



# LUND UNIVERSITY

## Sammanfattning av fas 1 i projektet "Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet"

Tehler, Henrik

1999

[Link to publication](#)

### *Citation for published version (APA):*

Tehler, H. (1999). *Sammanfattning av fas 1 i projektet "Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet"*. (LUTVDG/TVBB--3104--SE; Vol. 3104). Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

### *Total number of authors:*

1

### **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

# Sammanfattning av fas 1 i projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”

*Henrik Johansson*

---

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 3104, Lund 1999



**Sammanfattning av fas 1 i projektet  
"Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet"**

**Henrik Johansson**

**Lund 1999**

Sammanfattning av fas 1 i projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”

Henrik Johansson

**Report 3104**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--3104--SE**

Number of pages: 17

Illustrations: Henrik Johansson

**Keywords**

Risk analysis, economic optimisation, cost-benefit, industrial fire protection

**Abstract**

This report summarises the first phase of the project “Economic optimization of the industrial fire protection”. Results from the initial phase, along with suggestions for further research are presented.  
(SWEDISH)

© Copyright: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund 1999.

---

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  
Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

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

Telephone: +46 46 222 73 60  
Telefax: +46 46 222 46 12

---

## Sammanfattning

Denna rapport är utförd på uppdrag av Styrelsen för Svensk Brandforskning, BRANDFORSK. Syftet med rapporten är att sammanfatta den första fasen i projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”.

Målet med första fasen i projektet har varit att skapa ett beräkningsverktyg med vilket en optimering av brandskyddet i en industri kan ske, samt genomföra exempel på hur beräkningsverktyget kan användas på en verklig industri. Den huvudsakliga metodik som använts är klassisk beslutsanalys byggd på principen om maximerad förväntad nytta (se t.ex. /8/).

I första delen av projektet utarbetades ett förslag till hur en analys av en industri skulle kunna utföras för att beräkna den förväntade skadekostnaden till följd av brand. Metoden bygger på användandet av ett händelsetråd, som beskriver sannolikheten för möjliga brandutvecklingar, givet att brand uppstått i anläggningen. Vid sidan av händelseträdet finns ett antal delmodeller som används för att beräkna sannolikheten för vissa händelser (som ingår i händelseträdet). En händelse kan till exempel vara att sprinklersystemet släcker branden.

I delmodellerna som beskriver brandens potentiella storlek (typbränder), sannolikheten att brandförsvaret släcker branden etc. ingår expertbedömningar i kombination med statistik från tidigare bränder.

Under fas 1 av projektet har den modell som utvecklats testats genom att utföra analyser av den förväntade skadekostnaden i tre stycken existerande industrianläggningar. Anläggningarna tillhör ABB Automation Products, Avesta Sheffield och MODO. Dessa exempel på ekonomiska riskanalyser ger en uppfattning om hur metodiken kan användas, men resultatet från analyserna (i form av den förväntade skadekostnaden) saknar den noggrannhet som krävs för att kunna dra slutsatser angående risknivån i de olika anläggningarna. En huvudsaklig anledning till detta är att ingen utredning av de dolda kostnader som drabbar företaget (trots försäkringsskyddet) har genomförts, utan dessa kostnader har endast skattats mycket grovt. Några sådana utredningar har inte funnits med i planerna för fas 1, men bör utföras senare i projektet (se avsnitt 4.2).

I två av rapporterna jämfördes den förväntade totala kostnaden för olika brandskyddsalternativ. Med den förväntade totala kostnaden menas summan av den förväntade skadekostnaden och kostnaden för brandskydd utöver det som byggnaden var utrustad med i grundalternativet. I både ABB rapporten och Avesta Sheffield rapporten antogs grundalternativet vara en osprinklad byggnad, och med hjälp av analysmetodiken så beräknades den förväntade skadekostnaden både för grundalternativet och samma byggnad, fast med sprinklersystem. Resultatet i båda rapporterna blev att den totala förväntade kostnaden på grund av brand och brandskydd sänktes då sprinkler installerades. Detta resultat skall dock i nuläget betraktas som osäkert, eftersom skadekostnaderna skattades med grova metoder.

Slutsatsen från fas 1 av projektet är att metodiken är praktiskt användbar, men för att öka den praktiska nyttan måste metodiken kompletteras med mer noggranna undersökningar av de skadekostnader som drabbar företaget respektive försäkringsbolaget då de olika brandscenarierna inträffar.

---

## Summary

The aim of this report is to summarise the first phase of the project “Economic optimisation of the industrial fire protection”.

The purpose of the first phase has been to create a framework for the optimisation of the cost due to fire and fire prevention measures, and present examples of how the methodology can be used in a real industry.

In the first part of the project a suggestion for the methodology was presented along with some statistics concerning the reliability of fire protection systems. The main part of the methodology is an event tree, which describes different possible fire scenarios in the building. Apart from the event tree a number of sub-models have been used to calculate the probability for certain events (that are part of the event tree). An event can be that the sprinkler system extinguishes the fire.

In the sub-models that describe the potential fire sizes, expert judgement has been used in combination with statistics from real fires to determine the probability of the variables, such as the probability that the fire service extinguishes the fire.

During phase 1, the developed model has been tested by using it in three different economic risk analyses. The three industrial facilities that were analysed belonged to ABB Automation Products, Avesta Sheffield and MODO. These economic risk analyses are examples of how this type of analysis can be performed, but the result (the expected annual cost due to fire) lacks the precision necessary for conclusions regarding the risk level in the facilities. A reason for this is that no investigation of the so-called “hidden losses” (losses that effects the company despite the insurance cover) has been performed and these losses have been estimated by the author.

In two of the reports, a comparison of the expected total annual cost due to fire *and* fire prevention measures was made. This comparison was calculated by adding the annual cost of the extra (in comparison with the basic alternative) fire protection measures to the expected annual loss due to fire for that particular alternative. In both the ABB and Avesta Sheffield reports it was assumed that the basic alternative was a building without a sprinkler system. By using the analysis methodology the annual expected cost due to fire was calculated for the basic alternative and for an alternative which was the same except for the installation of a sprinkler system. In both reports the total expected annual cost due to fire and fire prevention measures was lesser in the alternatives that involved sprinklers. This result shall, at least for the moment, not be considered to represent the actual relationship between the cost effectiveness of the sprinkled and unsprinkled buildings. The reason why no conclusion can be drawn with respect to the most cost effective alternative is that no investigations of the hidden losses has been performed, and hence the result is very uncertain. Nevertheless the reports serve as examples of what can be done if a comprehensive study of the hidden losses also is performed.

The conclusions from phase 1 of the project is that the methodology can be used in real industrial environments, but it must be completed with more thorough investigations of the costs that affects the company and the costs that affects the insurance firm.

	<b>Sida</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>i</b>
<b>Summary</b>	<b>ii</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Riskanalys</b> .....	<b>3</b>
2.1. BRANDFREKVENNS .....	3
2.2. KONSEKVENNS VID EN BRAND .....	5
2.2.1. <i>Händelseträdet</i> .....	5
2.2.2. <i>Skadekostnader</i> .....	7
2.3. FÖRVÄNTAD SKADEKOSTNAD PER ÅR OCH RISKPROFIL .....	7
<b>3. Genomförda ekonomiska riskanalyser</b> .....	<b>9</b>
3.1. ABB AUTOMATION PRODUCTS .....	10
3.2. AVESTA SHEFFIELD .....	11
3.3. MODO .....	12
<b>4. Resultat och diskussion</b> .....	<b>13</b>
4.1. FRAMTIDA ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN .....	13
4.1.1. <i>Företaget</i> .....	13
4.1.2. <i>Försäkringsbolaget</i> .....	13
4.2. FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA FORSKNINGSSOMRÅDEN .....	14
4.2.1. <i>Osäkerheter</i> .....	14
4.2.2. <i>Brandfrekvenser</i> .....	15
4.2.3. <i>Avbrottskostnader</i> .....	15
4.2.4. <i>Dolda skadekostnader</i> .....	15
4.2.5. <i>Statistikinsamling och erfarenhetsåterkoppling</i> .....	16
<b>5. Referenser</b> .....	<b>17</b>

---

## **1. Inledning**

Denna rapport är en sammanfattning av första fasen av projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”, som finansierats av BRANDFORSK.

I rapporten redovisas kortfattat vad som gjorts i projektet och vilka slutsatser som arbetet resulterat i. Följande rapporter har producerats under fas 1 i projektet; Brandfrekvenser och typbränder i industrianläggningar (Johansson /1/), Ekonomisk riskanalys av ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358 (Johansson /2/), Ekonomisk riskanalys av Avesta Sheffield's kallvalsverk i Nyby (Johansson /3/) och Ekonomisk riskanalys av Iggesund's bruk (Johansson, Rigberth /4/).

Målet med första fasen i projektet har varit att skapa ett beräkningsverktyg med vilket en industris brandskydd skulle kunna optimeras med avseende på den totala kostnaden till följd av brand och brandskydd. Riktlinjerna för detta verktyg presenterades i Johansson /1/ och har sedan utvecklats och testats i de följande rapporterna, där det praktiskt använts.

Arbetet har kontinuerligt följts av en referensgrupp sammansatt av följande medlemmar:

- Tommy Arvidsson, BRANDFORSK
- Nils Fröman, Pharmacia & Upjohn
- Ingemar Grahn, Avesta Sheffield AB
- Anders Olsson, Trygg-Hansa
- Bo Sidmar, Asea Brown Boveri AB
- Lars Thorstensson, Saab Military Aircraft
- Ola Åkesson, Räddningsverket
- Sven Erik Magnusson, LTH Brandteknik
- Lars Nilsson, Försäkringsförbundet
- Per Nyberg, Skandia Industri
- Björn Lindfors, SKF Reinsurance Comp Ltd
- Jan-Erik Johansson, Stora Risk Management
- Liselotte Jonsson, Sycon



---

---

## 2. Riskanalys

Grunden i ett optimering av brandskydd är en riskanalys där konsekvenserna mäts i ekonomiska termer. Vid arbetet med att ta fram en lämplig riskanalysmetodik har målet varit att den skall vara heltäckande och effektiv. Med heltäckande menas att analysen skall innefatta hela den aktuella anläggningen och alla processer där i. Det är alltså inte meningen att enbart den process där brand av erfarenhet ofta uppstår skall analyseras. Detta innebär att, om inte analysstiden skall bli alltför lång, vissa grova och bara delvis validerade modeller måste användas. Genom att göra analysen heltäckande måste alltså noggrannheten sänkas, jämfört med om bara en process hade analyserats. Att analysmetodiken måste vara effektiv innebär att den inte får vara alltför tidsödande, eller komplicerad för att vara praktisk genomförbar i en industri. Även detta mål har prioriterats högre än noggrannheten i analysen. Det bör samtidigt påpekas att även om osäkerheterna är stora är detta ingen invändning mot den använda metodiken i sig. Metodiken innehåller bland annat möjlighet till olika former av osäkerhetsanalys; t.ex. en känslighetsanalys. En sådan medför att inverkan av olika osäkerheter på slutresultatet kan beräknas och tas med i den totala riskbedömningen. I planeringen av fas 1 har det dock inte funnits utrymme för någon osäkerhetsanalys, men detta planeras under fas 2.

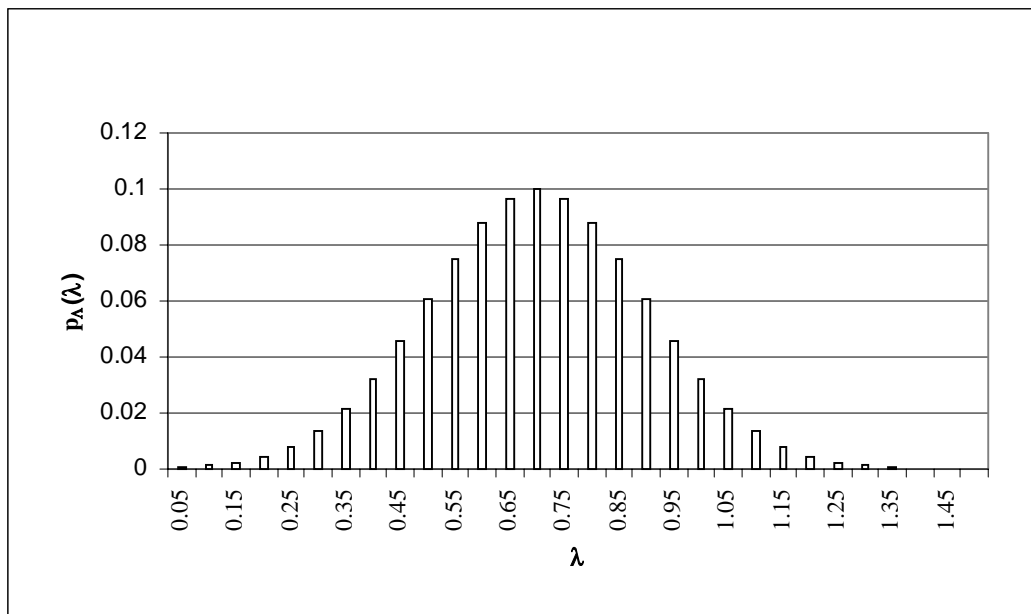
### 2.1. Brandfrekvens

Riskanalysen utförs i två steg, det första steget innebär att den så kallade brandfrekvensen för anläggningen beräknas. Brandfrekvensen definieras som det antal bränder som i medeltal uppstår under ett år om byggnaden och verksamheten i byggnaden skulle vara oförändrade under en längre period av år.

Eftersom brandfrekvensen aldrig går att bestämma exakt för en anläggning betraktas den som en stokastisk variabel (slumpvariabel). Genom mätningar av antalet bränder per år i en given industri skall osäkerheten i skattningen av brandfrekvensen kunna minskas. Detta innebär att bättre rapportering och dokumentation av tillbudet i en anläggning leder till säkrare skattningar av brandfrekvensen.

Som utgångspunkt vid en skattning av brandfrekvensen används generella beräkningsuttryck som uttrycker brandfrekvensen som funktion av golvarean i en industri. Problemet med dessa generella uttryck är att de är framtagna för engelsk industri någon gång i slutet av 1970-talet. Det är alltså sannolikt att förhållandena skiljer sig mellan den typ av industri som fanns i England på 1970-talet och dagens svenska industri. Dessutom är uttrycken framtagna för en stor grupp av industrier, vilket innebär att de brandfrekvensen som beräknas med hjälp av uttrycken gäller för en "medelindustri" i den aktuella industrigruppen.

Brandfrekvens som beräknas med de generella uttrycken representerar någon typ av "medelindustri" och det är inte känt om den aktuella industrin innebär en högre, lägre eller lika stor brandfrekvens. Därför skattas brandfrekvensen som en fördelning, d.v.s. brandfrekvensen betraktas som en stokastisk variabel, vilken har en viss fördelning. Ett exempel på en skattning av brandfrekvensen kan ses i Figur 1, där  $\Lambda$  är den stokastiska variabeln som representerar brandfrekvensen och  $\lambda$  är argumentet. I figuren kan det ses att störst sannolikhet är att brandfrekvensen har värdet 0,7. Observera att fördelningen som visas i Figur 1 är diskret, d.v.s. brandfrekvensen kan endast anta vissa bestämda värden.



Figur 1 Exempel på fördelning av brandfrekvensen.

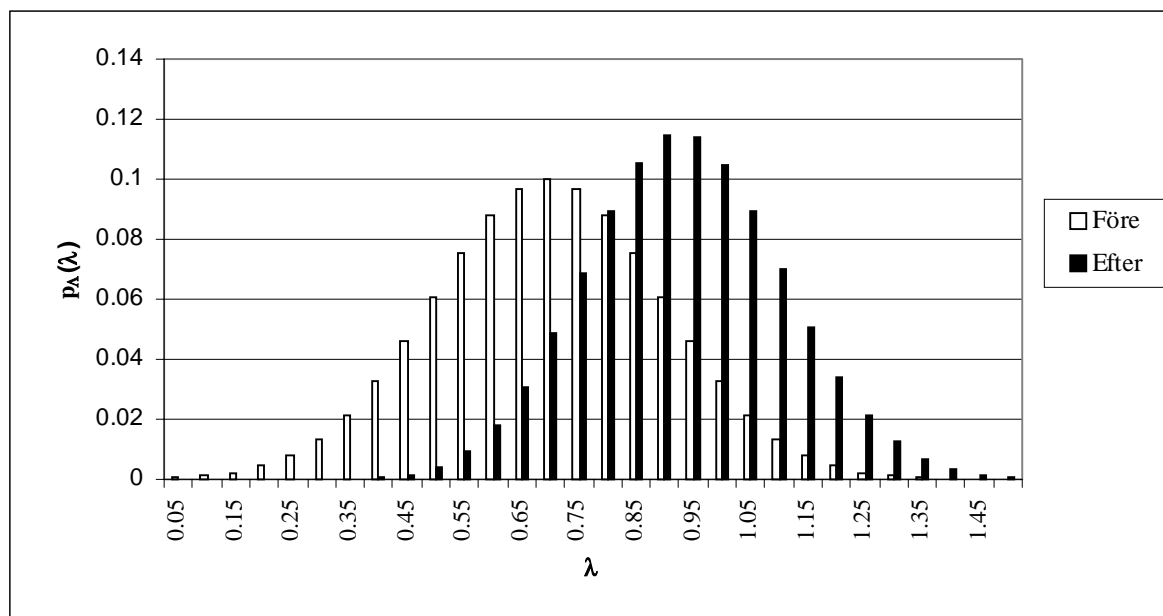
Då ingen osäkerhetsanalys av riskerna i en anläggning skall utföras är egentligen bara medelvärdet av brandfrekvensen av intresse, men för att kunna använda tillbudsstatistiken från anläggningen för att förbättra skattningen av brandfrekvensen måste den uttryckas som en fördelning.

Vid skattningen av fördelningen som visas i Figur 1 har endast generella ekvationer och bedömningar använts, d.v.s. skattningen representerar någon typ av "medelindustri" i den aktuella industrigruppen. Detta innebär att brandfrekvensen i den industrianläggning som analyseras kan vara både större eller mindre. Det bästa sättet att ta reda på om brandfrekvensen är större eller mindre är att mäta den. Detta låter sig göras genom att undersöka brandtillbudsstatistiken i den aktuella anläggningen och med dess hjälp förbättra den generella skattningen av brandfrekvensen så att den bättre representerar de aktuella förhållandena.

Innan skattningen av brandfrekvensen kan förbättras med hjälp av tillbudsstatistik måste ett antagande angående antalet bränder i en industrianläggning göras. Antalet bränder i en industrianläggning har i fas 1 av projektet antagits vara Poisson-fördelade, med brandfrekvensen som medelvärde. Detta innebär att sannolikheten för en, två,...o.s.v. antal bränder per år uttrycks genom en Poisson-fördelning. Poisson-fördelningen uppträder då en händelse inträffar slumpmässigt med i medeltal en viss frekvens, vilket anses vara tillämpligt på bränder i en industri.

Genom antagandet att antalet bränder i en industri per år är Poisson-fördelade, samt mätningar av hur ofta det har brunnit i den aktuella anläggningen de senaste åren, kan den ursprungliga skattningen av brandfördelningen förbättras med hjälp av Bayes sats.

Som ett exempel kan Figur 2 studeras. Där ses den ursprungliga skattningen av brandfrekvensen (Före) och den förbättrade skattningen där hänsyn tagits till två års tillbudsstatistik som innehöll 7 bränder. Medelvärdet innan hänsyn till tillbudsstatistiken togs var 0,7 bränder per år och efter uppdateringen 0,93 bränder per år. Alltså har medelvärdet ändrats 33% genom att ta hänsyn till de tillbud som uppkommit i den aktuella industrin.



Figur 2 Exempel på hur skattningen av brandfrekvensen ändras när hänsyn tas till tillbudsstatistik.

Om de antal bränder som rapporterats i tillbudsstatistiken hade överensstämmt bättre med den ursprungliga skattningen (t.ex. om mätningen utfördes under 10 år och 7 bränder uppkom) så skulle medelvärdet av brandfrekvensen inte ändras, men fördelningens spridning skulle minska, d.v.s. osäkerheten skulle minska.

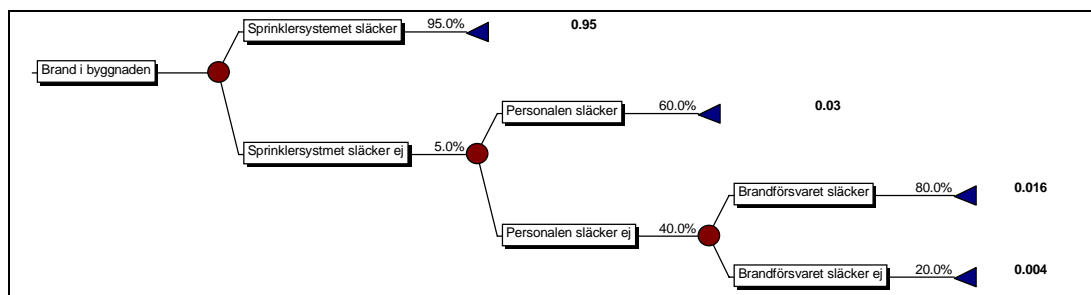
När hänsyn till tillbudsstatistiken har tagits (som beskrivits ovan) har en bättre skattning av förhållandena (brandfrekvensen) i den aktuella anläggningen erhållits eftersom inte bara generell statistik använts för skattningen, utan även mätningar av antalet bränder i den aktuella anläggningen.

## 2.2. Konsekvens vid en brand

Det har tidigare påtalats att analysen av en industri utförs i två steg där det första steget innebär att brandfrekvensen beräknas och det andra steget innebär en beskrivning av vad som kan hända om en brand startar i anläggningen. I detta avsnitt beskrivs uppbyggnaden av händelseträdet kortfattat, samt hur de olika skadekostnaderna har beräknats.

### 2.2.1. Händelseträdet

Den centrala delen i analysen av vad som kan hända då en brand uppstår är ett händelsetråd. Ett händelsetråd kan t.ex. se ut som Figur 3. Det händelsetråd som visas i Figur 3 är litet i jämförelse med de händelsetråd som använts i de olika analyserna, där över 1000 delscenarier ibland använts.

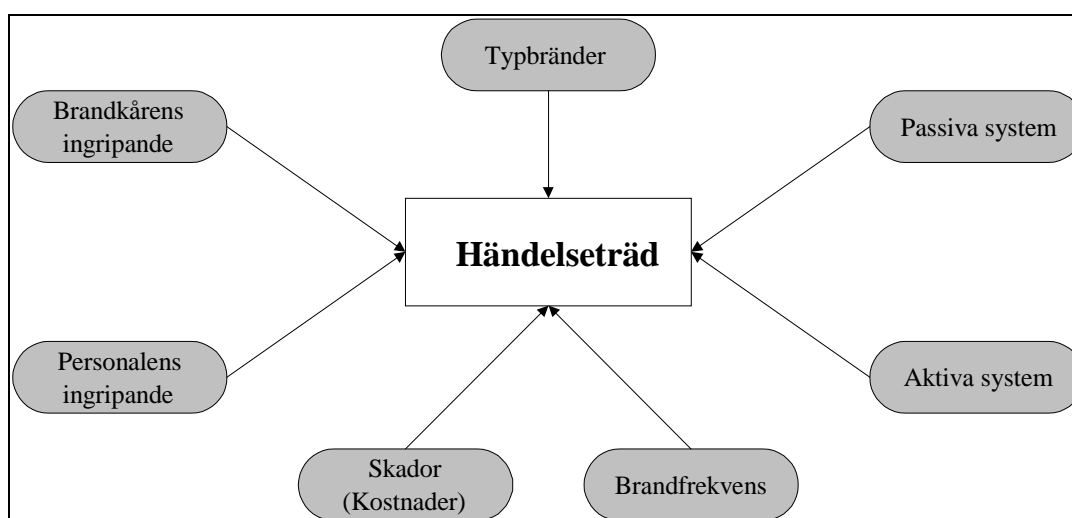


Figur 3 Exempel på ett händelseträd.

Händelseträdet beskriver olika möjliga brandscenarier, eller delscenarier som kan inträffa, givet att en brand uppkommit i anläggningen. Trädet inleds med att brand har uppstått i byggnaden, och därefter följer olika sannolikhetsnoder (beskrivningar av sannolikheten för att en viss händelse skall inträffa) som tillsammans definierar ett delscenario. De sannolikhetsnoder som finns med i analysen kan bland annat innefatta var branden uppkommit, om den uppkommit i maskin eller ej, om brandlarmet detekterar branden, om sprinklersystemet släcker branden, personalens släckförsök, brandförsvarets släckförsök mm. Vanligtvis kan dessa sannolikhetsnoder resultera i två utfall, vilka har olika sannolikhet att inträffa. Dessa sannolikheter bestäms via modeller för de olika skyddsfunktionerna (t.ex. brandförsvarets ingripande, sprinklernas tillförlitlighet mm.). Detta sätt att arbeta är sedan länge allmänt vedertaget då kvantitativa riskanalyser av t.ex. processanläggningar utförs (se t.ex. /6/).

Figur 4 sammanfattar analysmetodikens användande på ett enkelt sätt:

Händelseträdet, som beskriver vad som kan ske om brand uppstår i byggnaden, påverkas av modeller för bl.a. aktiva skyddssystemers tillförlitlighet (t.ex. sprinkler, brandlarm), passiva skyddssystemers tillförlitlighet (brandcellsgränser, brandmurar), personalens släckförsök, brandkårens släckförsök mm. Resultatet från händelseträdet är sannolikheten att de olika delscenarierna inträffar, givet att brand uppkommit i byggnaden. Ett delscenario kan till exempel vara att brand uppkommer i en viss brandcell, personalen upptäcker inte branden förrän den är för stor för att släckas, sprinklersystemet fungerar inte, vilket betyder att branden växer till att involvera hela brandcellen där den började, men brandförsvaret släcker branden innan den hinner sprida sig till andra brandceller. Detta delscenario, samt alla andra som beskrivs i händelseträdet förknippas också med en skadekostnad.



Figur 4 Enkel beskrivning av analysmetodiken.

Eftersom sannolikheten för alla delscenarier kan räknas ut med hjälp av händelseträdet och alla delscenarier är förknippade med vissa bestämda kostnader kan den förväntade skadekostnaden vid *en* brand räknas ut. Detta görs genom att summera sannolikheten för varje delscenario multiplicerat med tillhörande konsekvens (uttryckt i kkr) för samtliga delscenarier. Den förväntade skadekostnaden vid en brand är ett lägesmått, d.v.s. det innehåller ingen information om variationer i skadekostnaden och därför brukar även den så kallade riskprofilen användas för att presentera resultatet av en riskanalys. En riskprofil beskriver hur skadekostnaden vid en brand är fördelad, d.v.s. vad sannolikheten är att kostnaden skall överstiga ett visst belopp. Riskprofilen och den förväntade skadekostnaden beskrivs mer i avsnitt 2.3.

### 2.2.2. Skadekostnader

Varje delscenario i händelseträdet är förknippat med en viss skada, t.ex. totalförstörelse av en viss brandcell. Skadekostnaden för ett delscenario har delats in i tre olika delar; egendoms-, avbrotts- och dolda skadekostnader.

#### Egendomskostnader

Egendomskostnaderna är förknippade med införskaffandet av nytt materiel, eller reparation av den materiel som skadats i branden (t.ex. kostnad för inköp av maskiner). Det har i analyserna antagits att ett företags egendomsförsäkring ersätter dessa kostnader.

#### Avbrottskostnader

Avbrottskostnader uppkommer efter att branden är släckt, men kan ganska lätt sättas i samband med branden. Till exempel så räknas avskrivningskostnader för maskiner, personalkostnader mm. till denna typ av kostnad. I analyserna har det antagits att företagets avbrottsförsäkring ersätter denna typ av kostnad.

#### Dolda kostnader

Dolda kostnader uppkommer också på grund av branden, men kan vara svåra att uppskatta eftersom de inte alltid kan sättas i samband med branden. Exempel på dolda kostnader kan vara ökade marknadsföringskostnader, förseningar i utvecklingsprojekt mm. I analyserna har det antagits att företagen inte får någon ersättning för de dolda kostnaderna.

Denna indelning av skadorna har använts eftersom det varit lätt att definiera vem (försäkringsbolaget eller företaget) som drabbas av de olika kostnaderna. Det kan dock mycket väl hända att denna indelning inte är den som normalt används, men denna indelning bedöms tillräcklig för detta projekt.

### 2.3. Förväntad skadekostnad per år och riskprofil

Den förväntade skadekostnaden vid *en* brand tillsammans med brandfrekvensen i byggnaden ger den förväntade skadekostnaden *per år* samt riskprofilen, som är två mått på riskerna i anläggningen som analyseras. Den förväntade skadekostnaden *per år* beräknas genom att multiplicera brandfrekvensen med den förväntade skadekostnaden vid *en* brand.

Till exempel så beräknades den förväntade skadekostnaden i Avesta Sheffield's kallvalsverk till 2988 kkr/år. Att den förväntade skadekostnaden uppgår till hela 2988 kkr/år innebär inte att skadorna på grund av brand under alla år kommer att uppgå till exakt detta belopp. 2988 kkr/år är medelvärdet av skadekostnaden per år, men sannolikheten att skadekostnaden skall uppgå till just detta (eller i närheten av det) belopp är mycket liten. För att undersöka hur stor denna

---

sannolikhet är kan riskprofilen användas. Riskprofilen ger information om hur skadekostnaden är fördelad, d.v.s. ett spridningsmått. Genom att avläsa sannolikheten som är förknippad med ca 3000 kkr/brand i riskprofilen kan sannolikheten att Avesta Sheffield drabbas av en skadekostnad som är 3000 kkr/brand eller mer avläsas till ungefär 0,007, d.v.s. ungefär en gång på 140 år (se Figur 6).

Den förväntade skadekostnaden och riskprofilen kan användas för att jämföra olika utformningsalternativ av brandskyddet i en industri. Detta diskuteras mer i kapitel 3.

### 3. Genomförda ekonomiska riskanalyser

Under fas 1 av projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet” har tre stycken ekonomiska riskanalyser genomförts. Den första av analyserna genomfördes i en byggnad där produktionen till största delen bestod av elektroniska produkter (ABB Automation Products), den andra genomfördes i ett kallvalsverk (Avesta Sheffield) och den tredje i en kartongfabrik (MODO).

Resultatet från dessa rapporter bör ännu så länge enbart betraktas som exempel på hur metodiken kan användas för att göra en ekonomisk riskanalys och inte för att dra slutsatser angående risknivåerna i de olika objekten. Anledningen till detta är att ingen osäkerhetsanalys har utförts på någon av analyserna och därmed finns ingen uppfattning om hur mycket resultatet påverkas av de osäkerheter som alltid uppkommer vid denna typ av analys. Hur en osäkerhetsanalys kan genomföras finns bland annat beskrivet i pilotstudien till detta projekt /7/, där även ett enklare exempel redovisas. Enligt planeringen av projektet skall osäkerhetsanalyser för två av de tre riskanalyser som hittills producerats genomföras under fas 2.

För att kunna använda en analys av denna typ som beslutsunderlag för ett företag bör utredningen även innefatta en analys av dolda kostnader. Skall analysen dessutom vara användbar för försäkringsbolag bör även en mer noggrann genomgång av egendoms- och avbrottsskadorna göras. Innan dessa undersökningar genomförts är alltså användningen av resultatet begränsad annat än i syftet att exemplifiera hur metodiken kommer att kunna användas då större säkerhet i resultatet kan uppnås.

I de första två analyserna (ABB och Avesta Sheffield) har, förutom kostnaderna som drabbar företaget, även kostnader som drabbar försäkringsbolaget medtagits. Detta har gjorts för att visa att nyttan med analyserna inte behöver inskränka sig till företaget som äger byggnaden utan även kan innefatta försäkringsbolaget i vilket byggnaden är försäkrad. I analyserna har försäkringsförhållandena antagits, d.v.s. självrisk och omfattning av försäkring är fiktiva, men det skulle inte vara några problem att modellera den verkliga situationen. När det i denna rapport skrivs om försäkringsbolaget, så avses det fiktiva bolag som använts i den aktuella rapporten.

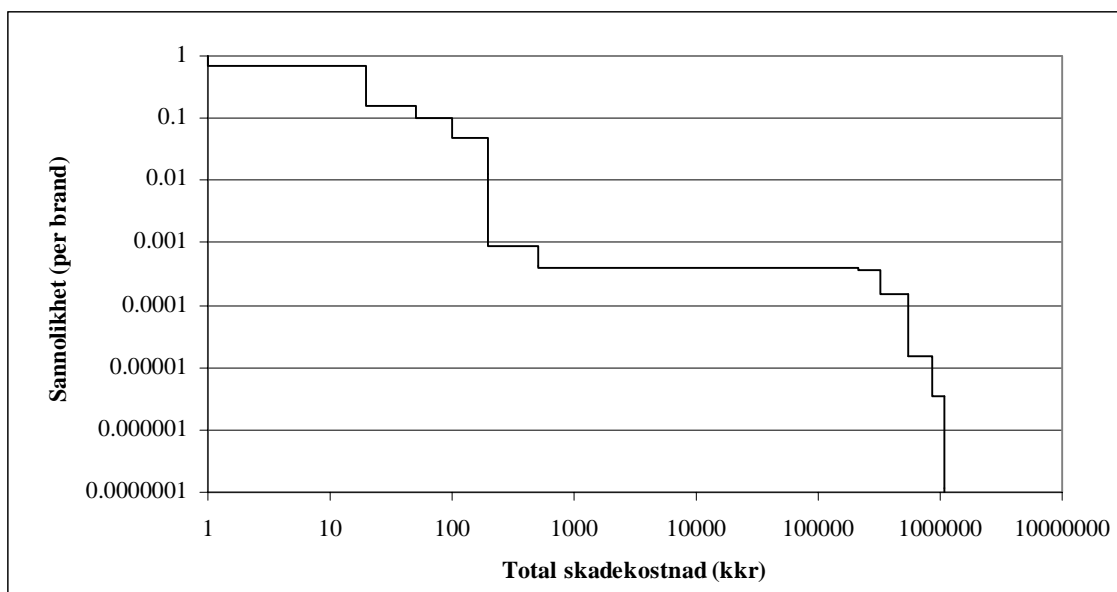


### 3.1. ABB Automation Products

Den första riskanalysen i projektet utfördes på ABB Automation Products i Västerås och finns redovisad i Johansson /2/.

I byggnad 358, där analysen utfördes, tillverkar ABB Automation Products diverse elektriska mät- och styrsystem till tyngre industri. Resultatet från analysen av den nuvarande utformningen blev en förväntad skadekostnad på 154 kkr/år för ABB Automation Products och 98 kkr/år för försäkringsbolaget. Riskprofilen som beräknades för ABB Automation Products kan ses i Figur 5.

Riskprofilen beskriver hur skadekostnaden för ABB Automation Products är fördelad. Genom att avläsa en skadekostnad på den horisontella axeln och finna motsvarande sannolikhet på den vertikala, erhålls sannolikheten att ABB Automation Products drabbas av den aktuella skadekostnad *eller mer* vid en brand. Observera att skalorna på axlarna är logaritmerade.



Figur 5 Riskprofil från analysen av ABB Automation Products.

I denna undersökning gjordes en jämförelse med den förväntade skadekostnaden om sprinklersystemet skulle tas bort. Då sprinklersystemet togs bort ökade de förväntade skadekostnaderna till 3349 kkr/år.

Byggnad 358 var inte försedd med sprinklersystem från början utan utrustades med detta först i mitten av 90-talet. En beslutsanalys gjordes därför för att se om en ekonomisk riskanalys som utförts *innan* sprinkler installerades i byggnaden skulle stödja beslutet eller inte.

För att göra jämförelsen mellan de båda alternativen beräknades den förväntade totala kostnaden per år till följd av brand *och* brandskydd. I denna totala kostnad innefattades, förutom den förväntade skadekostnaden även kostnaden på grund av ytterligare brandskyddsåtgärder i förhållande till grundalternativet (d.v.s. dåvarande byggnadsutformning utan sprinkler). Eftersom den enda ytterligare brandskyddsinstallationen som beaktades var sprinkler, så blev totalkostnaden för sprinkleralternativet summan av den förväntade skadekostnaden med sprinkler i byggnaden (154 kkr/år) plus kostnaden för sprinklersystemet, som beräknades till 247,5 kkr/år.

Totalkostnaden för alternativet att inte installera sprinkler blev alltså 3349 kkr/år och för sprinkleralternativet 401,5 kkr/år.

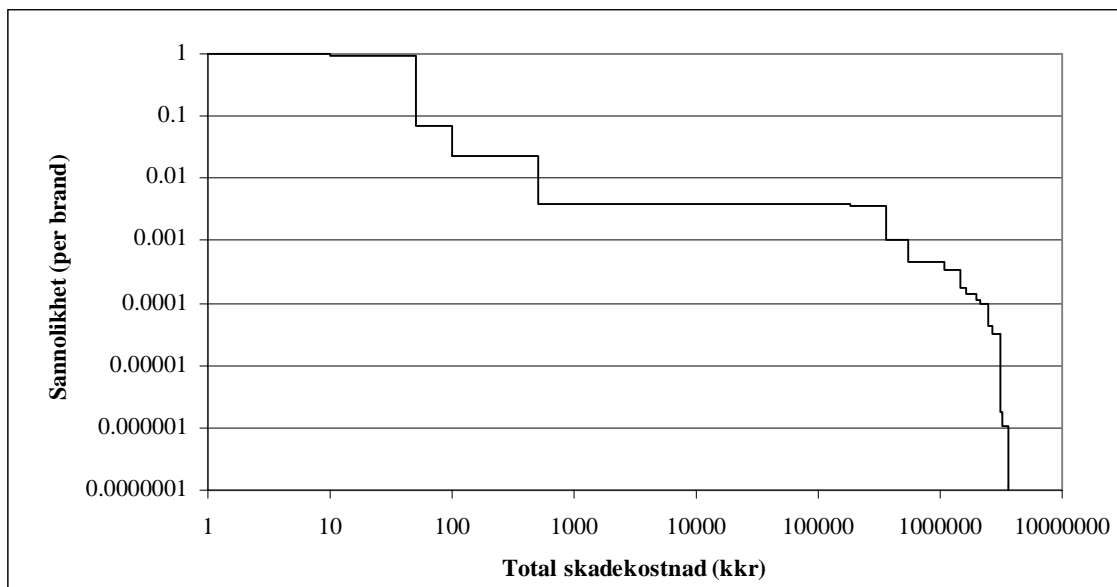
Den analys som genomfördes visade alltså att det var motiverat att installera sprinkler i byggnaden. Eftersom de dolda kostnaderna för ABB Automation Products inte undersöktes i denna rapport utan endast uppskattades av författaren kan dock inte slutsatsen ovan anses representera verkligheten, men analysen fungerar bra för att belysa vilket beslutsunderlag som *skulle* kunna åstadkommas om analysen kombinerades med en undersökning av de dolda kostnaderna.

#### 3.2. Avesta Sheffield

Riskanalysen av Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby utfördes med samma metodik som användas i analysen av ABB Automatin Products. Den största skillnaden var dock att kallvalsverket inte bedömdes vara lika känsligt för skador till följd av rök och sot, vilket medförde smärre ändringar i analysmetodiken.

I kallvalsverket producerar Avesta Sheffield diverse olika dimensioner och kvalitéer kallvalsat stål. Byggnaden är ungefär 15000 m<sup>2</sup> stor och består i stort sett av en enda stor brandcell (förutom några mindre rum som är brandtekniskt avskilda).

Resultatet av analysen blev en förväntad skadekostnad på 2988 kkr/år för Avesta Sheffield och 2411 kkr/år för försäkringsbolaget. Dessa värden kan verka stora, men om riskprofilen i Figur 6 studeras så ses att en sannolikheten att en brand skall orsaka mer än 1000 kkr i skadekostnad för Avesta Sheffield är ungefär 0,007, vilket innebär en gång på ca. 140 bränder.



Figur 6 Riskprofil för Avesta Sheffield.

Även i analysen av kallvalsverket genomfördes en undersökning av vad en installation av ett sprinklersystem skulle innebära för den förväntade skadekostnaden. I denna analys bör dock den förväntade skadekostnaden för sprinkleralternativet betraktas som osäkrare än i fallet med ABB. Orsaken till detta är att ingen utredning gjorts av sprinklersystems effektivitet mot bränder i den typ av maskiner som finns i kallvalsverket. Resultatet då sprinklersystemet togs

med i analysen blev att den förväntade skadekostnaden sjönk till 376 kkr/år och den totala kostnaden (innefattande även kostnaden för sprinklerinstallationen) blev 443,5 kkr/år, alltså nästa 7 gånger mindre än utan sprinkler. Dessa resultat skall dock enbart betraktas som räkneexempel eftersom de i nuläget är förenade med stora osäkerheter.

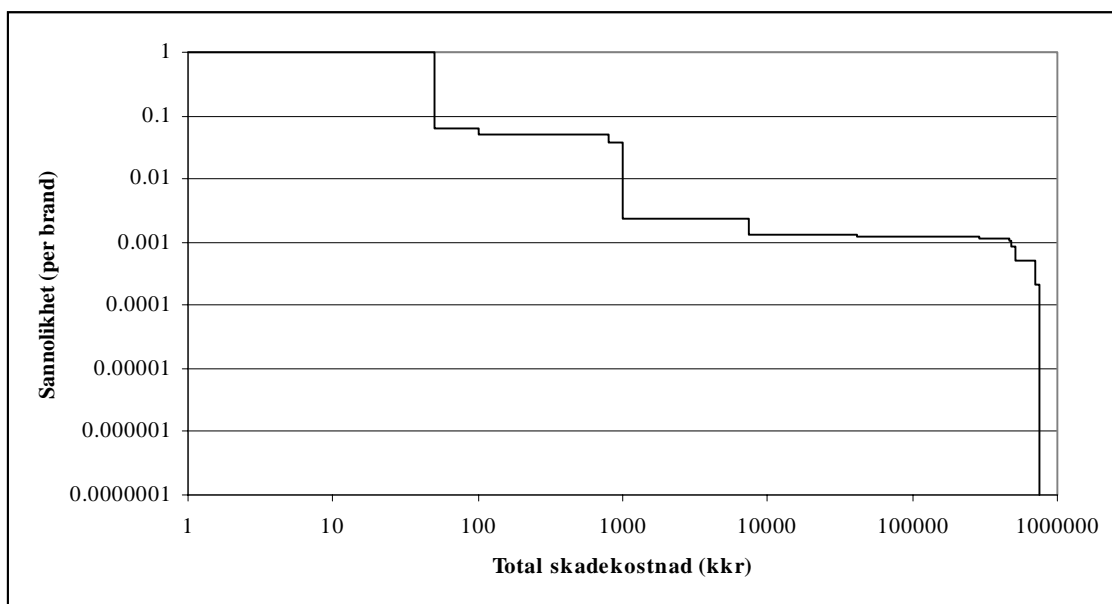
### 3.3. MODO

Den byggnad där den sista riskanalysen utfördes tillhör företaget Iggesund Paperboard AB, vilket ingår i MODO-koncernen. Byggnaden som analyserats är en kartongfabrik vid Iggesund bruk. Kartongen som produceras används exempelvis för cigarettförpackningar och vykort.

Kartongfabriken är ungefär 69000 m<sup>2</sup> stor och byggd i betong och tegel. I byggnaden finns två stycken kartongmaskiner som är mycket stora (170 respektive 280 meter långa). Till dessa två maskiner levereras barr- och lövträmassa som efter bearbetning blir kartongpapp som rullas upp till lämpliga dimensioner. I anläggningen utförs också efterbehandling av kartongen för att forma materialet till det format som kunderna beställt. Förutom dessa verksamheter finns också ett höglager i byggnaden.

Resultatet från analysen av kartongfabriken blev en förväntad årlig skadekostnad på 2320 kkr/år för MODO och 15525 kkr/år för försäkringsbolaget. Självrisken var 1000 kkr för egendomsskador och 5000 kkr för avbrottsskador. En anledning till att den förväntade skadekostnaden för försäkringsbolaget är så mycket större än för MODO är att egendoms- och avbrottsskadorna är stora i förhållande till de dolda kostnaderna.

Skadekostnaden per brand fördelades enligt riskprofilen i Figur 7.



Figur 7 Riskprofil för kartongfabriken.

I analysen genomfördes också en undersökning av hur mycket som den förväntade skadekostnaden per år sänktes om vissa av väggarna kompletterades med bl.a. självstängande portar. Efter dessa skyddshöjande åtgärder beräknades den förväntade skadekostnaden vara 1061 kkr/år, alltså en sänkning med ungefär 1200 kkr/år.

## 4. Resultat och diskussion

Resultaten som erhållits under fas 1 av projektet har bekräftat att det är möjligt att genomföra ekonomiska riskanalyser med avseende på brand i en industri. Det finns dock mycket att utveckla i den modell som använts under projektet. Grundkonceptet enligt Figur 4 anses vara bra, likaså användandet av händelseträdsmetodik, men de olika delmodellerna (t.ex. personalens inverkan på branden) borde kunna förbättras.

Denna typ av analyser bygger på användandet av statistik i samband med så kallade expertbedömningar. Detta innebär att vissa riktlinjer för hur bedömningar skall genomföras måste utarbetas för att analyser gjorda av olika personer (experter) skall kunna jämföras. Ett möjligt sätt att angripa detta problem kan vara att utarbeta någon typ av "kvalitet manual" för riskanalyser inom ett företag (eller för ett industriområde, t.ex. trävaruindustri). I en sådan manual skulle vägledning vid bedömningar ges så att olika personer åtminstone använder samma utgångspunkt när de gör sina bedömningar. På detta sätt skulle analysmetodik kunna få ett större värde när det gäller den relativa jämförelsen mellan olika anläggningar.

### 4.1. Framtida användningsområden

En analys av den typ som genomförts i fas 1 av projektet kan ge en uppfattning om risknivån i en anläggning. Det kan tänkas att det är företaget som har den största nyttan av analysen, men försäkringsbolaget borde också kunna utnyttja metodiken.

#### 4.1.1. Företaget

Företaget som bedriver verksamhet i en anläggning kan använda metodiken (i kombination med en analys av de dolda kostnaderna) för att få en uppfattning om risknivån i anläggningen. Detta mått har i sig själv inget större värde eftersom den förväntade skadekostnaden inte kan användas vid t.ex. budgetering eftersom spridningen av skadekostnader är så stor.

Nyttan för företaget framträder i stället då olika utformningar av en anläggning skall jämföras med avseende på risker till följd av brand. I detta fall kan metodiken användas för att jämföra alternativen med hjälp av den förväntade skadekostnaden plus kostnader för skillnader i utformningsalternativ (t.ex. brandtekniska installationer). Denna typ av jämförelse gjordes både i ABB-rapporten och i Avesta Sheffield rapporten.

En mer långsiktig nytta med metodiken skulle kunna vara att fastställa vissa kriterier för acceptabel risk inom företaget. När en acceptabel risknivå har definierats kan en analys av en anläggning fastslå huruvida anläggningen uppfyller säkerhetskraven eller ej. För att detta skall vara möjligt måste ett antal analyser inom företaget utföras för att få en uppfattning om hur stora risker som idag accepteras och dessutom bör en "kvalitets manual" för riskanalyser etableras. Meningen med "kvalitets manualen" är att olika personer skall kunna göra analyser, men resultatet skall ändå vara jämförbart eftersom bedömningarna utförts utifrån samma referensram.

#### 4.1.2. Försäkringsbolaget

Försäkringsbolagen skulle kunna ha nytta av analysmetodik genom att analysera en anläggning med avseende på egendoms- och avbrottsskador. Ett exempel på detta genomfördes i både ABB-rapporten och Avesta Sheffield rapporten.

Denna förväntade skadekostnad (till följd av egendoms- och avbrottsskador) skulle sedan kunna jämföras med den premie som företaget betalar. Denna jämförelse av hur stor premien är i förhållande till den förväntade skadekostnaden kan fungera som en indikation på om premien är för hög eller för låg.

Om försäkringsbolaget bedriver ett aktivt arbete hos en kund, där avsikten är att förbättra brandskyddet, skulle en analys av resultatet av en säkerhetshöjande åtgärd (t.ex. installation av sprinkler) kunna användas för att få en uppfattning om åtgärden från anläggningsägaren motiverar en premiesänkning. En analys kan i detta läge ligga till grund för diskussioner angående premiesänkningar i samband med den säkerhetshöjande åtgärden.

Det motsatta förhållandet skulle också kunna tänkas gälla; en anläggningsägare har dåligt brandskydd i en byggnad där den förväntade skadekostnaden visar sig vara högre än premien. I detta fallet kan analysen användas i diskussioner som syftar till att övertyga anläggningsägaren att förbättra sitt brandskydd. Om analysen dessutom kompletteras med de dolda kostnader som drabbar anläggningsägaren kan försäkringsbolaget visa att nyttan med den säkerhetshöjande åtgärden inte bara gagnar dem utan också ägaren av byggnaden.

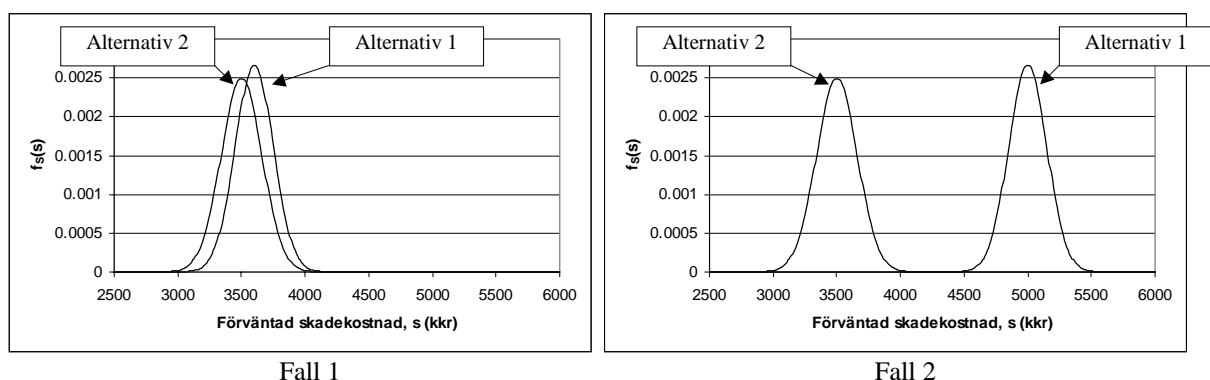
## 4.2. Förslag på framtida forskningsområden

Under arbetet i fas 1 av projektet har utvecklingen av vissa områden framstått som mer viktiga än andra. Nedan ges en kort redogörelse inom vilka områden författaren anser att ytterligare arbete borde utföras.

### 4.2.1. Osäkerheter

Under fas 1 i projektet har inga osäkerhetsanalyser utförts. Detta innebär att ingen uppfattning finns hur mycket slutresultatet i form av den förväntade skadekostnaden kan variera beroende på de osäkerheter som alltid förekommer vid denna typ av analys.

Det är av största vikt att vara medveten om osäkerheterna vid denna typ av analyser och särskilt viktigt är det då två stycken brandskyddsalternativ jämförs. Om osäkerheterna gör att ett alternativ är det bästa i vissa fall, men ett annat alternativ i andra fall, så kan de två alternativen i många fall betraktas som likvärdiga (se fall 1 i Figur 8). Om det däremot skulle visa sig att osäkerheterna är stora, men inte så stora att val av brandskyddsalternativ ändras så kan det ekonomiskt mest optimala brandskyddet identifieras (se fall 2 i Figur 8).



Figur 8 Osäkerheten i den förväntade skadekostnaden för två brandskyddsalternativ. I fall 1 visas en situation då alternativen kan betraktas som likvärdiga. Fall 2 innebär att alternativ 2 kan urskiljas som det mest optimala.

Ett projekt inom detta område skulle kunna undersöka osäkerheterna i redan gjorda ekonomiska riskanalyser för att se hur de påverkar resultatet i analysen. Då detta projekt är genomfört kommer kunskaper om vilka typer av osäkerheter som påverkar resultatet mest att finnas och då kan insatser göras för att i första hand minska just dessa osäkerheter. Dessutom kommer osäkerheternas påverkan på slutsatserna i de båda riskanalyserna att kunna fastställas, d.v.s. hur mycket de påverkar, samt om det får någon effekt vid beslutet om det mest optimala brandskyddsalternativet.

### 4.2.2. Brandfrekvenser

När brandfrekvensen i en byggnad (hur ofta det i genomsnitt brinner) används idag gamla undersökningar från 1970-talet /5/. Troligtvis har riskerna i industrier ändrats sedan dess och alltså borde en ny undersökning av brandfrekvenser göras. En sådan undersökning skulle kunna resultera i samma typ av uttryck som presenterades i /5/, d.v.s. brandfrekvensen anses bero av byggnadsarean och industritypen (t.ex. kemisk industri).

Dessa uttryck kan sedan användas som utgångspunkt för skattningen av brandfrekvensen i den enskilda industrin, innan hänsyn till tillbudsstatistik tas.

För att detta projekt skall kunna genomföras måste information om vilka industrier som bränder har uppstått i under ett antal år finnas tillgängligt. Dessutom måste även information om storleken (golvarean) hos industrierna i de olika grupperna finnas.

### 4.2.3. Avbrottskostnader

Personalen på en anläggning (t.ex. produktionschef) har troligtvis en bra uppfattning om vad de olika maskinerna kostar att införskaffa om de skulle förstöras (egendomskostnader), men avbrottskostnaderna är desto svårare att bedöma vid en analys.

Uttryck som relaterar avbrottskostnaden till egendomskostnaden för ett antal olika industrityper borde skapas för att göra denna bedömning enklare. Uttrycken skulle kunna skapas genom att undersöka förhållandet mellan egendomsskador och avbrottskostnader för ett antal bränder och se om det finns ett klart samband (i de olika industrityperna).

Dessa uttryck är inte användbara för företagen (eftersom försäkringsbolagen betalar avbrottskostnaderna), men om försäkringsbolagen anser att analysen kan vara ett stöd bör denna undersökning genomföras och adderas till metodiken.

### 4.2.4. Dolda skadekostnader

De dolda kostnaderna är liksom avbrottskostnaderna svåra att uppskatta, men av största intresse då analysen avser risker för företaget.

En undersökning av vad de dolda kostnaderna består av och hur de kan beräknas borde genomföras för ett antal olika typer av industrier.

Denna undersökning borde genomföras av personer med god kännedom om företagen och den påverkan som företagen utsätts för i händelse av produktionsavbrott.

---

#### **4.2.5. Statistikinsamling och erfarenhetsåterkoppling**

Då skattningar av olika parametrar i modellen genomförts har till stor del expertbedömningar använts. Önskvärt vore om andelen bedömningar minskades i analysen eller att bättre riktlinjer för hur dessa bedömningar skall genomföras utarbetades.

Ett sätt att skapa riktlinjer för bedömningarna är att undersöka statistik från inträffade bränder. Beroende på statistikens detaljeringsgrad skulle till exempel sannolikheten för olika brandstorlekar, sannolikheten att personalen släcker branden o.s.v. kunna undersökas för olika industrityper och olika brandstartsutrymmen.

Denna typ av undersökning förutsätter att statistiskt material över bränder i svensk industri finns tillgängligt. Den förutsätter också att detaljeringsgraden i informationen är så hög att de olika variablerna som är av intresse (t.ex. sannolikheten att personalen i kemisk industri släcker en brand i produktionslokalen) kan identifieras.

Räddningsverket bedriver sedan 1996 insamling av insatsrapporter från bränder. Detta material skulle kunna användas som en grund för denna typ av projekt.

## 5. Referenser

- /1/ Johansson, H., *Brandfrekvenser och typbränder i industrianläggningar*, Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1998.
- /2/ Johansson, H., *Ekonomisk riskanalys av ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358*, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund 1999.
- /3/ Johansson, H., *Ekonomisk riskanalys av Avesta Sheffield's kallvalsverk i Nyby*, Brandteknik, Lund Universitet, Lund 1999.
- /4/ Johansson, M., Rigberth, J., *Ekonomisk riskanalys av Iggesunds bruk*, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund 1999.
- /5/ Rutstein R., *The Estimation of the Fire Hazard in Different Occupancies*, *Fire Surveyor* vol.8 no.2, 1979.
- /6/ *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York 1989.
- /7/ Mattsson, M., *Kostnad-nytta av industrins brandskyddsåtgärder*, Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1997.
- /8/ Keeney, R.L., Riaffa, H., *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, New York 1976.