annet

6 SELVTENNING

6.1 Biologisk årsak

6.2 Fysisk årsak

6.3 Kjemisk årsak

6.9 *Annet*

7 LYNNEDSLAG

8 ANNET

8.1 Friksjon

8.2 Stråling og ledning

8.3 Utstyr for flytende og gassformig brensel

8.9 Annet

9 UKJENT

9.1 Ukjent

Brannårsaken var imidlertid ofte dårlig beskrevet og dokumentert i politidokumentene. I 19 av de 109 brannene var brannårsaken ikke nærmere beskrevet enn at den ble kategorisert som "annet" (årsakskode 8.9). Det vil si at brannen hadde en brannårsak som ikke falt inn under noen av brannårsakene i listen over. Det virket som om brannene kategorisert under denne årsakskoden, egentlig hadde ukjent brannårsak. Politiet har altså brukt denne årsakskoden, da de trolig burde ha benyttet ukjent brannårsak i stedet. NBL har derfor slått sammen brannene med årsakskode "8.9 Annet" og "9.1 Ukjent" til "*ukjent brannårsak*" i denne analysen.

2.1.5 Sannsynlig omfang av bussbranner i Norge

NBL har mottatt en oversikt over branner i busser for årene 1998, 1999 og til og med november 2000 for busser som var forsikret hos Gjensidige forsikring. Gjensidige forsikrer i dag ca 55 % av bussene i Norge. Denne oversikten, som er presentert i vedlegg A, er bare komplett for 1999. For dette året registrerte Gjensidige i alt 41 bussbranner. Denne oversikten representerer alle bussbranner, også de med minimale skader. I seks av disse brannene var skadebeløpet kr 0, mens i ni branner var skadebeløpet under kr 10 000.

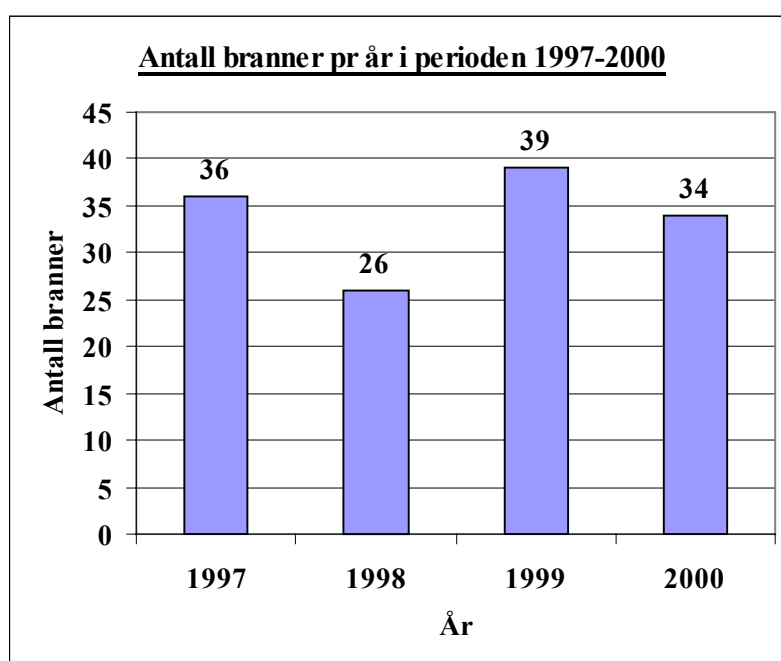
Ettersom Gjensidige har en markedsandel på 55 %, antas det reelle antall bussbranner i 1999 å være høyere. Ifølge statistikk fra DBE rykket politiet ut til 38 bussbranner i 1999. Årsaken til dette avviket kan enten være at politiet ikke har fylt ut og sendt inn skjema over brannårsaken til DBE i en del saker, eller at politiet rett og slett ikke rykker ut til *alle* bussbrannene. Man kan i

hvert fall konkludere med at det skjer en god del flere bussbranner i Norge enn det politiet har rapportert.

2.2 Karakteristiske trekk for bussbranner for fireårsperioden 1997-2000

2.2.1 Hyppigheten av bussbrannene i perioden

Det fremgår av figur 2.1 at antall politirapporter bussbranner i fireårsperioden 1997-2000 svinger mellom 26 (i 1998) til 39 branner (i 1999), med et gjennomsnitt på ca 34 branner pr år i perioden, eller totalt 135 bussbranner i fireårsperioden. 124 av brannene har politiet rykket ut til, mens 11 bussbranner ble etterforsket av kun bussleverandør eller busselskapet.



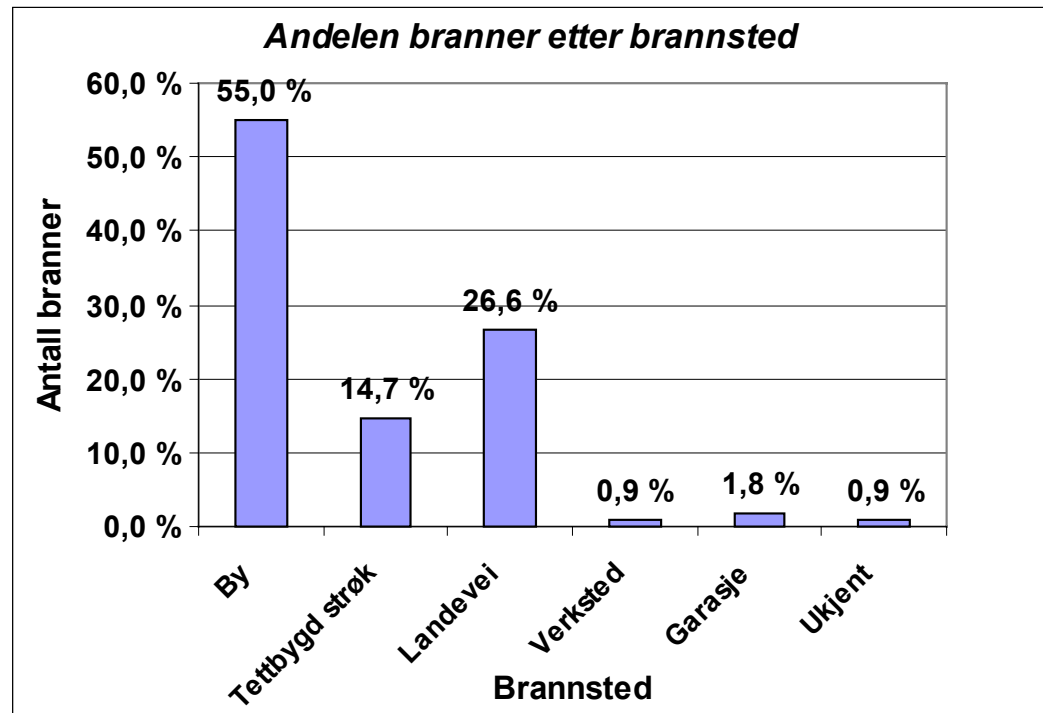
Figur 2.1: Diagram viser fordelingen av antallet bussbranner pr år i 1997-2000 i henhold til politirapporter bussbranner /2/.

2.2.2 Brannsted

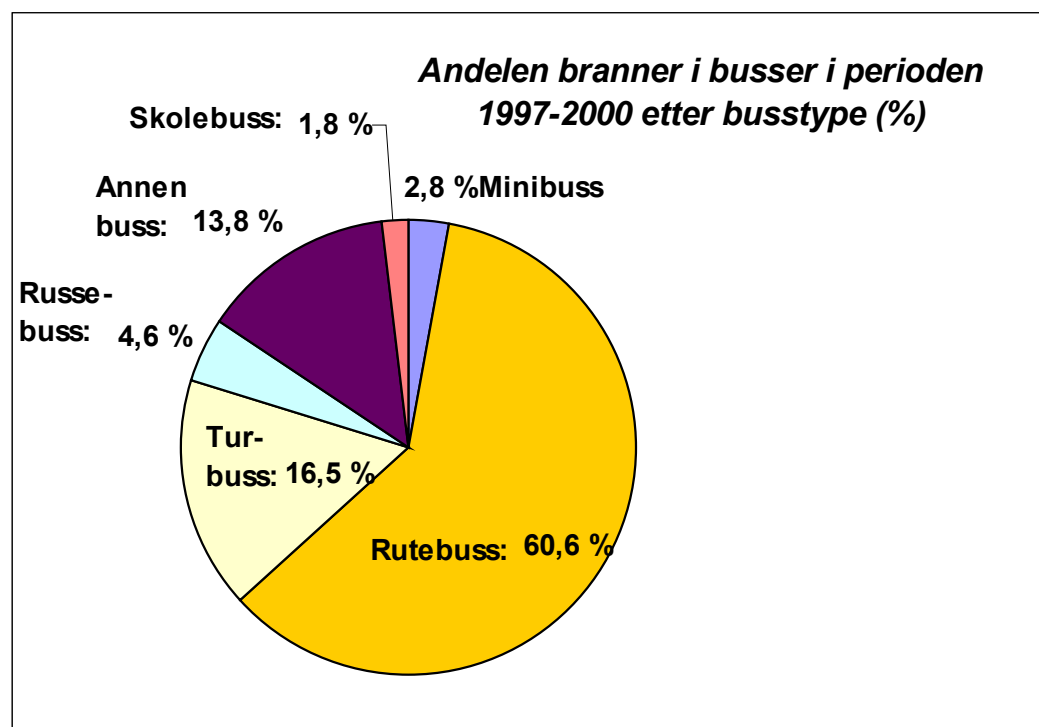
Figur 2.2 viser antall branner i fireårsperioden etter brannstedets beliggenhet, det vil si om brannstedet var i en by, tettbygd strøk, landevei, verksted eller garasje. 70 % av bussbrannene skjedde i by- og tettbygd strøk, mens 27 % skjedde på landevei. Bare 3 % av brannene skjedde i garasje (1 %) eller på verksted (2 %). Det var også en bussbrann hvor brannstedets plassering ikke var tilstrekkelig spesifisert, og havnet dermed i gruppen for ukjent brannsted. Den høyere andelen av bussbranner i byer skyldes større trafikk tetthet i byene.

2.2.3 Busstype

Figur 2.3 viser fordelingen av bussbrannene i perioden avhengig av busstype, det vil si om bussen var en minibuss, rutebuss, turbuss, russebuss, skolebuss, trolleybuss eller annen buss.



Figur 2.2: Diagram som viser fordelingen av bussbrannene i perioden 1997-2000 etter brannstedet.



Figur 2.3: Diagram som viser fordelingen av bussbrannene i perioden 1997-2000 etter busstype.

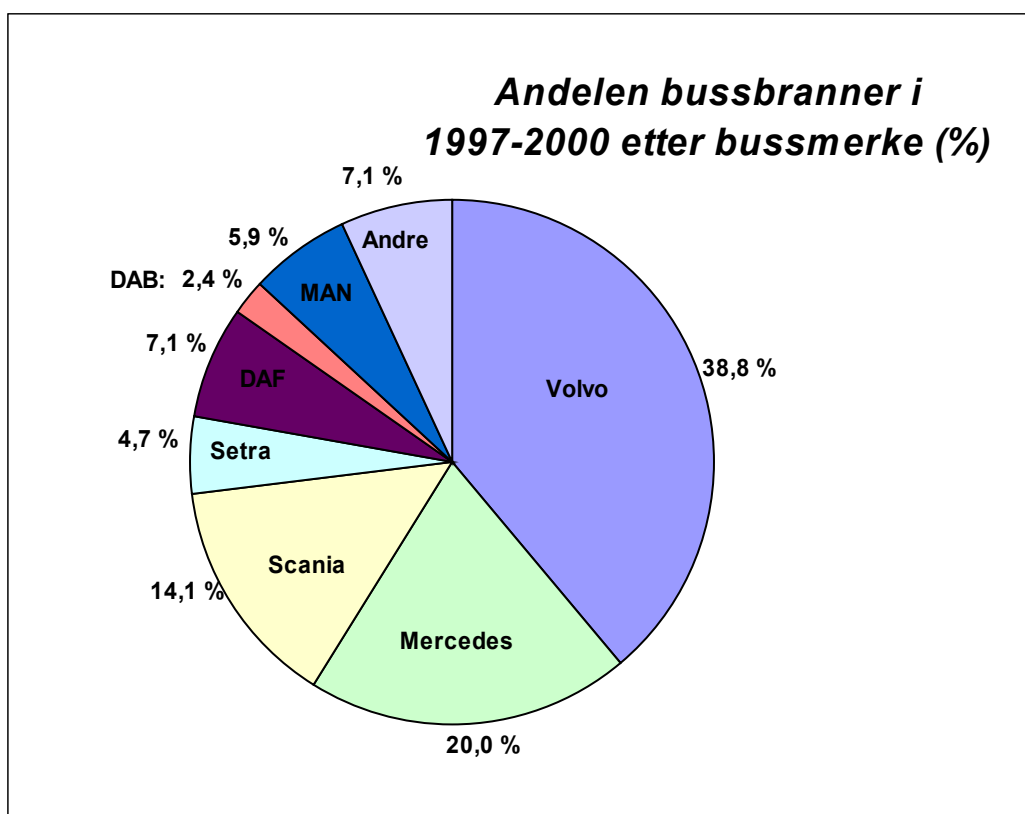
Vi viste i forrige avsnitt at 55 % av bussbrannene skjedde i by. Hele to tredeler av brannene i rutebusser er relatert til bykjøring.

2.2.4 Bussmerke

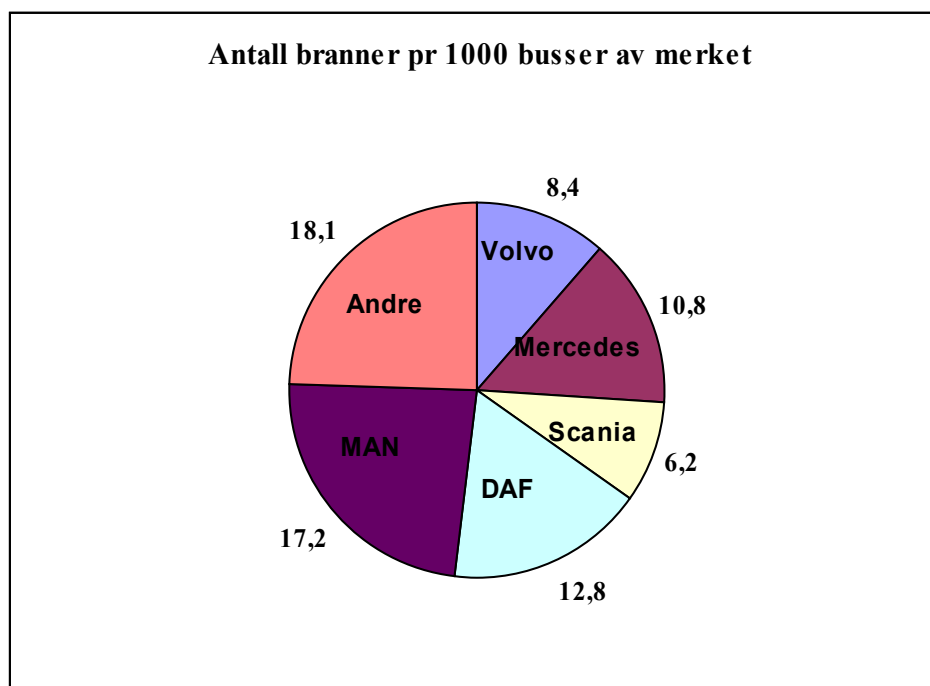
Figur 2.4 viser fordelingen av alle bussbranner i perioden etter bussmerke. Nesten 40 %, eller 33 av de 85 brannene hvor bussmerket var oppgitt, skjedde i en buss av merket *Volvo*. Deretter følger *Mercedes* og *Scania*, med henholdsvis 20 og 14 % av brannene, eller henholdsvis 17 og 12 branner. I 24 av 109 gjennomgatte bussbranner var bussmerket ikke oppgitt.

Undersøkelser av bussbranner i Sverige gjennomført av AB Svensk Bilprovning, viste følgende tall: 43 % Volvo, 21 % Scania, 16 % Mercedes, 3 % andre og 4 % ukjent bussmerke. Tilsvarende tall for Norge fra denne undersøkelsen av 109 bussbranner, når vi også inkluderer bussbrannen med ukjent merke, blir 30 % Volvo, 16 % Mercedes, 11 % Scania, 21 % andre busser og 22 % ukjent.

Figur 2.4b viser antallet branner pr 1000 busser med mer enn 25 seter av hvert bussmerke. Vi ser her at denne "relative hyppigheten" av bussbranner er lavest for busser av merket Scania, med 6,2 branner pr tusen busser, etterfulgt av Volvo (8,4), Mercedes (10,8), DAF (12,8), MAN (17,2) og andre bussmerker (18,1 branner). For merkene DAF, MAN og andre bussmerker, hvor antallet registrerte busser er lavt, er utvalget for lite til at de beregnede verdiene kan karakteriseres som statistisk holdbare for det aktuelle merket.



Figur 2.4: Fordelingen av bussbrannene i perioden 1997-2000 etter bussmerket i % av det totale antallet bussbranner i perioden hvor dette var oppgitt, det vil si 85 branner.



Figur 2.4b: Antall bussbranner pr tusen busser av merket. (Antallet busser med mer enn 25 seter av hvert bussmerke pr 31.12.98 var følgende: Volvo 3916, Mercedes: 1385, Scania: 1929, DAF: 467, og MAN: 290 /3/.)

2.2.5 Bussens alder

Figur 2.5 viser fordeling av bussbrannene i perioden etter bussens alder. Av de bussbrannene hvor alderen (egentlig registreringsår) på bussen var oppgitt i politidokumentene (56 % av brannene), skjedde de fleste brannene (19 branner) i 1-5 år gamle busser, etterfulgt av mer enn 20 år gamle busser (13 branner). Færrest branner skjer med 16-20 år gamle busser (6 branner). i 6-10 år og 11-15 år gamle busser skjedde henholdsvis 12 og 11 branner. En så høy andel som 44 %, eller i 48 av 109 bussbranner, var alder på bussen ikke oppgitt.

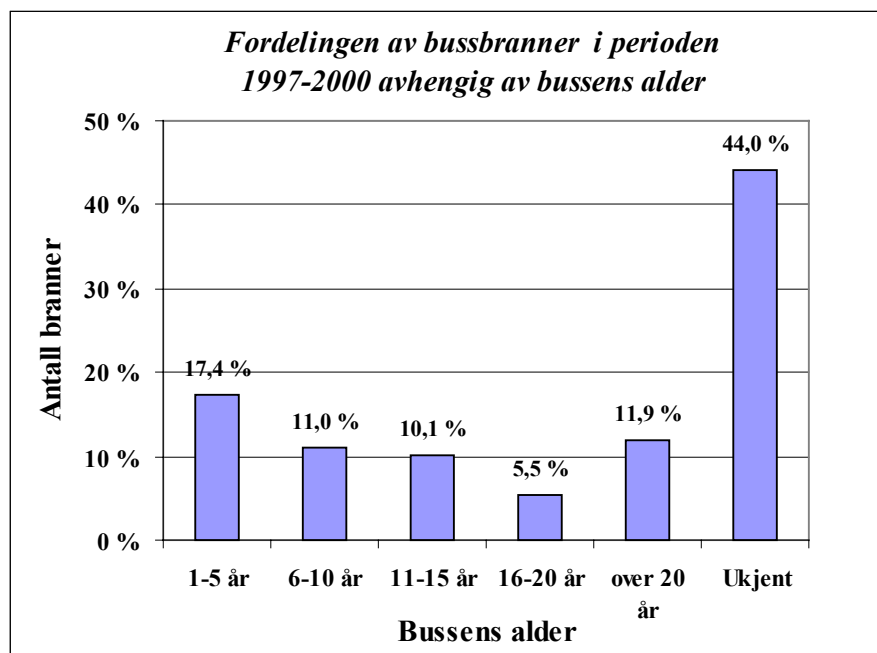
Hvis en imidlertid ser bort fra de bussbrannen med ukjent alder på bussen, skjedde nesten hver tredje bussbrann (31,1 %) i en 1 – 5 år gammel buss. Tilsvarende skjedde hver femte brann (21,3 %) i en buss som var over 20 år gammel.

2.2.6 Bussens posisjon da brannen brøt ut

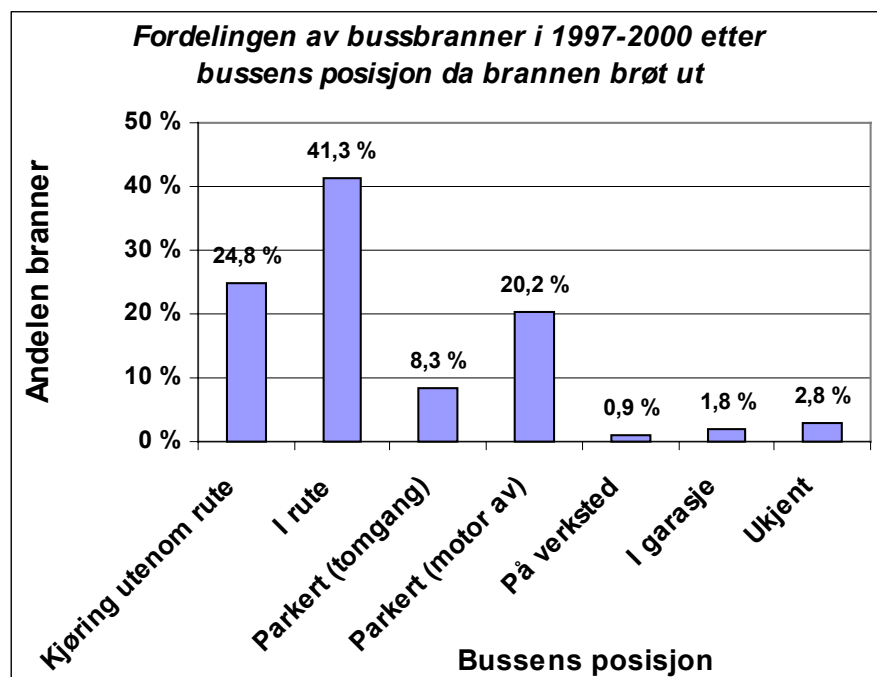
I ca to tredeler (24,8 % + 41,3 % = 66,1 %) av brannene var bussen *i drift* da brannen oppstod, enten *i rute* eller *utenom rute*. Under førstnevnte begrep, det vil si ”i rute”, kunne bussen også stå stille, for eksempel på en holdeplass, men motoren gikk på tomgang.

I 8,3 % av brannene var bussen parkert, men motoren gikk på tomgang, mens i 20,2 % var bussen parkert med motoren av.

I 2,8 % av bussbrannene var bussens situasjon ukjent da brannen oppstod. Ingen av de gjennomgåtte bussbrannene oppstod som følge kollisjon, utforkjøring eller annet uhell.



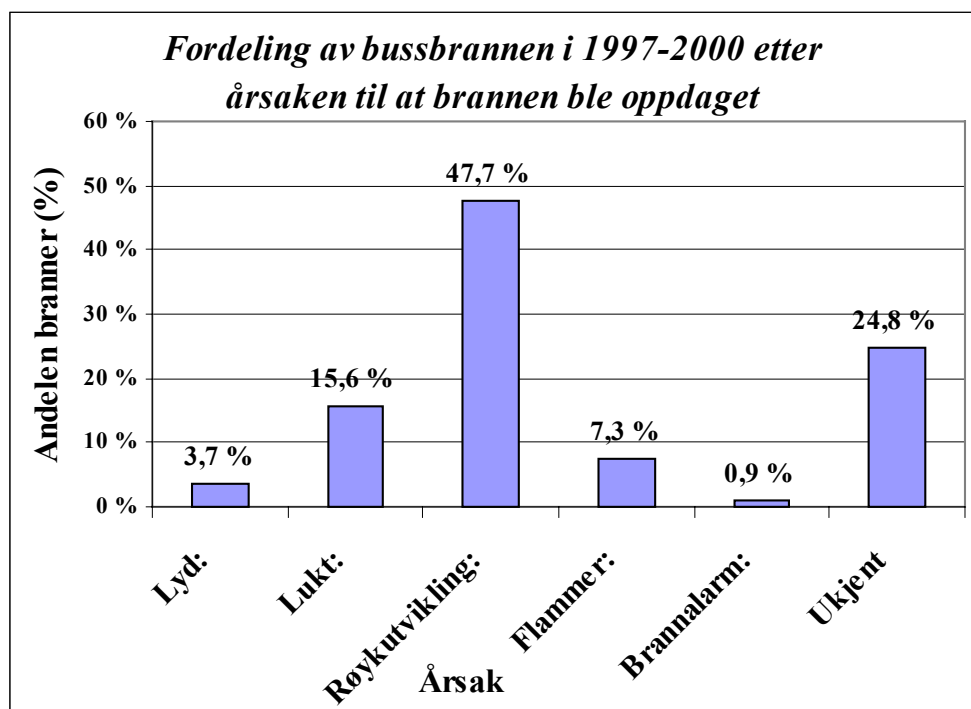
Figur 2.5: Diagram som viser fordelingen av bussbrannene i perioden 1997-2000 etter fem aldersintervall..



Figur 2.6: Diagram som viser fordelingen av bussbranner i perioden 1997-2000 etter bussens situasjon da brannen brøt ut.

2.2.7 Hva var det som gjorde at brannen i bussen ble oppdaget?

Figur 2.7 viser fordelingen av bussbranner etter hvordan brannen i bussen ble oppdaget (lyd, lukt, røyk, flammer). Det fremgår av figuren at de aller fleste av bussbrannene, det vil si nesten halvparten av 109 bussbranner, ble oppdaget på grunn av røykutvikling. Bare 3,7 %, 15,6 % og 7,3 % av brannene ble oppdaget på grunn av henholdsvis lyd, lukt og flammer. I 24,8 % av brannene (eller i 27 branner) var det ikke opplyst i politidokumentene hva som var årsaken til at brannen ble oppdaget.



Figur 2.7: Diagram som viser fordelingen av bussbrannen etter hvordan brannen i bussen ble oppdaget.

2.2.8 Bussens drivstoff

Tabell 2.1 viser antall branner avhengig av om bussens drivstoff var diesel, bensin, gass, strøm eller ukjent. Bussens drivstoff var diesel i 55 % av brannene, eller i 95 % av de bussbranner der bussens drivstoff var kjent. I et tilfelle var bussens drivstoff gass, mens i to andre tilfeller var "drivstoffet" elektrisitet i "trolleybusser". I 42 % av bussbrannene var bussens drivstoff ikke oppgitt i politidokumentene.

Tabell 2.1: av bussbrannene etter bussens drivstoff (diesel, bensin, gass, strøm)

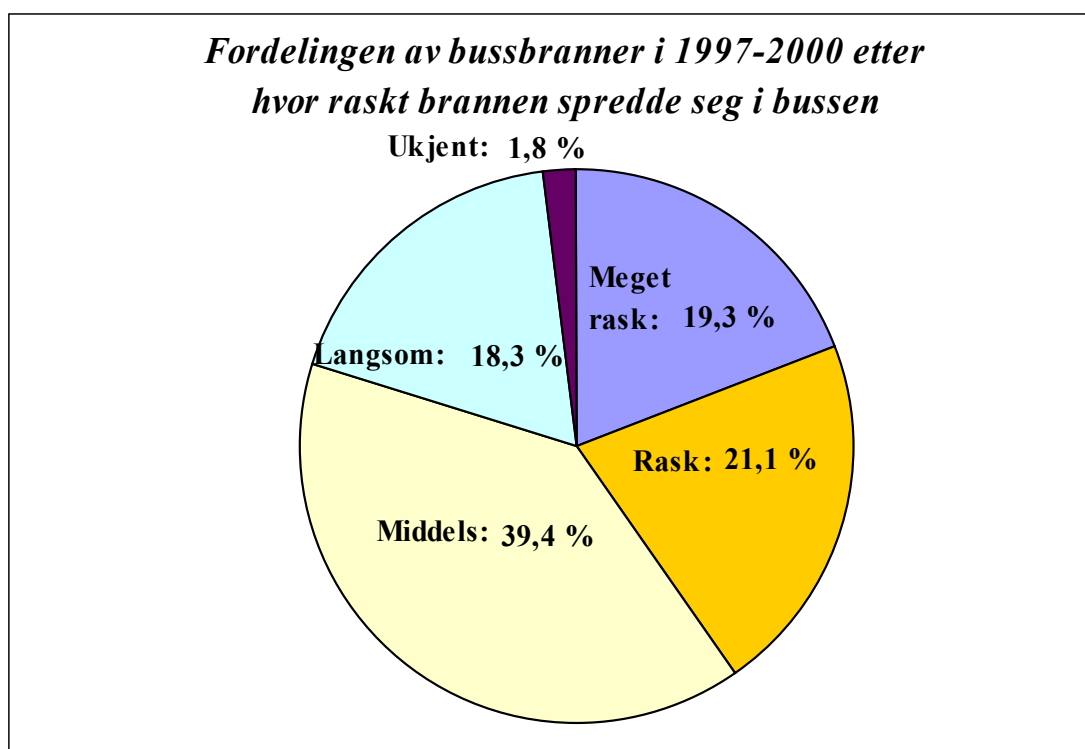
Drivstoff	Antall branner	i %
Diesel:	60	55 %
Bensin:	0	0 %
Gass:	1	1 %
Strøm:	2	2 %
Ukjent:	46	42 %
Sum:	109	100 %

2.2.9 Brannutviklingen i bussen

Figur 2.8 viser fordeling av bussbrannene etter brannutviklingen i bussen (meget rask¹, rask, middels, langsom). I de fleste bussbrannene, det vil si 39 % av bussbrannene, virket brannutviklingen å være *middels rask*. Noe mindre er andelen der brannutviklingen enten var *meget rask* (19 %) eller *rask* (21 %). Meget rask brannutvikling oppstod som regel i tilfeller hvor det oppstod en betydelig diesellekkasje i motoren. I 18 % av brannene virket det som om brannutviklingen hadde vært *langsom*, og for 2 % av brannene var brannutviklingen ukjent. Branner med langsom eller middels rask brannutvikling oppstod i første rekke i forbindelse med branner med elektrisk årsak.

2.2.10 Arnestedet for brannen

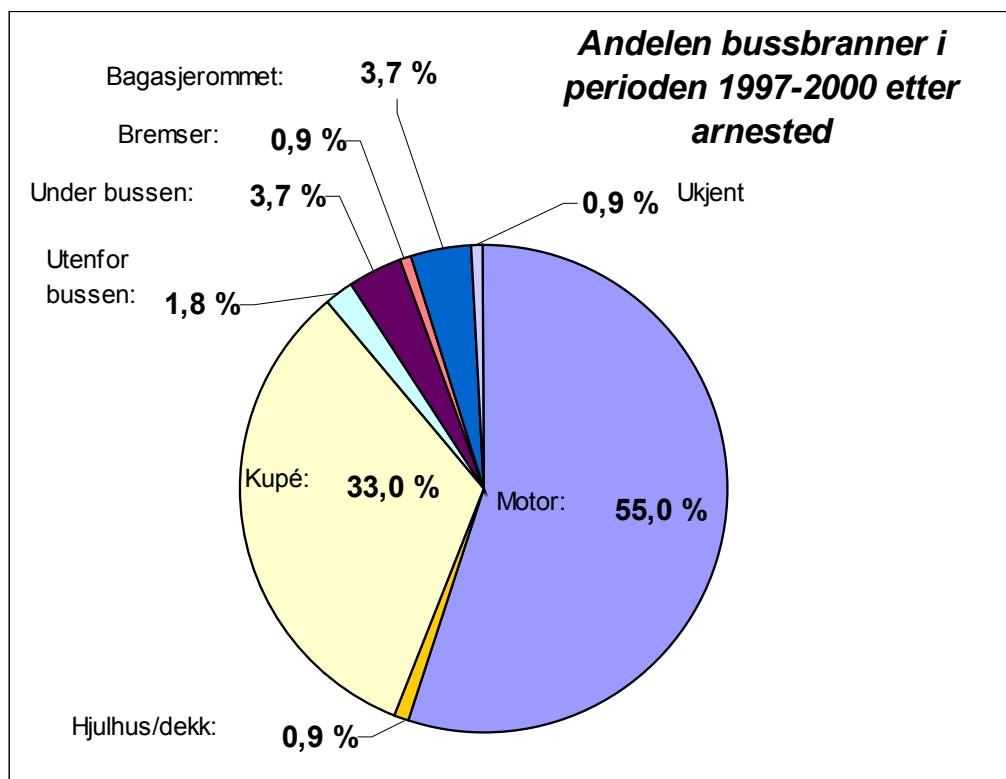
Figur 2.9 viser fordelingen av bussbrannene etter arnestedet for brannen, det vil si om brannen oppstod i bussens motorrom, kupe, bagasjerom etc. Det fremgår her at over halvparten (55 %) av bussbrannene oppstod brannen i motorrommet, mens hver tredje brann oppstod et eller annet sted i kupeen. 4 % av brannene oppstod enten i bagasjerommet eller under bussen².



Figur 2.8: Diagram som viser fordelingen av bussbrannen etter hvor raskt brannen i bussen spredde seg.

¹ Med *meget rask* brannspredning menes branner hvor brannen medførte mer eller mindre fullstendig overtenning av bussen i løpet av kort tid. Med *rask* brannutvikling menes at brannen spredde seg forholdsvis raskt, men at det fremgikk at bussen ikke ble overtent i løpet av meget kort tid. Branner med *middels* brannutvikling blir her definert som branner som hadde vart en stund, uten at brannskadene ble rapportert til å være omfattende. *Langsom* brannutvikling ble definert som branner som i liten grad spredde seg utover arnestedet for brannen, eller at brannen slokket av seg selv. Elektriske branner som slokket av seg selv da sjåføren slo av hovedbryteren, er også inkludert i denne kategorien brannutvikling.

² Ett tilfelle hvor et Webasto varmeapparat hadde antent noe tørt gress, ett annet hvor brannen hadde startet i batterikassen under bussen og en brann som hadde startet på grunn av at håndbrekket hadde stått på.



Figur 2.9: Fordeling av bussbrannene etter arnestedet for brannen (motorrom, kupé, bagasjerom etc).

I de tilfeller hvor brannen oppstod *under* bussen (4 branner) var årsaken enten bremsene, drivstofflekkasje eller varmeapparat. Hvis brannen oppstod *utenfor* bussen, var det ofte på grunn av kortslutning i det elektriske anlegget på taket som var årsaken (for eksempel på en trolleybuss).

Kun én brann oppstod i hjulhus eller i bussens dekk. I dette tilfellet oppstod det varmgang i bremsene, med det resultat at det ene fremdekket eksploderte med en etterfølgende begrenset brann i dekket. Denne brannen ble effektivt slokket av sjåføren ved hjelp av snø.

I en svensk undersøkelse av 25 branner gjennomført av den Svenska Brandförsvarsföreningen /4/ ble det konkludert med at 60 % av brannene startet i motorrommet, og 24 % i bussens hjulhus.

Undersøkelsen av 109 branner i fireårsperioden har altså vist lignende tall som de svenske og engelske undersøkelsene med hensyn til andelen branner som starter i motorrommet. Andelen branner som starter i bussens hjulhus og dekk var imidlertid vesentlig lavere i denne undersøkelsen. Det virker samtidig som om brannstart i bussens kupé ikke forekom så ofte i den svenske undersøkelsen, i forhold til denne undersøkelsen av bussbranner i Norge i 1997-2000.

2.2.11 Hva begynte først å brenne i bussen?

Tabell 2.2 viser fordelingen av bussbrannene etter hvilken komponent som først begynte å brenne i bussen (stolsete, varmeapparat, ventilasjonsvifte, elektriske ledninger i kupé og motor, drivstoff, olje, dynamo, batteri etc). Av de 33 av de 109 brannene som startet i bussens kupé, ble komponenten som startet brannen ikke påvist i 11 branner. Dette var som regel branner hvor kupéen var mer eller mindre utbrent. *Varmeapparatet* var årsaken til klart flest branner i kupeen (12 branner), etterfulgt av *elektriske ledninger* (8), *stolsete* (3) og *defrostervifte* (2).

Det fremgår av tabell 2.2 at de fleste brannene i motorrommet startet på grunn av lekkasje i *utstyr for flytende og gassformig brensel* (24 branner). I disse brannene var det som regel lekkasje av drivstoff (diesel (22 tilfeller)) på varme flater som var brannårsaken, men brannen startet i noen få tilfeller som følge av lekkasje av andre oljer (hydraulikkolje (1) og motorolje (1)). Deretter følger ukjent, det vil si aktuell komponent ikke påvist (som regel på grunn av at motorrommet var utbrent), med 15 branner, og elektriske ledninger i motorrommet, med 7 branner. Brann med start i *dynamo, turbo, batteri, startmotor og motorvarmer* var brannårsaken i henholdsvis 1, 3, 2, 1 og 1 tilfelle.

Tabell 2.2: Fordeling av 109 bussbranner i fireårsperioden 1997-2000 etter hvilken komponent eller del av bussen som først begynte å brenne (motorrom, kupe, bagasjerom etc).

Komponent i bussen eller del av bussen som først begynte å brenne	Antall/andel bussbranner (-/%)	Antallet/andelen av komponent som forårsaket brann (-/%)
- Stolsete i kupe:		3
- Løst materiale på golvet i kupéen:		4
- Varmeapparat i kupé:		12
- Defroster:		2
- Elektriske ledninger i kupé, instrumentpanel:		8
- Utstyr for flytende og gassformig brensel:		1
- Aktuelt sted i kupéen ikke påvist:		6
Totalt antall branner i kupéen:	36	36
Elektriske ledninger i motorrom:		7
- Utstyr for flytende og gassformig brensel: hvorav: ▪ drivstoff: ▪ hydraulikkolje: ▪ motorolje:		24 22 1 1
- Dynamo:		1
- Turbo:		4
- Batteri:		2
- Tilleggsvarmer:		2
- Dieselpumpe:		1
- Startmotor:		1
- Motorvarmer:		1
- Isolasjonsmateriale i motorrom:		2
- Aktuell komponent/sted i motorrom ikke påvist:		13
Totalt antall branner i motorrommet:	58	58
I bagasjerommet:	4	
Elektrisk sentral:	3	
Under bussen:	3	
Utenfor bussen:	2	
Hjulhus/dekk:	1	
Ukjent:	2	
Sum:	109	

2.2.12 Brannårsaken

2.2.12.1 Generelt

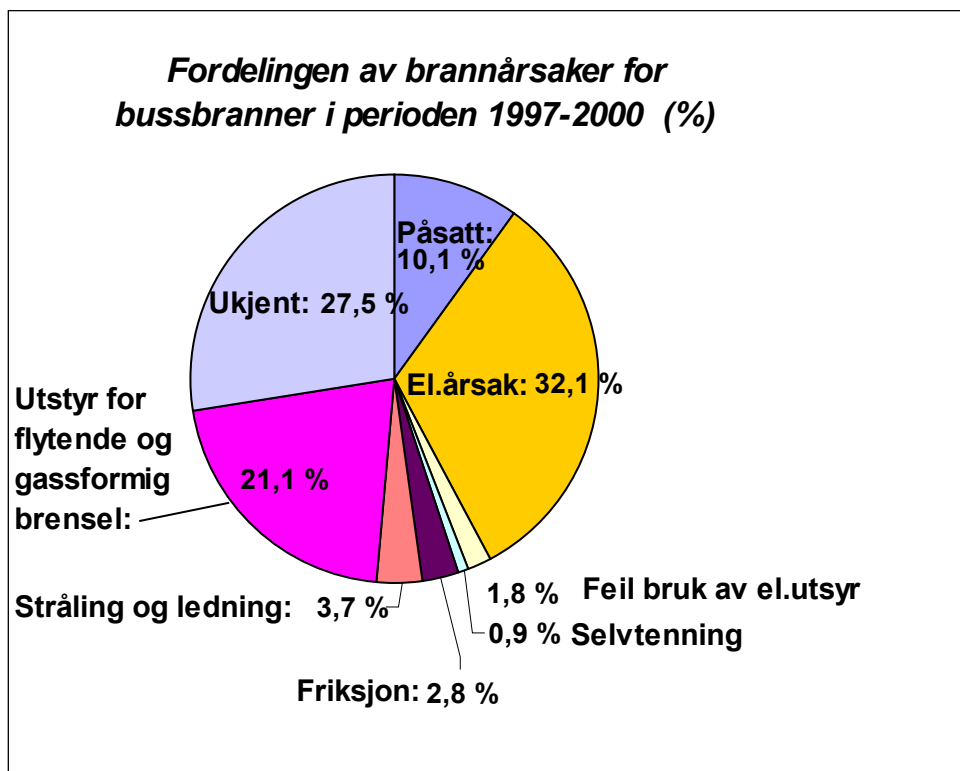
Tabell 2.3 viser antallet og andelen (i %) av bussbrannene etter forskjellige brannårsaker, for de 109 bussbrannene gjennomgått i denne analysen. I noen branner har det åpenbart vært feilkoding av brannårsaken i DBEs statistikk, noe som er blitt korrigert av NBL. Figur 2.10 viser grafisk fordeling mellom de viktigste brannårsakene i perioden.

Tabell 2.3: Fordelingen av brannårsaker¹ for de 109 bussbrannene gjennomgått i denne analysen av bussbranner i fireårsperioden 1997-2000.

Hovedgruppe av brannårsaker iht koding fra DBE	Brannårsak (delgrupper)	Antallet/andelen bussbranner			
		Antall pr delgruppe	%	Antall pr hovedgruppe	%
Påsatt	<i>Påsatt, bar ild:</i>	8	7,3	11	10,1
	<i>Påsatt, annet:</i>	3	2,8		
Elektrisk årsak	<i>Elektrisk årsak, jordfeil:</i>	2	1,8	35	32,1
	<i>Elektrisk årsak, serielysbue:</i>	5	4,6		
	<i>Elektrisk årsak, annen:</i>	28	25,7		
Feil bruk av elektrisk utstyr	<i>Feil bruk, tildekking</i>	2	1,8	2	1,8
Selvtenning	<i>Selvtenning, fysisk:</i>	1	0,9	1	0,9
	<i>Selvtenning, annen:</i>	0	0,0		
Annet	<i>Mekanisk friksjon:</i>	3	2,8	30	27,5
	<i>Stråling og ledning:</i>	4	3,7		
	<i>Utstyr for flytende og gassformig brensel:</i>	23	21,1		
Ukjent		30	30,4	30	27,5
Sum:		109	100,0	109	100,0

¹ **Jordfeil** betyr at en eller flere faseledere har tilfeldig og uønsket forbindelse til jord, for eksempel til metallkapslinger på utstyr eller metallskjerner i kabler. Jordfeil oppstår ofte på grunn av isolasjonssvikt. **Serielysbue** skjer på grunn av kontaktsvikt i en kobling og det oppstår en stående lysbue med påfølgende varmgang. Dette fører til avbrenning eller antennelse av isolasjon med påfølgende fare for brann. Det har vært fire branner hvor brannårsaken ble satt til **selvtenning**. Bare én av disse sakene er gjennomgått og analysert, mens de tre andre brannårsakene er gitt av DBEs statistikk. I den ene saken som ble gjennomgått, var det et Webasto varmeaggregatet under bussen som antente tørt gress da bussen rygget ute i ei grøft. Denne brannen fikk brannårsaken **selvtenning, fysisk årsak**. **Mekanisk friksjon** som brannårsak vil si at for eksempel et hjullager eller bremses går varm på grunn av friksjonsvarme, det vil si at roterende deler blir varme når de gnisser mot andre metalleder. **Stråling og ledning** som brannårsak har vi når deler av motoren, for eksempel turboen eller eksosmanifolden, går varm og dermed forårsaker høy strålevarme, slik at varmestrålingen antenner nærliggende brennbart materiale. De tilfeller hvor **utstyr for flytende og gassformig brensel** var brannårsaken, skyldtes det utilsiktet lekkasje eller tilstedeværelse av drivstoff, hydraulikkolje, smørolje, som ble antent på varme flater i motoren, eller av gnister, lysbue eller varmgang i forbindelse med det elektriske anlegget i bussen.

Det fremgår av tabellen at den brannårsak som forårsaker nest flest branner, etter *elektrisk årsak*, faller inn under "*ukjent årsak*" eller under "*annet*". *Elektrisk årsak* utgjør klart den største gruppen med 32,1 %. Deretter følger *utstyr for flytende og gassformig brensel*, med ca 21,1 % av brannene. De fleste branner som faller inn under førstnevnte gruppe, skyldes drivstofflekkasje (21 av 23 branner), men lekkasje av hydraulikkolje og motorolje var brannårsaken i en bussbrann hver. Videre fremgår det av tabellen at 10,1 % av brannene var påsatt.



Figur 2.10: Fordeling av bussbranner i fireårsperioden 1997-2000 etter brannårsaken.

I en undersøkelse utført av den Svenska Brandförsvärsföreningen /4/ av 131 bussbranner i 1982-1984 ble brannårsaken knyttet til følgende deler av bussen:

• Elektrisk årsak (instrumentpanel, generator, startmotor, batteri, lamper o.l.):	41 %
• Motor (drivremmer, innsprøytingssystem, turbo)	36 %
• Varmeapparater:	7 %
• Dekk:	5 %
• Girkasse:	2 %
• Avgassrør:	2 %
• Bremses:	7 %
Sum:	<u>100 %</u>

Disse to statistikkene er imidlertid ikke direkte sammenlignbare, bortsett fra elektrisk årsak, fordi den svenske statistikken er mer inndelt etter hvilken komponent som forårsaket brannen, enn etter selve brannårsaken. Mens elektrisk årsak står for 31 % av bussbrannene i Norge de fire siste årene, utgjorde elektrisk årsak en vesentlig større andel (41 %) i Sverige for ca 20 år siden.

2.2.12.2 Brannårsaken avhengig av bussens alder

Tabell 2.4 viser antallet branner med forskjellige brannårsaker avhengig av bussens alder. Det fremgår her at i syv av de åtte påsatte brannene, hvor alderen på bussen var oppgitt, var bussens alder over 20 år. Det er altså i første rekke gamle busser som blir påtent. Dette skjer primært på grunn av at slike busser ofte blir avskiltet og hensatt på et mer eller mindre øde sted. Slike busser blir ofte utsatt for hærverk av ungdom som tar seg inn i bussen, noe som ofte resulterer i at bussen til slutt blir påtent.

Tabell 2.4: Antall branner med forskjellige brannårsaker avhengig av bussens alder.

Årsakskode og brannårsak (Antall branner)	1-5 år	6-10 år	11-15	16-20 år	Over 20 år	Sum
1. Påsatt:	0	0	1	0	7	8
3.1 Jordfeil:	1	0	0	0	0	1
3.2 Serielysbue:	1	1	1	0	2	3
3.9 Elektrisk årsak, annen:	6	6	2	1	4	19
3. Sum elektrisk årsak:	8	7	3	1	6	25
4.2 Feil bruk, tildekking:	1	0	0	0	0	1
6.2 Selvttenning, fysisk:	0	0	1	0	0	1
8.1 Mekanisk friksjon:	2	0	0	0	0	2
8.2 Stråling og ledning.:	1	0	1	1	0	3
8.3 Utstyr for flytende gassformig brensel:	5	4	2	4	7	22
9.1 Ukjent:	2	1	3	0	2	8
Sum (-):	19	12	11	6	22	70

Det fremgår også av tabellen over at nesten en tredel, 8 av 25 branner med elektrisk årsak, skjer i 1-5 år gamle busser, det vil si i relativt nye busser. Deretter følger 6-10 år gamle busser, med nesten like mange branner med elektrisk årsak. 60 % av brannene med elektrisk årsak fant sted i maksimalt 10 år gamle busser. Branner med elektrisk årsak skjer altså forholdsvis oftere i relativt nye busser, sammenlignet med busser som er mer enn 10 år gamle.

Man ser også av tabellen at utstyr for flytende og gassformig brensel er brannårsaken i første rekke i 1-10 år gamle busser, eller i busser som er over 20 år. Det fremgår her at branner med opphav i slikt utstyr, også skjer relativt hyppig i 16-20 år gamle busser.

2.2.12.3 Brannårsaken avhengig av bruksområdet

Tabell 2.5 viser fordelingen av bussbrannene etter brannårsaken, avhengig av type buss. Det fremgår av tabellen at rutebuss er den busstypen med størst andel branner med elektrisk årsak, det vil si i 22 av 66 branner i rutebusser. Andelen branner med elektrisk årsak i rutebusser ligger imidlertid bare litt over gjennomsnittet, det vil si 33 % i forhold til et gjennomsnitt på ca 31 % med elektrisk årsak.

17 branner eller vel 25 % av brannene i rutebuss skyldes utstyr for flytende og gassformig brensel. Dette er en god del høyere enn gjennomsnittet, som ligger på 18 %. For de andre busstypene er antallet branner for lite til å kunne trekke noen sikre konklusjoner. Branner med årsak i utstyr for flytende og gassformig brensel og elektrisk årsak ser også ut til å være fremtredende i turbusser.

Bare 2 av 65, eller ca 3 % av brannene i rutebusser, er påsatt. Dette ligger godt under gjennomsnittet på 10 % påsatte branner. Påsatte branner skjer som regel i russebusser eller andre busser (bobusser o.l.).

Tabell 2.5: Fordelingen av bussbranner etter brannårsak avhengig av busstype.

Brannårsak	Antall branner avhengig av brannårsaken for hver busstype					
	Rutebuss	Turbuss	Minibuss	Russebuss	Skolebuss	Annen buss
Påsatt:	2	1	0	2	0	6
Elektrisk årsak:	22	6	1	2	1	3
Feil bruk/tildekking:	0	1	0	0	0	1
Selvtenning:	0	1	0	0	0	0
Friksjon:	1	1	1	0	0	0
Stråling og ledning:	0	2	0	0	0	1
Utstyr for flytende gassformig brensel:	17	5	0	0	1	0
Ukjent:	23	1	1	1	0	4
Sum:	65	18	3	5	2	15

2.2.12.4 Brannårsaker i busser fordelt på bussmerket

Tabell 2.6 viser fordelingen av bussbrannene etter de viktigste brannårsakene fordelt på de viktigste bussmerkene i Norge. Det fremgår av tabellen at branner i busser av merket Mercedes som regel har en *elektrisk brannårsak* (50 %), mens bare én brann av dette merket skyldtes *utstyr for flytende og gassformig brensel*. Busser av merket Volvo ser også ut til å ha relativt få branner knyttet til utstyr for flytende og gassformig brensel. Volvo-busser ser ut til å ha en hyppighet av branner med elektrisk årsak og påsatte branner som ligger nært gjennomsnittet.

Tabell 2.6: Fordelingen av bussbrannene etter brannårsaken avhengig av busstype.

Bussmerke	Antall branner med forskjellige brannårsaker fordelt på bussmerket					
	Påsatt	Elektrisk årsak	Utstyr for flyende og gassformig brensel	Stråling og ledning	Ukjent	Sum
Volvo:	3	11	6	0	10	30
Mercedes:	1	8	1	0	6	16
Scania:	2	1	5	2	1	11
Setra:	1	0	2	0	1	4
DAF:	1	3	1	0	0	5
DAB:	0	1	1	0	0	2
MAN:	0	2	1	1	1	5

Branner med årsak i utstyr for flytende og gassformig brensel ser ut til å forekomme relativt ofte i busser av merket Scania.

2.2.12.5 Årsaksfordelingen avhengig av motoren eller kupeen som arnestedet

Tabell 2.7 viser årsaksfordelingen for branner i busser avhengig av om arnestedet for brannen var i motoren eller i kupéen. En ser av tabellen at nesten like mange branner skyldes elektrisk feil i motoren som i kupéen. Videre ser en at langt flere branner er påsatt i kupéen i forhold til i motorrommet (forholdstall 7:1). Det motsatte gjelder for antall branner som skyldes utstyr for flytende og gassformig brensel (1:10).

Tabell 2.7: Årsaksfordelingen avhengig av om arnestedet var i motoren eller i kupéen.

Brannårsak	Antall branner avhengig av brannstedet er i:	
	Motorrommet	Kupéen
Jordfeil:	0	2
Serielysbue:	2	2
Elektrisk årsak, annen:	12	12
Sum elektrisk årsak:	14	16
Feil bruk, tildekking:	0	2
Selvtenning:	0	0
Mekanisk friksjon:	1	1
Stråling og ledning.:	3	0
Utstyr for flytende gassformig brensel:	20	2
Påsatt:	1	7
Ukjent:	18	8
Sum (-):	57	36

2.2.12.6 Graden av brannskader i bussen avhengig av brannårsaken

Tabell 2.8 viser graden av brannskader i bussen avhengig av brannårsaken. Det fremgår av tabellen at det er de påsatte brannene, som forårsaker klart de største brannskadene på bussen. Påsatte branner gir ikke nødvendigvis ikke de største skadeutbetalingene eller verditapene.

Tabell 2.8: Antallet og andelen bussbranner med varierende grader av brannskader på bussen, avhengig av brannårsaken.

Brannårsak (antall branner/andelen i % for hver brannårsak)	Graden av brannskader på bussen				
	Små skader ved arnestedet [-/(%)]	Store skader ved arnestedet [-/(%)]	Arnesteds- området er helt utbrent [-/(%)]	Bussen er helt utbrent [-/(%)]	Sum [-/(%)]
Elektrisk årsak:	22/(65)	7/(20)	0	5/(15)	34/(100)
Feil bruk, tildekking:	2/(100)	0	0	0	2/(100)
Selvtenning:	1/(100)	0	0	0	1/(100)
Friksjon:	2/(67)	1/(33)	0	0	3/(100)
Stråling og ledning.:	2/(67)	0	0	1/(33)	3/(100)
Utstyr for flytende gass- formig brensel:	8/(35)	9/(39)	3/(13)	3/(13)	23/(100)
Påsatt:	2/(18)	3/(27)	1/(9)	5/(45)	11/(100)
Ukjent:	21/(70)	6/(20)	0	3/(10)	30/(100)
Sum:	60	26	4	17	107

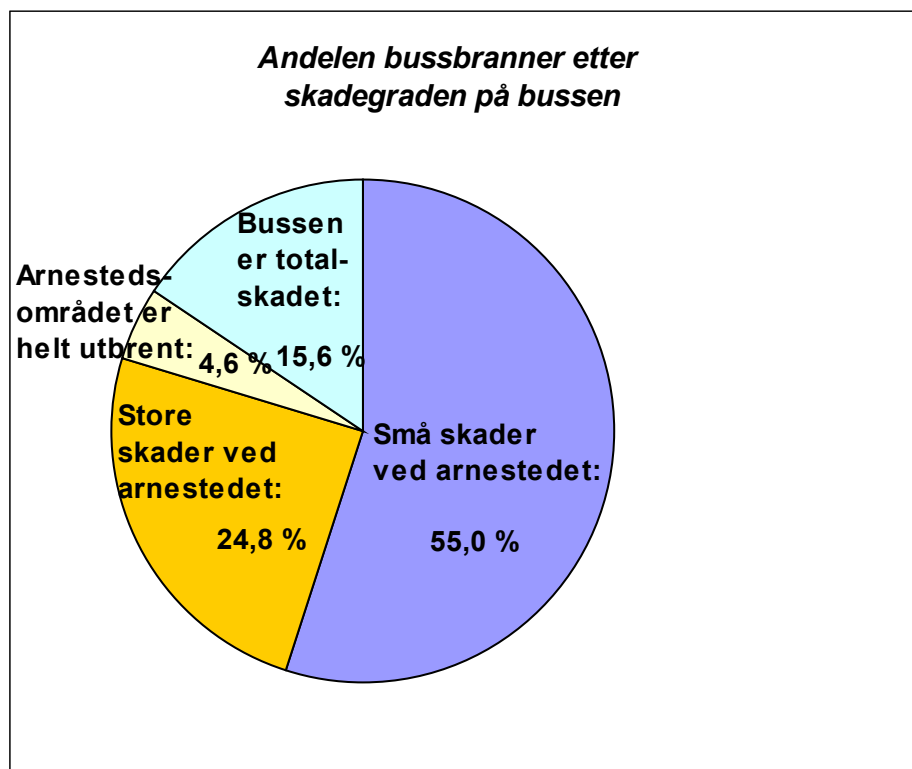
Dette skyldes at påsatte branner som regel skjer i utrangerte russebusser og andre hensatte, uregistrerte busser. Disse bussene utgjør derfor ingen store verditap.

2.2.13 Brannskadene

2.2.13.1 Generelt

Figur 2.9 viser fordeling av bussbrannene etter graden av brannskader på bussen. Det fremgår her at brannskadene var begrenset til relativt små skader ved arnestedet i over halvparten (55 %) av brannene. Videre at det var relativt store skader ved arnestedet i hver fjerde brann, og at arnestedet var helt utbrent i 4,6 % av brannene. I 15,6 % av brannene var bussen mer eller mindre helt utbrent.

På grunnlag av disse tallene kan en fastslå at brannskadene generelt var temmelig små og ubetydelige i over halvparten av bussbrannene, men at bussen ble totalskadet i nesten hver sjette bussbrann.



Figur 2.10: Fordeling av bussbrannene i fireårsperioden etter graden av brannskadene på bussen.

2.2.13.2 Bussmerke

Tabell 2.10 viser fordeling av brannskadene på bussen etter brannen, avhengig av bussmerke. Til tross for at de klart fleste brannene skjer i en buss av typen *Volvo*, ser brannskadene i *Volvo*-busser ut til å være relativt mer begrenset enn i de andre bussmerkene. Mens bare to *Volvo*-busser var utbrent, var dette tilfellet i relativt flere branner for de andre bussmerkene. Det er her også verdt å merke seg at i 4 av 17 branner i *Mercedes*-busser, det vil si nesten hver fjerde brann av dette merket, ble bussen totalskadet.

Tabell 2.9: Fordeling av brannskadene på bussen etter brannen, avhengig av bussmerke.

Bussmerke	Antall branner med forskjellige grader av materiell skade ¹ på bussen				Sum antall branner
	Små skader ved arnestedet	Store skader ved arnestedet	Arnestedet er helt utbrent	Hele bussen er totalskadet	
Volvo	19	8	3	2	32
Mercedes	8	5	0	4	17
Scania	8	2	0	2	12
Setra	0	1	0	3	4
DAF	4	0	0	2	6
DAB	0	1	1	0	2
MAN	2	2	0	1	5

Antallet branner hvor bussen ble helt utbrent eller hvor brannskadene var store, skjedde nesten like ofte (det vil si i antall branner) i de andre bussmerkene, selv om disse merkene hadde langt lavere antall bussbranner sammenlignet med busser av merket Volvo. Det er også verdt å merke seg at 3 branner i Volvo-busser medførte at arnestedsområdet ble totalskadet, men at brannen ikke spredde seg nevneverdig utover dette stedet, det vil si i dette tilfellet motorrommet. Dette kan indikere at Volvo-busser har godt dimensjonerte skillekonstruksjoner mellom motorrom og kupé.

2.3 Utviklingstrender

2.3.1 Generelt

En periode på fire år er trolig for kort til å kunne se klare utviklingstrender for bussbranner, men dette er perioden det eksisterer pålitelig statistikk over branner i busser.

2.3.2 Brannårsaken

Tabell 2.11 viser utviklingstendenser de siste fire årene med hensyn til de enkelte brannårsaker. Det kanskje mest fremtredende trekk ved utviklingen av bussbranner de fire siste årene, er at det ser ut som branner med *elektrisk årsak* har hatt en relativt markert nedgang fra rundt 40 % av brannene i 1997/1998, til godt under 30 % av brannene i 1999/2000. Videre virker det som om *påsatte branner* har hatt en synkende tendens de siste tre årene.

Når det gjelder branner knyttet til *utstyr for flytende og gassformig brensel* og branner *ukjent årsak*, synes det som om disse har hatt en viss økning i løpet av fireårsperioden. Det faktum at 44 % av brannene ble kategorisert under ukjent årsak i 2000, mens andelen var under halvparten (21 %) i 1997/1998, kan være et uttrykk for at etterforskningens kvalitet og grundighet har avtatt. Hvis dette er tilfelle, kan nedgangen i andelen branner med elektrisk årsak til en viss grad skyldes disse forholdene.

¹ **Små skader ved arnestedet** vil si at brannen ikke har rukket å spre seg i det materialet eller den komponenten brannen startet i, før brannen slokket av seg selv eller ved hjelp av pulverapparat eller annet brannslukningsapparat. Branner med elektrisk årsak, som slokket av seg selv da sjåføren slo av motoren med hovedbryteren, er et typisk eksempel på slike branner. **Store skader ved arnestedet** er branner hvor brannen har medført relativt store skader i det materialet eller den komponenten brannen startet i, samt i de nærmeste omgivelsene. **Arnestedet eller arnestedsområdet er helt utbrent** vil si at brannskadene i hele området der brannen startet, for eksempel i hele motorrommet, bagasjerommet eller kupéen, ble store, men at brannen ikke har spredd seg særlig utover dette området. **Hele bussen er totalskadet** vil si at brannen har spredd seg til så og si alle komponenter og steder i bussen, slik at den er mer eller mindre helt utbrent.

Tabell 2.11: Utviklingstendenser de siste fire årene med hensyn til de enkelte brannårsaker i henhold til DBEs brannstatistikk.

Brannårsak [Antall branner/ prosentvis andel]	Fordelingen av brannårsaker avhengig av årstallet for brannen			
	1997 [-/(%)]	1998 [-/(%)]	1999 [-/(%)]	2000 [-/(%)]
Påsatt:	3/(9)	4/(15)	4/(11)	2/(6)
Elektrisk årsak:	14/(41)	10/(39)	9/(24)	9/(27)
Feil bruk, tildekking:	1/(3)	0/(0)	1/(3)	0/(0)
Selvtenning:	2/(6)	0/(0)	0/(0)	0/(0)
Friksjon:	1/(3)	1/(4)	1/(3)	1/(3)
Stråling og ledning.:	2/(6)	2/(8)	0/(0)	0/(0)
Utstyr for flytende og gassformig brensel:	4/(12)	4/(15)	9/(24)	7/(21)
Ukjent:	7/(21)	5/(19)	14/(37)	15/(44)
Sum (%):	34/(100)	26/(100)	38/(100)	34/(100)

Den økte andelen med ukjent årsak kan imidlertid også ha sammenheng med, som det fremgår av neste avsnitt, at andelen branner med store brannskader har økt i løpet av perioden. Det er naturlig nok vanskeligere å bestemme brannårsaken dersom brannskadene i bussen er store, sammenlignet om brannskadene er begrenset til bare arnestedet. Andelen branner med små brannskader ved arnestedet var også en god del lavere i 2000. Disse brannen er de branner som er lettest å etterforske med hensyn på å finne en entydig brannårsak.

2.3.3 Brannskader i bussen

Tabell 2.12 viser utviklingen av brannskadene i bussbranner de fire siste årene. Man kan se av tabellen en svak tendens til at andelen branner med små skader ved arnestedet har vært *avtagende* i løpet av fireårsperioden. Andelen branner med store skader ved arnestedet eller der bussen er mer eller mindre utbrent, har derimot økt i løpet av denne perioden.

Tabell 2.12: Utviklingen av brannskadene i bussbranner de fire siste årene.

Fordelingen av brannen etter graden av materielle skader og årstallet for brannen (antall branner/%)	Årstall for brannen			
	1997	1998	1999	2000
Små skader ved arnestedet:	19/(68)	11/(46)	17/(55)	13/(50)
Store skader ved arnestedet:	5/(18)	4/(17)	11/(36)	7/(37)
Arnestedet (motor, kupé, bagasjerom) er helt utbrent:	0/(0)	2/(8)	2/(6)	0/(0)
Hele bussen er totalskadet:	4/(14)	6/(25)	1/(3)	6/(23)
Ukjent:	0/(0)	1/(4)	0/(0)	0/(0)
Sum:	28/(100)	24/(100)	31/(100)	26/(100)

2.4 Brannsløkking

I 38 av 109 gjennomgåtte bussbranner, det vil si i 35 % av brannene ble det rapportert at brannen ble slokket av sjåføren ved hjelp av bussens brannsløkningsapparat. I 29 branner, eller mer enn

hver fjerde brann, ble brannskadene små, og begrenset til der hvor brannen startet. Dette var en direkte følge av at brannslukningsapparatet i bussen ble benyttet. I bare 8 % av brannene var bruk av bussens brannslukningsapparat mislykket.

På grunnlag av den generelt mangelfulle rapportering eller dokumentering av bussbrannene er det sannsynlig at andelen branner som ble effektivt slokket med bussens brannslukningsapparat er høyere enn 35 %. Uansett er dette en relativt høy prosentandel, noe som skulle indikere at påbudet om brannslukningsapparat i bussen har vært effektivt. Hvis ikke sjåføren hadde hatt brannslukningsapparat tilgjengelig, er det sannsynlig at skadene i mange tilfeller ville ha blitt vesentlig større.

På grunnlag av denne statistikken kan det reises spørsmål om det ikke burde vært krav om minst ett 6 kg pulverapparat i stedet for, eller i tillegg til 2,5 kg pulverapparat, i hvert fall for busser med mer enn 25 seter. Mange busser har imidlertid i dag et 6 kg brannslukningsapparat.

2.5 Typisk hendelsesforløp ved branner i busser

Gjennomgangen av 109 bussbranner i perioden 1997-2000 har vist at typisk hendelsesforløp ved branner i busser under kjøring er at sjåføren eller passasjerene oppdager røyk (som regel visuelt), eller også i noen tilfeller i form av røyklukt. Som regel oppdages røykutviklingen fra bakre del av bussen, fra motorrommet. Sjåføren sjekker hva dette skyldes. Hvis brannen hadde elektrisk årsak, opphørte brannen som regel helt da sjåføren slo av motoren ved hjelp av hovedbryteren. Brannskadene blir i disse tilfellene som regel små. Hvis derimot brannen skyldes *drivstofflekkasje*, kunne brannen i enkelte tilfeller spre seg raskt. Dette kunne forårsake overtenning av bussen i løpet av kort tid.

De mest typiske brannskadene (55 % av brannene) er at det er temmelig begrensede brannskader ved arnestedet, som regel i motoren. Sjåføren greidde som regel å slokke brannen ved hjelp av pulverapparatet, slik at skadene ble relativt begrenset.

2.6 Oppsummering vedrørende karakteristiske trekk for bussbranner 1997-2000

Følgende konklusjoner kan trekkes med hensyn til karakteristiske trekk ved bussbranner de fire siste årene:

Generelt:

- Antallet bussbranner som politiet etterforsker hvert år varierer mellom 25 og 40 branner.
- Det totale antallet bussbranner kan på grunnlag av statistikk fra Gjensidige forsikring antas å være noe høyere.
- Kvaliteten på etterforskningen, og ikke minst dokumentasjon av bussbrannene, har ofte vært svært mangelfull.
- Nesten halvparten av bussbrannene ble oppdaget som følge av røykutvikling. 4, 16 og 8 % av brannene ble oppdaget som følge av lyd, lukt eller flammer. I 27 % av brannene var det ikke oppgitt hva som var årsaken til at brannen ikke ble oppdaget.
- Det var passasjerer i bussen i ca halvparten av brannene, det vil si i 57 av totalt 109 gjennomgåtte branner.
- Brannutviklingen i bussen var middels rask i 40 % av brannene, mens den var meget rask eller rask i 40 % av brannene. Brannutviklingen var langsom i 18 % av brannene.

- Typisk hendelsesforløp for bussbranner i perioden var at det oppstod brann i bussens motorrom på grunn av elektrisk årsak eller på grunn av lekkasje av diesel. Bussjåføren eller passasjerene oppdaget røykutvikling, som regel bak i bussen. Hvis brannen hadde elektrisk årsak, slokket brannen som regel av seg selv når sjåføren slo av hovedbryteren. Bussjåføren kunne også effektivt slukke brannen ved hjelp av bussens brannslukningsapparat. I tilfelle betydelig diesel-lekkasje kunne brannen enkelte ganger spre seg svært raskt, slik at hele bussen ble overtent i løpet av kort tid. Rask brannspredning og overtenning av bussen kunne imidlertid også skje for branner med elektrisk årsak.

Brannstedet:

- 55 % av bussbrannene skjer i byområder, mens 27 og 15 % av brannene skjer på landeveien eller i tettbygd strøk.
- 60 % av brannene skjer i rutebusser, og to tredeler av brannene i rutebusser skjer i byområder.
- Vel 40 % av brannene skjedde mens bussen var i rute, mens 25 % av brannene skjedde ved kjøring utenom rute. 28 % av bussbrannene skjedde mens bussen var parkert, hvorav 8 % av brannene med motoren på tomgang og 20 % med avslått motor.
- 30 % av brannene skjer i en buss av merket Volvo, 16 % i Mercedes, 11 % i Scania og 21 % andre merker. Bussmerket var ukjent i 22 % av brannene.
- Tilsvarende tall fra første halvdel av 80-tallet i Sverige viser følgende tall: 43 % Volvo, 21 % Scania, 16 % Mercedes, 3 % andre merker og 4 % ukjent bussmerke.
- Hvis man relaterer disse tallene i forhold til markedsandelen av hver bussmerke, får en følgende tall: i Norge skjer det 8,4 branner pr tusen Volvo-busser i Norge. De andre bussmerkene har følgende tall: Mercedes: 10,8, Scania: 6,2, DAF: 12,8, For de andre bussmerkene var det for få branner i perioden til at resultatene blir statistisk holdbare.
- De fleste brannene skjer i 1-5 år gamle busser (17 %), og færrest branner skjer i 16-20 år gamle busser (6 %). Bussens alder var imidlertid ikke oppgitt i hele 52 % av bussbrannene.
- 53 % av brannene oppstod i bussens motorrom, mens 33 % av brannene oppstod i kupéen. Bare 1 % av brannene oppstod i bussens hjulhus eller dekk. Dette er en vesentlig lavere andel med brannstart i hjulhus enn det svenske og engelske undersøkelser oppgir. Svenske undersøkelser fra begynnelsen av 80-tallet har vist at over 40 % av bussbrannene hadde elektrisk årsak til brannen, mens 36 % av brannene var knyttet til motoren (drivremmer, innsprøytingssystem, turbo etc).

Brannårsaken:

- 31 % av brannene hadde *elektrisk årsak*, mens *utstyr for flytende og gassformig brensel* var brannårsaken i 18 % av bussbrannene. Ca 30 % av bussbrannene hadde *ukjent brannårsak*.
- 10 % av bussbrannene var påsatt. Det er i første rekke gamle, hensatte og utrangerte busser (ofte russebusser) som blir påsatt. Nye busser blir sjelden påsatt.
- Brannstart i kupeen skyldes i en tredel av tilfellene varmeapparater (12 av 36 branner), som regel på grunn av elektrisk feil. Åtte branner i kupeen skyldtes elektriske ledninger i kupé eller instrumentpanel.
- Branner i motorrommet er som regel knyttet til *utstyr for flytende og gassformig brensel* (23 av 57 branner) eller *elektriske ledninger* (7 branner). Som regel er det lekkasje av diesel på varme flater som er brannårsaken for brannene kategorisert under "utstyr for flytende og gassformig brensel".
- Branner med opphav i elektriske ledninger skyldes ofte gnissing av løse elektriske ledninger i motorrom og kupé, med etterfølgende avisolering, kortslutning og brann som resultat.
- Det er visse indikasjoner på at branner med elektrisk årsak, og hvor brannårsaken er knyttet til utstyr for flytende og gassformig brensel fortrinnsvis skjer i relativt nye busser, det vil si 1-5 år gamle busser.
- Like mange branner i motorrom og kupé har hatt elektrisk årsak, det vil si 13-14 branner, men det var flere branner i motoren enn i kupeen (57 i forhold til 36 branner).

- Det var langt flere branner som skyldtes *utstyr for flytende og gassformig brensel* i motoren enn i kupeen (forholdstall: 22:1), og det var flere *påsatte branner* i kupéen enn i motoren (forholdstall: 7:1).
- De klart fleste påsatte brannene, det vil si 10 av 11 påsatte branner, hvor alderen på bussen var kjent, skjedde i over 20 år gamle busser.
- Branner i Mercedes-busser hadde en uforholdsmessig stor andel med *elektrisk årsak* (50 %), mens bare én brann av 16 branner (6 %) i busser av dette merket skyldtes *utstyr for flytende og gassformig brensel*. Branner i busser av merket Scania og Setra skyldes derimot ofte utstyr for flytende og gassformig brensel (ca 50 %). Elektrisk årsak og ukjent årsak utgjorde begge ca 30 % av brannene i Volvo-busser, mens 20 % av brannene i Volvo-busser var knyttet til utstyr for flytende og gassformig brensel. Disse sistnevnte andelene er temmelig lik gjennomsnittet for bussbrannene i perioden.

Brannskadene:

- Generelt kan en fastslå at brannskadene var relativt små for bussbrannene i fireårsperioden. I 60 av de 109 gjennomgåtte bussbrannene var det relativt små brannskader ved arnestedet. I 17 branner var bussen mer eller mindre helt utbrent.
- Påbudet om brannslukningsapparat i bussen ser ut til å ha begrenset brannskadene i stor grad i mange bussbranner. Brannskadene ble ofte begrenset til arnestedet eller den komponent brannen startet i. Det ble rapportert at sjåføren slokket brannen effektivt ved hjelp av brannslukningsapparatet i 38 av de 109 gjennomgåtte brannene i denne studien.
- I forhold til antallet påsatte branner medførte påsatte branner de største brannskadeomfanget, men ikke nødvendigvis de største skadebeløpene. Dette fordi påsatte branner skjer som regel i gamle busser. 45 % av de påsatte brannene medførte at hele bussen ble totalskadet.
- Branner med *ukjent årsak* og *elektrisk årsak* medfører som regel små skader på bussen. Henholdsvis 70 og 65 % av brannene med ukjent og elektrisk årsak medførte små skader, mens tilsvarende 10 og 15 % av brannene medførte at bussen ble totalskadet.
- 13 % av brannene som skyldtes utstyr for flytende og gassformig brensel, resulterte i at bussen ble totalskadet.
- Brannskadene i Volvo-busser ser ut til å være mer begrensede enn i andre bussmerker, slik som for eksempel Mercedes, Scania og Setra.

Utviklingstrender:

- Andelen branner med elektrisk årsak ser ut til å vært avtagende i løpet av de fire siste årene, det vil si fra 40 % av brannene i 1997/1998 til bare 27 % av brannen i 2000.
- Branner knyttet til utstyr for flytende og gassformig brensel ser ut til å ha økt i løpet av samme periode. Det samme gjelder branner med ukjent årsak og annen årsak.
- Generelt kan man slå fast at brannskadene har økt i løpet av fireårsperioden 1997-2000. Andelen bussbranner med små brannskader har vært avtagende de siste årene, mens andelen branner med relativt store skader har økt.

3 UTGJØR BUSSENS KONSTRUKSJON EN BRANNFARE?

3.1 Er selve busskonstruksjonen årsaken til bussbranner?

Utover komponenter i motor, elektrisk system og komponenter i bussen (varmeapparater, defroster, ventilasjonsvifter etc) virker det som om bussens karosseri i liten grad har forårsaket brann. Bussbranner skyldes i første rekke brann i motor på grunn av drivstofflekkasje eller elektrisk feil (kortslutning o.l.) i motor eller kupe, samt feil i varmeapparat, defroster, ventilasjonsvifter etc, eller at brannen er påsatt.

Det har vært tre tilfeller hvor isolasjonsmattene har ramlet ned på motor (turbo) og forårsaket brann. Årsaken var at mattene hadde for dårlig festemekanisme. I et annet tilfelle ble isolasjonsmattene antent på grunn av at turboen hadde blitt for varm etter en lang stigning. Strålevarme fra turboen hadde sannsynligvis antent isolasjonsmatten i dette tilfellet.

Det har også vært ett tilfelle med brann i motor på grunn av at luken over motor hadde en ramme av tre. Denne hadde fått for stor varmpåkjenning på grunn av at eksosmanifolden var for nær luka. Dette medførte ulming og røykutvikling fordi trerammen til luka ikke var skjermet for varmestråling fra eksosmanifolden.

Videre har det i ett tilfelle vært vanskelig å åpne luken til motoren ved brann i motoren. Det var nødvendig med en spesiell ”nøkkel” eller åpner for å åpne motoren. Dette medførte at sjåføren ikke kom til for å slokke brannen på et tidlig tidspunkt, noe som resulterte i at bussen ble fullstendig overtent og utbrent.

I en del tilfeller har det virket som om brannen har spredd seg fra motorrommet og til kupéen på relativt kort tid. Dette gjelder i hvert fall spredning av røyk fra motoren til kupéen. De fleste bussbrannene som startet i motorrommet, ble ikke oppdaget før røyken hadde spredd seg til kupéen. Det virker som om dette skjedde relativt raskt, og mer eller mindre like etter at brannen startet i motorrommet.

For busser som ikke er utstyrt med noen form for branndeteksjon i motorrommet, kan dette imidlertid ha en viss fordel. Branner som ikke blir oppdaget på grunn av røykutvikling relativt tidlig i brannen, kan utvikle seg til en temmelig kritisk brann for passasjerene når brannen endelig blir oppdaget. I likhet med de aller fleste rombranner er det røyken som er problemet i forbindelse med bussbranner. Det er i første rekke røykens giftighet som er problemet, men varmebelastningen fra varme røykgasser utgjør også et problem med hensyn til både utvendig (bar hud) og innvendig varmeeksponering ved inhalering av røykgassene.

Avgrissing av ledningsisolasjon på elektriske kabler/ledninger i gjennomføringer eller på grunn av at kablene har ligget mer eller mindre løse, har medført kortslutning (kortslutning til jord eller mellom kabler/elektriske ledninger) og brann. Noen branner har også hatt som årsak at elektriske ledninger har ligget mot drivstoffslanger eller oljeslanger.

Som allerede nevnt har det vist seg i noen tilfeller at et 2,5 kg pulverapparat var for lite til å slokke brannen i motoren.

3.2 Kan selve busskonstruksjonen medføre forverring av brannrisikoen i bussen?

3.2.1 Generelt

Denne analysen av bussbranner i Norge har vist at den største brannrisikoen i busser er lokalisert *utenfor* kupéen, nemlig i motorrommet. Ved brann er det derfor ønskelig at flammer og røyk forhindres i å trenge inn i kupéen før full evakuering av bussen har funnet sted. Flamme og røyk vil spre seg relativt lett via utettheter i seksjoneringen mellom kupé og motorrom, slik som gjennom sprekker, gjennomføringer for rør og kabler, luker.

3.2.2 Personskader

Hvis man ikke sørger for at busskupéen blir fysisk adskilt fra motorrommet med et røyktett skille, som forblir røyktett i tilstrekkelig tid til å evakuere bussen, kan røyken spres til kupéen i den tidlige fasen av brannen. Dette kan igjen medføre en alvorlig trussel for passasjerene i bussen. Passasjerene kan bli eksponert for varm og giftig røyk, som samtidig er så tykk at den hindrer sikten i kupéen. Dette kan i verste fall resultere i at passasjerene ikke blir i stand til å evakuere bussen, før forholdene i bussen blir uakseptable for passasjerene, med hensyn til varme- og røykforgiftning.

Analysen av bussbranner i Norge i perioden 1997-2000 har imidlertid vist at i de bussbrannene, hvor det var passasjerer i bussen, har evakueringen av bussen foregått stort sett uten problemer. I bare to tilfeller fikk bussjåføren relativt små røykskader under brannslukningsarbeidet. I et tilfelle var brannutviklingen i bussen så rask, at det ble stilt spørsmål om hva som kunne ha skjedd, dersom bussen hadde vært full av pensjonister, i stedet for et fotballag med spreke ungdommer.

3.2.3 Materielle skader

Hvis flammer og røyk sprer seg for lett fra det rommet brannen startet, for eksempel motorrommet, kan det føre til at de materielle skadene i bussen blir uforholdsmessig store. Det er ikke nok at det branntekniske skillet mellom for eksempel motorrom og kupé forhindrer gjennomtrengning av varme røykgasser eller flammer, men det må i tillegg også ha tilstrekkelig varmeisolering. Hvis skillet har for lav evne til å isolere varme fra kupéen, kan overflatetemperaturen på den ueksponerte siden av skillet bli for høy. Dermed kan brennbare materialer i kupéen, som er i direkte kontakt med skillet, selvantenne eller spontanantenne, uten å være i kontakt med flammer. For å forhindre for rask spredning av brannen og overtenning av bussen, må de branntekniske skillene i bussen ha tilstrekkelig brannmotstand, både med hensyn til integritet (røyktetthet) og isolasjon.

3.2.4 Testmetode

For å undersøke brannmotstanden til aktuelle skillekonstruksjoner i en buss, bør de baseres på standardene NS-EN 1363-1 og NS-EN 1363-2. I denne testen eksponeres skillekonstruksjonen for branngassene i en prøvningsovn, hvor det aktuelle skillet utgjør en større eller mindre del av den ene vegg i ovnen. Slike tester kan gi oss beskjed om den totale brannmotstanden til skillekonstruksjonen. Branngassene har en temperaturutvikling tilsvarende brannutviklingen i et overtent brannrom.

3.3 Brannrisikoen i busskupéen

3.3.1 Generelt

Selv om det er mange brennbare materialer i en buss, utgjør *setene* vanligvis det enkeltvist største brennbare objektet i en buss. Stoppede møbler er, som i bygninger, antagelig det mest brannfarlige objektet også i busser. Møbler har lav termisk treghet (produktet av stoffets tetthet, spesifikke varmekapasitet og varmeledningsevne), noe som medfører at overflatetemperaturen øker raskt ved brann i kupéen. Dette medfører igjen rask antennelse og flammespredning i materialet.

Gitt at antennelse av et sete i bussen finner sted, bør anstrengelsene rettes mot å velge materialer som forsinker antennelsen av setet, og som medfører beskjeden flammespredning, samt har lav varmeutvikling. I tillegg må røykutvikling og røykens giftighet reduseres til et nivå hvor det ikke oppstår livstruende forhold for passasjerene i bussen.

NBL har forespurt Vest Karosseri A/S, som er enerådende med hensyn til levering av seter til busser i Norge, om hvilke setetrekk og stoppematerialer de bruker i sine seter. Vest Karosseri A/S dekker ca 30 % av det norske markedet med hensyn til setetrekk og stoppematerialer i busseter, mens den resterende 70 % dekkes av importerte seter, fortrinnsvis fra Sverige og Tyskland.

Det ble opplyst at de kun brukte setetrekk som tilfredsstilte kravet i kjøretøyforskriften med hensyn til forbrenningshastighet (flammespredningshastighet testet etter ISO 3795) som ikke oversteg 100 mm/min. /13/. I praksis medførte det at de valgte så og si utelukkende setetrekk fra John Holdsworth & Co. Ltd i England, det vil si setetrekkene Vigor og Vigor 2. Dette er setetrekk som består av blandinger med høy andel ull, samt polyamid (nylon). Ull er et materiale med svært lav antennelighet, flammespredning og varmeavgivelse. Setetrekket ble av leverandør opplyst til å være selvslukkende, og har en flammespredningshastighet på 0 mm/min.

Som stoppemateriale i busseter i Norge benyttet utelukkende stoppematerialer fra Vestnofa. Dette materialet består av 13 mm tykt, støpt skum, med tetthet 57 kg/m³.

3.3.2 Forskningsresultater

3.3.2.1 Generelt

Forsøk har vist at en enkel tent sigarett eller fyrstikk, som slippes ned på et bussete, som regel ikke vil antenne brann i setet. Et sete kan imidlertid antennes ved to fystikker, hvis de plasseres på et passelig sted av for eksempel en pyroman ifølge NIST /6/. Hvis setet antennes, vil brannen spre seg i første rekke i seteputene.

Forsøk har vist at hvis en brann utvikler seg i et bussete, vil brannen i setet spre seg til andre seter, og deretter føre til overtenning av busskupéen etter 6-8 minutter /6/. Når overtenning av busskupéen først har skjedd, vil tilstanden i kupéen forlengst ha blitt kritisk med hensyn til røyk- og varmeeksponering. Passasjerene vil i slike situasjoner nærmest være ute av stand til å evakuere bussen. Når overtenning har skjedd i bussen, har flammehemmende tilsetningsstoffer relativt liten betydning for brannrisikoen. Slike tilsetningsstoffer vil i første rekke hindre antennelse og flammespredning i setene i en tidlig fase av brannen, samt redusere varmeutviklingen og sannsynligheten for overtenning av bussen.

De viktigste branntekniske egenskapene for materialene i busseter er følgende:

1. Antennelighet
2. Flammespredning
3. Varmeavgivelsen
4. Røykutviklingen
5. Giftigheten til forbrenningsproduktene

Et akseptabelt sikkerhetsnivå kan oppnås ved å anvende flammehekkende tilsetningsstoffer i bussetene. Slike tilsetningsstoffer vil i første rekke virke positivt inn på de fire første branntekniske egenskapene over, mens de i noen tilfeller kan føre til at røykproduksjonen og røykens giftighet øker, i hvert fall pr kg materiale som brenner i bussen. På grunn av at brannhastigheten synker dramatisk, i hvert fall i startfasen av brannen, og dermed tilsvarende produksjonen av giftige gasser, vil flammehekkende stoffer i de aller fleste tilfeller ha en meget gunstig effekt for situasjonen i bussen med hensyn til giftigheten av røykgassene (jf avsnitt 3.4).

3.3.2.2 Setetrekket

Tekstiler kan hovedsakelig deles inn i to grupper; nemlig tekstiler som forkuller, og tekstiler som smelter når de blir eksponert for en brann. De mest vanlige tekstilene som smelter er syntetiske stoffer som polyester, nylon, polypropylen og polyakrylater. Vanlige forkullede tekstiler er bomull, viskose, rayon, lin og ull.

For å nedsette antenneligheten kan tekstilene brannimpregneres, enten som en tilsetning til tekstilet eller som et bakenforliggende sjikt ("back-coatings") eller flammebarriere. Slike sjikt består vanligvis av et materiale av typen lateks, som er tilsatt brannhemmende stoffer.

Flatetettheten til tekstilet (i kg/m²) er i høy grad bestemmende for antenneligheten, flammespredningen og varmeavgivelsen. Et lett tekstil, det vil si med lav flatetetthet, vil antenne lettere enn et tyngre tekstil. Et tyngre tekstil vil imidlertid avgi mer varme under forbrenningen.

3.3.3 Stoppematerialet

I CBUF-programmet /7/, som er et forskningsprogram i EU-regi for gjennomgang av sikkerhet i forbindelse med stoppede møbler, ble følgende polyuretan stoppematerialer undersøkt:

- Vanlig polyuretan (PUR)
- Skum med høy elastisitet ("high resilient foam" eller "HR")
- Modifisert skum med høy elastisitet ("combustion modified high resilient foam" eller "CMHR")
- Ulike gjennomimpregnerte typer polyuretanskum.

Den enkleste strategien for å bedre brannsikkerheten til et stoppet møbel, er å redusere mengden stoppemateriale. Bruk av CMHR, eller en av de nyere typene brannhemmende skum, er også anbefalt. Skum gjennomimpregnert med grafitt er en annen god løsning, selv om den ikke er særlig vanlig ennå. Polyuretan som er impregnert med store mengder brannhemmere, er en annen mulighet.

Valg av type skum i stoppen, vil ha mer betydning for brannutviklingen enn for selve antennesfasen. Generelt sett vil tyngre skumtyper være vanskeligere å antenne, og spre flammer dårligere enn lettere skumtyper. Et tungt, flammehemmende skum kan derfor være en brukbar løsning.

3.3.4 Brann- eller flammebarrierer

En brannbarriere er et lag som kan plasseres mellom møbeltrekket og stoppen, og som virker som en barriere for å forbedre brannegenskapene.

Vanlige brannbarrierer er følgende:

- glassfiberduk
- aramid
- glassfiber/bomull/brannhemmere

I noen tilfeller er såkalte ”very-heavy-duty” brannbarrierer i bruk, slik som følgende produkter:

- Vonar (polykloropren tilsatt ulike kjemikalier for bedre branntekniske egenskaper)
- Ulike metallbelagte flerlagssystemer
- Neoprenskum

Det er sannsynligvis denne siste gruppen som vil være aktuell dersom man skal satse på brannbarrierer i forbindelse med busseter. Det kan imidlertid stilles spørsmål ved om brannbarrierer vil ha noen nytte i bruksområder der møblene er utsatt for vandalisme og ildspåsettelse. Dersom brannbarrieren kuttes opp før stolen antennes, vil effekten av brannbarrieren nærmest være borte.

3.3.5 Ramme

Generelt sett kan stoler ha ulike materialer i rammeverket, slik som:

- tre
- metall
- termoplast
- herdeplast

Rammen i et bussete vil bidra relativt sent i brannforløpet, men valg av materiale i rammekonstruksjonen kan påvirke nivået på den maksimale varmeavgivelsen for en stol i en test.

Ved NIST¹ (National Institute of Standards and Technology) i USA /8/ er det vist at stoler med ramme av termoplast vil gi dårligere resultater i prøving enn stoler med treramme. Stoler med ramme i herdeplast vil derimot gi bedre resultater enn tilsvarende stoler med treramme. Grunnen til dette er trolig at de ulike materialene medfører ulik brannmotstand for rammekonstruksjonen. Når rammeverket i stolen bryter sammen, vil nytt stoppemateriale bli eksponert for flammer, og dette fører igjen til økt varmeavgivelse. Utførelse av skjøter og sammenkoblinger er viktig for rammekonstruksjonens brannmotstand.

¹ NIST, som er en statlig organisasjon, har som oppgave er å videreføre og fremme standarder og teknologi for å øke produktiviteten, lette handel og forbedre den generelle livskvaliteten.

3.3.6 Forskning

3.3.6.1 NIST

I en rapport fra NIST i USA /6/ konkluderes det med følgende:

- Man bør ikke stole blindt på småskallatester for vurdering av brannrisikoen for busseter. Småskalaforsøk med konkalorimeteret viste temmelig forskjellig rangering av seks ulike kombinasjoner av setetrekk og stopping i forhold til fullskalaforsøk med de samme kombinasjonene.
- Antenneligheten til et stolsete blir i høy grad kontrollert av setetrekket. Ved antennelseskilde på 50 kW varierte tiden til antennelse med en faktor lik 2 mellom det beste og det dårligste setet. Ved antennelseskilde på 75 kW var imidlertid tiden til antennelse stort sett lik for alle materialkombinasjonene.
- Tiden tilgjengelig til å evakuere en buss i brann er blant annet en funksjon av både intensiteten til antenneskilden og brannegenskapene til bussetet. Det er imidlertid forventet at en antennelseskilde på mer enn 500 kW vil medføre at forholdene i bussen raskt blir uholdbare, uansett materialene i bussetet.
- Antennelseskildens varmeavgivelse mellom 250 og 500 kW medførte forhold som ville forårsake udyktiggjøring¹ av passasjerene i bussen, mens 1000 kW ville forårsake forhold som medførte dødelige betingelser i bussen.
- Eksponering for temperatur på 65 °C eller mer var det strengeste tålekriteriet. Uutholdelige forhold med hensyn til giftighet oppstod ikke før uutholdelige forhold med hensyn til temperaturen oppstod.
- Forsøk utført med seks forskjellige kombinasjoner av stoppemateriale og setetrekk viste følgende resultater:
 - Flammespredningen var størst i forbindelse med kombinasjonen standard skumgummi og vinyltrekk. Denne kombinasjonen medførte også størst maksimal varmeavgivelse og størst total varmeutvikling. Denne kombinasjonen medførte også størst HCN- eller blåsyrekonsentrasjon.
 - Melaminbehandlet skum medførte imidlertid størst total giftighet.
- Følgende tre kombinasjoner av skumgummi og setetrekk forårsaket uakseptable forhold i bussen:
 1. Standard polyuretanskum og standard vinyltrekk
 2. Melaminbehandlet polyuretanskum og "UMTA"² vinyltrekk
 3. CMHR polyuretanskum ("Combustion Modified High Resilient foam") og UMTA vinyltrekk
- Standard polyuretanskum og standard vinyltrekk medførte også dødelige forhold i busskuppet.
- Følgende tre kombinasjoner medførte akseptable forhold for passasjerene i bussen:
 1. Standard polyuretanskum og standard vinyltrekk med ikkevevd Kevlar støtte
 2. "LS Neopreneskum"³ og "UMTA" vinyltrekk
 3. "IMPAK SR-10LS"² polyuretanskum og UMTA vinyltrekk.

Ved å ha en flammearriere i det setet (kombinasjonen av setetrekk og stopping) som medførte størst brannrisiko, nemlig standard *polyuretanskum* og standard *vinyltrekk*, forbedret brannrisikoen seg i betydelig grad i setet i forhold til om en ikke hadde flammearriere.

¹ Udyktiggjøring av passasjerene vil si at de ble ute av stand til å rømme bussen.

² Urban Mass Transportation Administration (UMTA) i USA.

³ Amerikanske kommersielle produkter.

3.3.7 American Seating Corporation

Neopren er i følge American Seating Corporation /9/ ansett å være et av de beste stoppematerialene med hensyn til minimal brennbarhet. En viktig egenskap er det faktum at den nedsatte brennbarheten også gjelder i hele dybden av setet. Følgelig vil hærverk i forbindelse med ødeleggelse av setene og pyromani ikke bety så mye på grunn av motstanden mot antennelse og den nedsatte brennbarhet. /9/.

Vonar flammbarriere plassert mellom setetrekket og polstringen, vil avgi vanndamp og flammehemmende stoffer, samt danne et isolerende kullsjikt som hindrer at polstringen deltar i brannen.

Målsettingen med forsøkene var å undersøke hvor mye beskyttelse Vonar flammbarriere vil gi i forbindelse med et sete med vinyltrekk og polyuretanskum polstring i forhold til et ubeskyttet vinyltrekk på Neopren skumgummi. Målsettingen var også å undersøke betydningen av flenger i setetrekket. Forsøkene ble utelukkende utført for å teste responsen på antennelse og forandringen i brannhastigheten avhengig av graden av skader i form av rifter og hull i setetrekket.

Resultatene fra forsøkene er vist i Tabell 3.1. Følgende konklusjoner ble trukket på grunnlag av disse forsøkene:

Tabell 3.1: Oppsummering av testresultatene /9/.

Setekonstruksjon	Påført skade ved flenger	Brann-tid (min.: sec.)	Kommentarer	Maks. røyktetthet i %	Maks. temperatur (°C)
Vinyl/polyuretanskum	Nei	13:20	Begge setene oppbrent	100 % ved 10:30	538
Vinyl/Vonar flammbarriere/polyuretanskum	Nei	3:06	Vinyltrekk på ryggen til det ene setet brannskadet.	50 % ved 1:30	93
Vinyl/Vonar flammbarriere/polyuretanskum	Høyre sete påført flenger i setetrekket	10:12	Ryggen på høyre setet er sterkt brannskadet	40 % ved 3:00	315
Vinyl/Vonar flammbarriere/polyuretanskum	Begge seter påført flenger i setetrekket	37:00	Begge setene ble brannskadet	52 % ved 8:00	343
Vinyl/Neopren-skum	Nei	4:30	Vinyltrekket på høyre sete brent og Neopren-skum såvidt brannskadet	67 % ved 2:00	121
Vinyl/Neopren-skum	Begge seter påført flenger i setetrekket	3:30	Vinyltrekket på høyre sete brent og Neopren-skum såvidt brannskadet	52 % ved 1:00	121

- Standard polyuretanskum med vinyltrekk antente lett og de brant mer eller mindre fullstendig opp. Brannen medførte høy temperatur og røyktetthet i løpet av kort tid.
- Setene med Vonar flammbarriere over polyuretanskum medførte mindre brannskader og mindre røykproduksjon. Når vinyltrekket og flammbarrieren ble påført flenger, ble effektiviteten til Vonar flammbarriere med hensyn til å hindre brannskadene betydelig redusert.
- Setene med Neopren-skum medførte relativt mindre flammer og varmeutvikling også når setet ble påført flenger.

- Når risikoen i forbindelse med skader i form av flenger i setene er minimal, vil Vonar flammbarriere gi god beskyttelse mot at hele setet blir involvert i brannen. Der risikoen for skader på setet i forbindelse med hærverk og pyromani er stor, vil Neopren-skum utgjøre den beste beskyttelsen ved brann.

3.4 Fordeler og ulemper ved brannhemmende tilsetninger i for eksempel busseter

Som vi allerede har vært inne på, kan giftigheten av branngassene øke i forbindelse med visse brannhemmende tilsetningsstoffer¹, slik som for eksempel halogenholdige tilsetningsstoffer. Blant de mest brukte elementene i brannhemmende tilsetninger er halogenene fluor, brom og klor, som danner de meget giftige gassene hydrogenfluorid, hydrogenbromid og saltsyre eller hydrogenklorid, når disse stoffene deltar i brann. I tillegg er disse gassene svært korrosive. Brannhemmende tilsetningsstoffer kan også bestå av ikke-halogenholdige tilsetningsstoffer, slik som fosfor, antimon, nitrogen og bor. Disse stoffene kan også danne svært giftige branngasser.

Giftigheten i en brann av et stoff er avhengig både av stoffets *giftighet* i seg selv ("toxic potency"), og *konsentrasjonen* i røykgassene. Mengden av stoffet i bussen, sammen med stoffets brennbarhet, bestemmer konsentrasjonen av stoffet i røykgassene. Produktet av konsentrasjonen av stoffet i røykgassene og dets giftighet isolert sett, avgjør i høy grad hvor giftig stoffet er. Hvis konsentrasjonen av stoffet i røykgassene er svært høy, hjelper det lite at stoffet ikke hører til blant de mest giftige branngassene.

Selv om det finnes gasser som er mer giftige enn kullos eller karbonmonoksid (CO), er CO den klart vanligste giftgassen i brannrøyk. De fleste bygningsmaterialer og møbler består av materialer som hovedsakelig inneholder karbon. Selv om for eksempel blåsyre eller HCN isolert sett er 20-30 ganger giftigere enn CO, er det svært sjelden at mennesker omkommer primært på grunn av inhalering av andre gasser enn CO. En undersøkelse av dødsbranner i Norge i perioden 1978-1992 /10/ konkluderer med at 60 % av ofrene i bygningsbranner omkommer av CO-forgiftning.

Årsaken til at de aller fleste dør av CO-forgiftning er at de aller fleste materialer (tre, plast etc) hovedsakelig består av karbon. Når karbon brenner i lukkede rom, vil det oppstå ufullstendig forbrenning og høy produksjon av CO. Konsentrasjonen av CO vil dermed bli vesentlig høyere enn andre giftige gasser, bortsett fra karbondioksid (CO₂) som egentlig ikke regnes som en giftig branngass. Selv om altså CO ikke er den giftigste gassen i brannrøyk, vil denne gassen nesten alltid gi dødelige konsentrasjoner mye tidligere enn andre branngasser.

Den viktigste sikkerhetsfaktoren i forbindelse med brann er hastigheten på varmeavgivelsen, det vil si *varmeeffektavgivelsen* (i kW eller MW). Å redusere denne faktoren, vil normalt ha mye større effekt på tilgjengelig tid til evakuering av en buss, enn å redusere giftigheten til komponentene materialene som bussens interiør er bygget opp av. Årsaken til dette er at når varmeavgivelsen reduseres, reduseres også grovt sett produksjonen av CO i samme grad.

I en studie ved NIST i USA /11/ ble fem ulike kategorier av produkter (møbler, TV, kabler, kontormaskinkabinetter, elektroniske kretskort) satt sammen og testet i fullskala rombranner. I en serie var alle de fem produktene flammehemmet, men i den andre serien var produktene ubehandlet. Det viste seg at de flammehemmede produktene medførte en reduksjon i branngassenes *giftighet* med en faktor på 3, og en reduksjon i *varmeeffektavgivelsen* på 4.

¹ Stoff som er tilsatt et materiale for å nedsette materialets evne til antennelse og flammespredning.

Disse forsøkene har vist at den totale giftigheten i forbindelse med en rombrann er nært knyttet til *varmeeffektavgivelsen* i rommet, og at materialene virket tilstrekkelig *flammehemmende*. NIST har også tidligere vist at produkter med for lav tilsetning av flammehemmere, ikke ville gi reduksjon i ”toksisk potensial” i brannrommet. Videre hvis startbrannen er betydelig, for eksempel over 500-1000 kW, behøver heller ikke flammehemmingen innvirke nevneverdig på antenneligheten og flammespredningen i busskupéen, og dermed heller ikke på branngassens giftighet.

Ved å sørge for at materialene som er involvert i en brann avgir lite varme, vil man redusere sannsynligheten for at brannen spres i busskupéen. Dermed begrenses også dannelsen av giftige gasser i brannen, og risikoen for at kritiske tilstander i kupeen skal oppstå, reduseres tilsvarende. Når varmeavgivelsen er lav, vil også røykproduksjonen (synlig røyk) være lav for de fleste materialer. Ved tilsetning av flammehemmende midler, vil varmeeffektavgivelsen fra brannen kunne reduseres med en faktor så høy som 10 eller mer, og overtenning kan dermed forhindres /11/. Ettersom overtenning er kritisk med hensyn til evakuering av en busskupé, vil også tilgjengelig tid til evakuering øke.

Vi kan konkludere med at det uten tvil vil være en stor fordel å ha brannhemmende tilsetninger i for eksempel busseter, så fremt at materialene virker tilstrekkelig flammehemmende. Den primære årsaken er at varmeeffektavgivelsen, og dermed også den totale giftigheten, avtar.

4 FORSLAG TIL TILTAK FOR REDUKSJON AV BRANNRISIKOEN

4.1 Forslag til tiltak

Følgende tiltak foreslås på grunnlag av funn gjort i undersøkelsen for reduksjon av brannrisikoen i busser generelt:

- Busser med passasjerantall over 15 passasjerer bør ha ett eller flere 6 kg håndbrannslukkere i tillegg til 2,5 kg håndbrannslukkere som er påbudt i dag. Håndslukkere må være av type ABC, slik at de vil være effektive mot både drivstoffbranner og brann i bildekk, samt mot branner i innredningsmaterialer og stolseter.
- I busser bør det være generell informasjon til passasjerene om rømning av bussen (nødutganger), bruk av håndbrannslukker og nødhammer. Førstehjelpsutstyr bør være plassert på strategiske steder i bussen. Turbusser bør ha en egen informasjonsfolder med slik informasjon i hvert sete (jf fly).
- Bussjåførene bør ha god opplæring med hensyn til hvordan de skal opptre ved en eventuell brann i bussen. Dette gjelder spesielt ved evakuering av bussen og i forbindelse med brannbekjempelse.
- Bussen bør ha en tydelig markert hovedstrømbryter. Denne bør plasseres så nært batteriet som mulig.
- I branner med elektrisk årsak har det vist seg effektivt å slå av motoren ved hjelp av hovedstrømbryteren. Ved oppdagelse av brann i bussen, bør sjåføren ha en klar instruks om at det første sjåføren skal gjøre ved brann i bussen, er å slå av motoren med denne bryteren.
- Bussen bør ha en hovedstrømbryter (nødbryter) som utløser rask stans av motor og atskillelse av batteriet, samt eventuelt også avstengning av drivstofftilførselen når den skrus i posisjonen av.
- Ifølge tabell 2.2 er det rapportert om 7 branner i motorrom og 8 branner i kupé med opphav i elektriske ledninger. Flere av disse brannene skyldes at ledninger har ligget løse og gnisset mot andre deler av bussen. Dette har til slutt medført kortslutning til jord og etterfølgende brann. Tilstrekkelig festing/klamring av elektriske ledninger/kabler i kupéen og motorrommet vil forhindre dette. Festeanordningene bør være av isolerende type, og det må ikke være for stor avstand mellom festepunktene (for eksempel maksimalt 400 mm).
- Elektriske ledninger og kabler bør også beskyttes mot mekanisk påvirkning, høye temperaturer, drivstoff, oljer og smøremidler, hydraulikkolje, vann/fuktighet og skarpe kanter. Passende kabelgjennomføringer bør benyttes, slik at skarpe kanter elimineres.
- Elektriske ledninger/kabler bør heves for å unngå skader på grunn av fukt og korrosjon.
- Batteriet må være godt festet i et område med god ventilasjon, som samtidig gir god beskyttelse mot mekanisk påvirkning og kortslutning.
- Busser bør ha et automatisk, fast installert system for slukking av branner i motorrom, bagasjerom og andre rom hvor brann lett kan oppstå. Det finnes enkle selvaktiverende system på markedet designet for installasjon i lukkede kabinetter, skap og motorrom. Slike system detekterer automatisk og slukker brannen ved brannkilden tidlig i brannforløpet. De består som regel av en ventil koblet til en sylinder og en slange, som utgjør en fleksibel deteksjons- og leveranseenheter for slukkemiddel. Hvis det oppstår brann og brannen kommer i kontakt med slangen, vil slangen begynne og mykne og ”eksplodere” på grunn av det indre trykket. Slukkemiddelet blir dermed tilført brannens kjerne.
- Ca 25 av de gjennomgåtte brannene hadde feil på utstyr for flytende og gassformig brensel som brannårsak, og klart de fleste skyldtes lekkasje av diesel. Betydelige mengder diesel kan renne ut og antenne på varme flater i motoren. Dermed kan det oppstå en kraftig brann i motoren og på bakken under bussen. For å unngå dette bør det plasseres et avstengnings-

system som kutter tilførselen av drivstoff så nært drivstofftanken som mulig. I tilfelle et slikt avstengningssystem ikke kan plasseres ved tankens utløp, bør drivstoffledning mellom tank og avstengningssystem være av stål eller et annet materiale, som er minst like brannbestandig. Avstengningssystemet bør stenge automatisk i tilfelle trykkfall som følge av drivstofflekkasje.

- Det må jevnlig kontrolleres at isolasjonsmattene er tilstrekkelig festet, og at isolasjonsmattene består av ubrennbart materiale.
- Seksjonering med tilstrekkelig brannmotstand bør det også være mellom motorrom og kupé, samt mellom bagasjerom og kupé, eller mellom andre rom og kupé, hvor det kan oppstå en alvorlig brann som kan føre til brannspredning og overtenning av bussen.
- På grunn av at det kan oppstå høye temperaturer i turbo og eksosrør ved høy belastning på motoren, kan slike deler forårsake så høy strålevarme mot andre brennbare deler i motoren, at de tar fyr og begynner å brenne. Turbo, grenrør og eksosrør bør derfor avskjermes ved hjelp av strålingsskjermes for å unngå for sterk varmestråling mot brennbare materialer/komponenter i motorrommet.
- Gjennomgangen av over 109 bussbranner har vist at brannene som regel ble oppdaget av sjåføren eller passasjerene først når røyk trengte inn i kupéen. Selv om bussen ble evakuert før kritiske tilstander for passasjerene oppstod, kan det i mange situasjoner være en fordel å ha oppdaget brannen tidligere. Plassering av detektorer i motorrom og bagasjerom vil kunne oppdage og varsle brann på et tidligere stadium. Dette kan være viktig i forbindelse med transport av eldre og mennesker som er bevegelseshemmet. Detektorer må være av robust type, som tåler kulde, varme, fuktighet og vibrasjoner. En type termokabel kan også installeres i motoren og bagasjerom. Slik kabel detekterer temperaturøkning over lange avstander.
- Til sammen 12 branner i kupéen, det vil si hver tredje brann i kupéen, skyldes brannstart i varmeapparater som hadde forbindelse med kupéen. (Det var for eksempel tre branner som startet i Webasto varmeaggregat.) Varmeapparater bør kontrolleres ved kontroll av busser. Dieseldrevne varmeapparater, som ofte benyttes som ekstravarmere, må dessuten plasseres i separate, avskjermete rom med god ventilasjon.

REFERANSER

- /1/ Berge, G.: Prosjektforlag Brann i buss, SINTEF Prosjektforslag PF22 P0832, SINTEF Bygg og miljøteknikk, Norges branntekniske laboratorium, Trondheim 2000-08-31.
- /2/ Brannårsaksstatistikk fra Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern fra 1998 og 2000, HR-2022, ISDN: 0809-5019, Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, 3101 Tønsberg.
- /3/ Gjønnæss, T.: Bestanden av busser med flere enn 25 sitteplasser pr 31.12.98, merkefordelt, Norge totalt, sendt pr faks 21. aug. 2001, Opplysningsrådet for vegtrafikk (OFV).
- /4/ Sterner, B. m.fl.: Rapport: Bussbränder med risk for material- och personskader, s. 62, Försäkringsbranchens Serviceaktiebolag, Stockholm, februar 1990.
- /6/ Braun, E. m.fl.: Assessment of the fire performance of school bus interior components, Rapport nr. NITSTIR 4347, National Institute of Standards and Technology, July 1990.
- /7/ Sundström, B.: CBUF. Fire Safety of Upholstered Furniture - the final report on the CBUF research, programme. European Commission, Report EUR 16477 EN. 1995.
- /8/ NIST
- /9/ Barecki, C.J.: Ignition of bus seats, American Seating Corporation, Journal of consumer product and flammability 1979.
- /10/ Hansen, A.S.: Brannhemmende tilsetninger: Oversikt over anvendelser, virkemåter og skadelige effekter på helse og miljø, semesteroppgave i fag DIB 3074, Inst. for Bygg- og anleggsteknikk, NTNU, høsten 1998.
- /11/ Hirschler, M.M.: Fire Retardance, Smoke toxicity and fire hazard, Proceedings of the Flame Retardants '94 Conference, s 225-237, London 26-17 januar 1994
- /12/ Vaaje, T.: Branner i busser, e-post fra soussjef Tore Vaaje, Gjensidige Nor Forsikring, Motorvogn (direkte tlf nr. 22 96 80 31) 15.12.2000.

VEDLEGG A: Statistikk fra Gjensidige Nor Forsikring vedrørende branner i busser 1998-2000.

A.1 Generelt

Tabell A.1-A.4 viser data for branner i busser meldt til Gjensidige Nor i perioden januar 1998 til november 2000. Gjensidige Nor hadde ved årsskiftet 1999/2000 55 % markedsandel på forsikring av busser i Norge /12/.

A.2 Brannsted

Når det gjelder brannsted/bruk så gjelder følgende:

1. "I bruk": Kjøretøyet blir brukt på vanlig måte, inklusive at motoren går på tomgang.
2. "Parkert": All hensetting av kjøretøyet; på gaten, parkeringsplass, garasje, parkeringshus eller i andre bygninger.
3. "På verksted": Kjøretøyet er på verksted.

Det fremgår av tabell A.2 at vel 60 % av brannene i perioden januar 1998 til november 2000 skjedde mens bussen var "i bruk", vel 23 % av brannene skjedde mens bussen var "parkert" og 2 % av brannene skjedde mens bussen var "på verksted".

Tabell A.1: Fastsatt erstatning for branner i busser forsikret hos Gjensidige Nor fordelt på årene 1998, 1999 og 2000, avhengig om bussen var i bruk, parkert eller på verksted.

Skadeår	Brannsted/ bruk	Antall skadearter	Antall skadearter i %	Fastsatt erstatning (kr)	Fastsatt gjennomsnittlig erstatning pr brann (kr)
1998	Ukjent	0	0,0	0	0
1998	I bruk	10	71,4	1634407	163 441
1998	Parkert	3	21,4	98532	32 844
1998	På verksted	1	7,1	8550	8 550
1998	I alt	14	100,0	1741489	124 392
1999	Ukjent	2	4,9	7123	3 562
1999	I bruk	26	63,4	2871075	110 426
1999	Parkert	12	29,3	327396	27 283
1999	På verksted	1	2,4	7056	7 056
1999	I alt	41	100,0	3212650	78 357
2000	Ikke kodet	2	6,5	30000	15 000
2000	Ukjent	8	25,8	879427	109 928
2000	I bruk	16	51,6	2982821	186 426
2000	Parkert	5	16,1	450983	90 197
2000	I alt	31	100,0	4343231	140 104

Tabell A.2: Fastsatt erstatning for branner i busser forsikret hos Gjensidige Nor samlet for perioden 1998- 2000, avhengig om bussen var i bruk, parkert eller på verksted.

Samlet for 3 år:	Antall branner 1998-2000	i %	Fastsatt erstatning (kr)	Fastsatt gjennomsnittlig erstatning pr brann (kr)
Ikke kodet	2	2,3	30 000	15 000
Ukjent	10	11,6	886 550	88 655
I bruk	52	60,5	7 488 303	144 006
Parkert	20	23,3	876 911	43 846
På verksted	2	2,3	15 606	7 803
Sum:	86	100,0	9 297 370	108 109

A.3 Brannårsak

Når det gjelder definisjon av brannårsaker, gjelder følgende:

1. Elektriske anlegg: Brannårsaker knyttet til feil i det elektriske anlegget
2. Drivstofflekkasje: Brannen er knyttet til lekkasje av drivstoff, uansett hvordan brannen ble påtent.
3. Sveising, lodding, skjæring.
4. Andre årsaker: Bruk av åpen ild, fyrstikker, gressbranner, garasje nedbrent og lignende.

Tabell A.3:

Skadeår	Brannårsak	Antall skadearter	Antall skade- arter i %	Fastsatt erstatning	Fastsatt gjennomsnittlig erstatning pr brann (kr)
1998	Elektrisk anlegg	9	64,3	1 401 571	155 730
1998	Drivstofflekkasje	1	7,1	15 006	15 006
1998	Andre årsaker	4	28,6	324 912	81 228
1998	I alt	14	100,0	1 741 489	124 392
1999	Ukjent	3	7,3	48 147	16 049
1999	Elektrisk anlegg	20	48,8	2 395 983	119 799
1999	Drivstofflekkasje	3	7,3	464 869	154 956
1999	Andre årsaker	15	36,6	303 651	20 243
1999	I alt	41	100,0	3 212 650	78 357
2000	Ikke kodet	2	6,5	30 000	15 000
2000	Ukjent	7	22,6	898 625	128 375
2000	Elektrisk anlegg	17	54,8	1 587 159	93 362
2000	Drivstofflekkasje	2	6,5	1 465 896	732 948
2000	Andre årsaker	3	9,7	361 551	120 517
2000	I alt	31	100,0	4 343 231	140 104
1998 - 2000	I alt	86	-	9 297 370	108 109

Det fremgår av tabell A.4 at ca 54 % av brannene har hatt en elektrisk årsak og 7 % av brannene er knyttet til lekkasje av drivstoff, mens vel 25 % av brannene har andre årsaker. 54 % av brannene med elektrisk årsak er en vesentlig større andel enn andelen på 31 %, som ble funnet på grunnlag av gjennomgang av politidokumenter og tall fra DBE. Det motsatte gjelder for lekkasje av drivstoff, som var ca 18 %, mot bare 7 % her. Her må en tilføye at andelen som skyldes drivstoff i NBLs analyse er litt lavere, på grunn av at denne andelen også omfatter noen få tilfeller med lekkasje av hydraulikkolje, dieselolje og lignende.

Den høye prosentandelen med elektrisk årsak i Gjensidiges statistikk skyldes trolig at det er mange små branntilløp, med sviskader og lignende, som ikke har utviklet seg til en brann. Det var nemlig mange branntilfeller hvor skadebeløpet var null eller godt under kr 10 000. Dersom man eliminerer alle disse brannene med elektrisk årsak i Gjensidige statistikk, vil også andelen branner med drivstofflekkasje øke betydelig, men sannsynligvis ikke nok til å forklare den mye større andelen branner med denne brannårsaken i analysen av bussbranner i perioden 1997-2000.

Det fremgår også av tabell A.4 at fastsatt erstatning pr brann er klart størst i forbindelse med drivstofflekkasje, etterfulgt av elektrisk årsak.

Tabell A.4: Fastsatt skadeserstatning ved branner i busser som er forsikret hos Gjensidige Nor, avhengig av om brannårsaken skyldes elektrisk anlegg, drivstofflekkasje eller andre årsaker.

Samlet for 3 år:	Antall branner 1998-2000	i %	Fastsatt erstatning (kr)	Fastsatt erstat- ning pr brann (kr)
Ikke kodet	2	2,3	30 000	15 000
Ukjent	10	11,6	946 772	94 677
Elektrisk anlegg	46	53,5	5 384 713	117 059
Drivstofflekkasje	6	7,0	1 945 771	324 295
Andre årsaker	22	25,6	990 114	45 005
Sum:	86	100,0	9 297 370	108 109