

Verifieringsbehov vid analytisk dimensionering.

Claes Hellström

**Department of Fire Safety Engineering and System Safety
Lund University, Sweden**

**Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet**

Report 5423 Lund 2014

Verifieringsbehov vid analytisk dimensionering.

Claes Hellström

Lund 2014

Titel

Verifieringsbehov vid analytisk dimensionering.

Title

Needs of verification with performance-based fire safety design.

Författare / Author

Claes Hellström

Report 5423

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB-5423-SE

Antal sidor / Number of pages 108 (inklusive bilagor / inclusive appendices)

Alla illustrationer där inget annat anges är gjorda av Claes Hellström.

Sökord

Br0, metod, verifieringsbehov, analytisk dimensionering, vägledning, brandskyddssystem, problemområden, stora konsekvenser, brandteknisk dimensionering, byggnadstekniskt brandskydd.

Keywords

Method, performance-based design, guidance, fire safety system, major consequences, fire safety engineering,

Abstract

In this report a method has been developed that aims to support identification of the need for verification through performance-based design of fire safety for different buildings, i.e. when prescriptive design is not applicable. The method is based on the idea that elements or areas of fire safety that presents specific challenges and problems for the building are those in need of verification through performance-based design.

Problem areas have been identified through a literature study and a study of fires that has resulted in major consequences. The identified problem areas have been assembled in a matrix. With the matrix it is possible to plot which technical features that are associated with the problem area, such as fire compartmentation.

By clarifying the technical features associated with the problem areas, guidance is given on the need for verification. The technical features in need of verification are those that are affected by the identified problem areas, such as evacuation of high rise buildings, and what needs to be verified is that the identified problems are handled in a safe manner.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2012.

Brandteknik och Riskhantering Lunds tekniska högskola Lunds universitet Box 118 221 00 Lund brand@brand.lth.se http://www.brand.lth.se Telefon: 046 - 222 73 60 Telefax: 046 - 222 46 12	Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Lund University P.O. Box 118 SE-221 00 Lund Sweden www.brand.lth.se http:// www.brand.lth.se/english Telephone: +46 46 222 73 60 Fax: +46 46 222 46 12
--	--

Sammanfattning

Vid dimensionering av brandskydd i byggnader används vanligen två olika tillvägagångssätt, förenklad och analytisk dimensionering. Vid förenklad dimensionering används lösningar som specificerats i regelverket och därmed är accepterade. Att dimensionera brandskydd genom att följa de allmänna råden i BBR, Boverkets byggregler, är förenklad dimensionering. Vid analytisk dimensionering uppfylls de föreskrivna kraven, till exempel säker utrymning, på annat sätt än de som anges i de allmänna råden. För att visa att lösningen uppfyller det föreskrivna kravet behövs verifiering genom beräkningar eller annan bevisning. Analytisk dimensionering används dels vid så kallade tekniska byten, där enstaka delar av brandskyddet avviker från förenklad dimensionering, eller i unika och komplexa byggnader där förenklad dimensionering inte är tillämpligt för hela eller stora delar av brandskyddet.

I BBRAD, Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, rekommenderas en process vid analytisk dimensionering som utgörs av fyra steg. Det första steget vid analytisk dimensionering är identifiering av verifieringsbehovet. Detta följs av verifiering av tillfredsställande brandsäkerhet, kontroll och dokumentation av brandskyddets utformning. Metoden för att identifiera behovet av verifiering i BBRAD utgörs av en matris som endast är lämpad då den analytiska dimensioneringen utgörs av så kallade tekniska byten. Det ges dock ingen vägledning av identifieringen av verifieringsbehovet för byggnader som i sin helhet eller till stora delar ska dimensioneras analytiskt. Identifieringen av verifieringsbehovet blir problematiskt i exempelvis byggnadsklassen Br0 som endast i begränsad omfattning får verifieras med förenklad dimensionering.

Detta arbete syftar till att underlätta identifieringen av verifieringsbehovet med analytisk dimensionering. Vägledningen i identifieringen av verifieringsbehovet ges genom att en metod för detta ändamål tagits fram. Utgångspunkten vid framtagandet av metoden är att det som behöver verifieras analytiskt är de problemområden i brandskyddet som är för komplexa för att verifieras med förenklad dimensionering. Ett exempel på detta är utrymning från mycket höga byggnader. Utrymningsmöjligheten från ett enskilt plan eller rum kan anses som relativt okomplicerat och bör därför kunna utföras med förenklad dimensionering. Den vertikala utrymningen från de högre belägna planen är däremot betydligt mer komplicerad vilket föranleder till analytisk dimensionering.

För att ta fram vad metoden bör ta hänsyn till och för att identifiera olika problemområden som medför behov av analytisk verifiering har det genomförts en litteraturstudie av texter och dokument som reglerar byggnation i Sverige, andra länder samt litteratur som berör brandskyddsdimensionering med avseende på komplexitet och analytisk verifiering. För att komplettera den genomgångna litteraturen och finna ytterligare problemområden har även rapporter från bränder som medfört stora konsekvenser gått igenom.

Den framtagna metoden består av tre huvudsteg för att identifiera behovet av analytisk dimensionering. Steg ett och två är avsedda att användas i början av dimensioneringsprocessen. Det första steget består av en matris där de problemområden som identifierades vid litteraturgenomgången listas. I denna matris kan användaren fylla i aktuella

problemområden och vilket område i brandskyddet problemområdet påverkar. Exempelvis påverkar personegenskapen funktionsnedsättning möjligheten att utrymma. Efter att samtliga problemområden kryssats i mot påverkansområden ska de identifierade problemområdena utvärderas med avseende på samverkan mellan olika problemområden. Exempel på samverkan mellan två problemområden kan vara hög persontäthet och komplexa och svårorienterade utrymningsvägar, vilka båda påverkar möjligheten att utrymma. När adderande effekter mellan problemområdena avgjorts ska problemområden utvärderas utifrån om de har lokal eller global påverkan. Global påverkan är när problemområdet omfattar huvuddelarna i byggnadens brandskydd medan lokal påverkan endast berör begränsade delar av byggnaden. Exemplet i föregående stycke med att utrymma en hög byggnad illustrerar tydligt tankesättet med lokal och global påverkan där utrymning av hela byggnaden motsvarar global påverkan och utrymning av en lägenhet motsvarar lokal påverkan. Då global och lokal påverkan samt eventuella adderande effekter utretts ska behovet av analytiskt verifieringsbehov avgöras för de olika ifyllda förutsättningarna. Principen för avgörandet är att ju fler adderande effekter som finns och om påverkan är global är verifieringsbehovet större vilket motiverar analytisk dimensionering.

När det avgjorts vilka problemområden som kräver analytisk dimensionering är nästa steg att identifiera vilka problemområden som påverkas av brandskyddssystemets egenskaper och av den anledningen behöver beaktas i verifieringen. Med brandskyddets egenskaper menas de egenskaper brandskyddssystemet kan tillskrivas exempelvis tillförlitlighet och flexibilitet. Anledningen att detta steg finns med i metoden är att det identifierats ett behov av att kontrollera så att inga påverkade egenskaper ska bli förbisedda vilket kan medföra ett skydd som inte har de egenskaper som behövs.

Det tredje och sista steget i identifieringen av verifieringsbehovet är till för att analysera tillförlitlighet, komplexitet och robusthet i brandskyddet. Steget används med fördel i slutet av dimensioneringsprocessen då valet av brandskyddsåtgärder gjorts. Metoden går ut på att skyddsåtgärderna listas mot de olika områdena i BBR för att åskådliggöra vilka skyddsåtgärder som skyddar vilka delar. Exempelvis skyddar brandgasventilation utrymnande, räddningstjänsten och bärverket. Dessutom begränsas brand- och brandgasspridning. Genom att göra denna analys går det att utvärdera var de olika skyddsåtgärderna verkar och på så sätt kan brandskyddssystemets totala skyddseffekt åskådliggöras. För att underlätta utredning av robusthet och komplexitet går det i detta steg att skriva in systemens beroende av andra system och extern påverkan. Med beroende menas att t.ex. sprinklersystemet inte fungerar om det inte har tillgång till el eller vatten. Extern påverkan kan till exempel vara vindpåverkan på brandgasventilation. Genom att fylla i detta i matrisen och jämföra påverkan och beroende mot hur skyddssystemen verkar kan en bild fås över brandskyddets robusthet och dess komplexitet med inbördes beroende och svaga punkter.

Metodens stora fördel är att den med en tydlig struktur ger vägledning till vilka områden som kan vara i behov av analytisk verifiering. En svaghet i metoden är att den ställer höga krav på användarens kunskaper, vilket också kan vara en fördel då det är olämpligt att personer med begränsad förkunskap dimensionerar brandskydd i komplexa byggnader.

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete och ingår som en avslutande del i utbildningen till brandingenjör vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har genomförts i samarbete med Bengt Dahlgren Brand och Risk AB.

Först och främst vill författaren tacka handledare Martin Nilsson på avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH, som bidragit med vägledning, kommentarer och diverse litteratur.

Vidare vill författaren tacka handledare Mattias Svanström på Bengt Dahlgren AB som tipsat om litteratur, samt lämnat värdefulla kommentarer och synpunkter.

Författaren vill även tacka Lars Hellström, Maria Fajersson och Jacob Öhrn som läst igenom arbetet och gett kommentarer.

Claes Hellström 2014.

Förkortningar

AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd
CCF	Common Cause Failure
LTH	Lunds Tekniska Högskola
LSO	Lag om skydd mot olyckor
NFPA	National Fire Protection Association
SBA	Systematiskt brandskyddsarbete
SBF	Brandskyddsföreningen
SFPE	Society of Fire Protection Engineers

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	5
1.3 Mål	5
1.4 Metod	6
1.5 Disposition	6
1.6 Avgränsningar	8
2 Det analytiska verifieringsbehovets del i brandskyddsdimensioneringen	10
2.1 Identifiering av förutsättningar samt specificering av önskat skydd.....	10
2.2 Identifiering av analytiskt verifieringsbehov	11
2.3 Verifiering med analytisk dimensionering	11
2.4 Verifiering med förenklad dimensionering	11
2.5 Analys av tillförlitlighet och robusthet av brandskyddet som helhet.....	11
2.6 Dokumentation	12
2.7 Granskning och kontroll.....	12
3 Styrande och stödjande skrifter vid utformning av brandskydd i byggnader.....	14
3.1 Regelverket.....	14
3.2 Egenskapskrav i PBF	16
3.3 Utformning av brandskydd enligt BBR	17
3.4 Analytisk dimensionering enligt BBRAD.....	18
3.5 Kort redogörelse för verksamhetsklasserna	20
4 Brandskyddssystemet	24
4.1 Brandskyddssystemets uppbyggnad.....	24
4.2 Egenskaper	25
4.3 Global och lokal påverkan på brandskyddet	31
5 Risk.....	32
5.1 Riskbegreppet.....	32
5.2 Värdering och riskacceptans	33
5.3 Brandrisknivåer i byggnader	34
6 Analys av problemområden	36
6.1 Identifierade potentiella problemområden	36
7 Sammanfattning av genomgång av bränder med stora konsekvenser.....	44

7.1 Kriterier för val av bränder.....	44
7.2 Identifierade problemområden	45
8 Metod för identifiering av analytiskt verifieringsbehov.....	52
8.1 Metoden.....	52
9 Diskussion, slutsats och behov av vidare forskning.....	58
9.1 Fullbordan av rapportens syfte och mål.	58
9.2 Utvärdering av metoden som tagits fram i detta arbete	58
9.3 Skillnad mot Lundins (2001) metod.....	59
9.4 Nödvändigheten av byggnadsklasserna.....	59
9.5 Behov av vidare arbete	60
9.6 Slutsats	61
10 Litteraturförteckning	62
11 Bildförteckning.....	70
Bilaga A Metod för litteraturstudie	72
Bilaga B Genomgång av bränder med stora konsekvenser.....	74
Bilaga C Implementering av framtagen metod på Br0-byggnad	96
Bilaga D Implementering av framtagen metod på Br1-byggnad	104

1 Inledning

Detta kapitel redovisar bakgrunden till arbetet, dess syfte och mål samt tillvägagångssätt och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Den 1 januari 2012 trädde Boverkets ändrade byggregler, BBR 19, i kraft. Kapitel 5 som innehåller föreskrifter och allmänna råd om brandskydd har reviderats. Det har bland annat införts en ny byggnadsklass Br0 som innefattar byggnader med mycket stort skyddsbehov. För byggnader i byggnadsklass Br0 ska brandskyddet verifieras med analytisk dimensionering enligt BBR (Boverket, 2012a). BBRAD, Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, anger dock att avgränsade delar i en Br0-byggnad kan dimensioneras med förenklad dimensionering. BBRAD anger även att verifieringen i den analytiska dimensioneringen ska föregås av en identifiering av verifieringsbehovet (Boverket, 2011b). Exakt hur identifieringen av verifieringsbehovet ska gå till eller i vilken omfattning förenklad dimensionering är tillämpligt i en Br0-byggnad framgår dock inte i varken BBR eller BBRAD.

1.1.1 Byggnadsklass Br0

I BBR kan följande utläsas om vilka byggnader som ska ingå i byggnadsklass Br0:

”Byggnader ska delas in i byggnadsklasser, Br, utifrån skyddsbehovet.

- *Byggnader med mycket stort skyddsbehov ska utformas i byggnadsklass Br0.”*(Boverket, 2012a. s. 123).

Med formuleringen mycket stort skyddsbehov kommer det naturligt två följdfrågor. Vad innefattar begreppet skyddsbehov och var går gränsen för att detta skall vara mycket stort?

I det allmänna rådet som följer citatet ovan står det att *”Klassindelningen bör beakta faktorer som är relaterade till utrymning och konsekvensen av att byggnaden störtar samman.”*(Boverket, 2012a. s. 123). Konsekvensutredningen inför utgivningen av BBR 19 klargör att skadebilden använts för att identifiera skyddsbehovet vid indelningen av byggnadsklasserna (Boverket, 2011a).

Utifrån det allmänna rådet och konsekvensutredningen är det den potentiella skadan som ligger till grund för indelningen i byggnadsklasser. En naturlig följdfråga är vilken typ av skada syftas det på, människor, miljö eller egendom?

I motsvarande stycke till det som idag handlar om Br0-byggnader i föregångaren till BBR 19, det vill säga BBR 18 och tidigare BBR står följande (Boverket, 2011c):

”Analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys ska verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskador.” (Boverket, 2011c. s. 30). *”Byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskador är större komplexa byggnader eller byggnader där det kan vistas ett mycket stort antal personer.”* (Boverket, 2011c. s. 31).

I texten i BBR 18 framgår det tydligt att det är risken för personskador som medför behov av analytisk dimensionering (Boverket, 2011c). I BBR 19 framgår det däremot inte lika tydligt när det finns ett behov av analytisk dimensionering. Det kan utläsas att personsäkerheten är en del som kan kräva analytisk dimensionering, men som texten i BBR 19 är skriven kan även skyddsbehovet av egendom medföra behov av analytisk dimensionering (Boverket, 2012a). Denna tolkning kan vara rimlig då BBR är en föreskrift till PBF (Boverket, 2012a) där det går att utläsa att krav på skydd av tredje mans egendom finns. När är då skyddsbehovet mycket stort? De allmänna råden föreskriver att bland andra så ska tre typer av samlingslokaler och samtliga lokaler där personer hålls inlåsta, verksamhetsklass 5D hänföras till byggnadsklass Br0. Då samtliga byggnader inom verksamhetsklass 5D klassas som Br0-byggnader visar det att det inte behöver finnas en stor potentiell konsekvens, utan att det kan räcka med faktorer relaterade till utrymningen för tillhörighet till Br0-klassen. På samma sätt visar urvalet av samlingslokaler i byggnadsklass Br0 att det är faktorer som gör utrymningen problematisk som resulterar i ett mycket stort skyddsbehov. Detta illustreras tydligt vid jämförelse av lokaler utan alkoholserving i markplan som i princip får inrymma hur många personer som helst och utförs i byggnadsklass Br2 samtidigt som byggnader med lokal på andra våningsplanet där alkoholserving sker i mer än begränsade former tillfaller byggnadsklass Br0 om personantalet överstiger 300 personer.

Utifrån detta är alltså inte ett mycket stort skyddsbehov samma sak som att det finns ett stort antal personer som kan ta skada. Skyddsbehovet är mycket stort då det finns ett eller flera problemområden som är i behov av särskild eftertanke vid dimensioneringen av brandskyddet. För att visa att problemområdena hanteras bör därför de brandtekniska funktioner som berörs verifieras. De delar av brandskyddet som inte berörs av problemområdet har utifrån detta tankesätt ett lägre behov av verifiering.

1.1.2 Dimensionering av byggnadsklass Br0

BBRAD anger att brandskyddsutformningen i byggnader tillhörande byggnadsklass Br0 skall verifieras mot funktionskraven i BBR.

”Utformningen av brandskyddet bör minst motsvara vad som gäller för motsvarande byggnadsklass, t.ex. byggnadsklass Br1 för byggnader med tre eller fler våningsplan eller byggnadsklass Br2 för byggnader i ett våningsplan med samlingslokaler i verksamhetsklass 2B eller 2C.” (Boverket, 2011b. s. 4). Ur detta stycke i BBRAD kan det utläsas vilken risknivå som accepteras från samhällets sida i Br0-byggnader. Även om Boverket inte ger någon siffra på den acceptabla risken, säger de att den inte skall vara större än för motsvarande byggnad i lägre byggnadsklass som utförts med förenklad dimensionering. Detta

ger projektören en risknivå att arbeta mot vid analytisk dimensionering av Br0-byggnaderna. Detta ger dock inte någon vägledning i vad som är i behov av verifiering med analytisk dimensionering utan endast vilken risknivå som ska verifieras vara uppnådd.

För lokaler med verksamhetsklass 5D ger vägledningen av accepterad risknivå i föregående stycke dock inte mycket hjälp. Anledningen till detta är att alla byggnader i denna verksamhetsklass hamnar i byggnadsklass Br0 varför inga referensbyggnader utförda med förenklad dimensionering finns. Bristen på allmänt råd för denna verksamhetsklass togs upp genom en e-post fråga till Boverket. Svaret från Boverket gavs genom att hänvisa till ett gammalt svar från Boverket med diarienummer 1234-4271/2011 (Boverket, 2012b). Vid dialogen med Boverket klargjordes att information angående skyddsnivån och utformning av lokaler i verksamhetsklass 5D finns i konsekvensutredningen till BBR 19. I konsekvensutredning nämns att Kriminalvården har tagit fram ett antal punkter som verksamhetsklass 5D bör uppfylla för att få ett brandskydd som har en för samhället acceptabel nivå. De dokument som Kriminalvården upprättat för styrning av brandskyddet i denna typ av byggnader är hemligstämplade. Anledningen är att förhindra att informationen i dessa dokument används för att underlätta fritagningsförsök, därför har dessa inte funnits att tillgå. Det framgick vid telefonkonversation med säkerhetsansvarig på Kriminalvården att dokumenten ger lösning på till exempel cellutformning och brandcellsindelning. I samtalet klargjordes aldrig exakt vilka delar i brandskyddet som dokumenten ger förenklad lösning till¹. Utifrån samtalet tolkade dock författaren att vägledning ges i största möjliga mån för delarna i brandskyddet och byggnadsutformningen utifrån säkerhetsnivån i den aktuella byggnaden.

BBRAD tillåter att förenklad dimensionering används i begränsad omfattning för utformning av enskilda rum, brandceller och komponenter (Boverket, 2011b), exempel på detta kan vara ett kontorsrum i ett större sjukhus. Att identifiera gränsen för när förenklad respektive analytisk dimensionering bör tillämpas är av största vikt för att ge vägledning till dimensionering av brandskydd i Br0-byggnader. Identifieringen av verifieringsbehovet bör svara på frågorna ”vad medför behov av analytisk dimensionering?” och ”vilka skyddsmål ska den analytiska dimensioneringen uppfylla?”.

Med avseende på byggnadens riskbild skall helheten i byggnaden och dess brandskyddsbehov beaktas (Boverket, 2011b), särskild hänsyn skall tas till följande aspekter:

- *”om utvändig släckinsats inte kan genomföras,*
- *om invändig räddningsinsats kan vara komplicerad,*
- *om den befarade konsekvensen är mycket stor,*
- *om utrymning kan vara förenat med stora svårigheter”* (Boverket, 2011b. s. 4).

Att helheten i skyddet mot brand skall beaktas utifrån risken i byggnaden understryker att det finns ett större skyddsbehov i byggnadsklass Br0 och vikten av att arbeta med skyddet globalt i byggnaden.

¹ Johan Edwardsson, Kriminalvården. 2012-10-26

Punkterna ovan som BBRAD anger att särskilt skall beaktas vid utformningen av brandskyddet i Br0-byggnaderna är en utgångspunkt för identifiering av de problemområden som medför behov av analytisk dimensionering. I BBR är det kravställt att hela brandskyddet ska utformas med analytisk dimensionering i en Br0-byggnad. Detta medför att det inte är möjligt att utgå ifrån att det bara är problemområden kopplade till de fyra punkterna i BBRAD som medför behov av analytisk dimensionering.

1.2 Syfte

Syftet är att klargöra vilka byggnadstekniska funktioner som är kopplade till specifika problemområden som medför behov av analytisk dimensionering.

1.3 Mål

Målet är att ta fram en systematisk metod för identifiering av vad som behöver verifieras analytiskt och vad som kan verifieras förenklat av brandskyddet i byggnader. För att ta fram denna metod finns det ett behov att systematiskt identifiera de problemområden som medför att verifieringsbehovet är så stort och förutsättningarna så annorlunda att analytisk dimensionering krävs. Genom att identifiera de byggnadstekniska funktioner som är kopplade till problemområdena, som medför behov av analytisk dimensionering, är målet att ge en vägledning till projektörer och granskare i vilka delar i brandskyddet som behöver dimensioneras analytiskt. Huvudidén i arbetet är att de funktioner som är kopplade till problemområdena troligtvis är de som kommer behöva verifieras analytiskt. Resultatet är avsett att användas som stöd vid identifiering av det analytiska verifieringsbehovet vilket också är det första steget vid en analytisk dimensionering enligt BBRAD.

1.4 Metod

Arbetsgången vid framtagandet av denna rapport har följt stegen som illustreras i figur 1.1. Upplägget på rapporten redovisas i avsnitt 1.5, i tabell 1.1 redovisas rapportens kapitel och till vilket steg i arbetsgången de tillhör.



Figur 1.1 Illustrering av tillvägagångssätt i arbetet.

1. För att finna förutsättningar till en metod för identifiering av analytiskt verifieringsbehov, inleddes arbetet med en litteraturstudie. Studien påbörjades med genomgång av aktuella lagar, förordningar, råd och handböcker för att fastställa rådande förutsättningar. Vid denna genomgång studerades även regler och föreskrifter för brandskydd i andra länder än Sverige.
2. Vid analys av den insamlade informationen identifieras ett antal potentiella problemområden som medför behov av analytisk verifiering.
3. För att komplettera litteraturgenomgången och säkerställa att inga problemområden förbisetts studerades även inträffade bränder.
4. Utifrån de identifierade problemområdena och lagmässiga förutsättningarna togs en metod för identifiering av verifieringsbehovet fram. I syfte att vidareutveckla metoden och utvärdera den applicerades den på två fiktiva objekt.
5. Slutligen utvärderades och diskuterades rapportens resultat och metoden.

1.4.1 Litteraturstudier

För att inhämta kunskap och förståelse har litteratur som behandlar brandskyddsdimensionering och brandskyddslagstiftning från både Sverige och andra länder samt svenska brandskyddshandböcker studerats. Tillvägagångssättet för litteraturstudien redovisas i detalj i Bilaga A. En genomgång av bränder med stora konsekvenser har dessutom gjorts, denna redovisas i bilaga B.

1.4.2 Deskription

Deskription är en enkel vetenskaplig metod som används för att beskriva företeelser. Detta är den huvudsakliga metoden för att återge insamlad information på området som berörs inom ramarna av detta arbete.

1.5 Disposition

Upplägget på rapporten följer tabell 1.1. Efter tabellen följer en kort redovisning av innehållet i respektive kapitel.

Tabell 1.1 Dispositionen på rapporten

Del i arbetet	Kapitel
Bakgrund	1 Inledning
	2 Det analytiska verifieringsbehovets del i brandskyddsdimensioneringen
Insamling av information och förutsättningar	3 Styrande och stödjande skrifter vid utformning av brandskydd i byggnader
	4 Brandskyddssystemet
	5 Risk
Analys	6 Analys av problemområden
	7 Sammanställning av problemområden vid genomgångna bränder
Metod	8 Metod för identifiering av analytiskt verifieringsbehov
Avslutande del	9 Diskussion och slutsatser
Litteraturförteckning	10 Litteraturförteckning
	11 Bildförteckning
Bilagor	Bilaga A Metod för litteraturstudie
	Bilaga B Genomgång av bränder med höga konsekvenser
	Bilaga C Implementering av framtagen metod Br0
	Bilaga D Implementering av framtagen metod Br1

Kapitel 1 och 2 tydliggör behovet av identifiering av det analytiska verifieringsbehovet och var det har sin plats i brandskyddsdimensioneringen.

I kapitel 3 redovisas och diskuteras det som identifierades vid genomgången av svensk litteratur som styr utformningen av byggnadsbrandskydd.

Kapitel 4 redovisar de egenskaper som kan användas för att beskriva brandskyddet, exempelvis funktion, tillförlitlighet och robusthet. Egenskaperna studerades för att behov av hänsynstagande till dessa identifierats vid genomgången av kapitel 3. Genomgången av brandskyddssystemets egenskaper förtydligar och förklarar de olika egenskaperna och hur de påverkar brandskyddet. Detta är av vikt då dessa måste beaktas vid identifieringen av det analytiska verifieringsbehovet. Kapitlet innefattar även en redogörelse av global och lokal påverkan, vilket identifierats kunna kopplas till verifieringsbehovet.

I kapitel 5 redogörs det för riskbegreppet samt dess koppling till verifieringsbehovet och lokal respektive global påverkan. Risker har inte kvantifierats för att avgöra behovet av verifiering, däremot används begreppen lokal och global påverkan för att avgöra detta behov.

I kapitlen 6 och 7 identifieras problemområden som kan medföra behov av analytisk verifiering. Problemområdena redovisade i kapitel 6 är identifierade genom litteraturstudien som är redovisad i bilaga A. De problemområden som redovisas i kapitel 7 är identifierade vid studie av inträffade bränder. Bränderna som ingått i studien redovisas i korthet i bilaga B.

I kapitel 8 presenteras den metod som tagits fram utifrån identifierade förutsättningar som redovisats i kapitel 2-7.

För att kunna utvärdera den framtagna metodens för- och nackdelar har metoden implementerats på två fiktiva objekt, en Br1-byggnad och en Br0-byggnad. Dessa redovisas i bilaga C och D. Slutsatserna av bilaga C och D redovisas i kapitel 8 och diskuteras i kapitel 9.

Slutligen förs en diskussion angående för- och nackdelar med metoden samt vidare forskningsbehov i kapitel 9.

1.6 Avgränsningar

Detta arbete har begränsats till att identifiera problemområden i byggnader oberoende av klasstillhörighet i BBR och identifiering av vilka byggnadstekniska funktioner som kan kopplas till problemområdena. Arbetet hanterar inte metoder för att verifiera lösningar på brandskydd eller hänsynstagande till osäkerheter vid brandskyddsdimensionering.

Vid identifiering och genomgång av potentiella problemområden behandlas enbart brandrisker, varför problem eller risker från terrorism eller andra extraordinära händelser inte behandlats.

2 Det analytiska verifieringsbehovets del i brandskyddsdimensioneringen

Detta kapitel redovisar ett tillvägagångssätt som visar var i dimensioneringsprocessen identifieringen av verifieringsbehovet passar in. Strukturen på tillvägagångssättet åskådliggörs i figur 2.1 och baseras på den struktur som används i Nya Zeeland (Department of Building and Housing, 2012).



Figur 2.1 Metod för brandskyddsdimensionering.

2.1 Identifiering av förutsättningar samt specificering av önskat skydd

Byggnadsbrandskyddet beror på byggnadens utformning och andra förutsättningar såsom t.ex. egenskaper hos personer som kommer att vistas i byggnaden, därför behöver de gällande förutsättningar fastställas tidigt i projektet. Det innefattar bland annat granskning av arkitektens ritningar och om möjligt dialog med slutanvändare eller fastighetsägare (Wilkinson et al., 2013).

Även målsättningen med brandskyddet påverkar utformningen av skyddet; ska skyddet endast uppfylla lagkraven eller finns det högre ambitioner? (Wilkinson et al., 2013).

Utifrån de framtagna förutsättningarna i byggnaden kan sedan en huvudstrategi för hur brandskyddet ska utformas med avseende på möjlighet till utrymning, skydd mot utveckling och spridning av brand, möjlighet till räddningsinsats, bärverksutformning och skydd mot spridning av brand mellan byggnader tas fram (Wilkinson et al., 2013).

2.2 Identifiering av analytiskt verifieringsbehov

När byggnadens förutsättningar är fastställda kan problemområden som är i behov av analytisk verifiering identifieras (Department of Building and Housing, 2012 & Wilkinson et al., 2013). Den metod som tas fram i detta arbete är till för att identifiera problemområden som är i behov av verifiering, metoden återfinns i kapitel 8.

2.3 Verifiering med analytisk dimensionering

Verifiering av de delar där behov av analytisk dimensionering identifierats (Department of Building and Housing, 2012 & Wilkinson et al., 2013).

Vägledning för tillvägagångssätt vid verifiering av brandskyddet finns i BBRAD (Boverket, 2011b). Vägledning till verifieringen av brandskyddet ges inte i denna rapport då det ligger utanför rapportens syfte.

2.4 Verifiering med förenklad dimensionering

De delar i brandskyddet som inte berörs av något problemområde som identifierats i punkt 2 i figur 2.1 kan dimensioneras förenklat. Då det inte finns något allmänt råd för förenklad dimensionering av Br0-byggnader hänvisar författaren av denna rapport till det allmänna rådet i närmast motsvarande lägre byggnadsklass, detta görs utifrån rådet i BBRAD som citeras i följande stycke.

”Utformningen av brandskyddet bör minst motsvara vad som gäller för motsvarande byggnadsklass, t.ex. byggnadsklass Br1 för byggnader med tre eller fler våningsplan eller byggnadsklass Br2 för byggnader i ett våningsplan med samlingslokaler i verksamhetsklass 2B eller 2C.” (Boverket, 2011b. s. 4).

Då alla byggnader i verksamhetsklass 5D, lokaler där personer hålls inlåsta, ingår i byggnadsklass Br0 finns det inget allmänt råd att tillgå vid dimensioneringen av brandskyddet i dessa byggnader. Skyddsnivå i dessa byggnader diskuterades i bakgrundsavsnittet.

2.5 Analys av tillförlitlighet och robusthet av brandskyddet som helhet

Det är av största vikt att brandskydd i byggnader utformas med betryggande robusthet, så att flera viktiga delar av brandskyddet inte förlorar sin funktion på grund av en enskild händelse. Det räcker således inte att de ingående delarna i brandskyddet endast verifieras var för sig, utan de måste verifieras för brandskyddet i sin helhet, så att den totala skyddsnivån blir tillfredsställande (Lundin, 2001).

2.5.1 Organisatoriskt brandskydd

Om personalen har del i utrymningen måste tillförlitligheten till detta skydd bestå över tiden, trots organisationsförändringar och besparingar som troligen kan inträffa. För att ge tillräcklig möjlighet för personal att tillgodogöra sig den kunskap de behöver vid brand krävs att organisationen kontinuerligt arbetar med brandfrågan, samt att personal får utbildning och att kunskapskontroller utförs med jämna mellanrum (Frantzich, 1997 & Lundin, 2001). Alternativet är att utforma brandskyddet så att konsekvensen från utebliven personalinsats i tidigt brandskede blir minimal.

Tillförlitligheten i en byggnads brandskydd över tiden måste beaktas speciellt då brandskyddssystemet beror av många aktiva system, där tillförlitligheten i högre grad än i passiva system behöver underhåll för att bestå. För att underhålla brandskyddet över tiden måste det organisatoriska brandskyddet ges förutsättningar för detta genom rätt kunskap och rätt organisation (Lorén & Maré, 2009).

2.6 Dokumentation

Dokumentering av brandskyddet är kravbelagt i BBR. Här finns även specifikationer om vad som skall ingå i dokumentationen av brandskyddet (Boverket, 2012a). Dessutom finns det råd i BBRAD om vad som skall ingå i dokumentationen av brandskyddet när analytisk dimensionering tillämpas (Boverket, 2011b).

2.7 Granskning och kontroll

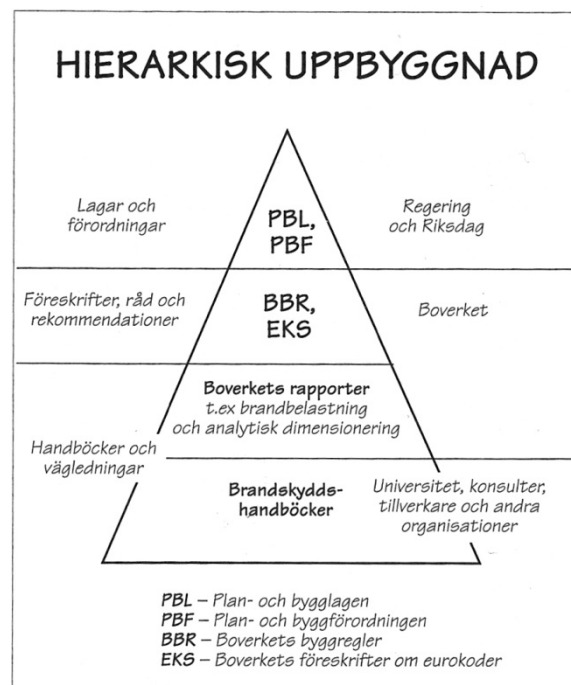
Kontroll av brandskyddsprojekteringen och kontroll under byggtiden behövs för att minska risken för fel i projekteringen eller byggnationen (Alling et al., 2013). Krav på kontroller är lagstadgat i PBL (Socialdepartementet., 2010). Råd om vad som ska ingå i kontrollen när analytisk dimensionering tillämpas finns i BBRAD (Boverket, 2011b). Utöver detta ges vägledning i Lundins rapport (2001) i hur och vem som bör granska utförda dokumentationer för att säkerställa att skyddet i byggnaden är tillfredsställande.

3 Styrande och stödjande skrifter vid utformning av brandskydd i byggnader

Detta avsnitt redogör för uppbyggnaden av lagar, föreskrifter, råd, rekommendationer och handböcker som behandlar brandskydd vid byggnation. De lagar, förordningar och råd som det redogörs för i detta avsnitt utgör förutsättningarna för dimensionering av brandskydd i byggnader.

3.1 Regelverket

Plan- och bygglagen, PBL, samt Plan- och byggförordningen, PBF, (Socialdepartementet, 2010 & 2011) utgör de grundläggande föreskrifter som behandlar det byggnadstekniska brandskyddet (Bengtson et al., 2012). PBL behandlar i huvudsak brandskyddskrav angående säkerheten för människorna i byggnaden och grannens egendom (Björkman et al., 2012). Boverket ger ut Boverkets byggregler, BBR, och Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Europeiska konstruktionsstandarder, EKS, vilka förtydligar kraven från PBL och PBF. Ytterligare vägledning finns i rapporter utgivna av Boverket samt handböcker utgivna av tillverkare, konsulter, universitet och andra organisationer (Bengtson et al., 2012). Den hierarkiska ordningen av regelverk och stödjande dokument för brandskyddsdimensionering illustreras i figur 3.1.



Figur 3.1 Den hierarkiska ordningen av regelverk och stödjande dokument för brandskyddsdimensionering (Bengtson et al., 2012).

Utifrån hierarkin mellan lagar, föreskrifter, råd, rekommendationen och handböcker enligt figur 3.1 förklaras interaktionen mellan PBL, PBF och BBR nedan.

PBL och PBF innehåller liksom nämnt ovan grunden i brandskyddslagstiftningen för byggnader i Sverige. PBL definierar när reglerna gäller och vilka egenskaper som ska uppnås. PBL säger i 8 kap. 4§

”4 § Ett byggnadsverk ska ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om

- 1. bärförmåga, stadga och beständighet,*
- 2. säkerhet i händelse av brand,*
- 3. skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljön,*
- 4. säkerhet vid användning,*
- 5. skydd mot buller,*
- 6. energihushållning och värmeisolering,*
- 7. lämplighet för det avsedda ändamålet,*
- 8. tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga, och*
- 9. hushållning med vatten och avfall.”* (Socialdepartementet, 2010. 8 kap. 4§)

Dessa tekniska egenskaper ska uppnås vid nybyggnad, ombyggnad samt vid annan ändring av byggnad (Bengtson et al., 2012). I 3 kap. 8§ i PBF förtydligas kraven på brandskyddet vid nybyggnad, ombyggnad samt vid annan ändring av byggnad, och lyder enligt följande:

”Egenskapskrav avseende säkerhet i händelse av brand

8§ För att uppfylla det krav på säkerhet i händelse av brand som anges i 8 kap. 4 § första stycket 2 plan- och bygglagen (2010:900) ska ett byggnadsverk vara projekterat och utfört på ett sätt som innebär att

- 1. byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,*
- 2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,*
- 3. spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas,*
- 4. personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och*
- 5. hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand.”*
(Socialdepartementet, 2011. 3 kap. §8)

Det 10 kap. 3§ i PBF bemyndigar Boverket att meddela föreskrifter som behövs för tillämpningen av bestämmelserna i 8§ i kapitel, som behandlar säkerhet i händelse av brand (Socialdepartementet, 2011). Detta gör Boverket i BBR. Denna sammanbindning mellan lagarna gör att om föreskrifterna i BBR följs, följs även PBL och PBF.

3.2 Egenskapskrav i PBF

Detta kapitel redogör kort för de olika egenskapskraven i PBF och vad de skyddar.

3.2.1 Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid

Brandmotstånd på bärverket är ett konsekvensskydd, som ger skydd till personerna i och utanför byggnaden, räddningstjänstens insatspersonal och ekonomiska värden i byggnaden. Då konstruktionen ger ett konsekvenshanterande brandskydd, motiverar det till ett högre brandmotstånd om konsekvensen är hög, jämfört om den vore låg (Bengtson et al., 2012).

3.2.2 Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas

Genom att begränsa utveckling och spridning av brand och brandrök inom byggnaden, skyddas personer i byggnaden, räddningstjänsten samt egendom.

Det finns flera olika skyddsåtgärder för att begränsa utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnadsverk, dessa skyddsåtgärder kan vara både passiva och aktiva. Sannolikheten för uppkomst av brand och tillgång till bränsle är faktorer som är lämpliga att beakta vid utformningen av skyddet mot brand och brandgasspridning (Bengtson et al., 2012).

3.2.3 Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas

Krav på skydd mot brandspridning mellan byggnader är till för att underlätta för räddningstjänsten att hindra brandspridning, för att minska ytterligare egendomsskador samt för att ge skydd åt personer i de närliggande byggnaderna (Bengtson et al., 2012).

3.2.4 Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt

Detta egenskapskrav syftar precis som det låter till att personer skall kunna utrymma vid händelse av brand i byggnad. Möjligheten till utrymning skall anpassas efter byggnadens specifika förutsättningar (Bengtson et al., 2012). Några sådana förutsättningar anges i motiveringen till de olika verksamhetsklasserna i BBR:

- Lokalkännedom,
- Personers möjlighet att sätta sig själv i säkerhet,
- Om personer kan förväntas vara vakna eller inte (Boverket, 2012a).

Ytterligare byggnadsspecifika faktorer som kan påverka utrymningsmöjligheten är:

- Personantal och fördelningen (Frantzich, 2001),
- Alkoholpåverkan och åldersfördelning (Frantzich, 2005),
- Närvaro av personal och dess utbildning (Bengtson et al., 2012).

3.2.5 Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand

För att räddningstjänsten skall kunna utföra en säker insats får de inte utsättas för fallerande bärverk, för hög strålning eller temperatur samt att sikten inte får vara helt obefintlig (Gradén & Liljedahl, 2007). Det är flera olika skyddsåtgärder som påverkar dessa skyddsbehov. Några exempel är bärverk, ytskikt, brandcellsindelning och vattensprinklersystem (Bengtson et al., 2012).

Gränsvärden för vad som är acceptabel exponering för räddningstjänstens personal redovisas i tabell 3.2. Värdena i tabell 3.2 gäller 1,5 meter över golvet och enligt Gradén & Liljedahl får inte värdena överskridas för den totala invändiga insattiden. Förutom dessa värden måste även byggnadens bärförmåga bestå under hela den invändiga insatsen (Gradén & Liljedahl, 2007).

Tabell 3.2 Gränsvärden för vad räddningstjänstens personal får utsättas för, för att deras säkerhet skall anses beaktad enligt Gradén & Liljedahl.

	Gränsvärden
Strålning	Max. 3 kW/m ²
	5 kW/m ² kan accepteras under en period på 10 minuter <i>eller</i> 10 kW/m ² under en period på 5 minuter
Temperatur	Max. 200 °C
	Kortare perioder < 1 minut kan temperaturer upp till 300 °C accepteras
Siktsträckor i stora lokaler	Minst 3 meter
	Om geometrin anses okomplicerad kan kortare siktsträcka än 3 meter accepteras

Konsekvensen av att följa rådet på minsta siktsträcka angiven av Gradén och Liljedahl medför att det i många fall är olämpligt att utföra invändig insats då sikten ofta är sämre.

För att räddningstjänsten skall kunna vara en del i brandskyddet, är tillgängligheten av stor betydelse. Tillgänglighet inkluderar invändig och utvändigt insats samt tillgänglighet till byggnaden med släck- och höjdfordon (Bengtson et al., 2012 & Boverket, 2012)

3.3 Utformning av brandskydd enligt BBR

Genom att utföra brandskyddet enligt föreskrifterna i BBR följs lagstiftningen i PBL och PBF, vilket resulterar i ett acceptabelt brandskydd. Föreskrifterna i BBR är utformade som funktionskrav. Funktionskrav ställer krav på vad som skall uppnås, men styr inte hur det ska göras. Denna typ av lagstiftning är flexibel och möjliggör för optimering av brandskyddslösningen efter objektsspecifika förutsättningar. Den funktionsbaserade lagstiftningen är även positiv då den tillåter teknisk utveckling (Björkman et al., 2012)

För att uppfylla föreskrifterna i BBR finns två metoder, förenklad och analytisk dimensionering. För byggnader i byggnadsklass Br0 får endast analytisk dimensionering tillämpas, vilket även omnämns i bakgrundsavsnittet. Separata avsnitt som redogör för analytisk respektive förenklad dimensionering följer nedan.

3.3.1 Förenklad dimensionering

Vid förenklad dimensionering uppnås kraven i föreskrifterna genom att anvisade lösningar och metoder i de allmänna råden följs (Boverket, 2012a).

Inom ramen för förenklad dimensionering tillåts att två föreskrifter tillgodoses mot att ett automatiskt släcksystem installeras, denna typ av byte kallas tekniskt byte. Om verksamheten är kravbelagd med automatiskt släcksystem, tillåts endast att en föreskrift tillgodoses av installationen (Boverket, 2012a). Om fler tekniska byten genomförs, skall detta verifieras med analytisk dimensionering. Detta eftersom Boverket inte granskat förändringen i redundansen i brandskyddet, då flera tekniska byten görs samtidigt (Boverket, 2011a).

Förenklad dimensionering kräver relativt låg arbetsinsats i tid och kunskap från brandskyddsprojektören, eftersom denna endast följer de i detalj styrda kraven på utformning. Resultatet blir ett brandskydd som klarar den säkerhetsnivå som samhället kräver, med små risker för fel (Lundin, 2001).

3.3.2 Analytisk dimensionering

Analytisk dimensionering är när en eller flera av föreskrifterna i BBR uppfylls på annat sätt än genom förenklad dimensionering. När analytisk dimensionering tillämpas måste den valda lösningen verifieras. Vägledning för analytisk dimensionering finns i BBRAD (Boverket, 2012a). Analytisk dimensionering enligt BBRAD behandlas i avsnitt 3.4.

För Br0-byggnaderna föreligger krav på att brandskyddet skall verifieras med analytisk dimensionering (Boverket, 2012a). Detta innebär i princip att varje liten detalj i brandskyddet skall verifieras för att visa att den är tillräckligt säker. I rådet från BBRAD tillåts det dock att förenklad dimensionering används i begränsad omfattning för utformning av enskilda rum, brandceller och komponenter, rådtexten återges i följande stycke (Boverket, 2011b).

”För byggnader i byggnadsklass Br0 kan de allmänna råden i BBR avsnitt 5 endast i begränsad omfattning användas som referenssystem. Med begränsad omfattning avses t.ex. skydd som enbart är relaterat till utformning av enskilda rum, brandceller eller komponenter. Utformningen av brandskyddet bör minst motsvara vad som gäller för motsvarande byggnadsklass, t.ex. byggnadsklass Br1 för byggnader med tre eller fler våningsplan eller byggnadsklass Br2 för byggnader i ett våningsplan med samlingslokaler i verksamhetsklass 2B eller 2C. ” (Boverket, 2011b. s. 4).

3.4 Analytisk dimensionering enligt BBRAD

Det andra avsnittet i BBRAD anger vad som bör ingå i en analytisk dimensionering samt hur dessa delar skall utföras. De delar som ingår i analytisk dimensionering listas nedan och omnämns även i bakgrundsavsnittet.

- Identifiering av verifieringsbehovet,
- Verifiering av tillfredsställande brandsäkerhet,
- Kontroll av verifiering,
- Dokumentation av brandskyddets utformning.

Det är den första punkten som är av intresse då arbetet skall ge en vägledning till riskidentifieringen som omnämns i verifieringsavsnittet i BBRAD (Boverket, 2011b). Det är av stor vikt att tillräcklig kunskap finns för att fokus vid dimensionering av brandskyddet skall läggas på rätt delar samt att allt som är i behov av verifiering verkligen verifieras.

3.4.1 Identifiering av verifieringsbehov

Den modell som föreslås för identifiering av verifieringsbehovet i BBRAD är samma metod som Lundin (2001) anger som lämplig metod för att identifiera effekten på brandskyddet vid tekniskt byte. Tabell 3.3 är det verktyg som BBRAD rekommenderar vid tekniska byten.

Tabell 3.3 Matris för identifiering av avvikelser från förenklad dimensionering (Boverket, 2011).

Del av brandskyddet		Avvikelser från förenklad dimensionering							
		Avsteg				Tillägg			
		1	2	3	4	1	2	3	4
5:2	Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar								
5:3	Möjlighet till utrymning vid brand								
5:4	Skydd mot uppkomst av brand								
5:5	Skydd mot brand- och brandgasspridning inom byggnad								
5:6	Skydd mot brandspridning mellan byggnader								
5:7	Möjligheter till räddningsinsats								
Avd. C, kap. 1.1.2 i EKS	Bärförmåga vid brand								

Tekniska byten är dock inte aktuellt för byggnader i byggnadsklass Br0 då dessa i sin helhet redan i utgångsläget måste utföras analytiskt (Boverket, 2012a). Det finns alltså i dagsläget i BBRAD inget liknande stöd för att avgöra verifieringsbehovet för Br0-byggnader och det är därför nödvändigt att utveckla ett sådant.

Genom att Boverket hänvisar till användning av denna matris, styrs projektörer till en metod för identifiering av verifieringsbehovet där det är svårare att missa att ta hänsyn till de olika delarna i brandskyddssystemet som påverkas i ett tekniskt byte. Genom att använda matriser för identifiering av påverkan på brandskyddssystemet tydliggörs det vilka delar som påverkas och på så sätt blir det överskådligt var verifieringsbehovet finns. I matrisen ovan blir det tydligt hur ändring och skydd påverkar brandskyddssystemet. Eftersom det inte handlar om förenklad dimensionering vid dimensionering av brandskydd i Br0-byggnader fungerar inte tabell 3.3 på denna typ av byggnader.

En brist som författaren identifierat i BBRAD vid genomgång av Lundin (2001) är beaktande av de egenskaper som kan tillskrivas brandskyddssystemet. Egenskaperna som kan tillskrivas brandskyddssystemet redogörs för i kapitel 4. Att utelämna de egenskaper i vägledningen av analytisk dimensionering är en brist, då dessa egenskaper kan påverka säkerheten som brandskyddet ska ha. För att stora fel ska undvikas har Lundin (2001) tagit fram en matris för att brandskyddets egenskaper ska beaktas vid tekniska byten. Då denna matris endast är tillämpbar för enstaka tekniska byten behövs en motsvarande metod som är användbar på Br0-byggnaderna.

3.4.2 Verifiering

Verifieringsmetoder som BBRAD föreslår är kvalitativ bedömning, scenarioanalys eller kvantitativ riskanalys. Denna rapport behandlar inte själva verifieringen noggrannare då det ligger utanför syftet med rapporten.

3.5 Verksamhetsklasser

Detta avsnitt innehåller en kort redogörelse för de olika verksamhetsklasser som verksamheter klassificeras som enligt BBR 19. De ingående verksamhetsklasserna i en byggnad avgör viken byggnadsklass den ska hänföras till.

För respektive verksamhetsklass redogörs tillhörighetsgränsen till byggnadsklass Br0 som det allmänna rådet i BBR anger. Gränsen i det allmänna rådet att byggnader med fler än 16 våningar tillhör byggnadsklass Br0 nämns inte i de följande avsnitten eftersom denna gräns är oberoende av verksamhetsklassen.

Utöver detta nämns exempel på verksamhet som kan tillhöra verksamhetsklassen samt typiska förutsättningar för verksamhetsklassen.

3.5.1 Verksamhetsklass 1

Exempel på verksamhet i denna klass är lager, kontor och industri.

Typiskt för denna verksamhetsklass är att personer har god lokalkännedom, de är vakna och kan utrymma själva och persontätheten kan antas vara låg (Bengtsson et al., 2012).

3.5.2 Verksamhetsklass 2A

Exempel på verksamhet i denna klass är butik, bank och biograf.

I denna verksamhetsklass ingår samlingslokaler för upp till 150 personer. För denna verksamhet är de typiska dragen att personerna inte behöver ha god kännedom om lokalerna,

personantalet är begränsat, personerna är vakna, persontätheten kan antas vara hög, de kan vara påverkade av alkohol och de kan förväntas kunna sätta sig själv i säkerhet (Bengtsson et al., 2012).

3.5.3 Verksamhetsklass 2B

Exempel på verksamhet i denna klass är köpcentrum, idrottsarena och flygplatsterminal.

Verksamhetsklass 2B är samlingslokaler för fler än 150 personer, i vilka alkohol endast serveras i begränsade mängder. Denna verksamhetsklass ingår i Br0-klassen om verksamheten bedrivs i en lokal som inte är markplan och om personantalet överstiger 1000.

Typiska drag är att personerna inte är alkoholpåverkade, de kan förväntas sätta sig själva i säkerhet, de är inte nödvändigtvis bekanta med lokalerna, persontätheten kan antas vara hög, personerna är vakna och verksamhetsklassen saknar övre personantalsgräns (Bengtsson et al., 2012).

3.5.4 Verksamhetsklass 2C

Exempel på verksamhet i denna klass är diskotek, nattklubbar och större pubar.

Denna verksamhetsklass innefattar samlingslokaler för fler än 150 personer, där alkohol serveras i mer än begränsade mängder. Verksamhetsklass 2C ingår i byggnadsklass Br0 vid två kriterier. Det ena kriteriet är om personantalet överstiger 600 och verksamheten bedrivs i markplan. Den andra är om verksamheten bedrivs i annat plan än markplan och personantalet överstiger 300.

Det typiska för denna verksamhetsklass är att personerna kan vara alkoholpåverkade, personantalet är obegränsat uppåt, persontätheten kan antas vara hög, personerna kan antas vara vakna och kunna utrymma självständigt samt att personerna inte kan antas känna till utformningen på lokalerna (Bengtsson et al., 2012).

3.5.5 Verksamhetsklass 3

Exempel på verksamhet i denna klass är bostäder och internat.

Förutsättningar för denna verksamhetsklass är att personerna kan antas ha god lokalkännedom, persontätheten kan antas vara låg, möjlighet att utrymma på egen hand samt att personerna kan vara sovande (Bengtsson et al., 2012).

3.5.6 Verksamhetsklass 4

Exempel på verksamhet i denna klass är hotell.

För verksamhetsklass 4 behöver inte personerna i lokalerna ha vetskap om byggnadens utformning, persontätheten kan antas vara låg, besökarna kan vara sovande och de kan antas kunna utrymma på egen hand (Bengtsson et al., 2012).

3.5.7 Verksamhetsklass 5A

Exempel på verksamhet i denna klass är förskola och daglig verksamhet enligt socialtjänstlagen (2001:453) (Bengtsson et al., 2012).

Typiska förutsättningar för denna verksamhet är att större delen av personerna inte kan förutsättas kunna utrymma själva och det kan även förekomma att de sover i lokalen (Bengtsson et al., 2012). Åldern alternativt funktionsnedsättningarna hos personerna i verksamhetsklass 5A har inverkan på hur rationellt de handlar, vilket kan påverka deras agerande vid utrymning.

3.5.8 Verksamhetsklass 5B

Exempel på verksamhet i denna klass är särskilt boende för personer med vårdbehov, exempelvis äldreboenden och andra vårdboenden.

Typiskt för denna verksamhetsklass är att personerna kan ha svårighet att sätta sig själv i säkerhet. Personer kan även vara sovande i lokalerna (Bengtsson et al., 2012). Beroende på personerna som vårdas kan förutsättningarna för utrymning skilja sig mycket inom denna verksamhetsklass. I vissa fall kan personerna förflytta sig själva och i andra fall inte, på samma sätt kan också medvetandegraden variera.

3.5.9 Verksamhetsklass 5C

Exempel på verksamhet i denna klass är sjukhus.

Större byggnader med denna verksamhetsklass skall utföras i byggnadsklass Br0. Vad som avgör om byggnaden skall anses som större, skall enligt Boverket avgöras utifrån skyddsbehovet i byggnaden (Boverket, 2012c).

Typiska förutsättningar är på samma sätt som för verksamhetsklass 5A och 5B att personerna kan vara sovande och största delen av personerna inte kan antas kunna utrymma på egen hand (Bengtsson et al., 2012). I sjukhusverksamhet förekommer det personer med utrymningsmöjligheter i ett spann från fullt friska personer till personer under kirurgiska ingrepp eller personer vars liv uppehålls av apparatur.

3.5.10 Verksamhetsklass 5D

Exempel på verksamhet i denna klass är häkten och fängelser.

Verksamhetsklass 5D skall alltid utföras i byggnadsklass Br0. Typiskt för denna klass är att personer hålls inlåsta och kan därför inte utrymma på egen hand, samt att personerna inte kan antas vara vakna (Bengtsson et al., 2012). Denna förutsättning gör brandskyddsutformningen komplex, då det kan antas att personerna vill rymma. För att de skall kunna rymma, kan det även antas att de kan ta till alla möjliga medel, vilket ställer extra höga krav på brandskyddets utformning (Nebraska Crime Commission, 1993).

3.5.11 Verksamhetsklass 6

Exempel på verksamhet i denna klass är kvarnar, textilindustri och produktionsbyggnader inom jordbruksindustrin.

Det typiska för denna klass är att det är hög sannolikhet för uppkomst av brand eller risk för brand med mycket snabbt brandförlopp (Bengtsson et al., 2012).

4 Brandskyddssystemet

Kapitlet är ett resultat av informationsinsamlingen och ligger till grund för analysdelen i arbetet. Kapitlet tillför information om brandskyddets olika egenskaper och hur de påverkar brandskyddet.

4.1 Brandskyddssystemets uppbyggnad

Ett brandskydd är uppbyggt av flera olika komponenter eller skyddsåtgärder. Komponenterna i skyddssystemet kan vara både organisatoriska och byggnadstekniska (Lundin, 2001). I Lagen om skydd mot olyckor, LSO, (Försvarsdepartementet, 2003) och Arbetsmiljöverkets författningssamlingar, AFS, (Arbetsmiljöverket, 2013) berörs det organisatoriska brandskyddet, exempelvis systematiskt brandskyddsarbete. I BBR behandlas endast byggnadstekniskt brandskydd såsom avskiljande konstruktioner, dörrbredder och brandvarnare (Boverket, 2011a). Då brandskydd utformas som en kombination av byggnadstekniskt brandskydd och organisatoriskt brandskydd kan det potentiellt finnas problematik i att de olika skydden faller under olika lagstiftning styrda av olika myndigheter². Detta i fall då det är av stor vikt att skydden samverkar och är utformade utifrån varandras funktion. Om samverkan mellan det organisatoriska och byggnadstekniska skyddet uteblir på grund av att krav inte kan ställas på organisationen vid uppförande av en byggnad, finns en potentiell risk att byggnadsbrandskyddet inte får den nivå och de förutsättningar som den borde ha.

Det som brandskyddssystemet syftar till att uppnå är ett skyddsmål. Skyddsmål och skyddsbehov varierar mellan olika typer av byggnader och verksamheter. De huvudsakliga skyddsmålen mot brand i byggnader är att personer ska överleva och skadan på egendom ska bli begränsad (Carlens, 2006). Exempel på andra skyddsmål är miljö- och kulturvärden. Att skyddsbehovet varierar är naturligt. Byggnader med stora personantal kräver skyddsåtgärder i en större omfattning än samma byggnad med låga personantal (Carlens, 2006).

För att få uppföra byggnader i Sverige ställer samhället krav på säkerhet i händelse av brand. För att leva upp till den av samhället accepterade risknivån skall byggnader projekteras så att egenskapskraven i 3 kap. 8§ i PBF uppfylls, se kapitel 3. Genom att följa de allmänna råden i BBR, förenklad dimensionering, uppnås de skyddsmål samhället krävställer. Vid analytisk dimensionering ska föreskriftskraven uppfyllas för att motsvarande skydd ska uppnås.

Lundins rapport (Lundin, 2001) visar tydligt på att det funnits problem vid analytisk dimensionering på grund av att samtliga brandskyddande effekter inte ersatts vid tekniska byten. Fokus vid analytisk brandskyddsdimensionering har ofta legat på personsäkerhet, vilket har gjort att samtliga krav från samhället inte alltid uppfyllts. För att undvika detta har den av Lundin framtagna matrisen för förändrad effekt på brandskyddet införts som en del av identifieringen av verifieringsbehovet i BBRAD (Lundin, 2001), se avsnitt 3.3.1.

² Erik Almgren. BIV, Bengt Dahlgren Brand & Risk AB 2012-10-10

4.2 Egenskaper

Detta avsnitt behandlar de egenskaper som anses viktiga för brandskyddssystemet.

Egenskaperna som redovisas är framtagna och redovisade av Lundin (2001) genom studier av Meister (1991). Meister (1991) redogör för hur olika system kan brytas ned och tillskrivas olika typer av egenskaper samt hur de utgör en del i ett system.

Det finns ett stort antal egenskaper i ett brandskyddssystem. Några av dessa har redan omnämnts i föregående stycke. Brandskyddssystemets egenskaper är viktiga för huruvida brandskyddet skall fungera tillfredsställande. Vid brandskyddsdimensionering är det viktigt att utreda egenskaperna hos skyddssystemet och enskilda skyddsåtgärder, så att ett brandskydd med önskade egenskaper blir resultatet. Därför redovisas de av Lundin framtagna relevanta egenskaper för brandskyddssystem nedan (Lundin, 2001):

- Funktion,
- Mänskligt agerande,
- Komplexitet,
- Flexibilitet,
- Känslighet,
- Tillförlitlighet,
- Robusthet och sårbarhet (Lundin, 2001).

Egenskaperna redovisas var för sig i avsnitten som följer.

4.2.1 Funktion

Funktionen beskriver vad en komponent eller ett system gör och hur bra den gör det. Ett exempel är en EI 60-konstruktion som vid prövning enligt standard SS-EN 13501-2 (Svensk Standard, 2007) ska uppfylla vissa kriterier. Funktionen är att den avskiljer mot brand i 60 minuter, det vill säga vad den gör och hur bra, närmare bestämt hur länge konstruktionens motstånd varar i detta fall. Funktionen hos ett system utgörs av den resulterande funktionen hos samtliga ingående komponenter. Det finns flera typer av komponenter eller skyddsåtgärder vilka är kategoriskt uppdelade och indelade i olika avsnitt i BBR.

Uppdelningen i avsnitt i BBR betyder inte att en skyddsåtgärd endast har skyddsverkan, funktion, inom det området (Lundin, 2001). Fallet är i verkligheten att enskilda skyddsåtgärder ofta tjänar flera olika syften. Ett exempel på detta är nödbelysning som både möjliggör utrymning och underlättar för räddningstjänstens insats.

Det bör förtydligas att brandskydd utfört med förenklad dimensionering ger ett brandskydd med en lägsta risknivå vilken samhället anser acceptabel och alltså inte en helt riskfri byggnad (Lundin, 2001). Detta kan exemplifieras genom avståndskravet mellan byggnader för att förhindra brandspridning mellan ytterväggar i separata brandceller som är placerade parallellt med varandra. Det allmänna rådet anger att om fönster är placerade mindre än fem meter från varandra skall ett fönster vara i klass E 30 eller båda i klass E 15. Om avståndet däremot överstiger fem meter krävs ingen klassning på fönstren. Beroende på omständigheterna för specifika fall kommer brandspridning förhindras och i andra fall inte. Faktorer som kommer påverka brandspridning är storleken på fönstren, storleken på flaman utanför fönstret samt avståndet mellan flaman och det motsatta fönstret. I till exempel höga byggnader där räddningstjänsten inte har möjlighet att utföra insats utvändigt finns inte samma möjlighet att förhindra brandspridning mellan fönster genom vatten- eller skumbegjutning vilket ställer högre krav på övrig utformning för att samma risknivå på skyddet mot spridning som i lägre byggnader skall finnas.

4.2.2 Mänskligt agerande

Mänskligt agerande kan ha stor inverkan på både enskilda skyddsåtgärder och brandskyddssystemet som helhet. Det mänskliga agerandet som skyddsåtgärd kan delas upp i två delar; agerande vid brand t.ex. att släcka eller hjälpa andra personer att utrymma och förebyggande agerande såsom underhåll av brandskyddsåtgärder.

Exempel på verksamheter där mänskligt agerande vid brand har stor inverkan är lokaler där personer hålls inlåsta eller på annat sätt har begränsad förmåga att sätta sig själva i säkerhet. I dessa lokaler kan personalen åläggas ett stort ansvar för personsäkerheten beroende på utformningen av brandskyddet (Carlens, 2006). Svårigheten i att förutse hur människor agerar och med vilken sannolikhet de agerar på olika vis, gör det svårt att beakta skyddsåtgärder där mänskligt agerande har del. Vid utformningen av brandskydd i lokaler där det mänskliga agerandet kan ha inverkan på brandskyddet går det då att tillgodoräkna sig ett bra systematiskt brandskyddsarbete eller skall projektören förutsätta att detta inte håller i längden³? Vid genomgången av inträffade bränder, återgiven i bilaga B, var det mänskliga agerandet en skyddsåtgärd som fallerade i många av de genomgångna fallen. Utifrån svårigheten att ta hänsyn till hur människor agerar är brandskydd utformade med beroende av människors agerande svårhanterade att utföra så att skyddet består under brukstiden. En lösning kan vara att utforma brandskyddet utan beroende av personalens agerande och så att behovet av underhåll och skötsel är minimalt.

Mänskligt agerande har stor betydelse för om system fungerar eller inte (SBA), underhåll av brandskyddsåtgärder och uppställning av dörrar i brandcellsgränser är exempel på detta. Utbildning, förståelse för brandskyddets funktion och beroendet av mänskligt agerande är parametrar som har stor inverkan på om brandskyddet skall fungera eller inte vid händelse av brand. I exemplen ovan där personal har stor roll vid utrymning, är det viktigt att ha rätt kunskap, så att personalen vet hur de skall agera i en sådan situation. För att brandcellsgränser skall hållas intakta, krävs det till exempel att personer förstått att dörren i brandcellsgränsen inte får ställas upp (Carlens, 2006). Dörren i brandcellsgräns är ett exempel där risken för mänskligt felagerande relativt enkelt kan minskas genom att ställa upp dörren med

magnethållare som stänger dörren när brandlarmet aktiveras. Brandkunskapen hos personalen som verkar under byggnaders driftskede har även betydelse för att bibehålla nivån på byggnadens brandskydd. Om till exempel ett hål (för dörr, genomföring, etcetera) tas upp i en brandcellsgräns utan att tätas, sänks nivån från den nivå byggnaden hade vid uppförandet. Skadade brandcellsgränser kan påverka både utrymningsmöjligheten och räddningstjänstens möjlighet att utföra en framgångsrik insats då det ökar risken för spridningen av brand och brandgaser.

Det är svårt att beakta det mänskliga agerandet vid utformning av brandskydd. Svårigheten ligger i dels hur människor löser sina uppgifter vid brand, om de över huvudtaget gör vad de bör göra samt huruvida de underhåller brandskyddet³. Underhåll av brandskyddsåtgärder och utbildning är så kallat systematiskt brandskyddsarbete, SBA, vilket krävs i LSO (Försvarsdepartementet, 2003). Boverket har ingen möjlighet att ställa krav på organisatoriskt brandskydd då det ligger utanför deras ansvarsområde (Boverket, 2011a). Detta innebär bland annat att byggreglerna inte kan ställa krav på till exempel hur ofta personal skall utbildas i brandrutiner. Att krav på organisatoriskt brandskydd inte kan ställas från Boverket som ställer kraven på byggnadsbrandskydd innebär en potentiell risk då byggnaders brandskydd utformas med beroende av det organisatoriska brandskyddet. I det enskilda fallet är det därför lämpligt att göra en avvägning om omfattningen av personal kan tillgodoräknas i brandskyddet utifrån den aktuella verksamheten, verksamhetens behov av personal och sannolikheten för nedskärningar i personalstyrkan.

4.2.3 Komplexitet

Vad som gör ett brandskyddssystem komplext är inte endast antalet ingående komponenter. Hur komplext ett system är beror mycket på i vilken grad de ingående komponenterna är beroende av varandra. Tillförlitligheten till system är starkt kopplad till systemets komplexitet, anledningen till detta är svåröverskådligheten och beroenden inom systemet. Av denna anledning är mindre komplexa system fördelaktigt när hög tillförlitlighet eftersträvas (Meister, 1991).

Vid utformning av brandskyddsstrategin i en byggnad bör stor vikt läggas på att undvika så kallade "common cause failure", CCF. CCF är som namnet antyder flera fel som uppstår på grund av samma orsak, vilket beror på systemets komplexitet. Exempel på CCF är förlorad strömförsörjning, då brandskyddet utgörs av flera skyddsåtgärder som är beroende av denna. Då ett brandskydd utförs enligt förenklad dimensionering fås ett brandskydd där skyddsmål och skyddsåtgärder har en viss komplexitet, eftersom att en och samma skyddsåtgärd kan skydda flera olika skyddsmål.

CCF är viktigt för att beakta brandskyddssystemets totala tillförlitlighet, om samma exempel som ovan där hela eller stora delar av brandskyddet är beroende av en och samma strömkälla är tillförlitligheten i brandskyddet begränsad till tillförlitligheten för denna gemensamma nämnare (Lundin, 2001). Problemet med en och samma strömkälla kan undvikas genom att tillföra en oberoende strömkälla så som batteribackup och på så sätt skapa redundans i strömförsörjningen.

³ Erik Almgren. BIV, Bengt Dahlgren Brand & Risk AB 2012-10-10

4.2.4 Flexibilitet

Flexibilitet är nära kopplat till egenskaperna tillförlitlighet och robusthet. Flexibilitet är systemets förmåga att uppfylla sin funktion då förutsättningarna varierar (Lundin, 2001).

Räddningstjänst som en skyddsåtgärd är ett exempel på ett flexibelt skydd, då de har förmågan att anpassa sig utifrån givna förutsättningar genom att ändra angreppssätt och val av metod.

I exempelvis höga byggnader och andra byggnader där räddningstjänstens insatser begränsas i flexibiliteten på grund av svårtillgänglighet, begränsas också i deras angreppsmöjlighet och möjlighet att kontrollera en brand eller utrymna personer i byggnaden. Om hänsyn till en lägre flexibilitet i räddningsinsatsen inte beaktas blir den skyddsåtgärd som räddningstjänsten utgör i denna typ av byggnader sämre än i motsvarande byggnader där räddningstjänstens flexibilitet i angreppsmetod är ”normal”.

Ett exempel som tillämpas är då två av varandra oberoende trapphus för utrymning ersätts av ett trapphus utfört enligt Tr1 eller Tr2. Flexibiliteten i att ha två av varandra oberoende trapphus ersätts av ett trapphus med större tillförlitlighet. Detta exempel kan medföra möjlighet till ekonomiska besparingar då större yta av byggnaden kan användas i verksamheten. Vid brandskyddsdimensionering där tillförlitlighet ersätter flexibilitet eller omvänt är det av stor vikt att detta noga utreds så att det fastställs att skyddet håller den nivå som avsetts.

4.2.5 Känslighet

Känslighet i brandskyddssystemet är hur mycket systemets olika funktioner påverkas vid förändring av förutsättningar. Graden av beroende till olika förutsättningar är känsligheten för dessa (Lundin, 2001 & Meister, 1991).

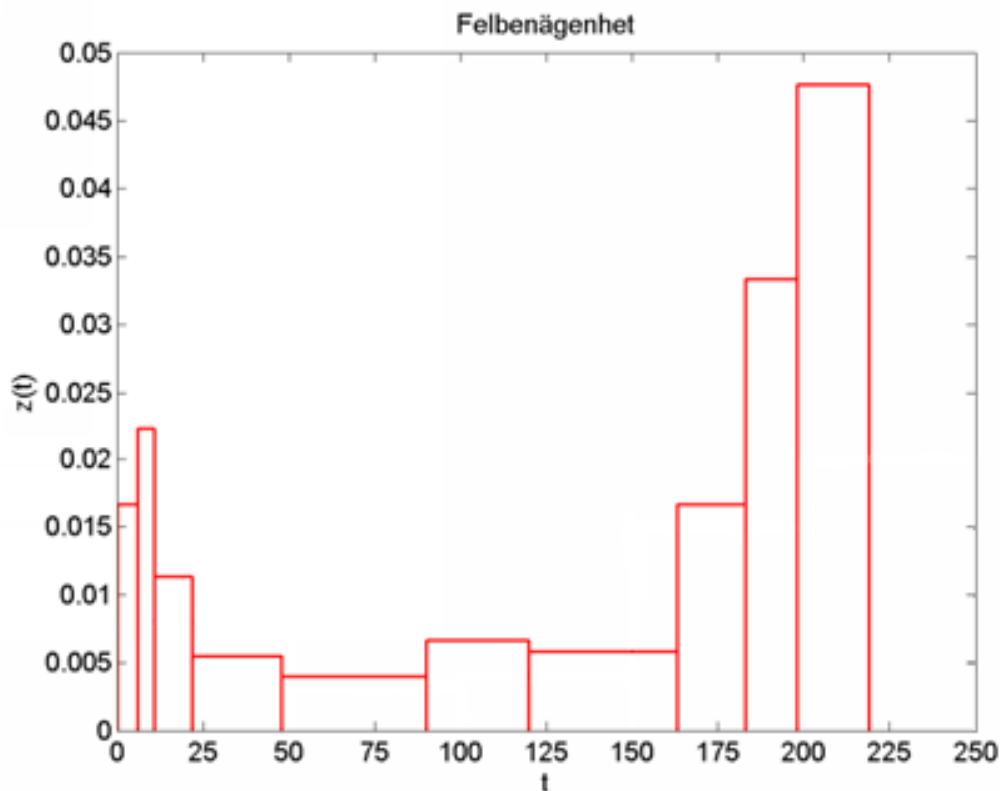
I exempelvis vårdlokaler där patienterna är beroende av personalen vid utrymning är patienternas utrymningsmöjlighet känslig för bland annat personalstyrkans storlek som påverkar det organisatoriska brandskyddet (Frantzich, 1997). Denna känslighet gör att förutsättningarna för utrymning kan försämrans under en byggnads livstid om personalstyrkan minskas.

Genom att identifiera vad brandskyddssystemet är känsligt för redan vid projekteringen kan systemet utformas med lägre känslighet till förutsättning som troligen kommer att förändras i byggnaden, såsom verksamhetstyp och antal anställda (Lundin, 2001).

4.2.6 Tillförlitlighet

Det är viktigt att beakta egenskapen tillförlitlighet vid utformning av brandskydd i byggnader. Tillförlitligheten är nämligen sannolikheten för att en komponent eller hela systemet fungerar och fyller sin funktion. Vid analytisk dimensionering måste tillförlitligheten beaktas så att brandskyddet erhåller en acceptabel risknivå.

Tillförlitligheten förändras som regel under en enhets livslängd. Under den första tiden efter ibruktagande, då så kallade barnsjukdomar åtgärdas, ökar tillförlitligheten. Därefter följer en period där tillförlitligheten håller sig relativt jämn, varefter den minskar på grund av föråldring och slitage. Figur 4.1 visar uppskattad felbenägenhet under livstiden för en komponent eller ett system. Felbenägenhet är motsatsen till tillförlitlighet. Om tillförlitligheten skall behållas över tiden måste därför systemets komponenter kontinuerligt underhållas eller ersättas (Lorén & Maré, 2009).



Figur 4.1 Uppskattad felbenägenheten under livstiden för en komponent eller ett system, med tiden på x-axeln och felbenägenheten på y-axeln (Lorén & Maré, 2009).

Vid analysering av uppnådd tillförlitlighet i brandskyddet är det viktigt att identifiera brandskyddsåtgärdernas gemensamma nämnare, det vill säga de områden där "common cause failure", CCF som förklarades i avsnitt 4.2.3, kan uppstå. I höga byggnader är styrdatorer ett exempel på område där detta kan inträffa (Nystedt, 2008).

4.2.7 Robusthet och sårbarhet

Robusthet är motsatsen till sårbarhet och sårbarhet kan definieras som benägenheten att påverkas av interna och externa påfrestningar⁴. Denna definition stämmer väl in på Nationalencyklopedins definition på robust, ett föremål eller person är robust då denna tål påfrestningar väl (Nationalencyklopedin, 2012). Kontentan är att system med hög robusthet har god förmåga att motstå interna och externa påfrestningar.

Tillförlitlighet är det samma som funktionssannolikhet vilket kan beskrivas som sannolikheten att en komponent inte fallerar på grund av interna påfrestningar, som behandlades i förgående avsnitt. Externa påfrestningar är påfrestningar från omgivningen som kan medföra att en komponent eller ett system inte fungerar. Exempel på externa påfrestningar är: brand, släckvatten, vind, jordbävning och terrorattentat. Robustheten i ett system minskar om de ingående skyddsåtgärdernas beroende av varandra ökar (Carlens, 2006 & Lundin, 2001). Genom att utforma brandskyddsåtgärderna oberoende av varandra och genom att i projekteringen försöka identifiera vad som kan minska robustheten kan brandskyddet utformas med högre robusthet.

Ökat skydd mot extern påverkan på de olika skyddsåtgärderna kan uppnås genom att minska beroendet och sårbarhet för deras funktion genom att till exempel för ett sprinklersystem använda flera av varandra oberoende vattenkällor och trycksättningssystem, på så vis kan skyddet upprätthållas trots att en exempelvis en vattenkälla förloras på grund av intern eller extern påverkan.

BBR 19 ställer följande krav ”*Brandskyddet ska utformas med betryggande robusthet så att hela eller stora delar av brandskyddet inte slås ut av enskilda händelser eller påfrestningar*” (Boverket, 2012. s. 191). Syftet med den från BBR 19 citerade meningen är enligt Brandskyddsföreningen att robusta systemlösningar skall eftersträvas (Björkman et al., 2012). Det gäller för både passiva som aktiva brandskyddsinstallationer till exempel sprinkler, brandlarm, brandgasventilation, branddörrar, brandcellsgränser och skydd av bärverk. Syftet med detta är att hela brandskyddet inte skall kunna falla på grund av en enda felfunktion. Brandlarm kan vara en sådan funktion som om det fallerar, så förloras stora delar av brandskyddet, om det till exempel styr dörrstängare i brandcellsgränser, utrymningslarm och brandgasventilation (Björkman et al., 2012).

⁴ Magnus Hagelsten, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering. 2012-09-18

4.3 Global och lokal påverkan på brandskyddet

I BBRAD anges att brandskyddet i begränsad omfattning kan utföras med förenklad dimensionering, med förtydligande att begränsade delar av brandskyddet är delar som endast relaterar till exempelvis enskilda rum, komponenter eller brandceller. BBRAD anger även att brandskyddet bör utvärderas i en helhetsbedömning utifrån byggnadens riskbild (Boverket, 2011b).

Brandskyddsdimensioneringen kan därför delas in i två huvuddelar, specifika delar som har en lokal påverkan och delar som i större omfattning påverkar helheten i skyddet, global påverkan. Delar som endast har lokal påverkan kan i större utsträckning ingå i det som i BBRAD omnämner som begränsad omfattning och bör därför kunna utföras med förenklad dimensionering. Exempel på lokal omfattning är utrymningen från en avdelning i ett större sjukhus, utrymningen och skyddet inne på avdelningen påverkar endast ett begränsat antal personer och är relativt okomplicerad. Global omfattning är i samma exempel utrymning från sjukhuset i sin helhet det vill säga utrymningen efter att den enskilda avdelningen är utrymd detta är betydligt mer komplicerat än utrymningen från själva avdelning. Då stora personantal från flera olika avdelningar med liten eller obefintlig egen rörelseförmåga ska utrymma långa sträckor horisontellt och vertikalt. Den högre komplexiteten och det större antalet personer som påverkas av de globala delarna i brandskyddet har ett betydligt större verifieringsbehov varför analytisk dimensionering kan behövas.

Global och lokal påverkan behandlas vidare i nästa kapitel med avseende på hur de kan kopplas till samhällsrisk och individ risk.

5 Risk

Detta kapitel avhandlar risk kopplat till byggnadsbrandskydd.

5.1 Riskbegreppet

Risk är inget definitivt uttryck då det kan ha olika betydelse för olika personer eller grupper. Generellt brukar risk vara en sammanvägning av sannolikheten och konsekvensen av en slumpmässig negativ händelse (Grimvall et al, 2003). En väl använd metod för riskkvantifiering är den som återges i ekvation 5.1. De ingående variablerna i ekvation 5.1 redovisas i tabell 5.1.

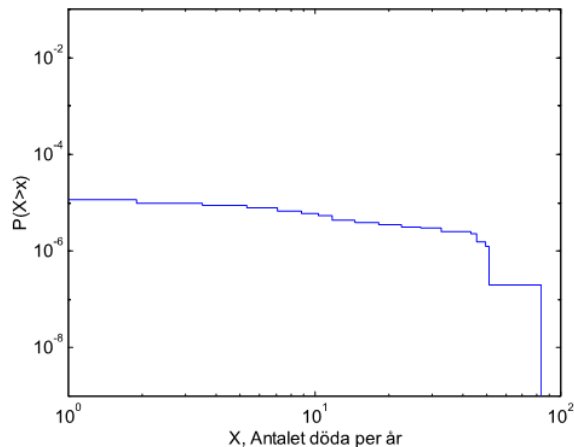
$$R = \sum_{i=1}^n (s_i, p_i, c_i) \quad \text{Ekvation 5.1 (Kaplan \& Garrick, 1981)}$$

Tabell 5.1 Redovisning av ingående variabler i ekvation 5.1.

R	Den totala risken
n	Antalet scenarier
i	Index för scenarierna
s	Beteckningen för scenariot
p	Sannolikheten
c	Konsekvensen

Metoden i ekvation 5.1 bygger på att alla möjliga scenarier identifieras samt att konsekvens och sannolikhet för respektive scenario kvantifieras. Resultatet av denna metod är en kvantifierad total risk för de analyserade scenarierna.

Två vanligt förekommande riskmått är samhälls- och individrisk. Samhällsrisk redovisar risken för en grupp människor. FN-kurvor och medelrisk är två metoder för att redovisa samhällsrisken. I FN-kurvor plottas den ackumulerande sannolikheten mot konsekvensen för en typ av olycka och utfall av denna. Figur 5.1 är ett exempel på en FN-kurva. Medelrisk redovisar den sammanvägda risken av en händelse och möjliga utfall av denna. De olika utfallen av en händelse kan bero på funktion av skyddssystem och inverkan av andra parametrar som till exempel vindriktning. Individrisk är sannolikheten för att utsättas för en viss konsekvens på en viss plats. Individrisken varierar beroende på var man befinner sig. Individrisken är ofta störst närmast riskkällan. När individrisk används för att mäta risk, används ofta uttrycken maximal individrisk och genomsnittlig individrisk. Maximal individrisk är den högsta individrisken inom berört område. Genomsnittlig individrisk är ett medelvärde på individrisken hos en population. Detta värde kan dock vara missvisande, då vissa individer i en population kan utsättas för mycket hög risk, utan att detta åskådliggörs. (Nystedt, 2000 & Lundin 2004)



Figur 5.1 Exempelbild FN-kurva med ackumulerad sannolikhet på y-axeln och antalet döda på x-axeln (Nysdet, 2000).

5.2 Värdering och riskacceptans

I arbetet berörs ofta de risknivåer som samhället accepterar, varför riskacceptans och värdering av risk kort avhandlas i detta avsnitt.

Samhällsekonomiskt brukar uttrycket ”statistiska liv” användas i samband med riskvärdering. Statistiska liv används för att mäta hur många människoliv som sparas om en investering i säkerheten görs. Säkerhetsinvesteringen har som regel en kostnad, som kan mätas i till exempel pengar (Grimvall et al, 2003 & Carlsson et al, 2008). Det finns som regel vissa begränsningar i vad som anses rimligt att ett statistiskt liv får kosta. I rapporten ”Att jämföra och värdera risker” (Carlsson et al, 2008) beräknades till exempel värdet på ett statistiskt liv till cirka 13 miljoner för skydd mot brand- och drunkningsolyckor. Motsvarande summa för trafikolyckor var 20 miljoner (Carlsson et al, 2008). Principen är att om en investerings pris per sparat statistiskt liv understiger den ansatta summan så ska den aktuella investeringen utföras (Grimvall et al, 2003).

Generellt är acceptansen för större katastrofer/konsekvenser låg. Detta gör att även om risken är på samma nivå i en byggnad med potentiell hög konsekvens och i en med låg konsekvens, uppfattas byggnaden med den större konsekvensen som mer riskfylld (Wolski et al, 2000 & Ramsberg, 1999). Acceptansen att utsätta sig för risk är även kopplad till den nytta som den riskgenererade verksamheten ger (Wolski et al, 2000). Ett exempel är bilkörande. Trots medvetenhet om risken, väljer folk ändå att fortsätta köra bil, detta då nyttan överväger risken. Även frivillighetsgraden, möjligheten att själv styra och konsekvensens har inverkan på riskacceptansen (Ramsberg, 1999). Förutom att värdet på ett liv varierar beroende på verksamheten, värderas även persongrupper olika. Till exempel värderades ett barns liv till 3,3 äldre personers liv i ”Att jämföra och värdera risker” (Carlsson et al, 2008). Då risk värderas utifrån flera olika faktorer och ibland även utifrån helt subjektiva grunder, är det svårt och ibland omöjligt att implementera accepterad risk från ett område till ett annat (Lundin, 2004).

5.3 Brandrisknivåer i byggnader

I Lundins (2004) rapport framgår att det lämpligaste sättet att fastställa acceptabel brandrisknivå i byggnader var att utgå ifrån den förenklade dimensioneringen. I samma rapport fastställdes även att risken kunde variera kraftigt inom en och samma verksamhetstyp. Variationen på risken berodde på faktorer som den förenklade dimensioneringen inte tog hänsyn till, till exempel höjd till tak och golvarea. Dessa bägge faktorerna har stor inverkan på tiden till kritiska förhållanden varför säkerheten påverkas (Lundin, 2004).

Det kan fastställas att det trots den stora revideringen av BBR fortfarande är möjligt att med förenklad dimensionering utföra byggnader i samma verksamhetstyp med olika risknivåer. Det framgår även i konsekvensutredningen till BBR 19 att ingen accepterad risk för byggnader har framtagits (Boverket, 2011a). Anledningen till att ingen sådan nivå har tagits fram är att det finns ett behov av forskning på området för att ta fram riktlinjer och metoder så att kvalitén i byggnadstekniskt brandskydd inte äventyras (Lundin, 2004).

Det kan föras en diskussion angående lokal och global påverkan som behandlades i föregående kapitel, avsnitt 4.3, och likheterna med individ- och samhällsrisk samt kopplingen till förenklad och analytisk dimensionering. Tankesättet är att lokal påverkan kan kopplas till individrisk vilket är vad den förenklade dimensioneringen kan hantera. När det däremot övergår till samhällsrisk och global påverkan kan den förenklade dimensioneringen inte längre användas för att uppnå den nivå på samhällsrisk som är acceptabel, varför analytisk dimensionering krävs. I detta arbete har inte någon nivå beräknats för när samhällsrisk blir så stor att analytisk verifiering behövs. Att det är samhällsrisk och den globala påverkan som medför behov av analytisk verifiering är dock en tankegång som följt med i identifieringen av problemområdena som följer.

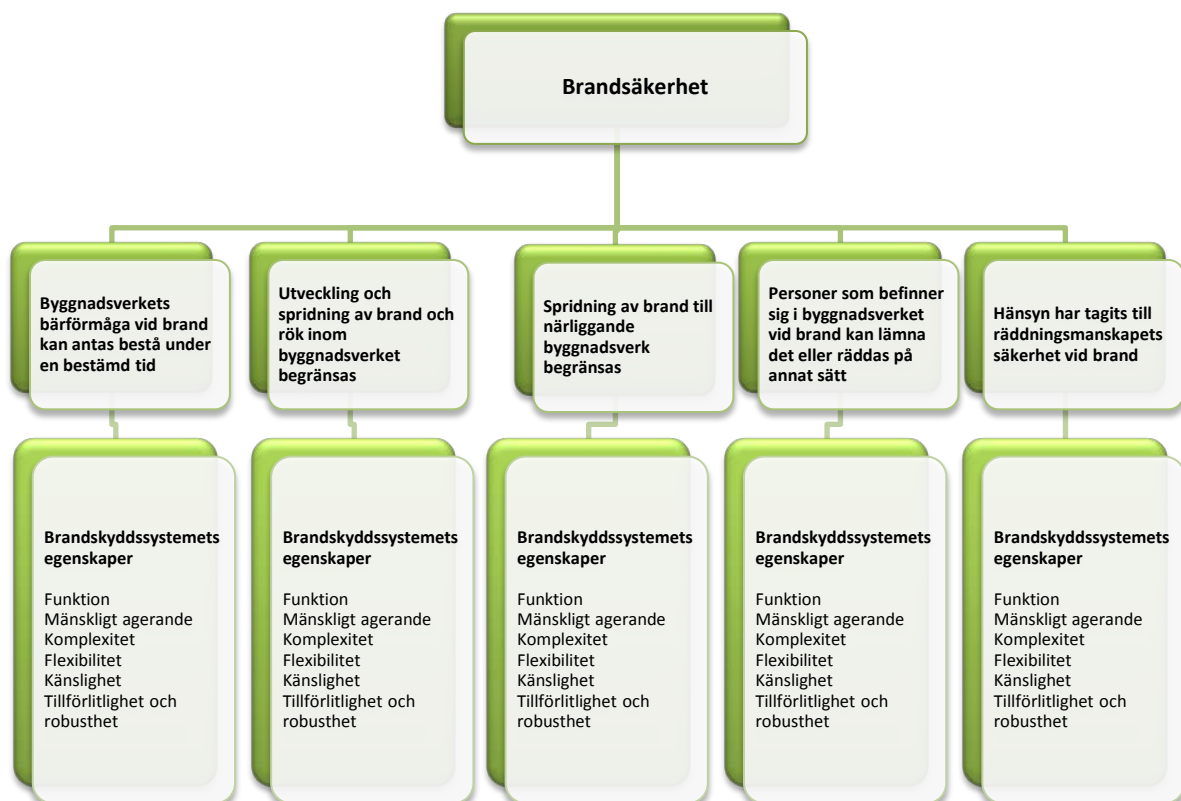
6 Analys av problemområden

Kapitlet redovisar problemområden som identifierats vid litteraturgenomgången.

6.1 Identifierade potentiella problemområden

Identifieringen av olika problemområden gick till väga på så sätt att de olika verksamhetsklasserna analyserades mot egenskapskraven i PBF och brandskyddssystemets olika egenskaper, se figur 6.1, det vill säga insamlade fakta i kapitel 3 och 4. Detta har kombinerats med problemområden funna vid litteraturgenomgången, metoden för litteraturgenomgången redovisas i bilaga A.

Skyddsfunktioner såsom brandcellsgränser, släcksystem och utrymningslarm tas inte i beaktande i detta avsnitt. Anledningen att dessa inte beaktas som problemområden är att de är system som tillförs en byggnad för att hantera problemområden. Däremot kan behov finnas att analysera egenskaperna, beskrivna i avsnitt 4.2, hos det skyddssystem som är tänkt att hantera de olika problemområdena i den aktuella byggnaden.



Figur 6.1 Tillvägagångssätt vid genomgång av olika verksamhetstyper och byggnadstyper för att identifiera potentiella problemområden

För att klarlägga potentiella problemområden i olika typer av byggnader har författaren i detta avsnitt utgått från egenskapskraven i PBF. Detta ansågs som ett lämpligt tillvägagångssätt, då

Plan- och byggförordningen, PBF, anger de egenskapskrav en byggnad skall uppfylla för att den skall vara säker i händelse av brand (Socialdepartementet, 2010 & 2011). För att ta hänsyn till alla de ingående egenskaper i brandskyddet, bröts de olika egenskapskraven ned för de olika typerna av byggnader. Nedbrytningen gjordes med hjälp av de egenskaper i brandskyddssystemet som Lundin (2001) presenterat. Dessa egenskaper är beskrivna i kapitel 4.

6.1.1 Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid

Utformningen av bärverksbrandskydd i höga byggnader är ett område som kan vara problematiskt då ett kollapsande bärverk i denna typ av byggnad kan medföra stora konsekvenser i människoliv och tredje parts egendom, vilket kan kopplas till stora befarade konsekvenser som särskilt ska beaktas enligt BBRAD. I höga byggnader, större fängelser, sjukhus eller andra byggnader där tidsbehovet för utrymning kan vara mycket stort eller där personer behöver vistas i byggnaden under hela brandförloppet ställs stora krav på att funktionen hos bärverksbrandskyddet består. Detta innebär att bärverksbrandskyddet behöver ha hög tillförlitlighet och utformat med robusthet så att det klarar av de bränder som kan inträffa i den aktuella byggnaden. Utformningen av bärverksbrandskydd beror av flera olika parametrar. Några av dessa parametrar är brandbelastning, syretillgång, konstruktionsmaterial och hur lång tid byggnaden måste kunna motstå en brand.

Byggnader med samhällsviktiga funktioner kan särskilt behöva beaktas med avseende på bärverksbrandskydd och skydd mot brand- och brandgasspridning för att tillförlitligheten till driften av byggnaden ska bli tillfredsställande. Dessa byggnader ska till exempel inte behöva tas ut drift i veckor för en mindre lokal brand. Några exempel på byggnader vars funktion har samhällsviktiga funktioner är sjukhus, reningsverk, vattentorn och andra infrastrukturella byggnader. Beaktande av byggnaders samhällsnytta vid utformning av dess skydd förekommer ibland annat Nya Zeeland (Department of Building and Housing, 2012). Detta problemområde knyter liksom föregående stycke an till BBRAD, att det särskilt ska beaktas om den befarade konsekvensen är mycket stor.

6.1.2 Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas

På samma sätt som bärverksbrandskyddet är behovet av skydd mot brand och brandgasspridning stort i de byggnader där utrymning är tidskrävande eller personer behöver vistas i byggnaden under hela eller stora delar av branden.

I lokaler med hög sannolikhet för uppkomst av brand eller risk för brand med mycket snabbt brandförlopp (verksamhetsklass 6) behöver inte vara ett problem i sig. Det kan dock vara problematiskt om dessa förutsättningar kombineras med andra försvårande förutsättningar såsom låg takhöjd eller höga personantal, vilket kan resultera i en problematisk kombination av kort tid till kritiska förhållanden och lång utrymningstid. Behov av analytisk verifiering för att visa att brandrisken är acceptabel kan därför behövas då det vistas mycket personer i samma lokal eller ej avskilda lokaler med hög sannolikhet för uppkomst av brand eller risk för brand med mycket snabbt brandförlopp. I dessa lokaler är det den ökade risken för uppkomst, utveckling samt spridning av brand och brandgaser som kan vara i behov av verifiering. Detta

problemområde kan medföra att utrymning försvåras vilket är ett av de områden som Boverket särskilt framhåller ska tas i beaktning i BBRAD.

Ökad brandrisk kan förutom i verksamhetsklass 6 förekomma i andra verksamhetsklasser såsom verksamhetsklass 2 på grund av matlagning i samlingslokaler där restaurangen placerats i samma brandcell som köket. I danslokaler brukar även garderoben ses som en stor brandrisk, då den ofta utgör en hög brandbelastning i närheten av huvudentrén (Frantzich, 2005). Områden som kök och garderober i samlingslokaler där brandbelastningen eller sannolikheten för uppkomst av brand är hög kan påverka möjligheten att utrymma. Risken denna typ av områden beror naturligtvis på flera faktorer såsom geometrin i byggnaden, placering av utrymningsvägar och personantalet i lokalen. Det vill säga hur snabbt kritiska förhållanden uppstår och hur lång tid det tar för utrymningen.

Inlåsta personer, verksamhetsklass 5D, kan av olika anledningar anlägga bränder. Exempel på anledningar är flykttförsök i samband med den förvirring som väntas uppstå. Att starta en brand kan även användas som ett redskap för att demonstrera missnöje hos fångarna (Nebraska Crime Commission, 1993). I lokaler där det är vanligt med vandalisering kan det finnas behov att se över utformningen på brandskyddsåtgärderna så att de erhåller en tillfredsställande robusthet över tiden.

Hög förekomst av anlagda bränder är ett problem som inte bara finns i lokaler med inlåsta personer utan kan vara ett problemområde i hela stadsdelar, och vid andra typer av verksamheter och byggnader. I allmänna byggnader är anlagda bränder en av de mest förekommande brandorsakerna (Bruschi Ures, 2008 & Hedén, 2007). Anlagda bränder kan utmana brandskyddet på ett annat vis än ”normala bränder” då anstiftaren kan introducera bränslen med effekt och rökutveckling som annars inte förekommer i byggnaden. Dessutom kan brand anläggas på platser där det normalt varken finns tändkälla eller bränsle.

Förekomsten av brännbart material såsom tillfällig dekoration, möblering med lös inredning samt typ och antal jackor i garderob i en danslokal är variabla parametrar för vilka uppkomst och utveckling av brand är beroende. Tillförsel av brännbart material kan ändra förutsättningarna för utveckling av brand och brandgaser och därmed även möjligheten att utrymma.

I höga byggnader kompliceras skyddet mot spridning av brand- och brandgaser av skorstenseffekten. Skorstenseffekt i schakt är en termisk drivkraft och beror på att varm luft är lättare än kall. Om luften utomhus är kallare än luften inomhus, kommer det bildas ett undertryck i de nedre delarna av byggnaden och ett övertryck i de övre delarna. Tryckskillnaden medför ett inflöde av uteluft i de nedre delarna av byggnaden och ett övertryck i de övre delarna. Detta är problematiskt i schakt i höga byggnader, då brandgaser från lågt belägna plan sugas in i schakt och transporteras vidare ut på de högre belägna planen. Skorstenseffekten blir omvänd om inomhustemperaturen är lägre än utomhustemperaturen (Nystedt, 2008).

Byggnaders formgivning och planlösning är faktorer som kan ha stor påverkan på hur brand och brandgaser kan spridas och utvecklas inom byggnader. I lokaler där personer vistas på olika nivåer blir det kritiska förhållanden tidigare på de högre nivåerna än de lägre, eftersom brandgaslagret sjunker mot golvet (Frantzich, 2005). Tidiga kritiska förhållanden kan medföra problematik som behöver verifieras om utrymningen tar lång tid. Detta kan vara fallet om till exempel personantalet är så stort att köbildning uppstår. Problemområdet kan kopplas till att det BBRAD anges att det särskilt ska beaktas om utrymning kan vara förenat med stora svårigheter.

På grund av att brand sprids snabbare vertikalt än horisontellt (Ahmed et al, 1994) kan det vertikala avståndet mellan fönster och användning av brännbara fasadmaterial förorsaka snabb brandspridning mellan våningsplan. I en byggnad där räddningstjänsten inte har möjlighet att förhindra och begränsa denna typ av spridning på exempelvis hög höjd utanför räddningstjänstens räckvidd kan detta vara problematiskt då förutsättningarna försämras för skyddet mot brandspridning inom byggnad (SFPE, 2012). Detta är troligtvis ett problemområde Boverket vill komma åt genom att i BBRAD betona att det särskilt ska beaktas om utvärdig släckinsats inte kan genomföras.

För att tillgodose skyddet av personer, egendom och räddningstjänstens personal, ligger det nära till hands att utrusta exempelvis mycket höga byggnader med vattensprinklersystem, brandgasventilation och andra aktiva system. Införande av denna typ av system ger ökad komplexitet i brandskyddssystemet. Genom att öka komplexiteten i brandskyddssystemet finns risk för att obeaktade möjligheter till CCF införs (Nystedt, 2008). Ökad risk för CCF påverkar brandskyddets tillförlitlighet och robusthet. Systemvalen kan även medföra att behovet av underhåll under driften av byggnaden ökar för att skyddets tillförlitlighet ska bestå.

6.1.3 Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas

Räddningstjänstens möjlighet att begränsa brandspridning mellan byggnader med vatten- eller skumbegjutning försvåras när byggnadshöjden överstiger räckvidden för räddningstjänstens höjdfordon. Förutom räddningstjänstens möjlighet att släcka är material på fasad, avstånd mellan byggnader, antal och storlek på fönster förutsättningar som påverkar möjligheten för brandspridning. Behov av räddningstjänsten vid utrymning kan medföra att insats för att förhindra brandspridning mellan byggnader påbörjas långt in i brandförloppet, vilket medför ett sämre skydd mot spridning av brand mellan byggnader. Skydd mot brandspridning mellan byggnader är ett problem som kan kopplas till det särskilt ska beaktas om den befarade konsekvensen kan bli stor, vilket är ett av de områden som omnämns särskilt ska beaktas i BBRAD.

6.1.4 Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt

Huruvida utrymning är möjligt för samtliga personer i en lokal, oberoende av verksamhet och byggnadstyp, är beroende av tiden för utrymning då denna tid måste vara kortare än tiden till att förhållanden blir kritiska i lokalen (Frantzich, 2001). Förutsättningar som kan medföra ett problemområde på grund av tidiga kritiska förhållanden redovisas i avsnitt 6.1.2. Tidiga kritiska förhållande är kopplat till utrymningssäkerheten då snabbt inträffade kritiska förhållanden medför mindre tid för att utrymma.

Tiden för utrymning delas ofta in i tre faser; varseblivning, förberedelse och förflyttning. Tidsåtgången för de tre olika faserna är beroende av olika förutsättningar. Tiden för varseblivning av brand beror bland annat på om branden är synlig eller dold och om det finns ett system som larmar vid detektion av brand. Förberedelsetiden, det vill säga tiden från att branden upptäckts till att utrymning påbörjas, beror flera olika förutsättningar. Exempel på förutsättningar är bland annat på hur personerna blir varse branden, om den är synlig eller inte, utformningen av eventuellt larm, om det till exempel har talat meddelande eller inte. Den tredje och sista fasen är förflyttningsfasen det vill säga tiden från att en person börjar röra sig mot utgångarna till att denna är i säkerhet. Förflyttningsfasen beror på de utrymmandes mobilitet, om köbildning uppstår, storleken på utrymningsvägar och personernas lokalkännedom (Frantzich, 2001). Kombination av flera negativa förutsättningar för utrymning eller förutsättningar som medför snabb brand- och rökspridning kan medföra att utrymning blir ett problemområde med så stor komplexitet att den behöver verifieras analytiskt. Denna problematik kan återkopplas till stycket i BBRAD att det speciellt ska beaktas om utrymning kan vara förenat med stora svårigheter.

Alkoholpåverkan är en förutsättning som negativt påverkar möjligheten till utrymning (Frantzich, 2001 & 2005). Det kan även förutsättas att fler negativa faktorer än att personer är alkoholpåverkade, tillkommer i lokaler där till alkoholserving pågår. I danslokaler och pubar kan exempelvis musikspelning, dämpad belysning, ”diskorök” och pyroteknik förekomma, vilka alla på sitt sätt kan påverka olika delar av brandskyddet.

En försvårande förutsättning kan vara att utrymmande från samlingslokaler tenderar att vilja utrymma via entrén efter att de hämtat sina ytterkläder i garderoben (Frantzich, 2005). Denna typ av beteende kan utöka tiden för utrymning. Genom ett systematiskt brandskyddsarbete kan dock denna typ av negativt beteende hos besökare avvärras av personal (Frantzich, 2005, Nasr & Wall, 2012). Att människor har andra intressen i byggnaden som de vill hinna med innan utrymning är ett potentiellt problemområde som behöver beaktas om det kan förekomma i större omfattning än vad som är normalt för verksamhetstypen.

Användning av personalen som del i brandskyddet kan vara förenat med svårigheter med avseende på att upprätthålla kunskap om lämpligt agerande vid brand. Restauranger är ett exempel på samlingslokaler där personalomsättningen är stor, vilket gör det mer krävande att upprätthålla hög utbildningsnivå (Olson Lindh & Persson, 2009). Vårdlokaler, verksamhetsklass 5, är andra lokaler där personalen kan ha en viktig roll i möjligheten till utrymning. Detta eftersom personer i denna typ av verksamhet saknar eller endast har

begränsade förutsättningar att sätta sig själva i säkerhet (Olsson, 1999). Parametrar som organisatoriskt brandskydd är känsligt för är rutiner, kunskap och personalantal.

Behovet av funktionen hos livsupprätthållande apparater i vårdlokaler i komplicerar utformning av utrymningsstrategi ström och syre tillförsel samt den enskilda apparaten. Detta eftersom ett driftstopp kan få döds fall som konsekvens. Behovet av att kunna hålla apparater i drift vid brand ställer förutom krav på utformning av byggnaden och tekniken även krav på utbildning av personal så att de kan tillämpa den strategi som väljs och undsätta personer i brandens direkta närhet, utan att ta apparaterna som håller dem i liv ur drift.

I höga byggnader med många våningar och byggnader i verksamhetsklass 5 med stora antal avdelningar med personer som är mer eller mindre immobila kan den globala utrymningen vara mycket tids- och energikrävande. Med global utrymning menas utrymningen i trapphus och liknande, det vill säga inte utrymningen från en enskild lägenhet eller avdelning. Anledningen till detta är att ju större byggnaden är, desto längre blir utrymningssträckorna och desto fler personer med begränsad möjlighet att utrymma inhyses i byggnaden (Andersson & Jönsson, 2011 & SFPE, 2012).

Överlag ökar tillgänglighet till olika lokaler för personer med funktionsnedsättningar samtidigt som andelen överviktiga och andelen personer över 65 år i Sverige ökar (SCB, 2012 & SCB, 2007). Detta medför att förekomsten och antalet personer med begränsad förmåga att utrymma på egen hand kan förväntas öka i antal i verksamheter som traditionellt endast besökts av personer utan mobilitetsnedsättningar. Exempel på verksamheter av denna typ kan vara olika typer av kontor och industrilokaler i verksamhetsklass 1 och hotell i verksamhetsklass 4. Detta medför förändrade förutsättningar i möjligheten till utrymning, varför behov av anpassning av utrymningsvägar och utökning av brandskyddet kan finnas för att sörja för skyddet då utrymningstid blir längre.

Det har visat sig att det kan finnas svårigheter i informering av utrymningsstrategier i höga byggnader, vilket kan försvåra utrymningen. Exempelvis kan det finnas svårigheter i byggnader med utrymningshiss att styra folk till att använda hissarna och få dem att vänta på hissen istället för att använda trapporna (Andersson & Jönsson, 2011). I höga byggnader utformade med trapphus som enda utrymningsväg, kan problemet vara det motsatta, alltså att personer använder hissarna vid utrymning, trots att dessa inte är utformade för det (Proulx & Reid, 2006).

6.1.5 Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand

I detta avsnitt anges flera olika förutsättningar som kan medföra svårigheter och begränsningar för invändiga och utvändiga räddningsinsatser. Det anges i BBRAD att denna typ av försvårande förutsättningar särskilt ska beaktas vid analytisk verifiering.

Stora sjukhus med stora våningsplan med komplex struktur kan skapa orienteringssvårigheter för räddningspersonal och patienter som inte är bekanta med lokalutformningen (Olsson, 1999). Orienteringssvårigheter kan påverka tiden både för utrymning av patienter och för räddningstjänstens insats.

Stora öppna lokaler kan även de innebära svårigheter för räddningstjänsten genom att inträngningsvägarna blir långa och dåliga möjligheter till överblickbarheten än i mindre lokaler. Långa inträngningsvägar och svårorienterade lokaler innebär, förutom att det kan dröja innan vatten kommer på branden, även att en eventuell reträtt också kan vara tidskrävande.

I verksamhetsklass 5D där personer hålls inlåsta kan det antas att personerna vill rymma om tillfälle ges. Detta kan innebära en våldsrisk för räddningstjänstens och kriminalvårdens personal (Nebraska Crime Commission, 1993). Våldsrisk i verksamhetsklass 5D behöver inte ha någon rationell grund, såsom en del i ett flykt försök, eftersom dessa lokaler förutom fängelser även kan innefatta rättspsykiatri och psykiatrisk tvångsvård. Våldsbenägenhet mot brandmän är inte en företeelse som är begränsad till verksamhetsklass 5D, utan de har även visat sig vara ett problem i hela stadsdelar, såsom i Rosengård i Malmö. Där har det bland annat förekommit stenkastning mot räddningstjänsten under utryckning (Bruschi Ures, 2008). Våldsbenägenhet mot räddningstjänsten kan både påverka dem i deras möjlighet att utföra insatsen och äventyra deras säkerhet vid insats. Huruvida det i framtiden kan komma att förekomma problem med våld mot räddningstjänsten i ett område är omöjligt att förutsäga varför det i normalfallet inte finns någon anledning att ta detta i beaktning. Vid byggnationer i områden där problemet redan är ett faktum bör detta däremot beaktas vid utformning av brandskyddet.

I fängelser och liknande verksamheter försvåras möjligheten till insats av räddningstjänst av låsta dörrar och säkerhetssystem som ska hindra personer att rymma från byggnaden. Skyddet mot rymning begränsar möjligheten till olika angreppsvägar för räddningstjänsten, vilket gör att flexibilitet i val av angrepps- och utrymningsvägar minskar. Räddningstjänstens insatstid är i denna verksamhetsklass känslig för hur tidskrävande det är att passera olika säkerhetssystemen in i byggnaden. Insatsen beror även på byggnadens utformning och hur tillgängligheten till branden är både för utvändiga och invändiga bekämpning. Begränsningar i möjlighet till insats och risken för våldsbenägenhet mot räddningstjänst är problem som verksamhetsklass 5D kan vara i behov av verifiering för att visa att räddningstjänsten kan verka i dessa byggnader, eller att skydd uppnås på ett annat vis.

Vid insatser i höga byggnader är räddningstjänstens säkerhet och möjlighet att verka beroende av det inte faller ned delar av fasaden⁵. På samma sätt som gravitationen påverkar fasadmateriäl påverkas även släckvattnet som skall upp i byggnaden, vilket kan kräva speciellt beaktande med behov av extra trycksättning på höga höjder.

När räddningstjänsten i till exempel höga byggnader eller byggnader som är mycket stora begränsas till invändiga insatser, minskar deras flexibilitet och möjlighet att angripa olika situationer. Dessutom ökar risken för brandspridning mellan våningsplan i höga byggnader jämfört med låga, eftersom det tar längre tid innan räddningstjänsten kan börja bekämpa branden (Nystedt, 2008).

Den begränsade förekomsten av höga byggnader i Sverige bidrar till att räddningstjänstens vana av insatser i denna typ av byggnader är begränsad. Det blir inte heller lättare för räddningstjänsten att utföra en räddningsinsats då byggnadernas brandskydd och utrymningsstrategi inte följer någon standard⁶. I höga byggnader finns det även risk för att konstruktionen i byggnaden kan leda till att räddningstjänstens kommunikationsmedel sätts ur spel (NFPA, 2012), vilket försvårar insats, samtidigt som det kan innebära fara för insatspersonal.

⁵ Daniel Gillesén, Räddningstjänsten Storgöteborg. 2012-10-10.

⁶ Daniel Gillesén, Räddningstjänsten Storgöteborg. 2012-10-10.

7 Sammanfattning av genomgång av bränder med stora konsekvenser

Kapitlet är en sammanfattning av genomgången av inträffade bränder som haft stora konsekvenser.

7.1 Kriterier för val av bränder

Sökandet av problemområden bland dessa bränder grundas i att det föreligger ett stort skyddsbehov i Br0-byggnaderna och utifrån att bränderna fått stora konsekvenser har det antagits att skyddsbehovet varit stort. Genomgången syftar till att identifiera vad som legat till grund för den stora konsekvensen. De genomgångna fallen och urvalet av dessa redovisas i bilaga B. I huvudsak har fall ifrån USA behandlats, underlaget ifrån bränder med stort skadeutfall är tagna ifrån NFPA:s insamlade brandrapporter. Denna källa har använts eftersom liknande underlag från svenska bränder är för litet. Totalt har 52 fall av inträffade bränder gått igenom vilka kort återges i bilaga B.

Bränder med stor konsekvens i människoliv har gått igenom för att identifiera de problemområden som ligger till grund för skadeutfallen. Den generella gränsen för om en brand haft stor konsekvens var bränder som tagit fem människors liv eller fler. Utöver detta har även bränder med tio eller fler skadade personer också studerats, då dessa bränder haft potentialen att ta flera människoliv. Dessa gränser har satts utifrån den gräns som Myndigheten för samhällsskydd och beredskap använder sig av i sin statistikdatabas för bränder med höga konsekvenser, IDA (MSB, 2012). Författaren ansåg den valda gränsen som lämplig, då den grovt sällar bort de vanligare mindre bränderna. Valet att fokusera på bränder med personskador har gjorts utifrån att fokus finns på detta i Plan och byggförordningens egenskapskrav och föreskrifterna i BBR.

Det har funnits och det finns fortfarande skillnader mellan Sverige och USA som påverkar skadeutfallet av en brand i de båda länderna. Bland annat allmän utbildning i brandskydd, lagar och regelverk är faktorer som kan påverka skadeutfallet. Levnadssätt och kulturella attityder är andra faktorer som också skiljer länderna åt.

USA har en befolkning som är cirka 32 gånger större än den svenska på en area som endast är 21 gånger större. På grund av USA:s större befolkning har det inträffat flera bränder som är intressanta för detta arbete i USA. Förutom detta har USA en tätare befolkning med fler större städer där objekt intressanta för arbetet såsom höga hus finns.

Fram till mitten av 90-talet har USA haft en högre dödlighet i bränder per capita vilket indikerar att Sverige under denna tid varit säkrare ur brandsynpunkt. Om detta beror på levnadssätt, boendeform, kunskap, bygglagstiftning eller något annat har inte utretts i detta arbete. Från och med mitten av 90-talet har dock differensen mellan länderna i dödsantal per capita varit betydligt mindre, några år har till och med Sverige haft större dödlighet i bränder per capita, vilket indikerar på att skillnaderna i brandsäkerhet har jämnats ut (Hall, 2004 & U.S. Department of Homeland Security, 2011). Att differensen mellan länderna minskat beror på att bränderna per capita har minskat i USA och varit relativt jämn i Sverige.

På grund av relativt sett lägre tomtpriiser har byggnation av höga byggnader varit begränsad i Sverige vilket det finns indikationer på att en ändring här på väg (Woldemariam, 2010). I USA däremot har man byggt höga hus i större omfattning (Woldemariam, 2010). Av denna anledning finns bättre tillgång på rapporter om hur det brinner i höga byggnader där. På grund av att befolkningen är flera gånger större i USA har det även inträffat fler bränder i andra typer av byggnader och därför är det även för dessa god tillgång på rapporter. Det finns både likheter och skillnader i materialval och konstruktion av byggnader mellan länderna USA och Sverige. Skillnaderna i hur det brinner i de olika länderna har inte analyserats i någon större utsträckning. En skillnad är dock att brandskyddet i USA i större utsträckning bygger på vattensprinklersystem (Carlens, 2006). I Sverige finns en tendens att introducera vattensprinklersystem i fler byggnader och i övergången från BBR 18 till 19 har krav på denna typ av system tillkommit i några byggnader (Boverket, 2011a). Detta medför att de identifierade problemen i detta avsnitt kommer att bli mer aktuella i Sverige i framtiden.

En handfull av de genomgångna bränderna inträffade tidigare än 70-talet vilket föranleder att det kan vara stor skillnad på brandskyddet jämfört med idag. Bland dessa bränder har det dock endast identifierats två problemområden (våldsbenägenhet mot räddningstjänst i fängelser och svårigheter i utrymning av samlingslokaler med lös sittinredning) som inte identifierats vid de genomgångna bränder som inträffat i närtid. Dessa båda problemområden anses dock fortfarande kan vara aktuella.

7.2 Identifierade problemområden

Nedan redovisas de problemområden som identifierats indelat i verksamhetsklasser och byggnadstyper.

7.2.1 Sjukhus, vårdhem och vårdlokaler

Det största problemet vid bränder i vårdlokaler har varit patienternas nedsatta förmåga att tillgodose sin egen säkerhet. I flera av de genomgångna fallen har personalen haft en betydande roll i brandskyddet, där de utgjort patienternas möjlighet att utrymma samt haft i uppgift att begränsa brand- och brandgasspridning genom att släcka eller begränsa brand samt stänga dörrar till patientrum. På grund av personalens betydande roll i brandskyddet har personalantal och utbildning i flera inträffade sjukhus- och vårdlokalsbränder varit avgörande för huruvida personer överlevt eller inte. Patientantal per brandcell och frånvaron av dörrstängare till patientrummen i byggnader med immobile patienter visade sig ofta i de genomgångna fallen ha inverkat på antalet döda. De omkomna patienterna har som regel befunnit sig i samma brandcell som branden startat (Nadlie, 2009, Lathrop, 1974, Comeau & Isner, 1997, Klem, 1991, Duval, 2005 & Isner, 1987). Funktionsnedsatta personer i kombination med ett brandskydd som är beroende av personalen för att ge utrymningsmöjlighet har i dessa bränder medfört att patienter omkommit.

Hantering av syreberikad luft har i flera av de genomgångna sjukhusbränderna varit en bakomliggande orsak till bränders uppkomst, tillväxt, svårighet i brandsläckning samt direkt orsakat död när tillförseln av misstag stängts av till en behövande patient (Lathrop, 1974, Isner, 1993a, NFPA, 1986, Comeau & Isner, 1997). Exempel på brand som troligtvis haft ett annorlunda förlopp är en brand som uppstod i en livsuppehållande apparat. Branden nedkämpades med handbrandsläckare, men branden återhämtade sig på grund av god syretillgång och till slut fick släckningsförsöket avbrytas för att personen själv skulle kunna utrymma (Isner, 1993a). Behovet av den syreberikade luften för vid livshållning av patienter i kombination med hur den kan bidra till att brand uppstår och utvecklas ställer krav på utformning av system och dess styrning. Då det finns behov av hög robusthet och tillförlitlighet på systemet samtidigt som det snabbt, helt eller delvis, kan behövas stängas av för att det inte skall bidra till ökad brand- och brandgasspridning.

Brandbelastningen i patientrum och andra utrymmen som stått i förbindelse med patientrummen har varit hög i flera av de fall där många människor dött i denna typ av lokaler. Dessutom har materialen där brand initierats många gånger bidragit med en snabb effektutveckling, vilket i kombination med en för långsam utrymning, lett till att kritiska förhållanden uppstått innan utrymningen slutförts vilket resulterat i att patienter dött. Tillgången på exempel på detta är god, då detta varit en bakomliggande orsak i princip samtliga genomgångna bränder vilka redovisas i bilaga B, avsnitt B.2 och B.3. I ett av de genomgångna fallen började det brinna i ett TV-utrymme som även utgjorde utrymningsväg för anslutande patientrum. På grund av god tillgång på brännbart material och placeringen nära patientrummen gick det fort för branden att blockera utrymningsvägen och skapa kritiska förhållanden där och i de närbelägna patientrummen (Timoney, 1984).

7.2.2 Lokaler med inlåsta personer

Förutsättningen att fångar i en fängelsebyggnad eller liknande inte ska utsättas för kritiska förhållanden, men inte rymma vid en brand ställer stora krav på utformningen av möjligheten till utrymning.

Förekomst av material som är lättantändlig med snabb effekt eller rökutveckling i kombination med personer som inte kan utrymma på grund av inlåst är ett problemområde som identifierats. Ett relativt vanligt exempel på detta i de undersökta fallen var brännbar isolering i isoleringsceller där brand uppstått och spridit brandrök ut i fängelset (NFPA, 1978a, NFPA, 1978b, NFPA, 1978c, Best, 1976, Bell, 1980 & Bell, 1983).

Bränderna i isoleringscellerna påvisar även problem med utrymmen där brand kan tillväxa och spridas oupptäckt. Detta då brand i dessa utrymmen visat sig kunna tillväxa så pass mycket att det inte funnits tid att utrymma när branden väl upptäckts (NFPA, 1978a, NFPA, 1978b & Bell, 1983).

Flera av de fall där brand uppstått i denna typ av lokaler har branden anlagts av inlåsta på grund av missnöje eller för att försöka rymma (Sellers, 1930, McElroy, 1950, Best 1976, NFPA, 1978a, NFPA, 1978b & Bell, 1983). Anlagda bränder ställer på grund av sin oberäknelighet stora krav på utformningen av brandskyddet, då det kan uppstå på ställen där det vanligtvis både saknas bränsle och antändningskälla.

Eftersom möjligheten till utrymning varit beroende av handlande av vaktpersonalen har fångarna i byggnaderna i flera fall omkommit på grund av vaktpersonalens felaktiga agerande. Brist på utrymningsrutiner samt rädsla för fängelseupplopp är orsaker till vakternas handlande eller i några fall uteblivna handlande (Sellers, 1930, NFPA, 1978c & Bell, 1983). Utformning av brandskyddets beroende av personalens agerande är problematiskt då det är en skyddsåtgärd som behöver utbildning och rutiner för att bestå. Och även om utbildning, personalantal och rutiner finns så garanterar det inte att personalen handlar på ett lämpligt vis.

Vid branden på Ohio State Penitentiary utsattes räddningstjänsten för våld från intagna, vilket gjorde att släckningsarbetet, utrymningen av fångar fördröjdes och utsatte räddningsmanskaper för fara. I detta fall utgjorde fångarnas våldsbenägenhet en så pass stor fara att militären fick rycka in för att tillse räddningstjänstens säkerhet (Sellers, 1930). Då räddningstjänsten begränsas eller förhindras att utföra räddningsinsats förloras eller begränsas ett flexibelt skydd av bärverk, brand- och brandgasspridning samt möjligheten att utrymma.

Beroende på att dörrar, fönster och grindar till dessa byggnader hålls låsta för att hålla personer inne, försvåras det för räddningstjänsten, när de skall få tillträde för att släcka och utrymma. Vid branden på Maury County Jail 1977 var detta ett stort problem, där fick räddningstjänsten bryta sig in genom fasaden för att få tillträde till byggnaden och kunna utföra släckning och livräddning. Det förekom även i de studerade fallen att en sedan tidigare bestämd angreppsväg för räddningstjänst saknades eller var blockerad (NFPA, 1978a & Best 1976). Detta medförde i de studerade fallen att insatsen kraftigt begränsades i flexibilitet samt att effektiviteten i insatsen reducerades.

Brister i hantering och tillgång till cellnycklar samt kärvande lås i kombination med att dörrar, fönster och väggar konstruerats för att hindra rymning har i flera av de studerade fallen lett till flera inlåsta dörrar (Sellers, 1930, Best 1976, NFPA, 1978a, NFPA, 1978b, NFPA, 1978c, Bell, 1980 & Bell, 1983). Anledningen till detta var att skyddet inte varit utformat med tidsutrymme för brister i nyckelhanteringen eller varit utrustade med system för upplåsning av celler vid utrymningsituationer.

Frånvaron av brandceller och istället för avskiljning bruk av gallergrindar mellan cellerna har i många av de studerade fallen gjort att brandgaser snabbt kunnat spridas från branden till de celler där personer vistats. Detta har i sin tur lett till att personerna i cellerna dött då de inte haft möjlighet att utrymma (NFPA, 1978b, Bell, 1980 & Bell, 1983).

Förutom att utrymningen fått mindre tidsutrymme på grund av snabbare brand- och brandgasspridning påverkas även personal och räddningstjänstens insats negativt av en utbredd spridning av brand- och brandgaser i byggnaden. Här skiljer sig utformningen av fängelser mellan USA och Sverige. I Sverige utformas inte fängelser med gallergrindar mot fängelsecellerna utan med brandteknisktavskiljande konstruktioner⁷. Varför det inte är något större problem i Sverige, de inträffade bränderna visar dock på problematik med stora brandceller och höga personantal i denna typ av byggnader.

⁷ Johan Edwardsson, Kriminalvården. 2012-10-26.

7.2.3 Samlingslokaler

I lokaler med stora personantal är tiden till kritiska förhållanden och till att branden blockerar utrymningsvägar faktorer med stor betydelse för huruvida personer hinner utrymma eller inte. Tiden för dessa faktorer att inträffa beror på flera förutsättningar såsom brandbelastning, sotproduktion hos bränslen, takhöjd och storleken på lokalen.

I lokaler med nivåskillnader såsom läktare och entresolplan uppstår kritiska förhållanden tidigare på de högre nivåerna på grund av närheten till brandgaslagret. Detta fenomen ledde vid branden på the Iroquois Theater i Chicago och the Happy Land Social Club i Bronx, New York, till att dödligheten på de högre delarna av lokalen var stor (NFPA, 1990 & NFPA, 1995).

Lös inredning såsom stolar riskerar att under utrymningsförloppet blockera utrymningsvägar och radgångar. Detta var en bidragande orsak att 163 personer dog vid en brand under en cirkusföreställning i Hartford, Connecticut, (Kimberly & Moulton, 1944).

I tre studerade fall, the Iroquois Theater i Chicago, en cirkusföreställning i Hartford, Connecticut, och en dansklubb i Natchez, Mississippi, bestod taket helt eller delvis av brännbart material. I det brännbara materialet har brand snabbt spridits och brinnande material har trillat ned från taket på de utrymmande besökarna. I de nämnda bränderna har det brännbara taket utgjorts av scen- och kulissmaterial, paraffinimpregnerad canvas och dekorationsmossa. Användning av brännbart innertak har i dessa fall lett till att kritiska förhållanden inträffat snabbare än utrymningen av byggnaden (NFPA, 1995, Lyons, 1976, Kimberly & Moulton, 1944).

Personalens rutiner vid utrymning har haft betydelse i flera av de olika fallen. Branden i Beverly Hills Supper Club är ett exempel där ett annat agerande av personalen hade kunnat medföra att fler personer överlevt. Vid denna brand var personalen passiv i att varna och utrymma besökarna. Istället försökte de släcka branden, vilket gjorde att för lite tid för utrymning fanns när denna väl påbörjades (Best, 1978). Detta visar på ett problemområde i dessa byggnader då brandskyddets funktion utförs beroende av att personalen agerar på rätt sätt. Denna typ av utformning av brandskyddet ställer stora krav på det mänskliga agerandet.

Introduktion av lättantändliga material och material som snabbt brinner med kraftig rökproduktion, såsom dekoration av plast, har vid branden i nattklubben The Coconut Grove lett till tidiga kritiska förhållande samt tidigt blockerade utrymningsvägar (Grant, 1991).

Introducering av material med hög brännbarhet eller kraftig sotproduktion är ett problemområde som kan förändra förutsättningarna från vad brandskyddet är dimensionerat för vilket visar på ett behov av flexibla brandskyddslösningar som kan förse byggnaden och personer med skydd trots att mindre förändringar i verksamhet och på lokalen utförs.

7.2.4 Höga byggnader

Skorstenseffekt i öppningar mellan våningsplan exempelvis schakt för installationer, hissar eller trapphus, är ett problem i höga byggnader. Vid flera bränder i denna typ av byggnader har skorstenseffekt lett till snabb brand- och brandgasspridning. Den snabba spridningen mellan byggnadens våningsplan har i bland annat branden i Interstate Bank Building, Los Angeles, MGM Grand Hotel, Las Vegas och Tae Yon Kak Hotel, Seoul, Korea, orsakat personskador och svårigheter för räddningstjänsten (Klem, 1988, NFPA, 1982 & Elwood, 1972)

Tillgång till fungerande hissar, stigarledningar och belysning har stor betydelse för räddningstjänstens möjlighet att effektivt släcka och utrymma en byggnad där räddningstjänstens personal är begränsade till invändig räddningsinsats (Isner, 1986 & Klem, 1991). För att funktionen på skyddsåtgärder som underlättar för räddningstjänstens insats på hög höjd skall fungera är tillförlitligheten och robustheten i systemen viktiga att beakta. För att kunna göra detta fullt ut behöver beroenden mellan och i systemen klarläggas dessutom bör potentiella hot identifieras så att svaga punkter som kan medföra stor påverkan av brandskyddet förebyggs.

Brännbara fasader i byggnader med flera våningsplan kan leda till att brand snabbt sprids från lägre våningsplan till högre och på så vis snabbt skapar kritiska förhållanden långt ifrån brandens ursprung. Problemet med brännbara fasader i kombination med hög höjd har vid bränder i the Interstate Bank Building, Los Angeles och en 38-våningskontorsbyggnad, Philadelphia, medfört att brandspridning mellan våningsplan inte kunnat förhindras av räddningstjänst då det brunnit på höjder utanför deras räckvidd (Klem, 1988 & Klem, 1991).

7.2.5 Bostadshus och hotell

Vid undersökningen av bostadshus och hotell har inga problemområden som är specifika och begränsade till denna verksamhetstyp identifierats.

7.2.6 Genomgående problemområden som identifierats i bränder oberoende av verksamhet i byggnaderna

I de inträffade händelseförloppen är det i samtliga fall kombinationer av problemområden som lett till att brandens konsekvenser blivit så pass stora. Ett exempel på två problemområden som har synergistiska effekter i en samlingslokal är hög persontäthet, ökad tid för utrymning, personer på läktare eller gradänger nära taket, snabbt kritiska förhållanden av brandgaslagret.

Avsaknad av brandcellsindelning, öppna schakt och öppna trapphus i byggnader har varit bidragande orsak till att många personer dött i flera bränder. Exempel på bränder där detta inträffat är bränderna i häktet i Saint John, vårdhemmet i Norfolk, Virginia och Filipinas Hotel, Manila, Filippinerna (NFPA, 1978b, Klem, 1991 & Carson, 1978). Vid utformning av byggnader med stora eller helt utan brandceller påverkas transportsträckorna till säker plats vid utrymning och möjligheten för brand- och brandgasspridning. Detta kan medföra att tiden för utrymning ökar samtidigt som tiden till kritiska förhållanden minskar vilket är en dålig kombination.

Brist på alternativa utrymningsvägar har i ett antal av de genomgångna bränderna orsakat att personer stängts in och omkommit av brand eller brandrök. Detta inträffade bland annat vid branden på ett internatboende i Providence, Rhode Island, nattklubben The Cocanut Grove och branden på the Happy Land Social Club (Demers, 1978, Grant, 1991 & NFPA, 1990).

Brännbart material i utrymningsvägar är en orsak som gjort att personers flyktvägar i flera olika fall stängts av. Branden i korridoren på ett internatboende är ett exempel där brännbar dekoration tagit en utrymningsväg ur bruk (Demers, 1978). Placeringen av TV-möblemang i utrymningsvägen till patientrum i ett vårdhem är ett annat exempel som förekommit i de brandrapporter som genomgåts (Timoney, 1984).

Bristande underhåll samt inaktiverade brandskyddssystem är delorsaker till inträffade händelseförlopp där människor omkommit. Exempel på byggnader där brand inträffat samtidigt som både brandlarm och sprinklersystem varit fränkopplat är Beaumont Nursing Home (Timoney, 1984). Dessa exempel där människor agerar, utan att sätta sitt skydd mot brand i första hand, kan vara ytterst svårt att förhindra vid projektering. Därför kan det vara lämpligt att förutsätta att viss ändring i lokalerna kommer att ske och utforma brandskyddet med marginal som kan hantera viss förändring av förutsättningarna och där det är möjligt lägga till funktioner som varnar vid inaktiverat skydd.

Byggnader med konstruktioner där brand och brandrök kan tillväxa och spridas dolt och oupptäckt, har i flera fall oberoende av verksamhetstyp, varit en orsak till flera människors död. Förhållandena har snabbt blivit kritiska när branden väl upptäckts, vilket gjort att tillräcklig tid för utrymning inte funnits. Utrymmen ovan undertak är ett överrepresenterat sådant utrymme. Branden på Petersburg hospital i Virginia och serviceboendet i Johnson City, Tennessee är exempel på detta (Comeau & Isner, 1997, Isner, 1989).

Brandskydd beroende av räddningstjänsts eller personals agerande har i flera av de genomgångna fallen varit orsaken till att antalet omkomna personer blivit högt. Felagerande samt för sen upptäckt av brand och larmning till räddningstjänst har gjort att det dröjt för lång tid innan insats påbörjats och att fel åtgärder vidtagits. Sen upptäckt och larmning har gjort att bränder fått tillväxa och spridas ostört, färre personer har varit tillgängliga för utrymning samt att utrymning via räddningsfordon fördröjts. Genomgångna fall där mänskligt agerande varit en felande länk är branden i Beverly Hills Supper Club och Sac-Osage Hospital (Lathrop, 1974, Best, 1978). Detta visar på problematik vid utformning av brandskydd som är beroende av mänskligt agerande då det kan finnas svårigheter att tillgodose tillförlitligheten i detta skydd. Det finns dock stora fördelar med mänskligt agerande som skyddsåtgärd, då detta skydd är mycket flexibelt. Detta gör att skyddet som räddningstjänst och personal kan anpassa sig utefter rådande förutsättningar.

Generellt har orsakerna till de bränder som gått igenom varit rökning inomhus, elektriska fel och uppsåtlig antändning. Genom att beakta de brandrisker som är stora för den aktuella byggnaden kan åtgärder vidtas och på så sätt resultera i en byggnad med lägre brandrisk.

Hantering av material med mycket hög brännbarhet såsom gasol och brännbara vätskor i lokaler som stått i förbindelse med lokaler där flera personer vistas har vid brand resulterat i flera döda. Detta på grund av att bränder med denna typ av bränsle har visat sig att snabbt leda till stor brandgasproduktion, snabb effektutveckling och brandspridning. Vilket i sin tur lett till att kritiska förhållande och i vissa fall blockering av utrymningsvägar snabbt uppstått. Branden på Tae Yon Kak Hotel, Seoul, Korea, och Pathfinder Hotel i Fremont, Nebraska, är exempel där denna typ av bränslen haft förödande konsekvenser (Elwood, 1972 & Dimeo, 1976). I branden på Pathfinder Hotel hade den mänskliga faktorn del i händelsen då läckaget berodde på utförandet av en skarv som börjat läcka. Detta hade kunnat förhindras om noggrannare kontroll utförts eller om en annan metod för skarvningen använts.

7.2.7 Svenska bränder

De genomgångna svenska bränderna bekräftar ett antal av de problemområden som identifierats i de amerikanska bränderna.

Problem med brandgasspridning till högre höjder via schakt bekräftades i Rinkebybranden där personer dog i trapphuset på väg att utrymma (Statens haverikommission, 2010).

Problematik med hög risk för anlagd brand i vårdlokaler där patienterna visar sitt missnöje genom att anlägga brand (Socialstyrelsen, 1993). Problem med anlagda bränder danslokaler där avvisade gäster tänder på (Statens haverikommission, 2001).

I branden i Göteborg bekräftades problematiken med dolda utrymmen i anslutning till samlingslokalen där brand kan tillväxa utan upptäckt (Statens haverikommission, 2001).

Problematiken med skydd som är beroende aktivt agerade från personer i byggnaden identifierades som problem vid branden på Huddinge sjukhus där bland annat dörrstängning och larmning av räddningstjänst var två bristande punkter. Stängning av dörr i brandcellsgräns visade sig även vara en bristande punkt vid Rinkebybranden (Socialstyrelsen, 1993 & Statens haverikommission, 2010). Med avseende på mänskligt agerande visade branden i Rinkeby även på problematiken att förmedla utrymningsstrategin till personerna i byggnaden vara problematisk och en av orsakerna till brandens dödliga utgång (Statens haverikommission, 2010).

Den potentiella problematiken med höga persontätheter som medför en långsammare utrymning illustrerades tydligt vid branden i Göteborg där personer kilades fast i varandra (Statens haverikommission, 2001).

Belamring med brännbart material i utrymningsvägen i kombination med ej avskilda förråd i trapphuset medförde vid branden i Göteborg en god miljö för anstiftan samtidigt som det effektivt blockerade en utrymningsväg (Statens haverikommission, 2001).

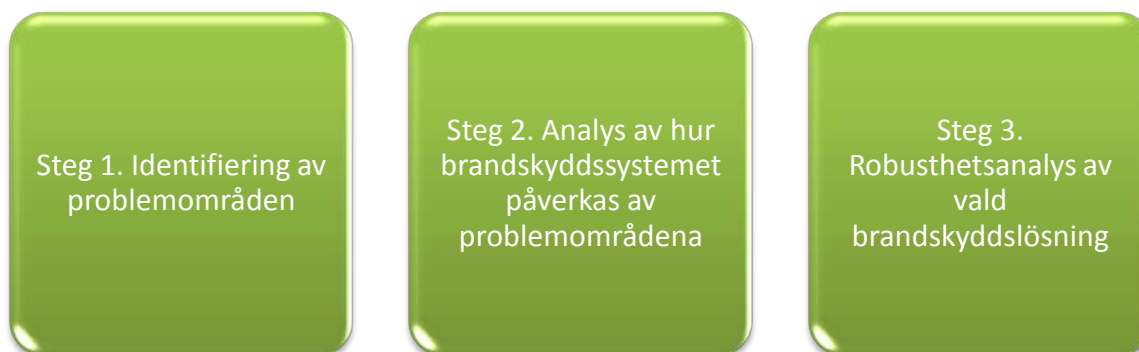
8 Metod för identifiering av analytiskt verifieringsbehov

I detta kapitel redovisas den metod som arbetet resulterat i.

8.1 Metoden

Metoden redovisad i detta kapitel är utformad utifrån de olika aspekter och problemområden som identifierats i tidigare kapitel. För att metoden ska vara praktiskt användbar är den utformad för att identifiera områden som kan vara i behov av analytisk verifiering. Genom att identifiera de områden i behov av analytisk verifiering är det möjligt selektera var det är möjligt att använda förenklad dimensionering i enlighet med BBRAD. Även om metoden som tagits fram är kompatibel med gällande byggregler är den utformad oberoende av dessa för att fortfarande kunna vara användbar om reglerna skulle ändras.

Metoden är uppdelad i tre huvudsteg med tre olika matriser en i respektive steg. De tre olika stegen redovisas i figur 8.1. För att metoden ska få den systematik och överblickbarhet som identifierats viktig i bland annat kapitel 3, är det i samtliga matriser möjligt att specificera vilket kapitel i BBR som berörs. BBR kapitel 5.1, Allmänna förutsättningar, och 5.2, Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar, ingår inte i matriserna då de inte berör något specifikt skyddsmål. Med denna systematik blir det enkelt att utläsa påverkansområde samtidigt som det är lätt för en granskare att se hur projektören gått till väga. Förutsättningen för analysen är att skyddsmålet som ska uppnås är funktionskraven som ställs i regelverket, det vill säga föreskrifterna i BBR.



Figur 8.1 De tre huvudstegen för identifiering av analytiskt verifieringsbehov.

I det första steget identifieras de förutsättningar i byggnaden som kan vara svårhanterliga. Efter att förutsättningarna identifieras analyseras det om de olika förutsättningarna kan ha en adderande effekt, det vill säga om de samverkar med varandra. Sista delen i detta steg är att avgöra om problemområdet är av lokal eller global karaktär, se avsnitt 4.3 eller 5.3. Med principen att global påverkan och flera problemområden som tillsammans har en adderande effekt, måste användaren avgöra om verifieringsbehovet för det specifika problemområdet är så stort att analytisk dimensionering bör tillämpas.

Det andra steget är tänkt att användas efter att första steget slutförts och problemområdena är identifierade. Nyttan med detta steg är att det tvingar användaren att tänka igenom vilka av brandskyddets egenskaper som är aktuella och minska risken på så sätt för användaren att missa att ta hänsyn till någon egenskap, vilket annars kan medföra ett skydd som inte får önskad effekt.

Steg tre, tabell 8.3, är till för att utreda brandskyddets robusthet och tänkt att användas i slutet av dimensioneringsprocessen. I denna analys kan riskområden för CCF identifieras, vilket är ett problemområde som identifierats i bland annat kapitel 4. Matrisen kan även användas för att åskådliggöra hur skyddsåtgärderna samverkar och vilka områden i brandskyddet respektive skyddsåtgärd skyddar. På så vis kan robustheten utvärderas.

8.1.1 Första steget: Identifiering av problemområden

I tabell 8.1 listas de problemområden som identifierats kunna vara svårhanterliga vid brandskyddsdimensionering. De är framtagna i kapitel 6 och 7. Problemområdena är kategoriserade utifrån egenskapskraven i PBF och de aspekter som BBRAD framhåller särskilt skall beaktas. Kategoriseringen görs utifrån PBF då detta utgör grundkraven för brandskyddet. Till höger om de identifierade problemområdena finns tomma spalter där de delar i brandskyddssystemet, avsnitten i BBR, som påverkas av problemet på den aktuella raden ska markeras.

Efter tabell 8.1 fyllts i ska det avgöras vilka förutsättningar som är så svårhanterade att analytisk verifiering behövs. Problemområdena behöver inte nödvändigtvis (men kan) vara en av de nedan listade förutsättningarna vara ett problem i sig, men i kombination med en eller flera andra förutsättningar kan problematik uppstå.

Genom att avläsa de i kryssade problemområdena i horisontalled går det att se om ett problemområde påverka flera områden i brandskyddet och där med stora delar av brandskyddet. Flera kryss i horisontalled ger således en indikation på ett behov av analytisk dimensionering. Sådan avläsning visar endast på vilka områden en förutsättning påverkar. Läsas tabellen av i vertikalled går det att utläsa och se om de olika förutsättningarna som verkar inom samma område har en ”adderande effekt”. Exempel på två förutsättningar som har adderande effekt inom området utrymningsmöjlighet är förutsättningen höga personantal och förutsättningen snabb brandtillväxt. Förutsättningarna kan medföra kort tid till kritiska förhållanden och lång utrymningstid på så vis påverkar båda utrymningsmöjligheten negativt. Principen vid avläsningen av verifieringsbehovet är att i takt med att fler förutsättningar adderas ökar behovet av verifiering.

Tabell 8.1 Identifiering av problemområden.

Egenskapskrav i PBF	Särskilda aspekter enligt BBRAD	Identifierade områden som kan innebära problematik	Berört avsnitt i BBR					EKS
			5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	
Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid	Befarade konsekvensen är mycket stor	Stort antal skadade vid kollaps						
		Stora skador på omgivningen vid kollaps						
		Förlust av samhällsviktiga funktioner						
Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas		Hög sannolikhet för uppkomst av brand						
		Stor sannolikhet för anlagd brand						
		Hög effektutveckling						
		Snabb brandtillväxt						
		Komplex ventilationssystem						
		Dolda utrymmen där brand och brandgaser kan utvecklas och spridas						
		Hög produktion av brandgaser						
		Syrgas eller syreberikad luft						
		Risk för förändrade brandförutsättningar exempelvis tillfällig dekoration						
		Brandspridningsfrämjande arkitektur t.ex. tät fönsterplacering och brännbar fasad						
		Vertikala schakt såsom atrier och trapphus						
Nivåskillnad inom brandcell, t.ex. läktare								
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas	Utvändig släckinsats kan inte genomföras	Skydd beroende av räddningstjänst						
		Brännbar fasad						
Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt	Utrymning kan vara förenad med stora svårigheter	Beroende av personalinsats						
		Beroende av räddningstjänstens insats						
		Risk för ändring av verksamhet, lös sittinredning						
		Endast en utrymningsväg						
	Personerna i lokalen	Fysiskt krävande eller komplex och svår orienterad utrymningssträcka eller väg						
		Personer vill i första hand göra annat än att utrymma						
		Funktionsnedsättningar						
		Utrymning kan inte utföras t.ex. operationssalar						
		Inlästa personer						
		Alkohol						
		Sovande						
		Låg lokalkännedom						
		Höga personantal						
Hänsyn har tagits till räddningsmanskaps säkerhet vid brand		Risk för våld mot räddningspersonal						
	Utvändig släckinsats inte kan genomföras	Tillgänglighet						
		Överblickbarhet						
		Nedfallande byggnadsdelar						
	Invändig räddningsinsats kan vara komplicerad	Tillgänglighet, låsta dörrar och insatsväg						
		Överblickbarhet och orienterbarhet						
		Sambandssvårigheter t.ex. p.g.a. konstruktion						
Brandvattenförsörjning över höga höjder, tryckdifferenser								

Som exempel på att fylla i matrisen skulle det för en mycket hög byggnad sättas kryss i rutorna 5.3, 5.7 och EKS på första raden då det är dessa tre avsnitt i BBR som är kopplade till risken för att ett stort antal personer ska skadas vid kollaps. Avsnitt 5.3 och 5.7 i BBR behandlas möjligheten till utrymning och räddningsinsats vilket i kombination med bärverksbrandskydd, EKS, är de huvudsakliga områdena som behöver hanteras för att undvika att en eventuell kollaps ska medföra ett stort antal skadade.

Nästa steg efter att aktuella problemområden identifierats och eventuell adderande effekt klarlagts, är att avgöra om de har lokal eller global påverkan. Som nämnt i avsnitt 4.3 och 5.3 är global påverkan generellt mer komplex än lokal och har därför ett större behov av verifiering.

För att avgöra var det finns analytiskt verifieringsbehov är det lämpligt att väga samman om problemområdena har lokal eller global påverkan samt om flera svårhanterliga förutsättningar kan ha en adderande effekt. Där global påverkan och adderande effekter är faktorer som ökar behovet av verifiering.

I avgörandet måste även skyddsmålen, funktionskraven i regelverket, vara en del i avvägningen i om behov av analytisk verifiering behövs.

8.1.2 Andra steget: Analys av hur brandskyddssystemet påverkas av problemområdena och hantering av dem

När detta steg är aktuellt har problemområden i behov av analytisk dimensionering identifierats, genom att tabell 8.1 använts för att identifiera svårhanterliga förutsättningar, eventuella adderande effekter klarlagts och lokal eller global påverkan fastställts. Detta steg är till för att tillgodose behovet av stöd i att utvärdera och ta hänsyn till brandskyddssystemets egenskaper som det identifierats ett behov av i kapitel 3 och 4. Även detta steg innefattar en matris, tabell 8.2, denna är till för att specificera vilka egenskaper som är av vikt för att problemområdena ska hanteras. De egenskaper som har stor inverkan på problemområdet är troligtvis de som behöver verifieras. Själva matrisen är en något modifierad version av den Lundin presenterade i sin rapport (2001).

Användningen av matrisen går till väga så att det för varje problemområde markeras vilka egenskaper och vilken del av BBR eller EKS som egenskapen är aktuell för. Exempel på detta är egenskapen mänskligt agerande som för problemområdet med utrymningsmöjligheten från en mycket hög byggnad har stor inverkan. Mänskligt agerande har betydelse i hur de utrymmande förstår och tillämpar den aktuella utrymningsstrategin till exempel användning av utrymningshissar och säkra zoner. Vid genomgång av matrisen för problemområdet utrymning i en hög byggnad bör således raden med egenskapen mänskligt agerande markeras i kolumn 5.3. För samma problemområde utrymning bör det på raden med egenskapen funktion göras markering i kolumnerna möjlighet till utrymning, skydd mot brand- och brandgasspridning samt bärverksskydd det vill säga avsnitt 5.3 och 5.5 i BBR och EKS då funktionen av dessa skyddssystem är vital för att utrymning ska vara möjlig.

Tabell 8.2 Matris för att identifiera vilka av brandskyddets egenskaper som påverkas för ett område där det identifierats behov av verifiering.

Egenskaper i brandskyddssystemet	Berört avsnitt i BBR					EKS
	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	
Funktion						
Mänskligt agerande						
Komplexitet						
Flexibilitet						
Känslighet						
Tillförlitlighet och robusthet						

När samtliga problemområden gått igenom enligt föregående stycke och tabellen fyllts i kan den användas för att se till så att ingen viktig egenskap missas vid själva verifieringen.

8.1.3 Tredje steget: Analys av vald brandskyddslösning

Tredje och sista steget i identifieringen av det analytiska verifieringsbehovet är tänkt att användas i slutet av brandskyddsdimensioneringen. Detta steg är till för att utvärdera brandskyddslösningens sammanvägda robusthet och för att identifiera risk för CCF vilket det identifierades ett behov av i kapitel 3 och 4.

Matrisen används så att brandskyddsåtgärder listas i kolumnen längst till vänster. Därefter markerar användaren på samma rad in vilka delar skyddsåtgärden skyddar och skriver in vad skyddsåtgärden är beroende av och om den kan påverkas av något externt. Exempel på ifyllnad av skyddsåtgärden ”Brandgasventilation med lucka” följer. Luckan underlättar för möjligheten till utrymning och skyddar mot brand- och brandgasspridning inom byggnad, möjligheten till räddningsinsatser och bärverket. För denna skyddsåtgärd bör markering således göras i kolumnerna: EKS, avsnitt 5.3, 5.5 och 5.7 i BBR. Systemet kan vara beroende av att detektor eller liknande styrning fungerar. Den kan även vara beroende av el om den inte utformas så att den öppnar vid strömbortfall. Extern påverkan som skyddsåtgärden kan vara känslig för är vind eller snölast.

Tabell 8.3 Matris för att åskådliggöra brandskyddets komplexitet.

Brandskyddsåtgärder	5.3 Möjlighet till utrymning	5.4 Uppkomst av brand	5.5 Spridning inom byggnad	5.6 Spridning mellan byggnader	5.7 Räddnings- insats	EKS Skydd av bärverk	Beroende av andra system	Extern påverkan
1								
2								
3								
4								

Tabell 8.3 kan användas både för att åskådliggöra hur brandskyddsåtgärder verkar tillsammans för de olika delarna i brandskyddet och vad de olika skyddsåtgärderna är beroende av. Den kan även jämföras med de två andra matriserna, tabell 8.1 och 8.2, för att se vilka skyddsåtgärder som påverkar respektive problemområde.

Genom att fylla i matrisen kan även komplexiteten i brandskyddet åskådliggöras. Fördelen med detta är att ”svaga områden” åskådliggörs. Svaga områden i brandskyddet kan till exempel vara om brandskyddet i princip helt är beroende av elektricitet eller en och samma styrdator. Ett svagt område kan också vara om det endast är en skyddsåtgärd som verkar för möjligheten till utrymning. Genom att identifiera de svaga områdena i skyddet kan behovet av verifiering av robusthet i skyddet åskådliggöras.

I kapitel 2 och 4 identifierades ett behov av att särskilt beakta organisatoriskt brandskydd i de fall där detta förekommer. Tanken är att även denna skyddsåtgärd ska kunna utvärderas i detta steg på samma sätt som alla andra skyddsåtgärder som utgör byggnadens brandskydd.

Om det efter ifyllnad av matrisen finns flera X i vertikalled betyder det att flera olika skyddssystem verkar för att skydda samma område vilket är en indikation på en hög robusthet. För att robustheten ska vara hög, krävs det även ett oberoende mellan systemen, så att samtliga system inte fallerar av samma anledning. Beroendet mellan systemen kan utvärderas genom att fylla i de två kolumnerna längst till höger. Ett skyddsområde erhåller således hög robusthet om det skyddas av flera av varandra oberoende skyddssystem. Om det däremot är många X i horisontalled visar det på att skyddssystemet bidrar med skydd för flera olika områden i brandskyddet. Detta kan motivera en djupare analys av skyddsåtgärdens tillförlitlighet. Efter ifyllnad av de olika skyddssystemens beroende av andra system och extern påverkan är det av störst vikt att utvärdera de punkter som flera skyddsåtgärder är beroende eller påverkas av. Om till exempel huvuddelen av systemen är beroende av el, är det av vikt att säkerställa redundansen i elförsörjningen.

8.1.4 Erfarenheter från applicering av metoden

I bilaga C och D har metoden som redovisas i detta kapitel använts på fiktiva objekt. Detta för att identifiera för- och nackdelar med metoden, samt för att illustrera hur författaren tänkt att metoden ska användas.

Följande två råd bör särskilt beaktas:

Eftersom metoden i stora delar bygger på och är beroende av användarens kunskaper bör metoden inte användas av personer som inte har erfarenhet av brandskyddsdimensionering. Det är även lämpligt att två personer tillsammans arbetar med metoden då det är fördelaktigt att kunna föra en diskussion kring vilka problemområden som är aktuella och vilka skyddsmål de påverkar. När metoden väl arbetats igenom bör en granskare som inte sedan tidigare varit inblandad i diskussionerna kring problemområdena gå igenom slutsatserna och titta på rimligheten och se så att inget problemområde förbisetts och så att ingen påverkad skyddsåtgärd missats innan verifiering påbörjas.

Som regel påverkar ett problemområde flera olika skyddsmål. Vilket ställer krav på att användaren särskilt beaktar detta så att inget missas. Samma gäller genomgång av brandskyddets egenskaper där en egenskap ofta berör flera olika skyddsmål för ett och samma problemområde. På samma sätt som egenskaper och problemområden påverkar flera olika skyddsmål medför även en skyddsåtgärd ofta skydd för flera olika skyddsåtgärder.

9 Diskussion, slutsats och behov av vidare forskning

I detta kapitel diskuteras den framtagna metoden och användningen av denna samt behov av fortsatt forskning på området.

9.1 Fullbordan av rapportens syfte och mål.

Målet med rapporten var att ta fram en systematisk metod för identifiering av vad som kan verifieras förenklat och vad som behöver verifieras analytiskt vid brandskyddsdimensionering. Delmål för att ta fram metoden var att identifiera problemområden som medför att verifieringsbehovet är så stort och förutsättningarna så annorlunda att analytisk dimensionering krävs. Generellt för den framtagna metoden kan man säga att det finns ett behov av analytisk dimensionering vid två eller flera kryss som går att koppla till ett och samma problemområde, en avvägning bör dock göras i varje enskilt fall.

Problemområden och viktiga förutsättningar har identifierats genom litteraturstudier vilket slutligen resulterat i en metod. Metoden utgörs av ett flödesschema i kombination av tre steg, vilket redovisas i kapitel 8. Genom att fylla i de olika matriserna fås vägledning i avgörandet av behovet av analytisk verifiering. Metoden har endast använts i begränsad omfattning, varför behov av vidare användning kan finnas för att förfina metoden och utveckla den.

9.2 Utvärdering av metoden som tagits fram i detta arbete

Fördelar med metoden är att man snabbt kan skapa en överblick över var det kan finnas behov av analytisk verifiering. Genom att följa flödesschemat och fylla i de tre matriserna, går det på ett relativt enkelt, men strukturerat, sätt att ringa in de områdena i en byggnad som har behov av verifiering.

De tre delarna i metoden kan även användas var för sig, om man av någon anledning endast vill titta på till exempel komplexiteten i ett framtaget brandskydd för att utvärdera dess svaga områden och om det finns skyddsåtgärder som är i speciellt behov av hög robusthet.

Vid implementeringen av metoden på de fiktiva objekten, bilaga C och D, konstaterades att metoden ställer stora krav på användaren. Krav på kunskap ställs då användaren måste göra bedömningar i vilka problemområden som är aktuella och vilka delar i brandskyddet som påverkas. Dessutom behövs kunskap i vilka problem som i kombination ger synergistiska effekter. Av denna anledning bör endast personer med god kunskap om brand och brandskydd använda metoden. Detta anser författaren i huvudsak positivt då det endast är lämpligt att personer med god kunskap på området byggnadsbrandskydd utformar brandskydd i den typ av komplexa byggnader där analytisk dimensionering kan vara aktuellt. Det stora behovet av bedömningar som finns i metoden medför en risk för att olika personer gör olika tolkningar vid samma förutsättningar, vilket kan medföra att det i två exakt likadana byggnader ställs olika krav på brandskyddet. Detta är inte bra då det kan medföra underdimensionerat brandskydd eller omotiverat dyrt brandskydd. Båda alternativen är negativt ur ett samhällsperspektiv, med endera för hög personrisk eller för dyra byggkostnader. För att komma åt denna problematik i metoden ges förslag i avsnitt 9.5.

9.3 Skillnad mot Lundins (2001) metod

År 2001 tog Lundin fram en metod för att identifiera behovet av verifiering. Metoden som togs fram då var för att identifiera behovet av verifiering vid tekniska byten. De matriser som tagits fram i denna rapport för att identifiera behovet av verifiering följer en liknande struktur som de i Lundins rapporter, då dessa har fördelen att de specificerar vilka delar i skyddet som påverkas av ett problemområde. Genom att jobba med matriser på detta vis fås metoder som med en liten insats snabbt ger en bild över var det kan finnas behov av analytisk verifiering. Skillnaden mot de matriser som Lundin tog fram i sin rapport är att matriserna i metoden som presenteras här inte behandlar verifieringsbehovet vid ett specifikt tekniskt byte utan för en hel byggnad utifrån problemområdena.

Tabell 8.2 är en lätt modifiering av en av de matriser Lundin tog fram i sin rapport men i stort sett samma. Även hur matrisen är tänkt att användas är i stort sett den samma i detta arbete som i Lundins. Skillnaden mot Lundins variant är att det inte finns något allmänt råd att jämföra mot, tekniskt byte, och i stället för att de olika reduceringarna och kompletteringarna har egna kolumner ger kolumnerna möjlighet att specificera för vilka delar i brandskyddet, avsnitt i BBR, den aktuella egenskapen behöver beaktas.

Tabell 8.3 är en matris för att åskådliggöra komplexiteten i det framtagna brandskyddssystemet för att möjliggöra identifiering av svaga punkter. Detta förekommer inte i lika stor omfattning i de metoder Lundin tog fram. En metod av denna typ är dock speciellt viktig vid utformning av brandskydd i Br0-byggnader där skyddsutformningen inte är begränsad till enstaka områden såsom vid tekniska byten. Anledningen till detta är att skyddet inte nödvändigtvis har samma grund som byggnader som i hög omfattning dimensionerats förenklat.

9.4 Nödvändigheten av byggnadsklasserna

Med den framtagna metoden för identifiering av verifieringsbehovet kan det ifrågasättas huruvida det finns behov av byggnadsklasser. Byggnadsklasserna 1 till 3 är med den nuvarande regelutformningen nödvändiga då dessa klasser ger olika nivåer på skyddet vid förenklad dimensionering. Olika skyddsnivåer på den förenklade dimensioneringen behövs, eftersom olika byggnader och verksamheten i dem behöver mer eller mindre skydd och det ur ett ekonomiskt perspektiv inte kan anses motiverbart att alltid krävställa högsta möjliga brandskydd. Exempel där behovet av skydd skiljer sig är en byggnad med sjukhus i flera våningar där patienterna är sängliggande och oförmögna att utrymma, jämfört med en industrilokal i markplan, där alla arbetare är mobila och välmedvetna om lokalernas utformning.

Det kan emellertid ifrågasättas om klassindelning är det bästa sättet att styra nivån på brandskydd i byggnader. Anledningen till detta är att gränsdragningen kan medföra orimligt stora förändringar i kraven på brandskyddet och utformningen av brandskyddet. Detta kan exemplifieras med gränserna mellan de olika typerna av samlingslokaler där klasstillhörigheten styrs av personantalet. Klasstillhörigheten medför i sin tur olika krav på brandskyddsåtgärder. Att behovet av skyddsåtgärder drastiskt skulle stiga vid gränsövergången med en eller ett fåtal personer är föga troligt, vilket kan medföra stora spridningar i risknivå och svårmotiverade krav på mer eller mindre kostsamma brandtekniska installationer. För att få en jämnare risk kan en utökning av antalet byggnadsklasser vara en lösning. En annan lösning kan vara att frångå klasserna och utgå ifrån förutsättningar såsom personegenskaper, våningsantal och byggnadshöjd i kravställningen.

Byggnadsklassen Br0 har i jämförelse med klasserna 1 till 3 mindre nytta, då den endast kravställer analytisk dimensionering av hela byggnaden. Att generellt kräva analytisk dimensionering på en byggnad i sin helhet anses av författaren som ett dåligt koncept eftersom det försvårar projekteringen och medför en stor potentiell risk för spridning av skyddsnivån på grund av den stora tolkningsmöjligheten det medför. Författaren anser det vore lämpligare att endast kräva analytisk dimensionering för de delar/områden där det finns behov för det. För att ta fram de områden som kan vara lämpliga att kravställa analytisk dimensionering kan den metod som tagits fram i detta arbete vara till hjälp. För att göra detta bör metoden utvecklas vidare enligt avsnitt 9.5.

9.5 Behov av vidare arbete

Metoden som tagits fram har endast använts i mycket begränsad omfattning inom detta arbete. För att metoden skall kunna anpassas för praktisk användning behövs arbete med att implementera metoden på riktiga objekt och revidering efter hur den praktiskt fungerar.

Metoden är utformad på så vis att den är oberoende av de gränser som Boverket satt upp i sina byggregler. Då utformning brandskydd och metodiken att bygga är under en ständig utveckling måste denna metod med tiden uppdateras för att behålla sin aktualitet.

För att utvärdera hur metoden fungerar i praktiken behövs analys av fall där metodiken implementerats för att granska hur det skiljer mellan olika användare i de bedömningar som behöver göras vid användningen av metoden. Anledningen till detta är att metoden ställer stora krav på användarens kunskaper och vilka bedömningar de gör. Om resultaten vid en sådan undersökning kraftigt skulle variera beroende på användare, bör variationerna analyseras för att metoden skall kunna förfinas, så att variationerna mellan olika användare hamnar inom rimliga gränser.

En intressant riktning att utveckla metoden är att titta på om det går att skapa ett poängsystem som kvantifierar verifieringsbehovet för olika förutsättningar/problemområden. Genom att göra detta skulle det kunna tas fram en nivå för behovet av analytisk verifiering vilket betydligt skulle underlätta avgörandet av behovet av analytisk dimensionering. En sådan metod behöver ta hänsyn till adderande effekter mellan olika förutsättningar och lokala eller globala påverkansområde.

9.5.1 Hur väl har Boverket definierat vad som behöver AD

Ett område som är av stort intresse vid brandskyddsutformning är att implementera den framtagna metoden och jämföra den mot de gränser som Boverket satt upp för behov av analytisk dimensionering. Är det så att Boverket vid framtagandet av BBR 19 och byggnadsklassen Br0 satt upp krav på analytisk dimensionering där det inte finns behov av detta eller tvärtom satt gränsen för högt? Detta kan utföras genom att applicera den framtagna metoden på objekt och jämföra med gränserna som är dragna i BBR 19.

9.6 Slutsats

Slutsatserna från det genomförda examensarbetet är:

- att den framtagna metoden med fördel kan användas för att skapa en bild över behovet av analytisk dimensionering för brandskyddsprojektörer,
- att metoden behöver användas på flera verkliga objekt av olika typ och därefter utvärderas och vid behov revideras,
- att metoden över tiden löpande behöver utvärderas och revideras för att hållas aktuell och
- att det är av vikt är att projektörer som använder metoden har hög erfarenhet av brandskyddsprojektering.

10 Litteraturförteckning

- Ahmed G. N. et al., (1994). *Calculating Flame Spread on Horizontal and Vertical Surfaces*. Rapport 5392. Gaithersburg, USA: Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology
- Ahrens M., (2012). *Major Hospital Fires*. Boston, USA: NFPA
- Alling H. et al., (2013). *Kontroll av brandskydd i byggprocessen*. Lund: BIV, SFPE
- Andersson J. & Jönsson A. (2011). *Utrymning av höga byggnader- en analys av riskperception*, Rapport 5373. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
- Andersson P. et al., (2010). *Dimensionerande brand: anlagda skolbränder*. SP Rapport 2010:15. Borås: SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Arbetsmiljöverket, (2013), *Arbetsplatsens utformning (AFS 2013:03)* (Elektronisk). Tillgänglig: www.av.se/dokument/afs/afs2013_3.pdf (2014-03-01)
- Bell J. R., (1980). Eleven Die in Jail Fire, *Fire Journal*, July, 1980. Boston, USA: NFPA
- Bell J. R., (1981). 24 Die in New Jersey Hotel Fire, *Fire Journal*, March 1980. Boston, USA: NFPA
- Bell J. R., (1982). Investigation Report of the Fire at Stouffer's Inn of Westchester, Harrison, New York, *Fire Journal*, May 1982. Boston, USA: NFPA
- Bell J. R., (1983). Twenty-Nine Die in Biloxi, Mississippi Jail Fire, *Fire Journal*, November 1983. Boston, USA: NFPA
- Bengtson et al., (2012). *Brandskyddshandboken*, Rapport 3161. Brandteknik, Lunds tekniska högskola. Lund: Lunds Universitet
- Best R., (1976). The Seminole County Jail Fire, *Fire Journal*, January 1976. Boston, USA: NFPA
- Best R., (1978). Beverly Hills Supper Club Fire, *Fire Journal*, January 1978. Boston, USA: NFPA
- Björkman et al., (2012). *Brandskydd i Boverkets byggregler BBR 19*. Stockholm: SBF
- Boverket, (2002). *Konsekvensutredning, - Förslag till ändring av Boverkets föreskrifter och allmänna råd (BFS 1993:57) Boverket Byggregler, BBR avsnitt 5-brandskydd*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket, (2011 a). *Konsekvensutredning, - för revidering (BFS 2011:26) av avsnitt 5 Brandskydd i Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6), - för allmänt råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27)*. Karlskrona: Boverket.

- Boverket, (2011 b). *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd BFS 2011:26*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket, (2011 c). *Boverkets byggregler, BBR 18, BFS 2011:6*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket, (2012 a). *Regelsamling för byggande, BBR 2012*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket, (2012 b). *Svar från Boverket diarienummer 1234-4271/2011*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket, (2012 b). *Svar från Boverket diarienummer 1233-3643/2012*. Karlskrona: Boverket.
- Bridges A. E., (1971). The Ozark Hotel, *Fire Journal, January 1971*. Boston, USA: NFPA
- Brandsjö K. & Brismar B., (1993). *Branden på Huddinge sjukhus den 9 november 1991*. Stockholm: Socialstyrelsen
- Bruschi Ures M., (2008). "Utanförskapets reservarmé" -talet om Rosengård i svensk dags- och kvällstidningspress. Lund: Socialhögskolan, Lunds universitet
- Carlens K., (2006). *Analys av brandskyddets egenskaper*, Rapport 5201. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
- Carson W. G., (1978). Fire in Philippines Hotel Kills 47, *Fire Journal, May 1978*. Boston, USA: NFPA
- Carlsson et al., (2008). *Att jämföra och värdera risker*. Karlstad: Räddningsverket
- Comeau E. R. & Duval R. F., (1997). *Fire Investigation Report, Apartment Building, Bremerton, WA, November 13, 1997, 4 Fatalities*. Boston, USA: NFPA
- Comeau E. R. & Isner M. S., (1997). *Fire Investigation Report, Hospital Fire Petersburg, VA Five Fatalities December 31, 1994*. Boston, USA: NFPA
- Comeau et al., (1996). *Fire Investigation Report, Office Building Fire, Rockefeller Center, New York, NY, October 10, 1996*. Boston, USA: NFPA
- Demers D. P., (1978). Ten Students Die In Providence College Dormitory Fire, *Fire Journal, July 1978*. Boston, USA: NFPA
- Department of Building and Housing, (2012). (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.dbh.govt.nz> (2012-10-08)
- Dimeo M. J., (1976). Explosion in Fremont, *Fire Journal, July 1976*. Boston, USA: NFPA
- Duval R. F., (2000). *Fire Investigations Report Summary, Keokuk, Iowa, Residential Fire* Boston, USA: NFPA
- Duval R. F., (2005). *Fire Investigation, Nursing Home, Hartford, CT, February 26, 2003, 16 Fatalities*. Boston, USA: NFPA

- Duval R. F., (2006). *NFPA Case Study: Nightclub Fires*. Boston, USA: NFPA
- Elwood W. A., (1972). Tae Yon Kak Hotel, Seoul, Korea, *Fire Journal*, May 1972. Boston, USA: NFPA
- Frantzich H., (1997). *Fire Safety Risk Analysis of a Health Care Facility, Electronic version 1997 11 10*. Report 3085. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
- Frantzich H., (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket
- Frantzich H., (2005). *Brandskyddsvärdering brandskyddsindex för skola och danslokal*. Karlstad: Räddningsverket
- Försvarsdepartementet, (2003). *Lag (2003:778) om skydd mot olyckor* (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030778.HTM> (2012-10-22)
- Gradén M. & Liljedahl J., (2007). *Räddningsmanskapets säkerhet under insats – kriterier för analytisk dimensionering*. Rapport 5235. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
- Grant C. C., (1991) Last Dance at the Coconut Grove, *Fire Journal*, May/June 1991. Boston, USA: NFPA
- Green F. E. & Newell H. E., (1929). *Report on the Cleveland Clinic Fire*. Cleveland, USA: Ohio Inspection Bureau & National Board of Fire Underwriters
- Grimvall G. et al., (2003). *Risker i tekniska system*. Lund: Studentlitteratur
- Hedén M., (2007). *Brandskyddsguide - För varuhus, köpcenter och gallerior*. Report 5225. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
- Hall J. R. Jr, (2004). *FIRE IN THE U.S. AND SWEDEN*. Boston, USA: Fire Analysis & Research Division, NFPA
- Isner M. S., (1986). *Fire Investigation Report, High-Rise Office Building Fire, Montreal, Canada, October 26, 1986*. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1988). *Investigation report, Apartment High-Rise Fire, Manhattan, New York, January 11 1988*. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1989). *Fire Investigation report, Elderly Housing, Johnson City, Tennessee, December 24, 1989*. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1987). Fire investigation: Fire in Michigan Hospice Kills Eight Patients, *Fire Journal*, January 1987. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1990). *Fire Investigation Report, Nursing Home Fire, Dardanelle, Arkansas, March 13, 1990*. Boston, USA: NFPA

- Isner M. S., (1993a). *Summary Fire Investigation Report Hospital Fire Brooklyn, New York September 1 1993*. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1993b). *Summary Fire Investigation Report Paxton Hotel Fire, Chicago, Illinois, March 16, 1993*. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1995). *Fire Investigation report, Residential High-Rise Fire, Six Fatalies, North York, Ontario, Canada, January 6 1995*. Boston, USA: NFPA
- Isner M. S., (1996). *Fraternity House Fire, Chapel Hill, North Carolina, May 12, 1996*. Boston, USA: NFPA
- Juillerat E.E., (1964). *The Golden Age Nursing Home Fire, Quarterly of National Fire Protection Association, January 1964*. Boston, USA: NFPA
- Kaplan S. & Garrick B. J., (1981). *On The Quantitative Definition of Risk. Risk Analysis, Vol. 1, No. 1*.
- Kimberly W. Y. & Moulton R. S., (1944). *Hartford Circus Holocaust, Quarterly of National Fire Protection Association, July 1944*. Boston, USA: NFPA
- Klem T. J., (1984). *Investigation Report, Dwelling Fire, Bellmore, New York, February 9 1984*. Boston, USA: NFPA
- Klem T. J., (1987). *Investigation Report, on the Dupont Plaza Fire, December 31 1987, San Juan, Puerto Rico*. Boston, USA: NFPA
- Klem T. J., (1988). *Fire Investigation Report, First Interstate Bank Building Fire, Los Angeles, CA, May 4 1988*. Boston, USA: NFPA
- Klem T. J., (1991). *Final Fire Investigation Report, Nursing Home, Fire Norfolk, Virginia October 5, 1989 12 Fatalities*. Boston, USA: NFPA
- Klem T. J., (1991). *Fire Investigation Report, One Meridian Plaza, Philadelphia, Pennsylvania, Three Fire Fighter Fatalities, February 23, 1991*. Boston, USA: NFPA
- Klem T. J. & Kyte G., (1986). *Preliminary Investigation Report Prudential Building Fire, Boston, MA, January 2, 1986*. Boston, USA: NFPA
- Lathrop J. K., (1974). *Preliminary Report from the NFPA Fire Analysis Department Sac-Osage Hospital Fire*. (Elektronisk). Tillgänglig:
<http://content.cdlib.org/view?docId=hb9v19p0sd;NAAN=13030&doc.view=frames&chunk.id=div00012&toc.id=0&brand=calisphere> (2012-12-18).
- Lorén S. & Maré J., (2009). *Föreläsningar om underhållsplanering för ökad tillförlitlighet. FCC Rapport 316-090925-323*. Göteborg: Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics

Lundin J., (2001). *Verifiering, kontroll och dokumentation vid brandteknisk projektering*, Rapport 3122. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering

Lundin J., (2004). *Acceptabel risk vid dimensionering av utrymnings säkerhet*. Rapport 3129. Lund: Avdelningen för brandteknik och riskhantering

Lyons P. R., (1976). Natchez Dance Hall Tragedy, *Fire in America*. USA

McElroy J. K., (1919). *The Tragedy of St. Anthony Hospital*. Boston, USA: NFPA

McElroy J. K., (1950). Davenport, Iowa, Hospital fire, *Quarterly of National Fire Protection Association*, Vol. 43 -Januari 1950. Boston, USA: NFPA

Meister D., (1991). *Psychology of System Design*. San Diego, USA: Department of the Navy

MSB, (2012). (Elektronisk). Tillgänglig: <http://ida.msb.se/ida2#page=a0013> (2013-01-02).

Nadlie L., (2009). Flash Fire on the Ward, *NFPA Journal 2009*, Boston, USA: NFPA

Nasr R. & Wall M., (2012). *Utrymning av nattklubb*. Rapport 5380. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering

Nationalencyklopedin, (2012). (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.ne.se> (2012-11-15)

Nebraska Crime Commission, (1993). Jail Fire Safety, *Nebraska Jail Bulletin*, Number 101 - September 1993. USA: Nebraska Crime Commission

NFPA, (1982). Fire at the MGM Grand Hotel, *Fire Journal*, November 1982. Boston, USA: NFPA

NFPA, (1986). *Fact Sheet Hospital Fire Riverside, California Five Deaths*. Boston, USA: NFPA

NFPA, (1978a). 42 Die in Maury County, Jail Fire Tennessee, *Fire Journal*, March 1978. Boston, USA: NFPA

NFPA, (1978b). 21 Die in Saint John, New Brunswick, Jail Fire, *Fire Journal*, March 1978. Boston, USA: NFPA

NFPA, (1978c). Five Die in Danbury, Connecticut, Federal Correctional Institution Fire, *Fire Journal*, March 1978. Boston, USA: NFPA

NFPA, (1990). A Social Club Fire Bronx, New York, *Alert Bulletin March 25, 1990 87 Fatalities*. Boston, USA: NFPA

NFPA, (1995). A Tragedy Remembered, *NFPA Journal*, July/August 1995. Boston, USA: NFPA

NFPA, (2012). *NFPA 101 Life Safety Code*. Boston, USA: National Fire Protection Association.

- NFPA, (2013). (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.nfpa.org/> (2013-01-05).
- Nystedt F., (2008). *Nytänkande dimensionering av brandskydd i höga byggnader*. (Elektronisk). Tillgänglig: <http://issuu.com/byggteknikforlaget/docs/6-08> (2012-09-21)
- Nystedt F., (2000). *Risikanalysmetoder*. Rapport 7011. Lund: Avdelningen för brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola
- Olsson F., (1999). *Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals*, Rapport 3101. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
- Olson Lindh C. & Persson M., (2009). *Psykosocial arbetsmiljö och personalomsättning i restaurangbranschen*. Göteborg: Institutionen för mat, hälsa och miljö
- Proulx G. & Reid M. I. A., (2006). Occupant Behavior and Evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire, *Journal of fire protection engineering*, Vol. 16 - November 2006. Ottawa, Kanada: SFPE
- Ramsberg J., (1999). *Are all lives of equal value?* Stockholm: Center for Risk Research, Stockholm School of Economics
- SBF, (2013). *Våga ta hissen!* (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.brandsakert.se/2012/0907/v%C3%A5ga-ta-hissen> (2013-02-09)
- SCB, (2007). *Välfärd nr 7 2007*. Stockholm: SCB
- SCB, (2012). *Åldrande befolkning*. (Elektronisk). Tillgänglig: http://www.scb.se/Pages/Vislet____331316.aspx (2012-09-21)
- Sellers T. B., (1930). *Report on the Ohio State Penitentiary Fire*. Columbus, USA: Ohio Inspection Bureau
- SFPE, (2012). *Guidelines for Designing Fire Safety in Very Tall Buildings*. Washington, USA: SFPA
- Socialdepartementet, (2010). *Plan- och bygglag (2010:900)*. Sverige: Socialdepartementet
- Socialdepartementet, (2011). *Plan- och byggförordning (2011:338)*. Sverige: Socialdepartementet
- Statens haverikommission, (2001). *Brand på Herkulesgatan i Göteborg, Ö län, den 29–30 oktober 1998*. Rapport RO 2001:02, O-07/98. Västervik: Statens haverikommission
- Statens haverikommission, (2010). *Lägenhetsbrand, Kuddbygränd 12, Rinkeby, Stockholms län, den 25 juli 2009*. Rapport RO 2010:01, Dnr O-08/09. Sverige: Statens haverikommission
- Stevens R. E., (1971). 28 Die in Pioneer Hotel, Tucson, Arizona, *Fire Journal*, May 1971. Boston, USA: NFPA

Svensk Standard, (2007). Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement - Del 2: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter brandmotstånd, utom för produkter för ventilationssystem, SS-EN 13501-2:2007. Stockholm: SIS Förlag AB

Timoney T., (1984). *Investigation Report, Beaumont Nursing Home, Little Rock, Arkansas, January 12 1984*. Boston, USA: NFPA

U.S. Department of Homeland Security, (2011). Fire Death Rate Trends: An International Perspective. *Topical Fire Report Series. Volume 12, Issue 8 / July 2011*. USA: U.S. Department of Homeland Security

Wilkinson et al., (2013). *ENSURING RESILIENCE IN BUILDING DESIGN USING FIRE ENGINEERING*. United Kingdom: Baywood Publishing Co.

Woldemariam N., (2010). *Stomval & Produktionsteknik- En studie om höga konstruktioner*. Lund: Avdelningen för Konstruktionsteknik, Lunds Tekniska Högskola

Wolski et al., (2000). Accommodating perceptions of risk in performance-based building fire safety code development. *Journal of fire protection engineering*, Vol. 34 –April 2000. USA: SFPE

11 Bildförteckning

Bengtson et al., (2012). *Brandskyddshandboken*, Rapport 3161. Brandteknik, Lunds tekniska högskola. Lund: Lunds Universitet

Boverket, (2011). *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd BFS 2011:26*. Karlskrona: Boverket.

Gradén M. & Liljedahl J., (2007). *Räddningsmanskapets säkerhet under insats – kriterier för analytisk dimensionering*. Rapport 5235. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering

Lorén S. & Maré J., (2009). *Föreläsningar om underhållsplanering för ökad tillförlitlighet*. FCC Rapport 316-090925-323. Göteborg: Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics

Nystedt F., (2000). *Risikanalysmetoder*. Rapport 7011. Lund: Avdelningen för brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola

Bilaga A Metod för litteraturstudie

Urvalet för innehållet i litteraturstudien som utförts inom ramarna för denna rapport har utförts enligt beskrivningen i denna bilaga. Först och främst har litteratur rekommenderad av handledare studerats. Därefter har litteratur som behandlar brandskyddet i svenska byggnader i Sverige studerats, det vill säga PBL, PBF, BBR, handböcker till BBR och konsekvensutredningar till BBR.

För att sortera fram relevant litteratur till arbetet har en litteratursökning utförts. Tillvägagångssättet för denna litteratursökning gick till så att kombinationer av sökorden listade i tabell A.1 användes i sökmotorn SummonTM som Lunds universitet abonnerar på.

Tabell A.1 Sökord

Sökord engelska	Förkortning
Protection need	1
Fire safety	2
Risk	3
Consequence	4
Probability	5
Technical systems	6
High-rise buildings	7
Hospitals	8
Correctional facilities	9
Assembly halls	10

De olika kombinationerna av sökorden i tabell A.1 redovisas i tabell A.2. där antalet träffar också redovisas. Då antalet träffar varit ohanterligt i de flesta fallen, har en gräns dragits så att träffar som ligger längre ned på listan än position 100, inte ingår i selekteringsgruppen. Anledningen att de första 100 träffarna valdes var att SummonTM listar träffarna efter relevans. Relevanta artiklar selekterades utefter rubrik och sammanfattning.

Tabell A.2 Sökordskombination med antal träffar.

Sökordskombination	Antal träffar	Antal relevanta träffar
1,2	38 764	2
1,2,3	24 354	3
1,2,4	16 628	5
1,2,5	6 437	4
1,2,6	14 089	3
1,2,7	1 162	7
1,2,8	10 408	2
1,2,9	460	2
1,2,10	1 050	2

I den relevanta litteratur som funnits enligt ovan nämnda metoder har referenslistorna gått igenom för att finna ytterligare relevant litteratur.

Bilaga B Genomgång av bränder med stora konsekvenser

För att identifiera problemområden har information om brandskyddssystemets inverkan och dess brister studerats från bränder med stora konsekvenser vilka redovisas i denna bilaga.

B.1 Kriterier för urvalet av bränder

I huvudsak har fall från USA behandlats då tillgång på data från bränder med stort skadeutfall är insamlat av NFPA. Totalt har 52 fall av inträffade bränder gått igenom vilka kort återges nedan. Utöver de amerikanska bränderna har även svenska bränder gått igenom för att verifiera de problemområden som identifierats i de amerikanska bränderna.

Orsaker till inträffade konsekvenser som anges i denna bilaga är orsaker som angetts i de genomgångna rapporterna. Samtliga av dessa orsaker har inte identifierats som ett problemområde av författaren utan snarare en lösning, varför inte alla av dessa finns med som problem i den framtagna metoden. Exempel på detta är avsaknad av vattensprinklersystem, vilket är en skyddsåtgärd som kan användas för att hantera ett eller flera problem. Ett problem som vattensprinklersystem kan vara en lösning till är då personer med funktionsnedsättning, som inte kan sätta sig själva säkerhet, vistas i miljöer där kritiska förhållanden snabbt kan uppstå på grund av låg takhöjd och god tillgång på brännbart material. Problemet är i detta fall är kombinationen av låg takhöjd, mycket brännbart material och begränsad rörelseförmåga vilket medför att kritiska förhållanden uppstår innan utrymningen är färdig.

Bränder med stor konsekvens i människoliv har gått igenom för att identifiera de problemområden som ligger till grund för skadeutfallen. Den generella gränsen för om en brand haft stor konsekvens var från och med bränder som tagit fem människors liv eller fler. Utöver detta har även bränder med tio eller fler skadade personer också studerats, då dessa bränder haft potentialen att ta flera människoliv. Dessa gränser har satts utifrån den gräns som Myndigheten för samhällsskydd och beredskap använder sig av i sin statistikdatabas för bränder med höga konsekvenser, IDA (MSB, 2012). Författaren ansåg den valda gränsen som lämplig, då den grovt sällar bort de vanligare mindre bränderna.

Bränder med enbart ekonomiska och materiella konsekvenser har sällats bort för att göra arbetsbördan hanterbar. Valet att inte selektera bränder efter egendomsskada grundades även på svårigheten att kvantifiera den ekonomiska förlusten och faktumet att personer som har olika förhållningssätt till skadan såsom personer inom räddningstjänst, försäkringsbransch och fastighetsägare värderar skador olika (U.S. Department of Homeland Security, 2011).

Det har funnits och det finns fortfarande skillnader mellan Sverige och USA som påverkar konsekvenserna av en brand i de båda länderna. Bland annat allmän utbildning i brandskydd, lagar och regelverk är faktorer som skiljer i hur det brinner i länderna. Levnadssätt och kulturella attityder är andra faktorer som skiljer länderna åt.

USA har en befolkningsmängd som är cirka 32 gånger större än den svenska på en area som endast är 21 gånger större. På grund av USA:s större befolkning har det inträffat flera bränder som är intressanta för detta arbete i USA. Förutom detta har USA en tätare befolkning med fler större städer där objekt intressanta för arbetet såsom höga hus finns.

Fram till mitten av 90-talet har USA haft en högre dödlighet i bränder per capita vilket indikerar på att Sverige under denna tid varit säkrare ur brandsynpunkt. Om detta beror på levnadssätt, boendeform, kunskap, bygglagstiftning eller något annat har inte fastställts i detta arbete. Från och med mitten av 90-talet har dock differensen mellan länderna i dödsantal per capita varit betydligt mindre, några år har till och med Sverige haft större dödlighet i bränder per capita, vilket indikerar på att skillnaderna i brandsäkerhet har jämnats ut (Hall, 2004 & U.S. Department of Homeland Security, 2011).

B.2 Sjukhus och vårdlokaler

Valet av sjukhusbränder som avhandlas i detta avsnitt är gjort utifrån de bränder som ingår i rapporten ”*Major Hospital Fires*” (Ahrens, 2012).

I branden i Cleveland Clinic 1929 dog 120 personer efter att en brand uppstått i ett källarutrymme där röntgenbilder lagrades. I byggnaden bedrevs i huvudsak undersökande verksamhet, varför det inte fanns några sängliggande personer i byggnaden. Röntgenbilderna där branden initierades innehöll nitrocellulosa ur vilka giftig och explosiv gas bildades. På grund av att källarrummet stod i förbindelse med utrymmen ovan, kunde gaserna snabbt spridas i byggnaden, och resulterade i stora mängder skadade och döda (Green & Newell, 1929).

St Anthony’s hospital brann 1949. Branden i sjukhuset initierades i ett tvättnedkast där en sjuksyster upptäckte den. Frånvaron av brandvarningssystem, brandcellssektionering, sprinklersystem samt närvaron av stora mängder brännbart material pekades ut som de huvudsakliga orsakerna till den snabba brand- och brandgasspridningen i byggnaden. Avsaknaden av en handlingsplan vid brand var en annan bidragande orsak som låg till grund för det stora skadeutfallet. Byggnaden totalskadades och 74 personer, både patienter och personal i alla ålderskategorier omkom i branden (McElroy, 1949).

En brand i Hartford Hospital 1961 resulterade i att 16 personer omkom. Personerna som dog i branden var både sjukhuspersonal och patienter, flera av de senare var sängliggande. Branden började som en glödbland i byggnadens sopnedkast. Från sopnedkastet transporterades brännbara gaser i schaktet till den åttonde och nionde våningen där ett övertyck i schaktet spred gaserna. Spridningen till den åttonde våningen begränsades tack vare att luckan till schaktet hölls stängd av en person på planet.

På grund av en öppen dörr i brandcellsgräns kunde branden snabbt spridas på hela den nionde våningen. Brännbara ytskikt i lokalerna bidrog till snabb brandspridning. Branden tros ha startat på grund av en glödande cigarett som slängts i sopnedkastet. Branden identifierade stora brister i sjukhuspersonalens rutiner vid brand samt brister i samverkan mellan sjukhusen i området och mellan sjukhus och räddningstjänst vid brand. Frånvaron av sprinklersystem i större delen av sjukhuset identifierades som en brist som avsevärt påverkade skadeutfallet (Nadlie, 2009).

Sac-Osage Hospital drabbades av en brand 1974 som krävde 8 patienters liv. Branden uppstod i ett patientrum. Den huvudsakliga förbränningen skedde i patientrummet där branden initierades. Dock spreds brandgaser inom avdelningen, som var en egen brandcell, vilket ledde till 7 personers död. Den åttonde personen som dog under branden dödades då syretillförseln till denna patient stängts av i tron att syrekranen var en anordning för brandlarmsaktivering. Tiden till att räddningstjänst kom till platsen fördröjdes då sjuksköterskorna som upptäckte branden ringde sin chef och sheriffen före räddningstjänsten. När väl räddningstjänsten anlände kunde de snabbt bekämpa branden. Då personalen som upptäckt branden lämnade avdelningen för att tillkalla hjälp, stängde de inte dörrarna mellan patientrummen, vilket medförde att brandgaser snabbt spreds inom avdelningen. Byggnaden var inte försedd med heltäckande sprinklersystem. Det fanns däremot brandlarmsystem som varnade personerna i byggnaden. Brandlarmet som aktiverades av branden stängde dörrar i brandcellsgränser i byggnaden, vilket begränsade brand och brandgasspridningen. Den höga brandbelastningen i patientrummet, avsaknaden av heltäckande sprinklersystem, personalens agerande samt att brandcellerna omfattade hela avdelningar och inte endast ett patientrum, var faktorer som låg till grund för konsekvensens storlek (Lathrop, 1974).

En brand på ett sjukhus i Kalifornien 1986 tog fem liv. Branden initierades vid sänggrökning av en immobil patient som inte hade lyckats stänga av sin syrgastillförsel. Patienten som orsakat branden lyckades tillkalla en sjuksköterska som hjälpte honom att utrymma till hallen. Sjuksköterskan kunde inte stänga dörren till brandrummet eller släcka branden på grund av dess storlek och intensitet. Andra sjuksköterskor som kom till undsättning aktiverade byggnadens brandlarm, ringde räddningstjänsten, stängde dörrar till andra patientrum och påbörjade utrymning av byggnaden. Utrymningen av byggnaden hann dock aldrig genomföras på grund av brandens storlek och brandgasernas utbredning. När räddningstjänsten kom till platsen kunde de snabbt släcka branden som var begränsad till begynnelsetrummet. Brandgasutvecklingen och brandspridningen var anledningen till att fyra patienter i andra utrymmen än brandrummet dog. Patienten som initierade branden dog senare på grund av den exponering han hunnit få (NFPA, 1986).

Brand på sjukhus i Brooklyn i New York 1993. Branden uppstod troligtvis i en andningsapparat i anslutning till en patients säng. Branden som tidigt fick tillgång till syreberikad luft tillväxte snabbt, men en sjuksköterska på plats kontrollerade och fördröjde branden med en handbrandsläckare innan hon var tvungen att utrymma. Branden dödade de två patienterna som vistades i brandrummet samt ytterligare en patient i ett annat rum dit personalen inte stängt dörren. Avdelningen där branden initierades var försedd med sprinkler och rökdetektorer i korridorerna. När räddningstjänst anlände till platsen kunde de snabbt släcka branden som var begränsad till startutrymmet. Sprinklerna i hallen hade lösts ut vilket begränsade brandens spridning.

Brandgasspridningen inom byggnaden var omfattande. Huvudorsaken till detta var öppna dörrar och dörrar som öppnades och stängdes under utrymningen. Det dröjde lång tid efter att räddningstjänsten anlant innan tillflödet av syreberikad luft stängdes till brandrummet, för att det skulle säkerställas att det inte påverkade några patienter (Isner, 1993a).

Dagen före nyårsdagen 1994 dog fem personer i en brand på Petersburg hospital i Virginia. Branden upptäcktes av en sjuksköterska som hörde rop på hjälp från en patient. När hon kom in i rummet och såg att det brann i en patients säng med patienten kvar i sängen, aktiverade hon brandlarmet och försökte släcka branden med en filt. Hon försökte även utrymma patienten, men på grund av brandens storlek var hon dock tvungen att ge upp utrymningen av denna patient och lämnade rummet utan att stänga dörren efter sig. Ytterligare sjuksköterskor som hört rop på hjälp och hört det aktiverade brandlarmet ringde och bekräftade branden till vakten. De började dessutom stänga dörrar till de andra patientrummen på den branddrabbade avdelningen samt utrymning av patienter. Ingen lyckades dock stänga dörren till brandrummet som spred brandgaser ut i korridoren. Brandgaser spreds även till andra patientrum på avdelningen. Förutom patienten i brandrummet dog tre andra patienter på avdelningen av inhalering av brandgaser. Dessutom dog en patient från en annan avdelning av samma orsak, troligtvis då denna utrymdes genom brandrök.

Vid något tillfälle under brandförloppet punkterade branden en ledning med syrgas, vilket påskyndade brandförloppet. Tillflödet av syrgas till branden stängdes av sjukhuspersonal i samband med att räddningstjänsten kom till platsen. Bristen på rökdetektorer i rummen ledde till att branden upptäcktes sent. Byggnadens brandlarm var vid tillfället inte kopplat till räddningstjänsten, vilket fördröjde tiden innan räddningstjänsten kom till platsen. Byggnaden var inte försedd med vattensprinklersystem i patientrummen eller korridorerna. Hade byggnaden varit försedd med heltäckande vattensprinklersystem hade branden kunnat begränsas i ett tidigare skede. Undersökning av brandförloppet visade att rummen på samma sida korridoren var sammanbundna ovan undertaket vilket var en faktor som ledde till kraftig rökspridning till de rum där personer hittades döda (Comeau & Isner, 1997).

B.3 Lokaler med inlåsta personer

Urvalet av bränder med stora konsekvenser i lokaler med inlåsta personer har gjorts utifrån listan ”Top ten deadliest prison fires in the United States” (NFPA, 2013). De bränder i denna lista där rapporter funnits att tillgå, har bearbetats och avhandlas nedan i detta stycke.

St. Elizabeth’s Women’s Psychopathic Building är dock ett undantag, då denna brand behandlas i ”*Major Hospital Fires*” (Ahrens, 2012). Byggnaden innehöll inlåsta personer varför den avhandlas i detta avsnitt i stället för avsnittet om sjukhusbränder.

1930 inträffade en brand på Ohio State Penitentiary, 320 fångar dog direkt av branden och 133 skadades. Hur och exakt var branden startade är okänt. Branden upptäcktes först av en vakt som vistades utanför byggnaden. Han varnade andra vakter som slog larm och tillkallade räddningstjänst. Vaktpersonal och räddningstjänst med hjälp av fångar arbetade tillsammans för att släcka branden samt utrymma levande och döda fångar. Släckningen av byggnadsdelen där branden hade sitt ursprung var inte framgångsrik på grund av brandens storlek och den stora tillgången till bränsle. Minst 140 brandmän var inblandade i räddningsarbetet. Dessutom understödde militären med bevakning och skydd för räddnings- och vaktpersonal. I samband med huvudbranden antändes ytterligare fyra byggnader av fångar, som såg detta som en möjlighet till flykt under tumultet. Brandmän utsattes för våld och hot om våld vilket försvårade räddningsarbetet. Låsta dörrar med individuella nycklar och galler för fönstren var andra faktorer som försvårade insatsen. Vaktpersonalen väntade också medvetet med att släppa ut fångar från sina celler i rädsla för ett upplopp och massrymning (Sellers, 1930).

St. Elizabeth’s Women’s Psychopathic Building of Mercy Hospital i Iowa med slutna psykvård brann 1950. Branden startade på bottenvåningen genom att en patient antänd gardinerna i sitt rum. Branden spreds snabbt i byggnaden och hade redan spridits till andra våningen då räddningstjänsten anlände till platsen. Hög närvaro av obehandlat trä samt frånvaron av sprinklersystem betraktades som huvudanledning till den katastrofala branden. Dessutom försvårades räddningstjänstens insats av att fönstren i byggnaden var försedda med galler. Utfallet av branden blev 41 döda (McElroy, 1950).

Seminole County Jail drabbades 1975 av en brand som tog elva liv. Denna brand startades av en missnöjd fånge genom att han tände eld på tidningspapper. Branden spred sig från tidningarna till upplagrade skumgummimadrasser. Madrassbranden spred snabbt tjock svart rök på våningsplanet. På grund av frånvaron av rökdetektorer fördröjdes upptäckten av branden. Tiden innan släckningsförsök från vakterna fördröjdes ytterligare, då de trodde att brandposten i närheten av branden var sönder, vilket inte var fallet. När räddningstjänsten väl kom på plats, fanns det inga nycklar som kunde användas för utrymning och den planerade angreppsvägen och utrymningsvägen var blockerad. Bristen på tillgång till nycklar till cellerna försvårade och fördröjde insatsen för både räddningstjänsten och vaktstyrkan. Fängelset som nyligen haft brandinspektion var informerade om brister såsom närvaron av brännbara madrasser, frånvaron av detektionssystem och sprinklersystem, avsaknad av en bra utrymningsplats och att byggnaden borde förses med fler dörrar för utrymning och insats (Best 1976).

1977 dog 33 fångar och 9 besökare i Maury County Jail. Branden startade i en gummivadderad cell med en cigarett som antändningskälla. Personal upptäckte att det brann på grund av fången i cellen ropade på hjälp. När de väl fick upp dörren spreds snabbt svart rök i fängelset. Vid öppnandet av celldörren förlorades nycklarna till cellerna, varför brandmän som snabbt var på plats fick bryta sig in genom fasaden för att undsätta nödställda och släcka branden. Byggnaden saknade brandlarmssystem och vattensprinklersystem, vilket gav branden möjlighet att tillväxa ostört och oupptäckt. Ventilationssystemet som var i drift under branden förmodas ha spridit brandgaserna, men det var inte avgörande för att människor dog och skadades. Bruket av material med hög sotproduktion, bristen på brandcellindelning och avsaknaden av flyktvägar var de huvudsakliga bristerna som noterades efter branden (NFPA, 1978a).

Vid branden i häktet Saint John, juni 1977 omkom 21 personer. Branden anlades av en häktad person i en vadderad cell. Häktespersonalen uppmärksammades på branden av fångar i andra celler som såg rök sippra ut ur cellen. Personalen öppnade dörren, varpå rök vällde ut i häktet. Personalen räddade personen i startutrymmet, försökte släcka branden samt aktiverade brandlarmet till räddningstjänsten. Räddningspersonalen var snabbt på plats där de återupptog släckningsarbetet som häktespersonalen fått ge upp. De utförde även utrymning av de inlåsta. Detta drog ut på tiden på grund av att nycklarna tappades inne i den rökfyllda byggnaden och en gallerdörr hade expanderat på grund av värmen så att den inte gick att öppna. Det skedde även brandspridning genom schakt och ventilation inom den 16 våningar höga byggnaden, men det ledde inte till några döda eller skadade. De som dog och skadades var alla fångar på samma plan där branden initierats. Det som låg till grund för den stora konsekvensen var tillgången till bränsle med hög sotproduktion samt avsaknaden av brandcellsindelning. Cellerna där personer dog hade alla gallerdörrar och låg i samma korridor som den branddrabbade cellen (NFPA, 1978b).

The Federal Correctional Institution i Danbury, Connecticut, drabbades av en brand som tog fem personers liv 1977. Branden startade i ett klädställ i ett duschrum på en avdelning. Fångar och fångvaktare försökte släcka branden i ett tidigt skede, men utan resultat. Det fanns en trycksatt brandslang på våningen där branden inträffade. Slangen var dock inlåst, varför den inte kunde användas på grund av att fångvaktaren enligt rutin lämnat sina nycklar innan han gick in i byggnaden. Vakten som medverkat i släckningsarbetet tog med sig en liten grupp av fångar då han gick för att tillkalla hjälp. När fångvaktaren återkom med mer personal kunde de inte få upp dörren till avdelningen på grund av alla fångar som tryckte mot dörren. Det fanns ytterligare en utrymningsväg, men denna blockerades av branden. Genom att fångvaktarna bröt upp en vägg i ett område som var under renovering, kunde utrymning ske via en stega.

Branden tydliggjorde stora brister i brandskyddet i byggnaden. Branddetektion var helt beroende av personer inne i byggnaden och tillkallandet av räddningstjänst dröjde därför cirka 15 minuter från att branden startat. Rutinerna krävde att innan räddningstjänst skulle tillkallas behövde 11 personer informeras, vilket naturligtvis drog ut på tiden. Det fanns även en fängelsebrandkår bestående av fångar. Denna var dock inte verksam under branden på grund av att de ingående fångarna inte släpptes ut. Byggnaden saknade helt branddetektionssystem och vattensprinklersystem (NFPA, 1978c).

Lancaster County Jail drabbades av en brand i december 1979. Branden ledde till att 11 fångar förlorade livet. Branden startade i ett förvaringsutrymme med olika typer av brännbart material. Byggnaden var drygt 150 år gammal och fängelset skulle enligt planerna ersättas av ett nytt inom ett år. På grund av att byggnaden ändå skulle ersättas, åtgärdades inte kända brister i brandskyddet. Byggnaden saknade manuellt brandlarm, nöd- och utrymningsbelysning, branddetektions- och vattensprinklersystem samt nödupplåsningssystem till cellerna. Det fanns bara en väg för utrymning och insats. Branden upptäcktes av personalen i byggnaden av att rop hördes från cellerna samtidigt som de såg brandröken. En vakt gick omedelbart för att låsa upp till fångarna. Detta misslyckades dock på grund av ett hänglås som inte gick att öppna. Efter en stunds arbete med låset var vakten tvungen att ge upp sina försök på grund av brandröken. Han lämnade då över nyckeln till en av fångarna som fick fortsätta på egen hand. Under tiden hade brandkåren som tillkallats av andra personer i byggnaden kommit på plats. Fler försök att öppna det kärvande låset gjordes med hjälp av räddningstjänsten, men det slutade med att låset fick brytas upp. Då var det redan för sent för de elva fångar som vistats på våningsplanet som alla dog. Rökspridningen på våningsplanet var snabb, då röken utan hinder kunde spridas via överluftsdon (Bell, 1980).

En brand utbröt 1982 i ett fängelse i Biloxi, Mississippi. Branden startade i vadderingen i en polyuretanvadderad cell som troligtvis antänts med uppsåt av en intagen. Personalen blev varse branden genom rop från fången i den brinnande cellen. När två vakter öppnade dörren till cellen möttes de av utslående flammor följt av kraftig rök som snabbt spreds i häktet. Vakterna som öppnat celldörren försökte att släcka branden med handbrandsläckare. De försökte också ta ut nyckelknippan som satt kvar i låset, men utan resultat. Räddningstjänst hade under tiden tillkallats av en tredje vakt som slagit larm. Med hjälp av en vakt hämtade räddningstjänsten nyckeln till cellerna och utrymning påbörjades. Men på grund av svårigheter i att förstå nyckelsystemet och bristen på nycklar övergick insatsen till att bryta sig in i fängelset. Branden resulterade i att 29 fångar dog och 69 personer skadades. Orsaken till konsekvensens storlek konstaterades bero på tillgången till material med hög effektutveckling och hög sotproduktion, brist på detektions- och släcksystem, avsaknad av brandcellsgränser och oförmågan av personalen att utrymma fångarna snabbt (Bell, 1983).

B.4 Samlingslokaler

Urvalet av bränder med stora konsekvenser i samlingslokaler har gjorts utifrån listan ”The 10 deadliest public assembly and nightclub fires in U.S. history”(NFPA, 2013). De bränder i denna lista där rapporter funnits att tillgå har bearbetats och avhandlas nedan i detta stycke. Rapporter från bränder i affärer, köpcentrum, kyrkor och skolor har gått igenom, dock utan att finna någon brand som resulterat i stora konsekvenser enligt definitionen i början av kapitlet.

The Iroquois Theater i Chicago drabbades 1903 av en brand som tog 602 personers liv. Enligt de verksamhetsdrivande cheferna var det ungefär 1700 åskådare under olyckskvällen. Andra källor hävdade dock att den verkliga siffran var 2100 till 2300 åskådare. Branden initierades av en strålkastare i taket och spreds till tyger och linor ovanför scenen. I brandens tidiga skede gjordes försök att släcka den, men utan resultat på grund av att kastlängden på de tillgängliga handbrandsläckarna var otillräcklig. Det fanns en asbestgardin som skulle avskärma scenen från publiken vid brand. Denna var dock inte möjlig att använda på grund av att ett rep som ingick i föreställningen hängde i vägen. Skådespelarna på scenen fortsatte sitt uppträdande trots att de upptäckte branden. Detta pågick fram till att en av dem svimmade och en annan skådespelare tog till orda och försökte behålla lugnet hos publiken som börjat utrymma. Efterhand som branden utvecklades tilltog publikens oro, speciellt på de delar som var högt belägna, där brandens närvaro blivit påtaglig. Efter en stund när skådespelaren inte längre upplevde att hans lugnande tal hade någon effekt, lämnade han scenen och började utrymma. Kort efter detta rasade stora mängder brinnande material ned från taket på folkmassorna. Det fanns cirka 30 utrymningsvägar ur lokalen, men endast ett fåtal av dessa hade belyst vägledandemarkering. Vissa dörrar var låsta och igenbommade. Personalen hade ingen utbildning i hur de skulle agera vid brand, vilket påverkade både utrymning och möjligheten att släcka branden. Tiden från att branden startade tills alla personer antingen dött eller utrymt beräknades till ungefär åtta minuter. Tiden till kritiska förhållanden för de utrymmande åskådarna hade kunnat fördröjas om asbestgardinen hade fungerat som den skulle (NFPA, 1995).

Nattklubben The Coconut Grove utsattes 1942 för en brand. Branden började i anslutning till en konstgjord palm. Branden fortsatte från palmen till annan brännbar dekorativ inredning. Brandförloppet var mycket snabbt och inom två till fyra minuter hade branden stängt av den enda utrymningsvägen från källarplanet där branden startade. Klubben uppskattas haft drygt 1000 besökare när olyckan inträffade. Överlevande berättade hög persontäthet och svårigheter att förflytta sig inne i lokalen på grund av alla människor. Tiden för räddningstjänsten för att komma på plats var kort. De var nämligen i området och släckte en bilbrand. När de var på väg tillbaka upptäckte de branden och tillkallade förstärkning. Trots den snabba insatstiden blev konsekvenserna av branden att 492 personers liv förlorades. Räddningstjänsten kunde inte komma in och släcka branden på grund av att deras väg blockerades av utrymmande besökare som låg i högar på varandra vid entrén där de dött eller höll på att dö. Klubben hade nyligen blivit godkänd vid en brandinspektion. Inspektören åtalades för att begått fel, men det fastställdes att det var inspektionsmetoden som var felaktig (Grant, 1991).

1940 drabbades en dansklubb i det lilla samhället Natchez, Mississippi, av en brand. Kvällen då branden inträffade var en populär artist på plats, varför personantalet var rekordhøgt med 700 personer. Byggnaden var avlång, 40 x 9 m, med entré och kapprum i ena änden av byggnaden. Branden startade i ett hamburgerstånd som var uppställt vid sidan om entrédörren. Denna entré var den enda dörren till lokalen och denna var inåtgående. Det fanns fönster i lokalen, men dessa var igenspikade för att förhindra personer att smita in utan att betala inträde. Branden i hamburgerståndet spreds till dekorativ mossa som lagts på nät under taket i lokalen. Brandspridningen i mossan var snabb och den brinnande mossan började tidigt i brandförloppet trilla ned på besökarna och antända deras kläder. Resultatet av branden var 207 döda och nästan lika många skadade. De döda och skadade återfanns till stor del vid lokalens kortsida, mitt emot entrén, dit de flytt undan branden, men stängts in i bristen på utrymningsväg. Då räddningstjänst kom till platsen bröt de upp väggen på byggnadens kortsida och kunde där igenom rädda några personer, men många hade redan dött i av brandgaserna eller trampats ihjäl (Lyons, 1976).

I en brand på en cirkus år 1944 i Hartford, Connecticut, omkom 163 personer och över 200 personer fördes till sjukhus för vård. Flera av de skadade och döda var barn. Totalt uppgick besökarantalet till cirka 7000 personer under föreställningen. Föreställningen hölls i ett stort ovalt tält som temporärt uppförts på platsen. Branden startade i anslutning till entrén och började tidigt spridas i tältets kanvasduk. Kanvasduken var impregnerad med paraffin för att skapa vattenbeständighet. Efterhand som branden spred sig i tältduken började tältet haverera. Det fanns inga släckredskap såsom handbrandsläckare eller brandposter i tältet. Det gjordes dock försök att släcka branden med vatten i hinkar, men utan resultat.

Tiden innan besökarna började utrymma skilde sig åt beroende på personernas placering i lokalen. Publik långt ifrån branden satt kvar på sina platser långt in i brandförloppet utan att inse faran, medan personerna närmast branden snabbt utrymde. När personerna som satt långt ifrån entrén väl insåg behovet av utrymning, försvårades denna av de lösa stolar som i vissa fall blockerade vägen för utrymning. Förutom detta var utrymningsvägarna längs ena sidan av tältet blockerade av höga gallernät som användes för att transportera djur till och från scengolvet. Flera av de döda dog av brännskador som det nedfallande brinnande taket åstadkom, dessutom trampades ett antal personer ihjäl (Kimberly & Moulton, 1944).

Branden i Beverly Hills Supper Club, 1977, resulterade i 165 döda. Besökarantalet då branden inträffade var i storleksordningen 2700 personer. Branden uppstod på grund av elfel i ett rum i där inga personer vistades. Eftersom byggnaden saknade både branddetektions- och vattensprinklersystem, kunde branden tillväxa under en längre tid. När personal väl upptäckt branden gjordes misslyckade försök att släcka innan utrymning av gäster och tillkallande av räddningstjänst gjordes.

Den största delen av de omkomna personerna vistades i ett kabarérum när branden inträffade. Personantalet i detta rum var ungefär 1200 personer. Personerna dog av rökförgiftning på grund av att utrymningen påbörjats för sent och utrymningsvägarna var otillräckliga. Personantalet i hela byggnaden och i kabarérummet var dubbelt så högt som det som gällande bygglagstiftningen tillät, med de rådande möjligheterna till utrymning (Best, 1978).

2003 brann det i The Station Nightclub under en konsert. Branden initierades av pyroteknik i brännbart material, troligtvis cellplast, i en vägg i vid scenen. Rökutvecklingen i lokalen var snabb och även om personerna i lokalen snabbt började utrymma hann och kunde inte samtliga utrymma. Den tjocka mörka röken som snabbt fyllde lokalen, sänkte siktsträckan och stressade personerna i lokalen under utrymningen. Personer klämdes och kilades fast i varandra vid entrén och flera personer omkom medan de sökte efter utrymningsvägar. 100 personer miste livet vid denna brand och byggnaden totalförstördes. Byggnaden var utrustad med ett branddetektions- och larmsystem, vilket aktiverades under branden. Byggnaden saknade dock sprinklersystem och inga försök att släcka branden gjordes i inledningskedet (Duval, 2006).

The Happy Land Social Club i Bronx, New York, utsattes 1990 för en anlagd brand. Av 93 personer i byggnaden, överlevde endast sex stycken. Branden startades med brännbar vätska i anslutning till huvudentrén. Det fanns endast två utvägar från byggnaden och bägge dessa var i anslutning till varandra. Branden upptäcktes av personal i kapprummet i anslutning till entrén. Personalen varnade andra genom att skrika ”eld”, varefter de två som arbetade i garderoben och två besökare utrymde. En annan i personalstyrkan skall ha begett sig till andra våningen, där många av besökarna befanns sig, och varnat personer där, Endast två av personerna på andra våningsplanet lyckades utrymma. Det största antalet döda återfanns på andra våningen, till vilken det endast fanns en tillgänglig trappa för utrymning. Lokalen var delvis försedd med vattensprinkler och hade även ett branddetektionssystem. Det kunde dock fastställas att dessa inte varit verksamma och släckt eller varnat innan det var för sent. Räddningstjänsten larmades till platsen genom larm på gatan. Branden var fortfarande liten när räddningstjänsten kom till platsen och släckningen gick fort. Faktorerna som ledde till det stora antalet döda fastställdes efter branden till bristen på utrymningsvägar och tillgången på brännbart material (NFPA, 1990).

B.5 Vårdhem

Urvalet av bränder med stora konsekvenser i samlingslokaler har gjorts utifrån definitionen av stora konsekvenser i början av kapitlet och tillgängliga rapporter på NFPA:s webbsida (NFPA, 2013).

Branden i Golden Age Nursing Home tog 63 av 84 patienters liv. Huvuddelen av patienterna var sängbundna och några hade även mentala nedsättningar. Branden startade på grund av ett elfel och spred sig på vinden. Branden slog ut telefonförbindelsen, vilket fördröjde tiden till att räddningstjänst larmades. Dock stannade förbipasserande personer och försökte släcka branden med handbrandsläckare samt hjälpte till med utrymningen. Branden på vinden tillväxte så snabbt att utrymningen var tvungen att avbrytas på grund av röken som fyllde lokalerna. Vinden var i samma brandcell som övriga byggnaden, varför brandgaser spreds ned i patientrummen. Byggnaden hade varken vattensprinkler- eller branddetektionssystem (Juillerat, 1964).

1984 drabbades Beaumont Nursing Home av en brand som resulterade i två döda och tolv skadade. Branden som uppstod på en avdelning i en korridor med TV-utrymme. Orsaken var ett elfel. Den upptäcktes av en sköterska, som omedelbart vidtog åtgärder såsom att varna mer personal, utrymma patienter närmast branden och stänga dörrar till övriga patienter. Efter branden konstaterades brister i underhåll av brandskyddssystem som en orsak till konsekvensens storlek. Byggnaden hade nämligen både ett fränkopplat sprinklersystem samt ett fallerande branddetektions- och larmsystem. Dessutom konstaterades att räddningstjänsten borde ha tillkallats tidigare efter att branden detekterats än vad som gjordes. Placeringen av TV-rummet med brännbar möblering i korridoren som utgjorde utrymningsväg var också en brist som bidrog till skadefallet (Timoney, 1984).

En brand i ett vårdhem i Norfolk, Virginia, startade 1989 i ett patientrum. Branden upptäcktes av en sköterska som kände rökluft. När hon kom in i rummet varnade hon de andra i personalen genom att ropa, varefter hon började utrymma de två patienter som vistades i rummet. När patienterna i brandrummet väl undsatts, hade branden tillväxt så pass att ingen av sköterskorna kunde stänga till dörren till brandrummet. Sköterskorna som medverkat i räddandet av patienterna i brandrummet tvingades fly från den branddrabbade avdelningen på grund av rökspridning i korridoren. Tio patienter på den drabbade avdelningen dog till följd av rökförgiftning i rum där dörren inte varit fullständigt stängd. Först 18 minuter efter att branden upptäckts fick räddningstjänsten larmet. När de kom till platsen var branden fortfarande begränsad till ursprungsutrymmet och kunde snabbt släckas. Brandrök hade däremot spridits inom avdelningen och höll på att spridas andra avdelningar i byggnaden varför total utrymning genomfördes. Utöver de tio patienterna på den drabbade avdelningen omkom två patienter från våningsplanet över det branddrabbade av brandgasexponering. Enligt undersökningen som utfördes efter branden var orsaken till konsekvensens storlek möjligheten för branden att fritt tillväxa i brandrummet utan påverkan av sprinklersystem eller släckningsförsök av personalen. Brandens snabba tillväxt, otillräcklig brandcellsindelning, avsaknaden av detektionssystem samt felfunktion på byggnadens brandlarm var ytterligare faktorer som medverkade till brandens konsekvens (Klem, 1991).

Fyra patienter dog och ytterligare tio skadades, 1990 i en brand i vårdhem i Dardanelle, Arkansas. Branden uppstod av okänd orsak i ett linneskåp. Därifrån spreds sedan brand och rök till utrymmet ovan undertaket. Dessutom spreds brandrök genom dörren från utrymmet ut på avdelningen. Branden upptäcktes av personalen i byggnaden ungefär samtidigt som branden detekterades av byggnadens branddetektionssystem. Några av byggnadens sköterskor gjorde försök att släcka branden med handbrandsläckare, men utan resultat, varefter de började utrymma patienter. Konsekvensen branden fick berodde på att branden kunde spridas och tillväxa obehindrat och oupptäckt (Isner, 1990).

I februari 2003 tände en patient med förståndsnedsettning på sin säng i ett vårdhem i Hartford. Personal började i ett tidigt skede evakuera patienter och alarmera räddningstjänst. Det var dock mindre än hälften av de tolv närvarande i personalstyrkan som var med i arbetet med att sätta patienter i säkerhet. Utvecklingen av branden och brandgaserna gick fort och många av patienterna var immobiliserade, varför antalet dödade av branden uppgick till 16 stycken. Frånvaron av vattensprinklersystem och brister i personalens agerande identifierades som faktorer med stor inverkan på antalet döda (Duval, 2005).

1985 dog åtta personer när ett vårdhus brann i Michigan. Branden startade i en fåtölj i ett patientrum där den upptäcktes av två sköterskor. En av sköterskorna stängde dörrar till andra patienter och varnade mer personal, medan den andra räddade en av de två patienterna i utrymmet där branden startade. På grund av brandens snabbt tilltagande intensitet kunde inte sköterskan utrymma fler patienter än en i startutrymmet. När sköterskan drog sig tillbaka på grund av brandintensiteten, stängde hon inte dörren efter sig till brandrummet. Den varnade personalen aktiverade brandlarmet och larmade räddningstjänst. Vid brandlarmsaktiveringen stängdes dörrarna i brandcellsgränserna, vilket begränsade brandspridningen mellan avdelningarna. De patienter som omkom i branden var alla på den avdelning där branden startat och i utrymmen dit dörrar inte stängts ordentligt. Brandgaser spreds inom byggnaden genom badrumsventilationen samt i trapphusen när dörrarna mot trapphuset användes (Isner, 1987).

B.6 Höga kontorsbyggnader

Urvalet av rapporter av bränder i höga byggnader som bearbetats i detta arbete har inkluderat samtliga tillgängliga rapporter på NFPA:s webbplats (NFPA, 2013). Anledningen till att ingen selektering gjorts, är att antalet rapporter från bränder i höga byggnader är få samt att höga byggnader tillhör Br0 byggnaderna enligt de allmänna råden i BBR (Boverket, 2012a).

1986 uppstod en brand i en 52-våningsbyggnad med kontorslokaler i Boston. Byggnadens kapacitet var cirka 5000 personer, men vid tillfället när branden uppstod var det endast 1500 personer i byggnaden. Branden uppstod på den 14:e våningen, där den aktiverade rökdetektorer. Larmet gick direkt vidare till räddningstjänsten. Samtidigt började byggnadens säkerhetspersonal att informera personerna i byggnaden om läget och uppmanade till utrymning, bekräftade att larmet var aktiverat till räddningstjänst, förberedde räddningstjänstens ankomst samt skickade personal att undersöka branden. Räddningsinsatsen utgick från tionde våningen dit räddningspersonal transporterades med räddningsshiss. Räddningstjänsten identifierade att ett av trapphusen var utsatt för rökspridning, varför man omdirigerade de utrymmande till ett rökfritt trapphus. För att undvika rökspridning och hindra utrymning i det rökfria trapphuset väntade räddningstjänsten med att gå in och släcka branden på den 14:e våningen. Trots rökspridning från planet där branden initierades till ett av de två trapphusen samt ovanliggande våningsplan dog ingen, men tolv personer skadades (Klem & Kyte, 1986).

År 1986 uppstod en brand på tionde våningen i en kontorsbyggnad med 15 våningar i Montreal. Branden spreds till en början endast i horisontell riktning. Genom en otät genomföring mot ett av byggnadens två trapphus spreds branden till detta och vidare till de två våningsplanen ovanför samt till det översta planet. Dessutom spreds branden via ventilationssystemet till plan elva och tolv. Branden orsakade lokala konstruktionskollapsar samt totalskadade våning tio till tolv samt våning 15. Branden upptäcktes sent på grund av att branddetektorer endast fanns i vissa delar av byggnaden. När räddningstjänsten väl kom till platsen, begränsades de av att stegfordonen endast nådde till den nionde våningen, ett av två trapphus var rökfyllt, vattenflödet i byggnadens stigarledning var lågt på grund av en delvis stängd ventil och endast tre sidor av byggnaden var tillgängliga för stegfordonen (Isner, 1986).

Den 62 våningar höga Interstate Bank Building i Los Angeles utsattes 1988 för en brand. Branden började på det tolfte våningsplanet och omfattade hela våningsplanet när första räddningsstyrkan kom till platsen. Innan räddningstjänsten fick kontroll på branden hade den spridit sig till det femtonde våningsplanet. Brand och brandgaser spreds från ursprungsplanet via ventilationssystemet, genomföringar, schakt samt via fasad, hisschakt och trapphus. Brandgasspridningen via schakt och ventilationskanaler var omfattande och ledde till att en brand uppstod på det 27:e våningsplanet. Dessutom försvårade detta räddningsarbetet och utrymningen. Byggnaden höll på att förses med vattensprinklersystem, men detta var inte taget i drift när branden inträffade. När byggnadens branddetektionssystem aktiverades tog en fastighetsskötare hissen upp till våningsplanet för att undersöka vad som hänt. Han återfanns senare död i hissen, där han troligtvis överraskats av branden. De första larmen om branden kom från personer i andra byggnader och förbipasserande personer på gatan som sett branden. Totalt skadades cirka 40 personer och en omkom på grund av branden (Klem, 1988).

En 38-våningskontorsbyggnad i Philadelphia drabbades under 1991 av en brand. Branden resulterade i tre döda brandmän, 25 skadade personer, omfattande skador på byggnaden och på de verksamheter som bedrevs i lokalerna. Byggnaden var vid tillfället för branden i stort sett folktom och huvuddelen av de skadade var brandmän. Larmet till räddningstjänsten kom från en person som sett branden från gatan. Då räddningstjänsten kom till platsen hade branden börjat spridas via fönster i fasaden från ursprungsplanet i mitten av byggnaden till planet över. Det tog drygt 18 timmar och nio våningar innan branden var under kontroll. Förlusten av normal- och reservkraft i byggnaden försvårade räddningsinsatsen, då all transport inom byggnaden skedde via trapphusen och byggnaden mörklades. Felinställningar på byggnadens stigarledningar begränsade vattentillförseln. Planet där branden startade hade inget vattensprinklersystem och detektionssystemet vidarebefordrade inte detektionen till räddningstjänsten. Räddningstjänsten lyckades till slut stoppa brandspridningen genom att förse sprinklersystemet på trettionde våningen med vatten från egna pumpar. Byggnadens konstruktion tog skada av branden, men totalkollaps uteblev (Klem, 1991).

I Rockefeller Center, New York, uppstod 1996 fem bränder samtidigt på grund av elfel. Bränderna tros ha uppstått på grund av kortslutning i kraftinmatningen till byggnaden, vilket lett till en överbelastning av byggnadens elsystem. Samtliga bränder startade i teknikutrymmen. Dessa var varken försedda med rökdetektorer eller vattensprinkler, vilket gjorde att det dröjde innan bränderna upptäcktes och räddningstjänst kom till platsen. Bränderna i elinstallationerna producerade mycket rök. Detta kombinerat med otäta brandcellsgränser gjorde att brandgaser spreds till utrymmen där personer vistades. Rökspridningen och byggnadens komplexa struktur försvårade räddningsinsatsen då brandhårdarna blev svåra att hitta. Byggnadens branddetektionssystem fallerade att detektera bränderna och vidarebefordra larm till räddningstjänsten. Om bränderna inträffat vid en annan tidpunkt då fler personer vistats i byggnaden skulle den uteblivna detekteringen och larmningen kunnat resultera i en större konsekvens. Resultatet av bränderna blev 17 skadade, varav tolv var brandmän. Utöver de skadade tillkom ekonomiska skador på i huvudsak elsystemet (Comeau et al., 1996).

B.7 Hotell

Urvalet av bränder med stora konsekvenser i hotell har gjorts utefter bränder med fler än tjugo döda och tillgången på rapporter på NFPA:s webbsida (NFPA, 2013). Anledningen att gränsen tjugo döda användes, var att det stora antalet dokumenterade bränder i denna typ av verksamhet hade resulterat i en orimligt stor arbetsbörda om den generella gränsen i kapitlets början hade använts.

MGM Grand Hotel utsattes 1980 för en brand som krävde 85 personers liv. Branden uppstod i köksdelen på markplanet, Den spreds därifrån vidare till kasinot som var beläget på samma plan. Här tillväxte branden kraftigt. Genom schakt och ventilationssystem spreds brandrök upp till byggnadens 23 våningar. Värst drabbades de översta våningsplanen, där flest personer dog. Bottenvåningen med kasinot var delvis försett med sprinklersystem, vilket begränsade brandspridningen något (NFPA, 1982).

I The Ozark Hotel i Seattle omkom 20 personer och 25 skadades i en anlagd brand 1970. Mordbrännaren anlade kort efter varandra två bränder i byggnadens trapphus, med hjälp av brännbar vätska. Bränderna växte efter initiering snabbt och involverade de brännbara materialen i trapphusen. Samtidigt spreds rök i byggnaden, eftersom trapphusen inte var utförda som egna brandceller. Brändernas placering i trapphusen gjorde att utrymning fick utföras med räddningstjänstens höjdfordon. Flera personer dog dock på grund av att de hoppat från den fem våningar höga byggnaden. Dåliga brandcellsgränser, avsaknad av släck- och detektionssystem samt förekomsten av brännbart material i utrymningsvägar var orsaker som tros ha bidragit till antalet döda (Bridges, 1971).

En brand i det elva våningar höga Pioneer International Hotel ledde till att 28 personer miste sina liv. Branden tros liksom branden i Ozark Hotel i Seattle ha varit anlagd på första våningen, varifrån rök och brand spridit sig upp genom de öppna trapphusen och ut i byggnaden. Frånvaron av detektion, varsel och släcksystem samt de lodräta öppningarna som trapphusen utgjorde, tros ha varit de största anledningarna till den stora konsekvensen (Stevens, 1971).

Juldagen 1971 drabbas Tae Yon Kak Hotel, Seoul, Korea, av en brand som totalt krävde 163 döda. Byggnaden hade 21 våningar och inrymde både hotell- och kontorslokaler. Branden uppstod på andra våningen i en gasolspis i en cafeteria i anslutning till lobbyen. Tack vare den brännbara gasen kunde branden snabbt utveckla hög effekt och spridas vidare på våningsplanet. Brandgaser spreds via byggnadens öppna trapphus och andra öppna schakt upp i byggnaden. Personer som tidigt utrymde byggnaden kunde se hur branden snabbt spreds till plan två, tre, fyra följt av plan 21. Flera personer lyckades bli räddade av räddningstjänstens höjdfordon, men långt ifrån alla. Många dog när de hoppade ifrån högt belägna våningsplan. Brandens snabba tillväxt i begynnelsestadiet, den snabba brandgas och brandspridningen mellan våningsplan, bristen på skyddade utrymningsvägar och frånvaron av släck- och detektionssystem var faktorer som låg till grund för brandens slutliga konsekvens (Elwood, 1972).

En naturgasläcka orsakade 1976 en explosion följt av en brand i Pathfinder Hotel i Fremont, Nebraska. Läckaget inträffade på en huvudledning i en felaktigt utförd skarvning utanför byggnaden och läckte därifrån in i byggnadens källare. Lukten av naturgas identifierades redan fyra timmar innan explosionen av flera olika personer i hotellet som varnade personalen. Personalen i sin tur försökte sedan få tag på personal från gasföretagen för att hitta läckan. När hotellpersonalen efter en lång stund väl fått personal från gasföretaget på plats, konstaterades det snabbt att koncentrationen av gas var explosiv. Kort där efter exploderade de nedre våningarna. I explosionen dog 14 personer i byggnadens bottenplan. Byggnaden som hade sex våningar, stod kvar efter explosionen, men hade börjat brinna. Branden spred brandgaser i huvudsak i hisschaktet, vilket tog ytterligare sex liv. Flera personer räddades med hjälp av stegar och räddningstjänstens höjdfordon (Dimeo, 1976).

1977 brann det i Filipinas Hotel, Manila, Filippinerna. I branden dog totalt 47 personer. Branden uppstod på morgonen i ett hotellrum på 5:e våningen. Vid brandtillfället blåste det kraftiga vindar med hastigheter upp till 47 kilometer i timmen, vilket motsvarar kulingstyrka. Detta hjälpte branden att spridas efter att fönstren till brandrummet krossats av branden. Vinden accelererade brandspridningen i byggnadens brännbara inredning och väggbeklädnad. Vinden spred dessutom branden till våningar under planet där branden initierades. Hotellpersonal varnade boende i hotellet genom dörrknackning. Dörrarna till byggnadens externa brandstegar hölls låsta under natten, varför de inte kunde användas. Med de externa brandstegarna låsta, var den enda kvarstående utrymningsvägen det öppna trapphuset, i vilket brand och brandgaser spreds. Den snabba brandspridningen på grund av vind, god tillgång på brännbart material och brist på brandcellsindelning orsakade snabbt kritiska förhållanden i stora delar av byggnaden. Räddningstjänst blev enligt brandrapporten larmade relativt sent efter att branden upptäckts, vilket ledde till att släckningsförsök och utrymning via höjdfordon påbörjades sent (Carson, 1978).

I ett hotell i Bradley Beach, New Jersey, dog år 1980 24 av de 38 boende gäster vid en brand. Hotellgästerna var i till största delen äldre och personer med mentala sjukdomar, som blivit rekommenderade hotellet av sjukvården. Branden uppstod troligtvis på grund av ett elektriskt fel i ett dolt utrymme mellan källartaket och golvet till bottenplan. Branden spreds via dörren till källaren som öppnades av en hotellarbetare som hört brandlarmet. Från källaren spreds brand och brandgaser via byggnadens enda interna trapphus till i huvudsak plan två och tre som var överst. På plan två och tre transporterades brandgaserna längs korridoren och in i hotellrummen som stod i förbindelse med korridoren via överluftsdon. Förutom det invändiga trapphuset fanns en utvändigt utrymningsväg i motsatt ände av korridoren. Denna utrymningsväg användes dock sparsamt på grund av att personerna på andra och tredje våningen inte hann utrymma. Anledningar till att antalet döda blev så stort vid denna brand konstaterades till att branden kunde tillväxa länge innan brandlarmet aktiverades, att dörren till källarutrymmet lämnades öppen samt att trapphuset, korridorerna och hotellrummen inte var avskilda från den övriga byggnaden (Bell, 1981).

Stouffer's Inn of Westchester utsattes år 1980 för en anlagd brand i byggnadens konferensdel under pågående konferenser. Det vistades 96 personer i konferensrummen vid brandtillfället. Av dessa omkom 26 i branden. Branden skall utifrån utredningen ha varit anlagd med brännbar vätska i korridoren som band samman de olika konferensrummen, och tjänade som utrymningsväg för dessa. Byggnaden hade ett brandlarmsystem, men det dröjde långt in i brandförloppet innan larm gick ut i byggnaden och i de flesta av konferensrummen upptäcktes branden genom insipprande rök innan brandlarmet aktiverades. Majoriteten av de som omkom i branden var personer som varit i rummen närmast branden. Korridoren användes också som uppehållsutrymme och där serverades fika under rasterna, varför den försetts med brännbar inredning. Denna brist gjorde att det fanns gott om material för branden att tillväxa i efter antändningen. Att detektion och larmning av brandens närvaro kraftigt fördröjdes var ännu en brist som tillsammans med en snabbt tillväxande brand i utrymningsvägen blev en dödlig kombination (Bell, 1982).

Närmare 100 personer dog och 150 skadades år 1987 i en brand i hotellet Dupont Plaza i Puerto Rico. Byggnaden var 20 våningar hög med kasino och balrum på de två nedersta våningarna, resterande våningar innehöll hotellrum. Branden var anlagd med hjälp av brandfarlig vätska i upplagrade hotellmöbler, i ett balrum. Efter som byggnaden inte hade något fungerande branddetektionssystem hade branden hunnit tillväxa ordentligt på grund av den goda tillgången på bränsle. Hotellpersonalen gjorde försök att släcka branden när den upptäckts, men utan resultat. Branden tillväxte snabbt och nådde övertändning samtidigt som gästerna började varnas i kasinot som låg i anslutning till brandrummet. Från att övertändning i balrummet inträffade spreds branden snabbt ut i kasinot där huvuddelen av de som dog återfanns. I genomföringar spreds även brandgaser uppåt till hotelldelen. Här var dock inte händelseförloppet lika dramatiskt och större delen av gästerna klarade sig genom att söka tillflykt på sina balkonger. Flera av personerna som tagit tillflykt till balkongerna dirigerades till taket varifrån de transporterades i säkerhet med helikoptrar. Brandens överraskningsmoment i kasinot var orsaken att så många liv gick till spillo. Detta kunde ske på grund av den goda tillgången av brännbart material, avsaknaden av sprinklersystem som kunde kontrollera den, frånvaron av fungerande branddetektionssystem och otillräckliga utrymningsmöjligheter i kasinot (Klem, 1987).

Branden i Paxton Hotel, Chicago 1993 tog totalt 20 liv. Det finns många oklarheter om denna brand. Till exempel har inte brandorsak och ursprung kunnat fastställas närmare än till första våningen. När räddningstjänsten kom till platsen var stora delar av byggnaden involverad i branden och flera personer stod vid sina fönster och ropade på hjälp. Utifrån räddningstjänstens observationer och mängden personer som fortfarande var kvar i byggnaden när de kom till platsen gjordes följande slutsatser. Branden hade uppstått i ett hotellrum eller förvaringsutrymme på första våningsplan varifrån den spridit sig till ett dolt utrymme i konstruktionen mellan plan ett och två där den fortsatt att tillväxa. Från det dolda utrymmet i konstruktionen hade sedan branden spridits till ett trapphus och vidare ut i byggnaden och överrumplat de boende. Frånvaron av släck- och detektionssystem och tillgängligheten till dolt spridningsutrymme ansågs vara huvudanledningarna till brandens höga dödssiffra (Isner, 1993b).

B.8 Bostadshus

Urvalet av bränder med stora konsekvenser i Bostadshus har gjorts utifrån definitionen av stora konsekvenser i början av kapitlet och tillgängliga rapporter på NFPA:s webbsida (NFPA, 2013).

En brand i ett bostadshus i Bellmore, New York, medförde att sju personer miste livet. Alla sju som miste livet vid denna brand tillhörde familjen som bodde i huset. Brandens orsak har i efterhand fastställts till en portabel fotogenbrännare som användes till uppvärmning av huset. Branden inträffade under natten och räddningstjänsten kallades till platsen av grannar. Branden var enligt rapporten en vanlig villabrand där de viktigaste faktorerna var brist på brandvarnare, felanvändning av portabla värmekällor, felaktigt förvarade brännbara vätskor samt god tillgång till brännbart material (Klem, 1984).

I samhället Keokuk, Iowa, dog sex personer 1999 i en boningshusbrand. De som dog i branden var tre barn och tre brandmän. Branden började på den nedre våningen av byggnadens två plan. Byggnaden saknade brandvarnare vilket gjort att de boende överrumplades och endast mamman och ett barn lyckades fly från ovanvåningen, där de och ytterligare tre barn till vistades när branden inträffade. De tre barnen som inte lyckats utrymma med sin mamma omkom. Det gjorde även tre brandmän som försökte rädda dem. Två av barnen togs ut av de senare omkomna brandmännen, men för sent. Utredningen som gjordes efter branden visade att en fungerande brandvarnare troligtvis hade räddat samtliga barn. Anledningen att räddningspersonalen omkom fastställdes bero på bristande rutiner vid rökdykning och fel bedömning av risken (Duval, 2000).

Räddningstjänsten larmades till en tiovåningsbyggnad med kontor på de två lägsta planen. Resterande plan innehöll lägenheter. Branden hade börjat på grund av en cigarett i en soffa i ett av kontoren på första planet. När räddningstjänsten kom till platsen hade rök spridits till stora delar av första planet och rök spreds även upp i trapphuset. Utrymningen av byggnaden utfördes med hjälp av stegar, eftersom branden på bottenvåningen förhindrade passage av detta plan. Fyra personer dog och 22 skadades av branden. Tre av de döda kunde konstateras att ha dött av brandgasinhalation i byggnadens övre delar, varav två i trapphuset. Orsaker till konsekvensens omfattning konstaterades efter branden till att dörrar till trapphuset fixerats i öppet läge, brandbelastningen hade utökats under ombyggnationer samt att byggnaden varken hade heltäckande vattensprinklersystem eller branddetektions- och alarmsystem (Isner, 1988).

En brand i en 29-våningsbyggnad i North York, Kanada, 1995 resulterade i totalt sex döda personer. Branden började på 5:e våningen i en lägenhet. När de boende flydde lägenheten efter ett misslyckat släckningsförsök, lämnades dörren till trapphuset öppen, vilket ledde till rökspridning i trapphuset. Personerna som omkom i branden var alla från de övre delarna i huset och hade alla väntat med att utrymma via trapphuset till långt in i brandförloppet. Personer som utrymde i början av brandförloppet eller evakuerades från sina balkonger klarade alla sig. Byggnaden var försett med ett larmkommunikationssystem, men detta fungerade inte. Av denna anledning kunde ingen vägledning till utrymningen ges. I brandundersökningen som följde branden, identifierades frånvaron av sprinklersystem, brist på utbildning av fastighetsskötare och boende, avsaknaden av dörrstängare och skorstenseffekt som orsakerna som låg bakom konsekvensen (Isner, 1995).

Julafton 1989 dog 16 personer och 40 skadades vid brand i ett serviceboende för äldre i Johnson City, Tennessee. Branden började på första våningen i den elva våningar höga byggnaden. Branden och brandgaser spreds till en början dolda i undertaket på första våningen och synligt genom öppna dörrar på våningsplanet. Den dolda branden i undertaket spreds emellertid från första planet till samtliga ovanför varande våningar via otäta genomföringar till VVS-installationer. Möjligheten till oupptäckt utveckling och spridning av brand och brandgaser var orsak till konsekvensen enligt undersökningen som utfördes efter branden (Isner, 1989).

En brand i ett fyrvånings lägenhetskomples i Bremerton, Washington, ledde 1997 till att fyra personer miste livet och tolv skadades. Branden uppstod i en lägenhet på tredje våningen där den boende inte var inne vid brandtillfället. Den upptäcktes av föreståndaren till fastigheten som hörde lägenhetens brandlarm och valde att undersöka. Lägenheten var i princip rökfylld när den öppnades och föreståndaren kunde även se brandhärden. Han lämnade dörren till lägenheten öppen när han skyndade sig iväg för att varna grannar genom dörrknackning. Branden kunde därför spridas ut ur lägenheten och vidare till loftgången i brännbart material. God tillgång på brännbart material i fasaden gjorde att branden snabbt spreds i fasaden och vidare in i lägenheter. Då brand och rök strömmade utanpå byggnaden från lägenheten på tredje våningen, försämrades snabbt möjligheten att utrymma via loftgångarna på tredje och fjärde våningsplanen. Den goda tillgången på brännbart material i fasaden, otillräckligt skyddade utrymningsvägar, frånvaron av dörrstängare samt avsaknaden av branddetektions- och vattensprinklersystem var orsaker som brandutredningen i efterhand ansåg legat till grund för händelseförloppet. (Comeau & Duval, 1997).

En brand på ett internatboende i Providence, Rhode Island, 1977 ledde till att tio flickor dog. Brandens orsak är okänd. Den började dock i ett av boningsrummen på fjärde våningen. Därifrån spred den sig via överluftsdon till korridoren. I korridoren fanns vid tillfället brännbar juldekoration, vilken antändes. I och med brandspridningen till korridoren stängdes möjligheten till självutrymning från rummen i korridorens ände. Två av flickorna som dog gjorde detta av skador efter att hoppat från sitt rum. De övriga dog av brandgasinhalation samt brännskador de ådragit sig vid utrymningsförsök (Demers, 1978).

The University of North Carolina drabbades 1996 av en brand i hus med elevboende. Branden uppstod i ett samlingslokal där det varit fest under natten. Eftersom den enda branddetektionsutrustningen i byggnaden var brandvarnare och brandcellsindelningen i byggnaden var dålig, till gränsen på obefintlig, kunde brand och brandgaser spridas och utvecklas inom byggnaden utan de sovandes vetskap. Fem av de boende i tvåvåningsbyggnaden omkom. Dessutom skadades tre personer (Isner, 1996).

B.9 Svenska bränder

För att komplettera de problemområden som identifierats i amerikanska bränder har även ett antal svenska bränder granskats. Gränsvärdena för urvalet av bränder är det samma som för de amerikanska bränderna. Tillgång på rapporter om bränder var dock betydligt sämre än för de amerikanska bränderna. Aktuella bränder söktes på Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps databas IDA (MSB, 2012). Totalt påträffades 15 bränder som passade in, dessa listas i tabell B.1.

Tabell B.1 Svenska bränder med omfattande konsekvenser (MSB, 2012).

År	Stad	Antal döda	Antal skadade	Byggnadstyp
1971	Flen	5	4	Sjukhem
1975	Stockholm	7	16	Sjukhus
1975	Bjuv	1	20	Livsmedelsindustri
1976	Kungsbacka	8	0	Koloni för barn med speciella behov
1978	Borås	20	50	Hotell
1982	Borås	6	0	Bostad, villa
1982	Sundsvall	5	2	Vårdhem
1984	Göteborg	4	13	Industri
1987	Norrälje	6	0	Bostad
1989	Malmö	6	0	Vårdhem
1991	Stockholm	0	18	Sjukhus
1995	Stockholm	0	14	Tunnelbana
1998	Göteborg	63	190	Diskotek
1999	Örebro	1	19	Bostad, flerbostadshus
2009	Stockholm	6	1	Bostad, flerbostadshus

Av dessa hittades endast rapporter på tre av bränderna. Dessa bränder återges i korthet nedan.

1991 anlades en brand på narkomanvårdsavdelningen på Huddinge sjukhus. Ingen omkom i branden, men 18 personer skadades och fick vårdas på sjukvård för sina skador. Branden anlades på ett vådrum av en patient som var missnöjd. Då byggnadens brand larm inte hade detektorer inne på vådrummen, upptäcktes inte branden förrän rök började sippra ut i dörrspringorna. Vårdaren som upptäckte branden gjorde ett försök att bekämpa branden, men var tvungen att ge upp. Vårdaren kunde inte riktigt få igen dörren efter sig, vilket medförde brandgasspridning ut i korridoren som utgjorde utrymningsväg. Under tiden hade räddningstjänsten larmats av annan personal på plats. När räddningstjänsten väl kom till

platsen var det fyra personer kvar i byggnaden som de hjälpte ut. Bristen på fullständig detektering på brandlarmet sågs som en orsak till det omfattande antalet skadade personer. Det fanns ingen larmklocka på den branddrabbade avdelningen vilket ytterligare fördröjde varseblivningstiden. Även bristen på träning och inarbetning av rutiner vid brand för personalen ansågs vara en bidragande orsak till händelseutvecklingen. Det fastställdes i efterhand att konsekvenserna av branden kunde ha varit betydligt värre om personerna på avdelningen haft nedsatt rörelseförmåga. Det bör dock noteras att utrymningen var krävande i då flera patienter var motvilliga att utrymma och gjorde visst motstånd (Brandsjö & Brismar, 1993).

I Göteborg dog 63 och över 200 personer fick uppsöka sjukvård i en brand 1998. Branden anlades i trapphuset till en lokal med diskotekfest där minst 375 personer vistades. Trapphuset utgjorde en av lokalens två utrymningsvägar och var vid tillfället belamrad med möbler från lokalen. I trapphuset kunde branden utvecklas i 10-20 minuter, dold för personerna i lokalen. När branden väl upptäcktes spreds brand och brandgaser snabbt in i lokalen. Lokalen var inte utformad för det vid tillfället stora personantalet. Diskoteksbesökarna hade inte möjlighet att utrymma genom den återstående utrymningsvägen som begränsades av ett bord för biljettförsäljning. På grund av att utrymningsvägen var underdimensionerad, uppstod en propp i dörren. De personer som satt fast i proppen var tvungna att dras ut med hjälp av personer ute i trapphuset. Avsaknaden av brand- och utrymningslarm medförde att branden upptäcktes långt in i brandförloppet. Den sena brandupptäckten i kombination av för dåliga utrymningsmöjligheter medförde att det inte fanns tillräckligt med tid för samtliga personer att komma ut. Dörrstängaren mot trapphuset med branden var vid tillfället ur funktion, vilket annars kunde ha fördröjt brand- och brandgasspridningen in i lokalen (Statens haverikommission, 2001).

År 2009 inträffade en lägenhetsbrand i ett kök i Stockholmsförorten Rinkeby, som resulterade i 7 döda. Branden inträffade i ett så kallat miljonprojekthus. Lägenheten där branden startade var i två våningar belägna på plan två och tre. Personerna i lägenheten blev varse branden och utrymde via trapphuset. Vid utrymningen lämnades dörren till trapphuset öppen vilket medförde brandgasspridning till denna utrymningsväg. Räddningstjänsten lyckades inte öppna luckan för brandgasventilering i början av insatsen, varför brandgaser inte kunde ventileras ur trapphuset. En bit in i insatsen påträffades medvetslösa personer i trapphuset. Dessa bars ut av räddningstjänsten. Totalt påträffades 7 personer som gett sig på att utrymma via det rökfyllda trapphuset. Samtliga dog av brandgasexponeringen. Att dörren mot trapphuset stått öppen, den sena öppningen av rökluckan, bristande förmedling av utrymningsstrategi till personerna i byggnaden sågs som olika bidragande orsaker som ledde till de 7 personernas död. Även kommunikationen inom räddningstjänsten och till ambulanspersonalen var bristande och kunde ha fungerat bättre (Statens haverikommission, 2010).

Bilaga C Implementering av framtagen metod på Br0-byggnad

I denna bilaga implementeras den framtagna metoden för att identifiera verifieringsbehovet på ett fiktivt objekt. Syftet med detta är att identifiera för- och nackdelar med metoden, samt att illustrera hur författaren tänkt att metoden ska användas.

Det fiktiva objektet är en kontorsbyggnad med 100 våningar.

C.1 Identifiering av problemområden.

Identifiering av vilka områden i byggnaden där det kan finnas problematik är första steget identifieringen av verifieringsbehovet som stöd för detta steg finns tabell C.1. Vid ifyllnad av tabellen fyller användaren i vilka förutsättningar som är aktuella och vilket område i BBR som påverkas. Efter att tabellen fyllts i behöver de i kryssade förutsättningarna analyseras med avseende på samverkan mellan olika förutsättningar och om problemområdena de medför är lokala eller globala.

Tabell C.1 Identifiering av aktuella problemområden.

Egenskapskrav i PBF	Särskilda aspekter enligt BBRAD	Identifierade områden som kan innebära problematik	Berört avsnitt i BBR					EKS	
			5.3	5.4	5.5	5.6	5.7		
Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid	Befarade konsekvensen är mycket stor	Stort antal skadade vid kollaps	X				X	X	
		Stora skador på omgivningen vid kollaps						X	
		Förlust av samhällsviktiga funktioner							
Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas		Hög sannolikhet för uppkomst av brand							
		Stor sannolikhet för anlagd brand							
		Hög effektutveckling							
		Snabb brandtillväxt							
		Komplex ventilationssystem							
		Dolda utrymmen där brand och brandgaser kan utvecklas och spridas							
		Hög produktion av brandgaser							
		Syrgas eller syreberikad luft							
		Risk för förändrade brand förutsättningar exempelvis tillfällig dekoration							
		Brandspridningsfrämjande arkitektur t.ex. tät fönsterplacering och brännbar fasad	X		X			X	
		Vertikala schakt såsom atrier och trapphus	X		X			X	
Nivåskillnad inom brandcell, t.ex. läktare									
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas	Utvändig släckinsats inte kan genomföras	Skydd beroende av räddningstjänst				X			
		Brännbar fasad							
Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt	Utrymning kan vara förenat med stora svårigheter	Beroende av personalinsats							
		Beroende av räddningstjänsts insats							
		Risk för ändring av verksamhet							
		Risk för ändring av verksamhet, lös sittinredning							
		Fysiskt krävande eller komplex och svår orienterad utrymningssträcka eller väg	X						
	Personerna i lokalen	Personer vill i första hand göra annat än att utrymma							
		Funktionsnedsättningar	X						
		Utrymning kan inte utföras t.ex. operationssalar							
		Inlåsta personer							
		Alkohol							
		Sovande							
		Låg lokalkännedom							
		Höga personantal	X						
		Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand	Utvändig släckinsats inte kan genomföras	Risk för våld mot räddningspersonal					
Tillgänglighet					X	X	X		
Invändig räddningsinsats kan vara komplicerad	Överblickbarhet								
	Nedfallande byggnadsdelar		X					X	
	Tillgänglighet, låsta dörrar och insatsväg		X		X	X	X		
	Överblickbarhet och orienterbarhet		X		X	X	X		
	Sambandssvårigheter t.ex. p.g.a. konstruktion		X		X	X	X		
	Brandvattenförsörjning över höga höjder, tryckdifferenser		X						

C.1.1 Summering identifierade potentiella problemområden.

I tabell C.1 kan följande problemområden utläsas:

- 1) *Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid:*
 - a) Byggnadshöjden kan medföra stora skador på omgivningen vid kollaps. Detta är ett problemområde med global påverkan. Problemområdet tillsammans med förutsättningen att räddningstjänsten har en lång och tidskrävande inträngningsväg kan få en adderad effekt då brand kan tillväxa och påverka konstruktionen under längre tid.
 - b) Stora personantal och lång utrymningstid medför att kollaps av bärverket kan orsaka omfattande personskada. Adderande effekter är långa utrymningsvägar, lång insatstid, höga personantal. Problemområdet är globalt då det berör byggnadens huvudsystem och hela utrymningen av byggnaden. Denna punkt hör till stor del samman med punkt 4 nedan.
- 2) *Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas:*
 - a) Skorstenseffekt i schakt kan snabbt sprida brand inom byggnaden och kan om det inte hanteras, skapa kritiska förhållanden i utrymmen långt ifrån brandens ursprung. Detta är ett globalt problem då det gäller hela eller stora delar av byggnaden.
 - b) Brandspridning via fasad kan vara problematisk om räddningstjänstens begränsade tillgänglighet kombineras med brännbar fasad eller vertikalt närbelägna fönster. Beroende på omfattningen av tät fönsterplacering och brännbara fasader kan detta problemområde både vara lokalt och globalt.
- 3) *Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas:*
 - a) Brandspridning till närliggande byggnader kan vara problematisk på höjder dit räddningstjänsten inte har möjlighet att verka. Problematiken beror på avstånd till andra byggnader, storlek och antal fönster samt materialval i fasad. På samma sätt som föregående punkt kan detta problemområde både vara lokalt och globalt.
- 4) *Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt:*
 - a) Långa och komplexa utrymningsvägar försvårar utrymningen och förlänger utrymningstiden. Den förlängda utrymningstiden får i kombination med punkt 1 och 2, påskyndad brand- och rökspridning samt sämre bärverksskydd på grund av längre insatstid, adderande effekt. Problemområdet är globalt då det är den totala utrymningen som är problematisk, inte utrymningen från respektive våningsplan. Var svårigheten i utrymningsmöjligheten ligger beror på utrymningsstrategin som väljs. Om utrymningen till exempel ska ske via trappor, blir den fysiskt krävande och personer med funktionsnedsättningar får inte samma möjlighet att utrymma som fullt friska. Utrymning med utrymningstrappor kan förutsättas ta mycket tid i anspråk vilket ställer krav på skyddet av utrymningsvägar. Om utrymningshissar används, att utforma hissarna med tillfredsställande robusthet. Oberoende av val av utrymningsstrategi kan det finnas svårigheter i att få personerna i byggnaden att handla enligt vald strategi.

5) *Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand:*

- a) Det finns flera punkter som tillsammans försvårar och begränsar möjligheten till räddningsinsats. Höjden medför flera adderande effekter; begränsad tillgänglighet både utvändigt och invändigt, svåröverblickbarhet, långa reträttvägar, fara för personalen om delar av fasaden trillar ned, begränsningar och eventuellt störningar i kommunikationsmöjligheten höjden kan även problematisera vattentillförseln på grund av höjddifferensen. Problematiken med begränsningar i insatsmöjlighet och behovet av skydd under en längre tid är ett globalt problem.

C.1.1.1 Slutsats

För flera av de identifierade potentiella problemområdena var det flera olika förutsättningar som samverkade till adderande effekter. Det var även i flera av fallen tydligt att det handlade om global påverkan. För de fall där det både förekommer adderande effekter och problemområdena är globala, punkt 1, 2a, 4 och 5 finns ett stort behov av verifiering, vilket motiverar analytisk dimensionering. För punkt 2b och 3 är det inte lika givna som de övriga punkterna och beror på omfattningen på de potentiella brandspridningsområdena om de är lokala eller globala. Även om de endast är lokala problem kan den adderande effekten av att räddningstjänsten är begränsad i sin insats på grund av svår tillgänglighet medföra ett stort behov av verifiering som motiverar analytisk dimensionering. Utifrån skyddsmålen, föreskrifterna i BBR, anser författaren att det finns behov av analytisk dimensionering på samtliga punkter, 1-5.

C.2 Andra steget analys av hur brandskyddssystemet påverkas av problemområdena och hantering av dem

Detta steg är aktuellt när områdena i behov av analytisk verifiering identifierats och avgjorts utifrån förutsättningarna, deras adderande effekt och dess påverkansområde. Detta steg är aktuellt för att identifiera vilka av brandskyddssystemets egenskaper som särskilt behöver beaktas i verifieringen. Stöd för detta steg är tabell C.2 nedan. På samma vis som föregående tabell finns möjligheten att i denna tabell fylla i vilka delar i BBR som berörs av det aktuella problemområdet.

Samma siffror som användes för att numrera problemområdena i föregående stycka används i tabell C.2. Det bör noteras att det svårt att skilja på vilket problemområde som påverkar vilken egenskap då problemområdena samverkar med varandra. Exempelvis har skyddet av bärverk och skyddet mot brand- och brandgasspridning stark koppling till räddningstjänsten och utrymmande personers säkerhet.

Tabell C.2 Matris för att identifiera vilka av brandskyddets egenskaper som påverkas för ett område där det identifierats behov av verifiering.

Egenskaper i brandskyddssystemet	Berört avsnitt i BBR					EKS
	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	
Funktion	1,2,4	3	2		1,2,5	1
Mänskligt agerande	4				5	
Komplexitet	4	3	2			1
Flexibilitet	4				5	
Känslighet			2			1
Tillförlitlighet och robusthet	1,2,4	3	2		1,2,5	1

När samtliga problemområden gått igenom enligt föregående stycke och tabellen fyllts i kan den användas för att se till så att ingen viktig egenskap missas vid själva verifieringen. Nedan summeras och diskuteras kort de påverkade egenskaperna för respektive problemområde.

1. Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid:

- a) För bärverksbrandskyddet är funktionen att hålla byggnaden intakt och omfattningen på denna funktion i tid som är intressant. Komplexitet tillförlitlighet och robusthet kommer på frågan i valet av skydd. Aktiva system som vattensprinklersystem eller passiva skydd såsom inklädningskanalar kan båda användas för att skydda bärverket men bidrar med olika komplexitet och tillförlitlighet till brandskyddssystemet.

2. Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas:

- a) Tidsbehovet av funktionen att förhindra eller försvåra spridning via schakt beror på behovet av skydd mot spridning av brand och brandgas för att erhålla tillräckligt skydd för utrymmande räddningstjänst och egendom. Funktionen är även vilken schakthöjd och möjliga temperaturdifferenser som skyddet skall klara av. Temperaturskillnader och vindpåverkan är parametrar för vilket ett system för skydd mot spridning via schakt kommer komplexiteten i brandskyddet öka mer eller mindre. Robustheten och tillförlitligheten till skyddet mot spridning via schakt är beroende av val av skyddssystem och beaktande av parametrar som systemet är känsligt för.
- b) Brandspridning via fasad mellan våningsplan är problematiskt på grund av den begränsade tillgängligheten räddningstjänsten har till de högre våningsplanen. Funktionen är den samma som för låga byggnader, men måste uppnås med hänsyn till att räddningstjänsten har en begränsad flexibilitet och en längre tid innan de kan börja verka för att hindra spridning. Komplexiteten och tillförlitligheten till detta skydd beror på hur skyddet utförs. Passiva skydd såsom avstånd mellan fönster och materialval bidrar med hög tillförlitlighet och låg komplexitet i jämförelse med introduktion av aktiva släcksystem.

3. Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas:

- a) På samma sätt som spridning via fasad är spridning mellan byggnader problematisk då räddningstjänsten är begränsad på grund av byggnadshöjden.

Likaså är komplexitet, tillförlitlighet och robusthet i skyddet beroende av hur skyddet utförs, med passiva eller aktiva system.

4. *Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt:*
 - a) Funktionen är naturligtvis att personer i byggnaden ska ha möjligheten att utrymma, vilket är kopplat till bärverksbrandskyddet och skyddet mot brand- och brandgasspridning. Egenskapen mänskligt agerande kommer på fråga i avseendet att få personerna i byggnaden att förstå aktuell utrymningsstrategi och följa den. Möjligheten till utrymning medför ett komplexare skyddssystem då olika tekniska system såsom utrymningslarm med talat meddelande eller utrymningshissar installeras för att funktionen ska uppnås. Byggnadens höjd medför en sämre flexibilitet i möjligheten i att utrymma, då personer tvingas att utrymma via trapphus. Antalet tillgängliga oberoende trapphus bidrar med olika flexibilitet då det ger möjlighet att välja flyktväg beroende på brandens placering. Tillförlitligheten och robustheten i möjligheten beror av samtliga skyddsåtgärder som verkar för utrymningsmöjligheten och beroendet mellan de olika skyddsåtgärderna.
5. *Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand:*
 - a) Funktionen är att räddningstjänsten ska ha tillräckligt skydd och ha möjlighet att verka vid en brand. På grund av byggnadshöjden begränsas räddningstjänst till invändig insats då höjdfordonen har en begränsad räckvidd på cirka 8 våningar. Denna begränsning medför att flexibiliteten i det skydd räddningstjänsten utgör minskas. Den höga byggnadshöjden resulterar i långa inträngningsvägar, vilket medför behov av tillförlitligt och robusthet i de skyddsåtgärder som skyddar bärverk och begränsar brand och brandgasspridning. Det kan även finnas ett behov av att särskilt beakta mänskligt agerande med avseende på räddningstjänstens möjlighet att överblicka status och styra brandskyddsåtgärderna.

C.3 Robusthets- och tillförlitlighetsanalys av vald brandskyddslösning

För att åskådliggöra hur skyddsåtgärderna verkar används tabell C.3. Skyddsåtgärderna som anges i tabellen är exempel för att illustrera tanken med hur tabellen ska användas.

Tabell C.3 Matris för att åskådliggöra brandskyddets komplexitet.

Brandskyddsåtgärder	5.3 Möjlighet till utrymning	5.4 Uppkomst av brand	5.5 Spridning inom byggnad	5.6 Spridning mellan byggnader	5.7 Räddnings- insats	EKS Skydd av bärverk	Beroende av andra system	Extern påverkan
Vattensprinklersystem	X		X	X	X	X	El, vatten, styrning av pumpar	Hydrostatiska tryckskillnader
Mekanisk brandgasventilation av schakt	X		X		X	X	El, styrsystem, detektionssystem	Vind, hydrostatiska tryckskillnader
Nödbelysning	X				X		El	
Räddningshiss	X				X		El, styrsystem	
Utrymningshiss	X						El styrsystem	
Trycksatt stigarledning					X		El, vatten	Hydrostatiska tryckskillnader
Brandcellsindelning	X		X		X		Detektionssystem, styrsystem av uppställda dörrar	

För de system som satts in för att exemplifiera systemsamverkan går det enkelt efter ifyllnad av tabell C.3 att utläsa hur systemen samverkar och var de verkar för att öka skyddet.

Utifrån tabellen går det att utläsa att ström- och vattentillförsel samt systemstyrning är punkter där det är av stor vikt att tillförlitligheten och robustheten är hög, då flera skyddsåtgärder är beroende av dem.

Genom horisontell avläsning kan det konstateras att flera skyddsområden skyddas av vattensprinklersystemet. Vilket motiverar att detta skyddssystem utformas hög robusthet.

Kolumn 5.3, möjlighet till utrymning, och 5.7, möjlighet till räddningsinsats, skyddas av flera olika skyddsåtgärder. Detta är fördelaktigt då visst skydd består om en skyddsåtgärd fallerar. Förutsättningen för detta att skyddsåtgärderna inte är beroende av varandra för att fungera.

Ett skyddsområde erhåller således hög robusthet om det skyddas av flera av varandra oberoende skyddssystem.

De skyddsåtgärder som underlättar för räddningsinsats påverkar flera områden, såsom brandspridning mellan byggnader, skyddet mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad. Räddningstjänsten är ett skydd mot spridning inom och mellan byggnader och om deras insats underlättas, förbättras även detta skydd.

Bilaga D Implementering av framtagen metod på Br1-byggnad

I denna bilaga implementeras den framtagna metoden på en Br1-byggnad för att identifiera verifieringsbehovet på ett andra fiktivt objekt. Syftet med att implementera metoden på en byggnad som inte tillhör klassen Br0-klassen är att utvärdera om det även finns analytiskt verifieringsbehov för denna klass.

Det fiktiva objektet är en kontorsbyggnad med 15 våningar.

D.1 Identifiering av problemområden.

I tabell D.1 nedan kryssas aktuella förutsättningar i för de aktuella förutsättningarna mot de områden som påverkas i BBR.

Efter tabellen analyseras de i kryssade förutsättningarna med avseende på samverkan mellan olika förutsättningar och om de har lokal eller global påverkan.

Tabell D.1 Identifiering av aktuella problemområden.

Egenskapskrav i PBF	Särskilda aspekter enligt BBRAD	Identifierade områden som kan innebära problematik	Berört avsnitt i BBR					EKS
			5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	
Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid	Befarade konsekvensen är mycket stor	Stort antal skadade vid kollaps	X				X	X
		Stora skador på omgivningen vid kollaps						
		Förlust av samhällsviktiga funktioner						
Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas		Hög sannolikhet för uppkomst av brand						
		Stor sannolikhet för anlagd brand						
		Hög effektutveckling						
		Snabb brandtillväxt						
		Komplex ventilationssystem						
		Dolda utrymmen där brand och brandgaser kan utvecklas och spridas						
		Hög produktion av brandgaser						
		Syrgas eller syreberikad luft						
		Risk för förändrade brand förutsättningar exempelvis tillfällig dekoration						
		Brandspridningsfrämjande arkitektur t.ex. tät fönsterplacering och brännbar fasad	X		X		X	
		Vertikala schakt såsom atrier och trapphus	X		X		X	
Nivåskillnad inom brandcell, t.ex. läktare								
Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas	Utvändig släckinsats inte kan genomföras	Skydd beroende av räddningstjänst				X		
		Brännbar fasad						
Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt	Utrymning kan vara förenat med stora svårigheter	Beroende av personalinsats						
		Beroende av räddningstjänsts insats						
		Risk för ändring av verksamhet						
		Risk för ändring av verksamhet, lös sittinredning						
		Fysiskt krävande eller komplex och svår orienterad utrymningssträcka eller väg						
	Personerna i lokalen	Personer vill i första hand göra annat än att utrymma						
		Funktionsnedsättningar						
		Utrymning kan inte utföras t.ex. operationssalar						
		Inlåsta personer						
		Alkohol						
		Sovande						
		Låg lokalkännedom						
		Höga personantal	X					
Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand	Utvändig släckinsats inte kan genomföras	Risk för våld mot räddningspersonal						
		Tillgänglighet			X	X	X	
		Överblickbarhet						
	Invändig räddningsinsats kan vara komplicerad	Nedfallande byggnadsdelar	X				X	
		Tillgänglighet, låsta dörrar och insatsväg	X		X	X	X	
		Överblickbarhet och orienterbarhet	X		X	X	X	
		Sambandssvårigheter t.ex. p.g.a. konstruktion						
Brandvattenförsörjning över höga höjder, tryckdifferenser	X							

D.1.1 Summering och analysering identifierade potentiella problemområden.

I tabell D.1 kan följande problemområden utläsas:

- 1) *Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid:*
 - a) Då byggnaden har flera plan kan det förutsättas finnas ett stort antal personer i byggnaden vilket vid en kollaps skulle kunna medföra omfattande personskador. Författaren anser inte att utrymningssträckan från de övre planen medför en adderande effekt då personer med normal fysik kan antas utrymma denna sträcka under brandens initiala skede. Däremot kan det finnas behov av att beakta räddningstjänstens insats som kan förutsättas bli försvårad av att byggnadens höjd överstiger nåbarhet med höjdfordon.
- 2) *Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas:*
 - a) Schakt för installationer och tillgänglighet kan på grund av höjddifferenserna bidra till en snabb brandspridning mellan våningsplanen. Problematiken är global då den beror av de sammanhängande höjderna av schakt i byggnaden.
 - b) Brandspridning via fasad kan vara problematisk på den del av byggnaden som är belägen högre än tillgängligt med räddningstjänstens höjdfordon då insatsen och brandbekämpningen kan antas vara snabbare på dessa plan. Liksom på den högre byggnaden i bilaga C kan problemområdet både bedömas som lokalt eller lokalt beroende på omfattningen av tät fönsterplacering och brännbara fasader.
- 3) *Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas:*
 - a) Brandspridning till närliggande byggnader kan vara problematisk över den höjd dit räddningstjänsten har möjlighet att verka. Problematiken beror på avstånd till andra byggnader, storlek och antal fönster samt materialval i fasad. På samma sätt som föregående punkt kan detta problemområde både vara lokalt och globalt.
- 4) *Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt:*
 - a) Problematik med utrymning är inte lika självskriven som i byggnaden i bilaga C, eftersom det är troligt att huvuddelen av personerna i byggnaden relativt snabbt kan utrymma. Beroende på val av lösning, kan det dock finnas problematik med avseende på byte från flexibilitet med två utrymningsvägar till en med högre tillförlitlighet.
- 5) *Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand:*
 - a) Trots den betydligt lägre byggnadshöjden är det endast cirka hälften av byggnaden som är tillgänglig för utvändig räddningsinsats. Detta försvårar och begränsar flexibiliteten i räddningsinsatser på byggnadens övre del. Förutom att byggnadshöjden begränsar tillgängligheten, försvårar det även överblickbarheten, ökar tidsbehovet för reträtt och medför risk för skada av nedfallande fasaddelar. I detta fall då en stor del av byggnaden inte är tillgänglig utifrån med höjdfordon, bedöms problematiken som global. Begränsningen i möjligheten till utvändig räddningsinsats har adderande effekt tillsammans med punkt 2b och 3.

D.1.1.1 Slutsats

Det tydligaste området som har stort verifieringsbehov är räddningstjänstens insats som både har global påverkan och adderande effekter med både skyddet mot brand- och brandgasspridning inom byggnad och till andra byggnader, 5. Beroende på storlek på aktuell yta och kombinationen av begränsad räddningsinsats på höga höjder kan skyddet mot brandspridning mellan byggnader och inom byggnad via fasad vara i behov av analytisk verifiering, punkt 2b och 3. Spridning av brand- och brandgaser via schakt kan vara problematiskt på grund av byggnadshöjden, vilket är ett globalt problem. Det finns dock ingen direkt adderande effekt med byggnadens andra förutsättningar. Detta föranleder inte att det behöver finnas något egentligt behov av analytisk verifiering. Skyddet av bärverket kan ha adderande effekter med begränsningen i räddningsinsats på de högre höjderna, vilket motiverar vidare utrednings behov av bärverksbrandskyddet. För utrymningssäkerheten anses det inte finnas ett verifieringsbehov som motiverar analytisk verifiering, annat än specifika utformningar av utrymningsstrategin.

D.2 Andra steget analys av hur brandskyddssystemet påverkas av problemområdena och hantering av dem

Markeringarna i tabell D.2 nedan följer samma numrering som användes i föregående stycke. De områden där det identifierats ett möjligt behov av analytisk verifiering är 2b, 3 och 5.

Tabell D.2 Matris för att identifiera vilka av brandskyddets egenskaper som påverkas för ett område där det identifierats behov av verifiering.

Egenskaper i brandskyddssystemet	Berört avsnitt i BBR					EKS
	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	
Funktion		3	2b		5	
Mänskligt agerande					5	
Komplexitet		3	2b			
Flexibilitet					5	
Känslighet						
Tillförlitlighet och robusthet		3	2b		5	

Tabellen ovan har endast använts på de områden där analytiskt verifieringsbehov identifierats. Dessa punkter diskuteras nedan.

- 2) *Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas:*
 - b) Brandspridning via fasad mellan våningsplan är problematiskt på grund av den begränsade tillgängligheten räddningstjänsten har till de högre våningsplanen. Funktionen är den samma som för lågdelen av byggnaden, men skyddet måste uppnås med hänsyn till att räddningstjänsten har en begränsad flexibilitet och en längre förflyttningstid. Komplexiteten och tillförlitligheten till detta skydd beror på hur skyddet utförs. Passiva skydd såsom avstånd mellan fönster och materialval bidrar med hög tillförlitlighet och låg komplexitet i jämförelse med introduktion av aktiva släcksystem.
- 3) *Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas:*
 - a) På samma sätt som brandspridning via fasad, punkt 2b ovan, är spridning mellan byggnader problematisk utanför räddningstjänstens räckvidd. Likaså är komplexitet, tillförlitlighet och robusthet i skyddet beroende av hur skyddet utförs, med passiva eller aktiva system.

5) *Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand:*

- a) Funktionen är att räddningstjänsten ska ha tillräckligt skydd och ha möjlighet att verka vid en brand. På grund av byggnadshöjden begränsas räddningstjänst till invändig insats då höjdfordonen har en begränsad räckvidd på cirka 8 våningar. Denna begränsning medför att flexibiliteten i det skydd räddningstjänsten utgör minskas. Den höga byggnadshöjden resulterar i långa inträngningsvägar, vilket medför behov av tillförlitligt och robusthet i de skyddsåtgärder som skyddar bärverk och begränsar brand och brandgasspridning. Behovet av överblickbarhet av brandskyddsåtgärderna är speciellt intressant för de åtgärder som finns till för att underlätta insatsmöjligheten och personalens skydd.

D.3 Robusthets- och tillförlitlighetsanalys av vald brandskyddslösning

I tabell D.3 nedan redovisas exempel av ett antal skyddssystem som kan vara aktuella.

Tabell D.3 Matris för att åskådliggöra brandskyddets komplexitet.

Brandskyddsåtgärder	5.3 Möjlighet till utrymning	5.4 Uppkomst av brand	5.5 Spridning inom byggnad	5.6 Spridning mellan byggnader	5.7 Räddnings- insats	EKS Skydd av bärverk	Beroende av andra system	Extern påverkan
Mekanisk brandgasventilation av schakt	X		X		X	X	El, styrsystem, detektionssystem	Vind
Nödbelysning	X				X		El	
Räddningshiss	X				X		El, styrsystem	
Trycksatt stigarledning					X		El, vatten	Hydrostatiska tryckskillnader
Brandcellsindelning	X		X		X		Detektionssystem, styrsystem av uppställda dörrar	

Tabell D.3 illustrerar att flertalet av skyddsåtgärderna har skyddande effekt på räddningstjänsten och de utrymmandes säkerhet vilket bådär för god robusthet på dessa skyddsområden.

Utifrån tabellen går det att utläsa att strömtillförsel och systemstyrning är punkter där det är av stor vikt att tillförlitligheten och robustheten är hög, då flera skyddsåtgärder är beroende av dem.