

Oppgradering av brannsikkerheten i eldre murgårder

Gudrun Rørvik Dyrseth

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Harald Landrø, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel:	Dato: 10.06.2014		
Oppgradering av brannsikkerheten i eldre murgårder	Antall sider (inkl. bilag):		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Gudrun Rørvik Dyrseth			
Faglærer/veileder: Harald Landrø			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

Ekstrakt:

Eldre murgårder bygget i perioden 1860 til 1930 er preget av dårlig brannsikkerhet. Dårlig branncellegrensende skille mot trapperom kombinert med at det ofte bare er ett tilgjengelig trapperom gjør at rømningssikkerheten er dårlig.

Det er gjennomført en risikoanalyse og kost/nytte-analyse for å undersøke hvilke tiltak som bør gjennomføres.

Det anbefales at det monteres røyktettelister på trapperomsdørene og installeres brannalarmanlegg i bygget.

Stikkord:

1. eldre murgårder
2. 1890-gård
3. oppgradering av brannsikkerheten
4. rømningsveier

(sign.)

Forord

Denne rapporten er skrevet som prosjektoppgave i emnet TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Veileder ved instituttet har vært professor II Harald Landrø.

Oppgaven har hatt som mål å undersøke brannsikkerheten i eldre murgårder, med fokus på rømningssikkerhet, og vurdere hvilke tiltak som bør gjennomføres for at brannsikkerheten skal være god nok.

Jeg ønsker å takke Harald Landrø og Anders Arnhus for god hjelp og nyttige innspill til oppgaven. Jeg vil også takke Christian Björk og Frank Hoffsbakken som har tatt seg tid til å svare på spørsmål jeg har hatt i forbindelse med oppgaven.

Trondheim, 10. juni 2014

Gudrun Rørvik Dyrseth

Sammendrag

I perioden 1860-1930 ble det bygget et stort antall murgårder i de største byene. Flesteparten av disse ble bygget på 1890-tallet, og murgårdene har derfor fått betegnelsen 1890-gårder. Man finner slike bygårder i hovedsak i Oslo, Bergen, Trondheim og Ålesund.

Gårdene er bygget med bærende vegger i murt tegl og etasjeskillere i tre. Utette tilslutninger og gjennomføringer, skjulte hulrom og mye brennbare materialer i konstruksjonen er faktorer som bidrar til at en brann lett kan spre seg i en slik bygning. En stor del av murgårdene har bare ett tilgjengelig trapperom. Originale trapperomdører har generelt dårlig brannmotstand og røykthet, dette gjør at trapperommet raskt vil fylles med røyk og hindre muligheten for å rømme.

Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn krever at *«Sikkerhetsnivået i eldre bygninger skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.»* Det finner imidlertid ingen klart definisjon av hva som kan regnes som innenfor denne rammen.

En hendelsestreakseanalyse er gjennomført, med hensikt å undersøke hvilke brannsikringstiltak som gir best effekt på bedring av rømmingssikkerheten. Risikoen for å omkomme som følge av blokkerte rømningsveier og den totale risikoen for å omkomme i brann i bygget er beregnet. Dødsbrannrisikoen er regnet om til en FAR-verdi for å vurdere risikonivået opp mot probabilistiske akseptkriterier. Det er også gjennomført en kost/nytte-analyse for å undersøke hvilke tiltak som gir best bedring i sikkerheten i forhold til kostnadene.

Resultatene viser at ingen brannsikringstiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomme å gjennomføre. Sprinkleranlegg var det tiltaket som ga størst reduksjon i risiko, men har også svært høye kostnader sammenlignet med de andre brannsikringsalternativene. Det anbefales at det monteres røyktettelister på dørene og installeres brannalarmanlegg i bygget. Dette vil gi tilstrekkelig lang tilgjengelig rømningstid, og bedrer samtidig sikkerheten til personer som oppholder seg i startbrannleiligheten. En slik løsning ivaretar også trapperommets originale utseende som ansees for å ha en antikvarisk verdi.

Summary

Between 1860 and 1930 there was built a large number of brick buildings in the major cities in Norway. Most of these buildings are found in Oslo, Bergen, Trondheim and Ålesund.

The buildings are built with load-bearing walls of masonry brick and floors of wood. Leaking joints and penetrations, hidden cavities and combustible materials in the construction are factors that can make a fire spread easily in such a building.

A large number of brick built apartment buildings have only one available stairwell. Original stairwell doors generally have poor fire resistance and smoke density, this allows the stairwell to quickly be filled with smoke in case of fire, and prevent the possibility of escape.

Regulations relating to fire prevention and supervision requires that "The safety of older buildings should be upgraded to the same level as for newer buildings as far as this can be done within a practical and economically viable framework." There is, however, no clear definition of what safety measures that can be considered to be within this frame.

An event tree analysis has been carried out, with to examine the fire safety measures that give the best effect on improvement of evacuation safety. The risk of dying as a result of blocked escape routes and the overall risk of dying in a fire in the building is conducted. The risk of death in case of fire is converted to a FAR value to assess the level of risk to the probabilistic acceptance criteria. There is also carried out a cost / benefit analysis to determine which measures provide the best improvement in security in relation to costs.

The results show that no fire safety measures are economically viable to implement. Sprinklers were the measure that gave the greatest reduction in risk, but this alternative have very high costs compared to other fire protection options. It is recommended that it should be installed smoke sealing strips on the doors and installed fire alarm system in the building. This will provide sufficient long available egress time, and also improve the safety for persons in fire origin apartment. This solution also manages the stairwell original appearance that is considered to have an antiquarian value.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iii
Summary	v
Tabelliste	xi
Figurliste	xiii
1 Innledning	15
1.1 Bakgrunn.....	15
1.2 Formål.....	16
1.3 Omfang og begrensninger	16
1.4 Metode	17
2 Rammebetingelser	19
2.1 Lover og forskrifter som regulerer brannsikkerheten i eksisterende bygninger	19
2.1.1 Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn (FOBTOT).....	19
2.1.2 Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)	21
2.2 Plan- og bygningsloven (PBL).....	22
2.3 Antikvarisk vern	23
2.4 Krav til eksisterende byggverk.....	25
3 1890-gårder.....	27
3.1 Historisk bakgrunn og bygningslovgivning	27
3.2 Beskrivelse av en typisk 1890-gård	28
3.3 Branntekniske svakheter i 1890-gårder	29
3.3.1 Trapperom.....	29
3.3.2 Trapperomsdører	29
3.3.3 Etasjeskillere og innvendige vegger	30
3.3.4 Gjennomføringer og tilslutninger.....	30
3.3.5 Kjeller.....	31
3.3.6 Loft.....	31

3.3.7	Innvendige overflater	31
3.3.8	Fasade.....	31
3.4	Brannteknisk tilstand på murgårdene i dag	32
3.5	Holdninger til og praksis ved oppgradering av brannsikkerheten	34
4	Statistikk.....	37
4.1.1	Boligstatistikk	37
4.1.2	Brannspredning	38
4.1.3	Arnested	40
4.1.4	Dødsbranner.....	41
4.1.5	Risikogrupper	43
4.1.6	Dødsbranner med flere omkomne.....	44
4.1.7	Påsatte branner	45
5	Risiko	47
5.1.1	Risikoperspektiv	47
5.2	Måling av risiko.....	49
5.3	Akseptkriterier	49
5.3.1	ALARP	53
6	Risikoanalyse.....	55
6.1	Metode	55
6.2	Risikoanalyseverktøy	56
6.3	Menneskers oppførsel, og menneskelige tålegrenser ved brann.....	58
6.3.1	Rømningstid.....	58
6.3.2	Menneskelige tålegrenser ved brann.....	62
6.4	Brann- og røykspredning	64
6.4.1	Brannutvikling	64
6.4.2	Røykspredning.....	65
6.4.3	Brannspredning	66
6.5	Brannsikkerhetstiltak.....	67
6.5.1	Branncellebegrensende skille mot trapperom	67
6.5.2	Trapperomsdører	69
6.5.3	Boligsprinkleranlegg	72
6.5.4	Røykvarslere	77

6.5.5	Brannalarmanlegg	78
6.5.6	To rømningsveier.....	78
6.5.7	Organisatoriske tiltak	79
6.6	Beskrivelse av analyseobjektet.....	81
6.7	Kvalitativ analyse	82
6.7.1	Brann i murgård som har installert boligsprinkleranlegg	82
6.7.2	Brann i leilighet.....	82
6.7.3	Brann i kjeller.....	82
6.7.4	Brann på loft.....	83
6.7.5	Brann i trapperom	83
6.8	Beregninger	84
6.8.1	Sannsynlighet for brannspredning.....	84
6.8.2	Resultat av hendelsestreanalysen.....	85
6.9	Vurdering av valgte pålitelighetstall	88
6.10	Risiko for å omkomme i leilighet	89
6.11	Kost/nytte-analyse.....	90
6.11.1	Kostnader	90
6.11.2	Nytte.....	91
6.11.3	Resultater av kost/nytte-analyse	91
7	Diskusjon.....	93
8	Konklusjon.....	97
9	Forslag til videre arbeid	99
	Referanser	101
	Vedlegg 1- Eksempel på hendelsestre	105

Tabelliste

Tabell 1 Brann- og røykspredning ved brannvesenets ankomst i 2013(Oslo brann- og redningsetat, 2014)	39
Tabell 2 Dødsbranner og antall omkomne for ulike typer boligbygg(Stenstad, 1983)	42
Tabell 3 Antall omkomne per dødsbrann i perioden 1999-2009(Bjelland, 2009)	44
Tabell 4 Typiske grenser for individuell risiko(Aven & Renn, 2010)	52
Tabell 5 Samfunnets vilje til å redusere risiko(Nystedt, 2003)	52
Tabell 6 Estimert av reaksjonstid for et worst-case scenario(Guylène Proulx et al., 2006).....	59
Tabell 7 Estimert nødvendig rømningstid(Guylène Proulx et al., 2006)	60
Tabell 8 Beslutnings- og reaksjonstid ved ulike typer varsling(Frantzich, 2001).	60
Tabell 9 Rømningstid fra leiligheter	61
Tabell 10 Menneskers respons på CO i innåndingsluften(Hartzell, 1989), gjengitt på norsk av(Mostue et al., 2003).	63
Tabell 11 Menneskers respons på temperatur(Mostue et al., 2003).	64
Tabell 12 Tid frem til kritiske og dødelige forhold i startbrannleilighet(Bjelland, 2009)	64
Tabell 13 Publiserte estimater på pålitelighet for brannverntiltak (British Standard Institution, 2003; Bukowski, Budnick, & Schemel, 1999)	68
Tabell 14 Lekkasjetall for branndører(Jan Paul Stensaas & Ulfnes, 2001)	70
Tabell 15 Pålitelighet for vegg mot trapperom med ulike typer dører.....	72
Tabell 16 Årsak til at sprinkleranlegget sviktet(Hall, 2011)	75
Tabell 17 Resultater fra hendelsestreakseanalyse, sannsynlighet for brannspredning fra startbrannleilighet(Bjelland, 2009)	84
Tabell 18 Brannfrekvens i analysebygget med ulike aktive brannverntiltak	84
Tabell 19 Risiko for å omkomme som følge av røykfylt trapperom.....	85
Tabell 20 Reduksjon i antall omkomne i forhold til dårligste løsning for bygg med ett trapperom	86
Tabell 21 Forventet reduksjon i antall omkomne for løsninger i forhold til dårligste løsning for bygg med to trapperom.....	87
Tabell 22 Reduksjon i antall omkomne med 2 minutter lengre tilgjengelig rømningstid	88
Tabell 23 Resultater fra hendelsestreakseanalyse, forventet antall omkomne i startbrannleilighet(Bjelland, 2009)	89
Tabell 24 FAR-verdi for personer i bygget når man tar hensyn til risikoen for å omkomme både i startbrannleiligheten og utenfor startbrannleiligheten.....	89
Tabell 25 Kostnader for ulike brannsikkerhetstiltak (kostnader uten mva.)	90
Tabell 26 Nytte i forhold til kostnader ved de ulike brannsikringstiltakene, for en bygård med ett trapperom.....	91
Tabell 27 Nytte i forhold til kostnader ved de ulike brannsikringstiltakene, for en bygård med to trapperom	92

Figurliste

Figur 1 Brannlovgivningen i Norge (SINTEF Byggforsk, 2013)	19
Figur 2 Typisk 1800-talls murgårdsbebyggelse (Oslo kommune. Byantikvaren, 2008)	23
Figur 3 Ny branddør og gammel trefyllingsdør i trapperom(Korsaksel, 2009)	23
Figur 4 Eksempel på original trapperomsdør (Oslo brann- og redningsetat, 2007)	29
Figur 5 Prinsipiell oppbygning av etasjeskiller med stubbloft (SINTEF Byggforsk, 2007b)	30
Figur 6 Antall boliger i blokk, fordelt etter byggeår(SSB, 2011a)	37
Figur 7 Årsaker til brannspredning i murgårdsbranner(Oslo brann- og redningsetat, 2002)..	38
Figur 8 Hovedårsakene til innvendig brann- og røykspredning i Oslo, 2013(Oslo brann- og redningsetat, 2014)	39
Figur 9 Arnested for dødsbranner i blokk i perioden 1993-2009, boligbranner i perioden 2002-2008 og murgårdsbranner i perioden 1997-2009 (DSB, 2009, 2014; Oslo brann- og redningsetat, 2007)	40
Figur 10 Antall omkomne i bolig per 1 million innbyggere etter alderssegment(DSB, 2010b)	43
Figur 11 Anbefalte akseptkriterier(Hokstad et al., 1998)	52
Figur 12 ALARP-prinsippet med basis i britisk regelverk(Vinnem et al., 2006).....	53
Figur 13 Eksempel på trekantfordeling over sannsynlig nødvendig rømningstid når brannalarmanlegget fungerer	56
Figur 14 Eksempel på Pertfordeling over sannsynligheten for at brannalarmanlegget fungerer	57
Figur 15 Rømningstid(SINTEF byggforsk, 2006)	58

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Eldre murgårder, bygget i perioden 1860-1930 er preget av dårlig brannsikkerhet. Dårlig branncellebegrensende skille mellom leiligheter og trapperom kombinert med mye bruk av brennbare materialer i konstruksjonen gjør at brann i en 1890-gård kan få store konsekvenser. Flertallet av murgårdene har også bare tilgang på ett trapperom, noe som forverrer rømningssikkerheten ytterligere.

Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn stiller krav om at brannsikkerheten i eldre bygninger skal forbedres.

§ 2 – 1, 4. ledd sier:

«Sikkerhetsnivået i eldre bygninger skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Oppgraderingen kan skje ved bygningstekniske tiltak, andre risikoreduserende tiltak eller ved en kombinasjon av slike.

Dette kravet har vært gjeldende siden 1990, men fremdeles er det mye arbeid som gjenstår før sikkerheten i 1890-gårder kan sies å være like god som sikkerheten i nyere boligblokker. Hvilke tiltak som er innenfor «praktisk og økonomisk forsvarlig ramme» er ikke klart definert, og det ønskes å undersøke nærmere hvilke kriterier som bør legges til grunn for å definere hva som er innenfor denne rammen.

De siste årene har det vært et økt fokus på brannsikkerheten i eldre murgårder. Blant annet har det kommet på plass lokale forskrifter i Oslo og Trondheim, som gir brannvesenet adgang til å føre tilsyn i de eldre murgårdene.

Den viktigste forskjellen mellom 1890-gårder og nyere boligblokker er at det er større fare for at en brann skal spre seg ut av startbranncellen og dermed utgjøre en trussel for mange mennesker. Det ønskes å undersøke hvor stor denne faren egentlig er, og hvilke tiltak som er nødvendig å innføre for at risikonivået skal være akseptabelt.

1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven er å:

1. Undersøke hva som ligger innenfor definisjonen «praktisk og økonomisk forsvarlig ramme».
2. Vurdere hvilke tiltak, innenfor praktisk og økonomisk forsvarlig ramme, som gir best effekt på bedring av brannsikkerheten i eldre murgårder.

Oppgaven vil i hovedsak fokusere på tiltak som øker sikkerheten for personer som befinner seg i bygget, utenfor startbranncellen. Men tiltak som bedrer sikkerheten for personer i startbranncellen, og dermed bedrer det totale sikkerhetsnivået i bygget vil også bli vurdert.

Effekten av ulike tiltak for å bedre sikkerheten skal undersøkes, og vurderes i forhold til kostnadene ved å innføre tiltaket.

1.3 Omfang og begrensninger

Fokuset i oppgaven er på hvordan oppgradering av brannsikkerheten i eldre murgårder påvirker risikoen for å dø i brann. Det vil fokuseres på tiltak som kan bedre rømningssikkerheten i bygget, altså i hovedsak tiltak for å hindre brann- og røykspredning til trapperom. Tiltak for å sikre materielle verdier vil ikke vurderes.

Kost/nytte-analysen som gjennomføres vil bare vurdere effekten et tiltak har på reduksjon i antall omkomne. Nytteverdier knyttet til mindre materielle skader og færre antall skadede personer er ikke vurdert.

Det fokuseres på boliger som må oppgraderes til sikkerhetsnivået i nye bygg, etter krav i FOBTOT. Brannsikkerhet ved innredning av bolig på loft er ikke vurdert, ettersom dette faller under nye byggeforskrifter og kravene som stilles i TEK.

Mange av 1890-gårdene inneholder næringslokaler i de nederste etasjene (butikker restauranter, barer etc.). Forskjellige typer næringslokaler har ulik risiko for brann. For å begrense omfanget av risikoanalysen er det valgt å fokusere på gårder som kun inneholder boliger.

1.4 Metode

Grunnlaget for oppgavens bakgrunnsmateriale, for å kartlegge brannsikkerhetssituasjonen og effekten av ulike tiltak for 1890-gårdene er undersøkt ved hjelp av litteratur. Anvendt materiale er hentet inn fra forskningsinstitusjoner og universiteter, i tillegg til ulike offentlige instanser. I tillegg er gjeldende lovverk som omhandler brannsikkerhet og oppgradering av bygninger er studert, og det er hentet inn informasjon ved samtaler med brannvesenet.

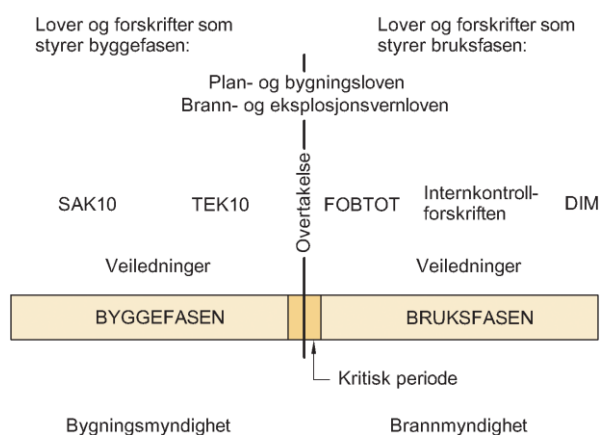
Statistikken som er brukt i oppgaven er i stor grad hentet fra DSBs rapporter og statistikkdatabase. Statistikk om boliger generelt er hentet inn fra SSB. Statistikk om branner og brannsikkerhet i 1890-gårder baserer seg i stor grad på rapporter fra Oslo brann- og redningsetat.

For å vurdere risikoen i 1890-gårder er det gjennomført risikoanalyse av en typisk eldre murgård. Risikoanalysen baserer seg på statistikk og subjektive vurderinger. Begrunnelser for valg av data er presentert, og det redegjøres for hvilke antagelser som blir gjort. Analyse av rømningsikkerheten i 1890-gårder er beregnet ved hjelp av hendelsestreanalyser. Resultatene av denne danner grunnlaget for kost/nytte-analysen som gjennomføres.

2 Rammebetingelser

2.1 Lover og forskrifter som regulerer brannsikkerheten i eksisterende bygninger

Brannsikring av bygninger i Norge reguleres av *Plan- og bygningsloven*, *Brann- og eksplosjonsvernloven* og *Internkontrollforskriften*. De aktuelle lover og forskrifter er vist skjematisk i figur 4.



Figur 1 Brannlovgivningen i Norge (SINTEF Byggforsk, 2013)

2.1.1 Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn (FOBTOT)

Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn tilhører brann- og eksplosjonsvernloven. Av de mest relevante delene av forskriften, og tilhørende veiledning, i forhold til brannsikring av eldre murgårder kan man trekke fram følgende punkter.

§ 2 – 1, 4. ledd sier:

«Sikkerhetsnivået i eldre bygninger skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Oppgraderingen kan skje ved bygningstekniske tiltak, andre risikoreduserende tiltak eller ved en kombinasjon av slike.

Med *nyere bygninger* menes bygg som er oppført i henhold til byggeforskrift 1985 eller senere forskrifter. Byggeforskrift 1985 settes dermed som minstekrav for nivået på brannsikkerheten i eldre bygninger. Det er dermed ikke sagt at de branntekniske løsningene må være som angitt i 1985, men at sikkerheten skal være like god. Sikkerhetsnivået angitt i byggeforskrift 1985 er tilnærmet det samme som i dagens byggeforskrifter. For bygg som ennå ikke er oppgradert etter krav i *forskrift om brannforebyggendetiltak og brannsyn* av 1990, sier veiledningen at det skal oppgraderes til sikkerhetsnivå som følger av TEK.

Hva som kan defineres som praktisk og økonomisk ramme er i stor grad et diskusjonsspørsmål. I veiledningen defineres det slik:

«Branntekniske avvik som anses å ligge utenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme, kan eksempelvis være at bærende hovedsystem, sekundære bærende bygningsdeler, etasjeskiller og lignende ikke oppfyller "utprøvde og anerkjente løsninger (preaksepterte løsninger)" (ref. REN).

I byggverk med slike avvik, kan det være nødvendig å foreta en helhetlig kartlegging av status (risikoanalyse) og vurdere de tekniske og/eller organisatoriske tiltak som gir best sikkerhet i forhold til investeringene.

Etablering av ev. manglende rømningsveier, installasjon av brannalarmanlegg, automatisk slokkeanlegg/seksjonering, ledesystemer e.l. for å øke tilgjengelig rømningstid og tiltak for å sikre store verdier, anses ikke å ligge utenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Rømningssikkerhet må prioriteres høyt. Bestemmelsen er ikke rettet mot eiers/virksomhetens økonomiske situasjon.»(DSB, 2012)

Veiledningsteksten er mulig å tolke som at det er påkrevd at å innføre tiltakene som er angitt å være innenfor praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Tiltak som for eksempel sprinkling og etablering av rømningsveier vil i mange tilfeller ligge langt utenfor disse rammene. Hvilke tiltak som må gjennomføres for å få brannsikkerheten på et akseptabelt nivå må vurderes ved analyse.

Rømningssikkerhet omtales i § 2-3:

«Eier av ethvert brannobjekt skal sørge for at rømningsveiene til enhver tid dekker behovet for rask og sikker rømning.»

Trapperom i eldre murgårder er sjeldent tilfredsstillende brannsikret. Denne paragrafen understreker viktigheten av å oppgradere disse.

Krav om å hindre teknisk forfall av brannsikkerheten i bygget omtales i § 2-4,1. og 2. ledd:

«Eier av ethvert brannobjekt skal, der det er nødvendig, sørge for at kvalifisert personell foretar jevnlig kontroll, ettersyn og vedlikehold av installasjoner, utstyr, konstruksjoner m.m. for å forhindre teknisk forfall som kan redusere brannsikkerheten.

Eier må sørge for at røyk- og branncellebegrensende bygningsdeler er intakte og ikke svekket av hull, samt at konstruksjoner hvor det er krav om brannmotstand virker som forutsatt. Kanaler, rør og lignende som krysser røyk- og branncellebegrensende bygningsdeler, og gjennomføringer for disse, skal være utført slik at brannmotstanden ikke reduseres.»(DSB, 2012)

Bygårdene har som regel gjennomgått flere oppussinger og endringer gjennom årene, og spesielt gjennomføringer i branncellebegrensende bygningsdeler kan ha gjort brannsikkerheten dårligere enn opprinnelig. Eier vil ha ansvar for å utbedre slike feil.

Veiledningen til forskriften angir «*eldre leilighetsbygg*» som eksempel på bygg som kan betegnes som særskilt brannobjekt i kategori a. «*bygninger og områder hvor brann kan medføre tap av mange liv*». Om disse bør defineres som særskilte brannobjekt avhenger av alder (1860-1920) og den tekniske tilstanden til bygget, f.eks. om det er foretatt rehabiliteringer eller ombygginger som har betydning for brannsikkerheten.

At eldre leilighetsbygg trekkes fram som særskilte brannobjekter vil si at det regnes som bygg «*hvor brann kan medføre tap av mange liv eller store skader på helse, miljø eller materielle verdier.*»(Justis- og beredskapsdepartementet, 2008)

Kommunen har ansvar for å identifisere disse byggene, og sørge for at det føres tilsyn, for å kontrollere om de er tilstrekkelig sikret mot brann.

2.1.2 Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)

Internkontrollforskriften gjelder for alle virksomheter. Både borettslag, sameier og virksomheter som driver utleie, i praksis alle bygårder, går under begrepet virksomhet(DSB, 2010a). Forskriften setter krav til at det skal gjennomføres systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheten. Det kreves også at dette arbeidet skal kunne dokumenteres overfor tilsynsmyndighetene. Internkontrollen stiller krav til at den som er ansvarlig for virksomheten sørger for systematisk oppfølging av gjeldene krav i en rekke lover, blant annet brann- og eksplosjonsvernloven og lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr.

Internkontrollforskriften krever at det fastsettes mål for helse-, miljø og sikkerhet. Det skal også gjennomføres en kartlegging av farer og problemer, risiko må vurderes, og det skal utarbeides planer og tiltak for å redusere risikoforholdene. Det skal også iverksettes rutiner for å sikre at kravene fastsatt i eller i medhold av helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen følges. I tillegg skal internkontrollen systematisk overvåkes og gjennomgås for å sikre at den fungerer som forutsatt(Arbeidstilsynet, 2012).

En spørreundersøkelse utført av Norsk brannvernforening og tidsskriftet Brann & Sikkerhet viser at en stor andel av borettslag og sameier ikke har gode rutiner for sikkerhetsarbeidet. Av de 400 styrelederne som svarte oppga 70 % at de ikke hadde laget planer for evakuering av beboere i tilfelle brann eller andre ulykker. 40 % innrømmet at de hadde liten eller begrenset kjennskap til internkontrollforskriften. Nesten like mange svarte også at de ikke hadde gjennomført tiltak for å oppfylle forskriften(Norsk brannvernforening, 2007).

2.2 Plan- og bygningsloven (PBL)

Plan- og bygningsloven stiller krav til den tekniske utførelsen av bygget. Gjeldende plan og bygningslov kom ut i 2008, og erstattet loven fra 1985. Loven gjelder i hovedsak for nybygg og tiltak på eksisterende bygninger, men § 31-4 gir kommunen adgang til å gi pålegg om dokumentasjon og utbedring av eksisterende byggverk.

«Pålegg kan bare gis der utbedring vil gi vesentlig forbedring av byggverkets eller installasjonens funksjon som tilsies av tungtveiende hensyn til universell utforming, helse, miljø, sikkerhet eller bevaringsverdi. I vurderingen skal det legges vekt på kostnadene ved pålegget, antall brukere, hvilke farer eller ulemper de utsettes for, og avstanden mellom den faktiske tilstanden og gjeldende krav.» (pbl. §31-4)

De mest relevante punktene er § 20-1 *Tiltak som krever søknad og tillatelse* og kapittel 31 *Krav til eksisterende byggverk*.

Noen tiltak som krever søknad og tillatelse fra bygningsmyndighetene er blant annet fasadeendring, bruksendring og oppdeling eller sammenføyning av bruksenheter i boliger (pbl § 20-1).

Ved søknadspliktige endringer vil gjeldende bygningslov med tilhørende forskrifter tre i kraft. Det vil si at kravene gitt i TEK10 skal gjelde for de delene av bygningen som omfattes av tiltaket. Kommunen kan i tillegg kreve at andre deler av bygget skal settes i bedre stand, dersom det ellers ikke er tilrådelig å gjennomføre det omsøkte tiltaket. I tillegg kan kommunen *«gi tillatelse til bruksendring og nødvendig ombygging og rehabilitering av eksisterende byggverk også når det ikke er mulig å tilpasse byggverket til tekniske krav uten uforholdsmessige kostnader, dersom bruksendringen eller ombyggingen er forsvarlig og nødvendig for å sikre hensiktsmessig bruk.»(pbl § 31-2).*

Et typisk tiltak som gjennomføres i 1890-gårder og medfører at krav i Plan- og bygningsloven, og TEK10 må følges er ombygging av loft til bolig. Dette er allerede blitt gjort i en stor del av murgårdene i Oslo. Rømning fra loft kan være problematisk, men innredning av loft bidrar til at sikkerheten for hele bygården vil bedres fordi det medfører krav til oppgradering av rømningsveier og installering av brannalarmanlegg i bygget. Denne oppgaven konsentrerer seg om de bygårdene som ikke har innredet bolig på loft. Her er det ikke innført krav om at nyere bygningslovgivning følges og det antas at disse generelt er i dårligere stand bransikkerhetsmessig.

2.3 Antikvarisk vern

Bevaring av kulturhistoriske minner styres av Kulturminneloven og Plan- og bygningsloven. Kulturminneloven omhandler fredede kulturminner. Verneverdige og bevaringsverdige bygninger behandles av plan- og bygningsetaten sammen med byantikvaren.

Plan- og bygningsloven § 31-1 sier at «Ved endring av eksisterende byggverk, oppussing og rehabilitering skal kommunen se til at historisk, arkitektonisk eller annen kulturell verdi som knytter seg til et byggverks ytre, så vidt mulig blir bevart.»

Store deler av murgårdsbebyggelsen i Oslo er registrert på byantikvarens Gule liste.

Dette innebærer at byggene enten er formelt fredet, formelt vernet eller er vurdert som bevaringsverdige av Byantikvaren. Det er først og fremst fasadene på murgårdene som ønskes bevart, for å beholde uttrykket av «byens unike og homogene murgårdsbebyggelse fra 1800-tallet» (Kgl.res. 31.08.2001) i indre by, typisk 1800-talls murgårdsbebyggelse vises i figur 5 (Oslo kommune. Byantikvaren, 2008).



Figur 2 Typisk 1800-talls murgårdsbebyggelse (Oslo kommune. Byantikvaren, 2008)



Figur 3 Ny branddør og gammel trefyllingsdør i trapperom(Korsaksel, 2009)

Også trapperom med originale trefyllingsdører og himlinger i trapperom ansees å ha kulturhistorisk verdi. Det stilles ingen krav om at bevaringsverdige bygninger skal ta vare på det originale utseendet i trapperommet, men det er sterkt ønske, både fra byantikvaren, og som regel også fra eiere og beboere om at det originale uttrykket skal beholdes(Oslo brann- og redningsetat, 2007). Om det originale utseendet i trapperommet skal beholdes setter det en del begrensninger til hva man kan gjøre av bygningsmessige endringer. Figur 3 viser et trapperom hvor

den ene trefyllingsdøren er byttet ut med en ny brannklassifisert dør.

Bevaringsinteresser kan komme i konflikt med brannsikkerhetshensyn. For eksempel vil det ved innredning av loft ikke tillates at takterrasser utføres på takflater som vender ut mot det offentlige rom (Byantikvaren og plan- og bygningsetaten, 2013). Dette vil vanskeliggjøre redning, siden det vanligvis bare er mulighet til å benytte stigebil ved fasaden som vender ut mot gaten, og takterrasser mot bakgården ligger ofte for høyt til at brannvesenets skyvbare stiger kan benyttes.

Originale dører har dårlig brannmotstand og røyktetthet. I mange bygårder har disse blitt byttet ut med nye brannklassifiserte dører. De gamle dørene er mulig å beholde, men de må da utbedres blant annet ved bruk av tettelist, brannhemmende maling og ekstra platebeslag.

I Loftsveilederen utgitt av Byantikvaren og Plan- og bygningsetaten i Oslo uttrykkes det at

«I all eldre bebyggelse er hovedadkomsten opp til den enkelte leilighet representativt utformet. Portrom og trappeoppganger, med alle deres detaljer, frem til entrédøren og opp til himlingen, tilhører bygningens offentlige del. En loftsutbygging kan føre til ønske om at trapperomshimlingen gjennombrytes, og krav om at trapperommet gis en øket grad av brannsikring. Det gjelder å unngå at verdifulle og tidstypiske detaljer derved fjernes eller på annen måte ødelegges. I stedet bør inngrepene gjøres så små som mulig, og bevaringen av originalelementer sikres ved kompenserende tiltak, som oppgradering av eksisterende dører og installasjon av brannvarsling og slukkeanlegg.

Eksisterende rømningsveier i form av bitrapp skal i utgangspunktet ikke fjernes. Nye rømningsveier bør løses innvendig.» (Byantikvaren og plan- og bygningsetaten, 2013)

Installering av sprinkleranlegg er altså mer ønskelig enn tradisjonell oppgradering med kledning av trapperomsvegger i gips og utskifting av dører.

Utvendig rømningstrapp ville vært et godt tiltak for å bedre rømningssikkerheten, og anbefales som tiltak i byggforskblad 720.315 *Brannteknisk utbedring av murgårder fra perioden 1870-1940*, men er ikke ønskelig fra Byantikvaren.

2.4 Krav til eksisterende byggverk

Hvert år fornyes i underkant av 2 % av bygningsmassen. Stadig strengere krav til nybygg gjør at det kan oppstå et misforhold mellom kvaliteten på nye og eksisterende bygninger. Det er i utgangspunktet reglene i bygningsloven som gjaldt på oppførelsestidspunktet som er gjeldende for bygget. Dette følger av § 97 i Grunnloven om at *ingen lov må gis tilbakevirkende kraft*.

Grunnlovsparagrafen vil i midlertid komme i konflikt med en generell oppfatning om at mennesker har krav til et visst nivå av sikkerhet der de oppholder seg, og flere lover og forskrifter stiller derfor direkte eller indirekte krav om utbedring av eksisterende bygninger.

I tillegg til *Brann- og eksplosjonsvernloven* og *Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn* som stiller krav om oppgradering av brannsikkerheten i eldre bygg er blant annet *Arbeidsmiljøloven*, *Kulturminneloven* og *Opplæringsloven* utformet slik at det kan utløses krav om bygningsmessige endringer. *Arbeidsmiljøloven* har blant annet formål om å gi trygghet mot fysiske skadevirkninger og gi en velferdsmessig standard som til enhver tid samsvarer med den teknologiske og sosiale utviklingen i samfunnet. Dette kan medføre krav om endringer på eksisterende bebyggelse, for eksempel utbedring av ventilasjonsanlegg. Krav om tilgjengelighet for funksjonshemmede vil også kunne kreve bygningsmessige endringer. Plan- og bygningslovens § 31-4 gir adgang til å gi pålegg om utbedring ved tungtveiende hensyn til helse, miljø, sikkerhet eller bevaringsverdi. For at et slikt pålegg skal gis, må det tas hensyn til kostnader, antall personer som utsettes for fare, og avstanden mellom den faktiske tilstanden og gjeldende krav. Paragrafen er i hovedsak ment å gjelde for offentlige bygg med mange brukere, og vil kun i helt spesielle tilfeller være aktuelt å vurdere tiltak for boliger (NOU, 2005).

3 1890-gårder

3.1 Historisk bakgrunn og bygningslovgivning

For å få en bedre forståelse for hvordan, og hvorfor, 1890-gårdene er bygget slik de er, er det tatt med en beskrivelse av byutvikling og bygningslover. Spesielt fra tiden da de ble bygget, men også om noen krav om oppdateringer som ble innført i senere år.

På begynnelsen av 1800-tallet fantes det ingen nasjonal bygningslov, men de enkelte byene innførte sine egne bygningsregler. Bybranner var den store frykten på denne tiden, og resulterte i at det ble innført murtvang i de største byene. Oslo innførte murtvang i 1827, Bergen i 1899 og Trondheim innførte delvis murtvang i 1845. Først i 1904, etter bybrannen i Ålesund, ble det innført generell murtvang i alle byer.

I perioden rundt slutten av 1800-tallet skjedde det en stor økning av folketallet i de største byene i Norge. Blant annet økte folketallet i Oslo fra 30 000 i 1850 til 230 000 i 1900. En lignende utvikling kunne man se i Bergen og Trondheim, men i en mindre målestokk. Resultatet av dette var en storstilt utbygging av boliger, og på grunn av brannlovgivningen ble størstedelen av disse oppført som murgårder. Byggeaktiviteten i Oslo var spesielt stor i 1870- og 1890-årene. I Bergen ble det bygget mest i perioden 1880-1900, og Trondheim hadde stor byggeaktivitet rundt 1920. Utenom de tre største byene ble det ikke bygget nevneverdig mange murgårder i de andre norske byene. Unntaket er Ålesund, der hele byen ble gjenoppbygget med murgårder etter bybrannen i 1904. Den største andelen murgårder befinner seg i Oslo, som har over 3000 (Oslo brann- og redningsetat, 2007). Trondheim har rundt 300 murgårder (Björk, 2014), disse er som regel utstyrt med to trapperom. Noen få har kun ett trapperom, men da er dette som regel utført i betong.

Mangelfull eller manglende lovgivning i perioden gjorde at det ble tatt lite hensyn til rømningssikkerhet og problemer med røyk- og brannspredning i de 4-5 etasjers høye bygningene, men etter den del stygge branner i 1880-1890-årene ble lovgivningen skjerpet. Selv om lovgivningen etter hvert ble strengere var det vanskelig å kontrollere utføringen av bygningene, og det finnes mange eksempler der lovgivningen ikke er blitt fulgt (Stenstad, 1983).

I 1895 ble «*Lov angående foranstaltninger til betryggelse mot ildsfare i større våningsbygninger*», populært kalt «*trappeloven*» innført. Hensikten med loven var å bedre rømningssikkerheten ved brann i eksisterende bygninger, og var gjeldende for bygg som ikke var oppført etter eksisterende bygningslovgivning. Det skulle gjennomføres tilsyn i gårdene, og pålegges krav om utbedring i hvert enkelt tilfelle, men det skulle ikke stilles krav om «kostbare og vidløftige apparat». Som regel ble det stilt krav om at det skulle være tilgjengelig stiger, tau e.l. for beboere over 2. etasje, der det ikke var uhindret tilgang til to trapperom.

Bygningsloven i Oslo i 1899 stilte strengere krav til bygningene. (Lignende lovgivning ble innført i Bergen i 1899 og Trondheim i 1906.) Blant annet krav til at det skulle være minst to trapperom i alle bygg over 1. etasje. For bygg med minst 4 etasjer skulle hovedtrapperommet være utført i ildfaste materialer. Det var forbud mot veggpanel i trapperom, men tillatt at inntrinn og avsats var dekket av tre. Stubbloft skulle isoleres med tørr leire, og bærende jerndeleer måtte isoleres med for eksempel Rabbitzpuss. Fra 1913 ble det også krav om at dører mot trapperom skulle ha selvlukkere og at lysåpninger mot trapperom måtte ha ildsikkert glass. Murvegger skulle være pusset. Ventilasjonsrør kunne utføres i tre dersom de hadde innvendig metallkledning.

Fra 1925 ble det etter hvert mer vanlig å bygge etasjeskiller i betong, men det ble likevel bygget bygårder med trebjelkelag helt fram til 1940.

Som følge av en rekke alvorlige branner i murgårder i Oslo på 1920- og begynnelsen av 1930-tallet ble det i 1936 vedtatt et tillegg til «brannloven» (§§ 3 og 5), dette innebar at brannstyret kunne påby sikkerhetsforanstaltninger og mindre endringer for å bedre brannsikkerheten. Det kunne nå settes i gang tiltak for å bedre brannsikkerheten i murgårdene. Pålegg om endringer innebar i hovedsak at innvendige dører mot trapperom skulle gjøres selvlukkende, glass mot trapperom skulle være ildsikkert (trådglass), og at kjellernedgang i trapperom skulle få ildsikker innbygning og ildsikre, selvlukkende dører. Til tross for pålegg ble ikke alltid sikringstiltak gjennomført. Tilsvarende sikringstiltak ble påbegynt i Bergen rundt 1950 (Stenstad, 1983).

3.2 Beskrivelse av en typisk 1890-gård

En typisk 1890-gård har tre eller fire etasjer i tillegg til kjeller og loft. 33 % av gårdene har tre etasjer, 58 % har fire etasjer. Det er innredet leiligheter på loftet i 52 % av gårdene.

I 70 % av murgårdene er det kun tilgang til ett trapperom fra alle, eller flere av leilighetene i bygget (Oslo brann- og redningsetat, 2007).

Typiske arbeiderboliger (østkantgårder), ble opprinnelig bygget som 1-2 roms leiligheter på 30-60 m², mens vestkantgårdene var betydelig større, med leiligheter på 100-150 m² (Oslo brann- og redningsetat, 2007). I dag er bruksareal for hver leilighet er 50-79 m² for 47 % av leilighetene og under 50 m² for 27 % av leilighetene (SSB, 2011b, 2011c).

3.3 Branntekniske svakheter i 1890-gårder

3.3.1 Trapperom

Som følge av en etter hvert strengere lovgivning finnes det mange forskjellige utførelser av trapperom. Trapperomsveggene er i mur, og som regel pusset. Trapperom bygget før 1896, og bitrapper har ofte trappeløp i tre. Tak i trapperom kan også være utført i tre. Ildfaste hovedtrapperom, som det ble krav om etter hvert, er utført med trappeløp av støpejern, men kan ha inntrinn eller slitelag i tre. I gårder bygget etter 1910 er trappene gjerne utført i betong (Oslo brann- og redningsetat, 2002; Riksantikvaren, 2006; SINTEF Byggforsk, 2007a).

Trapperomsveggene i murte trapperom er ofte ført opp til loftsrommet, men ikke til utvendig tak. Overdekningen i trapperommene kan være kappehvelv i tegl, men er ofte utført som trebjelkelag med kledning i trepanel på oversiden og rabbitzpuss i himling. Fra trapperom til kjeller var det i tidligere lovverk krav om at døren skulle være utført i massivt tre, kledd i metallplater og ha selvlukkerfunksjon. Skillekonstruksjoner mot loft og kjeller er ofte svake punkter i trapperommet. Skilleveggene mellom trapperom og kjeller er ofte bestående av tynt trepanel, noen ganger med rabbitzpuss på kjellersiden.

Dersom trapperommet består av brennbare materialer vil man kunne få en brann som raskt sprer seg til større deler av bygningen. Hvor alvorlig en brann i et trapperom avhenger blant annet av mengden brennbare materialer i trapperom, hvor kraftig startbrannen er, om det er god lufttilgang og hvor brannen starter. Brannen vil gå saktere nedover i trapperommet enn oppover, og konsekvensene av en brann blir dermed høyere for en brann som starter langt ned i trapperommet (Stenstad, 1983).

3.3.2 Trapperomsdører

Dørene i trapperommene er som regel trefyllingsdører. Disse har ofte felt med glass (trådglass) i døren, og felt med glass over og ved siden av dørene. De gamle trefyllingsdørene har ofte dårlig røyktetthet og brannmotstand. Dørene er ofte det svakeste punktet i trapperommet, med hensyn på brannsikkerhet. Eksempel på original trapperomsdør vises i figur 4.

Spredning av brann og røyk til trapperom og korridorer vil ha store konsekvenser for rømningssikkerheten, spesielt dersom dette er eneste rømningsvei i bygget. Brannspredning til trapperom skjer ofte gjennom dører. Vanligste spredningsveier gjennom dør er gjennombrenning, og flammespredning gjennom åpen dør.



Figur 4 Eksempel på original trapperomsdør (Oslo brann- og redningsetat, 2007)

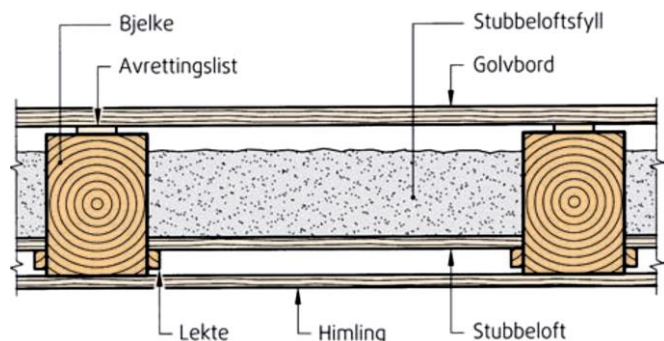
Dører i Oslo skal (pga. påbud innført i 1936) ha blitt utstyrt med selvlukkere, men disse er ikke alltid fungerende. For eksempel i korridorer kan dørlukkere bli heftet av eller dører satt åpne med kiler av beboere som synes dette er mer praktisk enn å måtte åpne tunge dører.

I tillegg til selve døren kan også fuge mellom karm og vegg være et svakt punkt i skille mot trapperom, spesielt med tanke på brannspredning.

3.3.3 Etasjeskillere og innvendige vegger

Etasjeskillerne er utført som trebjelkelag med stubbloft. Vanligvis ble det isolert med leire, men koks, murrester, sagspon og flis kunne også benyttes (Oslo brann- og redningsetat, 2002). Stubbloft var først bare vanlig å benytte i etasjeskillere mot loft, men fra 1899 (Oslo) ble det pålagt å benytte stubbloft i alle etasjeskillerne (SINTEF Byggforsk, 2007b). Prinsipiell oppbygning av etasjeskiller med stubbloft vises i figur 5. Gjennombranning av etasjeskiller vil sjeldent være raskeste spredningsvei

ved brann. For stubbloftskonstruksjoner uten pusset himling er brannmotstanden ca. 40 minutter, mens pussede himlinger har ca. 60 minutter brannmotstand, tilsvarende klasse B60. For etasjeskillere mot kjeller, som typisk mangler underkledning, vil brannmotstanden være omtrent 20-25 minutter.



Figur 5 Prinsipiell oppbygning av etasjeskiller med stubbloft (SINTEF Byggforsk, 2007b)

Bærende innervegger er utført i tegl, andre innvendige vegger ble utført i tre. I murveggene er det noen steder, i bygg oppført før århundreskiftet, satt inn felt av treverk. Tanken var at dette skulle kunne dyttes ut, og dermed skaffe rømningsvei gjennom en annen leilighet til en annen trapp. Slike felt vil være et svakt punkt i branncellebegrensende skille mellom leiligheter (Stenstad, 1983).

3.3.4 Gjennomføringer og tilslutninger

Det er store variasjoner i konstruksjonsløsninger fra bygning til bygning. Noen gir godt vern mot brannspredning mens andre er brannteknisk svake. Utette tilslutninger og gjennomføringer, for ventilasjonskanaler og rør, representerer en fare for brannspredning mellom leilighetene og til trapperom (Stenstad, 1983).

Tilslutninger mellom vegger og etasjeskillere er ofte utette og har skjulte sprekker og hulrom. De største spaltene finner man der golvbjelker går langs murvegg. Setnings-skader vil også forårsake sprekker og utettheter. Utbedring av setnings-skadene ved oppføring og utføring av golv, himling og vegg-liv, har medført at man får skjulte hulrom som gir brannen mulighet til å utvikle seg lenge før den oppdages. Brann i hulrom vil også vanskeliggjøre slokkeinnsatsen (Oslo brann- og redningsetat, 2002).

Ventilasjonskanaler kan gi rask brannspredning fra ett sted i bygget til et annet. Ofte er ventilasjonskanalene fylt med fett, støv og skitt, noe som gir gode forhold for rask brannspredning. Utette tilslutninger rundt rør, kanaler, mellom innvendige vegger og mellom vegg og etasjeskiller er i enkelte tilfeller raskeste brannspredningsvei fra en branncelle til en annen. Dette gjør at brannspredningen ofte kan gå mye raskere enn det brannmotstanden i skillekonstruksjonene skulle tilsi(Stenstad, 1983).

3.3.5 Kjeller

Etasjeskillet mellom kjeller og 1. etasje er vanligvis utført uten underkledning, brannmotstanden her er dermed dårligere enn mellom de andre etasjene. Brannmotstanden i et slikt skille kan regnes med å være ca. 20 minutter.

Dører til kjeller kan være vanlige trefyllingsdører, men er ofte utført i massivt tre med metallkledning. Disse dørene kan regnes med å ha brannmotstand, tilsvarende B 30. Skillevegger mellom trapperom og kjeller er vanligvis bestående av trepanel, noen ganger med rabbitzpuss på kjellersiden. Skillekonstruksjonene er ofte et svakt punkt i trapperommet.

Kjellere har vanligvis forbindelse til flere trapperom, og ingen effektiv seksjonering av arealet. Brann i kjeller utgjør en fare for personsikkerheten ved at røyk og flammer kan spre seg til trapperom. I verste fall vil brannen kunne spre seg til flere trapperom samtidig(Stenstad, 1983).

3.3.6 Loft

Loftsrom er ofte store åpne areal uten branncelleinndeling. Ved høy brannlast på loftet vil brannen lett kunne spre seg til hele loftsrommet i løpet av kort tid. Branner på loft utgjør likevel minst fare for personsikkerheten fordi brannspredning nedover skjer relativt sakte. Brannen kan likevel spre seg til trapperommet dersom det faller brennende materialer ned i trappen(Stenstad, 1983).

3.3.7 Innvendige overflater

Innvendige overflater i leiligheter er som regel den delen av bygningen som gjennomgår flest endringer i løpet av byggets levetid. Opprinnelig ble vegger av tegl enten pusset eller panelt. Panel ble ofte benyttet mot yttervegger, og fungerte som varmeisolasjon. Himlinger ble pusset eller utført i trepanel. Pusset himling var mest vanlig i finere rom, som vendte ut mot gatefasader, og i vestkantgårder(Stenstad, 1983). I dag er det vanlig med nedforet himling i leilighetene, for å redusere oppvarmingsbehovet. Brann som sprer seg til hulrom over himling vanskeliggjør slokkeinnsatsen(Oslo brann- og redningsetat, 2002).

3.3.8 Fasade

Brannspredning via vinduer oppover fasaden er ofte letteste spredningsvei mellom etasjene. Gamle murgårder har typisk store vindusåpninger sammenlignet med nye boliger, noe som gjør at brannspredning via vinduer lettere skjer her enn i nye bygninger.

Brannen kan videre spre seg fra vindu til takfot. Hvordan denne er utformet vil ha mye å si for brannmotstanden opp til loftet. Dersom loftet er innredet til bolig vil isolasjonen hindre rask brannspredning inn til boligen, men hulrommet mellom takfot og innervegg gir gode forhold for skjult brann og brannspredning. Slike branner kan være vanskelige å kontrollere og slokke.

Vinduer er i noen tilfeller plassert mot hverandre i innvendig hjørne. Brannen kan da spre seg horisontalt fra vindu til vindu ved direkte flammepåvirkning og stråling. Dette er noe man må være spesielt oppmerksom på dersom spredning til trapperom kan skje på denne måten(Stenstad, 1983).

3.4 Brannteknisk tilstand på murgårdene i dag

Utviklingen i arbeidet med brannsikring av de eldre murgårdene kan man lese fra Oslo brann- og redningsetats kartlegging av brannsikkerheten i murgårdene i forbindelse med *Prosjekt brannsikker bygård(2002-2007)*, og fra statistikkrapportene som har blitt publisert for 2012 og 2013.

I perioden 2002-2007 ble det, i forbindelse med *Prosjekt brannsikker bygård*, gjennomført tilsyn i 3084 murgårder i Oslo. (Oslo brann- og redningsetat, 2007) Prosjektet begrenser seg til murgårdene i Oslo, der samtlige gårder med mer enn to etasjer er undersøkt. Siden anslagsvis 85 % av landets murgårder befinner seg i Oslo, antas disse å være representative for tilstanden på murgårdene i landet. Resultatet fra kartleggingen av den branntekniske tilstanden på murgårdene som kom fram i dette prosjektet er beskrevet nedenfor.

Brennbare overflater i trapperom

I 9,4 % av murgårdene med ett trapperom og 11,6 % gårdene med to trapperom ble det avdekket brennbare materialer i trapperom. Dette var i de fleste tilfeller trappeløp utført i treverk, som ikke var beskyttet med brannmaling eller platekledning.

Trapperomsvinduer i innvendig hjørne

Det ble registrert kort innbyrdes avstand mellom trapperomsvinduer i innvendig hjørne i 13 % av murgårdene med ett trapperom, og 38 % av murgårdene med to trapperom.

Brannskille mellom trapperom og leiligheter

For gårdene med ett, eller blanding av ett og to tilgjengelige trapperom ble det registrert at brannskille mellom trapperom og leiligheter var tilfredsstillende, dvs. at dørene hadde brannmotstand tilnærmet B30, i 55 % av tilfellene. For gårdene med to trapperom ble brannskille mellom trapperom og leiligheter regnet som tilfredsstillende der minst ett trapperom var oppgradert til tilnærmet B30, noe som ble registrert i 27 % av tilfellene.

Dørpumper på alle trapperomsdører ble registrert i 20 % av gårdene som hadde ett trapperom. I gårdene med to trapperom hadde 17 % dørpumper på alle trapperomsdører i minst ett av trapperommene. Antall adresser med fungerende dørpumper er påfallende lite, sett i sammenheng med at krav om å montere selvlukkere på trapperomsdører ble innført i

Oslo allerede i 1936, og at det er et relativt enkelt og billig tiltak. Antakelig finnes det mange trapperom der det en gang i tiden ble montert selvlukkere på alle dørene, men at disse etter hvert har blitt satt ut av funksjon. Mange av trapperommene har antakelig fungerende selvlukkere på flere dører, men ikke alle. Statistikken viser bare de gårdene hvor dørpumper på alle trapperomsdører virker.

Sprinkleranlegg

I 2007 var det registrert 16 murgårder som hadde installert sprinkleranlegg i hele eller deler av bygget. Av disse var 7 bygg helsprinklet og ytterligere 4 hadde sprinkler i trapperom (Oslo brann- og redningsetat, 2007). I 2012 var antall gårder med sprinkleranlegg økt til 63. Der 32 av byggene var helsprinklet og 31 var delvis sprinklet. Brannvesenet i Oslo ønsker å motivere til at sprinkleranlegg velges fremfor tradisjonelle bygningstekniske tiltak i de gårdene som ikke har tilfredsstillende personsikkerhet (Oslo brann- og redningsetat, 2012).

Brannalarmanlegg

I 2007 var det registrert 753 (24 %) murgårder som hadde installert brannalarmanlegg, 424 (14 %) av disse var heldekkende (Oslo brann- og redningsetat, 2007). I 2013 var det registret 423 gårder med heldekkende automatisk brannalarmanlegg og 95 gårder med delvis automatisk brannalarmanlegg (Brann- og redningsetaten, 2013).

Årsaken til at antall gårder med brannalarmanlegg tilsynelatende har gått ned skyldes antakelig usikkerhet rundt tallene fra 2007. Det er kommentert at det er knyttet usikkerhet til disse tallene, og at det kan ha blitt feilaktig rapportert om at brannalarmanlegg er installert når det i virkeligheten har dreid seg om en type «boligalarmsystem» som vakselskapene tilbyr. Disse systemene egner seg ikke som brannvarslingsanlegg i eldre murgårder, hovedsakelig på grunn av dårlig pålitelighet mot uønskede alarmer (Oslo brann- og redningsetat, 2007)

I årene fremover er det forventet at andelen murgårder med heldekkende automatisk brannalarmanlegg vil øke. Etter at den lokale forskriften som ga brannvesenet hjemmel til å føre tilsyn i 1890-gårdene kom i 2009 er det ført tilsyn i over halvparten av murgårdene. Krav om oppgradering av brannsikkerheten medfører som regel at brannalarmanlegg må installeres (Oslo brann- og redningsetat, 2012).

3.5 Holdninger til og praksis ved oppgradering av brannsikkerheten

Forebyggendeforskriftens krav om at sikkerhetsnivået i eldre bygg skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger har eksistert siden 1990. Nå, 24 år senere, er det fremdeles mye brannsikringsarbeid som gjenstår.

Forskriftens forbehold om at sikkerhetsnivået skal oppgraderes «*så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme*» gir rom for ulike tolkninger av hva som kreves av tiltak for å oppnå et tilfredsstillende sikkerhetsnivå.

Eiere og beboere

I forbindelse med befaringsene i murgårdene i Oslo i forbindelse med *Prosjekt brannsikker bygård* erfarte brannvesenet at beboere og eiere som var med på disse befaringsene i gården sin viste stor interesse for å få vurdert brannsikkerheten i gården. Når det viste seg at det var nødvendig med omfattende brannsikkerhetstiltak i bygget, viste det seg at det var liten vilje til å investere penger i brannsikkerheten. Noe brannvesenet antar skyldes en holdning om at «det skjer ikke meg», og at det derfor oppleves som unødvendig å bruke penger på brannsikring.

Andre erfaringer brannvesenet gjorde seg i forbindelse med prosjektet var at folk generelt var lite kjent med viktige krav i brannlovgivningen, med unntak av kravet om røykvarslere og slokkeutstyr i boliger. Beboere og eiere hadde som regel en sterk interesse av å bevare de originale detaljene i murgårdene, slik som de originale trefyllingsdørene i trapperommet, bevaring av disse vil kunne komme i konflikt med oppgradering av brannsikkerheten (Oslo brann- og redningsetat, 2007).

Brannvesenet

Det er kommunen og brannvesenet som har ansvaret for å føre tilsyn i slike bygg, der de finner det nødvendig, og pålegge at brannsikkerheten utbedres. Brannvesenet har kun anledning til å påpeke feil og mangler, men har ikke anledning til å komme med konkrete løsninger på problemet. Konkrete løsninger for å bedre brannsikkerheten utarbeides av branntekniske rådgivere.

I Trondheim benytter brannvesenet *Byggforskblad 720.315 Brannteknisk utbedring av eldre murgårder fra perioden 1870-1940* som mal på hva som regnes som tilfredsstillende brannsikkerhet i murgårdene. Installering av brannalarmanlegg regnes som det viktigste tiltaket, som må komme raskt på plass. Deretter må det sørges for at man får tilfredsstillende branncelleinndeling. Brannvesenet ønsker helst at det skal benyttes robuste løsninger ved valg av brannsikkerhetstiltak (Björk, 2014). Dette innebærer at man ikke velger løsninger som i stor grad er avhengige av at organisatoriske tiltak fungerer, ettersom disse erfaringsmessig ofte svikter.

I Oslo er det utarbeidet en «Loftsveiledning» (Byantikvaren og plan- og bygningsetaten, 2013) som er tilgjengelig på brannvesenets hjemmesider. Denne ble første gang utgitt i 1981. Veilederen beskriver minstekrav til brannsikkerhet ved innredning av leiligheter på loft i

eldre murgårder. Den blir også benyttet som standard for hva man kan kreve av oppgraderinger. I hovedsak angir den samme krav som *Byggforskblad 720.315 Brannteknisk utbedring av eldre murgårder fra perioden 1870-1940*. Den skiller mellom løsninger for gårder med ett og to trapperom. Ved loftsinnredning, der det ikke er mulig å reddes ut ved hjelp av brannvesenets stigemateriell, stilles det krav til at hele bygården må sprinkles (Oslo brann- og redningsetat, 2013).

Branntekniske rådgivere

Eier har ansvaret for å dokumentere at lover, forskrifter og enkeltvedtak er fulgt. Dersom eier ikke selv har kompetanse til å dokumentere brannsikkerheten skal dokumentasjonen utarbeides av kvalifiserte rådgivere (DSB, 2012). I praksis er det altså branntekniske rådgivere som har ansvaret for å vurdere hva som tilfredsstillende brannsikkerhet i bygget.

SINTEF NBL utarbeidet i 2005 en rapport der det blant annet ble undersøkt hvordan vurderinger og analyser blir gjort av brannrådgivere. Der ble det konkludert med at de ulike aktørene tolker myndighetenes krav til sikkerhetsnivå forskjellig, noe som resulterer i varierende brannsikkerhet. Vurderinger av fravik fra VTEK blir ofte begrunnet rent kvalitativt. Risikoanalysemetoder og verktøy blir sjeldent benyttet (Mostue & Kristoffersen, 2005).

Vanlig praksis ved ombygninger er at bærekonstruksjoner, trapper og materialbruk beholdes og at kravene i TEK dokumenteres som tilfredsstillt ved at det utføres tiltak som installering av sprinkleranlegg, installering av brannalarmanlegg, og oppgradering av rømningsvei, dører og overflater (Mostue & Kristoffersen, 2005).

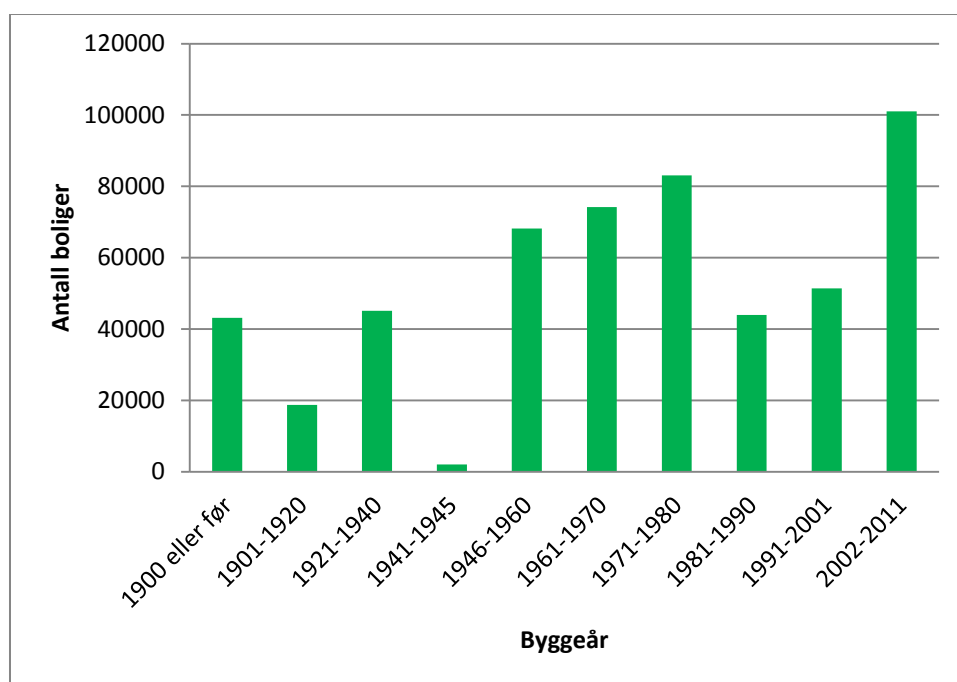
Når det installeres sprinkleranlegg, der det ikke er krav til dette i veiledningen, benyttes dette til å rettferdiggjøre reduksjon i andre brannsikkerhetstiltak. Det kan blant annet reduseres på kravene til brannmotstand for brannskillende konstruksjoner, brannmotstand for motstående vinduer i innvendig hjørne, for krav til innvendig kledning og krav til isolasjon av ventilasjonskanaler. Ved utilfredsstillende rømningsforhold blir gjerne installering av brannalarmanlegg benyttet som kompenserende tiltak. Et brannalarmanlegg vil gjøre at brannen oppdages raskere og reduserer nødvendig rømningstid. Ofte mangler det en vurdering av hva konsekvensene blir dersom sprinkleranlegget eller brannalarmanlegget svikter (Mostue & Kristoffersen, 2005).

4 Statistikk

4.1.1 Boligstatistikk

Siste folke- og bolig telling fra 2011 viser at blokkleiligheter utgjør 23 % av boligene, og at 17 % av befolkningen bor i boligblokk. Andelen boliger i blokker bygget før 1920 utgjør 12 % av alle boligblokker(SSB, 2011a). Dette inkluderer både trehus og murhus. De aller fleste av disse boligblokkene er murgårder og befinner seg i Oslo. Der er det registrert 3084 murgårder benyttet til boligformål som har tre etasjer eller mer(Oslo brann- og redningsetat, 2007).

Fordeling av boliger i blokk etter byggeår vises i figur 6. Det bor i gjennomsnitt 1,6 personer i hver leilighet(SSB, 2013). Til sammen er det registrert 61 893 boliger i boligblokker bygget før 1920. Det vil si at anslagsvis 100 000 personer bor i 1890-gårder.

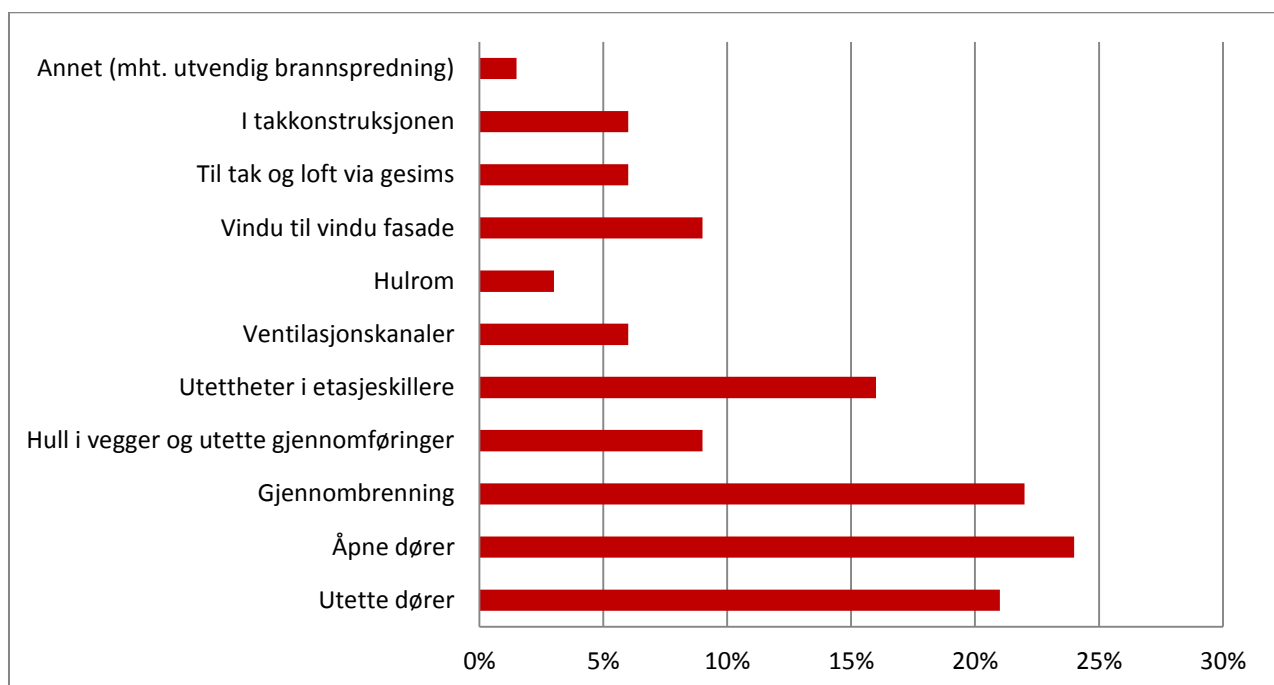


Figur 6 Antall boliger i blokk, fordelt etter byggeår(SSB, 2011a)

4.1.2 Brannspredning

Det finnes lite statistikk spesifikt om branner i 1890-gårder. I forbindelse med *Prosjekt brannsikker bygård* ble 281 interne brannlogger fra perioden 2000-2005 gjennomgått av brannvesenet i Oslo. Målet var å finne ut om personer som oppholdt seg utenfor starbranncellen i større grad ble utsatt for fare i 1890-gårder enn de ville vært i nyere boligblokker. På grunn av manglende informasjon fra brannloggene var det ikke mulig å hente ut noen statistikk som kunne indikere at dette var tilfelle. Brannvesenet i Oslo har likevel, basert på egne erfaringer, en formening om at brannrisikoen er høyere i 1890-gårdene er høyere enn for nyere boligblokker og at utilstrekkelig informasjon i brannloggene er grunnen til at dette ikke kan påvises (Oslo brann- og redningsetat, 2007). De evaluerte brannene viste at det er en nær sammenheng mellom den branntekniske tilstanden på trapperommet og hvilke konsekvenser brannen får (Oslo brann- og redningsetat, 2002).

Fordeling av årsaker til brannspredning i disse murgårdsbrannene er vist i figur 7. I mange av brannene fantes det mer enn én brannspredningsårsak, det er derfor større antall brannspredningsårsaker enn antall branner. Man kan se at dører utpeker seg som et spesielt svakt punkt, med åpne dører, utette dører og gjennombrenning (som regel av dører) som de hyppigste årsakene til brannspredning. Statistikken sier imidlertid ingenting om når i brannforløpet brannspredningen skjedde og hvilken betydning dette hadde for rømningssikkerheten. Noen tilsvarende statistikk over brannspredningsårsaker for andre boligblokker er ikke funnet, det er derfor vanskelig å si om 1890-gårdene skiller seg ut med hensyn til svakheter i konstruksjonen i forhold til andre bygningstyper.



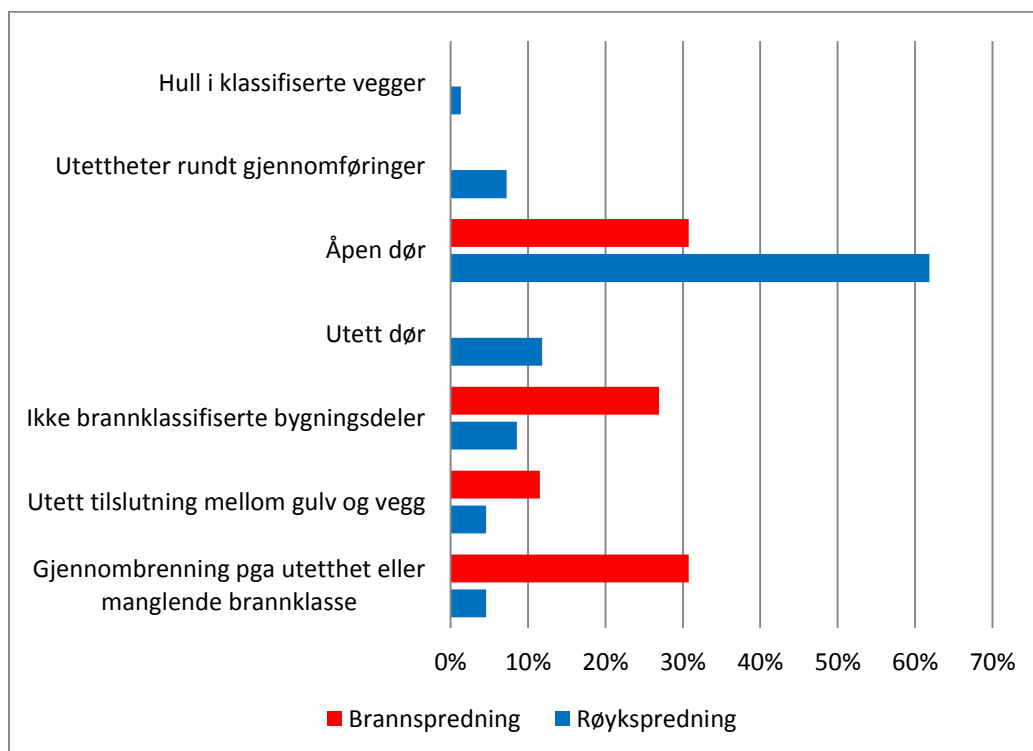
Figur 7 Årsaker til brannspredning i murgårdsbranner (Oslo brann- og redningsetat, 2002)

I 2013 ble røyk- og brannspredning for branner i Oslo registrert for forskjellige bygningstyper. Man ser av tabell 1 at det er noen flere tilfeller av røyk- og brannspredning i 1890-gårder enn i andre boligblokker i 2013, men statistikkgrunnet er for lite til å kunne si at det er en tydelig forskjell mellom 1890-gårder og andre boligblokker.

Tabell 1 Brann- og røykspredning ved brannvesenets ankomst i 2013(Oslo brann- og redningsetat, 2014)

	Bygårder	Blokk
Antall branner	43	138
Røyk i rømningsvei	26 %	20 %
Brannen spredte seg ut av startbranncellen	7 %	4 %

Figur 8 viser hovedårsaker til brann- og røykspredning i rømningsveien for branner i Oslo i 2013(Oslo brann- og redningsetat, 2014). Figuren viser at den klart største hovedårsaken til spredning av røyk i rømningsveien er at dør til startbrannrom ble stående åpen. Dører har også stor betydning for brannspredningen. I kategorien «ikke brannklassifisert bygningsdel» som hovedårsak til brannspredning er det trolig snakk om dører i de fleste tilfellene.

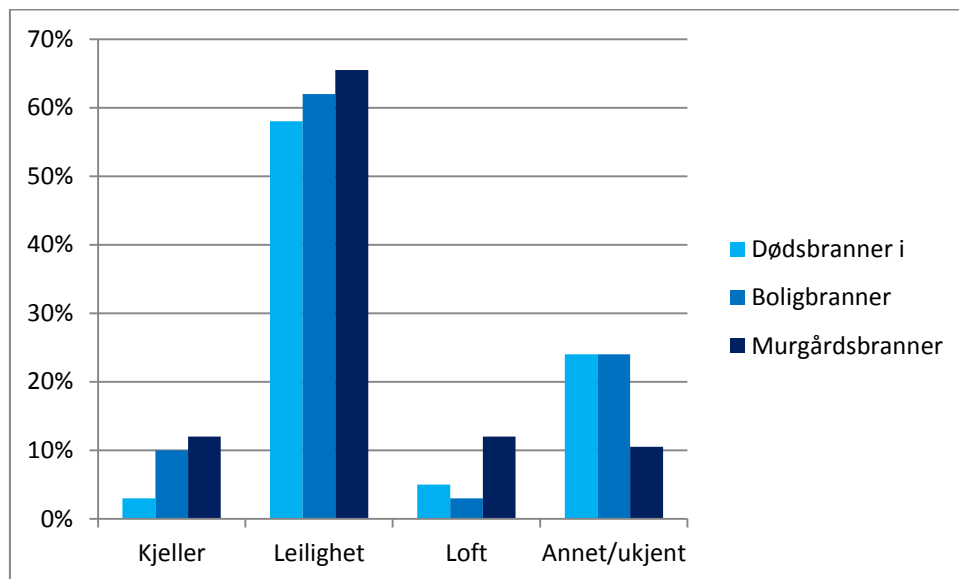


Figur 8 Hovedårsakene til innvendig brann- og røykspredning i Oslo, 2013(Oslo brann- og redningsetat, 2014)

4.1.3 Arnested

I perioden 1989-2001 var det 228 store og mellomstore branner i murgårder, i snitt 18 branner per år, og det omkom 21 personer i murgårdsbranner. En undersøkelse av 67 av disse brannene i perioden 1997-2001 viser en fordeling av arnested for brannene som vist i figur 9. Av disse brannene var 14 påsatt, og 2 av disse var påsatt i trapperommet (Oslo brann- og redningsetat, 2007).

Figur 9 viser fordeling av arnested for boligbranner for hele landet i perioden 2002-2008, for 67 store og mellomstore murgårdsbranner i Oslo i perioden 1997-2001 og fordeling av dødsbranner i blokk i perioden 1993-2012. Figuren viser at det er liten forskjell i arnested for kategoriene kjeller og leilighet, men at murgårdene har en mye høyere andel branner med arnested på loft. Brannstart på loft vil være den type brann som utgjør minst fare for personsikkerheten, fordi brannspredningen skjer relativt sakte nedover i trapperommet.



Figur 9 Arnested for dødsbranner i blokk i perioden 1993-2009, boligbranner i perioden 2002-2008 og murgårdsbranner i perioden 1997-2009 (DSB, 2009, 2014; Oslo brann- og redningsetat, 2007)

4.1.4 Dødsbranner

Det omkommer i snitt 65 personer i branner i Norge hvert år (basert på perioden 1986-2009). Av disse omkommer 8 av 10 i sin egen bolig. Det er i boligtypene enebolig og blokk/leilighet de fleste dødsfallene forekommer. Her omkommer det i snitt henholdsvis 31 og 17 personer per år (DSB, 2014).

Av de som omkommer i egen bolig befinner 33 % seg i blokk/leilighet, samtidig utgjør denne boligtypen bare 23 % av boligene i Norge. Det antas at denne overrepresentasjonen av branndøde i blokk/leilighet skyldes at det bor en høyere andel eldre mennesker i slike boliger, som er overrepresentert i dødsbrannstatistikken (DSB, 2010b).

Undersøkelse av dødsbranner i perioden 1978-1992 viser at i 30-49 % av brannene var det bare én person til stede ved brannstart. Statistikken er basert på antall mennesker til stede i bygningen. Personer som omkommer alene i starbrannleiligheten i en flermannsbolig eller boligblokk er derfor ikke registrert som omkommet alene. Omtrent 1/3 av de omkomne ved brann ble funnet i samme rom som var arnested for brannen. Den vanligste dødsårsaken ved brann var røykgassforgiftning. Dette var årsaken til 50-60 % av dødsfallene (Steen-Hansen, 1995).

Tall for dødsbrannofre i perioden 1970-1979 viser at den omkomne ble funnet i startbrannrommet i 39 % av brannene. I naborommet i 14 % av brannene. I samme etasje i 15 % av brannene og i samme bygning i 28 % av brannene. I denne perioden var det 33 % som var alene ved brannstart, 40 % hvor det var 2-5 personer til stede. I denne statistikken er det registrert antall mennesker til stede i startbrannleiligheten for boligblokker, og for hele bygningen ellers (Lundberg & Pedersen, 1984).

Statistikk for branner i perioden 1991-1999 viser at for hver person som dør i boligbrann er det 3 skadde og 26 boligbranner (Mostue, 2000).

I murgårdsbranner i Oslo i perioden 1989 til 2001 var det til sammen 8 personer som omkom. Av disse var det 5 dødsfall som var forårsaket av røyking på sengen. De øvrige 3 omkom i bygg der brannen hadde spredt seg til eneste tilgjengelige trapperom (Oslo brann- og redningsetat, 2002).

En undersøkelse av dødsbranner i ulike typer boligbygg i perioden 1971-1980, basert på statistikk publisert av Norsk Brannvern Forening, viser en fordeling av dødsbranner som vist i tabell 2. Statistikken viser at 9 % av dødsbrannene var i murgårder. I denne perioden var det flere omkomne per dødsbrann i murgårder enn for andre typer bygg. Det som drar opp snittet for murgårder er at man fikk en storbrann med 6 omkomne, da det brant i Hesselbergsgate 6, i 1971(Stenstad, 1983). Siden dette har det bare vært én annen murgårdsbrann med like mange omkomne. Denne skjedde i 2008 i Urtegata i Oslo(Norsk brannvernforening, 2009). Begge disse brannene var påsatt og startet i trapperommet. Om det ikke hadde vært for denne brannen ville ikke snittet for antall omkomne i murgårder vært høyere enn for andre boligbygninger.

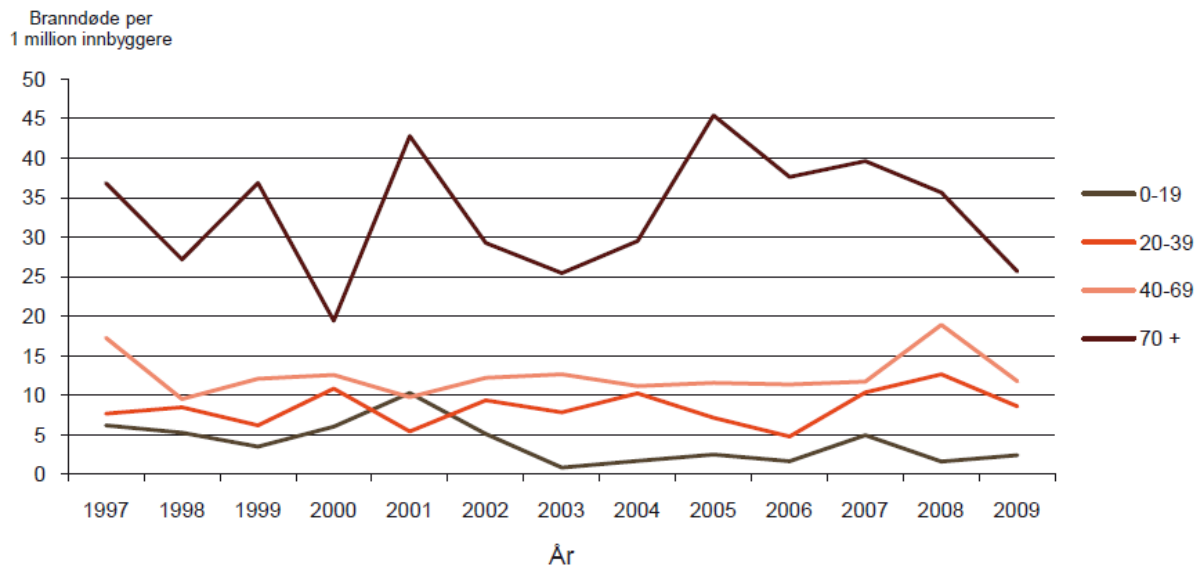
Tabell 2 Dødsbranner og antall omkomne for ulike typer boligbygg(Stenstad, 1983)

1971-1980	Murgårder	Betongblokker	Andre boligbygninger	Totalt
Tallet på dødsbranner	30	75	234	139
Tallet på omkomne	42	90	290	422
Omkomne pr. brann	1,4	1,20	1,24	1,25

En annen undersøkelse av 9 dødsbranner i murgårder viste at de fleste, 7 stykker, av brannene startet på natten, mellom klokken 2200 og 0800. Av disse ble 4 oppdaget av naboer og 2 av forbipasserende, de 3 siste er ukjent. Brannvesenets innsatstid var under 5 minutter for 8 av brannene og 5-10 minutter for én av brannene. Brannvesenet ankom brannstedet 10-15 minutter etter antatt tid fra brannstart i 4 av brannene, 15-20 minutter etter brannstart i 3 av brannene og 20-30 minutter etter brannstart i 2 av brannene. CO-forgiftningen var årsak til 8 av dødsfallene. I tillegg var det en person som døde av brannskader og en som døde av ukjent årsak. 7 av de omkomne ble funnet i startbrannrom, og 3 personer ble funnet omkommet utenfor startbrannrom. En annen undersøkelse av 24 murgårdsbranner viste at 17 av brannene startet på natten og 14 på dagtid. Til sammen ble det registret 28 omkomne i leilighet, 2 omkomne i trapperom og en på annet sted(Stenstad, 1983).

4.1.5 Risikogrupper

Undersøkelser av dødsbranner viser at det ikke er tilfeldig hvem som omkommer i brann. DSBs brannstatistikk viser at personer over 70 år er sterkt overrepresentert i dødsbrannstatistikken. Denne gruppen har gjennomsnittlig fire ganger så mange omkomne i brann som resten av befolkningen. Figur 10 viser antall omkomne i brann per år, i perioden 1997-2009, fordelt etter aldersgruppe(DSB, 2010b).



Figur 10 Antall omkomne i bolig per 1 million innbyggere etter alderssegment(DSB, 2010b)

Årsaken til så mange omkomne i aldersgruppen over 70 år er at det er mange i denne aldersgruppen som lider av ulike typer funksjonsnedsettelse, slik som nedsatt syn, nedsatt hørsel, lengre reaksjonstid og redusert bevegelighet(NUU, 2012).

En undersøkelse av 533 dødsbranner i perioden 1978-1992(Steen-Hansen, 1995) viser at følgende grupper er overrepresentert i dødsbrannstatistikken:

- Berusede personer
- Bevegelseshemmet/invalid
- Psykisk ubalanse
- Småbarn

I de undersøkte dødsbrannene var det bare 20 % som var selvhjulpne da brannen startet.

Små barn våkner vanligvis ikke av røykvarsleren. Det samme gjelder sterkt berusede personer. En nyere studie av boligbranner og dødsbranner utført av Norsk brannvernforening viser at 47 % av de som omkom i brann var alkoholpåvirket. Mange av dødsbrannene som skyldes glemt komfyr på nattestid kan knyttes til rus. En andel av dødsbrannene skyldes selvmord, i perioden 1990-1992 var det 11 dødsbranner, 7 % av dødsbrannene i denne perioden, som mistenkes å skyldes selvmord. I gruppen bevegelseshemmet/invalid er det mange som ikke klarer å rømme, selv om de blir gjort oppmerksom på brannen(NUU, 2012).

Dette tyder på at menneskelige faktorer er den viktigste årsaken til at folk omkommer i brann. Bygningsmessige tiltak slik som bedre branncelleinndeling vil ikke ha noen effekt på utfallet av en stor del av brannene.

4.1.6 Dødsbranner med flere omkomne

Samfunnet har vanskeligere for å akseptere store ulykker med mange omkomne. Selv om antall omkomne i løpet av et år skulle være det samme, har samfunnet lettere for å akseptere mange små ulykker enn få store ulykker (Mostue, 2002). En brann defineres som en storulykke dersom minst 5 personer omkommer, og risikoen for storulykker kan benyttes som et mål på sikkerheten (Hokstad, Mostue, Opstad, & Paulsen, 1998).

I Norge har det vært få store dødsbranner. Siden 1822 har det forekommet 18 slike storulykkebranner. To av disse har forekommet i bygårder. Den ene i 2008 hvor det omkom 6 mennesker i brann i Urtegata i Oslo, den andre i 1971 hvor det omkom 6 mennesker i Hesselberggaten i Oslo (Norsk brannvernforening, 2009).

I perioden 1997-2009 omkom det i gjennomsnitt 1,15 personer per dødsbrann. Siden 1997 har man hatt to storbranner i Norge. Begge i bygninger fra rundt 1900 (DSB, 2010b). Begge disse brannene skjedde i bygninger som hadde mange beboere i forhold til gjennomsnittet. Den ene brannen startet i et eldre trehus med tre leiligheter hvor det til sammen oppholdt seg 20 personer. I Urtegata oppholdt det seg omtrent 50 personer i bygningen da brannen startet (Justis- og politidepartementet, 2009).

I perioden 1999-2009 har man hatt en fordeling av antall omkomne per brann som vist i tabell 3.

Tabell 3 Antall omkomne per dødsbrann i perioden 1999-2009 (Bjelland, 2009)

	Antall omkomne per dødsbrann							Sum
	1	2	3	4	5	6	7	
Dødsbranner	115	7	3	0	0	1	1	127
Antall omkomne	115	14	9	0	0	6	7	151

Store branner med mange omkomne inntreffer relativt sjeldent. Statistikk for tidligere storbranner kan derfor vanskelig benyttes for å forutsi fremtidige hendelser. For eksempel har det ikke inntruffet dødsbranner i kontorer i Norge. Tiltak for å forhindre dødsbranner i slike bygg er likevel nødvendig å gjennomføre (Mostue, 2002).

4.1.7 Påsatte branner

Risikoen for påsatte branner er høyere i boligblokk/bygård enn for andre typer boliger. 42 % av alle påsatte boligbranner starter her. Til sammenligning starter 39 % av brannene i fritidseiendommer, og 13 % i eneboliger, rekkehus og flermannsboliger. Mange av de påsatte brannene i boliger dreide seg om små branntilløp. I oppganger i boligblokker var det typisk brann i et mindre objekt, slik som en papirlapp på oppslagstavle eller en avis, som brant helt ut, og slokket av seg selv før brannen ble oppdaget (Jan Paul Stensaas, 2002).

Påsatte branner er årsak til 10 % av dødsbrannene (DSB, 2010b).

5 Risiko

Det finnes ingen felles definisjon av risiko. I NOU 1999:1 *utkast til ny lov om brann og eksplosjonsvern* er følgende definisjon benyttet:

«Risiko er uttrykk for den fare som uønskede hendelser representerer for mennesker, miljø og /eller materielle verdier, uttrykt ved sannsynligheten for og konsekvensene av de uønskede hendelsene.»(NOU, 1999)

NS 5814 *Krav til risikovurderinger* definerer risiko som et «uttrykk for kombinasjonen av sannsynligheten for og konsekvensene av en uønsket hendelse»(Standard Norge, 2008).

5.1.1 Risikoperspektiv

En svensk undersøkelse gjennomført av Dertell(1990) om menneskers holdninger til brann viser at de fleste mennesker opplever at det er liten risiko for brann i egen hjem. I undersøkelsen svarte 60-70 % av de spurte at risikoen for brann var liten eller veldig liten. Flesteparten hadde ikke lagt planer for hva de ville gjøre om det begynte å brenne. Undersøkelsen konkluderte med at to tredeler av befolkningen hadde for lite kunnskap om brannsikkerhetsatferd(Nystedt, 2003).

Mennesker vil lettere akseptere risiko de selv velger å utsette seg for enn risiko de blir utsatt for ufrivillig. En risiko regnes som frivillig dersom man har mulighet til å velge minst ett annet alternativ uten noe større offer (Nystedt, 2003).

Risiko for brann i bygninger regnes i utgangspunktet som en ufrivillig risiko, ettersom man er avhengig av å kunne oppholde seg inne i bygg store deler av døgnet. Samtidig vil atferden til hvert enkelt menneske kunne påvirke risikoen for å starte brann i sitt eget hjem. For eksempel er røyking, la levende lys brenne uten tilsyn, lagring av nattmat når man kommer hjem fra fest eller ikke sørge for å ha fungerende røykvarslere risikofaktorer som øker faren for brann. Det vil være vanskeligere å akseptere at naboene dine kan sette deg i en livsfarlig situasjon ved at brann starter i en naboelighet og hindrer muligheten for å rømme enn at det bare er ens egen atferd som kan påvirke brannrisikoen. Davidsson(1997) foreslår at vurdering av risiko skal gjøre med utgangspunkt i følgende prinsipper:

Rimelighetsprinsippet går ut på at en aktivitet ikke bør innebære risiko som med rimelighet kan unngås. Risikoer som kan reduseres eller fjernes med tekniske og økonomisk rimelige midler, skal alltid håndteres uavhengig av risikonivået.

Proporsjonalitetsprinsippet sier at den totale risikoen ved en aktivitet ikke bør være uproporsjonalt stor i forhold til fordelene med aktiviteten.

Fordelingsprinsippet går ut på at fordelingen av risiko i samfunnet skal være riktig fordelt i forhold til fordelene ved aktiviteten. Enkelt personer skal ikke utsettes for uforholdsmessig stor risiko i forhold til fordelene de får ved aktiviteten.

Prinsippet om å unngå katastrofer sier at risikoer heller bør realiseres i ulykker med begrensede konsekvenser som kan håndteres av beredskapsressursene enn i katastrofer.

I et brannsikkerhetsperspektiv vil fordelingsprinsippet kunne settes i sammenheng med kravet om å dele bygninger inn i brannceller. De som ikke kan påvirke brannrisikoen skal heller ikke utsettes for denne risikoen (Nystedt, 2003). Rimelighetsprinsippet innebærer at spesielt tiltak som er relativt enkle og kostnadsfrie å gjennomføre, slik som å holde rømningsveiene ryddige, eller opprette internkontrollrutiner skal gjennomføres uavhengig av hvor mye det vil redusere risikoen.

Dersom en ulykke fører til at folks holdninger og atferd endres, betraktes ulykken som akseptabel. Om en ulykke derimot fører til at man endrer seg er den oppfattet som uakseptabel. Dette gjelder både for enkelt personer og for samfunnet som helhet (Nystedt, 2003). I 2008 skjedde det to branner i eldre leilighetsbygg med mange omkomne. Året etter ble eldre leilighetsbygg tatt med på listen i veiledningen til FOBTOT over bygg hvor det er fare for tap av mange menneskeliv i en brann. Eldre leilighetsbygg er også nevnt spesielt i stortingsmelding nr. 35 (2008-2009), og det har kommet på plass lokale forskrifter for å gi brannvesenet adgang til å føre tilsyn i slike bygg. Brannvesenet i Oslo har i mange år hatt fokus på brannrisikoen i eldre murgårder, og brannvesenet i Trondheim har også hatt fokus på murgårdene de siste årene. Dette er et tegn på at risikoen oppfattes som uakseptabel. Denne holdningen finner man i midlertid bare hos de som jobber med brannvern. Huseiere og beboere har i mindre grad vist interesse for problemet med dårlig brannsikkerhet i slike bygg. Med tanke på hvor få eiere av murgårder som har utbedret brannsikkerheten på eget initiativ, og ikke bare fordi brannvesenet gir pålegg om det jfr. Statistikkrapport 2013 (Oslo brann- og redningsetat, 2014) kan man anta at risikoen enten oppfattes som akseptabel av eiere og beboere, eller at det ikke er tilstrekkelig kunnskap om risikoen ved brann i slike bygg. En tredje mulighet er at eiere og beboere er klar over risikoen, men at kostnadene ved å gjøre noe betraktes som så høy at man heller velger å leve med risikoen.

5.2 Måling av risiko

Personrisiko deles vanligvis inn i to hovedtyper:

Individuell risiko er risikoen som en enkelt person blir utsatt i løpet av en gitt tidsperiode.

Grupperisiko uttrykker risikoen for at en større gruppe av personer utsettes for fare. Dette uttrykket brukes for å beskrive risikoen for en stor ulykke (Rausand & Utne, 2009).

FAR-verdi (Fatal Accident Rate) er et mål på hvor mange personer som statistisk sett blir drept i ulykker i løpet av 100 millioner eksponerte timer ved utførelse av en aktivitet, og beregnes etter formelen:

$$FAR = \frac{\text{Antall døde per år}}{\text{Antall eksponeringstimer per år}} * 10^8$$

Ved å se på dødsbrannstatistikken for de siste årene, har SINTEF NBL (Hokstad et al., 1998) funnet en FAR-verdi for å omkomme i brann i bygninger basert på folketall, årlig antall omkomne og antall timer mennesker oppholder seg i bygninger. Med gjennomsnittlig 65 omkomne i brann hvert år, hvor 80 % omkommer i boliger og personer antas å oppholde seg i boligen i gjennomsnitt 16 timer per døgn vil FAR-verdien for omkomne i brann i bolig bli:

$$FAR = \frac{65 * 0,8}{5,1 * 10^6 * 16 * 365} * 10^8 = 0,17$$

Om antallet omkomne i brann skal reduseres bør FAR-verdien reduseres til under dette nivået.

5.3 Akseptkriterier

Man benytter akseptkriterier for å bestemme grensene for hva som er akseptabel risiko. Akseptkriteriene kan uttrykkes ved ord eller være tallfestede, de kan være fastsatt av myndighetene eller av virksomheten selv (NOU, 1999). Hva som regnes som akseptabel risiko i en gitt sammenheng avhenger av hva som er gjeldende verdier i samfunnet og i virksomheten. Akseptkriteriene kan ta utgangspunkt i myndighetskrav, standarder, erfaring, teoretisk kunnskap og normer (Rausand & Utne, 2009).

Akseptkriterier kan uttrykkes probabilistisk, deterministisk eller komparativt.

Deterministiske akseptkriterier er ofte fastsatte verdier knyttet til farer som kan oppstå i de valgte brannscenariene. Ofte tas det med sikkerhetsfaktorer for å kompensere for usikkerheter i beregningene og /eller konsekvenser av feil i designet (Mostue, 2002). Et deterministisk akseptkriterie kan for eksempel være at maksimal røykkonsentrasjon i rømningsveiene ikke skal overstige en viss verdi.

Probabilistiske akseptkriterier går ut på at man bestemmer akseptabelt risikonivå ut i fra sannsynligheten for at ulike typer ulykker skal skje. Et probabilistisk akseptkriterie kan for eksempel være at sannsynligheten for å omkomme i brann ikke skal overstige en viss verdi.

Fastsettelse av komparative akseptkriterier går ut på å sammenligne en bestemt løsning mot den preaksepterte løsningen for å vurdere om sikkerhetsnivået vil bli minst like bra. Fordelen ved å benytte komparative akseptkriterier er at unøyaktighet i forutsetninger og antakelser normalt vil ha mindre effekt på resultatet enn dersom man hadde utført en fullstendig deterministisk eller probabilistisk analyse (Mostue, 2002). Eksempel på et komparativt akseptkriterie er kravet i FOBTOT om at brannsikkerheten i eldre bygg skal oppgraderes til sikkerhetsnivået for nye bygninger.

Veiledningen til NS 3901:1988 (Amundsen & Lyng, 1998) foreslår følgende akseptkriterier som vil gjelde for boligblokker:

- 1. Branner med fem eller flere omkomne skal ikke forekomme i noen type bygning*
- 2. I bolig skal ingen omkomme i brann som ikke oppholder seg i det rom der brannen starter og som enten sover eller på annen måte har redusert bevissthet når brannen oppstår, eller er betydelig bevegelses- eller orienteringshemmet.*

Forslagene er basert på statistikk for dødsbranner i perioden 1984-1992. I denne perioden forekom det ingen branner med mer enn 3 omkomne i boligblokker. Akseptkriteriene representerer en forenkling av statistikken, blant annet ved at svært små sannsynligheter settes lik 0.

Regjeringen satte i 2009 som overordnet mål for det skadeforebyggende arbeidet at kostnader og effekter av virkemiddelbruken skal synliggjøres, og at man må ta hensyn til både forventet effekt og balansen mellom kostnader og potensielle innsparinger ved kostnyttvurderinger av forebyggende innsats. Det gis samtidig uttrykk for at selv svært dyre tiltak kan forsvares dersom de har en svært stor effekt, med begrunnelse i at dette ikke bare har en økonomisk side, men også handler om viktige menneskelige verdier (NOU, 2012). Tiltak for å unngå at mange personer omkommer i samme brann kan sees på som et tiltak der kostnadene ikke nødvendigvis vil stå i forhold til nytten fordi branner med mange omkomne skjer svært sjeldent. Det å unngå at mange omkommer i samme ulykke kan sees på som en verdi i seg selv, utover det å redusere gjennomsnittlig antall omkomne i brann.

Fastsatte risikoakseptkriterier uttrykker et maksimumsnivå for hvilken risiko man kan akseptere. Dette tilsvarer en ivaretagelse av minstekrav i regelverket (Vinnem, Haugen, Vollen, & Grefstad, 2006). Ulempen ved å benytte en fastsatt grense for risiko er at resultatet bli at man at risikonivået blir lagt opp mot denne grensen, og at ytterligere reduksjon av risiko ikke blir vurdert (Aven & Renn, 2010). For eksempel ved vurdering av rømningstid sier regelverket at tilgjengelig rømningstid skal være lenger enn nødvendig rømningstid. Resultatet er at alle tiltak som oppfyller dette kravet ansees for å være like

gode, selv om lengre tilgjengelig rømningstid utover minstekravet ville bedret sikkerheten ytterligere (Babrauskas, Fleming, & Don Russell, 2010).

HSE (2001) beskriver tre ulike typer kriterium som benyttes som grunnlag for bestemmelse av akseptkriterier. Disse kriteriene brukes enten alene som grunnlag for fastsettelse av akseptkriterier, eller en kombinasjon av de ulike kriteriene benyttes.

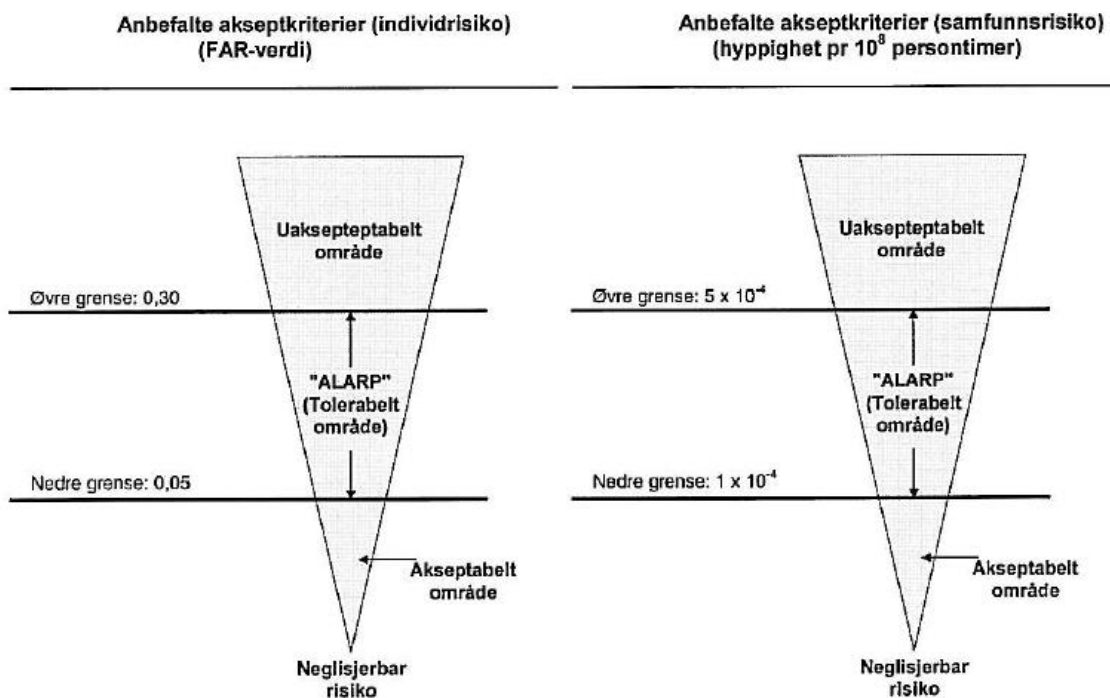
Et *rettferdighetsbasert* kriterium starter med et premiss om at alle individer har en uforbeholden rett til et gitt sikkerhetsnivå. I praksis gjøres dette ved at det settes en maksimal grense for hvilken risiko det aksepteres at et individ skal utsettes for. Risiko høyere enn den aksepterte grensen vil betraktes som uakseptabel uansett hvilken nytte den fører med seg. Ved å bruke dette kriteriet er resultatet ofte at beslutninger blir tatt på grunnlag av «worst-case»-scenarier, som vil gi et galt bilde av den reelle risikosituasjonen. Dersom beslutningene tas på et grunnlag som systematisk overestimerer risikoer, vil det kunne forårsake unødvendig bekymring i befolkningen, eller resultere i at nytte oppnås med uforholdsmessig store kostnader.

Et *nyttebasert* kriterium benyttes når man sammenligner nytten og kostnadene ved et risikoreducerende tiltak for å vurdere om tiltaket er verdt å innføre. Penger benyttes vanligvis som målestokk for å sammenligne nytte og kostnader. Dette innebærer at man må sette en pris på verdien av å unngå skader og dødsfall. Et slikt perspektiv på risiko har en tendens til å overse etiske og andre hensyn. Det finnes heller ingen øvre grense for risiko når man benytter bare dette kriteriet (HSE, 2001).

Et *teknologibasert* kriterium går ut på at man anser risikonivået som tilfredsstillende når dagens beste sikkerhetstiltak implementeres for å kontrollere risikoen. Et slikt kriterium tar lite hensyn til forholdet mellom nytte og kostnader (HSE, 2001). 1890-gårdene ble i sin tid bygget for å bedre brannsikkerheten, ved å forhindre bybranner, og kan sees på som daværende beste tekniske løsning. Selv om risikonivået kan være det samme nå som det var da de ble bygget ansees det ikke lenger for å være tilfredsstillende fordi det nå er mulig å redusere risikonivået ytterligere med tilgang på moderne materialer og teknologi.

En kombinasjon av de ulike kriteriene, der man utnytter fordelene og unngår ulempene ved hvert kriterium, vil gi et godt rammeverk for å vurdere akseptkriterier. I virkeligheten finnes det både risikoer som folk velger å ignorere, risikoer som ansees som uakseptable uansett nytte og risikoer folk er villig til å akseptere dersom nytten er stor nok i forhold til kostnadene (HSE, 2001).

Sintef NBL foreslår akseptkriterier som vist i figur 11 for hva som kan regnes som akseptabel risiko i nybygg. Tallene er basert på dødsbrannstatistikk for Norge og ekspertvurderinger (Hokstad et al., 1998).



Figur 11 Anbefalte akseptkriterier(Hokstad et al., 1998)

For å vurdere hvordan man skal håndtere ulike nivåer av risiko er det nødvendig å sette en grenseverdi. Tabell 4 viser typiske grenseverdier for risiko, forbundet med risikoen ved å bo i nærheten av en farlig virksomhet, som blir benyttet i EU(Trbojevic, 2005).

Tabell 4 Typiske grenser for individuell risiko(Aven & Renn, 2010)

Sannsynlighet	Bedømmelse av individuell risiko
10^{-3}	Uakseptabel grense for arbeidere
10^{-4}	Uakseptabel grense for befolkningen
10^{-5}	Kan vurderes som tolererbar grense for befolkningen
10^{-6}	Bredt akseptert risikonivå
10^{-7}	Neglisjerbart risikonivå

Nystedt (2003) beskriver samfunnets aksept for risiko som vist i tabell 5.

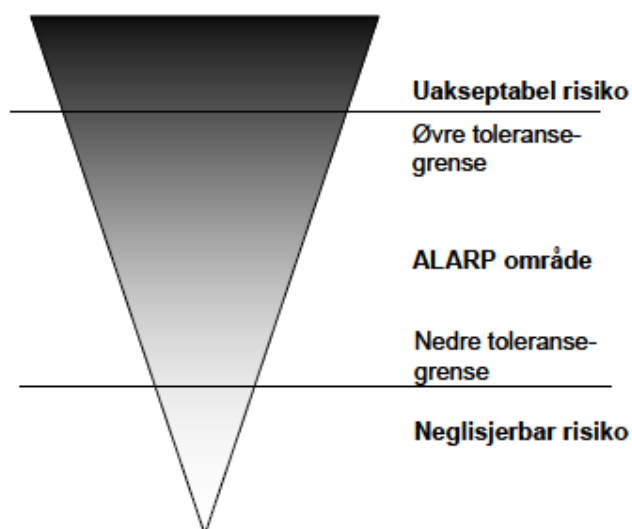
Tabell 5 Samfunnets vilje til å redusere risiko(Nystedt, 2003)

Sannsynlighet	Samfunnets vilje til å redusere risikoen
10^{-3}	Så høy risiko oppleves svært sjeldent i dagens samfunn. Samfunnet er villig til å benytte store ressurser på risikoreducerende tiltak.
10^{-5}	F.eks. risikoen for å dø i bilulykke. Samfunnet er villig til å utføre små risikoreducerende tiltak.
10^{-7}	Ansees som så lav risiko at risikoreducerende tiltak er unødvendige.

5.3.1 ALARP

ALARP-prinsippet (As Low As Reasonably Practicable) baserer seg på en såkalt «omvendt bevisbyrde», det vil si at tiltak for å redusere risiko skal implementeres, så lenge man ikke kan påvise at det er et vesentlig misforhold mellom kostnaden/ulempene og nytten av tiltaket. Formålet med ALARP-vurderinger er å redusere risiko ut over det å tilfredsstille minimumskrav og kriterier(Vinnem et al., 2006).

ALARP-prinsippet kan illustreres som i figur 12. Risiko over øvre toleransegrense ansees som så høy at den må avvises uansett, med unntak av i helt ekstraordinære tilfeller. Risiko under nedre toleransegrense innebærer at man anser risikoen som så liten at den kan neglisjeres. Mellom øvre og nedre toleransegrense må ALARP-prinsippet benyttes.



Figur 12 ALARP-prinsippet med basis i britisk regelverk(Vinnem et al., 2006)

ALARP-prinsippet kombineres ofte med akseptgrenser og toleransegrenser. I praksis befinner de fleste risikoer seg innenfor ALARP-området. Risikoanalyser fokuserer derimot ofte på toleransegrenser, noe som kan være uheldig når målet er mest mulig risikoreduksjon(Aven & Renn, 2010).

Innenfor ALARP-området benytter man seg av kost/nytte-analyser, og tiltak skal iverksettes dersom forholdet mellom kostnader og risikoreduksjon ligger under en såkalt «disproportionality factor». Verdien på denne faktoren kan variere. HSE anbefaler at den settes til 10 ved risiko nær øvre toleransegrense og et sted mellom 1 og 3 for risiko nær nedre toleransegrense(HSE, 2001).

$$\frac{\text{Kostnad av tiltaket}}{\text{Forventet reduksjon av tiltaket}} \leq DF$$

6 Risikoanalyse

6.1 Metode

Risikoanalyser kan gjennomføres ved hjelp av kvalitative eller kvantitative metoder.

I en *kvalitativ analyse* spør man om seg om hvilke brannscenarioer som kan oppstå i bygget, og hvilke brannsikkerhetstiltak som er best egnet til å håndtere disse scenarioene (Nystedt, 2011). Kvalitative vurderinger kan basere seg på logiske resonnement, statistikk, erfaringer, testresultater, og sammenligninger med andre lands regelverk (Nystedt, 2011). En risikoanalyse starter alltid med en kvalitativ analyse. Her beskrives forutsetninger og antakelser som legges til grunn, man identifiserer brannfarer, hvilke forhold som har betydning for sikkerheten og hva som bør analyseres. Beslutning om hvilke branntekniske tiltak som er nødvendige kan fattes på bakgrunn av den kvalitative analysen alene. Dersom den kvalitative analysen ikke gir nok informasjon til å fatte en beslutning går man videre til en kvantitativ analyse (Mostue, 2002).

En *kvantitativ analyse* benyttes der det ikke er tilstrekkelig informasjon til å vurdere om identifiserte løsninger gir et tilfredsstillende nivå for brannsikkerheten. En kvantitativ analyse benyttes til å kvantifisere effekten av valgte løsninger. En kvantitativ analyse kan utføres ved hjelp av deterministiske eller probabilistiske metoder (Mostue, 2002).

Deterministiske metoder benytter tilgjengelig kunnskap fra vitenskapelige teorier, forsøksdata eller inntrufne hendelser til å kvantifisere hvilke konsekvenser ett eller flere scenarier vil ha for brannsikkerheten i bygget. Resultatene sammenlignes så med deterministiske akseptkriterier for å vurdere om sikkerheten er god nok (Mostue, 2002).

Deterministiske analyser er konsekvensfokuserte, og brannsikkerhetskonseptet måles etter evnen til å vise et tilstrekkelig sikkerhetsnivå i et sett av ulike uavhengige brannscenarioer. Deterministiske analyser gir vanligvis mer konservative løsninger enn hva man får ved bruk av probabilistiske analyser (Nystedt, 2011).

Probabilistiske metoder benyttes for å estimere sannsynligheten for at en bestemt uønsket hendelse skal oppstå. Sannsynlighetene bestemmes ved bruk av statistiske data om pålitelighet av brannverntiltak og hyppighet av branner, og kombineres med deterministiske vurderinger av konsekvensene av ulike scenarioer (Mostue, 2002).

Probabilistiske metoder gir en mulighet til å kvantifisere risikoen for hele bygget, og kan derfor benyttes til å sammenligne effekten av ulike brannsikkerhetstiltak (Nystedt, 2011).

6.2 Risikoanalyseverktøy

I den kvantitative delen av risikoanalysen er det benyttet en hendelsestreanalyse for å vurdere sannsynligheten for at trapperommet blokkeres av røyk.

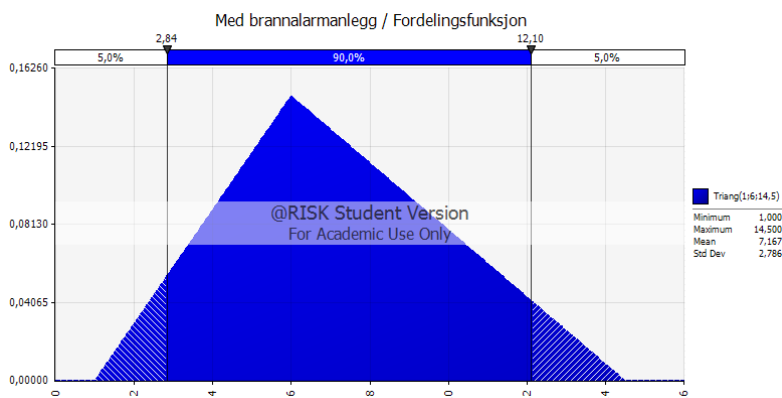
Et hendelsestre benyttes for å fremstille mulige ulykkeskjeder i kronologisk rekkefølge. Hendelsestreet starter med uønsket hendelse, og går via de barrierene som aktiveres (Rausand & Utne, 2009).

Som verktøy for den kvantitative analysen er *The Decision Tools Suite* fra Palisade Corporation benyttet, dette inkluderer *Precision Tree* og *@Risk* som plug-in programmer til Excel.

Precision Tree er benyttet for å sette opp hendelsestrær. *@Risk* brukes for å angi sannsynlighetsvurderinger for påliteligheter. Eksempel på hendelsestrær som er benyttet i oppgaven vises i vedlegg 1.

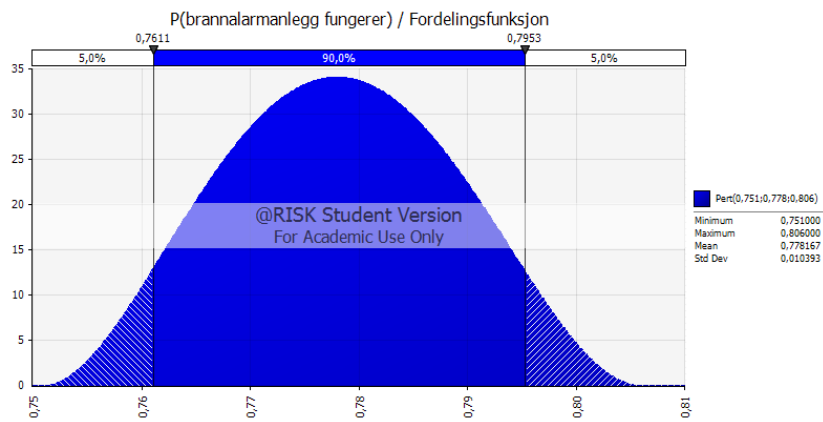
I oppgaven er følgende sannsynlighetsfordelinger benyttet:

Trekantfordeling benyttes der det datagrunnlaget er så lite at det kun er mulig å sette en nedre og en øvre grense, og en middelvei for sannsynligheten.



Figur 13 Eksempel på trekantfordeling over sannsynlig nødvendig rømningstid når brannalarmanlegget fungerer

Pertfordeling er en variant av trekantfordelingen og er benyttet der datagrunnlaget er større. Denne fordelingen legger mer vekt på middelveiden og mindre på nedre- og øvre grense.

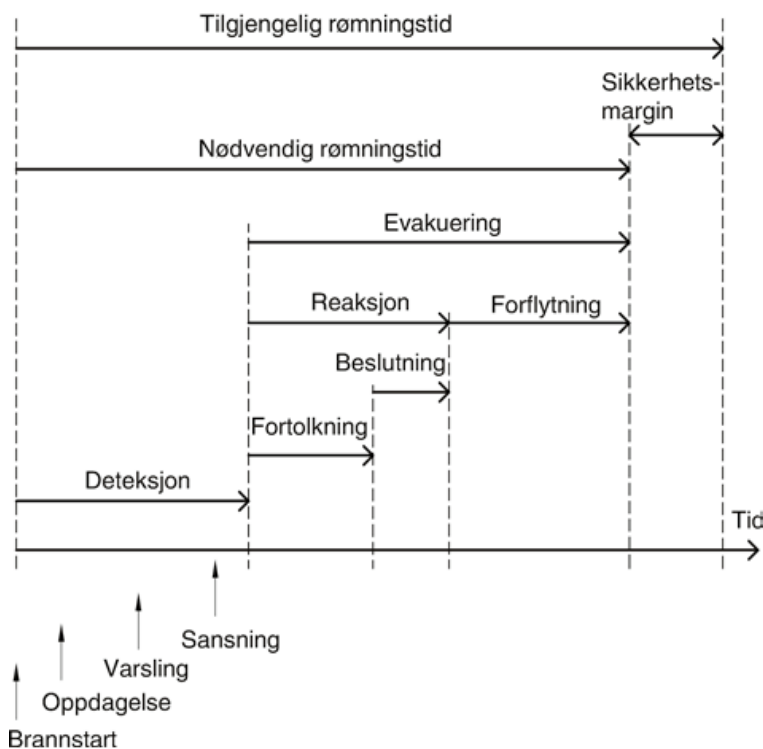


Figur 14 Eksempel på Pertfordeling over sannsynligheten for at brannalarmanlegget fungerer

6.3 Menneskers oppførsel, og menneskelige tålegrenser ved brann

6.3.1 Rømningstid

Tilgjengelig rømningstid er tiden fra brann starter til det ikke lenger er mulig å rømme på grunn av kritiske forhold i rømningsvei. Tid fra en brann starter til man har kommet seg ut betegnes som nødvendig rømningstid. Nødvendig rømningstid avhenger både av bygningsmessige forhold og hvilke personer som oppholder seg i bygningen. Tilgjengelig rømningstid skal være lik nødvendig rømningstid pluss en sikkerhetsmargin. De forskjellige fasene i dette tidsforløpet er illustrert i figur 15.



Figur 15 Rømningstid(SINTEF byggforsk, 2006)

Deteksjonstiden er tiden fra antennelse til mennesker bygningen blir klar over at det brenner. Hvor man er i bygningen, om man sover eller er våken, og om man er ruspåvirket er noen av faktorene som påvirker deteksjonstiden(Nystedt, 2003). Deteksjonstiden påvirkes av om det finnes brannalarmanlegg i bygget eller ikke, og hvilken type brannalarmanlegg som blir benyttet. En brannalarm blir ofte ikke tatt på alvor, og enkelte vil ikke se behov for å evakuere før det lukter røyk, eller man ser røyk og flammer(Kobes, Helsloot, de Vries, & Post, 2010).

Reaksjonstiden, som er tiden fra brannen detekteres til det besluttes å evakuere, er det stor variasjon og usikkerhet rundt. Reaksjonstiden er som regel lengre enn tiden det tar å bevege seg ut av bygget(Kobes et al., 2010). Det finnes ingen metoder for å beregne reaksjonstid, og tallene for dette må bygges på erfaringer(Amundsen & Lyng, 1998). I studier av rømningstid er det stort sett offentlige bygg og høyhus som er blitt undersøkt, oppførselen til folk i for eksempel en kontorbygning vil skille seg mye fra hvordan folk vil oppføre seg ved brann i eget hjem(Babrauskas et al., 2010). FOBTOT oppgir at reaksjonstiden kan variere mellom 1-5 minutter. HO-3/2000 oppgir at tid for oppdagelse av brann i bolig, for voksne, funksjonsfriske mennesker, kan settes til 5 minutter, hvis det ikke er automatisk brannalarmanlegg, og at reaksjonstiden kan settes til 1 minutt. En kanadisk undersøkelse av rømningstid fra eneboliger (Guylène Proulx, Cavan, & Tonikian, 2006) anslår at nødvendig rømningstid varierer mellom 2 minutter, i beste fall, og 16 minutter, i verste fall.

Reaksjonstiden avhenger av flere faktorer. Mennesker som sover vil ha betydelig lengre reaksjonstid enn våkne mennesker. Gruppetilhørighet er også en viktig faktor, ved at folk prioriterer å finne hverandre før de starter evakuering sammen(Amundsen & Lyng, 1998). At folk evakuerer i grupper vil føre til at forflytningstiden blir lengre, ved at alle beveger seg i samme tempo som den tregeste i gruppen, vanligvis et lite barn eller en eldre person(Guylène Proulx, 1995).

Etter at brannen er oppdaget er det vanlig å forsøke å finne mer informasjon om brannen eller finne ut om det bare er en falsk alarm. Selv når det detekteres røyk velges det ofte å undersøke nærmere, forsøke å slokke brannen, eller advare andre om brannen heller enn å starte evakuering med en gang. Man velger ofte å samle hele familien før man går ut i en samlet gruppe. Dersom familiemedlemmer kommer fra hverandre vil dette øke tiden før man kommer seg ut. I tilfeller der man oppdager at ikke alle familiemedlemmene har kommet seg ut kan folk finne på å gå inn igjen for å redde disse. Ved brann vinterstid vil folk også bruke tid på å ta på seg varme klær før de evakuerer(Guylène Proulx et al., 2006).

Tabell 6 viser et estimat av reaksjonstiden i et worst-case scenario, basert på statistikk og ekspertvurderinger. Estimaten er basert på tiden det tar voksne friske mennesker å rømme fra en enebolig. En kan anta at reaksjonstiden vil være kortere i en leilighet, fordi man har mindre areal å bevege seg på, og det som regel bor færre mennesker sammen.

Tabell 6 Estimert av reaksjonstid for et worst-case scenario(Guylène Proulx et al., 2006)

	Tid
Våkne av brannalarm	120 s
Undersøke situasjonen	60 s
Bekjempe brann	180 s
Samle familiemedlemmer	60 s
Ta på vinterklær	150 s
Samle eiendeler	30 s
Totalt reaksjonstid	600 s

Estimert total rømningstid for verste og beste tilfelle vises i tabell 7. Det antas at rømningstiden i de fleste tilfeller ligger nærmere beste tilfelle enn verste tilfelle (Guylène Proulx et al., 2006).

Tabell 7 Estimert nødvendig rømningstid (Guylène Proulx et al., 2006)

	Beste tilfelle	Verste tilfelle
Deteksjonstid	60 s	300 s
Alarmtid	0 s	10 s
Reaksjonstid	30 s	600 s
Forflytning	30 s	60 s
Total nødvendig rømningstid	120 s	970 s

En kanadisk undersøkelse av rømningstid fra 4 leilighetsbygg på 6-7 etasjer viser at den gjennomsnittlige reaksjonstiden i hvert bygg varierte mellom 2:30 minutter og 9:42 minutter. Årsaken til den lengste rømningstiden skyldes at brannalarmen ikke kunne høres i alle leiligheter, flere ble derfor varslet av brannvesenet eller av naboer som banket på døren. Dette gjorde at enkelte brukte så mye som 25 minutter før de startet evakuering. I de to bygningene der alle kunne høre brannalarmen hadde henholdsvis 93 % og 86 % av beboerne startet evakuering etter 5 minutter, med en gjennomsnittlig reaksjonstid på henholdsvis 2:30 minutter og 3:08 minutter. Den gjennomsnittlige forflytningstiden for hvert bygg ble målt til å være mellom 9 og 20 sekunder per etasje (Guylène Proulx, 1995).

Proulx og Hadjisophocleous (1998), angir ulike tall for reaksjonstid avhengig av hvordan personer varsles om at det brenner, dette vises i tabell 8, beskrevet i (Frantzich, 2001).

Tabell 8 Beslutnings- og reaksjonstid ved ulike typer varsling (Frantzich, 2001).

Informasjon gjennom	Beslutnings- og reaksjonstid [s]
Varme, røyk eller flammer fra brannen	50
Varslet ved brannvesenets ankomst	50
Varslet av andre personer	100
Varslet via talebeskjed	100
Varslet via sentral alarm	250
Varslet via lokal alarm/røykvarsler	250

Tabell 8 viser tallene som er valg å bruke for rømningstid. Tallene gjelder for personer som oppholder seg utenfor startbranncellen. Dersom det bare er installert røykvarsler vil personer i startbrannleilighetene bli varslet tidligere. I de tilfellene hvor det ikke er noen til stede i startbrannleiligheten når brannen bryter ut, eller personer til stede i startbrannleiligheten omkommer uten å få varslet om brannen vil ikke røykvarsler ha noen

effekt på sikkerheten til de andre beboerne i bygget. Man er da avhengig av at brannen blir varslet av forbipasserende, eller at andre beboere blir oppmerksom på brannen ved at det trenger røyk inn i deres leiligheter. I begge tilfeller vil det med stor sannsynlighet være umulig å rømme gjennom trapperommet på dette tidspunktet. Det antas at brannvesenet vil varsles 10 minutter etter brannstart, samtidig med at leiligheten overtennes. Tid til brannen blir varslet kan imidlertid være mye lengre eller kortere enn dette. Deteksjonstiden settes til tidspunktet da brannvesenet ankommer. Reaksjonstiden i dette tilfellet antas å være kortere fordi folk antakelig ikke vil bruke tid på for eksempel å samle eiendeler, ta på vinterklær eller prøve å bekjempe brannen. Etter tallene presentert i tabell 8 vil reaksjonstiden være 50 sekunder når mennesker blir varslet av varme, røyk eller flammer fra brannen, eller av brannvesenets ankomst.

Brannvesenets innsatstid etter at brannen er varslet vil, etter opplysninger fra Oslo brann- og redningsetat, være 6-8 minutter(Løken, 2009).

Fullskalaforsøk av ulme- og flammebrann viser at en røykvarsler med normal følsomhet aktiveres etter 40-60 sekunder ved flammebrann, og etter 2800-5500 sekunder ved ulmebrann(Meland & Lønvik, 1989). Ulmebrann vil ikke utgjøre en fare for personer utenfor startbrannleiligheten før den går over til å bli en flammebrann, deteksjonstiden settes derfor til ett minutt. Tallene som vil benyttes for nødvendig rømningstid i beregningene er vist i tabell 9.

Tabell 9 Rømningstid fra leiligheter

	Uten brannalarm	Med brannalarm
Deteksjonstid	15<20:00<25	0<1:00<2:00
Reaksjonstid	0:30<1:00<4	0:30<3:00<10
Forflytning	0:30<1:00<1:30	0:30<1:00<1:30
Nødvendig rømningstid	16:00<22:00<30:30	1:00<6:00<14:30

Overlevelsesstrategi ved brann

Når det oppstår en brann finnes det tre ulike strategier for å overleve. Den første går ut på å prøve å slokke brannen, den andre går ut på søke tilflukt fra brannen inne i bygget og vente på å bli reddet, og den tredje er å evakuere. I valget mellom å vente på å bli reddet eller forsøke å evakuere finnes det mange eksempler på at mennesker har valgt å gå gjennom røyk eller hoppe ut av vinduer, heller enn å vente på å bli reddet. Dette til tross for at det å vente på å bli reddet ofte er det tryggeste alternativet(Kobes et al., 2010).

Folk er blitt opplært til at når det brenner er man nødt til å komme seg raskt ut. Kombinert med liten kunnskap om hvor farlig røyken kan være, kan de virke som en riktig avgjørelse for noen å velge å gå ut i trapperommet selv om dette er fylt med røyk. Det finnes ikke statistikk på hvor mange som reagerer på denne måten. Fra Oslo brann- og redningsetats analyse av 67 murgårdsbranner kan man lese at det var 3 personer som omkom som følge av at

brannen hadde spredt seg til trapperommet og 114 som måtte reddes ut ved hjelp av brannvesenet(Oslo brann- og redningsetat, 2002). Av de som måtte reddes ut var det altså 2,6 % som omkom. Det er vanskelig å trekke en konklusjon ut fra et så lite tallmateriale. Det velges å anta at et sted mellom 0 og 10 % av de som får eneste rømningsvei sperret av røyk vil forsøke å rømme gjennom røyken.

6.3.2 Menneskelige tålegrenser ved brann

Sikt

HO-3/2000 (Statens bygningstekniske etat, 2000) oppgir at sikten i brannrommet må være minst 3 meter og sikten i rømningsvei må være minst 10 meter.

Giftige branngasser

De mest vanlige helseskadelige gassene som avgis ved brann er CO, CO₂ og HCN. I tillegg vil oksygenkonsentrasjonen reduseres, som kan føre til kvelning. Som regel er det et samvirke av de forskjellige branngassene som forårsaker kritiske tilstander for en person.

CO₂ er ikke særlig giftig ved konsentrasjonene som oppstår ved brann, men forårsaker en økning i pustefrekvens som gir en økning i CO-opptak.

Ved brann i et lukket rom vil konsentrasjon av O₂ reduseres som følge av forbrenningen. Lav oksygenkonsentrasjon påvirker menneskers evne til å opptre rasjonelt, og påvirker også pustehastigheten.

HCN er en svært giftig gass, omtrent 20 ganger giftigere enn CO. Økt cyanidnivå i blodet fører til ukontrollerte muskelbevegelser, og deretter koma, kramper og død. Cyanidnivå i blodet på over 3 µg/ml regnes som dødelig.

CO finnes som regel i store mengder ved brann, og utgjør derfor den største trusselen for forgiftning(Mostue, Wighus, & Stensaas, 2003). De fleste dødsfallene i brann skyldes CO-forgiftning(Amundsen & Lyng, 1998). Ved brannforsøk er det primært denne konsentrasjonen som måles. CO virker ved at det binder seg til de røde blodlegemene i kroppen og dermed hemmer oksygentransporten i kroppen. Mengden CO som akkumuleres i kroppen avhenger av konsentrasjonen av CO i innåndingsluften og tiden konsentrasjonen inhaleres. Menneskers tålegrense for CO avhenger av flere ulike faktorer, blant annet alder og helsetilstand. Menneskers respons på CO i innåndingsluften oppgis av Hartzell (1989) å være som vist i tabell 10. Konsentrasjonen av CO regnes vanligvis om til akkumulert CO-dose (ppm min). En akkumulert CO-dose på 90 000 ppm min antas å være dødelig(Mostue et al., 2003).

Tabell 10 Menneskers respons på CO i innåndingsluften(Hartzell, 1989), gjengitt på norsk av(Mostue et al., 2003).

CO-konsentrasjon [ppm]	Effekt
200	Mulig svak hodepine i løpet av 2-3 timer.
400	Hodepine og kvalme i løpet av 1-2 timer.
800	Hodepine, svimmelhet, kvalme i løpet av 45 minutter. Kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
1 600	Hodepine, svimmelhet, kvalme i løpet av 20 minutter. Kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
3 200	Hodepine, svimmelhet i løpet av 5-10 minutter. Bevisstløshet og død i løpet av 30 minutter.
6400	Hodepine, svimmelhet i løpet av 1-2 minutter. Bevisstløshet og mulig død i løpet av 10-15 minutter.
12 800	Umiddelbar effekt, bevisstløshet og død i løpet av 1-3 minutter.

HO-3/2000 oppgir følgende akseptgrenser for konsentrasjon av giftige gasser og oksygen:

- CO maks 2 000 ppm
- CO² maks 5 %
- O² min 15 %

Temperatur

HO-3/2000 oppgir at maksimal varmestråling personer kan utsettes for under rømning er:

- vedvarende stråling på 1 kW/m²
- strålingsintensitet på 10 kW/m² i maks 4 s
- samlet strålingsenergi på 60 kJ/m² (60kWs/m²) utover energien fra stråling på 1 kW/m²

Høye temperaturer utgjør en stor risiko for bevisstløshet og død for mennesker, spesielt om det kombineres med høy luftfuktighet. Temperaturer helt ned i 70 °C vil kunne ha stor effekt på mennesker, dersom eksponeringstiden og luftfuktigheten er høy. Når temperaturen overstiger 150 °C blir det vanskelig å puste, og temperaturer over 200 °C vil forårsake brannskader og kan bare tolereres i noen få minutter(Nystedt, 2003).

Menneskers respons på høye temperaturer er vist i tabell 11.

Tabell 11 Menneskers respons på temperatur (Mostue et al., 2003).

Temperatur [°C]	Effekt
125	Vanskelig å puste
140	5 minutters toleransetid
150	Temperaturgrense for å kunne evakuere
160	Rask, ulidelig smerte mot tørr hud
180	Irreversibel skade etter 30 sekunder
205	Åndedrettssystem tåler dette mindre enn 4 minutter med våt hud

6.4 Brann- og røykspredning

6.4.1 Brannutvikling

Tid fra en brann starter til det er full overtenning i leiligheten kan variere mye.

Brannutviklingen i leiligheten avhenger blant annet av mengde og type brennbare materialer som befinner seg i leiligheten og om dørene inne i leiligheten er åpne eller lukket. Bjelland (2009) har utført CDF-analyse av brann i leilighet med ulike brannveksthastigheter, med og uten sprinkleranlegg. Det er ikke gjort beregninger for ulmebranner som gjerne kan pågå i mange timer før de blir oppdaget, om man ikke har fungerende røykvarsler. En ulmebrann utgjør imidlertid ingen fare for mennesker utenfor startbrannleiligheten før den går over til å bli en flammebrann. Gjennomsnittlig tid frem til kritiske og dødelige forhold i startbrannleilighet som ble funnet i denne analysen vises i tabell 12.

Tabell 12 Tid frem til kritiske og dødelige forhold i startbrannleilighet (Bjelland, 2009)

	Tid frem til kritiske forhold			Tid frem til dødelige forhold		
	Rom 1	Rom 2	Rom 3-5	Rom 1	Rom 2	Rom 3-5
Uten sprinkleranlegg	2 min, 14 s	4 min, 53 s	5 min, 47 s	3 min, 14 s	6 min, 37 s	7 min
Med sprinkleranlegg	3 min, 45 s	5 min, 55 s	6 min, 23 s	6 min, 30 s	9 min, 7 s	9 min, 41 s

Bjelland (2009) utførte også brannsimulering av brann i leilighet tilknyttet et tr1 trapperom, der døren til trapperommet blir stående åpen fra 60 sekunder etter brannstart. Resultatene viser at 2 minutter etter brannstart vil sikten i trapperommet være så dårlig at det hindrer muligheten til å rømme. Om sprinkleranlegg ble utløst eller ikke har liten betydning for sikt lengden i trapperommet, men vil forsinke røykfylling i trapperommet over brannetasjen, og røykspredning til etasjene under brannetasjen. Bedre sikt utenom brannetasjen gjør at folk har større mulighet til å finne tilbake inn i leiligheten, dersom finner ut at de ikke klarer å rømme. Simuleringen viste at ved sprinklerkontrollert brann vil akkumulert CO-dose overstige 43 000 ppm min etter 7,5 minutter. Denne dosen vil nås etter 5,5 minutter uten sprinkleranlegg. Uten sprinkleranlegg vil det oppstå dødelige forhold i trapperommet etter omtrent 10 minutter, og kritisk varmepåkjenning etter 4-5 minutter. Trapperommet vil kunne antennes etter 9 minutter når det ikke er installert sprinkleranlegg.

SINTEF NBL har gjennomført simuleringer av brann i en omsorgsleilighet. Resultatene av simuleringene viser at dersom det oppstår brann på soverom og døren er igjen vil det ikke oppstå kritiske forhold i naborom i løpet av de 15 minuttene som studeres. Er døren mellom stue og soverom åpen vil det oppstå kritiske forhold i stuen etter 3-10 minutter. Men sprinkleranlegg som aktiveres vil det ikke oppstå kritiske forhold utenfor soverommet. Det beregnes at overtenning skjer i startbrannrommet etter 3 minutter, dersom det ikke er installert sprinkleranlegg.

Ved brann i stue vil det oppstå kritiske tilstander i korridoren allerede etter 3-10 minutter, dersom dør til leilighet blir stående åpen. En lukket dør antas å forhindre at det oppstår kritiske forhold i korridoren i løpet av de 15 minuttene som studeres. En ikke-røyktett dør vil kunne hindre at det oppstår kritiske forhold i korridoren, men sikten vil være akseptabel i bare 6 minutter.

En røyktett dør vil gi akseptabel sikt i mer enn 15 minutter. Beregningene forutsetter at en ikke-røyktett dør har lekkasjerate på $80 \text{ m}^3/\text{time}$ og en røyktett dør har lekkasjerate på $20 \text{ m}^3/\text{time}$. En vanlig innvendig dør forventes å kunne hindre brannspredning til naborom i 10-20 minutter (Mostue & Stensaas, 2002).

6.4.2 Røykspredning

Inhalering av røyk er den største årsaken til at mennesker omkommer i brann i bygninger. Brannstatistikk fra blant annet England og USA anslår at 70-90 % av dødsfallene i bygningsbranner skyldes røykforgiftning. Dødsfallene skyldes oftest at rømningsveiene blir blokkert av røyk og hindrer muligheten til å rømme (Jan P. Stensaas & Hansen, 1993).

Røykspredning påvirker muligheten for å rømme først og fremst ved at sikten blir redusert. I tillegg inneholder røyken giftige gasser som påvirker evnen til å klare å rømme. Ved ulmebrann oppstår det ikke synlig røyk, og faren utgjøres av at det spres tilnærmet luktfrie og usynlige gasser (Amundsen & Lyng, 1998).

Røyk kan lett spre seg fra brann i en begrenset del av bygningen til områder som ligger relativt langt fra der brannen startet. Spredningen kan skje via korridorer og trappesjakter, og skjult via ventilasjonskanaler, utettheter i skillekonstruksjoner og dører og nedførede himlinger. Erfaring fra tidligere branner viser at det er de øverste etasjene som blir mest eksponert for røyk, selv om brannen starter i første etasje. Et eksempel er brannen på hotell Calendonien som startet i 1 etasje, hvor 11 av de 14 omkomne funnet i de fire øverste etasjene, og de resterende ble funnet i 3 og 7 etasje (Jan P. Stensaas & Hansen, 1993).

Mekanismer som fører til at brann sprer seg oppover på denne måten skyldes skorsteinseffekten, i tillegg til oppdriftskrefter fordi varm røyk har lavere tetthet enn luften rundt og derfor vil stige oppover. Varm røyk som spres gjennom sprekker, for eksempel rundt dører vil blandes med luften rundt og dermed kjøles ned. Ved spredning gjennom større åpninger vil ikke luftinnblanding skje i like stor grad og røyken ikke kjøles like mye ned. Røyk som spres gjennom kanaler vil også beholde temperaturen fordi luftinnblandingen ikke

blir like stor. Skorsteinseffekten skyldes trykkdifferanser på grunn av temperaturforskjell mellom luften inne i bygget og luften utenfor. Luften inne i bygningen er normalt varmere enn lufta utenfor og har derfor lavere tetthet. Dette får lufta til å bevege seg oppover, og effekten blir større desto større forskjell det er mellom utetemperaturen og innetemperaturen. Dersom lekkasjene i bygget er jevn fordelt i forhold til høyden, vil nøytralplanet, der trykket ute og inne er likt, være på nivå med halve høyden av bygget. På grunn av denne effekten vil røyken, sammen med luften spre seg oppover i trapperommet og inn til leiligheter som ligger over nøytralplanet. Leiligheter som ligger under nøytralplanet vil i mindre grad være utsatt for røykinntrengning (Jan P. Stensaas & Hansen, 1993).

6.4.3 Brannspredning

Dersom brannen starter eller sprer seg til trapperommet, vil brannforløpet bli forverret dersom overflatene i trapperommet er brennbare. Brannspredning vil normalt ikke være livstruende for personer utenfor startbrannleiligheten før sent i brannforløpet sammenlignet med faren forbundet med røykspredning.

Brannspredning fra leilighet til trapperom via vinduer som står for nær hverandre i innvendig hjørne er påpekt som et problem. Det er usikkert hvor ofte dette skjer, og hvor sent i brannforløpet dette hender. Fordi oppgaven først og fremst ser på risikoen for røykspredning til trapperom er det valgt å ikke undersøke dette nærmere.

6.5 Brannsikkerhetstiltak

6.5.1 Branncellebegrensende skille mot trapperom

For at en branncellebegrensende bygningsdel skal fungere som forutsatt er man avhengig av at alle delene av konstruksjonen fungerer som de skal. Utettheter i skillekonstruksjoner, vil kunne gi raskere brannspredning enn det brannmotstanden i veggen skulle tilsi.

Hvor godt en konstruksjonsdel fungerer som branncellebegrensende skille vil variere avhengig av kvaliteten på utførelsen av konstruksjonsdelen. Et brannteknisk skille vil sjelden ha bedre yteevne enn det har fått fastsatt på bakgrunn av standardisert prøving. Den britiske standarden (BS DD 240, 1997) har anbefalt at gjennomsnittlig brannmotstandstid settes 13 % kortere enn hva den har oppnådd ved standardisert prøving, når risikoanalyser gjennomføres (Mostue, 2002).

En analyse av 417 rekkehusbranner viste at vanligste spredningsveier var via fasade gjennom vindu i leilighet til gesimskasse til luftespalte til loft/takkonstruksjon, fra branncelle til loft via kanaler og gjennomføringer og fra loft til naboloft via utettheter i overgang vegg/tak eller under takteking i takkonstruksjonen. Brannspredning gjennom branncellebegrensende skillevegger skyldtes uheldig detaljutforming av overganger mellom vegg og tak, gesims og raft og utilfredsstillende branncelleinndeling på loft. Gjennomtrekking av skillevegger mellom leiligheter forekom derimot ikke i noen av de undersøkte brannene (Landfald, 1997). Av dette kan man konkludere at brannmotstanden på konstruksjoner er mindre viktig i forhold til svakheter i skillene.

Påliteligheten til passive brannverntiltak finnes det få undersøkelser om. Tabell 13 viser pålitelighetstall for skillekonstruksjoner, fra en britisk og en australsk undersøkelse, og fra Britisk standard PD 7974. Pålitelighetstallene til den britiske og australske undersøkelsen angir sannsynligheten for at systemet vil fungere som forventet når det er behov for det (Mostue & Opstad, 2002). Britisk standard PD 7974 angir sannsynligheten for at branncellebegrensende konstruksjoner vil oppnå minst 75 % av den angitte brannmotstanden (British Standard Institution, 2003).

Tabell 13 Publiserte estimater på pålitelighet for brannverntiltak (British Standard Institution, 2003; Bukowski, Budnick, & Schemel, 1999)

Brannverntiltak	Warrington Delphi UK (1996)	Fire Eng Guidelines Australia (1996)	Britisk standard PD 7974 (2003)
Murkonstruksjon	0,81	0,95 dersom ingen åpninger 90 dersom åpninger har automatisk lukking	0,75
Gipsskille	0,69	0,95 dersom ingen åpninger 90 dersom åpninger har automatisk lukking	
Skillevegger			0,65
Branndører blir satt åpne	0,29		0,3
Selvlukkere fungerer ikke			0,2

Et spesielt svakt punkt i branncellebegrensende skiller er dørene. Gamle dører har ofte dårlig brannmotstand og røyktetthet, i tillegg er det en risiko for at dørene vil bli stående åpne ved rømning.

Pålitelighetstallene for selvlukkere gitt i PD 7974 viser til sannsynligheten for at branndører er blokkert i åpen posisjon og for at branndøren ikke vil lukkes helt igjen. Leilighetsdørene vil normalt være lukket igjen, og det antas at om disse ikke fungerer som de skal, så skyldes det enten at døren ikke lukkes helt igjen, eller at selvlukkeren er koblet av med vilje, som noen beboere kan finne på å gjøre for å unngå at døren blir så tung å åpne.

Dersom det ikke er montert selvlukkere på dørene sier erfaringene fra Oslo brann- og redningsetat at dørene vil bli stående åpne ved rømning i omtrent 50 % av tilfellene (Løken, 2009). Dersom det finnes to tilgjengelige trapperom antas det som lite sannsynlig at begge dørene vil bli benyttet ved rømning. Sannsynligheten for at dør til trapperom nummer to blir stående åpen ved brann settes derfor halvparten av sannsynligheten for at dør til trapperom nummer en blir stående åpen.

Passive tiltak blir ofte ansett som mer pålitelige enn aktive tiltak. Disse tallene viser at dette ikke nødvendigvis stemmer. Selv om branncellebegrensende skiller teoretisk sett skal virke som forutsatt hele tiden, vil dørene alltid være et svakt punkt. I tillegg kan feil ved utførelse av skillekonstruksjonene og gjennomføringer utført i senere tid uten tilstrekkelig

branntetting, være faktorer som svekker brannmotstanden og reduserer sannsynligheten for at brannskillet fungerer som forutsatt. Branncellebegrensende konstruksjoner vil likevel ha en viss motstand mot brann- og røykspredning selv om de ikke fungerer som forutsatt. Pålitelighetstallene kan derfor ikke direkte sammenlignes med sannsynligheten for om et aktivt tiltak vil fungere eller ikke.

6.5.2 Trapperomsdører

Ved testing av en original trapperomsdør med trådglassfelt gjennomført av SINTEF NBL ble kriteriene for klassifisering som B30-dør overskredet etter 2 minutter. Kriteriene for midlere og maks temperaturstigning ble overskredet etter henholdsvis 6 og 2 minutter (Andersson, 2005). I denne testen ble det blant annet observert gjennomtrengning av store mengder røyk allerede etter 90 sekunder. Døren ble testet i henhold til NS 3919. Denne testmetoden er noe foreldet fordi man regner med at en leilighet i dag inneholder mer brennbar/energiholdig inventar enn hva det simulerte brannforløpet er basert på. Det er derfor mulig at døren ville prestert dårligere som brannskille i en reell brann (Oslo brann- og redningsetat, 2007). I følge en rapport fra Riksantikvaren (2006) som omtaler testen ville røyklekkasjen gjennom døren gjort at beboere i øverste etasje ikke ville våget seg ut i trapperommet etter 2-4 minutter. Om det hadde vært montert tettelisten antas det at røykutslippet de første 10-11 minutt ville vært likt som for andre dører.

I testen ble første stikkflamme observert etter 5 minutter og 41 sekunder, det ble observert kontinuerlig flamme over gangfløy etter 10 minutter og 11 sekunder og gjennombrenning i trespeil skjedde etter 18 minutter og 40 sekunder. Man avsluttet testen etter 23 minutter og 40 sekund. SINTEF NBL anslo at røyklekkasjene var omtrent det samme som for en vanlig brannklassifisert entredør uten tettelisten, men noe mer på grunn av gammel maling. Kriterium for maksimal stråling i rømningsvei settes normalt til 1 eller 2 kW/m². Strålingen ble ikke målt under testen, men ble anslått til å være maksimalt 5 kW/m² under brannforløpet. Det er ikke fysisk skadelig å møte stråling på 5 kW/m², men den intense strålingen kan gjøre at folk ikke tør å passere og velger å snu. Selv om døren ikke oppfylte kravene som branndør, sviktet den ikke på en slik måte at den ville ha antent trappeløp eller andre leilighetsdører i løpet av de 23 minuttene testen varte (Riksantikvaren, 2006).

SINTEF NBL har også gjennomført en annen test av originale trapperomsdører, uten glassfelt, der det også ble testet ulike tiltak for å bedre røyktettheten og brannmotstanden. Testen er beskrevet i en rapport fra Riksantikvaren (2006). Den ene døren ble testet som den var. Denne sviktet for integritet etter 26 minutter, og hadde like mye røyklekkasje som en typisk brannklassifisert dør uten tettelisten. Kriteriene for overflatetemperatur ble overskredet etter 17-25 minutter.

Den andre døren ble påført brannhemmende maling på venstre speil, og stålplater på keramisk fiber i høyre speil. Den hadde også røyktettelisten og ekspanderende fugemasse. Denne døren hadde røyklekkasje de første 12 minuttene, på grunn av utetthet i røyktettingen i et hjørne. Deretter stoppet lekkasjen, antakelig på grunn av at den

ekspanderende massen tett. Overflatetemperaturen ble overskredet etter 23 minutter for speil med stålbeskyttelse og etter 26 minutter for speil med malingsbeskyttelse. Døren beholdt integriteten i de 33 minuttene testen varte.

Røykspredning vil være hovedårsaken til at trapperommet ikke kan benyttes til rømning. Først ved at sikten reduseres, og deretter ved at CO-konsentrasjonen blir så høy at forsøk på å rømme gjennom trapperommet kan være dødelig.

SINTEF NBL har gjennomført en undersøkelse av lekkasjetall for branndører. Tabell 14 viser resultatet fra prøving av tre ulike dører (Jan Paul Stensaas & Ulfnes, 2001). Ettersom branntestingen viste at den originale trefyllingsdøren hadde omtrent samme røyklekkasje som en vanlig brannklassifisert entredør uten tettelister antas lekkasjetallet å ligge i samme område som de testede dørene uten tettelister. Om det monteres tettelister antas døren å være nesten like røyktett som en brannklassifisert dør med tettelister fram til gjennombrenning av døren. Dette forutsetter at tettelistene er korrekt montert. Fra branntestingen av en oppgradert dør ser man at dette ikke alltid er tilfelle, men røyklekkasjen vil uansett bli betydelig mindre enn om det ikke hadde vært montert tettelister.

Tabell 14 Lekkasjetall for branndører (Jan Paul Stensaas & Ulfnes, 2001)

Dørtype	Lekkasjetall (m ³ /h) for dør trykksatt på:					
	Karmside			Side med hengsler		
	20 Pa	30 Pa	50 Pa	20 Pa	30 Pa	50 Pa
Dør i brannklasse B, uten tettelister	56	72	>100	56	72	>100
Dør i brannklasse B, med tettelister	5,2	7	10	3,6	4,5	5,7
Dør i brannklasse A, uten tettelister	82	>100	>100	70	>100	>100

Det antas at tid til gjennombrenning av en original trefyllingsdør vil variere mye. Blant annet vil tykkelsen på det tynneste punktet av trespeilene ha mye å si for brannmotstanden. Mange av dørene har med tiden blitt skjevete, noe som har gjort at tettingen mellom dørblad og karm har blitt dårligere med årene. Stenstad (1983) oppgir at originale trefyllingsdører, som ikke er brannteknisk utbedret, vil ha en motstandstid som ikke er bedre enn ca. 10 minutter, noe som stemmer overens med den gjennomførte branntesten av en original trefyllingsdør. Det antas at lekkasjetallet er 20 m³/h de første 10 minuttene, før gjennombrenning av døren starter, og at lekkasjetallet deretter vil øke gravis. Om man antar at lekkasjetallet øker til det samme som for en ikke-røyktett dør når gjennombrenning starter vil det si at tettelistene gir omtrent 10 minutter lengre tilgjengelig rømningstid, før sikten i trapperommet blir for dårlig.

Det antas at den håndverksmessige utførelsen av oppgraderingen av gamle dører ikke alltid vil være like bra, og at det vil være en del variasjon i hvor godt disse dørene fungerer som brannskille. Dersom døren er oppgradert i henhold til *byggforskblad 734.503 Brannteknisk forbedring av gamle trefyllingsdører* med platekledning på innsiden, kan man basert på branntestene av den oppgraderte døren anta at svikt inntreffer når overflatetemperaturen blir for høy, noe som skjer etter 20-25 minutter.

Nye branndører antas å fungere som brann- og røykskille i minst de 30 minuttene den er klassifisert for. Det er likevel en risiko for svikt ved at fugging/branntetting av tilslutninger rundt døren ikke er gjennomført riktig.

Beregninger av forhold i korridor i tilknytning til et rom hvor det er overtent rombrann viser at lekkasjetall på 50 og 100 m³/h vil gi en CO-eksponering som medfører at personer som oppholder seg i korridoren er ute av stand til å rømme etter henholdsvis 22 og 14 minutter. Ved lekkasjerate på 20 m³/h overstiges ikke grensen for CO-eksponering i løpet av 30 minutter, når man regner med 2 luftvekslinger per time i korridoren (Jan Paul Stensaas & Ulfnes, 2001).

Glassfelt i og rundt dørene vil utgjøre et svakt punkt. Vanlig ett-lags glass forventes å knuse ved 340 °C (Mostue & Stensaas, 2002). En omfattende utskifting av glass i trapperom til trådglass startet på 1930 tallet og det finnes i dag så å si ingen trapperom der de originale glassene er beholdt (Oslo brann- og redningsetat, 2007). Trådglass kan antas å knuse ved 800 °C (Stenstad, 1983).

Gjennombrenning av dør vil ikke starte før brannen i leiligheten har spredt seg helt til døren. Tiden til dette skjer vil variere mye, alt etter hvor i leiligheten brannen starter. For eksempel vil en brann som starter på soverommet med døren lukket bruke lang tid på å spre seg til trapperommet. Med bakgrunn i beregningene, utført av Bjelland (2006), av tid til kritiske og dødelige forhold vil oppstå i leilighet antas det at røykspredning gjennom utett dør til trapperom vil begynne etter omtrent 5 minutter etter brannstart og gjennombrenning av dør vil begynne 7 minutter etter brannstart.

Tid fra brann i leilighet oppstår til sikten i trapperommet er så dårlig at det ikke kan benyttes til rømning settes på bakgrunn av dette til tallene som er vist i tabell 15. I tillegg til påliteligheten selve døren må også påliteligheten av resten av veggen tas med. I følge tabell 14. Kan påliteligheten av vegger med dører som har automatisk lukking settes til 0,9. Påliteligheten vil derfor ikke bli satt høyere enn dette, selv om selve døren antas å kunne holde lenger.

Tabell 15 Pålitelighet for vegg mot trapperom med ulike typer dører

	Tid før trapperommet blokkeres av røyk	Sannsynlighet for rømning før røykspredning	
		Uten brannalarm	Med brannalarm
Åpen dør	2 min	0	0
Original dør, uten røyktettelister	9 min	0	0,74
Original dør, med røyktettelister	20 min	0,18	0,9
Original dør med røyktetting og platekledning	29 min	0,9	0,9
Ny brannklassifisert dør	37 min	0,9	0,9

Valg av pålitelighetstall for uklassifiserte dører

Pålitelighetstall angir hvor stor sannsynlighet det er for at en barriere vil opprettholde sin funksjon i den tiden som er forutsatt. Om man skal måle påliteligheten av originale dører opp mot kravet om 30 minutter brannmotstand, som vanligvis stilles til dører i rømningsvei, vil en original trefyllingsdør uten tettelister med 100 % sannsynlighet feile.

For å kunne vurdere hvor stor betydning dørene har på risikoen for at trapperommet blokkeres av røyk, er motstandstiden for dørene vurdert opp mot sannsynlig nødvendig rømningstid. Rømningstid er beskrevet i kapittel 6.3.1. Tallene for rømningstid varierer mye. Både reaksjonstiden og deteksjonstiden er det knyttet stor usikkerhet til. I tillegg er det forbundet stor usikkerhet til motstandstiden som er valgt for dørene fordi tallene baserer seg på et svært lite tallmateriale. I tillegg vil brannforløpet i leiligheten og tiden fra brannstart til brannen når dører variere mye.

Nødvendig rømningstid for en bygård med og en bygård uten fungerende brannalarmanlegg antas å ha en trekantfordeling, og sannsynligheten for at nødvendig rømningstid er større enn tilgjengelig rømningstid for de ulike variantene av dører bestemmes ut i fra denne fordelingen.

6.5.3 Boligsprinkleranlegg

Sprinkleranlegg er laget for å slokke eller kontrollere en brann i startfasen. Hensikten med tradisjonelle sprinkleranlegg er vanligvis å redde verdier, mens boligsprinkler har som hensikt å redde liv, og sekundært å redde verdier. Et boligsprinkleranlegg vil øke den tilgjengelige rømningstiden ved at det hindrer en brann i å spre seg raskt.

Boligsprinkleranlegg har lavere krav til vannmengde og vanntilførsel enn tradisjonelle sprinkleranlegg. Dette gjør at det er mulig å hente vann fra den ordinære tappevannsforsyningen, noe som reduserer kostnadene ved installasjon av sprinkleranlegg. Det er også lavere krav til arealer som dekkes av sprinklere. Rom der det statistisk sett ikke

omkommer personer ved brann trenger ikke sprinkles, blant annet trenger man ikke sprinklerhoder på baderom inntil 5 m²(under visse forutsetninger), i himlinger og oppbygde gulv. Boligsprinklere er dimensjonert for rask aktivering, og skal kontrollere brannutviklingen og hindre overtenning i et begrenset tidsrom. For flermannsboliger skal anlegget fungere i 30 minutter, men vil normalt vare lengre enn dette, om det er tilkoblet det kommunale vannledningsnettet i Norge. Boligsprinkleranlegg dimensjoneres for at maksimum 4 sprinklerhoder skal utløses samtidig.

Ved installering av boligsprinkler aksepteres det å ha felles tilførsel for slokkevann og forbruksvann. Dette er kostnadsbesparende, men gir dårligere sikkerhet enn ved konvensjonell sprinkling. Samtidig kan felles tilførsel være en fordel ved at beboerne raskt vil oppdage om det er noe galt med vannforsyningen til sprinkleranlegget, ved at det samtidig blir dårlig trykk i kranene eller at vannet blir helt borte(Stenstad & Engelsen, 2004).

Sannsynligheten for at boligsprinkling skal hindre at personer omkommer i startbrannrommet er størst ved rask brannutvikling. Ulmebranner vil derimot ikke utløse sprinkleranlegget, og man er derfor avhengig av å ha automatisk røykdeteksjon i tillegg til sprinkleranlegget for å kunne varsle sovende mennesker, så de får mulighet til å rømme ut i tide(Stenstad & Engelsen, 2004).

Selv om sprinkleranlegget ikke nødvendigvis vil redde personer som oppholder seg i rommet der brannen starter, vil det hindre at mange omkommer i samme brann. Statistikk fra branner i USA, samlet inn av NFPA, viser at det ikke har forekommet branner med mer enn 2 omkomne i fullsprinklede bygg der systemet virket som det skulle. Unntaket er der det har inntruffet eksplosjon og skokkemannskap har omkommet under slokking(Mostue & Opstad, 2002). Beregninger av brann i en bygning med omsorgsboliger viste at det ikke ville oppstå kritiske forhold utenfor startbrannrom i noen av scenariene der sprinkleranlegget ble utløst(Mostue & Stensaas, 2002).

En kvalitativ sammenligning av effekten av å benytte enten brannalarmanlegg eller sprinkleranlegg som risikoreduserende tiltak viser at sprinkleranlegg kommer best ut. Et sprinkleranlegg vil redusere brannspredning og røykproduksjon i bygget, begrense antall personer som blir eksponert for brann i bygningen og gjøre at man er mindre avhengig av ekstern slokke- og redningsinnsats(Mostue & Opstad, 2002).

Sprinkling av boliger er lite utbredt i Norge (sprinkling av boliger med mer enn 2 etasjer ble først et krav med TEK10), og det er derfor vanskelig å måle effekten sprinkling har på dødsbrannstatistikken. I USA og Canada derimot, har sprinkling av boliger vært i bruk siden 70-tallet. Der har enkelte kommuner har stilt krav om installering av sprinkleranlegg i nye og ombygde boliger, blant annet Scottsdale i Arizona og Vancouver i Canada. Analyser av erfaringene fra disse byene viser at dødsbrannhyppigheten i sprinklede boliger er 50-75 % lavere enn i boliger uten sprinkler. Overfører man dette til Norge vil det tilsvare 35-45 sparte

liv hvert år. Samtidig vil materielle tap ved brann i boliger med sprinkleranlegg kunne reduseres med 40 – 95 % (Mostue & Stensaas, 2002).

Beregninger av sprinkleranleggets evne til å redusere størrelsen av en brann, basert på amerikansk og britisk statistikk, viser at installering av boligsprinkleranlegg vil kunne redusere antall omkomne med 55-85 %, og at antall mennesker som behøves å reddes ut vil reduseres med 40-65 % (Williams, Fraser-Mitchell, Campbell, & Harrison, 2004).

Williams et al. (2004) har, ved å undersøke tidligere analyser av effekt og pålitelighet for sprinkleranlegg og brannalarm fra ulike land, kommet fram til at følgende tall benyttes:

- Bare alarm: antall omkomne reduseres med 53 %
- Bare sprinkleranlegg: antall omkomne reduseres med 70-80 %
- Sprinkleranlegg og alarm: antall omkomne reduseres med 83 %

Pålitelighet

Pålitelighetstall for sprinkleranlegg varierer. PDP 7975- 7 oppgir at et sprinklersystem laget for å redde liv vil fungere som det skal i 90 % av tilfellene, for nye anlegg. Påliteligheten for gamle sprinklersystem oppgis å være 75 % (British Standard Institution, 2003). I Australia opereres det med en suksessrate på 99,5 % for sprinkleranlegg, men denne statistikken utelukker alle branner der sprinkleranlegget ikke fungerte. Vanligvis blir det, blant australske branningeniører, brukt en sannsynlighet på 95 – 98 % for at anlegget skal fungere som ønsket (Mostue, 2000).

Bukowski et al. (1999) oppgir en sannsynlighet på 96,6 % for at sprinkleranlegg i bolig skal virke, dette tallet bygger imidlertid på én kilde fra 1959. For alle kategorier sprinkleranlegg oppgis sannsynligheten å være 94,6 %, med en variasjon mellom 92,2-97,1 %.

Tall fra USA viser at sprinkleranlegget virket i 91 % av brannene som var store nok til at sprinkleranlegget skulle utløses. Når sprinkleranlegget ble utløst fungerte det som det skulle i 96 % av brannene. Sprinkleranlegget virket altså som ønsket i 87 % av brannene (Hall, 2011). Årsaker til at sprinkleranlegget ikke fungerte er vist i tabell 16. Tabellen viser at den største årsaken til at anlegget ikke ble utløst var at systemet var slått av før brannen startet, noe som gjøres i forbindelse med rutinemessige kontroller og vedlikehold av anlegget.

Tabell 16 Årsak til at sprinkleranlegget sviktet(Hall, 2011)

Årsak til svikt	Sprinkleranlegget ble ikke utløst	Sprinkleranlegget fungerte ikke som det skulle
Systemet var slått av	64 %	
Manuell påvirkning av systemet	17 %	7 %
Manglende vedlikehold	6 %	7 %
Feil type system	5 %	5 %
Skade på komponenter	7 %	8 %
Vannet nådde ikke brannen		44 %
For liten vannmengde		30 %

I Norge rapporteres det om store avvik på sprinkleranlegg i 10 – 20 % av kontrollene av FG-godkjente anlegg. Hovedårsakene til avvikene er feil brannbelastning og plassering, og for liten vannkapasitet (Mostue, 2000). Feil brannbelastning skyldes at de sprinklede områdene benyttes på en annen måte enn hva sprinkleranlegget er dimensjonert for, for eksempel at der lagres varer med høyere brannbelastning enn man hadde forutsatt. Det forventes at dette ikke vil forekomme i boliger, fordi brannbelastningen for en bolig vil holde seg noenlunde konstant.

Tabell 16 viser at årsakene til at systemet ikke fungerer som det skal i hovedsak skyldes menneskelig svikt. Påliteligheten til sprinkleranlegget er derfor sterkt avhengig av at man har gode organisatoriske rutiner som sørger for god kontroll og vedlikehold av sprinkleranlegget. Det antas at dette er en faktor som varierer mye fra bygård til bygård. Boligsameier, profesjonelle utleiefirmaer og borettslag med en driftsorganisasjon i ryggen vil antakelig drives på forskjellige måter, med varierende kvalitet på de organisatoriske rutinene. Oslo brann- og redningsetat (2007) har på sine tilsyn i 1890-gårder erfart, at det er liten forskjell i brannsikkerheten mellom de ulike eierformene, men at brannsikkerhetsnivået i leiegårder varierer mye. Dette er som regel gårder som eies av en enkelt person, og brannsikkerheten avhenger da i stor grad av denne personens holdning til brannsikkerhet.

Kostnader

Kostnaden ved installering av boligsprinkleranlegg i Norge oppgis i en rapport fra SINTEF NBL å ligge på 120 - 130 kr/m² (Mostue & Stensaas, 2002). Installering av boligsprinkleranlegg i en ny boligblokk kan anslås å være 150 – 350 kr/m²(Bjelland, 2009).

Installering av sprinkleranlegg i eksisterende boliger er derimot mer kostnadskrevende. Blant annet må himlinger rives og settes opp på nytt, og det er vanskelig å prosjektere standardløsninger for føringsvei for sprinkleranlegget, siden leilighetene gjerne er bygget om flere ganger siden huset ble bygget.

I 2004 ble det gjennomført et pilotprosjekt der brannsikkerheten i en 1890-gård ble oppgradert ved å installere boligsprinkleranlegg og gjennomføre enkle oppgraderinger av brannskille mot trapperom(Stenstad & Engelsen, 2004). På bakgrunn av erfaringene fra dette prosjektet settes kostnadene ved installering av sprinkleranlegg til 700 kr/m²(Bjelland, Arnhus, Nossun, & Tveter, 2011).

I gamle bygg på flere etasjer, slik som gamle murgårder, kan det hende at vanninntaket har for liten diameter, og at det dermed må legges nytt inntak for å få tilstrekkelig kapasitet for slokkevann. Dette medfører ekstra kostnader ved installering av sprinkleranlegg(Stenstad & Engelsen, 2004).

Nytt vanninntak er beregnet å koste et sted mellom 92 000 kr basert på kostnadsberegninger fra Stenstad & Engelsen(2004). I dette prosjektet viste det seg at det ikke var nødvendig med nytt vanninntak. Ved sprinkling av en annen murgård, Nils Juels gate 46, kom kostnadene for nytt vanninntak på 135 000 kr (Oslo brann- og redningsetat, 2011).

Forsikringsbransjen har stilt seg skeptisk til installering av sprinkleranlegg. Årsaken er økt risiko for vannskader. Gamle murgårder har stor andel trevirke i bygningskonstruksjonene, og vannlekkasjer vil kunne føre til råteskader. En gjennomsnittlig vannskade koster mye mindre enn en brannskade, og vannskader som følge av følge av brannvesenets slokkeinnsats vil være større enn vannskader som følge av at brannen kontrolleres/slukkes av sprinkleranlegget. Erfaring viser at feilutløsning av sprinklerhoder sjelden er et problem. Vannskader på grunn av sprinkleranlegget skyldes vanligvis lekkasjer som følge av dårlig håndverk, drypplekkasjer fra tilkoblingspunkt og skader på rør som følge av oppussing. Det antas at antall vannskader som følge av sprinkler i Norge utgjør et sted mellom 0,5 og 3 % av antall vannskader totalt(NBLF, 2006).

Tall på levetid for sprinkleranlegg varierer mye. SINTEF NBL oppgir at en levetid på 30 - 50 år kan benyttes som et konservativt anslag. Det antas at anlegget har en levetid på 20-30 år uten reparasjon men at den totale levetiden kan være dobbelt så lang. Norsk brannvernforening angir levetiden til å være 50-100 år, mens en kanadisk undersøkelse oppgir levetiden til å være 50 år(Mostue & Stensaas, 2002).

Boligsprinkleranlegg er bygget på en mindre robust teknologi enn konvensjonelle sprinkleranlegg, og det antas derfor at levetiden er noe kortere. En amerikansk studie av samfunnsøkonomisk lønnsomhet for boligsprinkling(Butry, 2009) benytter en levetid på 30 år. Levetid på 30 år for boligsprinkleranlegget blir også benyttet i en norsk samfunnsøkonomisk analyse(Bjelland et al., 2011).

6.5.4 Røykvarslere

Røykvarslere defineres i FOBTOT som «*Detektor som reagerer på røyk, enten på ioner i varm røyk eller på optisk tetthet av røyk, sammenbyggt med alarminnretning som gir lyd med minimum 85 dB(A) i 3 m avstand og intern eller ekstern strømkilde.*»(DSB, 2012).

Siden 1990 har det vært påbudt å utstyre alle boliger med røykvarsler. § 2-5: «*Eier av bolig skal sørge for at boligen er utstyrt med minst en sertifisert røykvarsler, plassert slik at den høres tydelig på alle soverommene når dører er lukket.*»(DSB, 2012)

De fleste boliger har installert røykvarsler, men disse fungerer ikke alltid som de skal. Den vanligste årsaken til dette er at batteriet er flatt, feil innsatt eller fjernet. En undersøkelse utført i 1996 viser at kun 63 % av de undersøkte blokkleilighetene hadde fungerende røykvarslere. I eneboliger og rekkehus hadde 91 % fungerende røykvarslere (Mostue, 2000).

Det er to forskjellige typer røykvarslere som blir benyttet. *Ioniske* røykvarslere, som fungerer best på flammebranner med små røykpartikler, og *optiske* røykvarslere som fungerer best på ulmebranner og store røykpartikler(Bjelland, 2009).

Risikoen for å omkomme i brann er mye større for boliger som ikke har fungerende røykvarslere. En undersøkelse gjennomført over en tiårsperiode viste at kun 23 % av boligene som hadde vært åsted for dødsbranner hadde fungerende røykvarslere(Justis- og politidepartementet, 2009). Røykvarslere antas å redde 30 % av de som ellers ville omkommet i brann(Bjelland, 2009). Britisk standard, PD 7974-7, angir en sannsynlighet på 75 % for at en røykvarsler skal fungere ved behov(British Standard Institution, 2003).

Røykvarslere har størst effekt på sovende mennesker. I våken tilstand vil man vanligvis kunne oppdage brannen selv, ved å se eller lukte den, før røykvarsleren slår ut(Mostue, 2000).

Røykvarslere vil ha liten effekt på mange av risikogruppene for å omkomme i brann, blant annet bevegelseshemmede, som ikke klarer å komme seg ut på egenhånd, små barn og mennesker påvirket av alkohol som ikke reagerer på alarmen. Det vil derfor være behov for ytterligere tiltak for å kunne redde disse. Nystedt (2003) har beregnet at røykvarslere vil redusere risikoen for å omkomme i brann med 30 % for mennesker uten nedsatt funksjonsevne. På et nasjonalt nivå vil den risikoreduserende effekten være på 11 % fordi røykvarslere ikke har effekt på mennesker med nedsatt funksjonsevne eller er nært involvert i brannen.

En svensk undersøkelse anslår at røykvarslere vil kunne redde 50 % av de som ellers ville omkommet i brann, mens en kombinasjon av røykvarslere og sprinkleranlegg kunne reddet 75 % av de som ellers ville omkommet(Bjelland, 2009).

Bukowski et al. (1999) angir at påliteligheten for røykdetektorer/brannalarmanlegg i bolig er 77,8 % og varierer mellom 75,1 - 80,6 %.

6.5.5 Brannalarmanlegg

Formålet med brannalarmanlegg er å varsle personer som oppholder seg i bygget om brann, slik at de kommer seg i sikkerhet i tide. Dersom varslingen overføres til brannvesenet vil det også bidra til raskere slokking, og også kunne hindre at brannen sprer seg til nabobebyggelse. Brannalarmanlegget vil kunne redusere nødvendig tid til rømning, ved at man blir oppmerksom på brannen tidligere.

Brannalarmanlegg er et effektivt tiltak for å forhindre eller begrense skader på personer og materielle verdier som følge av brann. En japansk studie oppgir at det er 3 ganger så stor sannsynlighet for at en liten brann utvikler seg slik at bygningen totalskades dersom det ikke er installert brannalarmanlegg (Mostue, 2000).

Et problem med brannalarmanlegg er falske alarmer. Dersom andelen falske alarmer blir for stor, vil ikke personer reagere så raskt som de skal ved en reel brann, fordi de antar at det bare er nok en falsk alarm. For at folk skal reagere raskt på utløst brannalarm må prediksjonsverdien, dvs. i hvilken grad alarmen varsler en reell brann, være over 0,5 noe som betyr at sannsynligheten for at alarmen varsler en reel brann må være større enn at det ikke er det. En undersøkelse av brannalarmanlegg i særskilte brannobjekt viser at det utløses brannalarm i 70 % av brannobjektene hvert år. Av disse alarmene er bare 3-8 % reelle alarmer, som gir et forhold mellom falske og reelle alarmer på mellom 30:1 og 12:1. En amerikansk undersøkelse har vist et forhold mellom falske og reelle alarmer på 11:1 (Mostue, 2000).

Norske tall viser at ved reelle branner fungerer automatiske brannalarmanlegg i 85 % av tilfellene (Mostue, 2000). PD 7974 oppgir at røyk- og varmedetektorer forventes å detektere brann i 90 % av tilfellene og at et brannalarmanlegg med automatisk varsling til brannvesenet vil virke i 95 % av tilfellene hvor en brann oppdages (British Standard Institution, 2003).

Ved installering av sprinkleranlegg i leiligheter kan det være aktuelt å begrense omfanget av brannalarmanlegget til fellesarealene. Sprinkleranlegget vil kunne varsle om brann i leiligheter, og røykvarslere kan varsle beboerne om røyk i leiligheten. Dette kan redusere antallet falske alarmer (Oslo brann- og redningsetat, 2011).

6.5.6 To rømningsveier

Tilgang på to uavhengige rømningsveier har stor betydning for rømningsikkerheten. En rapport skrevet av Cowi på oppdrag fra Riksantikvaren (Riksantikvaren, 2006) har vurdert hvordan rømningsikkerheten i murgårdene påvirkes av antall tilgjengelige rømningsveier. Rapporten baserer seg på analyser av murgårdsbranner, gjennomført i forbindelse med *prosjekt brannsikker bygård* (Oslo brann- og redningsetat, 2002) og Stenstads doktoravhandling, *Eldre murgårdar og brann* (Stenstad, 1983), og vurderte det slik at alle dødsfallene som skyldtes brann- og røykspredning til trapperom ville vært unngått om det hadde vært tilgang på en alternativ rømningsvei.

På bakgrunn av dette kan man si at rømningssikkerheten man får ved å ha to uavhengige trapperom, er så god at andre omfattende sikringstiltak vil være unødvendige. Dermed vil det være mulig å beholde trapperommet i tilnærmet original stand, med kun enklere oppgradering av dører, som bør utstyres med tettelister for å hindre røykspredning, uten at rømningssikkerheten blir uforholdsmessig dårlig. Det er en mulighet for at begge trapperommene skal blokkeres av røyk og flammer samtidig dersom dørene til en leilighet eller korridor blir stående åpne ut mot begge trapperommene, eller en brann sprer seg fra åpne kjellerarealer og ut til begge trapperommene samtidig. Dette scenarioet regnes som lite sannsynlig.

Andre brannsikringstiltak, slik som utbedring av brannskillende konstruksjoner og installering av sprinkleranlegg, vil kunne kompensere for den reduserte brannsikkerheten ved at ett trapperom fjernes, men ikke gi like god sikkerhet (Riksantikvaren, 2006).

En stor del av murgårdene har bare tilgang på ett trapperom. Enten fordi gårdene er bygget før to trapperom ble et krav eller fordi gårdene har blitt bygget om i senere tid. Et godt tiltak her ville vært å etablere en ekstra rømningsvei, for eksempel med å montere en branntripp på utsiden.

6.5.7 Organisatoriske tiltak

Organisatoriske tiltak innebærer at det gjøres et kontinuerlig arbeid med brannsikkerheten. Dette er i hovedsak forebyggende tiltak som skal hindre at en brann oppstår. Tiltakene er vanligvis enkle og kostnadsfrie å utføre. Vanlige tiltak er kontroll og vedlikehold av tekniske brannsikringstiltak, brannverninformasjon til beboerne, låse dører og porter for å hindre uvedkommende (ildspåsettere) i å komme inn, og holde fellesområder, kjeller og loft ryddige (Oslo brann- og redningsetat, 2002).

Organisatoriske tiltak er avgjørende for å sikre at de tekniske tiltakene fungerer som de skal. Blant annet må sprinkleranlegg og brannalarmanlegg kontrolleres årlig. Det må også kontrolleres at selvlukkende dører ikke settes ut av funksjon eller at brannskiller svekkes ved nye gjennomføringer.

I 1890-gårdene, der andre viktige barrierer for brannspredning mangler, vil det være spesielt viktig at de organisatoriske tiltakene følges opp, for å unngå at det oppstår branner som kan få store konsekvenser for personsikkerheten i bygget.

De fleste murgårdene er registrert som virksomheter. Rutiner for vedlikehold og kontroll av brannsikkerheten vil derfor være et krav, og er angitt i FOBTOT og Internkontrollforskriften.

Lagring av brennbart materiale og sikring mot ildspåsettelse

Et viktig tiltak for å hindre påsatt brann er at det ikke lagres brennbart materiale i trapperom/rømningsvei.

Prosjekt brannsikker bygård (Oslo brann- og redningsetat, 2007) avdekket at i en stor del av bygårdene forekom det lagring av brennbart materiale i trapperom, og mange trapperomsboder var ikke låst, eller hadde utilstrekkelig brannmotstand. Dette ble avdekket i 1100 (36 %) av murgårdene. Det forekom oftest der det var to tilgjengelige trapperom fra hver leilighet. Dersom kun den ene trappen benyttes til daglig vil det være fristende å bruke den andre som ekstra lagringsplass.

Avlåsing av bygget for å hindre adgang for uvedkommende er et enkelt tiltak. I flertallet av murgårdene var dette ivaretatt. Manglende avlåsing av portrom ble avdekket på 463 (15 %) av adressene. Ulåst trapperom forekom i 109 (3,5 %) av gårdene og manglende avlåsing av kjeller og loft forekom på henholdsvis 302 (10 %) og 288 (9 %) av adressene.

Materiale som lagres langs byggets fasader i gårdsrom kan utgjøre en brannfare, fordi en påsatt brann her kan spre seg inn i bygningen via vinduer. Sjøppelkasser er gjerne plassert her, og få av disse befinner seg i egne avlåste rom eller brannceller. Lagring av brennbart materiale i portrom og gårdsrom er registrert på henholdsvis 496 (16 %) og 355 (12 %) av adressene. Det er usikkerhet rundt disse tallene fordi det i mange tilfeller bare har blitt påpekt i sammenheng med smijernsport eller manglende avlåsing av portrom.

6.6 Beskrivelse av analyseobjektet

Analysen tar utgangspunkt i et fiktivt bygg, som representerer en typisk 1890-gård som ikke har gjennomgått branntekniske oppgraderinger de siste årene. Bygget har 4 etasjer + kjeller og kald loft. Grunnflate er 160 m² og det er to leiligheter i hver etasje.

Bygget har ikke brannalarmanlegg eller sprinkleranlegg. Det er originale trefyllingsdører mellom leiligheter og trapperom. Det er ikke montert selvlukkere på dørene.

Det vil gjennomføres analyse for bygget med både ett og to trapperom.

Hovedtrapperommet har trapperomsvegger av mur og trappeløp i stål med inntrinn av tre.

Dørene i hovedtrapperommet har glassfelt med trådglass. Baktrappen har

trapperomsvegger av mur og trappeløp i tre. Dørene mot baktrappen er trefyllingsdører uten glassfelt. Kjellerdøren er utført i massivt tre, kledd i metallplater.

Bygningsmessige tiltak som vil analyseres er:

1. fungerende selvlukkere på alle trapperomsdører
2. røyktettelister på trapperomsdører
3. utbedring/utskifting av trapperomsdører til brannmotstand EI30
4. ett eller to tilgjengelige trapperom

Tekniske tiltak som skal analyseres er:

1. Brannalarmanlegg som har viderekobling til brannvesenet
2. Boligsprinkleranlegg

6.7 Kvalitativ analyse

6.7.1 Brann i murgård som har installert boligsprinkleranlegg

Statistisk sett er det svært liten sannsynlighet for at det omkommer mennesker utenfor startbranncellen, dersom det er installert sprinkleranlegg. Det antas derfor at ingen mennesker vil omkomme utenfor startbranncellen dersom sprinkleranlegget fungerer.

6.7.2 Brann i leilighet

Brann i leilighet er det mest sannsynlige brannscenariet. Analysen tar for seg branner som ikke blir slokket før det oppstår kritiske forhold i leiligheten.

Brann i leilighet vil utgjøre en større trussel for de andre beboerne desto lenger ned i trapperommet den starter. I den kvantitative analysen er ikke dette tatt hensyn til, og det forutsettes at konsekvensene av en brann vil være lik for alle leiligheter.

Det antas at beboere i første etasje vil kunne rømme ut gjennom vinduene, uten hjelp av brannvesenet, dersom trapperommet er sperret. Det er derfor bare beboere i de tre øverste etasjene som er tatt med i beregningene av risiko for å omkomme i trapperom.

Dersom brannalarmanlegget fungerer antas det at brannvesenet vil bli varslet i løpet av 1 minutt. Brannvesenet vil ankomme innen 10 minutter og brannen vil bli slokket før den rekker å spre seg til andre leiligheter. På dette tidspunktet er det mulig at trapperommet allerede er fylt med røyk, men de fleste beboerne har allerede kommet seg ut fordi de ble varslet tidlig om brannen.

Dersom det ikke finnes brannalarmanlegg vil brannen sannsynligvis oppdages enten ved at forbipasserende eller naboer ser at det brenner, eller ved at beboere blir oppmerksomme på at det kommer røyk fra startbrannleiligheten. Tidspunktet før dette skjer antas å være 10 minutter, samtidig som leiligheten overtennes. Da vil trapperommet allerede være fylt med røyk, og beboere må reddes ut ved hjelp av brannvesenet når de ankommer, 16 minutter etter brannstart. Tiden til brannen oppdages er svært usikker. Der er mulig at brannen får pågå mye lenger før den blir oppdaget, spesielt dersom den oppstår på natten.

6.7.3 Brann i kjeller

Brann som starter i kjeller vil kunne pågå i lang tid før den blir oppdaget. Kjellere blir gjerne benyttet til lagring, og kan derfor ha høy brannlast. Det ble tidlig stilt krav til brannmotstand på kjellerdører. Det forutsettes at kjellerdøren er i massivt tre med platekledning og har montert selvlukker, den vil da ha en brannmotstand på omtrent 30 minutter. Det antas at døren er like røyktett som trapperomsdørene. Om det ikke er fungerende brannalarmanlegg i bygget vil antakelig ikke brannen oppdages før det kommer røyk ut i trapperommet. Om kjellerdøren blir åpnet vil brannen kunne spre seg til trapperommet.

Et mulig scenario er at brannen i kjelleren blir påsatt og at døren til trapperommet blir sperret åpen. I så fall vil ikke kvaliteten på brannskille ha noen påvirkning på brannforløpet.

Gode rutiner for låsing av kjellerdøren vil kunne forhindre dette, og dette antas å være et lite sannsynlig scenario.

Dersom brannalarmanlegget i bygget fungerer vil brannen detekteres i løpet av ett minutt, og brannvesenet vil slokke brannen i løpet av 10 minutter. Sannsynligheten for at trapperommet blokkeres av røyk før brannvesenet ankommer regnes å være liten.

Murgårdene med to tilgjengelige trapperom har som regel bare ett trapperom som går til kjeller og loft. Beboerne vil derfor ha ett røykfritt trapperom å rømme gjennom.

6.7.4 Brann på loft

Brann på loft kan føre til store materielle skader, men utgjør liten fare for personsikkerheten. Dette er fordi brannen sprer seg mye saktere nedover i trapperommet enn oppover. Det velges derfor å ikke ta med dette scenariet i den kvantitative analysen.

6.7.5 Brann i trapperom

Brann i trapperom antas å være påsatt. Om de organisatoriske rutinene fungerer skal det ikke finnes noe lett antennelig materiale i trapperommet som kan benyttes til å starte en brann. Det regnes likevel som sannsynlig at dette kan skje. Begge de to murgårdsbrannene i Norges historie som har hatt mer enn 5 omkomne, startet som påsatt brann i trapperom. Dette regnes som det verste troverdige scenariet for bygget, dersom det bare finnes ett tilgjengelig trapperom. Ved et slikt scenario vil ikke brannalarmanlegget kunne hindre at rømningsveien sperres. Et brannalarmanlegg vil imidlertid kunne sørge for at brannvesenet blir varslet raskt og at brannen blir slokket før den rekker å gjøre for stor skade.

Om det ikke er brannalarm i bygget vil det være større sannsynlighet for at brannen vil spre seg oppover i trapperommet og at røyk trenger inn i leilighetene. Sannsynligheten for at personer omkommer av røykforgiftning før de blir reddet ut er derfor til stede. Røyktette trapperomsdører og dører med bedre brannmotstand vil sørge for at forholdene inne i leilighetene ikke blir kritiske mens man venter på å bli reddet ut av brannvesenet.

For en murgård med to trapperom vil det andre trapperommet kunne benyttes til rømning, selv om det brenner i det ene. Sannsynligheten for at noen vil klare å antenne begge trapperommene samtidig antas å være svært liten. Brann som starter i trapperommet vil derfor bare utgjøre en trussel i de murgårdene med kun ett tilgjengelig trapperom.

6.8 Beregninger

Den kvantitative analysen har som hensikt å undersøke sannsynligheten for at rømningsveiene blokkeres av røyk og dermed hindrer rømning. Sannsynligheten for at mennesker omkommer som følge av røykfylte rømningsveier er også vurdert.

6.8.1 Sannsynlighet for brannspredning

Bjelland (2009) har i sin masteroppgave gjennomført en hendelsestreakanalyse av brann i leilighet i en boligblokk med ulike aktive brannsikkerhetstiltak. Beregningene er basert på CFD-simuleringer av brann i leilighet og tilgjengelig statistikk. Resultatet av denne vises i tabell 17. Tallene fra denne analysen vil bli brukt som utgangspunkt for hendelsestreakanalysen av risiko for spredning av røyk og brann til trapperom.

Tabell 17 Resultater fra hendelsestreakanalyse, sannsynlighet for brannspredning fra startbrannleilighet(Bjelland, 2009)

	Røykvarsler	Røykvarsler og sprinkleranlegg	Automatisk brannalarmanlegg	Automatisk brannalarmanlegg og sprinkleranlegg
P(Brannspredning)	22,9 %	3,3 %	10,7 %	1,4 %

Brannfrekvensen var beregnet til å være 0,012 %. Statistikken over murgårdsbranner i Oslo viser at brann med arnested i kjeller opptre 0,18 ganger per brann i leilighet. Om man antar at halvparten av brannene i kategorien starter i trapperom vil slike branner opptre 0,08 ganger per leilighetsbrann. Dette gir en frekvens av branner som kan true rømningssikkerheten i analysebygget som vist i tabell 18.

Tabell 18 Brannfrekvens i analysebygget med ulike aktive brannverntiltak

Brannfrekvens *10 ⁻⁵	Røykvarsler	Røykvarsler og sprinkleranlegg	Automatisk brannalarmanlegg	Automatisk brannalarmanlegg og sprinkleranlegg
Leiligheter	22,0	3,2	10,3	1,3
Kjeller	4,0	0,6	1,9	0,2
Trapperom	1,8	0,3	0,9	0,1

Kjellerdøren i analysebygget er utført i massivtre med platekledning. Denne døren vil analyseres for alternativene «dør uten røyktetting» og «dør med røyktetting», pålitelighetstallene for original dør og oppgradert original dør vil brukes for kjellerdøren. Det forutsettes at denne døren alltid vil være igjen.

6.8.2 Resultat av hendelsestreakanalysen

Resultatene av hendelsestreakanalysen, rangert etter forventet antall omkomne vises i tabell 19.

Tabell 19 Risiko for å omkomme som følge av røykfyllt trapperom

	Forventet antall omkomne per år x10 ⁵	FAR-verdi
Ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	26,59	0,356
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	26,59	0,356
Selvlukker, original dør med røyktetting, ikke brannalarm, ett trapperom	20,13	0,269
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	7,98	0,107
Selvlukker, brannklassifisert dør, ikke brannalarm, ett trapperom	7,98	0,107
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	7,10	0,095
Selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	4,91	0,066
Selvlukker, original dør med røyktetting, brannalarm, ett trapperom	3,59	0,048
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm, ett trapperom	3,59	0,048
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm, ett trapperom	3,59	0,048
Ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, to trapperom	2,64	0,035
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm, to trapperom	2,64	0,035
Selvlukker, original dør med røyktetting, ikke brannalarm, to trapperom	1,89	0,025
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, to trapperom	1,03	0,014
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	0,77	0,010
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	0,49	0,007
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm, to trapperom	0,49	0,007
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm, to trapperom	0,14	0,002
Selvlukker, brannklassifisert dør, ikke brannalarm, to trapperom	0,14	0,002
Selvlukker, original dør med røyktetting, brannalarm, to trapperom	0,07	0,001
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm, to trapperom	0,07	0,001
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm, to trapperom	0,07	0,001

Tabell 20 viser reduksjon i antall omkomne på grunn av røykfylte rømningsveier for de ulike løsningene for bygg med ett trapperom. Resultatene viser at det beste risikoreducerende tiltaket vil være å installere sprinkleranlegg. Røyktetting av original dør vil være tilstrekkelig forbedring av trapperomsdør dersom brannalarmanlegg er installert. Uten brannalarmanlegg vil en oppgradert original dør være et nesten like godt alternativ. Man ser også at det ikke har effekt å montere selvlukkere på de originale dørene dersom man ikke samtidig monterer tettelister eller installerer brannalarmanlegg. Selvlukkere på originale dører kan forventes å ha noe effekt, dersom brannen blir oppdaget tidligere enn det som er forutsatt i denne analysen.

Tabell 20 Reduksjon i antall omkomne i forhold til dårligste løsning for bygg med ett trapperom

	Reduksjon i forventet antall omkomne x10 ⁵	Reduksjon i FAR-verdi
Ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	0,0	0,000
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	0,0	0,000
Selvlukker, original dør med røyksetting, ikke brannalarm, ett trapperom	06,5	0,086
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	18,6	0,249
Selvlukker, brannklassifisert dør, ikke brannalarm, ett trapperom	18,6	0,249
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	19,5	0,261
Selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	21,7	0,290
Selvlukker, original dør med røyksetting, brannalarm, ett trapperom	23,0	0,308
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm, ett trapperom	23,0	0,308
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm, ett trapperom	23,0	0,308
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	25,8	0,345
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	26,1	0,349

Tabell 21 viser reduksjon i antall omkomne på grunn av røykfylte rømningsveier for ulike brannsikringstiltak for en bygård med to trapperom. Man ser at den risikoreducerende effekten av branntekniske tiltak vil være mindre her, fordi rømningssikkerheten i utgangspunktet er bedre.

Tabell 21 Forventet reduksjon i antall omkomne for løsninger i forhold til dårligste løsning for bygg med to trapperom

	Reduksjon i forventet antall omkomne x10 ⁵	Reduksjon i FAR-verdi
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm, to trapperom	0,0	0,000
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm, to trapperom	0,0	0,000
Selvlukker, original dør med røyktetting, ikke brannalarm, to trapperom	0,07	0,010
Sprinkler ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, to trapperom	1,6	0,022
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm, to trapperom	2,1	0,029
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm, to trapperom	2,3	0,031
Selvlukker, original dør, brannalarm, to trapperom	2,5	0,033
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm, to trapperom	2,5	0,033
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm, to trapperom	2,5	0,033
Selvlukker, original dør med røyktetting, brannalarm, to trapperom	2,6	0,034
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm, to trapperom	2,6	0,034
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm, to trapperom	2,6	0,034

6.9 Vurdering av valgte pålitelighetstall

Tilgjengelig rømningstid

For å teste sensitiviteten av dataene er det valgt å undersøke effekten av øke den tilgjengelige rømningstiden med 2 minutter. Dette gir kun utslag de tre alternativene som er vist i tabell 22. Originale dører vil fremdeles gi for kort tilgjengelig rømningstid, de andre løsningene har allerede en pålitelighet på 0,9, som regnes som den maksimale påliteligheten man kan sette for trapperomsveggene.

Tabell 22 Reduksjon i antall omkomne med 2 minutter lengre tilgjengelig rømningstid

	Reduksjon i forventet antall omkomne x10 ⁵	Reduksjon i antall omkomne [%]
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	0,8	11 %
Selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	1,2	25 %
Selvlukker, original dør med røyktetting, ikke brannalarm, ett trapperom	1,8	19 %

Sannsynlighet for redning

Den parameteren det er forbundet mest usikkerhet til er sannsynligheten for at man blir reddet av brannvesenet dersom trapperommet er blokkert av røyk. Det er ikke funnet noe statistikk på dette, og det er antatt at 90 % av de som blir sperret inne i bygget på grunn av brann vil reddes ut. De resterende 10 prosentene er folk som omkommer fordi de prøver å rømme gjennom røykfylt trapperom, hoppe ut av vinduer fra alt for stor høyde eller dør av røykforgiftning inne i leiligheten mens de venter på å bli reddet. Dersom sannsynligheten for å bli reddet øker til 95 % vil dobbelt så mange overleve. Denne parameteren har derfor stor innvirkning på beregning av antall omkomne på grunn av røykfylte rømningsveier. Men den innbyrdes rangeringen av hvilke tiltak som gir mest risikoreduksjon vil være den samme.

Antall beboere som er tilknyttet trapperommet

I følge Statistisk Sentralbyrå bor det 1,6 personer i hver leilighet, og dette tallet er benyttet i analysen. Enkelte bygg kan i midlertid ha mange flere beboere, typisk bygårder som leier ut rom til studenter. Flere beboere i samme bygg vil gi større sannsynlighet for at det oppstår branner, i tillegg vil det være flere personer som utsettes for fare dersom det oppstår brann. Risikoen for å omkomme som følge av blokkerte rømningsveier vil øke proporsjonalt med antall beboere i bygget. Det vil derfor være fornuftig å prioritere sikringstiltak i bygårder med mange beboere dersom man skal redusere faren for at det oppstår en brann som krever mange menneskeliv.

6.10 Risiko for å omkomme i leilighet

For å beregne det totale risikonivået ved brann i en bygård må sannsynligheten for å omkomme i startbrannleiligheten også tas med i beregningen. Det er tatt utgangspunkt i Bjelland(2009) sine beregninger som viser sannsynligheten for å omkomme i startbrannleilighet, når man legger gjennomsnittlig 1,1 omkomne per brann til grunn. Forventet antall omkomne er ganget med antall leiligheter i analysebygget. Reduksjon i risiko i forhold til det dårligste alternativet(røykvarsler) er også regnet ut. Dette vises i tabell 23.

Tabell 23 Resultater fra hendelsestreakse, forventet antall omkomne i startbrannleilighet(Bjelland, 2009)

	Røykvarsler	Røykvarsler og sprinkleranlegg	Automatisk brannalarmanlegg	Automatisk brannalarmanlegg og sprinkleranlegg
Årlig brannfrekvens	0,012 %	0,012 %	0,012 %	0,012 %
P(kritiske forhold brann)	19,30 %	8,50 %	18 %	5,20 %
Omkomne per brann	1,1	1,1	1,1	1,1
E(Omkomne, leilighet)	0,000025	0,000011	0,000024	0,000007
E(Omkomne, alle leiligheter i bygget)	0,000204	0,000090	0,000190	0,000055
Reduksjon i omkomne i forhold til røykvarsler	0,000000	0,000114	0,000014	0,000149

Ved å legge sammen risikoen for å omkomme i startbrannleilighet med risikoen for å omkomme utenfor startbrannleiligheten får man en FAR-verdi for risikoen for å omkomme i brann i bygget som vist i tabell 24.

Tabell 24 FAR-verdi for personer i bygget når man tar hensyn til risikoen for å omkomme både i startbrannleiligheten og utenfor startbrannleiligheten

Tiltak	FAR-verdi	
	Ett trapperom	To trapperom
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm	0,349	0,259
Selvlukker, original dør, brannalarm	0,320	0,257
Selvlukker, original dør med røyktetting, brannalarm	0,302	0,255
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm	0,302	0,255
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm	0,302	0,255
Ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm	0,628	0,308
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm	0,628	0,308
Selvlukker, original dør med røyktetting, ikke brannalarm	0,542	0,298
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm	0,379	0,275
Selvlukker, brannklassifisert dør, ikke brannalarm	0,379	0,275
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm	0,130	0,134
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm	0,080	0,080

6.11 Kost/nytte-analyse

For å kunne gjennomføre en kost/nytte-analyse er det nødvendig å kvantifisere nytten av de ulike alternativene. I denne oppgaven er nytten regnet som antall menneskeliv man kan spare ved å innføre et risikoreduserende tiltak. Andre faktorer man kunne ha tatt med på nyttesiden er sparte materielle kostnader og reduksjon i antallet skadede ved brann, men for å begrense omfanget av analysen er dette ikke tatt med i vurderingen. Bevaring av antikvarisk verdi kunne også vært tatt med som en form for nytte. Det er vanskelig å kvantifisere verdien av antikvarisk vern, og det er derfor ikke med i beregningene. Antikvarisk vern vil likevel bli tatt hensyn til i den kvalitative vurderingen av de ulike alternativene.

Beregningene gjøres over en 30 års periode.

6.11.1 Kostnader

Kostnadene for de ulike brannsikkerhetstiltakene, med unntak av sprinkleranlegget, er basert på opplysninger fra Firesafe. Beregning av kostnader for sprinkleranlegg er beskrevet i kapittel 6.5.3. Kostnader vises i tabell 25. Totalkostnadene for dører tar utgangspunkt i at en bygård med ett trapperom har 8 leilighetsdører + kjeller- og loftsdør som må byttes ut. En bygård med to trapperom har 16 leilighetsdører + kjeller- og loftsdør.

Tabell 25 Kostnader for ulike brannsikkerhetstiltak (kostnader uten mva.)

		Med ett trapperom	Med to trapperom
Brannalarmanlegg		60 000 kr	75 000 kr
Bytte til enkel brannklassifisert dør	14 000 kr/stk	140 000 kr	252 000 kr
Selvlukkere	1500 kr/stk	15 000 kr	27 000 kr
Oppgradere eksisterende trefyllingsdør	7000 kr/stk	70 000 kr	126 000 kr
Montere røyktettelister på eksisterende trefyllingsdør	500 kr/dør	5000 kr	9000 kr
Sprinkleranlegg, med eksisterende vanninntak	700 kr/m ²	448 000 kr	448 000 kr

I tillegg til installasjonskostnadene vil både sprinkleranlegg og brannalarmanlegg kreve jevnlig tilsyn for å sikre at de fungerer som de skal. Det antas at kontroll vil utføres på en time, og at det gjøres en gang i året. Kostnaden for dette settes til 1000 kr inkl. mva. per år.

6.11.2 Nytte

Nytte er i denne oppgaven beregnet til reduksjon i antall omkomne. *NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser* anbefaler at den økonomiske verdien av et statistisk liv settes til 30 millioner 2012-kroner.

6.11.3 Resultater av kost/nytte-analyse

Resultatet av kost/nytte-analyse for en bygård med ett trapperom vises i tabell 26.

Resultatene viser at ingen av brannsikringstiltakene er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Det tiltaket der forholdet kostnad/nytte er minst er røyktetting av originale dører, som ville vært samfunnsøkonomisk lønnsomt om verdien av et statistisk liv hadde vært 7 ganger høyere.

Tabell 26 Nytte i forhold til kostnader ved de ulike brannsikringstiltakene, for en bygård med ett trapperom

	DF	Nytte-kostnader [kr]
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	8	-81 240
Selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	9	-98 830
Selvlukker, original dør med røyktetting, brannalarm, ett trapperom	9	-104 378
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm, ett trapperom	15	-185 628
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm, ett trapperom	22	-273 128
Ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	-	-
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	-	-18 750
Selvlukker, original dør med røyktetting, ikke brannalarm, ett trapperom	7	-21 578
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	11	-96 388
Selvlukker, brannklassifisert dør, ikke brannalarm, ett trapperom	20	-183 888
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm, ett trapperom	29	-557 571
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm, ett trapperom	30	-630 575

Tabell 27 viser resultatene av kost/nytte-analyse for en gård med to trapperom. Forholdet kostnader/nytter er mindre for et bygg med to trapperom enn et bygg med ett trapperom. Dette skyldes at effekten av bedre dører er høyere her enn for en gård med ett trapperom. Det er altså mer samfunnsøkonomisk lønnsomt å innføre tiltak i en bygård med ett trapperom.

Tabell 27 Nytte i forhold til kostnader ved de ulike brannsikringstiltakene, for en bygård med to trapperom

	DF	Nytte-kostnader [kr]
Ikke selvlukker, original dør, brannalarm	57	-109 100
Selvlukker, original dør, brannalarm	71	-142 756
Selvlukker, original dør med røyktetting, brannalarm	75	-153 952
Selvlukker, oppgradert original dør, brannalarm	145	-300 202
Selvlukker, brannklassifisert dør, brannalarm	220	-457 702
Ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm	-	-
Selvlukker, original dør, ikke brannalarm	-	-33 750
Selvlukker, original dør med røyktetting trapperom	114	-44 605
Selvlukker, oppgradert original dør, ikke brannalarm	145	-189 927
Selvlukker, brannklassifisert dør, ikke brannalarm	264	-347 427
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, ikke brannalarm	84	-662 016
Sprinkler, ikke selvlukker, original dør, brannalarm	74	-522 847

7 Diskusjon

Resultatene viser at det ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere brannsikkerheten i 1890-gårdene. Brann er en hendelse som inntreffer sjeldent, og selv med lite sikkerhetstiltak vil sannsynligheten for å omkomme i brann være svært liten.

Det er knyttet stor usikkerhet rundt valg av pålitelighetstall for dørene. Tallene er basert på et svært lite materiale (tre branntester) og det er usikkert om disse tallene er representative for dørene i murgårder. I tillegg er det knyttet stor usikkerhet til hvor lang tid det tar fra brannstart til brannen sprer seg til døren.

Akseptkriteriene foreslått i veiledningen til NS 3901:1998 (Amundsen & Lyng, 1998) om at ingen skal omkomme i brann som ikke oppholder seg i det rom der brannen starter innebærer at rømningsveiene må holdes frie for røyk i tiden som er nødvendig for rømning. Dette kriteriet betraktes å være et minstekrav for brannsikkerhet. Undersøkte studier av rømningstid viser at det i de fleste tilfeller vil være tilstrekkelig med en tilgjengelig rømningstid på 15 minutter dersom det er installert brannalarmanlegg i bygget. Dette tilsvarer originale dører med røyktettelister. Uten brannalarmanlegg er det nødvendig å øke brannmotstanden på døren i tillegg til røyktetting for at rømningssikkerheten skal bli like god. Brannalarmanlegg har den tilleggseffekten at det reduserer risikoen for å omkomme inne i startbranncellen, det anbefales derfor at løsning med røyktettelister og brannalarmanlegg benyttes som et minimum for bedring av brannsikkerheten.

FAR-verdien for å omkomme i brann i bolig er regnet ut til å være 0,17 når man betrakter dødsbrannstatistikken for hele landet. Beregnet FAR-verdi for de ulike brannsikkerhetsløsningene i murgården er i gjennomsnitt omtrent dobbelt så høy som dette. Det antas at noe av grunnen til dette kan være at beregningene har overestimert sannsynligheten for å omkomme i trapperom. Samtidig er det ikke tvil om at risikoen ved brann i 1890-gårder er høyere enn i nyere boligblokker.

En stor usikkerhet ved beregningene er sannsynligheten for redning dersom rømningsveiene blokkeres. Om denne sannsynligheten hadde vært økt i beregningene, ville FAR-verdiene for de beste løsningene ligget nærmere landsgjennomsnittet. Risiko for brann i kjeller og brann i trapperom er bare beregnet å utgjøre en fare for beboere som bare har tilgang på ett trapperom. Denne risikoen er sannsynligvis noe overestimert, fordi de fleste påsatte branner i trapperom ikke utvikler seg til å bli store branner. Samtidig viser historien at trapperomsbranner kan utvikle seg til å få et svært alvorlig utfall, med mange omkomne. Det regnes derfor som riktig å overestimere denne risikoen for å ta hensyn til at slike branner kan få et svært alvorlig utfall. Om de organisatoriske rutineene er i orden, skal det ikke befinne seg noe lett antennelig materiale i trapperommet, men statistikken fra Oslo brann- og redningsetat viser at man ikke kan regne med at dette er tilfelle. Kjellere i eldre murgårder har ofte forbindelse til flere oppganger. En brann kan derfor utgjøre en trussel for

flere oppganger samtidig, om det ikke er branncelleinndelig i kjelleren mellom oppgangene. Dette er ikke tatt hensyn til i analysen.

Hokstad et. al. (1998) foreslår at øvre grenseverdi for akseptabel risiko for nybygg ikke bør overstige en FAR-verdi på 0,300. I tabell 24 kan man se at en bygård med to trapperom holder seg under denne verdien for alle løsninger, med unntak av løsningen med original ikke-røyktett dør og ingen brannalarm. For en bygård med ett trapperom vil man med røyktett dør og brannalarm komme så vidt over øvre grense, med en FAR-verdi på 0,302.

HSE anbefaler at disproporsjonalitetsfaktoren, DF, kan settes til 10 ved risiko nær øvre toleransegrense. De allerede forslåtte løsningene for å redusere risikoen i bygg med ett tilgjengelig trapperom, til under øvre toleransegrense, som er en FAR-verdi på 0,300, har en disproporsjonalitetsfaktor på under 10. Et slikt krav til sikkerhet må derfor kunne regnes som akseptabelt.

Med tanke på antikvarisk vern, vil det beste alternativet være det som gir minst inngripen i det originale utseendet i trapperommet. En løsning med brannalarmanlegg og røyktettelister vil gjøre at man kan beholde det originale uttrykket i trapperommet. En løsning med oppgradering av originale dører med platekledning på innsiden vil ikke i like stor grad ta vare på det originale uttrykket.

Installering av sprinkleranlegg vil være det tiltaket som gir best økning i sikkerhet når man betrakter sikkerheten både i og utenfor startbrannleiligheten. Samtidig er sprinkleranlegg svært dyrt sammenlignet med de andre alternativene, og vil være det tiltaket som gir minst reduksjon i risiko i forhold til hver krone man bruker på risikoreduerende tiltak.

Analysen tar for seg en «gjennomsnittlig» murgård med gjennomsnittlig mange beboere, altså 1,6 personer i hver leilighet. Enkelte murgårder har imidlertid mange flere beboere enn dette. Risikoen for at noen omkommer i trapperommet øker proporsjonalt med antall mennesker som er avhengig av det samme trapperommet. I tillegg vil risikoen for at det oppstår branner være noe høyere. Det er ikke gjort nærmere beregninger i hvor stor effekt flere beboere har på sikkerheten fordi den relative risikoreduksjonen mellom de ulike tiltakene uansett vil være den samme. Kost/nytte-analysen ville imidlertid gitt et litt gunstigere utfall med flere mennesker i hver leilighet. Det anbefales derfor at brannsikringsarbeidet prioriteres i de gårdene som har over gjennomsnittet mange beboere.

Tabell 24 viser at det er en betydelig forskjell på brannsikkerheten for en murgård med ett trapperom og en murgård med to trapperom. Dette bekreftes av statistikken som viser at det er sjeldent at personer omkommer utenfor startbrannleiligheten dersom det finnes to uavhengige trapperom. Det bør derfor prioriteres å oppgradere brannsikkerheten i murgårder med bare ett tilgjengelig trapperom.

8 Konklusjon

Det er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere sikkerheten i 1890-gårdene. Årsaken til dette er at store branner er et relativt sjeldent fenomen.

For å få risikoen i murgårder ned på et akseptabelt nivå anbefales det at det som en minimumsløsning installeres brannalarmanlegg og monteres røyktettelister på dørene. Murgårder med over gjennomsnittet mange beboere og murgårder med bare ett tilgjengelig trapperom bør prioriteres i brannsikringsarbeidet.

9 Forslag til videre arbeid

Det er knyttet stor usikkerhet til pålitelighetstallene for dører. En nærmere studie av påliteligheten av gamle dører i en brannsituasjon ville kunne gi mer nøyaktige beregninger. Betydningen redningsinnsatsen fra brannvesenet har på hvor mange som omkommer i som følge av blokkerte rømningsveier burde også undersøkes nærmere. Dette er den parameteren som gir størst utslag på resultatene i beregningene.

I oppgaven er det i hovedsak faren for røykspredning som har blitt undersøkt. Ved videre arbeid bør det undersøkes hvilken effekt brannspredning til trapperom har på antall omkomne ved brann.

Kort avstand mellom vinduer i innvendig hjørne mellom leiligheter og trapperom er påpekt som problem, fordi det kan føre til brannspredning fra leilighet til trapperom. Det bør undersøkes nærmere hvor stor risiko det er for at dette skal skje, og hvor stor fare dette utgjør for sikkerheten i bygningen.

Kost/nytte-analysen har kun tatt med verdien av sparte menneskeliv som nytte. En kost/nytte-analyse hvor effekten av materielle tap ved brann også hadde blitt inkludert i analysen ville antakelig har gitt et litt gunstigere resultat.

I analysen er det forutsatt at alle i bygget har mulighet til å bli reddet ut av brannvesenet, det bør undersøkes nærmere hvordan effekten av de ulike tiltakene for å bedre rømningssikkerheten vil ha for personer som ikke har mulighet til å reddes ut gjennom vinduer av brannvesenet. For eksempel for loftsleiligheter med vindu mot innvendig gård, der brannvesenets bærbare stiger ikke rekker opp.

Referanser

- Amundsen, F. H., & Lyng, O. (1998). *Risikoanalyse av brann i byggverk: veiledning til NS 3901*. Oslo: Norges byggstandardiseringsråd.
- Andersson, E. (2005). Brannteknisk prøving av en original trapperomsdør med trådglass fra en 1890-gård/eldre murgård i henhold til NS 3907. Trondheim: SINTEF NBL.
- Arbeidstilsynet. (2012). *Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (internkontrollforskriften). Brukerrettet veiledning, forskrift og kommentarer*.
- Aven, T., & Renn, O. (2010). *Risk management and governance: concepts, guidelines and applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Babrauskas, V., Fleming, J. M., & Don Russell, B. (2010). RSET/ASET, a flawed concept for fire safety assessment. *Fire and Materials*, 34(7), 341-355.
- Bjelland, H. (2009). Brannsikkerhetskonsepter for boligblokker - Tiltak med betydning for risiko, masteroppgave UiS. Stavanger.
- Bjelland, H., Arnhus, A., Nossun, Å., & Tveter, E. (2011). Konsekvensutredning av risikoreducerende tiltak. Oslo: Multiconsult.
- Björk, C. (2014). [Gruppeleder forebyggende avdeling, Trøndelag brann- og redningstjeneste IKS].
- Brann- og redningsetaten. (2013). Statistikkrapport. Første tertial 2013.
- British Standard Institution. (2003). PD 7974-7: Application of fire safety engineering principles to the design of buildings *Part 7: Probabilistic risk assessment*.
- Bukowski, R. W., Budnick, E., & Schemel, C. (1999). *Estimates of the operational reliability of fire protection systems*. Paper presented at the Proceedings of the 3rd international conference on fire research and engineering. Society of Fire Protection Engineering, MA.
- Butry, D. T. (2009). Economic performance of residential fire sprinkler systems. *Fire technology*, 45(1), 117-143.
- Byantikvaren og plan- og bygningsetaten. (2013). *Loftsveileder. Veiledning til plan- og bygningsloven §§29-1, 29-2 og 31-1*. Oslo kommune.
- Davidsson, G., Lindgren, M., & Mett, L. (1997). *Värdering av risk: FoU rapport: Räddningsverket*.
- DSB. (2009). Brann- og uhellstatistikk 2008. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB. (2010a). Arbeidsgruppe boligbrannsikkerhet 2010. En gjennomgang av dagens ordninger for informasjon, tilsyn og kontroll med brannsikkerhet i boliger. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, .

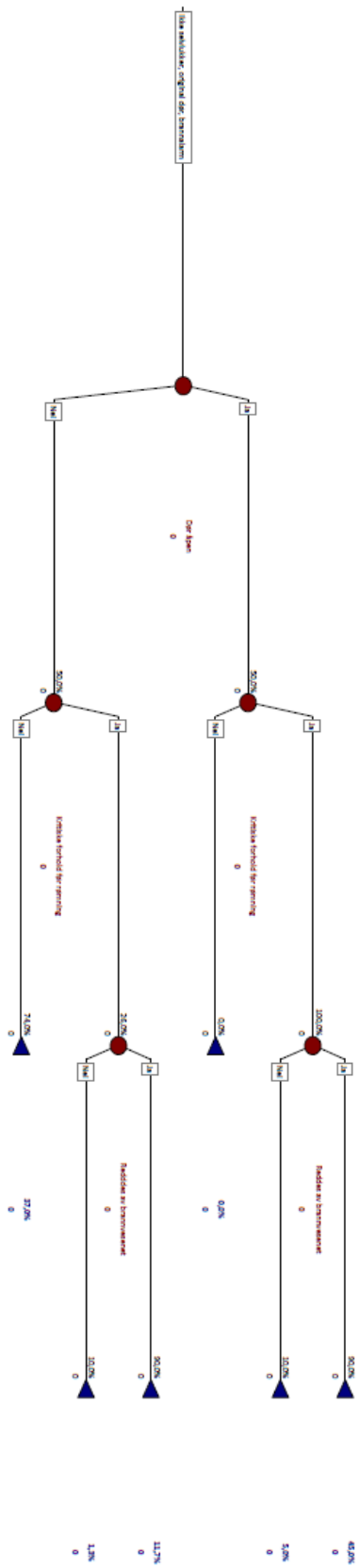
- DSB. (2010b) Kjennetegn og utviklingstrekk ved dødsbranner og omkomne i brann *En gjennomgang av DSBs statistikk over omkomne i brann 1986 - 2009*. Tønsberg: Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap.
- DSB. (2012). Veiledning til forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, .
- DSB. (2014). *Antall omkomne i brann, etter brannsted. 1986-2009*. Retrieved from: http://stat.dsb.no/Database/DSB/1_Brann/1_Omkomne/1_Tom2009/1_Tom2009.asp
- Frantzich, H. (2001). *Tid for utrymning vid brand*: Räddningsverket.
- Hall, J. R. (2011). *US Experience with sprinklers* (Vol. 1): National Fire Protection Association.
- Hartzell, G. (1989). Understanding of hazards to humans. *Advances in Combustion Toxicology*, 1, 19-37.
- Hokstad, P., Mostue, B. A., Opstad, K., & Paulsen, T. (1998). Metode for å beregne personsikkerheten mht brann i bygninger. Trondheim: SINTEF NBL.
- HSE. (2001). Reducing risks, protecting people. London: Health and Safety Executive.
- Justis- og beredskapsdepartementet. (2008). Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven).
- Justis- og politidepartementet. (2009). St. meld. nr. 35 (2008 - 2009). Brannsikkerhet - Forebygging og brannvesenets redningsoppgaver. In Justis- og politidepartementet (Ed.). Oslo.
- Kobes, M., Helsloot, I., de Vries, B., & Post, J. G. (2010). Building safety and human behaviour in fire: A literature review. *Fire Safety Journal*, 45(1), 1-11.
- Korsaksel, A. (2009). Må dørene skiftes ut? *Fremtid for fortiden*.
- Landfald, L. (1997). HO-3/97 Brannsikkerhet i rekkehus: Statens Bygningstekniske etat.
- Lundberg, S., & Pedersen, K. S. (1984). Menneskelig sikkerhet ved brann i bygninger.
- Løken, E. (2009). Brannsikkerhet i høyhus, masteroppgave NTNU. Trondheim.
- Meland, Ø., & Lønvik, L. (1989). Deteksjon av røyk. Rapport fra fullskala brannforsøk i Vesterskaun skole januar 1989. In S. NBL (Ed.), *SINTEF report STF25 A89010*.
- Mostue, B. A. (2000). Evaluering av tiltak mot brann. Har røykvarslere, håndslökkingsapparat og sprinkleranlegg hatt effekt på brannsikkerheten i Norge?
- Mostue, B. A. (2002). En innføring i bruk av branntekniske analyser og beregninger - Muligheter og begrensninger.
- Mostue, B. A., & Kristoffersen, B. (2005). Brannsikkerhet i bygg: Sammenligning av alternative branntekniske strategier. Trondheim: SINTEF NBL as.
- Mostue, B. A., & Opstad, K. (2002). Effekt av brannverntiltak - Vegger og Sprinkler *SINTEF rapport*. Trondheim.

- Mostue, B. A., & Stensaas, J. P. (2002). Effekt av boligsprinkler i omsorgsboliger. Trondheim: SINTEF NBL.
- Mostue, B. A., Wighus, R., & Stensaas, J. P. (2003). Forventet effekt av faste, aktive slokkeanlegg - Boligsprinkler og vanntåke.
- NBLF. (2006). Effekt av sprinkleranlegg i Scottsdale. Vurderinger rundt bruk av sprinkleranlegg som brannsikringstiltak i Norge.
- Norsk brannvernforening. (2007). Slett sikkerhetsarbeid i borettslag og sameier. Retrieved 07.06.2014, 2014, from <http://www.brannvernforeningen.no/Nyheter/Arkiv/2007/Slett-sikkerhetsarbeid-i-borettslag-og-sameier>
- Norsk brannvernforening. (2009, 07.04.2011). Brannkatastrofer i Norge. Retrieved 06.05.2014, 2014, from <http://www.brannvernforeningen.no/index.asp?id=32531>
- NOU. (1999). *Utkast til ny lov om brann- og eksplosjonsvern. NOU 1999:4*. Oslo: Norges offentlige utredninger.
- NOU. (2005). *Mer effektiv bygningslovgivning II. Bygningslovutvalgets andre delutredning med lovforslag. NOU 2005:12*. Oslo: Norges offentlige utredninger.
- NOU. (2012). *Trygg hjemme - Brannsikkerhet for utsatte grupper. NOU 2012:4*. Oslo: Norges offentlige utredninger.
- Nystedt, F. (2003). Deaths in Residential Fires. An Analysis of Appropriate Fire Safety Measures. Sverige: Lunds universitet.
- Nystedt, F. (2011). Verifying fire safety design in sprinklered buildings. *LUTVDG/TVBB-3150-SE*.
- Oslo brann- og redningsetat. (2002). Brannsikker bygård. Prioritering av sikringstiltak. Oslo.
- Oslo brann- og redningsetat. (2007). Prosjekt Brannsikker bygård. Sluttrapport. Oslo.
- Oslo brann- og redningsetat. (2011). Sluttrapport. Pilotprosjekt. Bevaringsvennlig brannsikring - Nils Juels gate 46.
- Oslo brann- og redningsetat. (2012). Statistikkrapport 2012.
- Oslo brann- og redningsetat. (2013, 15.10.2013). Veiledning for loftsutbygging. Retrieved 25.02, 2014
- Oslo brann- og redningsetat. (2014). Statistikk. Årsrapport 2013. Oslo.
- Oslo kommune. Byantikvaren. (2008). Informasjonsark. Byantikvarens Gule liste.
- Proulx, G. (1995). Evacuation time and movement in apartment buildings. *Fire Safety Journal*, 24(3), 229-246.
- Proulx, G., Cavan, N. R., & Tonikian, R. (2006). Egress times from single family houses: Institute for Research in Construction, National Research Council Canada.
- Rausand, M., & Utne, I. B. (2009). *Risikoanalyse: teori og metoder*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Riksantikvaren. (2006). Brannsikring - Trapperom i murhus.

- SINTEF byggforsk. (2006) 520.387 Tilgjengelig rømningstid ved brann. Byggforsk kunnskapssystemer.
- SINTEF Byggforsk. (2007a). 720.315 *Brannteknisk utbedring av murgårder fra perioden 1870–1940*. Byggforsk kunnskapssystemer.
- SINTEF Byggforsk. (2007b) 722.310 Etasjeskillere med trebjelkelag i eldre bolighus fra perioden 1850–1955. Byggforsk kunnskapssystemer.
- SINTEF Byggforsk. (2013). 626.102 *Dokumentasjon av brannsikkerhet i bruksfasen*. Byggforsk kunnskapssystemer.
- SSB. (2011a). Tabell: 09796: Boliger i alt og bebodde boliger, etter bygningstype og husets byggeår (K) (B). from Statistisk Sentralbyrå <https://www.ssb.no/statistikkbanken>
- SSB. (2011b). Tabell: 09799: Bebodde boliger, etter bygningstype, bruksareal og type eierskap (K) (B). Retrieved 08.05.2014 <https://www.ssb.no/statistikkbanken/>
- SSB. (2011c). Tabell: 09800: Bebodde boliger, etter husets byggeår og bruksareal (K) (B). Retrieved 05.08.2014 <https://www.ssb.no/statistikkbanken/>
- SSB. (2013, 26.03.2013). Folke- og botellingen, boliger 19. november 2011. Retrieved 29.03.2014, 2014, from <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/fobboldig>
- Standard Norge. (2008). NS 5814 Krav til risikovurderinger. Oslo.
- Statens bygningstekniske etat. (2000) HO-3/2000. Temaveiledning røykventilasjon, melding HO-3/2000. Oslo.
- Steen-Hansen, A. E. (1995). Dødsfall som følge av brann i bygninger. En analyse av dødsbranner i perioden 1978-1992.
- Stensaas, J. P. (2002). En sammenligningsanalyse av påsatte branner i boliger og næringsbygg i Norge i 1996 og 1997.
- Stensaas, J. P., & Hansen, P. A. (1993). Røykspredning i bygninger. Røykspredningsmekanismer og røykkontroll. (pp. 61). Trondheim: SINTEF NBL.
- Stensaas, J. P., & Ulfsnes, M. K. (2001). Etablering av krav til røyktetthet av dører.
- Stenstad, V. (1983). *Eldre murgårder og brann*. Trondheim: Institutt for husbyggingsteknikk, Norges tekniske høyskole, Universitetet i Trondheim.
- Stenstad, V., & Engelsen, C. (2004). Boligsprinkling i en eldre murgård. Evaluering av et pilotprosjekt. Oslo: Byggforsk. Norges byggforskningsinstitutt.
- Trbojevic, V. M. (2005). Risk criteria in EU.
- Vinnem, J., Haugen, S., Vollen, F., & Grefstad, J. (2006). ALARP-prosesser. utredning for Petroleumstilsynet: Technical report, Petroleumstilsynet.
- Williams, C., Fraser-Mitchell, J., Campbell, S., & Harrison, R. (2004). Effectiveness of sprinklers in residential premises—Section 3: Pilot Study, Project report number 204505.

Vedlegg 1- Eksempel på hendelsestre

Ett trapperom



To trapperom

