

Brandteknisk riskanalys vid analytisk dimensionering - med tillämpning på höga byggnader

Dan Cornelius
Daniel Eggertsen

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

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

Report 5237, Lund 2007



**Brandteknisk riskanalys vid analytisk dimensionering –
med tillämpning på höga byggnader**

**Dan Cornelius
Daniel Eggertsen**

Lund 2007

Titel

Brandteknisk riskanalys vid analytisk dimensionering – med tillämpning på höga byggnader

Title

Fire risk analysis in analytic design – applied to high rise buildings

Författare/Authors

Dan Cornelius & Daniel Eggertsen

Report 5237

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB-5237-SE

Antal sidor/Number of pages: 93

Illustrationer/Illustrations: Om inte annat anges, författarna.

Nyckelord

Brandteknisk riskanalys, brandteknisk riskbedömning, hög byggnad, analytisk dimensionering, riskbedömningsmetod, riskanalysmetod, probabilistisk analys, kvalitativ analys, kvantitativ analys, riskvärdering, granskning, dokumentation, kvalitet.

Key words

Fire risk analysis, fire risk assessment, high rise building, analytic design, method for risk assessment, method for risk analysis, probabilistic risk analysis, qualitative analysis, quantitative analysis, risk evaluation, peer review, documentation, quality.

Abstract

The aim of this master thesis is to present a risk assessment method to evaluate fire safety in high rise buildings. The method is essentially based on international building regulations and handbooks, interviews with *Boverket* (the Swedish National Board of Housing, Building and Planning) and interviews with the fire and rescue service. Two case studies have been carried out to investigate how risk assessment methods to evaluate fire safety in high rise buildings are used in Sweden today.

Språk/Language: Svenska/Swedish

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2007.

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

Department of Fire Safety Engineering and
Systems Safety
Lund University
P.O. Box 118
SE- 221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60

Sammanfattning

Vid revideringen av Boverkets byggregler, BBR, år 2002 försökte Boverket anpassa regelverket för att även omfatta höga byggnader. Några av de ändringar som genomfördes var att byggnader med endast ett trapphus begränsades från obegränsat antal våningsplan till maximalt 16. Krav ställdes även på att analytisk dimensionering skall genomföras vid projekteringen av komplexa byggnader, dit byggnader med fler än 16 våningar räknas. Detta krav finns angivet i avsnitt 5:13 i *BBR, Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2006:12*, som återges nedan.

”Analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys skall verifiera brand- och utrymnings säkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskador. Analytisk dimensionering kan vara beräkning, provning, objektsspecifika försök eller kombinationer av dessa. (BFS 2005:17).
...”

Syftet med examensarbetet är att bringa klarhet i vid vilket *behov* riskanalyser för höga byggnader ska genomföras, hur de ska genomföras, vad som ska analyseras samt vilken metod som bör användas. Målet är att presentera ett förslag till hur en brandteknisk riskanalys för komplexa byggnader bör utformas för att uppnå en hög kvalitet. Examensarbetet avgränsades till att endast studera brandtekniska riskanalyser för personsäkerhet i höga byggnader.

Den framtagna riskbedömningsmetoden utgör det huvudsakliga resultatet av examensarbetet och syftar till att visa teoretiskt på hur en riskanalys och riskvärdering ska genomföras för att uppnå en hög kvalitet. Syftet är även att föra utvecklingen av användandet av riskanalyser framåt samt att försöka skapa ett gemensamt synsätt inom branschen. Riskbedömningsmetoden som är till för att verifiera en byggnads brandsäkerhet är tillämpbar för att utvärdera hela byggnadens brandskydd. Metoden ska efter viss modifiering även vara användbar för andra typer av komplexa byggnader än höga byggnader och ska därför ses som en övergripande beskrivning av hur analysen ska genomföras. Sammanfattningsvis kan sägas att metoden inte i detalj styr hur arbetet ska utföras utan istället beskriver den övergripande arbetsgången. En begränsning med metoden är att den inte tar någon större hänsyn till ekonomiska och tidsmässiga begränsningar som kan finnas hos projektören vid genomförandet av analysen. Anledningen till att ingen större hänsyn tas till eventuella begränsningar är för att dessa inte ska styra analysens utformning och inverka på analysens kvalitet.

Den framtagna riskbedömningsmetoden grundar sig framförallt på information från en internationell studie där regelverk och standarder studerades. De länder som ingick i studien var Storbritannien, Australien, USA, Kanada, Nya Zeeland, Norge och Danmark. Den internationella studien syftade även till att skapa en lägesbild över hur andra länder behandlar riskanalyser för projektering av byggnaders totala brandskydd. Utöver den internationella studien grundar sig den framtagna riskbedömningsmetoden även på litteraturstudier av relevant litteratur samt intervjuer med representanter från Boverket samt räddningstjänsterna i Stockholm, Göteborg, Malmö och Varberg.

Intervjun med representanter från Boverket genomfördes för att utreda hur Boverket menar att en riskanalys ska genomföras och utformas samt mot vilka acceptanskriterier analysen ska jämföras. Intervjun syftade även till att klargöra vid vilket behov en riskanalys ska genomföras. Det framkom att behovet enligt Boverket beror på byggnadens komplexitet men generellt kan sägas att då en brand kan medföra mycket stora konsekvenser finns det definitivt ett behov av riskanalys. Riskanalysen är enligt Boverket tänkt att användas som ett verktyg

för en systematisk genomgång av hela byggnadens brandsäkerhet. Tanken är att genom att använda sig av riskanalys identifiera de stora svagheterna i byggnadens brandskydd som kan ge upphov till stora konsekvenser.

Vidare har representanterna från räddningstjänsterna i Stockholm, Göteborg, Malmö och Varberg intervjuats för att bland annat få räddningstjänstens syn på projekteringen av höga byggnader. Allmänt kan sägas att enligt räddningstjänsten ska ett grundläggande synsätt vara att räddningstjänstens insatser inte ska förutsättas i projekteringen på grund av bland annat de långa insatstiderna i höga byggnader.

Slutligen genomfördes en fallstudie där riskanalyser jämfördes mot den framtagna metoden för att studera hur dessa skiljer sig från metoden i rapporten. Det framkom i fallstudien att den framtagna metoden i många avseenden var mer omfattande än de studerade riskanalyserna. Syftet med fallstudien var även att studera vilka metoder som används och hur analyserna är genomförda samt att kartlägga i vilken utsträckning riskanalyser används vid projektering av höga byggnader i Sverige och internationellt. Det kan konstateras att mängden riskanalyser på höga byggnader är begränsad. I Sverige kan detta i stor utsträckning förklaras med att endast ett fåtal höga byggnader är projekterade efter år 2002 då kravet på riskanalyser infördes i BBR. Även internationellt visade sig att tillgången på riskanalyser på höga byggnader var starkt begränsad. Avsaknaden tyder troligen på att det idag till stor del används förenklad dimensionering vid projektering av höga byggnader.

Summary

When the Swedish building regulations were reformulated in 2002, *Boverket* (the Swedish National Board of Housing, Building and Planning) tried to include regulations concerning high rise buildings. One of the changes that were made was to limit the number of floors to 16 in buildings with only one stairwell. The new regulations also required that analytic design and risk analysis must be used when designing complex buildings, including high rise buildings with more than 16 floors.

The aim of this master thesis is to examine when fire risk analysis should be used to evaluate the fire safety in high rise buildings. The aim is also to present a method for risk assessment, including methods for risk analysis and risk evaluation, to evaluate the fire safety for occupants in high rise buildings. An essential intent in the method is to achieve a high quality of the risk analysis when using the developed method.

The method should be seen as a general description of how risk assessment should be carried out. The method can therefore easily be modified for use when designing other complex buildings. A limitation with the method is that time and economical limitations were not accounted for when developing the method.

The method is essentially based on international building regulations and handbooks. The countries that have been analysed are United Kingdom, Australia, USA, Canada, New Zealand, Norway and Denmark. The international study is also made to examine how risk analyses are used in building design in other countries. The method is also based on relevant literature, interviews with *Boverket* and interviews with the fire and rescue service.

The purpose of the interview with *Boverket* was to clarify how it suggests the risk assessment should be carried out and what acceptance criteria should be used. The purpose of the interview was also to determine when it is necessary to use risk analysis in building design according to *Boverket*. The need for risk analysis depends on the complexity of the building according to *Boverket*. Generally, when fire can cause large consequences, risk analysis is necessary. The risk analysis should be used to systematically analyse the fire safety in a building so that weaknesses of the fire safety systems that may cause large consequences can be identified.

Fire and rescue services were interviewed to get their point of view on the design of high rise buildings. They made it clear that the fire rescue intervention should not be taken into account when designing the fire safety in high rise buildings due to the long intervention time.

Finally two case studies have been implemented to investigate how methods for risk assessment to evaluate fire safety in high rise buildings are used in Sweden today. Risk analyses are not frequently used when designing high rise buildings in Sweden and the explanation is probably that only a small number of high rise buildings have been designed since 2002, when the regulations were reformulated. Internationally the use of risk analyses when designing high rise buildings is also unusual. The reason is probably because deemed-to-satisfy provisions are often used. Another purpose of the case studies was to identify the differences between the method for risk assessment in the report and the two case studies. In the study it can be stated, among other things, that the method for risk assessment is more extensive than the two risk analyses observed in the case studies.

Förord

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

Under examensarbetets gång har vi varit i kontakt med en lång rad personer som vi skulle vilja passa på att tacka.

Först och främst vill vi tacka vår handledare Håkan Frantzich på avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH, som bidragit med vägledning, kommentarer och diverse litteratur.

Vidare vill vi rikta ett stort tack till vår handledare Emma Lindsten på Bengt Dahlgren AB som lämnat värdefulla kommentarer och synpunkter.

Dessutom vill vi tacka Staffan Abrahamsson, Anders Johansson och Tomas Rantatalo på Boverket, Daniel Ekström - Räddningstjänsten Storgöteborg, Fredrik Åkesson - Räddningstjänsten Varberg, Rima Adawi, Linus Eriksson och Henrik Greiff - Räddningstjänsten syd samt Anders Bergqvist - Stockholms brandförsvaret som varit hjälpsamma och deltagit vid intervjuer och svarat på våra frågor.

Slutligen vill vi passa på att tacka de företag som bidragit med material till fallstudien samt alla övriga personer som varit mer eller mindre behjälpliga under examensarbetets gång.

Dan Cornelius & Daniel Eggertsen

Lund, december 2007.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE	4
1.3	MÅL	4
1.4	FRÅGESTÄLLNINGAR	4
1.5	AVGRÄNSNINGAR	4
1.6	MÅLGRUPP	5
1.7	METOD	5
1.7.1	<i>Vetenskaplig metod</i>	5
1.7.2	<i>Vetenskaplig teknik</i>	6
1.7.3	<i>Vetenskaplig kvalitet</i>	6
1.8	FELKÄLLOR	7
1.9	DEFINITIONER/BEGREPP/FÖRKORTNINGAR	7
1.10	DISPOSITION	9
2	ALLMÄNT OM RISKANALYSER	11
2.1	RISKHANTERINGSPROCESSEN	11
2.2	FÖRDELAR OCH BEGRÄNSNINGAR MED RISKANALYSER	12
2.2.1	<i>Fördelar</i>	12
2.2.2	<i>Begränsningar</i>	13
2.3	RISKANALYSER PÅ OLIKA NIVÅER	13
2.4	KRAV PÅ RISKANALYSER	15
2.4.1	<i>Kvalitetskrav</i>	16
2.5	OSÄKERHETER VID RISKANALYSER	18
2.5.1	<i>Olika typer av osäkerheter</i>	18
2.5.2	<i>Hantering av osäkerheter</i>	19
2.6	ACCEPTABEL RISK	20
2.6.1	<i>Beslutskriterier vid riskvärdering</i>	21
2.6.2	<i>Acceptanskriterier</i>	21
3	ALLMÄNT OM HÖGA BYGGNADER	23
3.1	DEFINITION AV HÖG BYGGNAD	23
3.2	SPECIFIKA KRAV PÅ HÖGA BYGGNADER I BBR	23
3.3	RISKER SPECIFIKA FÖR HÖGA BYGGNADER	23
3.4	HÖGA BYGGNADER I SVERIGE	25
4	BOVERKETS SYN PÅ BRANDTEKNISKA RISKANALYSER	27
4.1	BEHOVET AV RISKANALYSER	27
4.2	SYFTE SAMT UTFORMNING AV RISKANALYSER	27
4.3	ACCEPTANSKRITERIER	28
4.4	REFLEXION KRING BOVERKETS SYN PÅ BRANDTEKNISKA RISKANALYSER	28
5	RÄDDNINGSTJÄNSTEN OCH HÖGA BYGGNADER	29
5.1	INSATS I HÖGA BYGGNADER	29
5.2	PROBLEM FÖR RÄDDNINGSTJÄNSTEN	29
5.3	HÄNSYN TILL RÄDDNINGSTJÄNSTENS INSATSMÖJLIGHETER VID PROJEKTERING	31
5.4	UTFORMNING AV BRANDSKYDD MED HÄNSYN TILL RÄDDNINGSTJÄNSTEN	31
6	INTERNATIONELL STUDIE	33
6.1	STORBRIANNIEN	33
6.2	IFEG - INTERNATIONAL FIRE ENGINEERING GUIDELINES	35
6.2.1	<i>Jämförelse mellan BS 7974 och IFEG</i>	36
6.3	AUSTRALIEN	37
6.4	KANADA	37
6.5	NYA ZEELAND	37
6.6	USA	38
6.6.1	<i>NFPA</i>	38
6.6.2	<i>ICC</i>	38

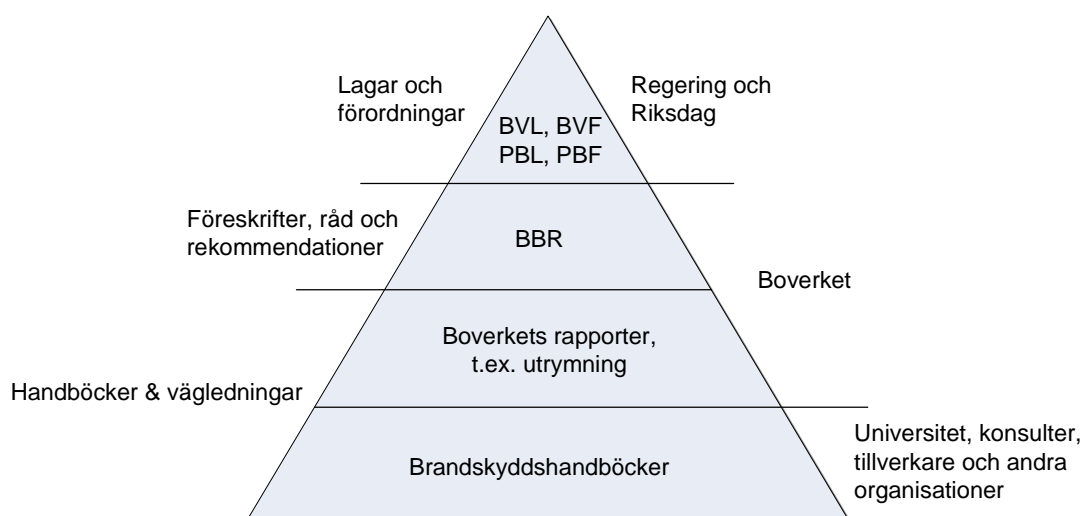
6.6.3	SFPE	39
6.7	DANMARK	39
6.8	NORGE.....	40
6.8.1	SINTEF - Metode for å beregne personsikkerheten mht brann i bygninger.....	41
6.9	ISO.....	42
6.10	SAMMANFATTNING AV DEN INTERNATIONELLA STUDIEN	43
7	METOD FÖR BRANDTEKNISK RISKBEDÖMNING	45
7.1	ÖVERGRIPANDE ARBETSGÅNG.....	45
7.2	FÖRARBETE	47
7.2.1	Precisering av mål, syfte och omfattning	47
7.2.2	Beskrivning av byggnad och verksamhet	48
7.2.3	Framtagning av brandskyddslösning	49
7.2.4	Val av analysmetod	52
7.2.5	Val av acceptanskriterier	52
7.3	KVALITATIV ANALYS	55
7.3.1	Identifiering av riskkällor.....	56
7.3.2	Grovanalys - val av inledande händelser.....	57
7.3.3	Beskrivning av scenarier.....	59
7.4	KVANTITATIV ANALYS	61
7.4.1	Beräkning av konsekvenser	61
7.4.2	Bestämning av sannolikheter och frekvenser	62
7.4.3	Beräkning och presentation av risk.....	63
7.4.4	Hantering av osäkerheter.....	63
7.5	ACCEPTABEL RISK - RISKVÄRDERING	66
7.6	DOKUMENTATION SAMT SLUTDOKUMENT	67
7.7	GRANSKNING.....	69
8	FALLSTUDIE	71
8.1	OBJEKTSBESKRIVNING AV FALLSTUDIEOBJEKTEN	72
8.1.1	Fallstudieobjekt A	72
8.1.2	Fallstudieobjekt B	72
8.2	SYSTEMATISK GENOMGÅNG	73
8.2.1	Förarbete	73
8.2.2	Kvalitativ analys.....	74
8.2.3	Kvantitativ analys.....	76
8.2.4	Acceptabel risk – riskvärdering	77
8.2.5	Dokumentation	78
8.2.6	Granskning.....	78
8.3	AVSLUTANDE DISKUSSION ANGÅENDE FALLSTUDIEOBJEKTEN	78
9	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	81
9.1	EXAMENSARBETETS FRÅGESTÄLLNINGAR BESVARAS	81
9.2	DISKUSSION KRING DEN FRAMTAGNA RISKBEDÖMNINGSMETODEN	82
9.3	BEHOVET AV RISKANALYS	83
9.4	BOVERKETS FRAMTIDA RIKTLINJER OCH RÅD KRING RISKBEDÖMNINGAR	84
10	REFERENSER	85
	BILAGA A – ÖVERGRIPANDE FRÅGOR TILL BOVERKET	91
	BILAGA B – ÖVERGRIPANDE FRÅGOR TILL RÄDDNINGSTJÄNSTERNA	93

1 Inledning

Examensarbetet avser att beskriva hur riskanalyser bör användas för att verifiera brandsäkerheten i komplexa byggnader som exempelvis höga byggnader. I det inledande kapitlet beskrivs examensarbetets bakgrund, syfte och mål samt de frågeställningar som ska besvaras i rapporten. Vidare redovisas de vetenskapliga metoder och tekniker som använts samt examensarbetets avgränsningar, målgrupp och eventuella felkällor. Avslutningsvis redogörs för rapportens disposition för att skapa en klarare bild av rapportens upplägg och därmed underlätta för läsaren.

1.1 Bakgrund

De grundläggande lagar som finns i Sverige idag som behandlar det byggnadstekniska brandskyddet är *Plan- och bygglag (1987:10)* med tillhörande förordning, *Plan- och byggförordning (1987:383)* samt *Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. (1994:847)* med tillhörande förordning, *Förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. (1994:1215)*. Det är framförallt dessa lagar och förordningar som ligger till grund för Boverkets föreskrifter, råd och rekommendationer som bland annat ges ut som *BBR*, *Boverkets byggregler*, *BFS 1993:57* (Boverket, 2006). Vidare ger Boverket ut rapporter som fungerar som vägledningar till BBR. Utöver Boverkets rapporter ger även andra organisationer som exempelvis universitet och brandkonsultföretag ut olika typer av handböcker som fungerar som guider vid projektering av byggnaders brandskydd. Den hierarkiska uppbyggnaden av lagar, förordningar, föreskrifter, råd, rekommendationer samt handböcker och vägledningar åskådliggörs i figur 1.1 nedan.



- BVL – *Byggnadsverkslagen, lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. (1994:847)*
 BVF – *Byggnadsverksförordningen, förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. (1994:1215)*
 PBL – *Plan- och bygglagen (1987:10)*
 PBF – *Plan- och byggförordning (1987:383)*
 BBR – *Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2006:12*

Figur 1.1 Hierarkisk uppbyggnad av lagar, förordningar, föreskrifter, råd, rekommendationer samt handböcker och vägledningar vid brandteknisk projektering. Till höger anges vem som är ansvarig för upprättandet av respektive lag, råd eller vägledning (Lundin, 2001).

Byggreglerna som styr den brandtekniska dimensioneringen har varit funktionsbaserade sedan år 1994 vilket innebär att reglerna styr vilken funktion som ska uppfyllas men inte i detalj hur detta ska åstadkommas. Dock finns vissa detaljkrav kvar. De övergripande funktionskraven, utifrån vilka Boverket har rätt att skriva sina föreskrifter, finns angivna i BVF, *Byggnadsverksförordningen, förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.* (Gyberg, 1999).

”4 § Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt 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. räddningsmanskapets säkerhet vid brand beaktas.”

De fem punkterna ovan, som alla ska beaktas vid projekteringen av en byggnads brandskydd, syftar till att ställa krav på olika aspekter gällande en byggnads säkerhet vid brand. Dock är de olika punkterna inte helt fristående utan stark koppling finns mellan dem. Samtliga punkter kan exempelvis indirekt sägas påverka personsäkerheten. Tydligast koppling finns mellan punkt två och fyra där spridningen av brand och rök direkt påverkar utrymningsituationen för personer i byggnaden. Även egendomsskyddet i byggnader berörs av flera punkter ovan, i form av bärförmågan, spridning av brand och rök inom byggnaden samt spridning av brand till annan byggnad. Boverkets föreskrifter rörande byggnaders brandskydd, samlade i kapitel 5 i BBR är till stor del fokuserade på personsäkerhet. Detta kan medföra att de andra tekniska egenskapskraven glöms bort om brandskyddsprojekteringen sker med utgångspunkt endast från BBR (Gyberg, 1999).

För att uppfylla de funktionsbaserade kraven vid dimensionering av en byggnads brandskydd kan i huvudsak två olika tillvägagångssätt användas, *förenklad dimensionering* och *analytisk dimensionering*, se figur 1.2 nedan.

Funktionsbaserad dimensionering med föreskriven säkerhetsnivå enligt BBR		
Krav i BBR efterlevs		Ett eller flera krav i avsnitt 5:3 – 5:9 efterlevs ej
Krav, allmänna råd och Boverkets rapporter följs (referenssystem)	Delar av kraven i föreskrifter uppfylls med andra lösningar och metoder	Alternativ utformning enligt avsnitt 5:11 i BBR
Förenklad dimensionering		Analytisk dimensionering

Figur 1.2 Olika dimensioneringsmetoder och tillvägagångssätt för att uppfylla byggreglerna (Brandskyddshandboken, 2005).

Vid förenklad dimensionering följs alla de krav och råd som finns angivna i BBR och Boverkets rapporter. Analytisk dimensionering innefattar dimensionering när samtliga krav i BBR efterlevs men uppfylls med andra metoder än de som anges i råden i BBR (det vill säga ett eller flera avsteg från råden i BBR). En annan typ av analytisk dimensionering är

alternativ utformning enligt avsnitt 5:11 vilket tillämpas då ett eller flera krav i avsnitt 5:3-5:9 i BBR inte efterlevs (det vill säga ett eller flera avsteg från *kraven* i BBR) (Lundin, 2001).

Enligt BBR (Boverket, 2006) är analytisk dimensionering någon form av beräkning, provning, objektsspecifika försök eller kombinationer av dessa. Beräkningar kan genomföras allt från enklare deterministiska analyser, exempelvis strålningsberäkningar, till att omfatta probabilistiska analyser i form av exempelvis riskanalyser av en hel byggnads brandsäkerhet. Oavsett vilken dimensioneringsmetod som används får inga avsteg från de fem tekniska egenskapskraven i BVF göras.

Den förenklade dimensioneringen grundar sig på tidigare byggtradition och är därför anpassad för "traditionella" byggnader. Då byggnadens utformning inte passar in i den förenklade dimensioneringen eller då byggnadens komplexitet är sådan att den förenklade dimensioneringen inte är tillämpbar måste analytisk dimensionering användas (Brandskyddshandboken, 2005). Vid vissa typer av byggnader ställs det i BBR dessutom specifika krav på att analytisk dimensionering skall genomföras.

BBR revideras kontinuerligt för att anpassas till utvecklingen för att även omfatta "nya" typer av byggnader. En av dessa "nya" typer av byggnader är höga byggnader då dessa blir allt vanligare i Sverige. Troligtvis kommer det fortsättningsvis att byggas allt fler och allt högre byggnader då detta tycks vara en trend över hela världen. Vid revideringen av Boverkets byggregler år 2002 försökte Boverket anpassa regelverket för att även omfatta höga byggnader. Några av de ändringar som genomfördes var att byggnader med endast ett trapphus begränsades från obegränsat antal våningsplan till maximalt 16. Krav ställdes även på att analytisk dimensionering skall genomföras vid projekteringen av komplexa byggnader. Detta krav finns angivet i avsnitt 5:13 i *BBR, Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2006:12*, som återges nedan.

"Analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys skall verifiera brand- och utrymnings säkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskador. Analytisk dimensionering kan vara beräkning, provning, objektsspecifika försök eller kombinationer av dessa. (BFS 2005:17).
..."

I det allmänna rådet anges att höga byggnader omfattas av avsnitt 5:13, detta då rådet fastställer att

"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. Exempel på sådana byggnader kan vara byggnader med fler än 16 våningsplan, byggnader med vissa typer av samlingslokaler eller vårdanläggningar, samt komplexa byggnader under mark.
..."

Boverket (2003) har i sin konsekvensutredning försökt beskriva vad ändringen av avsnitt 5:13 innebär. I konsekvensutredningen står att

"Användandet av riskanalyser ökar kunskapen kring modellens begränsningar, tillförlitlighet och en ökad diskussion kring dimensioneringskriterier och samhällets acceptanskriterier. Målet i det enskilda fallet är att optimera brandskyddet och med säkerhet identifiera och eliminera svagheter i brandskyddet. Detta ger ökad erfarenhet som är till stor hjälp då samhället skall utreda acceptanskriterium och den risk samhället anser vara acceptabel vid brand i byggnad..."

Kravet, rådet samt konsekvensutredningen gör klart att vid behov ska en riskanalys genomföras då en hög byggnad, över 16 våningar, projekteras. Någon klarare beskrivning om

när behovet finns eller hur riskanalysen ska genomföras preciseras emellertid inte av Boverket.

Oklarheterna kring genomförandet och behovet av riskanalyser kan medföra problem för projektören vid verifiering av brandsäkerheten i höga byggnader. Problemen uppkommer då det blir upp till den enskilde projektören att avgöra när behovet finns samt vilka metoder och tillvägagångssätt som ska användas. Detta leder i sin tur till att genomförda riskanalyser kan variera mycket med avseende på kvalitet, resultat och bedömning av risk.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att bringa klarhet i vid vilket behov riskanalyser för höga byggnader ska genomföras, hur de ska genomföras, vad som ska analyseras samt vilken metod som bör användas.

1.3 Mål

Målet med examensarbetet är att presentera ett förslag till hur en brandteknisk riskanalys med avseende på personsäkerheten i komplexa byggnader, med inriktning på höga byggnader, bör utformas för att uppnå en hög kvalitet.

1.4 Frågeställningar

Följande frågeställningar kommer att besvaras i rapporten för att uppfylla syftet och målet med examensarbetet.

- *Vilken riskanalysmetod bör användas och hur ska den genomföras?*
- *Vad bör analyseras?*
- *Vad ska riskanalysen jämföras mot, vilka kriterier?*
- *Vad kännetecknar hög kvalitet i en riskanalys?*
- *När uppstår behovet av att genomföra en brandteknisk riskanalys?*
- *Går det att räkna med räddningstjänsten vid en brand i en hög byggnad, eller måste byggnaden "klara sig själv"?*
- *Hur genomförs riskanalyser för höga byggnader idag?*

1.5 Avgränsningar

Examensarbetet har avgränsats till att endast studera brandtekniska riskanalyser för personsäkerhet i höga byggnader. Med personsäkerhet menas här säkerheten för utrymmande personer. Denna avgränsning görs framförallt för att BBR främst är inriktad på personsäkerhet samt att då personsäkerheten har beaktats enligt punkt 4 i 4 § i BVF har även övriga punkter i 4 § till viss del tagits hänsyn till enligt tidigare resonemang. Det är även angivet i avsnitt 5:13 i BBR att *riskanalys ska genomföras för byggnader med stor risk för personskada*, vilket av författarna tolkas som att det är personsäkerheten som riskanalysen framförallt ska beakta. Därför kommer inte bärförmåga, räddningsmanskapets säkerhet samt spridning av brand till närliggande byggnadsverk att analyseras närmare än att de beaktas

indirekt i analysen av personsäkerheten. Dessutom kommer inte risker med nedfallande föremål tas hänsyn till annat än att det nämns som en särskild risk som kan förekomma vid höga byggnader och insatser i dessa.

Ytterligare avgränsningar i examensarbetet är att faktorer som berör byggnadens påverkan på den samhälleliga riskbilden eller dess påverkan på miljön inte kommer att beaktas. Utöver detta är examensarbetet även avgränsat i tid till 20 veckor.

1.6 Målgrupp

Rapporten riktar sig till yrkesverksamma brandingenjörer och civilingenjörer i riskhantering samt till studenter på brandingenjörsprogrammet och civilingenjörsprogrammet i riskhantering. Förhoppningen är att rapporten även ska nå ut till andra aktörer som är involverade i projekteringen av höga byggnader samt till personer som bedriver verksamhet eller förvaltar en hög byggnad. Målgruppen förutsätts ha grundläggande kunskaper inom brand- och riskhanteringsområdet.

1.7 Metod

Nedan beskrivs de vetenskapliga metoder och tekniker som ligger till grund för examensarbetet.

1.7.1 Vetenskaplig metod

Metoden är det vetenskapliga sätt som rapportens ämne är behandlat på. Det finns en rad olika vetenskapliga metoder att tillgå vid skrivandet av en vetenskaplig rapport. Valet av metod är ett viktigt led i strävan efter vetenskaplighet och den valda metoden kommer att påverka och ligga till grund för hela rapporten (Ejvegård, 2003).

Till grund för detta examensarbete ligger framförallt två olika vetenskapliga metoder, deskription samt fallstudie, som kort beskrivs nedan.

1.7.1.1 Deskription

Deskription är den enklaste av de vetenskapliga metoderna och används för att beskriva och redogöra för ett specifikt ämne till exempel hur ett land ser ut eller hur en organisation är uppbyggd (Ejvegård, 2003). Den deskriptiva metoden används i kapitel 1-6. I kapitel 2 och 3 samt i avsnitt 1.1 *Bakgrund* beskrivs riskanalyser och höga byggnader översiktligt med syfte att skapa en allmän förståelse om ämnet samt att redogöra för bakgrunden till examensarbetet. Den deskriptiva metoden används även i kapitel 4 och 5 för att beskriva Boverkets samt räddningstjänstens förhållande till riskanalyser och höga byggnader. I kapitel 6 används den deskriptiva metoden för att beskriva hur riskanalyser genomförs internationellt samt hur de internationella regelverken är uppbyggda.

1.7.1.2 Fallstudie

Syftet med en fallstudie är enligt Ejvegård (2003), ”att ta en liten del av ett stort förlopp och med hjälp av fallet beskriva verkligheten och säga att fallet representerar verkligheten.”. På grund av den grova förenklingen och den generalisering som är förknippad med denna metod måste man vara försiktig med de slutsatser som dras (Ejvegård, 2003). Slutsatserna bör mer ses som fingervisningar om verkligheten. Denna metod används i kapitel 8 vid undersökning av tillvägagångssättet som används för riskanalyser för byggnader idag. Den genomförda fallstudien har en deskriptiv ansats då den även syftar till att beskriva hur de enskilda riskanalyserna är genomförda.

1.7.2 Vetenskaplig teknik

Den vetenskapliga teknik som används vid insamlandet av materialet till examensarbetet beskrivs kort nedan. Med vetenskaplig teknik menas tillvägagångssättet för insamlande av information (Ejvegård, 2003).

1.7.2.1 Litteraturstudier

Relevant litteratur har studerats för att skapa en allmän kunskap inom området höga byggnader. Svenska och internationella regelverk och guider har studerats för att undersöka möjligheten att använda brandtekniska riskanalyser samt hur dessa genomförs vid projektering av byggnader i allmänhet.

1.7.2.2 Intervjuer

Representanter från Boverket har intervjuats för att få deras syn och tankar på innehållet i det svenska regelsystemet angående riskanalyser och höga byggnader. Dessutom har brandingenjörer från räddningstjänsterna i Göteborg, Malmö och Varberg intervjuats för att på så sätt erhålla räddningstjänstens åsikter angående höga byggnader samt deras möjlighet till insats i dessa.

Samtliga intervjuerna har genomförts i diskussionsform med utgångspunkt från på förhand fastställda huvudfrågeställningar. Diskussionsformen har valts för att möjliggöra för djupare resonemang och följdfrågor. Dessa återfinns i *bilaga A* och *bilaga B*.

1.7.2.3 Övrig informationsinsamling

Utöver ovan nämnda vetenskapliga tekniker har även informationsinsamlingen skett genom e-postkorrespondens med bland annat brandingenjörer från räddningstjänsterna i Stockholm och Malmö samt med representanter från Boverket. E-postkorrespondens har även nyttjats vid sökandet av riskanalyser utförda i Sverige och internationellt.

Information har även sökts genom att kontakt tagits med ett flertal andra personer verksamma inom brand- och riskhanteringsområdet. Utöver detta har även författarna närvarat vid ett föredrag på temat *Brandtekniska utmaningar när det byggs på höjden - analytisk dimensionering/verifiering/riskanalys, med koppling till projektering och Räddningstjänstens insats* vid BIVs (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap) lokalgruppsmöte i Göteborg.

1.7.3 Vetenskaplig kvalitet

För att en rapport ska uppnå en god kvalitet och uppfylla ett vetenskapligt värde är det av största vikt att ett objektivet förhållningssätt till ämnet upprätthålls genom hela arbetsprocessen (Ejvegård, 2003). I rapporten har därför ämnet belysts utifrån flera olika synvinklar, myndighetens (Boverket), räddningstjänstens samt de som jobbar inom området (exempelvis brand- och riskkonsultfirmor) för att åstadkomma en så objektiv bild av ämnet som möjligt. Dessutom är det viktigt att de källor som används håller en hög vetenskaplig kvalitet (Ejvegård, 2003) vilket i detta examensarbete har beaktats genom att källor, inom ämnesområdet, från välkända författare och organisationer har använts.

Ytterligare en viktig faktor för att en studie ska hålla hög kvalitet är att studien har hög validitet. Hög validitet innebär att det som avses att mätas verkligen mäts (Ejvegård, 2003). För att erhålla hög validitet i examensarbetet har olika räddningstjänster intervjuats för att få en verklig beskrivning av räddningstjänstens möjligheter till insats i höga byggnader samt att

Boverkets samtliga representanter inom brandområdet närvarade vid intervjun av Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser.

1.8 Felkällor

Författarna studerar båda till civilingenjörer i riskhantering varpå deras objektivitet till ämnet riskanalyser kan ifrågasättas. Dock ses detta inte som något större problem av författarna då utbildningen inte enbart belyser ämnet från dess positiva sida utan även klart påvisar begränsningar och osäkerheter, vilket torde öka författarnas förmåga att upprätthålla ett objektivt synsätt.

Utländska riskanalyser till fallstudien i kapitel 6 har nästintill uteslutande sökts via internationellt yrkesverksamma före detta studenter på brandingenjörs- samt riskhanteringsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Ett mer omfattande sökande av riskanalyser i utlandet skulle möjligen kunna leda till att fler analyser erhållits, vilket förändrat draga slutsatser.

En av de riskanalyser som ingår i den jämförande fallstudien i kapitel 8 är inte lika omfattande som den i rapporten beskrivna riskbedömningsmetoden då denna analyserar *ett* avsteg och inte hela byggnadens säkerhet som i den framtagna riskbedömningsmetoden. Detta medför sannolikt att jämförelsen inte blir hel rättvisande men det anses dock intressant att ha med analysen i rapporten då denna kan påvisa hur riskanalyser på höga byggnader används i Sverige idag. Dock är det svårt att dra några generella slutsatser då underlaget till fallstudien är begränsat till endast två riskanalyser.

1.9 Definitioner/begrepp/förkortningar

Nedan förklaras för rapporten viktiga begrepp och förkortningar.

<i>ALARP</i>	As Low As Reasonably Practicable – området mellan acceptabel och oacceptabel risk där riskerna ska reduceras i skälig utsträckning.
<i>Bayesiansk uppdatering</i>	Matematisk metod för att reducera kunskapsosäkerheter vid erhållandet av mer ”information”.
<i>Brandskyddlösning</i>	Utformningen av byggnadens brandskydd.
<i>Brandteknisk riskanalys</i>	Riskanalys där hänsyn endast tas till risker förknippade med brand.
<i>CFD</i>	Computational Fluid Dynamics är en datormodell för att simulera flöden och kan exempelvis användas för att simulera brand och rökspridning.
<i>Delphiundersökning</i>	En metod för sammanvägning av olika experters bedömningar av exempelvis värden på osäkra parametrar.
<i>Deterministisk analys</i>	Värdet på olika parametrar ansätts med <i>ett</i> representativt värde och resultatet fås som en punktuppskattning (Nilsson, 2003).

<i>Felträd</i>	Felträd används för att ta fram felfrekvensen för exempelvis ett tekniskt system genom att identifiera de händelser som orsakar felet.
<i>FN-kurva</i>	Grafisk åskådliggörande av <i>samhällsrisk</i> . Visar den ackumulerade frekvensen för olika antal personer utsatta för en viss konsekvens, exempelvis kritiska förhållanden.
<i>Grova fel</i>	Benämningen grova fel används för fel som kan uppkomma vid planering, analys, konstruktion, underhåll och användning och som kan orsaka olyckor (Thoft-Christenson & Baker, 1982). Mänskliga fel är enligt Frantzich (1998) ofta orsaken till grova fel och kan exempelvis vara att en projektör gör fel i beräkningarna eller att fel byggmaterial används vid konstruktionen än vad som var angivet i projekteringen. Frantzich menar även att grova fel kan reduceras genom att vid projektering av byggnader använda intern och extern kontroll, hög kompetens och rätt inställning hos de anställda samt en bra organisation.
<i>Individrisk</i>	Beskriver risken för en specifik person som befinner sig på en specifik plats inom ett riskområde.
<i>Kvalitativ riskanalys</i>	En enkel typ av riskanalys som bygger på kvalitativa bedömningar av t.ex. sannolikheten av en oönskad händelse och dess konsekvens.
<i>Kvantitativ riskanalys</i>	En typ av riskanalys som bygger på numeriska värden på t.ex. sannolikheten av en oönskad händelse och dess konsekvens. Risken fås som ett numeriskt mått vilket ofta jämförs mot ett acceptanskriterium.
<i>Probabilistisk analys</i>	En analys där hänsyn tas till sannolikheter. Ofta beräknas konsekvensen av en oönskad händelse med hänsyn till sannolikheten i någon form av riskanalys.
<i>Risk</i>	<p>En kvantitativ definition av risk, R, enligt Kaplan & Garrick (1981) beskrivs med ekvationen</p> $R = \{(s_i, p_i, x_i)\}$ <p>Ekvationen innebär att en risk kan beskrivas av en taltriplett som är svaret på frågorna</p> <ul style="list-style-type: none">Vad kan gå fel (s_i)?Hur sannolikt är det att det händer (p_i)?Om det händer, vad blir konsekvenserna (x_i)? <p>En annan vanligt förekommande definition av risk är sannolikheten för en olyckshändelse, sammanvägd med dess konsekvens (Banverket, 2007).</p>

<i>Riskmatrix</i>	Ett hjälpmedel för att värdera risk genom att grafiskt åskådliggöra risker med sannolikhet och konsekvens.
<i>Riskscenariorymd</i>	Samtliga riskscenarier för ett visst definierat system.
<i>Samhällsrisk</i>	Samhällsrisk kan definieras som sambandet mellan frekvensen av olyckor och de konsekvenser som uppstår och inkluderar risker för alla personer som utsätts för en risk. Resultatet kan presenteras i form av <i>FN-kurva</i> (Davidsson, Lindgren, Mett, 1997).
<i>What-if-analys</i>	Metod för att identifiera riskkällor och dess konsekvenser genom att ställa frågor av typen ”Vad händer om...”

1.10 Disposition

Rapportens disposition beskrivs i nedanstående avsnitt för att underlätta för läsaren och ge en bättre förståelse för rapportens upplägg. Rapporten består av 9 huvudkapitel vilka kan delas in i de fyra huvuddelarna *bakgrund*, *utredande del*, *metod för riskbedömning* och *avslutande del* enligt figur 1.3 nedan.

BAKGRUND	Kapitel 1 -	Inledning
UTREDANDE DEL	Kapitel 2 -	Allmänt om riskanalyser
	Kapitel 3 -	Allmänt om höga byggnader
	Kapitel 4 -	Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser
	Kapitel 5 -	Räddningstjänstens och höga byggnader
	Kapitel 6 -	Internationell studie
METOD FÖR RISKBEDÖMNING	Kapitel 7 -	Metod för brandteknisk riskbedömning
AVSLUTANDE DEL	Kapitel 8 -	Fallstudie
	Kapitel 9 -	Diskussion och slutsatser

Figur 1.3 Indelning av rapportens huvudkapitel i fyra delar.

I *bakgrundsdelen*, som utgörs av kapitel 1, beskrivs examensarbetets bakgrund, syfte och mål samt vilka frågeställningar som ska besvaras i rapporten. Utöver detta anges också examensarbetets avgränsningar och eventuella felkällor samt hur själva arbetet har genomförts.

Kapitel 2 till och med 6, som tillsammans utgör den *utredande delen*, syftar till att ta fram information och ligga till grund för framtagandet av en riskbedömningsmetod för höga byggnader. Riskbedömningsmetoden presenteras i kapitel 7 och utgör målet med examensarbetet. Den *utredande delen* inleds med kapitel 2 där en allmän genomgång av brandtekniska riskanalyser görs. Vidare diskuteras bland annat fördelar och begränsningar med riskanalyser samt vilka krav som bör ställas på dessa. Kapitlet syftar även till att placera riskanalysen som en del i den större riskhanteringsprocessen. Därefter följer kapitel 3 som behandlar höga byggnader, där bland annat specifika risker diskuteras. Detta kapitel syftar till

att ge läsaren förståelse för de särskilda förhållanden som är karakteristiska för höga byggnader.

I kapitel 4 redovisas Boverkets syn och tankar kring riskanalyser för höga byggnader vilket är av intresse då det är Boverket som anger kravet på riskanalyser i BBR. I kapitel 5 beskrivs räddningstjänstens syn på säkerheten i höga byggnader samt deras möjligheter till insats. Huvuddelen i den utredande delen är den internationella studien som presenteras i kapitel 6 som har som huvudsyfte att skapa en lägesbild över hur andra länder behandlar riskanalyser för projektering av byggnaders totala brandskydd.

Nästa del, *metod för riskbedömning*, består av kapitel 7 i vilken en metod för brandteknisk riskbedömning för höga byggnader presenteras. Den framtagna riskbedömningsmetoden är målet med examensarbetet och kan ses som rapportens huvudsakliga resultat och grundar sig på rapportens föregående delar.

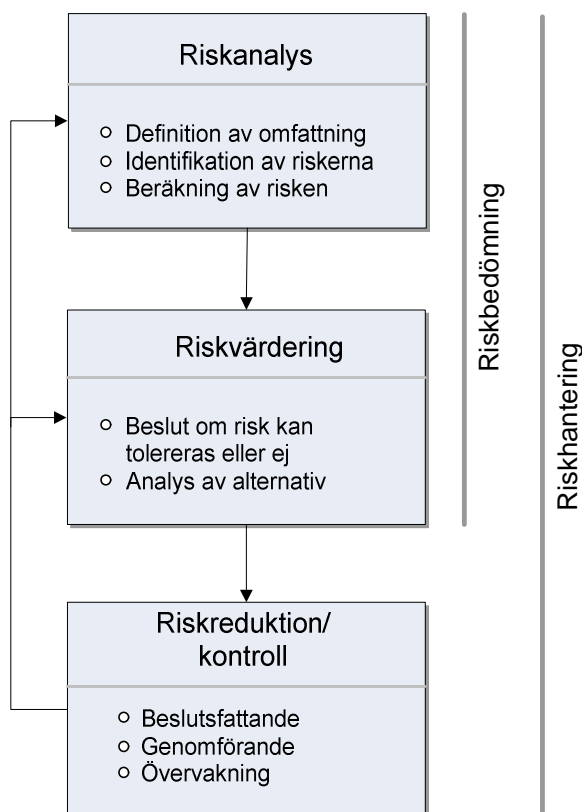
Rapportens *avslutande del* utgörs av kapitel 8 och 9. I kapitel 8 studeras genomförda riskbedömningar på höga byggnader, samt att en jämförelse görs mellan dessa och den i examensarbetet framtagna riskbedömningsmetoden. Slutligen presenteras sammanfattande diskussioner och slutsatser i kapitel 9.

2 Allmänt om riskanalyser

I följande kapitel beskrivs vad som menas med *riskanalys* samt att riskanalysen sätts in som en del i den så kallade *riskhanteringsprocessen*. Vidare beskrivs i detta kapitel fördelar och nackdelar med att använda riskanalyser vid projektering av byggnader. Då det i BBR ställs krav på att riskanalys skall genomföras för vissa typer av byggnader diskuteras vilka olika nivåer som riskanalysen kan genomföras på. Dessutom diskuteras vad för typ av krav det är som ställs och vem som egentligen är kravställare. I kapitlet diskuteras även frågeställningen *vad som avses med hög kvalitet på en riskanalys*. Som avslutande del i kapitlet beskrivs viktig teori kring riskanalyser vad gäller osäkerheter och acceptanskriterier.

2.1 Riskhanteringsprocessen

I BBR anges som nämnts ovan att en *riskanalys* skall genomföras men riskanalysen ska inte enbart ses som en isolerad del i arbetet med att hantera risker utan det krävs att den ingår som en del i den mer omfattande *riskhanteringsprocessen*. Riskhanteringsprocessen kan beskrivas med International Electrotechnical Commissions, IEC (1995) modell enligt figur 2.1 nedan. Hela processen består av delarna *riskanalys*, *riskvärdering* och *riskreduktion/kontroll*.



Figur 2.1 Riskhanteringsprocessen enligt IEC (1995), översatt av Nilsson (2003).

Riskanalysen beskrivs enligt IEC (1995) som en systematisk process i vilken sannolikheter och omfattningen av icke önskvärda konsekvenser, på människor, egendom och miljö, identifieras. Riskanalysen innefattar definition av analysens omfattning, identifikation av risker samt beräkning av risken. *Riskvärderingen* är en process i vilken en bedömning görs utifrån riskanalysen om den beräknade risken är tolerabel eller ej. I riskvärderingen ingår även att eventuella handlingsalternativ analyseras. *Riskreduktionen/kontrollen* beskrivs som en

beslutsprocess för att ta hand om och/eller reducera riskerna, samt att åtgärder genomförs och kontrolleras. Riskanalysen och riskvärderingen utgör tillsammans *riskbedömningen* och riskbedömningen tillsammans med riskreduktionen/kontrollen utgör hela *riskhanteringen*. Riskhanteringen ska ses och bedrivas som en iterativ process, därav benämns hela arbetsgången som *riskhanteringsprocessen*. Processen beskrivs enligt Räddningsverket (2003) som ”*en iterativ process där återföring, uppföljning och information är ständigt återkommande moment på kort och lång sikt och på flera olika nivåer*”. Exempel på denna process, som innebär att riskhanteringen ska vara ständigt pågående, är att allteftersom förutsättningarna eventuellt förändras ska riskerna bedömas på nytt samt att de riskreducerande åtgärderna ska kontrolleras om de har haft avsedd verkan.

2.2 Fördelar och begränsningar med riskanalyser

Det finns flera fördelar med att använda sig av riskanalyser vid projektering av byggnader, men metoden har även sina begränsningar vilket är viktigt att ta hänsyn till. Nedan ges en beskrivning av några av de fördelar och begränsningar som användandet av riskanalyser kan innebära, både beträffande riskanalyser i allmänhet men även specifikt vid brandtekniska riskanalyser.

2.2.1 Fördelar

Då förenklad dimensionering bygger på gammal byggtadition (Brandskyddshandboken, 2005) kan riskanalyser och analytisk dimensionering i vissa fall vara enda möjliga metoden att använda för att analysera en byggnads brandsäkerhet då förenklad dimensionering inte är anpassad för nya typer av byggnader. Den analytiska dimensioneringen möjliggör dessutom för mer flexibla och anpassade lösningar av brandskyddet jämfört med förenklad dimensionering (BSI, PD 7974-7:2003). Vidare kan utnyttjandet av analytisk dimensionering även bidra till ett mer kostnadseffektivt brandskydd då system kan samordnas och optimeras som exempelvis då det normala ventilationssystemet även används för brandgasventilation (Brandskyddshandboken, 2005).

Riskanalyser tillåter att helheten av en byggnads skyddssystem kan bedömas och inte bara de enskilda systemen var för sig. Detta möjliggör att en lämplig nivå kan väljas på byggnadens totala brandskydd. Till skillnad mot en deterministisk analys kan tillförlitligheten i de tekniska systemen tas hänsyn till genom att dessa beskrivs med sannolikheter vilket medför att helt olika typer av brandtekniska lösningar med samma funktion kan jämföras (BSI, PD 7974-0:2002).

I en riskanalys kan bättre hänsyn tas till osäkerheter som karakteriserar riktiga bränder och scenarier vilket kan ge en bättre beskrivning av verkligheten jämfört med en deterministisk analys (BSI, PD 7974-0:2002). I en deterministisk analys används ofta konservativa värden för att kompensera för osäkerheter, vilket inte är nödvändigt vid användandet av riskanalyser då detta kan hanteras med andra metoder (se avsnitt 2.5.2) vilket kan leda till mindre kostsamma brandskyddsutformningar (Räddningsverket, 2003).

Ytterligare en fördel med riskanalyser är att scenarion med små sannolikheter och stora konsekvenser kan analyseras, vilket kan vara svårt att ta hänsyn till vid deterministiska analyser (ISO 16732, 2004).

2.2.2 Begränsningar

Riskanalysens resultat är mycket beroende på tillgången på indata (BSI, 7974-0:2002). I många fall är tillgången på indata begränsad vilket tvingar projektören till subjektiva bedömningar av exempelvis sannolikheter. Detta medför att beroende på vem som gör bedömningarna ger analysen olika resultat (Brandskyddshandboken, 2005) vilket inte är önskvärt då byggnadens risknivå inte ska vara beroende av projektören.

I Sverige finns det dessutom inga riktlinjer för hur brandtekniska riskanalyser för komplexa byggnader bör genomföras som hjälper och styr den enskilde projektören. Detta kan medföra att olika metoder och tillvägagångssätt används vilket kan ge skiftande resultat och bedömningar av risken.

Det finns dessutom inte några allmänt fastställda acceptanskriterier, vilket ger problem vid riskvärderingen. Ofta används, vid brandprojektering, jämförande kriterier i form av risknivån för ett referensobjekt utfört med förenklad dimensionering. Detta medför att olika nivåer på acceptabel risk används vid varje enskilt projekt då det blir upp till projektören i varje projekt att välja referensobjekt. Valet av referensobjekt kan därmed innebära problem vilket diskuteras närmare i avsnitt 7.2.5.

Riskanalyser är ofta tid- och resurskrävande då analyserna är beroende av en stor mängd indata samt att beräkningarna ofta är tidskrävande. Detta kan medföra att analysen inte alltid är praktiskt tillämpbar (BSI, PD 7974-7:2003). Riskanalysen som metod är dessutom mer krävande än förenklad dimensionering då den är mer beroende av projektörens kompetens, vilket gör att högre krav ställs på projektören (Brandskyddshandboken, 2005).

Riskanalysen kvalitet, och därmed användbarhet, är direkt korrelerad mot dess fullständighet. I de fall den totala risken ska analyseras kan problem uppkomma med att hela riskscenariorymden inte täcks in, exempelvis på grund av att vissa riskkällor inte identifieras eller att scenarier med icke negligerbart risktillägg inte tas med i beräkningarna (se även avsnitt 7.3.2), vilket ger analysen en dålig validitet. Dålig validitet i riskanalysmetoderna som används vid brandskyddsprojektering kan även bero på att dessa metoder inte används lika mycket och inte är lika utvecklade som de deterministiska metoderna (BSI, PD 7974-0:2002).

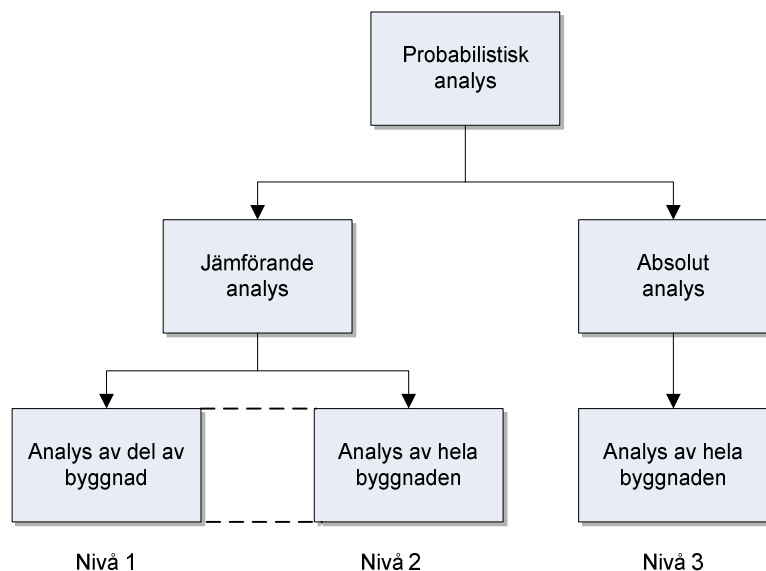
Vid användandet av riskanalyser för att analysera en byggnads säkerhet kan det dessutom vara svårt att få med alla aspekter och egenskaper som påverkar brandskyddet. Ofta analyseras bara brandskyddets funktion, det vill säga den effekt som en skyddsåtgärd ska uppnå. Det finns dock fler egenskaper hos brandskyddet som måste beaktas (se avsnitt 7.2.1) exempelvis olika systems beroenden, alltså komplexiteten (Lundin, 2001). Faktorer som påverkar komplexiteten diskuteras mer i avsnitt 7.2.3.

Flera av de begränsningar som har tagits upp i avsnittet ovan skulle kunna minskas genom en ökad styrning av hur riskanalyser ska genomföras från Boverkets sida. Dessutom skulle fastställandet av absoluta acceptanskriterier för byggnader underlätta riskvärderingen och säkerställa att en viss risknivå uppnås. Detta gör även att analysens resultat inte i lika stor utsträckning blir beroende av projektörens egna val.

2.3 Riskanalyser på olika nivåer

Riskanalysen som verktyg kan användas på olika nivåer för att analysera säkerheten i byggnader. Analysen kan användas från att verifiera enstaka avsteg från krav och råd i BBR till att verifiera byggnaders totala brandsäkerhet. Nedan ges en schematisk bild där en

uppdelning görs av de olika typerna av probabilistiska analyser i form av riskanalyser, se figur 2.2. Den probabilistiska analysen kan vara *jämförande* eller *absolut*. Acceptanskriterierna i den jämförande analysen består av en lösning projekterad med förenklad dimensionering. I den absoluta analysen består acceptanskriterierna av ett absolut riskmått i form av ett värde på exempelvis individ- eller samhällsrisk.



Figur 2.2 De olika typerna av probabilistiska riskanalyser i olika nivåer.

I examensarbetet delas den jämförande analysen upp i nivå 1 och nivå 2 beroende på vad syftet är med analysen. I nivå 1, *analys av del av byggnad*, är syftet att verifiera ett avsteg från något krav eller råd i BBR. I denna nivå analyseras de faktorer som påverkas av det aktuella avsteget. Vid större avsteg kommer stora delar av byggnaden att påverkas varpå analysen kommer att likna en nivå 2 analys, därav den oskarpa gränsen mellan nivå 1 och 2 i figur 2.2 ovan. I nivå 2, *analys av hela byggnaden*, är syftet att analysera hela byggnadens brandskydd och risknivån jämförs med en byggnad helt dimensionerad med förenklad dimensionering. Den absoluta analysen används för att analysera hela byggnadens brandskydd, nivå 3, och jämförs mot ett accepterat värde på risken.

En skillnad mellan den jämförande och den absoluta analysen, utöver skillnaden i acceptanskriterium, är att i den jämförande analysen kan de parametrar som är lika för de båda byggnaderna som jämförs "bortses från". Exempelvis kan startfrekvensen för brand utelämnas då det är skillnader mellan byggnaderna som är av intresse (BSI, PD 7974-0:2002). Ett problem med den jämförande analysen kan vara att projektören väljer att jämföra med det objekt som ger lägst accepterad säkerhetsnivå med förenklad dimensionering (BSI, PD 7974-0:2002). En fråga som diskuterats angående den jämförande analysen är om det är lämpligt att jämföra en analytisk lösning, där krav ställs på analytisk dimensionering, med en lösning utförd med förenklad dimensionering. Detta då kravet på analytisk dimensionering för vissa typer av byggnader innebär att den förenklade dimensioneringen inte ger ett fullgott brandskydd (Brandskyddshandboken, 2005).

Vid absoluta analyser krävs att alla parametrar kvantifieras samt att det finns numeriska acceptanskriterier att analysera mot. I Sverige finns idag inga allmänt fastställda acceptanskriterier varpå det bli teoretiskt omöjligt att utföra en bedömning i en nivå 3 analys mot en av samhället fastställd absolut risknivå. En nivå 3 analys skulle kunna genomföras

genom att använda internationella acceptanskriterier för byggnader eller att det inom projektet diskuteras fram acceptanskriterier, se avsnitt 7.2.5.2, om det var möjligt att visa att kriterierna uppfyller kraven enligt svenska bygglagstiftningen. De analyser som därför är praktiskt möjliga i Sverige i dagsläget är jämförande analyser. I BBR ställs krav på att *en analytisk dimensionering med tillhörande riskanalys ska verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnader*. Detta innebär att en nivå 2 analys ska genomföras då endast en del av byggnaden analyseras i nivå 1 samt att det i nivå 3 krävs fastställda acceptanskriterier som i dagsläget saknas.

Det kan dock diskuteras vilken nivå som bedöms vara lämplig att använda i det enskilda fallet. Det kan även diskuteras om det i det enskilda fallet är nödvändigt att genomföra en fullt kvantifierad riskanalys över huvud taget. Vid enklare utformningar, det vill säga mindre komplexa byggnader, kanske det inte är nödvändigt eller tillför något att genomföra en helt kvantifierad analys utan det kanske kan vara fullt tillräckligt att genomföra en kvalitativ analys i form av en grovanalys för att risker och svagheter med den aktuella brandskyddsutformningen ska identifieras. Det som är avgörande för vilken nivå som analysen ska genomföras på är komplexiteten på byggnaden och vilken detaljnivå som krävs för att rätt beslut ska kunna tas (Banverket, 2007).

Graden av komplexitet för byggnaden som ska projekteras är därmed upp till en subjektiv bedömning för varje projekt. Bedömningen av projektets komplexitet och valet av vilken nivå som analysen ska läggas på bör därför göras i samråd med samtliga kravställare, experter, byggnadsnämnden samt räddningstjänsten som kan kallas in som sakkunniga rådgivare åt byggnadsnämnden. Olika faktorer som påverkar en byggnads komplexitet diskuteras i avsnitt 7.2.3, *framtagning av brandskyddslösning*.

2.4 Krav på riskanalyser

PBL och BVL som är de grundläggande lagar som styr projektering av byggnader kan sägas utgöra krav från samhället då dessa lagar fastställs av riksdagen. Detta kan då tolkas som om det är samhället som ställer krav på att riskanalyser ska genomföras då, som tidigare nämnts, Boverket har till uppgift att tolka dessa lagar och ställer krav på att riskanalyser ska genomföras.

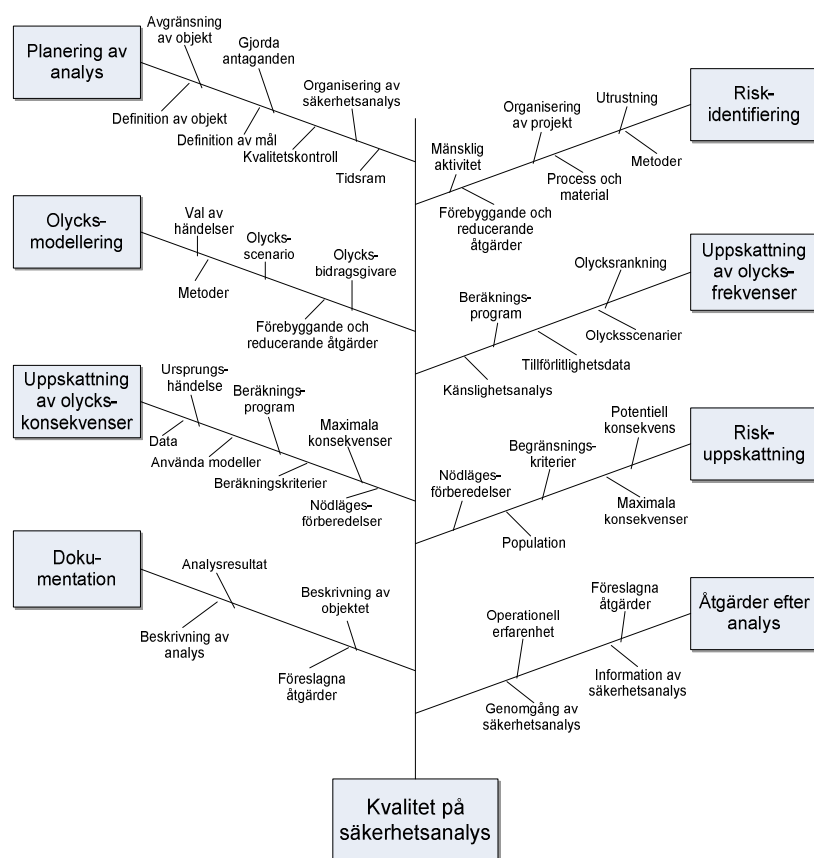
Samhällets krav uppfylls även genom att Byggnadsnämnden i respektive kommun kan ställa krav kring riskanalyser i och med att de ska tillse att PBL, BVL, BVF och BBR följs (Boverket, 2006). Vid byggsamråd som sker mellan byggnadsnämnden och byggherren ska byggnadsnämnden kontrollera hur projekteringen och byggherrens egenkontroll av projekteringen planeras att genomföras. Egenkontrollen kan ske genom att projektören själv kontrollerar arbetet, en annan konsult inom samma företag som inte tidigare varit inblandad i projekteringen utför kontrollen eller genom att en annan konsult på ett annat företag genomför kontrollen, en så kallad fristående sakkunnig. Byggnadsnämnden tar ibland hjälp av räddningstjänsten vid dessa samråd och kan enligt PBL besluta att ytterligare kontroller ska genomföras än de som planeras.

När byggherren enligt Byggnadsnämnden har uppfyllt alla sina åtaganden tillfredställande enligt kontrollplanen utfärdas ett slutbevis. I vissa fall tar Byggnadsnämnden hjälp av räddningstjänsten som en remissinstans för att granska handlingar som skickats in till nämnden, men detta varierar dock i olika kommuner.

De krav som Boverket ställer på själva riskanalysen och som byggnadsnämnden ska se till uppfylls, är att analysen *skall verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnaden* enligt avsnitt 5:13 i BBR. Utöver detta krav finns inga direkta krav på i vilken omfattning analysen ska genomföras. Den som är ytterst ansvarig, det vill säga har det fulla ansvaret för byggnadens säkerhet och att alla de lagar och regler som gäller följs, är byggherren (Brandskyddshandboken, 2005). Detta medför att det är han/hon som är ansvarig för att projekteringen genomförs på ett korrekt sätt, vilket i sin tur leder till att det borde vara byggherren som ställer krav på att riskanalysen genomförs. För att riskanalysen på ett tillfredsställande sätt ska kunna *verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnaden*, krävas det att riskanalysen håller en hög kvalitet.

2.4.1 Kvalitetskrav

Då riskanalysen används som underlag för att besluta/avgöra om en byggnads risknivå är acceptabel eller inte är det mycket viktigt att analysen håller en hög kvalitet så att rätt beslut tas (Räddningsverket, 2003). Riskanalysens kvalitet beror av en lång rad faktorer som måste uppfyllas för att analysen ska anses hålla en god kvalitet, se figur 2.3 nedan. Kort kan sägas att analysens kvalitet avspeglas i dess användbarhet och relevans (Räddningsverket, 2003). Är analysen utförligt dokumenterad så att förda resonemang, antaganden, begränsningar, förenklingar och beräkningar är tydligt motiverade och lätt kan följas sägs analysen vara transparent vilket ökar dess användbarhet. Dessutom måste alla använda metoder och modeller vara vedertagna eller möjliga att verifiera vid behov (Räddningsverket, 2003) samt att analysens osäkerheter måste redovisas och hanteras på ett tillfredsställande sätt, se avsnitt 2.5 (Morgan & Henrion, 1990). Ett viktigt led i att kvalitetssäkra analysen är att låta granska analysen (Morgan & Henrion, 1990), vilket diskuteras mer i avsnitt 7.7.



Figur 2.3 Faktorer som påverkar riskanalysens kvalitet (Räddningsverket, 2003 ursprungligen från Rouhiainen, 1990)

Morgan och Henrion (1990) har fastställt tio stycken budord i vilka de sammanfattar de krav som bör ställas på en analys för att den ska hålla en god kvalitet och därmed utgöra ett bra beslutsunderlag. De tio budorden återges kort nedan, översatta av Abrahamsson och Magnusson (2004) sid. 25-28.

1. Studera adekvat litteratur, konsultera experter och praktiker inom ämnet.

Att förstå kontexten och veta vilka aktörer som berörs är ett grundläggande måste. Utifrån problemet ska relevant litteratur, experter och praktiker inom det aktuella området användas.

2. Låt analysen vara probleminriktad.

Det är problemet som ska styra vilka metoder och verktyg som används och inte vilka verktyg och metoder som föredras eller redan inskaffats.

3. Gör analysen så enkel som möjligt men inte för enkel.

Analysen ska göras så enkel som möjligt för att öka dess transparens vilket gör den enklare att förstå och därmed ökar dess kvalitet och trovärdighet. Analysen får dock ej göras för enkel. Rätt detaljnivå hittas genom att analysen och problemformuleringen itereras.

4. Identifiera alla antaganden som kan anses signifikanta.

Alla signifikanta antaganden, alltså de antaganden som påverkar analysens resultat och därmed slutsatser och beslut, ska identifieras.

5. Var tydlig beträffande beslutskriterier och policy.

Beslutskriterier och policy är signifikanta antaganden men kräver extra uppmärksamhet då de allt för ofta förbises eller tas för givna. Exempel på beslutskriterier finns i avsnitt 2.6.1.

6. Var tydlig om den osäkerhet som gäller.

Osäkerheter som den som utför analysen bör vara uppmärksam på är

- osäkerheter gällande tekniska, vetenskapliga, ekonomiska och politiska kvantiteter
- osäkerheter gällande lämplig funktionell form av tekniska, vetenskapliga, ekonomiska och politiska modeller
- oenigheter bland experter rörande värdet av kvantiteter eller den funktionella formen för modeller.

7. Utför en systematisk känslighets- och osäkerhetsanalys.

Utför en systematisk känslighets- och osäkerhetsanalys för att hitta de antaganden och indata som signifikant påverkar analysens resultat samt att beräkna analysens totala osäkerhet. Känslighets- och osäkerhetsanalys diskuteras närmare i avsnitt 7.4.4.

8. Se problemformulering och analys som en iterativ process.

Vad som är viktigt att fokusera på kommer troligen gradvis klarna under analysens gång varpå ny data och information kan inhämtas iterativt för att förbättra analysen. Detta kan åstadkommas genom att de delar av analysen som visat sig viktiga och där mer detaljer kan höja analysens kvalitet genomarbetas samt att de delar av analysen som visat sig mindre viktiga eller helt oviktiga för analysen förenklas.

9. Gör en tydlig och fullständig dokumentation.

Hela analysen ska dokumenteras fortlöpande under analysarbetets gång. Dokumentationen är till för att analytikern själv ska minnas vad han/hon gjort samt att analysen ska kunna användas av andra som vill modifiera eller granska analysen. Dokumentation diskuteras närmare i avsnitt 7.6.

10. Underkasta analysen för en peer-review.

Alla analyser bör granskas noggrant och kritiskt. Granskningen är en viktig del i kvalitetssäkringen av analysen. Granskning diskuteras närmare i avsnitt 7.7.

Alla ovan nämnda faktorer som påverkar analysens kvalitet måste beaktas fortlöpande under hela analysprocessen för att säkerställa en god kvalitet.

2.5 Osäkerheter vid riskanalyser

Hantering av osäkerheter är en viktig del i genomförandet av riskanalyser för att uppnå en hög kvalitet. Hantering av osäkerheter har dessutom en central roll i utförandet av riskanalyser då dessa används för att göra bedömningar av faktorer eller händelser som det finns stora osäkerheter kring. Riskanalyser är i själva verket analyser av osäkerheter. Hade det inte funnits några osäkerheter kring framtiden hade teoretiskt sett inga riskanalyser behövt göras. För att öka förståelsen kring osäkerheter och hur dessa kan hanteras följer i detta kapitel teori kring ämnet. Mer praktisk tillämpning av osäkerheter presenteras i avsnitt 7.4.4 i den framtagna riskbedömningsmetoden.

2.5.1 Olika typer av osäkerheter

Det finns många olika typer av osäkerheter i en riskanalys som orsakas av osäkerheter i indata, modeller, utelämnad eller ofullständig information, antaganden eller systematiska fel (Morgan & Henrion, 1990).

Osäkerheter kan delas in tre grupper (Räddningsverket, 2003)

- *Osäkerheter kopplat till data och parametrar (komponentfelfdata, slumpmässiga data såsom väderdata etc.).*
- *Osäkerheter kopplat till modeller och dataprogram.*
- *Osäkerheter kopplat till riskanalysgruppens kompetens.*

Genom denna gruppering görs projektören medveten om vilka olika typer av osäkerheter som finns vilket är en förutsättning för att dessa sedan ska kunna behandlas och tas hänsyn till under analysarbetet.

En annan vanligt förekommande indelning av osäkerheter är i de två grupperna *kunskapsosäkerheter* och *stokastiska osäkerheter* (Abrahamsson, 2000).

Kunskapsosäkerheter är osäkerheter som kan reduceras med mer kunskap och som uppkommer på grund av brist på kunskap (Banverket, 2007). Exempel på kunskapsosäkerheter är reliabiliteten på tekniska system, modellosäkerhet samt vilken som är en acceptabel strålningsdos på människor (Frantzych, 1998).

Stokastiska osäkerheter är osäkerheter som beror på naturliga variationer eller slumpmässiga fenomen som exempelvis vindhastighet eller personantal (Banverket, 2007). Ett exempel som kan illustrera de olika typerna av osäkerheter är bedömningen om en sprinkler fungerar eller inte. Om det antas att det är 95% sannolikhet att en sprinkler fungerar vid brand är

kunskapsosäkerheten i om det verkligen är 95% sannolikhet. Kanske ska det vara 90% eller 99% sannolikhet? Den osäkerheten går att reducera genom att skaffa mer kunskap om sprinklers reliabilitet genom att exempelvis göra upprepade försök. Den stokastiska osäkerheten i exemplet ligger i att när det väl brinner, går det inte att på förhand veta säkert om sprinklern verkligen kommer att fungera eller ej, förrän branden har inträffat. En fördel med att göra denna uppdelning är att det går att visa vilka av osäkerheterna som skulle kunna reduceras genom mer kunskap (Frantzich, 1998).

2.5.2 Hantering av osäkerheter

Då det ofta inte är möjligt att reducera alla osäkerheter måste osäkerheter hanteras vid genomförandet av riskanalyser (Johansson, 2000). Osäkerheter måste beaktas och hanteras under hela arbetsprocessen. Riskanalyser kan enligt Paté-Cornell (1996) delas in i sex olika nivåer beroende på hur osäkerheterna behandlas i analysen. Nivå 0 är den enklaste och lägsta nivån och i nivå 5 används de mest sofistikerade metoderna för att hantera osäkerheter. De olika nivåerna enligt Paté-Cornell beskrivs kort nedan och gäller för *osäkerheter kring data och parametrar* enligt indelningen i avsnitt 2.5.1 ovan av olika typer av osäkerheter.

Nivå 0. Riskkällor och felfunktioner identifieras

På denna nivå identifieras möjliga riskkällor och felfunktioner på tekniska system utan någon kvantifiering av sannolikheter eller konsekvenser. Nivå 0 analyser kan användas som beslutsunderlag vid så kallad nollriskpolicy då det räcker med att konstatera att risker existerar. Paté-Cornell illustrerar denna nivå med exemplet att det räcker att konstatera att barn som leker runt en damm kan ramla ner i den för att ta beslutet att bygga ett staket runt dammen.

Nivå 1. Värsta händelse

Vid denna nivå i likhet med nivå 0 tas här ingen hänsyn till hur sannolik en händelse är. På denna nivå används den värsta tänkbara händelsen vilken genererar högst konsekvens, så kallad "worst-case". Emellertid är det i praktiken svårt att använda sig av denna nivå då det ofta går att hitta en ännu värre händelse. Dessutom skulle användandet av nivå 1 analyser som beslutsunderlag medföra orimligt dyra riskreducerade åtgärder.

Nivå 2. Värsta troliga händelse

Vid nivå 2 analyser används värsta händelse som kan tänkas inträffa. Ingen hänsyn tas dock till sannolikheterna vilket kan leda till problem då en händelse med relativt stor konsekvens och hög sannolikhet förbises om det finns en händelse med större konsekvens men som är mindre sannolikt vilket kan leda till felaktiga beslut. Denna nivå används bland annat vid dimensionering av skydd mot naturkatastrofer.

Nivå 3. Bästa estimerade och/eller medel- och medianvärden för sannolikheter och konsekvenser

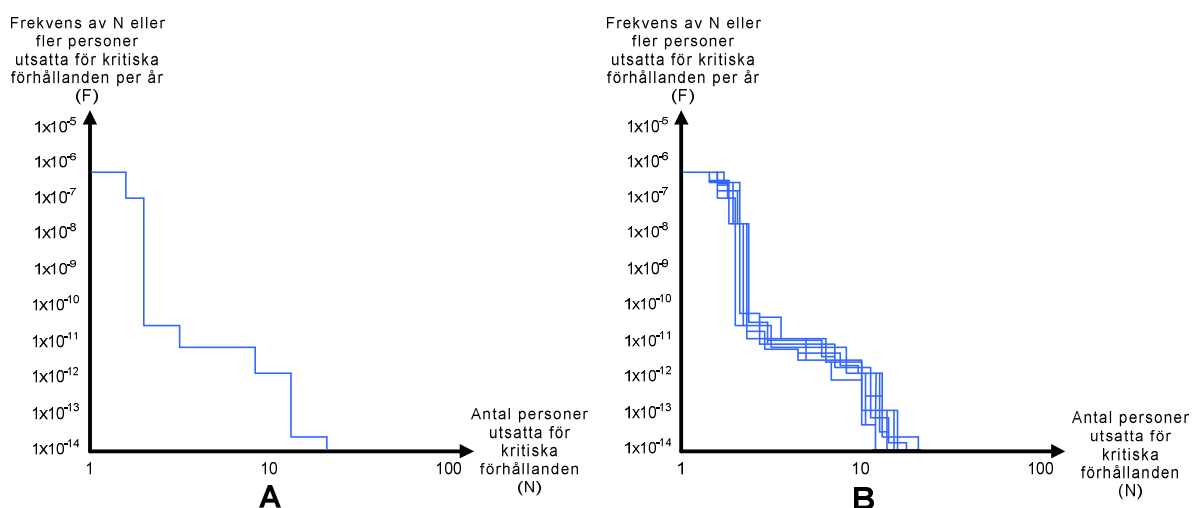
På denna nivå är det vanligt att de mest sannolika värdena används i analysen som leder fram till den mest troliga konsekvensen. Denna nivå är inte så tillämpbar gällande analyser för brand- och personsäkerhet då det i cirka hälften av alla fall blir en värre konsekvens än den som beräknats (Johansson, 2000). Andra problem som kan uppstå är att vid valet av de troligaste värdena erhålls en nollrisk på grund av det mest sannolika är ofta att inget händer samt att risken beskrivs som ett punktvärde.

Nivå 4. Probabilistisk riskbedömning, en riskprofil

I nivå 4 beskrivs den beräknade risken med en fördelning av olika möjliga konsekvenser med tillhörande frekvenser och inte som ett enda värde som i nivå 0 till nivå 3. Fördelningen presenteras i en riskprofil. Riskprofilen, som kan beskrivas med en FN-kurva, tas fram genom någon form av kvantitativ riskanalys där de olika möjliga utfall på parametrarna i ett händelsetråd bedöms med hur sannolika de är, se figur 2.4 A nedan. Då risken presenteras med endast *en* riskkurva åskådliggörs endast de stokastiska osäkerheterna medan kunskapsosäkerheterna inte går att urskilja.

Nivå 5. Probabilistisk riskbedömning, flera riskprofiler

Nivå 5 liknar nivå 4 men med den stora skillnaden att här tillåts att stokastiska osäkerheter och kunskapsosäkerheter separeras, detta resulterar i att risken presenteras i flera riskprofiler och inte endast en, se figur 2.4 B. Separeringen sker genom att sannolikheter och konsekvenser beskrivs med fördelningar och inte som ett punktvärde vilket genererar de olika riskprofilerna med hjälp av Monte Carlo-simuleringar. Då stokastiska osäkerheter och kunskapsosäkerheter separeras kallas detta för tvåfas Monte Carlo-simulering (Frantzych, 1998).



Figur 2.4 Exempel på riskprofiler i FN-diagram.

Hur och på vilken nivå osäkerheterna hanteras i den framtagna riskbedömningsmetoden i kapitel 7 beskrivs närmare i avsnitt 7.4.4.

2.6 Acceptabel risk

En viktig del i riskhanteringsprocessen är att besluta huruvida den, i riskanalysen, framräknade risken är acceptabel eller inte. Grundläggande teori kring vilka grunder dessa beslut ska fattas på samt vad som menas med acceptabel risk diskuteras i nedanstående avsnitt. Teorin är viktig för att öka förståelsen för de problem som är förknippade med de olika sätt att värdera risker samt svårigheten att fastställa acceptanskriterier som är förankrade i hela samhället.

2.6.1 Beslutskriterier vid riskvärdering

Vid beslutssituationer i riskhanteringsprocessen, när risker ska bedömas vara acceptabla eller inte, kan beslutsfattaren utgå ifrån ett antal olika beslutskriterier, *teknologibaserade kriterier*, *rättighetsbaserade kriterier*, *nyttobaserade kriterier* och *hybrid-kriterier* (Mattsson, 2000). De olika beslutskriterierna presenteras kort nedan.

Teknologibaserade kriterier

Den bästa tillgängliga teknologin för att reducera risken ska användas (Morgan & Henrion, 1990). Nackdelen med att använda teknologibaserade beslutskriterier är att ingen hänsyn tas till kostnaden för beslutet. Detta leder till att den marginella nyttan kan var liten i förhållande till den kostnad som är förknippad med beslutet. I praktiken används detta kriterium mycket sällan (Mattsson, 2000).

Rättighetsbaserade kriterier

Vid rättighetsbaserade kriterier begränsas risken till en förutbestämd nivå. Antingen kan en nollrisk ansats användas, där alla risker ska elimineras oberoende storlek eller kostnad, eller så kan risken begränsas under en viss nivå (Morgan & Henrion, 1990). Nackdelar med nollrisk ansatsen är att det krävs allt större ekonomiska resurser för att reducera riskerna, vilket ej blir ekonomiskt försvarbart i längden.

Att begränsa risken under en viss nivå, 10^{-x} eller en FN-kurva, kan liksom för nollrisken leda till ett slöseri med ekonomiska resurser. Detta då resurser från ”dyra” åtgärder skulle kunna användas för billigare åtgärder inom andra områden (Mattsson, 2000).

Nyttobaserade kriterier

De vanligaste nyttobaserade kriterierna är kostnad-effektanalys och kostnad-nyttaanalys (Morgan & Henrion, 1990). Kostnad-effektanalysen, som är den enklaste av de båda typerna, innebär att en bestämd effekt ska nås till en så låg kostnad som möjligt. Vid kostnad-nyttaanalys väljs det alternativ som ger mest nytta för minst ekonomiska resurser. Problem kan uppstå när kostnaderna och nyttorna ska kvantifieras.

Hybrid-kriterier

Hybrider av de ovan nämnda kriterierna. Ibland används hybrider av nytto- och rättighetsbaserade kriterier exempelvis en övre riskgräns användas under vilken en kostnad-nyttaanalys används för att prioritera åtgärder (Morgan & Henrion, 1990).

Inom riskhanteringen används vanligtvis rättighetsbaserade beslutskriterier i form av individ- eller samhällsrisk för att avgöra om risken är acceptabel.

2.6.2 Acceptanskriterier

För att besluta om risken är acceptabel enligt de rättighetsbaserade kriterierna krävs att en acceptabel nivå på risken tas fram, ett så kallat acceptanskriterium. Det finns ett antal principer/värdegrunder som acceptanskriterier kan bygga på. En uppdelning av olika principer för värdering av risk görs av Davidsson, Lindgren och Mett (1997) i *rimlighetsprincipen*, *proportionalitetsprincipen*, *fördelningsprincipen* och *principen om undvikande av katastrofer*. Dessa principer redovisas kort nedan.

Rimlighetsprincipen

Risker accepteras inte om de med rimliga tekniska och ekonomiska medel kan undvikas eller reduceras.

Proportionalitetsprincipen

Riskerna som en verksamhet medför ska vara proportionella mot de fördelar som verksamheten ger.

Fördelningsprincipen

Riskerna bör vara fördelade i samhället så att vissa grupper eller personer inte utsätts för oproportionerligt höga risker i förhållande till de fördelar som risken innebär för dem.

Principen om undvikande av katastrofer

Katastrofer ska i första hand undvikas jämfört med mindre olyckor som kan hanteras av resurser i samhället.

Acceptanskriterier i form av samhällsrisk uttryckt i en FN-kurva kan, om de utformas på ett riktigt sätt, enligt Davidsson, Lindgren och Mett (1997) ta hänsyn till proportionalitetsprincipen, fördelningsprincipen samt principen om undvikande av katastrofer.

Hur risker ska värderas är ett ämne som det finns många åsikter om. Bland annat diskuteras det vilka faktorer som ska tas hänsyn till och vems åsikter som ska ligga till grund när olika risker värderas (Renn, 1998). Några av de faktorer som påverkar riskbedömningen är exempelvis allmänhetens riskperception (Renn, 1998), om risken är frivillig eller påtvingad (Riskkollegiet, 1993) eller om personen ifråga själv är utsatt för risken eller ej (Davidsson, Lindgren & Mett, 1997). Detta visar på komplexiteten i att fastställa acceptabla absoluta risknivåer som avspeglar samhällets mål och värderingar.

Ytterligare en svårighet vid fastställandet av acceptanskriterier är samhällets och individers olika inställning till risk. Samhällets inställning till risk i fråga om olyckor är enligt Mattsson (2000) generellt riskavers, det vill säga att många mindre olyckor accepteras i större utsträckning än enstaka svåra olyckor trots att antalet omkomna är lika totalt sett.

Som framkom i avsnitt 2.6 är fastställandet av acceptanskriterier och värdering av risker förknippade med många problem och svårigheter vilka är viktiga att ha förståelse för och beakta vid genomförandet av riskanalyser. Problematiken kring fastställandet av absoluta acceptanskriterier kommer inte diskuteras vidare i detta examensarbete men val av acceptanskriterier berörs även i avsnitt 7.2.5 i den framtagna riskbedömningsmetoden.

3 Allmänt om höga byggnader

I följande kapitel ges allmän information om höga byggnader samt vilka risker som är karaktäristiska för dessa. Kapitlet syftar till att belysa problemområden som är viktiga att beakta vid projekteringen. Vidare ges även några exempel på höga byggnader som finns runt om i Sverige idag.

3.1 Definition av hög byggnad

Det finns inte någon samstämmig internationell definition av begreppet ”hög byggnad” utan olika länder har olika angivelser på höjder och/eller våningsplan (Lindsten, 2001). Följande internationella definitioner av hög byggnad är hämtade från Lindstens (2001) examensarbete, *Säkerhet i höga byggnader*.

I Australien definieras en hög byggnad i *Building Code of Australia 1996* som en byggnad med fler än 25 våningar ovan mark. Även den europeiska standarden för brandhissar, *Safety Rules for the Construction and Installation of Lifts- Fire Fighting Lifts*, har antalet våningar som utgångspunkt då en hög byggnad definieras som en byggnad med fler våningar än räddningstjänsten når med sin höjdutrustning. Hänsyn till räddningstjänsten tas även i USA, *NFPA 101-200 Life Safety Code*, där en hög byggnad definieras som en byggnad som överstiger 23 meter mätt från den lägsta punkt där räddningstjänstens fordon har tillgänglighet, till den översta våningen där folk vistas. I Hong Kong utgår definitionen endast från byggnadens höjd då en hög byggnad definieras som en byggnad som överstiger 30 meter.

I Sverige finns idag ingen allmänt vedertagen definition. I BBR görs emellertid en skillnad på byggnader över och under 8 våningar samt byggnader över 16 våningar. Därav kommer benämningen *hög byggnad* i detta examensarbete att syfta till en byggnad med *fler än 16* våningar.

3.2 Specifika krav på höga byggnader i BBR

Det finns inte så många krav som specifikt styr utformningen av höga byggnader i dagens BBR. Som tidigare nämnts ställs det enligt avsnitt 5:13 krav på att analytisk dimensionering skall användas vid projekteringen av byggnader över 16 våningar. Vidare finns det enligt avsnitt 5:311 krav på att byggnader över 16 våningar ska utrustas med två trapphus, då trapphuset är den enda möjliga utrymningsvägen. Minst ett trapphus ska vara Tr1 och övriga ska vara åtminstone Tr2. Byggnader över 8 våningsplan ska enligt avsnitt 5:93 utrustas med stigarledningar i samtliga trapphus. Utöver dessa krav finns det inga andra krav som rör höga byggnader specifikt utan BBR ”upphör” praktiskt taget efter 16 våningar.

3.3 Risker specifika för höga byggnader

Vid utformning av höga byggnader måste vissa risker och aspekter skärskilt beaktas utöver de som är förknippade med byggnader i allmänhet. Det är framförallt den höga höjden som ger problem och nedan görs en genomgång av några av dessa problem som är specifika för höga byggnader.

Flera faktorer påverkar utrymningen ur en hög byggnad negativt. I takt med att byggnaden blir högre ökar avståndet i utrymningsvägarna ut till det fria, vilket försvårar utrymningen för äldre och rörelsehindrade och ökar utrymningstiden generellt då det kan vara ansträngande att förflytta sig flera våningar via trappor. Vid en eventuell total utrymning av byggnaden kan problem uppkomma då bredden i utrymningsvägarna normalt ej är projekterade för detta och

personbelastningen är hög. Utrymningsalternativen för höga byggnader är i regel färre än för låga byggnader då fönsterutrymning normalt inte är möjlig i Sverige ur byggnader med fler än åtta våningar. Detta kan leda till att räddningsspersonalens inträngningsväg kan komma att sammanfalla med utrymmande personers utrymningsväg (Richardson). Utrymningsstrategin tenderar att vara mer komplicerad och ovanlig än i låga byggnader, exempelvis då personer ska utrymma till säker flyktplats inom byggnaden. Detta kan leda till problem då tillvägagångssättet inte är "naturligt" för utrymmande personer (IFEG, 2005). Problem kan även uppkomma för personer som ska utrymma via trapphus då dessa personer i de flesta fall har använt hissen för att ta sig upp i byggnader vilket medför att trapphuset inte är den "naturliga" vägen ut. (Proulx & Reid, 2006) Sannolikheten att utsättas för kritiska förhållanden ökar för personerna i byggnaden på grund av ovan nämnda faktorer.

Räddningstjänstens insats försvåras på grund av den höga höjden. Finns ingen speciell brandbekämpningshiss avsedd för räddningstjänsten måste rökdykarna ta sig via trapphuset till aktuellt våningsplan. Detta kan medföra att det kan ta längre tid innan insatsen kan påbörjas samt reducerad förmåga hos rökdykarna efter ansträngande förflyttning i trapphuset. Skulle trapphuset vara rökfyllt så att rökdykarna behöver använda sin andningsutrustning förbrukas stora mängder luft redan innan insatsen påbörjats (Åkesson, 2007-08-01). Detta medför att då det tar längre tid att påbörja insats ökar sannolikheten för brandspridning. Problemet med långa insatstider i höga byggnader kan även leda till lång brandpåverkan vilket medför större påfrestningar på den bärande konstruktionen som eventuellt kan leda till kollaps av byggnaden.

Problemet med byggnadens höga höjd gör även att räddningstjänsten kan få svårt att skapa en korrekt lägesbild samt att kommunikationen mellan räddningstjänstens personal utanför och högt upp i byggnaden försvåras (Ekström, 2007-05-29). Dessutom reduceras möjligheten till utvändigt insats då räddningstjänstens stegutrustning ofta inte når högre än åtta våningar. Vidare kan den höga höjden även ge problem med tillgången på släckvatten. En mer detaljerad beskrivning av räddningstjänsten och de ökade risker som är förknippade med räddningstjänstens insats i höga byggnader finns i kapitel 5, *räddningstjänsten och höga byggnader*.

I höga byggnader kan problemen med rökspridning förvärras på grund av skorstenseffekten (Klote & Milke, 1992) och på hög höjd kan även vinden ha en större påverkan på branden och rökspridningen än i lägre byggnader (Eriksson, 2007-09-17). Dessutom kan de vertikala schakt som ofta går genom byggnaden bidra till brand- och rökspridning (Richardson).

Nedfallande föremål kan orsaka större skada från höga byggnader jämfört med låga byggnader. Detta då fallhöjden ökar och det potentiella nedslagsområdet vidgas. Nedfallande föremål kan skada utrymmande personer samt räddningstjänstens personal utanför byggnaden (Lindsten & Ekström, BIV-möte, 2007-05-29).

Brandskyddet i höga byggnader grundar sig ofta på många olika tekniska system som om de fallerar kan ha stor negativ påverkan vid en eventuell brand. Höga hus tenderar även till att innehålla många olika typer av verksamheter vilket kan vara till problem vid projekteringen (Richardson).

3.4 Höga byggnader i Sverige

I Sverige finns det redan i dag ett antal höga byggnader, se figur 3.1. Ofta finns dessa i de större städerna där det i dag sammanlagt finns ett 40-tal byggnader över 16 våningar. Den högsta byggnaden är idag Turning Torso i Malmö som stod färdig 2005. Byggnaden som är ett bostadshus/kontorshus med konferensanläggning högts upp är 190 m högt med 54 våningar. Detta gör i dagsläget byggnaden till Europas näst högsta bostadshus. Exempel på höga byggnader i Stockholm är Kista Science Tower som är en 32 vånings kontors- och affärsbyggnad och "Studentskrapan" (före detta Skatteskrapan) med 25 våningar med bland annat studentlägenheter. I Göteborg finns "Läppstiftet" (Lilla bommen), en 22-våningas kontorsbyggnad och Gothia Tower som är ett 23-våningars hotell. Även i mindre städer finns höga hus. Exempelvis finns i Västerås Skrapan med 26 våningar och Trade Center i Halmstad med 24 våningar (SkyscraperPage, 2007-09-12). Dessutom är fler höga byggnader planerade runt om i Sverige idag.



Figur 3.1 Exempel på höga byggnader i Sverige (SkyscraperPage 2007-09-12).

4 Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser

För att svara på frågeställningarna i examensarbetet har en intervju (2007-05-22) genomförts med representanter från Boverket. Syftet med intervjun är att klargöra *när behovet uppkommer av att genomföra en riskanalys, hur riskanalysen ska utformas samt vilka acceptanskriterier analysen ska jämföras mot*. Närvarande vid intervjun var Boverkets representanter Staffan Abrahamsson, Anders Johansson och Tomas Rantatalo. Avsnitt 4.1 till 4.3 nedan grundar sig på det som framkom vid intervjun samt e-postkorrespondens med Johansson 2007-10-10. I avsnitt 4.4 presenteras reflektioner utifrån det som framkom vid intervjun. Underlaget för intervjun, det vill säga de övergripande frågorna, finns återgivna i bilaga A.

4.1 Behovet av riskanalyser

Analytisk dimensionering är enligt Boverket tänkt att användas då byggnadens utförande inte är anpassat efter regelverket för förenklad dimensionering. Behovet av en riskanalys beror på komplexiteten på byggnaden och då en brand i byggnaden kan medföra mycket stora konsekvenser finns det definitivt ett behov av riskanalys.

Brand i en hög byggnad kan ge mycket stora konsekvenser. Trots detta är det inte alltid nödvändigt att utföra en riskanalys utan det är utförandet av byggnaden som till viss del styr när det krävs. Exempelvis kan det vid projekteringen av en relativt okomplicerad byggnad med 20 våningar med två trapphus som är utrustat med sprinkler inte alltid krävas att en riskanalys genomförs. I andra typer av byggnader, exempelvis en hög byggnad med ett trapphus, finns det ett klart behov av riskanalys. Något klarare beskrivning av vad för behov som menas finns inte men då risken för högre konsekvenser ökar, ökar även behovet.

Att byggnader med 16 våningar valdes som gräns för när en riskanalys vid behov ska genomföras var att reglerna redan behandlade byggnader upp till 16 våningar. Anledningen till att hus med 8 våningar, 8-16 våningar och hus över 16 våningar behandlas olika i BBR verkar enligt Boverket vara att upp till 8 våningar når vanligtvis räddningstjänstens stegutrustning och det dubbla antalet våningar blir 16 vilket därmed valdes som gräns.

4.2 Syfte samt utformning av riskanalyser

Syftet med riskanalysen är enligt BBR att verifiera brand och utrymningssäkerheten i byggnaden. Riskanalysen är även tänkt att användas som ett verktyg för att genomföra en systematisk genomgång av hela byggnadens brandsäkerhet för att sedan värdera risken. Tanken är att genom att använda sig av riskanalys identifiera de stora svagheter i byggnadens brandskydd som kan ge upphov till stora konsekvenser. Exempelvis kan det gälla känsliga punkter i tekniska system som om de fallerar leder till stora konsekvenser. Genom den systematiska genomgången säkerställs även att inte endast ett fåtal brandscenarier analyseras vilket ska medföra att viktiga delar och faktorer inte faller bort.

Då det från Boverkets sida inte finns angivet vad för typ av riskanalys som ska genomföras eller vilka delar som ska ingå blir det mycket upp till den enskilde projektören hur riskanalysen utformas. Enligt Boverket kan exempelvis någon form av händelseträdsteknik användas vid genomförandet av analysen. Om projektören skulle använda helt fel metoder och tillvägagångssätt finns byggnadsnämnden och räddningstjänsten för att kontrollera detta. Det som Boverket menar i första hand ska analyseras är personsäkerheten men även de övriga

grundkraven i BVF, *Byggnadsverksförordningen, förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.* måste tillgodoses enligt

”4 § Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt 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. räddningsmanskapets säkerhet vid brand beaktas.”

4.3 Acceptanskriterier

Sverige har i dagsläget inga allmänt antagna riskbaserade acceptanskriterier gällande byggnader vilket enligt Boverket till viss del beror på att det är oerhört svårt att ta fram sådana. Svårigheten med att ta fram acceptanskriterier beror bland annat på att en riskanalys resultat i stor omfattning påverkas av val av indata och riskanalysmetod vilket medför att även dessa delar bör regleras om allmänna acceptanskriterier fastställs menar Boverket. Vidare menar de att de framtagna kriterierna även skulle vara svåra att kommunicera med allmänheten och beslutsfattare (Johansson, 2007-10-10).

Då det inte finns fastställda acceptanskriterier kan ett sätt vara att göra en jämförande analys enligt Boverket. Den projekterade byggnaden jämförs då med en liknande byggnad utformad med förenklad dimensionering. Vid valet av referensbyggnad bör hänsyn tas till att olika förenklade lösningar ger stor variation i risknivå. Dock är det inget som hindrar projektören att jämföra mot en av de lägre risknivåerna så länge den är accepterad av samhället, det vill säga en referensbyggnad projekterad med förenklad dimensionering enligt BBR.

4.4 Reflexion kring Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser

Det finns från Boverkets sida ingen detaljerad skriftlig information angående riskanalyser, dock framkom det vid intervjun att Boverkets representanter har många tankar och idéer kring detta. I BBR anges det exempelvis att det är en riskanalys som ska genomföras men vid intervjun framkom det att det enligt Boverket inte enbart är en riskanalys ska genomföras utan denna ska även kompletteras med en riskvärdering. Detta medför att den riktiga benämningen på vad som ska genomföras borde vara *riskbedömning*, där både *riskanalys* och *riskvärdering* ingår enligt IEC:s definition, se avsnitt 2.1. Användandet av begreppet riskanalys i BBR öppnar även upp för tolkningar då begreppet kan innefatta vitt skilda metoder för riskanalyser. Den oklara beskrivningen kring användandet av riskanalyser kan medföra att Boverkets avsikt och syfte med genomförandet av riskanalyser inte uppfylls då det blir upp till den enskilde projektören att tolka det som anges i BBR. Genom att Boverket inte tydligt preciserar när *behovet* av riskanalyser uppstår kan detta medföra att det enbart genomförs riskanalyser vid de exempel som innefattas av det allmänna rådet i avsnitt 5:13 i BBR och inte i de fall det finns ett verkligt behov.

Valet av acceptanskriterier är även det upp till den enskilde projektören då detta inte är styrt. Vid en jämförande analys får projektören själv ta fram jämförelseobjekt, vilket kan medföra skiftande risknivå beroende på vem som genomför analysen. Val av olika referensobjekt och hur dessa ska väljas diskuteras vidare i avsnitt 7.2.5

Sammanfattningsvis kan sägas att Boverket tydligare bör precisera vad för typ av analys som ska genomföras samt hur denna ska utföras.

5 Räddningstjänsten och höga byggnader

För att svara på frågeställningen, *går det att räkna med räddningstjänsten vid en brand i en hög byggnad* samt för att kunna redogöra för de risker och problem som räddningstjänsten ser vid insatser i denna typ av byggnader har intervjuer med följande räddningstjänster genomförts: Räddningstjänsten Storgöteborg - Daniel Ekström (Brandingenjör och civilingenjör i riskhantering), Räddningstjänsten Varberg - Fredrik Åkesson (Brandingenjör), Räddningstjänsten syd - Rima Adawi (Brandingenjör och civilingenjör i riskhantering) och Henrik Greiff (Brandingenjör) samt e-postkorrespondens med Räddningstjänsten Syd - Linus Eriksson (Chef operativa insatser) och Stockholms brandförsvaret - Anders Bergqvist (1:e brandingenjör). Underlaget för intervjun, det vill säga de övergripande frågorna, finns återgivna i bilaga B.

Räddningstjänsterna i Göteborg, Malmö och Stockholm har valts ut då en stor andel av alla höga byggnader i Sverige ligger i dessa städer samt att räddningstjänsterna där har erfarenhet av denna typ av byggnad. För att undersöka vad en räddningstjänst i en mindre kommun, som har höga byggnader, har för resurser och möjligheter till insats samt hur de ser på problemen med höga byggnader har även räddningstjänsten i Varberg intervjuats. Vidare ligger även information från BIVs lokalgruppsmöte i Göteborg, som behandlade ämnesområdet, till grund för kapitlet.

Det som anges i kapitlet nedan ska inte ses som en exakt och definitiv beskrivning av räddningstjänstens syn på höga byggnader. Det bör även påpekas att samtliga tillfrågade räddningstjänster inte nödvändigtvis står bakom all den informationen som finns angiven i kapitlet. Syftet med kapitlet är i stället att ge en generell och allmän bild av hur räddningstjänsten ser på frågor som rör höga byggnader.

5.1 Insats i höga byggnader

Insatser i höga byggnader varierar mycket beroende på vilket objektet är, men en generell strategi för insatser i höga byggnader är att en baspunkt upprättas på våningen eller våningen under där insatsen ska påbörjas, materiel och personal transporteras dit via trapphuset eller med hjälp av brandsäker hiss och vatten kopplas på från stigarledningar. Ofta förstärks organisationen med extra personal samt ledningsfunktioner. I vissa fall placeras extra rökdykare på våningen ovanför för att förhindra vertikal utvärdig brandspridning.

5.2 Problem för räddningstjänsten

Särskilda problem som uppstår för räddningstjänsten vid insatser i höga byggnader, jämfört med låga, beskrivs i tabell 5.1 nedan. Det som kan sägas kategorisera problemen i höga byggnader är problemet med överblickbarheten för att skapa en korrekt lägesbild, problem med förflyttningen i höjddled samt lång insatstid på grund av den höga höjden.

Tabell 5.1 Problemområden för räddningstjänsten.

Problemområde	Beskrivning av problem
Tillgänglighet	Problem med tillgängligheten till branddrabbad del. Detta kan bli ett mycket stort problem om det inte finns tillgång till brandbekämpningshiss.
Insatstid	Lång insatstid på grund av hög höjd samt problem om endast ett trapphus finns att tillgå då både utrymmande personer samt räddningstjänstens personal ska transportera sig i trapphuset. Problem finns även med lufttillgången hos rökdykarna i de fall de måste förflytta sig i rökfylld miljö innan själva insatsen.
Överblickbarhet	Svårt skapa korrekt lägesbild vid brand högt upp i byggnaden.
Samband	Svårt med samband bland annat på grund av att radiotrafik kan försvåras i byggnader med stål eller betongbärverk.
Endast invändig insats	Ingen möjlighet till utvändig insats dit höjdfordonen inte når.
Släckvatten	Svårigheter med tillgång på släckvatten på grund av tryckfall samt lång inträngningsväg.
Rökspridning	Problem med rökspridning vertikalt, bland annat beroende på skorstenseffekten samt vertikala schakt i byggnaden.
Brandspridning vertikalt	Problem med hög risk för vertikal brandspridning, både via fasaden och inom byggnaden.
Vindpåverkan	Vinden kan påverka brandgasventilation samt brand- och rökspridning i byggnaden.
Konstruktionsbrandskydd	Problem med brandmotståndet i konstruktionen vid lång brandpåverkan och lång insatstid.
Katastrofsscenario vid kollaps	Vid en eventuell kollaps av en hög byggnad kan svåra katastrofer uppstå.
Många tekniska system	Brandskyddet i höga byggnader är ofta beroende av många olika tekniska system som om de fallerar kan ha stor påverkan vid en eventuell brand. Detta gör att redundans i dessa tekniska system är viktigt.
Utrymning	Problem kan uppkomma med hur människor beter sig vid en utrymning. I de fall personer bör stanna i sina lägenheter kan det vara svårt att få dem att göra detta då den naturliga reaktionen troligtvis är att utrymma byggnaden. Problem finns även med en eventuell total utrymning av byggnaden, då de ofta inte är dimensionerade för detta. Ytterligare problem är att utrymning ofta endast är möjlig via trapphus vilket blir extra problematiskt för handikappade.
Fallande föremål	Nedfallande föremål, både vid brand och vanliga verksamheten, kan skada personer samt räddningsmanskaper på marken. Problemet växer med höjden på byggnaden.

5.3 Hänsyn till räddningstjänstens insatsmöjligheter vid projektering

Vid projektering av höga byggnader ska projektören inte förutsätta insats från räddningstjänsten i byggnaden genom att exempelvis göra utrymning och möjligheterna att begränsa branden beroende av räddningstjänsten. Ett grundläggande synsätt bör vara att räddningstjänstens insats endast i undantagsfall ska behövas. Anledningarna till att räddningstjänstens insatser inte ska förutsättas är bland annat på grund av de långa insatstiderna i höga byggnader, de stora problemen som finns för räddningstjänsten vid insats, enligt avsnitt 5.2 ovan, samt att räddningstjänstens förmåga och utrustning i framtiden kan ändras vilket kan leda till att det inte finnas samma möjligheter till insats som i dag. Dock ska hänsyn tas till räddningstjänsten i projekteringen genom att möjliggöra och underlätta för en eventuell insats genom exempelvis utformningen av byggnaden och dess tekniska system. Dessutom ska räddningsmanskapets säkerhet beaktas enligt 4 § i BVF, *Byggnadsverksförordningen*, förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.

I dagsläget finns majoriteten av Sveriges höga byggnader i storstäder men det blir dock allt vanligare att det byggs höga byggnader även i mindre kommuner. De större städerna har i regel större resurser vad gäller räddningsinsatser vilket gör att mindre städer troligtvis har sämre förutsättningar att klara stora och komplexa bränder i höga byggnader, vilket bör beaktas. Vid mindre bränder där branden är isolerad till startbrandcellen torde dock, enligt författarna, skillnaden i resurstillgång mellan en stor och en liten stad inte vara av någon större betydelse.

5.4 Utformning av brandskydd med hänsyn till räddningstjänsten

Räddningstjänsten kan inte påverka detaljutformningen vid projektering av höga byggnader annat än genom samråd med projektören då byggherren har det fulla ansvaret för brandskyddet. Detta gör att om BBR följs finns små möjligheter för räddningstjänsten att få sina övriga önskemål på byggnadens utformning genomförda. I de fall räddningstjänsten är sakkunnig rådgivare för byggnadsnämnden och ska granska projekteringen är uppgiften att se över om projekteringen är riktigt genomförd och inte att titta på själva detaljutformningen. Detta gör räddningstjänstens möjligheter att påverka utformningen av höga byggnader små.

Räddningstjänsterna i de studerade kommunerna har dock vissa önskemål eller ”krav” på utformningen av höga byggnader för att underlätta för insats. Ett av kraven, som även är reglerat i BBR, är att byggnaden ska vara utrustad med stigarledningar (vilka enligt räddningstjänsten bör vara trycksatta) för att kunna få tillgång till släckvatten på hög höjd samt för att underlätta slangdragning. Brandbekämpningshiss är enligt räddningstjänsten i princip ett måste i höga byggnader för att minska insatstiden, transportera materiel, inte trötta ut rökdykarna innan själva insatsen påbörjas samt för att begränsa luftåtgången då rökdykarna kan behöva transportera sig i rökfylld miljö innan de nått rätt sektion eller våningsplan av byggnaden. På grund av de långa insatstiderna bör byggnaderna dessutom vara utrustade med sprinkler, detta då byggnaden i princip bör klara sig själv utan insatser från räddningstjänsten, samt utrustat med automatiskt brandlarm kopplat till räddningstjänsten. För att kunna leda och koordinera insatsen är sambandet mellan personal på marken och i byggnaden mycket viktigt. Detta kan vara svårt bland annat på grund av att betong- och stålbjälklag kan störa ut radiotrafiken. För att förhindra detta kan så kallade ”läckande kablar” användas vilket är en form av antenn som går inne i byggnaden. Utöver detta är även möjligheterna för insatsledning att kontrollera och styra de tekniska systemen i byggnaden mycket viktiga.

Då strategin i höga byggnader med bostäder, precis som i lägre byggnader, ofta är att personer i byggnaden som inte direkt påverkas av branden ska stanna kvar i lägenheten, är det av stor vikt att dessa informeras om detta. Sker inte detta kan det bli problem för räddningstjänsten att transportera sig i trapphuset samtidigt som många personer håller på att utrymma. Andra önskemål som räddningstjänsten har är att det ska finnas minst två av varandra oberoende trapphus utformade som utrymningsvägar som är konstruerade för att vara rökfria samt en larmanläggning varifrån tekniska system i byggnaden kan övervakas och eventuellt styras. Det är även av stor vikt att räddningstjänsten har möjlighet att kommunicera med personer högre upp i byggnaden på exempelvis säkra flyktplatser.

6 Internationell studie

Nedan ges en kort beskrivning av olika länders byggregler för att skapa en lägesbild över hur andra länder behandlar riskanalyser för projektering av byggnaders totala brandskydd. Syftet med den internationella studien är att besvara frågeställningarna i examensarbetet om *vilken riskanalysmetod som bör användas samt hur riskanalysen ska genomföras, vad som bör analyseras samt vilka kriterier analysen kan jämföras mot*. De länder som analyserats är Storbritannien, Australien, USA, Kanada, Nya Zeeland, Norge och Danmark. Utöver dessa länder har internationella organisationers handböcker i ämnet studerats.

I beskrivningen nedan görs en översiktlig genomgång av respektive lands allmänna bygglagstiftning. Därefter följer en kort beskrivning av utrymmet eller kravet på en eventuell riskanalys i regelsystemet. De guider, handböcker och regler som beskriver hur riskanalysen ska genomföras och vilka eventuella krav som ställs, beskrivs därefter. Beskrivningarna av de olika länderna varierar i längd och detaljeringsgrad beroende på omfattningen av de olika ländernas regelverk, guider och handböcker.

Informationen om de olika ländernas regelsystem bygger på respektive lands byggregler och handböcker/guider då inget annat anges. Använd litteratur listas under respektive land.

6.1 Storbritannien

Storbritanniens regelgenomgång bygger på följande dokument

- BSI, BS 7974:2001, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice*, BSI, British Standards
- BSI, PD 7974-0:2002, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 0: Guide to design framework and fire safety engineering procedures*, BSI, British Standards
- BSI, PD 7974-7:2003, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 7: Probabilistic risk assessment*, BSI, British Standards

Regelsystemets uppbyggnad

Storbritanniens övergripande bygglagstiftning heter *the Building Act*. Under *the Building Act* finns *the Building Regulations* som innehåller funktionskrav som kan sägas motsvara de fem tekniska egenskapskraven i den svenska Byggnadsverksförordningen, BVF. Reglerna i *the Building Regulations* kan uppfyllas med hjälp av förenklad eller analytisk dimensionering. Till grund för den förenklade dimensioneringen finns dokumentet *Approved document B* som motsvaras av BBR och ges ut av Department of Local government and committee. Dokumentet *BS 5588* (utgiven av British Standards Institution, BSI) ger en kompletterande beskrivning om hur den förenklade dimensioneringen ska utföras. I huvudsak innehåller *Approved document B* och *BS 5588* samma sak men *BS 5588* innehåller lite mer, då delar som sällan berörs inte finns med i *Approved document B*.

Vissa delar av *BS 5588* är tänkt att ersättas av *DD 9999* (blivande *BS 9999*) vilket kommer att innefatta det som idag finns i *BS 5588* men kommer även möjliggöra mer flexibla lösningar. Tanken med *BS 9999* är att dokumentet ska användas som ett mellanting mellan förenklad och analytisk dimensionering för att bland annat möjliggöra fler av det som i Sverige kallas tekniska byten (exempelvis förlänga gångavstånd schablonartat genom installation av sprinkler).

BS 7974, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice* som är det huvudsakliga dokumentet som beskriver analytisk dimensionering kommer att finnas kvar även efter införandet av BS 9999 då den mer generellt beskriver genomförandet av analytisk dimensionering.

Användandet av analytisk dimensionering och riskanalys

Arbetsgången för den analytiska dimensioneringen i BS 7974, som ges ut av British Standards Institution, BSI är uppdelad i de tre huvudsteg *qualitative design review (QDR)*, *quantitative analysis* och *assessment against criteria*.

I *qualitative design review* ska målen definieras och acceptanskriterier upprättas. Dessutom ska en eller flera möjliga designförslag föreslås och nödvändig information ska samlas in för att möjliggöra en utvärdering av designförslagen i den påföljande kvantitativa analysen, *quantitative analysis*. Den kvantitativa analysen kan antingen göras deterministiskt eller probabilistiskt. Resultaten från den kvantitativa analysen jämförs i *assessment against criteria* med acceptanskriterier, som identifierades i QDR, för att testa godtagbarheten i lösningarna. Valet av acceptanskriterier beror på vilken typ av kvantitativ analysmetod som används.

Till BS 7974 finns underdokumenten, PD 7974-0 till PD 7974-7. Dokument 1-6 kallas för sub-system och behandlar olika delar av ett brand- och utrymningsförlopp, se figur 6.1. Sub-systemen ligger till grund för den kvantitativa analysen och PD 7974-0 fungerar som en guide till hur de olika underdokumenten ska användas samt kopplingen dem emellan. Underdokument PD 7974-7, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Probabilistic risk assessment*, ger ledning och innehåller olika metoder för hur genomförandet av probabilistiska analyser ska utföras.

BSPD7974-0	BSPD7974-1	BSPD7974-2	BSPD7974-3	BSPD7974-4	BSPD7974-5	BSPD7974-6	BSPD7974-7
Guide to design framework and fire safety engineering procedures	Initiation and development of fire within enclosure of origin	Spread of smoke and toxic gases within and beyond the enclosure of origin	Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin	Detection of fire and activation of fire protection systems	Fire service intervention	Evacuation	Probabilistic risk assessment

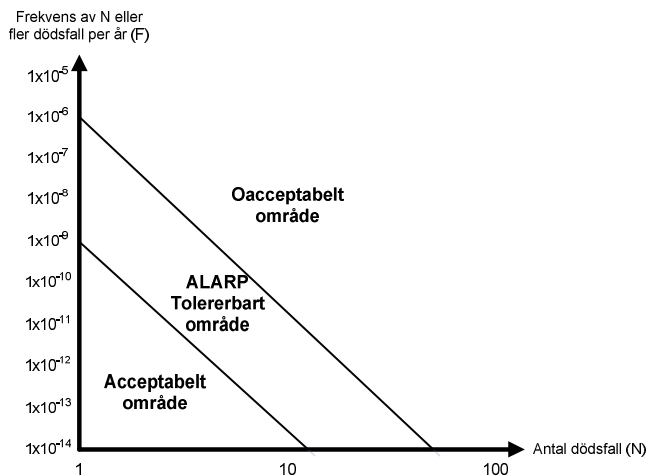
Figur 6.1 De olika sub-systemen till BS 7974 (Ferguson, 2006).

De probabilistiska analysmetoderna som beskrivs i PD 7974-7 kan användas för att bestämma indata för en deterministisk analys, att analysera en viss del eller en viss aspekt av brandskyddet i en byggnad samt att analysera en hel byggnads brandskydd.

Vid analyser av en byggnads totala brandskydd används statistisk data för att bland annat ta fram frekvensen på brands uppkomst samt reliabiliteten på olika system i byggnaden. Detta kombineras med deterministiska analyser med (hjälp av underdokumenten PD 7974-1 till 6) av konsekvenserna av en rad olika brandscenarion, där huvudsakligen händelseträdsanalys används.

Det finns en rad andra statistiska metoder presenterade i dokumentet som kan vara användbara vid en fullständig probabilistisk analys, exempelvis känslighetsanalys, felträd samt Monte Carlo analys.

Då PD 7974-7 används för att genomföra en probabilistisk analys fungerar sub-systemen som vägledning och som ingångsvärden. I PD 7974-7 finns även några exempel på indata samt förslag på acceptanskriterier, som kan användas i den probabilistiska analysen. Dessa data är baserade på brandstatistik, typ av byggnad samt tillförlitligheten hos brandtekniska system. Acceptanskriterierna kan vara jämförande eller av absoluta mått. Vid en jämförande analys jämförs risknivån för den föreslagna byggnaden mot en byggnad projekterad med förenklad dimensionering. De absoluta acceptanskriterierna kan uttryckas i kombination med ALARP-principen som individ- och/eller samhällsrisk (uttryckt i en FN-kurva, se figur 6.2 nedan).



Figur 6.2 ALARP-principen i ett FN-diagram.

6.2 IFEG - International Fire Engineering Guidelines

I Australien har man i samarbete med USA, Kanada och Nya Zeeland tagit fram *International Fire Engineering Guidelines*, IFEG (IFEG, 2005). Detta dokument är tänkt för att verifiera brandsäkerheten vid analytisk dimensionering. Dokumentet ger ledning åt brandprojektörer men även åt den myndighet som ska godkänna den föreslagna lösningen. I IFEG ges även ledning till hur brandtekniska riskanalyser kan genomföras.

Första delen i IFEG är en beskrivning av hur de olika ländernas bygglagstiftning ska länkas samman med arbetsgången i IFEG medan den andra delen beskriver själva arbetsgången. Dokumentet är inte bindande enligt någon lag utan fungerar som en handbok.

Användandet av analytisk dimensionering och riskanalys

Arbetsprocessen för den analytiska dimensioneringen enligt IFEG är uppdelad i de fyra huvudstegen, *Fire Engineering Brief (FEB)*, *carry out analysis*, *collate and evaluate results* och *draw conclusions*.

I FEB, som är en förberedelse till själva analysen, tas möjliga designförslag fram och avvikelser från den förenklade dimensioneringen identifieras. Därefter väljs vilken analysmetod som ska användas och acceptanskriterier och indata tas fram. I steget *carry out analysis* analyseras de föreslagna lösningarna från FEB med den valda analysmetoden. En uppdelning görs i om analysen ska vara jämförande eller absolut, kvantitativ eller kvalitativ samt deterministisk eller probabilistisk. Resultaten från analysen jämförs med

acceptanskriterier och utvärderas i *collate and evaluate results*. Slutsatser från analysen dras slutligen om föreslagen lösningen är acceptabel eller ej, detta görs i steget *draw conclusions*.

I IFEG finns sex sub-system som behandlar olika delar av ett brand- och utrymningsförlopp som kan användas vid den analytiska dimensioneringen, se figur 6.3.

Subsystem A	Subsystem B	Subsystem C	Subsystem D	Subsystem E	Subsystem F
Fire initiation and development and control of fire within enclosure of origin as well as enclosures to which fire subsequently spreads	Development and spread of smoke within the building, and its control	Spread of fire beyond the enclosure of origin, impact on structure and how spread and impact may be controlled	Fire detection warning and suppression. Enables suppression effectiveness to be estimated	Occupant evacuation and control. Enables estimate of time to reach place of safety	Fire services intervention. Effectiveness of intervention including suppression

Figur 6.3 De olika sub-systemen i IFEG (Ferguson, 2006).

Den probabilistiska analysen genomförs med hjälp av händelsetråd där flera olika dimensionerande scenarier tas fram. Sannolikheter samt konsekvenser i form av antalet omkomna tas fram för varje scenario. Konsekvenser av de olika scenarierna beräknas med hjälp av de olika sub-systemen. Sannolikhet och konsekvens kombineras för att få fram förväntat antal omkomna vid de olika scenarierna. *Expected Risk-To-Life, ERL*, beräknas vilket är ett mått på risken för att utsättas för kritiska förhållanden i byggnaden. Denna beräknas som

$$ERL = \frac{\text{Totalt förväntat antal omkomna}}{\text{Antal personer i byggnaden} \times \text{byggnadens livslängd}} \quad \text{Ekvation 6.1}$$

Den beräknade risken jämförs sedan med acceptanskriterier. *IFEG* sätter inte några acceptanskriterier utan projektören får själv ange dessa utifrån respektive lands förutsättningar.

Förslag på indata ges men det hänvisas även till annan litteratur för ytterligare indata. Både data för beräkning av bland annat brandbelastning men även tillförlitlighetsdata på bland annat sprinkler och släcksystem ges. Vissa av dessa värden anges som fördelningar.

En allmän genomgång i *IFEG* görs över osäkerhetsanalys, känslighetsanalys och säkerhetsfaktor men inga detaljerade beskrivningar görs.

6.2.1 Jämförelse mellan BS 7974 och IFEG

BS 7974 och *IFEG* liknar till stor del varandra i utformningen. En av anledningarna kan vara att till viss del har samma företag/organisation varit inblandade i framtagandet av de olika guiderna. *IFEG* är mer användarvänlig men inte lika teknisk detaljerad som *BS 7974* (Ferguson, 2006). Likheterna består bland annat av att båda använder olika sub-system för att dela upp brand- och utrymningsförloppet samt att arbetsgången liknar varandra med en inledande QDR/FEB, själva analysen och därefter en jämförelse mot acceptanskriterier. Förslag på indata ges av båda guiderna medan endast *BS 7974* ger förslag på acceptanskriterier.

6.3 Australien

Australiens regelgenomgång bygger på följande dokument

- IFEG, (2005). *International Fire Engineering Guidelines – Edition 2005*, ICC, NRC-CNRC, Department of Building and Housing and ABCB

I Australien används *The Building Code of Australia, BCA*, för att designa och konstruera byggnader. Kraven i *BCA* är utformade som funktionskrav och för att uppfylla dessa kan förenklad dimensionering (deemed-to-satisfy provision), analytisk dimensionering (alternative solution) eller en kombination av dessa användas (IFEG, 2005).

I *BCA* finns inga kvantifierade acceptanskriterier vilket gör att dessa kan variera då de måste fastställas vid varje enskilt projekt (IFEG, 2005).

Vid den analytiska dimensioneringen samt vid genomförandet av riskanalyser kan IFEG användas, se avsnitt 6.2.

6.4 Kanada

Kanadas regelgenomgång bygger på följande dokument

- IFEG, (2005). *International Fire Engineering Guidelines – Edition 2005*, ICC, NRC-CNRC, Department of Building and Housing and ABCB

The Canadian Commission on Building and Fire Codes, CCBFC, övervakar utformningen av de kanadensiska byggreglerna *National Building Code of Canada, NBC*. *NBC* är indelade i tre delar. Del A innehåller de övergripande målen med lagen, funktionskrav som måste uppfyllas för att målen ska uppnås och hur överensstämmelse med lagen kan uppnås. De två möjligheter som finns för att uppfylla lagkraven är att följa de acceptabla utformningar som finns i del B eller genom att göra en alternativ utformning minst uppnå den lägsta funktionsnivån. Del C innehåller administrativa krav. Alla mål och funktionskrav är kvalitativa.

Som är beskrivet i avsnitt 6.2 ger IFEG ledning för hur funktionsbaserade alternativa utformningar kan genomföras för att uppnå lagkraven samt hur brandtekniska riskanalyser kan genomföras.

6.5 Nya Zeeland

Nya Zeelands regelgenomgång bygger på följande dokument

- IFEG, (2005). *International Fire Engineering Guidelines – Edition 2005*, ICC, NRC-CNRC, Department of Building and Housing and ABCB

Nya Zeelands regelsystem är uppbyggt av *The Building Act 2004* vilket är ett ramverk som styr hela byggprocessen. Under *The Building Act 2004* finns *The Building Regulations 1992* vilken innehåller *The New Zealand Building Code* som är ett funktionsbaserat regelverk.

För att uppnå funktionskraven kan man antingen använda sig av accepterade lösningar (Compliance Documents) eller av analytisk dimensionering (alternative solution). Vid analytisk dimensionering kan IFEG användas, se avsnitt 6.2. Där anges även hur en brandteknisk riskanalys kan genomföras.

6.6 USA

USA:s regelgenomgång bygger på följande dokument

- IFEG, (2005). *International Fire Engineering Guidelines – Edition 2005*, ICC, NRC-CNRC, Department of Building and Housing and ABCB
- NFPA, (2000). *NFPA 101 – Life Safety Code – 2000 Edition*, National Fire Protection Association
- ICC, (2006). *International Code Council Performance Code for Buildings and Facilities*, International Code Council, INC.
- SFPE, (2000). *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection – analysis and design of buildings*, Society of Fire Protection Engineers & National Fire Protection Association, USA

USA har inga allmänna byggregler utan reglerna, så kallade ”model codes”, skrivs av olika organisationer som *The National Fire Protection Association, NFPA* och *The International Code Council, ICC*. Det är sedan upp till varje delstat att bestämma vilka regler som de ska införa. År 2006 hade 42 delstater valt att införa de detaljstyrande reglerna som *ICC* tagit fram (Orsborn, 2006). Både *NFPA* och *ICC* möjliggör för analytisk dimensionering. Nedan kommer en kort redogörelse för de båda regelverken från *NFPA* och *ICC*. USA har dessutom varit med i utvecklingen av *IFEG* som beskrevs i avsnitt 6.2.

6.6.1 NFPA

NFPA har skrivit byggregler som möjliggör både detalj- och funktionsbaserad dimensionering. *NFPA 101 Life Safety Code* innehåller både de detaljreglerna samt ett avsnitt som styr den funktionsbaserade utformningen och är inriktad mot enbart personsäkerhet.

Den funktionsbaserade utformningen enligt *NFPA 101* skiljer sig från många andra regelverk genom att den är relativt detaljstyrd till sin utformning. Det finns till exempel flera detaljregler som aldrig får frångås, dessutom finns en lista med åtta stycken olika designscenarier som måste ingå i analysen för att testa olika aspekter av brandskyddet i byggnaden. Dokumentet är ganska allmänt och hänvisar bland annat till *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings* (diskuterad i avsnitt 6.6.3) för mer detaljerad information om den analytiska dimensioneringen samt riskanalyser.

6.6.2 ICC

ICC har skrivit både detaljstyrande regler, *International Building Code*, och funktionsbaserade regler, *International Code Council Performance Code for Buildings and Facilities*. Om en delstat väljer att införa de funktionsbaserade reglerna, så accepteras de detaljstyrande reglerna som en metod att uppfylla funktionskraven.

ICC- Performance Code for Buildings and Facilities är framförallt kvalitativ och innehåller inga specifika metoder utan hänvisar bland annat till *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings* för mer detaljerad information om den analytiska dimensioneringen samt riskanalyser.

ICC anger inga acceptanskriterier men i dokumentet kan en klassificering av byggnaden göras efter verksamhet, riskfaktorer samt byggnadens betydelse för samhället vilket ger en maximal tolererad skadenivå.

Regelsamlingen innehåller även sju kapitel som behandlar olika delar av ett brand- och utrymningsförlopp liknande de brittiska sub-systemen.

6.6.3 SFPE

SFPE-Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings är rekommenderad av NFPA och ICC att användas som utgångspunkt vid analytisk dimensionering. Guiden går igenom hela designprocessen. De första stegen i processen avslutas med att en *Fire Protection Engineering Design Brief* sammanställs som i stort innehåller samma komponenter som QDR i BS 7974 och FEB i IFEG, alltså bland annat dimensionerande bränder, lösningsförslag och acceptanskriterier.

Efter att *Fire Protection Engineering Design Brief* sammanställts analyseras den föreslagna lösningen. Detta kan göras med en deterministisk eller en probabilistisk analys. Analysen kan genomföras på tre olika nivåer. Den lägsta nivån är en enkel jämförande analys av något avsteg från ett detaljkrav och den högsta nivån är när hela byggnadens totala brandskydd analyseras.

Vid analys av hela byggnadens brandskydd är det framförallt probabilistiska analyser i form av hädelseträdd som används där sannolikheter och konsekvenser förs in för de olika scenarierna och den totala risken beräknas. Andra analysmetoder som finns beskrivna är bland annat grovanalyser där resultaten presenteras i riskmatriser.

6.7 Danmark

Danmarks regelgenomgång bygger på följande dokument

- DBI, (2004). *Brandsikring af byggeri*, Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, Danmark
- Erhvervs- og Boligstyrelsen, (2004a). *Eksempelsamling om brandsikring af byggeri*, Erhvervs- og Boligstyrelsen, Danmark
- Erhvervs- og Boligstyrelsen, (2004b). *Information om brandteknisk dimensionering*, Erhvervs- og Boligstyrelsen, Danmark

Regelsystemets uppbyggnad

Danmark har funktionsbaserad byggglagsstiftning, *Bygningsreglement 1995*. Under denna finns de två dokumenten *Eksempelsamling om brandsikring af byggeri* och *Bygningsreglement 1995. Eksempelsamling om brandsikring af byggeri* ger exempel på hur funktionskraven kan uppnås och är detaljstyrande. Dokumentet är begränsat till att användas till ”traditionella byggnader” och kan därför inte användas för mer komplexa byggnader som till exempel mycket höga byggnader eller byggnader där många människor befinner sig. För dessa typer av byggnader hänvisas till den andra skriften, *Information om brandteknisk dimensionering*, som är en vägledning till hur analytisk dimensionering kan genomföras. Vissa typer av byggnader kan även utformas med hjälp av en kombination av de båda metoderna.

Användandet av analytisk dimensionering och riskanalys

Vid analytisk dimensionering kan tre typer av analys användas, jämförande, konsekvens- och riskanalys. I förordet till *Information om brandteknisk dimensionering* står det att vid analytisk dimensionering är det viktigt att identifiera svagheter och känsliga detaljer i en byggnads brandsäkerhet vilka kan göras med hjälp av en riskanalys.

Analysmetoden för riskanalys som förespråkas är händelseträdd där resultatet åskådliggörs med en FN-kurva. Guiden innehåller dock inga riskbaserade acceptanskriterier. En utgångspunkt är dock att om alla brandtekniska system fungerar ska ingen människa utsättas för kritiska förhållanden. Danmark har samma typer av nivåer för kritiska förhållanden som Sverige till exempel siktbarhet, strålning och temperatur. Om ett eller flera system inte fungerar ska antalet personer som utsätts för kritiska förhållanden hållas på en acceptable risknivå. I dokumentet ges förslag till indata i form av sannolikheter för att brand ska starta i olika typer av verksamheter och sannolikheter att tekniska system ska fungera. Dessa sannolikheter är tagna från den brittiska standarden *BS 7974*.

6.8 Norge

Norges regelgenomgång bygger på följande dokument

- NS 3901, (1998). *Risikoanalyse av brann i byggverk*, Norsk standard, Norges Standardiseringsforbund, NSF
- NBR, (1998). *Risikoanalyse av brann i byggverk – Veiledning til NS 3901*, Norges Byggstandardiseringsråd, Norge
- SINTEF, (2005). *Brandsikkerhet ibygg: Samenligning av alternative breanntekniske strategier*, SINTEF rapport NBL A05102
- SINTEF, (1998a). *Metode for a beregne personsikkerheten mht brann i bygninger.*, SINTEF rapport STF38 A97421
- SINTEF, (1998b). *Risikoanalyse av brann i bygninger. To beregningseksempler.*, SINTEF rapport STF38 A98408

Regelsystemets oppbyggnad

I Norge använder man sig av funktionsbaserad brandprojektering. Regelverket är till största delen funktionsbaserad men vissa av kraven är detaljkrav. Reglerna finns angivna i föreskrifterna *Forskrift om krav till byggverk og produkter till byggverk, TEK*, som grundar sig på lagen *plan- og bygningsloven*. Det finns två typer av metoder för att uppfylla kraven i *TEK*, genom att utföra lösningen som en förenklad dimensionering (preaksepterte lösningar) eller genom en analys och/eller beräkning för att visa att säkerheten är tillfredställande (Jönsson et al., 2006). Den förenklade dimensioneringen finns angiven i *REN TEKNISK 1997*.

Användandet av analytisk dimensionering och riskanalys

Ett sätt att visa att säkerheten är tillfredsställande är att utföra en riskanalys enligt *NS (Norsk Standard) 3901, Risikoanalyse av brann i byggverk*. Dokumentet är ett komplement till *NS 5814, Krav till risikoanalyser*, och behandlar hur brandsäkerheten kan analyseras med hjälp av riskanalyser. NS 3901 beskriver kort och allmänt hur en riskanalys bör genomföras. I rapporten anges att man kan genomföra analysen som en deterministisk analys, med hjälp av en metod kallad partialkoefficientmetoden eller som en probabilistisk analys. Om data till analysen anges endast att man ska visa var data är hämtad och att osäkerheter och antaganden ska diskuteras. I den brandtekniska riskanalysen tas olika brandscenarier fram och beskrivs med exempelvis ett händelseträdd. De olika brandscenierna analyseras med avseende på start och utveckling av branden, spridning av branden utanför brandcellen, rökproduktion och spridning, detektion och varningssystem samt räddningstjänstens insats (Jönsson et al., 2006). Dock anges det i NS 3901 att vid utrymning ska hänsyn ej tas till räddningstjänsten vid deterministiska analyser. Därefter analyseras utrymningen för de olika brandscenierna mot de angivna kritiska förhållandena. Sannolikheter och konsekvenser för de olika scenarierna anges och risken beräknas.

Risikoanalyse av brann i byggverk är en vägledning till *NS 3901* som ges ut av *NBR, Norges Byggstandardiseringsråd*. Dokumentet är en mer detaljerad beskrivning av hur en brandriskanalys för byggnader kan genomföras än *NS 3901*. Uppdelningen i olika avsnitt för att beskriva ett brand- och utrymningsförlopp grundar sig på en uppbyggnad enligt *ISO* och *BS 7974*. I vägledningen görs en uppdelning av acceptanskriterier i tre delar, jämförande, deterministiska eller probabilistiska. Exempel på probabilistiska acceptanskriterier, som grundar sig på statistisk data, finns angivna som sannolikheten för ett visst antal omkomna vid brand under en viss tid i form av ett FAR-värde (Fatal Accident Rate).

$$FAR = \frac{\text{Antal döda per år}}{\text{Antal exponerade persontimmar per år}} \times 10^8 \quad \text{Ekvation 6.2}$$

I vägledningen, som är från 1998 och som är under omarbetning (Brecker, 2007-05-08), anges att det i dagsläget i de flesta fall är omöjligt att genomföra en fullt probabilistisk analys på grund av begränsningar i data, beräkningsmodeller och program. Då de jämförande acceptanskriterierna används utgår man från en godkänd lösnings säkerhetsnivå och visar att den tilltänkta lösningen ligger i samma nivå som denna. ALARP begreppet (as low as reasonably practicable) behandlas kort i vägledningen.

Den riskanalys som ska genomföras kan göras för hela byggnaden eller för bara en del av den. Det finns en checklista där det anges vilka fysiska förhållanden, "brandsäkerhetssystem" som ska beskrivas i analysen, exempelvis utrymningsvägar och brandlarm. Innan den kvantitativa analysen bör en full kvalitativ analys genomföras för att bland annat ta fram vilka scenarier som ska analyseras närmare. Metoder som kan användas är exempelvis olika typer av grovanalyser. Själva arbetsgången i dokumentet följer den i *NS 3901*.

6.8.1 SINTEF - Metode for å beregne personsikkerheten mht brann i bygninger

SINTEF, Stiftelsen for industriell og teknisk forskning vid Norges tekniske høgskole (NTH), är en oberoende forskningsorganisation i Norge som arbetar med forskning och rådgivning inom en rad tekniska områden. I dokumentet *SINTEF-Metode for å beregne personsikkerheten mht brann i bygninger* beskrivs en metod för att beräkna dödsbrandsrisken i byggnader i form av FAR-värde, se ekvation 6.2. Metoden grundar sig på att antalet omkomna n_D beräknas som

$$n_D = N \cdot f_A \cdot q_D \quad \text{Ekvation 6.3}$$

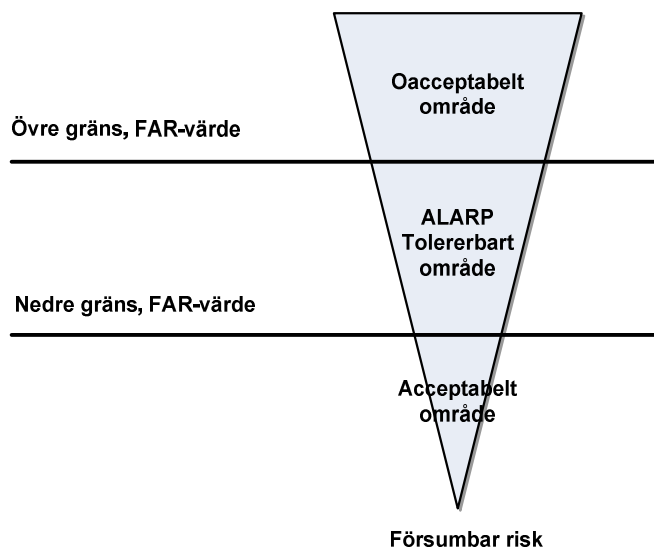
där

f_A = total brandfrekvens

q_D = total sannolikhet för dödsfall

f och q beräknas för olika scenarion i ett händelsetråd och summeras för hela byggnaden. Dessutom beräknas frekvensen för stora olyckor (mer än 5 omkomna) som behandlas separat. Metoder för att genomföra beräkningar av brand- och utrymningsförloppen finns angivna i dokumenten, dessutom finns hänvisningar till andra dokument som kan användas.

Förslag på indata finns i form av sannolikheter och frekvenser. Acceptanskriterier bygger på brandstatistik, myndigheters mål samt expertgrupper och värdena anges som FAR-värden, se ekvation 6.2, och kombineras med ALARP-principen, se figur 6.4. Resultaten presenteras som individ- och samhällsrisk.



Figur 6.4 Acceptanskriterier i form av FAR-värden kombinerat med ALARP-principen.

6.9 ISO

ISO (*the International Organization for Standardization*) är en internationell organisation som utarbetar standarder inom en rad olika ämnesområden. ISO dokumenten, *Fire Safety Engineering 16730* till *16737*, som till viss del är under framtagande, består av åtta dokument som behandlar olika områden för att kunna analysera brandsäkerheten. Det första dokumentet *16730* är ett övergripande ramverk för hur analysen ska genomföras, dokument *16731* hänvisar till andra dokument där indata till beräkningarna kan hämtas, dokument *16732* beskriver hur en riskanalys kan genomföras och dokument *16733* till *16737* behandlar olika delar av ett brand- och utrymningsförlopp i likhet med *BS 7974* och *IFEG*.

Dokumentet *16732* (ISO, 2004) behandlar mycket övergripande riskanalyser och ger vägledning när riskanalyser ska/bör genomföras samt förslag på en övergripande arbetsgång. Acceptanskriterier diskuteras men inga förslag på absoluta värden ges. Hänvisningar ges till de dokument som behandlar brand- och utrymningsförlopp för att användas vid beräkningar i riskanalysen.

6.10 Sammanfattning av den internationella studien

I samtliga studerade länder finns möjligheten att använda riskbaserade verifieringsmetoder vid projektering av byggnader. Alla dessa länder har dessutom någon form av guide eller vägledning som kan användas vid genomförandet av riskanalyser. Vägledningarnas utformning och detaljnivå är dock mycket skiftande men någon form av guidning finns dock i samtliga fall.

Sammanfattningsvis kan sägas att det absolut vanligaste angreppssättet för analysen i de flesta länderna är scenarioanalys med hjälp av händelseträ. Den övergripande arbetsgången är även den liknande i flera av de studerade guiderna med en uppdelning med någon form av förarbete (där genomförandet av analysen planeras samt att det som ska analyseras beskrivs), en analysdel samt slutligen en värdering av risken.

Vid riskvärderingen görs vanligen en uppdelning av acceptanskriterier i jämförande och absoluta kriterier. Det är dock endast Storbritannien och Norge som ger förslag på absoluta riskbaserade acceptanskriterier.

Slutligen kan sägas att det land som enligt författarna kommit längst i utvecklandet av en guide eller handbok för hur den analytiska dimensioneringen ska ske med hjälp av riskanalyser är Storbritannien. BS 7974 tillsammans med tillhörande underdokument är omfattande och ger en bra ledning i hur arbetet ska bedrivas. Dock skulle användarvänligheten i dokumenten kunna förbättras för att underlätta för projektören.

7 Metod för brandteknisk riskbedömning

Målet med examensarbetet är att presentera ett förslag på hur en brandteknisk riskanalys för höga byggnader bör utformas för att uppnå en hög kvalitet. I nedanstående kapitel presenteras ett förslag på hur denna brandtekniska riskanalys med tillhörande riskvärdering bör genomföras för att verifiera en byggnads brandsäkerhet. Metoden är tillämpbar för nivå 2 och 3 analyser (enligt uppdelningen i avsnitt 2.3) det vill säga för att utvärdera hela byggnadens brandskydd både för analyser med jämförande och absoluta acceptanskriterier.

Analysmetoden är ämnad att användas vid nybyggnation, men även vara tillämpbar vid ändringar. Metoden ska ses som en övergripande beskrivning av hur analysen ska genomföras då den även, efter viss modifiering, ska vara tillämpbar på andra typer av komplexa byggnader än höga byggnader. Detta tillsammans med olika projekts inbördes variation gör att en alltför detaljrik styrning i metoden inte är möjlig. Sammanfattningsvis kan sägas att metoden inte i detalj styr hur arbetet ska utföras utan istället beskriver den övergripande arbetsgången.

Metoden tar ingen större hänsyn till ekonomiska och tidsmässiga begränsningar som kan finnas hos projektören vid genomförandet av analysen, utan syftet med den föreslagna metoden är att visa teoretiskt på hur en riskanalys ska genomföras för att uppnå en hög kvalitet. Anledningen till att ingen större hänsyn tas till eventuella begränsningar hos projektören är för att dessa inte ska styra analysens utformning och inverka på analysens kvalitet. Syftet med den föreslagna metoden är även att föra utvecklingen av användandet av riskanalyser framåt, samt att försöka skapa ett gemensamt synsätt inom branschen.

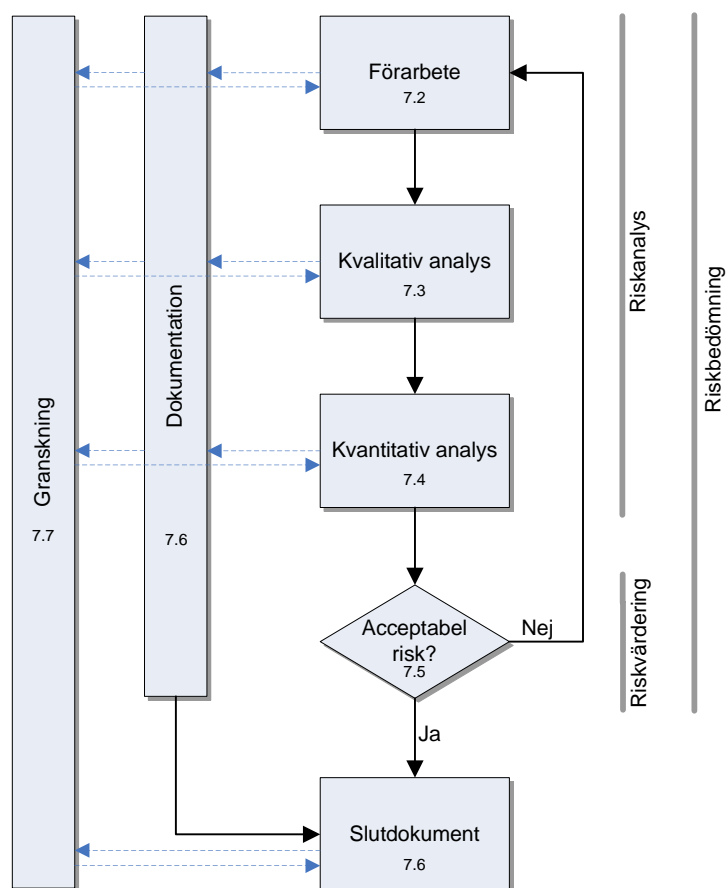
Arbetsgången är framtagen av författarna till rapporten och grundar sig på information från föregående kapitel i form av den allmänna beskrivningen av riskanalyser (kapitel 2) den allmänna beskrivningen av höga byggnader (kapitel 3) intervjun med representanter från Boverket (kapitel 4) intervjuer och e-postkorrespondens med räddningstjänsterna i Göteborg, Malmö, Stockholm och Varberg (kapitel 5) samt framförallt regelverk och standarder som studerats i den internationella studien (kapitel 6). Utöver detta har även annan relevant litteratur inom ämnesområdet studerats samt tre riskbedömningar av Hallandsåstunneln, LIDL-butiker samt ett sjukhus på Malta.

7.1 Övergripande arbetsgång

Arbetsgången för genomförandet av en brandteknisk riskanalys med tillhörande riskvärdering på en hög byggnad, se figur 7.1, kan delas upp i följande huvudsteg, *förarbete* (avsnitt 7.2), *kvalitativ analys* (avsnitt 7.3), *kvantitativ analys* (avsnitt 7.4) och *bedömning av acceptabel risk* (avsnitt 7.5). I de fall den beräknade risken överstiger nivån på acceptanskriteriet börjar arbetet om igen. Denna process pågår tills dessa att risken anses vara acceptabel varpå en slutdokumentation upprättas. Dokumentationen (avsnitt 7.6) ska inte endast utföras som en avslutande del utan hela arbetsprocessen ska dokumenteras fortlöpande (Morgan & Henrion, 1990). Detsamma gäller även granskningen (avsnitt 7.7) för att till exempel undvika att fel upptäcks först när hela analysarbetet genomförts. Hela arbetsgången ska ses som en iterativ process då förändringar i byggnadens utformning och andra projekteringsförutsättningar kan komma att förändras under projektets gång (BSI, PD 7974:2001). Arbetet med riskanalysen ska inledas så tidigt som möjligt i projekteringsfasen i byggprocessen för att kunna utnyttja dess information och slutsatser i ett tidigt skede innan det att utformningen blir ”låst” av arkitekten. Detta är extra viktigt vid projektering av komplexa byggnader jämfört med mer ”normala” byggnader för att undvika sena ändringar med stora kostnader som följd (SFPE,

2000). Arbetet med riskanalysen bör bedrivas före eller parallellt med upprättandet av brandskyddsdocumentationen och då flera av arbetsmomenten är dem samma kan dessa utnyttjas i både analysen och brandskyddsdocumentationen.

Arbetsgången kan jämföras mot den standardiserade modellen för riskhanteringsprocessen enligt IEC (1995). De tre översta arbetsstegen *förarbete*, *kvalitativ analys* och *kvantitativ analys* motsvaras av riskanalysen och bedömningen av *acceptabel risk* motsvaras av riskvärderingen enligt IEC (1995). Riskanalys och riskvärdering utgör tillsammans riskbedömningen, se figur 7.1, vilket är en mer korrekt benämning på den analys som vid behov ska genomföras enligt BBR. Därav används benämningen *riskbedömning* när det i rapporten är hela arbetsprocessen i den presenterade metoden som avses. Benämningen riskbedömning används även för att poängtera att det är en riskanalys *samt* en riskvärdering som ska genomföras. Den framtagna riskbedömningsmetoden används vid projekteringen av byggnaden, det vill säga i byggnadens projekteringsfas. Utifrån den genomförda riskbedömningen ska ett systematiskt brandskyddsarbete bedrivas under hela byggnadens förvaltningsskede. Det systematiska brandskyddsarbetet, som bland annat innebär att riskerna i byggnaden hanteras, kan tillsammans med riskbedömningen (riskanalysen och riskvärderingen) sägas utgöra hela riskhanteringsprocessen för byggnadens brandsäkerhet.



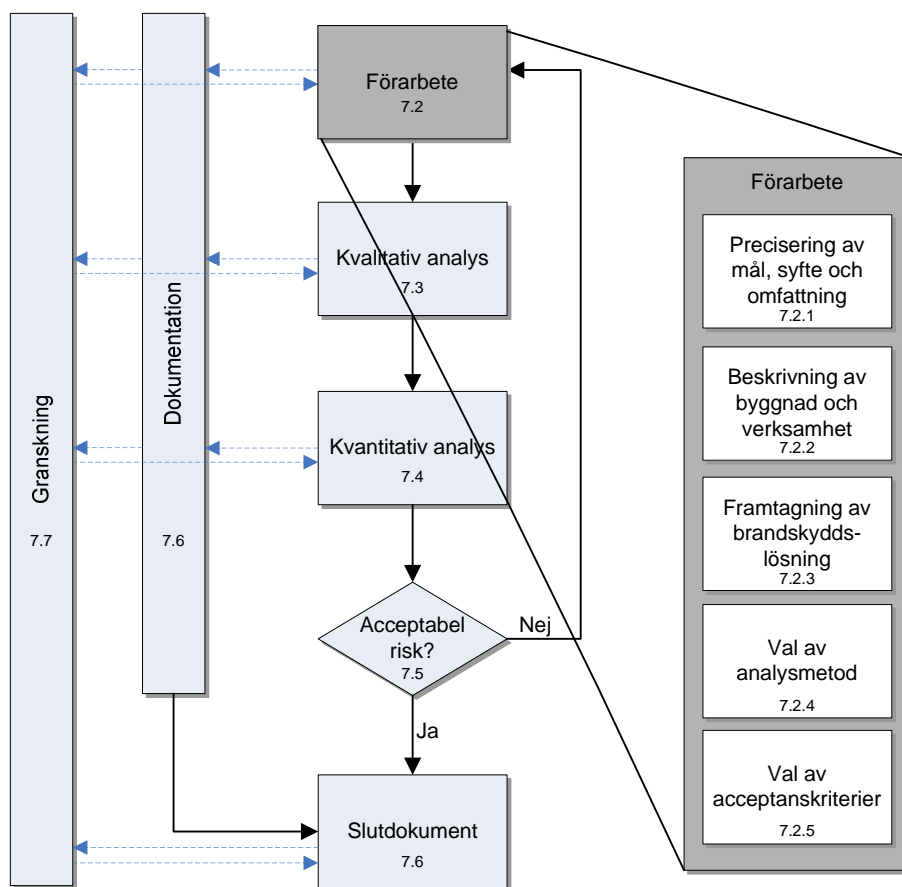
Figur 7.1 Övergripande arbetsprocess för riskbedömning av hög byggnad kopplad till IECs (1995) riskmodell.

Hela arbetsprocessen genomsyras av osäkerheter som osäkra val, antaganden och modellosäkerheter som tillsammans bidrar till analysens samlade osäkerhet (Morgan & Henrion, 1990). Osäkerheter ska således beaktas kontinuerligt under hela arbetsprocessen men kommer i denna rapport behandlas samlat under avsnitt 7.4.4, *hantering av osäkerheter*.

De olika stegen i processen beskrivs närmare i nedanstående kapitel.

7.2 Förarbete

Förarbetet är det första steget i arbetsprocessen och lägger grunden till själva analysarbetet då bland annat analysmetod, acceptanskriterier och vad som ska analyseras bestäms. Förarbetet består av ett antal arbetsmoment, utan strikt inbördes ordning, där de ingående delarna är *precisering av mål, syfte och omfattning, beskrivning av byggnad och verksamhet, framtagning av brandskyddslösning, val av analysmetod* och *val av acceptanskriterier*, se figur 7.2. Respektive del behandlas nedan.



Figur 7.2 Arbetsmoment som ingår i förarbetet.

7.2.1 Precisering av mål, syfte och omfattning

Det är viktigt att projektören som har i uppgift att genomföra analysen vet i vilket syfte analysen ska genomföras (BSI, PD 7974-0:2002). Syftet med riskbedömningen är enligt Boverket, se avsnitt 4.2, att visa att risknivån för den planerade byggnaden är acceptabel men syftet är även att göra en systematisk genomgång av brandsäkerheten för att identifiera de risker och svagheter som är förknippade med objektet (Boverket, 2007-05-22).

För att brandprojektören ska arbeta mot samma mål och vara så samspelt som möjligt med övriga projektörer och beställare är det av yttersta vikt att målet med brandskyddet tydligt preciseras (IFEG, 2005). Målet med brandskyddet kan vara att uppnå en miniminivå, närmare bestämt att "bara" uppfylla lagkraven enligt BBR och BVF, det vill säga verifiera brand och utrymningssäkerheten i byggnaden. Denna miniminivå är ett mål som aldrig kan frångås och därmed alltid måste uppnås. Beställaren av byggnaden kan av olika skäl välja att höja brandsäkerheten från miniminivån till en högre nivå vilket är mycket viktigt att brandprojektören är medveten om, då detta kan få konsekvenser i det fortsatta arbetet i form av att exempelvis brandskyddet ska utformas på ett annorlunda sätt och andra acceptanskriterier ska väljas. Möjlighet finns även att beställaren av byggnaden ställer andra krav på brandskyddet, som exempelvis att brandskyddet ska utformas på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt eller att en så flexibel lösning som möjligt ska tas fram, vilket även det måste uppmärksammas och beaktas under analysens gång.

Målet med själva riskbedömningen är alltid att visa att det uppsatta målet med brandskyddet uppnås. Alla ovanstående syften och mål ska preciseras i samråd mellan projektörer och beställare så tidigt i projekteringsfasen som möjligt så att alla förutsättningar är definierade i ett tidigt skede.

Analysens omfattning är viktig att definiera, det vill säga att systemavgränsningarna klargörs, så att det klart framgår vad som ska analyseras. Om systemgränserna inte är tillräckligt tydligt definierade är det svårt att genomföra en analys samt att kommunicera dess resultat med andra. Görs systemavgränsningarna för snävt finns risken att det som verkligen ska studeras inte analyseras då de delar som hamnar utanför systemets avgränsningar aldrig kan vara en del i ett riskscenario (Johansson & Jönsson, 2007). Det torde även finnas en risk att analysen görs alldeles för omfattande vilket resulterar i en onödigt tidskrävande och dyr analys. Ytterligare en anledning till att det är viktigt att det tydligt framgår vad som ingår och vad som inte ingår i analysen är att den ska vara så transparent som möjligt för att den lättare ska kunna granskas.

Vilken nivå som analysen ska genomföras på kommer att bestämmas i avsnitt 7.2.4 *val av analysmetod* då byggnaden först måste beskrivas och dess brandskyddslösning tas fram för att projektets komplexitet ska kunna bedömas.

Vid jämförandet av olika brandtekniska lösningar samt vid jämförande analyser för att verifiera byggnaders brandskydd är det ofta själva funktionen på brandskyddet som studeras (Lundin, 2005). Brandskyddet har dock fler egenskaper som måste tas hänsyn till då de påverkar byggnadens säkerhet. Några av dessa är enligt Lundin (2005) tillförlitligheten, mänskligt agerande, brandskyddsstrategins komplexitet, brandskyddssystemets komplexitet, flexibiliteten, känsligheten samt sårbarheten. I riskanalysen tas ofta tillförlitligheten hänsyn till genom att olika aktiva system beskrivs med exempelvis felfrekvenser, men det är dock viktigt att även övriga egenskaper tas hänsyn till. Komplexiteten diskuteras kort i avsnitt 7.2.3 och för mer information om brandskyddets egenskaper hänvisas till Lundin (2001, 2005) och Carlens (2006).

7.2.2 Beskrivning av byggnad och verksamhet

Byggnaden, omgivningen, verksamheten samt de personer som vistas i byggnaden ska beskrivas i den omfattning det krävs för att kunna ta fram brandskyddslösningar, brandscenarier samt genomföra analysen (NS 3901, 1998). Noggrannheten och omfattningen på beskrivningen beror till stor del av hur detaljerat systemet har beskrivits.

För att kunna genomföra beskrivningen granskas arkitektens ritningar samt att så mycket information som möjligt samlas in från andra projektörer och beställare (BSI, PD 7974-0:2002). Beroende på i vilket skede i projekteringen förarbetet genomförs kommer beskrivningen vara mer eller mindre detaljerad.

De fakta som framkommer av beskrivningarna kommer att ligga till grund för det fortsatta arbetet med att utforma brandskyddet och genomföra den kommande analysen (SFPE, 2000). Nedan finns ett exempel på delar som kan bli aktuella att beskriva, se tabell 7.1. Listan ska ej ses som heltäckande.

Tabell 7.1 Lista över punkter som kan bli aktuella att beskriva.

Område som ska studeras	Punkt som ska beskrivas
Byggnad	Byggnadens utformning Byggnadens storlek Antal våningar Storlek på respektive våningsplan Beskrivning av stomme Öppningar, schakt och ledningar Ventilationssystem Drift och underhåll Vind Källare
Omgivning	Närhet till andra byggnader Räddningstjänstens insatstid, vattenförsörjning och möjlighet till insats Närhet till farlig verksamhet (ex. bensinstation) Vindpåverkan
Verksamhet	Typ av verksamheter i byggnaden Framtida verksamheter
Personer	Antal personer i byggnaden Fördelning av personer i byggnaden Lokalkännedom Vakna/sovande Social grupptillhörighet Åldersfördelning Påverkade (av exempelvis alkohol) Funktionshinder (exempelvis rörlighet, nedsatt hörsel, nedsatt syn och mental status) Medvetenhet Säkerhetsutbildning av eventuell personal i byggnaden Säkerhetsutbildning av övriga personer i byggnaden

7.2.3 Framtagning av brandskyddslösning

När arkitektens ritningar granskats och byggnaden, omgivningen, verksamheten samt de personer som vistas i byggnaden har beskrivas i möjlig utsträckning är det dags för brandprojektören att projektera brandskyddet, det vill säga ta fram en brandskyddslösning

(SFPE, 2000). Vid framtagningen är det viktigt att målet med brandskyddet beaktas så att "rätt" nivå på brandskyddet uppnås. Vid framtagning av brandskyddslösningen *dimensioneras* även tekniska system som exempelvis kapacitet på brandgasventilation och utformning av sprinklersystem.

Då det för höga byggnader är krav på att analytisk dimensionering ska tillämpas enligt BBR blir det upp till den enskilde projektören att utforma brandskyddet. Utformningen kommer till stor del att bygga på brandprojektörens/projektgruppens erfarenhet och kunskap varpå det är viktigt att kunniga och erfarna projektörer är involverade i utformningen av brandskyddet (IEC, 1995). Det är dock svårt att säkerställa den enskilde projektörens kompetens. I flera andra länder som exempelvis USA och Storbritannien används licensiering av projektörer (Lundin, 2005). Det är dock osäkert om det går att säkerställa den enskilde projektörens kompetens med hjälp av licensiering, men däremot kan troligtvis licensieringen innebära att någon form av formell kompetens och en dokumenterad erfarenhet kan förväntas hos utföraren.

Byggnader som omfattas av 5:13 i BBR där krav ställs på analytisk dimensionering är större komplexa byggnader eller byggnader med ett stort personantal. Komplexitet kan enligt Meister (1991) definieras som antalet och typen av beroendeförhållanden bland sub-system och komponenter inom ett system. Av definitionen ovan följer att en byggnad och dess brandskydd kan anses mer komplext då säkerheten är beroende av flera olika tekniska system som i sin tur är beroende av varandra, vilket ofta är fallet i brandskyddsutformningen av byggnader som omfattas av avsnitt 5:13 i BBR. Enligt Lundin (2001) ökar risken för fel vid mer komplicerade brandskydd, då fler felkällor och felkombinationer förekommer. Mellan de olika tekniska systemen finns beroenden, det vill säga att de olika systemen kan vara beroende av att andra tekniska system ska fungera som tänkt för att själva fungera. Exempelvis kan trycksättningen av trapphus i höga byggnader vara beroende av att branden ska detekteras av ett detektionssystem, att dörrar ska stängas automatiskt och fläktar ska sättas igång med mera. Det är därför mycket viktigt att ta hänsyn till komplexiteten vid utformningen av brandskyddet.

Det kan vara svårt att i riskanalyser analysera och förutsäga fel som beror av byggnaders komplexitet. Dock kan komplexiteten minskas enligt Meister (1991) genom vissa åtgärder. Redundans kan byggas in i de tekniska systemen i byggnaden vilket leder till ett mer robust system med mindre risk för fel, det vill säga systemets förmåga att stå emot störningar ökar. Ett exempel som visar på systems beroenden är då en gemensam pump försörjer både sprinkler och stigarledning. Detta beroende sänker redundansen då ett pumphaveri slår ut båda systemen jämfört om dessa olika system skulle försörjas av olika pumpar.

En komplex utformning av brandskyddet kan även leda till att personer som ska nyttja och underhålla byggnaden och dess tekniska system har svårt att få en överblick och förståelse för systemen och dess olika beroenden, vilket även det kan leda till ökad risk för fel. Detta kan förebyggas genom olika typer av tekniska varningssystem samt genom organisatoriskt och systematiskt brandskyddsarbete så att fel tidigt uppmärksammas och kan åtgärdas innan felet orsakar negativa konsekvenser.

Nedan ges ett förslag på lista som kan användas vid utformningen av byggnadens brandskydd, se tabell 7.2. Listan ska ej ses som heltäckande.

Tabell 7.2 Lista på punkter som kan bli aktuella att beakta vid utformningen av brandskyddet.

System	Övergripande punkter som ska beaktas
Brandcellsindelning	Sektionering Placering av brandcellsgränser Brandteknisk klass på brandcellsgränser Genomföringar genom brandcellsgränser Brandsluss Dörrar
Material	Brandteknisk ytskiktssklass på bl.a. väggar, tak Brandteknisk ytskiktssklass på beklädnad och ytskikt
Detektion	Typ av brandlarm Typ, antal och placering av detektorer Larmorganisation, larmlagring, vidarekoppling till räddningstjänst etc.
Släcksystem	Sprinkler eller andra typer av släcksystem Manuell utrustning för brandsläckning
Utrymning	Utrymningsstrategi, del-, sektions- eller totalutrymning Antal utrymningsvägar Placering av utrymningsvägar Kapacitet på utrymningsvägar Säker och tillfällig utrymningsplats Hiss för utrymning Typ av utrymningslarm Nödbelysning Vägledande markering
Ventilation	Typ av system Typ av ventilationsbrandskydd t.ex. brand- och brandgasspjäll eller fläkt i drift
Brandgasventilation	Typ, placering och kapacitet av brandgasventilation t.ex. mekanisk- eller termiskventilation i trapphus, hissar, andra stora utrymmen mm Trycksättning av trapphus
Räddningstjänstens förutsättningar, se även kapitel 5	Plats för fordonsuppställning Åtkomst till och i byggnaden Möjlighet att kommunicera med personal och övriga personer högre upp i byggnaden Möjlighet att styra de tekniska systemen Brandbekämpningshiss Stigarledningar Brandposter
Organisatoriskt brandskydd	Utbildning och information till personer i byggnaden Utbildning och tillgång på eventuell personal Underhåll av tekniska system
Övrigt	Minimering av antändningskällor och brandbelastning

7.2.4 Val av analysmetod

När byggnaden har beskrivits samt ett förslag på en brandskyddsutformning har tagits fram bestäms vilken nivå analysen ska genomföras på. Vilken nivå som ska väljas beror på det aktuella projektets komplexitet enligt resonemanget fört i avsnitt 2.3. Bedömningen av projektets komplexitet kommer grunda sig på beskrivningen av byggnaden samt den framtagna brandskyddslösningen.

Om projektets komplexitet bedöms vara av en sådan grad att en kvantitativ analys av hela byggnadens brandskydd måste genomföras kan en nivå 2 eller nivå 3 analys väljas, se figur 2.2, beroende på vilken typ av acceptanskriterier som väljs. I Sverige är det i dagsläget bara möjligt att genomföra en nivå 2, jämförande analys, på grund av avsaknaden av fastställda absoluta acceptanskriterier.

Fördelar och nackdelar med att välja antingen en jämförande eller absolut analys diskuteras kortfattat i avsnitt 2.2.

Att använda händelseträd är enligt de flesta av de guider som studerats i kapitel 6 ett bra hjälpmedel för att grafiskt åskådliggöra och strukturera scenarier vid den systematiska genomgången av brandsäkerheten. Utöver användandet av händelseträd finns en rad andra metoder som kan vara användbara, exempelvis olika typer av indexmetoder. Då analyser med hjälp av händelseträd kan anses som den mest utbredda och vanligast förekommande metoden kommer fortsättningsvis denna metod att användas och beskrivas vidare i avsnitt 7.3.3. Händelseträdanalys kan genomföras både kvalitativt och kvantitativt (Kemikontoret, 2001) vilket även detta är ett skäl till att just händelseträdsmetodiken väljs då den i rapporten beskrivna arbetsgången delvis blir tillämpbar även för icke kvantitativa analyser.

7.2.5 Val av acceptanskriterier

Valet av acceptanskriterier beror av en rad olika faktorer, målet med brandskyddet (t.ex. personsäkerhet, egendomsskydd, finansiella kriterier), analysmetod (deterministisk eller probabilistisk) samt om analysen är jämförande eller absolut (BSI, PD 7974-7:2003), se tabell 7.3 nedan.

Tabell 7.3 Exempel på olika typer av acceptanskriterier (BSI, PD 7974-7:2003).

Analysmetod	Mål med brandskyddet	
	Personsäkerhet	Finansiella kriterier
Jämförande	Samma risknivå som för en lösning dimensionerad med förenklad dimensionering	Jämförelse mellan två olika brandskyddsutformningar (kostnad-nytta analys)
Absolut	Antal dödsfall per år	Acceptabel medelförlust per år

I Sverige finns idag inga allmänt fastställda absoluta acceptanskriterier vilket gör att det är jämförande acceptanskriterier som ska användas i den framtagna riskbedömningsmetoden. Metoden är dock fullt tillämpbar även vid användandet av absoluta acceptanskriterier. De jämförande acceptanskriterierna uttrycks i form av samhällsrisk presenterade i FN-diagram (se figur 7.7 i avsnitt 7.4.3) vilket gör att hänsyn kan tas till fördelningen mellan små och

stora olyckor samt antalet personer som befinner sig i byggnaden. Detta underlättar riskbedömningen då risken inte åskådliggörs med endast ett punktvärde i form av exempelvis medelrisk (Banverket, 2007). Samhällsrisk presenterad i FN-diagram kan användas både för jämförande- och absoluta acceptanskriterier.

Nedan diskuteras vad som bör beaktas vid framtagningen av de jämförande kriterierna samt hur dessa ska utformas. En kort diskussion förs även kring möjligheterna till att använda absoluta acceptanskriterier. Vidare kommer endast probabilistiska acceptanskriterier med hänsyn till personsäkerhet att diskuteras då detta är examensarbetets inriktning.

7.2.5.1 Jämförande acceptanskriterier - val av jämförelseobjekt

Vid en jämförande analys jämförs den projekterade lösningens risknivå med en byggnad projekterad med förenklad dimensionering vilken då uppfyller samhällets krav på acceptabel utformning och risknivå. Det finns inga riktlinjer för hur valet av jämförelseobjekt ska göras utan det är upp till den enskilde projektören att själv välja jämförelseobjekt. Detta kan medföra problem med att den beräknade risken kan variera beroende på vilken projektör som genomför analysen och vilket jämförelseobjekt som väljs.

Om syftet ”bara” är att uppfylla lagkraven finns i teorin inget som hindrar att välja en så låg nivå på brandskyddet som möjligt med den förenklade dimensioneringen. Jämförelseobjekt som skulle kunna användas är 16-vånings bostadshus med ett Tr2 trapphus vilka kan anses utgöra en av de lägst godkända nivåerna på brandskyddet. Detta bland annat på grund av att det är dessa byggnader som är de högsta som kan utföras med endast ett trapphus med förenklad dimensionering, därefter krävs analytisk dimensionering. En byggnad med ett trapphus som jämförelseobjekt kan dock anses olämpligt då denna utformning får ses som ett undantag från det grundläggande kravet på två av varandra oberoende utrymningsvägar. Om målet med brandskyddet är att få en högre nivå på säkerheten kan någon annan typ av byggnad användas att jämföra mot. En jämförelse som skulle kunna användas är att jämföra mot ett antal 8-våningshus. Viktigt är att oavsett vilket jämförelseobjekt som används ska det totala våningsantalet och det totala antalet personer i jämförelseobjektet vara lägre eller lika som i den projekterade byggnaden. Målet med brandskyddet måste alltså tydligt återspeglas i de acceptanskriterier som väljs, det vill säga jämförelseobjektets risknivå.

Olika typer av byggnader och verksamheter i samhället ger olika risknivåer, och för att rätt nivå ska jämföras krävs att byggnaderna är av liknande typ och innehåller samma verksamhet.

Nedan ges en sammanfattning av några punkter som bör beaktas vid valet av jämförelseobjekt.

- Jämförelseobjektet ska uppfylla lagkraven i BBR och BVF.
- Jämförelseobjektet får maximalt vara 16 våningar högt då förenklad dimensionering ska vara tillämplig på jämförelseobjektet.
- Samma typ av verksamhet ska finnas i de båda byggnaderna för att en godtagbar jämförelse ska kunna genomföras.
- Jämförelseobjektet ska ha liknande byggnadsutformning som det hus som projekteras för att en godtagbar jämförelse ska kunna genomföras.
- Jämförelseobjektet ska totalt ha lägre eller lika antal våningar och personer som den projekterade byggnaden.

- Båda jämförelseobjektens risk ska vara av samma karaktär med avseende på bland annat graden av frivillighet eller tvång, personlig fördel och kontrollerbarhet för att riskjämförelsen inte ska missuppfattas (Riskkollegiet, 1991).

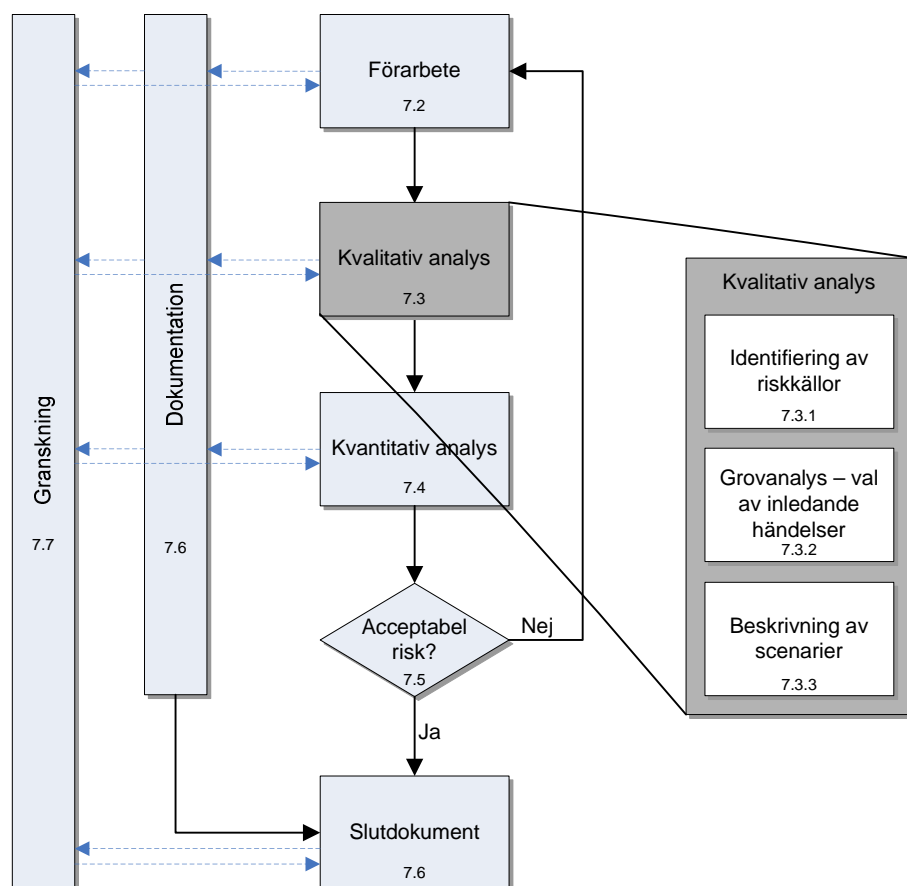
7.2.5.2 Absoluta acceptanskriterier

Vid användandet av absoluta acceptanskriterier uttrycks den acceptabla risken i form av numeriska värden. Dessa uttrycks ofta i andra länder, se kapitel 6 *internationell studie* samt Davidsson, Lindgren & Mett, (1997), i form av en acceptabel nivå på individ- och/eller samhällsrisk. I exempelvis Storbritannien finns det redan idag uppsatta riskbaserade acceptanskriterier i form av individ- och samhällsrisk för byggnader (BSI, PD 7974-6), men i Sverige saknas detta. Absoluta acceptanskriterier används dock i Sverige redan idag vid exempelvis riskanalyser för farligt gods. I framtiden kan det tänkas att det kommer att tas fram absoluta acceptanskriterier för byggnader även i Sverige vilket skulle underlätta genomförandet av riskanalyser.

En möjlighet att använda absoluta acceptanskriterier i Sverige idag kan vara att använda sig av internationella acceptanskriterier för byggnader eller att det inom projektet diskuteras fram acceptanskriterier. Vid framtagandet av acceptanskriterier finns det ett antal principer/värdegrunder som dessa kan bygga på vilka diskuteras i avsnitt 2.6.2. Problem kan uppstå med dessa metoder då det måste styrkas att kriterierna uppfyller kraven enligt svensk bygglagstiftning. En annan viktig aspekt att ta hänsyn till vid användandet av absoluta kriterier, på samma sätt som vid användandet av jämförande kriterier, är att det är av yttersta vikt att målet med brandskyddet klart återspeglas i de för projektet uppsatta acceptanskriterierna.

7.3 Kvalitativ analys

Förarbetet ligger till stor del till grund för nästa steg i den övergripande arbetsprocessen som är den kvalitativa analysen. I denna del tas de brandscenarier fram som används för att utvärdera den föreslagna brandskyddslösningen. Dessa brandscenarier ligger sedan till grund för nästa steg i arbetsprocessen som är den kvantitativa analysen. Den kvalitativa analysen består av arbetsmomenten *identifiering av riskkällor*, *grovanalys – val av inledande händelser* och *beskrivning av scenarier* och behandlas nedan.



Figur 7.3 Arbetsmoment som ingår i den kvalitativa analysen.

För att analysera en byggnads totala risk ska i teorin alla brandscenarier analyseras, det vill säga hela riskscenariorymden ska täckas in. Beroende på hur detaljerat systemet som ska analyseras är beskrivet kommer antalet möjliga scenarier att variera (Johansson & Jönsson, 2007). För att analysen ska uppnå en hög kvalitet krävs en så detaljerad beskrivning av systemet så att en erforderlig mängd scenarier kan konstrueras (NS 3901, 1998). Det blir emellertid i praktiken omöjligt att analysera ett system som har samma detaljnivå som verkligheten då det finns ett mycket stort antal möjliga scenarier, då många parametrar i ett brand- och utrymningsförlopp kan varieras (NBR, 1998). Därför måste förenklingar göras för att analysen ska vara praktiskt genomförbar och ett visst antal scenarier måste väljas ut. Processen att välja ut scenarier beskrivs nedan och de olika ingående delarna bedrivs delvis integrerade i varandra och ska därav inte betraktas som tre fristående arbetsmoment.

7.3.1 Identifiering av riskkällor

Första steget i att ta fram brandscenarier är att identifiera alla riskkällor som är förknippade med den aktuella byggnaden inom systemavgränsningen. Dessa risker är grunden till de scenarier som ska analyseras. Med riskkällor menas här faktorer som har en väsentlig påverkan på ett brand- och utrymningsförlopp, exempelvis antändningskällor, hög brandbelastning men även sårbarheter som hög persontäthet.

Arbetet med att identifiera riskkällor bedrivs i form av ”brainstorming” med utgångspunkt från det som framkommit i förarbetet, genomgång av litteratur som behandlar risker med liknande typer av byggnader, statistisk data samt kunskap och erfarenhet från inblandade projektörer. För att arbetet ska bedrivas på ett strukturerat sätt samt att en systematisk genomgång verkligen genomförs kan med fördel hela byggnaden metodiskt studeras lokal för lokal.

Exempel på riskkällor som kan beaktas finns angivna i listan nedan, riskkällorna har delats in efter typ. Listan ska ej ses som heltäckande.

Tabell 7.4 Lista med exempel på riskkällor som kan användas vid identifiering av riskkällor

Typ av riskkälla	Riskkällor
Uppkomst av brand	Tekniskt fel, elfel Kök Rökning Reparationer – heta arbeten Brandfarlig verksamhet Öppen låga, levande ljus Värmekällor Maskiner Eldstad Spridning av brand från annan byggnad Anlagd brand Terrorism/sabotage Brand på grund av naturkatastrof
Skyddsobjekt	Stor personbelastning Äldre Funktionshindrade Sovande personer
Övrigt	Snabb brandspridning Hög brandbelastning Skorstenseffekt Få utrymningsvägar Långa utrymningsvägar Räddningstjänstens försämrade insatsmöjligheter Nedfallande föremål

7.3.2 Grovanalys - val av inledande händelser

Utifrån de identifierade riskkällorna konstrueras olika möjliga *inledande händelser* varifrån representativa inledande händelser väljs med hjälp av en grovanalys.

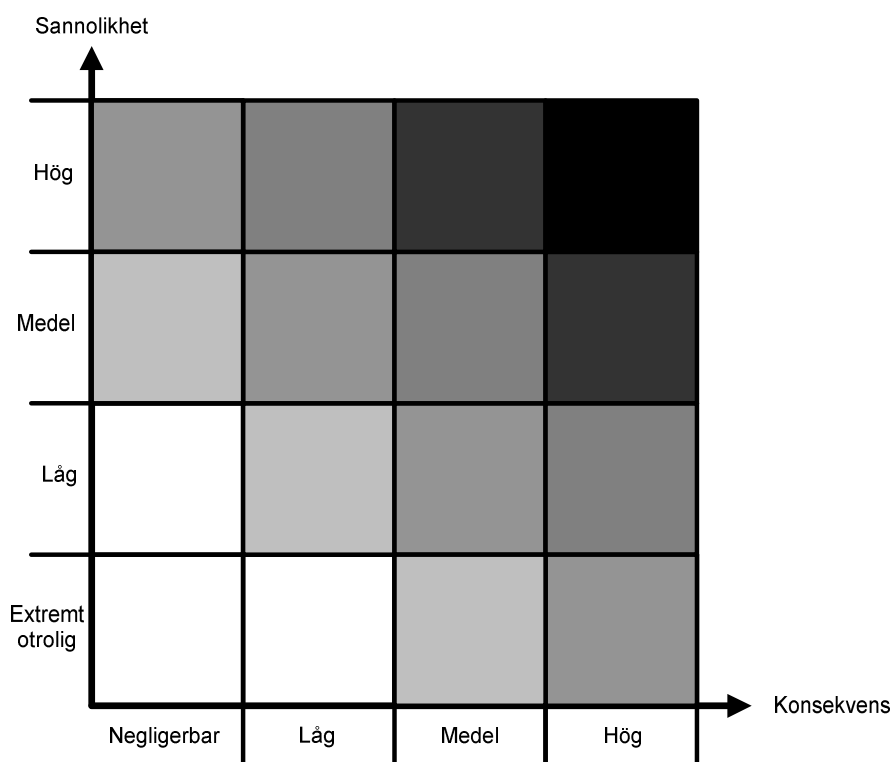
Syftet med grovanalysen är att då det många gånger inte är praktiskt möjligt att kvantitativt analysera alla möjliga brandscenarier, på grund av de resurser som finns tillgängliga, måsta ett antal representativa scenarier väljas ut som tillsammans beskriver byggnadens totala risk. Dessutom är det ofta, om inte alltid, möjligt att uppnå liknande kvalitet på analysen genom att endast analysera ett mindre antal representativa scenarier.

Vid den systematiska genomgången av byggnadens alla olika lokaler kan möjliga grova händelseförlopp konstrueras. Händelseförloppen konstrueras med utgångspunkt från de identifierade riskkällorna. Som hjälp vid framtagandet av de möjliga händelseförloppen kan What-if-analys användas eller följande frågor, som bygger på frågor från SFPE (2005).

- Vilken/vilka är antändningskällorna, vad är det som antänds och var i byggnaden finns det som antänds?
- Finns risk för spridning från startföremålet och hur snabbt sker detta?
- Finns risk för övertändning?
- Sprider sig branden till andra brandceller, våningar eller andra byggnader?
- Självslöcknar branden eller släcks den av något aktivt system eller räddningstjänsten?
- Vad händer om passiva och aktiva system inte fungerar som tänkt?
- Vad blir konsekvensen av branden?

De olika möjliga inledande händelserna som tas fram beskrivs kortfattat för att användas vidare i grovanalysen.

Utifrån de olika möjliga inledande händelserna görs grova skattningar av konsekvens i exempelvis negligerbar, låg, medel och hög och sannolikhet i exempelvis extremt låg, låg, medel och hög. Skattningarna ligger till grund för en grov bedömning av risken av de olika inledande händelserna och deras händelseförlopp vilket görs med hjälp av någon form av riskmatris (SFPE, 2000), se figur 7.4.



Figur 7.4 Exempel på riskmatris som kan användas vid skattning av risken

De inledande händelser som bidrar med ett lågt tillskott till den totala risken behöver i vissa fall inte analyseras kvantitativt utan endast en kvalitativ analys kan vara tillräcklig. Detta på grund av att det låga tillskottet inte har någon nämnvärd inverkan på byggnadens totala risknivå (NBR, 1998). Det är viktigt att då inledande händelser utesluts för vidare kvantitativ analys måste tydliga motiveringar och beskrivningar göras för att öka analysens transparens. Dessa inledande händelser kan exempelvis befinna sig någonstans i det vita fältet i riskmatrisen i figur 7.4. Beslut om var gränsen går för när scenarier inte behöver analyseras kvantitativt bör tas redan tidigt i arbetet och i samråd med övriga personer inblandade i projektet. Förslagsvis kan detta ske då övriga förutsättningar fastställs i förarbetet.

Inledande händelser som har liknande konsekvenser kan grupperas och beskrivas med en gemensam sammanlagd sannolikhet samt en konsekvens som är representativ för de övriga i gruppen (ISO, 2004). Av detta resonemang följer att brand i liknande lokaler ofta kan klumpas ihop då exempelvis liknande lägenheter på samma våningsplan med största sannolikhet leder till liknande händelseförlopp och konsekvens.

Vid valet av vilka inledande händelser som ska analyseras kvantitativt finns flera faktorer som är viktiga att beakta för att öka analysens kvalitet. Hela riskscenariorymden ska täckas in av alla de scenarier som analyseras kvalitativt eller kvantitativt (Johansson & Jönsson, 2007). Det är även viktigt att välja scenarier som representerar vitt spridda scenarier så analysen verkligen blir den systematiska genomgång vilket är ett av huvudsyftena för riskbedömningen enligt Boverket. Slutligen kan sägas att tyngdpunkten i analysen ska läggas på de scenarier som ger ett stort risktillägg till den totala risken då de är mest betydelsefulla för byggnadens totala riskbild.

7.3.3 Beskrivning av scenarier

Utifrån de valda inledande händelserna beskrivs mer utförliga scenarier med hjälp av händelseträdet, se figur 7.5. De olika grenarna i händelseträdet som beskriver den inledande händelsen och de möjliga händelseförloppen definieras i rapporten som *scenarier*, se figur 7.5. Det framtagna händelseträdet kommer vidare att användas i den kvantitativa analysen vid framtagandet av en riskprofil som sker i avsnitt 7.4.3.

Syftet med att använd händelseträdsmetodik är att beskriva de möjliga händelseförloppen samt vilka konsekvenser som den inledande händelsen kan leda till. Syftet är även att göra en tillräckligt noggrann beskrivning av händelseförloppet för att det ska vara möjligt att göra en bedömning av brandsäkerheten i den kvantitativa analysen.

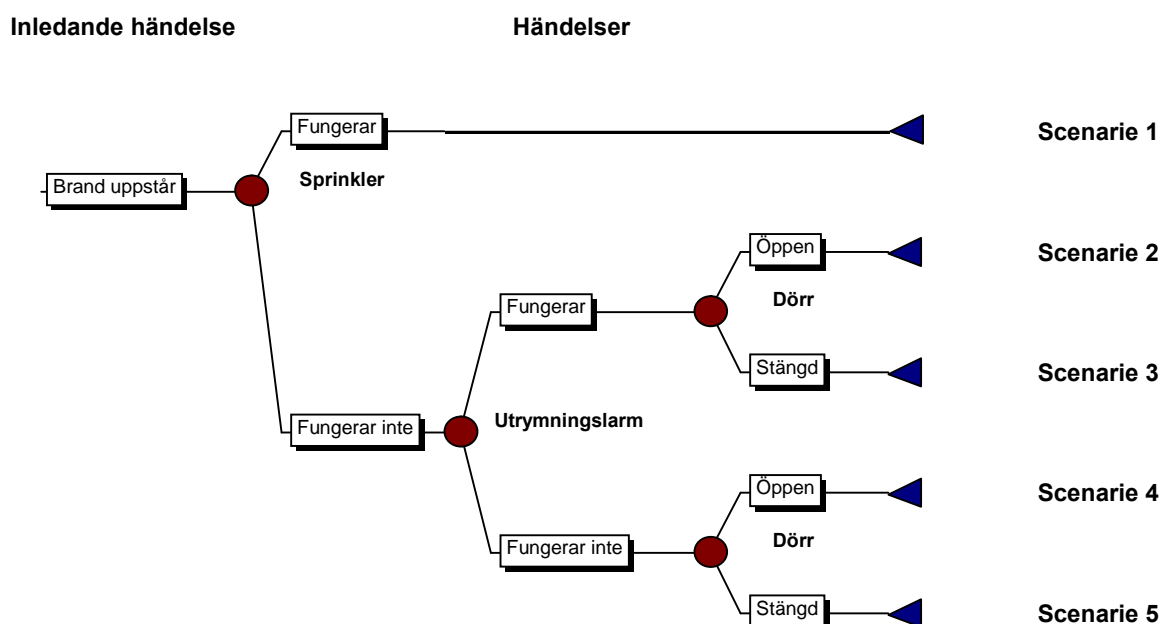
Vid utformandet av händelseträdet ska alla viktiga tänkbara *händelser* som kan påverka brand- och utrymningsförloppet beaktas. Varje gren i händelseträdet utgör ett brandscenario och kommer därmed att beskriva brandens uppkomst, utveckling och släckning samt hur branden påverkar och påverkas av byggnaden, personerna i byggnaden och dess tekniska system (ISO, 2004). De olika händelserna i trädet ska placeras i kronologisk ordning (IFEG, 2005). Händelseträdsanalyser ger en tydlig beskrivning av de olika händelserna som kan inträffa (Räddningsverket, 2003) vilket är bra för att öka analysens transparens och därmed kvalitet.

Händelser som kan komma att bli aktuella att ta med i händelseträdet kan variera bland annat beroende på byggnadens och brandskyddets utformning samt analysens detaljrikedom. I tabell 7.5 nedan finns exempel på händelser som kan komma att ingå i ett händelseträd. Listan ska ej ses som heltäckande.

Tabell 7.5 Lista med exempel på händelser i ett händelseträd

Område	Händelse
Branden	Brand uppkommer Brandens placering Brand släcks/släcks inte av aktivt system Brand släcks/släcks inte av person i byggnaden Brand släcks/släcks inte av räddningstjänsten Branden sprider sig/sprider sig inte Spridning av brandgaser/ingen spridning av brandgaser
Byggnad/tekniska system	Öppen/stängd dörr Utrymningsväg blockerad/inte blockerad Fönster går sönder/går inte sönder Aktiva system fungerar/fungerar inte Passiva system fallerar/fallerar inte Strömavbrott
Personer i byggnaden/ utrymning	Vakna/sovande personer God/dålig lokalkännedom Funktionshindrade Påverkade personer Personer uppfattar brand före aktivt system Personer handlar ”rätt” vid brand/larm

Beroende på hur detaljerad analysen görs kommer fler eller färre händelser att finnas med i trädet. Varje ny händelse som tas med i händelseträdet genererar fler scenarier. Hur många parametrar som ska tas med i händelseträdet är upp till projektören som ska utföra analysen. Grundprincipen är att tillräckligt många parametrar ska tas med så att analysen uppnår en hög kvalitet genom att ge en bra återspeglning av verkligheten (Räddningsverket, 2003). Vad som menas med "tillräckligt" går ej att på förhand bestämma utan är unikt för varje projekt och kommer således att behöva bedömas från projekt till projekt. Morgan och Henrion (1990) menar att för att hitta rätt detaljnivå krävs någon form av iterativ process. Det är dock inte nödvändigt enligt Johansson och Jönsson (2007) att samma detaljnivå används i hela byggnaden då det i vissa fall kan krävas en mer noggrann beskrivning för att analysera ett scenario jämfört med ett annat. Det kan exempelvis vara nödvändigt att beskriva ett scenario där många människor är inblandade mer detaljerat än ett scenario med få människor för att kunna göra en mer mångsidig beskrivning av de konsekvenser som kan uppkomma i de fall fler människor är inblandade.

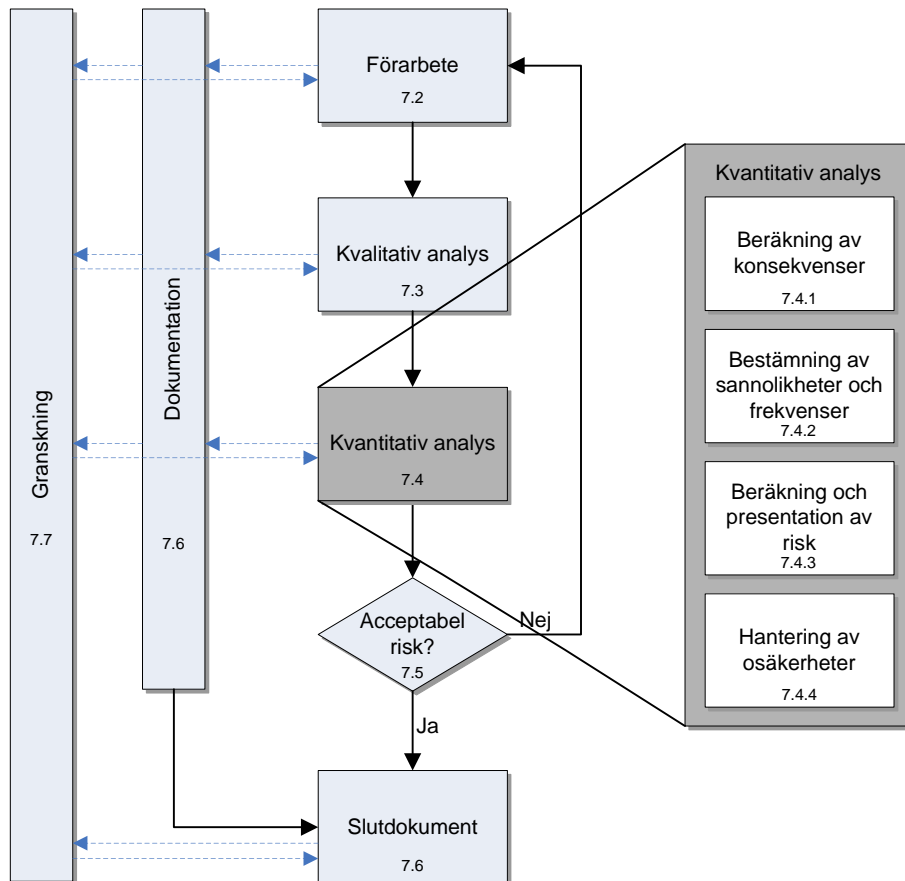


Figur 7.5 Exempel på scenarier i ett händelsetråd.

Vid en jämförande analys kan det totala antalet scenarier begränsas genom att liknande scenarier som ger samma risktillägg för de olika byggnaderna utesluts om syftet med analysen endast är att se skillnaden i risknivå mellan de båda byggnaderna. Exempelvis skulle ett scenario med brand i lägenhet på 5:e våningen som inte sprider sig eller påverkar angränsande lägenhet kunna uteslutas, om scenariot ger samma risktillägg till den totala risken. Men då syftet med analysen är att på ett systematiskt sätt verifiera den aktuella byggnads brandskydd kan inte scenarier utelämnas utan vidare.

7.4 Kvantitativ analys

Efter att den kvalitativa analysen genomförts och scenarierna har beskrivits med hjälp av händelsetråd ska de olika scenarierna analyseras kvantitativt. Den kvantitativa analysen består av *beräkning av konsekvenser, bestämning av sannolikheter och frekvenser, beräkning och presentation av risk* samt *hantering av osäkerheter*.



Figur 7.6 Arbetsmoment som ingår i den kvantitativa analysen.

7.4.1 Beräkning av konsekvenser

Första steget i den kvantitativa analysen är att bestämma konsekvenserna för respektive scenario. Konsekvensen kan uttryckas som antalet omkomna eller antalet personer som utsätts för kritiska förhållanden. Ofta används kritiska förhållanden som konsekvens, då det i BBR finns angivet nivåer på exempelvis temperatur, värmestrålning och siktbarhet som anges som kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden används även i den framtagna riskbedömningsmetoden.

De beräkningar som ska genomföras är tiden till kritiska förhållanden, t_{krit} , och tiden för utrymning, $t_{utrymning}$. Beroende på hur noggrann analysen görs skiljer sig typen av hjälpmedel åt som används för att genomföra dessa beräkningar. Exempelvis kan konsekvensberäkningar göras med allt ifrån enkla handberäkningar till att omfatta datorsimuleringar i form av zonmodeller, CFD- och utrymningssimuleringar. Valet av analysmetod beror på analysens omfattning, analysobjektets komplexitet samt den valda metodens tillämpbarhet och giltighet. Exempelvis kan det vid analys av en hög byggnad vara fullt tillräckligt att använda en

zonmodell om byggnaden består av många mindre volymer men vid stora komplexa geometrier kan det vara nödvändigt att använda CFD-simuleringar.

I praktiken ska alla scenarier beräknas men det är ofta möjligt att utnyttja samma simulering för flera scenarier då många av händelserna i de olika scenarierna inte påverkar branden, exempelvis om brandlarmet fungerar eller ej. Detta gör att antalet simuleringar ofta kan begränsas.

Konsekvenserna av de olika scenarierna tas fram genom att beräkna den tid, $t_{konsekvens}$, som utrymningstiden, $t_{utrymning}$, överskrider tiden till kritiska förhållanden, t_{krit} , se ekvation 7.1 nedan. Denna tid "översätts" sedan till antalet personer som utsätts för kritiska förhållanden genom att från de genomförda utrymningsberäkningarna bestämma hur många personer som finns kvar i byggnaden efter det att kritiska förhållanden har inträffat.

$$t_{konsekvens} = t_{utrymning} - t_{krit} \quad \text{Ekvation 7.1}$$

Viktigt är att välja troliga värden vid framtaganden av konsekvenser för att en rättvisande bild av den totala risknivån ska erhållas. Detta på grund av att om det systematiskt väljs konservativa värden kommer dessa summeras till en "onödigt" hög säkerhetsnivå. Att använda sig av konservativa värden kan dessutom vara olämpligt vid jämförande analyser eftersom olika antaganden i de olika analyserna kan vara olika konservativa (Banverket, 2007). Vid framtagandet av de värden som ska ingå i beräkningarna kan till exempel statistik, försök och tidigare experiment användas.

7.4.2 Bestämning av sannolikheter och frekvenser

Andra steget i den kvantitativa analysen är att bestämma sannolikheten för de olika händelserna som ingår i händelseträdet samt att ta fram frekvensen för att brand uppkommer.

Vid framtagandet av sannolikheter för de händelser som ingår i de olika scenarierna kan statistisk data, försök och tidigare experiment användas. Andra metoder som kan användas är olika typer av beräkningar som exempelvis felträdet (BSI, PD 7974-7:2003), bayesiansk uppdatering samt expertbedömningar i form av delphiundersökningar. De värden som väljs ska väljas som troliga värden och inte som konservativa värden för att få en rättvisande bild av den totala risknivån av samma anledning som vid valet av värden vid framtagandet av konsekvenserna ovan. Det är av största vikt att valet av värden motiveras ordentligt för att öka analysens transparens och kvalitet.

Utöver sannolikheter för de olika händelserna i händelseträdet krävs även att startfrekvensen på de bränder som ska analyseras tas fram för att risken ska kunna uttryckas som ett värde under en viss given tid. Detta är dock inte nödvändigt för den jämförande analysen då man i denna analys är intresserad av skillnaden mellan de olika jämförelseobjekten och därmed kan förutsätta brand (Frantzich, 1998).

7.4.3 Beräkning och presentation av risk

Risk, R , definieras kvantitativt enligt Kaplan och Garrick (1990) som $R = \{(s_i, p_i, x_i)\}$, $i=1,2, \dots, N$, och beskrivs av en taltriplett med svaret på tre frågor

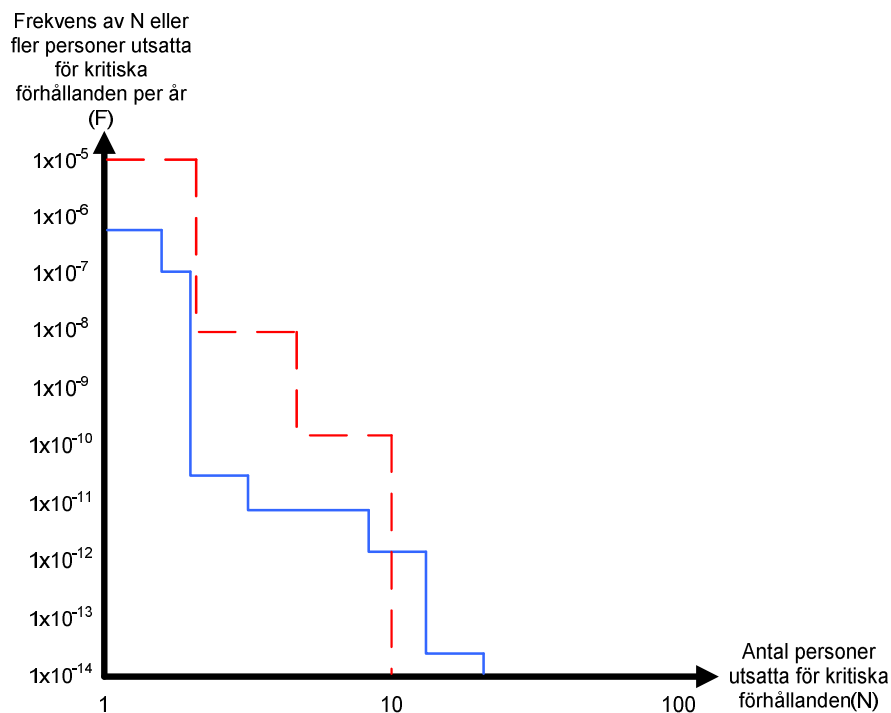
s_i – Vad kan gå fel?

p_i – Vad är sannolikheten att det händer?

x_i – Om det händer, vad blir konsekvensen?

För respektive scenario, s_i ($i=1-N$), i händelseträdet är sannolikheter/frekvenser och konsekvenser framtagna och beräknade enligt tidigare avsnitt. För att beskriva den totala samhällsriskens sorteras de olika taltripleterna för de olika scenarierna efter konsekvens i fallande ordning varpå den ackumulerade frekvensen för de olika konsekvenserna beräknas. Detta åskådliggörs därefter i ett FN-diagram.

En riskprofil av samhällsriskens för den aktuella byggnaden samt för jämförelseobjektet konstrueras och åskådliggörs i ett och samma FN-diagram, se figur 7.7 nedan.



Figur 7.7 Exempel på riskprofiler i ett FN-diagram som visar frekvensen för att motsvarande antal personer eller fler utsätts för kritiska förhållanden.

7.4.4 Hantering av osäkerheter

För att analysen ska kunna användas som beslutsunderlag för att avgöra om en acceptabel risknivå är uppnådd är det viktigt att kunna bedöma i vilken grad analysens osäkerheter kan bidra till att fel beslut tas (Räddningsverket, 2003) samt att öka tillförlitligheten i resultaten (Banverket, 2007) vilket är en viktig aspekt för att riskanalysen ska hålla en hög kvalitet.

Osäkerhetshandlingen kan bli extra viktig då en acceptabel risknivå precis har uppnåtts, exempelvis som i FN-diagrammet i figur 7.7 ovan där kurvorna ligger mycket nära varandra i

en del av grafen. Då krävs bra kvalitet på hanteringen av osäkerheter för att säkerställa att säkra slutsatser kan dras av beräkningarna.

Det är viktigt att projektören är medveten om vilka olika typer av osäkerheter som finns, se avsnitt 2.5.1, för att dessa sedan ska kunna behandlas och tas hänsyn till under analysarbetet.

Tillvägagångssättet i nedanstående avsnitt är till för att hantera osäkerheter i form av *osäkerheter kring data och parametrar*. De övriga typerna av osäkerheter enligt indelningen i avsnitt 2.5.1, *osäkerheter kopplat till modeller och dataprogram* samt *osäkerheter kopplat till riskanalysgruppens kompetens* är svåra att beskriva kvantitativt. Dessa osäkerheter kan till viss del hanteras genom ökad kunskap om begränsningarna i modeller och dataprogram samt användning av expertbedömningar. Dessutom kan det tillses att personer inblandade i riskanalysen har rätt kompetens och kunskap så att bland annat grova fel motverkas (Räddningsverket, 2003).

7.4.4.1 Hantering av osäkerheter i den framtagna modellen

Osäkerheterna i metoden som tas fram i examensarbetet hanteras på nivå 4 enligt Paté-Cornell (beskriven i avsnitt 2.5.2) samt att en känslighetsanalys genomförs. Känslighetsanalysen diskuteras senare i avsnitt 7.4.4.2. Genom att använd Paté-Cornells nivå 4 kan osäkra faktorerers olika utfall tas hänsyn till i händelseträdet (Johansson, 2000) vilket presenteras i en FN-kurva. Osäkerheterna som hanteras i nivå 4 visas i FN-diagrammet genom att olika konsekvenser har olika ackumulerade frekvenser. Eftersom sannolikheterna på de olika händelserna i händelseträdet och konsekvenserna anges med specifika värden tas ingen hänsyn till kunskapsosäkerheterna utan endast till de stokastiska osäkerheterna (Johansson, 2000).

Anledningen till att en nivå 3 analys inte används är att på nivå 3 tas ingen hänsyn till flera olika möjliga utfall vilket ger en betydligt sämre beskrivning av verkligheten jämfört med nivå 4. Detta gör att en bedömning av resultaten och rätt beslut då kan vara svåra att genomföra. Enligt Johansson (2000) är nivå 4 en rimlig nivå för att ge en bra representation av osäkerheterna i en riskanalys.

Dock tas på nivå 4 inte hänsyn till osäkerheterna i de olika variablerna i beräkningarna och i händelseträdet, utan endast osäkerheterna i vilka olika utfall som olika händelser kan ge. Detta gör enligt Johansson (2000) att då nivå 4 används bör analysen kompletteras med en känslighetsanalys för att studera om osäkerheterna i variablerna kan påverka beslutet.

Johansson menar vidare att om så är fallet bör en osäkerhetsanalys genomföras för att närmare studera osäkerheterna och dess påverkan på resultatet, se avsnitt 7.4.4.3 nedan. Om en osäkerhetsanalys genomförs med avseende på alla inblandade variablerna i form av fördelningar kan hanteringen sägas motsvara nivå 5 enligt Paté-Cornells nivåer för hantering av osäkerheter. En nivå 5 analys är att föredra framför en nivå 4 analys men dess komplexitet gör att den kan vara svår att genomföra i praktiken på stora komplexa byggnader med många brandscenarier och då olika beräkningsprogram används i analysen och alla parametrar ska tilldelas sannolikhetsfördelningar.

7.4.4.2 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen har enligt Morgan och Henrion (1990) till syfte att visa effekten av hur ändringar i indata och antaganden påverkar utdata. Känslighetsanalysen kan ofta ses som det första steget i att hantera osäkerheter i analysens beräkningar (Brandskyddshandboken, 2005).

Känslighetsanalysen genomförs genom att de parametrar som kan påverka resultatet varieras en efter en medan de övriga hålls konstanta. Genom att beräkna hur mycket resultatet med de olika parametrarna avviker från medelresultatet kan det avgöras vilka parametrar som har störst påverkan på slutresultatet (Johansson, 2000). Med stor påverkan på slutresultatet menas att beslutet som tas utifrån analysresultatet kan komma att ändras.

När parametrarna som kan påverka beslutet har identifierats, väljs dessa värden mer konservativt. Om säkerheten är starkt beroende av någon enstaka parameter kan hänsyn tas till detta genom att redundans tas med i systemet med avseende på den parametern (Frantzich, 1998).

7.4.4.3 Osäkerhetsanalys

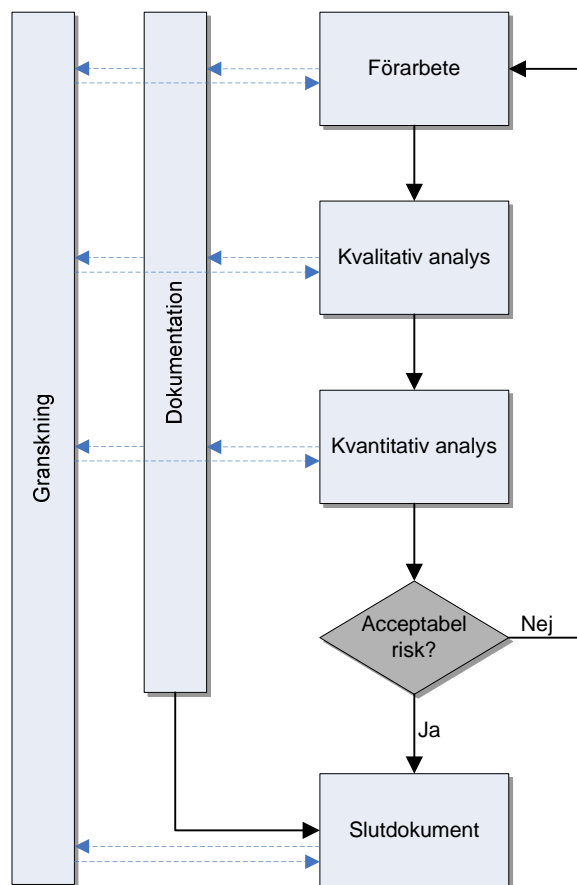
Nedan ges en kort beskrivning av en osäkerhetsanalys trots att det troligtvis inte blir aktuellt att använd osäkerhetsanalys i den framtagna riskbedömningsmetoden.

Morgan och Henrion (1990) menar att syftet med att genomföra en osäkerhetsanalys är att beräkna analysresultatets totala osäkerhet som orsakas av osäkerhet i bland annat indata, antaganden och modellosäkerheter. I osäkerhetsanalysen beskrivs de olika parametrarna med fördelningar istället för med punktvärden (Brandskyddshandboken, 2005).

Med hjälp av Monte-carlo simuleringar kan fördelningarna för sannolikheterna och konsekvenserna till de olika scenarierna kombineras för att sedan redovisas som flera kurvor i ett FN-diagram. Kunskapsosäkerheterna i de ingående parametrarna visas då genom de olika riskkurvorna, se figur 2.4 B i avsnitt 2.5.2.

7.5 Acceptabel risk - riskvärdering

Efter att riskprofiler för den aktuella byggnaden och jämförelseobjektet har konstruerats bedöms om den framräknade risken är acceptabel eller ej. Detta är steg fyra i den övergripande arbetsgången, se figur 7.8. Utifrån analysens resultat beslutats om byggnaden kan uppföras med den föreslagna brandskyddsutformningen.



Figur 7.8 Den övergripande arbetsgången.

Beslutet som kommer att fattas när den framtagna riskbedömningsmetoden används kommer att vara av typen rättighetsbaserade kriterier, se avsnitt 2.6.1. Detta då den aktuella byggnadens risknivå kommer att jämföras mot en risknivå för ett jämförelseobjekt med hjälp av FN-kurvor. Det samma gäller om absolut acceptanskriterium hade använts. Det kan även tänkas vara aktuellt att använda ett nytto-baserat kriterium i form av en kostnad-nyttaanalys om valet står mellan två olika utformningar av brandskyddet som båda ger acceptabel risk, det vill säga ett så kallat hybrid-kriterium.

Riskvärderingen i den framtagna riskbedömningsmetoden utfår från riskprofilerna i FN-diagrammet som tagits fram. Utifrån dessa kan den aktuella byggnadens beräknade risknivå bedömas vara acceptabel eller ej. Risknivån är acceptabel om den aktuella byggnadens FN-kurva ligger under den kurva som representerar jämförelseobjektet. Om till exempel den heldragna kurvan i figur 7.7 representerar den aktuella byggnaden och den streckade jämförelseobjektet, kan det utläsas att risken inte är acceptabel då den heldragna och den streckade kurvan korsas. Arbetet måste därav börja om från förarbetet där utformningen av byggnadens brandskydd måste förändras för att ge en lägre risknivå.

Ur figur 7.7 kan även utläsas att det för den aktuella byggnaden måste finnas ett eller fler scenarier som leder till en konsekvens att fler än tio personer dör vilket inte är acceptabelt enligt den streckade kurvan som representerar jämförelseobjektets acceptabla risknivå. Vid arbetet att förändra byggnadens brandskyddslösning kan det konstateras att det endast är de scenarier som genererar en konsekvens med tio döda eller fler som måste förhindras. Således kan det ur FN-diagrammet utläsas mer än om en acceptabel risknivå uppnåtts eller ej.

Viktigt att beakta vid bedömningen om risken är acceptabel eller ej är att kontrollera hur noggrant analysens alla osäkerheter har behandlats. Då en acceptabel risknivå precis har uppnåtts kan eventuellt en variation i någon av analysens ingående variabler resultera i att den aktuella byggnadens risknivå inte bedöms som acceptabel.

7.6 Dokumentation samt slutdokument

Dokumentationens huvudsakliga och viktigaste funktion är att återge hela arbetsgången och alla dess ingående delar i sådan utsträckning att det går att följa alla relevanta resonemang, tankegångar och beräkningar (Räddningsverket, 2003). Analysen ska alltså göras så transparent som möjligt vilket är ett måste för att analysen ska anses hålla en hög kvalitet. En ordentlig dokumentation är ett måste för att analysen ska kunna granskas av en person som inte varit involverad i själva analysarbetet, exempelvis en så kallad fristående sakkunnig (BSI, PD7974-0:2002). Ytterligare en anledning till varför analysen ska göras transparent är för att analysen ska vara möjlig att använda som utgångspunkt för fortsatt analysarbete (Morgan & Henrion, 1990).

Dokumentationens övergripande struktur och de delar som ska ingå kan beskrivas med huvudrubrikerna nedan.

Sammanfattning

Sammanfattningen ska översiktligt beskriva analysens väsentliga delar samt dragna slutsatser. Omfattningen på denna del är beroende av analysens längd och komplexitet (IFEG, 2005).

Inledning/förarbete

I inledningen anges gällande lagar, vem som är uppdragsgivare samt namn och kompetens på de personer som utfört och granskat analysen (SFPE, 2000) samt i vilken omfattning analysen har granskats. Även de delar som ingår i förarbetet i avsnitt 7.2 i den framtagna riskbedömningsmetoden ska beskrivas i detta avsnitt. Exempelvis ska analysens mål, syfte och omfattning tydligt preciseras samt att byggnaden ska beskrivas kortfattat och övriga relevanta förutsättningar ska definieras. Utöver detta ska brandskyddets utformning och förutsättningar översiktligt redovisas samt att vald analysmetod och acceptanskriterier ska definieras och motiveras (BSI, PD7974-0:2002).

Kvalitativ analys

Den kvalitativa analysen i avsnitt 7.3 ska dokumenteras. Exempelvis ska identifierade riskkällor listas samt att metoden för att finna dessa ska redovisas (BSI, PD7974-0:2002). Valda brandscenarier ska tydligt beskrivas och motiveras samt att det dessutom ska motiveras varför eventuellt vissa scenarier inte analyserats kvantitativt (Lundin, 2000).

Kvantitativ analys

Arbetet utfört i avsnitt 7.4 ska dokumenteras där bland annat använda modeller och deras begränsningar ska redovisas fullständigt (Lundin, 2000). Använda dataprogram ska även

beskrivas samt att indata ska anges och en sammanfattning av utdata ska presenteras (BSI, PD7974-0:2002). Utöver detta ska genomförda beräkningar redovisas. Viktigt är även att tydligt ange hur analysens osäkerheter har hanterats (Morgan & Henrion, 1990).

Resultat och slutsatser (inklusive värdering av risk)

Resultaten och dragna slutsatser ska tydligt redovisas samt att tagna beslut ska motiveras. Det ska även framgå på vilka grunder besluten tagits.

Referenser

Använd litteratur och övriga källor ska listas i en referenslista.

Bilagor

Omfattande beräkningar och hädelsetråd kan exempelvis placeras i bilagor.

Dokumentationen ska genomföras fortlöpande under de olika arbetsmomenten för att möjliggöra kontinuerlig intern granskning, se figur 7.8. Dessutom är det enligt Morgan och Henrion (1990) inte möjligt att genomföra dokumentationen effektivt om den inte integreras i det övriga arbetet utan endast lämnas till slutet. Således ska alltså alla de arbetsmoment som utförs finnas med i dokumentationen. Vidare listar Morgan and Henrion (1990) sex punkter, vilka återges nedan, som de anser är extra viktigt att dokumentationen uppfyller för att öka transparensen. Dokumentationen ska

- identifiera alla parametrar och antaganden som ingår i analysen, samt tydligt påvisa vilka osäkerheter som finns samt har behandlats
- återge resultatet av känslighetsanalysen så att det är synligt vilka osäkerheter oenigheter, utelämnanden och modellval som bidrar med störst känslighet samt motivera dessa
- klargöra vilka huvudsakliga alternativa modeller som finns men inte använts
- innehålla tillräckligt utförlig dokumentation av den valda analysmetoden så att hela analysen och dess beräkningar kan återskapas
- lista analysens alla huvudsakliga begränsningar
- slutligen summera alla huvudsakliga slutsatser, begränsningar och kunskaper på en lättillgänglig plats.

Flera av de delar som ska beskrivas i slutdokumentationen är sådana delar som sammanfaller med beskrivningen i en brandskyddsdocumentation, vilket det enligt avsnitt 5:12 i BBR är krav på att upprätta. Detta gör att dessa delar ej behöver beskrivas ingående två gånger utan endast beskrivas översiktligt i riskbedömningens dokumentationen för att sedan hänvisas till den mer utförliga beskrivningen i brandskyddsdocumentationen.

Delar som kan sammanfalla och där med inte behöver dokumenteras så utförligt i analysens dokumentation är exempelvis delarna i förarbetet som beskriver brandskyddets utformning, förutsättningar, hur det är tänkt att fungera och underhållas. Med brandskyddets förutsättningar menas under vilka förhållanden kommer brandskyddet att fungera som tänkt samt vilka begränsningar finns exempelvis för framtida ändringar i verksamhet. Det är dock viktigt att detta tydligt återges i brandskyddsdocumentationen så att denna även kan användas av dem som äger och ska nyttja byggnaden (SFPE, 2000).

7.7 Granskning

Ett viktigt steg i kvalitetssäkringen av analysen är att analysen granskas. Morgan och Henrion (1990) menar att alla analyser ska utsättas för ordentlig och kritisk granskning av en fristående sakkunnig. Syftet med granskningen är enligt Lundin (2001) att säkerställa att projekteringen har blivit rätt utförd vad gäller projektörens tillvägagångssätt och arbete.

Granskningen behövs även för att säkerställa att inga grova fel begås av analysgruppen eller att minimera dessa så långt som möjligt. Exempelvis ska det säkerställas att inga möjliga scenarier eller andra aspekter förbises och därmed inte tas med i analysen vilket sänker dess kvalitet och användbarhet som beslutsunderlag.

Vid granskningen är inte avsikten att utföra alla beräkningar igen utan det är tillvägagångssättet och själva analysarbetet som ska granskas (Brandskyddshandboken, 2005).

Vilken nivå granskningen ska läggas på beror av projektets komplexitet. I och med att projektets komplexitet ökar, som exempelvis vid genomförandet av riskanalyser, växer även behovet av verifiering av brandskyddslösningen. Mer omfattande verifiering kräver i sin tur högre grad av granskning då möjligheten till fel i projekteringen ökar.

Granskningen kan enligt Lundin (2001) delas in i tre olika nivåer.

- *Nivå 1* – analysarbetet kontrolleras av utföraren själv.
- *Nivå 2* – analysen granskas av annan person som kan arbeta inom samma företag.
- *Nivå 3* – fristående kontrollant granskar arbetet, denna ska inte vara involverad i projektet sedan tidigare och bör inte arbeta inom samma företag.

Alla dessa tre typer av granskning kan sägas vara olika nivåer av byggherrens egenkontroll.

På vilken nivå granskningen/kontrollen ska ske ska anges i den kontrollplanen som bör upprättas av byggherren då denne har det fulla ansvaret för byggnaden (Brandskyddshandboken, 2005). Normalt anlitar dock byggherren en kvalitetsansvarig som upprättar en kontrollplan. Upprättandet av kontrollplanen är styrt enligt 9 § 9 kap i *Plan och bygglagen (1987:10)* och ska beslutas om vid byggsamrådet.

Vid byggsamråd kontrollerar byggnadsnämnden hur projekteringen och byggherrens egenkontroll av projekteringen planeras att genomföras. Byggnadsnämnden kan vid dessa samråd ta hjälp av räddningstjänsten och kan enligt PBL besluta att ytterligare kontroller ska genomföras än de som planeras.

När byggherren enligt Byggnadsnämnden har uppfyllt alla sina åtaganden tillfredställande enligt kontrollplanen utfärdas ett slutbevis. I vissa fall tar Byggnadsnämnden hjälp av räddningstjänsten som en remissinstans för att granska handlingar som skickats in till nämnden, men detta varierar dock i olika kommuner.

Granskningen av den genomförda riskanalysen enligt den framtagna riskbedömningsmetoden ska ske enligt *nivå 3*, det vill säga av fristående sakkunnig. Arbetet ska dessutom kontinuerligt granskas av dem som är involverade i analysarbetet, *nivå 1*. Att granskningen enligt *nivå 1* ska ske kontinuerligt under hela arbetsprocessen visas i figur 7.8. Anledningen till att granskningen i form av egenkontroll ska ske fortlöpande är att fel ska upptäckas så tidigt som möjligt så att onödigt dubbelarbete kan undvikas vilket sent upptäckta fel kan resultera i.

8 Fallstudie

Underlaget till fallstudien, presenterad i detta kapitel, är två riskbedömningar genomförda i Sverige. Dock har analyser söks både i Sverige men framförallt internationellt, då antalet höga byggnader i Sverige är begränsat jämfört med internationellt. Syftet med fallstudien är att studera *hur riskanalyser för höga byggnader genomförs idag*, vilket är en av frågeställningarna i examensarbetet. Syftet är även att utifrån den i rapporten framtagna riskbedömningsmetoden avgöra hur de studerade riskanalyserna och riskvärderingarna skiljer sig från metoden i rapporten samt att kartlägga i vilken utsträckning riskanalyser används vid projekteringen av höga byggnader i Sverige och internationellt.

Sökandet efter brandtekniska riskanalyser internationellt har genomförts genom att i första hand kontakta internationellt yrkesverksamma brandingenjörer utbildade vid Lunds Tekniska Högskola. Kontakter har även tagits med ytterligare ett fåtal utländska brandkonsulter. Kontakter har tagits i följande länder: Australien, Dubai, England, Finland, Norge, Nya Zeeland, Spanien och USA.

Ingen fullständig brandteknisk riskanalys för hög byggnad har erhållits från något av dessa länder trots att flera av företagen sökt efter brandtekniska riskanalyser på flera kontor inom företaget. Slutsatser som kan dras efter kontakter med dessa brandingenjörer är att internationellt används idag till stor del förenklad dimensionering vid projektering av höga byggnader. I de fall brandteknisk riskanalys används är det i de flesta fall för att verifiera avsteg från de förenklade reglerna med hjälp av enkla jämförande analyser.

Brandtekniska riskanalyser på höga byggnader i Sverige har sökts utifrån höga byggnader byggda efter år 2002 samt från pågående projekt. Anledningen att endast analyser från byggnader byggda eller projekterade efter år 2002 beror som tidigare nämnts på att det först vid 2002 års revidering av BBR blev ett krav att vid behov genomföra riskanalyser för komplexa byggnader. Efter år 2002 och fram till idag har det byggts färre än tio höga byggnader i Sverige och endast ett fåtal av dessa är projekterade efter år 2002. Det är dessutom i dagsläget endast ett tiotal höga byggnader som är under projektering varpå tillgången på riskanalyser är begränsad. Efter kontakt med inblandade projektörer (så långt det har varit möjligt att få kontakt med dessa) kan det konstateras att i flertalet av dessa projekt har projekteringen inte kommit så långt att riskanalyser har genomförts, alternativt har inga fullständiga riskanalyser genomförts. Detta tillsammans med att utbudet på redan byggda höga byggnader har resulterat i att endast två fullständiga riskanalyser på höga byggnader har erhållits.

Utöver de i fallstudien beskriva riskanalyserna har även tre ytterligare riskbedömningar studerats. Dessa behandlar dock inte höga byggnader varför dessa inte beskrivs nedan. Dessa analyser har studerats översiktligt för att se hur riskbedömningar på andra typer av byggnader kan genomföras. De analyser som har studerats är en över Hallandsåstunneln, en över LIDL-butiker i Sverige samt en över ett sjukhus på Malta.

De i fallstudien ingående riskanalyserna kommer att behandlas helt anonymt med hänsyn till de företag som bidragit med dem. De två riskanalyserna kommer att benämnas *riskanalys A* respektive *riskanalys B* på grund av avidentifiering av projekten.

8.1 Objektsbeskrivning av fallstudieobjekten

Under detta avsnitt kommer respektive fallstudieobjekt att beskrivas översiktligt.

8.1.1 Fallstudieobjekt A

Byggnaden som *riskanalys A* avser är en byggnad med 33 våningar med ett Tr1-trapphus från våning 3 till och med våning 33. Byggnaden består företrädesvis av bostäder på våning 3-33 samt kontor på de två nedersta våningsplanen. Utöver detta har byggnaden två källarplan samt två trapphus. Varje våningsavskiljande bjälklag är av brandteknisk klass EI 90. Byggnaden är utrustad med följande brandtekniska system

- Brandbekämpningshiss
- Heltäckande sprinklersystem med två separata pumpar.
- Stigarledning i trapphall på varje våningsplan med separat pump.
- Nätansluten brandvarnare i respektive lägenhet och heltäckande brandlarm med individuellt adresserbara rökdetektorer i resterande delar av huset.
- Utrymningslarm i lägenheter, trapphallar, restaurang, kontor och källare.
- Nödbelysning i trapphallar och trapphus.
- Mekanisk brandgasventilation i trapphus och hisschakt.
- Brandsluss till TR1-trapphuset, som är öppen till det fria, utförs med lamellfönster som öppnas vid automatiskt brandlarm.
- Ventilationsbrandskydd i form av fläkt i drift.
- En sambandscentral för räddningstjänsten varifrån tekniska system kan styras.
- Sprinklerlarm ska installeras och detta samt brandlarm ska automatiskt aktivera larmklocka i trapphallen på aktuellt våningsplan, utrymningslarm för samtliga lägenheter på aktuellt våningsplan, larm till räddningstjänsten, brandteknisk styrning av brandbekämpningshiss samt stänga magnetuppställda dörrar.

De tekniska system som är beroende av el är försedda med nödströmsförsörjning via en dieselmotor.

8.1.2 Fallstudieobjekt B

Byggnaden som *riskanalys B* avser är en byggnad med 21 våningar med ett Tr1-trapphus. Byggnaden består av lägenheter från våning 2 till och med våning 21. På våning 1 ligger en restaurang som är brandtekniskt avskild från resten av byggnaden. Byggnaden är utrustad med följande brandtekniska system

- Heltäckande sprinklersystem.
- Stigarledning (ej trycksatta).
- Respektive lägenhet är utrustad med brandvarnare.
- Trapphuset är utrustat med brandgasventilation via övertrycksfläkt och motorstyrt spjäll.
- Hisschakt utförs med möjlighet att brandgasventilera via motorstyrt spjäll.
- Hissens elförsörjning är säkrad vid brand och hissen kan under brand styras med nyckel.

8.2 Systematisk genomgång

I följande avsnitt kommer respektive riskanalys systematiskt studeras och jämföras med den i rapporten framtagna riskbedömningsmetoden för genomförandet av brandteknisk riskanalys. Jämförelsen utgår från de olika avsnitten i den framtagna metoden.

8.2.1 Förarbete

Precisera mål syfte och omfattning

Riskanalys A

Syftet med analysen är att bedöma om det kan anses acceptabelt att bygga ett 33-våningshus med endast ett trapphus utfört som Tr1-trapphus genom att visa att tillfredställande utrymning kan ske. I analysen har varken mål med analysen eller med brandskyddet preciserats. Då syftet inte är att studera hela byggnadens säkerhet som i den framtagna riskbedömningsmetoden gör detta att en jämförelse mellan metoden och *riskanalys A* kan vara svår att genomföra. Omfattningen av analysen definieras ej skriftligen i rapporten.

Riskanalys B

Målet med riskanalysen är att utvärdera säkerhetsnivån för personerna i huset samt att de tekniska systemen ger ett acceptabelt skydd mot personskada vid brand. Syftet är även att uppfylla lagkraven enligt BBR och BVF. Huvudmålet med brandskyddet är att minimera konsekvenserna vid inträffad brand. Omfattningen av analysen definieras ej men det framgår ändå tydligt att det är hela byggnaden som omfattas.

Beskrivning av byggnad och verksamhet

Riskanalys A

Beskrivningen i riskanalysen överensstämmer med innehållet i den framtagna riskbedömningsmetoden. Det bör även tas i åtanke att tillhörande brandskyddsdokumentation till byggnaden finns att tillgå med mer detaljerad beskrivning.

Riskanalys B

På samma sätt som i *riskanalys A* överensstämmer beskrivningen i *riskanalys B* med innehållet i den framtagna riskbedömningsmetoden och även här finns tillhörande brandskyddsdokumentation att tillgå med mer detaljerad beskrivning.

Framtagning av brandskyddslösning

Riskanalys A

Beskrivningen i riskanalysen överensstämmer med innehållet i den framtagna riskbedömningsmetoden och på samma sätt som vid beskrivningen av byggnad och verksamhet ovan, så finns en mer detaljerad beskrivning av brandskyddslösningen i den tillhörande brandskyddsdokumentationen. Brandskyddslösningen finns även till viss del beskriven i avsnitt 8.1.1.

Riskanalys B

Samma gäller för *riskanalys B* som för *riskanalys A*, beskrivningen överensstämmer med beskrivningen i den framtagna riskbedömningsmetoden och även här finns brandskyddslösningen till viss del beskriven i avsnitt 8.1.2.

Val av analysmetod

Riskanalys A

Då analysens syfte är att specifikt analysera en avvikelse i ett system gör detta att en nivå 1 analys genomförs enligt figur 2.2 i avsnitt 2.3. Dock omfattas större delar av byggnaden vilket gör att analysen kan sägas ligga på en nivå mellan nivå 1 och 2. Den analys som genomförs är en jämförande analys med hjälp av händelseträdsmetodik vilket gör att metod liknar den som beskrivs i den framtagna riskbedömningsmetoden.

Riskanalys B

Analysen är en nivå 2 analys då hela byggnadens brandsäkerhet analyseras med en jämförande analys. Händelseträdsmetodik används, alltså samma metod som beskrivs i den framtagna riskbedömningsmetoden.

Val av acceptanskriterier

Riskanalys A

Då en jämförande analys genomförs jämförs den tilltänkta byggnaden med 4 stycken 8-våningshus utfört enligt förenklad dimensionering med ett oklassat trapphus. Det anges i rapporten att jämförelseobjektet har valts för att få lika många lägenheter, i stort sätt samma planlösning som i den projekterade byggnaden. Jämförelseobjektet har samma verksamhet, uppfyller lagkraven enligt BBR och BVF, har samma typ av byggnadsutformning samt samma typ av riskkaraktär som den tilltänkta 33-våningsbyggnaden, det vill säga att byggnaden uppfyller punkterna för ett jämförelseobjekt enligt avsnitt 7.2.5.1 *jämförande acceptanskriterier* i metoden.

Riskanalys B

Då en jämförande analys genomförs jämförs den tilltänkta byggnaden med ett 16-våningshus utfört enligt förenklad dimensionering med ett Tr2-trapphus. Ett 16-våningshus som jämförelseobjekt väljs enligt rapporten för att detta anses vara ett minimikrav på brandskyddet med förenklad dimensionering enligt BBR. Jämförelseobjektet har samma verksamhet, uppfyller lagkraven enligt BBR och BVF, har samma typ av byggnadsutformning samt samma typ av riskkaraktär som den tilltänkta 21-våningsbyggnaden, det vill säga att även här uppfyller byggnaden punkterna för ett jämförelseobjekt enligt avsnitt 7.2.5.1 i riskbedömningsmetoden.

8.2.2 Kvalitativ analys

Identifiering av riskkällor

Riskanalys A

I dokumentet finns inget angivet om hur eventuella risker identifieras, vilket ska ske enligt den framtagna riskbedömningsmetoden.

Riskanalys B

Identifieringen av riskkällor har genomförts med så kallad "What-if"-analys. Metodiken för identifieringen av riskkällor kan anses överensstämma med den framtagna riskbedömningsmetoden.

Grovanalys – val av scenarier

Riskanalys A

Brand som uppstår i lägenhet är den enda starthändelsen som studeras. Endast händelser som skiljer de två byggnaderna åt analyseras då endast det som skiljer dem åt anses vara av intresse. Till exempel "studeras inte brandgasspridningen via ventilationssystemet, där kravnivån enligt BBR är förhindra, eftersom båda byggnadsalternativen förväntas vara

utförda med samma typ av system”. Grovanalysen i riskanalysen skiljer sig åt från den framtagna riskbedömningsmetoden då användandet av riskmatris samt bedömning av sannolikhet och konsekvens av de olika scenarierna inte anses göras.

Riskanalys B

Ett flertal scenarier har identifierats utifrån riskidentifieringen och dessa har bedömts utifrån hur sannolika de kan tänkas vara samt om det bedömts att branden kan sprida sig till kritiska delar av byggnaden. Till exempel studeras inget scenario där hela byggnaden utrymmer samtidigt då detta inte anses tillräckligt sannolikt för att ingå i analysen. Följande scenarier har bedömts som relevanta att analysera:

- *Brand (anlagd) i hiss, trapphus och hisshall.*
- *Brand i lägenhet, hisschakt, elnisch i hisshall, på vind och på inglasad balkong.*

De scenarier som sedan analyseras vidare i analysen är *anlagd brand i trapphus* samt *brand i lägenhet*. De övriga analyseras inte vidare efter kvalitativt resonemang. Tillvägagångssättet överensstämmer med den framtagna riskbedömningsmetoden.

Brand studeras i båda byggnaderna på våning 12 då räddningstjänstens höjdfordon inte når dit samt att det är skillnad mellan byggnaderna vad avser antalet våningar ovan branden. I 21-våningshuset studeras även en brand på 18:e våningen.

Beskrivning av scenarier

Riskanalys A

De valda scenarierna beskrivs i händelseträdet med tio olika händelser. De ingående händelserna som anses påverka utrymningsförloppet är

- Brand uppstår i lägenhet
- Brandvarnare i lägenhet larmar
- Sprinkler aktiverar
- Brandgasspridning sker ej till trapphallen
- Brandlarm i trapphall detekterar brand
- Brandgasspridning sker ej till någon lägenhet på samma våningsplan
- Räddningstjänsten klarar en insats innan brand kan sprida sig till nästa våningsplan
- Brandspridning sker ej till ovanliggande lägenhet (nästa våningsplan)
- Brandvarnare i ovanliggande lägenhet larmar
- Räddningstjänsten klarar en insats då två våningsplan är involverade i branden

Metoden för beskrivningen av de valda scenarierna överensstämmer med den framtagna riskbedömningsmetoden.

Riskanalys B

De valda scenarierna beskrivs i händelsetråd med följande funktioner

- Sprinkler
- Brandvarnare
- Dörr till lägenhet
- Brandgasventilation i hisschakt
- Dörr till brandsluss

- Dörr till Tr1-trapphus
- Brandgasventilation av Tr1-trapphus via övertrycksfläkt och motorstyrt spjäll
- Spridning till lägenhet ovan

På samma sätt som för *riskanalys A* överensstämmer beskrivningen av de valda scenarierna i *riskanalys B* med den framtagna riskbedömningsmetoden.

8.2.3 Kvantitativ analys

Beräkning av konsekvenser

Riskanalys A

Konsekvenserna grundar sig på kritiska förhållandena angivna i BBR och grundar sig på kvalitativa bedömningar vilka tas fram efter de olika händelserna i händelseträdet. Ingen motivering till val av metod för konsekvensanalys anges. Analysen liknar en What-if-analys även om det inte anges. I den framtagna riskbedömningsmetoden anges att någon form av beräkning bör genomföras för att bedöma konsekvenserna, detta görs ej i riskanalysen.

Riskanalys B

Konsekvenserna av de identifierade bränderna har utretts genom bedömningar. Konsekvenserna grundar sig på kritiska förhållandena angivna i BBR. Inga simuleringar har genomförts med motiveringen att det ej var nödvändigt då byggnaden består av brandceller med ringa storlek samt att personantalet är i respektive brandcell är litet. Brand antas inträffa då maximalt antal personer befinner sig i byggnaden. I den framtagna riskbedömningsmetoden anges att någon form av beräkning bör genomföras för att bedöma konsekvenserna, detta görs ej i riskanalysen.

Bestämning av sannolikheter och frekvenser

Riskanalys A

Sannolikheter för de olika händelserna i händelseträdet fås genom nationell och internationell statistik samt genom användandet av felträäd. De händelser som analyseras med felträäd är brandvarnare larmar ej, brandspridning till trapphall, brandspridning till någon lägenhet, räddningstjänsten klarar inte insats samt brandspridning till ovanliggande våningsplan.

Brandfrekvensen anges inte då det är en jämförande analys vilket gör att brand antas i båda byggnaderna.

Metoden i riskanalysen för att ta fram sannolikheter överensstämmer med den framtagna riskbedömningsmetoden.

Riskanalys B

Sannolikheter för de olika händelserna i händelseträdet fås genom referenslitteratur. I vissa fall anges värdena som konservativa värden då begränsad information finns.

Brandfrekvensen anges inte då det är en jämförande analys vilket gör att brand antas i båda byggnaderna. Detta anges dock inte i rapporten.

Även här överensstämmer metoden i riskanalysen med den framtagna riskbedömningsmetoden.

Beräkning och presentation av risk

Riskanalys A

Riskprofiler presenteras som FN-kurvor för båda byggnaderna på liknande sätt som i den framtagna riskbedömningsmetoden.

Riskanalys B

Även i *riskanalys B* presenteras riskprofiler som FN-kurvor på samma sätt som i den framtagna riskbedömningsmetoden.

Hantering av osäkerheter

Riskanalys A

Osäkerheter hanteras i analysen genom att händelseträdsmetodik används. Utöver detta görs även en känslighetsanalys. Detta görs genom att de skattade konsekvenserna för höghuset ökas, de skattade konsekvenserna för låghuset minskas, sannolikheten för brandbekämpningshissen ska fallera ökas samt att sannolikheten för att brandlarmet ska fallera ökas. Det som sedan görs är att den nya beräknade FN-kurvan jämförs mot FN-kurvan för de fyra låghusen och resonemang förs om de nya beräknade riskerna kan anses acceptabla eller inte.

Det anges även i rapporten att då analysen är en relativ jämförelse av riskbilden för de olika byggnaderna, givet att en brand uppstår, anses det att osäkerhet i valet av sannolikheter inte kommer att påverka resultatet i de händelser som är lika för de två byggnadsalternativen.

Osäkerheter hanteras på en lägre nivå i riskanalysen än i den framtagna riskbedömningsmetoden.

Riskanalys B

Osäkerheter hanteras i analysen genom att händelseträdsmetodik används. Känslighetsanalys genomförs genom att variera funktionssannolikheten för sprinkler. Utöver detta har konservativa värden valts på utvalda parametrar för att kompensera för osäkerheter. Osäkerheter hanteras på en lägre nivå i riskanalysen än i den framtagna riskbedömningsmetoden.

8.2.4 Acceptabel risk – riskvärdering

Riskanalys A

Den beräknade riskprofilen för höghuset jämförs med den beräknade riskprofilen för låghusen, det vill säga samma tillvägagångssätt som i den framtagna riskbedömningsmetoden. Kring de nya riskprofiler som beräknats i känslighetsanalysen förs resonemang om dessa kan vara acceptabla eller inte.

Riskanalys B

Den beräknade riskprofilen för 21-våningshuset jämförs med den beräknade riskprofilen för 16-våningshuset, det vill säga samma tillvägagångssätt som i den framtagna riskbedömningsmetoden. Även kurvan erhållen vid känslighetsanalysen jämförs.

8.2.5 Dokumentation

Riskanalys A

Analysen är i vissa avseenden bristfälligt dokumenterad då motiveringar saknas angående modellval, antaganden och val av värden på vissa parametrar. Detta medför att analysen inte kan anses uppfylla alla de krav som anges i den framtagna modellen.

Riskanalys B

Analysen är relativt bra dokumenterad. Dock saknas helt händelsetråd och andra beräkningar.

8.2.6 Granskning

Riskanalys A

Enligt rapporten har internkontroll genomförts. Det går inte att avgöra hur granskningen har skett i enlighet med den framtagna riskbedömningsmetoden då det endast anges att granskning har genomförts men inte hur.

Riskanalys B

På samma sätt som i *riskanalys A* har granskningen skett genom internkontroll. Det går därför inte heller här att avgöra hur granskningen har skett då det endast anges att granskning har genomförts men inte hur.

8.3 Avslutande diskussion angående fallstudieobjekten

I detta avsnitt diskuteras hur de studerade riskanalysernas avvikelser mot den framtagna riskbedömningsmetoden kan tänkas påverka deras kvalitet. Endast de avvikelser som anses relevanta att diskutera tas upp nedan. Det bör även påpekas att jämförelsen grundar sig på den i rapporten framtagna riskbedömningsmetoden vilken ej tar någon större hänsyn till ekonomiska eller tidsmässiga begränsningar hos projektören.

I *riskanalys B* bestod jämförelseobjektet av ett 16-våningshus utfört enligt förenklad dimensionering. Lämpligheten av detta jämförelseobjekt kan diskuteras då det måste ses som ett undantagsfall att endast ett trapphus accepteras för en byggnad av denna höjd då ett grundkrav enligt BBR är att två av varandra oberoende utrymningsvägar ska finnas. Följden av att välja detta jämförelseobjekt kan resultera i att en orimligt låg säkerhetsnivå accepteras för den höga byggnaden. Projektören är dock väl medveten om problemet och det diskuteras i dokumentet.

I *riskanalys A* tycks ingen systematisk riskidentifikation ha genomförts enligt dokumentationen. Valet att endast studera brand i lägenhet kan diskuteras då det torde finnas andra möjliga riskkällor som kan påverka riskbedömningen som exempelvis anlagd brand i trapphus. Att hela scenariorymden har täckts in kan därmed diskuteras. Hela scenariorymden bör vara täckt för att analysen ska anses hålla en god kvalitet.

I både *riskanalys A* och *B* tas konsekvenserna fram genom kvalitativa bedömningar och resonemang. Kvalitativa bedömningar av konsekvenser vid scenarier där begränsade delar av byggnaden påverkas kan anses tillräckliga men då större delar av byggnaden är involverade och brandförloppen blir komplexa kan giltigheten i dessa skattade värden ifrågasättas. I *riskanalys A* görs exempelvis skattningar av konsekvensen då räddningstjänsten initialt misslyckas med en insats då två våningar är involverade i branden enligt

”Om räddningstjänsten initialt misslyckas med insatsen krävs det troligen att resterande delar av huset utryms. Detta kan medföra att räddningstjänsten måste fokusera på

utrymmande personer. På det andra brandutsatta planet bedöms personer i de övriga lägenheterna försöka utrymma via trapphallen. Då räddningstjänsten håller på med en insats kan denna trapphall förväntas ha kritiska förhållanden. Det antas att 5 st. personer utsätts för kritiska förhållanden om de försöker utrymma på egen hand då räddningstjänsten genomför sin insats.”

De subjektiva bedömningarna kan dessutom komma att skifta beroende på vem som gör bedömningen vilket även det kraftigt borde kunna påverka resultaten.

Känslighetsanalysen och hantering av osäkerheter i *riskanalys A* är, jämfört med den framtagna riskbedömningsmetoden, undermålig. Exempelvis testas hur känsligt resultatet är för olika värden på felfrekvens för brandlarmet medan detta inte testas alls för sprinklersystemet eller brandgasventilationen. Dessa kan tänkas ha en minst lika avgörande roll för byggnadens totala risknivå, varför även de bör ingå i känslighetsanalysen. Osäkerheterna åskådliggörs i de olika FN-kurvorna som analysen och känslighetsanalysen resulterar i. Den undermåliga hanteringen av osäkerheter leder till att det är svårt att avgöra analysens totala osäkerhet vilket påverkar analysens användbarhet som beslutsunderlag.

I *riskanalys B* hanteras osäkerheter genom att anta konservativa värden för vissa av de variabler som anses osäkra. Dessutom genomförs en känslighetsanalys, men där analyseras endast hur sprinklersystemets tillförlitlighet påverkar slutresultatet. Känslighetsanalysen kan därmed ej anses tillräckligt omfattande. Även för *riskanalys B* är det svårt att avgöra analysens totala osäkerhet vilket påverkar analysens användbarhet som beslutsunderlag.

Båda dokumentationerna till *riskanalys A* och *B* har brister vilket gör att analysens transparens minskar. I och med detta blir det exempelvis svårt att följa tankegångar och beräkningar vilket resulterar i lägre kvalitet enligt den framtagna riskbedömningsmetoden.

Den i rapporten framtagna riskbedömningsmetoden täcker in alla de delar som berörs i *riskanalys A* och *B*.

9 Diskussion och slutsatser

Syftet och målet med examensarbetet är att *bringa klarhet i vid vilket behov riskanalyser för höga byggnader ska genomföras, hur de ska genomföras, vad som ska analyseras samt att presentera ett förslag till hur en brandteknisk riskanalys med avseende på personsäkerheten i komplexa byggnader, med inriktning på höga byggnader, bör utformas för att uppnå en hög kvalitet*. Syftet och målet uppfylls genom framtagandet och presentationen av metoden för brandteknisk riskanalys. Det huvudsakliga resultatet av examensarbetet är därmed den metod som presenteras i kapitel 7.

Inledningsvis i nedanstående avsnitt besvaras examensarbetets frågeställningar översiktligt. Därefter förs en diskussion kring den framtagna riskbedömningsmetoden samt att behovet av riskanalys diskuteras. Vidare förs diskussioner om vad som enligt författarna bör göras i framtiden för att förbättra genomförandet av riskanalyser för verifiering av brandsäkerheten i byggnader.

9.1 Examensarbetets frågeställningar besvaras

- *Vilken riskanalysmetod bör användas och hur ska den genomföras?*

Den framtagna riskbedömningsmetoden i kapitel 7, *metod för brandteknisk riskbedömning*, är framtagen för att presentera hur en brandteknisk riskbedömning bör utformas för att verifiera brandsäkerheten i byggnaden. Metoden grundar sig på rapportens övriga delar och då framförallt regelverk och standarder som studerats i den internationella studien i kapitel 6.

- *Vad bör analyseras?*

Vid intervjun med representanter från Boverket presenterad i kapitel 4, *Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser*, framkom att det som Boverket i första hand menar ska analyseras är personsäkerheten men även de övriga grundkraven i BVF måste uppfyllas.

- *Vad ska riskanalysen jämföras mot, vilka kriterier?*

Då det inte finns några fastställda acceptanskriterier kan ett sätt vara att göra en jämförande analys vilket framkom vid intervjun med representanter från Boverket, se kapitel 4, *Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser*. Den projekterade byggnaden jämförs då med en liknande byggnad utformad med förenklad dimensionering. Det visade sig i den internationella studien i kapitel 6 att jämförande acceptanskriterier är ett sätt att jämföra risker även i andra länder. Vilka aspekter som bör beaktas vid valet av jämförelseobjekt har beskrivits i avsnitt 7.2.5.1, *jämförande acceptanskriterier – val av jämförelseobjekt*.

Genom att i framtiden fastställa absoluta acceptanskriterier skulle det kunna säkerställas att en viss risknivå uppnås och att problemet med att projektörens val av jämförelseobjekt påverkar risknivån undviks.

- *Vad kännetecknar hög kvalitet i en riskanalys?*

Riskanalysens kvalitet beror av en lång rad faktorer som måste uppfyllas för att analysen ska anses hålla en god kvalitet. Kort kan sägas att analysens kvalitet avspeglas i dess användbarhet och relevans. Kvalitetsaspekter har diskuterats i avsnitt 2.4.1 *kvalitetskrav* och metoden i kapitel 7, *metod för brandteknisk riskbedömning*, är bland annat framtagen för att säkerställa en hög kvalitet.

- *När uppstår behovet av att genomföra en brandteknisk riskanalys?*

När behovet att genomföra en riskanalys uppstår har utretts genom den intervju som genomfördes med representanter från Boverket som presenterades i kapitel 4, *Boverkets syn på brandtekniska riskanalyser*. Det kan konstateras att något klar beskrivning när behovet uppstår finns inte men då sannolikheten för högra konsekvenser ökar, ökar även behovet. Att byggnader med just 16 våningar valdes som gräns för när en riskanalys vid behov ska genomföras var på grund av att byggreglerna redan behandlade byggnader upp till 16 våningar.

- *Går det att räkna med räddningstjänsten vid en brand i en hög byggnad, eller måste byggnaden "klara sig själv"?*

Vid intervjuer med representanter från räddningstjänsten (se kapitel 5, *räddningstjänsten och höga byggnader*) framkom att vid projektering av höga byggnader ska inte insatser från räddningstjänsten förutsättas. Anledningarna till detta är bland annat de långa insatstiderna i höga byggnader, de stora problemen som finns för räddningstjänsten vid insats samt att räddningstjänstens förmåga och utrustning i framtiden kan komma att ändras. Hänsyn ska dock tas till räddningstjänsten genom att möjliggöra och underlätta för en eventuell insats. Det kan även konstateras att räddningstjänsten har relativt mycket åsikter och önskemål om hur höga byggnader ska utformas.

- *Hur genomförs riskanalyser för höga byggnader idag?*

Hur riskanalyser genomförs i dagsläget har kartlagts i kapitel 8, *fallstudie* genom att två genomförda riskbedömningar har studerats, beskrivits och jämförts mot den framtagna riskbedömningsmetoden. Det kan även konstateras att användandet av riskanalyser för höga byggnader är begränsat både i Sverige och internationellt.

9.2 Diskussion kring den framtagna riskbedömningsmetoden

Syftet med den framtagna riskbedömningsmetoden är att visa teoretiskt på hur en riskanalys ska genomföras för att uppnå en hög kvalitet och för att föra utvecklingen av användandet av riskanalyser framåt, samt att försöka skapa ett gemensamt synsätt inom branschen. Metoden grundar sig bland annat på internationella handböcker och guider men någon kontroll av metodens användbarhet och fullständighet har inte genomförts då det inom gränserna för examensarbete inte funnits möjlighet att genomföra detta. För att få en bekräftelse på att metoden är möjlig att arbeta efter bör någon form av utvärdering genomföras. Dock har metoden jämförts mot riskanalyserna i fallstudien där det visade sig att alla olika moment som ingick i riskanalyserna även finns med i den framtagna riskbedömningsmetoden, vilket bör ge en antydning om att metoden kan anses relativt heltäckande. Dock bör det i detta sammanhang nämnas att det inte går att dra alltför stora slutsatser utifrån endast två riskanalyser.

Då de två studerade riskanalyserna inte är lika omfattande som den framtagna riskbedömningsmetoden, kan det diskuteras om denna är *allt för* omfattande och därmed inte användbar i praktiken. Detta skulle kunna vara fallet då ingen större hänsyn har tagits till ekonomiska och tidsmässiga begränsningar vid framtagandet av metoden. Dock visade det sig från de tre övriga riskbedömningarna som studerats att det är möjligt att genomföra mer omfattande brandtekniska riskanalyser om resurser och tid finns till förfogande. I dessa analyser har exempelvis datorsimuleringar används vid konsekvensberäkningar i form av bland annat CFD-simuleringar. Dessutom har osäkerheter till viss del hanterats genom användandet av fördelningar på sannolikheter och konsekvenser. Detta tyder på att den framtagna riskbedömningsmetoden borde vara praktisk tillämpbar i dess nuvarande utformning då resurser finns till förfogande.

9.3 Behovet av riskanalys

Som framkom i fallstudien används inte riskanalysmetodik internationellt i någon större utsträckning vid projekteringen av höga byggnader trots att möjligheten finns att använda riskbaserade metoder för att verifiera byggnaders brandsäkerhet. Därför kan det diskuteras om det i Sverige är nödvändigt att använda sig av riskanalyser vid projektering av höga byggnader när det internationellt verkar vara möjligt att endast använda förenklad dimensionering. Det finns dock stora fördelar med att använda riskanalyser vid projekteringen av komplexa byggnader där erfarenheten är begränsad. Det systematiska arbetssättet som används vid riskanalyser borde vara värdefullt vid identifieringen av risker och att projektören i större utsträckning "tvingas" att analysera flera olika scenarier. Ytterligare en stor fördel med att använda riskanalyser är att hänsyn kan tas till tillförlitligheten i tekniska system. Fördelarna med riskanalys som metod för att verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnader visar på att riskanalyser är en bra metod att använda vid komplexa byggnader. Var gränsen går för när riskanalyser *måste* användas är svårbestämd. Är höga byggnader över 16 våningar verkligen så komplexa att riskanalyser krävs eller finns behovet främst för andra komplexa byggnader som exempelvis i de fall byggnaden är *mycket* hög, har stora öppna ytor i flera plan, särskilda risker eller skyddsvärda objekt finns eller att byggnaden saknar något väsentligt system (exempelvis endast ett trapphus)? Denna fråga är upp till framtida diskussioner/studier och någon klar gräns kommer därmed inte preciseras i detta examensarbete. Det kan även diskuteras om valet av just 16 våningar som gräns är en bra nivå för när riskanalyser ska genomföras. Behovet skulle lika väl kunna uppstå vid färre eller fler våningar vilket innebär att det kan vara olämpligt att ange ett visst våningsantal för när behovet uppstår.

Även om det konstateras att det finns ett behov av riskanalys är det inte säkert att det måste vara en fullt kvantitativ riskanalys som ska genomföras. I vissa fall skulle det kunna vara tillräckligt att genomföra en kvalitativ analys och ändå uppfylla syftet med en systematisk genomgång av brandsäkerheten samt att identifiera riskerna i byggnaden. Detta gjordes till viss del i de två studerade riskanalyserna i fallstudien. Frågan är dock om det är möjligt att utifrån subjektiva bedömningar göra en korrekt bedömning av om risken är acceptabel eller inte utifrån en viss fastställd acceptabel nivå.

9.4 Boverkets framtida riktlinjer och råd kring riskbedömningar

I examensarbetet har det konstateras att ingen mer informationen finns från Boverket *vad som menas med riskanalys samt hur den skall genomföras eller vid vilket behov en riskanalys ska genomföras* förutom det som anges i BBR med tillhörande konsekvensbeskrivning. Detta resulterar i att projektören ges ett mycket stort eget ansvar vilket i sin tur leder till att det kan bli stora variationer i kvaliteten på de riskanalyser som genomförs. För att få ett mer enhetligt användande av riskanalyser och för att på ett bättre sätt säkerställa kvaliteten borde Boverket precisera mer hur riskanalyser ska genomföras. Preciseringsen av hur en riskanalys bör genomföras skulle kunna presenteras i någon form av guide eller handbok. Dessa typer av guider och handböcker finns redan idag som konstaterades i den internationella studien i kapitel 6. Exempel på denna typ av handbok finns även i Sverige i form av Banverkets handbok för analys av personsäkerhet (Banverket, 2007). Om Boverket dessutom noggrannare preciserar *behovet* av riskanalyser kan detta medföra att det genomförs fler riskanalyser i de fall det finns ett verkligt behov och inte enbart vid de exempel som innefattas av det allmänna rådet i avsnitt 5:13 i BBR.

Boverket borde ändra formuleringen i BBR från att en riskanalys skall genomföras till att istället ange att en riskbedömning ska genomföras. I samband med detta bör de även precisera att med riskbedömning menas att en riskanalys och en riskvärdering ska genomföras i enlighet med den standardiserade definitionen enligt IEC (1995). Detta bör göras för att undvika feltolkningar av de krav som Boverket anger i BBR.

Boverket bör även underlätta genomförandet av riskanalyser genom att fastställa absoluta acceptanskriterier eller förtydliga vad för typ av acceptanskriterier som bör användas. Exempelvis skulle absoluta acceptanskriterier i form av FN-kurvor kunna tas fram för olika komplexa objekt, till exempel sjukhus, flygplatser, höga byggnader, undermarksanläggningar etcetera. Fastställda absoluta acceptanskriterier skulle kunna säkerställa att en viss risknivå uppnås. Genom att använda absoluta acceptanskriterier i stället för jämförande kriterier undviks även problemet med att projektörens val av jämförelseobjekt påverkar risknivån. Alternativt skulle Boverket kunna ge ut direktiv om hur ett jämförelseobjekt ska utformas vid en jämförande analys. Det bör dock nämnas att det finns många problem med att fastställa för samhället acceptabla gränser, men det borde vara något för framtiden då det har framkommit under examensarbetets gång att detta är ett av de större och viktigare problemen vid genomförandet av brandtekniska riskanalyser.

10 Referenser

SKRIFTLIGA KÄLLOR

Abrahamsson, M., (2000). *Treatment of Uncertainty in Risk Based Regulations and Standards for Risk Analysis*, Rapport 3116, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

Abrahamsson, M. & Magnusson, S. E., (2004). *Användning av risk- och sårbarhetsanalyser I samhällets krishantering – delar av en bakgrundsstudie*, LUCRAM, Lunds Universitet, Lund

Banverket, (2007). *Personsäkerhet i järnvägstunnlar – Handbok för analys och värdering av personsäkerhet i järnvägstunnlar*, BVH 585.30, Banverket, Borlänge

Becker, P., (2000). *Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning*, Rapport 3109, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

Boverket, (2003). *Konsekvensutredning - Förslag till ändring av Boverkets föreskrifter och allmänna råd (BFS 1993:57) Boverket Byggregler, BBR avsnitt 5-brandskydd*, Boverket, Karlskrona

Boverket, (2006). *BBR, Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2006:22*, Boverket, Karlskrona

Brandskyddshandboken, (2005). *Brandskyddshandboken*, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

BSI, BS 7974:2001, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice*, BSI, British Standards, London

BSI, PD 7974-0:2002, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 0: Guide to design framework and fire safety engineering procedures*, BSI, British Standards, London

BSI, PD 7974-7:2003, *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 7: Probabilistic risk assessment*, BSI, British Standards, London

BVF, *Byggnadsverksförordningen, förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.*

Carlens, K., (2006). *Analys av brandskyddets egenskaper*, Rapport 5201, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

Davidsson, G., Lindgren, M., Mett, L., (1997). *Värdering av risk*, SRV rapport P21-182/97, Räddningsverket, Karlstad

DBI, (2004). *Brandsikring af byggeri*, Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, Hvidovre

Ejvegård, R., (2003). *Vetenskaplig metod*, Studentlitteratur, Lund

Erhvervs- og Boligstyrelsen, (2004a). *Eksempelsamling om brandsikring af byggeri*, Erhvervs- og Boligstyrelsen, Köpenhamn

Erhvervs- og Boligstyrelsen, (2004b). *Information om brandteknisk dimensionering*, Erhvervs- og Boligstyrelsen, Köpenhamn

Ferguson, A., (2006). *BS7974 and the International Fire Engineering Guidelines*, rapport beställd av Scottish Building Standards Agency, Arup Ove Arup & Partners Ltd, London

Frantzich, H., (1998). *Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering*, Rapport 1016, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

Gyberg, A., (1999) *Hur arbetar Boverket med byggreglerna?*, Boverkets brandseminarium 9-10 mars 1999, Boverket, Karlskrona

ICC, (2006). *International Code Council Performance Code for Buildings and Facilities*, International Code Council, Clifton Park, New York

IEC, (1995). *International Standard – Dependability management part 3: application guide – section 9 Risk Analysis of technological systems*, International Electrotechnical Commission, Genève

IFEG, (2005). *International Fire Engineering Guidelines – Edition 2005*, ICC, NRC-CNRC, Department of Building and Housing and ABCB

ISO, (2004). *Fire Safety Engineering- Guidance on fire risk assessment*, ISO/PDTS 16732, International Standard Organisation

Johansson, H., (2000). *Osäkerhetshantering i riskanalyser avseende brandskydd*, Rapport 3113, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

Johansson, H., Jönsson, H., (2007). *Metoder för risk- och sårbarhetsanalys ur ett systemperspektiv*, Rapport 1010, LUCRAM, Lunds Universitet, Lund.

Jönsson, R., et al., (2006). *Förstudie revidering Boverkets byggregler kapitel 5 brandskydd*, rapport framställd på uppdrag av Boverket i ett samarbete mellan Bengt Dahlgren AB och Brandteknik, Lunds Universitet

Kaplan, S., Garrick, B. J., (1981). On the quantitative definition of risk, *Risk Analysis*, Vol. 1, p. 11-27

Kemikontoret, (2001). *Tekniska riskanalysmetoder, Riskhantering 3*, Kemikontoret, Stockholm

Klote, J., Milke, J., (1992). *Design of smoke management systems*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. Society of Fire Protection Engineers, Atlanta, Georgia

Lindsten, E., (2001). *Säkerhet i höga byggnader*, Rapport 5088, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund

-
- Lundin, J., (2001). *Verifiering, kontroll och dokumentation vid brandteknisk projektering*, Rapport 3122, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund
- Lundin, J., (2005). *Safety in Case of Fire – The Effect of Changing Regulations*, Rapport 1032, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund
- Mattsson, B., (2000). *Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande*, Räddningsverket, Karlstad
- Meister, D., (1991). *Psychology of System Design*, Elsevier, New York
- Morgan, M. G., Henrion, M., (1990). *Uncertainty – A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*, Cambridge University Press, New York
- NBR, (1998). *Risikoanalyse av brann i byggverk – Veiledning til NS 3901*, Norges Byggstandardiseringsråd, Oslo
- NFPA, (2000). *NFPA 101 – Life Safety Code – 2000 Edition*, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts
- Nilsson, J., (2003). *Introduktion till riskanalyismetoder*, Rapport 3124, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund
- NS 3901, (1998). *Risikoanalyse av brann i byggverk*, Norsk standard, Norges Standardiseringsforbund, NSF, Oslo
- Orsborn, M., (2006). An International Building Code Update, *Buildings*; Nov 2006; 100, 11; ABI/INFORM Global pg.68
- Paté-Cornell, M. E., (1996). Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 54, pp 95-111
- PBL, *Plan och bygglagen (1987:10)* med ändringar införda t.o.m. SFS 2005:1212
- Proulx, G., Reid, I. M. A., (2006). Occupant behaviour and evacuation during the Chicago cook county administration building fire, *Journal of fire protection engineering*, Vol. 16, pg 283-309
- Renn, O., (1998). The role of risk perception for risk management, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol 59, 1998.
- Riskkollegiet, (1991). *Att jämföra risker*, Skrift Nr 1, Riskkollegiets skriftserie, Stockholm.
- Riskkollegiet, (1993). *Upplevd risk*, Skrift Nr 3, Riskkollegiets Skriftserie, Stockholm.
- Rouhiainen, V., (1990). *The quality assessment of safety analysis*. VTT publications 61, Esbo
- Räddningsverket, (2003). *Handbok för riskanalys*, Karlstad

SFPE, (2000). *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection – analysis and design of buildings*, Society of Fire Protection Engineers & National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts

SFPE, (2005). *SFPE Engineering Guide to Application of Risk Assessment in Fire Protection Design*, Society of Fire Protection Engineers, Quincy, Massachusetts

SINTEF, (1998a). *Metode for a beregne personsikkerheten mht brann i bygninger.*, SINTEF rapport STF38 A97421, Trondheim

SINTEF, (1998b). *Risikoanalyse av brann i bygninger. To beregningseksempler.*, SINTEF rapport STF38 A98408, Trondheim

SINTEF, (2005). *Brandsikkerhet ibygg: Samenligning av alternative breanntekniske strategier*, SINTEF rapport NBL A05102, Trondheim

Thoft-Christenson, P., Baker, M. J., (1982). *Structural Reability and Its Applications*, Springer Verlag, Berlin

INTERNET KÄLLOR

Richardson, K., *Fire Safety in High-Rise Apartment Buildings*, www.aaa.ab.ca/pages/members/documents/CopyofFire-Safety-in-High-Rise-Apartment-Buildings.pdf, (2007-05-09)

SkyscraperPage, <http://www.skyscraperpage.com>, (2007-09-12)

MUNTLIGA KÄLLOR

Adawi, Rima, Civilingenjör riskhantering & Brandingenjör, Räddningstjänsten syd, Malmö 2007-06-01.

Brekke, Per, Brandingenjör/avdelningsledare, NEAS Brannconsult AS i Norge, Lund 2007-05-08.

Greiff, Henrik, Brandingenjör, Räddningstjänsten syd, Malmö 2007-06-01.

Boverket, Staffan Abrahamsson, Anders Johansson och Tomas Rantatalo, Karlskrona 2007-05-22.

Ekström, Daniel, Civilingenjör riskhantering & Brandingenjör, Räddningstjänsten Storgöteborg, Göteborg 2007-05-29

Ekström, Daniel & Lindsten, Emma, BIV-möte, Föredrag på temat *Brandtekniska utmaningar när det byggs på höjden* med fokus på *analytisk dimensionering/verifiering/riskanalys, med koppling till projektering och Räddningstjänstens insats* givet vid ett av BIVs (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap) lokalgruppsmöten i Göteborg, 2007-05-29

Åkeson, Fredrik, Brandingenjör, Räddningstjänsten Varberg, Varberg 2007-08-01

E-POSTKORRESPONDENS

Bergqvist, Anders, 1:e Brandingenjör, Stockholms brandförsvär, 2007-09-17

Ericsson, Linus, Chef operativa insatser, Räddningstjänsten syd, 2007-10-01

Johansson, Anders, Brandingenjör, Boverket, 2007-10-10

Bilaga A – Övergripande frågor till Boverket

Nedan finns underlaget till intervjun med representanterna för Boverket, det vill säga de övergripande frågorna. Då intervjun var i diskussionsform ställdes inte frågorna i någon strikt ordning utan i den ordningen som föll sig naturlig vid intervjutillfället. Dessutom ställdes ett flertal följdfrågor som ej ingick i de på förhand bestämda frågorna varpå dessa ej är redovisade nedan.

- Vad är målet med riskanalysen som avses i avsnitt 5:13 i BBR?
- Varför finns det behov av att genomföra en riskanalys?
- Vilka behov avses i avsnitt 5:13 i BBR?
- Finns det någonstans dokumenterat vad som menas med behovet i avsnitt 5:13 i BBR?
- Finns det behov av riskanalys vid projekteringen av höga byggnader över 16 våningar eller uppstår behovet vid någon annan höjd?
- Varför är just 16 våningar gräns för när riskanalys behövs?
- Vad för typ av riskanalys ska genomföras?
- Om det inte är preciserat vilket typ av analys som ska genomföras, blir det då upp till den enskilde projektören att välja?
- Vad bör analyseras? Personsäkerhet, bärförmågan, säkerheten för räddningstjänstens personal etc.?
- Vilka acceptanskriterier ska användas?
- Ska projektören ta hänsyn till räddningstjänstens insats i höga byggnader?

Bilaga B – Övergripande frågor till räddningstjänsterna

Nedan finns underlaget till intervjuerna med representanterna för räddningstjänsterna, det vill säga de övergripande frågorna. Då intervjun var i diskussionsform ställdes inte frågorna i någon strikt ordning utan i den ordningen som föll sig naturlig vid intervjutillfället. Dessutom ställdes ett flertal följdfrågor som ej ingick i de på förhand bestämda frågorna varpå dessa ej är redovisade nedan. Följande frågor användes även vid ”intervjuerna” som utfördes via e-postkorrespondens.

- Vilka problem ser räddningstjänsten med en hög byggnad jämfört med en låg. Både vad gäller insats men även riskerna i allmänhet?
- Hur ser ”taktiken” vid insatser i höga byggnader ut?
- Hur snabbt kan en insats på våning 16 eller där över beräknas ta efter ankomst till byggnaden, med och utan brandbekämpningshiss?
- Kan man vid projekteringen av brandsäkerheten förutsätta att räddningstjänsten kan vara behjälplig vid en evakuering av byggnaden samt släckinsats i byggnaden?
- Vilka ”önskemål” (inte bara lagkrav) finns på byggnadens utformning från räddningstjänstens sida i form av bland annat tekniska system som exempelvis stigarledningar?