LUND UNIVERSITY

Fire Risk Evaluator - Ett datorprogram för värdering av investeringar i brandskydd

Tehler, Henrik

2004

Link to publication

Citation for published version (APA):
Tehler, H. (2004). *Fire Risk Evaluator - Ett datorprogram för värdering av investeringar i brandskydd*. (LUTVDG/TVBB--3130--SE; Vol. 3130). Fire Safety Engineering and Systems Safety.

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

Download date: 15. Sep. 2026

Fire Risk Evaluator
Ett datorprogram för värdering av investeringar i brandskydd

Henrik Johansson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Rapport 3130, Lund 2004

Rapporten har finansierats av BRANDFORSK

Fire Risk Evaluator

Ett datorprogram för värdering av investeringar i brandskydd

Henrik Johansson

Lund 2004

Fire Risk Evaluator – Ett datorprogram för värdering av investeringar i brandskydd

Henrik Johansson

Rapport 3130
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--3130--SE

Number of pages: 35
Illustrations: Henrik Johansson

Keywords
Risk analysis, fire protection, decision analysis, computer program

Sökord
Riskanalys, brandskydd, beslutsanalys, datorprogram

Abstract
A computer program for evaluating investments in fire safety is presented. The computer program can be used to evaluate the risk reduction that a specific investment in fire safety implies in terms of a monetary value. The major benefits of using the program are that it provides a uniform framework for analyses of investments in fire safety, that it gives the user a way of organising his/her analyses of different buildings in a convenient manner, and that it provides a monetary valuation of the risk reduction that a specific investment implies.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2004.

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

Att bedöma huruvida en investering i brandskydd är bra kan vara mycket svårt. Datorprogrammet Fire Risk Evaluator (FRE) är till för att hjälpa en beslutsfattare att skaffa sig en uppfattning om de positiva aspekterna av en investering i brandskydd, exempelvis riskreduktionen som investeringen åstadkommer, är tillräckliga för att uppväga de negativa, exempelvis investeringskostnader och underhållskostnader.

Rapporten ger en introduktion till den teori som ligger till grund för hur man kan värdera en riskreduktion i form av ett monetärt värde och den förklarar också hur en investeringskalkyl för en brandskyddsinvestering kan genomföras. I en sådan kalkyl beräknas investeringens så kallade *Risk-justerade kapitalvärde*, vilket är ett mått på hur bra investeringen är. Ett positivt sådant kapitalvärde innebär att fördelarna med investeringen överväger nackdelarna.

En stor del av rapporten behandlar hur FRE-programmet fungerar och hur man kan använda det dels för att göra analyser av specifika investeringar, men också för att systematisera riskanalyser avseende brand för en större grupp byggnader. Rapporten behandlar också hur man kontinuerligt kan uppdatera sina analyser också på så vis kontinuerligt ”mäta” risken i en byggnad, eller i en grupp av byggnader. För den kontinuerliga uppföljningen av brandrisk kan man använda sig av information om inträffade bränder eller experter.

Programmets främsta styrkor är att det ger en plattform utifrån vilken man kan genomföra enhetliga analyser av brandskyddsinvesteringar, organisera analyser av olika brandskydds-investeringar, samt erhålla en monetär värdering av den riskreduktion som en investering är tänkt att åstadkomma. Just möjligheten att spara analyser ger goda möjligheter för en långsiktig användning av programmet där tidigare resultat för en specifik byggnad kan användas som utgångspunkt för en ny analys och därmed spara värdefull analystid. Det är också möjligt att använda programmet tillsammans med andra mer specialiserade metoder/datorprogram, exempelvis sådana som är avsedda att analysera vad de monetära konsekvenserna av ett produktionsavbrott i en specifik fabrik blir. I så fall använder man denna typ av program för att erhålla information om konsekvenserna för de olika brandscenarier som används i FRE-modellen.

Summary

Judging whether a specific investment in fire safety is good can be difficult. The computer program Fire Risk Evaluator (FRE) is designed so as to help a decision maker to make a more informed and hopefully better decision concerning investments in fire safety. Using the program the decision maker can evaluate whether the positive effects of an investment in fire safety, for example the risk reduction, is enough to compensate for the negative effects, e.g. investment costs and maintenance costs.

The report provides an introduction to the theory that is the basis for how one can evaluate a risk reduction in terms of a monetary value and it also deals with how an investment analysis for a fire safety measure can be done. In such an analysis one calculates the *Risk-adjusted net present value* of the investment, which is a measure of how good the investment in question is. A positive Risk-adjusted net present value implies that investment is good and should be made; a negative value implies that the investment should not be made.

A large part of the report deals with the practical use of the FRE program and how one can perform an analysis of specific investments in fire safety. In addition, the report also deals with how one can use the program to continuously monitor the fire risk in a specific building.

The major benefits of using the program are that it provides a uniform framework for analyses of investments in fire safety, that it gives the user a way of organising his/her analyses of different buildings in a convenient manner, and that it provides a monetary valuation of the risk reduction that a specific investment implies.

Innehållsförteckning

Sammanfattning i
Summary ii
Innehållsförteckning iii

1 Inledning 1
2 Värdering av brandrisk 3
2.1 Beslutsteori som utgångspunkt för värdering av brandrisk 3
2.1.1 Att maximera förväntad nytta 4
2.1.2 Nyttofunktioner 5
2.2 Risk-justerat kapitalvärde 6
2.3 Kunskapsosäkerheter 8
3 Beräkningsmodellen Fire Risk Evaluator (FRE) 11
3.1 Användargränssnittet i Fire Risk Evaluator 11
3.1.1 Huvudfönster 11
3.1.2 Brandscenariomodellen 12
3.1.3 Sannolikhetsfönstret 14
3.1.4 Inmatning av sannolikheter 15
3.1.5 Brandfrekvens 16
3.1.6 Investeringskalkyl 17
3.1.7 Tidsanalys 19
3.2 Hantering av kunskapsosäkerhet 21
3.2.1 Monte carlo-simulering 21
3.2.2 Robusthet 23
3.2.3 Korrelation mellan system 24
4 Uppföljning av brandrisk 27
4.1 Uppdatering av sannolikheter 27
4.2 Uppdatering av brandfrekvensen 28
4.3 Användning av uppdatering i praktiken 29
4.3.1 Användning av experter 29
5 Diskussion 33
6 Referenser 35

1 Inledning

Att värdera en investering i brandskydd kan vara svårt beroende på många olika faktorer. I flera projekt finansierade av BRANDFORSK (se exempelvis referenser [1], [2] och [3]) har metoder för hur denna typ av värdering kan genomföras utarbetats. Arbetet i dessa projekt har bedrivits under flera år och har resulterat i avhandlingen ”Decision Analysis in Fire Safety Engineering – Analysing Investments in Fire Safety” [4] där resultaten från projekten presenteras på ett sammanhängande sätt.

När man gör en värdering av en investering i brandskydd med hjälp av de metoder som beskrivits i referenserna ovan innebär det att man försöker besvara frågan ”Hur mycket är den riskreducering som investeringen åstadkommer värd?” och uttrycka svaret i monetära termer. Det har visat sig att den analys som måste genomföras för att kunna besvara frågan kan ta mycket tid i anspråk och den kräver stor kunskap hos den som gör analysen. För att kunna hjälpa den som skall göra en analys med dessa metoder har ett datorprogram utvecklats i BRANDFORSK-projektet ”Indexmetod för värdering av brandrisker i industrier”. Denna rapport utgör både en slutrapport för detta projekt och en användarhandledning för datorprogrammet. Datorprogrammet kallas för Fire Risk Evaluator (FRE).

Det andra kapitlet i denna rapport behandlar den teoretiska bakgrunden för den typ av analys som FRE-metoden kan användas för. I detta kapitel förklaras de förutsättningar som måste vara uppfyllda för att man skall kunna använda modellen; det presenteras en detaljerad genomgång av hur osäkerheter hanteras i modellen och det finns även en genomgång av hur olika typer av information (exempelvis statistisk information och information från experter) kan kombineras i programmet.

Det tredje kapitlet innehåller en beskrivning av själva programmet och dess grafiska gränssnitt. Detta kapitel innehåller också en beskrivning av hur vissa av de beräkningar som är nödvändiga genomförs.

I kapitel fyra finns en beskrivning av hur FRE-modellen kan användas för att kontinuerligt följa upp brandrisken i en byggnad.

2 Värdering av brandrisk

Det som avses med värdering av risk i denna rapport är snarare en värdering av en *reduktion* av risken. Efter det att en investering i brandskydd är genomförd bör brandrisken i byggnaden vara lägre, och det är denna reducering som det är önskvärt att värdera. Man kan uppfatta problemet som att man söker den summa pengar som är likvärdig med den riskreduktion som åstadkoms i byggnaden då investeringen genomförs. Om man på något sätt kan beräkna denna summa är värderingen av brandskyddsinvesteringen lätt att göra eftersom övriga aspekter av problemet som påverkar huruvida en investering är bra eller ej är relativt lätta att uppskatta[1].

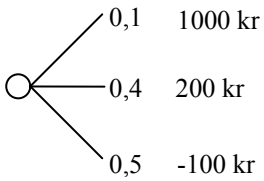
Den utgångspunkt för värdering av brandskyddsinvesteringar som används i FRE-modellen kommer från beslutsteori (se exempelvis [5]) där man sedan länge varit intresserad av att analysera olika beslutsalternativ och finna det handlingsalternativ som är det bästa.

2.1 Beslutsteori som utgångspunkt för värdering av brandrisk

Man kan dela upp beslutsteorier i åtminstone två grupper; de normativa teorierna och de deskriptiva teorierna. De normativa teorierna är inriktade på att ge svar på hur en beslutsfattare ska fatta beslut och de deskriptiva fokuserar på att beskriva hur människor faktiskt fattar verkliga beslut. När ordet beslutsteori används i denna rapport avses de normativa teorierna, eller mer precist den typ av teori som benämns Bayesiansk beslutsteori (se [4] för en mer detaljerad beskrivning av denna teori).

Den praktiska tillämpningen av beslutsteorier kallas beslutsanalys och det är det som är grunden för FRE-modellen som beskrivs i denna rapport. Med hjälp av beslutsanalys är det möjligt att analysera praktiska beslutsproblem och erhålla en rekommendation avseende vilket det bästa handlingsalternativet är. Det viktigaste i detta sammanhang är att beslutsteori kan hantera beslutsalternativ som är förenade med osäkerheter, d.v.s. där man inte vet konsekvenserna av att välja ett visst handlingsalternativ på förhand. Osäkerheter rörande konsekvenser av att välja olika alternativ är det som skapar de största svårigheterna när det gäller investeringar i brandskydd. Om man på förhand visste hur många gånger det skulle brinna i framtiden och vad konsekvenserna av dessa bränder skulle bli vore valet mellan olika investeringsalternativ troligtvis inte särskilt svårt.

Inom beslutsteorin brukar man karaktärisera olika handlingsalternativ där konsekvenserna är osäkra med hjälp av lotterier. I Figur 1 finns en illustration av en osäker situation där det framgår att sannolikheten att erhålla 1000 kr är 0,1; sannolikheten att erhålla 200 kr är 0,4 och sannolikheten att få betala 100 kr är 0,5.



Figur 1 En illustration av ett lotteri, d.v.s. en osäker situation.

[1] Det kan till exempel röra sig om investeringskostnaden för brandskyddet, underhållskostnaden, o.s.v.

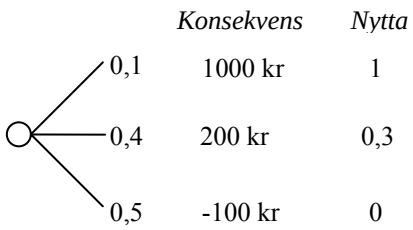
På samma sätt som det enkla lotteriet beskrevs i Figur 1 kan konsekvenserna av en brand beskrivas, skillnaden är dock att beskrivningen av möjliga konsekvenser av en brand blir betydligt mer komplex än det enkla lotteriet. I FRE-modellen ingår en modell som beskriver olika konsekvenser av en brand och i kapitel 3 kommer denna modell att presenteras närmare. För tillfället räcker det dock med att konstatera att det är möjligt att beskriva olika konsekvenser av en brand på samma sätt som man kan beskriva möjliga konsekvenser av ett lotteri.

När man har gjort en beskrivning av möjliga konsekvenser av att välja olika handlingsalternativ, exempelvis att investera i en viss typ av brandskydd, kan man använda sig av beslutsanalys för att ta reda på vilket av de olika alternativen som man bör välja. För att göra detta måste man kunna skatta sannolikheten för var och en av de möjliga konsekvenserna av att välja ett specifikt alternativ. Exempelvis skulle man kunna tänka sig att Figur 1 illustrerar ett handlingsalternativ där en beslutsfattare får 1000 kr om det är uppehållsväder och sol i morgon, att han/hon får 200 kr om det är uppehållsväder men inte sol och att han/hon får betala 100 kr om det inte är uppehållsväder. I detta fall måste man kunna skatta sannolikheterna för de tre möjliga vädertyperna. I detta fall är konsekvenserna förknippade med huruvida det blir uppehållsväder eller ej, men i de fall när man överväger olika investeringar i brandskydd är konsekvenserna beroende av hur många och hur allvarliga bränder i framtiden blir.

2.1.1 Att maximera förväntad nytta

När man har lyckats med att beskriva samtliga handlingsalternativ genom att identifiera möjliga konsekvenser och deras sannolikheter kan man analysera vilket alternativ som är det bästa. För att göra detta behöver man en beslutsregel och inom beslutsanalysen använder man sig vanligtvis av regeln att välja det alternativ som maximerar den förväntade nyttan. Denna beslutsregel samt ett antal andra finns närmare beskrivna i [4].

För att kunna beräkna den förväntade nyttan med ett handlingsalternativ måste man kunna beräkna de olika möjliga konsekvensernas *nytto-värden*. Nyttovärdena visar vilken *risk-attityd* en beslutsfattare har, d.v.s. om han/hon gillar att ta risker eller om han/hon hellre väljer säkra alternativ. För att få fram nytto-värden använder man sig vanligtvis av en så kallad *nytto-funktion*, vilket kan sägas vara en funktion som ”översätter” konsekvenser till nytto-värden. I nästa avsnitt skall risk-attityd och nytto-funktioner behandlas närmare och i detta avsnitt kommer hädanefter fokus att ligga på beräkning av förväntad nytta. Ett exempel på där konsekvenser översatts till nyttovärden finns i Figur 2. Vanligtvis ger man den bästa konsekvensen nytto-värdet 1 och den sämsta nytto-värdet 0.



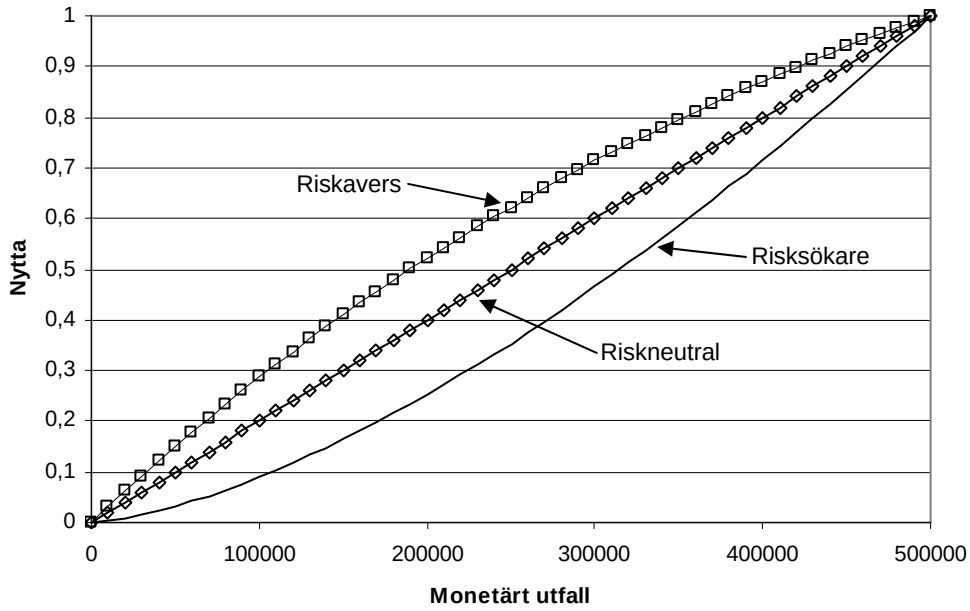
Figur 2 Illustration av ett enkelt lotteri med konsekvenser och nytto-värden.

Den förväntade nyttan av ett handlingsalternativ beräknas genom att multiplicera sannolikheterna för de olika konsekvenserna med respektive nytto-värde och sedan summera dessa produkter. I exemplet som visas i Figur 2 blir den förväntade nyttan 0,22 (1*0,1 + 0,3 * 0,4 + 0 * 0,5). Detta förväntade nyttovärde har ingen mening för sig själv utan det är bara av intresse då man jämför handlingsalternativ eftersom man då skall välja det alternativ som har den största förväntade nyttan.

2.1.2 Nyttofunktioner

För att ”översätta” konsekvenser (vanligtvis i form av monetära värden) till nytto-värden behövs en nytto-funktion. Denna funktion kan se annorlunda ut beroende på vilken beslutsfattares preferenser som den representerar. Man brukar skilja mellan tre typer av nytto-funktioner som representerar tre typer av beslutsfattare. Dessa tre typer av beslutsfattare är de riskaversa beslutsfattarna, de risksökande samt de riskneutrala.

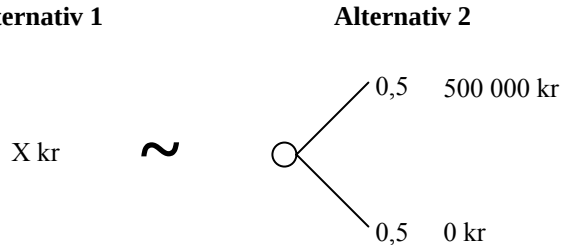
Den riskaverse beslutsfattarens preferenser representeras av en konvex nytto-funktion, den risksökande av en konkav funktion och den riskneutrale av en linjär funktion (se Figur 3). En specifik nytto-funktion ger information om hur den beslutsfattare vars preferenser representeras av nyttofunktionen väljer mellan olika beslutsalternativ. Exempelvis kan man med hjälp av nyttofunktionerna i Figur 3 ta reda på för vilket värde *X* som en specifik beslutsfattare tycker att alternativen som illustreras i Figur 4 är likvärdiga.



Figur 3 Illustration av tre olika typer av nytto-funktioner.

Figur 4 illustrerar ett val mellan två alternativ där Alternativ 1 innebär att beslutsfattaren får *X* kr (utan osäkerhet) och Alternativ 2 innebär att beslutsfattaren får 500 000 kr med sannolikheten 0,5 och 0 kr med sannolikheten 0,5. Eftersom en beslutsfattare ska välja det alternativ som maximerar den förväntade nyttan innebär det att två alternativ är likvärdiga om deras respektive förväntade nyttor är lika. Den förväntade nyttan med Alternativ 2 är 0,5 eftersom 500 000 kr är den bästa konsekvensen och 0 kr den sämsta (0,5*1 + 0,5 *0). För att få reda på vilket värde *X* som gör att beslutsfattarna tycker att alternativen är likvärdiga använder man nytto-funktionerna i Figur 3. Via funktionerna kan man ta reda på vilket monetärt värde som motsvarar nyttan 0,5. Detta värde är lika med *X* i Figur 4. För den beslutsfattare som är riskavers skulle *X* vara ungefär 190 000 kr, för den som är risksökare

skulle *X* vara ungefär 320 000 kr och för den riskneutrale 250 000 kr. Detta exempel visar att en riskavers beslutsfattare anser att en osäker situation är värd mindre än dess förväntade värde, en risksökande beslutsfattare anser att en sådan situation är värd mer än dess förväntade värde och den riskneutrale anser att den är värd exakt lika mycket som det förväntade värdet.



Figur 4 Illustration av ett val mellan två alternativ.

Det är intressant att se kopplingen mellan olika typer av beslutsfattare när det gäller de enkla ”lotterier” som visats ovan och värdering av brandskydd. Att välja mellan olika typer av brandskydd kan ses som ett val mellan olika (komplicerade) ”lotterier” och för att få reda på hur mycket det är rimligt att betala för ett viss brandskydd måste man kunna skatta hur mycket riskreduktionen som en investering åstadkommer är värd. Detta kan man göra genom att känna till beslutsfattarens preferenser när det gäller risker, d.v.s. hans/hennes nyttofunktion.

Man kan fråga sig vilken typ av preferenser som är vanligast när det gäller möjliga förluster, vilket är det som är aktuellt när man vill värdera investeringar i brandskydd. Antalet undersökningar av preferenser för förluster är inte stort, och de undersökningar som presenterats ger inget entydigt svar på frågan om hur människors preferenser för möjliga förluster ser ut. Fishburn och Kochenberger [6] presenterar undersökningar av 26 personers preferenser för förluster. De flesta hade risksökande preferenser, men hela 10 personer var riskaversa. Fennema och van Assen [7] undersökte 64 personers preferenser och fann att en majoritet av dessa hade preferenser som kunde klassificeras som risksökande. I FRE-modellen antas beslutsfattaren vara risk-neutral, d.v.s. nyttofunktionen är linjär.

2.2 Risk-justerat kapitalvärde

I en traditionell investeringskalkyl, exempelvis en nuvärdeskalkyl, analyserar man de betalningsflöden som uppstår på grund av investeringen och försöker sedan väga ihop dessa för att få en samlad värdering av hur attraktiv investeringen är. Vanligtvis analyserar man tidsperioder på ett år och för att kunna göra betalningsflöden under olika år jämförbara *diskonterar* man dessa, d.v.s. man räknar om betalningsflödena till ett specifikt år, exempelvis det år man gör investeringen. När det gäller investeringar i brandskydd kan man resonera på ungefär liknande sätt som när man jobbar med den traditionella investeringskalkylen, skillnaden ligger i att man också måste göra en värdering av den riskreduktion som investeringen åstadkommer. Detta kan man göra genom att beräkna *säkerhetsekvivalensen* för en brand.

Säkerhetsekvivalensen för en brand är den summa pengar som är likvärdig med att en brand uppstår i den byggnad som man är intresserad av. Man kan se det som en otrevlig valsituation där man å ena sidan kan välja att betala det belopp som är säkerhetsekvivalensen, eller att en

brand uppkommer i byggnaden. Det monetära belopp som gör att beslutsfattaren tycker att dessa två alternativ är lika bra (dåliga) är säkerhetsekvivalensen för en brand. Naturligtvis är det mycket svårt att direkt säga vad detta belopp är för en specifik byggnad och det är därför man måste använda exempelvis FRE-modellen för att skatta det. Med hjälp av FRE-modellen kan man skatta sannolikheten för olika brandscenarier samt den skadekostnad som dessa scenarier medför. Med hjälp av kunskap om beslutsfattarens risk-attityd kan man sedan översätta osäkerheten när det gäller resultatet av en brand till en säkerhetsekvivalens på samma sätt som diskuterades ovan i samband med Figur 4.

Säkerhetsekvivalensen för *en* brand räcker inte för att värdera brandrisker eftersom det i en specifik byggnad kan uppkomma fler än en brand och man måste därför ta med det faktum att det brinner olika mycket i olika byggnader. Detta kan man göra genom vissa antaganden rörande en beslutsfattares preferenser när det gäller fler än en brand. Dessa antaganden behandlas inte ytterligare här, men finns beskrivna på sidorna 44 till 53 i [4].

Om man kan anta att beslutsfattaren är risk-neutral är det enkelt att beräkna säkerhetsekvivalensen för brandrisken i en byggnad under en viss tidsperiod. Det enda man måste göra då är att multiplicera säkerhetsekvivalensen för en brand med det förväntade antalet bränder under den tidsperiod man är intresserad av. Antag att en beslutsfattare vill värdera brandrisken under fem år och att han/hon beräknat säkerhetsekvivalensen till 1 mkr per brand samt att han/hon förväntar sig 0,5 bränder per år i byggnaden. I detta fall är säkerhetsekvivalensen för brandrisken i byggnaden under fem år 2,5 mkr (0,5 * 5 * 1).

I exemplet ovan betraktades brandrisken under år 5 som likvärdig med brandrisken under år 1. Detta behöver inte vara sant utan en beslutsfattare kan ha preferenser som innebär att brandrisken längre fram i tiden skall värderas som mindre än samma brandrisk idag. Bakom detta ligger samma resonemang som för diskontering av betalningsströmmar i en klassisk investeringskalkyl, d.v.s. det är bättre att betala 100 kronor om fem år än att betala dem idag. För att ta hänsyn till dessa typer av preferenser kan man diskontera värderingen av brandrisken under de olika år man är intresserad av. Detta gör man genom att multiplicera värderingen av brandrisk under ett specifikt år med en diskonteringsfaktor.

För att värdera brandrisken under *n* år med hänsyn tagen till diskontering kan man använda Ekvation 1, där V_{nu} är värderingen av brandrisken vid tiden för analysen och *i* motsvarar kalkylräntan i en traditionell investeringskalkyl, d.v.s. ett mått på hur mycket bättre betalningsströmmar som ligger närmre i tid är än de som ligger längre bort i tiden.

$$V = \sum_{k=1}^{n} \frac{V_{nu}}{(1+i)^k} \qquad \textit{Ekvation 1}$$

Förutom att värdera brandrisken vid en investering i brandskydd måste man naturligtvis ta hänsyn till alla andra kostnader och intäkter (exempelvis investeringskostnaden, underhållskostnaden, eventuella minskningar av försäkringspremie, etc.) som är beroende av beslutet att investera i brandskyddet. Detta kan ske på samma sätt som i en vanlig investeringskalkyl, d.v.s. med hjälp av kalkylränta och diskontering.

I en traditionell investeringskalkyl kan resultatet presenteras i form av ett kapitalvärde, vilket är summan av alla betalningars (som följer av investeringen) nuvärde. Om man till detta värde även lägger värderingen av reduktionen av brandrisken som en investering åstadkommer får man det *risk-justerade kapitalvärdet*.

Antag att man i en industri funderar på att investera i ett sprinklersystem och att man har konstaterat att investeringskostnaden är 5 mkr och att underhållskostnaden är 50 tkr per år. Vidare har man genom en analys av brandriskerna i byggnaden (exempelvis genom att använda FRE-modellen) konstaterat att brandriskerna innan investeringen värderades till 10 mkr per år och efter investeringen till 8 mkr per år. I detta fall kan det risk-justerade kapitalvärdet (RJKV) beräknas som följer:

$$RJKV = -5 - \sum_{k=1}^{5} \frac{0{,}05}{(1+0{,}1)^k} + \sum_{k=1}^{5} \frac{10-8}{(1+0{,}1)^k} = -5 - 0{,}19 + 7{,}58 = 2{,}39 \text{ mkr}$$

Storleken på det risk-justerade kapitalvärdet indikerar skillnaden mellan investeringens negativa effekter (kostnaderna) och dess positiva effekter (riskminskningen) och i detta fall är värdet positivt, vilket betyder att investeringen är bra.

2.3 Kunskapsosäkerheter

Ibland väljer man att skilja mellan två typer av osäkerheter, kunskapsosäkerheter och stokastiska osäkerheter. Kunskapsosäkerheterna brukar kallas reducerbara osäkerheter eftersom man genom mer information kan eliminera dem och de stokastiska osäkerheterna är icke reducerbara, d.v.s. oavsett hur mycket information som man erhåller så kan man aldrig reducera de stokastiska osäkerheterna helt [8].

Inom beslutsteorin skiljer man inte på dessa två typer av osäkerheter utan de behandlas på samma sätt. Man har dock funnit att människor inte betraktar dem som likvärdiga (se exempelvis [9], samt diskussionen i [4] på sidorna 65 till och med 68). För att illustrera varför människor tenderar att betrakta kunskapsosäkerheter och stokastiska osäkerheter olika kan man använda Ellsbergs försök där han låtit personer dra en kula från en urna med röda och svarta kulor. I urna 1 vet personen att det finns 50 svarta och 50 röda kulor, men i urna 2 vet personen endast att det finns 100 kulor som är antingen röda eller svarta, han/hon vet inte antalet svarta respektive röda kulor. Om man som försöksperson erhåller en vinst om man exempelvis drar en röd kula skall det, enligt den klassiska beslutsteorin, inte spela någon roll från vilken urna personen drar kulan. Detta stämmer dock inte med hur de flesta människor resonerar utan de vill hellre dra en kula från urna 1 än från urna 2.

När det gäller brandskyddsinvesteringar kan man säga att de stokastiska osäkerheterna representeras av de olika möjliga brandscenarier som kan uppkomma vid en brand. Eftersom man innan branden (åtminstone i teorin) har uppkommit inte kan veta vilket brandscenario som kommer att inträffa är detta stokastisk osäkerhet (inte reducerbar). I en modell för olika brandscenarier i en byggnad kan man också vara osäker på värdena för de olika sannolikheterna att skyddssystemen (sprinkler, brandlarm, etc.) fungerar. Denna typ av osäkerhet kan man reducera genom tester, mer information, o.s.v., d.v.s. det är frågan om kunskapsosäkerhet.

Eftersom personer kan uppleva skillnad på situationer som involverar olika mycket kunskapsosäkerhet finns det i FRE-modellen möjlighet att illustrera effekten av kunskapsosäkerheterna. Detta kan göras genom att man illustrerar kunskapsosäkerheternas effekt på slutresultatet, d.v.s. det risk-justerade kapitalvärdet. I praktiken sker detta genom att presentera det risk-justerade kapitalvärdet i form av en sannolikhetsfördelning där man kan

utläsa hur troliga olika värden på det risk-justerade kapitalvärdet är *givet* att man kunde reducera alla kunskapsosäkerheter. I samband med detta kan man även prata om en investerings *robusthet*, vilket finns beskrivet på sida 70 i [4]. Robustheten är sannolikheten att den aktuella investeringen fortfarande är en bra investering (det risk-justerade kapitalvärdet är positivt) även efter att alla kunskapsosäkerheter reducerats. Det bästa är alltså en robusthet på 100%.

3 Beräkningsmodellen Fire Risk Evaluator (FRE)

För att kunna bestämma det risk-justerade kapitalvärdet för en investering i brandskydd måste man ha en modell som visar vad som *kan* hända då det brinner. En sådan modell finns i inbyggd i programmet Fire Risk Evaluator (FRE). Genom att man förser FRE-programmet med uppgifter om de brandskyddsalternativ som man önskar jämföra, de skadekostnader som man associerar med olika brandscenarier, kostnader för alternativen, etc. kan man få en skattning av investeringens ”lönsamhet”. Det är egentligen missvisande att använda ordet ”lönsamhet” eftersom det ordet kan leda till associationen att om man gör en investering som klassats som lönsam så kommer den att leda till att inbetalningarna överstiger utbetalningarna (till följd av investeringen) under den tid som man anser vara investeringens livslängd. Detta stämmer inte, eftersom en brandskyddsinvestering kan vara bra även om ovanstående inte är sant (vilket det förmodligen inte är för majoriteten av den här typen av investeringar). Det som avses med ”lönsam” i det här fallet är snarare att den monetära *värderingen* av fördelarna med investeringen överstiger nackdelarna. Se kapitel 2 för en mer ingående diskussion om detta.

3.1 Användargränssnittet i Fire Risk Evaluator

FRE-programmet består av ett antal fönster i vilka man kan genomföra analyser av specifika brandskyddslösningar och även genomföra investeringskalkyler för brandskyddsinvesteringar.

3.1.1 Huvudfönster

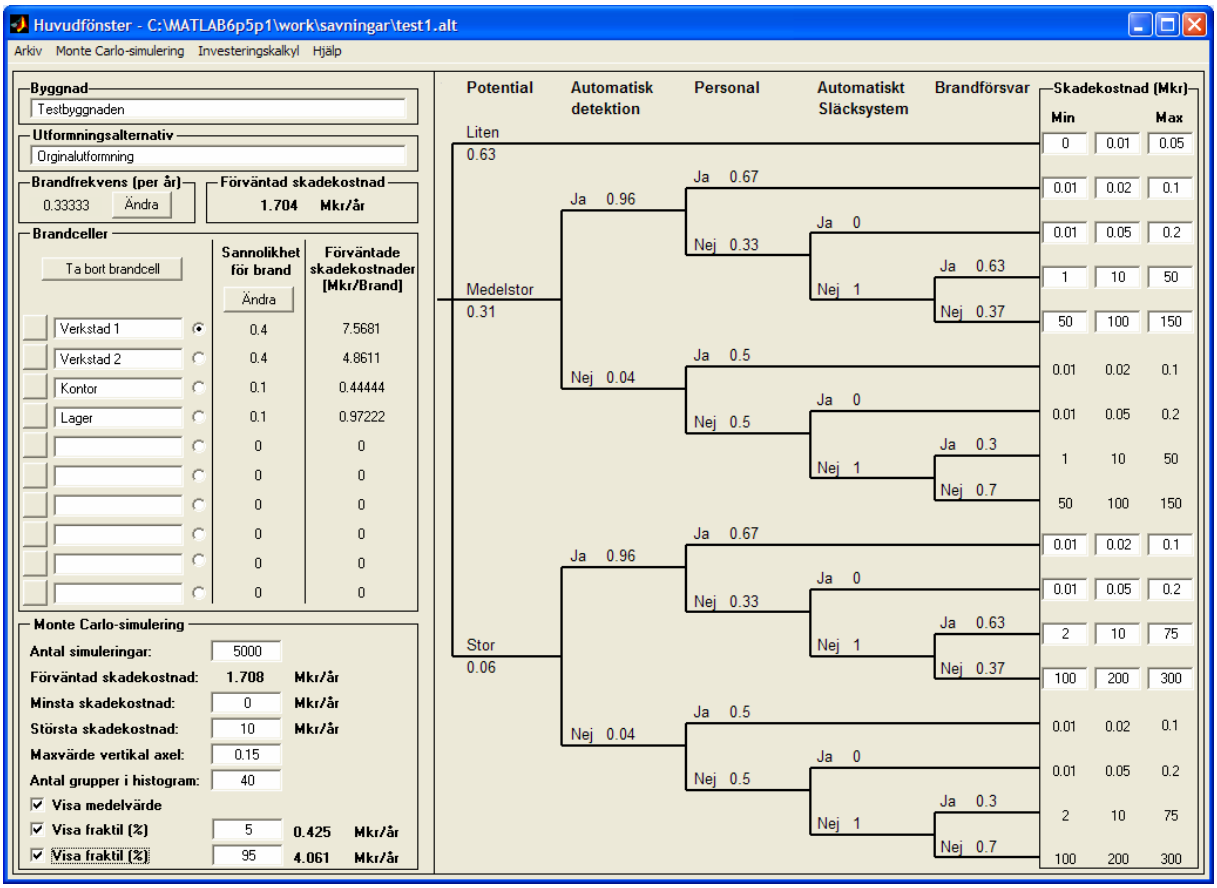
Det fönster som öppnas då programmet startas kallas Huvudfönster och är ett fönster som används för att beskriva vilken byggnad och vilket alternativ för brandskyddsutformningen som studeras. Namngivningen av byggnaden och utformningsalternativet sker i rutor längst upp till vänster i fönstret (se Figur 5). Däruppe kan man också se vilket värde för brandfrekvensen som för tillfället är angivet för byggnaden och även vilken årlig förväntad skadekostnad som brandskyddsalternativet innebär. Den årliga förväntade skadekostnaden är ett lämpligt ”risk-index” om man önskar följa utvecklingen av brandrisken i en byggnad över tiden, vilket behandlas närmre i kapitel 4.

Brandfrekvens
Om man önskar ändra brandfrekvensen i byggnaden kan man klicka på knappen ”Ändra” som finns precis intill värdet för brandfrekvensen. Då man gör detta öppnas ett fönster där man kan ange det nya värdet för brandfrekvensen (se avsnitt 3.1.5).

Brandceller
I området som heter Brandceller kan användaren skriva in uppgifter om de olika brandceller som finns i byggnaden. I nuvarande version av FRE kan man använda sig av 10 brandceller. Genom att markera de olika brandcellerna (den runda ringen till höger om brandcellernas namn) kan man bestämma vilken av brandcellerna som man vill ha information om. Den information som presenteras då man markerar en brandcell visas i de fält som ligger till höger om Brandceller-fältet. I detta fält finns dels en modell över det händelseträd som används för att visa vilka brandscenarier som kan inträffa om en brand inträffar i den aktuella brandcellen och dels ett område där användaren kan ange de skadekostnader som förknippas med de olika brandscenarierna (se avsnitt 3.1.2 för mer detaljer).

I den andra kolumnen i Brandceller-fältet finns sannolikheter för brand i de olika brandcellerna. Dessa sannolikheter är betingade på att det faktiskt börjat brinna i byggnaden. Genom att klicka på knappen ”Ändra” i kolumnens övre del kan man ändra dessa sannolikheter. Man måste dock observera att dessa sannolikheter måste summera till 1.

Kolumnen längst till höger i Brandceller-fältet redovisar den förväntade skadekostnaden *givet* att en brand uppkommit i en specifik brandcell. Dessa värden kan användas för att få en grov uppfattning av var brandriskerna inom byggnaden är störst. En brandcell med hög sannolikhet för brand *och* hög förväntad skadekostnad givet brand bidrar mycket till den totala brandrisken i byggnaden.



Figur 5 Huvudfönstret i FRE-modellen.

Monte Carlo-simulering

Längst ner till vänster i Huvudfönstret finns ett fält som heter Monte Carlo-simulering. I detta fält görs inställningar när användaren skall analysera kunskapsosäkerheternas påverkan på brandrisken. Detta behandlas mer ingående i avsnitt 3.2.

3.1.2 Brandscenariomodellen

Den modell över olika brandförlopp som tillämpas i FRE-programmet och som visas i Huvudfönstret är uppbyggd som ett händelseträd. I trädet modelleras olika ”skyddssystem” som har betydelse för utgången av en brand.

Potential
Potential betecknar egentligen inte något skyddssystem i traditionell mening utan har att göra med en brands potential att sprida sig till olika omfattning *givet* att inga släckinsatser lyckas. Det finns tre olika möjliga potentialer, Lite, Medelstor och Stor. Liten potential innebär att branden inte kommer att sprida sig utanför startföremålet och att skadorna av den blir mycket små. Den Stora branden är en brand som totalförstör en hel brandcell och den Medelstora branden är allvarligare än en Liten brand, men mindre allvarlig än en Stor brand. En medelstor brand kan exempelvis vara en brand som förstör en begränsad del av en brandcell, och som rökskadar hela brandcellen.

Automatisk detektion
Om det finns system för automatisk detektion i byggnaden kan detta påverka utgången av en brand. Om detta system fungerar kan exempelvis personalen i byggnaden snabbt vara på plats och påbörja en släckinsats och det kan också vara så att ett tidigt larm till räddningstjänsten kan innebära att deras släckinsats blir mer framgångsrik.

I händelseträdet modelleras huruvida den automatiska detektionen fungerar (”Ja” i händelseträdet) eller ej (”Nej” i händelseträdet). Huruvida detektionssystemet fungerar eller ej kan påverka huruvida personalen kan släcka branden samt huruvida brandförsvaret kan släcka branden.

Personal
Personal symboliserar i händelseträdet de personer som normalt vistas i byggnaden och som kan släcka en eventuell brand med exempelvis en handbrandsläckare. Att personalen lyckas släcka branden betecknas med ”Ja” i händelseträdet och att de inte lyckas med ”Nej”.

Automatiskt släcksystem
Om byggnaden som analyseras har någon typ av automatiskt släcksystem, exempelvis ett sprinklersystem, kan detta förhindra att en brand växer sig stor. I händelseträdet som illustrerar olika brandscenarier betyder ”Ja” att systemet lyckas släcka branden och ”Nej” att det inte lyckas släcka branden.

Brandförsvar
Det sista ”skyddssystem” som kan påverka utgången av en brand är brandförsvaret. Deras insats modelleras i händelseträdet och om den är lyckosam, d.v.s. de lyckas slå ner branden innan den förstör hela den aktuella brandcellen, betecknas detta som ”Ja” och om de inte lyckas med detta betecknas det som ”Nej”.

Brandförsvarets möjlighet att släcka branden är betingad på huruvida det automatiska detektionssystemet detekterat branden.

Skadekostnad
Längst till höger i huvudfönstret (se Figur 5) finns ett fält som heter ”Skadekostnad”. I detta fält kan användaren ange en *värdering* av hur allvarliga konsekvenserna av ett visst brandscenario blir i form av ett monetärt värde. Det är viktigt att notera att de värden som förs in här är just *värderingar*, d.v.s. man kan även ta med faktorer som är svåra att få ett objektivt monetärt värde på i sin värdering, exempelvis dålig rykte till följd av en storbrand.

Eftersom dessa värderingar inte alltid är lätta att göra kan skadekostnaderna anges som ett minsta värde, ett största och ett mest troligt värde. Detta innebär att den osäkerhet som

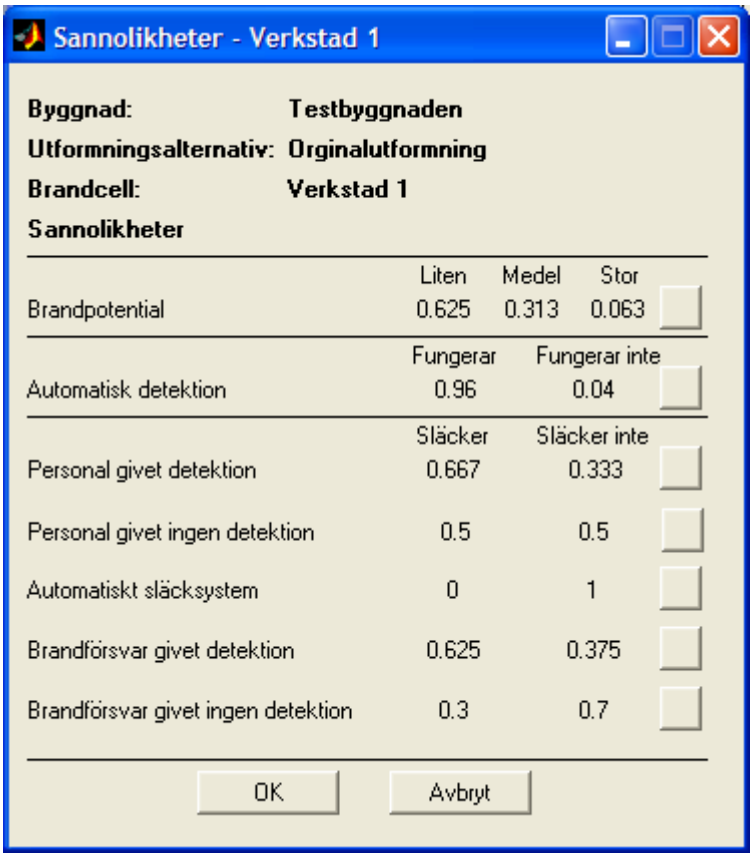
beslutsfattaren känner angående värderingen av ett specifikt brandscenario kan behandlas i programmet. Denna typ av osäkerhet kommer att behandlas närmare i avsnitt 3.2.

Sannolikheter
Eftersom man på förhand inte kan veta huruvida exempelvis personalen lyckas släcka en brand anges hur troligt det är att de gör det med hjälp av sannolikheter. Dessa sannolikheter står angivna i händelseträdet i samband med de olika grenar som symboliserar att en viss händelse (exempelvis att personalen lyckas släcka branden) inträffar. Dessa sannolikheter kan användaren ändra genom att trycka på den knapp som finns till vänster om namnet på den brandcell i vilken användaren önskar ändra sannolikheterna.

3.1.3 Sannolikhetsfönstret

Då man trycker på knappen som beskrevs ovan kommer ett fönster som sammanfattar alla sannolikhetsskattningar i den aktuella brandcellen att öppnas (se Figur 6). I detta fönster ser man vilken byggnad som man analyserar, vilket utformningsalternativ som är aktuellt, vilken brandcell som studeras, samt värdet på alla de sannolikheter som har att göra med en brands utveckling i just den aktuella brandcellen.

Om man vill ändra någon av sannolikheterna trycker man på den knapp som är längst till höger på samma rad som den sannolikhet som man önskar ändra. Då man gör detta öppnas ett fönster för att ange värdet på den aktuella sannolikheten.

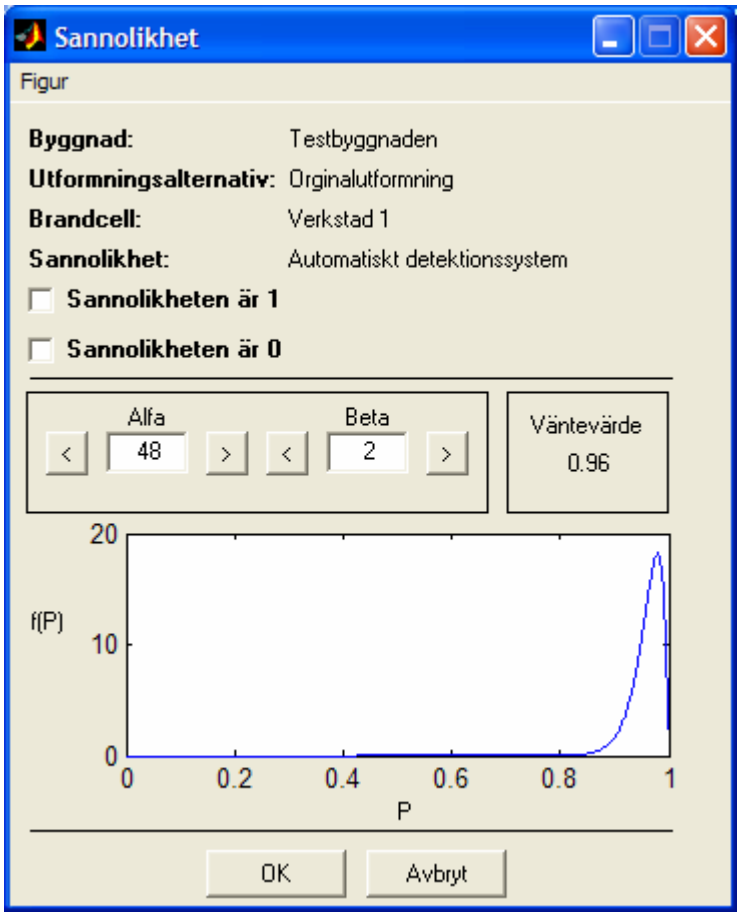


Figur 6 Sammanfattningsfönster för sannolikhetsskattningar.

3.1.4 Inmatning av sannolikheter

I FRE-modellen anges osäkerheten rörande en sannolikhet i form av en sannolikhetsfördelning. Sannolikhetsfördelningen anger vilka värden på den aktuella sannolikheten som är de mest troliga. Exempelvis kan man ange osäkerheter rörande sannolikheten att det automatiska detektionssystemet detekterar en brand. Antag att den som gör analysen har tillgång till generell statistik rörande detektionssystem och denna statistik indikerar att sannolikheten att detektionssystemet detekterar en brand (givet att en brand uppkommit) är hög, åtminstone över 0,8 och förmodligen omkring 0,96. Denna osäkerhet kan man representera genom att exempelvis använda den sannolikhetsfördelning som visas i Figur 7. Den fördelning som används för att representera osäkerhet i sannolikhetsskattningar heter Beta-fördelningen och dess utseende styrs av två parametrar, vilka kallas *a* och *b* (se Bilaga 1). Väntevärdet av en Beta-fördelning är lika med $a/(a+b)$ och det är detta värde som visas i händelseträdet i huvudfönstret.

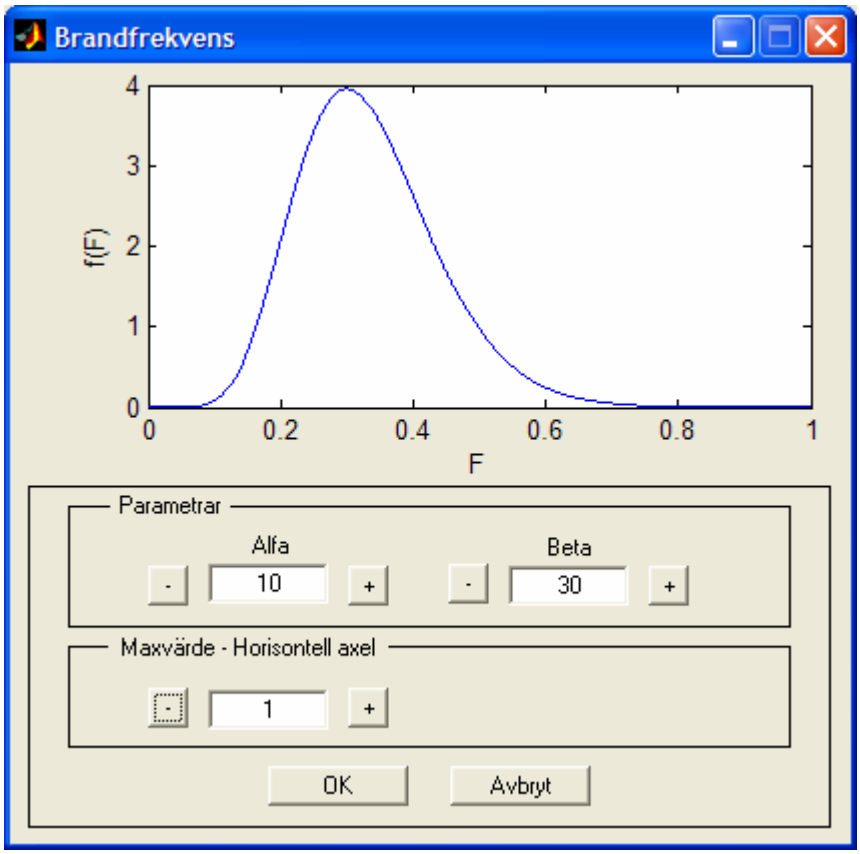
I sannolikhetsfönstret finns möjlighet att ange en viss sannolikhet som 1 respektive 0. Detta kan vara användbart om ett specifikt system, exempelvis automatiskt släcksystem inte finns i byggnaden.



Figur 7 *Inmatningsfönster för sannolikheter.*

3.1.5 Brandfrekvens

På samma sätt som osäkerheten rörande sannolikhetsvärden kan anges med en fördelning kan osäkerheten rörande brandfrekvensen i byggnaden anges med en fördelning. Om man trycker på knappen ”Ändra” i brandfrekvensfältet i huvudfönstret (Figur 5) får man upp ett fönster i vilket man kan ange osäkerheten rörande brandfrekvensen (F) i byggnaden (se Figur 8). I detta fall representeras osäkerheten av en Gamma-fördelning som har parametrarna α och β (se Bilaga 1). Väntevärdet av en sådan fördelning, d.v.s. det värde som visas i huvudfönstret, är α / β.



Figur 8 *Inmatningsfönster för brandfrekvensen.*

3.1.6 Investeringskalkyl

När man har skapat ett antal olika alternativ för byggnadsutformning kan man genomföra en analys av huruvida dessa alternativ är bra eller ej, d.v.s. huruvida riskreduktionen som alternativen medför är värd mer än de kostnader som alternativen innebär. Det är viktigt att filerna som innehåller de olika alternativen sparas innan investeringskalkylen påbörjas. Alternativen sparas i filer med namnet ”.alt” genom att man går in i ”Arkiv” i huvudfönstret och väljer ”Spara”, eller ”Spara som”.

För att göra en investeringskalkyl måste man ha ett alternativ att jämföra med, d.v.s. ett grundalternativ. Detta skall representera byggnadens utformning idag. Om byggnaden inte finns ännu kan man tänka sig att man utser ett alternativ till grundalternativ och sedan jämför alla alternativ med detta.

När man har sparat alternativen som man vill analysera, inklusive grundalternativet trycker man på menyn ”Investeringskalkyl”. Investeringskalkyl-fönstret kommer då att öppnas (se Figur 9). Detta fönster är delat i tre delar, två delar som innehåller information om de två alternativ som man vill jämföra och en del som innehåller inställningar som kan göras i samband med analysen av investeringen.

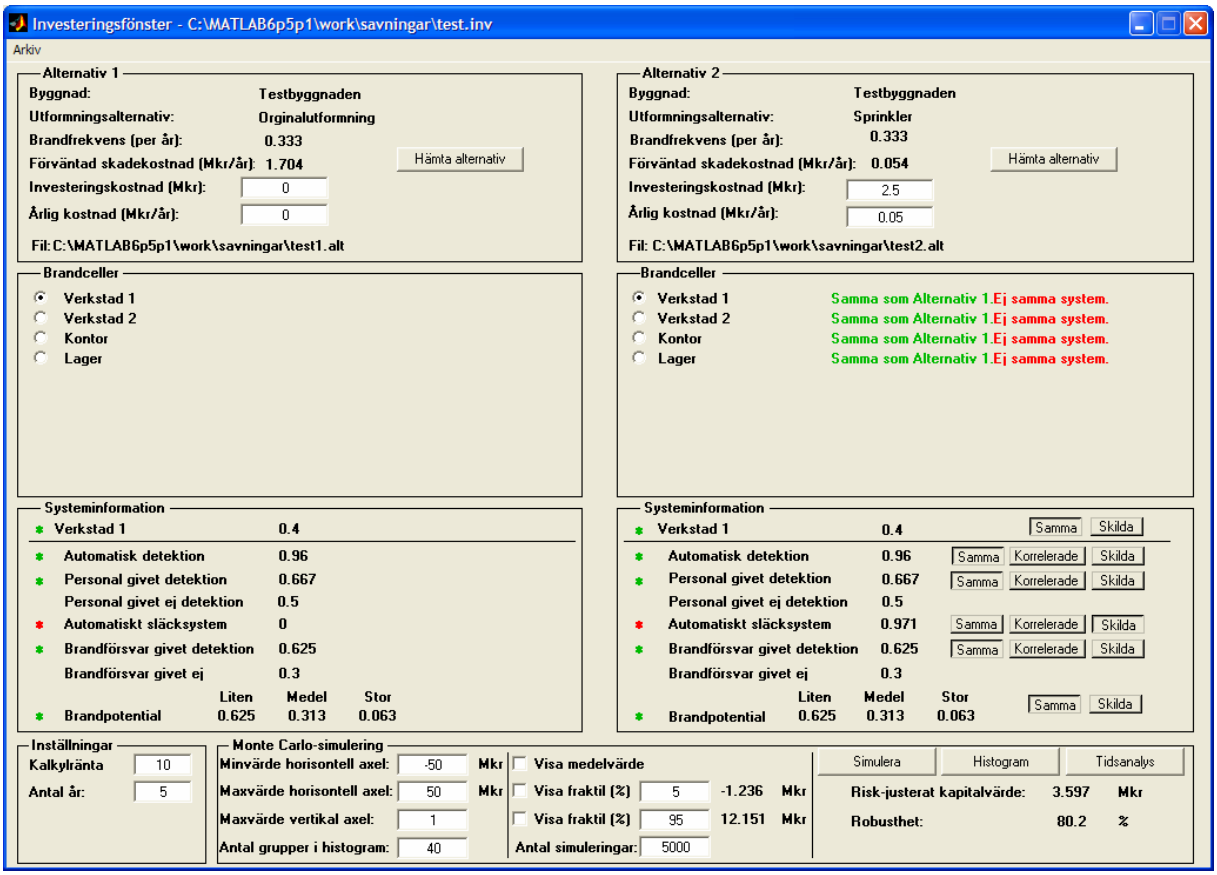
Den vänstra sidan av fönstret innehåller information om grundalternativet, eller Alternativ 1, och den högra delen av fönstret innehåller information om Alternativ 2, det alternativ som man vill göra en investeringskalkyl för. När man öppnar fönstret första gången finns ingen information för något av alternativen. Denna information måste hämtas genom att öppna de ”.alt”-filer som innehåller de respektive alternativen. Detta gör man genom att trycka på knappen ”Hämta alternativ” i något av fälten Alternativ 1 eller Alternativ 2.

När man hämtat både grundalternativet (Alternativ 1) och det alternativ som man vill genomföra investeringskalkylen för (Alternativ 2) presenteras information om dessa två alternativ i de olika fälten. Det översta fältet som heter Alternativ 1 respektive Alternativ 2 innehåller information om vilken byggnad som analysen är fokuserad på, vad utformningsalternativen kallas, brandfrekvens, förväntad skadekostnad, etc. Fältet innehåller också två poster där användaren kan komplettera med information om eventuella investeringskostnader för alternativen (förmodligen är denna post 0 för grundalternativet), samt årliga kostnader.

Fältet som heter Brandceller innehåller namnen på de brandceller som användaren har definierat för de olika alternativen. Det finns också möjlighet att välja vilken brandcell som man vill ha mer information om och denna information visas då i fältet Systeminformation. Till höger om namnen på brandcellerna för Alternativ 2 finns en del text som är tänkt att hjälpa en användare att se om han/hon angivit något felaktigt i alternativen. Den första delen av texten indikerar huruvida det är samma brandcell i de båda alternativen, exempelvis ser man i Figur 9 att samtliga fyra brandceller är samma i båda alternativen. Den andra delen har att göra med om samtliga ”skyddssystem” är samma, d.v.s. sannolikheten att systemen fungerar är lika. I exemplet i Figur 9 finns ingen brandcell där samtliga skyddssystem är samma. För att se vilka system som skiljer mellan de olika brandcellerna kan man markera samma brandcell för Alternativ 1 och Alternativ 2 och sedan undersöka fältet Systeminformation.

I detta fält ser man först vilken brandcell som är den aktuella samt sannolikheten att en brand uppstår i denna brandcell. Om den stjärna som finns intill namnet på brandcellen är grön betyder det att sannolikheten att en brand uppkommer i den aktuella brandcellen är samma i båda alternativen. Längre ner kan man se samma information för alla de ”skyddssystem” som ingår i modellen för hur en brand kan utveckla sig (händelseträdet i huvudfönstret). En grön stjärna innebär att sannolikheten att detta system släcker branden/fungerar är samma för de två alternativen. I Figur 9 framgår att det finns ett system som sannolikheten att detta system släcker branden inte är lika för de två alternativen. Detta är det automatiska släcksystemet, där sannolikheten att detta system släcker en brand är 0,971 för Alternativ 2 (en investering i ett sprinklersystem) och 0 för Alternativ 1 (grundalternativet, d.v.s. inget sprinklersystem).

Förutom information om sannolikheterna att de olika skyddssystemen fungerar respektive släcker en brand finns också en del knappar som används för att styra samband mellan alternativen. Vad detta innebär förklaras närmare i avsnitt 3.2.

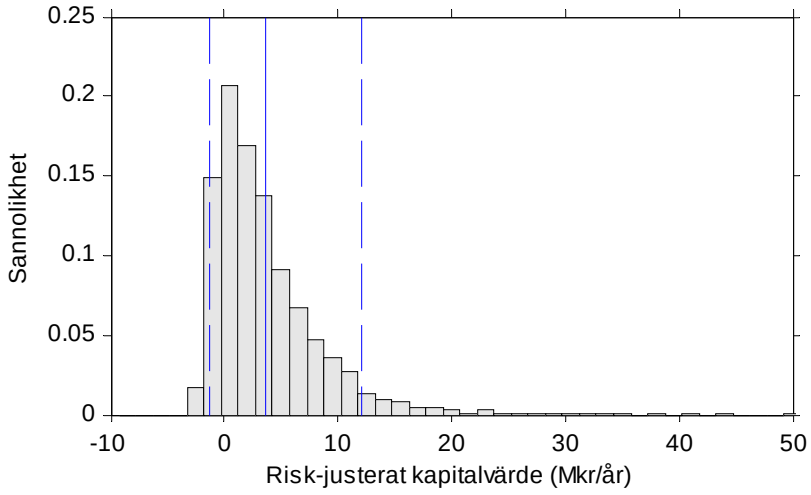


Figur 9 Investeringskalkyl-fönstret.

Fältet längst ner till vänster i Investeringskalkyl-fönstret heter Inställningar och där kan användaren ange vilken kalkylränta han/hon önskar använda för analysen, samt hur många år som han/hon önskar värdera riskreduktionen som investeringen resulterar i. Kalkylräntans funktion har tidigare diskuterats i avsnitt 2.2.

I fältet Monte Carlo-simulering kan användaren göra en del inställningar som har att göra med den Monte carlo-simulering som måste göras för att beräkna det risk-justerade kapitalvärdet av investeringen. Bland annat kan man styra hur många simuleringar som skall genom föras. 5000 är det antal som visas när man öppnar fönstret. Genom att trycka på knappen Simulera (observera att två alternativ måste vara ”öppnade” för att detta skall fungera) initieras denna Monte carlo-simulering.

När en Monte carlo-simulering är slutförd visas resultat i form av det risk-justerade kapitalvärdet för investeringen samt dess robusthet. Risk-justerat kapitalvärde diskuteras i avsnitt 2.2 och robusthet i avsnitt 3.2. För att även redovisa kunskapsosäkerheten rörande det risk-justerade kapitalvärdet kan man trycka på knappen Histogram. Då öppnas ett nytt fönster i vilket ett histogram över resultatet från Monte carlo-simuleringen visas. Ett exempel på ett sådant histogram illustreras i Figur 10. Där kan man se hur känsligt resultatet från analysen, d.v.s. det Risk-justerade kapitalvärdet, är för kunskapsosäkerheterna. Den heldragna linjen indikerar det Risk-justerade kapitalvärde som är resultatet i analysen, men histogrammet visar också att kunskapsosäkerheten rörande detta värde är ganska stor. De streckade linjerna (-1,2 Mkr och 12,1 Mkr) representerar det område inom vilket 90% av resultaten från Monte carlo-simuleringen befinner sig. Med andra ord: om man kunde eliminera alla kunskapsosäkerheter i det aktuella fallet kan man med (nästan) 90% säkerhet säga att det resulterande Risk-justerade kapitalvärdet skulle ligga mellan -1,2 Mkr och 12,1 Mkr för den aktuella investeringen.

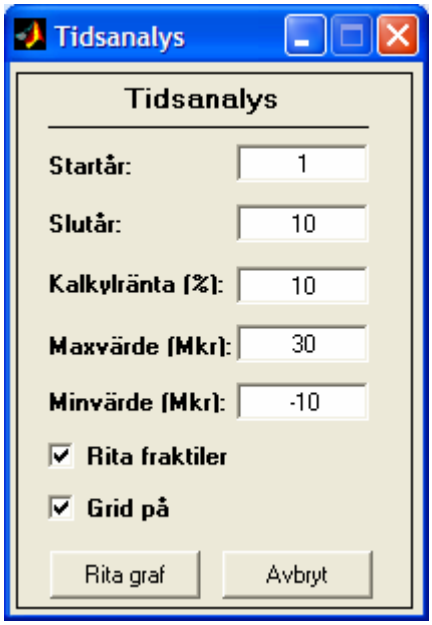


Figur 10 Exempel på resultat från en investeringskalkyl.

3.1.7 Tidsanalys

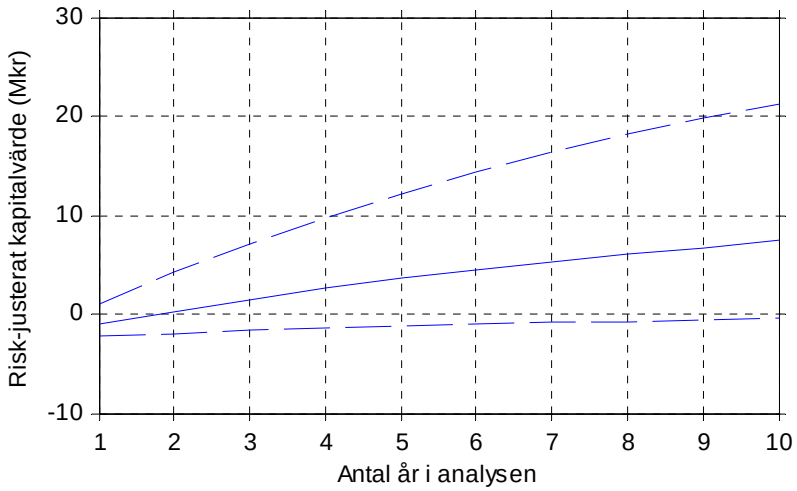
För att illustrera effekten av antalet år som riskreduktionen värderas kan man göra en *tidsanalys*. En tidsanalys är ett diagram som illustrerar det Risk-justerade kapitalvärdet som funktion av antalet år som riskreduktionen till följd av investeringen värderas. När man trycker på knappen Tidsanalys i Investeringskalkyl-fönstret får man upp ett nytt fönster som heter Tidsanalys (se Figur 11). I detta fönster kan man ange mellan vilka årtal som man vill ha analysen gjord, vilken kalkylränta som skall användas, vilket största respektive minsta värde

som skall visas på axeln för det Risk-justerade kapitalvärdet. Dessutom kan man även ange om man vill att de fraktiler som visar hur osäkert resultatet är skall ritas ut och om man vill ha hjälplinjer (grid) utritad.



Figur 11 *Tidsanalys-fönstret.*

Ett exempel på hur resultatet från en tidsanalys kan se ut illustreras i Figur 12, där det Risk-justerade kapitalvärdet för varierande antal år redovisas. Den heldragna linjen representerar det Risk-justerade kapitalvärdet från analysen och de streckade linjerna motsvarar de streckade linjerna som visades i Figur 10, d.v.s. mellan dessa två ligger med 90% säkerhet det Risk-justerade kapitalvärdet *om* man kunde eliminera alla kunskapsosäkerheter i analysen. Av figuren framgår att det Risk-justerade kapitalvärdet för investeringen är positivt om värderingen av riskreduktionen till följd av investeringen sker under en längre tid än 2 år.



Figur 12 *Exempel på resultat från tidsanalysen.*

3.2 Hantering av kunskapsosäkerhet

Det händelseträd som används för att modellera olika möjliga brandscenarier (se Figur 5) kan sägas representera stokastisk osäkerhet, d.v.s. man kan inte på förhand (innan en brand) veta vilket av de olika scenarierna som kommer att inträffa. Osäkerheten rörande utgången av en brand går alltså inte att reducera.

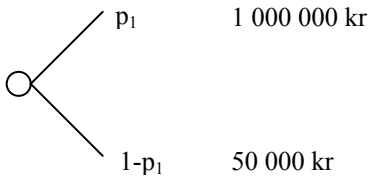
Förutom att vara osäker när det gäller utgången av en brand kan man också vara osäker när det gäller sannolikhetsvärdena som används i händelseträdsmodellen. Denna typ av osäkerheter betraktas som kunskapsosäkerhet, d.v.s. den går att reducera med hjälp av mer information. Exempelvis skulle man kunna tänka sig att osäkerheten rörande sannolikheten att personalen kan släcka en brand i en viss brandcell är stor. Beslutsfattaren kanske bara kan säga att värdet är någonstans mellan 0,4 och 0,8. Att detta är en kunskapsosäkerhet innebär att om beslutsfattaren fick mycket tid och resurser till sitt förfogande så skulle han/hon (åtminstone i teorin) kunna reducera denna osäkerhet och ange *ett* sannolikhetsvärde för sannolikheten att personalen lyckas släcka en brand i den aktuella brandcellen.

För att representera kunskapsosäkerhet rörande sannolikhetsvärden i FRE-modellen används Beta-fördelningar och för att representera kunskapsosäkerhet rörande brandfrekvensen i en byggnad används Gamma-fördelningar. Dessa två fördelningar är lämpliga för detta eftersom de är flexibla och dessutom är bra då man vill uppdatera dem med hjälp av ny information. Kapitel 4 handlar mer om detta.

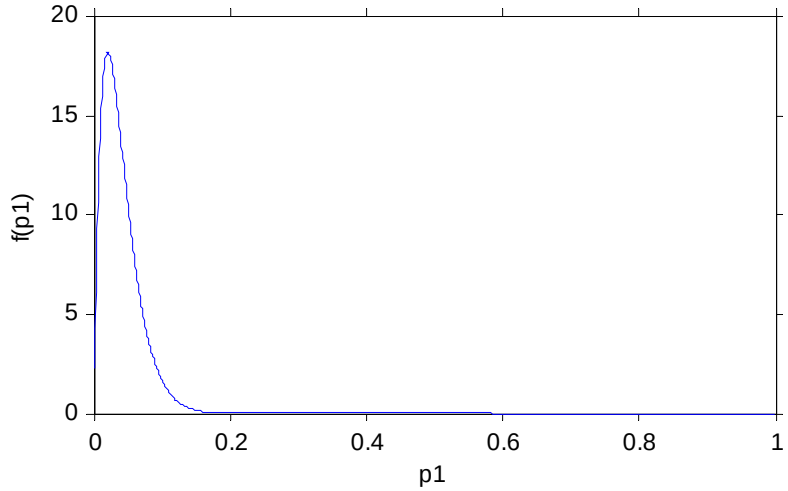
3.2.1 Monte carlo-simulering

I kapitel 2 påpekades att det finns en mening med att skilja på situationer som innebär mycket kunskapsosäkerhet från situationer som inte gör det. Om man bara beräknar ett Risk-justerat kapitalvärde får man ingen information om kunskapsosäkerheterna i analysen och därför behövs en kompletterande analys för att kunna beskriva hur stora kunskapsosäkerheterna är. Denna kompletterande analys går ut på att ta fram fördelningen för det *betingade* Risk-justerade kapitalvärdet; betingat på att kunskapsosäkerheterna i analysen har eliminerats (se diskussionen om ”Extended decision analysis” på sid 68 i [4]). Denna fördelning är inte lätt att beräkna analytiskt för den typ av problem som behandlas i FRE-programmet. I stället används den numeriska metoden Monte carlo-simulering för att beräkna den.

Monte carlo-simulering innebär att när man vill beräkna fördelningen för en viss parameter, i detta fall det betingade Risk-justerade kapitalvärdet, gör man åtskilliga simuleringar där man slumpmässigt tilldelar de olika osäkra parametrarna (exempelvis sannolikheterna) värden i enlighet med deras respektive sannolikhetsfördelningar. Antag exempelvis att en enkel modell för en brand i en byggnad såg ut som Figur 13. Där framgår att det bara finns två möjliga brandscenarier, ett allvarligt där skadekostnaden blir 1 000 000 kr och ett mindre allvarligt där skadekostnaden blir 50 000 kr. Antag vidare att det råder osäkerhet rörande sannolikheten att det allvarliga brandscenariot uppstår (p_1) och att denna osäkerhet representeras av en Beta-fördelning med parametrarna $a = 2$ och $b = 48$ (se Figur 14). Betafördelningen uttrycker att det är mycket troligt att värdet på sannolikheten är lägre än 0,2. Väntevärdet för fördelningen är 0,04 (2/(48+2)) och det är detta värde man skulle ha använt om man inte ville studera kunskapsosäkerheter separat.



Figur 13 *Enkel modell för två möjliga brandscenarier.*

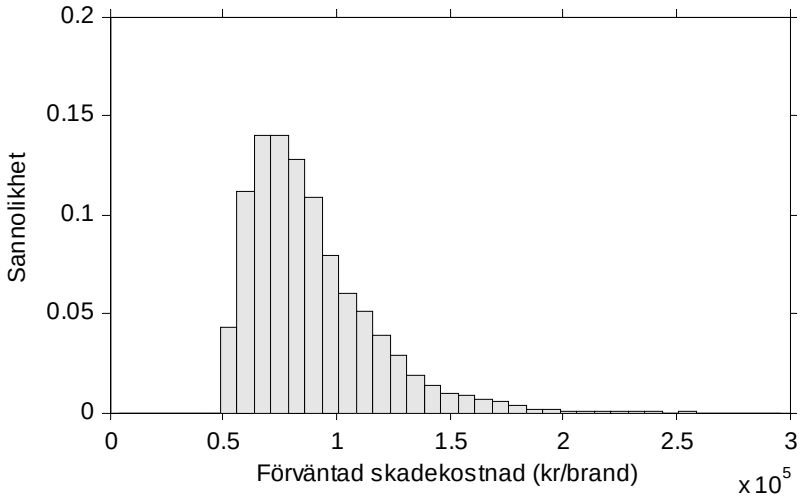


Figur 14 *En Beta-fördelning som representerar osäkerheten rörande sannolikheten p_1.*

Eftersom beslutsfattaren i exemplet ovan är osäker på vilket värde sannolikheten p_1 ska ha kan man fortplanta denna osäkerhet till den förväntade skadan av branden och räkna ut den förväntade skadan givet att kunskapsosäkerheterna rörande p_1 kan elimineras. I det aktuella fallet kan detta troligtvis göras analytiskt eftersom uttrycket för den förväntade skadan bara har en osäker variabel (p_1), men i de beräkningar som görs i FRE-modellen används över hundra parametrar som alla är representerade av sannolikhetsfördelningar och i det fallet är det svårt att göra uträkningen analytiskt. I stället används Monte carlo-simulering i FRE-modellen för att få fram en approximation av fördelningen för den betingade förväntade skadan.

När en Monte carlo-simulering utförs genererar en dator slumptal från vissa bestämda fördelningar som beskriver osäkerheten hos de variabler som påverkar det resultat som man studerar. Om man för varje sådan omgång slumptal räknar ut det resultat som man söker, exempelvis den förväntade skadekostnaden, erhåller man när ett stort antal slumptalsgenereringar genomförts en approximation av den fördelning som man söker. I exemplet som beskrevs ovan innebär Monte carlo-simuleringen att datorn drar ett stort antal slumptal från beta-fördelningen som visas i Figur 14. För varje sådant värde på p_1 beräknas den förväntade skadekostnaden och till slut har man en stor mängd värden på den förväntade skadekostnaden och om man sammanställer dessa i form av ett histogram är detta histogram en approximation av den ”verkliga” fördelningen. I exemplet som beskrevs ovan gjordes 5000 slumptalsgenereringar och den förväntade skadekostnaden beräknades för varje genererat slumptal och resultatet kan ses i Figur 15. Medelvärdet av alla slumptalsgenererade

förväntade skadekostnader är ungefär 88 000 kr, vilket är det värde man får om man beräknar den förväntade skadekostnaden och använder väntevärdet av beta-fördelningen i Figur 14.



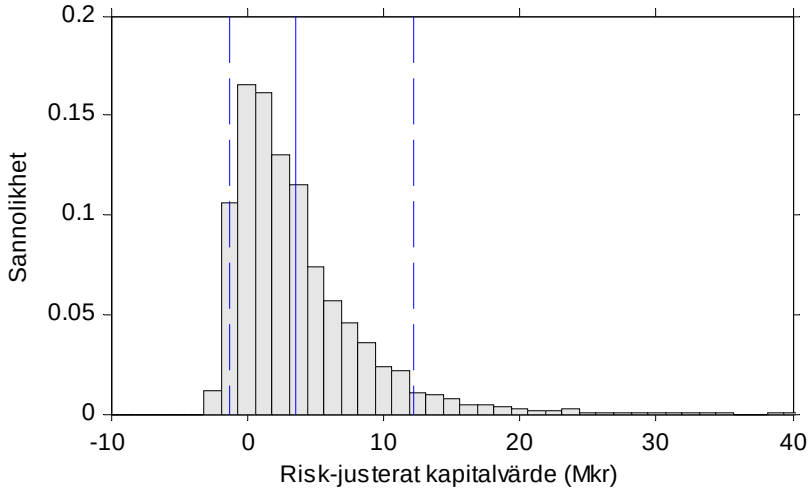
Figur 15 Histogram som visar den betingade förväntade skadekostnaden.

Illustrationen av kunskapsosäkerheternas effekt på den förväntade skadekostnaden i Figur 15 visar att om kunskapsosäkerheterna kunde elimineras, d.v.s. man kunde uttrycka den förväntade skadekostnaden med ett exakt värde, skulle detta värde med stor sannolikhet vara någonstans mellan 50 000 kr och 150 000 kr per brand.

3.2.2 Robusthet

I stället för att relatera kunskapsosäkerheter till den förväntade skadekostnaden såsom illustreras i Figur 15 kan man relatera dessa till det Risk-justerade kapitalvärdet när man gör en investeringskalkyl. Genom att göra detta kan beslutsfattaren få information om hur troligt det är att slutsatserna från investeringskalkylen, d.v.s. huruvida investeringen var bra eller dålig, ändras om han/hon skulle erhålla mer information om problemet och kunna eliminera kunskapsosäkerheterna.

I FRE-modellen används Monte carlo-simulering då kunskapsosäkerheternas effekt på det Risk-justerade kapitalvärdet skall beskrivas och resultatet av en sådan simuleringsomgång kan beskrivas i form av ett histogram. Ett exempel på ett sådant histogram illustreras i Figur 16. Där framgår att för den aktuella investeringen är det Risk-justerade kapitalvärdet positivt (den heldragna linjen i histogrammet), men sannolikheten att det Risk-justerade kapitalvärdet blir negativt om man eliminerar kunskapsosäkerheterna är inte försumbar. Detta kan man se i histogrammet eftersom en del av histogrammet ligger till på den negativa sidan av skalan. Andelen av värdena från Monte carlo-simuleringen som ligger på den negativa sidan är ungefär 20%, vilket innebär att med 80% sannolikhet kommer slutsatserna av analysen, d.v.s. att den aktuella investeringen är bra, att vara densamma om kunskapsosäkerheterna skulle elimineras. Denna sannolikhet kallas för kalkylens *robusthet*. Naturligtvis är det önskvärt med så hög robusthet som möjligt (helst 100%) eftersom detta indikerar att det inte är troligt att slutsatsen från analysen ändras då beslutsfattaren erhåller mer information.



Figur 16 *Exempel på ett histogram som illustrerar kunskapsosäkerheternas effekt på det Risk-justerade kapitalvärdet.*

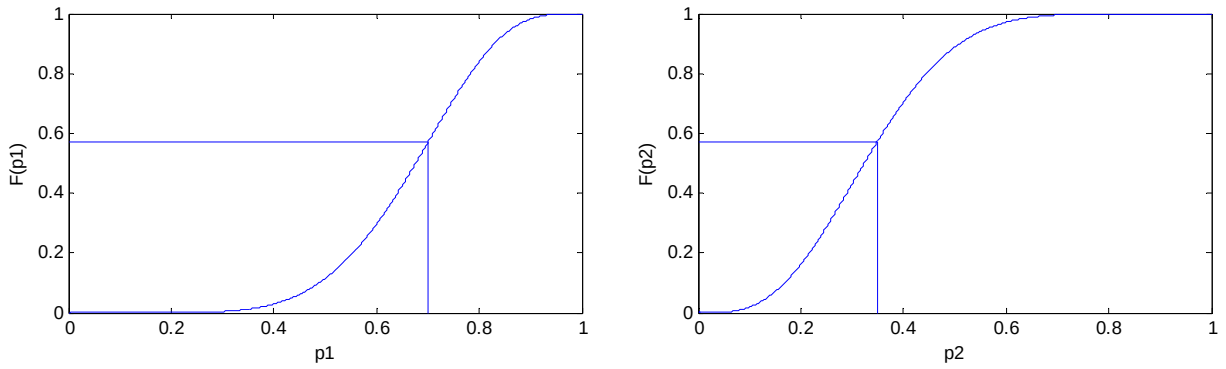
3.2.3 Korrelation mellan system

Det finns anledning att misstänka att sannolikheten att ett specifikt skyddssystem fungerar inte är helt oberoende av sannolikheten att vissa andra skyddssystem fungerar. Exempelvis är det inte troligt att sannolikheten att personalen släcker en brand då det automatiska detektionssystemet *inte fungerar* är oberoende av sannolikheten att personalen släcker branden då systemet *fungerar*. Det är rimligt att om personalen tränas i brandsläckning så att de blir bättre på att släcka bränder då detektionssystemet fungerar så blir de också bättre på att släcka bränder då systemet inte fungerar.

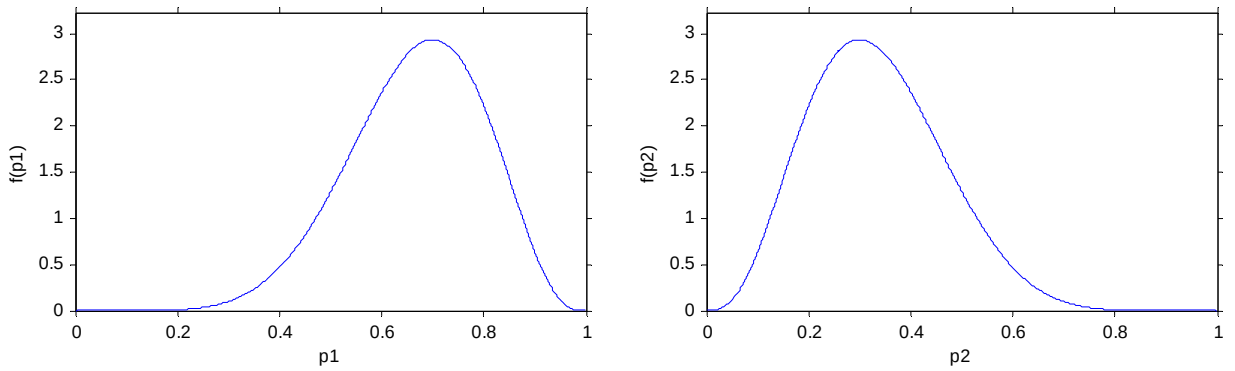
För att hantera korrelationer i FRE-modellen finns tre alternativ. Man kan välja att sannolikheterna att två system fungerar skall ha samma värde, vilket naturligtvis också förutsätter att kunskapsosäkerheten rörande dessa sannolikheter kan beskrivas med samma Beta-fördelning. Ett annat alternativ är att man väljer att sannolikhetsvärdena är helt oberoende av varandra, eller så väljer man att de är beroende av varandra.

Om man väljer att de är beroende av varandra sker beräkningen av sannolikhetsvärden i samband med Monte carlo-simulering på ett speciellt sätt. Värdet för två sannolikheter som är beroende av varandra (p_1 och p_2) och som beslutsfattaren har beskrivit med två Beta-fördelningar beräknas i Monte Carlo-simuleringen genom att först slumpvis generera ett värde för p_1 (i enlighet med p_1:s Beta-fördelning) och sedan räkna ut ett värde för p_2. Uträkningen av p_2 illustreras av följande exempel:

Antag att kunskapsosäkerheten för p_1 beskrivs med en Beta-fördelning med parametrarna a = 8 och b = 4, samt att osäkerheten rörande p_2 beskrivs med en Beta-fördelning med parametrarna a = 4 och b = 8. I Figur 17 finns de kumulativa fördelningarna för p_1 och p_2 illustrerade och i Figur 18 deras respektive täthetsfunktioner. p_1 kan exempelvis vara sannolikheten att personalen i en industri släcker en brand då detektionssystemet fungerar och p_2 sannolikheten att personalen släcker branden då detektionssystemet *inte* fungerar. Det är rimligt att sannolikheten att personalen släcker branden då detektionssystemet inte fungerar är mindre än den är då systemet fungerar, vilket är anledningen till att fördelningen som representerar p_2 är centrerad över lägre sannolikhetsvärden än den som representerar p_1.



Figur 17 *Två kumulativa Beta-fördelningar som representerar kunskapsosäkerhet rörande två sannolikheter p_1 och p_2.*



Figur 18 *Två Beta-fördelningar som representerar kunskapsosäkerheter rörande två sannolikheter p_1 och p_2.*

När en Monte Carlo-simulering genomförs och man har variabler som är beroende på det sätt som p_1 och p_2 genereras först ett slumptal från p_1:s Beta-fördelning, exempelvis 0,7, och sedan beräknas den kumulativa sannolikheten för värdet 0,7 med hjälp av p_1:s kumulativa fördelning (se vänstra delen av Figur 17). Resultatet blir 0,5695. Därefter söks det värde på p_2 som motsvarar den kumulativa sannolikheten 0,5695 (se högra delen av Figur 17). Detta är det värde som används för p_2. Med hjälp av detta sätt minskas sannolikheten för att p_2 antar ett högre värde än p_1, vilket skulle förekomma ganska ofta om man simulerade p_1 och p_2 som oberoende av varandra. Med den teknik som beskrivits ovan elimineras inte den risken, men det är mer osannolikt att det inträffar. Framförallt är risken för detta stor då den ena av fördelningarna är utbredd och den andra smal och placerad i centrum av den första fördelningen.

4 Uppföljning av brandrisk

Det kan ibland vara av intresse att kunna följa utvecklingen av brandrisken i en byggnad under en tidsperiod. FRE-programmet lämpar sig väl för detta och det är lätt att kontinuerligt uppdatera en riskanalys som gjorts i programmet. Man kan se detta som att man kontinuerligt vill uppdatera sin riskanalys med hjälp av ny information som man erhåller om förhållandena i byggnaden. Den information som man kan använda för att göra denna typ av uppdatering är information om eventuella bränder i byggnaden, information om bränder i liknande byggnader, eller expertbedömningar.

Principen enligt vilken man uppdaterar analysen ser likartad ut oberoende av från vilken källa informationen kommer. Uppdateringen bygger på användning av Bayes sats, vilken förklarar hur man skall uppdatera sin uppfattning om något när man erhåller ny information. Eftersom man använder sig av Beta-fördelningar och Gamma-fördelningar för att beskriva kunskapsosäkerhet rörande sannolikhetsvärden och brandfrekvensen i FRE-modellen är uppdateringen av dessa fördelningar enkel. En närmare förklaring till hur detta fungerar finns beskriven i [4] på sida 87 till 97.

4.1 Uppdatering av sannolikheter

Antag att en beslutsfattare använder den enkla modell som illustreras i Figur 13 för att representera möjliga brandscenarier i en byggnad. Om det uppkommer en brand i byggnaden och den exempelvis resulterar i det minst allvarliga scenariot, d.v.s. det som kostar 50 000 kr, kan man uppdatera den ursprungliga Beta-fördelningen som representerade osäkerheten rörande sannolikheten att en brand resulterar i det allvarliga scenariot (p_1).

Parametrarna som beskriver Beta-fördelningen (a och b) uppdateras med hjälp av Ekvation 2 och Ekvation 3 där a'' och b'' är värdena på parametrarna a och b efter uppdateringen och a' samt b' är värdena före uppdateringen. r är antalet tillfällen då den aktuella händelsen inträffat (i detta fallet den allvarliga branden eftersom beslutsfattaren är intresserad av p_1) och n är det totala antalet gånger då den *kunde* inträffa (i detta fallet, det totala antalet bränder, d.v.s. 1).

Ekvation 2

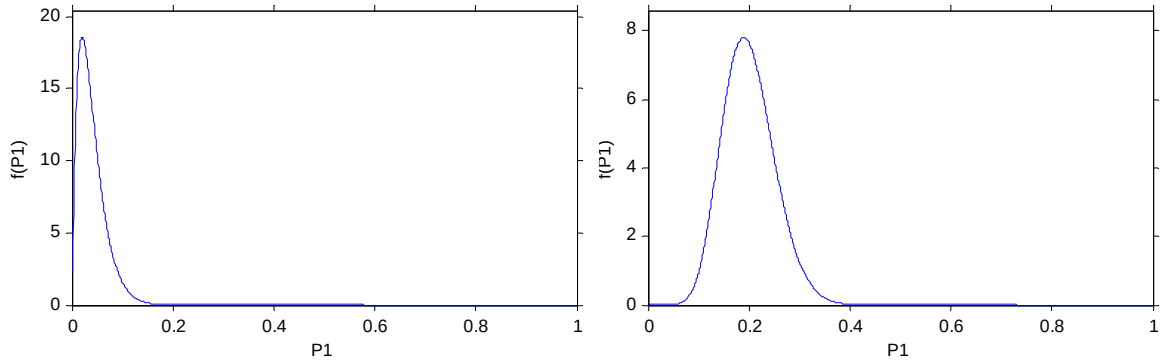
$$a'' = a' + r$$

Ekvation 3

$$b'' = b' + n - r$$

Osäkerheten rörande p_1 beskrevs till en början av en Beta-fördelning med parametrarna $a = 2$ och $b = 48$ (se Figur 14) och om man vill uppdatera denna fördelning med informationen att det uppkommit en brand som kostade 50 000 blir $r = 0$ och $n = 1$ (i Ekvation 2 och Ekvation 3). De resulterande värdena för parametrarna a och b blir a = 2 och b = 49. Denna fördelning illustreras i Figur 19 längst till vänster. Om man jämför denna fördelning med den ursprungliga i Figur 14 är skillnaden inte speciellt stor. Detta beror till stor del på att den ursprungliga fördelningen var ”spetsig”, d.v.s. den visade att beslutsfattaren var ganska säker på att sannolikhetsvärdet var någonstans mellan 0,15 och 0, och en brand är för lite information för att radikalt ändra denna uppfattning.

Om beslutsfattaren i stället hade observerat tio bränder där skadekostnaden varit 1 000 000 kr hade förändringen av fördelningen varit märkbar (se högra diagrammet i Figur 19).



Figur 19 Illustration av två Beta-fördelningar.

4.2 Uppdatering av brandfrekvensen

När det gäller uppdatering av brandfrekvensen (det förväntade antalet bränder under ett år) i en byggnad fungerar det på liknande sätt som när en sannolikhet skall uppdateras. Skillnaden är att kunskapsosäkerheter rörande brandfrekvensen beskrivs med en Gamma-fördelning som bestäms av parametrarna α och β och inte en Beta-fördelning.

Den information som används för att uppdatera brandfrekvensen kan till exempel vara hur lång tid som har förflutit sedan den inledande riskanalysen (den man vill uppdatera) gjordes och hur många bränder som uppstått på den tiden. Om man har information om att det uppkommit *r* bränder i byggnaden under *t* år kan Gamma-förelningen uppdateras genom att de nya parametervärdena (α'' och β'') beräknas enligt Ekvation 4 och Ekvation 5 (α' och β' är parametervärdena innan uppdateringen). Anledningen till att uppdateringen både av Beta-fördelningar och Gamma-fördelningar blir enkel finns beskriven i [4] på sidorna 89 till 92.

Ekvation 4

$$\alpha'' = \alpha' + r$$

Ekvation 5

$$\beta'' = \beta' + t$$

4.3 Användning av uppdatering i praktiken

I praktiken kan uppdateringen av en riskanalys för en specifik byggnad hanteras på olika sätt. Man skulle kunna använda den förväntade skadekostnaden som ett index för brandrisken i byggnaden och eftersom detta index är beroende av de olika sannolikheterna att diverse skyddssystem fungerar kan indexet uppdateras då de olika sannolikheterna uppdateras.

Hur ofta en uppdatering av analysen av brandrisken i byggnaden bör ske är givetvis något som det enskilda företaget måste bestämma. Om inga stora ändringar sker i verksamheten i byggnaden och inga speciella behov av frekventa uppdateringar finns torde en gång per år vara en rimlig uppdateringsfrekvens. Eftersom uppdateringen av sannolikheterna i FRE-modellen som beskrivs i avsnitt 4.1 förutsätter att en brand inträffat i byggnaden kan, eftersom det i många byggnader inte brinner speciellt ofta, möjligheten att uppdatera sannolikheterna i modellen på detta sätt vara begränsad. Detta problem kan dock i viss mån lindras genom att man använder sig av experter för att sköta uppdateringen, vilket kommer att beskrivas nedan. När det gäller uppdatering av brandfrekvensen i byggnaden är det dock alltid möjligt att uppdatera denna oavsett om det uppkommit några bränder eller ej. Om man inte observerat några bränder under tidsperioden sedan den sista uppdateringen kan är r i Ekvation 4 lika med 0 och t i Ekvation 5 är lika med tiden som förflutit sedan den förra uppdateringen genomfördes.

4.3.1 Användning av experter

I stället för att använda sig av information från riktiga bränder kan man använda expertbedömningar för att göra en uppdatering av en sannolikhetsskattning. Hur detta kan gå till beskrivs i uppsats 4 (sidorna 239-264) i [4]. Här följer en kort återgivning av den information som finns där.

Metoden för att ta hänsyn till expertbedömningar bygger på att man som beslutsfattare uppfattar en experts skattning som om experten i fråga faktiskt hade observerat en eller flera bränder i byggnaden. Antag att man önskar använda en expert för att uppdatera en skattning av en sannolikhet p, exempelvis sannolikheten att personalen släcker en brand givet att det automatiska brandlarmet fungerar. Experten måste i detta fall bilda sig en uppfattning om personalens möjligheter att släcka branden i den aktuella byggnaden och med hjälp av sin fackkunskap avge en skattning av den aktuella sannolikheten. Observera att denna skattning representerar expertens uppfattning och har alltså ingenting med objektiva mätningar av hur många gånger som personalen i den aktuella byggnaden faktiskt släckt en brand.

När experten lämnat sin skattning av den aktuella sannolikheten kan beslutsfattaren *tolka* expertens skattning *som om* denna faktiskt har observerat ett visst antal bränder i byggnaden. Om experten ger skattningen p^* kan man tolka det som om han/hon har observerat n^* bränder av vilka r^* släckts av personalen (se Ekvation 6).

Ekvation 6

$$p^* = \frac{r^*}{n^*}$$

Beslutsfattaren kan genom att själv välja ett värde för n^* styra hur stor vikt som en specifik experts åsikt skall få. Desto större värde på n^* desto större vikt får expertens uppfattning. Observera att det är möjligt att inte bara använda heltal för n^*. Genom denna teknik att tolka experters sannolikhetsutsagor som likvärdiga med observationer av bränder kan man alltså uppdatera en sannolikhetsskattning utan att faktiskt ha observerat en enda brand. Det enda man behöver göra är att ersätta n med n^* och r med r^* i Ekvation 2 och Ekvation 3.

En nackdel med detta sätt är att ju fler tillfällen som en expert uttalar sig om en sannolikhet, desto säkrare blir skattningen av den aktuella sannolikheten. Detta behöver inte vara fallet och därför kan det vara bra att använda sig av en så kallad avtagningsfaktor (q). Om man är intresserad av att uppdatera en sannolikhet kan man använda sig av Ekvation 2 och Ekvation 3 i något modifierad form. I Ekvation 7 och Ekvation 8 har denna modifiering genomförts genom att avtagningsfaktorn q införts. Avtagningsfaktorn är ett tal mellan 0 och 1 som bestämmer med vilken takt som den gamla informationen (den som fanns innan experten ger sin skattning) skall försvinna ur den nya skattningen av den aktuella sannolikheten. Om avtagningsfaktorn är 0 innebär det att den nya skattningen helt baseras på expertens skattning och om den är 1 så försvinner inget av den gamla informationen när uppdateringen genomförs.

Ekvation 7

$$a'' = q \cdot a' + r^*$$

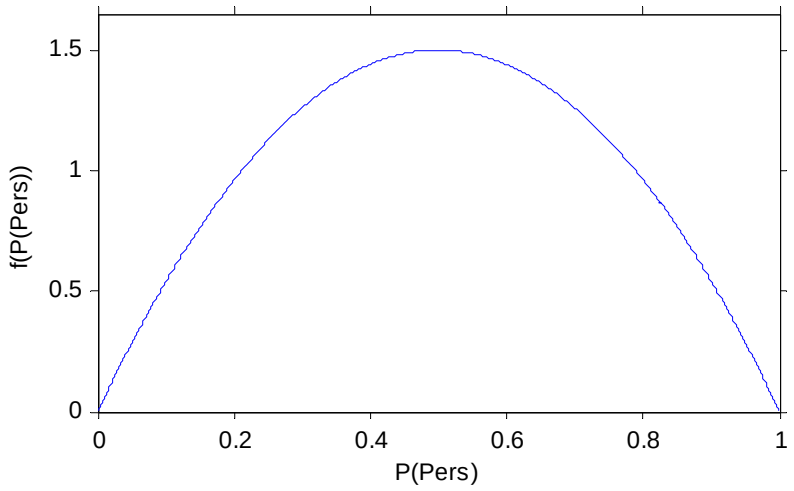
Ekvation 8

$$b'' = q \cdot b' + n^* - r^*$$

En situation där ekvationerna ovan kan användas är då man vill uppdatera sannolikheten att personalen kan släcka en brand som uppstår i en produktionsanläggning (*P(Pers)*). Antag att man utgår ifrån två experters skattningar av den aktuella sannolikheten och att man vill att deras skattningar skall väga lika tungt och att man därför initialt inte kommer använda någon avtagningsfaktor. I analysen beslutar man sig för att betrakta informationen som var och en av experterna lämnar som likvärdig med att man skulle observerat en brand i byggnaden, d.v.s. $n^* = 1$. Den första experten bedömer att den aktuella sannolikheten är 0,4 och den andra experten bedömer att sannolikheten är 0,6. Detta innebär att r^* för båda experternas skattningar kan fås ur sambandet i Ekvation 6. Den första expertens värde är $r_1^* = 0{,}4$ och den andra expertens värde är $r_2^* = 0{,}6$.

Som utgångspunkt för uppdateringen använder man sig av parametrarna $a' = 1$ och $b' = 1$, vilket är en likformig fördelning mellan 0 och 1.

Uppdateringen börjar med att man använder Ekvation 2 och Ekvation 3 för att beräkna de nya värdena a'' och b'' efter att experternas skattningar använts för att uppdatera de ursprungliga parametervärdena. Resultatet blir att de nya parametervärdena är $a'' = 2$ och $b'' = 2$. En Beta-fördelning med dessa parametervärden finns illustrerad i Figur 20.



Figur 20 *Beta-fördelning med parametervärdena a = 2 och b = 2.*

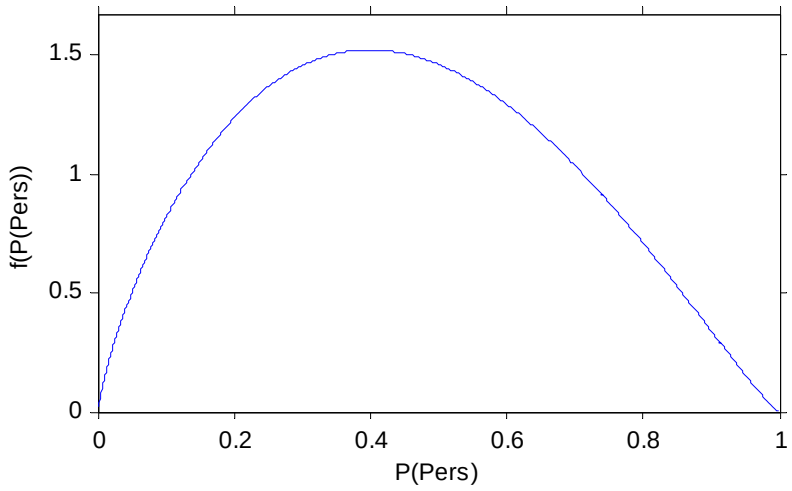
Fördelningen i Figur 20 representerar den inledande uppfattningen om sannolikheten att personalen släcker en brand i produktionsanläggningen, d.v.s. då bara hänsyn till de två experternas inledande skattningar tagits. När man sedan kontinuerligt vill uppdatera skattningen av den aktuella sannolikheten kan man använda både informationen från inträffade bränder och information från exempelvis årliga besiktningar av den aktuella byggnaden. Nedan följer ett exempel på hur uppdateringen kan gå till om man använder sig av årliga besiktningar.

Antag att man ett år efter den initiala skattningen av sannolikheten *P(Pers)* gör en besiktning av byggnaden och den expert som genomför besiktningen får ange sin uppfattning om den aktuella sannolikheten baserat på den besiktning han eller hon precis genomfört. Experten kan till exempel uppge att han eller hon bedömer att *P(Pers)* = 0,3. Genom att man på förhand bestämt att vikten av expertens uttalande skall vara likvärdigt med observationen av en brand, vilket ger att $n^* = 1$, samt att avtagningsfaktorn q är 0,75, kan man beräkna värdet på de nya parametrarna a'' och b'' efter att hänsyn till informationen från besiktningen tagits genom att använda Ekvation 7 och Ekvation 8:

$$a'' = q \cdot a' + r^* = 0{,}75 \cdot 2 + 0{,}3 = 1{,}8$$

$$b'' = q \cdot b' + n^* - r^* = 0{,}75 \cdot 2 + 1 - 0{,}3 = 2{,}2$$

I Figur 21 illustreras den resulterande Beta-fördelningen.



Figur 21 Beta-fördelning med parametervärdena a = 1,8 och b = 2,2.

På det sätt som illustreras ovan kan man kontinuerligt uppdatera en skattning av en sannolikhet med hjälp av expertbedömningar och om man skulle observera en brand i byggnaden kan man även använda utgången av den branden för att göra en uppdatering av den aktuella sannolikheten. Eftersom den förväntade skadekostnaden i en byggnad är beroende av skattningarna av de olika sannolikheterna kommer även denna att kunna uppdateras då sannolikheterna uppdateras. Detta innebär att det blir möjligt att följa utvecklingen av den förväntade skadekostnaden över tiden, även om inga bränder uppkommer i byggnaden.

5 Diskussion

Datorprogrammet Fire Risk Evaluator (FRE) som har beskrivits i denna rapport är framtaget för att kunna utgöra ett stöd för beslutsfattare som har att ta ställning till om en investering i brandskydd skall genomföras och så fall vilken investering som är den bästa. Det är viktigt att notera att programmet är tänkt enbart som ett *stöd*, d.v.s. även om en analys med FRE indikerar att ett specifik investeringsalternativ är det bästa kan en beslutsfattare mycket väl komma till en annan slutsats. Det kan ju vara så att det finns aspekter i beslutssituationen som programmet inte tar med i sin analys.

Programmets främsta styrkor är att det ger en plattform utifrån vilken man kan genomföra enhetliga analyser av brandskyddsinvesteringar, organisera analyser av olika brandskydds-investeringar, samt erhålla en monetär värdering av den riskreduktion som en investering är tänkt att åstadkomma. Just möjligheten att spara analyser ger goda möjligheter för en långsiktig användning av programmet där tidigare resultat för en specifik byggnad kan användas som utgångspunkt för en ny analys och därmed spara värdefull analystid. Det är också möjligt att använda programmet tillsammans med andra mer specialiserade metoder/datorprogram, exempelvis sådana som är avsedda att analysera vad de monetära konsekvenserna av ett produktionsavbrott i en specifik fabrik blir. I så fall använder man denna typ av program för att erhålla information om konsekvenserna för de olika brandscenarier som används i FRE-modellen.

Om beslutsfattaren som använder programmet är ansvarig för brandskyddet i flera byggnader finns också möjligheten att använda programmet som en sammanhållande länk för brandriskanalyser i byggnaderna. Det blir då enkelt att vid behov ta fram en analys för en specifik byggnad och i och med att samma metodik används för analyserna i de olika byggnaderna ökar jämförbarheten i resultaten jämfört med om olika brandmodeller och riskanalysmodeller hade använts.

Om programmet används fullt ut kan man tänka sig att en beslutsfattare skapar ett bibliotek av analyser för alla byggnader som han/hon är ansvarig för och att detta bibliotek betraktas som någon typ av ”brandrisk-portfölj”. Genom att använda den kontinuerliga uppdateringen av analyserna som beskrivs i kapitel 4 kan man skapa ett verktyg som kontinuerligt följer utvecklingen för den aktuella ”brandrisk-portföljen”.

Avslutningsvis bör sägas att de krav som ställs på en användare av programmet är ganska höga. Man bör exempelvis ha kunskaper i kvantitativ riskanalys liksom viss kunskap inom beslutsanalys. Vidare bör man också vara förtrogen med hur osäkerheter gällande sannolikhetsskattningar representeras inom beslutsanalys och hur man gör för att skatta sannolikheter enbart med hjälp av experter. Förslag till hur detta kan genomföras går att finna i examensarbetet ”Nyttohänsyn i investeringar avseende brandskydd” [10]. Förutom skattningar av *sannolikheter* ställer även skattning av *konsekvenser* krav på användaren. Att komma fram till en monetär värdering av ett specifikt brandscenario kräver god kännedom om det aktuella företaget, alternativt tillgång till en grupp av personer som känner det aktuella företaget väl och som kan delta i en analys av olika brandscenarier.

6 Referenser

1. Johansson, H., *Sammanfattning av fas 1 i projektet Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet*, Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1999.
2. Johansson, H., *Att visa lönsamhet med brandskyddsinvesteringar - sammanfattning av fas 2 i projektet Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet*, Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 2000.
3. Johansson, H., *Sammanfattning av fas 3 i projektet "Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet*, Brandteknik, Lunds universitet, 2002.
4. Johansson, H., *Decision Analysis in Fire Safety Engineering - Analysing Investments in Fire Safety*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 2003.
5. Clemen, R.T., *Making Hard Decisions - An Introduction to Decision Analysis*. 2nd ed, Wadsworth Publishing Company, Belmont, 1996.
6. Fishburn, P., Kochenberger, G. A., *Two-Piece von Neumann-Morgenstern Utility Functions*, Decision Sciences, **10**, p. 503-518, 1979.
7. Fennema, H., van Assen, M., *Measuring the Utility of Losses by Means of the Tradeoff Method*, Journal of Risk and Uncertainty, **17**(3), p. 277-296, 1998.
8. Oberkampf, W.L., DeLand, S.M., Rutherford, B.M., Diegert, K.V., Alvin, K.F., *Error and uncertainty in modeling and simulation*, Reliability Engineering and System Safety, **75**(3), p. 333-357, 2002.
9. Ellsberg, D., *Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms*, The Quarterly Journal of Economics, **75**(4), p. 643-669, 1961.
10. Altin, E., Mola, J., *Nyttohänsyn i investeringar avseende brandskydd*, Lunds universitet, Avdelningen för brandteknik, Lund, 2004.

Bilaga 1 – Beta fördelningen och Gamma fördelningen

Beta fördelningen

$$f\left(x\middle|a,b\right)=\frac{\Gamma\left(a+b\right)}{\Gamma\left(a\right)\cdot\Gamma\left(b\right)}\cdot x^{a-1}\cdot\left(1-x\right)^{b-1} \qquad 0\le x\le 1$$

Gamma fördelningen

$$f\left(x\middle|\alpha,\beta\right)=\frac{1}{\beta^{\alpha}\cdot\Gamma\left(\alpha\right)}\cdot x^{\alpha-1}\cdot e^{\frac{x}{b}} \qquad 0\le x\le\infty$$