



# LUND UNIVERSITY

## Pilotstudie av Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder- Bakgrund, sammanställning och framtida forskningsbehov

Mattsson, Magnus; Magnusson, Sven Erik

1997

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Mattsson, M., & Magnusson, S. E. (1997). *Pilotstudie av Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder-Bakgrund, sammanställning och framtida forskningsbehov*. (LUTVDG/TVBB--3097--SE; Vol. 3097). Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

*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



**Brandteknik**  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet



**Department of Fire Safety Engineering**  
Lund Institute of Technology  
Lund University

**Report 3097**

# **Pilotstudie av Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder**

*— Bakgrund, sammanställning och framtida forskningsbehov—*

Rapporten har finansierats av **BRANDFORSK**

**Magnus Mattsson**  
**Sven Erik Magnusson**

**Lund 1997**

**ISSN 1102-8246**  
**ISRN LUTVDG/TVBB--3097--SE**

**BRANDFORSK projekt No. 101-971**

**Title:** Preliminary study of cost-benefit of industrial fireprotection (Background, compilation and future research)

**Authors:** Magnus Mattsson and Sven Erik Magnusson

**Keywords:** Cost-benefit, decision-making, industrial fire protection, future research

**Abstract:** The purpose of this report is to give the background of the chosen methodology to analyse cost-benefit of industrial fire protection. Further more the investigation work has been compiled and some future research topics have been suggested.

**© Copyright Institutionen för brandteknik**  
**Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet, Lund 1997**

**Omslag/Layout/Figurer/Diagram:** Magnus Mattsson

# Sammanfattning

Denna rapport är utförd på uppdrag av styrelsen för svensk brandforskning, BRANDFORSK. Syftet är att ge en bakgrund till valt angreppssätt, att sammanställa resultaten från det utredande arbetet samt att konkretisera det framtida forskningsbehovet.

Den gängse budgetmetoden inom industrin är kostnadseffektivitet, d.v.s. en maximal budget definieras och fördelas sedan så att maximal riskreduktion erhålls. Problematiken ligger i att finna det mest optimala skyddssystemet. Modern beslutsteori innehåller dock väl definierade metoder för hur beslut kan tagas av enstaka beslutsfattare. Baselementet utgörs av händelse- och/eller beslutsträd där den väsentliga arbetsinsatsen utgörs av att representera osäkerheter som sannolikheter samt att mäta eller uppskatta i grunden olika storheter efter en gemensam numerisk skala.

Dock har de metoder som finns idag en hel del begränsningar, t.ex.:

- Brister i den matematiska strukturen
- Svårigheter i att kvantifiera nyttan
- Kan ej kopplas till ekonomi alternativt till en specifik industri
- Svårigheter i att involvera osäkerheter

Målet med detta projektet har därför varit att utreda och avrapportera om en beslutsanalytisk metodik baserat på skadevärderingar för en specifik anläggning bättre kan uppfylla kraven.

Resultatet visar på att det statistiska underlaget och skadekostnaderna (både direkta och indirekta) får stor inverkan på slutresultatet. Dock är metodiken som sådan mycket användbar, resultatet presenteras på ett enkelt sätt med grafiska figurer vilket lämpar sig alldeles utmärkt för vidare kommunikation och implementering. Nackdelen är att industrin är mycket dynamisk och det är ofta ont om tid till att utföra liknande analyser. För att metodiken därvid skall få en praktiskt användning i det riskförebyggande arbetet måste ett antal ytterligare studier utföras med målet att öka kunskapsbasen, förenkla och effektivisera arbetet samt minska osäkerheterna. Det är framförallt fem olika områden som bör utredas:

1. Fördjupade fältstudier och val av brandmiljömodell.
2. Utvecklande av en indexmetod.
3. Studier kring termiska skador.
4. Studier kring icke-termiska skador
5. Studier kring indirekta förluster.

Dessa områden sammanfaller med många programpunkter för BRANDFORSKs framtida forskning och projekten bör därför utgöra en given ståndpunkt för att kunna sammanställa, syntetisera och praktiskt utnyttja resultat från dessa.

# Summary

This report is performed at the request of the Swedish Fire Research Board, BRANDFORSK. The purpose is to give a short background to the chosen methodology, to compile the investigation work and to concretise some future research topics.

The usual budget methodology for industries is cost-effectiveness, in other words this means that the maximum budget is defined and is then distributed so that the maximum riskreduction is fulfilled. The problem is to find the most appropriate safety protection. Modern decision-theory however contains well-defined methods based on event- and/or decisiontrees. The main part of the work is concentrated to translate uncertainties to probabilities and to translate different quantities to same numerical scale. Despite this there are some problems, for example:

- Imperfection in the mathematical structure
- Problems to quantify the benefit
- Problems to involve economy or analysis concerning one specific industry
- Problems to take account of the uncertainties

There for the aim of this project is to investigate whether the decision analysis methodology, based on estimated losses for one specific industry, in a better way fulfils the demand from industrial decision-makers.

The results point out to main problems: (1) the statistical data and (2) the estimated losses (both direct and indirect). Anyway the methodology gives results, in graphical form, well fitted for further communication and implementation. The disadvantage is that the industry often is dynamic and the available time for analysis of this kind is limited. If the method should have any potential in risk assessment some further studies has to be done with the aim to increase the knowledge of some typical industries, to simplify and make the work more effective and to decrease uncertainties. The following five topics can be identified:

1. Fieldstudies and definition of a model to calculate the environmental effects of a fire.
2. A development of an index-method.
3. Studies concerning thermal damage.
4. Studies concerning non-thermal damage.
5. Studies concerning indirect losses.

Many of these items overlap with some topics from the future research suggested by BRANDFORSK. This makes the project a perfect way to compile synthesize and use results from these.

# Innehållsförteckning

	Sida
<b>Sammanfattning</b>	<b>iii</b>
<b>Summary</b>	<b>iv</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund och nuvarande kunskapsläge</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Beslutsfattande om brandsäkerhet</b> .....	<b>5</b>
3.1. Allmänt .....	5
3.2. Cost-befitanalyser .....	6
3.3. Risk-index metoder.....	6
3.4. Beslutsanalys .....	7
3.5. Begränsningar och vald metod .....	7
<b>4. Sammanställning av det utredande arbetet</b> .....	<b>9</b>
4.1. Allmänt .....	9
4.2. Resultat .....	9
4.3. Praktiska slutsatser och en sammanställning av input från referensgruppen .....	10
<b>5. Konkretisering av huvudprojekt</b> .....	<b>12</b>
5.1. Fältundersökningar och val av brandmiljömodell .....	13
5.1.1. Mål och syfte.....	13
5.1.2. Bakgrund .....	13
5.1.3. Insats och omfattning.....	14
5.2. Indexmetoder .....	15
5.2.1. Mål och syfte.....	15
5.2.2. Bakgrund .....	15
5.2.3. Insats och omfattning.....	15
5.3. Termiska skador i samband med brand .....	16
5.3.1. Mål och syfte.....	16
5.3.2. Bakgrund .....	16
5.3.3. Insats och omfattning.....	16
5.4. Icke-termiska skador i samband med brand .....	17
5.4.1. Mål och syfte.....	17
5.4.2. Bakgrund .....	17
5.4.3. Insats och omfattning.....	17
5.5. Indirekta förluster .....	18
5.5.1. Mål och syfte.....	18
5.5.2. Bakgrund .....	18
5.5.3. Insats och omfattning.....	18
5.6. Strategi samt koppling till andra Brandforsksprojekt .....	18
<b>6. Referenser</b> .....	<b>19</b>

# 1. Inledning

För att kunna värdera och helst optimera effekterna av olika brandskyddsåtgärder krävs att man kan både beräkna och balansera kostnaden respektive nyttan av dessa. Det behövs alltså en utvecklad metod för att industrins beslutsfattare skall, på ett ekonomiskt och tekniskt rätt sätt, kunna värdera skyddseffekten av olika åtgärder.

I enlighet med BRANDFORSKs program för 1997-99<sup>2</sup> syftar detta projekt till att i ett pilotprojekt utreda och avrapportera hur industrins brandskydd kan göras mer kostnads-effektivt. Följande delmål kan urskiljas:

1. att klargöra de faktiska förutsättningarna för att via beslutsanalytiska metoder optimera industrins brandskydd; d.v.s. finna mest kostnadseffektiv kombination av skyddssystem,
2. att redovisa tillgängliga beräkningsmodeller vad gäller brandtillväxt och brandspridning, termisk och icke-termisk belastning på kritiska komponenter och skador på dessa som ett resultat av påverkan,
3. att redovisa tillgängliga statistiska källor avseende brandinitiering och tillförlitlighet hos skyddssystem,
4. och att på grundval av vad som framkommit konkretisera ett huvudprojekt.

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

- Tommy Arvidsson, BRANDFORSK
- Lars Evre, Telia nättjänster
- Nils Fröman, Pharmacia & Upjohn
- Ingemar Grahn, Avesta Sheffield
- Lennart Klang, Göta Lejon Försäkrings AB
- Erik Nilsson, SSAB Svenskt Stål AB
- Anders Olsson, TryggHansa Försäkrings AB
- Bo Sidmar, Asea Brown Boveri AB
- Lennart Strandberg, KREAFOR AB
- Lars Thorstensson, SAAB AB
- Ola Åkesson, Räddningsverket

Huvuddelen av det utredande arbetet (m.a.o. punkterna 1,2 och 3 ovan) har utförts som ett projektarbete i ”Problembaserad Brandteknisk Riskhantering”, som är den avslutande kursen på Brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet. Detta projekt benämns *Kostnad-nytta av industrins Brandskyddsåtgärder (En pilotstudie av beslutsanalysens faktiska förutsättningar)*<sup>8</sup> och avrapporteras separat.

Denna rapport syftar istället till att ge en bakgrund till det valda angreppssättet, till att summera och sammanställa resultaten från *Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder* samt att på grundval av vad som framkommit konkretisera ett huvudprojekt i form av målsättning, omfattning, genomförande och tidplan. Det är dock av största vikt för läsaren att läsa ovan nämnda rapport för att erhålla en korrekt bakgrund.

## 2. Bakgrund och nuvarande kunskapsläge

Utöver de rent brandrelaterade trenderna sker också en fortlöpande samhällsutveckling som medför effekter på utvecklingen av brandskador och hotbild. Trenderna inom industrin tycks gå mot ökad värdekoncentration med mindre bemanning, ökat utnyttjande av informationsteknologi, mindre lagerhållning och mer komplexa anläggningar. Samtidigt ställs de ekonomiska kraven på företagen mycket högt idag. En följd är att även skyddssystemen mot brand måste vara ekonomiskt motiverade.

Det saknas idag ett verktyg för att på ett logiskt och metodiskt sätt kunna bedöma den förväntade nyttan utifrån ekonomiska kriterier av en skyddsinstallation kopplat till en specifik anläggning. I motsats till detta står att det i många situationer är nödvändigt att kunna bedöma effekten av planerade åtgärder. Inte minst gäller detta när ekonomiska medel skall motiveras. Besluten idag karakteriseras ofta av subjektiva bedömningar och schablonlösningar där underlaget är bristfälligt.

Det nuvarande kunskapsläget kan kort sammanfattas enligt följande:

### *Beslutsmetoder*

Det finns idag väl utvecklade metodiker som kan användas som stöd då ett val mellan olika alternativ skall göras. Dessa har dock vissa begränsningar och underlaget vad gäller brandskydd är mycket begränsat (se vidare kapitel 3).

### *Statistiskt underlag*

Vad gäller statistiskt underlag för brandinitiering, brandorsak och skyddssystemets tillförlitlighet är data spridda i en rad olika publikationer och ej sammanförda systematiskt.

### *Underlag vad gäller modeller för brandtillväxt och brandspridning*

Kunskapsbasen rörande brandtillväxt och brandspridningsmodeller är mycket stor och osystematiserad. En stor del av den nuvarande forskningen ligger just inom detta område.

### *Underlag vad gäller termisk påverkan och relationen påverkan-skadeeffekt*

Den första delen, som ger värmefflöde mot påverkad komponent, bör kunna hanteras med tillgänglig värmetransportteori. Kunskapsbasen tycks däremot, med undantag för enstaka komponenter som kablar, i stort saknas vad gäller relationen termisk påverkan – komponentskada.

## 3. Beslutsfattande om brandsäkerhet

### 3.1. Allmänt

Bör vi öka eller minska brandsäkerheten? Vad är optimal säkerhet? Dessa frågor är allmänt förekommande då ett företag skall investera i brandskydd. Besluten bakom kan baseras på olika kriterier; (1) nyttobaserade, (2) rättighetsbaserade, (3) teknologi-baserade och (4) hybrid-kriterier. Eftersom kriteriet kostnadseffektivitet ofta är den gängse budgetmetoden inom industrin kommer denna rapport att behandla de nyttobaserade kriterierna. Detta innebär att en ekonomisk värdering av utfallen måste göras, m.a.o. en balansering mellan kostnad och nytta. Beroende på vilka preferenser som finns kan denna analys (eller värdering) utföras på olika sätt och med olika detaljeringsgrad.

Modern beslutsteori innehåller väl definierade metoder för hur beslut under osäkerhet kan tagas av enstaka beslutsfattare. Baselementet i metodiken utgörs av händelse- och/eller beslutsträd vars konstruktion bl.a. kräver följande delaktiviteter:

- Listning av tillgängliga alternativ inklusive inhämtning av ny information.
- Listning av alla möjliga utfall förknippade med varje beslutsalternativ.
- Uppskattning av sannolikheten för varje utfall.
- Uppskattning av konsekvenserna för varje kombination av alternativa utfall.
- Formulering av beslutskriterier.
- Systematisk utvärdering.

De två väsentliga delarna av denna metodik är således dels att representera osäkerheter som sannolikheter, dels att mäta eller uppskatta i grunden olika storheter efter en gemensam numerisk skala.

Några av de metoder som finns kommer att beskrivas kortfattat i följande avsnitt.

## 3.2. Cost-befitanalyser

Cost-befitanalyser (CBA) används ofta som beslutsstöd inom den samhällsekonomiska sektorn när en myndighet, kommun etc söker det beslut som är så fördelaktigt som möjligt för den allmänhet som myndigheten betjänar. Genom CBA utvärderas konsekvenserna av en investering i ekonomiska termer och delas in i de två kategorierna kostnad och nytta. En viss åtgärds nytta antas i princip kunna mätas med individernas maximala betalningsvillighet för de fördelar som uppstår. Denna typ av analyser innefattar oftast en värdering av människoliv.

Kostnaden definieras som värdet av det man förlorar vid bästa alternativa användning av resurserna. Eftersom nytta och kostnad inträffar vid olika tidpunkter måste de konverteras till jämförbara storheter, ofta beräknat med nuvärdesmetoden.

Exempel på ett antal utförda cost-befitanalyser är de undersökningar som Birgitta Juås och Bengt Mattson har utfört åt Räddningsverket angående den samhällsekonomiska effekten av t.ex.:

- Brandvarnare i bostäder
- Handbrandsläckare i bostäder
- Lagstiftning kring heta arbeten

## 3.3. Risk-index metoder

Indexmetoder är en form av riskanalys som utnyttjar logiska modeller för att bedöma brandsäkerheten i en aktuell byggnad. Modellen utgörs ofta av olika delprocesser för att analysera, bedöma och rangordna olika riskparametrar. Genom att utnyttja expertutlåtande och erfarenhetsbaserade bedömningar ansätts olika värden på ingående variabler, både av positiv och negativ karaktär. De utvalda variablerna och tillhörande index utvärderas sedan med aritmetiska uttryck för att erhålla ett slutgiltigt värde på den relativa risken. Denna kan sedan jämföras med motsvarande värde för andra anläggningar, andra skyddssystem eller jämföras mot olika standardiserings mått.

Ett exempel på en risk-index metod är Det Norske Veritas modell<sup>5</sup> för riskvärdering av industriella byggnader. Metodiken förutsätter (1) att begreppet risk är beroende av både frekvens och möjlig skada och (2) att frekvensen uttrycks i aktivitetsfaktorn och den möjliga skadan, eller effekten vid brand, i kvoten riskfaktorer/skyddsfaktorer.

Med ett antal indata som grund beräknas förväntad årlig brandrisk (i procent av anläggningens totalvärde) för en industrieanläggning. Brandrisken beräknas både för en genomsnittsanläggning (referensrisk) och för den aktuella anläggningen (beräknad risk). Referensrisken beräknas med hjälp av grunddata om riskslaget i fråga, medan den beräknade risken tar hänsyn till en del värderingar avseende den aktuella risken förutom grunddata för riskslaget.

Förhållandet mellan beräknad risk och referensrisk uttrycker anläggningens klass. En anläggning har klassen större än 1.0 om den är sämre än genomsnittet, alltså om skador per år i procent av totalvärdet är större än referensskadan per år.

## 3.4. Beslutsanalys

Beslutsanalys (Decision Analysis, DA) används för att analysera beslut med användning av en logisk metodik som tar hänsyn till risker och bedömningar förknippade med olika handlingsalternativ och som också tar hänsyn till beslutsfattarens behov av att undvika risk. ”Riskattityden” uttrycks explicit genom en matematisk funktion. Denna kan användas för flera beslut och möjliggör för en organisation att konsekvent behandla risker från ett fall till ett annat.

Det mest optimala alternativet likställs med det alternativ som innebär en minimering av riskkostnaden bestående av; försäkringspremie, kostnad för förebyggande åtgärder och förväntade självrisker. Som bas för utvärderingen används beslutsträd.

Två metoder kan härvid urskiljas (1) en beslutsanalytisk metodik baserat på skadeutfallet hos den totala populationen och (2) en beslutsanalytisk metodik baserad på utvärderingar av skadeutfallet hos en enskild anläggning.

En beslutsanalys baserad på den totala populationen innebär att skadekostnaden representeras av en statistik fördelning vilken kan modifieras beroende på skyddsalternativ.

En beslutsanalys baserad på en skadevärdering hos den enskilda anläggningen baseras på en studie av ett antal typbränder som kan antas beskriva skade- och riskbilden på det aktuella företaget.

## 3.5. Begränsningar och vald metod

Begränsningarna hos de ovan beskrivna metoderna kan sammanfattas enligt följande:

- Cost-benefitanalyser kräver en kvantifiering av nyttan hos olika beslutsalternativ.
- Index-metoder kan ej på ett naturligt och rationellt sätt knytas till ekonomi rörande den enskilda byggnaden.
- En beslutsanalytisk metodik baserad på den totala populationen kan ej knytas till enstaka anläggningar.
- En beslutsanalytisk metodik för en enstaka byggnad kräver en utvärdering av skadebilden som uppkommit vid ett antal typbränder.

På området teknologiska risker är den praktiska användningen av cost-benefitanalyser liten trots den tilltalande logiska och teoretiska uppbyggnaden. Orsakerna är flera; oklarheter i själva matematiska strukturen, svårighet att integrera begreppet riskupplevelse och svårigheter i kvantifiering. Kan då inte index-metoder eller beslutsanalysen baserad på den totala populationen vara ett alternativ?

Morgan Engdal redovisar i *Brandteknisk Riskvärdering*<sup>5</sup> två huvudfrågor:

- Uppfyller anläggningen myndighetskraven?
- Är säkerheten mindre än eller större än genomsnittet?

Räcker en värdering på dessa preferenser *eller* en värdering av mest optimalt alternativ baserat på skadekostnader för den totala populationen kan de ovan nämnda metoderna (indexmetoder och beslutsanalyser baserat på den totala populationen) användas. Måste en mer detaljerad analys av den specifika anläggningen göras så måste den beslutsanalytiska metodiken baserad på en skadevärdering hos den enskilda byggnaden användas.

Grundbulten i detta projekt är därför att utreda om ett rationellt utnyttjande av den beslutsanalytiska metodiken baserat på en skadevärdering för den enskilda byggnaden på ett bättre sätt kan uppfylla kraven inom industrin.

## 4. Sammanställning av det utredande arbetet

Denna sammanställning baseras på vad som framkommit i *Kostnad-nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder (En pilotstudie av beslutsanalysens faktiska förutsättningar)*<sup>8</sup>.

### 4.1. Allmänt

Tidigare nämndes att syftet med det utredande arbetet har varit att visa hur en rationell användning av beslutsanalytiska metoder kan leda till en helhetssyn på kostnadseffektiviteten för det industriella brandskyddet samt att också utreda vilket underlag som måste tas fram för att den skall få en praktisk användning (d.v.s. en undersökning av vilka ingående parametrar som har stor betydelse för validiteten av modellen). För att visa på dessa faktorer definierades en typverksamhet; Termoplast AB. Detta exempel är helt fiktivt och syftar endast till att klargöra de förutsättningar som krävs.

### 4.2. Resultat

Resultatet av analysen visade på att lägsta förväntade årskostnad erhöles för skyddsalternativet sprinkler med en självrisknivå på 100 kkr. Som tidigare nämndes var indata uppskattade och i en del fall i verkligheten behäftade med osäkerheter. En deterministisk och probabilistisk känslighetsanalys utfördes för att undersöka vilken betydelse dessa osäkerheter får för slutresultatet. Analysen resulterade i att följande indata får stor betydelse för utfallet:

1. Brandinitierings-, tillförlitlighets- och brandorsaksstatistiken.
2. Indirekta och direkta skadekostnader.

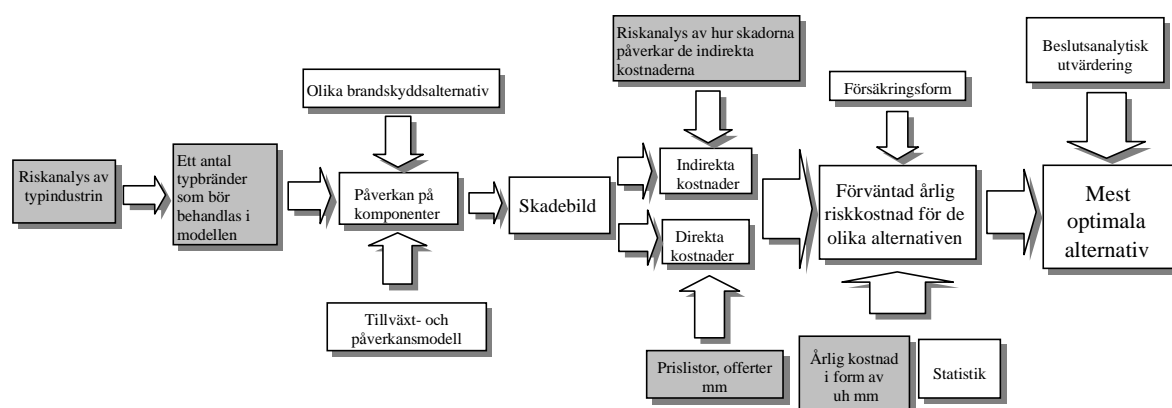
Sammanfattningsvis är alltså det statistiska underlaget samt beräkningsmodellerna för brandtillväxt och brandspridning, påverkan och skador känsliga delar.

Analysen visade också på att problemet blev relativt okänsligt för alternativen att försäkra istället för att förebygga samt för höga självrisknivåer.

Utöver de grundläggande och essentiella delarna av en beslutsanalys presenterades även ett antal metoder för förfinade analyser. Dessa metoder kan vara användbara då det finns anledning att ta hänsyn till att anläggningsägaren ej är kostnadsneutral (d.v.s. riskattityd ej neutral), osäkerheter och värdet av ytterligare information. Resultatet av dessa förfinade analyser visade på att ett beslutsproblem inte bara är beroende av storleken hos utfallet utan också på tillgångar respektive känslighet för indirekta skador hos anläggningsägaren. Återigen påvisades också värdet av att minska osäkerheterna avseende statistik och beräkningsmodeller.

## 4.3. Praktiska slutsatser och en sammanställning av input från referensgruppen

Den industriella sektorn är idag mycket dynamisk. Användningen och villkoren för olika anläggningar skiftar ständigt. I motsats tenderar arbetet med en beslutsanalytisk utredning ofta till att bli omfattande och detaljerad. För att en beslutmodell därvid skall få praktisk användbarhet bör slutprodukten utgöras av ett utvecklingsprojekt med ett datorprogram som sluprodukt. Modellen kan då, eftersom arbetet effektiviseras, få en större praktisk användning i det riskförebyggande arbetet. Den beslutsanalytiska metodiken som beskrivs i denna rapport är därvid tänkt att utgöra ett teoretiskt underlag. Hur modellen är tänkt att användas i den praktiska beslutsprocessen redovisas i figur 4.1.



Figur 4.1: Beslutsprocessen (gråa rutor avser moment som ej behandlas i rapporten)<sup>8</sup>.

Kraven och preferenserna skiljer sig från företag till företag bl.a. avseende de indirekta kostnaderna och känsligheten för termiska och icke-termiska skador. För att den färdiga modellen på ett bättre sätt skall kunna spegla dessa faktorer krävs en uppdelning i ett antal typindustrier. Denna indelning bör vara utformad så att det finns förutsättningar för att kunna anpassa statistik, tillväxt-, påverkans- och skademodeller. Ett förslag baserat på indelningen som finns i *Fire Protection Handbook*<sup>9</sup> ges nedan.

### 1. Tillverkningsindustrier

Med tillverkningsindustrier avses både delsteg i en process eller kompletta industrilokaler. Som exempel på industrier som ryms inom denna kategori kan följande nämnas: textilfabriker, plastfabriker, gummifabriker, träindustri, möbelfabriker, massafabriker, tryckerier, verkstäder etc. Dessa karakteriseras ofta av stora lokaler och har enligt undersökningar<sup>7</sup> ej visat på någon större känslighet för indirekta kostnader.

### 2. Industriella processer

Med industriella processer avses precis som innan både delsteg och hela processer. Exempel i denna kategori kan vara: värme- och kraftverk, värmeöverföringsprocesser, ugnar, smältverk, torkningsprocesser, kylanläggningar, ytbelägningsprocesser, svetsning och beskärning processer, kemiska processer, utvinningsprocesser, kärnbränsle anläggningar, behandling av farligt avfall etc. Dessa industriella delar kan vara av stor betydelse för företagets produktion och ett avbrott kan få stora konsekvenser.

### 3. Lagerlokaler

Med lagerlokaler avses i huvudsak lagring inomhus. Exempel kan vara: fri lagring inomhus, lagring i pallstallage inomhus, kyllagring, lagring av brandfarlig vara, lagring av gaser, lagring och behandling av kemikalier, spannmålsagring, lagring av fasta bränsle, arkiv etc. Ett lager utgör ofta en stor värdekoncentration. Förluster i detta kan orsaka stora indirekta kostnader om förlusten ej kan kompenseras med förhöjd produktionstakt. Lager utgör också ett specifikt brandtekniskt problem då en brand ofta karakteriseras av mycket höga effektutvecklingar samt inverkan av sprinkler och ventilation. Vissa delar kan dessutom också vara mycket känsliga för icke-termiska skador.

### 4. Specialindustrier med komplexa miljöer och stora värdekoncentrationer

Med specialindustrier avses bl.a. industrier med speciella krav på t.ex. renhet. Exempel kan vara: laboratorier, bekämpningsmedel, dator/telekommunikations miljöer, läkemedelsindustrier etc. Dessutom innefattas också verksamheter som karakteriseras av nyckelprojekt med en mycket stor betydelse för företagets överlevnad, t.ex. läkemedelsindustrin, flyg- och rymdfart mm. Verksamheter av denna typen är mycket känsliga för indirekta och icke-termiska skador<sup>6</sup>.

Den modell som avses bli slutprodukt bör innehålla statistik och skad modeller anpassat och kopplat till dessa typindustrier.

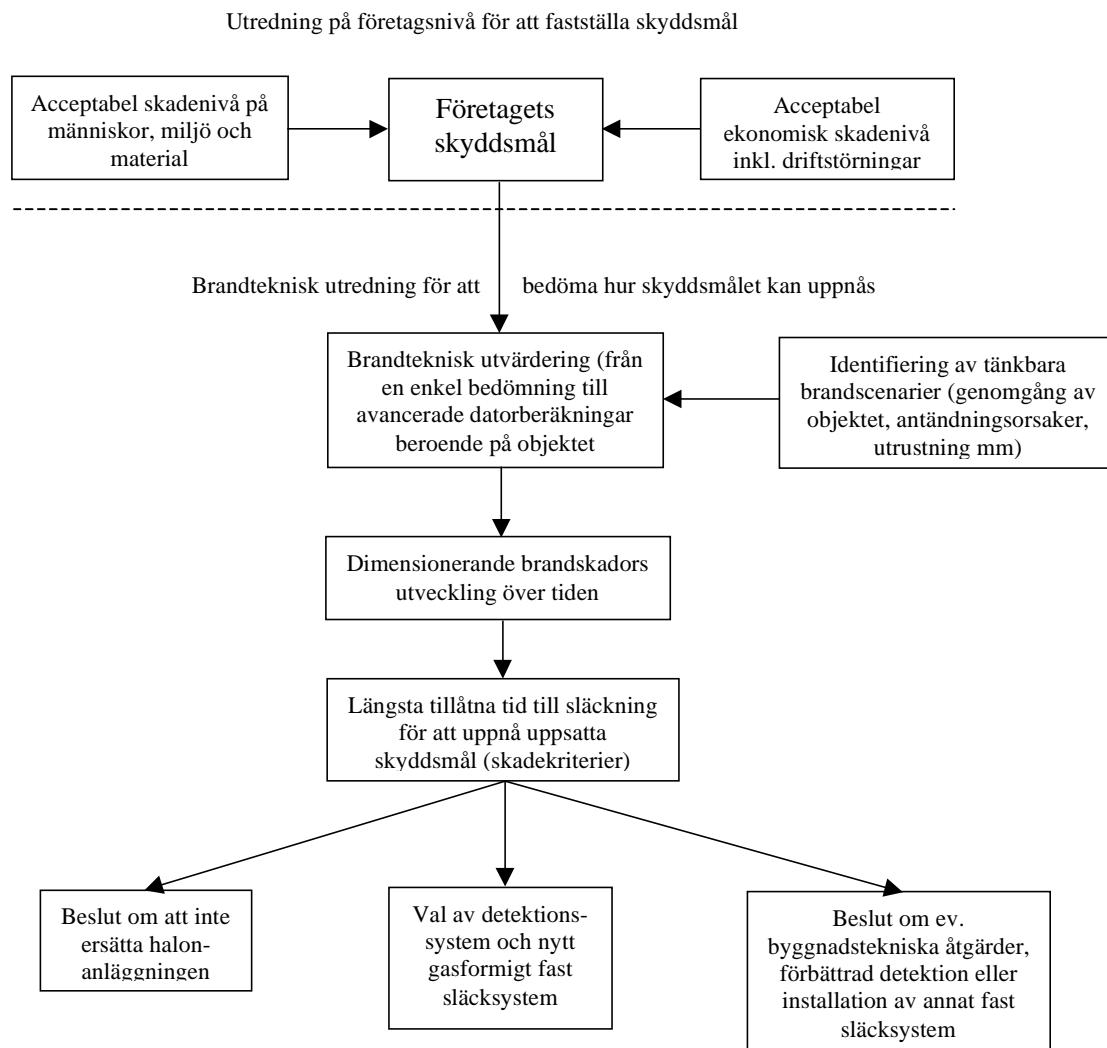
Samtidigt som nollstudien av Termoplast AB visar på att det statistiska underlaget och beräkningsmodellerna för skadekostnader är de ingående variabler som får störst utslag på slutresultatet visar också rapporten på att bristerna är stora inom dessa områden. En kostnadsnyttvärdering kräver en total kontroll av riskekonomin varför tillgängliga beräkningsmodeller måste kunna nyansera och värdera den förändrade riskbilden som erhålls av förebyggande åtgärder. Kunskapen finns oftast tillgänglig i form av utredningar inom varje specifikt område, men en sammanställning för respektive typindustri saknas.

På grundval av vad som framkommit under arbetet med rapporten finns det avslutningsvis anledning att ställa vissa krav på slutprodukten (datorprogrammet) för att denna skall bli praktiskt användbar:

1. Det måste finnas färdiga databaser avseende statistik, dimensionerande initialbränder, typkomponenter, skadekriterier och materialspecifikationer för varje typindustri. Dessutom måste det finnas möjlighet att lägga till egna alternativ.
2. Modellen måste vara så pass flexibel att företaget tillåts modellera just deras situation (dock förutsatt vissa grundkrav, t.ex. att nyttan mäts som en minimering av riskkostnaden).
3. Modellen bör kunna kopplas till en utförd riskanalys av något specificerat slag, m.a.o. en riskidentifiering.
4. Kopplat eller explicit måste en tillväxt-, påverkans- och skadmodell finnas. Denna måste vara anpassad för att kunna utvärdera de brandtekniska fall som är aktuella för respektive typindustri (stora volymer, icke-termiska skador, sprinkler mm).

## 5. Konkretisering av huvudprojekt

Figuren nedan visar på olika delar som kan ingå i en kostnad-nytta analys. Det är således av största vikt att ha kunskap om alla dessa delar för att analysen skall bli representativ. Som framgår av figuren är grunden till allt de identifierade skyddsmålen inom verksamheten. Ofta ligger dessa beslut långt ned i hierarkin vilket kan bli problematiskt för helhetsbilden av det riskförebyggande arbetet då det brandskyddsalternativ som är det optimala för en anläggning till stor del beror på hur företaget värderar skador mot människa, miljö och material.



Figur 5.1: Exempel på hur nyttan med brandskyddsåtgärder kan värderas mot skyddsmålen.

I samband med det utredande arbetet har fem olika delprojekt (egentligen olika delar av figuren där kunskapen brister) identifierats:

1. Fältundersökningar och val av brandmiljömodell
2. Indexmetoder
3. Termiska skador i samband med brand
4. Icke-termiska skador i samband med brand
5. Indirekta förluster

Vart och ett av dessa delprojekt kommer närmare att beskrivas i form av mål och syfte, bakgrund, insats och omfattning respektive erforderliga resurser.

## 5.1. Fältundersökningar och val av brandmiljömodell

### 5.1.1. Mål och syfte

Projektet syftar till att öka kunskapen och dessutom ytterligare klarlägga de problemområden som finns avseende kostnad-nytta analyser. Målet är att utveckla ett ”grundverktyg” så att en kostnad-nytta analys vid planering för, utvärdering av eller val av brandskydd kan utföras på ett korrekt tekniskt och ekonomiskt sätt.

### 5.1.2. Bakgrund

Som framgår av figur 5.1 är det av största vikt att känna till skyddsmålen inom verksamheten, d.v.s. hur företaget värderar skador på miljö, människa och egendom. Det är alltså framförallt här som kunskapsnivån i första hand måste ökas då detta till stor del lägger grunden för de övriga delarna i en analys. I pilotstudien användes ett fiktivt exempel vilket begränsar möjligheten till en utvärdering av den praktiska tillämpbarheten av de beslutsanalytiska metoderna. Dessutom visar studien på den stora skillnaden i krav, förutsättningar och preferenser som finns för olika typindustrier.

Utöver den övergripande frågan, dvs att ta fram ett grundverktyg för kostnad-nytta analyser, kan följande delproblem identifieras:

1. Den deterministiska känslighetsanalysen i *Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder*<sup>8</sup> visar på den stora betydelsen av att kunna bedöma skadekostnader. För att underlätta, eller överhuvudtaget möjliggöra, detta måste ett antal nyckelkomponenter identifieras. Dessa skall vara av sådan karaktär att en skada innebär stor risk för störningar av den fortsatta verksamheten, t.ex. hårdvara, elmotorer mm. Utifrån dessa nyckelkomponenter borde ett antal dimensionerande skadescenarier tas fram, som sedan kan underlätta och effektivisera arbetet med en beslutsanalytisk utvärdering.
2. Svårigheten i att förutsäga brandtillväxt och brandspridning är också ett grundläggande problem för brandtekniska bedömningar eftersom denna är avgörande för t.ex. aktiveringstider, rökfyllnad, skadornas omfattning, räddningstjänstinsats mm. Industriella lokaler ställer dessutom väldigt specifika krav på modeller av denna karaktär, då dessa ofta är av en mycket komplex karaktär.
3. Ytterligare ett problem som visar stort utslag på resultatet är avsaknaden av statistiskt datamaterial.

För att eliminera osäkerheter och subjektiva bedömningar och för att överhuvudtaget underlätta ställningstagande i de situationer som antytts ovan måste dessutom en beräkningsmodell fastställas. Denna måste vara i form av ett datorprogram med tillhörande brandmiljömodell. Brandmiljömodellen bör utgöras av någon form av expertsystem.

### **5.1.3.           Insats och omfattning**

Arbetets första fas har en kunskapsuppbyggande karaktär. Detta måste ske i form av fördjupade fältundersökningar av 2-4 representativa typindustrier. Arbetet bör innefatta platsstudier, intervjuer mm och under arbetets gång är det mycket viktigt att ha övriga projekt inom området (avsnitt 5.3 och 5.4) i åtanke. Efter att typindustrierna är fastställda bör var och en av studierna innefatta följande arbetsmoment:

1. En identifiering av ett antal nyckelkomponenter
2. Uppskattning (exempelvis i matrisform) av skadekänslighet samt mot vilka former av påverkan aktuell komponent är känslig
3. Framtagande av ett antal skadescenarier
4. Beslutsanalytisk utvärdering
5. Ökad kunskap om känsligheten för dolda kostnader
6. Insamling av statistik
7. Sammanställning i databas

På grundval av vad som framkommit under fältstudierna blir nästa steg att utveckla beslutsmodellen till kommersiellt användbar mjukvara. Kopplar eller explicit måste det finnas en brandmiljömodell.

Detta delprojekt har en mycket övergripande karaktär, det är framförallt under detta som grunden i form av mål och inriktning läggs för de övriga.

## 5.2. Indexmetoder

### 5.2.1. Mål och syfte

Slutmålet är att utveckla en förenklad metodik, baserad på indexmetoder, för att underlätta och förenkla användandet av kostnad-nytta analyser. Detta för att metodiken skall få en större användning och spridning.

### 5.2.2. Bakgrund

Den industriella sektorn är idag mycket dynamisk, förändringar av lokalernas användning och utformning skiftar ständigt. I motsats tenderar arbetet med den beslutsanalytiska metodiken till att bli ganska arbetskrävande. Det finns därmed också ett uttalat behov av en förenklad metodik som kan effektivisera arbetet.

Det finns idag ett antal indexmetoder för t.ex. icke-termiska skador<sup>3</sup> mm. En stor begränsning är att dessa endast är anpassade för en mycket liten population. Institutionen för Brandteknik har också nyligen utvecklat en indexmetod för utvärdering av brandsäkerheten i trähus vilket gett en hel del erfarenheter och kunskaper inom området. Den därvid använda metoden bygger på en hierarkisk uppbyggnad av skyddsmålet i nivåerna 1-4: (1) ett formulerat huvudmål för brandskyddet (policy), (2) ett antal olika delmål, (3) ett antal strategier för att nå dessa delmål och (4) de parametrar som bestämmer i vilken utsträckning strategierna är verkningsfulla. Parametrarna viktas i ett förfarande, huvudsakligen en fullskalig delfi-process, som bygger på att länken mellan en lägre och närmast högre nivå kvantifieras genom subjektiva bedömningar.

Metoden lämpar sig mycket väl för att påvisa ekvivalens mellan olika skyddssystem men inte för en explicit optimering av det totala brandskyddet. Angelägenheten att ta fram ett sådant system beror alltså på i vilken utsträckning ett påvisande av ekvivalens är tillräckligt.

Som nämnts ovan har metoden blivit föreslagen att användas för att påvisa ekvivalens mellan trä- och stenhus i brandavseende. Den är emellertid helt allmän och kan åtminstone i teoretiskt avseende anpassas till att bedöma ekvivalenta skyddssystem för industrier.

### 5.2.3. Insats och omfattning

Detta delprojekt får baseras på vad som framkommit under fältstudierna. Med detta menas att kraven på slutprodukten måste baseras på de önskemål som finns inom industrin. En stor uppgift blir däremot att anpassa metodiken för en så pass stor population som möjligt utan att arbetsinsatsen ökas allt för mycket.

## **5.3. Termiska skador i samband med brand**

### **5.3.1. Mål och syfte**

Projektet avser att identifiera och analysera termiska skador orsakade av brand. Slutmålet är att minska osäkerheter i beräkningar samt att finna en riskreducerande strategi.

### **5.3.2. Bakgrund**

En kostnad-nytta analys kräver en kontroll av den totala riskekonomin. En stor och betydande del av denna utgörs av direkta respektive indirekta kostnader vilka har sitt ursprung i de skador som en brand orsakat. De skad modeller som finns idag är grova förenklingar av bakomliggande teorier vilket ofta ger stora och ej kvantifierbara osäkerheter i utdata.

Ofta brukar termiska skador hänföras till värmetransport. Men vad som också är av stor betydelse är vilken typ av komponenter som påverkas, t.ex. om denna i sig kan öka brandspridning. Det bör därför göras en uppdelning av skadorna:

1. Skador på komponenter som innehåller stor mängd förbränningsenergi och därmed kan bidra till brandspridningen.
2. Skador på komponenter som ej innehåller stor mängd förbränningsenergi.

Känsligheten för skador för typkomponenter enligt grupp 1 kan företrädesvis utföras med en konkalorimeter test. Motsvarande modell för grupp två bör baseras på dosbegreppet och kan provas med t.ex. ugn eller extern strålningspåverkan.

Det finns vissa skadekriterier tillgängliga, dessa är dock främst för enstaka typkomponenter som t.ex. kablar. Dessutom är dom oftast utformat som en högsta temperatur på ytan, högsta temperatur invändigt mm. Det är oftast inte tillräckligt att beskriva en komponents skadekänslighet med ett värde. Detta då funktionskriterierna kan vara mycket olika och av olika betydelse för olika processer.

### **5.3.3. Insats och omfattning**

Projektet är av en mycket långsiktig karaktär och av både teoretisk och praktisk art. Det bör utföras i olika etapper där det första, i gängse ordning, bör utgöras av en pilotstudie innefattande litteraturstudier samt en insamling av skadekriterier. Följande etapper bör innefattas:

1. Utveckling av en skadmodell, företrädesvis baserat på dosbegreppet
2. Identifikation av olika skadenivåer som kan kopplas till olika funktionskriterier.
3. Framtagande av underlag för en provningsmetod som kan ligga till grund för normer, anvisningar eller rekommendationer.
4. En sammanställning av materialet i en databas som kan kopplas till miljömodellen.

## 5.4. Icke-termiska skador i samband med brand

### 5.4.1. Mål och syfte

Projektet syftar till att identifiera och analysera icke-termiska skador i samband med brand. Slutmålet är att minska osäkerheter och finna en riskreducerande strategi.

### 5.4.2. Bakgrund

Komponentskador till följd av värme definieras som termiska skador. Skador till följd av rök samt giftiga och korrosiva produkter betecknas icke-termiska skador. De flesta industrilokaler är känsliga för icke-termiska skador, speciellt utsatta är utrymmen av typen telefonväxlar, datorcentraler, kontrollrum, transportfordon och andra typer av utrymmen med elektronisk utrustning eftersom dessa karakteriseras av ”rena miljöer”. Samhällsstrukturen går mer och mer mot ett IT-baserat samhälle varför frågan om icke-termiska skador är mer aktuell än någonsin då instrument, datorer mm ställer krav på praktiskt taget fullständig frihet från partikelkontamination. Brand i denna typen av lokaler kan ge mycket stora skadekostnader i form av sanering, informationsförlust, produktionstopp mm. Området är dessutom förenat med en hel del problemställningar, t.ex.:

1. Ventilationsanordningars inverkan
2. Släckmedels inverkan
3. Beräkningsmodeller för sotavlagring kräver nästan uteslutningsvis CFD-modeller.
4. Inverkan av relativa fuktigheten i luften

Det finns idag en del utförda rapporter på området t.ex. *Brandgasers och släckmedels verkan på datorsystem*<sup>1</sup> och *Brandskadad elektronik: Sanering och Tillförlitlighet*<sup>4</sup>. Dessa publikationer har dock främst en skadebegränsande karaktär.

### 5.4.3. Insats och omfattning

Arbetet bör inledas med litteraturstudier och en allmän probleminventering på området. Nästa steg blir att identifiera kritiska punkter och komponenter i lokaler som är känsliga för icke-termisk påverkan. För olika typkomponenter måste det identifieras vilken typ av icke-termisk skada som de är känsliga för samt hur pass känsliga de är. Följande uppdelning av påverkan kan göras:

1. Syror (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HSO<sub>4</sub> etc)
2. Fukt
3. Tjära (+ övriga tyngre kolväte)
4. Sotdeponering

Om möjligt, bör också en beräkningsmodell för sotavlagring och korrosion utvecklas. Denna får förmodligen bli baserad på CFD-modeller. Ventilationens inverkan måste här få stor betydelse.

## **5.5. Indirekta förluster**

### **5.5.1. Mål och syfte**

Målet är att följa upp ABB-studien med syftet att samla internationella erfarenheter om icke försäkringsbara kostnader i samband med brand. Dessutom bör det undersökas hur dessa kostnader påverkar företagets möjlighet till överlevnad.

### **5.5.2. Bakgrund**

Direkta kostnader uppskattas från statistiska data eller bedömningar utifrån ett antal beräkningsmodeller. Indirekta kostnader är betydligt svårare att bedöma på samma sätt. Ett illustrativt exempel gavs av Bo Sidmar, ansvarig för RM vid Svenska ABB, vid en riskkonferens i Lund maj -95. Under 93/94 undersöktes de 13 största bolagen i koncernen med avseende på de dolda och oåterkalligen förlorade kostnader dessa företag skulle ådra sig vid EML-skada, trots bästa tänkbara försäkringsskydd. Resultatet visade sig, mycket oväntat, uppgå till mellan 20 och 50% av den årliga omsättningen.

Pilotstudien visar också på den stora betydelsen och framförallt svårigheten i att kvantifiera de dolda kostnaderna.

### **5.5.3. Insats och omfattning**

Utredningarna bör framförallt koncentreras till att utveckla kunskapen kring de indirekta förlusterna. Beroende på vad som framkommer under de inledande studierna, dvs fältstudierna, måste riktlinjerna klarare definieras.

## **5.6. Strategi samt koppling till andra Brandforskprojekt**

Delprojektet "Fältundersökningar och val av brandmiljömodell" bör startas så snabbt som möjligt eftersom detta till stor del utgör grunden för det fortsatta arbetet. Områdena termiska respektive icke-termiska skador måste sedan tillsammans med "indirekta förluster" startas upp då dessa har stor betydelse för validiteten i kostnad-nytta analyser. I samband med att kunskapsbasen kring industrierna ökar kan sedan en indexmetod utvecklas.

De problemområden som berörs här sammanfaller med många programpunkter i BRANDFORSKs program för 1997-99<sup>2</sup> varför projektet dessutom utgör en given ståndpunkt för att sammanställa, syntetisera och praktiskt utnyttja resultat från dessa områden.

## 6. Referenser

1. Arvidsson, T., "*Brandgasers och släckmedels verkan på datorsystem*", Brandforsk, Stockholm, 1986.
2. BRANDFORSK, "*BRANDFORSKning 1997-99, program*", Stockholm, 1996.
3. Budnick, E., Lawrence, A. och McKenna, JR., "*Quantifying Fire Risk for Telecommunications Network Integrity*", Fire Safety Science-Proceedings of the fifth international symposium, s 691-700.
4. Cider, L., "*Brandskadad elektronik: sanering och tillförlitlighet*", Institutet för verkstadsteknisk forskning, IVF-internrapport 92/20, 1992.
5. Engdal, M., "*Brandteknisk Riskvärdering*", Hansa Företag, 1984.
6. ITB, "*Fire and Explosion Hazards in the UK Aerospace industry*", London 1976.
7. ITB, "*Fire and Explosion Hazards in the UK Paint and Ink Manufacturing Industry*", London 1978.
8. Mattsson, M., "*Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder (En pilotstudie av beslutsanalysens faktiska förutsättningar)*", Institutionen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Rapport TVBB-3098, 1997.
9. NFPA, "*Fire Protection Handbook*", National Fire Protection Association, 1981.