

Riskbaserad brandteknisk dimensionering

Slutredovisning av projektet
"Dimensionering efter beräknad risk"

Håkan Frantzich
Johan Lundin

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 3112, Lund 2000

Rapporten har finansierats av BRANDFORSK och SBUF

Riskbaserad brandteknisk dimensionering
**Slutredovisning av projektet "Dimensionering efter
beräknad risk"**

**Håkan Frantzich
Johan Lundin**

Lund 2000

Riskbaserad brandteknisk dimensionering
Slutredovisning av projektet ”Dimensionering efter beräknad risk”

Håkan Frantzich
Johan Lundin

Report 3112
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--3112--SE

Number of pages: 39
Illustrations: Håkan Frantzich and Johan Lundin

Keywords
risk analysis, fire, design, evacuation, reliability index, fire statistics, QRA, uncertainty analysis.

Sökord
riskanalys, brand, dimensionering, utrymning, säkerhetsindex, brandstatistik, QRA,
osäkerhetsanalys.

Abstract
The report summarises the project Design based on quantitative risk. The project has been divided into five parts; model uncertainty, fire statistics, design values based on reliability index β method, quantitative risk analysis and cost optimisation. The report gives a short description on all parts and refers to the more detailed reports from the project. In total 16 publications have been produced within the frame of the project. The report shows one method to perform fire safety design based on quantitative methods. (Swedish)

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2000.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
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
Fax: +46 46 222 46 12

Sammanställning av rapporter i projektet

Dimensionering efter beräknad risk

Projektet Dimensionering efter beräknad risk har presenterats i bl a följande rapporter. Samtliga dessa ingår på något sätt i sammanfattningen i denna rapport. Projektet har varit uppdelat i fem delprojekt och redovisningen följer denna uppdelning. Numreringen nedan återkommer i respektive avsnitt i kapitel 4.

Kvantifiering av modellosäkerheter

1. Lundin J. Model Uncertainty in Fire Safety Engineering. Rapport 1020. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1999. (Licentiatavhandling)

Kvantifiering av osäkerheter i indata

2. Johansson H. Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering. Rapport 3105. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1999.

Scenarier, val av beräkningsuttryck, beräkning av säkerhetsfaktorer

3. Olsson F, Frantzich H. Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer. Rapport 3107. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1999.

Evaluering av händelseträdd och beräkning av risk. Acceptanskriterier.

4. Frantzich H. Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering. Rapport 1016. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1998. (Doktorsavhandling - ingår också som delrapportering i projekt redovisat i Magnusson m fl, 1997)
5. Frantzich H. Risk analysis and fire safety engineering. Fire Safety Journal 31 (1998), pp 313-329
6. Johansson H, Lundin J. Riskbaserad utvärdering av alternativ brandskyddsutformning av byggnader. Rapport 7008. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1999.
7. Olsson F. Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals. Rapport 3101. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1999.
8. Olsson F. Nya dimensioneringsmetoder ger säkrare byggnader. Brand&Räddning, nr 2, 1999.
9. Olsson F. Ger dagens regler säkra sjukhus. Räddningsledaren, nr 1, 1999.
10. Frantzich H. Uncertainty analysis in fire safety engineering design. Proc. Interflam '99. Interscience Comm. Ltd., London, 1999.
11. Becker P. Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning. Rapport 3109. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 2000.

Kostnadseffektivitet

12. Jönsson R, Lundin J. The Swedish Case Study, Different Fire Safety Design Methods Applied on a High Rise Building. Rapport 3099. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1998.

13. Jönsson R, Lundin J. The Swedish Case Study -Executive summary. Proceedings of the 1998 Pacific Rim Conference and 2nd International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods. Society of Fire Protection Engineers, 1998.
14. Andersson C. Risk- och kostnadsvärdering av alternativa brandskyddslösningar. Rapport 5027. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1999.
15. Lundin J, Olsson F. Kostnadseffektiv utformning av brandskydd. Rapport 3110. Brandteknik, Lunds universitet, Lund 2000.
16. Jönsson R, Lundin J. Fire Safety Design Based on Risk Assessment. Artikel inskickad till Fire Science and Technology. 1999

Innehållsförteckning

<i>Innehållsförteckning</i>	1
<i>Sammanfattning</i>	3
<i>Förord</i>	5
<i>1 Bakgrund</i>	7
<i>2 Brandteknisk dimensionering</i>	9
2.1 Förenklad dimensionering.....	10
2.2 Dimensionering genom beräkning.....	11
<i>3 Riskbaserad dimensionering</i>	15
3.1 Metod med säkerhetsindex β	15
3.2 Kvantitativ riskanalys.....	15
<i>4 Genomgång av delprojekten</i>	19
4.1 Modellosäkerhet (publikation 1).....	19
4.2 Osäkerhet i indata (publikation 2).....	21
4.3 Dimensioneringsvärden för förenklad dimensionering baserade på risk (publikation 3)	22
4.4 Dimensionering med hjälp av riskanalys	24
4.4.1 Riskevaluering av sjukhus och diskotek (publikationer 4-11).....	25
4.4.2 Kostnadsoptimering av sjukhus, kontor och diskotek (publikationer 12, 13, 15 - 16)	25
4.4.3 Risk och kostnadsvärdering av brandskydd i kärnkraftverk (publikation 14)	26
<i>5 Förslag till fortsatt verksamhet</i>	29
5.1 Dimensionering genom beräkning, nivåindelning och verifikationskrav	29
5.2 Dolda avsikter i bygglagstiftningen	29
5.3 Begränsningar med förenklad dimensionering	30
5.4 Förenklad dimensionering baserad på risk	30
5.5 Modeller för kostnadseffektivitet i brandprojekteringen.....	30
5.6 Brandskademodell.....	30
5.7 Statistiskt underlag	31
5.8 Utveckling av ingenjörshjälpmedel	31
<i>6 Referenser</i>	33

Sammanfattning

Metodiken för brandteknisk projektering för personskydd har på senare tid utvecklats efter introduktionen av riskbaserade angreppssätt. Det gör att dimensionering genom beräkning kan utföras på ett än mer strukturerat och mer kostnadseffektivt sätt. Projektet Dimensionering efter beräknad risk kan sägas vara del i den utvecklingen eftersom det lyfter fram för sådan projektering väsentliga faktorer. Projektet innehåller grundläggande forskning på området modellosäkerhet där denna kvantifieras för några vanliga brandgasspridningsmodeller. Dessutom har en större sammanställning på området osäkerhet i indata för projektering och riskanalys genomförts. Båda dessa områden utgör en grund för de mer praktiskt inriktade delarna.

Projektet har också utrett möjligheten att ta fram dimensioneringsvärden för några enkla brandtekniska problem med en metod som baseras på beskrivning av risk utifrån ett säkerhetsindex β . Tanken med detta arbete har varit att ta fram bättre dimensioneringsunderlag för förenklad dimensionering. Metoden har framgångsrikt använts på området för bärande konstruktioner men det verkar som om det återstår lite arbete för att kunna få fram motsvarande information för dimensionering av personsäkerheten i en byggnad.

Ett stort arbete har genomförts för att beskriva hur riskbaserad dimensionering genom beräkning kan genomföras. Kvantitativa riskanalyser utgör här ett väsentligt inslag. Genom att strukturera det brandtekniska problemet med hjälp av händelseträdsteknik och uttrycka risken med riskprofiler kan olika skyddslösningar enkelt jämföras med varandra. Denna metodik är i det närmaste nödvändig för att uppfylla intentionerna i gällande bygglagstiftning då det föreligger ett tydligt krav att visa att en brandteknisk lösning är acceptabel. För att underlätta för en projektör föreslås dessutom en tydlig projekteringsgång där olika brandtekniska alternativ kan utvärderas och jämföras.

I denna projekteringsgång introduceras nya begrepp inom brandteknisk projektering. Anledningen till detta är att det rått en ganska stor förvirring vad olika aktörer menar när de använder oklara begrepp. Termen funktionsbaserad dimensionering omfattar de båda dimensioneringssätten

- förenklad dimensionering och
- dimensionering genom beräkning

I texten i denna rapport beskrivs dessa båda begrepp utförligt samt kopplingen till gällande lagstiftning klargörs.

Olika brandtekniska alternativ bör utvärderas med avseende på deras respektive säkerhet och kostnad. Kostnaden som är förenad med de olika alternativen bör alltså också ingå i bedömningsunderlaget. Sättet på vilket detta bör ske har också utförts inom projektets ram. För en mer komplett redogörelse av de ingående delarna hänvisas läsaren till respektive områdes rapporter. I inledningen till denna sammanfattande rapport redovisas samtliga artiklar, rapporter mm som framkommit under arbetets gång.

Delarna i projektet har haft som målsättning att utgöra en praktisk grund för brandteknisk projektering och fortsatt forskning för att finna säkra och kostnadseffektiva dimensioneringsmetoder.

Förord

Projektet med dess fulla titel Dimensionering efter beräknad risk: Säkerhetsfaktorer, riskanalys och kostnadseffektivitet har bedrivits under tiden 1997 till 1999. Projektet kan ses som en logisk följd till två inledande projekt Brandteknisk dimensionering baserad på beräkning samt Funktionsbaserad brandteknisk dimensionering. Båda dessa projekt redovisas i en sammanfattningsrapport (Magnusson, Frantzich och Lundin, 1997). Detta tidigare arbete lade grunden för de resultat som nu presenteras.

Projektet har finansierats av Brandforsk vilket är statens, försäkringsbranschens och näringslivets gemensamma organ för att initiera, bekosta och följa upp olika slag av brandforskning samt av Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF). Projektet är kopplat till följande projektnummer för respektive anslagsgivare:

Brandforsk: 302-971, 309-981 och 312-991

SBUF: 7056.

Till projektet har en referensgrupp varit knuten med följande representanter (december 1999):

Håkan Frantzich (projektledare), brandteknik
Yngve Anderberg, Fire Safety Design AB
Michael Hårte, SAAB AB
Henrik Johansson, brandteknik
Robert Jönsson, brandteknik
Martin Kylefors, Räddningsverkets skola i Revinge
Johan Lundin, brandteknik
Sven Erik Magnusson, brandteknik
Janne Malmtorp, Banverket
Hans Ohlson, Stockholms stadsbyggnadskontor
Fredrik Olsson, brandteknik
Tomas Rantatalo, Boverket
Jan Rasmusson, NCC AB
Jonas Svensson, Sycon Energikonsult
Bo Wahlström, Swepro
Kai Ödeen, KTH

Projektet har redovisats i rapport- och artikelform samt som presentationer vid internationella konferenser och seminarier. I de rapporter och artiklar som presenteras finns större delen av de teoretiska resonemang som leder fram till resultatet. Denna rapport kommer därför att kortfattat försöka beskriva de resultat som projektet lett fram till. Resultaten bedöms som väsentliga för både praktisk brandteknisk projektering och framtida fortsatt forskning på området. I slutet av denna rapport finns förslag till inriktning för fortsatta forskning och utveckling.

1 Bakgrund

Utvecklingen inom området brandteknisk dimensionering har bara på de senaste åren gjort stora framsteg. Inledningen till denna utveckling kan sägas ha skett i samband med att man både i Sverige och internationellt började diskutera byggföreskrifternas utformning. Traditionellt sett har byggföreskrifterna för brandprojektering varit mycket detaljreglerade. Ett undantag från detta finns dock och det gäller den brandtekniska dimensioneringen av byggnaders bärverk. På detta område har dimensioneringen under lång tid varit förhållandevis befriad från detaljerade krav på utformningen. Det hänger samman med att det funnits en tradition inom området för bärande konstruktioner vilken också påverkat dimensioneringsfallet för brand.

Men på övriga områden för brandteknisk dimensionering har denna utveckling kommit igång betydligt senare. Motsatsen till de detaljreglerade byggföreskrifterna är de så kallade funktionsbaserade d:o. Skillnaden ligger inte i att säkerhetsnivån förändras utan mer hur samhällets krav på byggnader formuleras. I de funktionsbaserade byggföreskrifterna anges vad samhället önskar men anger inte hur detta skall åstadkommas i praktisk utformning. I de detaljreglerade byggföreskrifterna angavs ofta hur en byggnad skulle utformas för att få ett gott brandskydd men motivet till åtgärden kunde vara dunkla.

Med brandteknisk dimensionering i denna rapport avses främst den som har att göra med den direkta personsäkerheten vid brand. Det betyder att arbetet till största delen fokuseras på utrymningsproblematiken och hur en byggnad bör utformas för att tillgodose att människorna i den kan utrymma på ett tillfredsställande sätt vid brand. Arbetet behandlar inte det som har att göra med dimensionering av byggnadens bärande konstruktioner.

En annan viktig del i den brandtekniska utvecklingen är tillgången på ingenjörer med kunskaper som är tillämpliga. Den nya utbildningen av brandingenjörer kan ses som ett led i att omsätta den forskning som sedan länge bedrivits, till praktisk tillämpning.

I Sverige har också en annan förändring av vikt kommit till stånd. Det gäller den förändring som skett i den formella byggprocessen. De olika aktörernas roller har i och med omskrivningen i de aktuella lagarna och förordningarna blivit tydligare. Det framkommer nu mycket tydligare att det är byggherren som har ansvaret för att byggnaden uppfyller samhällets krav. Samhället i form av byggnadsnämnden skall å sin sida inte längre granska och godkänna byggherrens förslag till lösning.

Byggnadsnämnden skall istället tillse att byggherren har den nödvändiga kompetensen som krävs för det aktuella fallet samt utföra tillsyn. Denna förändring har varit mycket påtaglig inom området för brandteknisk dimensionering. Med de nya ansvarsförhållandena följer också tydligare krav på att verifikationen av att samhällets krav verkligen blir uppfyllda. Denna process är för närvarande i full gång.

Men möjligheterna med de nya byggföreskrifterna behöver metoder som kan användas för att verifiera att samhällets krav verkligen är uppfyllda. Utvecklingen av dessa metoderna går mot att vara baserade på någon form av riskmått det vill säga ett kvantitativt mått på den skada man kan förvänta sig och dess frekvens. Mot bakgrund av detta var det ganska naturligt att fortsätta på det arbete som initierades av Magnusson med flera (1997). Riskbaserade dimensioneringsmetoder kommer på olika sätt att beröra

de osäkerheter som finns i all dimensionering. Metoderna bygger också ofta på att värden måste beräknas med olika former av beräkningsmetoder till exempel datorprogram. De osäkerheter som finns i indata och de som introduceras genom beräkningsmodellernas förenklingar måste på något sätt kvantifieras.

Därefter aktualiseras frågan om hur all den nya informationen skall omsättas till en praktisk dimensioneringsmetod. Det finns några olika angreppssätt som kan användas och i projektet redovisas två sådana. Men möjligheten till nyanserad brandteknisk dimensionering med de nya förutsättningarna gör det också möjligt att göra ekonomiska avvägningar på ett sätt som kanske inte var möjligt tidigare. Givet att säkerheten kan visas vara likvärdig kan ekonomiskt mer gynnsamma alternativ väljas.

Alla dessa delar bygger upp det projekt som nu redovisas.

Med alla dessa förändringar ter det sig ganska naturligt att utvecklingen inom den aktuella brandtekniska dimensioneringen har tagit ett stort steg framåt.

2 Brandteknisk dimensionering

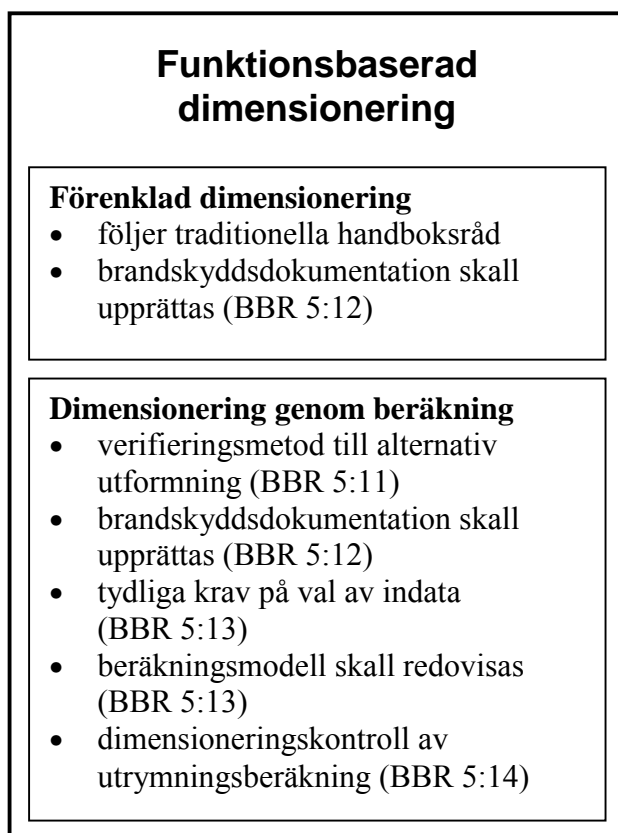
Brandteknisk dimensionering kan principiellt ske på olika sätt. Det som styr hur dimensioneringen genomförs är de byggföreskrifter som gäller. Där anges vad som skall uppnås. I och med de funktionsbaserade byggföreskrifternas introduktion är det upp till byggherren att välja dimensioneringsmetod så att det kan visas att föreskrifterna är uppfyllda.

Det har tidigare inte funnits någon enhetlig terminologi för de olika metoderna för brandteknisk dimensionering. Det har gjort att en flora av begrepp uppfunnits som i många fall inneburit att ett begrepp kallats vid olika namn. Denna förvirring är olycklig. Därför föreslås en ny begreppsbildning avseende dimensionering vilken tagits fram i analogi med annan brandteknisk dimensionering främst från det bärande området.

Två olika typer av dimensioneringsmetoder kan utskiljas;

- förenklad dimensionering och
- dimensionering genom beräkning.

Dimensionsmetoderna kan båda användas för funktionsbaserad dimensionering eftersom kraven de är avsedda att uppfylla är funktionsbaserade. Motsatsen är dimensionering baserad på detaljkrav. Figur 1 illustrerar de införda begreppen.



Figur 1. Funktionsbaserad brandteknisk dimensionering.

Ytterligare skäl till att vilja förtydliga processen vid dimensionering genom beräkning är de erfarenheter som framkom efter utvärderingen av BBR (Boverket, 1997). Där framkommer klara brister i genomförandet av brandteknisk projektering. Mycket av detta är beroende på att det saknas etablerade projekteringsmetoder och att kompetensen är låg både inom konsultbranschen och på myndighetssidan. I det refererade arbetet kan följande citat hämtas från slutsatserna:

”Konsulterna måste snarast se över sina arbetsformer och utarbeta egna riktlinjer för hur kvalitén i den brandtekniska projekteringen skall kunna upprätthållas.”

I projektet finns därför en inledning till en sådan revidering av arbetsformerna.

2.1 Förenklad dimensionering

Den första av dessa metoder är helt baserad på ett dimensioneringsunderlag som har sitt ursprung i tidigare byggnormer. Det är i princip samma metod för dimensionering som användes innan de funktionsbaserade föreskrifterna infördes. Namn som tidigare använts för samma metod är bland annat schablonmetod, preskriptiv metod och standardmetod.

Den förenklade dimensioneringsmetoden bygger på att traditionellt accepterade dimensioneringsvillkor används. Exempel på sådana villkor som skall vara uppfyllda är att utrymningsvägen från en lokal skall dimensioneras så att bredden motsvarar 1 m för varje 150 personer i lokalen och att gångavståndet till den närmaste utrymningsvägen i en samlingslokal inte får överstiga 30 m. Sedan finns det vissa alternativa utformningar som kan göras inom ramen för den förenklade dimensioneringen. Ett sådant exempel är att acceptera 33% längre gångavstånd till den närmaste utrymningsvägen om lokalen är försedd med automatisk vattensprinkler.

Den förenklade dimensioneringen förutsätter att alla de detaljkrav som är relevanta för det aktuella objektet följs. Det tillåts inte att några avsteg eller så kallade tekniska byten genomförs. Det innebär direkt att utformningen tillhör den andra kategorin, det vill säga dimensionering genom beräkning, där kraven på verifikation är betydligt högre.

Fördelen med förenklad dimensionering är just att den är enkel, både för projektören som för den som skall kontrollera. Båda använder samma verktyg för sin uppgift vilket i praktiken innebär tabeller, diagram och liknande från någon handbok (Jönsson med flera, 1994) eller tidigare byggnorm (NR2, 1990). Det är mycket troligt att den förenklade metoden kommer att utgöra det vanligaste dimensioneringssättet även i framtiden.

En annan fördel som inte är alls lika påtaglig är att metoden med stor sannolikhet beaktar även så kallade dolda avsikter i byggföreskriften. En dold avsikt är en önskan från kravställaren, exempelvis Boverket, att en viss egenskap skall vara tillgodosedd. Men istället för att föreskriva om den aktuella egenskapen kan föreskriften behandla andra egenskaper vilka också är aktuella men som leder till uppfyllande av den dolda önskan eller avsikten. Vid förenklad dimensionering blir de dolda avsikterna automatiskt tillgodosedda eftersom de existerande byggföreskrifterna baseras på de tidigare vilka också är utgångsmaterialet för den förenklade dimensioneringen.

Ett exempel på en dold avsikt kan vara storleken på brandceller. Det finns inget egentligt krav på hur stor en brandcell får vara. I förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk mm, BVF finns en punkt som lyder (BVF §4):

”§4. Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att...

2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas...”

Det innebär att det måste finnas brandceller av en viss storlek eftersom samhället inte tolererar allt för stor skada till följd av spridningen av brand och rök. Men det anges ju inte i förordningen hur stor denna brandskada får vara. I BBR finns också ett förtydligande om att det måste finnas brandceller (BBR 5:61):

”Byggnader skall delas in i brandceller åtskilda av byggnadsdelar som hindrar spridning av brand och brandgas. Varje brandcell skall omfatta ett rum – eller sådana sammanhängande grupper av rum – i vilka verksamheten inte har omedelbart samband med annan verksamhet i byggnaden...”

Det finns inget i den funktionsbaserade texten som berättar om storleken på brandcellerna. Men ändå kan brandcellens storlek begränsas genom att det finns krav på hur långt det får vara från en plats i lokalen till en utrymningsväg. Det betyder att om dessa regler avseende gångavstånd följs så tillgodoser man automatiskt önskemålet om att inte ha alltför stora brandceller. Det finns dock ingen garanti att önskemålet verkligen blir tillgodosett men förutsättningarna att så är fallet är högre för den förenklade dimensioneringsmetoden jämfört med dimensionering genom beräkning.

De osäkerheter som finns vid brandteknisk dimensionering anses vara beaktade när den förenklade metodens dimensioneringsvillkor används. Det är anledningen till att om avsteg från metoden görs så är det direkt fråga om dimensionering genom beräkning. Det är för att de nya osäkerheterna som införs med nya antaganden inte är beaktade i förutsättningarna som bygger upp den förenklade metoden.

2.2 Dimensionering genom beräkning

Den metod som används när den förenklade metoden inte anses vara tillräcklig benämns dimensionering genom beräkning. Metoden karaktäriseras av

- mer verksamhetsanpassat brandskydd
- möjlighet till friare utformning av byggnaden
- ekonomiskt optimerat brandskydd

Metoden har tidigare bland annat kallats för ingenjörsmetoden, nyanserad dimensionering, analytisk metod, beräkningsmetoden och funktionsbaserad dimensionering. Det som karaktäriserar metoden är att den inte har som mål att visa att vissa krav i handböcker är uppfyllda utan snarare påvisa säkerheten mot gällande föreskrift till exempel BBR. Ett nyckelord i sammanhanget är *visa*. Det ställs krav att en projektör kan visa att den föreslagna lösningen uppfyller samhällets krav på säkerhet.

Detta krav uttrycks i BBR avsnitt 5:13:

”Om dimensionering av brandskyddet sker genom beräkning, skall beräkningen utgå från omsorgsfullt vald dimensionerande brand och utföras enligt beräkningsmodell som på ett

tillfredsställande sätt beskriver aktuellt fall. Vald beräkningsmodell skall redovisas. (BFS 1995:17)

Råd: Osäkerheten hos valda indata bör redovisas genom gjorda känslighetsanalyser. (BFS 1995:17)”

Sker dessutom dimensioneringen av utrymningsvägarnas kapacitet och utformning genom beräkning ställs det speciella krav på kontrollen utöver den så att säga normala kontrollen som alltid skall ingå i en dimensionering genom beräkning. I BBR uttrycks denna extra kontroll i avsnitt 5:14:

”För byggnader där risken för personskador är stor får utrymningsdimensionering genom beräkning endast användas, om beräkningens riktighet kan styrkas genom dimensioneringskontroll.

Råd: Med dimensioneringskontroll avses kontroll av dimensioneringsförutsättningar, bygghandlingar och beräkningar.
Denna kontroll bör utföras av en person som inte tidigare varit delaktig i projektet. (BFS 1998:38)”

Den valda dimensioneringen visas i den brandskyddsdocumentation som skall upprättas över brandskyddet i varje byggprojekt.

Fördelen med metoden är att brandskyddet kan anpassas efter den aktuella situationen i den aktuella byggnaden på ett sätt som inte är möjligt med den förenklade metoden. Optimering med avseende på ekonomi kan också göras vilket gagnar framtida brukare av byggnaden. Det förutsätter dock att optimeringen har brukarens ekonomi i åtanke vid projekteringen. Denna diskussion utvecklas ytterligare i avsnitt 4.4 som beskriver den sista delen i projektet.

Nackdelen med denna form av dimensionering är att den är mer tidskrävande och kunskapsintensiv. Det krävs en helt annan typ av kompetens hos en utförare i detta fall jämfört med om förenklad dimensionering används. Men i det långa loppet är tanken att det totalt sett skall kunna gå och bygga billigare genom att utnyttja beräkningar med de funktionsbaserade föreskrifterna i botten. Detta var det politiska motivet till förändringen.

Eftersom dimensionering genom beräkning bygger på att säkerheten skall verifieras behövs kunskap om de osäkerheter som ingår, hur beräkningsverktyg beter sig i den aktuella situationen, hur den förslagna lösningen kan vidmakthållas under byggnadens livslängd. Projektet har varit direkt inriktat på att utifrån ett riskbaserat angreppssätt beskriva metoder som kan användas för att underlätta vid projekteringen. Men även själva projekteringen bör vara transparent så att det tydligt framgår hur brandskyddet dels projekterats och sedan utförts. För att åstadkomma denna tydlighet i projekteringsprocessen har en del i arbetet i projektet inriktats på att beskriva själva processen vid dimensionering genom beräkning. Denna beskrivning presenteras mer utförligt i avsnitt 4.4.1.

Vid användandet av dimensionering genom beräkning ställs det höga krav på den som skall utföra arbetet. De krav som skall uppfyllas lämnar en stor frihet åt utföraren vad avser tolkningen. Det är här som de så kallade dolda avsikterna kan behöva beaktas. Det räcker inte med att en projektör och uppdragsgivaren anser att en i vissa fall vagt

formulerad föreskrift är uppfylld. Den kan anses vara uppfylld om det samlade ingenjörskollegiet också är av samma uppfattning. Detta är ett problem som ställer vissa etiska och moraliska krav på utföraren. En brandprojektör får inte välja dimensionerande förutsättningar eller tolka föreskrifter hur som helst. Orsaken till detta dilemma är att de verktyg som finns tillgängliga idag för projektering gör det möjligt att i princip visa att vilket förslag till lösning som helst är säkert. Det gäller naturligtvis inom vissa gränser. Orsaken till detta bekymmer ligger i kontrollen av hur valet av bland annat indata sker.

Dimensionering genom beräkning sker idag i lite olika omfattning. Det kan vara allt från att justera gångavståndet till närmaste utgång med ett utrymningslarm som motiv till att dimensionera hela byggnaden utifrån ett riskperspektiv. Det leder till att det bör vara olika grad av kontroll och krav på utföraren beroende på hur avancerad projekteringen är.

I utländska handböcker ser man vanligen en uppdelning i tre kategorier. Indelningen sker efter hur stor påverkan en beräkning kan anses få på det totala brandskyddet. En enkel brandteknisk jämförelse kan vara att välja detektorer utifrån detektionstiden för alternativen. Denna beräkning påverkar inte många andra faktorer annat än de som har att göra med detektionstid. Dessa jämförelser görs då ganska enkla och kraven på val av indata är lägre.

De mest komplicerade beräkningarna är de där flera olika så kallade delsystem är inblandade. Ett delsystem kan utgöras av till exempel automatisk släckningssystem, utrymning av byggnaden och brandförlopp och spridning av brandgaser. I dessa fall då de brandtekniska alternativen är mycket situationsanpassade krävs riskbaserade verifikationsmetoder. Det är om sådana metoder som projektet har varit inriktat på att använda. Men det kvarstår arbete med att definiera hur dimensionering genom beräkning skall utföras och vilka krav som bör ställas på sådant arbete.

3 Riskbaserad dimensionering

Projektet har varit inriktat på att studera riskbaserade dimensioneringsmetoder. Tyngdpunkten i arbetet har legat på att försöka anpassa ett riskbaserat angreppssätt för att verifiera säkerhet vid projektering. I det arbete som föregick det föreliggande projektet ställdes de relevanta frågorna kring vad som menas med risk och riskbaserad dimensionering. Då gjordes följande beskrivning avseende funktionsbaserade bestämmelser och dimensionering genom beräkning:

”Implicit i dessa begrepp ligger:

- med funktionskrav avses krav på specificerad risknivå
- att kriterier för acceptabel risk har formulerats
- att kriterier påvisas uppfyllda genom beräkningar (eller på annat sätt)”

(Magnusson m fl, 1997)

Det föreligger alltså en direkt koppling mellan dimensionering genom beräkning och riskbegreppet. Frågan är då hur ser kopplingen mellan risk och dimensionering ut. I projektet har två riskbaserade angreppssätt provats för att koppla riskbegreppet till dimensionering:

- utnyttade av säkerhetsindex β
- traditionell QRA

3.1 Metod med säkerhetsindex β

Den första metoden där säkerhetsindex β definierar tillåten säkerhet har använts för att försöka bestämma dimensionerande värden som kan användas i enkla ingenjörsekvationer. Med dessa dimensionerande värden erhålls ett resultat på den sökta storheten som då bestäms utifrån ett antagande om acceptabel risk. Användandet av sådana värden kan då anses falla inom ramen för den förenklade dimensioneringsmetoden. Det tillämpningsfall som studerats i projektet är att dimensionera bredden i utrymningsvägen från ett varuhus. I nuvarande förenklad dimensionering sker beräkningen genom att man antar att det skall finnas utrymningsbredd motsvarande 1 m för 150 personer. Men det finns inget som gynnar de lokaler där till exempel takhöjden är hög även om det påverkar den risk som personerna i lokalen utsätts för. Detta arbete beskrivs mer utförligt i avsnitt 4.3.

3.2 Kvantitativ riskanalys

Den andra dimensioneringsmetoden som beskrivs i projektet förutsätter att problemet beskrivs i form av scenarier och kan härledas till säkerhetsarbete inom bland annat flyg-, off-shore- och kemisk process-industri. Metoden utgår från en kvantitativ riskanalys, QRA (Quantitative Risk Analysis).

Ett scenario är en kedja händelser, initierade av att det börjar brinna, som leder till en beskrivning av konsekvensen och frekvensen av det scenariot. Med konsekvens menas en kvantitativ beskrivning av scenariot till exempel i antal personer som inte hinner utrymma innan så kallade kritiska förhållanden inträffar. De kritiska förhållandena som avses är i första hand de som anges i BBR men andra är tänkbara. Varje scenario beskrivs också av en frekvens det vill säga ett kvantitativt mått på hur ofta det kan förväntas att scenariot inträffar.

Vid en brand kan flera händelser inträffa beroende på till exempel felfunktion på tekniska eller organisatoriska system. Om ett dimensioneringsalternativ baseras på

närvaron av ett sprinklersystem räcker det inte med att beskriva vad som sker om systemet fungerar. När systemet felfungerar måste också beskrivas även om det sker mer sällan men konsekvensen av det fallet kan vara mycket större.

För att grafiskt presentera de scenarier som skall undersökas används ofta händelseträdsteknik. Ett händelseträd är en tidslogisk beskrivning av de scenarier som kan uppkomma vid en brand. Figur 2 beskriver ett enkelt händelseträd med 8 scenarier. Frågan om antalet scenarier som skall undersökas är av vikt och det bestäms utifrån förutsättningarna för projektet i brandskyddsgenomgången. Arbetssättet med händelseträd härstammar från området för riskhantering. Det gör att risken för de valda projekteringsalternativen kan bestämmas. Risken för ett alternativ kan beskrivas som

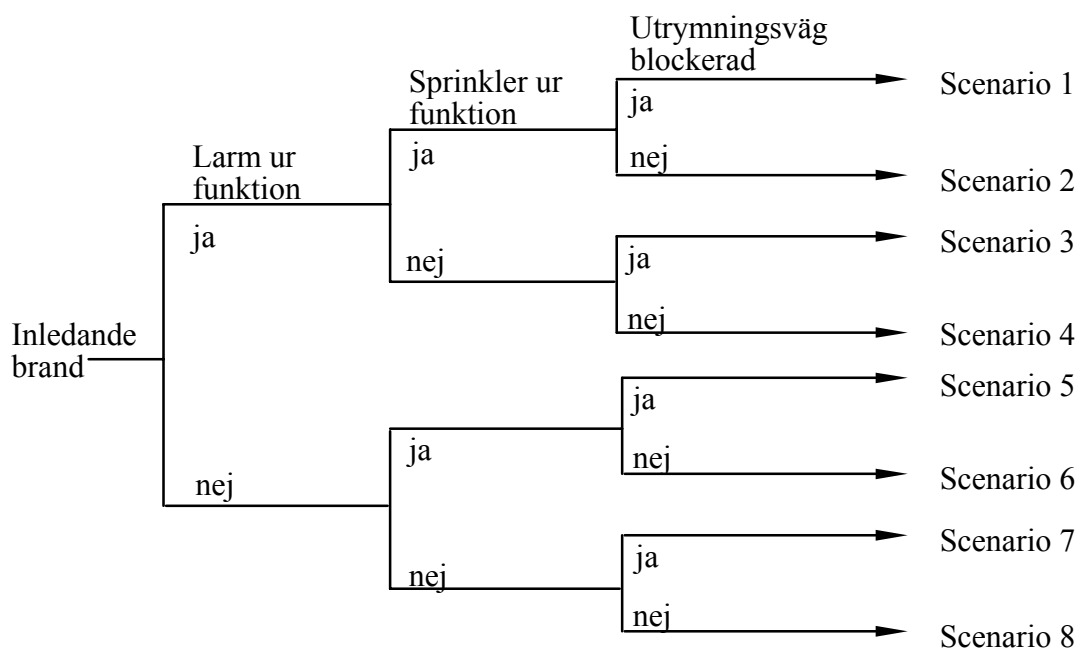
$$R = \{(s_i, p_i, \bar{c}_i)\}, i = 1 \dots n$$

där

s_i = det aktuella scenariot,

p_i = frekvensen för det aktuella scenariot

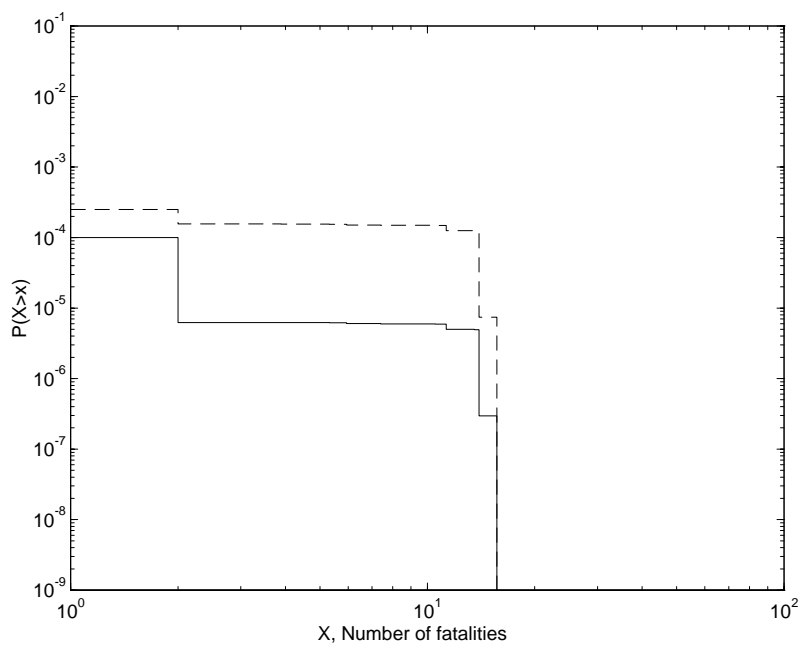
\bar{c}_i = det aktuella scenariots konsekvenser (flera konsekvenser kan vara möjliga)



Figur 2. Exempel på ett enkelt händelseträd.

Risken för ett dimensioneringsalternativ kan sedan uttryckas på några olika sätt till exempel som medelrisken eller i form av en riskprofil. Medelrisken uttrycker risken i form av förväntat antal personer exponerade för kritisk nivå per år. Riskprofilen redovisar risken grafiskt och anger frekvensen för att konsekvensen överstiger givet värde på den horisontella axeln i diagrammet, figur 3.

Det dimensioneringsalternativ som sedan skall väljas bör vara det som har den högsta acceptabla risken och som samtidigt uppfyller de ekonomiska randvillkoren. I avsnitt 4.4 presenteras det arbete som bedrivits inom ramen för projektet avseende QRA-tekniken.



Figur 3. Exempel på riskprofiler. Resultatet gäller utrymning från en vårdavdelning på ett sjukhus. Hedragen linje är dimensioneringsalternativ med sprinklersystem. Streckad linje är samma situation men utan sprinklersystem (Frantzich, 1998).

4 Genomgång av delprojekten

Inom projektets ram har två inledande delprojekt varit inriktade på att studera grundläggande osäkerheter i brandteknisk dimensionering; modellosäkerhet och osäkerhet i indata. Resterande delar behandlar riskbaserad dimensionering samt kostnadsoptimering.

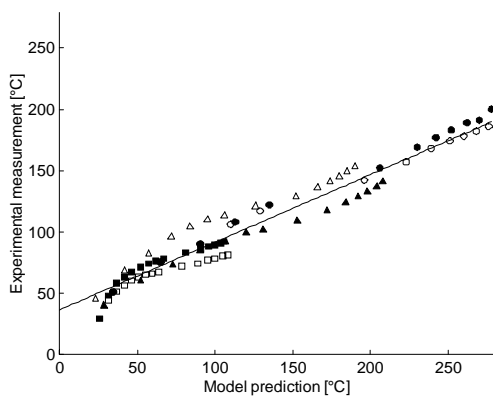
4.1 Modellosäkerhet (publikation 1)

Modellosäkerhet är ett väsentligt område inom brandtekniken eftersom förloppen oftast beskrivs med hjälp av något datorprogram. Tiden till kritiska förhållanden för utrymning bestäms idag vanligen med en enkel zon-modell till exempel CFAST eller FPETool. Men det visar sig att modellerna inte helt klarar av att beskriva verkliga förlopp vad avser rökfyllnadsförlopp och temperatur i det varma brandgasskiktet. Det är inte förvånande att det är på det viset men för brandteknisk dimensionering genom beräkning och riskanalys är det av vikt att kunna beskriva hur stor avvikelser är för det enskilda scenariot.

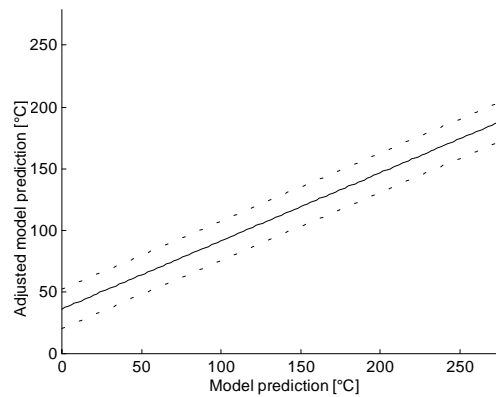
Det visar sig efter en jämförelse mellan experiment och beräkning av motsvarande scenario att den så kallade modellosäkerheten är avhängigt av scenariotypen. Med modellosäkerhet menas den systematiska och slumpmässiga avvikelser mellan beräknat och uppmätt värde som en brandmodell uppvisar. Ett scenario som karakteriseras av litet rum i anslutning till en korridor uppvisar skillnader i modellosäkerheten jämfört med om branden inträffar i ett stort brandrum. Det skulle vara en förenklad omständighet om modellosäkerheten bara kunde beskrivas som en korrektionsfaktor oavsett scenariotypen men så är det alltså inte. Detta gäller då för de modeller som studerats. Huvudanalysen har genomförts med programmet CFAST version 2.0 men även FAST 3.1, FASTLite 1.0 och FPETool 3.2 har analyserats men i mindre omfattning. De scenarier som studerats kan sammanfattas som:

- Scenario A. Enstaka litet rum av betong med golvmåtten 5,6 x 5,6 m² och höjden 6,1 m. Brandeffekten varierade mellan 30 kW till 390 kW.
- Scenario B. Två rum av betong förbundna med dörröppning. Det mindre rummet (brandrummet) hade golvmåtten 3 x 4 m² och höjden 2,6 m. Det större rummet var identiskt med det i scenario A. Brandeffekten varierade mellan 330 kW till 670 kW.
- Scenario C. Två rum förbundna med en korridor. Rum 1 (brandrummet) hade golvmåtten 2,3 x 2,3 m² och höjden 2,2 m, rum 2 (korridoren) hade golvmåtten 12,2 x 2,4 m² och höjden 2,4 m samt slutligen rum 3 som hade golvmåtten 2,2 x 2,2 m² och höjden 2,4 m. Brandeffekten varierade mellan 100 kW till 500 kW.

Analysen visar att beräkningsresultaten från två-zons modeller kan ifrågasättas och att de inte kan användas utan kritisk granskning, där modellfel och modellosäkerhet beaktats. Resultaten visar att CFAST 2.0 överskattar temperaturen och underskattar brandgaslagrets höjd, figur 4 och 5. Huruvida detta kan anses vara konservativt i en tillämpning beror på hur kritiska förhållanden definieras i den specifika situationen.



Figur 4. Beräknade och uppmätta punkter för scenario C.



Figur 5. Det 95%-iga prediktionsintervallet för skattning av den uppmätta temperaturen i scenario C.

I rapporten beskrivs hur det beräknade värdet det vill säga temperaturen i det varma skiktet av brandgaser eller tjockleken på detsamma skall korrigeras så att en bättre uppskattning av det verkliga värdet erhålls. Detta kan beskrivas på två sätt; som en enkel korrigering som ger ett prediktionsvärde med 95% konfidens eller som ett probabilistiskt mått där det justerade beräknade värdet anges som en fördelning. För det första fallet kan den justerade temperaturen, T_{adj} , bestämmas som

$$T_{adj} = f(T_p) = \beta \cdot T_p + (\mu_\alpha + 1.96\sqrt{\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2}) = \beta \cdot T_p + U_{adj}$$

där värden på β och U_{adj} erhålls ur tabell 1. För korrigering av brandgasskiktets läge finns motsvarande beräkningsuttryck.

Tabell 1. Scenario-specifika parametrar för den förenklade korrigeringsmodellen.

Scenario	β	U_{adj}
A	0.59	11
B	0.86	10
C, rum 1	0.45	303
C, rum 2	0.55	52
C, rum 3	0.57	15

Även om modellberäkningarna kan korrigeras, så kommer det fortfarande att finnas osäkerhet i det justerade värdet. Om modellfel och modellosäkerhet inte beaktas i beräkningarna så är det omöjligt att bedöma om kvantitativa dimensioneringskriterier är uppfyllda, vilket kan leda till att säkerheten underdimensioneras eller att byggkostnaden ökar i onödan. Valet av modell kommer då att ha stor inverkan på resultatet. För att kunna utvärdera effekten av fel och osäkerheter modell beräkningar måste en jämförelse göras med andra delar av den totala osäkerheten i beräkningarna, till exempel osäkerhet i indata och osäkerhet i andra beräkningar. Detta är möjligt om metoden för att kvantifiera modellosäkerhet som presenteras i delprojektet används.

4.2 Osäkerhet i indata (publikation 2)

För att överhuvudtaget kunna göra några riskanalyser eller dimensioneringar genom beräkning måste man känna till hur osäkerheten i de ingående variablerna ser ut. Det gäller variabler som brandfrekvens, tillförlitlighet för tekniska system, förväntat brandförlopp, persontäthet i olika lokaler mm. Arbetet har primärt varit inriktat på att undersöka de variabler som är viktiga för en brandteknisk dimensionering genom beräkning. Det dataunderlag som använts är främst statistiskt material som finns redovisade i öppna källor. Det betyder att osäkerhet i exempelvis personers reaktionstid vid utrymning inte finns med i detta arbete.

Syftet med arbetet har varit att försöka ställa samman det befintliga materialet på ett sätt som gör det möjligt att använda det i praktisk dimensionering. När det gäller brandfrekvensen har flera olika källor använts från traditionella engelska källor från 1960-talet till det senaste från SRVs insatsstatistik. Men analysen måste också kompletteras med information om vad som sker efter brand inträffat det vill säga om en brand kan antas fortsätta eller om den självslocknar eller släcks. Det mesta materialet som finns tillgängligt förutsätter att brand inträffat och det begränsar användningen något till att endast jämförande analyser kan göras. Men det kan ofta räcka med det till de brandtekniska analyser som görs idag.

Givet att brand inträffat kommer branden antingen att slockna eller fortsätta. Sannolikheten att en brand fortsätter att utvecklas finns sammanställt för en mängd olika verksamheter och följer indelningen från SRVs statistik, tabell 2.

Tabell 2. Undersökta verksamheter.

Åldringsvård	
Åldringsvård	-
Vårdavdelning	
Sjukhus	
Psykiatrisk vård	
Övriga vårdbyggnader	
Kriminalvård	
Flerbostadshus	
Villa	
Radhus	
Fritidshus	
Fritidsgård	
Skola	
Förskola	
Elevhem/Studenthem	
Kommunikationsbyggnad	
Försvarsbyggnad	
Förvaltningsbyggnad/Kontor	
Kyrka/Motsvarande	
Idrottsanläggning	
Hotell/Pensionat	
Restaurang/Danslokal	
Teater/Biograf/Museum	
Handel	

I dimensionering genom beräkning utnyttjas ofta tekniska system för att åstadkomma den säkra lösningen. Tillförlitligheten för dessa system har också studerats. Det är

främst automatiska detektionssystem och automatisk vattensprinkler som redovisas. Beroende på typen av system och framför allt graden av underhåll erhålls olika värden på systemets tillförlitlighet. Generellt ligger tillförlitligheten för ett detektionssystem kring 0,85 till 0,97 beroende på graden av service och om servicen utförs av godkänd firma. För vattensprinklersystem finns liknande data på tillförlitligheten och undersökningar från Australien, England och USA pekar på värden kring 0,95 och uppåt.

De passiva åtgärderna till exempel branddörrar och brandcellsskiljande väggar har också undersökta med avseende på tillförlitligheten att fylla sin brandtekniska funktion.

Rapporten som redovisar delprojektet innehåller också några tillämpningsexempel som visar hur det statistiska materialet kan användas för dimensionering genom beräkning och för riskanalyser.

4.3 Dimensioneringsvärden för förenklad dimensionering baserade på risk (publikation 3)

I projektet har en del haft syftet att använda en optimeringsmetodik för att försöka bestämma dimensionerande värden som kan användas i förenklad dimensionering. Meningen med dessa värden är att de skall vara baserade på ett riskmått vilket innebär sannolikheten att minst en person skall drabbas om brand utbryter. Detta mått på risken brukar kallas den individuella risken. Det är den risk som varje individ utsätts för när personen till exempel är i ett varuhus.

Problemet som studeras är kopplat till utrymningsvägars bredd. Idag skall utrymningsvägens bredd bestämmas av det maximala antalet personer i lokalen så att 1 m utrymningsbredd motsvarar 150 personer. Det betyder att faktorer som lokalens höjd inte påverkar bredden i utrymningsvägen även om det med beräkningar kan visas att risken för personskador just beror av exempelvis höjden. Ett mer riskbaserat angreppssätt för dimensioneringen skulle leda till att lokaler som utformas på ett för risken gynnsamt sätt gynnas med smalare utrymningsvägar eller längre gångväg till närmaste utrymningsväg. Delprojektets målsättning är att undersöka möjligheten att ta fram ett sådant dimensioneringsunderlag.

Risken för personskada uttrycks i säkerhetsindex β vilket är ett sätt som anpassats från området bärande konstruktioner. Med säkerhetsindex β kan personrisken i en byggnad uttryckas på ett sätt som är kopplat till säkerhetsmarginalen för det dimensionerande fallet och dess osäkerhet.

I ett enkelt fall kan säkerhetsmarginalen uttryckas som en tillståndsekvation

$$M = t_{kritisk} - t_{utrymning}$$

som anger skillnaden mellan tillgänglig tid för utrymning och utrymningstiden. Om de två tidsvariablerna uttrycks som slumpmässiga fördelningar med medelvärde och standardavvikelse kan säkerhetsindex β bestämmas som

$$\beta_c = \frac{\mu_M}{\sigma_M}$$

Detta är säkerhetsindex enligt Cornell. Vanligen används en lite annorlunda definition, enligt Hasofer och Lind β_{HL} , men innebörden är snarlik.

Detta innebär att när väl medelvärdet och standardavvikelsen för tidsmarginalen är känd kan säkerhetsindex β beräknas. Detta värde kan sedan jämföras med vad som är acceptabelt. Men denna procedur är ganska omständlig i varje enskilt fall. Bättre är en situation där en ingenjör använder dimensioneringsvärden som när dessa används leder till ett förutbestämt β -värde. En sådan procedur har använts för att ta fram dimensionerande värden för att beräkna erforderlig dörrbredd i ett varuhus. Det är alltså den minsta dörrbredden som fordras för att utrymningen av byggnaden skall kunna ske innan kritiska förhållanden inträffar med en given felsannolikhet uttryckt i säkerhetsindex β . De dimensioneringsvärden som skall bestämmas är brandens tillväxttakt och personernas i byggnaden reaktionstid innan utrymning.

Metoden som används bygger på att en första ordningens approximation görs av tillståndsekvationen samt att bara medelvärde och standardavvikelsen används för att beskriva de stokastiska variablerna. Det är alltså en FOSM (First Order Second Moment) metod som används och grunden är den så kallade Rackwitz-algoritmen. Rackwitz metod har dock justerats något för att passa de numeriska optimeringsmetoderna som använts. Rackwitz metod är dock främst lämplig om handberäkningar skall göras. Fördelen med Rackwitz algoritmen är att den också levererar de värden för de stokastiska variablerna som leder till högst felsannolikhet. Det är alltså dessa värden som är de dimensionerande värdena.

Men det räcker inte med att ha en dimensioneringsekvation som är giltigt för en enda byggnad. Den skall också vara tillämplig för en hel rad liknande byggnader vilka skiljer sig i till exempel golvarea och rumshöjd. För detta krävs ytterligare en optimeringsmetod som ligger utanför den tidigare beskrivna. Den grupp av byggnader som skall ingå karaktäriseras av verksamheten varuhus och med golvarea mellan 600 m² till 1500 m² och rumshöjder mellan 4 m till 6 m.

Denna grupp representeras i optimeringen av nio beräkningsfall med följande kombinationer av rumshöjd och golvarea; (4, 600), (5, 600), (6, 600), (4, 1000), (5, 1000), (6, 1000), (4, 1500), (5, 1500), (6, 1500).

Uppgiften blir således att fastställa de dimensionerande variablerna för de nio fallen så att deras sammantagna avvikelser för respektive beräkningsfalls β -värde från ett fastställt målvärde för säkerhetsindex β minimeras. Omskrivet till matematiska termer blir detta att objektfunktionen

$$\sum_{i=1}^9 (\beta_i(x_{j,d}) - \beta_{\text{mål}})^2$$

skall minimeras och där $x_{j,d}$ är de dimensionerande värdena för j stokastiska variabler.

Eftersom arbetet är i ett inledningsskede har inte entydiga dimensioneringsvärden tagits fram. Det som arbetet inriktats mot har varit att undersöka metodens tillämpbarhet. Det

betyder att inverkan av bland annat olika typer av kritiska förhållanden, olika fördelningar för de stokastiska variablerna, olika felsannolikheter mm undersökts.

Delprojektet inleddes med att diskutera val av acceptabelt β -värde. Från det statistiska materialet i ett inledande delprojekt framkom att en felsannolikhet kring 15% givet att brand inträffat och ej släcks eller självslocknar var rimlig. Detta värde användes som grundvärde.

För att bestämma vad som är kriteriet för tillgänglig tid användes tre olika kriterier;

1. Brandgasnivå lägst $1.6 + 0.1 \cdot \text{Lokalhöjden}$, Maximal strålning: 2.5 kW/m^2 och maximal temperatur under brandgasskiktet: 80°C .
2. Brandgasnivå lägst 1.5 m om brandgastemperaturen är högre än 100°C annars maximal brandgastemperatur 100°C
3. Minsta siktsträcka: 10 m

Detta leder fram till tre olika uttryck för tiden till kritiska förhållanden vilka samtliga undersöktes med avseende på variation i dimensioneringsvärdena.

Tyvärr måste metodens användbarhet förses med ett antal begränsningar. Säkerhetsmarginalen är enligt beräkningarna liten och för att få tillfredsställande säkerhet i många fall krävs orimliga dörrbredder. Ytterligare ett problem är den osäkerhet som bland annat brandförloppsmodellerna är behäftade med. Men, så länge dessa modeller används för övrig dimensionering genom beräkning så kan även denna metod användas. Detta leder fram till att ytterligare insatser bör göras på området för att finna bättre det vill säga riskbaserade dimensioneringsvärden som kan användas vid förenklad dimensionering. Några av dessa områden som bör utforskas är

- Undersöka hur en koppling kan göras till brandfrekvensen. Vid beräkningarna bör man möjligtvis ta hänsyn till hur pass ofta det brinner i byggnaden.
- Noggrannare undersökning kring tilldelning av variablers värden. De medelvärden och standardavvikelse som karakteriserar de stokastiska variablerna bör förankras i verkligheten och representera samtliga bränder.
- Skapa bättre modeller som beskriver utrymningssituationen. Den enkla modellen kan vara allt för primitiv då den betraktar människorna som en gemensam massa.
- Studera för vilka andra brandtekniska applikationer där det med hänsyn till justeringar enligt ovanstående typ kan vara möjligt att härleda dimensioneringsekvationer baserade på risk.

4.4 Dimensionering med hjälp av riskanalys

Dimensionering genom beräkning kan genomföras med hjälp av teknik baserad på riskanalys. I projektet har flera riskanalyser genomförts vilka samtliga använt händelseträdstekniken vilken beskrivits tidigare. Några av dessa har också haft som målsättning att undersöka kostnadseffektiviteten i de föreslagna lösningarna.

4.4.1 Riskevaluering av sjukhus och diskotek (publikationer 4-11)

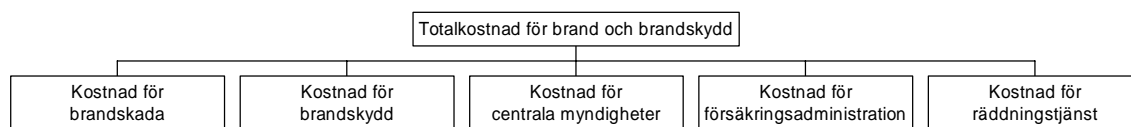
Flera arbeten har varit inriktade på att studera risken i vårdanläggningar och diskotek. Vissa av dem har också studerats med avseende på kostnaderna för de föreslagna åtgärderna vilket redovisas i följande avsnitt. I alla fallen har händelseträdstekniken använts för att beskriva de scenarier som kan förväntas.

Den risk som undersöks är personrisken vilket innebär att arbetet inriktats på att studera utrymningsförlopp vid bränder. Byggnadernas bärande konstruktioner eller räddningstjänstens säkerhet har inte ingått. De primära resultaten av delarna i detta delprojekt är att kunna redogöra för riskvärderingstekniker för dimensionering samt att bestämma risken i nuvarande verksamheter och planerade d.o. Metoderna kan också användas för att bestämma vad som de facto är den acceptabla risken i existerande verksamheter och ansätta denna säkerhet som acceptabel nivå.

De senare riskanalyserna använder sig dessutom av en strukturerad dimensioneringsgång vilken ger en logisk struktur för dimensionering genom beräkning. Denna logiska struktur är en väsentlig del i att göra dimensioneringen öppen för granskning. Dimensioneringsgången har sitt ursprung i utländska dimensioneringshandböcker men har anpassats till svenska förhållanden. Ett viktigt inslag i denna är den så kallade brandtekniska genomgången (eng QDR, Qualitative Design Review) som sätter upp ramarna för arbetet och där det bestäms vad som är målsättningen med dimensioneringen. Det är detta som utgör grunden till den nya projekteringsgången som presenteras i projektet och som förhoppningsvis kan leda till att kritiken från Boverket (1997) kan undanröjas.

4.4.2 Kostnadsoptimering av sjukhus, kontor och diskotek (publikationer 12, 13, 15 - 16)

Kostnaden för brandtekniska installationerna är ofta i fokus vid projektering av brandskydd. Vid val av brandskyddsstrategi blir vanligtvis målsättningen att välja det alternativ som har den lägsta kostnaden för brandskydd, eftersom det förefaller vara mest kostnadseffektivt. I delprojektet ”Kostnadseffektiv utformning av brandskydd” används ett annat angreppssätt, där utgångspunkten för analysen är totalkostnaden för brand och brandskydd, se figur 6.



Figur 6. Kostnadstyper som utgör totalkostnaden för brand och brandskydd.

I uppbyggnaden av analysmodellen undersöks om och hur de olika kostnadstyperna påverkas av brandskyddets utformning i projekteringskedet. Dessa kostnader är av intresse för en rad aktörer, t ex entreprenören, beställaren, verksamhetsutövaren och ägaren av byggnaden. Av den totala kostnaden för brand och brandskydd kommer olika kostnadstyper påverka olika aktörer. Valet av brandskydd kommer till viss del att påverka hur totalkostnaden fördelar sig på de underliggande kostnadstyperna och kommer därmed också till viss del att styra vilka aktörer som kommer att påverkas. Eftersom olika aktörer påverkas av olika kostnadstyper kommer uppfattningen om vad som är det mest kostnadseffektiva valet att styras av från vems perspektiv analysen sker.

I analysen är inte enbart kostnader av intresse, utan även de nyttoeffekter som brandskyddet kan generera. Dessa nyttoeffekter är likt kostnaderna beroende av för vem som analysen sker, men är också starkt kopplade till när i tiden som brandskyddsstrategin bestäms.

I rapporten ”Kostnadseffektiv utformning av brandskydd” skapas en modell där kostnadseffektiviteten analyseras genom att jämföra nyttoeffekter och kostnader under hela byggnadens livslängd, för olika brandskyddsstrategier. Analysmodellen bygger på en relativ jämförelse, som baseras på en kombination av kvantitativ riskanalys av de olika utformningarna samt en kostnads-nytta analys för respektive alternativ. I riskanalysen används den metodik som varit huvudsyftet att utveckla inom projektet dimensionering efter beräknad risk och i detta delprojekt utvecklas modellen för att analysera kostnadseffektivitet.

Resultatet av analysen är en rangordning av olika brandskyddsutformningar. Av de alternativ som uppfyller samhällets kraven på personskydd är det mest kostnadseffektiva alternativet det som har den högsta värdet på differensen mellan nytta och kostnader för den aktör som optimeringen avser.

Analysmodellen tillämpas på en diskotekslokal samt en vårdanläggning. För varje lokal finns flera olika lösningar av brandskyddsproblematiken och kostnadseffektiviteten för dessa analyseras, dels med avseende på en aktör som påverkas av den rena anskaffningskostnaden och dels med avseende på en aktör som berörs av båda anskaffningskostnad och drifts kostnad.

Analysmodellen strävar inte efter att automatisera beslutsprocessen i byggprojektering eller rationalisera bort beslutsfattandet eller beslutsfattaren. Analysresultatet är snarare ett väl underbyggt beslutsunderlag som beslutsfattaren behöver när denna skall besluta om hur ramar, krav och specifikationer för ett bygge skall sättas upp. Är brandskydd något att beakta eller löses det genom att hålla sig till gamla traditionella schablonmått. Modellen bygger på ett genomtänkt planering av brandskyddsstrategin och visar att det krävs att strategin utarbetas i ett tidigt skede i byggprocessen, för att nyttoeffekter som en smart brandskyddslösning kan innebära kan fångas upp.

4.4.3 Risk och kostnadsvärdering av brandskydd i kärnkraftverk (publikation 14)

I ett arbete undersöktes 17 olika förslag till lösningar av brandsäkerheten i ett pumprum i ett svenskt kärnkraftverk utifrån både ett säkerhets och kostnadsperspektiv. Risken beskrevs med hjälp av händelseträdsteknik och kostnaden karaktäriserades av den så kallade livscykelkostnaden, LCC;

$$LCC = \sum_{i=0}^n \frac{DU_i}{(1+r)^i} + A$$

där

A = anskaffningskostnad, kr

LCC = Livscykelkostnad, kr

DU_i = Kostnad för drift och underhåll år i , kr/år

n = Byggnadens livslängd, år

r = realränta, -

De två mest kostnadseffektiva lösningarna var

- Brandskyddsmålning av kablar, avståndsseparation av kritiska komponenter, brandgasventilation samt automatisk vattensprinkler (mest kostnadseffektivt).
- Samma som ovanstående men utan brandskyddsmålning av kablar (näst mest kostnadseffektivt).

Det som är avgörande vid värderingen är då kostnaden per minskad risk. Bland de mindre lämpliga åtgärderna finns en lösning med bara automatisk vattensprinkler vilken faller på att den är dyrare jämfört med andra som ger samma risk.

Metoden är främst tänkt att användas för industrier där man vill undersöka kostnadskonsekvensen av olika skyddssystem och deras respektive långsiktiga kostnader.

5 Förslag till fortsatt verksamhet

Projektet har visat på nya möjligheter inom brandteknisk projektering. Men allt eftersom arbetet fortskridit har nya problem upptäckts vilka bör undersökas vidare. Det gäller både inom rena grundforskningsområden som i tillämpningen av de existerande teknikerna.

5.1 Dimensionering genom beräkning, nivåindelning och verifikationskrav

När det gäller dimensionering genom beräkning kan denna ske på olika nivåer. De olika nivåerna bör vara förenade med olika dimensioneringsvillkor eftersom det rimligen bör vara olika dimensioneringsvillkor för enkla beräkningar och för riskbaserad dimensionering. En enkel beräkning för att förlänga gångavståndet till en utrymningsväg kan kanske använda ett dimensioneringsvillkor som är baserat på ett resonemang om exempelvis nyttan med ett automatiskt brandlarm kopplat till ett utrymningslarm. Beräkningen behöver inte alltid utgå ifrån att en riskanalys måste göras med villkoren att uppfylla samhällets krav på acceptabel risk i verksamheten. Frågan är då hur skall denna nivåindelning se ut och vilka är kriterierna för indelningen av alla de existerande beräkningsmodellerna?

De olika nivåerna inom dimensionering genom beräkning behöver också belysas utifrån ett verifikationsperspektiv. Det bör rimligen vara skillnad också på verifikationskraven beroende på hur omfattande skillnaden är till den förenklade dimensioneringen. De enklare beräkningar som görs till exempel att förlänga ett gångavstånd till närmaste utrymningsväg genom att förbättra utrymningslarmet bör detta kunna göras utan alltför omfattande analyser. Men det bör fastställas vilka kraven för en sådan utredning skall vara. Det räcker inte med att säga att det är upp till byggherren att avgöra eftersom det är byggherren som har ansvaret. Det måste finnas mer tydliga definitioner på vilka beräkningar som kan göras och vilka verifikationskrav som följer dessa. Det kan i detta sammanhang också för enkla beräkningar vara lämpligt med fastställda dimensioneringsvärden vilka inte behöver bestämmas utifrån riskanalysmetoden beskriven i rapporten. Det kan röra sig om värden liknande emissionstal för flammor, siktbarhet i brandgas som detekteras av människan och temperatur i brandgasskiktet som leder till övertändning.

De olika nivåerna leder slutligen till olika krav på dokumentation. Dokumentationer av utförda analyser har vid ett flertal tillfällen sedan införandet av funktionsbaserad dimensionering visats vara bristfälliga. Det är också en förhållandevis stor skillnad på dokumentationskraven mellan förenklad dimensionering och dimensionering genom beräkning. Ett förtydligande hur en dokumentation bör vara utformad är önskvärd.

5.2 Dolda avsikter i bygglagstiftningen

I jämförelsen mellan de två dimensioneringssätten kommer frågan om de dolda avsikterna i föreskrifterna upp. Hur försäkras man sig om att beakta även dolda avsikter i bygglagstiftningen när råd i exempelvis BBR frångås? Vilka är de dolda avsikterna och bör de tydliggöras i form av föreskrifter istället. Det vore nog den lämpligaste åtgärden men tills dess bör arbete inledas med att försöka identifiera dolda avsikter som både samhälle och byggherrar är intresserade av. En beskrivning av de dolda avsikterna finns i avsnitt 2.1.

5.3 Begränsningar med förenklad dimensionering

Det talas på flera håll i rapporten om dimensionering genom beräkning och ganska lite om den förenklade dimensioneringen. Ett viktigt område att studera är gränsen mellan dessa båda. Vilka är begränsningarna med den förenklade metoden. Dessa bör identifieras för att på det viset bättre kunna avgöra när det krävs en dimensionering baserad på beräkning även utifrån ett säkerhetsperspektiv. Idag fokuseras nyttan med dimensionering genom beräkning främst på möjligheten att kunna använda pengarna på ett effektivt sätt. Men det kan finnas situationer där dimensionering genom beräkning krävs eftersom de förenklade metoderna helt enkelt inte är tillämpliga.

5.4 Förenklad dimensionering baserad på risk

Flera dimensioneringsvillkor i den förenklade dimensioneringen är baserade på traditionella antaganden. Det kan ligga en viss grad av godtycke i dessa. Det finns därför ett visst behov av att ersätta dessa villkor med sunda dimensioneringssätt och arbetet med att definiera dimensioneringsvärden utifrån säkerhetsindex β är ett sådant. Nu visade det sig att det inte direkt kunde tillämpas på det aktuella fallet men det är inte skäl att avfärda metoden som sådan. Det bör utredas hur så kallade första ordningens metoder kan användas för framtagande av dimensionerande värden för några enkla fall.

5.5 Modeller för kostnadseffektivitet i brandprojekteringen

I det nuvarande projektet har kostnadseffektivitet varit en väsentlig del, men har inte utretts till fullo. De kostnader som diskuteras idag och som ingår i kostnadsbeskrivningen av arbetet är de direkta kostnaderna för byggnadens uppförande. Hur kostnaden för driften och underhållet för brukaren påverkas av resultatet i projekteringen beaktas sällan i dagens projektering. Det är ur brukarens synpunkt väsentligt att kostnaden för brandskyddet och byggnaden som helhet blir låg sett ur ett långsiktigt perspektiv. En låg årskostnad kan vara eftersträvarvärd även om byggkostnaden blir högre men var finns incitamentet för sådan utveckling i dagens byggprojektering? Detta är i och för sig inget som är unikt för byggnadens brandskydd men det gäller för byggherren att informera sig om möjligheterna till brandteknisk projektering.

Men det finns fler kostnader som borde ingå i analysen av ett effektivt utnyttjande av pengarna i byggprocessen. Det finns dolda kostnader som kan hänföras till exempelvis kostnader för skador i lokaler som förstörs vid en brand som ej täcks av försäkringen. Det är kostnader som verksamheten själv får ta på sig. Inom industrin är man ganska väl medveten om vilka de dolda kostnaderna är men hur ser det ut i de offentliga verksamheterna? För att få ett bra underlag att fatta beslut om brandskyddet utifrån bör de dolda kostnaderna beaktas även vid produktion av offentliga miljöer där samhället är byggherre.

5.6 Brandskademodell

När väl en brand inträffat har hela eller delar av verksamheten blivit skadad. Men hur kan skadan modelleras för att på det viset kunna beakta även brandskadan i kostnadsanalysen? Det finns idag bara primitiva modeller för brandskadeanalys och bättre sådana bör utvecklas för att exempelvis möjliggöra analyser ur ett samhällsperspektiv eller försäkringsperspektiv. En koppling av sådana modeller till de existerande brandmodeller som finns tillgängliga är önskvärd.

5.7 Statistiskt underlag

För att kunna utföra riskanalyser och dimensioneringar baserade på beräkning bör det statistiska underlaget förbättras. Det är inget som sker över natten men utvärderingen och uppföljningen bör ske kontinuerligt och på flera fronter. Ett enkelt sätt att skaffa bra statistiskt underlag är från alla de brandsyner som genomförs runt om i landet. Om alla räddningstjänster vid brandsyn exempelvis kontrollerade om de magnetuppställda dörrarna fungerade och noterade antalet som inte stängde av alla möjliga skulle det statistiska materialet snabbt bli mycket bra på det området.

5.8 Utveckling av ingenjörshjälpmedel

För att förtydliga den brandtekniska projekteringen bör denna beskrivas och sammanställas i en handbok. Det kan göras om de inledande förslagen genomförs. Idag finns få utländska handböcker men de är långt ifrån kompletta. Utvecklingen av en sådan skulle också kunna förbättra kvalitetssäkringen av brandtekniska beräkningar eftersom det idag är stora skillnader i resultat beroende på vem som är utföraren.

6 Referenser

Följande referenser hänvisas det till i texten men de utgör inget resultat av projektet. De skall ses som förtydliganden till de ingående rapporterna.

Boverket. Rapport 1997:9. Karlskrona, 1997.

Magnusson S E, Frantzich H, Lundin J. Slutredovisning från projekten ”Brandteknisk dimensionering baserad på beräkning” (SBUF) och ”Funktionsbaserad brandteknisk dimensionering” (Brandforsk). Rapport 3093. Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1997.

BBR Boverkets byggregler. BFS 1993:57 med ändringar tom 1998:38. Boverket, Karlskrona, 1998.

NR2 Nybyggnadsregler. BFS 1988:18 med ändringar tom 1990:28. Boverket, Karlskrona, 1990.

Jönsson R, Frantzich H, Karlsson B, Magnusson S E, Ondrus J, Pettersson O, Bengtson S, Osterling T, Thor J. Brandskydd, Boverkets byggregler Teori & Praktik. Brandskyddslaget och Brandteknik, Lunds universitet, Stockholm, 1994.