



# LUND UNIVERSITY

## Kostnadseffektiv utformning av brandskydd

Lundin, Johan; Olsson, Fredrik

2000

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Lundin, J., & Olsson, F. (2000). *Kostnadseffektiv utformning av brandskydd*. (LUTVDG/TVBB--3110--SE; Vol. 3110). [Publisher information missing].

*Total number of authors:*

2

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# **Kostnadseffektiv utformning av brandskydd.**

*Johan Lundin  
Fredrik Olsson*

---

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

**Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 3110, Lund 2000**

**Rapporten är finansierad av Brandforsk och SBUF**



# **Kostnadseffektiv utformning av brandskydd**

**Johan Lundin  
Fredrik Olsson**

**Lund 2000**

## Kostnadseffektiv utformning av brandskydd

Johan Lundin  
Fredrik Olsson

### **Report 3110**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--3110--SE**

Antal sidor: 88 (inkl. appendix)

Illustrationer och figurer: Johan Lundin och Fredrik Olsson

### Keywords

Cost-benefit analysis, decision analysis, cost-effective design, fire safety design, performance-based design, life cycle cost (LCC), health care facility, discotheque, office building.

### Sökord

Kostnads-nyttoanalys, beslutsanalys, kostnadseffektivitet, kostnadseffektiv dimensionering, brandskydd, funktionsbaserad dimensionering, livscykelkostnad, vårdavdelning, diskotek, kontorsbyggnad.

### Abstract

When fire safety design based on calculation is used instead of traditional deemed to satisfy provisions, the potential for flexible fire protection design in a building increases. In this report a method to compare the cost-effectiveness for different fire safety designs is developed, from a decision makers perspective. In the cost-benefit analysis both building cost and life cycle cost is included. The method is exemplified on a hospital ward, a discotheque and an office building. (Swedish)

© Copyright: The Department of Fire Safety Engineering, Lund university, 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

# Sammanfattning

Dimensionering genom beräkning ger möjlighet till en mer flexibel utformning av brandskyddet jämfört med vad förenklad dimensionering gör. Brandskyddet kan därmed utformas så att det inte utgör arkitektoniska, byggnads- eller verksamhetstekniska begränsningar för byggnaden. Det ger förutsättningar för att välja ett brandskydd som är mer kostnadseffektivt än vid traditionell förenklad dimensionering. En kostnadseffektiv utformning kan innebära att ökade intäkter eller tillvaratagande av andra värden möjliggörs. Det kan också innebära besparingar inom andra områden än brand, t.ex. ventilation eller bärande konstruktioner.

I projektet Dimensionering efter beräknad risk, som finansieras av Styrelsen för svensk brandforskning (Brandforsk) och Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF), utvecklas en metod för dimensionering genom beräkning. I rapporten presenteras ett av delprojekten som avser att utreda möjligheterna till kostnadseffektiv utformning av brandskydd. Undersökningen bygger på att en analysmetod utarbetas och tillämpas på objekt där säkerheten analyserats i tidigare delprojekt. Objekten utgörs av en vårdavdelning, ett diskotek och en kontorsbyggnad, d.v.s. byggnadstyper där person-säkerhet är främsta skyddsmålet.

Vid analys av kostnadseffektivitet i samband med dimensionering av brandskydd styrs uppbyggnaden av modellen av ur vems perspektiv analysen görs, vilket syfte analysen har och i viss utsträckning vilken typ av byggnad som analyseras. Storleken på risk, kostnad och nyttoeffekt, samt hur de fördelas på olika aktörer, skiljer mellan olika utformningar. Det innebär att rangordningen av alternativen, med avseende på kostnadseffektivitet, kommer att skilja mellan olika aktörer. Vem som är beslutsfattaren kommer därför att påverka utfallet för alla inblandade aktörer i hög grad. I den här rapporten analyseras kostnadseffektivitet del ur byggherrens och dels ur entreprenörens perspektiv. Beslutsunderlaget från analysen baseras på en riskanalys med avseende på brand och kostnads-nyttoanalys ur beslutsfattarens perspektiv. Framtida kostnader och intäkter beräknas med en livscykelkostnadsanalys (LCC).

Resultaten från analysen av objekten vittnar om goda möjligheter till en kostnadseffektiv utformning av byggnader, genom att använda dimensionering genom beräkning. Det visar sig att kostnaden för brand och brandskydd skiljer väsentligt, beroende på vilken brandskyddsstrategi som väljs för det aktuella objektet. En förutsättning är att brandskyddet inte projekteras isolerat från andra delar av byggnaden. Då försämras potentialen att identifiera och tillvarata nyttoeffekter som leder till en kostnadseffektiv utformning.

Analysresultaten visar att med hjälp av dimensionering genom beräkning kan samhällets krav på brandskydd uppfyllas till en både lägre total byggkostnad och livscykelkostnad, än vad förenklad dimensionering innebär. Det gäller framför allt för brandtekniskt komplexa objekt, t.ex. shoppingcentra, flygplatser, undermarksanläggningar, höghus, där möjligheter till besparingar inom andra teknikområden än brand identifieras och tillvaratas. För enkla okomplicerade byggnader är förenklad dimensionering mest kostnadseffektiv. Resultaten visar att det mest kostnadseffektiva ur byggherrens perspektiv inte nödvändigtvis är mest kostnadseffektivt för entreprenören.

## Summary

When fire safety design based on calculation is used instead of traditional deemed to satisfy provisions, the potential for flexible fire protection design in a building increases. Conflicts of interest between fire protection objectives and objectives related to architectural design, building construction or the planned business activities in the building can thereby be avoided. This opens up possibilities to design a building in a more cost-effective way. Cost-effectiveness can mean potentially higher incomes or other benefits for the owner or tenant. It can also include savings of the total building cost and maintenance cost, related to other areas than fire protection systems, for example ventilation or structural design.

In the project “Design based on calculated risk”, which is financed by The Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK) and The Development Fund of the Swedish Construction Industry (SBUF), a design method based on calculation is developed. This report is the final part of the project with purpose to evaluate the opportunities for cost-effective fire safety design with design methods based on calculation. A model is developed which combines the results from risk analysis from earlier parts of the project with a cost-benefit analysis (CBA) to form the foundation for decision. The model is applied to two different types of public buildings; a hospital ward, a discotheque and an office building. Characteristic for these building types is that life safety is the main priority and the interest for property protection is rather limited.

When the cost-effectiveness of different fire safety design solutions are evaluated it is essential to consider factors such as the purpose of the analysis, the perspective of the analyst and the type of building subject for analysis. The size of the risk, the costs and the benefits, and how they are distributed, varies with different design strategies. The ranking, based on cost-effectiveness, for different fire safety design strategies of a building can therefor differ between different actors. In this report analysis is made both with regard to the building owner, who is concerned with the buildings life cycle cost, and the building contractor, who only is interested in the building cost.

The results indicate that there are good opportunities to make cost-efficient designs by using fire safety design methods based on calculations. The cost related to fire and fire protection depends on which fire safety strategy is chosen for the building in question. To be able to benefit from design based on calculation the fire safety design can not be made isolated from the rest of the building design. It is necessary to identify and profit from savings in other design areas, where demands due to fire safety are conflicting with the optimal use of resources.

According to the CBA it is possible to reduce both the building cost and the life cycle cost by using design methods based on calculation rather than prescriptive methods. Particularly if the building is complex and savings in other design areas are possible due to changes in the design of the fire protection systems. For simple buildings prescriptive methods seems to be more cost-efficient than design based on calculations. The results also show that the same design is not necessarily the same for the building owner and building contractor.

## Förord

Rapporten utgör en del i projektet Dimensionering efter beräknad risk: Säkerhetsfaktorer, riskanalys och kostnadseffektivitet vilket har bedrivits under tiden 1997 till 1999.

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.

Under projektet har Jan Rasmusson, Cary Rosenberg och Lennart Svensson vid NCC Teknik AB samt Per-Anders Marberg vid Bengt Dahlgren AB varit mycket behjälpliga med uppgifter om kostnader, varvid de förtjänar ett särskilt omnämnande. Ett tack riktas också till Bengt Mattsson vid Karlstads universitet, som konsulterats under projektet.





# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	<i>i</i>
Summary .....	<i>ii</i>
Förord .....	<i>iii</i>
Innehållsförteckning .....	<i>v</i>
<b>1 Introduktion.....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och målsättning .....	6
1.3 Problemställning.....	7
1.4 Rapportens innehåll .....	7
<b>2 Kostnad för brand och brandskydd .....</b>	<b>9</b>
2.1 Krav på brandskydd.....	9
2.2 Totalkostnad för brand och brandskydd .....	11
2.2.1 Brandskada .....	11
2.2.2 Brandskydd .....	13
2.2.3 Centrala myndigheter .....	14
2.2.4 Försäkringsadministration och vinst .....	14
2.2.5 Räddningstjänst.....	15
2.3 Hur stor är totalkostnaden?.....	15
<b>3 Nyttoeffekter – besparing och intäkt vid utformning av brandskydd .....</b>	<b>17</b>
3.1 Brandskada .....	17
3.1.1 Människa.....	17
3.1.2 Miljö.....	17
3.1.3 Egendom .....	18
3.2 Försäkring.....	18
3.3 Byggnadsteknisk utformning.....	19
3.4 Verksamhet.....	21
3.5 Skattereduktion.....	21
<b>4 Val av kostnadseffektiv brandskyddsstrategi .....</b>	<b>23</b>
4.1 Olika perspektiv.....	23
4.2 Kostnader och nyttoeffekter för byggherre och entreprenör.....	24
4.2.1 Brandskada .....	24
4.2.2 Försäkring .....	26
4.2.3 Centrala myndigheter och räddningstjänst.....	27
4.2.4 Kostnad för brandskydd – en del av byggkostnaden.....	28
4.2.5 Nyttoeffekter.....	33
4.3 Ekonomisk optimering .....	33
4.4 Beslutsanalys .....	35
4.4.1 Beslutsanalysmodell.....	35
4.4.2 Tillämpning vid projektering .....	40
4.5 Ekonomisk kalkylmetod.....	41
<b>5 Beskrivning av objekten .....</b>	<b>45</b>
5.1 Vårdavdelningen.....	46

5.1.1	Utformning 1 – Standardskydd .....	47
5.1.2	Utformning 2 – Aktivt skydd.....	47
5.1.3	Utformning 3 – Alternativt aktivt skydd.....	47
5.2	Diskotek.....	48
5.2.1	Utformning 1 - Standardskydd.....	48
5.2.2	Utformning 2 – Passivt skydd .....	49
5.2.3	Utformning 3 – Aktivt skydd.....	49
5.2.4	Utformning 4 – Alternativt passivt skydd.....	49
5.3	Kontorshus.....	50
5.3.1	Utformning 1 – Standardskydd .....	50
5.3.2	Utformning 2 – Alternativt standardskydd.....	50
5.3.3	Utformning 3 – Aktivt skydd.....	51
5.3.4	Utformning 4 – Aktivt skydd.....	51
5.3.5	Utformning 5 – Aktivt skydd.....	51
5.4	Förutsättningar för beslutsanalys .....	51
<b>6</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>53</b>
6.1	Vårdavdelningen.....	53
6.2	Diskoteket.....	54
6.3	Kontorshuset.....	55
<b>7</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>57</b>
7.1	Val av bästa alternativ .....	57
7.2	Kostnad för projektering.....	61
7.3	Potentiell konflikt .....	62
7.4	Avgränsningar .....	63
7.5	Fortsatt forskning.....	64
<b>8</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>69</b>
<b>Appendix A</b>	<b>Ritningar .....</b>	<b>73</b>
A1	Ritningar över vårdavdelningen.....	73
A2	Ritningar över diskotekslokalen.....	74
A3	Ritning över kontorshuset .....	75
<b>Appendix B</b>	<b>Beräkningsunderlag .....</b>	<b>77</b>
B1	Vårdavdelningen .....	77
B2	Diskoteket .....	78
B3	Kontorshus .....	79

# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

I flera sammanhang visas möjligheten att utforma brandskyddet för industrin på ett kostnadseffektivt sätt (Johansson, 1999; Mattsson, 1997; Ramachandran, 1998). En berättigad fråga är om samma förutsättningar även gäller för offentliga byggnader, där skydds målen framför allt avser personskydd och inte är direkt kopplade till produktion eller avkastning?

Boverkets byggregler innehåller krav som en byggnad skall uppfylla för att nå upp till en av samhället accepterad miniminivå. Dessa krav värnar framför allt om personsäkerheten i byggnaden, men det finns även krav som avser egendomsskydd och säkerhet för räddningstjänstens insatspersonal. Kraven i bygglagstiftningen är formulerade som funktionskrav som föreskriver vad som skall uppnås men inte hur. Det gör det möjligt att anpassa brandskyddet med hänsyn till beställarens målsättning med byggnaden. Projektören kan välja mellan förenklad dimensionering och att dimensionera genom beräkning för att uppfylla funktionskraven. Inom projektet Dimensionering efter beräknad risk finns grundläggande begrepp i samband med de olika metodtyperna för brandteknisk dimensionering förklarade (Becker, 2000; Frantzich & Lundin, 2000), och nedan följer en kortfattad beskrivning.

### **Förenklad dimensionering**

I byggreglerna finns allmänna råd, som är generella rekommendationer för att uppfylla kraven i föreskrifterna (BBR, 1998). Det finns även handbokslösningar (Klippberg & Fallqvist, 1999; Ohlson, 1996) som kan användas som alternativ till dessa råd. Råden och handbokslösningarna är utformade som detaljkrav och påverkar både utseendet på byggnaden och verksamheten, genom att medföra vissa begränsningar. Vid projekteringen finns därmed detaljerade anvisningar och förutsättningar för att byggnaden skall uppfylla byggreglerna fastställda och en stor del av arbetet åtgår att kontrollera att dessa uppfylls. I förenklade dimensioneringsmetoder behandlas ofta brandskyddet i byggnaden isolerat från övriga teknikområden och tiden för projekteringen är liten i jämförelse med vad som åtgår för dimensionering genom beräkning.

### **Dimensionering genom beräkning**

Vid avsteg från förenklad dimensionering (s k tekniska byten), när traditionella rekommendationer saknas eller när utformning av brandskyddet i en byggnad av någon anledning utformas på sådant sätt att förenklade metoder inte kan användas måste dimensioneringen ske genom beräkning. En anledningen till att avsteg görs eller att utformningen inte medger att förenklade metoder används kan vara en önskan om en mer kostnadseffektiv utformning. Ett kanske ännu vanligare fall är att brandskyddet innebär en begränsning som konkurrerar med andra målsättningar för byggnaden, t.ex. arkitektoniska eller verksamhetstekniska. Beroende på det brandtekniska problemets komplexitet bör olika omfattande beräkningsmetoder användas. Ett generellt dimensioneringskriterium vid dimensionering genom beräkning är att säkerhetsnivån måste vara lika hög som i fallet när alla rekommendationerna i BBR (1998) följs skulle medföra. Det kan i vissa situationer vara oklart vilken denna nivå är, då byggnader byggs där råden i BBR (1998) inte kan tillämpas (Johansson & Lundin, 1999).

Möjligheten att använda olika typer av dimensioneringsmetoder medger en hög grad av flexibilitet i samband med dimensionering och möjliggör analys av kostnadseffektiviteten för olika alternativ, innan val av brandskyddsstrategi väljs.

Att dimensionera genom beräkning och att välja mellan olika brandskyddsstrategier är inget självändamål. Vid dimensionering av enkla byggnadstyper med förenklade dimensioneringsmetoder behöver inte nödvändigtvis brandskyddet utgöra en begränsning. Traditionell utformning av byggnader som t.ex. skolor och bostäder, kräver vanligtvis en begränsad insats från en brandskyddsprojektör. Om inga målsättningar står i konflikt med brandskyddet är det svårt att identifiera nyttoeffekter med alternativ utformning av brandskyddet. Det är snarare så att den extra kostnad som konsultarvudet resulterar i kommer att vara högre än eventuella besparingar.

I dagens samhälle byggs byggnader av skiftande karaktär och förutsättningarna som beskrivs ovan är långt ifrån allmängiltiga. Genom en anpassning av brandskyddet till den enskilda byggnaden finns det en potential att finna mer kostnadseffektiva utformningar av brandskyddet med bibehållen säkerhetsnivå, än vid användandet av förenklad dimensionering (Mattsson, 1994). Vid upprepade analyser har det visat sig att förenklad dimensionering inte leder till den mest kostnadseffektiva utformningen, även för offentliga lokaler och kontor (Broman, 1997; Boverket, 1997; Jönsson & Lundin, 1998).

### **Vem är det kostnadseffektivt för?**

En intressant fråga i samband med kostnadseffektiv utformning av byggnader är hur rangordningen av olika alternativ påverkas av vems perspektiv som analysen utgår från och vem som fattar beslut om utformningen i projekteringsskedet. Är bedömningen den samma om analysen av kostnadseffektivitet görs med avseende på byggkostnaderna och då även kostnader i samband med brukarskedet ingår i analysen? I den här rapporten görs en jämförelse av kostnadseffektivitet med det perspektiv som entreprenören som bygger byggnaden har och det perspektiv en byggherre har som senare skall bedriva verksamhet i byggnaden. Det finns en hel rad andra aktörer som också påverkas av kostnaderna i samband med utformningen av brandskyddet i byggprocessen som därmed är intresserade av valet av utformning, men den här studien inkluderar inte dessa.

Entreprenörens intresse är begränsat till kostnader som uppkommer under dennes uppdragstid, d.v.s. byggskedet och ev. projekteringsskedet beroende på entreprenadform. Byggherrens intressen kommer däremot att påverkas av både byggkostnaden men även av kostnader som uppkommer i brukarskedet.

Vid val mellan två eller fler alternativ som uppfyller externa minimikrav, väljer en beslutsfattare vanligtvis det alternativ som är mest kostnadseffektivt med avseende på sin egen situation. Eftersom kostnadsbilden för byggherren och entreprenören skiljer sig åt, kommer kostnadseffektiviteten att bedömas olika beroende på vem av dem som är beslutsfattare.

Vid generalentreprenad kommer byggherren att vara involverad under projekteringsskedet, där brandskyddsstrategin normalt fastställs. I samarbete med arkitekten och projektörer för de olika teknikområdena bestämmer byggherren hur

byggnaden skall utformas, utifrån sina målsättningar för byggnaden. Byggherren har goda möjligheter att i detalj specificera önskemål och påverka byggnadens utformning, men har i regel dålig kunskap om tekniska detaljer i en byggnad och delegerar i regel beslut om utformning av dessa till arkitekten och projektörerna. Vid val mellan olika byggnadstekniska utformningar, som t.ex. kan handla om brandskydd, kan krav ställas på att hänsyn skall tas till ekonomin i brukarskedet. När projektering av byggnaden är klar överlämnas underlaget till entreprenören som har till uppgift att bygga enligt anvisningarna. Möjligheterna till ändringar är små och ofta förknippade med höga kostnader.

Totalentreprenad innebär att byggherren har mindre möjligheter att påverka valet av den specifika utformningen av byggnaden. Beställaren specificerar ramar som entreprenören skall följa, men i övrigt lämnas ansvaret för att projektera och upprätta byggnaden till entreprenören. Det är framförallt byggnadens funktion som byggherren specificerar. Utformning av byggnaden kommer i hög grad att präglas av vad som är kostnadseffektivt för entreprenören.

Brandskyddet är vanligtvis endast en liten detalj om ett byggnadsprojekt studeras i sin helhet och inte uttryckligen kopplad till beställarens målsättningar eller egenintressen. Brandskyddet ses vanligtvis som en utav många tekniska system i en byggnad och som ett av många krav från myndigheter som måste uppfyllas för att byggnaden skall få upprättas och tas i drift. Intresset för utformningen av brandskyddet står i proportion till hur stor andel av den totala byggkostnaden, som brandskyddet utgör, för både beställare och byggherre, såvida inte brandskyddet utgör en direkt begränsande faktor för någon högt prioriterad målsättning. Att sträva efter en hög personsäkerhet i en byggnad är sällan någon uttalad drivkraft för varken byggherre eller entreprenör. Det är snarare så att den andel av totala byggkostnaden som kostnad för brandskydd utgör får mest uppmärksamhet. Det innebär dock inte att aktörerna bortser från nivån på personsäkerheten, men det är inte något som direkt kan kopplas till kostnadseffektivitet och aktörernas målsättning med bygget.

### **Optimering av brandskydd eller val av bästa alternativet?**

En höjning av säkerhetsnivån i en byggnad medför att en investering måste göras. I vissa fall kan en sådan investering innebära en lägre total kostnad för anläggningsägaren, genom att t.ex. skadekostnaden minskar. Ju högre säkerhetsnivån är, desto mer kostar det i regel att höja den ytterligare ett steg, d.v.s. marginalkostnaden för säkerhet ökar. Vid en sådan situation finns det ofta anledning att försöka hitta en optimal säkerhetsnivå, d.v.s. att optimera brandskyddet. Av flera anledningar sker inte en optimering av brandskyddet i byggprojekt. En sådan innebär ofta analys av ett flertal alternativ inom ett intervall, för att finna den optimala. Det finns det varken pengar eller tid till. En annan förklaring är att brandskydd endast är en liten del av det totala byggprojektet och en optimering av enbart brandskydd skulle innebära en sub-optimering.

Vid projektering av brandskyddet är optimering vanligtvis inte ett användbart verktyg. I liknande situationer, där ett system som är en del i en helhet studeras, är det vanligt att en rad olika alternativ undersöks. Alla alternativen uppfyller grundläggande krav med tanke på förutsättningarna som finns i den helhet där alternativen skall integreras. Vid projektering av brandskyddet innebär det att en rad realistiska alternativ plockas fram,

och där intressanta aspekter utvärderas, för att ligga till grund för val av det mest lämpliga alternativet. Ofta finns så många konkurrerande målsättningar att det anses vara fullgott att finna ett alternativ som fungerar, d.v.s. som uppfyller krav och förväntningar, i stället för det optimala (Klein m. fl., 1993). Det är av stor vikt att brandprojektören har en känsla för vad som är rimligt och vad som går att åstadkomma, när olika förslag utarbetas. Mot bakgrund av detta baseras analysen av kostnadseffektivitet på att analysera och utvärdera kostnadseffektiviteten hos olika alternativa möjliga utformningar och rangordna dessa. Det görs istället för att försöka hitta ett samband mellan säkerhetsnivå och marginalkostnad. Det beslutsunderlag som analysen ger är en sammanräkning av kostnader och nyttoeffekter förknippade med ett alternativ, där utformningen av brandskyddet uppfyller de krav som ställs på brandsäkerhet. Det finns dessutom flera kvalitativa skillnader som karaktäriserar alternativen.

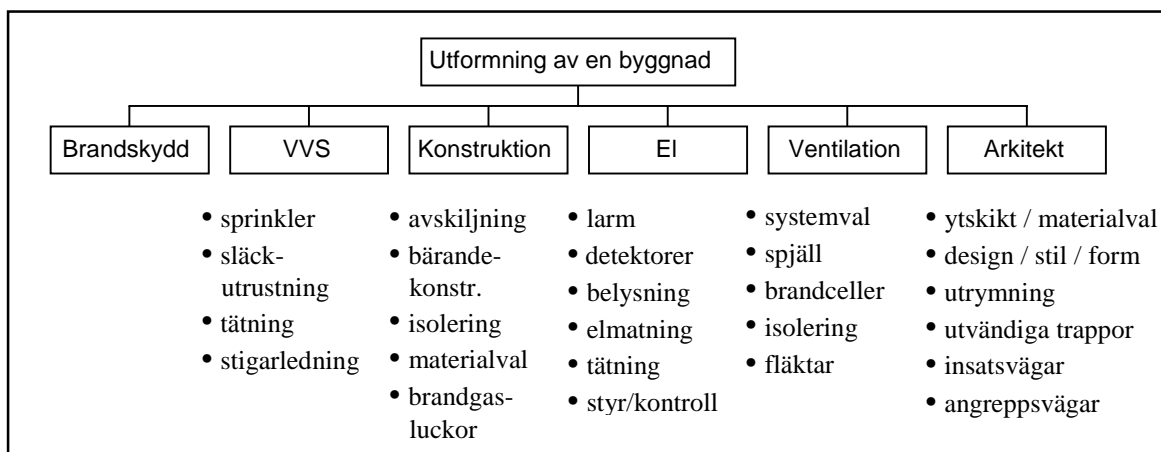
Den aktör som tar fram de olika alternativen till utformning har stor påverkan på beslutet. Det finns t.ex. en stor risk att projektörens egenintresse påverkar vilka alternativ som kommer i fråga, t.ex. om projektören både projekterar brandskyddet och sprinklersystem eller brandlarm. Stor variation råder beträffande tillvägagångssätt att ta fram alternativ och styrs till stor del av ingenjörens erfarenhet, men även av hur stort utrymme beställaren lämnar för att ta fram olika utformningar och hur väl beställaren vet vad han vill ha. Det är därför av stor vikt att beställaren är delaktig när alternativ utarbetas, så att inte alternativ som är kostnadseffektiva för beställaren, men inte för projektören, förbises.

### **Brandskydd påverkar flera teknikområden**

Vid traditionell brandskyddsprojektering, d.v.s. förenklade dimensionering, styrs ofta byggnadens planlösning indirekt av krav på brandskydd (Jönsson m.fl., 1994), samtidigt som utformningen av brandskydd präglas av tunnelseende. Det medför att kostnadseffektiv utformning av brandskyddet anses vara samma sak som en minimal kostnad för brandtekniska installationer och en minimal tidsåtgång för att projektera brandskyddet. Nyttoeffekter och kostnadsbesparingar inom andra teknikområden inkluderas inte i analysen. Med dessa förutsättningar är det svårt att motivera en utökad analys av olika alternativ till förenklad dimensionering som kan leda till besparingar. Det ger inte en rättvis bild av möjligheterna till kostnadseffektiv utformning av brandskyddet och möjligheten att sänka kostnaden för berörda aktörer. Det kommer då felaktigt verka som om förenklad dimensionering ger mer kostnadseffektiva resultat än vad dimensionering genom beräkning ger.

Vid analys av möjligheter att utforma det industriella brandskyddet kostnadseffektivt finns en klarare koppling mellan intressen som är högt prioriterade hos brukaren, t.ex. produktion, leveranssäkerhet, avbrottskostnader etc. Vid utformning av brandskyddet är det inte lika självklart för de inblandade aktörerna att brandskyddet kan utformas kostnadseffektivt. Förutsättningarna för att kunna utforma ett kostnadseffektivt brandskydd är att ett vidare perspektiv än det ovan beskrivna används. Faktum är att skillnad i utformning av brandskyddet kan innebära att stora besparingar kan göras, men framför allt inom andra teknikområden än brand. Idag sker detta i relativt liten utsträckning och nyttoeffekter som kan genereras inom andra områden än brand genom en genomtänkt utformning av brandskyddet uppmärksammas sällan.

Figur 1 exemplifierar byggnadstekniska installationer som ofta direkt förknippas med brandskydd som även påverkar övriga teknikområden i byggprojektering. Förutom brandtekniska installationer påverkar även val av brandskyddsstrategi teknikområdena genom att möjliggöra besparingar genom en annorlunda utformning eller annat materialval. Det innebär att val av brandskydd påverkar den totala byggkostnaden och inte enbart kostnaden för brandskyddet.



Figur 1 Brandskyddsåtgärder påverkar flera aktörer i byggprojekteringen.

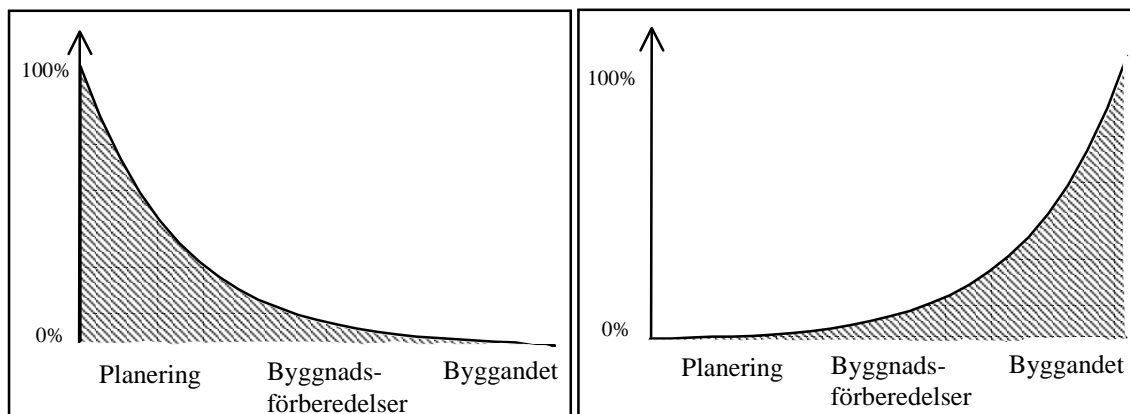
I stället för en kostnadseffektiv dimensionering av byggnadstekniskt brandskydd eftersträvas en kostnadseffektivt utformning av byggnadens brandskyddsstrategi, som även innefattar brandskyddets effekter på andra teknikområden. Brandskyddsstrategin kan ses som ett slags systemval av brandskydd och inte som en detaljerad dimensionering av detaljer.

### Tidsaspekten

Möjligheterna att utforma en kostnadseffektiv brandskyddsstrategi för en byggnad är beroende av när i tidsförloppet för projekteringsarbetet som brandskyddsstrategin planläggs. Ett välkänt faktum är möjlighet att påverka användningen av pengar under ett byggprojekt, figur 2, och användningen av pengar under byggprojektet, figur 3. Brandskyddsstrategin bör läggas upp vid den sk brandskyddsgenomgången, där effekter på andra teknikområden identifieras i ett tidigt skede och där möjligheter att tillvarata nyttoeffekter finns. Brandskyddsgenomgången bör ske i ett tidigt skede i projekteringen och innebär att förutsättningar för brandskyddsstrategin fastställs (Becker, 2000).

Omfattningen av olika uppdrag för brandskyddsprojektörer varierar vida. Vissa gånger anlitas brandskyddsprojektören först när byggnaden är färdig och det har konstaterats att en brandskyddsdokumentation saknas, medan andra gånger tas kontakt med brandskyddsprojektören redan i programskedet.





Figur 2 Möjligheten att påverka användandet av pengar i ett byggprojekt      Figur 3 Användandet av pengar i ett byggprojekt

För att en ändring som innebär en ökad kostnad för brandskyddet, men en sänkt totalkostnad skall vara möjlig, krävs både god samordning av byggprojekteringen och att ändringen sker tidigt. Sett till hela byggkostnaden så blir ändringen en besparing, men om man enbart tittar på kostnaden för brandskyddet kommer en sådan ändring innebära en kostnadsökning. Har upphandling och budgetering redan skett försvinner argumenten att göra ändringar som innebär ökat brandskydd om det inte ger någon nyttoeffekt tillbaka, t.ex. täckning för ökade kostnader. Stora ändringar som påverkar flera teknikområden är ofta svåra att genomföra efter att ramarna för de olika delarna har fastställts och beställningar till projektörerna har preciserats. I realiteten innebär det att möjligheter till ändringar är små för att inte säga minimala om de inte är absolut nödvändiga. Det gäller även ändringar som skulle kunna leda till en sänkt byggkostnad om möjliga nyttoeffekter tillvaratogs.

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet med den här rapporten är att visa på möjligheterna och förutsättningarna att utforma och välja en kostnadseffektiv brandskyddsstrategi vid funktionsbaserad dimensionering. För att göra en rättvis värdering av kostnadseffektiviteten för olika brandskyddsstrategier krävs att den totala kostnaden för brand och brandskydd samt möjligheten att tillvarataga nyttoeffekter analyseras. Syftet är också att visa att rangordningen med avseende på kostnadseffektivitet skiljer beroende på vilket av ovan nämnda perspektiv som analysen utgår ifrån.

Målsättningen är att skapa en analysmodell för att analysera kostnadseffektiviteten dels ur entreprenörens, men även från byggherrens perspektiv. Analysmodellen skall sedan tillämpas på olika brandskyddsstrategier för en vårdavdelning samt ett diskotek, för att rangordna alternativen med avseende på kostnadseffektivitet.

Utgångspunkten för analysen i den här rapporten är:

- Alla kostnader som berör aktören och påverkas av brandskyddet inkluderas
- Brandskyddets inverkan på alla teknikområden i byggnadsprojekteringen beaktas
- Nyttoeffekter för aktören identifieras och tillvaratas vid bedömning av kostnadseffektivitet.
- Brandskyddsstrategin fastställs i ett tidigt skede i projekteringen

## 1.3 Problemställning

Med utgångspunkt från syfte och målsättning har analysmetodiken utarbetats utifrån följande problemställning:

- Vilka förutsättningar finns för kostnadseffektiv utformning av brandskyddet i offentliga lokaler?
- Kommer byggherren och entreprenörens rangordning av olika utformningar att skilja sig åt med avseende på kostnadseffektivitet?

Följande delar kommer att behandlas vid uppbyggnad av analysmodellen:

- Vad kostar brand och brandskydd i de aktuella objekten?
- Vilka kostnader bär de olika aktörerna?
- Vilka av dessa kostnader påverkas av val av brandskydd och vilka ytterligare besparingar och nyttoeffekter kan identifieras?

Det leder till att en relativ kostnads-nyttoanalys, där kostnad och nytta till följd av krav på brandskydd studeras för respektive brandskyddsstrategi. Analysresultatet ger underlag för val av den mest kostnadseffektiva utformningen alternativt möjlighet att värdera merkostnaden för att tillvarata kvalitativa skillnader mellan alternativen om det mest kostnadseffektiva alternativet inte väljs.

## 1.4 Rapportens innehåll

I kapitel två kommer totalkostnaden för brand och brandskydd att behandlas. Denna kostnaden består av flera kostnadstyper, där kostnaden för brandskydd utgör en del. Storleken på de olika kostnadstyperna beror på hur brandskyddsstrategin utformas.

I kapitel tre ligger fokus på de besparingsmöjligheter eller nyttoeffekter som utformningen av brandskyddet kan generera.

Kapitel fyra behandlar förutsättningarna för olika aktörer inblandade i byggprocessen att tillvarata nyttoeffekter och vilka delar av totalkostnaden som påverkar aktörerna. Det krävs också att kostnaderna eller nyttoeffekterna påverkar ett alternativ, för att omfattas av analysen. I kapitel fyra presenteras även en metod för att utvärdera kostnadseffektiviteten och därmed rangordna olika alternativa utformningar av brandskyddet.

Tre byggnader; en vårdanläggning, ett diskotek och ett kontorshus, presenteras i kapitel fem och utgör tillämpningsexempel. Där redovisas även objektsspecifika antaganden och förenklingar.

I kapitel sex presenteras analysresultaten för de tre objekten, där analysmetodiken tillämpats på kostnadsunderlag som erhållits från konsulter.

Kapitel sju innehåller diskussion där bl.a. val av bästa alternativ, avgränsningar och fortsatt forskning diskuteras.

Till sist presenteras slutsatser i kapitel åtta, varefter referenser och appendix följer.



## 2 Kostnad för brand och brandskydd

För att förebygga och begränsa skada på liv, egendom och miljö så ställs krav på brandskydd i byggnader. Det brandskydd som projekteras vid nybyggnation regleras i flera olika lagar och tillämpningsföreskrifter, t. ex. AFS, Arbetsmiljölagen (SFS 1977:1160), PBL (SFS 1987:10), BBR (1998), BKR (1998), BVL (SFS 1994:847) m.fl. Under byggnadens brukstid förutsätts de krav som dessa lagar ställer vara uppfyllda och det finns även föreskrifter som ställer krav på brandskyddet under brukarskedet, t.ex. räddningstjänstlagen (SFS 1986:1102).

### 2.1 Krav på brandskydd

Kraven på brandskydd i byggnader i lagstiftningen avser ofta personskydd och skydd mot stora egendomsskador, t.ex. kvartersbränder eller liknande. I lagstiftningen krävs även att skadorna till följd av brand och brandgas skall begränsas inom en byggnad (SFS 1994:1215). I tillämpningsföreskriften BBR (1998) redovisas inte konkret i form av funktionskrav hur lagstiftningen skall uppfyllas, d.v.s. vad som explicit är den största tillåtna skadan. Kraven definieras istället implicit i de rekommendationer som anges i BBR (1998) som ett sätt att uppfylla lagstiftningen, d.v.s. förenklad dimensionering. Den allmänna uppfattningen är att det inte ställs krav med avseende på att begränsa eller förhindra egendomsskada. Det är alltså en felaktigt uppfattning. Däremot finns inga förtydligande eller tolkningar om vilken omfattning egendomsskyddet skall ha och än mindre några kvantitativa kriterier, som kan användas vid dimensionering genom beräkning. Trots att funktionskrav i förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnader, m.m (SFS 1994:1215) angående brand och rökspridning inom en byggnad inte uttryckligen beaktas i BBR (1998), så är det inte självklart att den byggnad där branden uppstår kan tillåtas totalskadas, även om alla hinner utrymma. I tidigare bygglagstiftning fanns ett större inslag av konkret skydd mot egendomsskador, idag har detta ansvar, d.v.s. att skydda sin egen egendom delvis lagts på ägaren och verksamhetsutövaren. Ägaren ges möjlighet att välja vad som är mest optimalt för denne, att hantera brandrisker genom att försäkra sig eller genom att investera i brandskydd. Effekten av detta blir dels en vanföreställning bland många byggare, ägare och verksamhetsutövare att egendomsskyddet är fullgott om byggnaden uppfyller bygglagstiftningen och dels att effekten på egendomsskyddet inte beaktas när dimensionering genom beräkning sker.

#### Vem ställer krav?

För att påverka utformningen av brandskyddet i byggnader kan olika intressenter använda sig av olika styrmedel för att uppnå sina mål. Statsmakten kan t.ex. utnyttja sin rätt att lagstiftningsvägen styra vilken säkerhetsnivå som krävs i byggnader. Detta är i många fall inte det bästa eller smidigaste sättet att påverka, eftersom krav enligt lag kan av många upplevas som samhället inkräktar på individens rättigheter och valfrihet. För att exemplifiera alternativa styrmedel för myndigheter kan reduktion av skatt nämnas. I England får en anläggningsägare som investerar i vissa typer av ökat brandskydd en skattelättnad, för att göra valet av högre brandskydd mer attraktivt (Ramachandran, 1998).

Myndigheter är en instans som ställer krav på brandskydd i byggnader vid projektering. Dessutom finns flera aktörer som inte kan ställa direkta krav med hjälp av lagstiftning, men som ändå har intresse av att påverka utformningen av brandskyddet. Exempel på aktörer och intressenter som har egenintresse i utformningen av brandskydd är:

- Beställare/byggherre
- Brandkonsulten och övriga projektörer i byggprojektet
- Branschorganisationer
- Brukare/verksamhetsutövare
- Entreprenör/byggare
- Försäljare av byggnadstekniskt brandskydd
- Försäkringsbolag
- Kunder till brukaren
- Myndigheter
- Räddningstjänst
- Ägare av fastighet

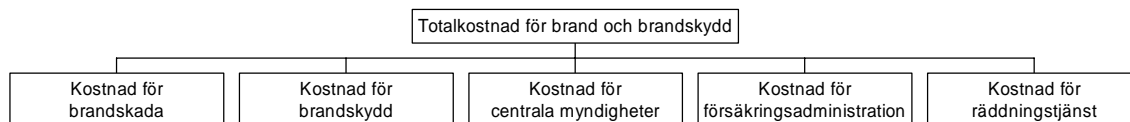
Eftersom brandskyddets utformning berör dessa aktörers intressen använder de sig av olika styrmedel för att påverka valet av utformning, så att nyttan för deras egen del blir så stor som möjligt. En aktör som lägger vikt vid brandskyddet är försäkringsbolagen. Det finns ett samband mellan val av skyddssystem och kostnaden för en byggnads förväntade brandskada, d.v.s. den kostnad som försäkringsbolagen kommer att behöva betala ut. För att påverka och motivera anläggningsägaren vid utformning av brandskyddet kopplas villkoren för försäkringsavtalet, framförallt försäkringspremien, till valet av brandskydd. I andra fall kräver försäkringsbolagen vissa åtgärder för att överhuvudtaget teckna en försäkring.

Ett annat exempel av påverkan på valet av brandskydd är kunders krav på säkra leveranser. De kan förklaras av de trender som råder i samhället idag, där faktorer som ”just in time”, kort lagerhållning, fokusering på kärnverksamhet, få underleverantörer har ökat i betydelse (Magnusson m.fl., 1999). Dessa faktorer förändrar även riskbilden för företag. Robustheten i företagets försörjningskedjor blir sämre på bekostnad av en höjning av effektiviteten. Det blir därför viktigare för företagen att säkra sina leveranser och ställa krav, t.ex. på en god riskhantering, där brandskydd utgör en viktig del. Detta kan föranleda specifika krav på brandskydd från en beställare av en anläggning eller byggnad. Om beställaren är medveten om hur val av brandskyddsstrategi påverkar hans/hennes egenintressen kommer entreprenörens valmöjligheter beträffande utformning av brandskydd att minska. Det kan t.o.m. vara så att beslutet flyttas från entreprenören till byggherren. Det kräver dock att byggherren har god kunskap om brandskydd och att det finns en tydlig koppling mellan val av brandskydd och byggherrens målsättningar. En målsättning med den här rapporten är att tydliggöra och belysa denna koppling.

En rad aktörer ställer alltså direkt eller indirekt krav på brandskyddsnivån, men genom att utveckling och kunskap har ökat ges möjlighet till val av olika utformning för att uppnå en viss given målsättning, d.v.s. skydds nivå, tillgänglighet etc. I följande avsnitt kommer en genomgång av faktorer som är grundläggande för val av en kostnadseffektiv utformning av brandskyddet att presenteras.

## 2.2 Totalkostnad för brand och brandskydd

Den totala kostnaden för brandskydd och brandskador på nationell nivå består av en rad olika delar (Pettersson, 1973; Ramachandran, 1998), se Figur 4.



Figur 4 Totalkostnad för brand och brandskydd.

Vid beslut om åtgärder för att minska den sammanlagda kostnaden för skada som bränder orsakar finns alltså en rad olika åtgärder som kan vara aktuella. Kostnaden för åtgärder måste ställas i relation till vilken effekt den har. Vad är t.ex. bästa att satsa pengar och andra resurser på? Att utarbeta nya och eventuellt strängare byggregler innebär en kostnad både för att utarbeta och införa reglarna och en höjning av brandskyddsnivån innebär en höjd byggkostnad. Är pengarna bättre investerade i att höja beredskapsnivån hos räddningstjänsten, eller alternativt sänka skatterna för företag som väljer att skydda sin anläggning med sprinkler för att delfinansiera deras investering i sprinkleranläggningen. En informationskampanj kan vara en åtgärd som får folk att förstå riskerna med brand och förmå dem att skydda sig bättre. När fördelningen av resurser är aktuellt i samhället finns all anledning att fundera på vad som är mest rationellt och vad åtgärden eller investeringen ger för effekt för de olika delarna, med syfte att nå störst sänkning av totalkostnaden. Det finns en rad studier utförda inom detta området och olika analysmetoder finns att tillgripa (Mattsson & Juås, 1996).

### 2.2.1 Brandskada

När en brand utbryter resulterar den i en skadeverkan på omgivningen. Exempel på förluster kan vara skada på eller förlust av människoliv, skadlig inverkan på miljön och egendomsskada, både av fysisk sådan och egendom av immateriell karaktär, t.ex. varumärke, kundrelationer eller skada på en organisation.

#### Människa

Vanligtvis så brukar skador uttryckas som kostnader som mäts i pengar, för att kunna jämföras med andra kostnader för brand och brandskydd, inte minst för att kunna ställas i relation till investeringar i brandskydd för att förhindra skadan. En fara med att grunda sin analys enbart på effekter som kan mätas i monetära termer, d.v.s. kronor och ören, är att flera typer av förluster är svåra att värdera i pengar och därmed riskerar skadeeffekterna på dem att hamna utanför analysresultatet. Ett sådant exempel är värderingen av ett människoliv. Frågeställningarna i samband med värdering av mänskligt liv och investering i skyddsåtgärder är många. Går det att värdera mänskligt liv i kronor och ören? Hur mycket är det värt att satsa för att rädda ett mänskligt liv? Frågan är kontroversiell, men vid planeringsarbete är det i många fall olämpligt eller omöjligt att inte beröra frågan. Det är också ett faktum att det i samhället inte finns obegränsat med resurser för att investera i säkerhet och det finns flera väl etablerade principer och metoder för att arbeta med värdering av ett statistiskt liv (Merkhofer, 1987; Mattsson, 1999; Sjöberg & Ogander 1994). Vissa menar att det är omoraliskt att värdera mänskligt liv i pengar, medan andra påstår motsatsen, d.v.s. att för att använda

pengarna till säkerhetshöjande åtgärder så effektivt som möjligt krävs en monetär värdering av liv. Några exempel på värderingsmetoder för människoliv följer nedan, men för en mer fullständig diskussion hänvisas till referenserna ovan.

- Betalningsvillighets (WTP) principen
- Risktillägg vid riskfyllt arbete (variant av WTP)
- Analys av tidigare säkerhetshöjande åtgärder
- Domar i samband med skadestånd
- Ekonomisk analys av intäktsbortfall

### **Miljö**

I dagsläget är kunskaperna om bränders skadliga inverkan på miljön begränsad. Det är känt att när många kemiskt komplexa ämnen förbränts i underventilerade bränder, bildas inte bara koldioxid och vatten, utan även rena gifter (Andersson m.fl., 1999). Vilken inverkan dessa har på olika typer av ekosystem och vad det kostar att reparera, om det överhuvudtaget går, är dock ännu inte studerat. I flera fall av skadepåverkan på miljön sker irreversibla processer och det finns ingen vedertagen metod för att värdera en sådan skada i monetära termer.

### **Egendom**

Skada på människoliv och miljö är kontroversiella och svåra att hantera i en ekonomisk analys. En skadetyper som är enklare att kvantifiera och bestämma en skadekostnad för är den som drabbar företaget eller verksamheten i form av materiella skador, förlorat lager etc. Det är saker som vid normal användning värderas i pengar och det finns alltså ett pris och en marknad för de flesta av dessa saker och är enkla att sätta en prislapp på.

I brandskadesammanhang brukar man dela in den här typen av skada i olika kategorier. I industriella sammanhang används ofta en indelning med kostnad för egendomsskador, kostnad för avbrottskador och dolda kostnader. Alla dessa kostnader kommer på ett eller annat sätt att drabba företaget. Anledningen till uppdelningen är att beroende på vilken skyddsstrategi företaget väljer kommer dessa olika delar att bäras av olika kostnadsbärare och de olika delarna kan skyddas och hanteras på olika sätt, t.ex. vad det gäller försäkring.

Egendomsskador omfattas av brand och brandgasskador (rökskador) på byggnader, maskiner och lager och värdesätts ofta med inköpspriset för nyanskaffning eller produktionskostnad. Dessa är normala möjliga att prediktera genom att omfattningen av en skada modelleras (Verghese & Beck, 1999) och omfattningen av materiell och maskinell skada bedöms och sedan värdesätts som summan av dessa. Ytterligare en skadeorsak som räknas hit är eventuella vattensskador som släckningsarbetet kan medföra.

Avbrottskostnader är sådan kostnader som vanligtvis förknippas med att verksamheten står still. Det kan t.ex. vara kostnad för arbetskraft, utebliven vinst p.g.a. utebliven verksamhet, fasta verksamhetskostnader, förlorade marknadsandelar, omläggingskostnader vid legotillverkning etc. Att modellera avbrottskador är svårt. Deskriptiva analyser kan utföras med basis av försäkringsstatistik och det går att få fram medelvärde och spridning för olika verksamhetstyper. Det är tunnsått med publicerad forskning inom detta område. Delvis p.g.a. att det inte uppmärksammats, men även p.g.a.

organisationer och företag i försäkringsbranschen ser informationen som en affärshemlighet eller tillgång som inte skall vara fritt tillgänglig. Försök har gjorts i England att skapa ekvationer för att modellera indirekta skador (Hicks m.fl., 1979), men även där har statistiskt tillgängligt material varit en begränsande faktor.

Dolda kostnader representerar de kostnader som är svåra att identifiera och koppla till branden. De är därmed inte möjliga att försäkra. Det kan t.ex. vara kostnader för ökad marknadsföring, nyrekrytering och rehabilitering, inkörningsperiod vid nyinköp av maskiner och oväntade merkostnader, tid som åtgår till att administrera flytt m.m. Det som kännetecknar skadorna är just svårigheten att identifiera, modellera och kvantifiera dem och därmed även svåra att beskriva, men anses vara betydande för stora industrier (Sidmar, 1999).

En alternativ uppdelning som används för att dela in skadorna i är direkt och indirekt eller följd förlust samt skador som leder till dolda kostnader. Direkta skador är skador som orsakas av branden t.o.m. att släckningen är utförd, d.v.s. till största del samma som direkta skador, t.ex. maskin och anläggning. Indirekta skador eller följdskador är sådan som uppstår efter att branden är släkt och kan i princip likställas med avbrottsskador. Avbrott är framför allt relaterat till skador vid industribränder, eftersom det syftar till produktionsavbrott. I byggnadstyper där annan verksamhet sker, t.ex. offentliga lokaler, kan indirekta skador vara mer lämpligt att använda.

### **2.2.2 Brandskydd**

Brandskydd i en byggnad är en kombination av organisatoriskt brandskydd och byggnadstekniskt brandskydd. Organisatorisk brandskydd består framför allt av utarbetande av rutiner för handlande vid brand, skyddspolicy, utbildning av personal, internkontroll och ansvarsfördelning. Byggnadstekniskt brandskydd om fattar en rad olika system eller funktioner i en byggnad som har till uppgift att skydda personer och egendom för skadeverkning genom brand. Dessa brukar delas in i aktivt och passivt brandskydd.

Aktivt brandskydd är system eller installationer med huvudsaklig avsikt att vara skadebegränsande, t.ex. släcksystem eller detektionssystem, medan passiva system ofta är en naturlig del av byggnaden, men som har brandskyddande funktion, t.ex. extra isolering i väggar för att uppnå en viss avskiljande brandmotståndsklass eller isolering av pelare för att bibehålla bärförmågan vid brand. Vanligtvis används en kombination av aktiva och passiva system i en byggnad och båda systemtyperna är förknippade med kostnader, som ofta inte anses tillföra den dagliga verksamheten något extra. Det kan ofta vara svårt att motivera investeringar i skydd och säkerhet mot bakgrund av det synsättet.

Kostnaden för brandskydd brukar i enkla kostnadskalkyler vara det samma som inköpspriset för entreprenören. Vid jämförelser kan detta vara mycket missvisande. Vid kostnadsberäkningar av brandskydd är det viktigt att observera att en hel del brandskydd är förknippat med förvaltningskostnader, d.v.s. kostnader för drifts och underhåll. En jämförelse av olika skyddsstrategier där enbart byggkostnaden ingår kan bli missvisande, åtminstone om beslutsfattaren skall beakta hela byggnadens livslängd. För att inkludera kostnader som uppkommer i samband med drift och underhåll används en livskostnadsacykelanalys (LCC-analys) vid kostnadsberäkning.



Byggekostnaden/anskaffningskostnaden för brandskydd innefattar:

- Projekteringskostnad
- Materialkostnad
- Installationskostnad

Exempel på kostnader som direkt kan hänföras till anskaffning av brandskydd är: kostnad för brandskyddsprojektering, brandlarm, nödbelysning, sprinkler, släckutrustning m.m. Det finns också många byggnadsdelar som inte enbart är en del i brandskyddet utan även fyller andra funktioner, t.ex. avskiljande konstruktioner (väggar, dörrar och fönster), bärverk, ventilation, men där brandskyddskraven resulterar i en högre kostnad. I en kostnadsanalys är det rimligt att enbart inkludera den merkostnad som brandskyddskraven medför, t.ex. hur mycket extra isolering som krävs etc.

Exempel på brandskydd som genererar drift och underhållskostnader är; ventilationssystem, brandgasluckor, sprinkler, brandlarm m. fl. Till förvaltningskostnader räknas kostnader för reparation, underhåll, service och kontroll men även kostnader som snöröjning av angreppsvägar och falsklarm, både i form av avgift från räddningstjänsten och störning av verksamheten. Kostnad för utbildning av personal är en återkommande kostnad som också kan räknas som en årlig återkommande kostnad under byggnadens brukarskede.

Ytterligare en kostnad som brandskydd medför är sk reinvesteringskostnader. Det är kostnader för utbyte av system som har kortare livslängd än byggnaden. Brandskyddsinstallationer kräver ofta en hög servicenivå och samma funktionsförsämring genom slitage som andra system i byggnaden kan inte tillåtas. Brandskyddet skall vara fullgott i byggnaden under hela dess livslängd, vilket gör att reinvestering för brandskydd kan bli aktuellt i högre omfattning än för andra byggnadstekniska installationer.

Prisuppgifter brandskydd och brandtekniska installationer kan erhållas från sammanställningar av olika branschorganisationer (SBF, 1997; Bygganalys, 1999; Repab, 1995) eller direkt ifrån konsulter och leverantörer.

### **2.2.3 Centrala myndigheter**

Från ett nationellt plan kan kostnader för brand och brandskydd även förknippas med viss verksamhet som centrala myndigheter har. Det är t.ex. kostnad för den verksamhet som Boverkets risk- och brandgrupp bedriver, inklusive utarbetande av byggregler och föreskrifter. Andra exempel är Räddningsverket, som bland annat bedriver kontroll och tillsyn av räddningstjänsten förebyggande arbete och även förarbete till räddningstjänstlagen, utbildar och utfärdar råd och rekommendationer. I regering, riksdag och departement sker arbete som kan relateras till brandskydd, t.ex. arbete med att stifta lagar etc.

### **2.2.4 Försäkringsadministration och vinst**

När totalkostnaden för brand och brandskydd studeras och brandskada utgör en egen kostnadstyp, skall enbart andelen som försäkringsbolagens administrationskostnad och vinst utgör av försäkringskostnaden beaktas. Annars kommer kostnaden för brandskada att tas med två gånger.

Varför används inte självförsäkring i högre utsträckning, d.v.s. att anläggningsägaren står för skadekostnaden och slipper betala försäkringspremie och vinst? Med hjälp av försäkring kan kostnaderna för brandskada spridas i tid och mellan anläggningsägare och verksamhetsutövare. En försäkring ger en känd och relativt jämn årlig kostnad som går att budgetera, medan utgift för brandskada kan variera vida. Ett resultat av det blir att företagets årsredovisning kommer att variera mycket och vara svårt att förutsäga. Om det avsätts motsvarande kapital per år som försäkringspremien motsvara, kan en storskada mycket väl komma innan den summerade besparingen av försäkringspremier kan täcka skadan. Företaget riskerar då att gå i konkurs. I regel finns även en utbredd riskaversion hos försäkringstagare, d.v.s. företagen är ofta villiga att betala en högre årlig försäkringspremie än vad den förväntade skadekostnaden beräknas till (Ramachandran, 1998).

Modellering av kostnad för brandskada som drabbar brukaren av en anläggning vid skadetillfället görs med kännedom om vilken typ av försäkringsskydd som verksamheten har. Vilket försäkringsskydd ett företag väljer är egentligen ointressant ur samhällsperspektiv, eftersom summan av brandskada och försäkringsadministration inte påverkas av hur försäkringsbolaget och försäkringstecknaren fördelar kostnaden. Val av försäkringsskydd innebär en avvägning mellan självrisk, premie och försäkringens omfattning.

### **2.2.5 Räddningstjänst**

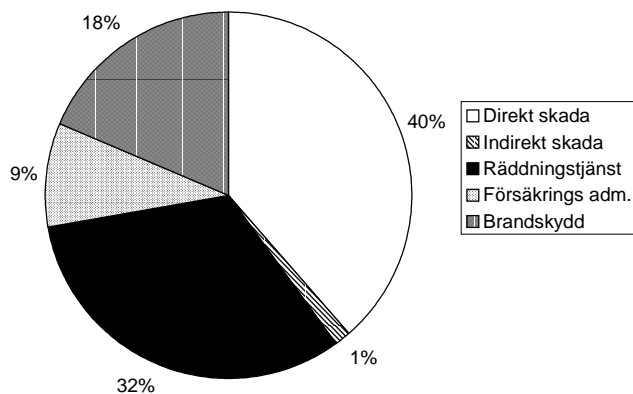
Kostnader förknippade med kommunal och statlig räddningstjänst är ytterligare en kostnad som förknippas med samhällets totala kostnad för brand och brandskydd. Den kommunala räddningstjänstens huvuduppgift är att förhindra olyckor och begränsa skadorna av de olyckor som ändå inträffar. Bränder utgör en del av de olyckor som finns inom räddningstjänstens ansvarsområde och för att hålla beredskap och utföra insatser krävs både personella och materiella resurser. Räddningstjänsten arbetar både förebyggande, t.ex. genom deltagande i byggprocessen och genom brandsyn, och operativt, t.ex. genom direkta släckinsatser. Den kommunala räddningstjänsten är i huvudsak finansierad genom kommunalskatt, men viss finansiering sker även genom att avgifter tas även ut vid t.ex. brandsyn, falsklarm, etc.

## **2.3 Hur stor är totalkostnaden?**

Den allvarligaste konsekvensen av brand är utan tvekan dödsfall och allvarliga skador. I Sverige ligger antalet dödsfall på en nivå strax över 100 per år (Räddningsverket, 1998). Det har tidigare nämnts att det är kontroversiellt att mäta eller värdera förlorade liv och personskador och vid internationella jämförelser brukar brandskada delas upp i personskada och egendomsskada (Wilmot, 1997).

Den ekonomiska konsekvensen av egendomsskador orsakade av brand uppgår till närmare 3.7 miljarder kronor per år enligt Försäkringsförbundet (Räddningsverket, 1998). I dessa siffror ingår endast skadekostnaden för storbränder, d.v.s. bränder där skadan uppgår till mer än 1.5 miljon kronor. Dessutom resulterar bränder i en rad skador och ett stort antal bränder som inte inkluderas i Försäkringsförbundets statistik (Räddningsverket, 1998). Det kan t.ex. vara de bränder som inte utgör storbränder, men även skador som uppkommer vid brand i oförsäkrade fastigheter.

I en internationell sammanställning av Wilmot (1997) redovisas hur stor del av bruttonationalprodukten som de olika kostnadstyperna utgör. I Sverige ser resultatet ut enligt Figur 5. Kostnaden för centrala myndigheter finns inte medtagen i sammanställningen, men är mycket liten i förhållande till de andra kostnadstyperna.



Figur 5 Fördelning av den totala kostnaden för brand och brandskydd.

Totalkostnaden för brand och brandskydd uppskattades till 0.65 % av BNP, vilket är ett genomsnittsvärde mellan 1992-1994. Det innebär en total kostnad för brand och brandskydd på ca per 9.8 miljarder per år för samhället. Det är också värt att notera att i jämförelse med andra länder hade Sverige lägst andel av BNP investerat i brandskydd.

Sammanställningen bygger på en grupp brandexperter bedömningar och är företrädesvis baserad på försäkringsstatistik, vilket vanligen innebär att kostnaderna är ett genomsnitt över många olika typer av branscher. Att använda ett genomsnittsvärde på en genomsnittlig sammanställning, t.ex. indirekt skada där variationen mellan branscher är stor, är inte lämpligt när ekonomisk analys skall göras för en specifik objekt. Bättre underlag i form av branschsammanställningar bör användas, men är svåra att få tag på eftersom försäkringsbolag ser statistiska data som företagshemligheter och sällan låter dessa data vara tillgängligt för analys (Rosenberg, 1999).

Dessa data är "nationella" och varierar inom olika branscher. Inom industrin förväntas t.ex. den indirekta skadan vara betydligt större. På nationella nivå blir indirekt skada mycket svårare att mäta. Hur mäter man t.ex. indirekt skada för en sjukhusanläggning eller skola?

Den redovisade årliga kostnaden för brand och brandskydd visar att det rör sig om en hel del pengar vilket borde intressera beslutsfattare, både på nationell, regional och lokal nivå, att sträva efter en effektiv hantering av brandrisker.

## 3 Nyttoeffekter – besparing och intäkt vid utformning av brandskydd

Det finns en rad olika målsättningar hos olika aktörer som är inblandade i ett byggprojekt. Många av dessa målsättningar konkurrerar och står i direkt konflikt med varandra. I många situationer krävs avvägningar och prioriteringar bland dessa för att finna en utformning av byggnaden som är realistisk och gör det möjligt att bygga. Om utformningens effekt på olika målsättningar mäts och värderas med hjälp av en och samma måttskala, kan prioritering och avvägningar mellan olika målsättningar underlättas betydligt. Ett vanligt mått som används för att jämföra effekten på olika målsättningar är pengar, d.v.s. kronor och ören. Kostnadseffektivitet är också ett välkänt begrepp, d.v.s. att uppnå en målsättning eller resultat med så små resurser som möjligt, som ofta eftersträvas i investeringssammanhang. I det här kapitlet kommer möjligheterna att tillgodogöra sig olika nyttoeffekter vid utformning av byggnadstekniskt brandskydd att presenteras, d.v.s. vilka positiva ekonomiska effekter utformningen av brandskyddet kan åstadkomma genom koppling till styrande målsättningar i ett byggprojekt.

I föregående kapitel framgick att både brand och brandskydd kostar pengar. I det här kapitlet ges exempel på vilka ekonomiska fördelar som kan erhållas vid en genomtänkt utformning av brandskyddet. Dels genom att en kostnadsbesparing innebär en positiv nettoeffekt i form av ett mervärde, d.v.s. ökad nytta, och dels nytta kopplat till målsättningar med verksamheten.

### 3.1 Brandskada

#### 3.1.1 Människa

Nytta av högre personsäkerhet eller personskydd kan behandlas på olika sätt. I vissa typer av tillämpningar värderas ett statistiskt människoliv i pengar, så att t.ex. nettoeffekten av en säkerhetshöjande åtgärd kan värderas, d.v.s. om åtgärden kostar mer än vad den räddar. För de aktörer som studeras i den här rapporten är det inte aktuellt att värdera personsäkerhet i monetära termer när avvägning görs mellan säkerhetshöjande åtgärder och effekten av riskreduktionen.

#### 3.1.2 Miljö

Det gör att det är svårt att tillgodogöra sig några direkt nyttoeffekter kopplat till utformningen av brandskydd genom att studera skillnad i ett objekts miljöpåverkan vid brand. Det är inte självklart hur man skall värdera skador på miljön i monetära termer och dagens modeller och verktyg otillräckliga för att i många fall modeller hela skadeförloppet på miljön. Analys av miljöpåverkan, i samband med dimensionering av byggnadstekniskt brandskydd beaktas i regel inte i dagsläget. Det finns dock exempel på när allvarlig miljöpåverkan har skett i samband med brand. Ett fall är t.ex. vid brand i margarinlager i närheten av floden Rhen (Wäckerlig, 1998). Släckinsatsen resulterade i att mängder av kemikalier fördes med släckvattnet ut i floden och förgiftade denna. Andra avvägningar som kan komma att bli relevanta är huruvida det är lämpligt att låta kemikalier brinna upp i stället för att släcka etc.

### 3.1.3 Egendom

En investering i brandskydd som leder till ett högre egendomsskydd bör resultera en mindre brandskada för en anläggning eller byggnad, och därmed en lägre kostnad för brandskada. Direkta och indirekta brandskador går att kvantifiera och kan brandskadekostnader kan därmed beräknas. Effekten av en reducerad förväntad brandskada tillfaller dock sällan anläggningsägaren direkt eftersom de flesta byggnader är försäkrade. Kostnaden för både direkt och indirekt brandskada betalas då av försäkringsbolaget. Nyttan av att investera i brandskydd, vilket minskar skadekostnaden, är därmed beroende av vilken effekt en sådan investering har på försäkringspremien.

Om det däremot finns saker som inte går att försäkra, t.ex. effekten av förlorade marknadsandelar, avbrottskänslighet, affektionsvärde och andra dolda kostnader kan nyttoeffekter av brandskydd påvisas. Dessa skadekostnader är innan skadetillfället svåra att precisera, modellera och kvantifiera. Det är alltså svårt att med ett ekonomiskt mått få fram hur mycket man sparar i form av minskade dolda kostnader och därmed svårt att väga denna besparing mot en investeringskostnad för brandskydd. Beslut om vilken nivå på och vilken typ av brandskydd som skall finnas i en lokal sker vanligtvis innan lokalen tas i drift. Det är vanligt att argument som ”det brinner så sällan” eller ”det drabbar inte mig” används för att motivera en låg skyddsnivå i en anläggning. En annan vanlig uppfattning vid tecknande av försäkring är att brandskadeproblemet helt har sålts till försäkringsbolaget.

En sektor där det finns flera exempel på motsatt resonemang är industrier som vanligtvis är medvetna om dolda kostnader och som inte resonerar kortsiktigt. Riskmedvetenheten är hög och där exempel på konsekvenser av tidigare brandskador finns i minnet. I offentliga lokaler och lokaler med lågt egendomsvärde existerar och skador händer sällan är det mycket svårt att påvisa fördelar genom att minska de dolda brandkostnaderna. Det är även så att beslut om nivå på brandskyddet och vilken försäkring som skall tecknas sker långt innan skadan inträffat. Det är alltså svårt att visa på nyttoeffekter av brandskydd som reducerar brandskadan vid projekteringsskedet. Incitamenten för att höja säkerhetsnivån i flera situationer försvinner därmed. Talande brandskadestatistik och det faktum att det är lätt att vara efterklok räcker inte.

Det finns dock andra tillfällen att fundera igenom vilken brandskyddsnivå som är relevant för en anläggning, än vid projektering. I företags arbete med riskhantering finns ofta anledning att studera vilka effekterna av en brand har på verksamheten och hur känslig den är för störningar. Det innebär implicit ett arbete med att minska dolda kostnader. Även små bränder har möjlighet att orsaka allvarliga störningar på känsliga ställen i en verksamhet. Faktorer som hur lång tid det tar att beställa hem ersättningsutrustning och kostnaden för att ha känsliga delar i lager kan ställas mot en investering i ökat brandskydd (Becker & Nilsson, 1998).

## 3.2 Försäkring

I utbyte mot att försäkringsbolaget ersätter skadekostnader betalar försäkringstecknaren en årlig försäkringspremie samt vanligen en viss självrisk vid brandskada. Det finns en koppling mellan den förväntad skada och premiesättning för ett objekt, men en rabatt på premien vid installation av brandskyddsinstallationer är oftast otillräcklig för att finansiera investeringen.

### 3.3 Byggnadsteknisk utformning

Hur kraven på brandskydd uppfylls styrs till stor del av olika aktörers målsättningar med byggnaden och påverkar i varierande grad byggnaden, både vad det gäller utseende och funktion. Byggekostnaden per kvadratmeter kan skilja mycket för samma byggnadstyp, beroende på byggnadens byggnadstekniska utformning som påverkas av hur brandskyddet dimensioneras. Nyttoeffekter som är kopplade till den byggnadstekniska utformning kan identifieras genom att beräkna den besparing som kan ske genom en mindre lösning. En förutsättning för att kunna tillgodogöra sig dessa besparingar är att det görs vid ett tidigt skede i projekteringen. Byggekostnaden i ett projekt är den kostnadstyp som påverkar flest aktörer och är därför ofta i fokus vid bedömning av kostnadseffektivitet av olika åtgärder.

Exempel på byggnadstekniska installationer där det finns goda möjligheter att göra besparingar genom att använda alternativ framtagna med dimensionering genom beräkning i stället för förenklad dimensionering är:

#### **Bärverk**

Isolering av bärverk kan reduceras väsentligt genom att dimensionering baseras på beräkning av naturligt brandförlopp, i stället för förenklad dimensionering som baseras på standardbrandkurvan ISO 834. T.ex. kan brandskyddsmålning av stålpelare kan vara ett alternativ till betydligt mer dyra lösningar, där stålpelare tidigare inte var ett alternativ. Nyttoeffekter kan dels erhållas genom billigare isolering, men kanske även genom ett billigare materialval i den bärande konstruktionen.

#### **Ventilation**

Dimensionering av ventilationssystem påverkas av vilken brandcellsindelning som görs och om t.ex. sprinkler installeras. Även vid dimensionering av ventilationssystem finns stora möjligheter att basera dimensioneringen på beräkningar och arbeta med alternativ utformning till de lösningar som förenklad dimensionering innebär (Backvik m.fl., 1996; Olsson, 1999b). T.ex. finns möjligheter att göra besparingar i samband med systemval av ventilationsanläggning genom att reducera antalet spjäll, minska isolering av ventilationskanaler m.m.

#### **Glaspartier**

Om det finns möjlighet att reducera klassen på glaspartier finns möjligheten till besparing. Prisskillnaden mellan glaspartier av klass E30 och EI60 innebär en kostnadsbesparing på ca 4000 Kr/m<sup>2</sup> om den lägre klassen räcker för att uppfylla kraven på brandskydd. Om det är möjligt att gå ner ytterligare en klass, till 300/30 glas, sparas ytterligare 2500 Kr/m<sup>2</sup> (Marberg m. fl, 1996).

#### **Avskiljande konstruktioner**

Klassen på övriga avskiljande konstruktioner ger också viss möjlighet till besparingar om det går att gå ner i klass. Prisskillnaden är dock inte lika stor som för glaspartier. Det bör också uppmärksammas att krav ställs på byggnadsdelar av flera olika anledningar. I t.ex. vårdlokaler ställs krav på 30 minuters brandmotstånd, d.v.s. E30, mellan korridor och angränsande vårdrum. Om det genom olika brandtekniska installationer skulle vara möjligt att sänka kraven till E15 eller helt oklassade väggar, skulle ändå en vägg motsvarande E30 uppföras för att klara kraven på ljudisolering.

### Trapphus

För att en byggnad skall kunna användas effektivt krävs naturligtvis goda kommunikationsmöjligheter. Korridorer och trapphus förbinder byggnadens olika delar med varandra. Kraven på utrymningssäkerhet kan dock medföra att fler trapphus än vad som krävs för en god kommunikation inom byggnaden behövs. Trapphus i höga byggnader är dyra och det gör att möjlighet till besparing framträder. Genom en optimal placering av trapphus kan antalet reduceras för att närma sig den nivå som av andra anledningar krävs. Antalet trapphus kan mycket väl bero på hur brandskyddet utformas (Jönsson & Lundin, 1998) och skillnaden i antal trapphus bör medräknas som nyttoeffekt vid en jämförelse.

Punkterna ovan är exempel på avsteg från förenklad dimensionering, sk tekniska byten, där beräkningar ofta används för att möjliggöra en billigare utformning av det byggnadstekniska brandskyddet, med bibehållen säkerhetsnivå. Observera att punkterna ovan är exempel på besparingar som är i den storleksordningen att de överstiger de merkostnader som en eventuell alternativ utformningen av brandskyddsstrategin vanligtvis medför, samt den extra kostnad för projektering som åtgår. Det är sällan dessa möjligheter finns i enkla traditionella byggnader, utan det blir aktuellt när speciella krav ställs på byggnadens utformning, t.ex. att arkitekten önskar en ljus och öppen byggnad, vilket gör glasparter används i stället för väggar etc.

Brandskyddet kan även indirekt påverka andra kostnader som är kopplade till byggkostnaden, men som vanligtvis inte förknippas med brandskydd. En mycket överslagsmässig uppdelning av byggkostnaden, förutom kostnad för projektering, presenteras i Tabell 1.

Tabell 1 Uppdelning av byggkostnaden, exklusive projekteringskostnad (Nutt, 1999)

Del av byggkostnaden	Storlek i förhållande till hela byggkostnaden
Ränta	25%
Mark	25%
Installationer	20%
Väggar, ”skal”	20%
Bärverk	10%

Nyttoeffekter vid utformning av brandskydd kan genereras om en besparing bland dessa kostnader kan påvisas till följd av en smartare utformning av brandskyddsstrategin. Det kan vara så att om vissa detaljkrav på kan kringgåas kan stora besparingar inom dessa områden göras. Om t.ex. bristande projektering av brandskyddet innebär att byggprojektet försenas kommer t.ex. räntekostnaderna, som inte är en försumbar del, att öka. Dessutom kan en försening av invigning etc. innebära stora ”goodwill” förluster. Brandskydd och bärverk är sammanlänkade och beroende på hur brandskyddet utformas kommer kraven på bärverket att påverkas. Olika typer av bärverk medför olika lång tidsåtgång för upprättande av stomme. Det innebär att om kraven på brandskydd styr val av bärverk kommer även byggtiden till viss del påverkas.

Byggnadstekniska aspekter som också påverkas av brandskyddets utformning, men som vanligtvis inte värderas i pengar, är möjligheterna till flexibel utformning, ökad

användning av trä som byggmaterial, möjlighet att ha öppet mellan flera våningsplan, atrium, stora öppna lokaler etc. Hur mycket byggherren är beredd att betala för att uppnå dessa kvalitativa målsättningar är till stor del styrande när det gäller hur mycket resurser som avsätts till dimensionering av brandskyddet.

### 3.4 Verksamhet

Traditionell utformning av brandskyddet kan i många fall vara direkt begränsande för verksamheten. En förändring av utformningen kan leda till positiva effekter för verksamheten, t.ex. högre intäkter eller utökad verksamhet. En vanlig situation är t.ex. att brandsäkerheten styr begränsning av personantal i en lokal. Vid användandet av förenklad dimensionering sätter ofta antalet utrymningsvägar och utrymningsvägarnas totala bredd gränsen för hur många personer som kan vistas i lokalen. Om det genom att en annorlunda skyddsstrategi, t.ex. annorlunda dimensionering av utrymningsvägarna, går att utöka verksamheten, t.ex. tillåta fler betalade gäster, så bör denna nytta tas med i analys av kostnadseffektivitet. Även ur säkerhetssynpunkt är det bättre att lokalen i sig sätter gränserna för verksamheterna, t.ex. golvyta, än att målsättningar som inte prioriteras lika högt eller är lika tydliga för verksamhetsutövaren.

Ytterligare exempel nyttoeffekter som kan bli resultat av brandtekniska skyddsstrategin som kan kopplat till verksamheten är utrymme. Om t.ex. ett trapphus i en 20 våningsbyggnad kan avlägsnas kommer det att bli ett större antal kvadratmeter som går att hyra ut. Grundhyran för en kontorslokal i centrala Malmö är ca: 1200 kr/kvadratmeter och år i 1999 års penningvärde, vilket kan innebära möjlighet till ytterligare intäkt för den som hyr ut. Alternativt kan byggnadens totalarea minskas, vilket innebär en lägre byggkostnad.

Flexibilitet en viktig aspekt både för verksamhetsutövare och ägare, speciellt eftersom ändring när byggnaden är färdig tenderar till att bli mycket dyrt, jämfört med att installera brandskyddet i samband med byggnation. För en hyresvärd som har hyresgäster med varierande verksamheter och det är oklart hur lång tid hyresgästen är intresserad av lokalerna, t.ex. i kontorshotell eller i galleria, kommer en hög grad av flexibilitet vara viktigt för hyresvärderna. Det kan motivera en hög skyddsnivå på brandskyddet.

### 3.5 Skattereduktion

Situationer kan uppkomma när olika alternativ anses vara är kostnadseffektivt ur samhällssynpunkt behöver inte nödvändigtvis vara kostnadseffektivt ur beslutsfattarens synpunkt. För beslutsfattaren är det väsentligt hur fördelningen av totala kostnaderna och nyttoeffekterna påverkas av beslutet. Inte bara hur stora kostnaderna och nyttoeffekterna blir. I marknadsekonomi är välgörenhet sällan den främsta drivkraften för aktörer i en hård konkurrens situation, som t.ex. i byggbranschen. Det innebär att samhällsekonomiskt optimala beslut inte kommer att fattas om beslutet inte är lönsamt ur beslutsfattarens synvinkel.

Samhället har möjlighet att utnyttja andra styrmedel än lagstiftning för att påverka en beslutsfattare och för att försöka förändra förutsättningarna för beslutsfattare så att samma alternativ blir mest kostnadseffektivt för alla parter. I vissa länder, t.ex. England,



ges t.ex. möjlighet till skattelättnader vid installation av kostsamma brandtekniska installationer. I Sverige finns idag inte denna möjlighet.

## 4 Val av kostnadseffektiv brandskyddsstrategi

### 4.1 Olika perspektiv

Målet med statsmaktens reglering av brandskyddet med hjälp av lagstiftning är att minimera samhällets, d.v.s. både den offentliga och privata sektorns, totala kostnad för brand och brandskydd. Genom en sänkning av dessa kostnader ökar välfärden i samhället, vilket är en av de övergripande målsättningarna för staten. På nationell nivå skall nyttan, d.v.s. den minskade totalkostnaden, uppväga den investering som ett krav på brandskyddet innebär. En samhällsekonomisk analys ger oftast inte beslutsunderlag för en beslutsfattare i en specifik situation i byggprocessen, utan ger indikation på hur man bör agera i ett nationellt strategiskt perspektiv. Det kan t.ex. vara aktuellt om styrmedel skall utformas av en myndighet.

Om en åtgärd är samhällsekonomisk försvarbar innebär det inte med automatik att den är ekonomiskt lönsam ur andra aktörers perspektiv, t.ex. byggherren eller entreprenören. Vem som avses är av stor betydelse när analys av kostnadseffektivitet ställs upp.

För beslutsfattaren är det dock högst väsentligt hur fördelning av kostnaderna mellan olika aktörer i samhället sker. Hur kostnaderna fördelas i olika situationer och för olika brandtekniska skyddsstrategier är därför högst väsentligt att klarlägga innan en analys av kostnadseffektiviteten kan genomföras.

Mattsson (1995) identifierar en rad faktorer till att lönsamheten för olika beslut kan skilja mellan samhällsperspektiv och beslutsfattare:

- Ofullständig information
- Ofullständig konkurrens
- Externa effekter
- Försäkringar
- Felaktiga styrmedel

I analysmetoden som används för att utvärdera kostnadseffektiviteten av brandskydd används fokuseras inte på "varför" utan snarare "hur" kostnader och nyttoeffekter skiljer mellan olika aktörer beroende på val i projekteringskedet.

I samband med val av utformning av brandskydd kan valsituationer uppkomma där olika aktörer föredrar olika alternativ. Ett exempel är när ett val står mellan ett alternativ med låg byggkostnad och en hög förvaltningskostnad och ett annat alternativ med en högre byggkostnad, men där förvaltningskostnaden är låg. För entreprenören kommer det naturliga valet bli det första alternativet. En låg byggkostnad innebär i regel att entreprenörens vinst ökar om budgeten redan lagts. Vad det beträffar förvaltningskostnaden så är inte den intressant för entreprenörens, eftersom han inte berörs av den. För byggherren däremot, kan det vara så att en låg förvaltningskostnad innebär en lägre livscykelkostnad och därmed innebär en billigare brukskostnad för

byggnaden. Att byggkostnaden är lite högre spelar ingen roll för byggherren om det innebär att totalkostnaden blir lägre. Det är alltså högst väsentligt vem som är beslutsfattare i en sådan situation. Det styrs dels av entreprenadformen, men även hur tydligt byggherre har specificerat uppdraget i beställningen. Byggherrens kunskap om effekten av val mellan olika utformningar är alltså avgörande. Om byggaren eller entreprenören har redan gjort upphandlingen och ramarna låsts fast, kommer ingen ytterligare ersättning att utgå och entreprenören tjänar då på att välja ett alternativ med låg byggkostnad oavsett förvaltningskostnadens storlek.

Något som karaktäriserar dagens syn på kostnadseffektivitet och utformning av brandskydd är att enbart investeringskostnaderna beaktas och förvaltningskostnaderna utelämnas ofta.

## 4.2 Kostnader och nyttoeffekter för byggherre och entreprenör

Utgångspunkten för att bestämma vilka kostnader och nyttoeffekter som är aktuella att inkludera i en analys för olika aktörer är totalkostnaden för brand och brandskydd, som presenteras i kapitel 2, samt de nyttoeffekter som beskrivs i kapitel 3. Vid analys av kostnadseffektivitet i en situation där val mellan flera olika alternativ är aktuell är det lämpligt att göra en relativ jämförelse. Det innebär att endast kostnader och nyttoeffekter som skiljer mellan de olika alternativen beaktas.

Vilka kostnadstyper och vilka nyttoeffekter som blir aktuella påverkas dels av vilken aktör som analysen avser, men även vilken typ av objekt som projekteras och vilken verksamhets om bedrivs där. I den här rapporten avser analysen att behandla två typer av offentliga lokaler samt en kontorsbyggnad. De offentliga lokalerna utförs av ett diskotek och en vårdavdelning,.

### 4.2.1 Brandskada

Kostnadstypen brandskada delas in i människa, miljö och egendom, eftersom skador på dessa olika skyddsmål inte bärs av samma aktörer och därmed påverkar valet av brandskyddsstrategi olika.

#### Människa

Vid en förutsättningslös analys av kostnad och nytta med avseende på personsäkerhet kommer, förutom problemet att värdera mänskligt liv i pengar, fördelning av nytta och kostnader att orsaka problem. Kostnaden för förlorat liv bärs varken direkt av byggherren eller entreprenören, om inte anledningen till olyckan är dålig projektering eller dåligt bygge och detta kan påvisas. Det är familj, anhöriga och samhälle får stå för konsekvenserna, både de emotionella och ekonomiska.

Det innebär att ett ökat personskydd ger ingen direkt ekonomisk nytta för byggherren eller entreprenören, även om mänskligt liv värderas i pengar, eftersom dessa aktörerna inte bär kostnaderna vid en olycka. Däremot medför ökat personskydd en ökad byggkostnad, vilket drabbar dem båda. Ur kostnadseffektivitets synpunkt kommer inte "lagom" personsäkerhet att uppnås om nivån styrs av ekonomiska incitament från byggherre eller brukare. Det blir inte balans mellan kostnad och nytta, p g a att kostnad och nytta inte bärs av samma aktör. Aktörernas målsättningen att maximera sin egen

nytta kommer gör att personskyddet kommer att minimeras.

Av ovan nämnda anledningar sätts inte säkerhetsnivån i byggnader av aktörer i byggprocessen, utan samhället kräver en nivå som måste uppfyllas genom lagstiftning. Det göra att brandskyddsprojektören inte har möjlighet att göra en ekonomisk optimering med avseende på personsäkerhet vid dimensionering, d.v.s. väga kostnad mot nytta för personsäkerhet. Det innebär också att han inte behöver ta ställning till vad ett mänskligt liv skall värderas till och undgår då en rad komplikationer.

En högre nivå på personskyddet anses inte vara ett vanligt förekommande önskemål, med utgångspunkt från analys av kostnadseffektivitet. Det är sällan som högre personskydd än vad som bygglagstiftningen kräver uttryckligen efterfrågas i samband med projektering av offentliga lokaler. Vid önskemål om högre skyddsnivå än samhällets miniminivå kan resonemanget i rapporten tillämpas, fast med utgångspunkt från att den önskade skyddsnivån utgör den s.k. miniminivån.

### **Egendom**

Egendomsskador och avbrottsskador till följd av brand täcks vanligtvis genom försäkring, se avsnitt 4.2.2. Kostnad som inte täcks av försäkringen är de dolda skadorna och självriskan som försäkringstagaren får stå för vid ett skadetillfälle. Dolda kostnader antas vara marginella för både för diskoteket och vårdavdelningen och försäkringen för dessa lokaler ersätter vanligtvis all egendoms- och avbrottsskada. Kostnader utöver dessa som drabbar verksamhetsutövaren är svåra att kvantifiera. Dolda kostnader som kan uppkomma i de aktuella lokaltyperna är framförallt organisatoriska. Vid en skada fokuserar normalt personalen på själva skadehändelsen och aktiviteter som utveckling av verksamheten, planering för framtiden och personlighetsutveckling kommer avstanna. Skadan kommer också i viss utsträckning att innebära merkostnader för flytt och planering, extra möten etc. men i sammanhanget är dessa anses dessa vara små och beaktas inte i analysen. Kunskapen om dolda kostnader i offentliga byggnader är begränsad och framförs sällan som argument för att investera i brandskydd i dessa byggnadstyper.

### **Miljö**

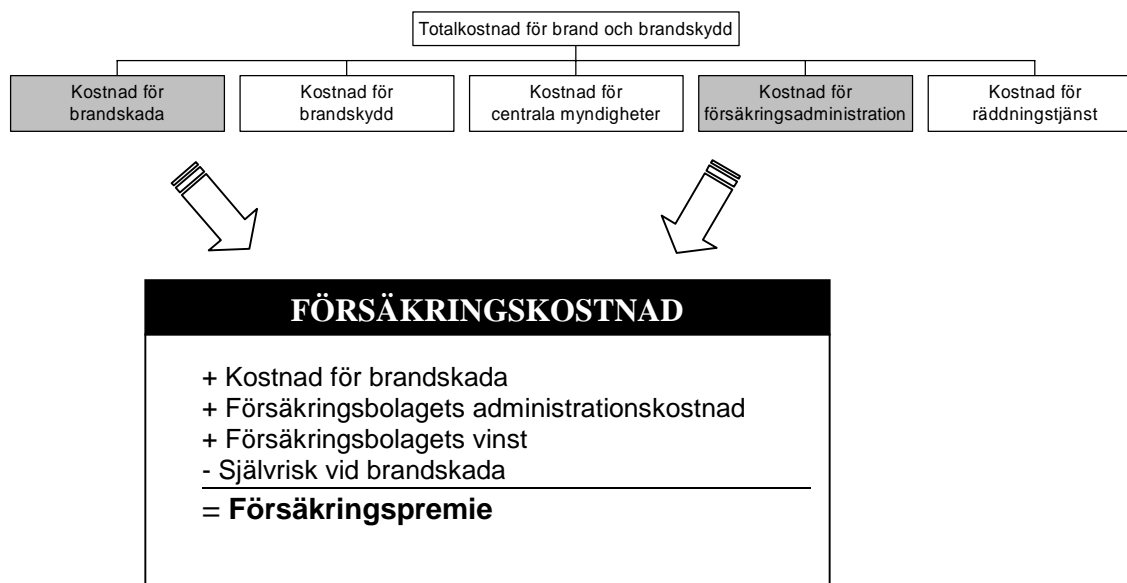
Effekten av påverkan på miljö vid brand beaktas i regel inte vid utformning av brandskyddet. Kostnader för skador på miljön bärs inte direkt av byggherren eller entreprenören för de objektstyper som studeras. För anläggningar där verksamheten innebär uttryckliga miljörisker kan förhållandena vara annorlunda.

### Slutsatser:

Värdering av mänskligt liv är inte aktuellt vid utvärdering av kostnadseffektivitet för olika brandskyddsstrategier. Dels kommer inte nytta och kostnad kopplat till personskada att bäras av de aktörer vars kostnad och nytta är föremål för utvärdering och dels så tillåts inte ”trade-off” mellan personsäkerhet och pengar vid dimensionering av byggnadstekniskt brandskydd. Kostnader till följd av egendomsskador berör inte entreprenören, eftersom dessa sker under brukstiden, och byggherren bär inte denna kostnad direkt eftersom försäkring förutsätts vara tecknad för byggnaden. Dolda kostnader beaktas inte i analysen, eftersom dessa antas vara små. Kostnader för miljöpåverkan beaktas inte vid dimensionering av offentliga byggnader.

#### 4.2.2 Försäkring

Kostnad för försäkring kopplad till val av brandskyddsstrategi påverkar inte entreprenören, eftersom försäkring blir aktuellt när byggnaden är i drift. Ägaren eller verksamhetsutövaren inte kostnaden för brandskada direkt. Fastigheter är i regel försäkrade mot brandskada och i så fall står försäkringsbolaget för den största delen av skadekostnaden. Försäkringstagaren betalar i stället en årlig premie som skall täcka försäkringsbolagets administrationskostnad, vinst och den förväntade årliga brandskadekostnaden. Figur 6 presenterar förenklat uppbyggnaden av kostnaden för försäkring, d.v.s. vad försäkringspremien skall täcka för kostnader.



Figur 6 Kostnaden för försäkring består av flera delar av den totala kostnaden för brand och brandskydd.

Försäkringspremien för ett specifikt objekt är vanligtvis direkt proportionellt till det försäkrade beloppet, d.v.s. värdet av det som försäkrats, se ekvation 1.

$$\text{Försäkringspremie} = x\% \cdot \text{Försäkringsbelopp} \quad \text{Ekv. 1}$$

#### Avspeglas en investering i brandskydd på en sänkt försäkringspremie?

Storleken på  $x$  bestäms av flera faktorer, t.ex. vilken nivå brandskyddet har men även faktorer som räddningstjänstens storlek och tillgänglighet mm. Det innebär att en investering i brandskydd kan resultera i ett sänkt värde på  $x$  och därmed en lägre försäkringspremie. Tidigare var det vanligt att installation av ett sprinklersystem innebära en reduktion av  $x$  med ca 50%. Om försäkringsbeloppet var högt innebar det en märkbar minskning av kostnader för försäkring. Att kategoriskt sänka premien vid installation av ett visst brandskydd kallas traditionellt för tariff-system. I dag har försäkringsbranschen gått ifrån förutbestämda tariffer. Konkurrensen bland försäkringsbolagen har hårdnat, vilket gör att försäkringsbolagen har mindre marginaler och därmed mindre utrymme för att ge rabatter. En allmän uppfattning inom försäkringsbranschen är att premierna idag är lågt satta och att en ökning av premierna är att vänta i framtiden. En grov jämförelse mellan det tidigare tariff-systemet och den nuvarande premiesättningen, är att tidigare kunde installation av sprinkler ofta motsvara

en sänkning av premien med 50%, med idag ger samma installation en reduktion med 10%. En annan trend är att försäkringspremien för objekt som ingår i större koncerner inte påverkas av objektsspecifika skyddshöjningar. I regel så sluter en koncern ett avtal med ett försäkringsbolag för flera anläggningar samtidigt och om koncernen skall bygga nytt eller bygga om en anläggning, så kommer en förändring som t.ex. installation av sprinkler i en enstaka anläggning att ha en marginell påverkan på avtalet och därmed marginell påverkan på försäkringskostnaden för ett specifikt objekt. Ovanstående resonemang gäller även för offentliga vårdanläggningar. I regel handlar ett landsting upp försäkring för alla vårdanläggningar och sjukhus inom landstinget, och skillnad på skyddsstrategi på en enskild avdelning har ingen effekt på avtalet. För att val av skyddsstrategi skall påverka en premie krävs att en byggnation skall handla om flera vårdavdelningar, t.ex. vid projektering av hela sjukhus.

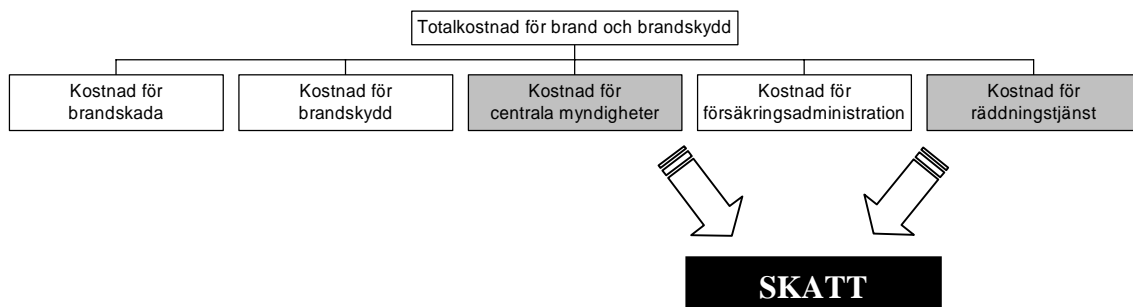
För diskotekslokaler gäller inte riktigt samma förutsättningar. Försäkringsavtal i dessa sammanhang tecknas i regel mellan ägare av lokalen och försäkringsbolaget och även mellan verksamhetsutövaren och försäkringsbolaget om inte det är ägaren som driver verksamheten. I regel tecknas inte en separat brandförsäkring, utan en kombinerad företagsförsäkring som täcker olika typer av skador, t.ex. brand, storm, vattenskada, åska, inbrott m.m. är vanligast. En sådan försäkring vill i regel inte brukaren vara utan och effekten av val av brandskyddsstrategi är även här marginell, samt att försäkringsvärdet är lågt för denna typ av byggnader och inventarier.

Slutsatser:

Det kan konstateras att det är ytterst sällan som det går att finansiera installation av brandskydd med hjälp av en sänkning av försäkringspremien, med avseende på den lokaltyp som är föremål för analys i den här studien. Försäkringspreminen påverkas inte nämnvärt vid val av brandskyddsstrategi. Varken kostnad för försäkring, brandskada eller försäkringsadministration att inkluderas i analysen för de aktuella objektstyperna.

**4.2.3 Centrala myndigheter och räddningstjänst**

Kostnader för brand och brandskydd som inte påverkas av ett beslut om brandskyddsstrategi är kostnaden förorsakad av centrala myndigheter och räddningstjänst. Brandsyn kommer visserligen att göras med jämna intervall men så länge som samhällets krav på säkerhet är uppfyllt, bör inte räddningstjänsten brandsyn att föranleda några kostnader som kan kopplas till val av brandskydd. Finansieringen av räddningstjänstens operativa och förebyggande verksamheten sker framförallt med skattemedel, se Figur 7.



Figur 7 Kostnader för centrala myndigheter och räddningstjänst betalas genom skatt.

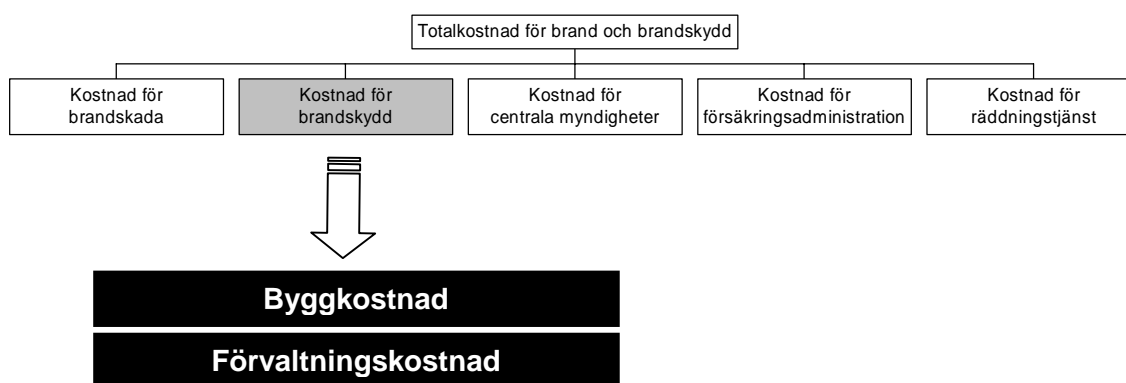
Räddningstjänsten debiterar vanligtvis en avgift vid utryckning p.g.a. falsklarm, vilket innebär en merkostnad, utöver byggkostnad och ordinarie underhållskostnad, för ett automatiskt brandlarm. Den kostnaden berör enbart byggherren och kommer att redovisas som en förvaltningskostnad för brandlarmet.

### Slutsats:

Varken kostnad för centrala myndigheter eller för räddningstjänst kommer att påverkas vid val av brandskyddsstrategi. Dessa kostnadstyper kan därför utelämnas från analysen.

#### 4.2.4 Kostnad för brandskydd – en del av byggkostnaden

Kostnaden för brandskydd är en del av den totala byggkostnaden och kommer därmed att vara aktuell både för byggherren och entreprenören. Brandskyddet kan dessutom innebära framtida förvaltningskostnader, som bärs av brukaren av byggnaden, d.v.s. i byggherren i det här fallet, se Figur 8.



Figur 8 Kostnad för brandskydd avspeglar sig bl a i fastighetens inköpspris och hyra.

Vid nybyggnad utgör kostnaden för brandskydd en liten del av den totala byggkostnaden. Det är vanligt i enkla typer av byggnader, där kraven är lågt ställda, t.ex. mindre industrilokaler och kontor. Kostnaden för brandskydd utgörs då endast av vägledande markering och några handbrandsläckare, vilket innebär en kostnad i storleksordningen 10 000 Kr. För den typen av lokaler används med fördel förenklade dimensioneringsmetoder, eftersom dimensionering genom beräkning inte förväntas leda till besparingar som kan motivera den ökade kostnaden för projektering.

Till skillnad från ovanstående exempel kan brandskyddet utgöra en betydligt större del av byggkostnaden. Hur brandskyddet projekteras kommer då ha betydligt större inverkan på byggkostnaden. I rapporten *Quantifying the cost of meeting Building Regulations for safety requirements in new buildings* (BRE, 1999) analyseras kostnaden för att uppfylla den brandsäkerhet som krävs i de engelska byggreglerna. Vid projektering användes företrädesvis förenklade dimensioneringsmetoder som finns publicerade i *Approved document B* (HMSO, 1992), vilket motsvarar de råd och som finns i de svenska byggreglerna (BBR, 1998) tillsammans med handbokslösningar (Klippberg & Fallqvist, 1999; Ohlson, 1996).

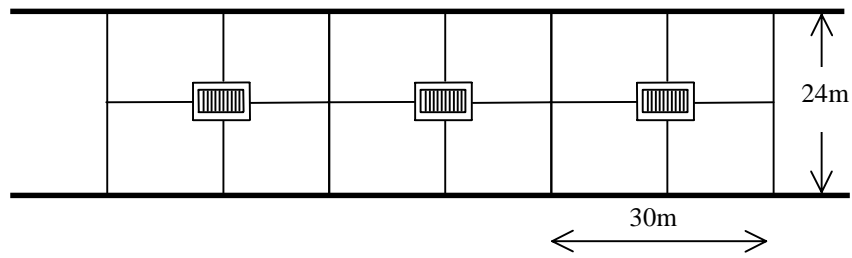
I studien beräknades både byggkostnaden och livscykelkostnaden, för en rad olika byggnadstyper, t.ex. bostadshus, hotell, industrilokalet m.m, genom sk "case-studies". För dessa byggnadstyper togs flera alternativa utformningar fram, fast enbart med hjälp

av förenklade dimensioneringsmetoder. Den extra bygg- och förvaltningskostnad som föranleddes av byggreglernas krav på brandskydd och som ansågs spela en väsentlig roll för den totala byggkostnaden kvantifierades. Exempel på sådana installationer är:

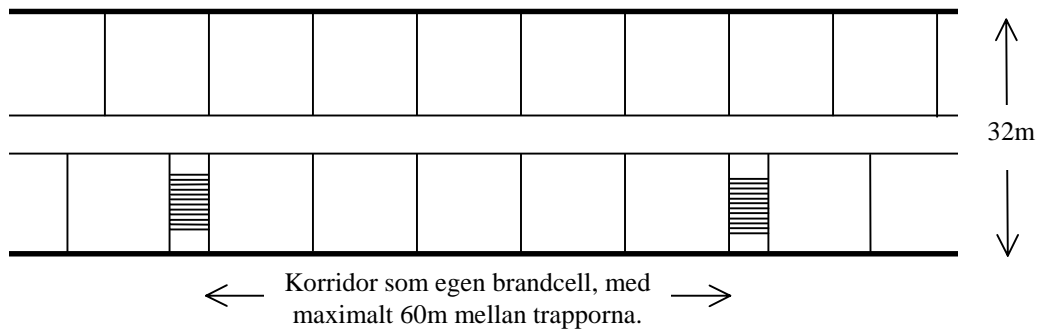
- Branddörrar
- Brandgasventilation
- Brandslussar
- Bärande och avskiljande konstruktioner
- Detektionssystem
- Extra hissar
- Extra trappor
- Insatsvägar
- Trapphus
- Utrymningsvägar
- Ventilationssystem
- Ventilering av trapphus
- Vägledande markering

I figur 10-12 redovisas möjligheten att variera utformningen av byggnadstypen lägenheter och effekten av val av brandskyddsstrategi framkommer genom att jämföra resultaten. Priserna för de olika alternativen finns redovisade i Tabell 2. Där redovisas även resultatet av studien för andra byggnadstyper. För fullständig beskrivning av de olika alternativen hänvisas till den engelska undersökningen (BRE, 1999).

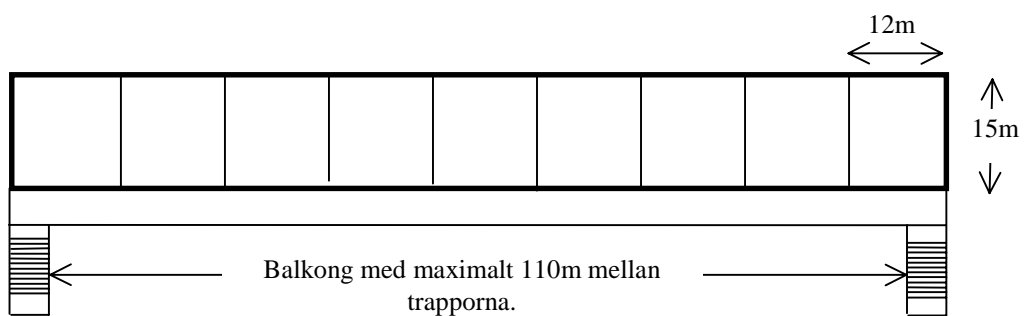




Figur 9 Byggnadstypen lägenhet, utformning enligt alternativ 1.



Figur 10 Byggnadstypen lägenhet, utformning enligt alternativ 2.



Figur 11 Byggnadstypen lägenhet, utformning enligt alternativ 3.

I Tabell 2 redovisas hur stor del av byggkostnaden kraven på brandskydd utgör.

Tabell 2 Sammanställning av resultat från den engelska studien.

Byggnadstyp		Byggkostnad för brandskydd [Kr/m <sup>2</sup> ] <sup>a</sup>		Andel av byggkostnaden <sup>a</sup>		Livscykelkostnad [Kr/m <sup>2</sup> ] <sup>a</sup>	
Lägenheter	Alt. 1	144		2.5 %		220	
	Alt. 2	128		2.2 %		201	
	Alt. 3	233		4.0 %		398	
Bostadshus		27		0.4 %		52	
Sjukhus		427		4.6 %		749	
Vårdhem		411		6.0 %		712	
Hotell	Alt. 1	770		10.2 %		1342	
	Alt. 2	268		3.6 %		451	
Kontor, flera våningar		Betong	Stål	Betong	Stål	Betong	Stål
	Alt. 1	265	422	3.3 %	5.4 %	418	584
	Alt. 2	258	460	3.2 %	5.8 %	401	608
	Alt. 3	232	433	2.9 %	5.5 %	363	570
	Alt. 4	231	406	2.9 %	5.1 %	325	505
Kontor, atrium låg byggnad	Alt. 1	286		2.8 %		452	
	Alt. 2	345		3.4 %		487	
Kontor, atrium hög byggnad	Alt. 1	643		5.3 %		999	
	Alt. 2	744		6.2 %		1099	
Varuhus	Alt. 1	11		0.2 %		28	
	Alt. 2	257		3.9 %		430	
Galleria		455		9.2 %		540	
Skola		65		1.0 %		105	
Sporthall		71		1.2 %		115	
Biograf	Alt. 1	344		3.8 %		549	
	Alt. 2	448		5.0 %		705	
Industri, skalkonstruktion (gäller även lagerbyggnad)		17		0.5 %		36	
Industrihotell	Alt. 1	74		1.6 %		119	
	Alt. 2	50		1.1 %		85	
Parkeringshus	Alt. 1	198		9.6 %		330	
	Alt. 2	176		8.6 %		287	
	Alt. 3	158		7.7 %		263	
	Alt. 4	148		7.2 %		213	

<sup>a</sup> Direkt omräkning från engelska studien, 1£ = 13.50 SEK

Resultatet visar att för vissa byggnader utgör inte brandskydd någon markant kostnad och föranleder därmed inte någon utvärdering av kostnadseffektivitet. Det framgår även att det finns flera typer av offentliga lokaler där brandskyddet utgör en betydande andel av byggkostnaden och där en kostnadseffektiv utformning har goda förutsättningar att leda till en besparing.

Byggkostnaden utgör mellan 40-80% av den totala livscykelkostnaden för brandskyddet. Livscykelkostnaden utgör den kostnad som börs av brukaren av lokalen

och det innebär att omkring hälften av den kostnad som brandskyddet utgör är förvaltningskostnad. Att enbart utvärdera kostnadseffektivitet med utgångspunkt från byggkostnaden eller anskaffningskostnaden innebär att analysen inte omfattar alla betydelsefulla kostnader. Beslutsunderlaget av en sådan analys blir då tvivelaktigt och representerar inte byggherrens perspektiv.

Tabellen visar att valet av brandskyddsstrategi påverkar kostnaden för brandskydd, för en och samma byggnadstyp. Det innebär att det är värt att beakta val av utformning i projekteringskedet.

Slutsatsen som dras är att det finns goda möjligheter att sänka byggkostnaden genom en kostnadseffektiv utformning av brandskyddet. Den andel som brandskyddet utgör av den totala byggkostnaden är så stor att det är motiverat att analysera valet av brandskyddsutformning. Analysen bör omfatta hela livscykelkostnaden om analysen görs ur brukarens, d.v.s. byggherrens, perspektiv. Det bör också påpekas att alla alternativ som ingår i studien är framtagna med förenklade dimensioneringsmetoder och att ytterligare besparingar kan möjliggöras genom dimensionering genom beräkning.

Uppgifter om livscykelkostnaden för hela byggnaden redovisas inte i studien, vilket medför att brandskyddets del av kostnaden i brukarskedet inte framgår. I studien finns även en hel del antaganden och förenklingar som bör beaktas vid en jämförelse. T.ex. så skiljer våningsantal och totalyta mellan vissa av olika alternativen för en och samma byggnadstyp. Förutsättningarna är därmed inte identiska, utan vittnar snarare om att val av brandskyddsstrategi i hög grad påverkar hur byggnaden kan se ut. Beräkning av kostnad för brandskyddet i förhållande till totala byggkostnaden bygger på ”typiska” värden för den totala byggkostnaden för den aktuella byggnadstypen. Det är baserat på ett medelvärde för den aktuella byggnadstypen och byggnadskonstruktionen och grundar sig på ett statistiskt underlag och inte det precisa fallet. Detta förfaringsätt är väletablerat inom byggindustrin när kalkylering och uppskattning av priser för byggnation genomförs.

I den engelska studien användes en effektiv kalkylränta på 0% vilket innebär att de positiva effekterna av att skjuta en investering på framtiden minskar, d.v.s. förvaltningskostnader som uppkommer i framtiden nuvärdesberäknas inte. Att använda sammanställningen för att dra detaljerade slutsatser för svenska förhållanden kan vara missledande, eftersom kostnaden för att bygga hus och standard för hus kan variera mellan olika länder. Det finns även vissa skillnader i brandskyddsnivå mellan länderna.

### **Ändring (ombyggnad)**

Vid ändring är vanligtvis budgeten för ett byggprojekt betydligt mer pressat än vid nybyggnad. Förutsättningarna gör också att kostnaden för brandskydd utgör en betydligt större del av totalkostnaden för byggnation. Även om den byggnadstekniska ändringen är liten kan dess betydelse för hela byggnadens brandskydd vara stor. Det kan handla om att ta bort en vägg eller att göra en mer öppen planlösning, det kan handla om montering av nya fönster i en tidigare homogen vägg, eller begränsning av förbindelser osv. Om ändringen påverkar en betydelsefull del av brandskyddet, t.ex. en utrymningsväg, kan det bli kostsamt att åtgärda. Exempel på säkerhetshöjande åtgärder som kan bli nödvändiga är installation av sprinkler eller automatiskt brandlarm.

### Slutsats

Brandskyddet är en del av byggkostnaden, men innebär ofta även kostnader i samband med drift och underhåll av installationer, s.k. förvaltningskostnader. Dessutom tillkommer återkommande kostnader för utbildning av personal och andra organisatoriska kostnader som utgör en väsentlig del av brandskyddet. Entreprenören kommer enbart beakta byggkostnaden, medan byggherrens kostnad i brukarskedet kommer att påverkas av hela livscykelkostnaden. Kostnaden för brandskydd är starkt kopplad till vilken brandskyddsstrategi som väljs. Kostnadstypen kommer därför att ingå i analysen av kostnadseffektivitet av brandskyddet för de aktuella byggnadstyperna.

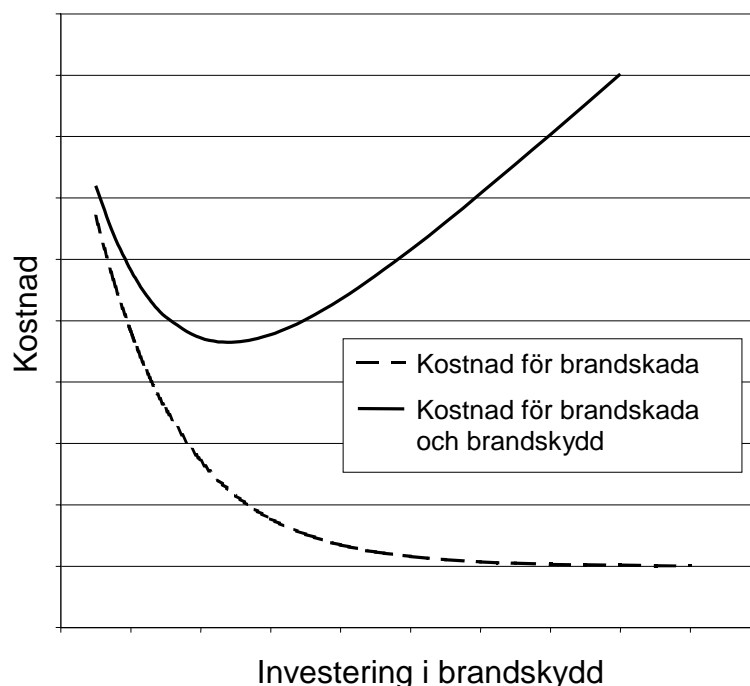
#### **4.2.5 Nyttoeffekter**

Beskrivning av nyttoeffekter som kan identifieras vid projektering redovisas i kapitel 3. Det går inte att konstatera vilka nyttor som kan genereras generellt, utan får identifieras för enskilda projekt i samråd med berörda aktörer. Exempel på en specifik nyttoeffekt för byggherren, d.v.s. ägaren av diskoteket, är t.ex. möjligheten att släppa in fler betalande. Entreprenören kommer å andra sidan inte att påverkas av denna nyttoeffekt, varvid en uttrycklig strävan att maximera personantalet inte är högt prioriterad vid val. Andra nyttoeffekter är i form av besparingar för de olika kostnadstyperna, t.ex. byggkostnaden.

Kvalitativa nyttoeffekter kan också vara en anledning att brandskyddet behöver utformas på ett annat sätt. Om det innebär att totalkostnaden för brand och brandskydd kommer att öka, krävs ett ställningstagande till om de kvalitativa målsättningarna, t.ex. en vacker och öppen arkitektonisk utformning, är värt den ökade investeringen som krävs.

### **4.3 Ekonomisk optimering**

Det är tydligt att det finns möjlighet att påverka både kostnaden för brand och brandskydd och den totala byggkostnaden genom utformningen av brandskydd. Det innebär att valet påverkar hur totalkostnaden fördelas mellan de olika kostnadstyperna och även hur stor totalsumman av kostnadstyperna blir. Det vittnar om att det går att beskriva ett samband mellan de olika kostnadstyperna. En ökad investering i brandskydd kan innebära en sänkt försäkringspremie, eftersom skadekostnaden förväntas minska. Det ger möjlighet att studera totalkostnaden som funktion av en eller flera kostnadstyper. För vissa typer av verksamheter, framför allt industrier, kan förhållandet mellan totalkostnaden och kostnaden för brandskydd, d.v.s. investeringskostnad, ge möjlighet till optimering. För att optimering med avseende säkerhetsnivå skall vara aktuellt krävs dels att en investering i brandskydd kan leda till en lägre totalkostnad, vilket illustreras i Figur 12.



Figur 12 Principiellt samband mellan investering i brandskydd och brandskadekostnad samt total kostnad för brandskada och brandskydd. (Pettersson, 1973)

I Figur 12 kan en optimal skyddsnivå identifieras som leder till den lägsta totalkostnaden för brand och brandskydd. Figuren visar hur marginalkostnaden för att sänka brandskadekostnaden blir högre och högre, efter att investeringen av brandskydd passerar den optimala nivån.

En annan förutsättning för att optimering med avseende på skyddsnivå är möjlig är att utgångspunkten för optimeringen, d.v.s. miniminivån för investeringen av brandskydd, inte ligger till höger om optimum på axeln som visar investeringen i brandskydd. Om den optimala nivån passerats genom externa krav, t.ex. lagstiftning kommer den optimala utformningen att innebära att ingen ytterligare investering görs. För offentliga lokaler är detta ofta fallet, d.v.s. det finns inga ekonomiska incitament för att satsa på en högre skyddsnivå än vad som krävs i lagstiftningen. Förutsättningar för optimering enligt Figur 12 finns framförallt vid val av försäkringsalternativ där stora värden är inblandade (Shpilberg & Neufville, 1975), d.v.s. inom industrin samt när analyser görs ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

För de lokaltyper som studien avser kommer säkerhet som krävs i byggreglerna förmodligen att ligga till höger om den optimala punkten, både för byggherren och entreprenören. Det medför att projekteringen handlar det inte om att hitta en optimal skyddsnivå, utan snarare att anpassa sig till den nivå som byggreglerna innebär. Kostnadseffektiviteten innebär således inte en optimering med avseende på säkerhetsnivå. Den säkerhetsnivå som eftersträvas är den som krävs av samhället.

I andra sammanhang, t.ex. vid upphandling av försäkringspremie för ett landstings alla vårdanläggningar kan däremot optimering med avseende på brandskyddsnivå vara

aktuell. Vid sådana förhandlingar, finns det till skillnad från projektering, möjlighet att påverka premiesättningen.

#### Slutsats:

Det finns lite att vinna på en optimering av skydds nivå, utan det handlar snarare om att optimera valet av brandskydd så att erforderlig säkerhetsnivå uppnås så effektivt som möjligt. Från tidigare resonemang dras slutsatsen att optimeringen bör göras mellan några genomtänkta alternativ och att deras kostnadseffektivitet jämförs.

## **4.4 Beslutsanalys**

För att analysera valet av den mest kostnadseffektiva brandskyddsstrategin krävs att en beslutsmodell utvecklas. Vilken analysmetod som är lämplig att använda som bas i beslutsmodellen, beror dels på syftet med beslutsanalysen och dels på hur beslutssituationen karaktäriseras. Målsättningen är att utifrån en analys av alla olika alternativ rangordna dessa med avseende på kostnadseffektivitet. I det här kapitlet presenteras förutsättningarna för och utvecklingen av den beslutsanalys modell som används för att skapa ett beslutsunderlag för aktörerna byggherre respektive entreprenör.

### **4.4.1 Beslutsanalysmodell**

Det finns en rad olika teorier och förhållningssätt till beslutsfattande. För att kunna analysera beslut och skapa ett beslutsunderlag som är möjligt att använda praktiskt krävs en hel del förenklingar av den komplexa verklighet som besluten skall fattas i. Beslutsanalysen kan göras utifrån olika syften och med hjälp av olika teoribildningar. I regel brukar deskriptiva och normativa teorier särskiljas. Mycket kortfattat innebär en deskriptiv analys att en beslutsfattarens verkliga agerande i en beslutssituation modelleras, medan en normativ analys inriktas på att visa vad som är ett rationellt beslut, d.v.s. vilket av flera olika alternativ som är det bästa att välja. Inom båda dessa teorier finns en rad varianter och olika teoribildningar för olika typer av beslutssituationer (Hansson, 1990). Vid utformning av ett kostnadseffektivt brandskydd förutsätts att det "bästa" valet, dvs det mest kostnadseffektiva, eftersträvas. Det innebär att beslutsanalysen kommer att utgå från ett normativt perspektiv.

För att illustrera en beslutssituation kan beslutsfattarens målsättningar preciseras. Dessa mål bryts sedan ned i delmål. Ett attribut används för att mäta hur väl beslutsfattarens delmål uppnås för olika valmöjligheter, dvs alternativ. Ett attribut som kan användas för att mäta delmålet vinst eller intäkt kan t.ex. vara pengar. Ett attribut för att mäta säkerhet kan vara ett riskmått, t.ex. antal skadade per år. Väljer man att tillskriva ett statistiskt liv ett monetärt värde, kan även säkerhet mätas med hjälp pengar. Ett delmål kan även utgöras av en kostnad, vilket innebär att attributet för kostnad i regel anges som ett negativt värde, för att särskilja från intäkter eller fördelar som mäts med samma enhet. En kostnad innebär negativ nytta eller "onytta". Om två alternativ jämförs och kostnaden förknippat med ett delmål skiljer mellan de båda alternativen, kan besparingen ses som en nyttoökning.

När ett val sker under säkerhet är utfallen för alla delmål kända när beslutssituationen analyseras. Det är t.ex. känt vad en sprinkleranläggning kommer att kosta, hur försäkringspremien kommer att påverkas av installationen av ökat brandskydd. Om ett

beslut fattas under säkerhet likställs det monetära utfallet för varje delmål med delmåletns nytta för beslutsfattaren, se ekvation 2.

$$U(x_i) = x_i \quad \text{Ekv. 2}$$

$x_i$  = utfallet för delmål  $i$ , t.ex. i form av intäkt eller kostnad

$U(x_i)$  = nytta av utfallet för delmål  $i$

$i$  = index för att särskilja specifika delmål

I många situationer är framtiden oviss och därmed kan inte vissa utfall bestämmas exakt när beslutet skall fattas. Det gäller t.ex. i hur hög utsträckning bränder kommer att drabba byggnaden. Brands uppkomst brukar vanligtvis vara en slumpmässig händelse som inträffar med en viss sannolikhet. Hur stor skadan blir när brand väl inträffar kan också variera vida, t.ex. beroende på hur tillförlitligheten för brandskyddet är. Att beskriva framtida brandskada för en byggnad görs därmed vanligtvis med någon form av sannolikhetsfördelning, vilket innebär att beslutet sker under osäkerhet.

Det innebär att vid beslut under osäkerhet är inte utfall och nytta samma sak. Tyvärr så används ordet *nytta* som översättning både av det engelska "benefit" och "utility". Innebörden av dessa engelska ord är således olika vid beslut under osäkerhet och begreppen måste då hållas isär för att inte blanda ihop olika typer av beslutsanalysmetoder. För att kunna bestämma nyttan för utfallet  $x_i$  krävs att nyttofunktionen  $U(x_i)$  bestäms, dvs antagandet i ekvation 2 gäller ej. I situationer där beslut tas under osäkerhet påverkar även osäkerheten värderingen av ett utfall och inte enbart utfallets storlek.

Detta beskrivs närmare i den sk nyttoteorin (Keeney & Raiffa, 1976), men kommer inte att vara aktuellt i den beslutsmodell som kommer att användas för att analysera exemplen i den här studien. I fortsättningen kan därför nyttan av ett utfall i monetära termer betecknas  $x_i$  och vara ekvivalent med nytta. Genom att delmålen har olika karaktär kan fyra olika typer av beslutssituationer urskiljas, med hjälp av följande uppdelning:

- Beslutet kan fattas under säkerhet eller osäkerhet
- Det går att mäta till vilken grad olika målsättningar uppfylls med hjälp av olika attribut. Dessa attribut kan ha en och samma eller olika dimensioner, dvs mätas i samma enhet eller olika enheter.

Beroende på vilken typ av beslutssituationen som används för att beskriva beslutsproblemet kommer olika varianter av den normativa beslutsteorin att vara aktuella för att analysera problemet. Keeney och Raiffa (1976) och Mattsson (1999) redogör utförligt för dessa olika typer.

Om utfallen för alla delmål kan mätas i en och samma enhet och beslutet inte är förknippat med osäkerhet eller risktagande, kan den grundläggande normativa beslutsmodellen enkelt tillämpas. Modellen utvecklades på 1930 talet av engelsmannen Ramsey och är än i dag basen i så gott som alla normativa modeller.

I korta drag så innebär den att den förväntade nyttan beräknas genom att summera nyttan för varje delmål som alternativet medför, se ekvation 3.

$$f_{x_i} \mathbf{a} \mathbf{f} = \sum_{i=1}^n U_{x_i} \mathbf{a} \mathbf{f} = \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Ekv. 3}$$

$x_i$  = utfallet för delmål  $i$ , t.ex. i form av intäkt eller kostnad

$U(x_i)$  = nytta av utfallet för delmål  $i$

$f(x_i)$  = förväntad nytta, summering av intäkter och kostnader för brand och brandskydd

$n$  = antalet delmål

Metodens generella beslutsregel innebär att den förväntade nyttan skall maximeras (estimated maximum utility på engelska), men det kan tolkas olika beroende på i vilket sammanhang den används.

Analysmodellen brukar i ekonomiska sammanhang benämnas kostnads-nyttoanalys, eller ännu mer korrekt en kostnads-intäktsanalys. En sänkning av kostnader och en ökning av intäkter innebär både en nyttoökning då två alternativ jämförs. Summeringen av nyttoeffekter, dvs den förväntade nyttan, kan användas på olika sätt. I investeringskalkyler där en investerings lönsamhet utvärderas, innebär ett positivt värde på den förväntade nyttan att fördelarna överstiger kostnaderna. Om valet står mellan att genomföra en investering eller ej, bör investeringen göras om den förväntade nyttan är positiv. En investering i sprinkler kommer t. ex. innebära att kostnaden för brandskydd kommer att höjas, men att brandskadorna i byggnaden förväntas sjunka under byggnadens livstid än om investeringen inte utfördes. För att investeringen skall vara lönsam krävs att besparingen överstiger kostnaden för sprinkler. Om valet står mellan flera alternativ är det bästa alternativet det som har störst förväntad nytta, dvs ger störst nettointäkt. I analysen används därmed förväntad nytta som ett absolut värde och är en form av lönsamhetsmått.

Säkerhetssystem är en nödvändig del av en byggnad och därmed en förutsättning för att byggnaden överhuvud skall kunna uppföras och generera nytta i ekonomiska termer, t.ex. genom försäljning eller uthyrning. När investering i brandskydd analyseras vid byggnation, ur byggherrens och entreprenörens perspektiv, kommer kostnaderna för brandskyddet vanligtvis att dominera och överskugga nyttoeffekterna. Det innebär att den förväntade nyttan av investeringen blir negativ, oavsett hur utformningen sker. På vilket sätt brandskyddet utformas kommer dock att påverka totalkostnaden för brand och brandskydd och kan även medföra vissa nyttoeffekter. Beslutsanalysen blir därför en relativ jämförelse av den förväntade nyttan för olika alternativ, där varje alternativ representerar ett sätt att utforma brandskyddet, dvs en brandskyddsstrategi. Den förväntade nyttan blir ett effektivitetsmått som kan användas för att rangordna alternativ. Beslutsregeln för att hitta det mest effektiva alternativet formuleras enligt ekvation 4.



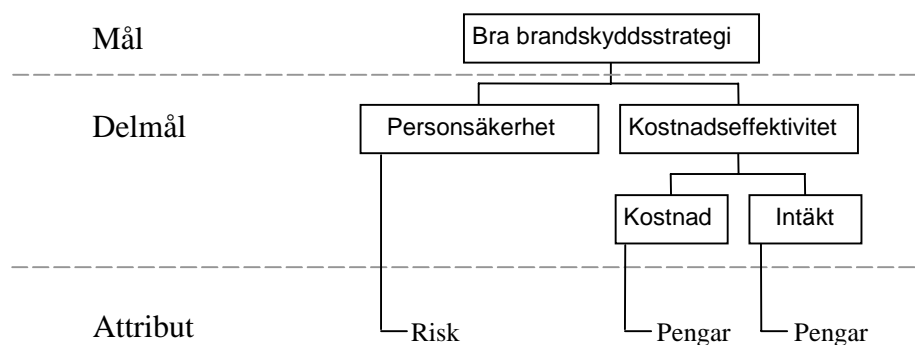
$$\text{MAX}_{j=A, B, \dots} \left[ f_j(x_{ji}) - \sum_{i=1}^n x_{ji} k_i \right] \quad \text{Ekv. 4}$$

- $x_{ji}$  = utfall för delmål i för alternativ j
- $f_j(x_{ji})$  = summering av intäkter och kostnader för brand och brandskydd
- j = beteckning för att särskilja olika alternativ

Metoden förutsätter att nyttan för varje utfall kan mätas och bestämmas entydigt och att det finns en gemensam sort att mäta nyttan med, vanligtvis kronor och ören i ekonomiska sammanhang. I många beslutssituationer är det inte möjligt att mäta alla delmål i samma enhet vilket kräver att beslutsmetoden och beslutskriterium utvecklas.

Både vid utformning och analys av alternativ är det nödvändigt att ha kännedom om vilken inbördes relation de olika målsättningarna har och hur beslutet påverkar av fördelningen av resurserna sker på de olika delmålen. I många situationer ställs olika delmål mot varandra och s.k. trade-offs är nödvändiga, dvs att en målsättning uppfylls på bekostnad av en annan. Går det t.ex. att tumma på personsäkerheten om det innebär ekonomiska besparingar?

I Figur 13 presenteras en förenkling av målsättningarna som gäller för både byggherre och entreprenör. Vilka kostnader och intäkter som kommer att utgöra delmål för de båda aktörerna skiljer, men samma uppställning kan användas.



Figur 13 Hierarki över målsättningar vid val av brandskyddsstrategi.

På basis av tidigare resonemang om faktorer som typ av objekt, vem som är beslutsfattare, värdeanhopning, skyddsmål, verksamhet kan målsättningarna i Figur 13 användas för att formulera beslutsanalysmodellen.

Oavsett om det är byggherren eller entreprenören som fattar beslut om utformningen av brandskyddet, så är det inte ett beslut om att göra en investering eller ej, utan snarare att investera så klokt som möjligt i brandskydd. Utifrån de perspektiv som analysen görs behöver mänskligt liv inte värderas i pengar. Beslutsfattaren ges inte möjlighet att understiga den säkerhetsnivå som kräver i byggreglerna, även om vissa åtgärder är

kostsamma. En högre nivå på personsäkerheten än vad samhället kräver antas inte innebära ökad nytta för beslutsfattaren. Möjligheten att väga olika delmål mot varandra vid framtagande av olika alternativ begränsas därmed till att ej omfatta personsäkerhet.

Framställning av kostnads-nyttoanalysen i det här avsnittet är en grov förenkling, men syftet är att framhålla att det som är väsentligt i beslutssituationen är att fokusera på de målsättningar som har betydelse för kostnadseffektiviteten och hur utformning av alternativen påverkar dessa. För en mer grundläggande genomgång av kostnads-nytta teorin hänvisas till Mattsson (1999). Med utgångspunkt från slutsatserna ovan, formuleras följande beslutsmodell, se ekvation 5, som förutsätter att beslut sker under säkerhet och där inte alla attribut mäts i samma enhet.

$$\begin{aligned} \text{MAX}_{\theta} \left[ \sum_{j=1}^n x_{ji} \right] & \text{ Ekv. 5} \\ \theta = \begin{cases} R_j \geq R_{\text{accept}} \\ j = 1, \dots, p \end{cases} \end{aligned}$$

där

- $R_j$  = riskmått för respektive brandskyddsstrategi
- $R_{\text{accept}}$  = riskmått motsvarande den minimala säkerhetsnivå som samhället kräver
- $\theta$  = villkor att minimala säkerhetsnivån uppfylls för att alternativet skall tas med i rangordningen
- $x_{ji}$  = utfall för delmål  $i$  vid analys av alternativ  $j$
- $j$  = beteckning för att särskilja de olika alternativen
- $n$  = antal delmål
- $p$  = antal alternativ

$R_j$  är ett riskmått som avser lägsta godtagbara säkerhets nivå. Det kan vara samhällets miniminivå men även högre om anläggningsägaren finner att en högre säkerhetsnivå är lämplig. Om högre säkerhet än miniminivån inte innebär någon nytta, behöver  $R_j$  enbart indikera om alternativet är acceptabelt eller ej. I analysen antas att säkerhet utöver samhällets miniminivå inte innebär någon ökad nytta för beslutsfattaren.

De olika stegen som krävs för att bygga upp en normativ beslutsanalysmodell för en aktör i en specifik beslutssituation sammanfattas i punktform nedan:

- Identifiera och strukturera mål och delmål. Enbart delmål som påverkas av valsituationen inkluderas i en relativ jämförelse.
- Karaktärisera beslutssituationen utifrån delmålen, med avseende på osäkerhet och hur attributen mäts (vilken dimension de har).
- Bestäm sambanden mellan olika delmål och hur de förhåller sig till varandra.
- Definiera beslutsriterium

#### **4.4.2 Tillämpning vid projektering**

Analysmodellen ger ett beslutsunderlag som kan tillämpas på olika sätt i projekteringsarbetet i syfte att utarbeta ett kostnadseffektivt brandskydd. Några exempel presenteras nedan.

##### **Besparing**

Den vanligaste tolkningen av kostnadseffektivitet är att minimera åtgången av resurser för att uppfylla en viss målsättning. Med beslutsmodellen går det att analysera om en alternativ utformning av brandskyddet kan leda till besparingar i form av en sänkt byggkostnad eller livscykelkostnad. Det finns studier som visat på situationer där installation av ett skyddssystem inneburit besparingar som överstiger investeringskostnaden (BBR, 1997; Jönsson & Lundin, 1998). Det är viktigt att poängtera att det i analysen inte enbart vägs in kostnaden för brandskydd, utan att alla delar av totalkostnaden för brand och brandskydd som påverkar aktören som analysen utförs för ingår.

##### **Konkurrerande målsättningar**

Om kravet på brandskyddet påverkar utformningen av byggnaden eller ger restriktioner för verksamheten ställs brandskyddet mot de målsättningar som finns för byggnaden. Genom att jämföra de relativa kostnaderna för olika utformningar, kan kostnaden för att eliminera konflikten mellan målsättningarna värderas. Om det finns flera sätt att undgå konflikt mellan brandskydd och någon annan målsättning ger underlaget vägledning för att välja det mest kostnadseffektiva av dessa. Det ger beslutsfattaren möjlighet att bestämma hur mycket resurser som behövs för att uppnå denna målsättningen och kan väga detta mot det värde som målsättningen har. Ett exempel på sådan målsättning som kan begränsas av krav på brandskydd är flexibilitet i användandet av en lokal.

##### **ALARP**

Om det vid riskanalys av objektet framkommer att skyddsnivå som uppnås vid förenklad dimensionering är otillräcklig kan den s.k. ALARP princip tillämpas. ALARP kan även användas som dimensioneringskriterium vid dimensionering baserad på beräknad risk (Frantzich & Lundin, 2000). ALARP står för "as low as reasonably practicable". Den används när risknivån understiger en nivå där etablering eller byggnation är direkt otänkbar men är såpass hög att åtgärder som är ekonomiskt rimliga måste genomföras för att byggnation skall tillåtas (Räddningsverket, 1997). Denna princip har hittills inte tillämpats i hög utsträckning, men det är ett sätt att arbeta med dimensionering genom beräkning, när förenklad dimensionering är otillräcklig. Det finns dock exempel på när dimensionering genom beräkning har tillämpats vid projektering, där acceptanskriteriet har specificerats som en riskprofil (Lundquist, 1999).

För att bedöma kostnadseffektiviteten hos olika riskreducerande åtgärder med utgångspunkt från byggherrens och entreprenörens perspektiv, kan resultatet från analysmodellen användas. Det går däremot inte att använda den rakt av för att bedöma vad som är en rimlig nivå att sänka risken till, eftersom en sådan analys bör utgå från en samhällsekonomisk synvinkel.

## 4.5 Ekonomisk kalkylmetod

En stor skillnad mellan byggherre och entreprenör är att byggherren bär kostnader som uppkommer under hela byggnadens livslängd, medan entreprenören enbart påverkas av byggkostnaderna, dvs material och arbetskostnader.

Vid analys av ekonomiska konsekvenser där hänsyn tas till kostnader och intäkter under hela byggnadens livslängd utförs en livscykelkostnadsanalys (LCC-analys). I en LCC-analys inkluderas både direkta byggkostnader och framtida förvaltningskostnader, t.ex. för drift och underhåll av byggnaden. Nyttoeffekter i form av framtida intäkter kan också inkluderas.

Utbetalningar som sker vid olika tidpunkter under en byggnads ekonomiska livslängd är inte direkt jämförbara, utan det är viktigt när utbetalningen inträffar. I princip kan man säga att ju senare en utbetalning sker, desto bättre. Om man slipper att avsätta pengar så sparar man t.ex. låneränta och pengarna kan fram tills utbetalningen dyker upp användas till att generera ytterligare kapital. En metod för att jämföra investeringar där betalningar sker vid olika tidpunkter är nuvärdesmetoden (Andersson, 1997).

I nuvärdesmetoden utgår man från att det finns ett avkastningskrav på kapital. Om kapital inte binds upp i byggnaden från början kan resurserna användas för andra investeringar. För att bedöma om en investering är lämplig måste man ta hänsyn till vad pengarna alternativt skulle kunna användas till, dvs kapitalkostnaden (t.ex. låneränta). För att göra utbetalningar vid olika tidpunkter jämförbara försöker man förflytta dem i tiden. Denna transformering kallas för diskontering (Andersson, 1997) och görs med hjälp av en sk kalkylränta eller diskonteringsränta. Den reala kalkylräntan avspeglar just avkastningskravet och tar även hänsyn till inflation, se ekvation 6. Den reala kalkylräntan är en variabel som styr hur fördelaktigt det är att skjuta utbetalningar på framtiden.

$$r = \left[ \frac{1 + KR}{1 + INF} \right]^k - 1 \quad \text{Ekv. 6}$$

$r$  = real kalkylränta

$KR$  = kalkylränta

$INF$  = inflation

Trots att sambandet för den reala kalkylräntan kan tecknas, är det svårt att ange en räntenivå som är lämplig att använda i investeringskalkyler, eftersom både framtida kalkylränta och inflation är osäkra. I flera kostnad-nytta analyser som gjorts i Sverige under 1990-talet används sätts den reala kalkylräntan till 5% (Mattsson, 1999), vilket även används i den här analysen. Formeln för LCC enligt nuvärdesmetoden presenteras i ekvation 7.

$$LCC = A_{inv} + \sum_{i=0}^n \frac{DU_i}{a_{+r}^i} + \frac{A_r}{a_{+r}^n} + \frac{A_v}{a_{+r}^n} \quad \text{Ekv. 7}$$

$A_{inv}$  = anskaffningskostnad (byggkostnad)  
 $DU_i$  = drift och underhållskostnad år  $i$   
 $A_r$  = reinvesteringskostnad  
 $A_v$  = avvecklingskostnad  
 $n$  = byggnadens livslängd  
 $r$  = real kalkylränta  
 $i$  = index för vilket år kostnaden uppkommer

Anskaffningskostnaden för brandskydd inkluderar kostnad för projektering, material och arbete. En besparing av anskaffningskostnad för andra teknik områden medräknas som en intäkt på samma sätt.

I nuvärdesmetoden diskonteras alla betalningar till tidpunkten för grundinvesteringen, d.v.s. när byggnaden uppförs. Det gäller t.ex. löpande kostnader för reparationer, service, drift och underhåll.

Vissa installationer har en kortare livslängd än anläggningen. Det innebär att för att upprätthålla den som funktion som krävs räcker det inte med att systemen underhålls och repareras. De kan behövas bytas ut en eller flera gånger under anläggningens livslängd. En hög underhållsnivå innebär normalt att reinvestering krävs i mindre utsträckning. I analysen antas sprinklersystemet inte behöva bytas under byggnadens livslängd, men automatiskt brandlarm och utrymningslarm byts efter 20 år.

Avvecklingskostnader beaktas ej vid ekonomisk LCC analys av brandskyddsinstallationer. Idag förekommer inga särskilda kostnader i samband med rivning av en byggnad, som kan hänföras till brandskyddsinstallationer.

I samband med LCC för brand och brandskydd kan även skadekostnad inkluderas. Skadekostnaden kan definieras som en nuvärdesberäkning av den årliga kostnaden för egendomskostnad, avbrottskostnad och dolda kostnader. Eftersom brandskada tillskillnad mot drift och underhållskostnad är en kostnad förknippad med osäkerhet, används den förväntade skadekostnaden, enligt ekvation 8.

$$S_i = p_{brand} \cdot \bar{a}_e + \bar{s}_a + \bar{s}_d \cdot f \quad \text{Ekv. 8}$$

$S_i$  = genomsnittliga brandskadekostnaden per år  
 $p_{brand}$  = genomsnittligt antal bränder per år  
 $\bar{s}_e$  = medelvärde för egendomskada per brand  
 $\bar{s}_a$  = medelvärde för avbrottskostnader per brand  
 $\bar{s}_d$  = medelvärde för dolda kostnader per brand

Eftersom brandskadekostnaden per år inte är känd i förväg, kan medelvärdet från statistiskt underlag för kostnad för brandskada per år för den objektstyp som byggnaden tillhör användas. Den verkliga brandskadekostnaden per år är ett osäkert värde och för att använda ett medelvärde värde som en årlig återkommande kostnad i kalkyler krävs

att beslutsfattaren är riskneutral. Det innebär att det faktum att  $S_i$  är förknippat med osäkerhet inte inverkar på beslutsfattarens värdering av utfallet (Keeney & Raiffa, 1976). I de flesta fall är både verksamhetsutövare och ägare försäkrade. Då kommer skadekostnaden istället att tecknas för enligt ekvation 9.

$$S_{Fi} = FP + A \cdot p_{brand} \cdot \bar{a}_d + SR \bar{f} + \bar{a} - A \bar{f} \cdot p_{brand} \cdot \bar{a}_d + \bar{s}_e + \bar{s}_a \bar{f} \quad \text{Ekv. 9}$$

$S_{Fi}$  = genomsnittliga brandskadekostnaden per år när försäkring tecknats

FP = årlig försäkringspremie

SR = självrisk

$p_{brand}$  = sannolikheten för brands uppkomst

A = andelen bränder där skadekostnad understiger självrisk

$\bar{s}_e$  = medelvärde för egendomsskada per brand som understiger självrisk

$\bar{s}_a$  = medelvärde för avbrottskostnader per brand som understiger självrisk

$\bar{s}_d$  = medelvärde för dolda kostnader per brand

För en riskneutral beslutsfattare kan livscykelkostnaden för brand och brandskydd beräknas enligt ekvation 10.

$$LCC = A_{inv} + \sum_{i=0}^n \frac{DU_i}{\bar{a} + r} \bar{f}_i + \frac{A_r}{\bar{a} + r} \bar{f}_n + \sum_{i=0}^n \frac{S_{Fi}}{\bar{a} + r} \bar{f}_i \quad \text{Ekv. 10}$$

För närvarande finns dåligt underlag för att bestämma indata till ekvation 10. I beslutsanalysen för den aktuella lokaltypen har det konstaterats att skadekostnad till största delen täcks av försäkring, vilket innebär att den osäkra årliga kostnaden byts mot en fast årlig avgift, som inte påverkas av utformningen av brandskyddet. De dolda kostnaderna antas vara låga för den typen av objekt som studeras. För byggherren tecknas därmed totalkostnaden för brand och brandskydd enligt ekvation 11a och för entreprenören enligt ekvation 11b.

$$f(x)_{byggherre} = LCC = A_{inv} + \sum_{i=0}^n \frac{DU_i}{\bar{a} + r} \bar{f}_i + \frac{A_r}{\bar{a} + r} \bar{f}_n \quad \text{Ekv. 11a}$$

$$f(x)_{entreprenör} = A_{inv} \quad \text{Ekv. 11b}$$

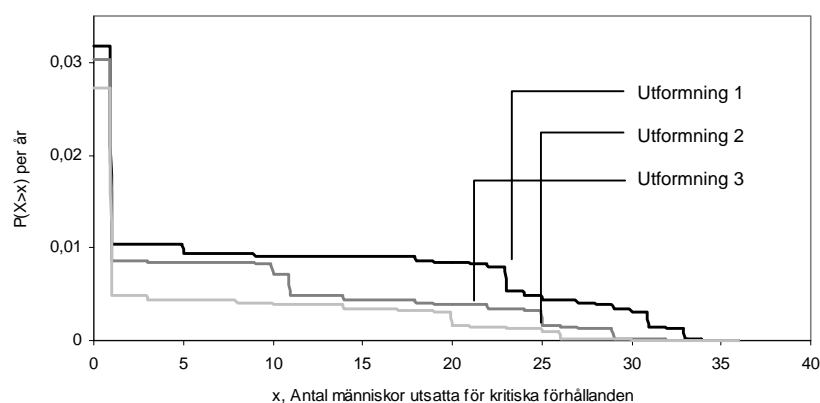
I beräkningarna förutsätts att det inte sker någon kostnadsutvecklingen för drift- och underhållskostnader.



## 5 Beskrivning av objekten

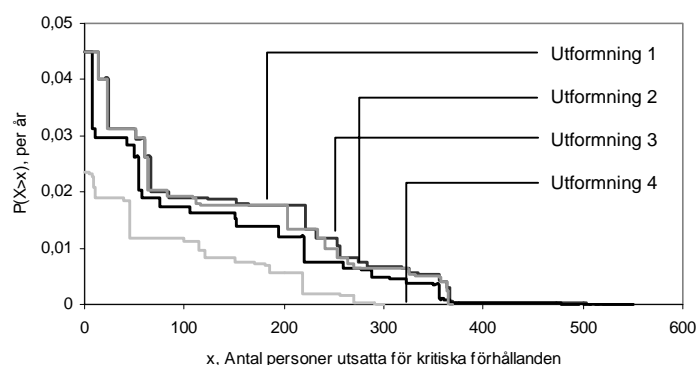
I detta kapitel beskrivs de objekt som analyseras med avseende på kostnadseffektivitet. Objekt från tidigare utförda riskanalyser i syfte att kvantifiera befintlig säkerhetsnivå har använts. Dessa är en vårdavdelning (Olsson, 1999a) ett diskotek (Becker, 2000) och ett kontorshus (Jönsson & Lundin, 1998). Då målet med brandskyddsoptimeringen är att finna en lösning som ger acceptabel säkerhet till lägst kostnad så har endast brandskyddsutformningar som uppfyller säkerhetskraven tagits med. För att undersöka om en lösning är acceptabel eller inte genomförs kvantitativa riskanalyser på objekten. En sådan riskanalys omfattar tre steg; brandskyddsgenomgång, riskanalys och riskvärdering.

I brandskyddsgenomgången listas på ett systematiserat vis den information som berör byggnadens brandsäkerhet. Genomgången utgör en stor del av grunden till den följande riskanalysen. I riskanalysen struktureras problemet med hjälp av händelseträd som möjliggör hänsynstagande till att tillförlitligheten hos tekniska system samt mänskligt agerande. Beräkningar av sannolikheten för och konsekvensen av varjet scenario genomförs. Avslutningsvis värderas risken och effektiviteten hos de analyserade brandskyddsalternativen analyseras. Risken presenteras ofta som en riskprofil (jfr FN-kurva) där det visas hur ofta man kan förvänta sig en konsekvens som är lika med eller större än den som anges på x-axeln. Konsekvensen beskrivs som antalet människor utsatta för kritiska förhållanden. Riskprofilerna för de tre objekten redovisas i Figur 14 - Figur 16 nedan.

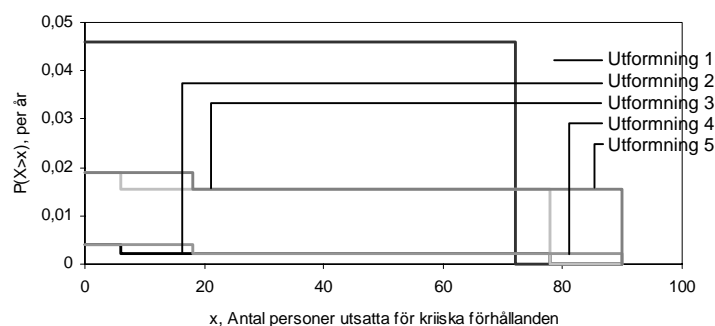


Figur 14 Riskprofiler för vårdavdelningens tre olika utformningarna av brandskyddet.





Figur 15 Riskprofiler för de olika brandskyddslösningarna till diskoteket



Figur 16 Riskprofiler för de kontorshusets fem olika brandskyddslösningar

Det som karaktäriserar lokaltyperna är att mycket personer kommer att vistas i dem och att det är personsäkerheten som är det största skyddsmålet. Ingen av byggnadstyperna har speciellt hög värdeansamling och därför kommer inte försäkringskostnaden att vara särskilt hög eller påverkas av valet av brandskydd. Det svårt att visa på en koppling mellan ett bra brandskydd och aktörernas egenintressen, t.ex. verksamhetsmål och vinstintresse. Det gör det svårt att motivera en genomtänkt utformning av brandskyddet. Beställarens uttryckliga mål för brandskyddet blir därmed att hitta en så billigt brandskydd som möjligt, uppfylla samhällets krav samt att hitta en så kostnadseffektiv utformning av brandskyddet som möjligt.

### 5.1 Vårdavdelningen

Sjukhuset där vårdavdelningen ingår kräver god kommunikation inom och mellan byggnader. Vårdplatserna skall anpassas för patienter som kräver särskild vård, men är inte anpassade för intensivvårdspatienter. Sjukhuset uppförs i byggnadsklass Br1. Sjukhuset består av tre våningar och en källare. På entréplanet finns det dagvård, apotek, väntsalar och en cafeteria. Vårdavdelningarna är placerade på först och andra våningen. På varje våningsplan inryms två vårdavdelningar.

Varje vårdavdelning består av nio vådrum med fyra patienter i varje rum. På avdelningen finns även ett dagrum, matsal, förråd och ett personalrum. Antalet personer som vistas på vårdavdelningen är 36 patienter och tre till sju vårdare beroende på om

det är dag eller natt. Den huvudsakliga utrymningsstrategin är att utrymma personal och patienter horisontellt till angränsande vårdavdelning. Om denna utrymningsväg skulle vara blockerad finns möjligheten att utrymma vertikalt via trapphusen belägna i änden av varje korridor.

Tre olika brandskyddsalternativ studeras. Dessa är standard brandskydd med rökdetektorer, aktivt brandskydd med sprinkler samt ett alternativt aktivt brandskydd med rökavskiljning kompletterat med ett larmsystem ger personalförstärkning i händelse av brand.

### **5.1.1 Utformning 1 – Standardskydd**

Brandskyddet har utformats genom förenklad dimensionering, baserad på de detaljregler som gäller för sjukhus och presenteras som råd i BBR (1998). Alternativet utgör alltså en minimal skydds nivå med utgångspunkt från bygglagstiftningen. Följande system ingår i brandskyddet:

- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela vårdavdelningen.
- Vårdrummen är avskiljda från korridoren i brandklass E30. Detta innebär att väggen och dörren mot korridoren skall uppfylla minst denna brandklass.
- Vårdavdelningens brandklass mot angränsande utrymmen är EI60.
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till det automatiska brandlarmet. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade på vårdavdelningen.

### **5.1.2 Utformning 2 – Aktivt skydd**

Den alternativa utformningen omfattar en totalsprinkling av vårdavdelningen. Ett antal tekniska byten görs som kompensation för sprinklerinstallationen. Följande system ingår i brandskyddet:

- Ett heltäckande sprinklersystem i enlighet med gällande föreskrifter (RUS 120:4) är installerat på vårdavdelningen. Sprinklerhuvudena har snabb aktiveringstid med RTI-värden på c:a  $35 (m \cdot s)^{1/2}$ .
- Vårdrummen avskiljs oklassat från korridoren.
- Vårdavdelningens brandklass mot angränsande utrymmen reduceras till EI30.
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till aktiveringen av sprinklern. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade på vårdavdelningen.

### **5.1.3 Utformning 3 – Alternativt aktivt skydd**

Den alternativa utformningen omfattar ett alternativt angreppssätt där standardskyddet kompletteras med rökavskiljande dörrar mellan korridorerna och ett intelligent larmsystem som gör angränsande avdelningar medvetna om pågående brand. Följande system ingår i brandskyddet:

- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela vårdavdelningen. Adresserbara detektorer är ett krav
- Det automatiska brandlarmet har displayer på varje vårdavdelning och en styrdator programmerad för att underrätta närliggande avdelningar om att brand pågår.

- I de tvärgående dörrarna mellan korridorerna installeras rökavskiljande dörrar i brandklass E30. Dörrarna är magnetupphängda och aktiveras efter signal från det automatiska brandlarmet.
- Vårdrummens avskiljning från korridoren reduceras till brandklass E15. Detta innebär att väggen och dörren mot korridoren skall uppfylla minst denna brandklass.
- Vårdavdelningens brandklass mot angränsande utrymmen är EI60.
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till det automatiska brandlarmet. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade på vårdavdelningen.

## 5.2 Diskotek

Lokalen som är ett diskotek vilket kommer att ligga i en större byggnad i de centrala delarna av en storstad. Diskoteket kommer att uppta ena halvan av en trevåningsbyggnad. Byggnaden är uppförd med bärande stomme i betong och ligger i en slänt. Byggnadens framsida vetter mot en bred gata med god tillgänglighet för räddningstjänsten. Den västra kortsidan vetter mot en parkering. Baksidan gränsar mot en bakgård och den östra kortsidan mot en annan byggnad.

Diskoteket kommer att sträcka sig över två plan, källare och bottenvåning. Våningarna förbinds med öppna trappor via två halvplan vid huvudentrén respektive terrass. Diskoteket kommer att vara uppdelad i följande brandceller: Samlingslokalen (båda våningarna) tillsammans med toaletterna och halvplanen mellan våningarna, kök, korridor i källare tillsammans med personaltoalett, trapphus mellan våningarna, samtliga driftrum och förråd kommer att utföras som egna brandceller. Det kommer att finnas två utrymningsvägar från samlingslokalen på vardera våning. Det är föreslaget att max 550 personer får vistas i diskoteket varav 400 st på bottenvåningen och 150 st på källarplanet.

Fyra olika brandskyddsalternativ studeras. Dessa är standardskydd med rökdetektorer och utrymningslarm, passivt brandskydd med utökad brandcellsindelning, aktiv brandskydd med totalsprinkling samt alternativt passivt brandskydd med utökad brandcellsindelning och trapphus.

### 5.2.1 Utformning 1 - Standardskydd

Brandskyddet har utformats genom förenklad dimensionering, baserad på de detaljregler som gäller för samlingslokaler och presenteras som råd i BBR (1998). Alternativet utgör alltså en minimal skydds nivå med utgångspunkt från bygglagstiftningen. Följande system ingår i brandskyddet:

- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela diskoteket.
- Ett utrymningslarm bestående av talat utrymningsmeddelande är kopplat till det automatiska brandlarmet. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i lokalen.
- Samtliga brandcells begränsande väggar utförs i EI60.

### 5.2.2 Utformning 2 – Passivt skydd

Den alternativa utformningen omfattar ett förbättrat passivt brandskydd i form av utökad brandcellsindelning. Följande system ingår i brandskyddet.

- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela diskoteket.
- Ett utrymningslarm bestående av talat utrymningsmeddelande är kopplat till det automatiska brandlarmet. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i lokalen.
- Samtliga brandcellsbegränsande väggar utförs i EI60.
- Samlingslokalen delas upp i två brandceller, källare och bottenvåning.
- Ytterligare en utrymningsväg kan anordnas från källarplanet.

### 5.2.3 Utformning 3 – Aktivt skydd

Den alternativa utformningen omfattar installation av en sprinkleranläggning. Brandskyddet innehåller följande system.

- Ett heltäckande sprinklersystem i enlighet med gällande föreskrifter (RUS 120:4) är installerat på diskoteket. Sprinklerhuvudena har snabb aktiveringstid med RTI-värden på  $< 50 \text{ (m}\cdot\text{s)}^{1/2}$ .
- Ett utrymningslarm bestående av en talat utrymningsmeddelande är kopplat till aktiveringen av sprinklern. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i lokalen.
- Samtliga brandcellsbegränsande väggar utförs i EI60.

### 5.2.4 Utformning 4 – Alternativt passivt skydd

Den alternativa utformningen omfattar en utökad brandcellsindelning enligt Utformning 2 ovan samt installationen av ett extra trapphus för att skapa en säker utrymningsväg från källarplanet. Brandskyddet innehåller följande system.

- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela diskoteket.
- Ett utrymningslarm bestående av manuellt meddelande via högtalarsystemet möjliggör styrning av utrymningsprocessen. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i lokalen.
- Samtliga brandcellsbegränsande väggar utförs i EI60.
- Samlingslokalen delas upp i två brandceller, källare och bottenvåning.
- Halvplanet vid terrassen byggs in till ett trapphus
- Ytterligare utrymningsvägar anordnas så att gångavståndet till närmaste utrymningsväg inte överstiger 15 m i något fall.

## 5.3 Kontorshus

Kontorshuset arkitektur kan liknas vid en två sammansatta ellipser som inkluderar 20 våningar. Källaren innehåller ett antal serviceutrymmen och en parkeringsgarage. Ventilationsanläggningen finns placerad på vinden. Våning 1 och 2 används som samlingslokaler. Där finns även en foajé, kafeteria, kontorsservice och ett vaktmästeri. Det finns två stora ingångar på entréplanet. Våning 3-20 innehåller kontorsmoduler av olika format. En till två företag inryms på varje våningsplan. På den översta våningen finns en restaurang som även kan användas som konferenslokal.

Maximalt sex trapphus löper genom byggnaden. Antalet trapphus beror till stor del på vilket brandskyddsalternativ som väljs. Trapphusen används som byggnadens huvudutrymningsvägar. I mitten av byggnaden finns en avskild lobby med fyra uppsättningar hisschakt med totalt 18 hissar. Förrådsutrymmen, bekvämlighetsinrättningar och personalutrymmen finns i närheten av hissarna. Varje våningsplan rymmer 2000 m<sup>2</sup> nettoarea. Upp till 200 människor har sin arbetsplats på respektive våning. Restaurangen på översta våningen rymmer 800 personer.

Varje trapphus utgör en egen brandcell. Det samma gäller för hisschakten. Personalutrymmen, förråd och bekvämlighetsinrättningar utgör också egna brandceller. Varje våningsplan är brandtekniskt avskilda från varandra. Ventilationssystemet är utformat så att brandspridning försvåras. Fasad och tak består av obrännbart material. De två mittersta trapphusen uppförs som Tr1 trapphus och övriga som Tr2. Handbrandsläckare och brandposter finns på varje våningsplan.

### 5.3.1 Utformning 1 – Standardskydd

Brandskyddet har utformats genom förenklad dimensionering och är baserat på de detaljregler som gäller för kontorsbyggnader. Alternativet innebär således att man uppnår någon form av miniminivå för brandsäkerheten. Följande system ingår i brandskyddet.

- Utrymningslarm i form av ljudsignal som aktiveras med hjälp av manuella larmdon.
- Avskiljning i brandklass EI60 mot övriga brandceller.
- Sex nödutgångar via trapphus tillgängliga.

### 5.3.2 Utformning 2 – Alternativt standardskydd

I de gamla byggreglerna (NR, 1988) fanns det en rekommendation som medgav ett utökat gångavstånd till utrymningsväg med 33 % i utbyte mot en vattensprinkleranläggning. Detta medför att de yttersta trapphusen på byggnadens långsida inte längre krävs. Detta är ett så kallat tekniskt byte och ingen verifiering krävs. Följande komponenter ingår i brandskyddet.

- Ett heltäckande sprinklersystem i enlighet med gällande föreskrifter (RUS 120:4) är installerat i hela huset. Sprinklerhuvudena har snabb aktiveringstid med RTI-värden på  $< 50 \text{ (m}\cdot\text{s)}^{1/2}$ .
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till aktiveringen av sprinklern. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i hela huset.
- Avskiljning i brandklass EI60 mot övriga brandceller.
- Fyra nödutgångar via trapphus tillgängliga.

### 5.3.3 Utformning 3 – Aktivt skydd

Genom att utnyttja möjligheten till alternativ utformning av brandskyddet då dimensionering sker genom beräkning kan ett antal säkerhetshöjande åtgärder bytas mot till exempel utökade gångavstånd. Den alternativa utformningen består av ett automatiskt brandlarm och brandskyddet omfattar följande komponenter.

- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela huset.
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till det automatiska brandlarmet. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i hela huset.
- Avskiljning i brandklass EI60 mot övriga brandceller.
- Fyra nödutgångar via trapphus tillgängliga.

### 5.3.4 Utformning 4 – Aktivt skydd

Denna alternativa utformning består av ett sprinklersystem och omfattar följande delar.

- Ett heltäckande sprinklersystem i enlighet med gällande föreskrifter (RUS 120:4) är installerat i hela huset. Sprinklerhuvudena har snabb aktiveringstid med RTI-värden på  $< 50 \text{ (m}\cdot\text{s)}^{1/2}$ .
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till aktiveringen av sprinklern. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i hela huset.
- Avskiljning i brandklass EI60 mot övriga brandceller.
- Två nödutgångar via trapphus tillgängliga.
- Vägledande markering i hela byggnaden.

### 5.3.5 Utformning 5 – Aktivt skydd

Utformningen omfattar utökade avstånd till utrymningsväg, vilket kompenseras av ett automatiskt brandlarm. Skillnaden mot utformning 3 är att ytterligare trapphus har tagits bort. Följande komponenter ingår i brandskyddet.

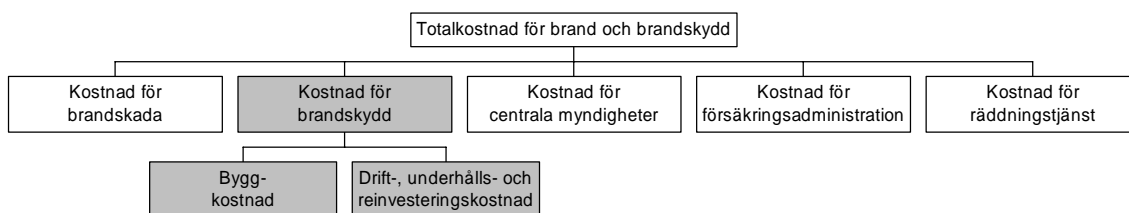
- Ett automatiskt brandlarm bestående av rökdetektorer är installerat enligt gällande föreskrifter (RUS 110:5) i hela huset.
- Ett utrymningslarm bestående av en ljudsignal är kopplat till det automatiska brandlarmet. Lämpligt antal manuella aktiveringsdon finns placerade i hela huset.
- Avskiljning i brandklass EI60 mot övriga brandceller.
- Två nödutgångar via trapphus tillgängliga.
- 

## 5.4 Förutsättningar för beslutsanalys

För objekten kommer påverkan på försäkringspremien ej att påverkas av val mellan olika brandskyddsstrategier. Objektstyperna är i regel fullt försäkrade mot brandskada och dolda kostnader antas vara marginella vid brandskada. Det innebär att vid en relativ jämförelse mellan olika alternativ kommer varken brandskada eller försäkringspremie innebära någon skillnad, oavsett om säkerhetsnivån bibehålls eller höjs.

De enda kostnaderna som blir aktuella är för den aktuella objektstypen kostnaden för brandskydd, se Figur 17. Övriga kostnader som ingår i totalkostnaden för brand och

brandskydd är inte så små att de är obetydliga, men de kommer inte att påverkas vid val mellan olika alternativ och blir därför inte aktuella att tas med i analysen.



Figur 17 Kostnadstyper som påverkas av val av brandskyddsstrategi i aktuellt exempel.

Nyttoeffekter som är möjliga att tillgodogöra vid alternativen, med de förutsättningar som givits ovan är möjliga kostnadsbesparingar på kostnaden för brandskyddet, minskade byggkostnader utöver de brandskyddsspecifika kostnaderna. Positiva effekter på verksamheten, alternativt reducering av begränsningar som förenklad dimensionering av brandskyddet innebär för verksamheten har inte påtalats i de exemplen. Huruvida det finns några övriga önskemål till de alternativa utformningarna framgår ej i det underlag som analysen baseras på (Becker 2000, Olsson 1999a), men är möjliga att finna i samförstånd med ägare eller brukare av lokalen. Det är även i dessa rapporter som bedömningen om alternativen uppfyller samhällets krav på brandsäkerhet har gjorts, på basis av riskprofilerna. Modellen för analys av kostnadseffektivitet kräver inte att bedömningen av brandsäkerhet baseras på riskprofiler, utan om kvalitativa resonemang kan tillämpas kan det var tillräckligt underlag för att utföra analysen.

Eftersom framtagandet av exemplen framför allt har gjorts mot bakgrund av att en dimensioneringsmetod efter beräknad risk skulle användas och exemplifieras, kommer en del betydelsefulla nyttoeffekter ej att uppmärksammas i analysen. Önskemål om att öka personantal är väsentlig att ha med i riskberäkningarna och kan inte i efterhand tillåtas, utan effekten av denna verksamhetstekniska förändring analyseras med avseende på säkerhet. Det visar återigen att det är nödvändigt att vara med tidigt i ett projekt för att ha möjlighet att tillgodogöra sig nyttoeffekterna.

Kostnader för brandtekniska installationer bestäms med hjälp av uppgifter från två stycken oberoende projektörer och där skillnader förekommer för ett specifikt system används medelvärdet av dessa. Dessutom har vissa kompletterande priser hämtats från prislistor från leverantörer av brandskyddsutrustning samt prissammanställning från branschorganisationer (Bygganalys, 1999; Repab, 1995; SBF, 1997).

Om brandtekniska installationer upptar lokalyta, t.ex. utrymmet för en sprinkler central, innebär det antingen att mindre yta finns att bedriva verksamhet på, alternativt att byggnaden görs större, och därmed kostar mer att uppföra. Värderingen av minskat utrymme kommer i den här studien att värderas genom att titta på den alternativa användningen av ytan. Prissättningen beror på var utrymmet som tas i anspråk för placering av sprinkler central ligger. Om det är det en källarlokal som inte går att hyra ut eller om det är ett kontorsutrymme på markplan som måste användas påverkar värderingen av effekten av förlust av lokalutrymme. I den här studien värderas värdet av en kvadratmeter till 1200 kr/år, vilket motsvarar lokalhyran per kvadratmeter för en kontorslokal i centrum av Malmö.

## 6 Resultat

För att bedöma möjligheten till kostnadseffektiv utformning tillämpas beslutsanalysmodellen på vårdlokalen, diskoteket och kontorsbyggnaden som presenteras i kapitel 5. Analysen sker både utifrån byggherrens och entreprenörens perspektiv. Byggherren bör basera sin bedömning av kostnadseffektivitet på livscykelkostnaden (LCC), medan entreprenörens underlag bedömningsunderlag utgörs av byggkostnaden.

Kostnaderna som beräknas avspeglar inte den totala kostnaden för brand och brandskydd, utan representerar kostnaden för det brandskydd som skiljer mellan de olika brandskyddsstrategierna, dvs en form av relativ kostnad. Kostnaden för det brandskydd som är gemensamt för alla utformningar sätts därmed till noll kronor. Eftersom investering i brandskydd vanligtvis är förknippad med en kostnad och inte med avkastning, presenteras kostnader som positiva termer.

I Tabell 3, Tabell 4 och Tabell 5 presenteras resultaten och utformningarna rangordnas utifrån den relativa kostnaden förknippad med brandskydd, där eventuella nyttoeffekter har dragits från kostnaderna. Bedömningen av kostnaderna grundar sig på medelvärde från två oberoende projektörer. Beräkningsunderlaget presenteras i appendix B.

### 6.1 Vårdavdelningen

I Tabell 3 presenteras analysresultaten för vårdavdelningen.

Tabell 3 Kostnad för skillnader mellan olika brandskyddsstrategier för vårdavdelningen.

Vårdavdelningen	Byggherren		Entreprenören	
	LCC	Rangordning	Byggkostnad	Rangordning
Utformning 1 Förenklad dimensionering med automatiskt brandlarm	330 000 Kr	1	150 000 Kr	1
Utformning 2 Aktivt brandskydd vatten- sprinkleranläggning	688 000 Kr	3	422 000 Kr	3
Utformning 3 Aktivt brandskydd med rök- avskiljning och larmstyrning	428 000 Kr	2	230 000 Kr	2

Beräkningarna visar att utformning 1 är mest kostnadseffektiv för både byggherre och entreprenör. Utformning 2 och 3, som baseras på dimensionering genom beräkning, anses inte innebära ett mer kostnadseffektivt brandskydd, när kostnaderna jämförs. För utformning 2 och 3 har endast marginella nytta med alternativ utformning identifierats, vilket inte kompenserar den ökade kostnaden för brandskyddet. Nettoeffekten blir därmed en dyrare utformning av byggnaden.

Byggkostnaden utgör ungefär hälften av livscykelkostnaden för brandskydd för de analyserade utformningarna. Det innebär att kostnaden är av den storleksordning att den inte kan negligeras av byggherren vid beslut om brandskydd.



## 6.2 Diskoteket

I Tabell 5 presenteras analysresultaten för diskoteket.

Tabell 4 Kostnad för skillnader mellan olika brandskyddsstrategier för diskoteket

Diskoteket	Byggherren		Entreprenören	
	LCC	Rangordning	Byggekostnad	Rangordning
Utformning 1 Förenklad dimensionering med brand- och utrymningslarm	416 000 Kr	1	212 000 Kr	1
Utformning 2 Passivt brandskydd med utökad brandcellsindelning	436 000 Kr	2	233 000 Kr	2
Utformning 3 Aktivt brandskydd med vattensprinkleranläggning	1 216 000 Kr	4	440 000 Kr	4
Utformning 4 Passivt brandskydd med utökad brandcellsindelning och extra utrymningsvägar	474 000 Kr	3	273 000 Kr	3

Även för diskoteket är utformning 1 är mest kostnadseffektiv både för byggherre och entreprenör. Dimensionering genom beräkning leder inte till ett mer kostnadseffektivt brandskydd jämfört med utformningen baserat på förenklad dimensionering. Inga direkta besparingar eller nyttoeffekter har identifierats till följd av de alternativa utformningarna till den förenklade dimensioneringen.

För utformning 1,2 och 4 utgör byggkostnaden ungefär hälften av livscykelkostnaden. Det innebär att kostnaden är av den storleksordning att den inte kan negligeras av byggherren vid beslut om brandskydd. För utformning 3 är skillnaden mellan byggkostnad och livscykelkostnad ännu större och det blir väsentligt för byggherren att grunda ett beslut om utformning utifrån hela livscykelkostnaden.

## 6.3 Kontorshuset

I Tabell 6 presenteras analysresultatet för kontorshuset.

Tabell 5 Kostnad för skillnader mellan olika brandskyddsstrategier för kontorshuset.

Kontorshus	Byggherren		Entreprenören	
	LCC	Rangordning	Byggekostnad	Rangordning
Utformning 1 Förenklad dimensionering med utrymningslarm	1 692 000 Kr	5	1 105 000 Kr	3
Utformning 2 Förenklad dimensionering med vattensprinkleranläggning	1 409 000 Kr	4	1 705 000 Kr	5
Utformning 3 Aktivt brandskydd med automatiskt brandlarm	757 000 Kr	3	1 030 000 Kr	2
Utformning 4 Aktivt brandskydd med vattensprinkleranläggning	- 19 000 Kr	2	1 345 000 Kr	4
Utformning 5 Aktivt brandskydd med automatiskt brandlarm och reducerat antal utrymningsvägar.	- 671 000 Kr	1	670 000 Kr	1

Beräkningarna för kontorshuset avser ett våningsplan och viss kostnader förknippade med brandskydd har fördelats mellan flera våningsplan, t.ex. underhållskostnad för trapphus.

Analysresultaten för kontorshuset skiljer sig från de tidigare resultaten. I likhet med tidigare resultat kommer en och samma utformning vara mest kostnadseffektiv för både byggherren och entreprenören. Däremot så visar det sig att rangordningen av övriga alternativ skiljer. Det innebär att om utformning 5 inte tas med i analysen, kommer det bästa alternativet för dessa aktörer att skilja sig åt. Ytterligare en skillnad från tidigare resultat är att kostnaden blir negativ för vissa utformningar, d.v.s. skillnaden i utformningen av brandskyddet kommer att innebära inte bara en minskning av kostnaden, utan även att intäkter kan genereras som följd. I ovanstående exempel kopplas möjligheten att frigöra utrymme genom reduktion av trapphus med en ökad hyresintäkt. För kontorshuset visar sig valet av utformning vara betydande för byggherren och det finns goda möjligheter till besparingar genom att använda dimensioneringsmetoder baserad på beräkning.



## 7 Diskussion

### 7.1 Val av bästa alternativ

Vid en första anblick kan resultatet av rangordningen vara underlag till att direkt fatta beslut om den bästa utformningen. Tanken med analysresultatet är inte att utse det bästa valet enbart baserat på en kvantitativ analys av kostnader och säkerhet. Det är nödvändigt att väga in fler saker vid beslut, som även kan vara kvalitativa till sin karaktär. Flera alternativ som är möjliga ur ett brandtekniskt perspektiv sällas bort redan innan analys av säkerhet och ekonomi görs, eftersom deras inverkan på byggnaden och verksamheten är oacceptabla. För andra alternativ kan ett val innebära att en avvägning mellan olika målsättningar måste göras. Detta kan sällan ske på enbart en beräkningsmässig grund. I diskotek kan t.ex. sprinkler innebära komplikationer. Det finns mycket folk i berusat tillstånd som mycket väl kan aktivera en sprinkler av "misstag" eller av ont uppsåt. Det innebär inte att det är omöjligt att installera sprinkler i ett diskotek, men risken för skadeverkan och eventuellt falsklarm måste särskilt beaktas.

Det kvantitativa analysresultatet syftar till att vara en av flera delar i det beslutsunderlaget som beslutsfattaren har till förfogande för att fatta ett kostnadseffektivt beslut om utformningen av brandskyddet. Analysresultatet utgör beslutsunderlag som behövs när det skall beslutas om hur och vilka ramar, krav och specifikationer för ett bygge skall sättas upp, för att uppfylla krav på kostnadseffektivitet.

I rapporten har några olika sätt att tillämpa beslutsanalysmodellen på vid projektering identifierats. I följande avsnitt diskuteras analysresultaten från kapitel 6 med utgångspunkt från beslutsunderlaget måste tillämpas på olika sätt beroende på hur brandskyddsproblematiken ser ut i den aktuella projekteringen.

#### **Besparing**

Det är nödvändigt att val av brandskyddsstrategi diskuteras tidigt i byggprojektet. Det är viktigt att val av brandskyddsstrategi inte sker efter att övriga delar av byggnaden redan projekterats. Det kan innebära stora kostnader om ändringar blir nödvändiga och möjligheterna att göra en kostnadseffektiv utformning blir mindre.

Under förutsättning att alla utformningar anses vara likvärdiga i andra avseenden kommer målsättningen vara att välja en så kostnadseffektiv brandskyddsstrategi som möjligt. Rangordningen som presenteras i analysresultaten kan användas och eventuella besparingar till följd av valet beräknas genom att jämföra de relativa kostnaderna för de olika alternativen.

Huruvida förenklad dimensionering eller dimensionering genom beräkning kommer att resultera i den mest kostnadseffektiva utformningen beror på förutsättningarna vid utarbetandet av de olika alternativen. Omfattningen av brandskyddsproblematiken är avgörande och hur brandskyddsproblematiken är kopplad till andra teknikområden, d.v.s. hur brandskyddet är integrerat med byggnaden som helhet.

Kontorslokalen är det exempel där valet av brandskyddsstrategi får störst ekonomiska konsekvenser och där samtidigt möjligheterna att utnyttja fördelarna med dimensionering genom beräkning är störst. Antalet trapphus är den skillnad som i exemplet har störst effekt på kostnaden. Reducering av trapphus innebär dels en sänkt byggkostnad och dels mer utrymme som kan utnyttjas i byggnaden. Den ökade ytan innebär en ökad hyresintäkt. Bland de alternativ som analyserats skiljer LCC per våningsplan som mest ca: 2.3 MKr och byggkostnaden ca: 1 MKr.

Varken vårdavdelningen eller diskoteket kan ses som byggnader med komplicerad brandskyddsproblematik i jämförelse med objekt som t.ex. höghus, varuhus, flygplatsterminaler etc. Det gör att totala kostnaden för brand och brandskydd relativt sett är liten och därmed möjligheterna till besparingar begränsade. För dessa typer av objekt är därmed vinsterna med att dimensionera genom beräkning ur med hänsyn till kostnadseffektivitet små eller i många fall obefintliga. I de konkreta fall som studerats är den förenklade dimensioneringen det mest kostnadseffektiva valet för både vårdavdelningen och diskoteket. Därför förordas den förenklade dimensioneringen som den mest kostnadseffektiva dimensioneringsmetoden, under förutsättning att den ger en tillräckligt hög säkerhetsnivå.

Det kommer då att vara svårt att finna en mer kostnadseffektiv utformning genom att dimensionera genom beräkning, eftersom projekteringskostnaderna ökar och är en betydande del av kostnad för brandskydd. Samtidigt är möjligheterna till reduktion av övriga kostnader är små.

Det bör poängteras att flera av de utformningar som tagits fram med hjälp av dimensionering genom beräkning inte är likvärdiga med resultatet av den förenklade dimensioneringen med avseende på säkerhet för något av objekten. De alternativa brandskyddsstrategier har alla en högre säkerhet. En slutsats som kan dras av analysen i kapitel 6 och är känd sedan tidigare är att högre säkerhet kostar.

Om brandskyddet utformas med en högre säkerhet än nödvändigt kan principiellt en förändring av verksamheten för att öka intäkterna göras. För samlingslokaler sätter ofta brandskyddet gräns för hur många personer som får vistas i lokalen. För diskoteket kan det t.ex. vara aktuellt att överväga att släppa in fler gäster än tidigare, genom att utforma brandskyddet så att säkerheten inte försämras. Det kan generera en årlig intäkt som kopplas direkt till brandskyddet, likt en ökad uthyrning i kontorslokalen. I ekvation 12 nuvärdesberäknas de ökade intäkterna som erhålls om ytterligare 30 personer kan vistas i diskoteket.

$$\text{Nuvärdesberäknad intäkt} = \sum_{i=0}^{30} \frac{30 \cdot 52 \cdot 2 \cdot 100}{1 + 0.05^i} \approx 480\,000 \text{ Kr} \quad \text{Ekv. 12}$$

I beräkningen ovan antas det inträdet är 100 Kr per person och att diskoteket har öppet två kvällar i veckan under hela året. Den ökade intäkten är av samma storleksordning som hela livscykelkostnaden för brandskydd i utformning 4. För att ovanstående intäkt skall vara aktuell att beakta i beslutsanalysen krävs att effekten på säkerheten analyseras, så att minimikraven inte underskrids. Det har inte gjorts i riskanalysen som ligger till grund för brandskyddsstrategierna, så resonemanget ovan syftar enbart till att visa på möjligheten att generera intäkter genom utformningen av brandskyddet.

Effekten av ökat personantal innebär att rangordningen med avseende på kostnadseffektivitet ändras för diskoteket.

### **Konkurrerande målsättningar**

För varken vårdavdelningen eller diskoteket finns några målsättningar som direkt begränsas av utformningen av brandskyddet eller önskemål som innebär en konflikt med kraven på brandskydd. Det finns inga önskemål om en ovanlig eller kontroversiell utformning av byggnaderna. En orsak till detta är att de olika brandskyddsstrategierna har utarbetats utan att rådfråga arkitekter och brukare. Det innebär att argumenten för att göra alternativa utformningar i stället för att använda den förenklade dimensioneringen försvinner för enkla byggnadstyper.

Ett exempel på en målsättning som kan begränsas genom krav på brandskydd, men som är svår att värdera i pengar, är flexibilitet både med avseende på utformningen och användandet av en lokal. Hur värderas t.ex. ytskikten i en vårdavdelning. Det går att frånga de krav som brandskyddet innebär på ytskikt vid användandet av förenklad dimensionering och som starkt begränsar arkitektens materialval. Frågan är vad det är värt?

En annan exempel på när flexibilitet kan vara önskvärdt är om det blir komplikationer när lokaler tillfälligt används till evenemang som de normalt inte används till, t.ex. danstillställningar i matsalar, personalfester etc. Antingen kommer inverkan av förändringen av verksamheten på brandsäkerheten inte att uppmärksammas eller så kommer det att innebära en extra kostnad för dessa evenemang i form av brandvakt eller liknande. Effekten blir betydligt mycket större om den permanenta verksamheten förändras eller om utnyttjandet av lokalen ändrar karaktär. Detta har stor betydelse för säkerheten och kan innebära att förutsättningarna i lokalen skiljer sig avsevärt från de som förutsattes när byggnaden projekterades. Vad är det värt att kunna använda en lokal till flera olika saker?

För vissa typer av vårdavdelningar kan ovanstående resonemang vara värt att beakta. För många offentliga vårdanläggningar kan man med god säkerhet förutsäga vilken typ av patienter som kommer att behandlas och vilket tillstånd de kommer att vara vid. Den arkitektoniska utformningen av vårdavdelningar för sjukhus är idag relativt likartad. För privata vårdanläggningar kan förhållandena vara annorlunda. Ålder och därmed rörelseförmågan och förståndet hos vårdtagarna kan ändras med tiden. Kraven kan därför redan vid projekteringsskedet vara en hög flexibilitet vad det gäller verksamheten.

### **ALARP**

Det har tidigare påpekats att de alternativa utformningarna en högre säkerhet än den föreskrivna, vilket missgynnar dem vid en jämförelse av kostnadseffektivitet. Vad är anledningen till detta?

Vid utarbetandet av de alternativa brandskyddsstrategierna för både vårdavdelningen, diskoteket och kontorslokalen så har säkerheten ansetts vara otillräcklig för att uppfylla samhällets krav (Becker, 2000; Jönsson & Lundin, 1998; Olsson, 1999a). Den förenklade dimensionerings lämplighet ifrågasatts alltså för dessa objekt. Samtidigt anses den förenklade dimensioneringen per definition återspegla samhällets minimikrav på

personsäkerhet. Riskprofilerna för objekten visar att det finns händelser som innebär att en stor mängd personer kommer att utsättas för kritiska förhållanden och därmed finns det risk för en större olycka.

Ifrågasättandet görs också mot bakgrund av resultat som framkommit vid tidigare studier av utrymningsförlopp kontra brandförlopp i den här typen av lokaler, där utrymningsförhållandena visat sig vara dåliga. Det tar ofta längre tid att få folk varse om en brand än vad det tar för kritiska förhållanden att uppkomma i ett diskotek. I vårdanläggningar krävs ofta långa förberedelsestider innan patienter kan flyttas och utrymning påbörjas. För kontorshuset ifrågasätts den förenklade dimensioneringen eftersom den baseras på erfarenheter från traditionellt byggande. I Sverige finns liten erfarenhet av uppförande av tjugovåningshus.

Om misstankarna om att säkerhetsnivån inte är acceptabel vid förenklad dimensionering kommer dessa alternativ inte att kvalificera sig för att ingå i analysen. Under dessa förutsättningar tillämpas resonemang om ALARP vid dimensionering av både vårdavdelningen, diskoteket och kontorsbyggnaden. Det innebär att enbart dimensionering genom beräkning är möjlig och att dimensioneringskriterium fastställs med hjälp av riskprofiler och ALARP principen använts för att utarbeta olika exempel på brandskyddsstrategierna som är acceptabla.

Idag finns det dåligt med underlag för att definiera kriterier för ALARP, eftersom acceptabla risknivåer inte anges uttryckligen i byggreglerna. Det medför också att det är svårt att bedöma förenklade dimensioneringen är otillräcklig och inte kan tillämpas. Det i sin tur innebär svårigheter vid tillämpandet av dimensionering genom beräkning genom att:

- När förenklad dimensionering inte kan tillämpas är det svårt att få fram riskprofiler att använda som dimensioneringskriterium vid dimensionering genom beräkning.
- Eftersom begränsningarna hos den förenklade dimensioneringen inte är kända, vet inte projektören när denna metod inte kan tillämpas och dimensionering genom beräkning krävs.

Idag fastställs dimensioneringskriterium mycket ad-hoc artat när dimensionering genom beräkning utförs för komplicerade objekt. Riktlinjer och rekommendationer saknas. Vid dimensionering av enklare objekt krävs att en projektering enligt förenklad dimensionering först utförs för att ta fram dimensioneringskriterium. Det finns möjlighet att till mer kostnadseffektiv projektering om underlag till acceptanskriterium kan tas fram på enklare sätt.

För att utröna vilka alternativ som är mest kostnadseffektiv bör inte en förutsättningslös jämförelse göras mellan de olika utformningarna för någon av objektstyperna. Det är inte relevant att jämföra kostnaden för alternativ som enligt ALARP principen inte uppfyller kraven på en av samhällets godtagbara säkerhetsnivåer. Trots att en utformning enligt förenklad dimensionering inte uppfyller kravet på säkerhet, bör kostnaden för brandskyddet beräknas. ALARP principen innebär nämligen att en riskreducerande åtgärd skall göras om kostnaderna för åtgärden är rimliga. Det saknas kunskap om hur detta skall bedömas och även vad som är den undre gränsen i ALARP området, d.v.s. under vilken riskprofil som ingen riskreducerande åtgärd behöver göras. En sak som är

säker är att varje utformning som ger en lägre risknivå än den förenklade dimensioneringen är bättre ur säkerhetssynpunkt.

Oavsett hur den rimliga säkerhetsnivån bestäms kommer en höjning av säkerhetsnivån för objektet att kunna ske på olika sätt. Analysmodellen ger ett bra underlag för att bland dessa alternativ, välja det som är mest kostnadseffektivt.

Med utgångspunkt från ALARP principen bedöms för vårdanläggningen utformning 1 på basis av slutsatserna i Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals (Olsson, 1999a) kräva att säkerhetshöjande åtgärder genomförs. Två alternativ presenteras med en högre säkerhet och om båda anses vara acceptabla visar beslutsunderlaget från kostnadsnyttoanalysen att skillnaden i byggkostnad mellan de acceptabla alternativen är ca 200 000 Kr. Skillnaden för LCC är 260 000 Kr. Det visar att en analys av kostnadseffektivitet är ett betydelsefullt underlag vid en valsituation.

För diskoteket anses den förenklade dimensioneringen, dvs utformning 1, samt utformning 3 inte uppfylla en acceptabel säkerhetsnivå (Becker, 2000). Analysen av säkerhet och kostnad visar att för en ökning av byggkostnaden med 60 000 Kr kan personsäkerheten förbättras avsevärt, dvs om alternativ 4 väljs, samt att det finns dyrare alternativ som inte medför motsvarande förbättring av säkerheten. Ökningen av LCC blir också ca: 60 000 Kr för utformning 4.

För kontorshuset bedöms enbart utformning 2 och 4 vara acceptabla. För byggherren innebär utformning 4 en besparing på ca: 1.3 MKr jämfört med alternativ 2, och för entreprenören en besparing på 360 000 Kr.

Hur det förhåller sig i de aktuella objekten beror på tolkning av situationen. En direkt jämförelse mellan alternativen förordar den förenklade dimensioneringen för vårdavdelningen och diskoteket. Det finns dock farhågor med förenklad dimensionering av alla objekten. Genom att använda ALARP principen kan säkerheten höjas och genom att kombinera den ekonomiska analysen med riskanalysen som finns för objekten, kan kostnadseffektiva riskreducerande åtgärder utformas. Denna bedömning gjordes för objekten med utgångspunkt från det beslutsunderlag som beslutsanalysen ger och skillnaden mellan de olika utformningarna av riskreducerande åtgärder vara stora.

## 7.2 Kostnad för projektering

Analysresultaten visar att det med hjälp av dimensionering genom beräkning och kostnads-nyttoanalys ges möjlighet till en kostnadseffektiv utformning av byggnaden. Det gäller framför allt för komplicerade objekt eller för objekt där stora avsteg från traditionella lösningar är nödvändiga. Det bör påpekas att det inte är en generell slutsats som gäller för alla objekt, men med en överslagsmässig kostnads-nyttoanalys kan möjligheterna till en mer kostnadseffektiv utformning än vad förenklad dimensionering utförs. När kostnad för brand och brandskydd är låga finns det i regler små möjligheter till besparing. Det samma gäller när brandskyddet inte står i konflikt med andra målsättningar med byggnaden eller utgör en begränsning för verksamheten eller utformning av byggnaden. I många "vanliga" fall, d.v.s. för enkla objekt, kommer besparingar vid dimensionering genom beräkning inte att överstiga den ökade kostnad för projektering som tillkommer.



Kostnaden för en analys av den omfattning som ligger till grund för riskvärderingen och kostnadsanalysen av de olika objekten uppskattas vara av storleksordningen 100 000 Kr per studie. Det är en mycket grovt tilltagen siffra, men visar att det är ett resurskrävande arbete. För vårdavdelningen och kontorshuset finns goda möjligheter att göra analysen för en avdelning, eller ett plan, och sedan använda underlaget för alla liknande utrymmen. Dimensionering genom beräkning innebär inte att riskanalys alltid måste utföras. Vilken omfattning analysen kräver beror på objektet som studeras och brandskyddsproblematikens komplexitet. Det bör påpekas att den typ av avsteg som görs från den förenklade dimensioneringen kräver en så pass omfattande analys för att verifiera att byggreglerna uppfylls. Kostnaden för en förenklad dimensionering av vårdlokalen och diskoteket uppskattas vara mellan 20 000–30 000 Kr, under förutsättning att en brandskyddsgenomgång utförs och samt att kvalitetssäkring genomförs. Om riktlinjer och vägledning vid dimensionering genom beräkning utarbetas, kan projekteringskostnaden för många situationer där en fullständig riskanalys inte krävs reduceras, samtidigt som möjligheterna till besparing fortfarande finns.

I en relativ jämförelse mellan en utformning som baseras på förenklad dimensionering och en utformning som projekteras med hjälp av dimensionering genom beräkning bör normalt kostnadsskillnaden för projektering tas med. För många mindre omfattande projekteringar kan den kostnaden komma att medföra att valet av dimensioneringsmetod är avgörande för kostnadseffektiviteten för brandskyddsstrategin.

För de objekt som studerats råder det tveksamhet om förenklad dimensionering medför är acceptabel. Därmed måste riskanalys genomföras för objekten och kostnaden kommer därmed inte vara en relativ kostnad för utformningarna. Om däremot den förenklade dimensioneringen är acceptabel bör kostnadsskillnaden för projekteringen tas med i analysen. Det gör att den förenklade dimensioneringen för enklare objekt kommer att vara mer kostnadseffektiv än vad som framgår av analysen.

### **7.3 Potentiell konflikt**

Beslutsanalysen bygger på en kostnads-nyttanalys och rangordning av bästa alternativ sker utifrån förutsättningen att aktörerna strävar efter att maximera sin egen nytta. Det styr vilka kostnader som beaktas i analysen. Det finns en potentiell konflikt mellan byggherren och entreprenören. Anledningen är att rationellt val av bästa brandskydd kan skilja för dessa aktörer, eftersom de inte bör grunda sitt val på samma kostnad. Vilken av dessa aktörer som är beslutsfattare vid projektering bero på val av entreprenadform. Det mest kostnadseffektiva brandskyddet med avseende på byggnadens livslängd behöver inte nödvändigtvis innebära att det alternativet har den lägsta byggkostnaden.

Den potentiella konflikten påverkas av när i projekteringskedet som brandskyddsstrategin utarbetas. När brandskydd beaktas i ett tidigt skede kan specifikationer beträffande utformning göras i beställningen, men brandskydd beaktas ofta som ett tekniskt system som inte lyfts fram. Genom att i anbudet och budgeten specificera kostnader för brandskydd, samt att val av brandskydd inte kopplas till entreprenörens vinst, kommer sannolikt möjligheten till konflikt att reduceras. Entreprenören får ersättning för de kostnader som uppstår. Om byggherren förordar ett alternativ med hög anskaffningskostnad, men låg livscykelkostnad, har inte entreprenören några invändningar eftersom anskaffningskostnaden ingår i arvodet.

Görs däremot upphandlingen innan brandskyddet beaktats kommer anskaffningskostnadens storleken och val av system som redan upphandlats, men inte specificerats att vara betydelsefullt. En ökad byggkostnad p.g.a. brandskydd ses som en extra tillkommande kostnad. Alla budgeterade byggkostnader som kan sänkas jämfört med anbudet som entreprenören lämnat och fått accepterat, innebär i princip en ökad vinst. Allt som blir dyrare innebär att vinsten minskar om ingen ytterligare ersättning utgår. Det medför att under sådana förutsättningar kommer entreprenörens och byggherrens värdering av alternativ skilja sig, och byggherren riskerar att utformningen av brandskydd kommer att innebära en hög livscykelkostnad. För att gardera sig mot detta måste brandskydd beaktas och krav på livscykelekonomi ingå i specifikationen.

I de fall som analyseras visar det sig att rangordningen för de båda aktörerna skiljer i fråga om kontorshuset. Visserligen är det bästa alternativet det samma, men om det av någon anledning inte anses lämpligt kommer problematiken som diskuteras ovan att uppstå. Utfallet kommer att styras av hur väl byggherren specificerat ramar och målsättning med byggnaden.

## 7.4 Avgränsningar

Kopplingen mellan brandskydd och möjligheten till besparing inom andra teknikområden är summariskt gjorda för alla objekten. Det är en effekt av att projektörer från övriga teknikområden inte varit representerade vid utarbetande av de olika brandskyddsstrategierna. Anledningen är att det huvudsakliga syftet med de alternativa utformningarna har varit att undersöka effekten på personsäkerheten, kostnadseffektivitet har inte beaktats vid utformningen. I utformningarna som analyserats för vårdavdelningen (Olsson, 1999a) och diskoteket (Becker, 2000) har bärande konstruktioner och ventilation dimensionerats genom förenklad dimensionering. För kontorshuset (Jönsson & Lundin, 1998) har besparingsmöjligheter exemplifierats vid dimensionering genom beräkning för bärverk, men ventilationssystemet dimensioneras genom förenklad dimensionering. Det innebär att vissa möjligheter till besparingar kan ha blivit förbisedda. Vid dimensionering av bärande konstruktioner ta hänsyn dels till den laster som konstruktionen skall bära vid normal tillstånd och även hur bärigheten påverkas vid brand. Betong är exempel på ett material som förlorar sin hållfasthet långsamt vid temperaturpåverkan i förhållande till t.ex. oskyddat stål. För att stål skall kunna användas krävs att stålkonstruktionen skyddas, t.ex. genom isolering eller brandskyddsmålning. När det ställs höga krav på brandmotstånd brukar ofta betong vara ett kostnadseffektivt alternativ. Om det däremot genom att dimensionera de bärande konstruktionerna genom beräkning kan konstateras att den termiska påverkan på konstruktionen är mindre än vad den förenklade dimensioneringen föreskriver, kan kraven på brandskydd sänkas. Då finns möjlighet att en utformning med stålpelare blir mer kostnadseffektiv.

En rad antaganden och förenklingar gjorts, för att möjliggöra analys av objekten som ingår i studien. Dessa finns beskrivna i uppbyggnaden av modellen och de mest övergripande sammanfattas nedan:

Analysen av säkerhet, kostnad och nytta har gjorts med utgångspunkt från personsäkerhet. Vid projektering krävs även att fler skyddsmål beaktas, t.ex. säkerhet för insatspersonal.

I analysen för byggherren och entreprenören kommer inte brandskadekostnaden att påverkas av valet. Eftersom analysen är relativ kommer den därför inte att beaktas. Det gäller under förutsättning att egendoms och avbrottsskador täcks fullt ut av försäkring, samt att de dolda kostnaderna är små och att årliga kostnad för självriskan är försumbar.

För kontorshus kan brandskyddet påverka kostnad för försäkring i högre grad än för de andra objekten. I analysen har antagandet gjorts att effekten av kostnad för försäkring är inte påverkar valet av brandskydd för kontorshuset. Kostnaden för självrisk i samband med brand

För kontorshuset har analysen begränsats till ett våningsplan. Vid projektering av ett sådant objekt kan analysen komma att utökas till att omfatta flera våningsplan, beroende på utformningen. Hänsyn till ovan- och underliggande våningsplan har tagits vid simulering av utrymning.

Huruvida säkerhetsnivån i utformningen baserad på förenklade dimensionering är tillräcklig eller ej bygger på subjektiva bedömningar.

## 7.5 Fortsatt forskning

Säkerhetsnivån vid förenklad dimensionering har i samband med analys av flera olika offentliga lokaler ifrågasatts. Det finns dålig kännedom om begränsningarna med förenklad dimensionering, d.v.s. när dimensioneringsmetoden inte är lämplig att använda. För att samhällets krav på brandsäkerhet skall kunna uppfyllas krävs att begränsningarna med förenklade dimensioneringsmetoder tydliggörs och att dimensioneringsmetoder baserat på beräkning utvecklas för situationer där de förenklade metoderna är otillräckliga.

För att göra detta praktiskt möjligt att dimensionera komplexa objekt genom beräkning, där förenklad dimensionering ej kan tillämpas, krävs att riktlinjer utarbetas för hur riskprofilerna som utgör ALARP området skall tas fram. Det innebär att berörda myndigheter måste börja resonera i termer om vilken säkerhetsnivå vill vi ha i våra byggnader, d.v.s. acceptabel risk, vilket innebär är en precisering av de funktionsmål som finns angivna i bygglagstiftningen. För att verifiera enklare avsteg från en accepterad lösning finns beräkningsmetoder att tillgå och acceptanskriterier definierade. Det är däremot oklart hur dimensioneringskriterium vid dimensionering genom beräkning skall tas fram.

Styrmedel, t.ex. regelverk, för krav på brandskydd påverkar av vem kostnaderna bärs och det har därmed en indirekt påverkan på valet av skyddsstrategi. Om riskprofilen för en dimensionering befinner sig inom ALARP regionen krävs riskreducerande åtgärder. Riskreduktionen av en åtgärd skall stå i proportion till kostnaden för åtgärden. En svårighet är att kostnaden för åtgärden bärs av en aktör, d.v.s. byggherren eller entreprenören, medan riskreduktionen åtnjuts av andra, t.ex. lokalernas hyresgäster. Det innebär att en lagom säkerhetsnivå inte kommer att inställa sig automatiskt, utan styrmedel behöver utformas för att hitta en bra balans. Ett sätt är att införa styrmedel som kopplar säkerhetsnivån till beslutsfattarens egenintressen. Det är nödvändigt med någon form av bedömningsunderlag för att avgöra om risken reducerats tillräckligt av en åtgärd.

För att kunna definiera ALARP kriterier och även riktlinjer för vad som tillräckliga riskreducerande åtgärder krävs att analysmodeller utvecklas där bästa valet av brandskyddsstrategi ur samhällets perspektiv utvecklas. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv skall brandskyddskraven balansera kostnad för det brandskydd som krävs och skadekostnad för brand. Det har tidigare funnits dåligt med underlag för att göra analyser där kostnader som är kopplade till brandskada ingår. Samhällsekonomiska analyser av brandskyddsprojektering har bedömts vara svåra att genomföra med det knapphändiga underlag som existerat (Mattsson, 1994).

Dolda kostnader är en kostnad som har behandlats summariskt i analysen. Inom industrin är dolda kostnader ett välkänt begrepp, men det pratas sällan om det i samband med brandskada i offentliga byggnader. Genom att koppla samman kostnadsnyttoanalysen med en utökad riskanalys finns möjlighet att modellera kostnad för brandskada. Det innebär att tillämpningsområdet för kostnadseffektiv värdering av brandskyddsstrategier kan utökas till att omfatta samhällsekonomiska analyser. En sådan analysmodell är även användbar för andra aktörer där val av brandskyddsstrategi påverkar brandskadekostnaden, t.ex. försäkringsbolag och aktörer som är oförsäkrade, vilket blir vanligare och vanligare för kommuner. För att bygga upp en sådan analysmodell krävs att kopplingarna mellan val av brandskydd och de olika kostnadstyperna som utgör totalkostnaden för brand och brandskydd studeras. För att kunna modellera effekten av olika val av brandskydd krävs också att påverkan av byggnadstekniska skyddssystem och organisatoriska åtgärders på sannolikheten för brands uppkomst studeras.

Med utgångspunkt från en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys bör det undersökas om den säkerhetsnivå som finns i många samlingslokaler är samhällsekonomiskt försvarbar. Det kan ge anledning att förändra de förenklade dimensionering metoderna, så att mer kostnadseffektiva utformningar görs från ett samhällsperspektiv, genom att krav på brandskydd höjs. Analysresultaten visar att för vårdavdelningen och diskoteket kan en relativt liten summa att förbättra personsäkerheten avsevärt.

Detta bör närmare undersökas hur möjligheterna att ”byta” byggnadstekniskt brandskydd mot organisatoriska åtgärder skall hanteras vid projektering. Personsäkerheten i en byggnad påverkas både av byggnadens utformning och av verksamheten som bedrivs i den. Utformningen av brandskyddet bör därför inte begränsas till att enbart omfatta byggnadens utformning, utan bör möjliggöra och innefatta organisatoriska åtgärder. Det kan t.ex. vara rutiner för personalens agerande vid larm, utbildning etc. I dag är det svårt att integrera dessa faktorer vid projektering av en byggnads brandskydd, eftersom bygglagstiftningen enbart ställer krav på byggnaden. Samtidigt är det i princip omöjligt behandla byggnad och verksamhet helt åtskilda när säkerheten skall projekteras. Samtidigt som möjligheterna med att integrera organisatoriska och byggnadstekniska åtgärder vid utformandet av brandskydd uppkommer en hel del problem. Det är t.ex. svårt att kontrollera att de förutsättningar som antas vid projektering efterlevs.

För att kunna dimensionera kostnadseffektivt krävs att underlag för att bedöma omfattningen av dimensionering genom beräkning utarbetas. Dimensionering genom beräkning innebär inte att det krävs att riskanalyser utförs vid varje analys. Det är inte kostnadseffektivt. Det finns flera olika nivåer och hantering av osäkerheter, metodval,

dimensioneringskriterium, krav på dokumentation och krav på kontroll och verifikation. Hur dimensionering genom beräkning skall utföras och vilka krav som kan ställas beror dels av objektet och hur de brandtekniska problemen är beskaffade. Idag finns ingen tydlig arbetsmetodik som beskriver hur och vad som kan krävas vid brandteknisk dimensionering.

## 8 Slutsatser

Analysmetoden som utarbetas i rapporten kan användas för att vid dimensionering genom beräkning undersöka möjligheterna att finna en mer kostnadseffektiv utformning av brandskyddet än vid förenklad dimensionering. Det kan också vara aktuellt att jämföra skillnad i kostnadseffektivitet mellan olika alternativ som dimensionerats genom beräkning. Målsättningen med analysen kan t.ex. vara att sänka den totala byggkostnaden eller livscykelkostnaden, att finna utformningar som möjliggörs att andra än rent ekonomiska värde tillvaratas eller att dimensionering genom ALARP-principen utförs.

Mot bakgrund av utveckling och tillämpning av metoden på olika brandskyddsstrategier för en vårdavdelning, ett diskotek och en kontorslokal dras följande slutsatser:

Totalkostnad för brand och brandskydd kommer att vara olika för olika aktörer, t.ex. byggherren och entreprenören. Det innebär att vid val mellan flera olika utformningar kan olika alternativ vara det mest kostnadseffektiva, beroende på ur vems perspektiv analysen görs. Det innebär att vem som är beslutsfattare kan ha stor betydelse för utfallet i en valsituation.

Det konstateras att det finns goda förutsättningar för kostnadseffektiv utformning av brandskyddet, fastän inte på samma villkor som för industrin. Det går t.ex. inte på samma sätt räkna hem en säkerhetshöjande åtgärd genom att reduktionen av försäkringspremien täcker investeringskostnaden, utan andra nyttoeffekter måste identifieras. Analysresultaten visar att med hjälp av dimensionering genom beräkning kan samhällets krav på brandskydd uppfyllas till en både lägre total byggkostnad och livscykelkostnad, än vad förenklad dimensionering innebär. Det gäller framför allt för brandtekniskt komplexa objekt och där möjligheter till besparingar inom andra teknikområden än brand identifieras och tillvaratas. För enkla okomplicerade byggnader är förenklad dimensionering mest kostnadseffektiv.

Möjligheterna att påvisa kostnadseffektivitet vid användning av dimensionering genom beräkning förbättras avsevärt genom att kartlägga hur krav på brandskydd påverkar utformningen av byggnaden och verksamheten. Både besparingar, ökade intäkter och ett effektivare utnyttjande av byggnaden kan i många möjliggöras vid alternativ utformning av brandskyddet. Eftersom val av brandskyddet påverkar den totala byggkostnaden både direkt och indirekt krävs att brandskyddet inte hanteras som en isolerad del av byggnaden vid analys av kostnadseffektivitet. Om analysen enbart beaktar anskaffningskostnaden för brandskydd kommer förenklad dimensionering i många situationer felaktigt att framstå som det mest kostnadseffektiva. Utifrån en sådan analys blir det svårt att argumentera för dimensionering genom beräkning. I kontorshuset innebar t.ex. reducering av antalet trapphus både en sänkt byggkostnad och ökade intäkter genom att mer yta kan uthyras. Det senare visas genom att intäkter kopplade till val av brandskydd inkluderas i LCC.

Både för en byggherre som ser till livscykelkostnaden (LCC) och en entreprenör som tittar på byggkostnaden kommer det att vara kostnadseffektivt att utforma brandskyddet

med utgångspunkt från samhällets minimikrav på personskydd. Vid analys av totalkostnaden för brand och brandskydd i samband med projektering ur byggherrens eller entreprenörens perspektiv är det monetära värdet av ett mänskligt liv inte nödvändigt att precisera. Det beror på att byggreglerna inte tillåter sk ”trade-off”, dvs en reduktion av personsäkerhet till förmån för en besparing av kostnad för brandskydd. När personskydd är främsta skyddsmålet i en byggnad innebär kostnadseffektiv utformning av brandskyddet sällan optimering med avseende på skyddsnivå för varken byggherren eller entreprenören. Offentliga byggnader har ofta ett lågt egendomsvärde, vilket gör att ett ökat egendomsskydd inte är en tillräckligt starkt incitament för att investera i ett högre brandskydd än vad som föreskrivs. Nivån på personsäkerheten i en byggnad styrs inte av vad som är kostnadsmässigt mest optimalt för någon av dessa aktörer utan är ett politiskt beslut som avspeglar samhällets syn på vad som är acceptabel risk.

För att en högre brandsäkerhet med avseende på personskydd skall generera nytta för byggherren eller brukaren av en verksamhet krävs en tydligare koppling till dolda kostnader i samband med brand för offentliga byggnader. Efterfrågan av brandsäkerhet i offentliga lokaler är relativt låg och värderas inte tillräckligt högt för att skapa incitament för att investera i en högre personsäkerhet än vad samhället idag kräver.

För att verifiera om förenklad dimensionering kan tillämpas vid dimensioneringen av ett objekt måste antingen modellens begränsningar specificeras eller en acceptabel risknivå specificeras, så att kvantitativ verifiering kan genomföras om tveksamhet råder. Idag finns varken begränsningar specificerad eller en acceptabel risknivå. Det gör att förutsättningar för förenklad dimensionering är oklara och möjlighet att analysera giltigheten för specifika situationer är dåliga.

För flera av de objekt som studerats har säkerhetsnivån vid förenklad dimensionering ifrågasatts. Analysen visar att olyckor kan inträffa där ett stort antal personer kommer att drabbas av kritiska förhållanden. I dessa situationer kan ALARP principen tillämpas vid dimensionering genom beräkning. Riskanalys i kombination med analys av kostnadseffektivitet leder till utarbetandet av riskreducerande åtgärder. Resultaten visar att till en relativt sett blygsam merkostnad kan personsäkerheten höjas avsevärt, genom att analysmetoden tillämpas tillsammans med ALARP principer. Det föranleder återigen att ifrågasätta förenklad dimensionering. Om små åtgärder kan höja säkerheten avsevärt, vilket innebär väsentligt färre skadade och döda, är det tveksamt om den ursprungliga förenklade dimensioneringen är samhällsekonomiskt försvarbar.

Det finns ett behov av att utreda hur acceptanskriterium och acceptabel risk skall definieras vid dimensionering genom beräkning där förenklad dimensionering inte kan tillämpas.

Det finns goda förutsättningar att utveckla den grundläggande analysmodellen av kostnadseffektivitet i samband med dimensionering av brandskydd till att omfatta fler perspektiv. Det kan t.ex. intressera försäkringsbolag vid bestämning av tariffer eller myndigheter vid utarbetande av regler, föreskrifter och andra styrmedel. För att analysera kostnadseffektivitet ur dessa perspektiv krävs att en modell för att beräkna brandskada utvecklas.

## 9 Referenser

AFS, Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, Stockholm.

Andersson, B., Babrauskas, V., Holmstedt, G., Särdaqvist, S. & Winter, G. Simulated Fires in Substances of Pesticide Type, Report 3087, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1999.

Andersson, G. Kalkyler som beslutsunderlag, Studentlitteratur, Lund, 1997.

Backvik, B., Bengtsson, S., Fagergren, T., Granberg, O. & Jensen, L. En handbok om brandskyddsteknik för ventilationssystem, Nyman & Jonsson AB, Sundsvall, 1996.

Becker, P. Metod för riskbaserad dimensionering, Rapport 3109, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2000.

Becker, P. & Nilsson, M., Riskanalys och utvärdering av detektion- och släcksystem – en serviceanläggning tillhörande JAS 39-Gripen, Examensarbete vid Brandteknik, Lunds Universitet, Lund, 1998.

BBR, Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 1998:38, Boverket, Karlskrona 1998.

BKR, Boverkets konstruktionsregler, BFS 1993:58 med ändringar t.o.m. BFS 1998:39, Boverket, Karlskrona, 1998.

Boverket, Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand. Rapport 1997:9, Boverket, Karlskrona, 1997.

Broman, T. Kvarngården – trähus i tre våningar, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund, 1997.

BRE, Building Research Establishment. Quantifying the cost of meeting Building Regulations for safety requirements in new buildings, London, 1999. (*utkast*)

Bygganalys. Bygganalys lilla prisbok 98, Stockholm, 1999.

Frantzich, H. & Lundin, J. Riskbaserad brandteknisk dimensionering – slutredovisning av projektet ”Dimensionering efter beräknad risk”, Rapport 3112, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2000.

Hansson, S. O. An Overview of Decision Theory, Statens Kärnbränslenämnd, Allmänna Förlaget, Stockholm. 1990.

Hicks, H.L. & Libermann, R.R. A Study of Indirect Fire Losses in Non-residential Properties, Fou-brand, 1, 8-15, 1979.



HMSO, Her Majesty's Stationary Office. The Building Regulations 1991, Approved Document B, Fire Safety, HMSO, 1992.

Johansson, H. Sammanfattning av fas 1 i projektet "Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet", Rapport 3104, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds, 1999.

Johansson, H. & Lundin, J., Riskbaserad utvärdering av alternativ brandskyddsutformning av byggnader, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1999.

Jönsson, R., Frantzich, H., Karlsson, B., Magnusson, S.E., Ondrus, J., Pettersson, O., Bengtsson, S., Osterling, T. & Thor, J. Brandskydd – Teori och praktik. Brandskyddslaget, Stockholm, 1994.

Jönsson, R. & Lundin, J. The Swedish Case Study; Different Design Methods Applied on a High Rise Building. Proc. from the 2<sup>nd</sup> International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Engineering, International Code Council and the Society of Fire Protection Engineers, USA, 1998.

Keeney, R. L. & Raiffa, H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Wiley & Sons. 1976.

Klein, G. A., Orasanu, J., Calderwood, R. & Zsombok, C. E. Decision Making in Action: Models and Methods, Ablex Publishing Corporation, New Jersey, 1993.

Klippberg, A. & Fallqvist, K., Brandskydd i Boverkets byggregler BBR, Svenska Brandförsvarsförbundet, Stockholm 1999.

Lundquist, M. Fisketorget Shopping Center - Deterministisk Brandteknisk Riskanalys, Brandskyddslaget AB, Stockholm, 1999.

Magnusson, S. E., Göransson, P., Petersen, K., Malmen, Y., Hovden, J., Harms-Ringdahl, L. & Akselsson, R. Co-operativ Nordic Risk Research, Nordic Industrial Fond Project P98087, Lucram, Lund University, Lund, 1999.

Marberg P. A., Frantzich, H., Jönsson, R., Lundin, J. & Rantatalo, T. The Swedish Case Study, Fire Safety Design for a Multitenant Business Occupancy, Report 3083, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1996.

Mattsson, B. Riskhantering vid skydd mot olyckor, Statens Räddningsverk, Karlstad, 1999. (*utkast*)

Mattsson, B. Byggnadsutformning och brandsäkerhet. Forskningsrapport 1994:5. Institutionen för ekonomi, Högskolan i Karlstad, Karlstad, 1994.

Mattsson, B. Optimal brandsäkerhet för samhället och beslutsfattaren: en ekonomisk analys av skillnader, behov och val av styrmedel. Forskningsrapport 95:16, Institutionen för ekonomi, Högskolan i Karlstad, Karlstad, 1995.

- Mattsson, B. & Juås, B. Lagom brandsäkerhet 2, Statens Räddningsverk, Karlstad, 1996.
- Mattsson, M. Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder, En pilotstudie av beslutsanalysens faktiska förutsättningar", Rapport 3098, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1997.
- Merkhofer, M. W. Decision science and social risk management, D. Reidel Publishing Company, Holland, 1987.
- NR, Nybyggnadsregler, Boverket, Karlskrona, 1988.
- Nutt, J. Designing for fire, Presentation at the SFPE Research Agenda Workshop, 991021-991022 Washington DC, 1999.
- Ohlson, H., Genberg, H. & Backvik, B. Brandskydd – En handledning i anslutning till Boverkets byggregler, AB Svensk byggtjänst, Stockholm, 1996.
- Olsson, F. Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals, Report 3101, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1999a.
- Olsson, N. Brandgasspridning via ventilationssystem - beräkningsteori och beräkningsexempel för olika typer av lokaler och verksamheter, Rapport 5038, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund, 1999b.
- Pettersson, O. Principles of Fire Engineering Design and Fire Safety of Tall Buildings, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, Lund, 1973.
- Ramachandran, G. The Economics of Fire Protection, E & FN Spon, New York, 1998.
- Repub Program AB, Underhållskostnader, 1995.
- Rosenberg, T. Statistics for fire prevention in Sweden, Fire Safety Journal, Vol. 33, 1999.
- RUS 110:5, Regler för automatisk brandlarmanläggning, ISBN 91-7378-040-5, Försäkringsförbundet, Stockholm, 1992.
- RUS 120:4, Regler för automatisk vattensprinkleranläggning , ISBN 91-7378-042-1, Försäkringsförbundet, Stockholm, 1993.
- Räddningsverket. Räddningstjänst i siffror 1997, Karlstad, 1998.
- Räddningsverket. Värdering av risk, Karlstad, 1997.
- Shpilberg, D. & De Neufville, R. Use of Decision Analysis for Optimizing Choice of Fire Protection and Insurance: An Airport Study. Journal of risk and insurance, Vol. XLII, No.1, March 1975, pp.133-149.

SFS 1977:1160, Arbetsmiljölagen (1977:1160)

SFS 1986:1102, Räddningstjänstlagen (1986:1102)

SFS 1987:10, Plan och Bygglagen (1987:10)

SFS 1994:847, Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (1994:847)

SFS 1994:1215, Förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (1994:1215)

Sidmar, B. Dolda kostnader efter storskada kan kosta halva årsomsättningen, artikel i Brand & Räddning, nr 7, 1999.

Sjöberg, L. & Ogander, T. Att rädda liv – kostnader och effekter, Ds 1994:14, Finansdepartementet, Nordstedt Tryckeri AB, Stockholm, 1994.

SBF, Svenska Brandförsvarsföreningen. Brandskyddsguiden, Stockholm, 1997.

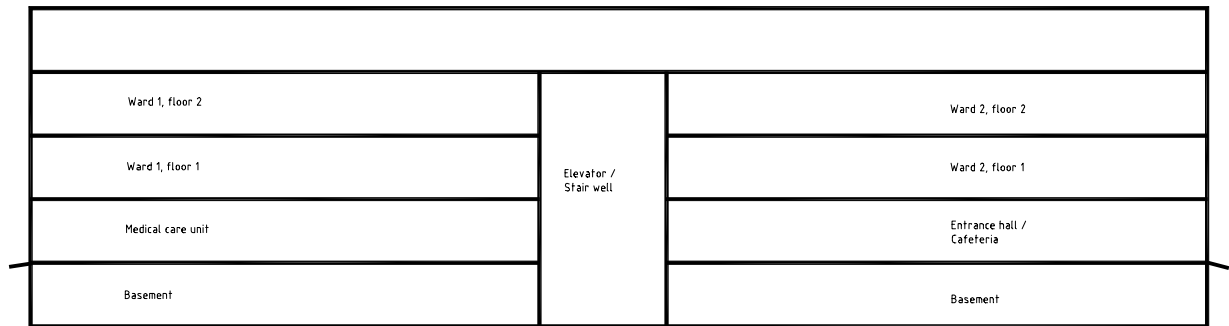
Vergheze, D. & Beck, V. Cesare Risk: Economic model, Fire Code Reform Centre, Melbourne, 1999.

Wilmot, T. Geneva Papers on Risk and Insurance, No. 3, October 1979.

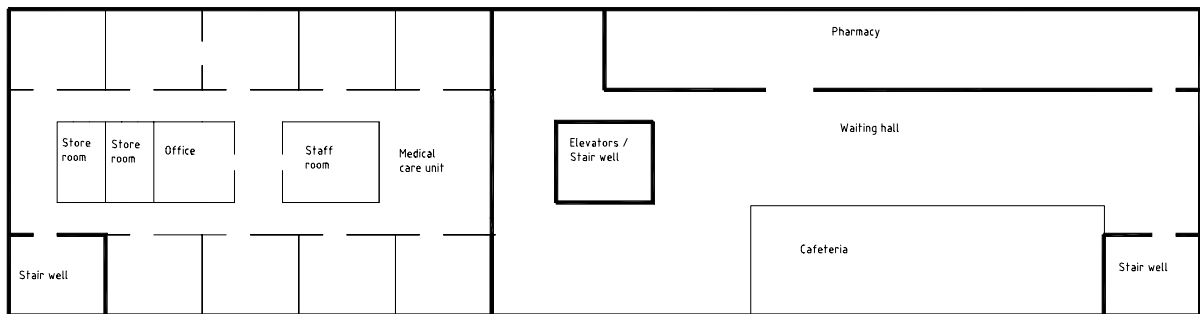
Wäckerlig, H. U. Lessons from the Sandoz Fire, Disaster Management, vol. 1, no 1, 1988.

# Appendix A Ritningar

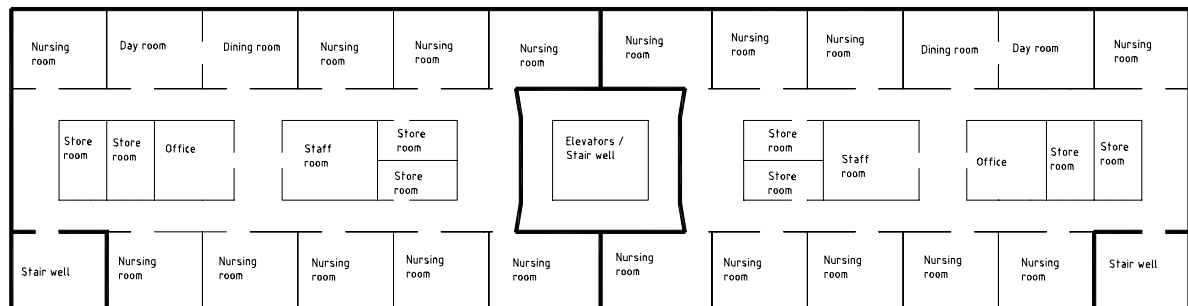
## A1 Ritningar över vårdavdelningen



Figur 18 Sektionsritning av sjukhuset. Tjocka linjer illustrerar brandcellsgränser



Figur 19 Planritning över entréplan där cafeterian och dagvårdsavdelningen är lokaliserade. Tjocka linjer illustrerar brandcellsgränser

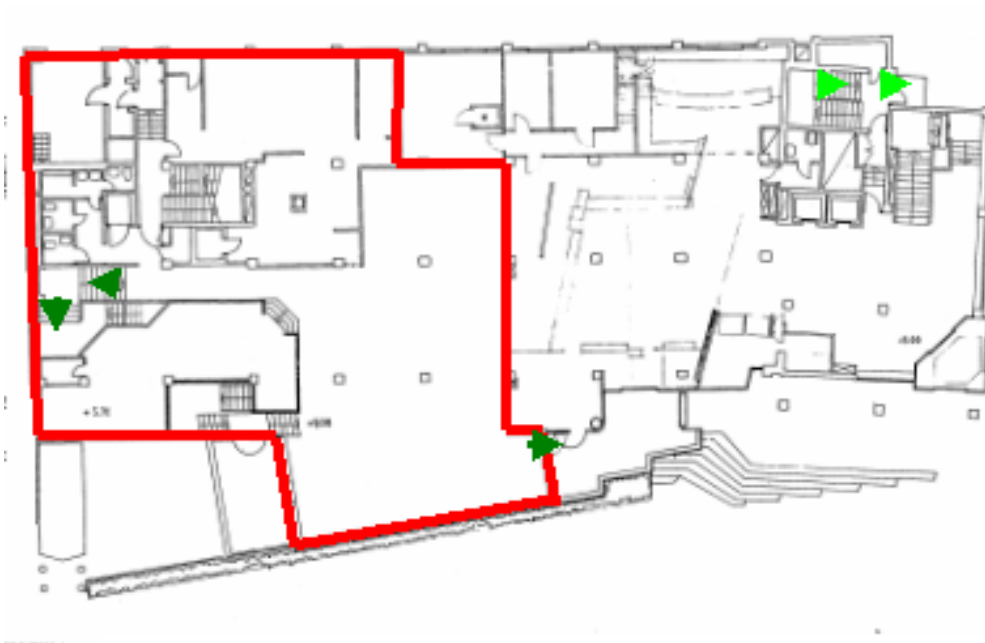


Figur 20 Planritning över våning innehållande två vårdavdelningar. Tjocka linjer illustrerar brandcellsgränser

## A2 Ritningar över diskotekslokalen

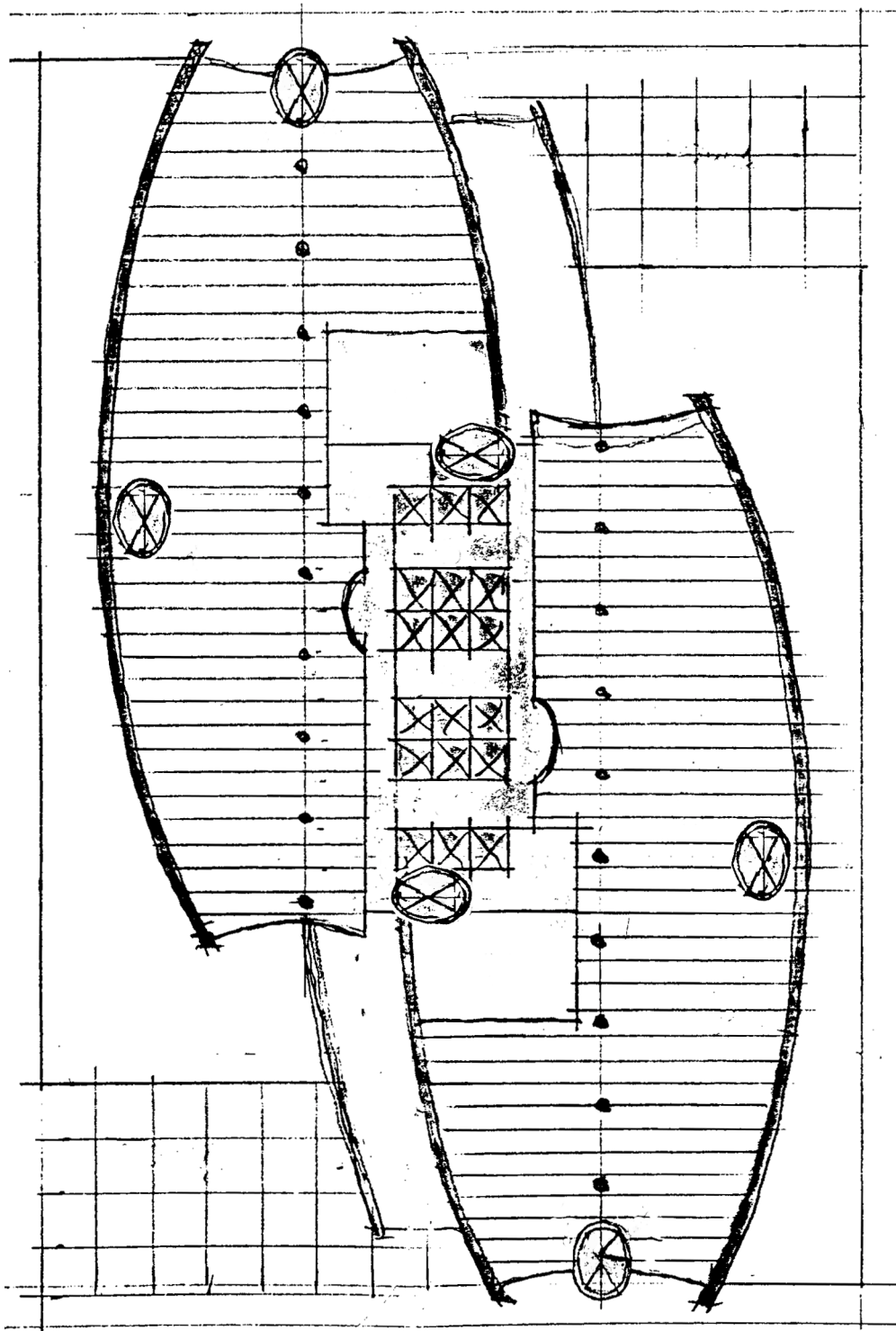


Figur 21 Planskiss över diskotekets källarvåning (utformning 4). Tjocka linjer illustrerar brandteknisk avskiljning mot annan verksamhet.



Figur 22 Planskiss över diskotekets bottenvåning (utformning 4). Tjocka linjer illustrerar brandteknisk avskiljning mot annan verksamhet.

### A3 Ritning över kontorshuset



Figur 23 Planskiss av kontorshuset, utformning 1.



# Appendix B Beräkningsunderlag

## B1 Vårdavdelningen

Tabell 6 Beräkningsunderlag för vårdavdelningen.

	Anskaffnings- kostnad	Drift och underhålls- kostnad		Reinvesterings- kostnad	Livscykel- kostnad
		per år	byggnadens livslängd		
<b>Utformning 1 - Standard</b>					
Automatiskt brandlarm (RD) inklusive central, larmklockor och aktiveringsdon	150000	8000	122980	56533	329513
<b>Summa</b>	<b>150000</b>	<b>8000</b>	<b>122980</b>	<b>56533</b>	<b>329513</b>
<b>Utformning 2 - Aktivt skydd</b>					
Sprinklersystem	436250	13125	201763	0	638013
Larmklockor kopplat till sprinkler	30000	4000	61490	0	91490
Manuella aktiveringsdon	7500	0	0	2827	10327
Oklassad vägg mot korridor	-16200	0	0	0	-16200
Oklassade dörrar	-18000	0	0	0	-18000
Minskning från EI60 till EI30	-17280	0	0	0	-17280
Förlorat lagringsutrymme 10m <sup>2</sup>	0	1500	23059	0	23059
<b>Summa</b>	<b>422270</b>	<b>17125</b>	<b>263253</b>	<b>2827</b>	<b>688350</b>
<b>Utformning 3 - Alt aktivt skydd</b>					
Automatiskt brandlarm (RD) inklusive central, larmklockor, våningsdisplayer, styrdator och aktiveringsdon	200000	8000	122980	75378	398358
3 st EI30 klassade innerdörrar	17400	0	0	0	17400
3 st automatiska dörrstängare	12300	0	0	0	12300
Oklassad vägg mot korridor	-16200	0	0	0	-16200
<b>Summa</b>	<b>229700</b>	<b>8000</b>	<b>122980</b>	<b>75378</b>	<b>428058</b>

Real kalkylränta 5%  
 Anläggningens livslängd [år] 30 år  
 Reinvesteringstid brandlarm 20 år



## B2 Diskoteket

Tabell 7 Beräkningsunderlag för diskotekslokalen.

	Anskaffnings- kostnad	Drift och underhålls- kostnad		Reinvesterings- kostnad	Livscykel- kostnad
		per år	byggnadens livslängd		
<b>Utformning 1</b>					
Automatiskt brandlarm (RD) inklusive central	170000	8000	122980	64071	357051
Utrymningslarm, talat meddelande	35000	0	0	13191	48191
Manuella aktiveringsdon	7500	0	0	2827	10327
<b>Summa</b>	<b>212500</b>	<b>8000</b>	<b>122980</b>	<b>80089</b>	<b>415569</b>
<b>Utformning 2</b>					
Automatiskt brandlarm (RD) inklusive central	170000	8000	122980	64071	357051
Utrymningslarm, talat meddelande	35000	0	0	13191	48191
Manuella aktiveringsdon	7500	0	0	2827	10327
Oklassad innerdörr	-1500	0	0	0	-1500
2 st EI30 klassade innerdörrar	10200	0	0	0	10200
2 st automatiska dörrstängare	8200	0	0	0	8200
Vägledande markering	1500	0	0	0	0
Panikregel	2500	0	0	0	2500
<b>Summa</b>	<b>233400</b>	<b>8000</b>	<b>122980</b>	<b>80089</b>	<b>436469</b>
<b>Utformning 3</b>					
Sprinklersystem	380000	33000	507291	0	887291
Talatutrymningslarm kopplat till sprinkler	52500	4000	61490	19787	133777
Förlorat lagringsutrymme 10m <sup>2</sup>	0	12000	184469	0	184469
Manuella aktiveringsdon	7500	0	0	2827	10327
<b>Summa</b>	<b>440000</b>	<b>49000</b>	<b>753250</b>	<b>22613</b>	<b>1215863</b>
<b>Utformning 4</b>					
Automatiskt brandlarm	170000	8000	122980	64071	357051
Manuellt meddelande	30000	0	0	11307	41307
Manuella aktiveringsdon	7500	0	0	2827	10327
Oklassad innerdörr	1500	0	0	0	1500
3 st EI30 klassade innerdörrar	15300	0	0	0	15300
3 st automatiska dörrstängare	12300	0	0	0	12300
Panikregel	2500	0	0	0	2500
2 st Ytterdörrar i stål	9000	0	0	0	9000
Vägledande markering	6000	0	0	0	6000
Vägg	3600	0	0	0	3600
Ståltrappa utomhus	15100	0	0	0	15100
Utbildning	5000	3000	46117	0	51117
Förlorat lagringsutrymme 10m <sup>2</sup>	0	12000	184469	0	184469
<b>Summa</b>	<b>272800</b>	<b>8000</b>	<b>122980</b>	<b>78205</b>	<b>473984</b>

Real kalkylränta 5%  
 Anläggningens livslängd [år] 30 år  
 Reinvesteringstid brandlarm 20 år

## B3 Kontorshus

Tabell 8 Beräkningsunderlag för kontorshus.

	Anskaffnings- kostnad	Drift och underhålls- kostnad		Reinvesterings- kostnad	Livscykel- kostnad
		per år	byggnadens livslängd		
<b>Utformning 1</b>					
Trapphus, Tr1	360000	0	0	182308	542308
Trapphus, Tr2	720000	0	0	364615	1084615
Skyltar, nödbelysning, larmklockor	25000	2000	30745	9422	65167
<b>Summa</b>	<b>1105000</b>	<b>2000</b>	<b>30745</b>	<b>556345</b>	<b>1692090</b>
<b>Utformning 2</b>					
Sprinkler	960000	12000	184469	0	1144469
Trapphus, Tr1	360000	0	0	182308	542308
Trapphus, Tr2	360000	0	0	182308	542308
Skyltar, nödbelysning, larmklockor	25000	2000	30745	9422	65167
Frigjord yta	0	-57600	-885453	0	-885453
<b>Summa</b>	<b>1705000</b>	<b>-43600</b>	<b>-670239</b>	<b>374038</b>	<b>1408799</b>
<b>Utformning 3</b>					
Automatiskt brandlarm	285000	8000	122980	107414	515393
Trapphus, Tr1	360000	0	0	182308	542308
Trapphus, Tr2	360000	0	0	182308	542308
Skyltar, nödbelysning, larmklockor	25000	500	7686	9422	42108
Frigjord yta	0	-57600	-885453	0	-885453
<b>Summa</b>	<b>1030000</b>	<b>-49100</b>	<b>-754787</b>	<b>481451</b>	<b>756664</b>
<b>Utformning 4</b>					
Sprinkler	960000	12000	184469	0	1144469
Trapphus, Tr1	360000	0	0	182308	542308
Skyltar, nödbelysning, larmklockor	25000	2000	30745	9422	65167
Frigjord yta	0	-115200	-1770906	0	-1770906
<b>Summa</b>	<b>1345000</b>	<b>-101200</b>	<b>-1555692</b>	<b>191730</b>	<b>-18962</b>
<b>Utformning 5</b>					
Automatiskt brandlarm	285000	8000	122980	107414	515393
Trapphus, Tr1	360000	0	0	182308	542308
Skyltar, nödbelysning, larmklockor	25000	500	7686	9422	42108
Frigjord yta	0	-115200	-1770906	0	-1770906
<b>Summa</b>	<b>670000</b>	<b>-106700</b>	<b>-1640241</b>	<b>299143</b>	<b>-671097</b>

Real kalkylränta 5%  
 Anläggningens livslängd [år] 30 år  
 Reinvesteringstid brandlarm 20 år

