

Slutrapport: Varför blir vissa små bränder stora?

Nils Johansson
Patrick van Hees

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Lund 2012

Slutrapport:
Varför blir vissa små bränder stora?

Nils Johansson
Patrick van Hees

Lund 2012

Slutrapport: Varför blir vissa små bränder stora?
Final report: Why will some small fires grow large?

Nils Johansson
Patrick van Hees

Report 3167
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--3167--SE

Number of pages: 26

Keywords:

Severe fires, case study, fire statistics, school fires, attic fires

Sökord:

Storbränder, fallstudie, brandstatistik, skolbränder, vindsbränder

Abstract:

This project aims to develop knowledge about factors that lead to that some fires develop into large fires and investigate whether there are specific characteristics of large fires in different types of objects. The project has resulted in three reports dealing with three different types of objects (buildings). The first report deals with fires in school buildings, the second deals with attic fires in apartment buildings and the third deals with fires at nuclear power plants. These three reports are summarized in this final report.

In addition to the findings related to the three studied objects, the project has resulted in a methodology on how statistics and case studies can be combined in a systematic way to present, analyse and draw common conclusions of different but similar events. The methodology can be used to find factors that contribute or lead to a specific injury or event.

© Copyright: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University
Lund 2012.

Brandteknik och Riskhantering
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
and Systems Safety
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

Förord

Detta projekt syftar till att ta fram kunskap om vilka faktorer som leder till att vissa bränder utvecklas till storbränder och undersöka om det finns karakteristiska mönster specifika för storbränder i olika typer av objekt.

Projektet "Varför blir små bränder stora?" är finansierat av BRANDFORSK, Trygg Hansa och NBSG (Nationella Brandsäkerhetsgruppen). Vi vill tacka finansiärerna till projektet och även deltagarna i referensgruppen.

Lund, november 2012

Nils Johansson
Patrick van Hees

Summary

A few fires account for a large part of the total cost of fires in Sweden. It is in many cases unknown what factors that cause these fires develop from small fires to large and costly fires. This project aims to develop knowledge about such factors and investigate whether there are specific characteristics of large fires in different types of objects. Fire protection in these buildings could possibly be improved with more knowledge of these factors and thereby could the number of large and costly fires be reduced.

The project has resulted in three reports dealing with three different types of objects (buildings). The first report deals with fires in school buildings, the second deals with attic fires in apartment buildings and the third deals with fires at nuclear power plants. These three reports are summarized in this final report.

Fire development in compartments can be described with the following three steps: fire in the first object ignited, fire in the room of origin and fire outside the room of origin.

The three different objects studied in this project have involved a detailed study of the transitions between these three steps. The studies of school fires and attic fires have a focus on influencing factors that caused a fire in a room to grow to a fire in several rooms or even in several fire compartments. In the study of fires in nuclear power plants the focus has been on fires of an object in one room and how this can affect components and conditions in an adjacent space. The focus on the different stages of fire development broadens the overall analysis.

Past experience has been confirmed in the project, as it emerged that attics are a vulnerable construction and fire compartmentation in attics is problematic. Therefore, it is important to design fire protection in such a way that fire spread to the attics is avoided. No general recommendations for how this can be achieved are given because there are a number of possible solutions and the solution used in a building depends on the design and architecture of that building.

The project has also led to an in-depth study of factors that influence the hot layer temperature in a room adjacent to the fire room. A multiple linear regression analysis was carried out which has meant that a simple correlation to calculate the hot layer temperature outside the room of fire origin was developed. Previously, such simple correlations only existed for the fire room itself, which makes this work unique. This new correlation can, after further validation, be used to make a first rough analysis of smoke layer temperatures in a room adjacent to the fire room.

In addition to the findings related to the three studied objects, the project has resulted in a methodology on how statistics and case studies can be combined in a systematic way to present, analyse and draw common conclusions of different but similar events. The methodology can be used to find contributing or initiating factors for a specific injury or event.

Sammanfattning

Ett fåtal bränder i Sverige står för en stor del av kostnaden för bränder och det är i många fall okänt vilka faktorer som gör att dessa bränder utvecklas från små bränder till kostsamma bränder. Föreliggande projekt syftar till att ta fram kunskap om vilka faktorer som leder till att vissa bränder utvecklas till storbränder och undersöka om det finns karakteristika specifika för storbränder i olika typer av objekt. Med kunskap om dessa faktorer kan brandskyddet i dessa byggnader förbättras och därigenom kan potentiellt antalet storbränder reduceras.

Projektet har resulterat i tre huvudrapporter som behandlar tre olika typer av objekt (byggnader). Den första behandlar bränder i skolbyggnader, den andra behandlar vindsbränder i flerbostadshus och den tredje behandlar bränder på kärnkraftverk. Dessa tre rapporter sammanfattas i denna slutrapport.

Brandutvecklingen av de flesta rumsbränder kan beskrivas med följande tre steg: brand i startföremålet, brand i startutrymmet och brand utanför startutrymmet.

De tre olika objekten som studerats i projektet har inneburit en detaljerad studie av övergångarna mellan dessa tre steg. Vid studien av skolbränder och vindsbränder har inneburit att fokus legat på faktorer som styr hur en brand i ett utrymme kan bli en brand i flera rum eller till och med i flera brandceller. När det gäller bränder kärnkraftverk har fokus legat på brand i ett föremål och hur detta kan påverka ett angränsande utrymme. Att fokus ligger på olika steg av ett brandförlopp ger en bredd till den totala analysen.

Tidigare erfarenheter har bekräftats i projektet då det framkommit att vindar är en sårbar konstruktion och att brandcellsindelning på vindar är problematiskt. Det är därför viktigt att utforma brandskyddet så att brandspridning till vinden undviks. Någon generell rekommendation för hur det skall åstadkommas kan inte ges eftersom det finns ett flertal tänkbara lösningar och vilken lösning som används i en byggnad beror på konstruktionen och byggnadens arkitektur.

Projektet har även inneburit en djupstudie av faktorer som påverkar temperaturen i brandgaser som spritts till ett rum angränsande till brandrummet. I djupstudien har en multipel linjär regressionsanalys genomförts vilket har inneburit att en enkel korrelation för att beräkna brandgastemperatur utanför brandrummet tagits fram. Tidigare har sådana enkla korrelationer enbart funnits för brandrummet vilket gör detta arbete unikt. Denna nya korrelation kan efter ytterligare validering användas för att göra en första grov analys av förhållanden i närliggande utrymmen och för att uppskatta om ytterligare och mer tidskrävande analyser är nödvändiga.

Utöver slutsatser relaterade till de tre studerade objekten har projektet resulterat i en metodik för hur statistik och fallstudie kan användas på ett systematiskt sätt att presentera, analysera och dra gemensamma slutsatser av olika men liknande händelser. Hela syftet med detta är att hitta faktorer som bidrar eller leder till ett viss skada eller händelse. Metodiken erbjuder att systematiskt sätt att ta tillvara på information från befintliga brandutredningar och bedöms kunna användas i framtiden för andra typer av bränder.

Innehållsförteckning

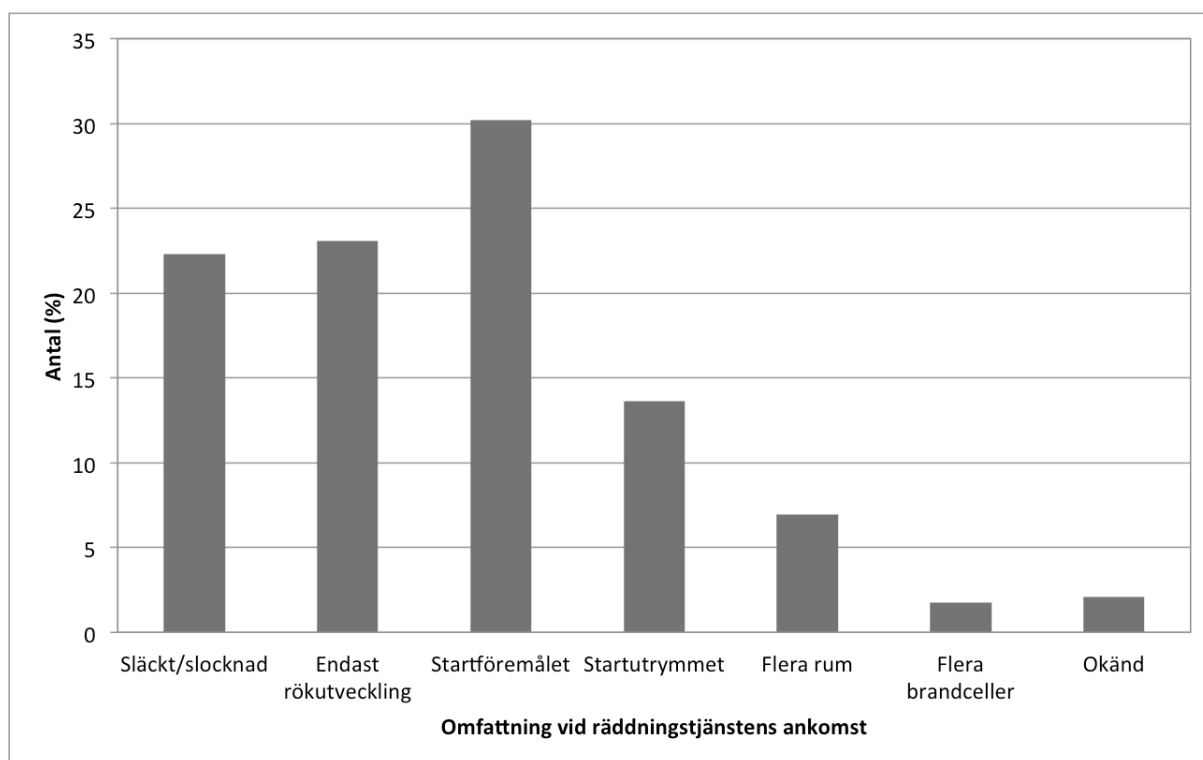
1	INLEDNING	8
1.1	BAKGRUND.....	8
1.2	SYFTET MED FÖRELIGGANDE RAPPORT	10
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	10
2	BRÄNDER I SKOLBYGGNADER.....	11
2.1	BAKGRUND.....	11
2.2	METOD.....	11
2.3	AVGRÄNSNINGAR.....	12
2.4	SLUTSATSER	12
3	BRÄNDER PÅ VINDAR I FLERBOSTADSHUS	13
3.1	BAKGRUND.....	13
3.2	METOD.....	13
3.3	AVGRÄNSNINGAR.....	14
3.4	SLUTSATSER	14
4	BRÄNDER PÅ KÄRNKRAFTVERK	16
4.1	BAKGRUND.....	16
4.2	METOD.....	17
4.3	AVGRÄNSNINGAR.....	17
4.4	SLUTSATSER	18
5	FRAMTAGEN METODIK FÖR ATT KOMBINERA STATISTIK OCH FALLSTUDIE.....	20
6	ÖVRIGA RELATERADE INSATSER	22
6.1	RADHUSBRÄNDER.....	22
6.2	BRÄNDER DÄR TVÅ ELLER FLER PERSONER OMKOMMER.....	22
7	SLUTSATSER	23
8	FORTSATT ARBETE	24
9	REFERENSER.....	25

1 Inledning

Denna rapport utgör slutrapporten i projektet ”Varför blir små bränder stora?” (van Hees, 2008). I detta inledande kapitel beskrivs bakgrunden till arbetet, problemställningar, syfte och mål samt avgränsningar med projektet.

1.1 Bakgrund

I Sverige förs statistik av räddningstjänstens insatser av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Myndigheten publicerar statistiken i en öppen webbaserad databas (MSB, 2012). Statistiken bygger på den insatsrapport som räddningstjänsten skriver efter varje insats. Årligen genomför räddningstjänsterna i Sverige cirka 11.000 insatser mot brand i byggnad. Majoriteten av dessa bränder inträffar i bostäder (57%) följt av allmänna byggnader (18%) och industri (11%). Statistiken som beskriver omfattningen av dessa bränder vid räddningstjänstens ankomst är indelad i följande sju kategorier: Släckt/slocknad, endast rökutveckling, startföremålet, startutrymmet, flera rum, flera brandceller och okänd. Hur bränder i byggnader fördelas inom dessa kategorier illustreras i Figur 1.



Figur 1: Omfattning av bränder vid räddningstjänstens ankomst baserar på insatsrapporter från 1996-2011.

Denna indelning i kategorier är kvalitativ och ger en uppfattning om hur storleken på bränder varierar. Karakteriseringen kan generalisera ytterligare genom att ta bort kategorierna ”Släckt/slocknad” och ”Okänd” och slå ihop resterande för att beskriva följande tre olika typer av bränder:

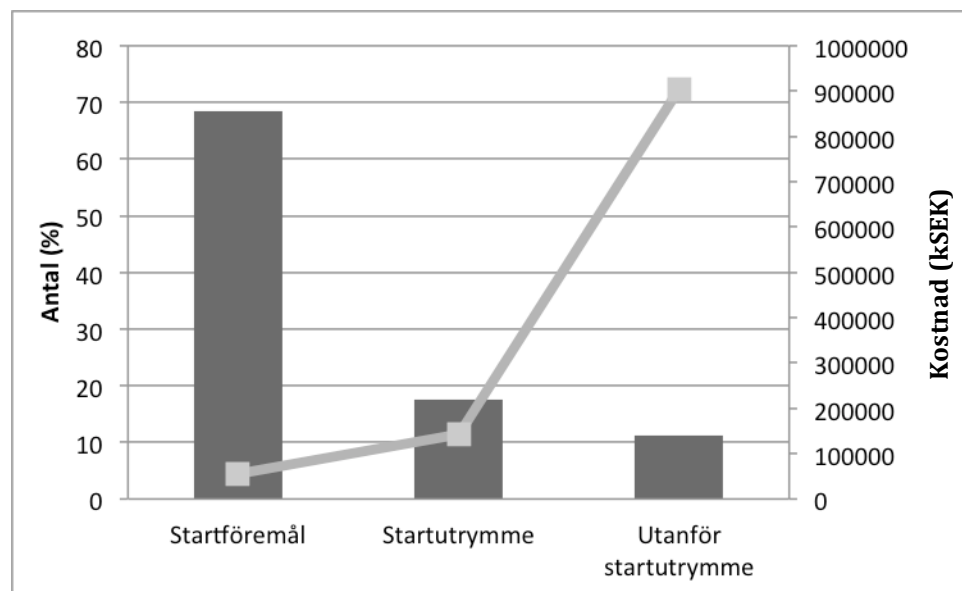
1. Mindre omfattning d.v.s. branden begränsas till startföremål (endast rökutveckling och startföremålet) (70%)
2. Medel omfattning d.v.s. branden begränsas till ett utrymme (startutrymmet). (20%)
3. Stor omfattning d.v.s. branden sprids utanför startutrymmet. (10%)

Kostnader för bränder kommer att variera mycket beroende på byggnadstyp och på verksamhet. Men följande fiktiva men realistiska värden på brandskadekostnader kopplade till de tre typerna av bränder kan användas för att illustrera problematiken med omfattande bränder (se Tabell 1).

Tabell 1: Beskrivning av tre olika typer av brand omfattning.

Typ	Omfattning	Andel (%)	Fiktiv brandskadekostnad (kSEK)
1	Brand i startföremål	70	10
2	Brand i startutrymme	20	100
3	Brand utanför startutrymme	10	1000

Med dessa värden kan en illustration av kostnaderna för bränder i förhållande till omfattning göras.



Figur 2: Illustration av kostnader för bränder med avseende på omfattning

Staplarna i Figur 2 redogör för hur många procent respektive brandtyp utgör medan linjen illustrerar kostnaderna per år för respektive brandtyp och det är uppenbart att kostnaderna för de mer omfattande bränderna är betydligt högre än för de lindrigare bränderna. De totala kostnaderna summeras till drygt 1 miljard kronor. Detta är en fjärdedel av vad svenska brandskyddsföreningen uppskattar den årliga kostnaden för bränder i Sverige till (SBF, 2010). Avsikten med diagrammet är dock inte att redogöra för verkligheten utan snarare illustrera problematiken och kostnaderna med stora bränder.

Även om den fördelningen mellan kategorierna skiljer sig åt något så påminner kategoriseringen i Tabell 1 som vad som tidigare kommit fram vid genomgång av brandstatistik från Storbritannien (Särkdqvist & Holmstedt, 2000) och Sverige (Särkdqvist, 2000). Statistiken från Storbritannien gjorde det möjligt att göra en kategorisering baserat på arean på bränderna. Det framgick då att ca 50% av bränderna täcker en yta på mindre än 1 m², dessa bränder sprids i regel inte från startföremålet. Till den andra kategorin hör 30% av bränderna och dessa täcker 1 till 50 m² och begränsas vanligen av en inneslutning. Den sista kategorin omfattar de största bränderna med en yta större än 50 m².

I Sverige står cirka 1 % av bränder för knappt 50 % av de totala utbetalningarna enligt tidigare statistik från Svenska Brandskyddsföreningen (SBF, 2005). Dessa 1 % utgör en liten del av de mest omfattande bränderna i Figur 2. Det är i många fall okänt vilka faktorer som gör att dessa bränder utvecklas från små bränder till storbränder.

Föreliggande projekt syftar till att ta fram kunskap om vilka faktorer som leder till att vissa bränder utvecklas till storbränder och undersöka om det finns karakteristika specifika för storbränder i olika typer av objekt. Kunskapen kan användas till att förbättra brandskyddet och därigenom på sikt reducera antalet storbränder. Möjligheten att identifiera risken för storbrand vid projektering av nya byggnader och vid

systematiskt brandskyddsarbete ökar, liksom möjligheten att vid tillsynsverksamhet uppmärksamma speciella objektsspecifika faktorer som kan öka risken för mycket omfattande bränder.

Bränder i tre olika typer av byggnader har studerats i projektet:

- Skolor och förskolor (skolbyggnader)
- Vindar i flerbostadshus
- Kärnkraftverk

Skolbyggnader och vindsbränder har valts som objekt eftersom det ofta förekommer bränder med stor omfattning i dessa byggnader. Bränder på kärnkraftverk är av ett annat slag där även en lite brand kan få stora konsekvenser (Magnusson, 2011). I studien av skolbränder och vindsbränder identifieras och studeras faktorer som kan göra så att en brand i ett utrymme utvecklas till en brand i flera rum eller till och med i flera brandceller. Medan det i studien av bränder på kärnkraftverk studeras hur en brand i ett föremål kan påverka ett angränsande utrymme.

Fokus ligger på olika områden eftersom dessa byggnader skiljer sig mycket åt när det bland annat gäller byggnadskonstruktionen, verksamhet, brandbelastning och brandteknisk utrustning. Detta innebär även att de eftersökta faktorerna kan variera mellan olika objekt och därför har objekten behandlats separat i projektet och för varje objekt finns det en egen rapport.

1.2 Syftet med föreliggande rapport

I denna rapport sammanfattas de tre delprojekten för att på så sätt binda ihop hela projektet.

1.3 Avgränsningar

Denna rapport ger enbart en sammanfattning av hela projektet och övergripande slutsatser sammanfattas. För ytterligare information om de olika delarna hänvisas det till respektive rapport. Referens till rapporterna finns i inledningen av respektive kapitel.

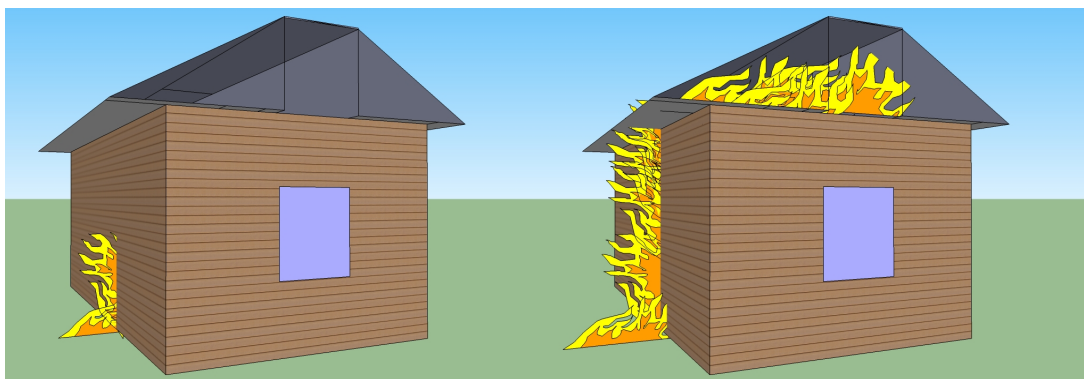
2 Bränder i skolbyggnader

Den första delen som genomförts i projektet behandlar bränder i skolor och förskolor. Denna del är avrapporterade i rapport 3148, "Fallstudier – Vilka tekniska faktorer spelar en roll vid anlagd brand i skolor?" (van Hees & Johansson, 2010). I detta kapitel behandlas rapporten kortfattat.

2.1 Bakgrund

Totalt anläggs mer än 10 000 bränder årligen i Sverige vilket gör anlagd brand i byggnader till ett stort samhällsproblem i landet. Problemet med anlagd brand är speciellt stort för skolbyggnader (skolor och förskolor) där runt hälften av alla bränder är anlagda. Antalet anlagda bränder i skolbyggnader har de senaste åren varit mellan 300 och 400 per år vilket enbart är några procent av det totala antalet bränder i byggnader i landet. I många fall är dessa bränder resulterar i mindre rökskador och några utbrunna papperskorgar. Det händer dock att slutresultatet är betydligt mer förödande och flera skolor och förskolor blir total förstörda varje år av anlagda bränder. Till exempel har Göteborgs stad under 2000-talet haft direkta kostnader på mellan 2 och 20 miljoner kronor årligen för anlagda bränder i skolbyggnader. Enligt statistik från Svenska brandskyddsföreningen totalförstördes sex skolor under 2009 och kostnaden för enbart dessa sex bränder var nära en halv miljard kronor (Svenska Brandskyddsföreningen, 2010) vilket var mer än 12 % av den årliga kostnaden för alla bränder i landet.

Avdelningen för brandteknik och riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola har tillsammans med SP Brandteknik genomfört ett forskningsprojekt om tekniska system för att förebygga och begränsa konsekvenserna av anlagd brand. Projektet ligger inom ramen för ett större multidisciplinärt forskningsprojekt som initierades av Brandforsk under 2008 (Simonson, 2007). I en del av detta projekt har en fallstudie av anlagda bränder i skolor. Denna fallstudie har ingått i både i projektet om tekniska system för att förebygga och begränsa konsekvenserna av anlagd brand och i föreliggande projekt. Projektet föregicks av ett projekt i vilken en studie av brandstatistik genomfördes, "Brandstatistik - Vad vet vi om anlagd brand?" (Blomqvist & Johansson, 2008).



Figur 3: Många av de bränder som innebär störst skada inträffar utanför byggnaden efter skoltid. Branden anläggs i brännbart material som kan hittas runt skolan och sprids upp längs fasaden och in på vinden.

2.2 Metod

I projektet har tre olika metoder använts för att svara på frågan: Vilka tekniska faktorer spelar en roll vid anlagd brand i skolor?. Den första metoden har inneburit en fallstudie av anlagda bränder i skolor genom att läsa och systematiskt analysera runt 60 brandutredningar av bränder som inträffade innan och under projektiden. I fallstudien var fokus kring följande fem faktorer:

- Tändkälla
- Startutrymme
- Spridningssätt
- Larmtid

- Byggnaden (ålder och typ)

Den andra metoden som använts bestod av ett antal semi-strukturerade intervjuer med inblandade aktörer. Den tredje metoden var en enkätundersökning, vilken togs fram genom diskussion i referensgruppen, som genomfördes bland brandutredare. Intervjuerna och enkätundersökningen användes för att komplettera och styrka slutsatserna från studien av brandutredningar.

2.3 Avgränsningar

Projektet begränsas till anlagd brand i skolor och fallstudien begränsas till en studie av 57 bränder i skolor och förskolor som inträffade mellan 2006 och 2009. Huvudfokus i projektet var tekniska aspekter, men eftersom flera icke-tekniska aspekter framkommit under projektets gång som viktiga har även dessa inkluderats i rapporten.

2.4 Slutsatser

Utifrån studien identifierades ett antal tekniska brister samt möjliga åtgärder till dessa. De tekniska bristerna varierade mellan de olika bränderna men avsaknad av detektionssystem och automatlarm, dålig konstruktion av tak och vindar och dåliga brandcellsgränser återkom. Tidig detektion efter skoltid då ingen personal som kan upptäcka bränder och slå larm befinner sig i skolan är speciellt viktig då de bränder som leder till stora skador oftast inträffar på kvällstid, nätter och helger.

Tekniska åtgärder som tydligt framträdde som viktiga var därför installation av detektionssystem för en tidig detektion samt skyddssystem för takfötter och fasader, sprinkler samt insatstekniker för vindar. Eftersom det framkom att ventilerade och brännbara takfötter i enplansbyggnader är en riskkonstruktion i vid anlagda bränder har projektet gett synpunkter till Boverket om skärpning av byggreglerna i samband med revidering av byggreglerna 2010-2011.

Som en följd av fallstudien, intervjuerna och enkätundersökningen identifierades även tre typiska brandscenarier vid anlagd brand i skolor och förskolor:

- Utomhus vid en fasad, där skräp, papperskorg eller annat löst brännbart material som finns kring skolbyggnaden kan användas.
- Inomhus där diverse brännbart material t.ex. en papperskorg används.
- Inomhus i ett utrymme med fönster där brännbara vätskor kan kastas in.

Dessa scenarier är viktiga för utveckling av tekniska åtgärder och det tidigare nämnda projektet om tekniska system för att förebygga och begränsa konsekvenserna av anlagd brand.

Trots att detta projekt inte hade som huvudmål att undersöka organisatoriska brister har det framkommit ett antal viktiga slutsatser kring detta. Det systematiska brandskyddsarbetet fungerar inte alltid och ytermiljön runtomkring skolor är långt från optimalt. En lämplig åtgärd kan vara ökad belysning och bättre insyn kring skolbyggnaderna så att man undviker områden där folk kan gå runtomkring utan att bli upptäckt. Dessutom är det viktigt att skolpersonal är inblandade i brandskyddsarbetet på olika sätt.

Slutligen är det viktigt att man har nästan en s k "noll-tolerans" kring anlagda bränder i skolor d v s att man alltid agerar oavsett hur allvarlig en incident är. Från intervjuerna framkom det att detta varit framgångsrikt i en kommun.

Fallstudie som metod fungerade bra och i kombination med den enkel enkät och resultat från den tidigare statistikstudien (Blomqvist & Johansson, 2008) gick det att identifiera de områden där det föreligger tekniska brister och finns behov av åtgärder.

3 Bränder på vindar i flerbostadshus

Den andra delen som genomförts i projektet behandlar bränder på vindar i flerbostadshus. Denna del är avrapporterade i rapport 3152, "En studie av vindsbränder utifrån statistik och brandutredningar" (Johansson & van Hees, 2010). I detta kapitel behandlas rapporten kortfattat.

3.1 Bakgrund

Enligt statistik från MSB inträffar årligen cirka 2900 bränder i flerbostadshus (MSB, 2012). Cirka 1 procent av dessa av dessa startar på byggnadens vind. Det är en liten del men bränder på vindar brukar bli omfattande och generera stor uppmärksamhet. Problemet med vindsbränder har uppmärksamats tidigare av både Boverket (Boverket 2008) och MSB (MSB 2009). Detaljerade utredningar har genomförts på inträffade vindsbränder (SRV 2002a), där brister i det byggnadstekniska brandskyddet framkommer och det har påpekats att en övertänd lägenhetsbrand på översta våningen lätt kan spridas till vinden (SRV 2002b). Det senare fångas inte upp av statistiken eftersom den ej innehåller information om till vilket utrymme en brand spridits.

Att kostnaden för vindsbränder är stor framgår av ett tidigare Brandforskprojekt (Andersson, 1997). Antalet vindsbränder i undersökningen, som baserades på kostnader för bränder mellan 1988 och 1994, var få men det framgick att kostnaden för vindsbränder var ca 10 gånger så stor som för en genomsnittlig brand. Ett exempel på en vindsbrand som medfört mycket stora kostnader inträffade i bostadsområdet Potatisåkern i Malmö under 2007 där de totala kostnaderna för återuppbyggandet uppgick till cirka 140 miljoner kronor (MKB, 2010).

Med MSB:s statistik (MSB, 2012) går det att få en översikt av omfattning av brand i olika utrymmen i flerbostadshus vid räddningstjänstens ankomst. Med denna statistik går det att se att mer än 50 procent av bränderna som startar på vindar har spridits från startföremålet när räddningstjänsten anländer och 5 procent av alla bränder omfattar mer än en brandcell. Utifrån denna statistik är det uppenbart att det finns faktorer som gör att bränder på vindar i flerbostadshus blir mer omfattande än i andra utrymmen.

Statistiken i MSB:s databas är bra men knapphändig för att göra dra långtgående slutsatser om underliggande faktorer till varför vindsbränder generellt blir mer omfattande än andra bränder. Därför bedömdes det nödvändigt att studera detaljerade information genom med en fallstudie för att kunna identifiera dessa faktorer och klargöra vilken inverkan de har på brandens omfattning samt hur de kan påverkas.

3.2 Metod

Följande tre problemställningar formulerades i projektet:

- Vilka specifika faktorer gör att vindsbränder blir mer omfattande än andra bränder i flerbostadshus?
- Vilka åtgärder kan vidtas för att reducera omfattningen av vindsbränder?
- Hur användbara är den svenska insatsrapporteringen och brandutredningar gjorda vid vindsbränder i flerbostadshus för att dra lärdom av händelserna?

För att kunna svara på dessa problemställningar genomfördes en statistikstudie och en fallstudie. Statistikstudien baserades på data från svenska räddningstjänster som tillhandahålls av MSB (MSB, 2012) och Boverkets undersökning av bostadsbeståndet i landet, BETSI (Boverket 2009). Eftersom det är omfattningen av brand som är av intresse i denna studie genomfördes en analys av statistik med avseende på hur omfattningen av brand på vindar i flerbostadshus påverkades av följande faktorer:

- Byggnadens utformning (våningsantal)
- Brandorsak
- Startföremål

- Kombination av brandorsak och startföremål
- Utrustning avsedd för annan än räddningstjänsten
- Tillgänglig brandteknisk utrustning
- Räddningstjänstens åtgärder
- Spridning av brand efter räddningstjänstens ankomst
- Kombination av spridning av brand och räddningstjänstens åtgärder

Dessa faktorer bedömdes relevanta att studera med avseende problemställningarna eftersom förhoppningen var att hitta ett samband mellan omfattning av branden och dessa faktorer.

I fallstudien genomfördes en djupstudie av ett antal inträffade vindsbränder utifrån brandutredningar som gjorts inom ramen för MSB:s nätverk av brandutredare. Totalt valdes 27 vindsbränder ut för att ingå i fallstudien. Dessa är dock på inget sätt statistiskt representativa.

För att systematiskt kunna genomföra fallstudien genomfördes en initial studie av ett par brandutredningar och utifrån den valdes ett antal faktorer ut som användes vid analysen av resterande brandutredningar.

- Byggnad (beskrivning av byggnad och vind)
- Tidpunkt för brand
- Brandorsak
- Startföremål
- Startutrymme
- Upptäckt av branden
- Brandförlopp (spridning) och omfattning av branden
- Räddningstjänstens insats
- Eventuella kommentarer eller rekommendationer i brandutredningen

Dessa faktorer är relevanta för att studera de nämnda problemställningarna men de motsvarar inte de faktorer som användes i statistikstudien detta eftersom det är inte möjligt att studera exakt samma parametrar eftersom underlaget är olika.

3.3 Avgränsningar

Studien begränsas till en statistikstudie och en fallstudie av inträffade bränder på vindar i flerbostadshus. Statistikstudien begränsas till statistik på bränder som startat på vindar eftersom den tillgängliga statistiken inte innehåller information om bränder som spridits till vinden från andra startutrymmen. Fallstudien begränsas till 27 bränder eller incidenter som rapporterats in till MSB inom det så kallade brandutredarprogrammet. Information till fallstudien hämtas från brandutredningar.

3.4 Slutsatser

Utifrån studien av statistik och fallstudien drogs ett antal slutsatser om varför vindsbränder blir mer omfattande än bränder i andra utrymmen:

- Anlagda bränder är en vanlig orsak till mer omfattande vindsbränder.
- Vindar i flerbostadshus används ofta som vindsförråd där lös inredning förvaras vilket innebär en hög brandbelastning.
- I vissa fall används brännbar isolering i vindbjälklaget vilket medför en hög brandbelastning.
- I många fall saknas brandcellsindelningar och om de finns så är de sämre utförda än andra brandcellsgränser i flerbostadshus. Risken för spridning till andra brandceller är alltså större jämfört med andra typer av utrymme.
- Detektionssystem i form av t.ex. rökdetektorer förekommer generellt inte på vindar. Detta innebär att en brand kan tillväxa mer innan den upptäcks.

- Brandteknisk utrustning i form av för automatiskt släcksystem, automatisk brandgasventilation eller manuellt släcksystem förekommer i princip aldrig på vindarna.
- Räddningstjänstens insats är viktigt för att begränsa branden eftersom de brandssektioneringar som finns kan vara undermåliga och risk finns för brandspridning till lägenheter. I många fall sprids dock branden efter det att räddningstjänsten anlänt.
- Räddningstjänstens taktik är beroende av byggnadens konstruktion och väderförhållande. Innan taktik väljs måste så mycket information om byggnadskonstruktion och brandcellsgränser som möjligt inhämtas. Sådan information kan erhållas genom att studera andra delar av byggnaden eller liknande byggnader.

De främsta åtgärder som identifierades för undvika omfattande vindsbränder var:

- Låsning av dörrar till vind med kodlås för att förhindra att obehöriga tar sig in och anlägger brand.
- Detektionssystem för tidigare upptäckt av brand.
- Bättre brandcellsgränser och underhåll av dem (t.ex. kontroll av branddörrar)
- Bättre dokumentation av brandskyddet flerbostadshus som underlag för räddningstjänsten vid en insats.
- Bättre systematiskt brandskyddsarbete, t.ex. minimering av brandbelastning och kontinuerlig översyn av brandcellgränser.

Även om det finns brister i statistiken och brandutredningarna så utgör de ett bra underlag för att dra erfarenheter från inträffade händelser. De båda underlagen kompletterar varandra bra. Det bedöms inte vara lämpligt att enbart använda statistiken till något mer än att se trender i enskilda faktorer som t.ex. brandsaker eller startföremål. För att erhålla en djupare förståelse av t.ex. brandförlopp och byggnadstekniska brister är det rekommenderat att även studera brandutredningarna.

I projektet identifierades även två typiska brandförlopp som kan leda till omfattande vindsbränder.

Anlagd brand på vind

En brand anläggs i ett vindsförråd där lös inredning förvaras. Branden sprider sig och upptäcks av förbipasserande då rök eller lågor kommer ut ur nocken eller ventilationsöppning på vinden. Alternativt upptäcks branden av personer som känner röklukt i trapphus. När räddningstjänsten kommer till platsen omfattar branden ett eller ett par vindsförråd.

Brand i lägenhet

Brand startar i en lägenhet på översta våningen. Lågor slår ut genomfönster eller balkong och når takfoten eller fasaden som antänds. Branden sprids sedan vidare till vinden innan räddningstjänsten påbörjat sin insats. Detta innebär i regel att det är brand i två brandceller när räddningstjänsten påbörjar sin insats.

4 Bränder på kärnkraftverk

Den tredje delen som genomförts i projektet behandlar potentiella bränder på kärnkraftverk. Denna del är avrapporterade i rapport 3158, "En metodik för att utvärdera brandskadescenario på kärnkraftverk" (Johansson & van Hees, 2012). I detta kapitel behandlas rapporten kortfattat för mer information hänvisas till rapporten.

4.1 Bakgrund

I denna rapport studeras bränder på kärnkraftverk. Bränder på kärnkraftverk är ofta begränsade och sprids sällan utanför startutrymmet enligt tidigare studier (Andersson, 2010). Detta innebär att bränder på kärnkraftverk skiljer sig från bränder i skolor och på vindar i flerbostadshus eftersom branden inte blir lika stor. Omfattningen på konsekvens av branden kan dock bli mycket stor. Således undersöks det inte varför vissa bränder blir stora i ett rumsligt perspektiv i denna del av projektet utan snarare faktorer till varför vissa bränder på kärnkraftverk kan få stora konsekvenser.

En byggnad delas brandtekniskt upp i olika brandceller. En brandcell kan bestå av ett eller flera rum. På kärnkraftverk finns dock ytterligare en nivå. Inom kärnkraftindustrin benämns brandcell på engelska som "Fire Compartment" sedan förekommer även begreppet "Fire Cell". Begreppet "Fire Cell" skall inte förväxlas med "brandcell". Där det inte är möjligt att upprätta konventionella brandcellsgränser används "Fire Cells". Varje "Fire Cell" kan bestå av en del av ett rum, ett eller flera rum och en brandcell kan bestå av flera "Fire Cells". "Fire cells" kan separeras från varandra genom att:

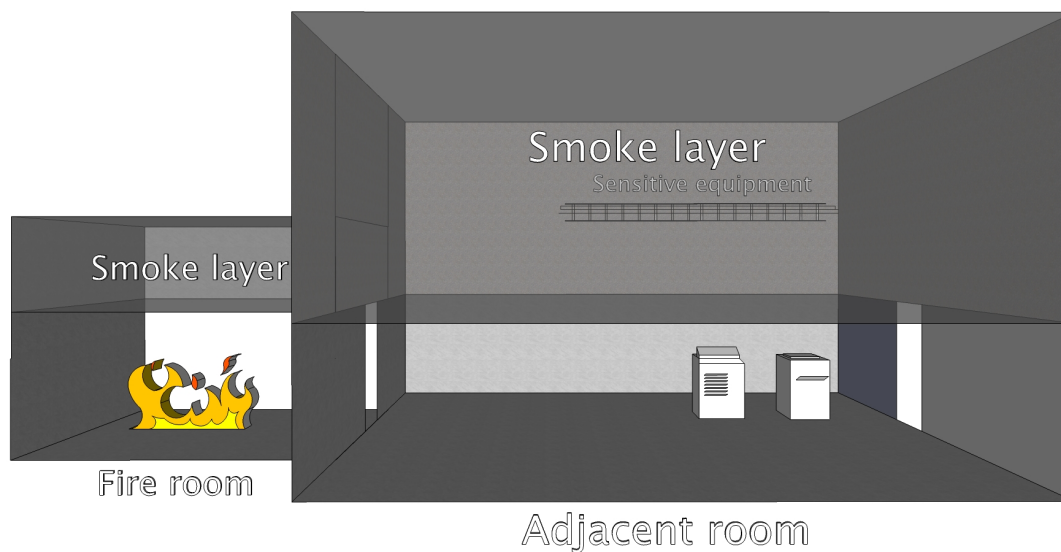
- Brandbelastningen minimeras
- Känslig utrustning redundant utrustning separeras med avstånd
- Passiva brandskyddsåtgärder, t.ex. brandtåliga väggar.
- Aktiva system, t.ex. sprinklersystem.

En kombination av aktiva och passiva åtgärder kan innebära ett tillräckligt skydd och en "Fire Hazard Analysis" skall visa att de vidtagna åtgärderna är tillräckliga för att undvika att redundant system som är viktiga för säkerheten och som ligger i olika "Fire Cells" slås ut (IAEA, 2004).

De redundant system (s.k skyddsobjekt) som avses i rapporten består av elektrisk utrustning och eftersom antalet möjliga skyddsobjekt är stort innebär det att det finns ett stort antal scenario som måste analyseras för att få en komplett bild av situationen. En metod att avgöra ifall det finns en risk för att ett kritiskt system kan slås ut vid en brand är därför eftersträvänsvärd.

I rapporten görs en kvalitativ beskrivning av ett brandförlopp och utifrån den har följande möjliga situationer som kan påverka redundant system inom en eller i olika "Fire Cell" identifierats:

1. Brandgasspridning mellan rum
2. Värmestrålning mellan rum
3. Värmestrålning mellan objekt
4. Värmeöverföring genom vägg



Figur 4: Illustration av problematiken med brandgasspridning mellan rum.

För de tre sista situationerna (punkt 2-4) finns redan utarbetade och vedertagna handberäkningsmetoder som kan användas. Samtliga dessa metoder är grova men kan användas som en första indikator på om ytterligare analyser är nödvändiga eller om tillräckliga säkerhetsmarginaler finns. För den första situationen har det tidigare inte funnits någon generell och användbar beräkningsmetod. Av den anledning så ägnas en stor del av rapporten till att beskriva hur en sådan korrelation har tagits fram.

4.2 Metod

För situation 2-4 i punktlistan i föregående avsnitt finns vedertagna metoder för att beräkna värmestrålning och värmeöverföring genom väggar. Dessa metoder används för att ta fram generella diagram och figurer som visar hur följande faktorer påverkar temperaturen i en annan "Fire Cell":

- Brandens storlek
- Tjocklek på vägg
- Storlek på öppningar

För situation 1 tas dock en korrelation fram för att beräkna temperaturen på brandgaser i ett närliggande rum. Denna korrelation har tagits fram med hjälp av s.k. numeriska experiment och en multipel linjär regressions analys. De numeriska experimenten omfattar cirka 80 simuleringar av brandgastemperaturer i datorprogrammet FDS. Följande variabler varierades mellan simuleringarna:

- Rummens geometri
- Storlek på öppningar
- Tjocklek på väggar
- Material i väggar
- Typ av bränsle
- Brandens storlek (effektutveckling)

Med hjälp av den statistiska programvaran SPSS (IBM, 2012) genomfördes en multipel linjär regressionsanalys för att hitta ett samband. En initial validering av detta samband genomfördes sedan.

4.3 Avgränsningar

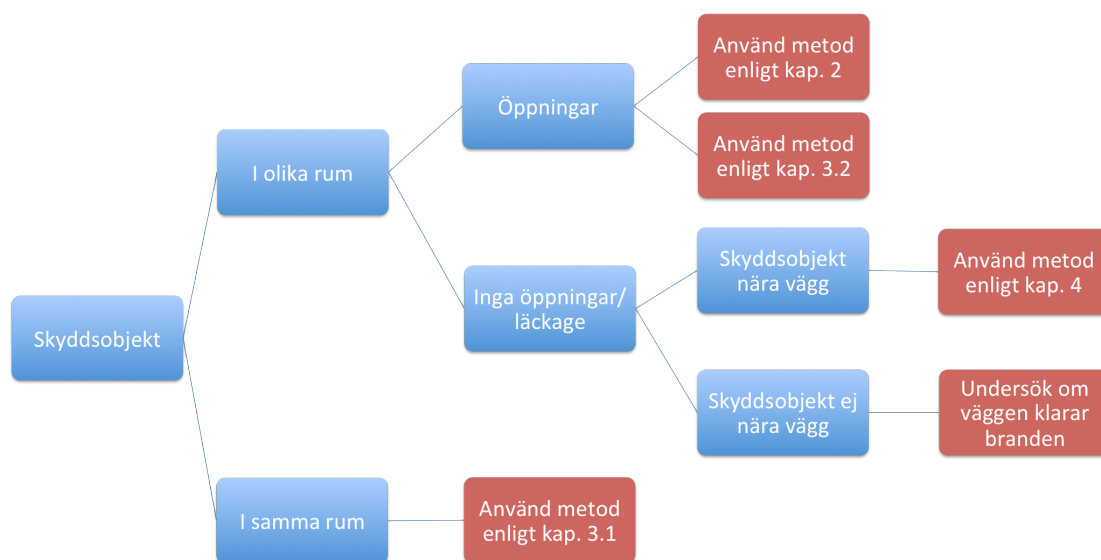
I rapporten studeras faktorer som leder till påverkan på komponenter i en annan "Fire Cell". Rapporten avgränsas till de fyra situationer som beskrivs i avsnitt 4.1.

Samtliga figurer och diagram för situation 2-4 som presenteras i rapporten utgör resultat från beräkningar med förenklade uttryck, för att kunna använda dessa har dessutom antal antagande gjorts. Beräkningsgången och antagandena framgår av rapporten (Johansson & van Hees, 2012). Diagrammen och bilderna utgör dock en grund för att avgöra vilka faktorer som är viktiga för skyddet av redundanta system i olika "Fire Cells".

Korrelationen för brandgastemperatur i närliggande rum bygger på datorsimuleringar som är en förenkling av verkligheten. Korrelationen gäller för avgränsade bränder innan övertändning inträffar. Modellen förutsätter att det finns dörröppningar eller motsvarande mellan rummen och öppning ut från det närliggande utrymmet (se Figur 4). Ytterligare information om antagande och begränsningar i korrelationen återfinns i rapporten (Johansson & van Hees, 2012).

4.4 Slutsatser

På ett kärnkraftverk finns ett stort antal scenario som måste analyseras för att få en komplett bild av situationen. I rapporten (Johansson & van Hees, 2012) presenteras en schematisk metodik för hur problemet kan angripas för att utreda inom vilka områden djupare analyser är nödvändiga. Metodiken bygger på de fyra möjliga brandsituationer som framgår av Figur 5.



Figur 5: Schematiskt tillvägagångsätt från Johansson & van Hees (2011).

Från den framtagna korrelationen är det uppenbart att storleken på branden har störst betydelse för brandgastemperaturen i närliggande rum. Det framgår även ur korrelationen att öppningen mellan rummen är viktig liksom de omslutande areorna i rummen och materialet i väggarna. Den mindre valideringsstudie av korrelationen som görs i rapporten är lovande men ytterligare validering bedöms vara nödvändig för att med säkerhet kunna fastställa ett bra korrelationsuttryck.

Åtgärder för att begränsa att viktiga system i olika "Fire Cells" påverkas vid en brand är således att:

- Brandens storlek begränsas, t.ex. genom en minimering av brandbelastning.
- Att systemen placeras i olika rum

- Att systemen ej placeras på väggar som riskeras att värmas upp till kritiska temperaturer vid en brand på andra sidan väggen
- Att systemen separeras med ett tillräckligt stort avstånd.

På kärnkraftverk förekommer ofta lokaler med begränsad ventilation vilket gör att den framtagna korrelationen för situation 1 bör användas med försiktighet. Efter ytterligare validering skulle korrelationen kunna användas för att erhålla en konservativ uppskattning av brandgastemperatur då välventilerade förhållande generellt innebär en större möjlig effektutveckling och således även en högre brandgastemperatur.

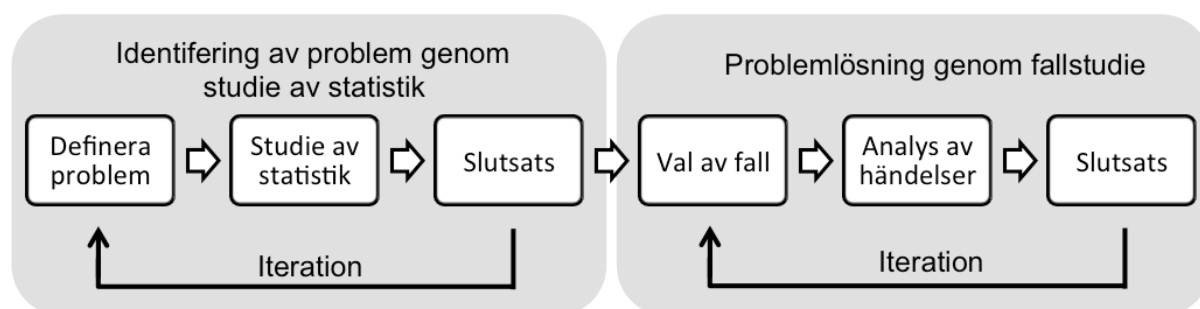
Metodiken som presenteras i rapporten består av en scenarioanalys som kan användas för att erhålla en grov bild av brandriskerna och underlag för beslut om vidare brandtekniska analyser som t.ex. kvantitativa riskanalyser.

5 Framtagen metodik för att kombinera statistik och fallstudie

Fallstudier har genomförts i samband med studien av bränder i skolbyggnader och bränder på vindar i flerbostadshus. I båda fallen genomfördes en metaanalys d.v.s. en analys av redan genomförda analyser, eftersom respektive fallstudie bestod i att analysera genomförda brandutredningar.

De båda fallstudierna genomfördes genom läsa igenom brandutredningarna (57 respektive 27 stycken) och sammanfatta dem utifrån ett antal nyckelord som tagits fram innan analysen. Studier av statistik hade genomförts innan båda fallstudierna och resultaten från de studierna kombinerades med resultaten från fallstudierna. Resultaten anses vara bra, men det har under arbetet framkommit en önska om en systematisk metod för att genomföra en kombinerade statistik- och fallstudie på. En sådan metod har därför utvecklats parallellt med projektet.

Metodiken är presenterad i Journal of Fire Technology (Johansson, van Hees & Särqvist, 2012) och den ger ett systematiskt sätt att presentera, analysera och dra gemensamma slutsatser av olika men liknande händelser. Hela syftet med detta är att hitta faktorer som bidrar eller leder till ett viss skada eller händelse. Metodiken består av två delar och sex steg enligt Figur 6.



Figur 6: De sex olika stegen i den framtagna metodiken.

Metoden beskrivs kortfattat här med ett exempel. För en mer fullständig beskrivning av metoden och exempel hänvisas det till det publicerade arbetet (Johansson, van Hees & Särqvist 2012).

Steg 1 – Definiera problem

I det första steget definieras problemet genom att en fråga som vill besvaras formuleras. Det kan t.ex. vara att omfattande bränder i svenska skolor vill studeras och frågan kan formuleras som:

“Vilka tekniska faktorer göra att några bränder i svenska skolor sprids till flera rum eller en andra brandceller?”.

Hur frågan kan specificeras beror på vilket underlag som finns för den fortsatta analysen.

Steg 2 – Studie av statistik

Syftet med detta steg är att specificera frågan med statistik på ett nationellt eller lokalt plan för att på så sätt kunna optimera den kommande fallstudien. I Sverige kan statistik hämtas från MSB:s databas, IDA (MSB, 2012). När det gäller skolbränder så kan statistik på omfattningen av bränder studeras i kombination med t.ex. brandorsaker, startföremål och startutrymme. Exempelvis så visar statistiken att många av de mest omfattande bränderna är anlagda och startar utanför byggnaden och denna information kan användas för att specificera frågan ytterligare.

Steg 3 – Slutsats

I det tredje steget används informationen från steg 2 till att specificera den ställda frågan. I exemplet ändras frågan till:

“Vilka tekniska faktorer göra att några bränder som startar utanför byggnaden i svenska skolor sprids till flera rum eller en andra brandceller?”.

Med en tydligare och mer specifik fråga kan ett bättre urval av fall göras i steg 4. Om statistiken inte ger tydligare avgränsning eller om en ännu djupare studie av statistik kan göras efter att ny information framkommit kan steg 1 till 3 upprepas till dess att en tillfredställande fråga erhållits. Det är viktigt att frågan formuleras på ett sätt så att det underlättar för valet av fall.

Steg 4 – val av fall

I det fjärde steget väljs de fall som skall studeras i fallstudien. Dessa väljs så att det faller inom den specificerade frågan. Som underlag till fallstudien kan t.ex. brandutredningar användas vilket innebär att fallstudien blir en metaanalys. Om det inte är önskvärt kan den kompletteras med t.ex. nya intervjuer. I exemplet i Johansson, van Hees & Särdaqvist (2012) väljs tre stycken bränder i skolor.

Steg 5 – Analys av händelser

Analysen av händelser sker systematiskt med t.ex. befintliga olycksutredningsmetoder. Hur många händelser som bör studeras beror på hur avgränsad den specificerade frågan är. Generellt erhålls en bättre grundad slutsats om fler händelser ingår i en fallstudie (Yin, 2003). I Johansson, van Hees & Särdaqvist (2012) struktureras varje studerad händelse upp i ett felträd. De gemensamma delarna struktureras sedan upp i ett nytt felträd som omfattar gemensamma delar från samtliga studerade händelser.

Steg 6 – Slutsats

Resultaten från analysen av de enskilda händelserna kombineras sedan i det sjätte steget för att hitta gemensamma nämnare. Om slutsatsen ej bedöms vara tillräckligt underbyggd kan fler händelser studeras genom att upprepa steg 4 och 5. De nya händelserna kan stärka eller addera ny information till slutsatserna. Denna iteration kan upprepas till slutsatserna kan anses vara tillräckligt robusta.

Metodiken har tillämpats i Johansson, van Hees & Särdaqvist, (2012) men även tillämpats och utvärderats av Edvardsson & Gelotte (2012).

6 Övriga relaterade insatser

Parallellt med projektet har två projektarbeten brandingenjörsstudenter har genomförts.

6.1 Radhusbränder

Det första projektarbetet, som utgör den avslutande uppsatsen i brandingenjörsutbildningen, behandlar bränder i radhus. Arbetet är skrivet av Frans Trädgårdh och finns beskrivet i rapport 5341, "Radhusbränder – varför de dödar och växer sig stora" (Trädgårdh, 2010). I arbetet görs en fallstudie av 55 bränder i radhus. Bränderna delas upp i tre grupper. Bränder med lindrig konsekvens (20 stycken), bränder som leder till storbrand d.v.s. spridning till flera rum eller brandceller (19 stycken) och dödsbränder (16 stycken). Dessa analyseras och jämförs. För ytterligare information om arbetet hänvisas till rapporten.

6.2 Bränder där två eller fler personer omkommer

Arbetet är skrivet av Göran Edvardsson och Åsa Gelotte och finns beskrivet i rapport 5375, "Fallstudie av allvarliga dödsbränder - En undersökning av bostadsbränder där två eller fler människor omkommer" (Edvardsson & Gelotte, 2012). Arbetets syfte var att kartlägga vilka nyckelelement som påverkar utfallet av bränder där två eller fler människor omkommer. Edvardsson och Gelotte använde sig av litteraturstudier och den statistik- och fallstudiemetodik som presenteras i kapitel 5 i föreliggande rapport. Av fallstudien framkommer det att i en stor andel av de allvarliga dödsbränderna saknades det fungerande brandvarnare. Fallstudiens resultat tyder även på att en betydande andel av de som omkommer i allvarliga dödsbränder har nedsatt handlingsförmåga eller har särskilda behov. För ytterligare information om arbetet hänvisas till rapporten.

7 Slutsatser

En rumsbrand kan i regel beskrivas med följande tre steg: brand i startföremålet, brand i startutrymmet och brand utanför startutrymmet. I projektet har faktorer som påverkar de övergångarna mellan de olika stegen studerats.

De tre olika scenarierna som studerats i projektet har inneburit en detaljerad studie av övergångarna mellan dessa steg. Vid fallstudien av skolbränder och vindsbränder har inneburit att fokus har legat på faktorer som styr hur en brand i ett utrymme kan bli en brand i flera rum eller till och med i flera brandceller. När det gäller scenario 3, bränder i kärnkraftverk, har fokus legat på brand i ett föremål och hur detta kan påverka förhållande i ett angränsande utrymme. Att fokus ligger på olika steg av ett brandförlopp är en slyka eftersom det ger en bredd till den totala analysen.

Det är inte möjligt att utifrån de tre studerade scenarierna lyfta fram några allmängiltiga faktorer som medför att små bränder blir stora. Som framgår av resultatet från de tre scenarierna så är det ett flertal faktorer för varje scenario som kan sägas vara bidragande till att vissa bränder blir storbränder.

När det gäller de första stegen, d.v.s. övergången mellan brand i ett föremål till brand i ett rum och vidare till nästa rum så ger scenario 3 en bild av vad som styr detta. Resultaten från scenario 3 är tillämpade på kärnkraftverk men skulle likväl kunna användas för andra typer av byggnader där geometrin överensstämmer. Korrelationen som tagits fram i scenario 3 visar att storleken på branden är viktigast för brandgastemperaturen i angränsande utrymme. Storleken på branden styrs av vad som brinner, tillgänglig brandbelastning och ventilationsförhållandena.

När det gäller övergången till brand i flera rum eller i flera brandceller kommer byggnadstypen och konstruktionen att vara viktigare. De två fall som studerats, skolbränder och vindsbränder, visar detta tydligt. De mest omfattande skolbränderna inträffar i enplansbyggnader där brand kan spridas upp längs fasaden och in på byggnadens vind. Det finns tre grundfaktorer till varför en vindsbrand i en skolbyggnad kan bli omfattande. För det första finns det i regel mycket brännbart material på vinden eller i konstruktionen i t.ex. råspont. För det andra saknas brandcellsgränser eller så är de undermåliga och för det tredje tar lång tid för någon att bli varse branden. Dessa faktorer är de samma för vindsbränder i flerbostadshus, skillnaden mellan byggnadstyperna ligger i hur branden uppkommer och sprids till vinden.

Det är tämligen intuitivt hur dessa grundfaktorer kan påverkas för att reducera antalet omfattande bränder på vindar. Begränsning av brännbart material och utökad brandcellsindelning är åtgärder för de två förstnämnda grundfaktorerna. Detektionssystem kan användas för att erhålla en tidig detektion och på så sätt ge möjlighet för personer eller räddningstjänst att agera och förhindra. I skolbyggnader kan t.ex. värmekablar, rökdetektorer på vinden eller termosensorer användas.

Tidigare erfarenheter har bekräftats då det framkommit ur flera av de studerade brandutredningarna att vindar är en sårbar konstruktion och att brandcellsindelning på vindar är problematiskt. Eftersom vindar är en sårbar konstruktion ur ett brandtekniskt perspektiv är det lämpligt att utforma brandskyddet så att brandspridning till vinden undviks. Det kan göras genom att använda tekniska lösningar som t.ex. obrännbara täta takfötter eller svällande ventiler i stället för vanliga ventilationsöppningar. Dessa typer av tekniska lösningar kommer förmodligen bli vanligare vid nybyggnation och ombyggnad framöver eftersom det numera, efter Boverkets revidering 2010-2011, framgår tydligt i byggregler att risken för brandspridning till vind via takfot måste begränsas i alla byggnader där brandcellsgräns finns i vindsbjälklaget. Vilken lösning som används i en byggnad beror på konstruktionen och byggnadens arkitektur och det är därför inte rimligt att ge generella rekommendationer för vilken lösning som ska användas.

8 Fortsatt arbete

I samband med detta projekt har ett antal områden identifierats där det bedöms finnas ett behov för fortsatt arbete.

Metodiken som tagits fram under detta projekt kan användas i ytterligare studier av bränder i andra byggnadstyper för att komplettera den bild som ges i denna rapport varför vissa små bränder blir stora. I detta projekt har rumsbränder varit i fokus men metodiken skulle även kunna användas för bränder i konstruktioner och nya material. I föreliggande rapport har rumsbränder varit det huvudsakliga studie objektet. Bränder i konstruktioner följer dock inte samma modell (startföremål, brand i startutrymme o.s.v.) det hade därför varit intressant att med hjälp av den framtagna metodiken ta fram en liknande modell för bränder i konstruktioner för att på så sätt få ett underlag för att identifiera åtgärder.

Ett annat område relaterat till projektet omfattar bättre beslutsunderlag för investering i brandskydd. I det pågående forskningsprojektet om tekniska system för att förebygga och begränsa konsekvenserna av anlagd brand genomförs kostnads-nytta analyser för de tekniska åtgärder som föreslagits i projektet (Johansson et al, 2012). Liknande analyser bör genomföras för andra objekt där den framtagna metodiken används för att ge bättre underlag om vilka brandskyddsinvesteringar som är lämpliga och kostnadseffektiva.

9 Referenser

- Andersson, Hans. (1997). Anlagd brand. Trender för Stockholm och riket. Brandforskprojekt 119-951 Brandforsk.
- Andersson, Petra (2009) Fire Event Trees Construction Based on OECD Fire Database. NBSG Rapport 2009:008 Borås: SP Technical Research Institute of Sweden.
- Blomqvist, Per & Johansson, Henrik. (2008). Brandstatistik – vad vet vi om anlagd brand. SP Rapport 2008:48. Borås: Sveriges tekniska forskningsinstitut.
- Boverket. (2008). Boverket informerar om vindsbränder i radhus och flerbostadshus. (Utgivning 2008:4). Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2009). Så mår våra hus. Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m. ISBN: 978-91-86342-28-9. Karlskrona: Boverket internt/extern tryckeri.
- Edvardsson, Göran & Gelotte, Åsa (2012) Fallstudie av allvarliga dödsbränder - En undersökning av bostadsbränder där två eller fler människor omkommer, Rapport 5375. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- IAEA, (2004). Protection against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants. No. NS-G-1.7. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Johansson, Nils & van Hees, Patrick (2010). En studie av vindsbränder utifrån statistik och brandutredningar. Rapport 3152. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Johansson, Nils & van Hees, Patrick (2012). En metodik för att utvärdera brandskadescenario på kärnkraftverk. Rapport 3158. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Johansson, Nils, van Hees, Patrick & Särndkvist, Stefan (2012). "Combining Statistics and Case Studies to Identify and Understand Deficiencies in Fire Protection". Fire Technology. DOI: 10.1007/s10694-012-0255-z
- Johansson, Nils, van Hees, Patrick, Simonsson, Margaret, Strömgren, Michael. (2012). A Cost-Benefit Analysis of Fire Protection Systems Designed to Protect Against Exterior Arson Fires in Schools. 9th International Conference on Performance Based Codes and Fire Safety Design Methods, Hong Kong.
- Lavesson, Kristian. (1992). Takbrand – problem och lösningar. Karlstad: Statens Räddningsverk.
- Magnusson, Tommy (2011). Fire in the Containment During Pressure Test Causing Great Damage at Ringhals NPP. Presentation på SMIRT 21, 12th International Pre-Conference Seminar on Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, München, 2011.
- Myndigheten för samhällsnydd och beredskap. (2009). Hyreshus total skadat – förhastat beslut att låsta vinden brinna av. Tjugofyra 7, nr. 4.
- Simonson, Margaret (2007) Anlagd brand – ett stort samhällsproblem. SP Rapport 2007:21. Borås: Sveriges tekniska forskningsinstitut.

Särdqvist, Stefan (2000), Demand for extinguishing media in Manual Fire Fighting, Ph.D.Thesis, Report Lund, ISRN LUTVDG/TVBB-1021-SE

Särdqvist, Stefan, Holmstedt, Göran (2000), "Correlation Between Firefighting Operation and FireArea: Analysis of Statistics", Fire Technology 36:2,109-130

Trädgårdh, Frans (2010). Radhusbränder – varför de dödar och växer sig stora. Rapport 5341. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Van Hees, Patrick. (2008). Varför blir små bränder stora? Projektplan. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Van Hees, Patrick & Johansson, Nils. (2010). Fallstudier – Vilka tekniska faktorer spelar roll vid anlagda bränder i skolor. (Rapport 3148). Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Yin Robert K. (2003) Case study research. Design and methods, 3rd edn. Sage, London.

Elektroniska resurser

IBM (2012). *IBM SPSS Software*. Tillgänglig:
<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/> (2012-11-09)

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (2012). *Databas: Indikationer Data och Analys (IDA)*. Tillgänglig: <http://ida.msb.se/> (2012-05-24)

Malmös kommunala Bostäder (2008). *Återinflyttning till Potatisåkern*. Tillgänglig:
<http://www.mkbfastighet.se/templates/NewsPage.aspx?id=82301&nid=119427> (2010-05-14)

Svenska Brandskyddsföreningen (2006). Brandskadeåret 2005. Tillgänglig:
http://www.brandskyddsforeningen.se/press/statistik/brandskadestatistik_2010 (2012-05-25)

Svenska Brandskyddsföreningen (2010). Brandskadeåret 2009. Tillgänglig:
http://www.brandskyddsforeningen.se/press/statistik/brandskadestatistik_2010 (2012-05-25)