



Brandsäkerhet för byggnader med kulturvärden – En kunskapsöversikt



Arbetsgruppen

Tor Broström, Uppsala universitet, Campus Gotland (projektledare)

Linda Lindblad, Göteborgs universitet

Margareth McNamee, Lunds tekniska högskola

Tove Raquette, Lunds tekniska högskola

Michael Försth, Luleå tekniska universitet

Joakim Sandström, Luleå tekniska universitet, Brandskyddslaget

Magnus Arvidson, RISE, Brandteknik

Robert Mcnamee, RISE, Brandteknik

Anne Steen-Hansen, RISE Fire Research AS

Susanna Carlsten, Uppsala universitet, Campus Gotland

Styrgruppen

Mattias Delin, Brandforsk (ordförande)

Thomas Johansson, Akademiska hus

Thomas Jennlinger, Akademiska hus

Ingela Andersson, Fortifikationsverket

Per Höglund, Fortifikationsverket

Johanna Gund, Kammarkollegiet

Eleonor Storm, Kammarkollegiet

Anders Engström, Kyrkans försäkring

Joakim Lindqvist, Kyrkans försäkring

Erika Hedhammar, Riksantikvarieämbetet

Camilla Altahr-Cederberg, Riksantikvarieämbetet

Johan Hanberger, Statens fastighetsverk

Bildkällor:

Omslaget

Bild 1, Leif Ygbrant., bild 2 Okänd fotograf CCBY SA 4.0

bild 3 GodefroyParis CCBY SA 4.0, bild 4, Ulf Bruxe /Riksantikvarieämbetet CC,
bild 5 Erika Hedhammar CCBY, bild 6, Vicki Wenander, bild 7 Leif Ygbrant

Kapitel 1: bild 1 Martinvl CCBY SA 4.0, bild 2 & 3 Ulf Bruxe /Riksantikvarieämbetet
CCBY SA 2.5

Kapitel 2: bild LEVRIER Guillaume CCBY SA 4.0

Kapitel 3: bild 1, Holger Ellgaard CCBY SA 4.0, bild 2, Erika Hedmammar CCBY,
bild 3 Magnus Arvidsson

Kapitel 4: bild 1 Magnus Arvidsson, bild 2 Leif Ygbrant, bild 3 Magnus Arvidsson

Kapitel 5: bild 1 Dwkaminski CCBY SA 4.0, bild 2 & 3 Tor Broström

Kapitel 6: bilder 1, 2 & 3 Erika Hedhammar CCBY

Kapitel 7: bild 1, Cstroucken CCBY SA 4.0, bild 2 Erika Hedhammar CCBY,
bild 3 Vicki Wenander

Kapitel 8: bild 1 Erika Hedhammar CCBY, bild 2 Keith D CCBY SA 3.0,
bild 3 Susanna Carlsten



Förord

I vårt arbete med utveckling och spridning av kunskap om brandsäkerhet ser vi tydligt behovet av aktiva kunskapsbärare, levande forskningsmiljöer, tvärvetenskaplig samverkan och kommunikation av praktisk kunskap till tillämpare. Kunskap behöver människor och det här arbetet syftar till att gynna välgörande tillämpning av befintlig kunskap inom ämnet och användbar utveckling av ny. ”*Det handlar om byggnader som har sådana värden och egenskaper att det påverkar brandsäkerhetsarbetet*” står det i rapporten, men det handlar också om människor med olika egenskaper som hjälps åt. Brandforsk initierade det här projektet tillsammans med Akademiska hus, Fortifikationsverket, Kammarkollegiet, Kyrkans försäkring, Riksantikvarieämbetet och Statens fastighetsverk. Kunniga forskare från Göteborgs universitet, Lunds universitet, Luleå tekniska universitet, RISE och Uppsala universitet tog sig an en stor uppgift, och projektet har biståtts av en mycket stor och bred referensgrupp.

Vi önskar er intressant och användbar läsning, och goda samarbeten för ett vårdande och brandsäkert bevarande av vårt kulturarv.

Mattias Delin
Forskningsdirektör
Insamlingsstiftelsen Brandforsk
November 2021

Läsanvisning

Den här rapporten vänder sig till yrkespersoner som i olika roller arbetar med frågor som rör brandsäkerhet i byggnader med kulturvärden. Tanken är att, som ett första steg, sammanställa den kunskap som finns dokumenterad och kvalitetssäkrad i skriftliga källor. Helt säkert finns ytterligare skriftliga källor och det finns en betydande kunskap och erfarenhet inom detta område som (ännu) inte är dokumenterad.

Det är författarnas ambition att rapporten ska förmedla användbar information, men den är inte tänkt som en handbok. Rapportens olika delar speglar det tillgängliga materialet och får på så vis olika längd och grader av konkretion.

Rapporten bygger delvis på internationell litteratur. I de fall som praxis och bestämmelser i andra länder refereras ska det ses som ett bidrag till kunskapsmassan, men inte som rekommendationer vilka med automatik kan överföras till svenska förhållanden.

För de personer och organisationer som på olika sätt, arbetar med kunskapsutveckling beskriver rapporten ett behov av forskning och utveckling utifrån en jämförelse mellan behovsbilden och kunskapssammanställningen.

Rapportens inledning, kapitel 1, ger en bakgrund till och mål för kunskapssammanställningen. Grundläggande begrepp förklaras och det ges en sammanställning av relevanta lagar och bestämmelser.

Kunskapssammanställningen, kapitel 2–7, är skriven som en antologi med sex underkapitel:

2. Skydd mot brands uppkomst
3. Spridning av brand inom byggnad
4. Spridning av brand till byggnad
5. Brandens påverkan på byggnadens stomme
6. Utrymning
7. Räddningstjänstens insats

I kapitel 8 ges en sammanställning av de workshops som har genomförts för att beskriva behovsbilden inom detta område. Behovsbilden jämförs med kunskapssammanställningen i en GAP-analys, vilket leder till förslag på fortsatta arbeten.

Sammanfattning

Arbetet med brandsäkerhet för byggnader med kulturvärden kräver anpassade lösningar som också kan tillgodose ett bevarande av byggnaderna och deras kulturvärden. Det finns, utspjitt, mycket kunskap och erfarenhet inom det här området både i Sverige och internationellt. För att tillgodose ett behov av samlad kunskap inom detta område initierade Brandforsk en kunskapsöversikt tillsammans med Akademiska hus, Fortifikationsverket, Kammarkollegiet, Kyrkans försäkring, Riksantikvarieämbetet och Statens fastighetsverk. Den här kunskapsöversikten syftar till att sammanställa och presentera den kunskap som finns. Ett kompletterande syfte är att definiera områden där kunskap saknas. Kunskapsöversikten är indelad i sex områden:

2. Skydd mot brands uppkomst
3. Spridning av brand inom byggnad
4. Spridning av brand till byggnad
5. Brandens påverkan på byggnadens stomme
6. Utrymning
7. Räddningstjänstens insats

Med utgångspunkt från workshops har en sammanställning av behovsbilden gjorts. Kunskapsöversikten och behovsbilden ligger till grund för en gap-analys vilken pekar på behov av fortsatt forskning och utveckling.

Abstract

Working with fire safety in historic buildings requires adapted solutions that can also satisfy the preservation of the buildings and their cultural values. There is a lot of knowledge and experience in this area both in Sweden and internationally. In order to make this available to end users, Brandforsk initiated a literature review together with a group of national sponsors. This literature review aims to compile and present the documented knowledge in the field. A complementary purpose is to define knowledge gaps. The review is divided into six areas:

- Fire prevention
- Fire spread within buildings
- Fire spread between structures
- Structural fire resistance
- Evacuation
- Fire and rescue service activities

Based on workshops the needs of end users have been compiled. A comparison of the outcome of the review and the end user needs defines a knowledge gap pointing to the need for continued research and development.

Innehåll

Förord

Läsanvisning

Sammanfattning

Abstract

Mattias Delin, Tor Broström

1 Inledning

Tor Broström, Mattias Delin

2 Skydd mot brands uppkomst

Margaret McNamee, Tove Raquette, Susanna Carlsten

3 Spridning av brand inom byggnad

Magnus Arvidson, Linda Lindblad, Robert McNamee

4 Spridning av brand till byggnad

Michael Försth, Susanna Carlsten, Anne Steen-Hansen, Joakim Sandström

5 Brandens påverkan på byggnadens stomme

Joakim Sandström, Susanna Carlsten

6 Utrymning

Tove Raquette, Susanna Carlsten, Margaret McNamee

7 Räddningstjänstens insats

Linda Lindblad, Tove Raquette, Margaret McNamee

8 Lägesbild

Mattias Delin, Tor Broström

1. Inledning

Tor Broström, Mattias Delin



1 Innehåll

2	Bakgrund.....	2
3	Syfte och mål	2
4	Omfattning och avgränsningar	3
5	Organisation	3
6	Genomförande	4
7	Byggnader med kulturvärden	5
8	Lagskydd	6
8.1	Plan- och bygglagen (PBL).....	6
8.2	Kulturmiljölagen (KML)	7
8.3	Förordning om statliga byggnadsminnen (2013:558).....	7
8.4	Boverkets byggregler om brandskydd	7
9	Begreppsförklaringar	8
10	Referenser	9

2 Bakgrund

I Sverige finns många byggnader som är värdefulla ur ett kulturhistoriskt perspektiv och i många av dessa byggnader finns det även kulturhistoriskt värdefulla interiörer och föremål. Dessa byggnader är ofta byggda under en tid då det inte fanns lika mycket kunskap och tekniska lösningar för att skapa ett byggnadstekniskt brandskydd som minskar risken för skador på människor och egendom i händelse av brand. Erfarenheter från inträffade bränder visar att skadorna på egendom har blivit allvarliga. Personsäkerhetsfrågorna möter ofta utmaningar även om skadehistoriken lyckligtvis inte är lika allvarlig. Inte sällan ställs dessa frågor emot varandra i brist på fungerande samverkande lösningar. För framtidssäkring av dessa byggnader, inklusive en personsäker användning av dem, behöver ämnet uppmärksamhet och utveckling.

Då konstruktionen och byggnaden i sig är värdefulla att bevara behöver de brandsäkerhet samtidigt som det inte alltid är möjligt att genomföra vilka säkerhetshöjande åtgärder som helst, utan det finns ofta behov av anpassade lösningar för att skapa bättre brandsäkerhet än den befintliga. Under åren har det samlats kunskap och erfarenhet kring detta men det saknas en uppdaterad sammanställning över den befintliga kunskapen. En sådan kunskapsöversikt är viktig för att den befintliga kunskapen kring brandsäkerhet i byggnader med kulturvärden ska bli tillgänglig samt för att kunna kartlägga områden där kunskap saknas.

3 Syfte och mål

Syftet med projektet var att kartlägga befintlig kunskap, inom Sverige och internationellt, när det gäller hur aktuella byggnader och dess användare, kan skyddas med avseende på brand med hänsyn tagen till det kulturhistoriska värdet och de avvägningar det innebär. Kartläggningen syftar även till att skapa ett underlag som kan ligga till grund för att identifiera om det finns kunskapsluckor som kräver framtida kunskapsutveckling inom området.

Målet för projektet är att kartläggningen ska resultera i att:

- Det finns en kunskapsöversikt ämnad för yrkesverksamma inom antingen brandsäkerhet eller byggnader med kulturvärden. Kunskapsöversikten ska kortfattat beskriva vad som är gjort inom respektive område och redovisa referenser som ger läsaren möjlighet till fortsatt läsning och fördjupning.
- Det med hjälp av kunskapsöversikten ska gå att identifiera eventuella behov av framtida satsningar på området.
- Människor och institutioner som på sikt kan bidra till att öka den tillgängliga kunskapen på området sammanförs och delar med sig av sina respektive kunskaper och erfarenheter till varandra.
- Förståelsen mellan olika intressen såsom brandsäkerhet och kulturvård främjas, så att brandsäkerhet kan uppnås inom ramen för gemensam hänsyn.
- Kunskapsöversikten ska kunna bidra till att främja att bättre beställningar och effektivare arbete för utformning av brandskyddet kan genomföras av ägare och nyttjanderättshavare.

4 Omfattning och avgränsningar

Projektet har omfattat att kartlägga befintlig kunskap kring brandsäkerhet för byggnader med kulturvärden kopplat till förvaltning av byggnaderna samt vid pågående byggnadsarbeten. Brandsäkerhet kan uppnås på fler sätt än via tekniskt brandskydd, exempelvis via organisatoriska åtgärder eller via begränsningar i byggnadens användning. Även lämplig hantering vid inträffad brand är av vikt, såsom släckinsats av personal, räddningstjänstens insats och evakuering av föremål.

Arbetet har avgränsats till att:

- Byggnader som har sådana kulturvärden och tekniska egenskaper att brandsäkerhetsarbetet kräver annorlunda överväganden och åtgärder jämfört med byggnadsbeståndet i stort.
- Fokusera på det som är specifikt för byggnader med kulturvärden och bara ta med sådant som gäller byggnader generellt då det krävs för att förstå ett sammanhang.
- Byggnadens brandsäkerhet står i centrum, inklusive brandsäkerhetens påverkan på byggnad, utrymning och insats. Inredning och föremål som förvaras i byggnaderna ingår inte, men berörs i koppling till frågor om byggnadens brandsäkerhet.
- Restvärderäddning och återuppbyggnad berörs men är inte primärt i fokus för denna studie.
- Inte definiera vad som är "tillräckligt bra brandsäkerhet", eller "skäligt brandskydd"

5 Organisation

Projektet har letts av en styrgrupp bestående av finansiärerna:

- Mattias Delin, Brandforsk (ordförande)
- Thomas Johansson, Akademiska hus
- Thomas Jennlinger, Akademiska hus
- Ingela Andersson, Fortifikationsverket
- Per Höglund, Fortifikationsverket
- Johanna Gund, Kammarkollegiet
- Eleonor Storm, Kammarkollegiet
- Anders Engström, Kyrkans försäkring
- Joakim Lindqvist, Kyrkans försäkring
- Erika Hedhammar, Riksantikvarieämbetet
- Camilla Altahr-Cederberg, Riksantikvarieämbetet
- Johan Hanberger, Statens fastighetsverk

Arbetsgruppen som genomfört kunskapssammanställningen har bestått av följande personer:

- Tor Broström, Uppsala universitet, Campus Gotland, Konstvetenskapliga institutionen (projektledare)
- Linda Lindblad, Göteborgs universitet, Hantverkslaboratoriet, Institutionen för kulturvård
- Margareth McNamee, Lunds tekniska högskola, Avdelningen för brandteknik
- Tove Raquette, Lunds tekniska högskola, Avdelningen för brandteknik
- Michael Försth, Luleå tekniska universitet, Byggkonstruktion och brand
- Joakim Sandström, Luleå tekniska universitet, Byggkonstruktion och brand/Brandskyddslaget
- Magnus Arvidson, RISE, Brandskydd
- Robert McNamee, RISE, Brandteknik
- Anne Steen-Hansen, RISE Fire Research AS
- Susanna Carlsten, Uppsala universitet, Campus Gotland, Konstvetenskapliga institutionen

Brandförsäkringsverkets stiftelse för bebyggelsehistorisk forskning har även bidragit till medfinansiering för en del av arbetsgruppen.

Till projektet har också knutits en referensgrupp med ett fyrtiotal medverkande, (se näst sista sidan).

6 Genomförande

Styrgruppen tog fram en projektbeskrivning vilken definierade sex huvudområden för arbetet. Arbetsgruppen har organiserat sig efter denna indelning. I varje delgrupp finns minst en person med brandteknisk och en med antikvarisk kompetens.

	Kapitel	Brandteknisk kompetens	Antikvarisk kompetens
2	Skydd mot brands uppkomst	Margaret McNamee Tove Raquette	Susanna Carlsten
3	Spridning av brand inom byggnad	Magnus Arvidson Robert McNamee	Linda Lindblad
4	Spridning av brand till byggnad	Michael Försth Joakim Sandström Anne Steen-Hansen	Susanna Carlsten
5	Brandens påverkan på byggnadens stomme	Joakim Sandström	Susanna Carlsten
6	Utrymning	Margaret McNamee Tove Raquette	Susanna Carlsten
7	Räddningstjänstens insats	Margaret McNamee Tove Raquette	Linda Lindblad

Den huvudsakliga metoden har varit litteraturstudier med inriktning på kvalitetssäkrade rapporter och vetenskapliga artiklar. Av praktiska och tidsmässiga skäl har litteraturstudien inriktats främst på litteratur som är sökbar och tillgänglig on-line.

7 Byggnader med kulturvärden

Avgränsningen för denna kunskaps-sammanställning är, enligt uppdraget, "brandsäkerhet för byggnader med kulturvärden". Inom kulturvärden används även begreppet "kulturhistoriskt värdefulla byggnader". I rapporten används dessa begrepp synonymt.

Varsamhetskravet i Plan- och bygglagen (PBL) gäller alla byggnader utan undantag. Det innebär att risken för inverkan på **kulturvärden** måste beaktas vid ändringar i de flesta byggnader. En liten del av det svenska byggnadsbeståndet skyddas som byggnadsminnen och kyrkliga kulturminnen enligt Kulturmiljölagen (KML) samt Förordning (2013:558) om statliga byggnadsminnen, då som **kulturhistoriskt värdefulla**. Här är det ofta klart uttalat vilka begränsningar som gäller för förändringar. Samråd med berörda myndigheter, länsstyrelse eller kommun krävs i de flesta fall.

För att inte fastna i definitioner om vad som utgör en kulturhistoriskt värdefull byggnad gör vi för den här kunskapsöversikten en pragmatisk avgränsning: **Det handlar om byggnader som har sådana värden och egenskaper att det påverkar brandsäkerhetsarbetet**. Även om mycket av rapporten handlar om skyddade byggnader (se nedan om lagskydd) är den tillämpbar på ett mycket bredare omfång av byggnader med olika ålder, konstruktion och användning.

På nationell nivå är Riksantikvarieämbetet den myndighet som leder och stödjer kulturmiljöarbetet. Vägledningen *Fem pelare - en vägledning för god byggnadsvård* (Robertsson & Lierud, 2002) ger en bra introduktion till byggnadsvård och kulturvärden. Byggnadsvårdsprocessens fem pelare är: Kunskap, varsamhet, att förvalta, att förhålla sig till historien samt material och teknik. Vägledningen formulerar en övergripande princip för byggnadsvården:

Varje bebyggelsevårdande situation är unik, med många samspelande faktorer och förutsättningar. Den kräver sin egen speciella kunskapsuppbyggnad med analyser, bedömningar och ställningstaganden som måste tydliggöras, motiveras och dokumenteras.
(Robertsson & Lierud, 2002)

Det finns en rad internationella konventioner om kulturarv som ger förhållningsätt och riktlinjer av universell karaktär. Venedigdokumentet är ett internationellt policydokument för restaurering och kulturmiljövård (eng. *The Venice Charter*) (ICOMOS 1964). Här förespråkas att inte bara monument skulle anses vara kulturhistoriskt värdefulla utan också mer vardaglig bebyggelse och hela kulturmiljöer. Det fastslås att underhåll och användning ska utföras på den enskilda byggnadens villkor och kulturhistoriska värde. Man ska vara restriktiv med att utföra åtgärder och de ska alltid föregås av grundliga byggnadsarkeologiska undersökningar av byggnaden.

I Sverige gäller sedan 1991 *Konventionen för skydd av byggnadskulturarvet i Europa*, kallad Grenadakonventionen (eng. *Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe*) (Europarådet 1985, Utrikesdepartementet 1990). Det innebär att Sverige ska implementera konventionen i statens förvaltning för att bevara, skydda och vårda det byggda kulturarvet genom lagar, tillsyn, finansiering, undervisning, forskning och andra stödåtgärder.

8 Lagskydd

Kulturhistoriskt värdefulla byggnader har ett generellt skydd i både Plan- och bygglagen (PBL) och Kulturmiljölagen (KML). De kan också genom dessa lagrum, och genom Miljöbalken (MB), ha specifika skydd.

Exempel på generella skydd är:

- Kulturmiljöprogram/kulturhistorisk klassificering
- Inventeringar av kulturhistorisk bebyggelse

Exempel på specifika skydd är:

- Riksintresseområde (MB)
- Kultur- och/eller naturreservat (MB)
- Detaljplan eller områdesbestämmelser (varsamhets- och/eller skyddsbestämmelser, rivningsförbud) (PBL)
- Byggnadsminne (statliga, kyrkliga och privata) (KML)– skyddsföreskrifter för den enskilda byggnaden kan finnas upprättade.

8.1 Plan- och bygglagen (PBL)

Varsamhetskravet

I PBL 8 kap. 17 § finns ett generellt varsamhetskrav som gäller all bebyggelse (Boverket 2021a):

Ändring av en byggnad och flyttning av en byggnad ska utföras varsamt så att man tar hänsyn till byggnadens karaktärsdrag och tar till vara byggnadens tekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden.

Det kan påverka hur de tekniska egenskapskraven och utformningskraven ska tillämpas vid ändring av byggnad. För att varsamhetskravet ska kunna uppnås förordas av Boverket att det innan en förändring projekteras görs en förundersökning för att förstå byggnadens historiska sammanhang, tidigare användning och hur det genom byggnadens teknik, konstruktion och material idag går att avläsa i byggnaden (Boverket 2021b).

Förvanskningförbudet

PBL 8 kap. 13 § innehåller också ett förvanskningförbud:

En byggnad som är särskilt värdefull från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt får inte förvanskas.

Boverket har i sina allmänna råd utvecklat vad som kan anses vara en särskilt värdefull byggnad. Ett exempel från råden är :

Byggnader från tiden före 1920-talets bebyggelseexpansion, som har sin huvudsakliga karaktär bevarad, utgör idag en så begränsad del av byggnadsbeståndet att flertalet av dem kan antas uppfylla något av kriterierna för särskilt värdefull byggnad. (BFS 2016:6)

Brandskydd

PBL skriver mycket lite om brandskydd men anger i kap. 8, 4 § anger att en byggnad ska ha *säkerhet i händelse av brand*. Begreppet utvidgas i Plan och byggförordningen (PBF) i form av ett antal egenskapskrav avseende säkerhet i händelse av brand. Dessa återfinns i kap. 3, 8 §:

/.../ ett byggnadsverk [ska] vara projekterat och utfört på ett sådant sätt som innebär att

1. Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,
2. Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,
3. Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas,
4. Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och
5. Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand

Det är dessa egenskapskrav som ligger till grund för Boverkets byggregler (BBR) enligt det bemyndigande som ges i PBF.

8.2 Kulturmiljölagen (KML)

Den inledande paragrafen i kulturmiljölagen är:

Det är en nationell angelägenhet att skydda och vårda vår kulturmiljö. Ansvaret delas av alla. Såväl enskilda som myndigheter ska visa hänsyn och aktsamhet om kulturmiljön.

I KML återfinns skyddet för kyrkliga kulturminnen och byggnadsminnen. Den övergripande principen utgår från att byggnaderna och byggnadsmiljöerna ska vårdas och underhållas så att deras kulturhistoriska värden inte minskar och deras utseende och karaktär inte förvanskas. Det ska ske genom att de inte på något väsentligt sätt får ändras utan tillstånd från Länsstyrelsen (i vissa fall Riksantikvarieämbetet). (4 kap 1-2 §).

Länsstyrelsen är tillståndsmyndighet för byggnadsminnen (De flesta byggnadsminnen återfinns i Riksantikvarieämbetets bebyggelseregister.

8.3 Förordning om statliga byggnadsminnen (2013:558)

Statliga byggnadsminnen regleras av förordning 2013:558 där Riksantikvarieämbetet är tillsynsmyndighet. Riksantikvarieämbetet (2020) har tagit fram en vägledning om hur förordningen ska tillämpas med syfte att processen kring tillståndsprövning blir tydligare och enklare vilket ska leda till ökad samverkan mellan berörda parter samt att de kulturhistoriska värdena blir väl omhändertagna.

8.4 Boverkets byggregler om brandskydd

Boverkets byggregler (BBR) i sin nuvarande version har varit gällande sedan 2012 och i sin ursprungliga version sedan 1994. Före detta gällde BABS, SBN och NR i olika perioder från 1946 och framåt. Dessa regelverk är, förutom krav vid nybyggnation också vägledande för vad som kan anses vara det skäligen brandskydd som ska upprätthållas med respektive verksamhets systematiska brandskyddsarbete enligt Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) och allmänna råd om systematiskt brandskyddsarbete, SRVFS 2004:3.

Som komplement till BBR reglerar Boverket bärande konstruktioner i EKS. I EKS finns krav vid ändring av byggnader. Där står bland annat om varsamhetskrav och förbud mot förvanskning och att det därmed kan krävas anpassning av säkerhetsnivån. Anpassningen får dock inte medföra en oacceptabel risk.

Boverkets byggregler ska tillämpas vid nyproduktion och ändring av befintlig byggnad (Boverket 2021c). Vid ändring av befintlig byggnad ska kravnivån sättas i relation till bland annat varsamhet och förbudet mot förvanskning. Hänsyn till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar kan också tas.

Boverkets byggregler om brandskydd utgår från ett klassificeringssystem utifrån en bedömning av troligt brandförlopp och så kallade *byggnadsklasser* och *verksamhetsklasser* baserat på hur känd (och

kapabel) den som vistas i en miljö kan väntas vara vid en utrymningsituation. Båda klassificeringarna utgår alltså från den befintliga byggnaden respektive pågående typ av verksamhet. Alla krav och dimensioneringar av brandskyddet utgår från detta. Kulturbyggnader återfinns inom alla byggnadsklasser och verksamhetsklasser.

9 Begreppsförklaringar

Aktiva brandskyddssystem: Aktivt brandskydd aktiverar vid behov till följd av till exempel rökdetektion eller värmepåverkan. Aktivt brandskydd omfattar bland annat sprinklersystem, automatiska dörrstängare, nödbelysning och brandgasventilation.

Brandbelastning: Brandbelastning är ett mått på den energi som kan utvecklas vid en brand inom ett visst utrymme, anges ofta som MJ/m².

Frankörningsskort: Instruktioner för att underlätta orientering i samband med insats vid komplexa byggnader eller anläggningar. Kan även innehålla information om hur man hittar till anläggningar som finns placerade utanför stadsmiljön.

Insatsplanering: Den planering som räddningstjänsten eller byggnadens ägare eller förvaltare gör inför olika olycksscenarier.

Förberedelsetid: Den tid som krävs för att en person ska påbörja sin utrymning. Det kan handla om tid för att samla sina saker eller sällskap, tid för att undersöka vad larmningen innebär m.m.

LSO: Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor som syftar till bereda människors liv och hälsa samt egendom och miljö ett likvärdigt skydd mot olyckor.

Katastrofplan: En katastrofplan innehåller information som syftar till att begränsa konsekvenserna av en brand eller andra katastrofer.

Kulturvärde: En sammanfattande benämning för vad som i den fysiska miljön bedöms som värdefullt ur kulturhistoriskt, estetiskt och socialt hänseende.

Passiva brandskyddssystem: Passivt brandskydd är skydd som alltid är på plats och omfattar bland annat brandcellsindelning, bärförmåga vid brand, ytskiktsskav, utrymningsvägar och möjlighet till räddningsinsatser.

Restvärderäddning: Arbetet som förknippas med att rädda stor del av värdet i byggnaden och inredningen. Det omfattar både förberedande och efterställande arbete.

Restvärdeplaner: Planer som innehåller aktiviteter särskilt riktade mot att rädda värde i byggnader och inredning utsatt för olika typer av risker, t.ex. vatten- eller brandskador.

Risk- och sårbarhetsanalys: Samlingsbegrepp för flera riskbaserade metoder för att förstå vilka risker det finns kopplade till en viss byggnad som input till det systematiska brandskyddsarbetet.

Räddningstjänst: Båda den tjänst som kommunen erbjuder för att skydda människor, egendom och miljön mot olyckor samt benämningen på den kommunala organisation som erbjuder denna tjänst.

Systematiskt brandskyddsarbete (SBA): En kombination av organisatoriska och tekniska åtgärder för att förbättra brandskyddet i en byggnad eller anläggning över tid.

Varseblivning: Upptäckt, detektion och larmning kopplat till en incident som kräver att de som vistas i byggnaden bör utrymma den.

Övertändning: När branden övergår från att pågå lokalt i en del av ett rum, till att alla brännbara ytor i rummet brinner

10 Referenser

Europarådet (1985) *Grenadakonventionen. Konventionen för skydd av byggnadskulturarvet i Europa*

Génétay, C. & Lindberg, U. (2014). *Plattform Kulturhistorisk värdering och urval [Elektronisk resurs]* :

ICOMOS (1964) Venice charter. International Council on Monuments and Sites, Paris, France

Riksantikvarieämbetet (2014). Vägledning för tillämpning av kulturminneslagen, kyrkliga kulturminnen, 4 kap. 1-18 §§.

Riksantikvarieämbetet (2020) Vägledning om tillämpning av förordningen om statliga byggnadsminnen

Robertsson, S., & Lierud, P. (2002). *Fem pelare—En vägledning för god byggnadsvård*. Riksantikvarieämbetet.

Utrikesdepartementet (1990) Sveriges internationella överenskommelser med främmande makter, Nr 46, ISSN 0284-1967, SÖ 1990:46

Digitala källor

Boverket (15 september 2021a) Kunskapsbank. Allmänt om kulturvården i plan- och bygglagen:

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/kulturvarden/kulturvarden-i-plan-och-bygglagen/krav-pa-byggnadsverk-och-tomter/varsamhetskravet/>

Boverket (15 september 2021b) Kunskapsbank. Kulturvården i teori och praktik.

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/kulturvarden/kulturvarden-i-teori-och-praktik/varsamhet-och-byggnadsvard/varsamhet-i-praktiken/>

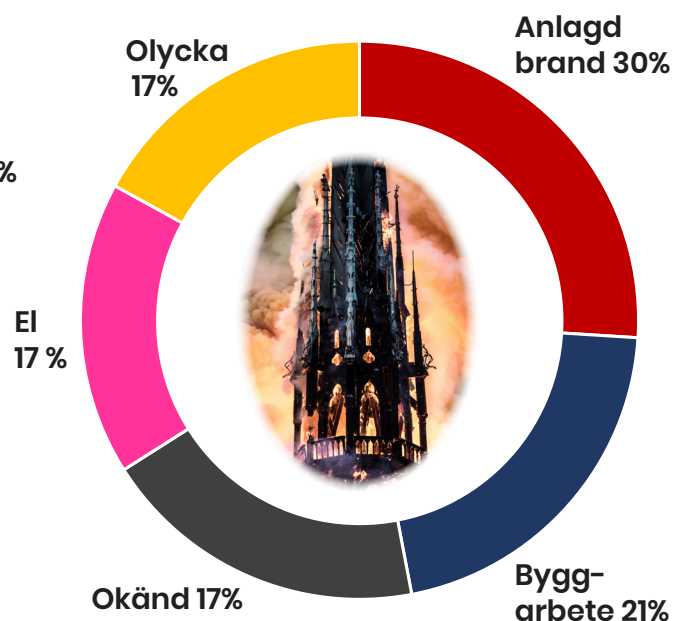
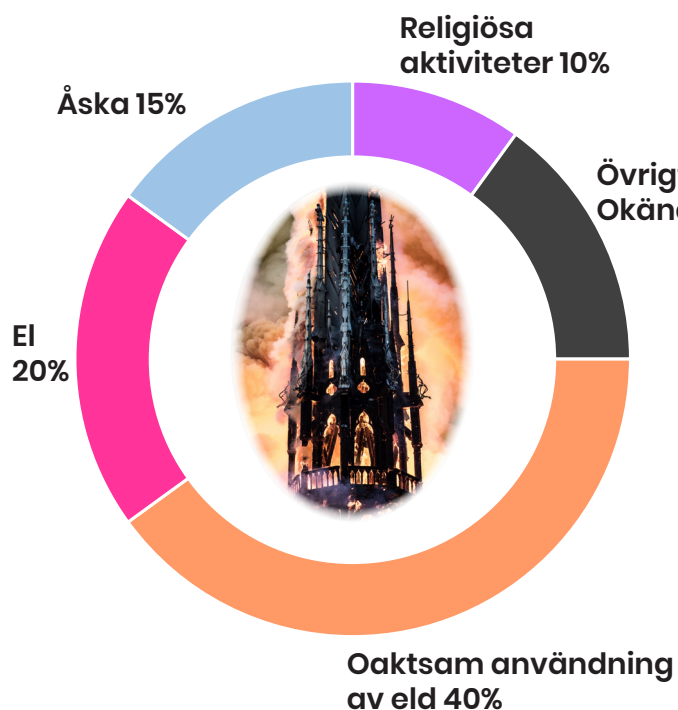
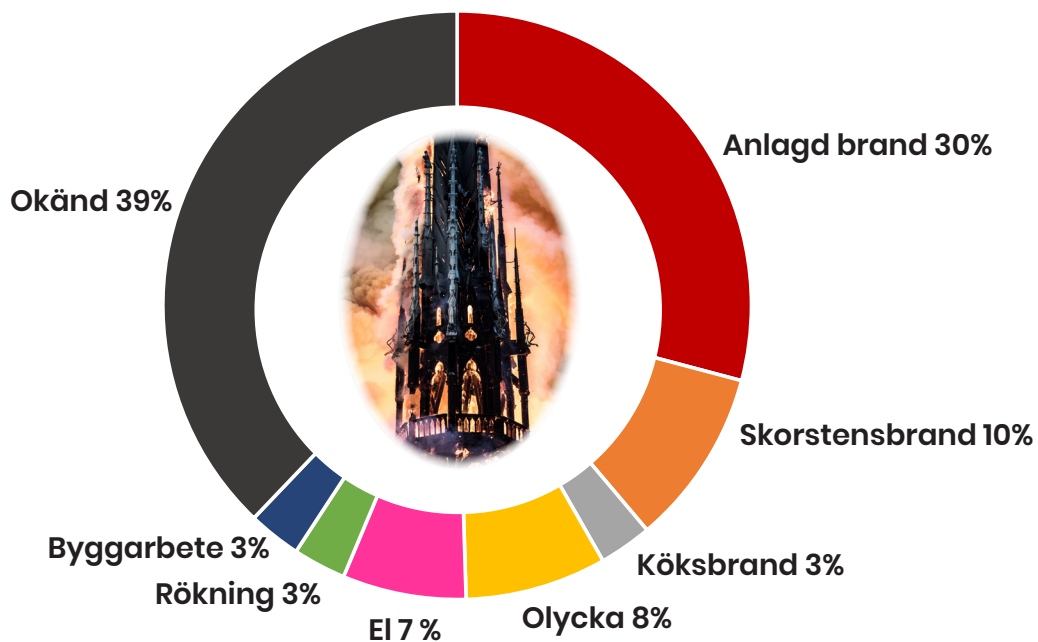
Boverket (25 februari 2021c) Krav på säkerhet i händelse av brand. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/>

Riksantikvarieämbetet

Vägledning om tillämpning av förordningen om statliga byggnadsminnen (diva-portal.org)

2. Skydd mot brands uppkomst

Margaret McNamee, Tove Raquette, Susanna Carlsten



Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	2
1 Inledning	3
2 Riskbild.....	3
3 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA)	5
3.1 Inledning	5
3.2 Risk- och sårbarhetsanalys samt optimering av brandskydd.....	6
3.3 Implementering och rutiner kring organisatoriska åtgärder	7
3.4 Tekniska åtgärder.....	9
4 Katastrofplanering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	9
5 Anlagd brand	12
5.1 Vad kan vi lära av statistiken?	12
5.2 Preventiva åtgärder mot anlagd brand.....	13
6 Referenser	15

Sammanfattning

Förebyggande arbete är en förutsättning för att undvika att en brand skadar en byggnad. Det finns flera angreppssätt för att minska sannolikheten att brand uppstår. De bygger alla på förståelse av brandens uppkomst. Detta kapitel beskriver olika organisatoriska och tekniska åtgärder för att förhindra brands uppkomst, bl.a. metoder för att genomföra riskanalys i byggnader med kulturvärden, betydelse av systematiskt brandskyddsarbete och katastrofplanering. Kapitlet hanterar även hur vissa särskilt vanliga brandorsaker (ex. anlagd brand och elbrand) kan förebyggas.

Flera forskare och kulturvårdsorganisationer pekar på att systematiskt brandskyddsarbete och olika preventiva åtgärder behöver prioriteras för att skydda byggnader med kulturvärden. Det finns många handböcker och forskningspublikationer som kan hjälpa till i det arbetet. En nyckelfaktor för ett lyckat systematiskt brandskyddsarbete, som lyfts fram i de flesta publikationer, är *samverkan*.

Brist på systematiskt insamlad och komplett data i många länder (inkl. Sverige) gör att statistiken om bränder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader inte är helt tillförlitlig. Därmed kan förståelsen för riskbilden också behöva utvecklas. Ser man istället till enskilda fall finns det publicerad kunskap som går att dra viktiga lärdomar från.

Detta kapitel handlar om skydd mot brands uppkomst i byggnader med kulturvärden.

Kunskapssammanställningen gör inte anspråk att beskriva all den kunskap och erfarenhet som finns inom detta område, utan omfattar endast sådana källor där forskning, erfarenheter från försök eller tillämpning med koppling till brandskydd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader har hittats.

Generellt finns mycket kunskap och erfarenhet vad gäller brands uppkomst i allmänhet, men det som rör byggnader med kulturvärden är mer begränsat.

Varje referens har kortfattat sammanfattats och för mer information hänvisas till källan. Kapitlet omfattar:

- Riskbild
- Systematiskt brandskyddsarbete
- Katastrofplanering
- Anlagd brand

1 Inledning

En grundpelare i bevarandet av kulturhistoriskt värdefulla byggnader är att skydda dem mot uppkomst av brand (Bakas et al., 2020). Det finns dock en risk att installationer för brandskydd förändrar byggnaders karaktär och skadar kulturvärden. Särskild hänsyn behöver därför tas i samband med utformning och installation av brandskyddet. Det är samtidigt en fråga om balans – även om brandskydd kan vara problematiskt i kulturhistoriskt värdefulla byggnader behöver vissa avkall ibland göras för att inte riskera att förlora hela byggnaden i en brand (Huang et al., 2009). Nedan beskrivs hur man kan arbeta för att förhindra uppkomsten av brand med hänsyn till de speciella förutsättningar som kulturhistoriskt värdefulla byggnader har.

2 Riskbild

För att förstå hur man ska skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader mot brand är det nödvändigt att först förstå de risker byggnaderna står inför. Det finns många olika orsaker bakom de bränder som uppstår i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Beroende på geografisk plats och studerad tidsperiod, kan orsakerna skilja sig åt eller förändras över tid (Huang et al., 2009). Det kan dels bero på att olika länder haft andra byggtekniker och sätt att arbeta med brandskydd, dels på att man gör kategoriindelningen mellan diverse brandorsaker på olika sätt (Maxwell et al., 2007, Pedersoli Jr, 2019).

I Storbritannien ser fördelningen av orsaker till bränder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader ut enligt följande: Okänt (39 %); anlagd brand (30 %); skorstensbrand (10 %); olycka (8 %); el (7 %); köksbrand (3 %); byggarbete (< 3 %); cigarett (< 3 %) (Kidd, 2010). Anlagd brand är en så pass stor risk att den beskrivs separat i detta kapitel (se 1.5). Kidd (2010) menar att det som sticker ut jämfört med bränder i andra byggnader i England är förekomsten av skorstensbrand.

Zheng-Yang and Liu (2013) beskriver de vanligaste brandorsakerna i kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Kina som: Oaktsam användning av eld (40 %); el (20 %); åska (15 %); religiösa aktiviteter (10 %). Blixtnedslag i samband med åska beskrivs närmare i kapitel 3 under naturfenomen.

I en studie över ett stort antal bränder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader runt om i världen presenterar Venegas Vásconez et al. (2021) följande fördelning av brandorsaker globalt: anlagd brand (26 %); byggarbete (21 %); okänt (19 %); el (17 %); olycka (17 %).

Kategoriindelningen kan ge en överblick över orsakerna och vad man bör rikta skyddsåtgärder mot, dock är det viktigt att ha i beaktande varje byggnads unika struktur och risker (Jokinen et al., 2004).

Brand i anslutning till skorsten, eldstad eller rökkanal uppstår ofta på grund av överhettning av byggnadsmaterial, att brännbart material har placerats för nära elden eller att det uppstår soteld som leder till överhettning och gnistbildning. Överhettning av skorstenen beror ofta på skador på rökgaskanalen som kan orsakas av för höga eller för låga rökgastemperaturer. Soteld uppstår istället av att sot bildas i rökkanalerna, vilket sedan antänds av gnistor eller överhettning. Vid soteld uppstår höga temperaturer som i sin tur kan orsaka skador på skorstenen och orsaka överhettning av intilliggande byggnadsmaterial (Fällman and Hansing, 1997).

Vad gäller el som orsak till brand i byggnader med kulturvärden kan det påpekas att de elektriska installationerna sällan är ursprungliga från byggnadens tillkomsttid utan har installerats för att möta nya behov som tillkommit genom åren (Venegas Vásconez et al., 2021). Bränder relaterade till el kan ofta kopplas till installationer som inte underhålls tillräckligt väl (Venegas Vásconez et al., 2021). Det finns även exempel då brännbart material varit placerat för nära elektrisk apparatur, exempelvis tror man att branden i Windsor Castle uppstod på grund av att en gardin var placerad för nära en spotlight

(Royal Collection Trust, 1992). Kulturhistoriskt värdefulla byggnader har dessutom ofta dåligt motstånd mot brand, med gammalt, nedbrutet och lättantändligt byggnadsmaterial (Mydin and Yen, 2014). Trä, som är vanligt i äldre byggnader, antänds exempelvis lättare om det är utsatt för röta eller insekter (Kidd et al., 1995). Tak av halm eller vass är ytterligare exempel på lättantändligt material som kan finnas i äldre byggnader, vilket kan antändas av gnistor från skorsten eller av värme från dåliga elledningar (Kidd et al., 1995).

En bakomliggande orsak till brand kan vara oklarheter kring vem som äger byggnaden och ansvarar för bevarandet av dess kulturhistoriska värden och brandskydd (Zheng-Yang and Liu, 2013). En annan bidragande faktor till att risken för brand ökar i en byggnad är verksamhetsförändringar i byggnaden, när kulturhistoriskt värdefulla byggnader blir turistattraktioner eller får en ändrad användning (Zheng-Yang and Liu, 2013). Sådana förändringar medför att det ursprungliga brandskyddet inte är anpassat för den nya verksamheten. Låg medvetenhet om brandsäkerhet hos ägare, eventuella hyresgäster, personal och besökande, samt låg standard på underhåll av byggnaden är ytterligare aspekter som ökar risken för brand (Mydin and Yen, 2014). I samband med renoveringsarbeten, som ofta är nödvändiga av ovan nämnda anledningar, ökar också risken för brand (Mydin and Yen, 2014). Den förhöjda risken som uppstår vid renoveringsarbeten beror ofta på att det under arbetena finns fler möjliga antändningskällor, exempelvis tillfällig belysning och heta arbeten (Historic England, 2017). Ytterligare risker kopplat till renovering är tillfällig förvaring av brännbart material och brist på försiktighetsåtgärder (Historic England, 2017). Vidare finns det, internationellt sett, få lagstadgade krav vad gäller brandskydd i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (Venegas Vásconez et al., 2021). Eftersom det finns en strävan efter att bevara byggnadens ursprungliga konstruktion och karaktär vill man ofta minimera visuell och fysisk inverkan av det tekniska brandskyddet, vilket i kombination med lagstadgade krav riskerar att resultera i ett brandskydd som inte är tillräckligt för byggnaden och dess verksamhet. Ett bristande brandskydd kan även härledas till ett instinktivt tankesätt bland byggnadsägare om att brand inte kommer inträffa i just den byggnaden (Bonazza et al., 2018). I sammanhanget kring renovering kan också nämnas att det finns fog för att påstå att en del anlagda bränder i historiska byggnader förekommer bl.a. som ett sätt att kringgå olika restriktioner kring ombyggnation eller utvecklingen av byggnaden (Kocsis, 2002). Mer information om motiv till att anlägga brand i kulturhistoriskt värdefulla byggnader finns beskrivit under senare del av kapitlet.

Samverkan ses som en nyckelfaktor för att lyckas med brandskydd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader (Prescott, 2011). Som skydd för kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Storbritannien har man därför utvecklat ett avtal om samförstånd gällande hur kulturarvsbrott förebyggs, undersöks och åtalas mellan English Heritage och polisiära myndigheter. Avtalet förtydligar bl.a. roller och ansvar gällande olika typer av kulturarv och arbetsuppgifter. Grove (2013) visar att brott generellt sker när möjligheter ges och att tidigare drabbade platser är särskilt utsatta för ytterligare brott, exempelvis anlagd brand. Brott tenderar att öka nära s.k. primärnoder (som kulturarvsplatser) samt kring platser och vägar med koppling till dessa noder.

Eftersom det finns ytterst lite samlad statistik som specifikt kan kopplas till kulturhistoriskt värdefulla byggnader är det av särskilt intresse att analysera historiska fall. Internationellt har bl a Kincaid (2019), Gomez-Heras et al. (2009), och Venegas Vásconez et al. (2021) analyserat orsaker till olika historiska fall. Som beskrivits tidigare i kapitlet finns många olika orsaker till att en brand startar i en kulturhistorisk byggnad, somliga naturliga och andra genom uppsåt. Rosická and Sýkorová (2011) poängterar att det är betydligt enklare att förebygga skada i en kulturhistoriskt värdefull byggnad än att återskapa byggnaden efter att olyckan redan inträffat. För mer information om specifika fall hänvisas till t.ex. Jokinen et al. (2004).

3 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA)

3.1 Inledning

Enligt 2 kap. 2§ lagen (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) ska ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar i skäligen omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka. I övrigt ska de vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand. Vad gäller mer konkreta åtgärder för att uppnå en lämplig nivå på brandskydd kan dessa delas in i organisatoriska och tekniska åtgärder. Generellt finns behov av en kombination av båda dessa. Med väl genomtänkta organisatoriska åtgärder kan man ofta minimera behovet av tekniska åtgärder (Jokinen et al., 2004). Vidare bör organisatoriska åtgärder prioriteras eftersom dessa är kostnadseffektiva och kan förhindra uppkomsten av ett stort antal bränder (Jokinen et al., 2004).

I Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete (SRVFS 2004:3) tydliggörs att ägare och nyttjanderättshavare bör bedriva ett systematiskt och kontinuerligt brandskyddsarbete under byggnadens eller anläggningens hela användningstid för att uppfylla kraven i 2 kap. 2§ i LSO. Brandskyddsarbete bör bedrivas parallellt med övrigt underhåll av byggnaden (Jokinen et al., 2004). Systematiskt brandskyddsarbete innebär att man har ordning och reda i sitt brandskydd. Exakt vad brandskyddsarbete inkluderar beror på byggnaden och dess verksamhet. Mer information finns att hämta ur MSB:s allmänna råd SRVFS 2004:3 (MSB, 2020).

I fallet med kulturhistoriskt värdefulla byggnader finns det vissa faktorer som ytterligare påverkar hur brandskyddsarbetet bör se ut. Dessa är kopplade till existerande principer om bevarandet av byggnadernas kulturhistoriska värde och kan sammanfattas enligt nedanstående punkter (Bakas et al., 2020);

- Förändringar i byggnaden bör göras med hänsyn till byggnadens ursprungliga material, form och storlek. Byggnadsmaterial och konstruktionstekniker som används vid en förändring bör vara kompatibla med byggnaden. Vid beslut om brandskydd är det viktigt att fundera över om det är visuellt inkräktande, tar upp för stor plats eller generellt inte tar hänsyn till byggnadens ursprungliga karaktär.
- Vidare bör ändringar som görs vara tydligt urskiljbara. Att försöka dölja och minimera den visuella påverkan av moderna inslag är acceptabelt, att försöka imitera det ursprungliga materialet är däremot mer problematiskt då detta minskar byggnadens autenticitet.
- En tredje aspekt att ha i beaktande är att de brandtekniska åtgärder som görs i byggnaden bör vara reversibla. Detta med tanke på att byggnadens livslängd kan förväntas vara lång och att man därför ska kunna återställa byggnaden till dess ursprungliga form.
- Slutligen gäller att åtgärder ska begränsas till att endast inkludera sådana som verkligen är nödvändiga, detta även om samtliga tre ovan nämnda punkter efterföljs.

Den sistnämnda punkten lyfter behovet av att kunna bedöma vad som är nödvändigt brandskydd. Mer information om behovet av en grundlig byggnadsundersökning innan formulering av nödvändigt brandskydd beskrivs under andra kapitel. Det är dock viktigt att poängtera att SBA underlättas om brandskyddet är rätt dimensionerat. För kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan förenklad dimensionering vara en olämplig dimensioneringsmetod då den inte tar hänsyn till byggnaders komplexitet samt strävan om att bevara kulturhistoriskt värdefulla byggnaders karaktär och värden (Vijay and Gadde, 2021, Bakas et al., 2020). Dessutom har man inte nödvändigtvis ett tillräckligt brandskydd bara för att existerande standarder/regelverk följs, eftersom dessa främst tar hänsyn till möjligheten att utrymma snarare än egendomsskydd och lösöre (Devi and Sharma, 2017). Exempelvis har amerikanska National Fire Protection Association (NFPA) 914, som berör bevarandet av historiska

värden ur ett brandperspektiv, förordad analytisk dimensionering. Vidare menar Jokinen et al. (2004) att man bör ta hänsyn till varje byggnads unika uppbyggnad och behandla den därefter, vilket kräver unika lösningar. Genom analytisk dimensionering finns bättre möjligheter att ta fram icke standardiserade metoder för att uppnå ett lämpligt brandskydd, samtidigt som man kan bevara byggnadens kulturhistoriska karaktär (Huang et al., 2009).

3.2 Risk- och sårbarhetsanalys samt optimering av brandskydd

För att kunna bedriva ett optimalt systematiskt brandskyddsarbete finns det behov av att förstå de brandrisker som en byggnad står inför. Olika aktörer inom brandsäkerhetsarbete kan ha olika syn på brandskydd i kulturhistoriskt värdefulla byggnader, t.ex. visade Ibrahim et al. (2011b) att räddningstjänsten tyckte att SBA är viktigast för brandskyddet medan de som arbetar med förvaltning av byggnaderna tyckte att de tekniska systemen (d.v.s. båda passiva och aktiva skydd) var viktigast. Vidare finns exempel där man använt expertsystem baserat på en analytisk hierarkisk process (AHP) för att värdera olika riskreducerande alternativ i brandskyddet (Ibrahim et al., 2011a). Applicering av AHP-metodik kräver en god dokumentation och förståelse av byggnaden och skyddssystemen. En annan metod applicerar kvantitativ riskanalys (QRA), där man utgår från realistiska brandscenarier, värderar frekvensen för olika händelser i händelsetråd och sedan beräknar konsekvenserna för olika utfall. Man har använd dessa metoder för att utveckla riskindexbaserade verktyg tidigare för bl.a. sjukhus (Frantzych, 2016). Jokinen et al. (2004) presenterar en riskvärderingsmetod som fungerar väl som grunden i riskanalys oavsett vilken metod används, se figur 1.



Figur 1: Generiskt riskanalysramverk. Omarbetat från Jokinen et al. (2004).

3.3 Implementering och rutiner kring organisatoriska åtgärder

Det finns många sätt att implementera olika typer av organisatoriska åtgärder. Några exempel från litteraturen anges här. Ett exempel på en organisatorisk åtgärd är att upprätta en checklista för hur regelbundna inspektioner av brandskyddet ska gå till, vilket i sin tur genomförs av en sakkunnig person (Jokinen et al., 2004). Samtliga observationer som görs under dessa inspektioner ska dokumenteras väl och åtgärdas, se till exempel tabell 1. Att ha en sakkunnig person kan vara ett sätt att tydliggöra ansvaret, vilket är viktigt eftersom ett otydligt ansvar lätt kan innebära ett bristfälligt brandskydd (Zheng-Yang and Liu, 2013). Att informera de som regelbundet vistas i en byggnad om risker och brandförebyggande åtgärder kan vara ytterligare ett sätt att undvika uppkomst av brand (RAÄ, 1999).

Utrymning	Checklista
Utrymningsvägar	<ul style="list-style-type: none"> • Utrymningsvägen ej blockerad • Utrymningsdörrar ej blockerade, invändigt och utvändigt.
Utrymningsskyltar	<ul style="list-style-type: none"> • Skyltar finns • Skyltar är synliga från lämpliga platser i lokalen • Upplysta skyltar: Ljuset fungerar • Kontrollera att nödbelysning fungerar
Brandcellsindelning	Checklista
Vägg vid brandcellsgränsen	<ul style="list-style-type: none"> • Det finns ej hål, läckor eller spalter i väggen • Genomföringar för t.ex. rör, kablar, ventilation har tätats
Brandmotstånd, glaspartier och dörrar	<ul style="list-style-type: none"> • Glaset är helt • Fönster är stängda
Dörrar i utrymningsvägar (oavsett vilket brandbegränsande funktion de har)	<p>Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrollera att dörren kan öppnas enkelt utan nyckel, kod eller kort samt att den kan öppnas tillräckligt mycket • Kontrollera att utrymningsvägen inte blockeras • Kontrollera kraften för att öppna dörren <p>Underhåll</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrollera gångjärn, lås, dörrhandtag, ram, glas (om det finns), skador, identifiering, funktion m.m. <p>Dörrstängare</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extra lås

Tabell 1: Exempel på checklista framtagen för kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Europa som rekommendation översatt från CFPA Europe. Notera att tabellen är ett utdrag ur en längre lista som finns i CFPA Europe (2021) där ytterligare områden finns omnämnda.

Eftersom elfel är en av de vanligaste orsakerna till bränder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader bör det även genomföras regelbundna inspektioner av alla elektriska installationer samt omedelbart utbyte av alla bristfälliga delar (Jokinen et al., 2004). Vidare bör elektriciteten stängas av om byggnaden inte används regelbundet, ett beslut som förstås behöver övervägas noga innan så att inte andra skador eller risker uppstår. (Jokinen et al., 2004). Elektriska apparater kan med fördel förses med timer i utrymmen där personer endast uppehåller sig temporärt, exempelvis i personalrum (Fällman and Hansing, 1997). För elektrisk apparatur med hög effekt rekommenderas det dessutom att dessa kopplas direkt till det fasta elnätet istället för att använda

förlängningssladdar (Jokinen et al., 2004). Lampor som kan uppnå höga temperaturer ska sitta fast förankrade, och inte endast med klämma (Fällman and Hansing, 1997). De bör även placeras så att de inte är för nära brännbart material, då de höga temperaturerna kan orsaka brand (CFPA Europe, 2021, Alderson, 2014). Lösa elkablar bör inte placeras direkt på brännbart material utan omslutas av metallrör (Zheng-Yang and Liu, 2013). I kyrkor bör kyrkorgelns fläkt rengöras minst en gång per år (Fällman and Hansing, 1997). Det noteras att äldre elinstallationer och detaljer kopplade till dessa kan ha kulturvärden i sig själva. I sådana fall är det viktigt att säkerheten hos installationen säkerställs.

För att eliminera risken för bränder orsakade av rökning kan det vara en fördel att förbjuda rökning i och nära historiska byggnader. Dessutom bör omgivningen hållas fri från torra löv och annat skräp, vilket även minskar risken för anlagd brand (Jokinen et al., 2004). I kyrktorn och liknande utrymmen bör förekomsten av fågelbon regelbundet kontrolleras, och om det är möjligt bör öppningar nätas igen för att hålla fåglar borta helt (Historic England, 2017). Detta då vissa fåglar kan plocka med sig fimpar som, om de fortfarande glöder, kan orsaka att fågelbon antänds i sådana utrymmen (Historic England, 2017). Ett billigt och effektivt sätt att minska risken för brand är att hålla allmän ordning och reda (Fällman and Hansing, 1997). Förvaring av brännbart material bör undvikas i största möjliga mån (Jokinen et al., 2004). Det brännbara material som inte kan undvikas att ha framme bör placeras på ett sätt så att det är på behörigt avstånd från lampor och element (Kidd et al., 1995).

Risken för brand vid byggnadsarbete är, som sagts tidigare, ytterligare en aspekt som behöver hanteras. Tydliga instruktioner till de som arbetar på byggarbetsplatsen, med krav på underskrift att de tagit del av och förstått brandskyddsåtgärderna under byggnationstiden, kan minska risken för att något går fel (Jokinen et al., 2004). I Sverige finns det branschregler för en brandsäker arbetsplats men dessa är inte specifikt anpassade för kulturhistoriskt värdefulla byggnader (Brandskyddsföreningen, 2020). Generellt bör heta arbeten inte utföras i kulturhistoriskt värdefulla byggnader, men om det är oundvikligt bör de som utför arbetet ha gåttutbildning för detta (Jokinen et al., 2004). I brandskyddsstrategin för Eksjö Gamla stad anges det att ombyggnads- och reparationsarbeten ska rapporteras till räddningstjänsten (RAÄ, 1999).

Om det används rökelse eller levande ljus bör detta endast göras på avsedd plats med övervakning (Zheng-Yang and Liu, 2013). Omgivningen ska hållas fri från brännbart material och det ska säkras så att inget kan falla ner uppfifrån som antänder eller orsakar att ljushållare eller liknande tippas (CFPA Europe, 2021). Vidare bör ljus och tändstickor förvaras i låsta utrymmen när byggnaden är oövervakad (Historic England, 2017). Vid speciella evenemang där det enligt tradition används levande ljus, exempelvis i kyrkor, är det viktigt att det finns vedertagna säkerhetsrutiner för att undvika uppkomst av brand. Om det är möjligt att använda batteridrivna ljus är det ett säkrare alternativ. Om det inte är möjligt att ersätta de levande ljusen bör en ansvarig person utses som hanterar säkerheten under evenemanget, tänder ljusen, övervakar och slutligen ser till att samtliga ljus är släckta. På samma sätt är det nödvändigt att se över placering och hantering av tillfällig lös inredning, vilket exempelvis kan handla om julgranar som utgör en stor risk om de börjar brinna. De bör placeras med hänsyn till potentiella tändkällor, och om ljus används bör dessa kontrolleras och hanteras korrekt. Vidare bör julgranar vattnas och tas ut innan de börjar barra (torkar).

Vad gäller eldstäder och rökgaskanaler är det viktigt att dessa är korrekt installerade, underhålls regelbundet och eldas i på rätt sätt för att undvika soteld och att rökgastemperaturen blir för hög (Fällman and Hansing, 1997). Speciellt är detta viktigt i eldstäder som endast används sporadiskt (Fällman and Hansing, 1997).

Utöver de åtgärder som kan göras inom verksamheten för en specifik byggnad eller område finns det även mer allmänna rekommendationer. På regional och lokal nivå kan det vara av viktigt att öka förståelsen för vad som är av kulturhistoriskt värde, samt att reducera antalet övergivna historiska byggnader för att undvika anlagd brand i dessa (Bonazza et al., 2018). På nationell nivå bör det upprättas en databas där det går att hitta relevant information om faktiska och potentiella brandincidenter ("near misses") i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (Bonazza et al., 2018). Det bör även förtydligas vem som ansvarar för brandskyddet i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (Bonazza et al., 2018).

3.4 Tekniska åtgärder

Om ett tillräckligt brandskydd inte kan uppnås genom organisatoriska åtgärder kan det vara nödvändigt att implementera vissa tekniska åtgärder, vilket här inkluderar sådana lösningar som innebär någon form av inverkan på byggnaden. Det finns olika brandtekniska system som kan övervägas för att skydda byggnader mot att brand uppkommer, bl.a. syrereducerande system. Mer information om det finns i kapitel 2.

Ljusstakar kan med fördel ha en skyddande icke-brännbar skiva undertill med upphöjda kanter som förhindrar ett eventuellt fallande ljus att rulla iväg (Jokinen et al., 2004). Det kan även vara nödvändigt att fästa ljushållaren i golvet (Fällman and Hansing, 1997). Valet av material är viktigt, vilket en erfarenhet från Gnosjö kyrka visar där ett fallande ljus orsakade att en plastskiva som placerats undertill smälte och antände (Fällman and Hansing, 1997). Vid eldning i öppen spis kan ett tätt nät, s.k. gnistskydd, installeras för att förhindra att gnistor sätter eld på taket eller golvet, vilket man gjort bland annat i Norsk folkemuseum i Oslo (Jokinen et al., 2004). Vissa menar att öppen eld bör undvikas helt i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (Zheng-Yang and Liu, 2013).

Brännbart material som inte kan tas bort eller förvaras på säkra platser kan skyddas med gipsskivor eller i vissa fall brandklassad färg (Jokinen et al., 2004). Dock rekommenderas detta inte eftersom det ändrar karaktären på ytorna (Jokinen et al., 2004). Läs mer i kapitel 2 om brandskyddsbehandlingar. Vad gäller risken för antändning av halm- eller vasstak rekommenderar Kidd et al. (1995) att man behandlar sådana tak med flamskyddsmedel, men påpekar att detta kan behöva förnyas kontinuerligt och att det bryter ner materialet. Vidare rekommenderas användning av gnistfångare i skorstenen och att halmen separeras från skorstenen med exempelvis aluminium. Tidigare förekom det att trä behandlats med olika medel för skydd mot röta eller andra angrepp (Kidd et al., 1995). Sådana medel är ofta lättantändliga och gör att träet är mer lättantändligt direkt efter behandling. Efter behandling är det därför nödvändigt att utrymmet ventileras ordentligt och att tändkällor avlägsnas tillfälligt. Denna typ av behandling av trä är inte längre vanlig i Sverige.

4 Katastrofplanering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Katastrofplanering är ett brett område som kräver en helhetssyn, från det förebyggande arbetet att förhindra en brand till de frågor som behöver hanteras om branden väl uppstår. Planering för det som sker under och efter en brand, exempelvis evakuering och restvärderäddning finns i kapitel 5. Macalister (2015) presenterar en omfattande sammanfattning av kulturarvssektorns utveckling av katastrofplanering, skadebegränsning och att bygga resiliens de senaste tio åren. Artikeln ger en god överblick över nationella (Storbritannien) och internationella standarder, riktlinjer, ramverk samt forskningsprojekt. Brittiska lagar med koppling till katastrofhantering redovisas också. När Räddningstjänsten i Storbritannien identifierar möjliga hot och utför riskanalys utgår de från om en byggnad är utpekad som värdefull (eng. listed building) och/eller innehåller värdefulla samlingar. Macalister argumenterar för att frågor om klimatanpassning, katastrofplanering och hållbarhet är tätt

sammanlänkade och att policyer kring katastrofhantering, klimatförändringar, miljö och hållbar utveckling därför bör vara bättre anpassade till varandra. Bättre integrering av kulturarvssektorn i katastrofplanering på samhällsnivå är också något som förs fram. (Macalister, 2015)

Kincaid (2019) presenterar en kunskapsöversikt och rekommendationer gällande katastrofplanering i historiska byggnader. Artikeln baseras på en litteraturstudie och intervjuer med personer som innehar olika nyckelroller i sammanhanget. Lärdomar från faktiska bränder i England ingår också i översikten. Särskilt fokus ligger på de uppmärksammade bränderna i Uppark House, Glasgow School of Art, Windsor Castle, Hampton Court Palace och Clendon Park. Kincaid (2019) för fram att involvering av den lokala brandkåren (i alla delar av planeringsprocessen) är en nyckelfaktor till framgång vid en brandkatastrof. Tillgång till vatten är en annan avgörande faktor. Statistiken visar nämligen att vattenbrist varit avgörande i 30 % av fallen med bränder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader på landsbygden ex. vid Upparkbranden. Branddammur och vattentankar är ett sätt att förebygga detta problem (Kincaid, 2019).

De stora internationella kulturarvsorganisationerna UNESCO, ICCROM, ICOMOS och ICOM, betonar alla vikten av att arbeta förebyggande med riskbedömning och katastrofplanering för att undvika skador på och förstörelse av kulturarv. De Paoli et al. (2020) presenterar en metod för katastrofplanering och strategier för riskminimering baserad på de metoder som föreslås av UNESCO, ICCROM and ICOMOS. Författarna går igenom metodens olika steg inklusive platsanalys, kulturhistorisk värdering, sårbarhets- och riskidentifiering, plan för riskminimering och vilka intressenter som ska involveras. Metoden testas på en fallstudie, området Palatinen i Rom. På Palatinen identifieras jordbävning som den största risken. Efterföljande jordskred och fallande träd kan göra att kortslutning och brand uppstår, dessutom finns uppenbara risker för att utrymningsvägar blockeras och hindrar räddningstjänstens insats. Planen för riskminimering inkluderar bl.a. utrymningsplaner och installation av brandposter. Författarna menar att metoden klarar en av de största utmaningarna med katastrofplanering, nämligen att integrera riskbedömning med förvaltning. De poängterar också att katastrofplanering ofta fokuserar på fysisk sårbarhet, men om verklig resiliens ska nås behöver sociokulturella aspekter också tas in i planen. Även Marrion (2016) föreslår en metod för utarbetande av brandskyddsstrategier i kulturhistoriskt värdefulla byggnader och visar att det finns återkommande brandorsaker och problem i detta bestånd som vi behöver lära oss från. Författaren lyfter även hållbarhetsperspektiv i metoden och poängterar att det inte bara är människoliv och byggnadsstomme som ska skyddas utan även traditioner, platsens själ, miljön och affärsverksamheten.

Chiabrando et al. (2018) menar att databaser kan fungera bra som verktyg för att förstå olika risker för kulturarv. Databaser har därför potential att användas som beslutsunderlag för katastrofplanering. Dessutom beskrivs dokumentation som en viktig faktor för resiliens dvs. förmågan att hantera förändringar och fortsätta utvecklas. Förutsättningen är att databasen innehåller täckande och standardiserad kulturarvsinformation och kopplas till riskkartor, något som inte är fallet i Europa idag. I samma artikel nämns också kunskapsbristen i att förstå och bedöma ekonomiska värdeförluster och kostnader i kulturarv. Vona et al. (2020) menar att resiliensanalyser borde vara något som föregår katastrofplanering. I artikelns fall analyseras en italiensk bergsby med historiska centrumkvarter. Varje byggnads sårbarhet klassas (i detta fall gällande motståndskraften mot jordbävning), därefter kan förebyggandestrategier tas fram och i ett nästa steg katastrofplanering göras.

Bernardini (2017) tar upp att de huvudsakliga orsakerna till brand i byggnader med kulturvärden förutom anlagd brand och byggnadsarbeten är gamla elledningar, skorstenar och gamla värmesystem. Denna kunskap kan i sin tur användas för att identifiera platser där brand riskerar att uppstå. Även kunskap om brandbelastning gällande byggnadselement och inredning kan användas för preventiva syften. Bernardini (2017) presenterar brandbelastningen i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med

olika aktivitetstyper, ex. kyrkor, museer och kontor. Offentliga bibliotek har mycket högre brandbelastningsvärden än de övriga. Brandbelastning för olika element redovisas också, bokhyllor med böcker eller stoppade stolar är två element med höga genomsnittsvärden. Brandbelastning beror även på typen av byggnad och ursprungsland. Andra studier kring brandbelastning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader finns dock inte för svenska förhållanden, se (Li et al., 2020). Diskussionen om brandbelastning bör beaktas med tanke på huruvida belastningen finns jämnt fördelad över hela byggnaden eller koncentrerad i en brandcell. Mer information om brandcellsindelning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader finns i kapitel 3.

Spafford-Ricci and Graham (2000) utgår från lärdomarna av en museibrand på Royal Saskatchewan Museum i Kanada för att ringa in vad som är viktigt att tänka på i utarbetandet av katastrof- och insatsplaner. Under branden spreds sot okontrollerat via dörrar och ventilationssystem, något som gjorde att sotskador och sotsanering blev det absolut största problemet, vilket ingen hade förutsett. I artikeln beskrivs att byggnaden, viss inredning och museiföremålen hade olika ägare och försäkringsbolag, något som skulle visa sig problematiskt både vid utrymning och vid sanering efteråt. Motverkande prioriteringar, strategier och mål försvårade processen. Det fanns konkurrerande intressen gällande vilka rum och objekt som skulle rengöras först, att städningen av rummen i vissa fall gick före museiföremålen säkerhet (ex. riskabla flyttar) samt att mycket av konservatorernas tid gick åt att sanera delar och objekt utan kulturvärden. Författarna konstaterar att en hel del föremål som fick vänta flera månader på rengöring till slut inte gick att rädda (sot blir svårare att avlägsna ju längre tid som går). I artikeln understryks att katastrof- och insatsplaner måste inkludera både byggnad och lösöre samt kommuniceras och godkänns av försäkringsbolag och andra ekonomiskt ansvariga för att säkerställa dess användbarhet efter en eventuell brand. I detta fall var det under konstruktionsarbeten som det började brinna, troligtvis av ett isoleringsskum som självantände. Att planera för brandvakter som bevakar byggarbetsplatsen efter varje arbetspass föreslås som en åtgärd. Zonindelade larm som inte plockas ner vid byggarbeten är en annan rekommenderad åtgärd.

Riksrevisionen gav 2019 ut en rapport där flera brister med koppling till katastrof- och insatsplaner identifierats (Riksrevisionen, 2019). Centralmuseerna förvarar i många fall samlingar inuti kulturhistoriskt värdefulla byggnader, exempelvis Nordiska museet och Skansen. I rapporten konstateras att olika byggnader ger olika förutsättningar och att ingrepp för att öka säkerheten kan skada kulturvärden. Samtidigt fastställs att museernas beredskap för olika katastrofer, exempelvis brand, är bristfällig. Visserligen har de flesta museerna en katastrofplan, men de uppdateras för sällan och kommuniceras samt övas inte i tillräcklig grad med räddningstjänst och personal. Liknande problematik lyfts även i andra länder. Exempelvis har Tosun and Bostan (2021) visat att katastrofplanering många gånger försummas på Istanbuls museer, trots att de i många fall kan vara särskilt utsatta för risker.

RAÄ (2016) har publicerat en omfattande handbok i katastrofberedskap och restvärdesräddning. I handboken finns checklistor och råd gällande förebyggande och akut katastrofärbete inklusive arbete med insatsplaner och utrymningsfrågor, mer om detta finns att läsa i kapitel 5. Råden överensstämmer i stort med Kincaid (2019). Att en institution är välorganiserad och förberedd lyfts som det viktigaste rådet för att klara av en utrymning under stark stress på bästa sätt. RAÄ menar att arbetet med katastrofberedskap kan ge flera positiva sidoeffekter hos en organisation. Kommunikation lyfts fram som essentiell på olika vis i handboken. Exempelvis ska ord, termer och beskrivningar som används vara konsekventa (ex. namn på rum) men också så okomplicerade som möjligt. Kommunikation i form av regelbunden kontakt och övningar tillsammans med personal inom Räddningstjänsten lyfts också fram, t.ex. vid en akut utrymning blir resultatet troligen bäst om brandmännen kan orientera sig och vet hur lokalerna ser ut redan innan. Svenska institutet för standarder har tagit fram en standard för katastrofberedskap och restvärdesräddning i arkiv, museer och bibliotek som ger råd i hur man bäst

utvecklar, använder och uppdaterar katastrof- och restvärdesräddningsplaner för dessa verksamheter (SIS, 2019).

5 Anlagd brand

Flera forskare och organisationer beskriver kulturhistoriskt värdefulla byggnader som särskilt utsatta för anlagd brand, se exempelvis (Fällman and Hansing, 1997), även om det inte kan bekräftas i någon systematisk brandstatistik. The Confederation of Fire Protection Associations in Europe (CFPA-E) skriver till och med att det är den vanligaste brandorsaken i detta bestånd (CFPA Europe, 2021). Det finns en mycket stor variation av byggnadstyper och verksamhet bland byggnader med kulturvärden, något som är viktigt att beakta när risken för anlagd brand ska utredas eftersom vissa byggnadstyper och verksamheter preciseras i statistiken. Branden kan anläggas inuti och intill byggnaden likväl som i omgivande miljö. Bakomliggande motiv kan vara allt från försäkringsbedrägeri, vandalism, social protest, hämnd och mental ohälsa till rena terror- och krigshandlingar. Det gör att forskningsfältet är brett och innefattar många olika ämnen, exempelvis kulturvård, psykologi och freds- och konfliktforskning.

5.1 Vad kan vi lära av statistiken?

Flest publikationer, initiativ och forskning om kulturarvsbrott och anlagd brand, som baseras på statistik, kommer ifrån Storbritannien. Dock påtalas att data om kulturarvsbrott inte samlas på ett konsekvent sätt, att namngivning och typologisering kan se olika ut och att alla brott inte anmäls, något som bidrar till att statistiken inte är helt tillförlitlig i Storbritannien (Grove, 2013). Den svenska statistiken kring anlagda bränders omfattning och bakomliggande motiv har bl.a. undersökts av Andersson (1995), som också anmärker på statistikens brister. Anderssons avhandling preciserar inte kulturhistoriska byggnadstyper men underlaget kan vara användbart för att förstå generella motiv och anläggningsplatser, exempelvis att containrar med brännbart material som står nära byggnader statistiskt sett är vanligt förekommande bland anlagda bränder (Andersson, 1995). EU-projektet FIRE-TECH Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage samlade in viss statistik genom ett frågeformulär som skickades till kulturarvsorganisationer i olika länder (Cabrita Neves et al., 2003). Statistiken är långt ifrån komplett men antyder att anlagd brand är en vanlig brandorsak i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

English Heritage har skapat ett nationellt riskregister och utifrån detta kunnat se att anlagd brand är en av de största riskerna för kulturarv (English Heritage, 2011). Enligt Copping (2002), var 47 % av alla kyrkobränder anlagda i Storbritannien och antalet händelser kopplat till detta har ökat alltsedan 1970-talet. Forskningsprojektet COST-17 Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings har i slutrapporten presenterat statistik från olika länder (Maxwell et al., 2007). Sett till hela byggnadsbeståndet i Storbritannien - inte bara det kulturhistoriska - har garage/skjul, skolor och byggnader som är obebodda/innehåller nerlagda verksamheter en statistiskt sett förhöjd risk för anlagd brand. I statistiken för kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Storbritannien är byggnader inom kategorin idrottsplatser/klubbhus följt av nationella monument och sjukhus mest utsatta för anlagd brand. Religiösa byggnader är också särskilt utsatta (Maxwell et al., 2007). Statistiken kan variera mycket mellan olika år, exempelvis drabbades norska stavkyrkor av flertalet anlagda bränder under en tvåårsperiod på 1990-talet. Med utgångspunkt från en av dessa bränder, branden i Fantoft kyrka, kritiserar Williams (2012) norska Riksantikvaren för hanteringen av ärendet innan och efter. Frågor om värdering samt skyddet av de kvarvarande stavkyrkorna diskuteras bl.a. med koppling till den kritiska kulturarvsforskningens intresseområden - exempelvis hur marginaliserade röster, minoritetsåsikter och omstridda kulturarv hanteras. Williams lyfter fram vilka motiv som fanns bakom branden samt att felaktig hantering från kulturarvsorganisationer kan leda till ökad risk för våld och förstörelse (Williams,

2012). Risken för brand till följd av terrorattentat kan vara särskilt hög i allmänt kända och välbesökta byggnader. Mer statistik och verkliga fall finns presenterad i slutrapporten från COST-17 (Maxwell et al., 2007).

Historic Scotland lyfter fram statistik från Scottish Fire and Rescue Service som visar att 71 utpekade värdefulla (eng. listed buildings) drabbades av avsiktliga bränder under ett enda år i Skottland och att anlagd brand är den enskilt största orsaken till brand vad gäller hus som inte är bostäder (Kidd, 2010). Vidare skriver Historic Scotland att det finns en direkt korrelation mellan brandens storlek och ifall den startats medvetet. Anlagd brand anläggs nämligen ofta på flera, och särskilt utsatta, ställen och ibland används brännbara vätskor (Historic England, 2016). Bradley et al. (2012) har undersökt kulturarvsbrott i Storbritannien genom att analysera stora mängder data. Kulturarvsbrott är ett brett begrepp som innefattar anlagd brand men också klotter, stölder m.m. Enligt statistiken är anlagd brand relativt sällsynt i förhållande till alla andra kulturarvsbrott, men kan orsaka stora och kostsamma skador. Resultat visar bl.a. att om en byggnad ligger i ett område med hög kriminalitet så kan den (precis som andra byggnader i området) anses vara i större risk för kulturarvsbrott. Byggnader i städer är mer utsatta än på landsbygden. I områden med färre antal kulturhistoriskt värdefulla byggnader ökar också den statistiska risken för kulturarvsbrott. Bradley et al. (2012) menar att det behövs mer kunskap om kopplingen mellan socio-ekonomiska trender och pådrivande faktorer för kulturarvsbrott.

Berg Olsen and Kristoffersen (2014) har i en kandidatuppsats identifierat vilka byggnader som löper särskild risk för anlagd brand i Norge baserat på statistik från Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) och Brannskadestatistikk (BRASK). Statistiken för åren 2003–2008 visar att nästan 30 % av bränderna i kyrkor var anlagda. Att kyrkor ofta står tomma, kan ligga avsides samt ha symbolvärden är alla något som bidrar till att sannolikhet för anlagd brand är hög. Statistiken från BRASK visar att äldre byggnader sticker ut i antal rapporterade skador - i byggnader som var över 100 år var 25 % av bränderna anlagda. Antalet kan vara ännu högre än så eftersom det finns brist i statistiken, dels för att gruppen där byggnadsåldern är okänd har en högre skadeprocent (44 %) men också för att en stor mängd bränder aldrig får en orsak fastställd i statistiken. Att tända på sopor är den vanligaste orsaken vid anlagd brand i Norge, särskilt containrar lyfts fram som en risk och bör därför inte placeras i närheten av byggnader. I bostadshus är det vanligare att branden startar inomhus medan övriga byggnader i större utsträckning drabbas av anlagda bränder som sprids från utsidan.

Kim et al. (2015) har särskilt analyserat brandrisken för kulturhistoriska träbyggnader i Japan. Anlagd brand är den största orsaken till brand i detta bestånd. De flesta incidenter sker mellan kl. 00-06. Tempel och andra helgedomar är särskilt utsatta. Den typiska gärningsmannen är en ensam individ i 20-årsåldern eller yngre som är fränskild eller singel och arbetslös, deltidsarbetande eller student.

5.2 Preventiva åtgärder mot anlagd brand

Flera internationella studier har genomförts kring preventiva åtgärder mot anlagd brand. De mynnar ut i rekommendationer som är olika beroende på var studien genomförts. Typiska skydd mot anlagd brand är skalskydd och larm, utomhusbelysning och noggrann kontroll på vad som förvaras utanför byggnaden (stegar, brännbart material och vätskor får inte ligga framme). (Kidd, 2010, Jokinen et al., 2004). Jokinen et al. (2004) betonar den positiva inverkan av belysning, samtidigt som det kan dra till sig riskabel uppmärksamhet eller fungera som "arbetsbelysning" på skyddade platser där risken för upptäckt är mindre. Högtalare som kan kommunicera med eventuella inkräktare är ett annat förslag. Man kan också stänga ute inkräktare med hjälp av staket, grindar, murar eller plantering av täta taggiga häckar. Men även det riskerar att fungera som insynsskydd som möjliggör att en gärningsperson kan jobba ostört väl på insidan. Norska Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har gett ut en vägledning för brandskydd av kyrkor där de påtalar att anlagd brand i kyrkor ofta sker i samband

med inbrott och att bra skalskydd därför är viktigt (DSB, 2009). DSB rekommenderar - utöver de redan nämnda åtgärderna ovan - att sprinklers och utvändiga rök- och värmedetektorer installeras.

The International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) rekommenderar att tillfällig personal och besökare bör kontrolleras och övervakas för att undvika anlagda bränder och andra säkerhetshot (Stovel, 2007). Övervakningskameror kan bli viktiga i utredningsarbetet efter en brand men har framför allt en avskräckande effekt. Historic England (2016) anger att flera bränder startat genom brevinkast och nämner att det finns produkter som hindrar brandspridning när just detta tillvägagångssätt använts. I undersökningen av Kim et al. (2015) föreslås framför allt kollektiv övervakning med hjälp av exempelvis boende och företagare i närheten eftersom de kunnat konstatera att de flesta av byggnaderna i studien redan hade fungerade brandskyddssystem installerade som kontrollerades regelbundet. I USA har kulturhistorisk värdefulla övertäckta broar identifierats som särskilt sårbara för anlagd brand, dels eftersom de är öppna för allmänheten, dels för att majoriteten ligger avsidet. Phares et al. (2010) skriver detaljerat om hur man kan skydda broarna med hjälp av fjärrövervakning, en metod som går att överföra även till andra konstruktioner och byggnader.

Att inte lämna en byggnad tom är, av statistiken att döma, kanske den mest effektiva preventiva åtgärden mot anlagd brand. Historic England menar att det bästa sättet att skydda en byggnad *överhuvudtaget* är just att den används. Därför är omfattande riktlinjer framtagna för ändamålet (Historic England, 2018). Samma organisation tillhandahåller även omfattande information och mallar för hur man kan arbeta med riskbedömningar gällande anlagd brand specifikt (Historic England, 2016). Samverkan är en annan nyckelfaktor för att hindra anlagd brand, se avsnitt 1.2 Slutrapporten från COST-17 beskriver att det kan vara komplicerat att försäkra kulturhistoriskt värdefulla byggnader på bästa sätt (Maxwell et al., 2007). Vissa bolag vill inte försäkra dessa byggnader alls p.g.a. att de är särskilt utsatta för exempelvis anlagd brand. Slutligen bör nämnas att det kan finnas sociala problem och psykiska diagnoser som ligger bakom beteendet att anlägga bränder, något som kräver preventiva åtgärder på en högre samhällsnivå.

6 Referenser

- ALDERSON, R. 2014. Glasgow School of Art blaze: Report says foam canister caused fire. *BBC News*.
- ANDERSSON, H. 1995. *Anlagda bränders omfattning : motiv och påverkande faktorer*. Doctoral thesis, monograph, Stockholm University.
- BAKAS, I., GEORGIADIS-FILIKAS, K. & KONTOLEON, K. J. Treasures gutted by fire. Fire safety design awareness as a consequence of historic building accidents and disasters. 2020/01/01/ 2020 Place of Publication: Thessaloniki, Greece. Country of Publication: UK.: IOP Publishing, 012113.
- BERG OLSEN, Ö. & KRISTOFFERSEN, M. 2014. *Brannen var påsatt - en vurdering av VTEKs ivaretagelse av sikkerhet mot påsatt brann*. Brann, sikkerhetsingeniør Ingenjör, Høgesund Stord/Haugesund (Western Norway University of Applied Sciences).
- BERNARDINI, G. 2017. Fire safety and building heritage: The occupants perspective. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. Springer Verlag.
- BONAZZA, A., MAXWELL, I., DRDÁCKÝ, M., VINTZILEOU, E. & HANUS, C. 2018. Safeguarding Cultural Heritage from Natural and Man-Made Disasters. A comparative analysis of risk management in the EU.: European Commission.
- BRADLEY, D., BRADLEY, J., COOMBES, M., GROVE, L., THOMAS, S. & YOUNG, C. 2012. The extent of crime and anti-social behaviour facing designated heritage assets. online: University of Newcastle.
- BRANDSKYDDSFÖRENINGEN. 2020. *Handbok Brandsäker byggarbetsplats* [Online]. Stockholm: Brandskyddslaget. Available: <https://www.brandskyddsforeningen.se/webbshop/litteratur-och-produkter/sbf-5051-regler-for-brandsaker-byggarbetsplats/> [Accessed October 2021].
- CABRITA NEVES, I., VALENTE, J. & VENTURA, J. 2003. European study into the Fire Risk to European Cultural Heritage. WG2 Analysis of significant fires and Statistical analysis of fire occurrence. Final report online: EU.
- CFPA EUROPE 2021. CFPA-E Guideline No. 30:2021 F: Basic Principles of Fire Safety of Historic Buildings. *CFPA-E Guidelines*. Copenhagen, Denmark: CPFA Europe.
- CHIABRANDO, F., COLUCCI, E., SPANÒ, A., LINGUA, A., MATRONE, F. & NOARDO, F. 2018. A European interoperable database (EID) to increase resilience of cultural heritage. 3W4 ed.: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- COPPING, A. 2002. The Development of a Fire Safety Evaluation Procedure for the Property Protection of Parish Churches. *Fire Technology*, 38, 319-334.
- DE PAOLI, R. G., DI MICELI, E. & GIULIANI, F. 2020. Disasters and Cultural Heritage: planning for prevention, emergency management and risk reduction. Place of Publication: Virtual Conference, Italy. Country of Publication: UK.: IOP Publishing.
- DEVI, K. S. & SHARMA, T. D. 2017. Innovations in conservation of heritage museums and libraries from fire hazards. Place of Publication: Madhya Pradesh, India. Country of Publication: USA.: AIP Publishing.
- DSB 2009. Brannsikring av kirkebygg – en temaveiledning for kirkebyggforvaltninger og lokale tilsynsmyndigheter. online: DSB Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.

ENGLISH HERITAGE 2011. English Heritage Calls on Communities to Help Tackle Heritage Crime online: English Heritage.

FRANTZICH, H. 2016. Health Care Application of Quantitative Fire Risk Analysis. In: HURLEY, M. J., GOTTUK, D., HALL, J. R., HARADA, K., KULIGOWSKI, E., PUCHOVSKY, M., TORERO, J., WATTS, J. M. & WIECZOREK, C. (eds.) *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. New York, NY: Springer New York.

FÄLLMAN, L. & HANSING, S. 1997. Brandskydd i kulturbyggnader - handbok om brandsyn och brandskyddsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Borås: Räddningsverket och Riksantikvarieämbetet.

GOMEZ-HERAS, M., MCCABE, S., SMITH, B. J. & FORT, R. 2009. Impacts of Fire on Stone-Built Heritage: An Overview. *Journal of Architectural Conservation*, 15, 47-58.

GROVE, L. 2013. Heritocide? Defining and Exploring Heritage Crime. *Public Archaeology*, 12, 242-254.

HISTORIC ENGLAND 2016. Arson Risk Reduction Heritage Properties in the North West. Online: Heritage England.

HISTORIC ENGLAND 2017. Fire safety for traditional church buildings of small and medium size. London, UK: Historic England.

HISTORIC ENGLAND 2018. Vacant Historic Buildings: Guidelines on managing risks. London, UK: Historic England.

HUANG, D., LI, L., ZHANG, H., SHI, L., XU, C., LI, Y. & YANG, H. 2009. Recent Progresses in Research of Fire Protection on Historic Buildings. *Journal of Applied Fire Science*, 19, 63-81.

IBRAHIM, M. N., ABDUL-HAMID, K., IBRAHIM, M. S., MOHD-DIN, A., YUNUS, R. M. & YAHYA, M. R. 2011a. The Development of Fire Risk Assessment Method for Heritage Building. *Procedia Engineering*, 20, 317-324.

IBRAHIM, M. N., IBRAHIM, M. S., MOHD-DIN, A., ABDUL-HAMID, K., YUNUS, R. M. & YAHYA, M. R. 2011b. Fire Risk Assessment of Heritage Building – Perspectives of Regulatory Authority, Restorer and Building Stakeholder. *Procedia Engineering*, 20, 325-328.

JOKINEN, M., LAURILA, A., LINNANMÄKI, S., KARLSEN, E., SÖRMOEN, O., ALEXANDERSSON, K., ERENMALM, T. & LINDKVIST, S. 2004. Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and practises on the fire protection of historic buildings in Finland, Norway and Sweden. National Board of Antiquities.

KIDD, S. 2010. Fire Safety Management in Traditional Buildings. Part I: Principles and Practice. *Guide for Practitioners*. Edinburgh, Scotland: Historic Scotland.

KIDD, S., APPLEBY, D., MCCAIG, I., PACKER, C. & BENTLEY, R. 1995. Heritage under fire. A guide to the protection of historic buildings. 2nd ed. London, UK: Fire Protection Association.

KIM, K.-I., KONISHI, T., ZIEMBA, T., NONAKA, H., NAM, K.-H. & TANAKA, T. 2015. Fire Protection Analysis and Potential Improvements for Wooden Cultural Heritage Sites in Japan. *Journal of Disaster Research*, 10, 586-594.

KINCAID, S. 2019. Emergency Planning for Fire in Historic Buildings. *Historic Environment: Policy & Practice*, 10, 19-39.

KOCSIS, R. N. 2002. Arson: Exploring Motives and Possible Solutions. *Trends & Issues in Crime & Criminal Justice*, 1-6.

LI, J., LI, H., ZHOU, B., WANG, X. & ZHANG, H. 2020. Investigation and Statistical Analysis of Fire Loads of 83 Historic Buildings in Beijing. *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis & Restoration*, 14, 471-482.

MACALISTER, F. 2015. Preparing for the future: mitigating disasters and building resilience in the cultural heritage sector. *Journal of the Institute of Conservation*, 38, 115-129.

MARRION, C. E. 2016. More effectively addressing fire/disaster challenges to protect our cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 20, 746-749.

MAXWELL, I., HISTORIC SCOTLAND. TECHNICAL CONSERVATION, R., EDUCATION, G., EUROPEAN COOPERATION IN THE FIELD OF, S., TECHNICAL, R., EUROPEAN SCIENCE, F., HISTORIC SCOTLAND. TECHNICAL CONSERVATION, R., EDUCATION, D. & HISTORIC SCOTLAND. TECHNICAL CONSERVATION, G. 2007. *Cost action C17. Built heritage : fire loss to historic buildings : final report*, Edinburgh, Historic Scotland.

MYDIN, M. A. O. & YEN, K. Y. 2014. A Path toward Safer Heritage Buildings through Excellent Fire Prevention and Control System in Malaysia. *Analele Universității "Eftimie Murgu" Reșița: Fascicola I, Inginerie*, XXI, 231-242.

PEDERSOLI JR, J. L. 2019. Cultural Heritage Fire Statistics. ICCROM.

PHARES, B. M., LAVIOLETTE, M. D., WIPF, T. J. & RITTER, M. A. 2010. Remote Monitoring of Historic Covered Timber Bridges for the Prevention of Arson and Vandalism. *General Technical Report*. online: US Department of Agriculture, Forest Service.

PRESCOTT, G. M. 2011. *Tackling 'Heritage Crime': The Heritage Crime Strategic Tasking and Co-ordination Group and the Alliance to Reduce Crime Against Heritage (ARCH)*.

RAÄ 1999. Brandskydd i trästäder : strategi för skydd av centrala Eksjö. Räddningsverket.

RAÄ 2016. Handbok i katastrofberedskap och restvärdesräddning (RVR) för konst- och kulturhistoriska samlingar, byggnader och miljöer. 2 [upplagan] ed.: Riksantikvarieämbetet.

RIKSREVISIONEN 2019. Bevara samlingarna - säkerhetsarbetet i de statliga centralmuseernas samlingsförvaltning. *Granskningsrapport*. online: Riksrevisionen.

ROSICKÁ, Z. & SÝKOROVÁ, J. 2011. Planning cultural heritage protection is easier than managing an actual disaster. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 59, 281-286.

ROYAL COLLECTION TRUST. 1992. *The fire at Windsor Castle* [Online]. Online: Royal Collection Trust. Available: <https://www.rct.uk/visit/windsor-castle/the-fire-at-windsor-castle#/> [Accessed September 2021].

SIS 2019. SS-ISO 21110:2019 Information och dokumentation - katastrofberedskap och restvärdesräddning (ISO 21110:2019, IDT). Stockholm: Svensk Standard.

- SPAFFORD-RICCI, S. & GRAHAM, F. 2000. The Fire at the Royal Saskatchewan Museum, Part 1: Salvage, Initial Response, and the Implications for Disaster Planning. *Journal of the American Institute for Conservation*, 39, 15-36.
- STOVEL, H. 2007. Risk Preparedness: A Management Manual for World Cultural Heritage. online: ICCROM.
- TOSUN, E. & BOSTAN, S. 2021. Disaster and emergency preparedness in Istanbul museums. *Museum Management and Curatorship*, 1-20.
- VENEGAS VÁSCONEZ, D., AYABACA, C., ERAZO, O., MEDINA, A. & FARIAS, O. 2021. Fires in World Heritage Buildings. *Artificial Intelligence*, 1, 1-15.
- VIJAY, P. V. & GADDE, K. T. 2021. Evaluation of Old and Historic Buildings Subjected to Fire. *Journal of Architectural Engineering*, 27, 1-16.
- WILLIAMS, T. J. T. 2012. A Blaze in the Northern Sky: Black Metal and Crimes Against Culture. *Public Archaeology*, 11, 59-72.
- VONA, M., GERVASI, O., MURGANTE, B., MISRA, S., GARAU, C., BLECIC, I., TANIAR, D., APDUHAN, B. O., ROCHA, A. M. A. C., TARANTINO, E., TORRE, C. M. & KARACA, Y. Changing from the Emergency Plan to the Resilience Plan: A Novel Approach to Civil Protection and Urban Planning. In: GERVASI, O., MURGANTE, B., MISRA, S., GARAU, C., BLECIC, I., TANIAR, D., APDUHAN, B. O., ROCHA, A. M. A. C., TARANTINO, E., TORRE, C. M. & KARACA, Y., eds. Computational Science and Its Applications - ICCSA 2020. 20th International Conference. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS 12250), 2020/01/01/ 2020 Place of Publication: Cham, Switzerland; Cagliari, Italy. Country of Publication: Switzerland.: Springer International Publishing.
- ZHENG-YANG, A. N. & LIU, B. 2013. Chinese Historic Buildings Fire Safety and Countermeasure. *Procedia Engineering*, 52, 23-26.

3. Spridning av brand inom byggnad

Magnus Arvidson, Linda Lindblad, Robert McNamee



Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	2
1 Inledning	3
2 Förundersökningar och riskbedömningar	3
3 Hålrum och luftfickor	4
4 Brandcellavskiljande konstruktioner	4
5 Förstärkning av brandcellsavskiljande konstruktioner	5
5.1 Bjälklag: åtgärder i golv och tak	5
5.2 Innerväggar	7
5.3 Dörrar och trapphus	7
6 Vindar och yttertak	12
6.1 Fasader och takfot/takutsprång	12
7 Byggmaterial och ytskikt	14
7.1 Brandskydd	14
7.2 Material och ytskikt i historiska byggnader	15
7.3 Traditionella byggmaterial och metoder	15
7.4 Brandskyddsfärger	17
7.5 Brandskyddsfärger i kulturhistoriska byggnader	17
8 Referenser	19

Sammanfattning

Förbättringar av passiva brandskyddssystem genomförs med fördel i samband med annat underhållsarbete och restaureringar. För att identifiera alla risker i konstruktionen bör en grundlig byggnadsundersökning och byggnadsuppmätning genomföras av sakkunnigavseende kulturvärden. Utifrån dessa handlingar kan också en analys av existerande avskiljande väggar göras för att värdera om de kan utgöra stommen för en nutida brandcellsindelning. Det finns utmaningar med att förbättra det passiva brandskyddet i en kulturhistoriskt värdefull byggnad. Dels för att de förbättrande metoder som finns kräver stor precision och noggrannhet i detaljutföranden samt för att en del av dem inte säkert uppnår de nivåer för brandsäkerhet som de borde göra, dels då de kan vara svåra att på ett varsamt och funktionellt sätt tillämpa dem i äldre byggnader. Utgångspunkten för alla förändringar ska vara att bevara så mycket av konstruktionens och ytskiktens originalmaterial. Avvägningen mellan aktivt och passivt brandskydd måste ske i ett samspel för att hitta en tillfredsställande helhetslösning.

Detta kapitel beskriver det passiva brandskyddssystem som byggnaden i sig utgör. Det är en sammanställning av forskning och rapporter med koppling till kulturhistoriskt värdefulla byggnader om åtgärder för att förstå, undersöka eller höja deras funktion som passivt brandskydd. För byggnader i allmänhet finns mycket kunskap och erfarenhet vad gäller passivt brandskydd men det som specifikt handlar om byggnader med kulturvärden är mer begränsat och fragmenterat.

Kapitlet omfattar:

- Förundersökningar och riskbedömningar
- Brandcellsavskiljande konstruktioner
- Förstärkning av brandcellsavskiljande konstruktioner
- Byggmaterial och ytskikt

1 Inledning

Om en brand uppstår så ska byggnadens konstruktion och ytskikt var utformade så att brandtillväxten försvåras samt att den inte kan sprida sig vidare i den enskilda byggnaden eller till andra byggnader (Fällman & Hansing, 1997). Med brandtekniska termer kallas detta för ett passivt brandtekniskt system, vilket alltså är ett system som inte kräver en aktiv handling i händelse av brand. Systemet ska motverka att brand uppstår, utvecklas eller förhindra att brandgaser och brand sprids. Det ska tillgodose konstruktionens bärighet och stabilitet under tillräckligt lång tid för att exempelvis utrymning ska hinna ske och motverka att branden sprids mellan byggnader (SINTEF NBL 2010; Fällman & Hansing, 1997).

2 Förundersökningar och riskbedömningar

Innan en förbättring som medför ingrepp i en byggnadskonstruktion genomförs ska en utvärdering göras av den befintliga byggnaden utifrån ett brandskydds- och kulturhistoriskt perspektiv (Cooke, 2003; Wedvik & Storesund, 2020). I standarden Kulturvårdsprocess - Beslut, planering och implementering (SS EN 16853:2017) återfinns en tydlig process för hur en sådan bör gå till i en byggnad med kulturvärden. Vid arbete i större byggnadskomplex som tillkommit över en längre period med delar från olika tidsepoker är det viktigt att börja med en förundersökning (Kincaid, 2018). Dels för att undersöka den befintliga byggnaden dels för att undersöka om det går att återfinna äldre bygghandlingar där det anges brandskydd och/eller brandcellsindelning från äldre tider. Det kan vara komplext att förstå och utläsa vilka byggnadstekniska förändringar en byggnad genomgått under årens lopp. Genom tillämpningen av standarden för Tillståndsbedömning av fast kulturarv (SS EN 16096:2012) kartläggs på ett tydligt sätt statusen på den befintliga byggnadens skick vad gäller både konstruktion och ytskikt samt hur konstruktionen är uppbyggd och av vilka material. Ytterligare exempel på standarder som kan stödja kunskapsuppbyggnaden om den enskilda byggnaden är:

- Historiska träkonstruktioner - riktlinjer för att på plats bedöma bärande träkonstruktioner (SS EN 17121:2019)
- Metodik för provtagning från kulturobjekt – Generella krav och riktlinjer (SS-EN 16085:2012)
- Ytskikt i byggt kulturarv - Undersökning och dokumentation (SS-EN 17543:2021)

När byggnaden undersökts och dess historik finns framtagen görs en kulturhistorisk värdering som fungerar som ett vägledande underlag i den fortsatta processen (Robertsson & Lierud, 2002). Värderingen bör tydliggöra vilka värden som representeras av vilka fysiska strukturer, ytskikt och andra uttryck i byggnaden. Den bör även peka ut vilka delar av byggnaden som inte bedöms vara särskilt bevarandevärda.

I byggnadsundersökningen ska riskbedömningar utifrån brand göras vid sidan av att konstruktion, ytskikt och inredningen i byggnaden värderas ur kulturhistorisk synpunkt (Cooke, 2003). Många äldre byggnader är ur ett brandskyddsperspektiv oförutsägbara vad gäller hur en brand kan sprida sig i konstruktionen och dess strukturella stabilitet i händelse av brand är okänd (Kincaid, 2018). Det är en viktigt att ha fullständig förståelse för byggnaden som ska åtgärdas. Uppmättningsritningar behövs för alla, utom de enklaste, byggnaderna då relationshandlingar sällan finns som motsvarar hur byggnaden ser ut idag.

Först när dessa förundersökningar är genomförda kan man utarbeta förslag på hur förstärkt brandskydd av golv, tak och väggar i enskilda rum eller brandceller bör utformas. Utgångspunkten för alla förändringar ska vara att bevara så mycket av konstruktionens och ytskiktens originalmaterial som möjligt (Cooke, 2003; Jernæs, 2020; Pickard 1994a; Robertsson & Lierud, 2002). De förändringar som görs av brandskyddsskäl ska i första hand vara reversibla och, om objektet så kräver, inte vara synliga (Cooke, 2003). Om det inte går att undvika ingrepp i byggnaden för ett förstärkt brandskydd, i exempelvis utrymningsvägar, så ska alternativa utrymningsvägar utredas i första hand (Fällman & Hansing, 1997).

3 Hålrum och luftfickor

I äldre byggnader finns ofta dolda schakt och hålrum i väggar och tak samt öppna oinredda vindar (Fällman & Hansing, 1997; Cooke, 2003; Jensen & Staurheim, 2018). Dessa utgör en risk för snabb och svårupptäckt spridning av brand och brandgaser och kan ofta åtgärdas utan stor åverkan. Vid brandcellsindelning i äldre byggnader är det viktigt att identifiera var hålrum och fickor finns i konstruktionen (Kincaid, 2018). Undersökningarna ska helst genomföras med icke förstörande metoder (SS EN 16096:2012). Med hjälp av en uppmättningsritning bör man kunna identifierat de flesta hålrum och fickor, men schakt i tjockare väggar samt ofyllda bjälklag och väggar kan vara svåra att identifiera. Hålrum och schakt har bidragit till brandspridning vid flertal katastrofala bränder i England (Kincaid, 2018).

Vertikala spalter och öppningar uppstår ofta vid om- och tillbyggnader och återfinns då mellan tillbyggnader från olika tidsperioder. De kan också vara gamla kanaler och schakt. Horisontala spalter återfinns ofta i bjälklag och mellan olika lager av material i tak. Som ett exempel fanns i en byggnad i England 65 meter långa horisontella luftspalter i ett bjälklag. Det kan också finnas inbyggda halvvåningar. Att identifiera hålrum, spalter och glipor bör vara en enskild undersökningsuppgift i byggnadsundersökningen då erfarenheter visar att dessa kan vara förödande för spridning av brand och brandgaser i en byggnad. Hålrum i bjälklag bidrar dessutom till risker för glödbland (Wikberg & Johansson, 2007).

4 Brandcellavskiljande konstruktioner

Grundprincipen i det passiva systemet är att byggnaden delas in i olika brandceller utifrån funktion och användning. I varje brandcell ska sedan brandskyddet utformas enligt rådande krav. Då byggnader från olika tidsepoker utformats efter sin tids krav så har många av dem inte den typ av brandcellsindelning som krävs idag även om det oftast finns någon form av passivt brandskydd (Jokinen et al., 2004; Phillips, 2010; Wikberg & Johansson, 2007).

Inledningsvis bör man undersöka om en tänkt brandcellsindelning redan finns i byggnaden genom att granska uppmättningsritningen (Kincaid, 2018). Man kan också undersöka om det finns existerande delar av konstruktionen som i sig ger acceptabelt skydd eller som kan få det genom kompletteringar så att de uppfyller dagens krav (Fällman & Hansing, 1997). Vissa byggnader har naturliga avskiljande väggar med rejäla dörrar som löper genom hela byggnadens höjd till följd av dess byggnadsteknik, exempelvis naturstensväggar, eller för att byggnaderna använts som försvarsverk eller liknande (Kincaid, 2018).

Vid granskningen av de brandcellsindelade väggarna ska man vara medveten om att en öppning i exempelvis ett massivt murverk kan vara mycket större än det man ser idag i form av karm och dörr (Kincaid, 2018). Äldre dörrar kan också vara igensatta med annat material än väggen i övrigt. Innan brandskyddsåtgärder av dörrar utförs ska därför väggarna runt dörröppningen undersökas och

hålrum samt andra material identifieras (även detta bör systematiskt kartläggas i den föregripande byggnadsundersökningen).

Brandcellsindelningen syftar till att upprätthålla möjligheten till utrymning och släckning genom att branden förhindras att sprida sig under en viss tid. Bjälklag, dörrar och fönster samt fönsters placering i äldre hus motsvarar inte alltid de krav som ställs idag för att uppnå detta (Phillips, 2010; Wikberg & Johansson, 2007). Brandcellsindelningen kan återfinnas i en byggnads brandskyddsdocumentation (Fällman & Hansing, 1997). Men långtifrån alla byggnader har en sådan. Indelningen kan omfatta enskilda rum eller flera rum. Vid brandcellsindelningen bör övervägas om enskilda rum med extra hög risk för uppkomst av brand bör delas in i enskilda celler. Exempelvis på sådana rum kan vara kök, pannrum och teknikrum (Kincaid, 2018). I kyrkor upprättas ofta brandskiljande konstruktioner mellan vind och kyrkorum samt mellan torn och vapenhus (Jensen & Staurheim, 2018; SINTEF NBL 2010).

Genomföringar för moderna installationer så som ventilation, elinstallationer och dataöverföring, måste kartläggas och tätas. Erfarenheten visar att genomföringar bidrar till snabbare brandspridning (Kincaid, 2018). I dag kan, utöver ytskikt och konstruktion, installationer av olika slag försvaga eller förstöra en fungerande brandcellsindelning om håltagningar görs för exempelvis ventilationskanaler, kabeldragningar, genomföringar för belysning i tak eller nya öppningar för passage (Fällman & Hansing, 1997; Jokinen et al., 2004; Pickard, 1994b).

I vissa fall är det inte möjligt att introducera nya fasta brandcellsväggar eller dörrar för att uppnå önskad brandcellsindelning. Kincaid (2018) ger exempel på hur man istället använt brandgardiner (exempel från Cathsworth house och Tower of London) med 30 minuters brandmotstånd i en korridor. Lösningen innebar en kombination av organisatoriskt och passivt brandskydd. Dagtid är gardinen öppen och personalen har ansvaret. Nattetid är den fördragen. En annan hybridlösning mellan aktiva och passiva system återfinns i Windsor Castle där man för att skapa en brandcellsindelning i en stor öppen trappa använder ett vattendimsystem som skapar en vattendimridå vid brand. Läs mer om vattendimsystem i kapitlet om Aktiva brandskyddstekniska system.

5 Förstärkning av brandcellsavskiljande konstruktioner

5.1 Bjälklag: åtgärder i golv och tak

Då väggarna i äldre hus kan vara förskjutna i höjded, och alltså inte stå rakt över varandra, kan även delar av bjälklaget brandcellsklassas (Kincaid, 2018). Förskjutna väggar identifieras i arbetet med uppmättningsritningen. Horisontell brandspridning, som kan uppstå i bjälklag, ger ofta förödande konsekvenser (Kincaid, 2018).

Cooke (2003) lyfter främst fram flera metoder för att förbättra existerande bjälklag. En konstruktion som inte har skyddsvärda ytskikt kan förstärkas med de material som redan återfinns i konstruktionen. Till exempel kan ett nytt trägolv läggas ovanpå ett gammalt och det går att bygga ett nytt undertak av trä. I England använder man enligt standarden DIG 208 (Increasing the fire resistance of existing timber floors) ett hönsnät mellan det gamla undertaket och de nya takskivorna och/eller takbrädorna för att erhålla en distans mellan lagren för att på så sätt skapa ett visst termiskt skydd. En annan metod som är tillämpbar om det går att demontera trägolvet ovanifrån är att isolera bjälklaget med antingen mineralull eller bruk. Valet av material bör göras utifrån konstruktionens förmåga att bära den extra vikt som det våta bruket medför samt om taket på bjälklagets undersida är fuktkänsligt. Oavsett vilket man väljer så måste en tät duk användas för att isolera bruket från den befintliga konstruktionen. Det är också viktigt att isoleringen eller bruket inte

faller ned när det undre ursprungliga lagret takskivor eller takbrädor brinner bort. Därför krävs stålstag eller liknande för att förhindra detta.

Om ett undertak har synliga bjälkar med ett enkelt plankgolv uppstår större utmaningar för att förstärka brandskyddet. Om objektet medger det ur kulturhistorisk synpunkt, kan ett nytt undertak konstrueras mellan bjälkarna. Det kan göras av skivmaterial, puts eller sträckmetallnät. Då den övre delen av den bärande bjälken på så sätt skyddas från värmestrålning vid brand klarar den att bära last längre. Med ett extra lager golvsivor eller golvbrädor på ovansidan av bjälklaget går det att få ett förstärkt skydd mot spridning av kalla och varma brandgaser (Cooke, 2003). Behovet av att uppgradera befintliga putsade väggar och tak på läkt beror på den befintliga putsens tjocklek (Pickard, 1994b).

Cooke (2003) beskriver olika metoder som provats för att avskilja hålrum i takbjälklag. I England har man genomfört prov med stenull och fogs-kum i bjälklag där avgränsningen behöver vara flexibel för att inte påverka hur undertaket är monterat i bjälkarna. Fogs-kummet är en våt produkt vilket gör den olämplig i vissa tillämpningar. Det är också ett icke reversibelt material som är svårt att avlägsna i framtiden då det fyller ut hålrum och kan innehålla fibrer.

När man har ett historiskt rum som inte går att åtgärda fysiskt, varken golvet enbart eller taket, får man överväga om en fysisk åtgärd verkligen är nödvändig eller om det är med organisatoriska åtgärder eller aktiva brandskyddssystem man behöver gå vidare (Cooke, 2003).

Little (1967) redogör för ett fullskaleförsök i ett bostadshus i tre våningar från 1760-talet där man undersökte om bjälklagen mellan våningarna hade ett acceptabelt skydd mot brandspridning. I Bath fanns vid tiden ett stort behov av att bygga om dessa stora enbostadshus till flerbostadshus med en mindre lägenhet per våningsplan. Efter att den befintliga konstruktionen lagats så genomfördes i ett rum en kontrollerad brand under 45 minuter som sedan släcktes och noga analyserades. Bjälklaget var konstruerat av 2" x 8" (engelska tum) träbjälkar med en undersida av träribbor på vilka en tum tjock puts med listverk fanns. Golvet på bjälklagets ovansida var ett skarpkantat trägolv 1" x 7" (engelska tum). Sprickor i taket lagades och trasiga golvbrädor byttes innan försöket. Försöket visade att bjälklaget klarat provet och hållit utan synliga tecken på oacceptabel försämring. Det konstaterades också att rök till viss del spridit sig till våningsplanet genom mindre hålrum ovan dörren. Bjälklaget var däremot intakt och hade inte fallit ned vid lagningarna. Träbjälkarna hade på några stället förkolnats men ej till mätbart djup. Träribben i takputsen var i huvudsak oskadd. Där de förkolnats antändes de först när de utsattes för syre vid rivningen under efterinspektionen. Avslutningsvis konstateras att brandmotståndet i den här typen av bjälklag bör vara acceptabelt enligt 1967 års krav (i Storbritannien) och att de utan vidare kan stå emot spridning av brand till nästa våning i 30 minuter. Ett resonemang om att en förhöjd brandklass på bjälklaget skulle kunna medföra att värmen och brandgaserna istället sprider sig horisontellt i konstruktionen och då riskerar att spridas till korridorerna och trapphusen besannades inte vid försöket.

I de publikationer som beskriver engelska försök förfaller bjälklaget vara tomt innan åtgärderna görs. Från ett svenskt perspektiv är bjälklag vanligtvis redan isolerade på något sätt. Däremot kan isoleringen, beroende på material, ha sjunkit ihop med åren (Månsson, 1987).

Månsson (1987) redogör för ett forskningsprojekt som genomfördes av Statens Provningsanstalt på 1980-talet med syftet att brandtekniskt utvärdera ett antal typexempel på träbjälklag i sex byggnader från 1930-talet och tidigare. Vid renoveringar på 1980-talet användes i nyproduktion typgodkända material och konstruktionslösningar enligt en viss brandklass. Men då äldre konstruktioner saknade brandtekniska utvärderingar eller inte var beskrivna i litteraturen fanns behovet av att beskriva hur

dessa konstruktioners brandmotstånd fungerade samt ge vägledning i hur det kunde säkerställas att brandklassen upprätthölls efter renoveringar samt för genomföringar mellan brandceller.

Studien baserades på en uppskattning av vilken nivå av brandmotstånd som de äldre bjälklagskonstruktionerna hade genom bedömningar baserade på provningar beskrivna i litteratur samt underlag som användes för det generella godkännande av bjälklagskonstruktioner som då fanns i Planverkets Godkännandelista kap 2.2 (Månsson, 1987). Baserat på studien publicerades 1989 handboken *Brandmotstånd och ljudisolering i gamla hus med träbjälklag* av Byggeforskningsrådet för att bedöma det byggnadstekniska utgångsläget i äldre byggnader när de skulle renoveras (Bodlund & Månsson, 1989).

5.2 Innerväggar

Det finns ofta luftspalter mellan väggpanelen och den bärande stommen. Likaså bakom interiörer av puts då de kan vara putsade på en spräckpanel på läkt. Dessa konstruktioner ska ha förvärrat bränder i England (Kincaid, 2018). Att dela av även dessa luftspalter har därför gjorts vid restaureringar och återuppbyggnader. Det är lättare att åstadkomma med träpaneler än putsade ytor där det främst kan åtgärdas utan påverkan vid golv och tak.

5.3 Dörrar och trapphus

En återkommande svag länk i brandavskiljande konstruktioner i befintliga hus är dörrarna (Phillips, 2010). Särskilt om de ska gränsa till utrymningsvägar eller är en del av brandcellsindelningen. Osäkerheten består i att man inte vet vilket brandmotstånd den enskilda dörren och dess montering har och att det är svårt att både bedöma och beräkna brandklass på befintliga dörrar (Ovesson, 2011). Om en byggnad har dörrar som bedöms ha kulturvärden kan man behöva utvärdera om brandcellgränsen kan flyttas (Fällman & Hansing, 1997).

Dörrar i brandcellsgränser ska normalt vara stängda. Om det ej fungerar med verksamheten i byggnaden ska de vara försedda med dörrstängare som stänger dem vid brandlarm (Cooke, 2003; Fällman & Hansing, 1997). I äldre tradition var entrédörrar inåtgående. Det står idag i konflikt med kraven på att dörrar i utrymningsväg ska vara utåtgående (Ovesson, 2011). Dörrstängare finns som både kan monteras på sidan eller ovanpå dörren. Exempel finns också på att de monterats på dörrens undersida när dörrens övre del har en välvd form.

I en litteraturstudie utförd av Jensen et al. (2007) utvärderas brandsäkerheten i trapphus i murade flerfamiljshus, uppförda åren 1870-1920, på uppdrag av norska Riksantikvaren. Litteratur undersöktes med syftet att fastslå trapphusens betydelse i brandförlopp för att kunna föreslå vilka modifieringar som kunde vara både funktionella och varsamma. De finner i litteraturen ej stöd för att trapphusen skulle vara en så svag länk i brandskyddet som det generellt uppfattas. Istället dras slutsatsen att om två trapphus finns i huset, med tillträde från lägenheterna, så är personsäkerheten tillgodosedd och om de är i bra skick och har brandvarningssystem så behöver de ej modifieras. Däremot skulle inte ens gipsinklädning och byte av dörrar till EI₂ 60 (EI 60) eller uppgradering av gamla dörrar samt brandlarm ge tillräckligt personskydd om det bara finns ett trapphus. (EI₂ 60 innebär att dörren uppfyller kraven för integritet (E – täthet mot lågor, glipor och heta gaser) och kraven på isolering (I – att dörrens icke exponerade yta inte blir för varm) under 60 minuter vid en standardiserad brandprovning. Förf. anm.). Sprinkler kan förbättra situationen men inte ersätta kravet på dubbla utrymningsvägar. Vidare gör Jensen et al. (2006) en grundlig genomgång av de sju referenser de bygger sina slutsatser på. I Norge instiftades 1895 en Trapplag som gjorde att det på befintliga murade flerbostadshus byggdes balkonger längs hela fasaden som både fungerar som utrymningsvägar, där ibland flera olika trapphus kunde nås, samtidigt som avsatserna längs fasaderna hindrar spridning mellan fönstren i höjddled (Jensen et al., 2006).

Wedvik (2018) har undersökt vilka typer av kulturhistoriska värden som dörrar i trapphus från stenstädernas kvarter i Oslo, från perioden 1860–1920, kan ha samt hur väl de tillgodoses med de metoder som finns i Norge för att öka dörrars brandmotstånd. För att utveckla sin värderingsmodell har hon använt sig av tre svenska publikationer om trapphus och deras förändringar (Antell et al 1996; Johansson 1995; Paues 1990).

De värderingsgrunder som används för att göra den kulturhistoriska bedömningen av dörrarna är:

- Kunskapsvärde vilket omfattar arkitekturhistoriskt värde och historiskt källvärde;
- Upplevelsevärde vilket omfattar estetiskt värde och identitetsvärde;
- Bruksvärde vilket omfattar ekonomiskt värde och livscykelvärde.

Då ingen av metoderna hon utvärderar medger att alla värderingsgrunder för det kulturhistoriska värdet tillgodoses blir slutsatsen att man måste veta vilket värde som är viktigast att bevara och välja metoder därefter. Wedvik konstaterar också att det är en utmaning att hitta goda lösningar som tillgodoser både brandkrav och antikvariska krav och som inte är resurskrävande. Undersökningen visar också på problemet för fastighetsägare att hitta brandskyddskonsulter, antikvarier och hantverkare som kan ta fram högkvalitativa lösningar för den här typen av projekt.

Förstärkande åtgärder av äldre dörrar finns det ett antal metoder för, men att bevara originaldörrar kan däremot vara svårt om de inte är breda nog ur utrymningssynpunkt (Ovesson, 2011). Läs mer i kapitlet om utrymning.

Från de senaste 50 åren finns artiklar och rapporter med exempel på metoder på hur man kan behålla befintliga trädörrar genom att göra olika förstärkande åtgärder (English heritage, 1997; Fällman & Hansing, 1997; Jensen, 2006; Pickard, 1994b; Walmerdal & Werling, 2000; Wedvik & Storesund, 2020). I det här kapitlet redogörs för flera av dem. Forskning och andra undersökningar visar å ena sidan att befintliga dörrar kan erbjuda visst brandmotstånd och att man med förstärkande åtgärder kan förbättra befintliga dörrar så att de till och med kan bli säkrare än moderna dörrar på marknaden (Phillips, 2010). Samtidigt finns försök som visar att dörrar som förbättrats enligt gällande föreskrifter trots det inte uppfyller dagens krav (Wedvik & Storesund, 2020).

Den mest vedertagna metoden att förbättra dörrars brandklass är att klä in dem med ett skivmaterial. Metoden beskrivs i en stor del av litteraturen med exempel från i första hand Australien, Storbritannien, Norge och Sverige (Cooke, 2003, Little, 1967, Ovesson, 2011; Phillips, 2010; Wedvik & Storesund, 2020; m fl). Det äldsta exempel som återfunnits är från 1967. Fibercementskivor är att föredra då de är lättare än spånskivor (Ovesson, 2011) och obrännbara (Förf. anmärkning). Little (1967) beskriver en vedertagen metod att använda asbestsskivor för att förstärka befintliga trädörrar och paneler. Man bör vara medveten om den tidigare användningen av asbestsskivor när man stöter på äldre brandskyddsförbättringar från 1900-talet. Metoden anses generellt tillämpbar på trädörrar som ej har lister eller dekorationer som sticker ut från ytan. På senare år har dock kritik mot metoden lyfts fram då den inte anses tillvarata byggnadernas arkitektoniska och kulturhistoriska kvaliteter då glasrutor i dörrar och överljusfönster också täckts in (Wedvik & Storesund, 2020), vilket medför en påtagligt förändrad upplevelse av trapphuset eller lägenheten då dagsljuset inte längre kommer in.

Cooke (2003) redogör för ett antal försök som gjorts i England på äldre dörrtyper; plankdörrar, ramverksdörrar, dörrar med och utan glasruta samt ramverksdörrar av mahogny. Försök har även gjorts för att undersöka om dörrarna kan tas isär för att montera dolda förstärkningar i

konstruktionen samt hur svällande brandtättningsband kan användas på dörrarnas kanter och tunnare delar för att förbättra brandskyddet. UK BRE Digest 220 anger hur man ska ta sig an trädörrar.

Vid brand påverkas dörrar så att träytan som är vänd mot branden drar ihop sig vilket gör att dörren böjer sig (Cooke, 2003). Hur mycket den böjs beror på konstruktionens tjocklek och årsringsorienteringen i träet samt hur gångjärn och regler är infästa. Eftersom värmen kommer att vara högst på dörrbladets övre del, kommer den delen att böja sig mest och släppa från överdelen av karmen. De varma brandgaser som då strömmar genom öppningen kommer att få karmen att förkolna.

På en ramverksdörr, ibland benämnd spegeldörr, är kontaktytan mellan fyllningen och ramen den svagaste punkten då det här är minst trätjocklek samt små springor som medger ett luftflöde genom dörren (Cooke, 2003). Anslutningen är oftast konstruerat så att fyllningen smalnar av till en fjäder som går in i ett notspår eller spikats fast med lister (Cooke, 2003; English Heritage 1997; Karlsson 2013). Till följd av att den varma brandgasen i ett rum stiger så är denna kontaktyta på den övre delen av dörren dess svagaste zon. Om dörrbladets fyllning är en glasruta finns en risk att strålningsvärmen genom glasrutan antänder brännbart material på andra sidan dörren från branden sett (Cooke, 2003). Glasskivor i dörrar är den absolut svagaste delen i brandskyddet både vad gäller läckage av rök och brandmotstånd. Även åtgärdade dörrar har visat sig läcka rök vid brandprovning (Wedvik & Storesund, 2020).

Trä förkolnar enlighet med ISO 834, med 0,8 mm/min, även om det skiljer sig för olika träslag (Ovesson, 2011). Se vidare kapitlet om byggmaterial. För en tunn träfyllning innebär det att materialet relativt snabbt förbrukas. Följden blir att hela fyllningen i ett dörrblad kan lossna (Cooke, 2003). Cooke (2003) och English Heritage (1997) redogör för olika sätt att förstärka dessa konstruktioner. Den vanligaste metoden är att montera ett skivmaterial av obrännbart material på den sida av dörren som förväntas bli exponerad av en brand. Dörrens extra vikt kan medföra att man behöver byta eller lägga till gångjärn. Det är en enkel och billig metod som dock kan vara svår att använda i kulturhistoriskt värdefulla byggnader om den påverkar upplevelsen av ett rum eller om dörren har bevarandevärda ytskikt. Att förstärka dörren med brandskyddsglas kan vara ett alternativ om båda sidor ska synas, det ger dock inte samma skydd som en skiva. Metallbeslag, låskistor och handtag kan leda värme genom dörrkonstruktionen och göra att förbränningshastigheten ökar (Ovesson, 2011).

En annan metod för att stärka fyllningens konstruktion är att fälla in ett plåtbleck i fyllningens fasadedel (Cooke, 2003). Detta bidrar dock inte till att dörrens brandisolerande förmåga stärks utan enbart att konstruktionen håller samman längre vid brand. Metoden förordas för massiva och omålade trädörrar då den förutsätter en total demontering och återmontering av dörren vilket är svårt att göra utan att skada målade ytskikt. Det skulle därför kunna vara ett alternativ för i första hand dörrar som ska genomgå ommålning.

Att montera svällande brandtättningsband på karm och dörrblad är också en vanlig metod för att förstärka brandskyddet. Brandtättningsbandet kan fräsas in i karmen eller dörrbladet och fräsdjupet bör vara ca 0,5 mm djupare än dess tjocklek. Det är viktigt att monteringen tar hänsyn till att dörrbladet kan komma att böja sig och slå sig vid brand Cooke (2003). Svällande brandtättningsband runt kanterna stoppar flödet av varma brandgaser (eftersom tättningsbanden expanderar av värmen) men förhindrar inte spridning av sval rök (Cooke, 2003). Även röken kan orsaka stor skada på en historisk byggnad och svällande brandtättningsband bör därför kompletteras (om det är praktiskt möjligt) med tättningslister som stoppar kall rök (Cooke, 2003; Fällman & Hansing, 1997).

Dörrspringan bör inte vara bredare än 3 mm. Cooke redogör också för hur svällister bör monteras på en svängdörr med två dörrblad som möts.

English Heritage har i en rapport om att uppgradera brandsäkerheten beskrivit flera olika sätt att tätta ramverkskonstruktionernas sammanfogningar och mötet mellan karm och dörrblad. Exempelvis med brandskyddspasta (eng. intumescent paste) och värmetåliga limmer i träsammanfogningarna samt genom att klä in med skivmaterial eller brandskyddande papper (English heritage, 1997). Här återfinns också ett exempel på hur hela spegeln i ett dörrblad kan bytas till en fibercementskiva och andra material. För att bedöma behovet av att uppgradera dörrarnas brandklass, vad gäller brand och rök, kan den matris som utvecklats av English Heritage/Historic England användas (Kincaid 2018). Det finns många sätt att uppgradera på men flera av de metoder som beskrivs kräver omfattande ingrepp i dörrbladet. Ett alternativ är att helt enkelt spara originaldörren orörd, magasinera den i byggnaden och låta tillverka en brandsäker kopia som ersätter originaldörren.

I Ovesson (2011) redovisas resultatet av två brandprovningar av befintliga dörrar. Dels Walmerdal och Werling (2000) samt Cembrit (2009) (vilken ej återfunnits förf. anm.). Även i Wedvik & Storesund (2020) refereras till den först nämnda undersökningen som det enda svenska försök som identifierats. Rapporten redogör för ett försök med två dörrar, en i originalskick och en i modifierat skick med brandskyddsfärg som provats i ett brandrum. Brandkällan är placerad på golvet i detta rum. Metoden gör provningen svår att utvärdera (Wedvik & Storesund, 2020) men slutsatsen är att brandskyddsfärg bör ha haft fördröjande effekt på genombrinningen eftersom det sker på olika ställen på de två dörrarna. Ovesson (2011) återger att provningen visar på att en 40–45 mm tjock trädörr har ett brandmotstånd på minst 30 minuter, medans 18-22 mm, vilket avser dörrens speglar, har 15 minuters brandmotstånd och falsen, som är så tunn som mellan 6-12 mm, endast 5-10 minuter. I Walmerdal och Werlings (2000) försök fick den dörr som hade träfyllningstjockleken 9 mm och som behandlats med både linoljefärg och brandskyddsfärg den längsta brandmotståndstiden (28 minuter). Vid granskning av bilderna i rapporten från försöket av Walmerdal och Werling (2000) framgår tydligt att dörrfyllningarnas limfogar gått isär, sannolikt då träet böjt sig pga. värmebelastningen, och att genombrinningen där är omfattande. I handledningen från English Heritage (1997) anges att fyllningar ska tas isär och att limmet (ofta pärllim/animaliska limmer förf. anm.) ska ersättas med brandhårdiga limmer. Denna typ av modifiering av en originaldörr får anses som väldigt omfattande då alla originalfärgskikt samt lim och eventuellt verktyg- och påmärkningsspår sannolikt skulle avlägsnas.

I Wedvik & Storesund (2020) redogörs för ytterligare dörrförsök. Det konstateras att enbart några få norska undersökningar har publicerats. Från Sverige har de fått information om att faktiska provningar är väldigt ovanliga. Istället utförs analytiska dimensioneringar av dörrar utifrån uppskattad brandsäkerhet av befintliga dörrar samt med förstärkande brandskyddsfärg.

De dörrprovningar som redovisas av Wedvik & Storesund (2020) är:

I Brannteknisk prøving av en original trapperomsdør med trådglass fra en 1890-gård / eldre murgård i henhold til NS 3907 (Norsk Standard 1977) Här provades en originaldörr från 1890-talet och resultatet visade att rök tog sig igenom vid glasrutorna efter 30 sekunder och efter 90 sekunder observerades mycket rök runt hela dörren. Det gamla glaset sprack och därefter observerades flammor. Efter 23 minuter kollapsade dörren.

För kandidatuppsatsen *Føringer for å anslå brannmotstand på gamle trefyllingsdører* provades två dörrar med karmar monterade i en gipsvägg enligt provningsstandarden NS 3907 (Vik 2006). Den ena dörren hade försetts med expanderande tätlistor i frästa spår i dörrbladet, med gummitätning på dörrkarmen, brandskyddsfärg på två av de fyra dörrbladen och på de andra två 0,9 mm plåt med

keramisk isolering under, i urtagen för låskistan på dörren. I öppningen mellan plåten och karmarna monterades en svällist av värmeexpanderande typ. Den andra dörren provades utan åtgärder. Provingen visade att båda dörrarna tidigt läckte rök. Bara den förbättrade dörren klarade 30 minuters E-krav dvs ingen genombrinning skedde inom 30 minuter.

Värmekamerabilder visade att uppgraderingen med plåt och keramisk isolering gav bättre värmskydd än brandskyddsfärg. Bilderna indikerar att brandskyddsfärg skyddar dörren något från värmestrålning.

Brannteknisk prøving av tofløya tredør i vegg av gassbetong: beskriver ett försök med en dubbeldörr av trä med överljus i en lättbetongvägg från sent 1800-tal provad enligt NS EN 1634-1 (Olofsson 2019). Dörren var förbättrad enligt råden från Oslo kommun från 2015. Detta inkluderade ett fräst spår i karmen för en tätlist, brandskyddsfärg på alla inåtgående ytor och kanter (två lager brandskyddande akrylfärg täckt med två lager inomhusfärg) och montering av brandtätande tätlist. Brandskyddsglas (E 30) installerades av misstag istället för det angivna EI 30-klassade glaset. Provet visade att rök tog sig genom dörrens överkant efter 30 sekunder. Dörrens konstruktion gav vika efter 9 minuter och isoleringen efter 2 minuter (då medeltemperaturen på den icke exponerade dörrytan överskred 140 °C). Glasrutorna verkar vara svagheter.

En av de huvudsakliga utmaningar som identifieras i rapporten av Wedvik & Storesund (2020) är hur omfattande åtgärder som faktiskt krävs utifrån regelverket. Som beräkningarna i Dyrseths (2014) masteruppsats visar så skulle inte EI 30 klassade dörrar ens behöva vara lagkrav i kulturbyggnader för att uppnå utrymningstiden. Åtgärderna i byggnaden bör i först hand vara brandlarm, dörrstängare och röklister. Dyrseths (2014) jämförelse utgår från en kostnad- och riskberäkning baserad på risken för dödliga bränder s.k. FAR-value (The fatal incident rate), vilket beskriver det förväntade antalet dödsfall per 100 miljoner timmar av exponering i en viss typ av rum/byggnad för att beräkna rimligheten i vilken omfattning en byggnad behöver uppgraderas. Dyrseths uppsats tar fasta på att det i byggnadslagstiftningen anges att brandskyddet ska förbättras om det inte innebär en orimlig arbetsinsats ur byggnadsteknisk eller ekonomisk synpunkt.

Wedvik & Storesund (2020) sammanfattar att originalträddörrar har svagheter vad gäller kravet på EI30, även om det finns åtgärder att vidta för att förbättra dem. Ett fåtal av dessa åtgärder är utvärderade i fullskaleförsök. Eftersom det oftast rör sig om en kombination av åtgärder är det också svårt att utvärdera vilken enskild åtgärd som har störst effekt. De föreslår ett antal punkter i framtida råd för brandskydd av trapphusdörrar:

- Brandskyddsglas bör utredas om de placeras ovanpå befintlig konstruktion eller om befintligt glas ersätts med det.
- Inklädning med skivmaterial förordas då det kan vara en reversibel åtgärd om den utförs anpassat och med kunskap om utformning och kulturhistoriska värden.
- Brandskyddsfärg bör i första hand användas på en trädörrens tunnaste partier och enbart på den sida som bedöms kunna utsättas för brand. Metoder för att säkerställa tjockleken på färgskikten måste tillämpas.
- Röklister måste användas och provas ut då rökläckage är en stor risk för dessa dörrar.

De förordar också fullskaleförsök med alla planerade lösningar innan de genomförs och pekar på ett antal andra metoder som beskrivs i litteraturen och borde kunna provas och utvärderas mer.

6 Vindar och yttertak

Den horisontella spridningen riskerar också att ske på vindarna (Kincaid, 2018). Dels för att brandcellsindelning kan saknas men också för att det inte sällan förvaras brännbart material på vinden. En annan försvårande omständighet är att taklagen kan finnas i flera lager. Dvs. att äldre takkonstruktioner finns kvar under den nutida på hela byggnaden eller delar av den. Det förhindrar brandbekämpningen från utsidan och är svårt att förstå eller förutse vid släckningsarbete.

Blyplåttak kan också i sig själva lagra mycket värme, då de är gjord av tjockt gods, och vara svåra att kyla ner (Kincaid, 2018). Det bidrar till brandens intensitet och försvårar släckning. Exempel finns på hur man lyckosamt under brandsläckningsinsats medvetet har (om än med svårighet) ventilerat tak för att få ner temperaturerna (Hampton Court Palace). Vid restaureringen efter branden installerades brandgasluckor för att förebygga problemet i framtiden.

6.1 Fasader och takfot/takutsprång

Fasadmaterial kan medverka till spridning både i den enskilda byggnaden och till omkringliggande byggnader (Wikberg & Johansson, 2007). Se även kapitel om spridning av brand till byggnad. Därför är fasadmaterial och fasadens konstruktion runt fönstren, samt avstånd mellan ovan- och underliggande fönster och avstånd till fönster i angränsande byggnader, viktiga parametrar. Vanligt fönsterglas kan inte anses ha något egentligt motstånd mot brand. Utformning av takfoten kan också bidra till snabb brandspridning. Ventilationsöppningar i takfot gör att brand snabbt kan ta sig till vinden. Särskilt över fönster eller liknande öppningar.

Jensen och Staurheim (2018) tar i en skrift från norska KA och konsultfirman COWI upp ett antal vanliga konstruktionstyper av kyrkoväggar (från 1600-talet till 1900-talet) samt konkreta exempel. Skriften utgår från brandförloppet i ett antal äldre kyrkor och identifierar risker i konstruktionerna samt föreslår hur dessa kan åtgärdas för att förbättra det passiva brandskyddet. Det konstateras att många konstruktioner är ombyggda och modifierade under århundradena. Därför måste varje kyrka undersökas och värderas för sig. Konstruktionens uppbyggnad måste beskrivas utifrån den ursprungliga konstruktionens verkningssätt tillsammans med förändringar och modifieringar som gjorts genom åren. Det måste särskilt beskrivas hur den byggnadstekniska utformningen av takfot och takutsprång ser ut samt hur den ansluter vid ytterväggen. Det kan vara svårt att förstå utan att demontera panelbrädor. Typ av ytterpanel och eventuell invändig panel, samt ytbehandlingar beskrivs också.

Det finns flera exempel när fasadbränder snabbt spridit sig upp till takfoten och genom den in på vinden eller tornet. Väl där blir byggnaden ofta snabbt övertänd och totalförstörs eller får omfattande skador (Jensen & Staurheim, 2018).

Liggtimmerstommar har ofta panel av tätvuxet virke som är spikat direkt på stommen utan luftspalt (Jensen & Staurheim, 2018). Hålrums kan finnas bakom panelen till följd av att väggen bakom är oregelbunden. Ibland har en del av väggen bakom "jämnats ut" med hjälp av kilar eller läkt som skapar luftfickor. Spontade paneler är nästan alltid monterade mot väggen på läkt eller regler (Jensen & Staurheim, 2018). Luftspalten är generellt mellan 18-54 mm (beroende på om panelen är liggande eller stående) och behövs för att ventileras bort fukt från konstruktionen. Det är öppet i botten och i överkant på panelen så att det kan luftas bakom den. Luftspalter mellan panel och vägg kan också ha uppstått till följd av att byggnaden över åren fått sättningar.

Det finns ökad risk för utväldig brandspridning med nyare paneler, vilka är tunnare och har hyvlade profiler som på vissa delar gör dem ännu tunnare. Bristfälligt underhåll bidrar dessutom till sprickor och glipor (Jensen & Staurheim, 2018). Grövre dimensioner av paneler, som ofta återfinns i äldre

kyrkor, håller sig formstabila längre vid värmepåkänning och är ofta mer välbevarade och har färre sprickor. De är ofta tätare hopspikade och har tjocka lager med färg som täcker skarvar och ger därmed ger bättre motstånd mot antändning. Glatta och hårda ytor antänds inte så lätt. Läs mer i kap 3, traditionella, åldrande och skadade material, om simuleringar på åldrat trä och deras risk för antändning vid blixtnedslag.

När en brand väl fått fäste i fasaden bränner den snabbt bort både färg och brandskyddsfärg (Jensen & Staurheim, 2018). Därför är det viktigast att täta springor och glipor så att gnistor eller flammor inte kan komma in i väggen. Tätning kan ske med linoljekitt eller brandfogningsmassa.

Brand som får fäste bakom en panel, från syllan, brinner med en hastighet om 2-8 meter per minut (Jensen & Staurheim, 2018). Brandförloppet är inte helt känt, men brandförsök visar att vid brand i en luftad panel så sträcker sig branden på panelens baksida 5-10 gånger högre upp än på framsidan under samma tidsperiod. Detta fenomen uppstår oavsett om materialet bakom panelen är brännbart eller inte. Fenomenet tros bero på att den syrefattiga miljön bakom panelen gör att oförbrända brandgaser stiger och möter syre uppifrån. När branden sedan kommer ut och möter syre ovanför panelens kant blir det som en ny kraftig antändning. Om en sådan kraftig brand utvecklas under takfoten sprids den lätt in på vinden om takfoten är ventilerad. Även om takfoten är tät har man i norska försök visat att den delaminering som sker av den höga värmen får luftspringor att skapas in på vinden. På 5-15 minuter har takfoten bränts igenom.

Takfoten och takutsprånget är därför de byggnadsdelar som kan utsättas för hårdast brandpåkänning (Jensen & Staurheim, 2018). Det finns luftventiler för takfötter med momentant brandstopp. Jensen och Staurheim (2018) hänvisar till tre studier som tydligt visar att det inte är tillräckligt med värmestyrd luckstängare, framförallt eftersom de flammor som uppstår under takfoten medför en väldigt snabb temperaturstegring: Norsk Teknisk Godkjenning 2405 (SINTEF Byggforsk), Brandsäkra Trähus Versjon 3, samt rapporten Addressing Fire Risks of Air Transfer Openings.

Jensen och Staurheim (2018) beskriver ett antal faktorer som är viktiga för att i ett tidigt skede förebygga snabb spridning i fasader och framförallt genombränning av konstruktionens olika delar. I hus med bärande stommar och yttskikt av trä förordas att man ska fokusera det passiva brandskyddet genom att säkerställa att paneler och träinklädningar är så täta som möjligt för gnistor och flammor samt att förhindra att luftfickor och otätheter medger att brand sprids bakom och in i konstruktionen.

Tre principer för passiv brandsäkring av utvändig och invändig panel anges:

1. Ju längre genombrinningstid panelen har desto enklare sprinklersystem krävs.
2. Om panelen har väldigt kort genombrinningstid och räddningstjänsten har en lång insatstid krävs ett väldigt bra sprinklersystem.
3. Om panelen har lång genombrinningstid och räddningstjänsten har kort insatstid kan det medge att inget sprinklersystem behöver installeras.

Därefter följer ett antal anvisningar för utvändiga och invändiga paneler samt uppskattad tid de klarar att stå emot brand (Jensen & Staurheim, 2018). Panelens tjocklek, om den är spontad, om den har sprickor samt placering av infästningar är det som avgör dess förmåga att motstå brand. Ett sätt att uppgradera träpaneler är att se över deras infästning och eventuellt komplettera eller byta den till skruv. Även takfoten och takutsprång kan förbättras genom att den "förtjockas" med ett ytterligare lager panel eller förses med extra läkt ovanpå samt förstärkt infästning med skruvar.

Därefter föreslås att antal sätt att göra modifieringar i existerande paneler med så liten åverkan som möjligt. Främsta åtgärden är att alltid försöka "brandtäta" över och underkanter på paneler, vattbrädor och lister samt runt andra öppningar när tillfälle ges. Smala springor tätas med brandfogningsmassa eller linoljekitt och i större luftspalter används horisontala ventilerade brandstopp vilket exempelvis kan vara en mjuklist av metalltråd, vilka finns med en diameter på 12 mm eller 20 mm (Jensen & Staurheim, 2018).

7 Byggmaterial och ytskikt

Det är extra viktigt att motverka snabb brandspridning i början av en brand. Då är det viktigt att ytskikt och beklädnader inte bidrar till att branden utvecklar värme och gaser. Det finns också krav på att antändning av underliggande material ska fördröjas så länge det går (Fällman & Hansing, 1997). Då kulturhistoriska värden i en byggnad i huvudsak återfinns i dess material och inte sällan i ytskikten, uppstår här ofta en målkonflikt vid anpassningen till samtida brandskyddskrav.

I ett brandskyddssammanhang kan byggmaterial i kulturhistoriskt värdefulla byggnader lyftas ur olika aspekter. Dels som befintliga historiska ytskikt och konstruktioner som behöver lämnas orörda då de är värdefulla ur kulturhistorisk synpunkt. Dels som material som behöver förstås utifrån ett brandtekniskt perspektiv för att kunna uppskatta deras förmåga att förhindra utveckling av brand, gasbildning samt antändning av underliggande material. Och den tredje aspekten är kunskapen om materialen som sådana för att kunna underhålla, förstärka och förbättra dem med ett för en byggnad redan existerande, känt och beprövat material.

I en förstudie som genomförd av norska NIKU har användning av textil som brandskydd kartlagts på ett brett sätt i Norge, Sverige, Danmark, England och Skottland (Jernæs, 2020). De konstaterar att kunskapsfältet är dåligt kartlagt men att det finns många exempel på användning av textil både som avskiljande väggar i brandcellsindelning och som direkt skydd mot skador från brand- och vatten i byggnader. Ett antal belägg att byggnader vid stadsbränder täckts exteriört, trätak och fasad, med textil för att förhindra brandspridning har också identifierats.

7.1 Brandskydd

Ytskikten i en byggnad påverkar branden i ett tidigt skede och har stor inverkan på brandförloppet. Karaktären på ytskiktet, var i rummet det sitter samt rummets storlek spelar in. Ju mindre rum desto större påverkan har ytskiktets material. Vilka ytskiktskrav som finns i respektive rum är relaterat till användning av byggnaden och dess funktion. Sedan är det också beroende av vilken funktion den specifika väggen, taket eller golvet har i relation till brandcellsindelningen. Dimensioneringen av brandskyddet görs sedan genom en förenklad eller analytisk dimensionering beroende på objektets komplexitet.

Ytskikt definieras som byggnadsdelens eller ett byggmaterials yttersta del eller beklädnad vilka tidigt blir påverkade i händelse av brand. Ytskikten i taket och långt upp i ett rum påverkas först eftersom värmen från en brand stiger (Jönsson, et al., 2005 i Ovesson, 2011). Kraven på ytskikt och beklädnader ska säkerställa säker utrymning. Brandskyddstekniska krav beskrivs med olika klassbeteckningar och klassificeringar för byggnadsmaterial (Ovesson 2011). Idag är Sverige anslutet till ett europeiskt system kallat Euroklass.

Ytskikt undersöks utifrån lättantändlighet, värmeutveckling, flamspridning, bildning av brinnande delar och droppar samt rökproduktion (Steen-Hanssen & Kristoffersen, 2007) vilket i Boverkets byggregler, från 1994, beskrivs med beteckningar för brandmotstånd (Fällman & Hansing, 1997). Det finns sju huvudklasser för ytskiktens värmeutvecklingsegenskaper: A1, A2, B, C, D, E och F. Därutöver

finns klassificering för rökutveckling (s1-s3) och brinnande droppar/partiklar (d0-d2). Respektive klassning har standardiserade provningsmetoder för att identifiera ytskiktets egenskaper.

Ovesson (2011) anger att det idag inte finns någon metod för funktionsbaserad dimensionering för att beräkna ytskiktets bidrag vid brand då det är så komplicerat. Därför måste prover göras för att klassificera de ytskikt som det inte finns klasser för. Exempelvis så har EU-kommissionen bestämt att trä över en viss densitet och med en viss tjocklek kan klassas som D-s2, d0 utan provning. (Klassningen D innebär värmeutvecklingsegenskaper motsvarande homogent trä, s2 motsvarar en normal grad av rökutveckling och d0 att inga brinnande droppar/partiklar bildas vid en standardiserad provning enligt EN 13823. Förf. anm.). För målad panel finns inte något fastslagen klassning.

7.2 Material och ytskikt i historiska byggnader

Forskning om bevarande av kulturhistoriskt värdefulla ytskikt samt konservering av dem är ett eget forskningsfält inom konserveringsvetenskap kallat Architectural paint research/ Architectural finishes research (APR/AFR). Sedan 2021 finns en europeisk standard för undersökning och dokumentation av ytskikt i byggt kulturarv (SS-EN 17543:2021).

Senare års bebyggelsehistoriska forskning har i flera fall baserats på den kunskap som kan utläsas av ytorna i träbyggnader och konstruktioner. Det är spår från påmärkning, infästning och verktygsspår på byggnadsdelar i framför allt kyrkor och klockstaplar som kan användas som historiska källor (Almevik & Melin, 2015; Gullbrandsson, 2020; Gullbrandsson, 2021; Hallgren et al, 2014). Men också genom att undersöka allmogebyggnader eller specifika byggnadsdelar så som dörrar har ny kunskap utvecklats (Almevik, 2012; Andersson, 2016; Karlsson, 2017). Avhandlingen *Byggnaden som kunskapskälla* är en metodstudie där kunskapen att tolka spår i byggnaden beskrivs och deras värde som historiskt källmaterial tydligt illustreras (Almevik, 2012). Det är i historiska byggnaders autentiska material, ytor och ytskikt som ledtrådarna till denna nya kunskap om dem och samhället de tillkom i finns. En aldrig så välgjord kopia kan någonsin förse oss med motsvarande kunskap eller undersökningsmaterial.

Då dessa spår återfinns i fullt fungerande byggnader som också ska uppfylla moderna krav på säkerhet och funktion kan i sig innebära målkonflikter och ett antal medeltida takkonstruktioner i kyrkor har "installationssanerats" under senare år. Det finns exempel på skador på medeltida konstruktionstimmer med skarpa kanter när rör och liknande dragits ovarsamt över dem vid arbeten på vindarna, sannolikt till följd av okunskap om vilken typ av byggnad som dessa installationer gjorts i och att de behöver utföras annorlunda än i andra byggnader (Gullbrandsson & Hallgren, 2017; Melin, 2020).

7.3 Traditionella byggmaterial och metoder

Byggnader från äldre tider har ofta byggts med material som tillverkats och anpassats av hantverkaren för den specifika byggnaden och platsen de återfinns på. En del av det vi idag kallar traditionell hantverkskunskap handlar just om kunskapen att processa ett från början heterogent naturmaterial och anpassa det för att uppnå ett visst resultat (Eriksson, 2019; Källbom, 2021). Dessa metoder har varierat genom historien och beroende på var i landet man befunnit sig, vilket gör att samma problem har lösts på många olika sätt. Det gör att det inte funnits *ett* sätt eller någon *produkt* i modern mening som används i byggandet. Vilket i sin tur innebär utmaningar i relation till samtidens ingenjörsmässiga byggkultur, vilken till stor del bygger på användandet av märkningar, provningar och standardiserade processer för att få fram likvärdiga produkter och konstruktionslösningar, vilka sedan appliceras eller monteras på ett specifikt sätt.

Ofta uppstår behovet av att använda traditionella byggmaterial och metoder efter exempelvis en brand där hela eller delar av den äldre byggnaden förstörts. Som tidigare lyfts så innebär funktionskravet i Boverkets byggregler möjlighet att på olika sätt uppnå de byggtekniska lagkraven. Problemet verkar dock ofta vara att kunskapen om hur man går tillväga för att prova olika lösningar är låg, likaså de ekonomiska möjligheterna i enskilda projekt, samt att hjulet måste uppfinns om och om igen då resultaten av olika provningar inte finns samlade eller publicerade på något bra sätt. Pickard (1994b) framhåller också att om kunskapen om dessa materials brandegenskaper ökar skulle de kunna användas för att förstärka och förbättra ett befintligt brandskydd, med ett för en byggnad redan existerande, känt och beprövat material (Pickard, 1994a).

Samtidigt finns en mängd europeiska exempel på typgodkännande och standarder för traditionella byggmaterial att ta del av för den som letar noga och länge. Många traditionella material har utvecklats till moderna byggmaterial för nyproduktion och provats och godkänts i andra länder. Två tydliga exempel på denna typ av byggmaterial är lera med svass eller halm. Det är material som historiskt använts som byggmaterial i hela Sverige (Melin, 2009; Melin, 2021; Palmgren, 2003; Werne, 1993). Lerbruk används i dag främst vid om- och nysättning av kakelugnar, eldstäder och murstockar men har traditionellt varit en integrerad del av timmerhuskulturen som en lerklining som lufttätade för drag på insidan av timmerstommen i de bostadsrum som används vintertid. Den har dessutom slätat ut väggytan och gjort den möjlig att dekorera med färg eller tapeter. Även utvändigt var lerklining den material som putsades med direkt på timret för att bära ytputsen som var av kalkbruk. Den här typen av fasaduppbyggnad är än idag en väldigt vanlig typ som återfinns på den äldre träbebyggelsen i många stadskärnor.

I ett pågående doktorandprojekt vid Tallinns tekniska universitet undersöks hur träbaserade kompositkonstruktioner med naturlig puts fungerar vid höga temperaturer och ett flertal artiklar om ler- och kalkputs på timmer har publicerats (Liblik, 2020).

I tyska standards återfinns material och tekniker som också återfinns i äldre svenska byggnader. Enligt den tyska normen är lera klassat som icke antändningsbart material (non-combustible) i klass A1 enligt DIN 4102-1 1998. Försök med lerputs (lermineral som bindemedel och sand som ballast) visar att brandmotståndet är beroende av tjockleken på putsen. 15–20 mm ansågs vara optimalt.

Den tyska byggnormen har också klassningar för korsvirkeshus med fackverksfyllnad och golvfyllnad av lermaterial som innebär att konstruktionen är godkänd utan extra provning enligt standarden DIN 4102-4 1994 (Volhard 2016, Röhlen & Ziegert 2020). Röhlen & Ziegert (2020) hänvisar till WTA:s tekniska information som på sin anvisning Merkblatt 8-12-04/D Brandschutz bei Fachwerkgebäuden redogör för att brandprov på en korsvirkesvägg med puts på båda sidorna.

Stråtak är ett samlingsnamn för tak som huvudsakligen tillverkas av vass eller halmstrån. Det är en tradition som Sverige delar med stora delar av övriga världen. I den internationella stråtaktäckarföreningen är frågan om takmaterialets antändlighet och hur det ska förbättras på agendan sedan länge. Exempel från Japan finns där man istället för att åtgärda enskilda byggnader har installerat sprinklersystem i byar som är skyddade av UNESCO som världsarv (Ishikawa, 2018).

7.4 Brandskyddsfärger

Det finns två typer av brandskyddsfärger som kan vara aktuella i kulturbyggnader. Färger som förändrar ytegenskaperna hos material så att antändnings- och brandspridningsrisken på ytor minskas och färger som ökar brandmotståndet hos konstruktionsdelar såsom t.ex. bärande balkar och dörrar. Brandskyddsfärger som ändrar ytegenskaperna kallas ibland flamskyddsfärger och flamskyddslacker. Med dessa färger och lacker kan man behandla trätytor för att uppnå ytskiktsskassen B eller C (obehandlat trä har som tidigare nämnts vanligtvis klassen D-s2, d0). En högre ytskiktssklass, där A är högst, ger en längre tid till utrymning då brandspridningshastigheten i det tidiga brandförloppet minskas. Olika lokaler har olika krav på ytskikt.

Den andra sortens brandskyddsfärg används för att höja brandmotståndet hos konstruktionsdelar av t.ex. stål eller trä. Dessa färger sväller och bildar ett isolerande skikt när det börjar brinna. De vanligaste brandmotståndsklasserna är REI där R står för förmågan att kunna bära en last, E står för förmågan att stänga in brand och I för förmågan att isolera värmen från en brand. Dessa klasser följs av en tid, till exempel betyder klassen EI 60 för en vägg att konstruktionen klarar en 60 minuters standardbrand utan att det uppstår stora håligheter och att värmen på den icke brandutsatta sidan begränsas. Vanligtvis används denna typ av brandskyddsfärger för att höja brandmotståndet hos bärande byggnadsdelar som balkar och pelare av stål och trä men det finns även tillämpningar för att till exempel höja brandmotståndet hos trädörrar. När det gäller trädörrar så torde ett extra brandskyddsfärgskikt vara en mindre åverkan än att förstärka dörrbladet med en obrännbar skiva.

När det gäller brandskyddsfärger är det viktigt att konsultera dokumentationen kring färgsystemen som används. Fungerar systemen på det avsedda underlaget? Vidare ska man aldrig måla för tjocka lager av brandskyddsfärger som höjer brandmotståndet eftersom det finns risk att dessa färger ramlar av om man målar tjockare lager än vad de är godkända för.

7.5 Brandskyddsfärger i kulturhistoriska byggnader

Innan målning med brandskyddsfärg ska en antikvarisk bedömning göras vad gäller påverkan på de ytskikt som kan komma att påverka i en kulturbyggnad. Det kan handla om estetisk påverkan då denna färg behöver målas relativt tjockt (Fällman & Hansing, 1997). Men det kan också handla om materialtekniska frågor och om olika typer av nedbrytningsprocesser som färgtypen kan orsaka. Som nämns ovan finns det olika typer av brandskyddsprodukter. En del av dem förutsätter att befintliga färglager avlägsnas. Det är exempel på en åtgärd som kan vara olämplig i en kulturhistorisk värdefull byggnad. Om så behöver ske ska det undersökas om åtgärden kan göras på en begränsad del av dörren eller bara på en sida. Noggrann dokumentation av färglagren som avlägsnas ska alltid göras enligt SS-EN 17543:2021.

Att använda brandskyddsfärg eller lack kan vara ett alternativ till att fästa skivmaterial på träpaneler eller dörrar. I äldre hus behöver man försäkra sig om att dessa färgsystem fungerar med det befintliga ytskiktet. Detta system förutsätter också att städföretag och brukarna av byggnaden är införstådda med att ytskiktet måste hanteras på särskilt sätt så att dess brandskyddande förmåga upprätthålls. Cooke (2003) lyfter frågan om brandskyddsfärgen skulle kunna användas enbart på de tunnare delarna av träfyllningen.

Innan man använder brandskyddsfärger och lacker måste data granskas för att se om de produkter som ska användas är kompatibla med de målade ytor som de ska appliceras på (Wedvik & Storesund, 2020). I Norge startade Direktoratet for byggkvalitet 2016 projektet "Tilsyn med brannbeskyttende og brannhemmende produkter" till följd av en ohållbar situation med felaktig marknadsföring och brist på certifiering av den här typen av produkter. Wedvik & Storesund (2020) framhåller att när brandskyddsfärg använts måste kontroll och underhåll av dessa ytor implementeras i byggnadens

vård- och underhållsplan. De refererar också till det kvalitetskontrollsystem för applicering av brandskyddsfärg som utvecklats av Östman och Tsantaridis kallat "Nya kontrollsystem för brandskyddat trä" publicerat i Bygg & Teknik, 2012.

I ett forskningsprojekt med syfte att testa brandskyddsfärger exteriört som planerades, men inte utfördes, i Norge 2018 lyfts problematiken med att många produkter på marknaden avses ej att användas på äldre ytbehandlingar (Wedvik, 2018b). Det är också svårt att i försök och utvärderingar ha kännedom om materialsammansättning och teknisk status på äldre färgskikt. Därför behöver nya metoder och standards för testning utformas för kulturhistoriskt värdefulla byggnader då det inte är önskvärt att avlägsna äldre färgskikt av den anledningen.

McGaig och Porter (1988) listar ett antal faktorer som är viktiga att försäkra sig om för att användningen av brandskyddsfärg ska fungera och vara anpassad till byggnader med kulturhistoriskt värde. De framhåller att man måste försäkra sig om att färgen uppfyller den funktion som avses med behandlingen genom att kunna visa på försök som avser samma typ av behandling. Samtidigt konstaterar de att det ofta kan vara svårt att hitta sådana studier som återspeglar konstruktioner som finns i äldre hus och att man därför behöver genomföra egna eller ta hjälp av expertis, på både brandskyddsfärg och konservering, att bedöma om resultat från andra tester som gjorts är användbara för den specifika situationen. Även färgens giftighet ska tas med i bedömning vid val av material och brandskydd om den ska användas i exempelvis skolor, bostäder eller liknande.

Kunskapen om att brandskyddsfärg finns och behöver regelbundet underhåll måste finnas hos de som brukar byggnaden för att upprätthålla funktionen av behandlingen. Produktens hållbarhet vid väderexponering eller om den har behov av att vara övermålad samt hur skyddseffekten påverkas vid mekanisk åverkan på ytan och hur den då ska lagas är information som både den som förvaltar och använder byggnaden måste ha kännedom om.

Brandskyddsmedels påverkan på kulturhistoriskt material och ytskikt är nästan inte undersökt i Norden (Bergstrand et al., 2009). I ett forskningsprojekt som genomförde Riksantikvarieämbetet fyra fallstudier av textil i offentlig miljö. Gardiner och ridåer testades med avseende på flamskyddsmedels påverkan på nedbrytningen av fibrer och färg. Resultatet visar att nedbrytningen påbörjas snart efter applicering och slutsatsen dras att innan ytterligare forskning gjorts bör dessa behandlingar undvikas på värdefullt konst- och kulturhistoriskt material.

8 Referenser

- Almevik, G. (2012) Byggnaden som kunskapskälla. Diss. Göteborgs universitet
- Almevik, G. & Melin, K-M. (2015) 'Traditional craft skills as a source to historical knowledge. Reconstruction in the ashes of the medieval wooden church Södra Råda.' *Mirator* 2015:16. The Finnish Society for Medieval Studies, Helsingfors, 2015.
- Andersson, G. (2016) *Timmerbyggnader: tematiska undersökningar av traditionella timringsmetoder*. Mariestad: Hantverkslaboratoriet, Göteborgs universitet.
- Antell, O., Cramér, M., Mandén-Örn, K. & Wisth, B. (1996). *Innanför portarna: Stockholms trapphus 1880-1940*. Stockholm: Norstedts
- Bergstrand, M., Thuresson, K., Hinrichs Degerblad, K. & Winther, T., (2009) *Hållbar textilkonst? Flamskyddsmedel för textilier i offentlig miljö. Fyra Fallstudier*. Rapport Riksantikvarieämbetet. Dnr 353-3913-2009
- Bodlund, K. & Månsson, L., (1989) *Brandmotstånd och ljudisolering i gamla hus med träbjälklag*. T2:1989. Byggeforskningsrådet. ISBN 91-540-4967
- Cooke, G. (2003) "Upgrading the fire resistance of floors and doors in heritage buildings." Presented at the International Symposium on Protection of Cultural Heritage Buildings from Fire, Kyoto, 2003.
- English heritage (1997) *Timber paneled doors and fire: Upgrading the fire resistance performance of timber paneled doors and frames*. London: English heritage.
- Eriksson, J. (2019) *Kalkbruk: Krympsprickor och historisk utveckling av material, metoder och förhållningsätt*. (Gothenburg studies in conservation, 45). Göteborgs universitet, Institutionen för kulturvård.
- Fällman, L. & Hansing, S. (1997) *Brandskydd i kulturbyggnader - handbok om brandsyn och brandskyddsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader*, Borås, Räddningsverket och Riksantikvarieämbetet.
- Gullbrandsson, R. (red.) (2020) *Ovan valven: medeltida kyrkvindar i Göteborgs stift: en bok om timmermanskonst, arkitektur och historia i västsvenska kyrkor*. [Göteborg]: Göteborgs stift.
- Gullbrandsson, R (2021) *Mellan himmel och rum. En rapport om kunskapsläget för medeltida kyrktak i Sverige*. Västergötlands museum och Hantverkslaboratoriet, Göteborgs universitet
- Hallgren, M., Bygdén, B., Orebäck Krantz, E. & Eriksson, D. (2014) *Klockstaplar i Skara stift, Traditionsbärarna*, Skara stift, Västergötlands museum, Skara, 2014.
- Heritage council of New South Wales (2012) *The use of intumescent paint to provide passive fire protection to heritage buildings*. Heritage council of New South Wales. CAP Coatings Australia 2012
- Ishikawa, A., (2018) *The analysis of shirakawa village and its application to modern residential community*. Dissertation. University of Hawai'i at Mānoa.
- Jensen, G. & Staurheim, I. (2018) *Hvordan hindre og redusere spredning av fasadebrann i eldre trekirker. Passiv brannsikring*. KA och Riksantikvaren
- Jensen, G., Andersson, E. & Utstrand, J. I. (2006) *Brannsikring – Trapperom i murhus*. Cowi och Riksantikvaren

Jernæs, N Kjølsen (2020) Brannbeskyttende tekstiler for å minimere skader på kulturhistoriske gjenstander. Forprosjekt. NIKU Oppdragsrapport 143/2020

Johansson, K. (1995). Trapphusets arkitektur: form och förändring. Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionen för kulturvård.

Jokinen, M., Laurila, A., Linnanmäki, S., Karlsen, E., Sörmoen, O., Alexandersson, K., Erenmalm, T. & Lindkvist, S. (2004) *Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and practises on the fire protection of historic buildings in Finland, Norway and Sweden*, National Board of Antiquities.

Karlsson, T. (2013) *Ramverksdörr: en studie i bänksnickeri*. Göteborg: Institutionen för kulturvård, Göteborgs universitet.

Kincaid, S. (2018) The upgrading of fire safety in historic buildings. *Historic Environment: Policy & Practice*, 9 (1), 3-20. <https://doi.org/10.1080/17567505.2017.1399972>

Källbom, A. (2021) *Treatments of Weather-Exposed Ferrous Heritage —Exploration of Oil Varnish Paints and Painting Skills*. Ph.D. Thesis. Gothenburg University.

Liblik, J., Küppers, J., Maaten, B., & Alar, J. (2020) Fire protection by clay and lime plasters. *Wood Material Science & Engineering*, DOI: 10.1080/17480272.2020.1714726

Linscott, K. (2017) *Interpretations of old wood: figuring mid-twelfth century church architecture in west Sweden*. Diss. Göteborg: Göteborgs universitet, 2017. Göteborg.

Little, R.F. (1967) Fire Test On A Standing Georgian Dwelling: No. 12 Chatham Row, Bath. Chief Building Inspector, Bath City Council. *COST Action C17: Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings: Final Report Part 2*. Pp. 73-80. Norsk Standard (1977) NS 3907:1977 Brannteknisk prøving av dører, porter og luker -

Brannmotstand (Fire resistance tests - Doors and shutter assemblies). Standard Norge,

McGaig, I. och Porter, A. (1988) Use of intumescent coatings to provide fire protection in historic buildings. *Association for studies in the conservation of historic buildings*, volume 13.

Melin, K-M. (2009) Hantverkskunskap rörande skånsk träbyggnation på landet, Knadriks Kulturbygg rapport 2009:3 (Reviderad 2010-02-05), Kristianstad

Melin, K-M. (2021) Reclaimed Vernacular Clay Building Techniques in Scania. Proceeding, Earthen and wood vernacular heritage and climate change ICCOMOS. ISBN 978-91-7267-446-2, Lund, Sweden

Melin, K-M., & Ranta, H. (2020) Historic Carpentry Art in The Diocese of Lund ICOMOS WOOD PROCEEDINGS BILBAO, 2020. ISBN 978-0-6485799-1-5

Månsson, L. (1987) Brandisolering i ombyggnadsobjekt med träbjälklag. SP Arbetsrapport 1987:06

Olofsson, R. (2019) Brannteknisk prøving av tofløya tredør i vegg av gassbetong, RISE Fire Research, May.

Ovesson, M. (2011) *Att skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader mot brand*. Civilingenjörsexamen, Brandteknik Luleå, tekniska universitet

- Palmgren, L.A. (2003) *Svenska jordhus med lera eller kalk 1750-1950: om olika svenska jordhusmetoder - när, varför och hur de uppfördes*. Lic.-avh. Stockholm : Kungliga tekniska högskolan, 2003. Stockholm.
- Paues, C. (1990). Lägenhetsdörrar: underhåll, renovering och byte: exempel på varsamma lösningar. Statens råd för byggnadsforskning
- Phillips, P. (2010) *Becoming Unsafe Overnight: Managing Historic Buildings as Building Regulations and Standards Change*. *Advanced Materials Research Vols. 133-134* (2010) pp 155-161
doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.133-134.155
- Pickard, R. (1994a) Fire Safety and Protection in Historic Buildings in England and Ireland – Part I. *Structural Survey*, Vol. 12 No. 2, pp. 27-31. <https://doi.org/10.1108/02630809410050138>
- Pickard, R. (1994b) Fire Safety and Protection in Historic Buildings in England and Ireland – Part II, *Structural Survey*, Vol. 12 No. 3, pp. 8-10. <https://doi.org/10.1108/02630809410055692>
- Robertsson, S. & Lierud, P. (2002) Fem pelare - en vägledning för god byggnadsvård. (1. [uppl.]). Stockholm: Riksantikvarieämbetets förl.
- Röhlen, U. & Ziegert, C. (2020) *Lehmbau-Praxis. Planung und Ausführung*. DIN. ISBN 978-3-410-29122-0
- Röhlen, U. & Ziegert, C. (2011) *Earth Building Practice. Planning, Design, Building*. ISBN 978-3-410-21737-4
- SINTEF NBL (2010) Brannsikring av kirkebygg. En temaveiledning for kirkebyggforvalterne og lokale tilsynsmyndigheter. ISSN 1504-842x SS-EN 17543:2021(2021) Bevarande av kulturarv - Ytskikt i byggt kulturarv - Undersökning och dokumentation
- Walmerdahl, P. & Werling, P. (2000) Försök med brandpåverkan mot fyllningsdörrar, FOAR--00-01550-990--SE. Tumba: Forsvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och Skydd.
- Wedvik, B. & Storesund, K. (2020) Fire performance of escape route doors in cultural heritage buildings A state-of-the-art review. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35762.15043>
- Wedvik, B. (2018) Brannsikring av trapperomsdører i gamle bygårder hvordan påvirker det kulturminneverdien? Meddelelser om konservering, Oslo. s. 43-56.
- Wedvik, B. (2018) Brannhemmende overflatebehandling del 2. Eksteriørmaling: Om utprøving på kledning og bygning. NIKU Oppdragsrapport 30/2018
- Vik E.R. och K. (2006) Føringer for å anslå brannmotstand på gamle trefyllingsdører, Bachelor thesis, Høgskolen Stord/Haugesund, Haugesund.
- Wikberg, P. & Johansson, L-E. (2007) *Bedømmning av brandskyddsvurdering i kulturbyggnader. Teoretisk bakgrunn og praktisk eksempel*. Rådningsverket. ISBN 978-91-7253-350-9
- Volhard, F. (2016) *Light Earth Building. A handbook for building with wood and earth* ISBN: 9783035606348

Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	3
1 Inledning	4
2 Branddetektion	4
2.1 Olika typer av branddetektionssystem	4
2.1.1 Detektion av rök	4
2.1.2 Detektion av värme	5
2.1.3 Detektion av flammor	5
2.1.4 Detektion av gas	5
2.1.5 Värmekamerasystem för branddetektion	5
2.1.6 Videobaserade branddetektionssystem	5
2.1.7 Installation av värmedetektionskablar på ytterfasader	6
2.2 Installation av branddetektionssystem i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	7
2.3 Värmekameror för extern detektion av brand	8
3 Handbrandsläckare och fast installerade automatiska brandsläckare	9
3.1 Val av handbrandsläckare	9
3.2 Norsk (Riksantikvaren) studie av olika handbrandsläckare	10
3.3 Amerikansk (NFPRF) studie av olika handbrandsläckare	11
3.4 Fast installerade system med pyrotekniskt genererade aerosoler	12
4 Automatiska vattensprinklersystem för invändigt och utvändigt skydd av byggnader	13
4.1 Installation av automatiska vattensprinklersystem	13
4.2 Tillförlitlighet och effektivitet	13
4.3 System av typen vattendimma	14
4.4 Vattensprinkler i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	15
4.5 Påverkan av vatten på känsliga ytor	18
4.6 Släckförsök för skydd av höga rum och ytterfasader	19
4.7 Användning av fasadsprinkler vid branden i Eksjö 2015	21
4.8 Sprinklersystem för oinredda vindar	22
4.9 Vattenridåer framför eller mellan byggnader	23

5	Syrereducerande system	25
5.1	Allmänt om tekniken.....	25
5.2	Syrereducerande system i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.....	25
6	Referenser	26

Sammanfattning

Branddetektionssystem är utformade för att detektera olika brandsignaturer, såsom rök, värme, flammor eller gas. Vilken teknik som är mest lämplig beror på tillämpningen, till exempel om brand ska detekteras inomhus eller utomhus. Studien har bland annat identifierat rekommendationer (som baserats på försök) för installation av värmedetektionskablar på ytterfasader på byggnader och riktlinjer för installation branddetektionssystem i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Dessutom redovisas erfarenheter från användning av system med värmekameror i tät trähusbebyggelse.

Handbrandsläckare används för att släcka en brand i ett tidigt skede. Den forskning som identifierats har studerat om det finns en risk att släckmedlet eller nedbrytningsprodukter från släckmedlet skadar känsliga material eller föremål vid släckning av brand. Baserat på resultaten är det dock svårt att ge några generella rekommendationer för val av handbrandsläckare.

Automatiska vattensprinklersystem anses enligt flera studier ha hög tillförlitlighet och effektivitet. Här identifierades konkreta rekommendationer för installation av sprinklersystem men också forskning som dokumenterat erfarenheter från installationer och släckförsök med sprinkler.

Syrereducerande system är ett aktivt system som permanent sänker syrekoncentrationen i luft till en nivå där brand i princip inte kan uppstå (cirka 15 %). Systemen är därmed inte ett släcksystem i en bokstavlig mening men en typ av aktivt brandskyddssystem. Tekniken medför ingen risk för sekundärskador, påverkan på omgivande miljö eller korrosionsproblem. Den inerta miljön bidrar snarare positivt till att reducera den naturliga nedbrytningen av organiska och icke-organiska material. Systemet kräver att det skyddade utrymmet är relativt tätt och optiska och akustiska varningssignaler ska finnas både i och utanför det skyddade utrymmet för att säkerställa personsäkerheten.

1 Inledning

Detta kapitel beskriver aktiva brandskyddstekniska system och produkter. Sammanställningen gör inte anspråk att heltäckande beskriva alla de system eller produkter som finns på marknaden, utan omfattar endast sådana där forskning, erfarenheter från försök eller tillämpning med mer eller mindre konkret koppling till just brandskydd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader har hittats. Det finns lösningar för aktivt brandskydd utvecklade och anpassade för byggnader med kulturvärden, men det är långt ifrån heltäckande.

Varje referens har kortfattat sammanfattats och för mer information hänvisas till källan. Kapitlet omfattar:

- Branddetektion.
- Handbrandsläckare och fast installerade automatiska brandsläckare.
- Automatiska vattensprinklersystem för invändigt och utvändigt skydd av byggnader.
- Syrereducerande system.

Varje underkapitel inleds med information som kan betraktas som allmän kunskap. Mer utförlig information kan bland annat fås från Brandskyddsföreningen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), den lokala räddningstjänsten och branschorganisationer som Sprinklerfrämjandet och SVEBRA.

2 Branddetektion

2.1 Olika typer av branddetektionssystem

Detektionssystem är utformade för att detektera olika brandsignaturer, såsom rök, värme, flammor eller gas. Olika typer av bränder ger olika signaturer, men brandsignaturerna kan variera under olika delar av brandförloppet för en viss typ av brand. Nedan ges en kortfattad allmän beskrivning av några olika typer av branddetektionssystem. Här kan noteras att det är vanligt med detektorer eller system som kombinerar detektion av flera signaturer, till exempel både rök och värme.

2.1.1 Detektion av rök

Rökdetektorer är den mest använda typen av detektor (eftersom pyrande bränder startar med rökutveckling) och detekterar partiklar i luft, vilket gör att de inte är lämpliga i dammiga och smutsiga miljöer där partikelkoncentrationen i luften är hög. Punktdetektorer installeras i det skyddade utrymmet och varje detektor ansluts med kabel till en brandlarmcentral. I ett adresserbart system går det att se exakt vilken eller vilka detektorer som larmar. Trådlös förbindelse mellan detektorer och brandlarmcentral är möjlig, vilket kräver att varje detektor är batteridriven. De används till exempel på byggarbetsplatser eller i andra miljöer där ett fast installerat brandlarm inte kan installeras. I kulturhistoriskt värdefulla byggnader skulle trådlösa system kunna medge installation med mindre fysisk påverkan. Men trådlös förbindelse genom väggar och bjälklag är en förutsättning som behöver säkerställas.

I ett aspirerande system (beteckningen samplande system används också) sugs luft från det skyddade utrymmet kontinuerligt via ett rörsystem med jämnt distribuerade små öppningar in i en centralt placerad detektorenhet. Tekniken ger tidig detektion av rök och installationen kan göras diskret jämfört med konventionella punktdetektorer.

2.1.2 Detektion av värme

Värmedetektorer larmar vid en given temperatur och/eller vid en viss temperaturstegring per tidsenhet. För snabba brandförlopp kan detektion av en temperaturstegring ge ett tidigare larm än detektion vid en given larmtemperatur.

Punkt-detektorer installeras i det skyddade utrymmet och detektorerna ansluts med kabel till en brandlarmcentral i en sluten slinga.

Värmedetektionskablar (linjevärmedetektion eller linjär värmedetektion är andra övergripande benämningar för tekniken) detekterar brand vid en given temperatur och kablarna kan erhållas med olika larmtemperatur. Om larmtemperaturen överskrids fås ett larm men den exakta positionen kan inte bestämmas. Ett vanligt användningsområde är utvändig placering på byggnadsfasader där det ofta räcker att veta vid vilken fasad som det brinner. Eftersom larm fås när två ledare i kabeln kommer i kontakt med varandra (när värmen från branden smälter dess omgivande polymerisolator) fås även larm om någon med avsikt klipper av kabeln. En fördel med tekniken är att värmedetektionskablarna har hög miljötolighet och kabelövervakningsenheten kan placeras mer skyddat.

Fiberoptisk linjevärmedetektion består av en optisk fiber och detektorenheten. En ljuspuls skickas i den optiska fibern och det reflekterande ljuset detekteras i detektorenheten. Ett kabelbrott (skadegörelse) kan detekteras av tekniken. Det är möjligt att med hög noggrannhet övervaka kontinuerlig temperaturfördelning och temperaturvariationer längs hela fibern. Därmed kan positionen för en brand bestämmas med hög precision.

2.1.3 Detektion av flammor

Flamdetektorer reagerar på antingen infrarött (IR), ultraviolett (UV) eller en kombination av infrarött och ultraviolett ljus. En flamdetektor kan detektera en brand på långa avstånd (över 50 m) beroende på hur stor flammen är. Men det krävs fri sikt mellan flamma och detektor. Detektorerna kan användas inom och utomhus i miljöer med till exempel damm, ånga, rök eller kraftig vind. Med en IR-sensor minskar risken för falsklarm orsakad av solljus eller blänk.

2.1.4 Detektion av gas

Gasdetektorer används bland annat för att upptäcka höga koncentrationer av brännbara gaser innan brand eller explosion inträffar. Detektion av brandfarliga gaser är oftast förknippad med detektering av olika kolväten. En del gasdetektorer kan också användas för att detektera förbränningsprodukter från bränder såsom kolmonoxid (CO) eller kolväten (HC).

2.1.5 Värmekamerasystem för branddetektion

Tekniken använder temperaturkalibrerade värmekameror som detekterar långvågig infraröd (IR) strålning, vilket medger detektion av små temperaturhöjningar inom det område som kamerorna övervakar. Detektion kan ske på stora avstånd, till exempel i utomhusmiljöer och i lokaler med stora volymer. Tekniken används för branddetektion i avfallsanläggningar och biobränslelager men används även för bebyggelse, speciellt för hela kvarter med kulturhistoriskt värde.

2.1.6 Videobaserade branddetektionssystem

Här används videoteknik och videoanalys för att detektera både rök och flammor, så fort de blir synliga. Tekniken passar bra i byggnader med hög takhöjd eller i miljöer med mycket damm eller fukt men kan också användas utomhus. Algoritmer används för att skilja på verklig brand och falska larm som genereras av reflektioner, rörelser eller starkt motljus. Beroende på kamerornas optik och brandens storlek kan detekteringsavståndet vara upp till över 100 m. Kamerorna kan även användas

för traditionell videoövervakning och ge anläggningsägaren eller räddningstjänsten en överblick i realtid.

2.1.7 Installation av värmedetektionskablar på ytterfasader

Andersson et al. (2006) har baserat på både simuleringar och brandförsök tagit fram praktiska rekommendationer för installation av värmedetektionskablar på ytterfasader på byggnader. Branden antogs vara en anlagd brand i form av en antänd soptunna, med en brandeffekt mellan 100 kW och 150 kW. Både simuleringar och brandförsök visar att den dominerande faktorn för temperaturstegringen är höjden ovan branden. Optimal placering av värmedetektionskabel är därför så långt ner som är praktiskt möjligt, dock ej under 1 m höjd ovan branden. Kabel installerad i underkanten av fasadbeklädnaden kan komplettera denna placering. Kablarna bör monteras en bit från väggen/takfoten för att undvika kylning från denna och ska inte monteras i skuggan av någon byggnadsdel. Dessutom är gastemperaturen något högre ett stycke ut från väggen. Försöken visar att tiden till detektion kan halveras med rätt monteringsätt. Vid montering under takfot bör kablarna installeras relativt nära väggen, ej längre ut än halva takfoten. Har takfoten gles panel är det inte avgörande om kabeln monteras mellan panelen eller på en plank, det viktiga är det horisontella avståndet till väggen. Alternativt kan kabeln installeras på väggen och nära takfoten. Tiden till aktivering fördröjs avsevärt när kabeln monteras i ett skydds rör, det är bättre att installera kabeln bakom en perforerad plåt eller metallnät som skydd mot sabotage.



Bild 1: Värmedetektionskabel installerad under takfoten på 1600-tals träkyrka. Diskret förläggning men ej optimalt för tidig detektion eftersom kabeln ligger direkt mot underlaget och nära väggen. Foto: Magnus Arvidson, RISE.

2.2 Installation av branddetektionssystem i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Jensen (2006) har belyst installation av branddetektionssystem specifikt i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Installation av detektorer och tillhörande kablar samt annan nödvändig utrustning kräver hänsyn för att minimera åverkan på byggnadsdelar och ytskikt och dessutom är estetiska aspekter extra viktiga. Andra aspekter är rätt val av detektionsmetod för tidig detektion, att reducera installationskostnad och sannolikheten för falsklarm. För installationer inomhus är en slutsats att aspirerande system (se beskrivning i inledningen) är lämpliga eftersom de kan installeras med liten åverkan och dolt, installationen går att återställa och systemen detekterar en brand (rök) i ett tidigt skede. Systemen är så känsliga att de ofta kan detektera en brand utomhus eller i närområdet, trots att systemet installerats inomhus. I byggnader som är helt eller delvis ouppvärmda är det viktigt att installera samplingsrören så det inte uppstår invändig kondensation av vatten. En annan aspekt är att fläkten i detektorenheten bullrar vilket bör beaktas vid val av installationsutrymme och i vissa miljöer kan utbyte av dammfilter krävas ofta. I stora, höga utrymmen som kyrksalar kan samplingsrör förläggas på olika höjd från golvet, till exempel både i taknivå och en bit ned från taket. Från golvnivå är samplingsrören mer eller mindre osynliga.



*Bild 2: Förläggning av samplingsrör för ett aspirerande branddetektionssystem i ett vindsutrymme.
Foto: Magnus Arvidson, RISE.*



Bild 3: Dold förläggning av samplingsrör för ett aspirerande branddetektionssystem i ett golvbjälklag med samplingsöppning till röret genom takplankan. Denna förläggning kräver att golvplankor på våningen ovanför demonteras. Foto: Magnus Arvidson, RISE.

Där detektion av värme anses ge tillräckligt tidig detektion är system med värmedetektionskablar användbara. Kablarna är svåra att se från golvnivå, de detekterar brand längs hela sin längd, de är tillförlitliga och det är en kostnadseffektiv lösning. Systemen används ofta för att aktivera utvändiga sprinklersystem som begjuter brännbara fasader och/eller yttertak med vatten. Tekniken anses vara robust och kräva relativt lite underhåll. System med punktdetektorer är svårare att dölja, även om det är möjligt att måla detektorerna så att de blir minde iögonfallande. Här kan noteras att värmedetektorer installeras tätare än rökdetektorer. Trådlösa system med punktdetektorer (värme- eller rökdetektorer) medger installation med mindre åverkan och livslängden för batterierna i detektorerna har förbättrats.

KA och Riksantikvaren i Norge har publicerat en vägledning, "Brannvarslingssystem for kirkebygg" (2020), för installation av branddetektionssystem i kyrkor. Dokumentet beskriver olika typer av system lämpliga att installera invändigt och för att detektera brand på byggnadens utsida. Det innehåller också råd om brandlarm, larmöverföring och rökprover.

2.3 Värmekameror för extern detektion av brand

Green Pettersson och Söderling (2020) har dokumenterat hur värmekameror används i kulturhistorisk bebyggelse i bland annat Smögen, Røros och Bergen. Kamerorna ska placeras högt, till exempel i kyrktorn och kan övervaka flera hundra meter stora områden. Erfarenheterna visar att brand kan detekteras tidigt men kamerorna kan också minska risken för skadegörelse och anlagd brand. Nackdelen är att de kan vara känsliga för solreflexer, soluppvärmda taktytor, uppvärmda delar

på motorfordon och liknande och de detekterar inte bränder som startar i byggnader eller som på annat sätt är dolda för kamerornas synfält.

Bakken, Sulen Johannessen och Skurtveit (2016) har kartlagt erfarenheter från användning av system med värmekameror i tät trähusbebyggelse i Norge. Kartläggningen visar att de största fördelarna är tidig upptäckt av brand, snabb larmöverföring och möjlighet till överföring av information till räddningspersonal på plats i realtid. Utmaningar är att lösningen är områdesberoende på grund av aspekter som läge, byggnadsstruktur, topografi och väder. Det gör att inte alla områden med tät trähusbebyggelse lämpar sig för värmekameror. Luftkvalitet och väderförhållanden kan också påverka hur effektivt värmekamerorna kan detektera en brand. Hög luftfuktighet, dimma, snö och regn kan påverka negativt eftersom det dämpar värmestrålningen. Åska och blixtar liksom vind påverkar inte möjligheten till detektion. Utredning för att kunna bedöma teknikens lämplighet jämfört med andra åtgärder är nödvändigt i varje enskilt fall.

3 Handbrandsläckare och fast installerade automatiska brandsläckare

3.1 Val av handbrandsläckare

Handbrandsläckare ska uppfylla en europeisk standard, SS-EN 3-7:2004+A1:2007 (2007) som bland annat omfattar krav på utformning, märkning, släckeffektivitet och miljötålighet och ska vara certifierade av ackrediterat certifieringsorgan. Handbrandsläckare har olika storlek (behållarvolym eller vikt) och effektivitet och bör väljas efter brandrisk (typ av brand), den befarade brandens omfattning och den förväntade användarens förmåga (Brandskyddsföreningen, 2021 och MSB, 2021).

Handbrandsläckare har olika släckmedel som är anpassade för olika typer av bränder:

- A-släckare för brand i fibrösa material som trä, papper och textilier. Vanliga släckmedel är vatten, skum eller pulver.
- B-släckare för brand i brandfarlig vara som brännbara vätskor och många plastmaterial. Vanliga släckmedel är skum, pulver eller koldioxid.
- C-släckare för miljöer med risk för gasbrand. Pulver är ett vanligt släckmedel.
- F-släckare som är lämpliga i storkök där stora mängder matfett och fritureolja hanteras. Fettbrandsläckaren har en släcklans och inte en slang och är fyllda med en vätska utvecklad för släckning av matfett och olja.

Tidigare fanns E-släckare avsedda för strömförande elanläggningar. Denna beteckning används inte längre och är ersatt med information på släckaren.

Storleken för handbrandsläckare med pulver och koldioxid anges i kilogram. De vanligaste storlekarna är 2 kg, 6 kg och 12 kg. Storleken för handbrandsläckare med vatten eller skum anges i liter. De vanligaste storlekarna är 6 l och 9 l.

Pulversläckare har en hög släckeffektivitet per kilo släckmedel, är relativt enkla att använda och jämförelsevis underhållsfria. Nackdelen är att pulver smutsar ner och kan vara svårt att sanera. Skumsläckare är lämpliga för all inomhusanvändning med olika brandrisker där man vill undvika nedsmutsningen med pulver. Numera finns det skumsläckare som är miljöanpassade så till vida att skumvätskan innehåller mindre mängder fluortensider. Skumsläckare kräver regelbunden omladdning eftersom blandningen av vatten och skumvätska åldras över tid. Handbrandsläckare med

koldioxid (kallas även kolsyresläckare) lämnar inga rester efter släckning. Gasen tränger in i svåråtkomliga utrymmen, den leder inte ström och kan användas direkt mot spänningsförande utrustning som elskåp och elektrisk utrustning. För användning utomhus kan brandsläckarna vara olämpliga eftersom gasens spridning till branden kan påverkas av vind. Utströmningen har en viss kyleffekt på grund av fasomvandlingen när den tryckkondenserade till vätskan i behållaren går över till gasfas vid utströmningen.

3.2 Norsk (Riksantikvaren) studie av olika handbrandsläckare

Jensen och Sommer-Larsen (2006) har sammanställt information om och utvärderat kommersiellt tillgänglig brandsläckningsutrustning och vedertagen teknik för släckning av brand i dess tidiga skede. Sex olika typer av handbrandsläckare, tre tekniker för brandsläckning utan släckare och nio olika fast installerade automatiska brandsläckare ingick i studien. Den tänkta tillämpningen var museum, gallerier och kulturhistoriskt värdefulla byggnader och brandsläckarna utvärderades med avseende på släckeffektivitet, restvärdeskador, underhåll och kostnad. Rapporten innehåller konkreta råd för val av handbrandsläckare för olika miljöer eller utrymmen i en byggnad, till exempel utställningslokaler, lagerutrymmen, verkstadsutrymmen, kök och elutrymmen men även för brandrisker utomhus. Rekommendationerna fokuserar på handbrandsläckare men rapporten konkluderar att inomhusbrandposter är att föredra om det finns ett vattenledningsnät i byggnaden. Inomhusbrandposter är enkla att använda och vatten finns tillgängligt för en längre påföringstid.

En försöksserie genomfördes där tretton olika provkroppar exponerades för varm brandrök och släckmedel från sex olika typer av handbrandsläckare. De material som ingick i studien var: träpanel målad med oljefärg för omkring 90 år sedan, samma träpanel som sedan behandlades med ett lager bivax och harts löst i sprit, äldre träpanel nymålad med tempera, stålplåt där halva ytan var sandblästrad och sedan obehandlad och andra halvan valsad, stålplåt bestruken med ett lager lack bestående av 5 % akryllack löst i aceton, cirka 10 år gammal oljemålning på duk, cirka 10 år gammal oljemålning på duk bestruken med ett lager lack bestående av en del cyklohexanonharts och en del sprit, cirka 50 år gammalt vegetabiliskt garvat, ofärgat läder, cirka 50 år gammalt vegetabiliskt garvat, färgat läder behandlat med ett lager läderfett, ny ull i två olika kulörer, cirka 40 år gammalt broderat bomullstyg, cirka 40 år gammalt broderat linnetyg samt slutligen syrafri wellpapp, cirka 1,8 mm tjockt. Provkropparna var cirka 10 cm × 20 cm stora.

Tre olika scenarier ingick i studien: försök där provkropparna exponerades för varm brandrök, brandförsök där en brand släcktes och provkropparna exponerades för släckmedel och försök utan brand där provkropparna exponerades för släckmedel. Försöken genomfördes i ett mindre rum.

Några av de mer övergripande slutsatserna kan sammanfattas:

- Släckmedlen som innehöll kemikalier, som skumvätska eller emulgeringsmedel, påverkade i stor utsträckning ytmaterialen på provkropparna.
- Ju mer vatten som ett släckmedel innehöll desto större var den negativa effekten på provmaterialet.
- Släckning med pulverläckare kan leda till betydande kostnader för rengöring och sanering av föremål. Pulvret visade sig också orsaka korrosion på järn.
- Kylningseffekten av koldioxid orsakar skador på vissa material.

Rapporten konkluderar att det baserat på resultaten är svårt att ge några generella rekommendationer för val av handbrandsläckare. Men släckaren som ger mindre vattendroppar i form av vattendimma och pulverläckare förefaller ge minst skador på vissa typer av material. En annan konkret slutsats är att en brand troligen medför större skador än användningen av en

handbrandsläckare. I det tidiga skedet av en brand är det viktigt att vald utrustning ger så lite skador som möjligt. I ett senare skede av brandförloppet är i stället en resolut insats med ett effektivt släckmedel nödvändig för att förhindra omfattningen av brandskador.

3.3 Amerikansk (NFPRF) studie av olika handbrandsläckare

I kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan en snabb insats med handbrandsläckare förhindra en större brand och reducera brandskadorna. Men det finns en risk att släckmedlet eller nedbrytningsprodukter från släckmedlet skadar känsliga material eller föremål. Handbrandsläckare skulle även kunna aktiveras oavsiktligt och kan användas vid uppsåtlig skadegörelse. För att avgöra lämpligheten för olika handbrandsläckare i dessa miljöer behöver både dess släckeffektivitet och de potentiella skador som släckmedlet kan åsamka material bedömas. National Fire Protection Research Foundation (NFPRF) i USA har finansierat ett projekt som belyst frågan (NFPRF, 2010). I den första delen av projektet genomfördes en omfattande litteraturstudie och en metod samt kriterier för att prova de båda aspekterna som beskrivs ovan togs fram. Rapporten diskuterar påverkan på material av både olika släckmedel, brand och kombinationen av brand och olika släckmedel. Det sistnämnda inkluderar även nedbrytningsprodukter från släckmedlet och är i första hand relevant för pulver och halogenerade gasläckmedel. Eftersom en brand i ett museum, bibliotek och andra typer av kulturhistoriskt värdefulla byggnader sannolikt involverar fasta brännbara material föreslogs en standardiserad, mindre träribbstapel som ett representativt brandscenario för att prova släckeffektivitet.

I projektets andra del (Benfer, 2016), som genomfördes några år efter ovanstående litteraturstudie, provades fem olika handbrandsläckare enligt den metodik som togs fram. Rapporten består av två delar, en första del som i detalj beskriver hur provningen genomfördes och en andra del som beskriver hur de provade materialen påverkades av släckmedelspåföringen, både i ett kort och i ett längre perspektiv. Tretton olika provkroppar, 100 mm × 100 mm stora av följande material användes: järn, koppar, aluminium, läder, obehandlat trä (tulpanpoppel), trä (körsbärsträ) behandlad med shellack, linneduk (delvis obehandlad, delvis målad med blyfärg), linneduk målad med akrylfärg, kalksten (Travertin), marmor, hjortskinn, oglaserad terrakotta och glaserad keramik. Alla material var "nyttillverkade" för att säkerställa repeterbarheten och för att möjliggöra eventuella fortsatta försök. Tre uppsättningar med provkroppar exponerades i varje försök. En uppsättning placerades så att släckmedel påfördes direkt på dem och två uppsättningar så att släckmedel indirekt träffade dem. Varje uppsättning hade två provkroppar av respektive material.

Skadorna på provkropparna var både mindre varierande och mindre omfattande än förväntat. Många provkroppar uppvisade inga synliga förändringar alls. Även om det fanns betydande skador på individuella provkroppar så var skadorna för det specifika materialet förväntat. Till exempel var det väntat att vattensläckaren (vattendimma) skulle orsaka fläckar eller missfärgningar på de organiska provkropparna och skada de målade linnedukarna. Samtliga släckare påverkade åtminstone några av materialen på något sätt och närvaron av brand ökade släckmedlets påverkan och genererade sot. Graden av korrosion på provkropparna av metall som orsakades av släckare med halogenerade släckmedel (Halotron och FE-36) överraskade. Kylning av provkropparna ger beläggning av frost eller vattendroppar (via kondensation) och vid brand kan korrosiva nedbrytningsprodukter bildas. (Förf. anm. Dessa två typer av handbrandsläckare med halogenerade släckmedel finns ej kommersiellt tillgängliga i Sverige). Pulversläckare gav ett tjockt lager med pulver över provkropparna och spridningen av pulver i ett rum kan kräva omfattande sanering av rummet och demontering av föremål.

Provkropparna som var direkt exponerade för släckmedel rengjordes med olika tekniker under en sexmånadersperiod och utvärderades var sjätte månad under två års tid. Vid rengöringen användes

fyra metoder på ett mindre område på varje provkropp, avjoniserat vatten, tvättsvamp, lätt borstning samt dammsugning kombinerat med lätt borstning. Ingen av metoderna fungerade för alla material, utan enskilda metoder var bättre för specifika material.

I ett praktiskt perspektiv är en av slutsatserna från studien att spridningen av släckmedel i försöksrummet var relativt begränsad, baserat på påverkan på de provkroppar som indirekt exponerades. En annan slutsats är att det är bättre att använda en handbrandsläckare i ett tidigt skede av en brand än att avstå. Det senare riskerar att få större konsekvenser än att använda en handbrandsläckare som inte är idealisk.

3.4 Fast installerade system med pyrotekniskt genererade aerosoler

Fast installerade automatiska brandsläckare kan vara ett alternativ där det inte är ekonomiskt eller praktiskt möjligt eller önskvärt att installera ett automatiskt vattensprinklersystem. Systemen är avsedda för enskilda, ofta mindre utrymmen och har ett munstycke kopplat direkt till släckmedelbehållaren. Vanliga släckmedel är pulver, skum vattendimma eller pyrotekniskt genererade aerosoler. Fast installerade system med så kallade pyrotekniskt genererade aerosoler diskuteras mer nedan. För de andra släckmedlen har ingen konkret och relevant forskning identifierats.

Släcksystem med pyrotekniskt genererade aerosoler (begreppen PGA eller PXA är vanliga) består av en behållare, en fast blandning av ett fint pulver, oxidationsmedel, förtunningsmedel och ett bindemedel, en tändsats och ett kylmedel. De heta ångorna som genereras vid förbränningen passerar ett kemiskt kylmedel (skapat genom en kemisk reaktion som absorberar värme) vilket sänker ångans temperatur. Aerosoler utgörs av fasta eller vätskeformiga partiklar som är dispergerade (fördelade) i en gas, men ofta associerar man, något felaktigt, aerosoler enbart till fasta partiklar. Aerosolpartiklarnas storlek är en viktig parameter för hur effektivt partiklarna sprider sig och hur effektiva de är som släckmedel (Kagedal et al., 2001).

Eftersom pyrotekniska aerosoler varken kräver tryckbehållare eller rörsystem är installationen av aerosolsystemen relativt enkel. Det behövs heller inte något omfattande underhåll när systemet väl är installerat men behållaren har en specificerad livslängd. Varje aerosolgenerator klarar dock endast av att skydda en begränsad rumsvolym vilket innebär att det för lite större rumsvolymer krävs att flera generatorer installeras samt att dessa aktiveras samtidigt för att uppnå erforderlig släckeffekt. För att uppnå maximal effektivitet krävs att eventuell ventilation till det skyddade utrymmet stängs av (Kagedal et al., 2001).

Ett flertal standarder för aerosolbaserade släcksystem finns. SS-EN 15276-1:2019 (2019) har krav och provningsmetoder för komponenter och SS-EN 15276-2:2019 (2019) har rekommendationer för utförande, installation och underhåll. NFPA 2010 (2020) innehåller rekommendationer för dimensionering, installation, provning och underhåll av fasta system för rumsskydd.

Jonsson och de Pedis (2013) redovisar släckförsök med pyrotekniskt genererade aerosoler mot elektriska bränder. En kabelbrand, initierad av en kortslutning användes för att representera en vanlig antändningskälla för dessa bränder. Försöken visar att de släcker en brand snabbt efter aktivering även om koncentrationen är betydligt under den rekommenderade.

Ekström et al. (2008) har genomfört ett flertal försök med två olika fabrikat av aerosolgeneratorer i liten och stor skala. Försöken bekräftar att det är ett mycket effektivt släckmedel, per viktenhet 3 till 10 gånger så effektivt som halon 1301. En observation är att siktbarheten i ett skyddat utrymme omedelbart efter och under en lång tid efter aktivering blir mycket begränsad. (Förf. anm. Kan försvåra utrymning vilket är ett ytterligare skäl till att systemen inte bör installeras i utrymmen där personer normalt vistas, se nedan). En annan slutsats är att rätt antal aerosolgeneratorer placerade

på rätt sätt krävs för ett fullgott rumsskydd. Forcerad ventilation i ett skåp kan göra att aerosolen inte når branden. Utströmningen av luft ger en låg tryckuppbyggnad i utrymmet. Försök med svagströmskretsar exponerade för släckmedel (med och utan brand) visar ingen omedelbar påverkan på kretskorten trots att de exponerades under lång tid. Men en snabb sanering av utrymmen som exponerats för aerosolsläckmedel rekommenderas eftersom det binder fukt och bildar en klibbig pasta. I projektet studerades även personsäkerhetsaspekter. En analys av de produkter som bildas, både med och utan släckning av en flamma visade att halten koldioxid (CO₂) ligger långt under de nivåer som räknas som omedelbart farligt för liv och hälsa (IDLH, Immediately Dangerous to Life or Health). Halten kolmonoxid (CO) var strax under IDLH och bör således beaktas vid installationer. Halten ammoniak (NH₃) var dubbelt så höga som IDLH och bör därför vara den dimensionerande faktorn vid en installation. Slutsatsen är att system med pyrotekniskt genererade aerosoler inte bör installeras i utrymmen där personer normalt vistas.

4 Automatiska vattensprinklersystem för invändigt och utvändigt skydd av byggnader

4.1 Installation av automatiska vattensprinklersystem

Automatiska vattensprinklersystem (vanligen används benämningen "sprinklersystem") som vi känner dem idag utvecklades i slutet av 1800-talet i USA (Dana, 1914). De första sprinklersystemen installerades i Sverige i början av 1900-talet och det finns exempel på sådana system som fortfarande är i drift (Bengtson et al., 2018) eller har varit i drift långt in i modern tid. Sprinklersystem används normalt som ett egendomsskydd för att begränsa omfattningen av en brand men under 1980-talet utvecklades även så kallade boendesprinklersystem för personskydd i bostäder. Sprinklersystem i Sverige installeras vanligtvis enligt SS-EN 12845 (2015) och SBF 120:8 (2016) av certifierade installatörer och regelbunden besiktning ska göras av certifierad besiktningsman.

4.2 Tillförlitlighet och effektivitet

Malm och Pettersson (2008) har analyserat tillförlitligheten för sprinklersystem i Sverige. Analysen baserades på insatsrapporter från svensk räddningstjänst åren 2006 - 2007. Totalt omfattades 690 insatser i industribyggnader, vanliga byggnader och andra typer av byggnader med någon form av släcksystem. Insatsrapporter som sannolikt beskrev någon annan typ av släcksystem än automatiska sprinklersystem studerades inte vidare. Detta reducerade antalet relevanta insatser till 116 fall vilka sedan analyserades. Av dessa angav nio insatsrapporter att sprinklersystemet inte kontrollerat eller släckt branden, alltså hade 92 % av bränderna kontrollerats eller släckts av sprinklersystemet.

Melin (2017) har analyserat tillförlitligheten för sprinklersystem i Sverige baserat på en djupstudie av tillgänglig statistik av insatsrapporter från svensk räddningstjänst åren 2004 - 2015. Underlaget omfattade totalt 3 299 insatser där det förekommit någon form av automatiskt släcksystem. Av dessa var det totalt 611 insatser där det angetts att det automatiska släcksystemet inte fungerat. Dessa insatsrapporter har sedan detaljstuderats för att avgöra om sprinklersystemet fungerat eller inte. Fokus för analysen var på automatiska sprinklersystem utförda enligt SBF 120 eller likvärdigt. Studien visar att det i flertalet insatser, där det angetts i insatsrapporten att släcksystemet inte fungerat, egentligen var så att branden inte varit tillräckligt stor för att aktivera sprinklerna och branden hade i stället släckts av personal. I andra fall har det brunnit utanför byggnaden. Resultatet visar att det i endast högst tre av dessa 611 insatser inte går att utesluta att sprinklersystemet inte fungerat. Det tyder på att tillförlitligheten för svenska sprinklersystem är över 99 %. Melin understryker dock att resultaten till viss del ska ses som indikativa eftersom informationen i insatsrapporterna är

begränsad och dess kvalitet varierar. Det finns också en osäkerhet kring om bränder som släckts av personal faktiskt skulle kontrollerats av sprinklersystemet om branden tagit sig.

Enligt en analys (Ahrens, 2017) som baseras på insatsrapporter från räddningstjänst i USA, aktiverades sprinklersystem vid 92 % av de bränder där branden var tillräckligt stor och var effektivt vid 96 % av dessa bränder. Sprinklersystemet var alltså funktionsdugligt vid 88 % av bränderna. Statistik från Storbritannien (Optimal Economics Ltd, 2017) visar att sprinklersystem aktiverades vid 93 % av de bränder där branden var tillräckligt stor och var effektiv vid 99 % av dessa bränder. Systemet var alltså funktionsdugligt vid 93 % av bränderna. Ovanstående statistik omfattar alla typer av byggnader och verksamheter, alltså till exempel bostäder, kommersiella byggnader och lagerbyggnader. Tillförlitligheten och effektivitet varierar beroende på typ av verksamhet. Högst generell funktionsduglighet har sprinklersystem i bostadshus och lägst har de i lagerbyggnader.

4.3 System av typen vattendimma

I början av 1990-talet lanserades så kallade vattendimmsystem som ett alternativ till traditionella sprinklersystem. Brandforsk har finansierat två (Arvidson och Hertzberg, 2001 samt Arvidson, 2014) omfattande kunskapssammanställningar om tekniken med vattendimma. Genom att finfördela vatten till mindre vattendroppar förbättras vattnets kylförmåga, det förångas snabbare och absorptionen av värmestrålning från en brand ökar. Det vanligaste sättet att finfördela vattnet är så kallad hydraulisk finfördelning. Vattnet trycks genom ett eller flera relativt små munstycksöppningar, vars utformning bestämmer vattensprayens spridningsbild. På varierande avstånd från munstycket övergår sprayen till en finfördelad "dimma". Beteckningen vattendimma är emellertid missvisande eftersom vattendropparna inte är så små som den dimma som i naturen bildas över land, sjö eller hav. Högre vattentryck ger normalt mindre vattendroppar och ofta används vattentryck upp mot 100 bar, men kommersiella system med vattentryck omkring 5 bar finns på marknaden. Finfördelningen till mindre vattendroppar medger ett lägre vattenflöde jämfört med vattensprinkler för vissa tillämpningar. Lägre vattenflöden bidrar till möjligheten att använda klenare rördimensioner vilket är en fördel framför allt vid installation i befintliga byggnader. SBF 503:1 (2019) publicerad av Brandskyddsföreningen innehåller anvisningar för bland annat projektering, installation samt skötsel och underhåll av vattendimmsystem.



Bild 4: Exempel på vattensprayen från ett munstycke för "vattendimma" vid omkring 15 bars vattentryck. Foto: Mourhaf Jandali, RISE.

4.4 Vattensprinkler i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Att skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader mot brand kräver särskilda hänsyn.

Sprinklersystemet måste installeras med så liten åverkan på byggnaden som möjligt, både vad gäller ytskikt och konstruktionen, och installationen måste vara diskret. Rör och munstycken ska smälta in i miljön. Dessutom får man räkna med att systemet kan komma att behöva bytas ut under byggnadens återstående livstid. Många äldre byggnader saknar värme och elektricitet vilket innebär att särskilda tekniska lösningar måste användas, som torrörssystem eller system där frysskyddsmedel tillsätts vattnet. Ofta är dessutom byggnaderna placerade på landsbygden där tillgång till vatten från det kommunala vattenledningsnätet är begränsad. Dessutom är tillgången till elkraft både begränsad och mindre tillförlitlig. I allmänhet krävs alltså en separat vattentank och en elkraftsgenerator. Träkyrkor har fasader med träpanel eller träspån och yttertaken är också ofta av brännbart material vilket kan motivera utvändigt placerade sprinkler.

Arvidson (2006 och 2007) har genomfört ett projekt finansierat av Brandforsk där erfarenheter från nio träkyrkor där sprinkler installerades åren 2004 - 2006 sammanställdes. Dessutom redovisas erfarenheter från Norge där sprinklersystem har installerats i ett större antal kyrkor under tjugoförårsperioden dessförinnan. Erfarenheterna kan sammanfattas enligt nedan:

- **Installationerna är diskreta och väl utförda.** Den genomsnittlige kyrkobesökaren lägger troligen inte märke till dem överhuvudtaget.
- **Flera av systeminstallationerna är relativt komplexa.** Några av kyrkorna är skyddade med "vattendimma" invändigt och traditionell sprinklerteknik utvändigt, det vill säga två system som inte har en enda gemensam komponent mer än möjligen vattentanken. Dessutom kan flera olika systemlösningar förekomma inom ett och samma objekt, våtrörssystem med

frysskyddsmedel, torrörssystem och gruppaktiveringssystem. Det gör systemlösningarna underhållskrävande samtidigt som tillförlitligheten kan äventyras. En erfarenhet från Norge är att sofistikerade lösningar och "modern" teknik ställer höga krav på underhåll och att de ofta är dyra. Enkla lösningar är därför eftersträvarvärda.

- **Regelbunden funktionskontroll är viktigt.** Ofta krävs en hel kedja med moment (detektering av brand, signalöverföring, öppning av ventiler och start av pump) för att ett system ska fungera. Med en funktionskontroll kan man dokumentera att alla moment i kedjan fungerar. Flera fall där system inte fungerat vid funktionskontroll dokumenterades.
- **Flera fall av oavsiktliga aktiveringar.** Anmärkningsvärt många fall (sex) där sprinklersystemet aktiverats oavsiktligt har dokumenterats. I samtliga fall är det sprinklersektioner för utvändigt skydd av fasader eller yttertak som aktiverat utan att det inträffat brand. Den direkta orsaken varierar men kan i samtliga fall hänföras till branddetektionssystemet, som i dessa fall var värmedetekteringskabel förlagd på ytterfasad.
- **Dränering av rörsystemen är viktigt.** Torrörssystem måste gå att dränera; annars finns risk att kvarstående vatten (efter provning eller aktivering) fryser eller bidrar till invändig korrosion. Om rökopplingar eller munstycken fryser sönder kan det innebära att systemet aktiveras oavsiktligt. I några av kyrkorna används därför tryckluft för att blåsa rören fria från kvarstående vatten. Försök visar att rörsystemen går att få torra på det sättet men praktisk dokumenterad erfarenhet saknas.
- **Användningen av frysskyddsmedel kan diskuteras.** Dels gör det systemen mer komplicerade och underhållskrävande, dels finns risk att vissa frysskyddsmedel skadar känsliga ytor om läckage uppstår. Ett fall där frysskyddsmedel spillts på en golvyta dokumenterades. Här kan sägas att torrörssystem eller termisk isolering och uppvärmning av sprinklerören är två alternativ till frysskyddsmedel.
- **Kontroll, provning och underhåll.** Regelbunden kontroll, provning och underhåll är nyckeln till hög tillförlitlighet. Kontroller och provning som kan genomföras av anläggningsskötaren genomförs veckovis, månadsvis, kvartalsvis och halvårsvis. Men det kräver tid, utbildning och engagemang från anläggningsskötaren. Flera anläggningsskötare uttryckte att underhållet krävt mer tid och varit dyrare än man förväntat sig. Mer omfattande eller komplicerad kontroll, provning och service görs normalt årsvis av en extern aktör.
- **Erfarenhetsutbyte efterlyses.** Ett flertal svenska kyrkor är nu skyddade med sprinkler. Flera anläggningsskötare efterlyste erfarenhetsutbyte anläggningsskötare emellan.

Kostnaden för kontroll, provning och underhåll av ett sprinklersystem får inte underskattas. Den enklaste formen av kontroll och provning görs vanligtvis veckovis eller månadsvis av anläggningsskötaren, i de här fallen av kyrkvaktmästaren. Moment som ingår kan vara kontroll av vattentryck och lufttryck, provkörning av pumpar och elkraftsgeneratorer, samt i vissa fall renblåsning av rör. Serviceavtal med fackmän bör finnas för mer tekniskt komplicerade komponenter som pumpar och elkraftsgeneratorer, för utbyte av frysskyddsmedel och utbyte av drivgasbehållare. Dessutom krävs en årlig tredjepartskontroll av en certifierad besiktningsman. Vid denna kontroll görs även en funktionskontroll av sprinklersystemet och brandlarmet. Dessutom finns en årlig kostnad för larmöverföring från brandlarmcentralen till SOS Alarm eller annan larmcentral.



Bild 5: Installation av ett automatiskt högtrycksmunstycke (vattendimma) i en träkyrka med synlig förläggning av grenröret (Ø12 mm). Foto: Magnus Arvidson, RISE.

För Habo kyrka, som var en av kyrkorna i studien, var den årliga kostnaden år 2007 enligt Arvidson (2009):

- Egen personalkostnad: 30 000 kronor (3 persontimmar/vecka).
- Serviceavtal (sprinklersystemet): 49 500 kronor.
- Serviceavtal (elkraftsgeneratorer): 9 000 kronor.
- Tredjepartskontroll: 23 000 kronor.
- Totalt: 111 500 kronor + moms/år. Motsvarande 133 000 kr + moms/år i dagens (2021) penningvärde.

Det är viktigt att erinra att Habo kyrka inte är representativ för övriga sprinklerinstallationer redovisade i ovanstående studie eftersom kyrkan är betydligt större och har en mycket komplex systemlösning. De kostnader som redovisas bör i stället mana till eftertanke om hur viktigt det är att sträva efter så enkla systemlösningar som möjligt. En särskilt viktig aspekt att ha med i beräkningen är om kyrkan ej nyttjas regelbundet eller står inför kallställning.

På Nationalmuseum i Stockholm har ett våtrörssystem med plaströr installerats med diskret installation av sprinklerna, bland annat så har så kallade horisontella vägsprinkler använts. Systemet har ett dräneringssystem för avrinning av vatten ut genom fasad enligt Bengtson et al. (2018).

KA och Riksantikvaren i Norge har publicerat en vägledning av Jensen (2015) för installation av släcksystem i kyrkor. Dokumentet beskriver brandförlopp med och utan släcksystem och skillnaden mellan olika system, det vill säga mer allmängiltig information. Bland annat illustreras en anlagd brand i en kyrka som anlades mot en av ytterväggarna, vilken spred sig under träpanelen upp på

vinden och som sedan släcktes av sprinklersystemet som var installerat på vinden. Annan information är i första hand relevant för norska förutsättningar, som kommunernas ansvar, möjligheten att söka finansiering och upphandling av installation.

Historic Scotland har publicerat tekniska råd om installation av vattensprinklersystem i kulturhistoriskt värdefulla byggnader (1998). Dokumentet är relativt omfattande och beskriver sprinklersystem och dess ingående delar generellt och mer specifika frågor relevanta för dessa byggnader, till exempel anläggning av vattenkälla, synlig och dold förläggning av rör samt installation av sprinklerna. Installationen av sprinkler illustreras med foton och i en bilaga beskrivs installationen i två byggnader, the Duff House och the Coleridge Cottage.

4.5 Påverkan av vatten på känsliga ytor

Det är viktigt att sprinklersystem aktiverar vid en brand men det är minst lika viktigt att det inte aktiverar oavsiktligt, när det inte brinner. Jensen et al. (2006) har sammanställt totalt 27 fall med oavsiktliga aktiveringar av traditionella sprinklersystem och vattendimsystem i norska kulturhistoriskt värdefulla byggnader åren 1986 – 2005 och diskuterar de bakomliggande orsakerna. Ett flertal oavsiktliga aktiveringar som var direkt eller indirekt relaterade till frysning av vatten (som därmed skadar komponenter) identifierades. Installationsrekommendationer för sprinklersystem innehåller omfattande detaljkrav för att förhindra frysning men i kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan krav gällande till exempel lutning av rör, omfattning och placering av dräneringsventiler för kondensvatten, strömförsörjning till luftkompressorer och andra detaljkrav vara svåra att uppfylla, vara dyra eller helt enkelt förbises. De kontroll- och underhållsrutiner som fordras kan också upplevas som besvärliga och arbetskrävande.

Komplexa och underhållskrävande systemlösningar var en orsak till flera oavsiktliga (ingen brand) aktiveringar men även det som normalt betraktas som vedertagna och enkla system kan överskrida förmågan för lokala anläggningsägare och installatörer. Erfarenheterna visar att systemlösningar där ett separat branddetektionssystem detekterar brand och aktiverar ett sprinklersystem ofta är oacceptabelt komplexa och kan leda till problem. Flera fall orsakade av frysning i pneumatiska detektionsslangar och minst ett fall orsakat av frost i punktdetektorer identifierades. Vissa system har även haft unika, tidigare inte använda lösningar, som introducerat oväntade problem.

Arvidson et al. (2007) har studerat påverkan av vatten från sprinkler och vattendimma på vägg- och takmålningar på uppdrag av Riksantikvarieämbetet, Riksantikvaren i Norge och Statens fastighetsverk. Målsättning med projektet var att undersöka hur olika typer av färger påverkas av vattensprayen från både traditionell typ av sprinkler och den nyare typen av system med "vattendimma". Försöken kan betraktas som orienterande men resultaten pekar mot att även mycket små vattenmängder kan skada känsliga ytor, även om ett högre vattenflöde förstås bidrar till större påverkan. En annan slutsats är att faktorer som sprickbildning och andra ytdefekter i färglagren och antal färglager har stor betydelse för hur stor skadan blir. Försöken visar även att takytan i närområdet runt en nedåtriktad (genom ett tak) sprinkler eller ett vattendimmunstycke kan utsättas för en indirekt kraftig vattenbegjutning och därmed orsaka skada på takmålningar. Denna vätning är oerhört avhängigt hur munstycket är utformat, men bör tas i beaktande vid varje installation.

Riksantikvaren i Norge har tagit fram rekommendationer (Jensen, 2005) för hur sprinkler skall installeras i byggnader, till exempel mindre träkyrkor, med vägg- och takmålningar som är känsliga för påverkan av vatten. I dessa rekommendationer föreslår man att munstycken med 'låg impuls' installeras i tak kombinerat med strategiskt placerade munstycken med 'högre impuls' på lägre

nivåer. Avsikten är att munstyckena i taknivå skall kyla det varma brandgaslagret och på så sätt förhindra övertändning samt att de lägre placerade munstyckena skall dämpa en brand i golvnivå.

4.6 Släckförsök för skydd av höga rum och ytterfasader

KA, som är en arbetsgivare- och intresseorganisation för ägare av kyrkobyggnader i Norge och jobbar med förvaltningsstöd, har finansierat en studie (Jensen, 2016) om traditionella och nya typer av sprinklersystem för skydd mot brand som uppstår i eller utanför kyrkobyggnader uppförda under 1800-talet. Dessa byggnader har hög inre takhöjd, en stor kyrksal och ofta invändig och utvändigt träpanel. Studien redovisas i tre rapporter publicerade 2016 och identifierade flera kategorier av sprinklersystem värda att prova i fullskaliga försök. Jensen (2018) redovisar de försök som genomfördes åren 2016 - 2018. Vid försöken användes tre olika försöksuppställningar, en för invändig brand, en för utvändigt brand och en för övertändning i rum. Försöksuppställningen inkluderade väggar, takfot och ett sluttande tak. Väggarna var 7 m eller 8 m höga och rumshöjden 8,5 m. Två olika brandscenarier simulerade en ouppståttlig brand och en anlagd brand, i båda fall med en stapel med trälastpallar direkt mot en bärande vägg med träpanel. Lastpallarna antändes med en respektive två mindre plåtbaljar med heptan. En viktig aspekt var att förhindra genombränning av väggspanelen och fortskridande brandspridning bakom denna.

I scenariot med en invändig brand provades ett traditionellt sprinklersystem och två vattendimsystem (låg- respektive högtryckssystem) med automatiska sprinkler/munstycken med glasbulber som aktiveras av värmen från en brand. Samtliga system krävde förändringar av val och placering av sprinkler/munstycken samt systemtryck under försöksseriens gång innan de klarade att släcka eller dämpa branden. Det traditionella sprinklersystemet krävde minst totalt vattenflöde och genererade minst brandskador av dessa tre system. En konkret slutsats är att begränsade brandskador är resultatet av tidig aktivering, hög vattenpåföring och stora vattendroppar. Med ett för lågt vattenflöde finns en risk för genombränning av väggspanelen, med en dold, invändig brandspridning i väggen som följd. Dessutom provades ett system med en automatisk (autonom) vattenkanon monterad i taket. Vattenkanonen styrdes av två flamdetektorer och riktar vattenstrålen direkt mot brandhärden. Systemet aktiverade i ett tidigt skede av brandförloppet och släckte branden med begränsade brandskador.



Bild 6: Ett exempel på ett sprinklersystem med öppna sprinkler installerade för att vattenbegjuta en ytterfasad på en av Sveriges äldsta träkyrkor. Sprinklersystemet aktiveras sektionsvis och automatiskt via en signal från den värmedetektionskabel som är installerad under takfoten. Här kan även noteras att sprinklerrören är tillverkade av koppar. I utomhusmiljö sker en oxidation av koppar, varvid det med tiden bildas ett mörkbrunt skikt på metallens yta som gör röret mindre synligt. Foto: Magnus Arvidson, RISE.

I scenariot med en utvändigt fasadbrand provades ett traditionellt sprinklersystem med automatiska sprinkler (glasbulb) och ett gruppaktiveringssystem med vattendimma (lågtryck) aktiverat av en flamdetektor. Det förstnämnda systemet släckte branden vid ett av brandscenarierna och kontrollerade branden i det andra scenariot. När branden endast kontrollerades hade delar av träpanelen brunnit igenom, vilket kan resultera i en dold, invändig brandspridning i väggen. (Mer information om åtgärder för att begränsa fasadbrand finns i kapitlet om passivt brandskydd). Gruppaktiveringssystemet aktiverade i ett tidigare skede av brandförloppet och släckte de båda brandscenarierna som användes vid försöken. Påverkan av vind värderades inte eftersom försöken genomfördes inomhus i en brandprovningshall. Även för en utvändigt brand provades ett system med en automatisk (autonom) vattenkanon aktiverad och styrd av två flamdetektorer. Eftersom vattenstrålen koncentrerades mot branden var släckningen definitiv och den mest effektiva av de provade systemen. Vattenkanonen var installerad på ett stativ 12 m framför fasaden.

Sammantaget är rapportens slutsats att ett autonomt system med en eller flera vattenkanoner är det bästa valet för invändigt skydd av större och höga kyrksalar. Värderingen är baserad på total mängd vatten som påförs, tiden till aktivering, tiden till släckning och tiden till släckning i förhållande till tiden för genombränning av träpanelen, väggytan som väts och täckningsytan per sprinkler/munstycke (i det här fallet en vattenkanon). Systemet bedöms också som det bästa valet för utvändigt fasadskydd, baserat på tiden till släckning i förhållande till tiden för genombränning av träpanel och med hänsyn till den ofta begränsade tillgången på vatten. Branden är större när ett

traditionellt sprinklersystem eller ett vattendimsystem som aktiveras av värmen från branden aktiverar. Vattendropparna når heller inte branden om de är för små, vilket sågs både med sprinkler och med vattendimma. Aktivering via en signal från en eller flera flamdetektor är en förutsättning för att aktivera systemet innan branden får fäste i träpanelen.

4.7 Användning av fasadsprinkler vid branden i Eksjö 2015

Fasadsprinkler är ett begrepp som avser ett rörsystem med öppna munstycken som installeras under takfoten på en byggnad. Systemen kan ha en fast anslutning till en vattenkälla men vanligast är nog att det finns en anslutningspunkt med en klo- eller normalkoppling till vilken en brandslang kan anslutas. När rörsystemet trycksätts med vatten begjuts ytterfasaden för att förhindra att en brand sprids in i byggnaden via värmestrålning eller av via flammor.

Det finns få exempel på hur fasadsprinkler fungerar vid verklig brand. Men ett exempel är den installation av fasadsprinkler som utfördes med finansiering via Sprinklerfrämjandet i Gamla stan i Eksjö. Två fasadsprinklersystem med öppna munstycken installerades mellan de två kvarter som ligger tätast. Vid en brand kan räddningstjänsten ansluta vatten från räddningsfordon eller från en motorspruta så att fasaden vattenbegjuts. Sprinklersystemen som är cirka 30 meter långa, kräver ett vattenflöde på vardera 1 800 l/min (Hjorth, 2018 samt Glenting, 2002). Den 16 augusti 2015 startade en brand i en lägenhet på Vaxblekaregränd. En hel fastighet med tre huskroppar med kulturhistoriskt värde totalförstördes och en person omkom vid branden. Enligt olycksutredningen av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB, 2016) efter branden tog det relativt lång tid innan fasadsprinklern kunde kopplas upp och trycksättas med vatten från en motorspruta eftersom en pågående rökdykarinsats blev resurskrävande. Det fanns helt enkelt inte tillräckligt med personal för att klara båda uppgifterna. Men utredningen bedömer att den utvändiga vattenbegjutningen sannolikt var en avgörande faktor som förhindrade brandspridning över Vaxblekaregränd till nästa kvarter. Dessutom frigjordes delar av den personal som fanns vid fastigheten när väl vattenbegjutningen kom i gång, vilket blev en tillgång i insatsen. I januari 2019 började ett nytt hus med innergård att byggas på tomten. Huset, som har en modern form, har 15 lägenheter med sprinkler i lägenheterna och fasadsprinkler (Knutsson, 2020).



Bild 7 och 8: Anslutningspunkt och distributionsrör för fasadsprinkler vid Vaxblekaregränd i Gamla stan i Eksjö. Foto efter branden. Foto: Magnus Arvidson, RISE.

4.8 Sprinklersystem för oinredda vindar

Oinredda vindar betraktas som svåra att skydda med sprinkler på grund av bland annat taklutningen och eftersom de normalt är ouppvärmade. Installation enligt NFPA 13 (2019) med traditionella sprinkler kräver många sprinkler och relativt höga vattenflöden. SS-EN 12845 (2015) saknar rekommendationer för hur sprinkler på oinredda vindar ska installeras. För vindsutrymmen med sadeltak eller pulpettak kan så kallade "vindssprinkler" (eng. Attic sprinklers) användas. Sprinklerna installeras vidnock - och om inte annat anges - i varje balkfält. Beroende på takfall och utrymmets spännvidd kommer sprinkler med olika spridningsvinkel och K-faktor (munstycksöppning) att väljas. I utrymmen med sadeltak används sprinkler som distribuerar vatten i två riktningar längs taklutningarna och i utrymmen med pulpettak användes sprinkler som distribuerar vatten i en riktning längs taklutningen.



Bild 9: Vindsutrymmen i större kulturhistoriskt värdefulla byggnader innebär stora utmaningar avseende placering och val av sprinkler. Foto: Magnus Arvidson, RISE.

Enligt vissa tillverkare kan det totala vattenbehovet med dessa specialanpassade vindssprinkler reduceras med upp till 70 % jämfört med traditionella sprinkler. Ingen konkret forskning inom området har identifierats. De kommersiella sprinkler som diskuteras ovan har provats och certifierats av Underwriters Laboratories, Inc. i enlighet med UL 199G (2012).

År 2008 installerades ett traditionellt sprinklersystem på vindarna på Kalmar slott med just den typ av vindssprinkler som diskuteras ovan (Edlund, 2015). Eldrivna sprinklerpumpar och en luftkompressor (sprinklersystemet är ett torrörssystem) installerades i ett befintligt teknikrum i källaren. För att skydda interiörerna i Gyllene salen och Slottskyrkan för vatten vid en aktivering av

sprinkler eller vid ett läckage (från vindarna ovanför) har tätskikt ordnats över dessa delar. Slottskyrkans tegelvalv mot vinden brandisolerades med två lager 45 mm stenullsmatta. Överst monterades en spåntad träfiberskiva med förskjutna skarvar. Över Gyllene salen försågs vindsgolvet med ett tätskikt av plåt. Utlopp från skyddstaket mynnar ut i ett avloppsrör ut genom fasad mot yttre borggården. Avloppsröret är inte synligt i fasaden och mynningen har täckts med ett svart metallgaller som skydd mot fåglar. Sprinklersystemet togs i drift år 2009 och drifterfarenheterna är så här långt goda (Josefsson, 2018).

Det finns även exempel på att vindsutrymmen eller tornutrymmen skyddas med öppna, ej automatiska sprinklersystem. Enligt uppgift fanns ett äldre sprinklersystem i tornet på Katarina kyrka men det var oanvändbart vid branden 1990 eftersom det enligt uppgift inte fanns tillräcklig vattenkapacitet i det kommunala vattenledningsnätet (National Board of Antiquities, 2004).

4.9 Vattenridåer framför eller mellan byggnader

Vattenridåer av mer eller mindre stora vattendroppar kan reducera värmeöverföringen genom värmestrålning från en brand till en byggnad som skall skyddas och därigenom fördröja eller förhindra brandspridning. Detta beror på att vatten i finfördelad form effektivt absorberar värmestrålningen från en brand. Försth och Möller (2011) har genomfört en teoretisk och experimentell studie av hur strålningsabsorptionen kan optimeras. Det finns en optimal droppdiameter omkring 1 µm när vattendropparna absorberar värmestrålning mest effektivt. Så små vattendroppar kan dock vara svårt att åstadkomma i praktiken. Man bör dessutom beakta att dropparna förångas av värmestrålningen och att diametern därför varierar under en droppes livstid. Projektet studerade även möjligheten att öka absorptionen genom att tillsätta additiver till vattnet. Fem olika tillsatser undersöktes, bland annat kolnanopulver och koldioxid, det vill säga kolsyrat vatten. Slutsatsen är att absorptionen förbättrades med cirka 5 - 20 %. Vatten i sig är mycket effektivt vad gäller absorption av värmestrålning, därför är det svårt att uppnå några större förbättringar genom tillsats av rimliga mängder additiv.

Vattenridåer kan även användas i byggnader i stället för väggar eller dörrar (omskrivs även i kapitlet om brandcellsindelning). Cheung (2009) har genomfört brandförsök för att studera utformning av vattenridåer i eller framför vertikala öppningar. En litteraturstudie visade att de mest betydelsefulla parametrarna är vattendropparnas storlek, dess koncentration och vattenridåns bredd. Studien visade att vattenridån inte består av ett kontinuerligt lager med vatten. I utrymmet mellan vattendropparna kan varma brandgaser passera. Försöksresultaten visade att strålningsreduktionen ökade från 36 % till 57 % när vattentrycket ökades från 4 bar till 6 bar.

Vattenridåer är en vedertagen teknik för att skydda lagringstankar med brandfarliga vätskor eller gaser. Vattenridån kan vara nedåtriktad, framför det objekt som skall skyddas eller så kan vattensprayen vara direkt riktad mot mantelytan. Buchlin (2005) har genomfört försök för att undersöka effektiviteten för båda alternativen. Resultaten visar att en eller flera vattenridåer effektivt kan reducera strålningsnivåerna. Effektiviteten ökar med antalet munstycken i vattenridån och en reduktion med mellan 50 % och 75 % kan förväntas. Ett typiskt vattenflöde är 120 l/min per längdmeter. Om vattensprayen i stället riktas så att den träffar mantelytan förbättras strålningsdämpningen och kan vara så hög som 90 %. Detta kräver dock ett visst avstånd mellan munstyckena och mantelytan så att vattensprayerna från de enskilda munstyckena överlappar varandra. Det typiska vattenflödet är mellan 9 till 15 l/min och kvadratmeter.

Kim et al. (2012) har studerat vilken typ av vattenspraymunstycken som är mest lämpliga för att skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader i trä från en brand i en närliggande byggnad eller en skogsbrand. Vattenspraysystemen installerade i några befintliga byggnader dokumenterades. Som en del av projektet tog man fram ett koncept med ett rörsystem förlagt under mark och 'pop-up'-munstycken förlagda i vertikala cylindrar (under mark) med lock. Konceptet medger en mer dold installation framför en byggnad och när rörsystemet trycksätts med vatten gör en teleskopisk förlängning att munstyckena trycks upp ovanför markytan. Spridningsbilden och kasthöjden för flera olika typer av munstycken kartlades. Med en sluten spridningsbild är kasthöjden för ett munstycke 16 m vid 7 bars tryck. Men en spridd stråle med mer finfördelat vatten är den 8,5 m vid samma tryck. Vattenflödet är 37,5 l/min respektive 62,5 l/min.

5 Syrereducerande system

5.1 Allmänt om tekniken

Syrereducerande system ('Oxygen reduction systems' eller 'Hypoxic air' är två vanliga engelska begrepp) är ett aktivt system som permanent sänker syrekoncentrationen i luft (normalt 21 %) till en nivå där brand i princip inte kan uppstå (cirka 15 %). Systemen är därmed inte ett släcksystem i en bokstavlig mening men en typ av aktivt brandskyddssystem. Lämpliga applikationer är fryslager, automatlager, el- och teleutrymmen, magasin och arkiv. Rent principiellt fungerar systemen genom att kvävgas som genereras av en kvävgasgenerator blandas in i utrymmet exempelvis via ventilationsanläggningen. En kontroll och styrutrustning övervakar systemet som säkerställer att syrekoncentrationen hålls inom givna gränsvärden. Optiska och akustiska varningssignaler ska finnas både i och utanför det skyddade utrymmet för att säkerställa personsäkerheten. Arbetsmiljöverket har föreskrifter kring arbete i låga syrenivåer och arbetsgivare måste ta hänsyn till dessa innan arbetstagare beträder det skyddade utrymmet. Det är viktigt att det skyddade utrymmet är relativt tätt för att reducera driftskostnaden för genereringen av kvävgas (Brandskyddsföreningen, årtal okänt). SS-EN 16750:2017 (2017) har rekommendationer för utförande, installation och underhåll av system som använder kvävgas för att permanent sänka syrekoncentrationen i ett slutet utrymme.

Van Hees et al. (2018) har genomfört en litteraturstudie som omfattar syrereducerande system för att förhindra brand i lagerlokaler. Studien fokuserar på relevansen för de provningsmetoder som används för att bestämma den syrekoncentration som krävs för att förhindra att en brand uppstår men inkluderar också en studie av tillförlitlighetsfrågor. En av slutsatserna är att vedertagna provningsmetoder möjligen inte speglar verkliga antändningsscenarioer, vilket kan resultera i att rekommenderade syrekoncentrationer är för höga för att förhindra antändning i ett verkligt scenario. Studien pekar bland annat också på ett behov att ta fram data för tillförlitligheten för enskilda komponenter, såsom kompressor och sensorer, i ett system och på ett behov att ta fram rekommendationer för kontroller, provning och underhåll som är baserade på en analys av möjliga felfunktioner.

Van Hees och Barton (2019) redovisar baserat på både litteraturstudier och försök kunskapsläget om brand- och antändningsegenskaper för olika material i miljöer med reducerad syrekoncentration. Projektet bekräftar att fler studier är nödvändiga och att vedertagna provningsmetoder som används som underlag för dimensionering av system inte omfattar alla tänkbara scenarier.

5.2 Syrereducerande system i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Jensen et al. (2006) har genomfört en litteraturstudie om syrereducerande system med fokus på skydd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Rapporten konkluderar att det praktiskt taget inte finns någon risk för sekundärskador, påverkan på omgivande miljö eller korrosionsproblem. Den inerta miljön bidrar snarare positivt till att reducera den naturliga nedbrytningen av organiska och icke-organiska material. Utmaningen med tekniken är att optimera energiförbrukningen med hänsyn taget till antalet luftväxlingar i utrymmet och dess lufttäthet. Om systemet kan integreras med byggnadens ventilationssystem krävs ingen särskild rördragning eller munstycken. Utrustning såsom kompressor behöver placeras och isoleras så att störningar av buller minskas. Rapporten diskuterar fyra olika installationer i byggnader som alla hade olika förutsättningar och utmaningar.

Rapporten nämner att en hög koncentration av kvävgas skulle kunna gynna svamptillväxt eller andra biologiska processer som frodas i sådan miljö, men att det inte finns någon forskning för att stödja eller avfärda denna hypotes. En annan farhåga är att syrekoncentrationen kan variera i olika delar av ett skyddat utrymme eller utrymmen, beroende på dess geometriska komplexitet eller på grund av hög takhöjd.

6 Referenser

- Ahrens, Marty (2017). U.S. Experience with Sprinklers, National Fire Protection Association,
- Andersson, Petra, Persson, Henry och Tuovinen Heimo (2006). Råd för installation av värmedetektionskablar på ytterfasad, SP Report 2006:09, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, ISBN 91-85303-93-3, ISSN 0284-5172, Borås
- Arvidson, Magnus och Hertzberg, Tommy (2001). Släcksystem med vattendimma – en kunskapssammanställning, SP Rapport 2001:26, ISBN 91-7848-870-2, ISSN 0284-5172, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås
- Arvidson, Magnus (2006). An overview of fire protection of Swedish wooden churches, Brandforsk projekt 500-061, SP Rapport 2006:42, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, ISBN 91-85533-28-9, ISSN 0284-5172, Borås
- Arvidson, Magnus, Bäckman, Anna, Hedlund, Hans-Peter och Källqvist, Sofia (2007). Påverkan av vatten från sprinkler på vägg- och takmålningar, SP Rapport 2007:25, ISBN 91-85533-75-0, ISSN 0284-5172, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås
- Arvidson, Magnus (2007). Sprinklersystem i kyrkor som skyddar mot brand, Byggnadskultur, Svenska Byggnadsvårdsföreningens tidskrift, nr. 1,
- Arvidson, Magnus (2009). Sprinklerinstallationer i kyrkor – lösningar och erfarenheter, VVS Forum
- Arvidson, Magnus (2014). Släcksystem med vattendimma – en förnyad kunskapssammanställning, Brandforsk projekt 500-121, SP Rapport 2014:30, ISBN 978-91-87461-76-7, ISSN 0284-5172, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås
- Bakken, Karoline, Sulen Johannessen, Camilla, och Skurtveit, Åshild (2016). Brannsikring av tett trehusbebyggelse i Bergen – utvendig områdedeteksjon med varmekamera, Høgskolen Stord/Haugesund
- Benfer, Matthew E., Scheffey, Joseph L., Forssell, Eric W. and Williams, Emily (2016). Impact of Fire Extinguisher Agents on Cultural Resource Materials, FINAL REPORTS (Quantitation & Assessment), Fire Protection Research Foundation
- Bengtson, Staffan, Wahlsten, Viktor, Engström, Johan, Rittsel, Johan och Rosenberg, Anders (2018). Sprinkler i kulturbyggnader, Byggnadskultur, Svenska Byggnadsvårdsföreningens tidskrift, nr 3
- Brannvarslingsystem for kirkebygg (2020). KA
- Buchlin, Jean-Marie (2005). Thermal Shielding by Water Spray Curtains, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 18, Number 4-6, pp. 423-432
- Cheung, W.Y., Radiation Blockage of Water Curtains (2009). International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, Number 1, pp. 7-13
- “Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and practises on the fire protection of historic buildings in Finland, Norway and Sweden (2004). ISBN 951-616-117-0 (pdf), ISSN 1236-6439, National Board of Antiquities, Department of Monuments and Sites
- Dana, Gorham, S.B. (1914). Automatic Sprinkler Protection, Boston: T. Groom & Company, Inc.
- Edlund, Richard (2015). Kalmar slott, Sprinkling av vinden Antikvarisk medverkan, SFV objekt H322, Slottet 1, Kalmar, Kalmar län, Småland, Kalmar läns museum, Byggnadsantikvarisk rapport

Efficiency and Effectiveness of Sprinkler Systems in the United Kingdom: An Analysis from Fire Service Data (2017). Optimal Economics Ltd

Ekström, Jonas, Nilsson, Björn, Holmstedt, Göran, van Hees, Patrick, Åqvist, Johan och Gudmundsson, Anders (2008). Pyrotekniskt genererade aerosoler, Report 3145, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Lund University, Sweden, Lund

Försth, Michael and Möller, Kenneth (2011). Absorption of heat radiation in liquid droplets, SP Report 2011:75, ISBN 978-91-87017-07-0, ISSN 0284-5172, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås

Glenting, Markus (2002). Brand i äldre trähusbebyggelse, Rapport 5099, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund

Green Pettersson, Johan, Söderling, Erik (2021). Värmekameror för extern detektion -

En fallstudie av värmekameror och tillämpningen vid kulturhistorisk bebyggelse, Report 5634, Lunds universitet, ISRN: LUTVDG/TVBB--5634-SE, Lund

Hjorth, Bo (2018). "The value of sprinklers", presentation at Fire Sprinkler International 2018, June 13 – 14, 2018, Stockholm

Hvorfor og hvordan anskaffe automatiske slokkeanlegg? En veileder for Kirkelig Fellesråd (2015), KA och Riksantikvaren, Text av Geir Jensen, COWI AS

Jensen, Geir (2005). Water Mist Experience in Protecting Water Soluble Décor and Frangible Items, COWI AS

Jensen, Geir (2006). Minimum Invasive Fire Detection for Protection of Heritage, Jointly Published by Riksantikvaren the Norwegian Directorate for Cultural Heritage Historic Scotland: Technical Conservation, Research and Education Group, ISBN 82-7574-040-1

Jensen, Geir, Reitan, Arvid and Utstrand, John Ivar (2006). Analysis of Sprinkler Failures in Listed Heritage Buildings - Analysis of unintended activations of water based extinguishing systems in Norwegian heritage buildings, Riksantikvaren - The Norwegian Directorate for Cultural Heritage (RNDCH)

Jensen, Geir, Holmberg, Jan G., Gussiås, Arne, Melgård, Marianne and Fjerdingen, Ola Thomas (2006). Hypoxic Air Venting for Protection of Heritage, ISBN 82-7574-037-1, Riksantikvaren, Directorate for Cultural Heritage and Crown,

Jensen, G (2016). Automatiske slokkeanlegg for 1800-talls trekirker, COWI AS

Jensen, Geir (2018). KA PROSJEKTET Test rapport, Ytelsetesting av systemer for å bekjempe brann inne og ute ved store trebygg, PROJECT NO A075349", COWI AS

Jensen, Geir and Sommer-Larsen, Anne (2006). Manual Fire Extinguishing Equipment for Protection of Heritage, Riksantikvaren, Directorate for Cultural Heritage, ISBN 82-7574-039-8

Jonsson, Oskar och de Pedis, Marco (2013). Pyrotechnically Generated Aerosols ability to extinguish cable fires, Report 5441, Department of Fire Safety Engineering and System Safety, Lund University, Sweden, Lund

Kangedal, Peter, Hertzberg, Tommy och Arvidson, Magnus (2001). Pyrotekniskt genererade aerosoler för brandsläckning – en litteraturstudie, Brandforsk projekt 507–991, SP Rapport 2001:28, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, ISBN 91-7848-874-5, ISSN 0284-5172, Borås

NFPA 13 (2019). Standard for the Installation of Sprinkler Systems, National Fire Protection Association

NFPA 2010 (2020). Standard for Fixed Aerosol Fire-Extinguishing Systems”, National Fire Protection Association

Samtal med Tommy Josefsson, intendent vid Kalmar slott (2018-12-13)

SS-EN 12845:2015. Brand och räddning - Fasta släcksystem - Automatiska sprinklersystem - Utförande, installation och underhåll, fastställd 2015-06-14, publicerad 2015-06-16

SS-EN 3–7:2004+A1:2007. Brand och räddning - Handbrandsläckare - Del 7: Egenskaper, funktionskrav och provningsmetoder, publicerad oktober 2007

SS-EN 16750:2017. Fixed firefighting systems - Oxygen reduction systems - Design, installation, planning and maintenance, Fastställd: 2017-09-13

SS-EN 15276-1:2019. Fasta släcksystem - Pyrotekniskt genererad aerosolsläckningssystem – Del 1: Krav och provningsmetoder för komponenter, Fastställd: 2019-04-11

SS-EN 15276-2:2019. Fasta släcksystem - Pyrotekniskt genererade aerosolsläckningssystem – Del 2: Utförande, installation och underhåll, Fastställd: 2019-04-02

SBF 120:8 (2016). Regler för automatiskt vattensprinklersystem, Brandskyddsföreningen, Stockholm

SBF 503:1 (2019). Regler för vattendimsystem, Brandskyddsföreningen, Stockholm

Malm, Daniel och Pettersson Ann-Ida (2008). Reliability of Automatic Sprinkler Systems – an Analysis of Available Statistics, Report 5270, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, Lund

Melin, Markus (2017). Tillförlitlighet för automatiska vattensprinkleranläggningar: Djupstudie av MSB:s insats-rapporter avseende bränder i byggnader som är försedda med automatiska vattensprinklersystem, Brandkonsulten AB, Stockholm

Olycksutredning Brand i Gamla stan, Eksjö 2015-08-16 (2016). Publikationsnummer MSB959, ISBN 978-91-7383-634-0

Technical Advice Note, The Installation of Sprinkler Systems in Historic Buildings (1998), ISBN 1 9001 68 634, Crown Copyright Edinburgh

Knutsson, Jenny, ”Deras nya hem har ett rött hjärta”, artikel i Hem & Hyra, publicerad på www.hemhyra.se den 18 juni 2020

Kim, Kyoung-Jin, Song, Dong-Woo and Lee, Su-Kyung (2012). A Study on Performance of Water Curtain Nozzles for Protection of Wooden Cultural Properties from Forest Fire, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 3, pp. 8-13

<https://www.brandskyddsforeningen.se/brandsakerhet-i-hemmet/hemma/brandslackare/> (2021-06-10)

<https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandskydd/brandskyddsutrustning/brandslackare/> (2021-06-10)

UL 199G, Outline of Investigation for Fire Testing of Specific Application Sprinklers for Use in Attic Spaces (2012), Edition 1

Measuring the Impact of Fire Extinguisher Agents on Cultural Resource Materials. Literature Review, Test Specifications and Procedures for Measuring the Impact of Portable Fire Extinguisher Agents on Cultural Resource Materials (2010). Prepared by: Hughes Associates, Inc., Fire Protection Research Foundation

Van Hees, Patrick, Barton, John, Nilsson, Martin and Meacham, Brian (2018). Review of Oxygen Reduction Systems for Warehouse Storage Applications”, Fire Protection Research Foundation

Van Hees, Patrick and Barton, John (2018). Fire behaviour and occurrence of Fire in enclosures protected by oxygen reduction systems, Report 3220, ISSN: 1402-3504, ISRN: LUTVDG/TVBB—3220—SE, Brandforsk 2018:6

4. Spridning av brand till byggnad

Michael Försth, Susanna Carlsten, Anne Steen-Hansen,
Joakim Sandström



Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	2
1 Inledning	3
2 Spridning från andra brinnande byggnader	3
2.1 Säkerhetsavstånd	4
2.2 Vegg- och takmaterial	6
2.3 Modellering och riskanalys	7
3 Spridning från omgivande vegetationsbrand och olika naturfenomen	10
3.1 Klimatförändringarnas påverkan på brandrisk	10
3.2 Skogs- och markbränder	11
3.2.1 Värdering och prioritering	11
3.2.2 Särskilt utsatta byggnader och områden samt åtgärder för att minska brandskador	12
3.2.3 Förvaltning, riskhantering och förebyggande arbete	13
3.2.4 Övervaknings- och analysmetoder	14
3.3 Åska och blixtnedslag	15
3.3.1 Traditionella, åldrade och skadade material	16
3.3.2 Höga byggnader och megastrukturer	16
3.3.3 Historik kring åskskydd	17
4 Referenser	18

Sammanfattning

I detta kapitel diskuteras hur byggnader med kulturvärde kan utsättas för, och skyddas mot, brand som skapas av extern påverkan. För att minska brandspridningsrisken till kulturhistoriskt värdefulla byggnader är omgivningen av kritisk betydelse. Vad gäller spridning från en byggnad till en annan så bör det beaktas att omfattande brandskyddsåtgärder kan tillåtas i de byggnader som ligger i den skyddsvärda byggnadens närhet, så länge de förstnämnda byggnaderna i sig inte har krav på bevarande av kulturhistoriska attribut.

Gällande de skyddsvärda byggnaderna så är det av stor vikt att minska möjligheten för glödande partiklar att antända den utsatta byggnaden. Betydelsefulla åtgärder är att täta hålrum under vindskivor och takpannor, använda finmaskiga metallnät i ventilationsöppningar och generellt täta sprickor och liknande i fasaden där glödande partiklar skulle kunna få fäste. Hus som under historien renoverats och sammanbyggt bör också ges stor uppmärksamhet eftersom olika typer av öppna genomföringar mellan byggnaderna kan ha gjorts, något som ökar risken för brandspridning.

Datormodellering av brandspridning i hela kvarter eller stadsdelar med kulturvärde förefaller svårt, vilket även gäller modellskaleförsök, särskilt om flygbrand ska simuleras eller undersökas med någon grad av noggrannhet.

För spridning från den naturliga omgivningen har det visat sig att den statistiskt mest effektiva åtgärden är att ha ett 5–20 meter långt säkerhetsavstånd mellan byggnad och omkringliggande växtlighet. Särskilt effektivt är när det inte finns träd eller växter direkt intill eller på byggnaden.

Slutligen ger klimatförändringarna nya förutsättningar och ökad risk för att bränder sprider sig från omgivande mark till kulturhistoriskt värdefulla byggnader och bebyggelse. En genomtänkt riskbedömning och god katastrofberedskap kommer därför bli allt viktigare, särskilt gällande byggnader i utsatta lägen och regioner.

1 Inledning

En byggnad kan antändas pga. extern brandpåverkan genom flera mekanismer:

- 1) Spridning från andra brinnande byggnader
- 2) Spridning från brand i vegetation samt antändning pga. andra naturfenomen

Sannolikheten för brandspridning beror på omfattningen av värmeexponering men även på antändlighet och brandmotstånd hos den utsatta byggnadens klimatskal, dvs. huvudsakligen tak, fasad och fönster. Byggnadens läge påverkar även risken för antändning. Kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan vara särskilt utsatta om de är byggda i lättantändliga material och placerade i tät bebyggelse eller nära områden där mark- och skogsbrand kan spridas från.

Kapitlet behandlar frågan om spridning av brand till byggnad via de två mekanismerna ovan utifrån olika rapporter och forskningsartiklar om bland annat stads- och skogsbränder. I tillägg till mekanismerna ovan kan spridning av brand till kulturhistoriskt värdefulla byggnader även ske på andra sätt. Ett problem, som är relativt allmängiltigt och oberoende av byggnadstyp, är anlagd brand. Brand som anläggs från utsidan av byggnader beskriver samtidigt brandspridningsmekanismer som även kan uppstå av oaktsamhet, t.ex. bilar eller avfallskärl som placeras nära en byggnads fasad. Johansson et al. sammanfattar forskning ur en svensk kontext gällande anlagd brand i skolor, där de brandspridningstekniska aspekterna i åtminstone viss grad även har bäring på andra typer av byggnader. Författarna föreslår även en riskanalysmetod som innefattar spridning via utvändigt brand (Johansson et al., 2020). Brandspridning från annat än byggnader och vegetation och naturfenomen behandlas inte vidare i denna rapport.

Sammanställningen gör inte anspråk på att beskriva all den kunskap och erfarenhet som finns inom detta område, utan omfattar endast sådana källor där forskning, erfarenheter från försök eller tillämpning med mer eller mindre konkret koppling till just brandskydd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader har hittats. Det som gäller för spridning av brand till byggnader är till stor överförbart till byggnader med kulturvärden. Det som skiljer är bebyggelsemönster, konstruktioner och material i äldre bebyggelse. Varje referens har kortfattat sammanfattats och för mer information hänvisas till källan.

2 Spridning från andra brinnande byggnader

Flera svenska städer har sammanhängande träbebyggelse som kan beskrivas som kulturhistoriskt värdefull. Brandspridning mellan separerade hus sker vanligtvis genom värmestrålning i kombination med glödande partiklar som sprids mellan byggnaderna (Stensaas, 1997). Brandspridningen sker mer sällan som följd av att flammor från en byggnad till en annan byggnad. Ett exempel är brandspridningen i Lærdal i Norge januari 2014 där en brand i en enskild byggnad spred sig till över 60 byggnader, huvudsakligen genom stark vind och därmed effektiv transport av glödande eller brinnande partiklar (Anne Steen-Hansen et al., n.d.). Det är därför av stor vikt att minska möjligheten för glödande partiklar att antända den utsatta byggnaden. Betydelsefulla åtgärder är att täta hålrum under vindskivor och takpannor, använda täta metallnät i ventilationsöppningar och att generellt täta sprickor och liknande i fasaden där glödande partiklar skulle kunna få fäste, se även kapitel 2 om passivt brandskydd i fasader och takfot/takutsprång. Suikkari hänvisar till äldre kartor som visar att gatubredder i Åbo vid den omfattande stadsbranden 1775 i många fall var större än 8 meter, den varierade mellan 6 och 10 meter. Detta avstånd är oftast tillräckligt för att skydda mot brandspridning mellan byggnader genom värmestrålning. Trots detta spreds branden snabbt genom staden, som en följd av brandspridning medvinds från tak till tak genom glödande partiklar (Suikkari, n.d.). Suikkari visar också att antalet stads- eller kvartersbränder per år stadigt ökade i Finland som en följd av befolkningsökningen fram till 1800-talets slut. Vid denna tid minskar plötsligt dessa bränder väsentligt. Minskningen hänförs till

teknisk utveckling av byggnaderna snarare än till förbättrad stadsplanering, exempelvis ökad gatubredd, vilket är en förhållandevis långsam process. Som en anekdot kan nämnas att en stor brand inträffade på en gård i den täta trähusbebyggelsen i Røros 1962. Den branden fick ingen spridning i kvarteren vilket tillskrivs att det var vindstilla vid tillfället, samt tidig upptäckt av branden (Steen-Hansen et al., n.d.). Tidig upptäckt och snabb och en kraftfull insats är av stor betydelse och exempelvis anges därför i en insatsplan för Bergen från 2015 att vid brand i den centrala trähusbebyggelsen ska räddningstjänsten från minst tre stationer larmas ut (*Helhetlig brannsikringsplan, Sikring av tett trehusbebyggelse i Bergen, 2015*).

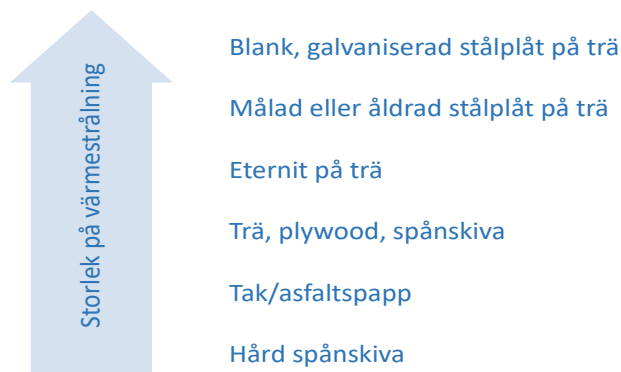
2.1 Säkerhetsavstånd

Säkerhetsavstånd mellan byggnader är generellt baserade på att reducera påverkan av värmestrålning från en brinnande byggnad till en exponerad byggnad, eftersom betydande värmestrålning kan nå väsentligt längre än själva flammorna. Bild 1 visar brandspridning över en flod där branden spreds, mot vindriktningen, från en byggnad till en annan. I tidiga regelverk från 1280-talet, gällande exempelvis Stockholm och Nyköping, angavs säkerhetsavstånd på 60 cm mellan byggnader och 5 m breda vägar (Persson and Edblad, 2018). I Sverige idag anses enligt BBR ett avstånd på 8 meter mellan byggnader ge ett tillfredsställande skydd mot brandspridning mellan byggnader. I äldre bebyggelse är avstånden mellan byggnader ofta väsentligt kortare, och så att säga inte förhandlingsbara, och det är därför viktigt att skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader dels genom åtgärder på dessa men även, eller kanske framförallt vilken framkommer i detta avsnitt, genom åtgärder på omkringliggande byggnader. Kortare säkerhetsavstånd kan i Sverige godkännas om tillfredsställande skydd kan påvisas (så kallad analytisk dimensionering) samt för småhus enligt tabellerade värden i Boverkets byggregler (*Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd, BBR,* 2020). Vid analytisk dimensionering tas hänsyn till den fönsterarea i närliggande byggnader som vid brand kan fungera som strålningskälla varifrån värmestrålning från flammor i den brinnande byggnaden kan träffa den exponerade byggnaden. Med andra ord är det ur ett brandspridningsperspektiv en fördel med så liten fönsterarea som möjligt i de fasader som vetter mot den hotade byggnaden. Ett alternativ är att använda brandklassade fönster i dessa fasader. En rimlig åtgärd är att använda brandklassade fönster åtminstone i de fasader hos icke kulturhistoriskt värdefulla byggnader som vetter mot byggnader med kulturvärden, eftersom detta ger ett skydd som inte innebär ingrepp på de kulturhistoriska byggnaderna. Även fönster som vetter i vinkel mot annan byggnad bör vara brandklassade hos sådana byggnader (Wikberg and Johansson, n.d.).



Bild 1 Brandspridning genom överföring av värmestrålning. Vinden låg vid tillfället på från höger till vänster i bilden. Trots detta antände byggnaden till vänster om floden, genom värmestrålning, byggnaden på höger sida. Bilden är från Wellesley, Massachusetts, USA, 1946 (Crosby et al., 1954).

Figur 1 visar i en relativ skala hur motståndskraftigt olika väggbeklädnader är mot brandspridning genom värmestrålning från andra byggnader. Vid analys av risk för antändning på grund av värmestrålning beaktas materialets benägenhet att antända genom så kallad pilotantändning. Detta innebär att det antas pågå flygbrand, dvs. brinnande eller glödande fragment som transporteras i luften, som initierar branden på den värmeexponerade fasaden, eller taket. Om flygbrand kunde bortses ifrån så skulle de erforderliga säkerhetsavstånden vara kortare. Det är därför meningsfullt att minimera omfattningen av fasad- och takmaterial som ger ifrån sig stora mängder glödande eller brinnande material på de byggnader som befinner sig nära en byggnad med kulturvärden (Stensaas, 1997). Vid branden i stadsdelen Arkadien i Jönköping 2001 tros ett av de brinnande taken ha bestått av stickspån under plåt vilket fick till följd att glödande partiklar spreds i mycket stora mängder (Laurila, 2004). Om det av kulturhistoriska orsaker inte är möjligt att byta sådana tak kan sprinkling vara ett alternativ. Vid utredning av branden i Arkadien konstaterades också att avståndet mellan byggnader ibland var så litet som 0,2 – 0,5 meter. Syftet med dessa smala utrymmen var enligt författarna förmodligen att skapa möjlighet att vattenbegjuta fasaderna. Dessa utrymmen var dock ofta blockerade och/eller fyllda med brännbart material, och gav inget skydd mot brandspridning utan snarare tvärtom. Även för sådana problematiska konstruktioner kan sprinkling vara ett alternativ (Laurila, 2004).



Figur 1: Relativ jämförelse av den värmestrålning som olika beklädnader på fasader kan utsättas för utan risk för antändning. Ju mer värmestrålning som krävs för antändning desto bättre brandegenskaper, dvs. desto säkrare är materialet med avseende på brandspridning från en annan byggnad till den beklädda byggnaden. Blank plåt är alltså bäst, eftersom det reflekterar en stor del av den inkommande värmestrålningen. Baserat på data från (Stensaas, 1997).

På grund av brandspridningsrisken från närliggande byggnader är brandskyddet hos dessa byggnader av väsentlig betydelse även för den byggnad som ska skyddas mot brandpåverkan (Fällman and Hansing, 1997). Exempelvis visade Shorter et al. att strålningen från fönster i brinnande byggnader kan vara väsentligt större från byggnader med inre brännbara ytskikt jämfört med ytskikt av gips (Shorter et al., 1960). Stensaas (Stensaas, 1997) noterar att brandtillväxten, dvs. hur snabbt branden växer, kan vara en minst lika viktig faktor för brandsäkerheten som den maximala strålningen från fönstren. Den maximala strålningen uppnås när branden bakom fönstret är övertänd, dvs. hela rummet brinner, och tiden till när detta sker påverkar sannolikheten för att räddningstjänsten ska hinna fram innan maximal strålning uppstår. För ytterväggar med lågt brandmotstånd kan det hända att själva väggen kollapsar och en mycket större area än fönstren strålar värme mot andra byggnader. Detta kan exempelvis vara

fallet för äldre träbyggnader, och tätt liggande sådana byggnader kan därför vara utsatt för relativt stor brandrisk. För att motverka denna risk används ofta brandväggar som har större krav på mekanisk stabilitet jämfört med andra brandskiljande väggar och risken är därför mindre att hela eller delar av fasaden kollapsar och orsakar stor strålningspåverkan på andra byggnader. Brandväggar, eller brandmurar som det tidigare benämndes, är typiskt byggda i obrännbara tunga material, ofta helsten av tegel, för att försvåra brandspridning mellan byggnader i tätbebyggda områden, och är utformade med målet att de ska stå kvar i händelse av kollaps på endera sidan av brandväggen (Reppen, 2018).

NFPA, National Fire Protection Association, har utvecklat en modell för att beräkna säkerhetsavstånd mellan byggnader baserat på detaljerad information om den brinnande byggnaden och dess läge i förhållande till den hotade byggnaden ("NFPA 80A Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures," 2017). För Trosa innerstad, exempelvis, påpekar Elofsson (2006) att stadsplanen inte ställer några krav på fasadbeklädnings, fönster eller brandavskiljande konstruktioner, samtidigt som beräkningar visar att brandspridningsrisken är stor för avstånden mellan byggnaderna, och även mellan kvarteren (Elofsson, 2006). I många fall, såsom tätbebyggda kvarter med äldre trähus, finns det naturligtvis inga möjligheter att påverka avståndet mellan byggnader och det är då av största vikt att säkerställa att varje byggnad i sig har ett gott brandskydd, exempelvis med sprinklersystem eller skapande/förstärkning av brandcellsavskiljande konstruktioner, se kapitel 3.

Dåvarande Räddningsverket, Riksantikvarieämbetet och Eksjö kommun publicerade 1999 en brandskyddsstrategi för centrala Eksjö (Riksantikvarieämbetet, 1999). Vid en riskinventering framkom att åtkomstmöjligheterna för räddningstjänsten, korta avstånd mellan byggnader, håltagningar i ytterväggar i tomtgräns för bjälklag och ventilation, fönster i gavlarna vid tomtgräns, samt olika höjd på byggnader inom samma kvarter utgör en förhöjd brandspridningsrisk. Förhöjd brandspridningsrisk vid olika byggnadshöjd beror bland annat på att brand snabbt kan spridas vid vindsbrand (Wikberg and Johansson, n.d.) via fönster i den brinnande byggnadens tak till fasaden på en närliggande högre byggnad (Wikberg, 2005). Beträffande de korta avstånden mellan byggnader så hade dock brandklassade fönster installerats om avståndet var mindre än 5 meter. Det visade sig också att endast ett fåtal av byggnaderna saknade brandväggar vid tomtgränser. Se även kapitel 3 för mer information om branden i Eksjö.

2.2 Vägg- och takmaterial

(Zhou et al., 2019) undersökte hur brandegenskaperna för cederträ förbättras genom flamskydd med fosforsyra, samt hur detta skydd sedan försämras när träet utsätts för accelererad åldring enligt tre japanska och en svensk ("NT Fire 053 Nordtest Method, Accelerated weathering of fire-retardant treated wood for fire testing," 2003) (baserad på ASTM D2898 ("ASTM D2898 Standard Practice for Accelerated Weathering of Fire-Retardant-Treated Wood for Fire Testing," 2017)) standard genom upprepade vätning, uppvärmning och nedkylning av provkropparna. Flamskyddet visade sig mycket effektivt på så sätt att tiden till antändning ökade dramatiskt samt maximal avgiven värmeeffekt minskade till ungefär en tiondel jämfört med obehandlat cederträ. Den accelererade åldringen försämrade flamskyddet så att tiden till antändning återigen minskade. I flera fall blev tiden till antändning efter åldringen till och med kortare än motsvarande tid för färskt obehandlat trä. En förkortad tid till antändning innebär generellt även att brandspridningshastigheten på den antända ytan ökar. Vad gäller den maximala avgivna värmeeffekten så återgick denna till cirka hälften av värdet för obehandlat trä för den åldringsstandard som var mest effektiv med avseende på återställande av denna parameter. Studien visar att flamskyddsbehandling av träfasader kan förbättra brandegenskaperna väsentligt, men att sådan behandling bör upprepas med lämpliga intervall. Eventuell påverkan på träets utseende och materialegenskaper bör först undersökas i småskaliga försök innan fasaderna behandlas. Se även avsnitt 2.2.4 om ytskikt och brandhämmande behandlingar.

Ytbehandling av träfasader kan också få motsatt effekt och försämra brandegenskaperna. Ett aktuellt exempel på detta är den så kallade Royalbehandlingen av träfasader i Norge som gjort att det ifrågasätts om dessa fasader uppfyller gällande norska brandsäkerhetskrav (Møller et al., 2021). Royaloljan består av 50 % petroleumolja och 50 % linolja. Försök på målade ytor visar att laserade ytor av furu är mer lättantändliga än både obehandlat trä och täckmålat trä (Ovesson, 2011).

Innanför ringmuren i Visby så är skiftesverkshuset byggda med kort avstånd mellan husen över gatan, cirka 3 m (Strandberg et al., 2017). Vid renoverings- och energieffektiviseringsarbeten har hampakalk uppmärksammats som ett alternativ för att minska fuktproblematiken som nya isoleringsmaterial kan medföra och som ett sätt att behålla ett autentiskt utseende hos husen. Edbladh och Persson undersökte därför, inom ramen för ett examensarbete, brandegenskaperna hos hampakalk genom förenklade prov av brandmotståndet mot strålningspåverkan. Försöken visade att den provade hampakalken ur denna aspekt hade bättre egenskaper än andra isoleringsmaterial som också undersöktes, såsom linull, stenull och träfiber (Persson and Edbladh, 2018).

Tegelväggar är vanligt förekommande i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. (Hardie et al., 2014) undersökte förekomsten av brister i ytter- eller mellanväggar i radhus eller tätbebyggda hus uppförda mellan 1830–1900 i Sydney. Väggarna var mestadels av tegel och anses stå emot brandspridning bättre än det ännu äldre byggnadsbeståndet som ofta är, eller var, baserat på brännbart material (Frost and Jones, 1989). Tegelväggar är dock inte någon garanti mot brandspridning, speciellt om det finns genomföringar, öppna eller med brännbart material. Sådana genomföringar visade sig också vara den huvudsakliga bristen i väggarna, och förekom i 73 % av de undersökta objekten, fördelade enligt 47 % träbjälkar, 15 % takrännor och 11 % övriga genomföringar. De flesta av genomföringarna hade tillkommit vid renoveringar. Andra brister var att tegelväggarna inte nådde hela vägen upp till taknocken samt bristfällig separering mellan byggnadernas takfötter. Problemet med genomföringar, speciellt som följd av renoveringar, uppmärksammades också vid en workshop (Hervás, 2003) inom ramen för EU-projektet NEDIES (Natural and Environmental Disaster Information Exchange System) där flera bränder involverande kulturhistoriskt värdefulla byggnader och stadsdelar diskuterades. I december 2002 drabbades Edinburghs historiska stadskärna av en omfattande brand och räddningstjänsten fastslog efteråt att håltagningen som gjorts mellan byggnader för passage av personer och för andra ändamål, samt de många vertikala och horisontella kanal- och rörsystem som installerats, var starkt bidragande orsaker till den snabba brandspridningen genom byggnaderna.

2.3 Modellering och riskanalys

(Ondrus, 1988) undersökte brandsäkerheten i tät småhusbebyggelse. Studien tar avstamp i den förtätning av småhusbebyggelse som hade skett i många samhällen och gör inte anspråk på att speciellt adressera byggnader med kulturvärden. Författaren finner att det främsta problemet avseende brandspridning gäller sammanbyggda hus och speciellt brandspridning på vindarna, vilket är ett aktuellt problem även idag. Studien avslutas med en framåtblick där bland annat modellskaleförsök av tätbebyggda småhusområden diskuteras men bedöms som komplicerat, bland annat på grund av svårigheten att korrekt modellera värmestrålningens effekter vid nerskalade försök. Forskning föreslås vad gäller differentierade säkerhetsavstånd, där hypotesen är att säkerhetsavstånden mellan byggnader skulle kunna baseras på inredning och ytskikt i den exponerande byggnaden. Detta förslag grundar sig i observationen att strålningen, genom fönster och andra öppningar i fasaden, från en brinnande byggnad till omgivande byggnader är starkt avhängigt av brandutvecklingen i den exponerande byggnaden. En kanadensisk studie från 1981 rapporterar att själva fasadbeklädnaden på den brinnande byggnaden inte nämnvärt påverkar strålningspåverkan på exponerande närliggande byggnader (McGuire and Williams-Leir, 1981).

Datormodellering av brandspridning vid stads- och kvartersbränder med tät träbebyggelse har genomförts bland annat av flera japanska forskare. Syftet har då ofta varit att förutsäga brandspridningshastigheten i stadsdelar med omfattande träbebyggelse efter jordbävningar. Vid sådana scenarier uppstår ofta många bränder momentant i flera delar av bebyggelsen och modelleringen blir komplex, och inte helt relevant för svenska förhållanden.

En av pionjärerna inom området var Hamada (Hamada, 1951) som utvecklade relativt enkla samband baserade på data såsom vindhastighet, storlek på byggnader, byggnadstyp, avstånd mellan byggnader och liknande. (Walls et al., 2017) föreslår inom ramen för utveckling av brandsäkerhetshöjande åtgärder i kåkstäder att brandspridning i sådana tätbebyggda områden skulle kunna karakteriseras på liknande sätt som skogsbränder, med bränsletyp, fuktkvot, bränslefördelning, vind och topografi som parametrar. De modellerna anpassades så att de stämde överens med brandspridningshastigheter från tidigare bränder, utan någon detaljerad beskrivning av hur brandspridning egentligen sker. Detta är ett relativt vanligt angreppssätt för komplexa system och gör modellerna förhållandevis enkla att använda, men det medför samtidigt att det blir svårt eller omöjligt att dra några kvantitativa slutsatser om hur olika mekanismer faktiskt påverkar brandspridningen.

(Himoto and Tanaka, 2008) presenterar istället en omfattande fysikalisk modell för brandspridning i städer. Modellen är indelad i två delar. Dels består den av en delmodell för brandutveckling inom byggnader, vilken baseras på så kallad enzonmodellering vilket gör att beräkningarna blir relativt snabba. Den andra delmodellen beskriver hur brandspridning sker mellan byggnader. Brandspridningen mellan byggnader kan i modellen ske genom tre olika mekanismer: värmestrålning från en brinnande byggnad till en exponerad byggnad, vinddriven konvektiv värmeöverföring via den heta brandplymen, samt vinddriven transport av glödande partiklar. Speciellt brandspridning via glödande partiklar beskrivs av författarna som svårt att modellera eftersom materialet på vilket partiklarna landar och sannolikhet för att antändning ska ske är relativt okända och det blir därför svårt att tillförlitligt beskriva och kvantifiera denna mekanism.

Den nya fysikaliska modellen validerades mot såväl Hamadas empiriska modell som mot en omfattande stadsbrand i staden Sakata i Japan 1976. Efter viss parameteranpassning gav den nya modellen en rimlig överensstämmelse med Hamadas uttryck och med den verkliga branden, med vissa större avvikelser. Avvikelsena gällde framförallt underskattning av brandspridning uppströms mot vinden vid jämförelse med Hamadas uttryck, och jämfört med branden i Sakata så underskattades brandspridningshastigheten i mer glesbebyggda delar, samt överskattades vinkelrätt mot vindriktningen.

Utvecklandet av den fysikaliska modellen är ett betydande steg i förståelsen för stads- och kvartersbränder men det finns samtidigt flera frågetecken att rätta ut vad gäller noggrannheten i modellen. Exempelvis är behovet av så kallad parameteranpassning ett uttryck för att beräkningarna blir anpassade för en viss brand, i det här fallet en brand som redan inträffat, och tillförlitligheten vid modellering av potentiella andra bränder, som ännu inte inträffat, är osäker. (Nishino, 2019) utvecklade den fysikaliska modelleringen av brandspridning i trästäder genom att använda så kallad Monte Carlo-simulering för den mest komplexa delen, nämligen brandspridning via glödande partiklar. Denna studie avslutades med validering gentemot en stadsbrand 2016 i ett bostadsområde bestående av träbyggnader i staden Itoigawa i Japan. Överensstämmelse mellan modellering och den faktiska brandspridningen blev förhållandevis god, dock även denna gång efter parameteranpassning.

En kritisk analys av olika riskanalysmetoder för historiska kvarter och stadsdelar ges av Julià och Ferreira (Julià and Ferreira, 2021). Litteraturstudien behandlar riskanalys med avseende på jordbävningar, översvämningar och brand, samt växelverkan mellan sådana risker. Artikeln ger en god beskrivning bland annat av de mest använda riskanalysmetoder som används avseende brandspridning mellan byggnader i kulturhistoriskt värdefulla kvarter och stadsdelar. Även (Santana et al., 2007) diskuterar olika brandriskanalysmetoder som kan tillämpas på stadskärnor och kvarter med högt kulturhistoriskt värde, såväl kvalitativa (rankande) såsom kvantitativa. De noterar att kvantitativa metoder såsom händelse- eller felträdsanalyser kräver detaljerade data om mänskligt beteende och om tekniska systems tillförlitlighet, vilket sällan eller aldrig är tillgängligt för hela kvarter eller stadskärnor förutom eventuellt inom ramen för större forskningsprojekt eller i de fall dedikerade databaser har byggts upp. Som fallstudier användes riskanalysmetoderna Gretener (*Evaluation du Risque d'Incendie, Méthode de Calcul*, 1984) och FRAME (*FRAME 2008. Theoretical basis and technical reference guide.*, 2008) tillämpade på ett kulturhistoriskt värdefullt område i Montemor-o-Velho i Portugal med branta sluttningar. Båda metoderna uppvisade många brister när de tillämpades på historiska stadsdelar. Ett resultat från studien var dock att bjälklagen i allmänhet hade så bristfälligt brandmotstånd att varje byggnad fick beaktas som en brandcell, och att tillfredsställande brandsäkerhet bara kunde påvisas då området delades in i mindre delar, ibland ned till individuella byggnader. Det senare visar hur själva ansamlingen av byggnader i stadsdelen utgör en signifikant brandrisk. Det är svårt att dra några slutsatser för svenska förhållanden från fallstudier i länder där förutsättningarna kan skilja avsevärt. Exempelvis nämner författarna att brännbart material i byggnaderna utgör den huvudsakliga utmaningen, vilket är något begränsat ur ett svenskt perspektiv med många träbyggnader med träfasader.

(Granda and Ferreira, 2019) studerade brandsäkerheten i den historiska stadskärnan i Guimarães i Portugal med en förenklad metod för brandriskindex som tar hänsyn till flera parametrar, bland annat portugisisk lagstiftning gällande brandsäkerhet. Den ursprungliga brandriskindexmetoden (Ferreira et al., 2016) är ursprungligen framtagen för enskilda byggnader men författarna förenklade och effektiviserade metoden så att den blev mer användbar för hela stadsdelar och kvarter. Bland annat användes GIS (geografiska informationssystem) för att systematisera byggnadsbeståndet med hjälp av datorprogrammet QGIS som är en öppen mjukvara (*QGIS Geographic Information System*, 2017).

Systemet tillåter kontinuerlig uppdatering även efter ett avslutat projekt, exempelvis ett forskningsprojekt som i detta fall, vilket tillför ett stort mervärde till resultatet. Författarna anger att 436 byggnader ingick i studien varav dock 167 inte inventerades. Orsaken till denna exkludering av flera byggnader förklaras inte helt tydligt, eller endast delvis, i artikeln. Datainsamling skedde dels så att säga från skrivbordet vad gäller själva stadskärnan som helhet och om de enskilda byggnaderna vad gäller historik; kända perioder av ekonomisk nedgång eller uppgång, vilket exempelvis kan påverka underhållet; styrelseform för olika epoker, samt tillgänglig information om byggnadsteknik, materialval och arkitektoniska lösningar för de enskilda byggnaderna. I tillägg genomfördes fält- och intervjustudier.

Resultatet bestod i att byggnaderna kategoriserades i olika riskklasser där byggnaderna med högst brandrisknivå utmärktes av föråldrade elinstallationer, tveksam bärförmåga i byggnadsdelar, stora brandlaster, avsaknad av eller ej fungerande brandlarm, samt begränsad eller helt blockerade utrymningsvägar. Endast 16 % av byggnaderna klassades som lågriskbyggnader vilket innebär att enbart dessa byggnader uppfyllde gällande portugisisk brandlagstiftning.

Författarna menar att stadskärnans utsätts för en förhöjd brandrisk på grund av att byggnaderna med högst brandrisk är homogent utspridda vilket kan underlätta snabb brandspridning över stora områden. Denna studie är mycket omfattande och upplysande, samtidigt som det för genomförandet

dels krävs att mycket information överhuvudtaget finns tillgänglig, i tillägg till att omfattande datainsamling även gjordes genom fält- och intervjustudier. I Sverige upprätthåller Riksantikvarieämbetet Bebyggelseregistret, BeBR, vilket skulle kunna vara till hjälp för liknande studier i en svensk kontext ("Bebyggelseregistret – BeBR," n.d.).

Om en brand väl har uppstått i exempelvis tät träbebyggelse är möjligheten för snabb insats och åtkomst för räddningstjänsten avgörande faktorer för den fortsatta brandutvecklingen. Det kan därför ur brandsäkerhetssynvinkel vara lämpligt att införa parkeringsförbud samt att etablera brandposter på strategiska platser i bebyggelsen (*Sikringsprojektet Virkemidler og verktøy for sikring av kulturminner*, 2009). I en översikt av hur arkitektoniska detaljer kan införlivas i byggnader utan att störa stadsbilden ger Gladyszewska-Fiedoruk exempel på hur brandposter kan utformas så att de smälter in i omgivningen (Gładyszewska-Fiedoruk and Krawczyk, 2018). Japanska studier om bränder efter jordbävningar visar på utmaningarna för räddningstjänst vad gäller framkomlighet, pga. att objekt faller ned och blockerar vägar och att tillgången till släckvatten minskar då vattenledningar förstörts (Toki et al., 2004). I brandens tidiga skede är beteendet hos de personer som befinner sig i brandens närhet betydelsefullt. (Lee et al., 2021) analyserar och jämför betydelsen av olika attribut hos sådana personer och deras åtgärder i samband med bränder i historiska byar i Sydkorea. En övergripande slutsats är att för individer är information och åtgärder gällande prevention av större betydelse än information och åtgärder gällande motåtgärder när brand väl uppstått. För de sociala strukturerna i byarna, dvs. olika typer av informella eller formella organisationer, gällde däremot det motsatta.

3 Spridning från omgivande vegetationsbrand och olika naturfenomen

Brand kan uppkomma pga. olika extremväder och naturfenomen, antingen som direkt eller indirekt följd. Översvämningar, stormar, jordbävningar och jordskred är exempel på naturfenomen som indirekt kan leda till bränder. Efter jordbävningen i Kobe 1995 brann exempelvis över 7000 byggnader (Toki et al., 2004). Naturfenomen är även något som kan hindra eller försena släckningsinsatser, nedblåsta träd eller jordskred som förstör vägar är två exempel. Väder och naturkatastrofer går inte att styra, däremot kan förberedelser och förebyggande åtgärder förhindra eller minska omfattningen av skador. Detta avsnitt fokuserar särskilt på kunskapsläget kring brandskydd i kulturbyggnader i samband med skogs- och markbrand samt vid blixtnedslag.

3.1 Klimatförändringarnas påverkan på brandrisk

Skogs- och markbrand samt åska med efterföljande blixtnedslag är naturfenomen som väntas öka i takt med att extremväder blir mer vanligt i klimatförändringarnas spår. Vissa områden i världen är redan eller kommer att bli särskilt utsatta för klimatförändringarnas konsekvenser (Brimblecombe and Hayashi, 2018; "IPCC Sixth Assessment Report," 2021). Internationella kulturarvsorganisationer som ICOMOS och UNESCO uppmärksammar dessa problem och arbetar med olika förebyggande insatser. Det finns en hel del forskning och artiklar om klimatförändringarnas påverkan på kulturarvet. Nyligen publicerade (Sesana et al., 2021) en artikel som bygger på en omfattande genomgång av forskningspublikationer och som därför sammanfattar nuvarande kunskapsläge inom området. Översikten pekar mot att torka och extremt höga temperaturer ökar risken för både uppkomst och spridning av brand, att det europeiska klimatet kommer förändras så att denna risk ökar samt att frekvensen för skogs- och markbrandsrisk ökar, något som i sin tur även ökar risken för skador på kulturarv. Pearson (2015) beskriver att intensiteten av uppkomna skogs- och markbränder dessutom kommer att öka (Pearson, 2015).

3.2 Skogs- och markbränder

Skogs- och markbränder kan uppstå av olika anledningar, exempelvis pga. blixtnedslag, olyckor eller anlagd brand. Forskningen om skogs- och markbränder utgår eller fokuserar i flera fall på exempel från Australien, USA, Kanada och Medelhavsområdet vilket har sin förklaring i att dessa områden drabbats hårt de senaste åren. I den sydöstra delen av Australien finns det största skogsbrandsbenägna markområdet i världen. Det finns flera exempel på skogs- och markbränder som skadat eller allvarligt hotat kulturhistoriska byggnader. Världsarvet Engelsbergs bruk var mindre än en kilometer från kanten av Västmanlandsbranden 2014 och 2021 spred sig en markbrand till universitetsbiblioteket i Kapstaden.

3.2.1 Värdering och prioritering

William et al. (2018) har genomfört en undersökning som syftar till att förstå vilka värden som allmänheten i delstaten Victoria i Australien anser vara i risk för skogsbrand. Undersökningen visar att dessa värden ofta är mer mångfaldiga än de som normalt prioriteras i skogsbrandsplaner (där bostäder och infrastruktur ofta är i fokus). Kulturarv i form av platser, byggnader och föremål lyfts in och analyseras i undersökningen. Forskarna kan se att människors prioriteringar av kulturarv i händelse av skogsbrand relaterar till känslor av personlig historia och identitet men till viss del också säkerhet och känslan av normalitet. Undersökningen beskrivs som ett första steg till att förstå och inkludera olika typer av värden i förvaltnings- och skogsbrandsplaner och att det kan hjälpa myndigheter i prioriteringar och urval. Undersökningen illustrerar också hur allmänheten kan engageras i beslutsprocesser (Williams et al., 2018). Även Spenneman et al. (2007) argumenterar för vikten av att kulturarv prioriteras i katastrofplaner och återuppbyggnadsprocesser eftersom det spelar en särskild roll för människors välbefinnande, trygghet och sammanhållning i tider av kris (Spennemann and Graham, 2007).

Venn et al. (2008) har genom en kunskapsöversikt tittat på frågor om skogsbränders påverkan på icke-monetära värden såsom ekosystems hälsa, luftkvalitet och kulturarv. Fokus ligger på grönt kulturarv (landskap med religiösa platser, historiska lämningar, slagfält m.m.) men resultaten går att översätta till kulturhistoriska byggnader. Brand kan både ha en positiv och negativ inverkan på kulturvärden. Det finns historiska traditioner, särskilt hos ursprungsfolk, att använda kontrollerad bränning för att underhålla mark och främja ekologiska processer. Sådant underhåll kan i sin tur begränsa ackumulering av bränsle i marker, något som potentiellt bidrar till att framtida skogsbränder blir mindre allvarliga. Att fortsätta med traditionen handlar samtidigt om att värna immateriella kulturarv. En uppenbar negativ effekt är förstås om kulturarv, en icke-förnybar resurs, förstörs. En annan negativ effekt är att bränder som drabbar kulturarv kan frigöra stora mängder koldioxid. Venn et. al (2008) konstaterar att mer kunskap behövs gällande skogsbränders påverkan men också att värderingsmetoder som "benägenheten att betala" (eng. *willingness to pay*) har sina begränsningar och är särskilt svåra att applicera på ursprungsfolks kulturarv (Venn and Calkin, 2008).

Phillips (2010) beskriver att katastrofer som skogsbränder och översvämningar kan generera onödigt hårda byggnadsregleringar. I vissa fall tolkar Phillips regleringarna som ren signalpolitik som skadat kulturvärden i onödan. När standarder och regleringar ändras faller nämligen befintliga och kulturhistoriska byggnader vanligen utanför de nya säkerhetsregleringarna och behöver i vissa fall därför byggas om för att återigen betraktas som säkra. Phillips beskriver olika ovarsamma ombyggnationer som gjorts i Australien för att uppfylla de specifika kraven på mått, material m.m. som funnits i 1900-talets byggnadsstandarder. Istället förordas moderna byggnadsregleringar som är flexibla och möjliggör innovativa lösningar för det kulturhistoriska beståndet (Phillips, 2010).

3.2.2 Särskilt utsatta byggnader och områden samt åtgärder för att minska brandskador

Eftersom byggnader inte går att separera från sina omgivningar måste förvaltaren se långt utanför byggnadens väggar för att bygga upp ett hållbart skydd mot skogs- och markbrand. Forskning om skogsbränders påverkan på byggnader placerade i gränslandet mellan urbana områden och vildmark (eng. *wildland–urbant interface*) förekommer i relativt stor utsträckning. Den handlar ofta om bebyggelse i allmänhet och fokuserar sällan på kulturarv, men vissa resultat kan översättas för att förstå risker även för det kulturhistoriska beståndet. Forskare har tittat på riskfaktorer som t.ex. topografi och geografisk placering av byggnader (både i landskapet och i förhållande till andra byggnader) samt vegetationens betydelse. Byggnader som ligger nära skog och mark eller i områden med historisk hög brandfrekvens löper större risk att skadas, se exempelvis (Alexandre et al., 2016). Byggnader och kulturarv i trä nämns som särskilt utsatta i några publikationer, se exempelvis (Davis, 2018). Samma författare nämner att federala myndigheter i viss uträkning sveper in historiska strukturer i brandskydd pga. skogsbrandsrisken i området (men specificerar inte vad brandskyddet består av) (Davis, 2018). Forskning baserad på statistik om vilka hus som förstörts eller inte vid skogsbrand i olika länder finns. Möjligen skulle data ifrån sådana studier kunna sorteras ut för att säga något om det kulturhistoriska beståndet. I en rapport från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2020) konstateras dock att det saknas tillförlitlig statistik i Sverige kring skogsbränder som drabbar byggnader eftersom den typen av brand vanligen inte definieras specifikt utan endast som "brand i byggnad" (Sjöström and Granström, 2020).

Syphard et al. (2014) har i en undersökning jämfört 1000 förstörda byggnader med 1000 som undkom skogsbränder i Kalifornien och då sett att den statistiskt mest effektiva åtgärden är att ha ett 5-20 meter långt säkerhetsavstånd mellan byggnad och omkringliggande växtlighet. Särskilt effektivt är när det inte finns träd eller växter direkt intill eller på byggnaden (Syphard et al., 2014). Penman et al. (2017) visar att boende i riskområden generellt sett är dåligt förberedda på att skydda sina hus mot skogsbrand. Artikeln fokuserar inte på kulturhistoriska byggnader men flera av de allmänna råden, exempelvis att man bör ha släckutrustning redo (ex. vattenslangar som når runt byggnaden) eller att man ska undvika torrt gräs och buskar för nära byggnaden. Råden avser särskilt byggnadskonstruktioner av trä och/eller glas, men är förstås tillämpliga för alla typer av byggnader (Penman et al., 2017). Det bör dock påpekas att vissa träd och växter i närheten av kulturhistoriska hus kan besitta kulturvärden i sig själva och i somliga fall därför behöver hanteras varsamt. Pearson (2015) beskriver hur skogsbränderna vid Kosciuszko National Park i New South Wales 2003 förstörde hela 19 av 83 bevarade kulturhistoriska hyddor i området. De kvarvarande hyddorna har i efterhand fått förstärkt brandskydd liknande det Penman et al (2017) beskriver (Pearson, 2015).

Hervás (2003) beskriver vilka lärdomar och åtgärder som vidtagits efter den förödande skogsbranden 1990 i klostret Simonopetra vid Mount Athos. Eftersom klostret har mycket begränsad åtkomst, både av religiösa och geografiska skäl tar det lång tid för hjälp att komma fram. Skogsbranden spreds in i byggnaderna vid klostret, bl.a. via öppningar där träbalkonger hade demonterats för att bytas ut. Branden fortsatte spridas via träbjälkar och fönsteromfattningar i trä. För att undvika fortsatt spridning sågades brända byggnadsdetaljer i trä av. Det befintliga släckningssystemet med slangar assisterade också släckningsarbetet. Nio byggnader på området förstördes, men branden kunde hållas borta från huvudbyggnaden. För att undvika nya bränder har en del preventiva åtgärder nu vidtagits. Svaga punkter i byggnadsstrukturen har identifierats, extra åtgärder har föreslagits i form av bl.a. branddörrar, sprinklersystem och förbättrande av det befintliga slangsystemet. En brandskyddsgrupp, bestående av 6-7 munkar har formerats och utbildats, dessutom har en brandskyddsmanual tagits fram (Hervás, 2003).

Det finns olika handböcker som ska hjälpa förvaltare med brandskydd mot skogsbrand, riskanalys och preventiva åtgärder lyfts vanligen fram som avgörande. Råden från New Zealand Historic Places Trust Pouhere Taonga överensstämmer med ovanstående forskning. Ytterligare åtgärder som nämns är att hålla gräsmattor klippta och gröna samt att vägar till och från platsen alltid ska vara underhållna och öppna (McClean, 2012). ICOMOS föreslår inrättande av centrala pooler som tillhandahåller skyddsutrustning (Hanus et al., 2018). Historic Scotland rekommenderar att ett totalt eldningsförbud, ex. brasor och pyroteknik, tillämpas i skogs- och gräsmark när det är för torrt (Kidd, 2005).

3.2.3 Förvaltning, riskhantering och förebyggande arbete

Som alltid är det förebyggande arbetet viktigt för att undvika eller minimera skador pga. brand men Laidlaw et al. (2008) beskriver att målsättning och verklighet gällande det förebyggande arbetet att skydda kulturarv mot skogsbränder inte alltid överensstämmer. Ideell arbetskraft, utbyte av personal, attityder, värderingar och tidsbrist är några orsaker till denna diskrepans. Författarna granskar och jämför 111 stycken risk- och förvaltningsplaner för skogsbrand med en slags ideal plan för kulturarv som utgångspunkt. Planen som kallas *Ideal Heritage Disaster Plan* baseras på Nelson (Nelson, 1991) och Spennemann (Spennemann, 2004) och ger råd om vad man ska göra i förebyggande syfte, under och efter en brand. Granskningen visar att resurser i form av kulturarv inkluderas i planerna men inte i tillräckligt stor utsträckning, detaljnivå eller greppbarhet som är önskvärt. I de fall kulturarv inkluderas är informationen ofta fokuserad på lokalisering och beskrivning av kulturarvet. Tekniker för brandsläckning samt förebyggande insatser förbises i princip helt i planerna. Övnings- eller kommunikationsmetoder finns överhuvudtaget inte med, något som skulle kunna tolkas som att det inte anses nödvändigt trots att idealet säger något annat. Ingen av planerna inkluderar viktiga kärnpunkter från idealplanen – exempelvis snabba släcknings- och stabiliseringstekniker, involverande av akut rådgivning med kulturarvsspecialist (ex. konservator eller antikvarie) samt skadeinventeringar. Idealet att hålla all information samlad i en enda plan är inte heller något som efterföljs, istället hänvisar planerna i flera fall till att information (exempelvis kontaktuppgifter) kan hämtas från andra källor. Vid upprättande av nya planer används och återanvänds befintliga planer och riktlinjer ibland på ett okritiskt vis utan att justeras efter de specifika omständigheterna. Sammantaget visar artikeln att det finns risk för att planerna inte når full potential gällande skydd av kulturarv och att fokus bör ligga på att förbättra kommunikations- och övningsförmågan. Arbetet skulle även kunna förbättras genom kontinuerlig utvärdering baserat på faktiska erfarenheter (Laidlaw et al., 2008). Laidlaw et al. (2007) har i en annan undersökning gjort en språkanalys av ett stort antal skogsbrandsplaner och kunnat se att i princip alla har brister gällande läsbarheten. Texterna innehåller svåra termer utan förklaring, irrelevant fakta, tvetydighet, långa meningar och ord. Detta är särskilt problematiskt eftersom de ska läsas under stark tidspress och ändå vara begripliga, även utan större förkunskap om kulturarv (Laidlaw et al., 2007).

Cartledge (1996) har undersökt skogsvårdens historia i koppling till kulturarv och precis som Venn lyfter han fram den skogsvårdsbränningens fördelar. I USA antogs en ny policy inom skogsvården i början på 1900-talet (kortfattat skulle all brand elimineras – även den kontrollerade), något som visade sig vara negativt utifrån olika perspektiv. Därför har kontrollerade skogsvårdsbränning börjat användas i modern skogsvård igen. Ett preliminärt resultat av Cartledge studie var att skador på kulturarv framförallt sker i områden där avfall från skogsavverkning och gallring ackumulerats, dvs. onaturliga samlingar av brännbart material (Cartledge, 1996). Varga (2020) menar att urbaniseringen har lett till övergivna kulturlandskap i bergsområdena vid Medelhavet, något som i sin tur lett till ökad brandrisk just här. Landskap som tidigare hållits öppna av traditionellt jordbruk växer nu igen med homogen skog och ackumulerar potentiellt bränsle. Varga menar att förvaltning som gynnar och bevarar kultur- och naturvärden på samma gång minskar risken för skogsbrand i detta område (Varga, 2020).

Spenneman (1999) konstaterar att kulturarv ibland skadas eller rivs i onödan, både under och efter katastrofer som skogsbränder. Han lyfter fram flera exempel, bl.a. Bandelier National Monument i New Mexiko som skadades svårt av räddningsarbetet under skogsbranden 1977. Ovarsam placering av brandgator och grävmassor var det som skadade platsen mest. Nedsläpp av brandhämmande medel från flygplan kom också att missfärga en del av platsen. Spenneman tar upp olika aspekter som kan minska risken för onödig skada eller förstörelse, bl.a. goda förberedelser och att olika kompetenser kommunicerar och samarbetar med varandra (Spennemann, 1999). Även Dinić et al. (2021) lyfter fram katastrofberedskapens vikt samt att den har betydelse för resiliens (förmågan att hantera förändringar och att fortsätta utvecklas) genom att lyfta fram exempel från bränder i Grekland (Dinić and Keković, 2021). Graham och Spenneman (2006) visar att det finns en del hinder för effektivt brandförebyggande arbete gällande kulturarv genom en stor enkätstudie med räddningsledare (eng. rural fire service brigade captains) från New South Wales. Bland brandmännen sågs kulturarv som viktigt att skydda, samtidigt betraktades skogsbrand som det absolut största naturkatastrofhotet i regionen. Det fanns hög igenkänning av en del kulturarv (ex. europeiska byggnader, kyrkogårdar och aboriginsk konst) medan exempelvis industrilämningar uppfattades som kulturarv av färre. Vissa luckor gällande kulturarvslagstiftning fanns, bl.a. liten kännedom om vilka byggnader i ansvarsområdet som var byggnadsminnen (eng. listed building) och därmed skyddade enligt lagstiftning. Dessutom konstaterades brist på kommunikation mellan kulturarvsförvaltare och brandmyndigheter (Graham and Spennemann, 2006).

3.2.4 Övervaknings- och analysmetoder

Canadian Conservation Institute (CCI) jobbar med ett geografiskt informationssystem (GIS) för att samla in, hantera, länka samman och analysera data gällande olika hot mot kulturarv. Risken för skogsbrand är ett av flera hot som läggs in i systemet. Med hjälp av GIS förenklas visualisering och analys av hot. Något som i sin tur hjälper CCI i det förebyggande bevarandearbetet med att identifiera institutioner med högre/lägre risk för exempelvis skogsbrand (Strang, 2018). GIS har i en studie av Teodoro et al. (2015) prövats på det portugisiska området Herdade da Contenda där det bl.a. finns ett kulturhistoriskt värdefullt 1600-talskloster. Forskarna konstaterar att GIS fungerar väl för att på ett övergripande plan både samla data och kartlägga kulturhistoriska platser och funktioner, läsa av kulturvärden, analysera landskap samt för att identifiera skogsbrandsrisker, ett behov som bl.a. Laidlaw identifierat (se ovan) (Teodoro et al., 2015). Fattore et al. (2021) har undersökt möjligheten att använda Google Earth för att förstå skogsbränders påverkan på kulturarv. Forskarna har provat tekniken på ett område med arkeologiska lämningar i Metaponto i Italien som hotats av skogsbränder flera gånger de senaste åren. Resultaten visar att tekniken kan användas både för att förstå skador, men också till förebyggande arbete och riskanalyser (Fattore et al., 2021).

Övervakning med hjälp av drönare nämns i olika artiklar som ett sätt att exempelvis förstå turisternas påverkan på besöksmål med kulturvärden, eller för den delen för att förstå en skogsbrands påverkan efter att branden släckts. Macchiarella et al. beskriver att fotogrammetri går att kombinera med drönarövervakning som inspektions- och dokumentationsmetod för att bedöma skador på kulturarv efter skogsbrand eller andra katastrofer (Macchiarella, 2019). Sociala medier och crowdsourcing har kommit att spela en allt större roll i katastrofsituationer gällande nätverksskapande och datainsamling. Macalister (2015) beskriver exempelvis att hela 60 frivilliga fanns på plats inom två timmar vid branden i Glasgow School of Art. Ett annat exempel är Kathmandu Cultural Emergency Crowdmap som startade efter jordbävningen i Nepal 2015 och som samlade ihop bilder och data på skadat kulturarv för att skapa sig en överblick av situationen (Macalister, 2015).

3.3 Åska och blixtnedslag

Både direkta och indirekta blixtnedslag kan ge upphov till brand. Blixtnedslag skadar ibland elektriska installationer som i sin tur kan börja brinna, ökad användning av elektrisk och elektronisk utrustning ökar därför brandrisken. Det finns olika blixttyper och de kan ha varierad laddning och styrka, något som påverkar risken för brand. Srisailam och Venkatesh (2018) visar att vissa kulturhistoriska byggnader kan löpa större risk än andra att drabbas av blixtnedslag. Höjden och byggnadens geometri är en faktor (kyrktorn är exempelvis särskilt sårbara) men också placering i landskap och breddgrad (platta/lägre omgivningar och tropiska klimat ger ökad risk). Sekundära detaljer på eller vid kulturhistoriska byggnader, exempelvis skyddstak, kan möjligen öka risken för blixtnedslag.

Installation av åskskydd (eng. *Lightning Protection System – LPS*) är ett sätt undvika skador och bränder pga. blixtnedslag. Felaktig installation, dimensionering eller systemval kan dock vara problematiskt ur brandskyddssynpunkt. Kulturhistoriska byggnader är särskilt känsliga för standardiserade installationer eftersom de kan påverka eller skada kulturvärden. Komplexa geometrier på byggnader och tak är också en utmaning. Sammantaget gör detta att en särskilt synlig och ej anpassad installation inte lämpar sig så väl trots bevisad effektivitet (Srisailam and Venkatesh, 2018). Feilden (1986) föreslår fem faktorer som bör avgöra ifall en kulturhistorisk byggnad bör förses med åskledare eller inte. Dessa utgår från byggnadens värde, storlek, form och höjd men också byggnadens placering och historik av tidigare nedslag. Dessutom ska möjligheten till regelbundet underhåll vara avgörande, Feilden anger att ett museum exempelvis måste kunna göra årligt underhåll av åskledaren (Feilden, 1986). Kim et al. (2015) har i en artikel om brandskydd i japanska träbyggnader konstaterat att 37 % hade åskskydd och däribland var det ganska jämnt fördelat på olika typer av system (eng: air terminals, lightning rods, lightning arresters och andra typer) Air terminals var den vanligaste typen (Kim et al., 2015). Srisailam och Venkatesh jämför konventionella åskskydd (*Fixed Angle Method, Rolling Sphere Method* och *Modified Rolling Sphere Method*) och påtalar att okonventionella system som *Active Attraction LPS* kräver mer forskning för att säkerheten ska anses bevisad (Srisailam and Venkatesh, 2018). Srinivasan et al. visar i en studie hur *Modified Rolling Sphere Method* tillsammans med 3D-modelleringar kan användas för att analysera och hitta punkter på kulturhistoriska byggnader som är särskilt sårbara eller oskyddade och därmed visa var extra åskledare bör sättas upp (Srinivasan et al., 2019).

Norska Riksantikvaren har publicerat en vägledning för montering av åskskydd på kyrkofasader med fokus på estetik och anpassning. I den anges att ungefär en fjärdedel av alla kyrkobränder i Norge orsakats av blixtnedslag och att Østlandet är mer utsatt får åskoväder rent statistiskt. Riksantikvaren menar att byggnader i armerad betong eller stål vanligen leder ner blixten i grunden utan att skada byggnaden medan byggnader utförda i sten, tegel eller trä saknar "inbyggd" ledningsförmåga och därför löper större risk att skadas. I vägledningen finns detaljerade beskrivningar och bilder på lämpliga och mindre lämpliga installationer. Riksantikvaren har bl.a. tagit ett principiellt beslut att alla utvändigt placerade nedledare alltid ska vara tillverkade i koppar (ej aluminium, galvaniserat eller rostfritt stål) eftersom materialet åldras på ett harmonierande sätt. Rekommendationen är att nedledarna ska placeras så symmetriskt som möjligt och att befintlig spira ska användas som uppfångare om möjligt (*Montering av utvendige lynnvernanlegg på kirker. En veileder i estetikk.*, 2009).

Som komplement har norska KA (Arbeidsgiverorganisasjon for kirkelige virksomheter) och Lynvernkonsulenten tagit fram en vägledning för beställning av åskskydd i kyrkor. I den beskrivs att kyrkor generellt brukar ha antingen ett s.k. Franklinsystem (en nedledning) eller Faradays bur (minst fyra nedledningar) installerat. I vägledningen rekommenderas åskskyddssystemet Faradays bur för kyrkobyggnader (*Anskaffelse av lynnvernanlegg på kirker*, 2010).

Installationerna på Versailles är ett exempel som visar att standardiserade åskskydd går att använda även i byggnader med höga kulturvärden så länge de anpassas och genomförs i samråd med alla aktörer i ett tidigt stadium. I detta fall har standarden NFC 17102 och ESETAT - *Early Streamer emission Air Terminals* använts. Anpassningen på Versailles inkluderar nya takuppfångare som inte syns från marken, som följer och böjts efter takets geometri, samt nedledare som gömms bakom stuprör och anpassats i färg och form. I artikeln nämns även säkerhet mot blixtnedslag under byggnadstiden. En byggnadsställning kan temporärt fungera både som uppfångare och nedledare genom att kopplas in i det befintliga åskskyddet (Fauveaux and Duchene, 2014). Även Huaming et al. påtalar vikten av anpassade lösningar, med utgångspunkt i världsarvet Potala Palace, en tempelbyggnad i Tibet som drabbats av blixtnedslag flera gånger p.g.a. sitt utsatta läge på en bergstopp. Författarna menar att befintliga metalldetaljer och ornament på taket (ex. spiror, kopparplåt) kan användas som åskskydd med hjälp av adderade nedledare och därmed minska antalet nya tillägg. Utan ned- och jordledning kan metalldetaljer på tak eller inne i byggnaden istället öka risken för brand vid ett blixtnedslag (Huaming et al., 2019).

3.3.1 Traditionella, åldrade och skadade material

Jingxiao Li et al. (2017) har genomfört simuleringar på åldrat trä med olika dimension och fuktkvot för att undersöka risken för brand och skador vid ett blixtnedslag i historiska träbyggnader. Simuleringarna visar att åldrat trä med sprickor och porer har högre benägenhet att brinna. Ju tjockare virket är, desto svårare blir virket att antända. Ju högre fuktkvot desto djupare mekaniska skador (ex. sprickor) kan uppkomma vid blixtnedslag, däremot ser risken för brännmärken ut att öka ju lägre fuktkvoten i träet är. Vid ett enstaka blixtnedslag liknande de som simulerades förefaller sannolikheten för brand i historiska träbyggnader vara låg eftersom energin som alstras inte är tillräckligt hög för att initiera en brand. Författarna påpekar dock att blixtnedslag ofta är multipla under naturliga åskoväder, något som ökar risken för brand (Li et al., 2017). Liknande studier har även gjorts på andra traditionella byggnadsmaterial som glaserade takpannor och underliggande murbruk. Dessa visar samma ökade känslighet för mekaniska skador i de fall det finns sprickor, porositet och fukt i materialet (Li et al., 2021). Även äldre kalkbruks ledningsförmåga vid blixtnedslag har undersökts (Selvaraj et al., 2020).

3.3.2 Höga byggnader och megastrukturer

Det finns en del forskning gällande skydd mot blixtnedslag i kulturhistoriska byggnader, framförallt för religiösa byggnader i olika delar av Asien och Mellanöstern. Hinduiska tempel, buddhistiska stupas och pagoder samt muslimska minareter är några exempel på höga byggnader, ibland megastrukturer, som undersökts av olika forskare eftersom de ofta drabbas av blixtnedslag (som flera gånger lett till olika skador trots installerade åskskydd). Stupas finns i Indien, Kina, Sri Lanka med flera asiatiska länder och karaktäriseras av en halvsfärisk form/tak, ofta krönt av en spira. Äldre stupas är ofta mellan 100-130 meter höga, vilket precis som kyrktorn gör dem särskilt sårbara för blixtnedslag och därmed ofta skyddas med åskledare. Olika forskare pekar på möjligheten att forntida stadsplaner, stupas och tempel kan ha konstruktions- och materialval med inbyggda (medvetet eller icke medvetet) åskledningsfunktioner vilket gör att de, trots sin höjd, inte har så hög sannolikhet att skadas vid blixtnedslag. Träd, minareter och andra höga konstruktioner kan i sig fungera som åskskydd för lägre kringliggande byggnader ifall de har installerat åskskydd, i annat fall ökar de risken för brand (Huaming et al., 2019; Srisailam and Venkatesh, 2018). Fung et al. nämner att lägre historiska byggnader i förtätade städer som Hong Kong kan få indirekt skydd genom moderna åskskydd monterade på intilliggande skyskrapor (Fung et al., 2017).

Sekundära och feldimensionerade eller felkonstruerade åskledare (ex. för få kopparmedningar, för många ledningsböjar eller separat jordledning) ökar också brandrisken. Det antal kopparmedningar som ibland krävs för ett fullgott åskskydd i exempelvis stupas riskerar samtidigt att påverka kulturvärden.

Sekundära lagningar med armerad betong lyfts fram som en ytterligare potentiell risk. Författarna föreslår ett alternativt och varsamt sätt att hantera åskskyddet i stupas men poängterar att det kräver mer forskning. Förslaget inbegriper halvledande puts, ledande färg och (om möjligt) stålförstärkning (Gomes et al., 2014). Bandara et al. visar att tre undersökta stupas har goda säkerhetsmarginaler och låg brandrisk även utan ett installerat åskskydd men att ännu högre säkerhet går att uppnå genom konventionella åskskydd som exempelvis *Modified Rolling Sphere Method*. Formen på tak och spira kan göra att vissa delar, trots åskskydd, är oskyddade och därmed sårbara för blixtnedslag, särskilt när taket är asymmetriskt (Bandara et al., 2018).

3.3.3 Historik kring åskskydd

Forskningen täcker även förståelse för åska och skydd mot blixtnedslag ur ett historiskt perspektiv. Mohun och Seymor (Mohun, 2009; Seymour, 2011) beskriver den insikt som bl.a. Benjamin Franklin och Prokop Divisch fick under 1750-talet, både gällande vad åska egentligen var och att höga strukturer som torn och kyrkor var särskilt sårbara för blixtnedslag. Tidiga experiment, konstruktioner och materialval för åskledare beskrivs av bl.a. Müller-Hildebrand (1962). Samma författare redogör även för tidiga risk- och kostnadsanalyser och nämner bl.a. att åskledare aldrig kan ge ett hundra procentigt skydd men att "mjuka" takmaterial som halm och vass är särskilt viktiga att skydda med åskledare eftersom blixtnedslag på dessa material ofta resulterar i total ödeläggelse (Müller-Hillebrand, 1962). De tidiga åskledarna var många gånger dekorativa och tillverkade i handsmitt järn, i USA kom månadstidskrifter att publicera instruktioner för egentillverkning. Ett tidigt exempel på en byggnad med monterad åskledare är Markuskampanilen i Venedig (monterad på 1760-talet). Med 1800-talets industrialism kom åskledare att patenteras, massproduceras och få stor spridning, bl.a. av kringresande försäljare. I många fall sågs de både som ornamentala och statusfyllda. Värt att notera är att äldre brandskyddsinstallationer, exempelvis åskledare, kan ha kulturhistoriska värden i sig.

4 Referenser

- Alexandre, P.M., Stewart, S.I., Keuler, N.S., Clayton, M.K., Mockrin, M.H., Bar-Massada, A., Syphard, A.D., Radeloff, V.C., 2016. Factors related to building loss due to wildfires in the conterminous United States. *Ecol. Appl.* 26, 2323–2338. <https://doi.org/10.1002/eap.1376>
- Anne Steen-Hansen, Bøe, A.G., Hox, K., Mikalsen, R.F., Stensaas, J.P., Storesund, K., n.d. Hva kan vi lære av brannen i Lærdal i januar 2014? Vurdering av brannspredningen. (No. SPFR-rapport SPFR A14109).
- Anskaffelse av lynvernanlegg på kirker, 2010. . Lyvernkonsulenten, KA - Arbeidsgiverorganisasjon for kirkelige virksomheter.
- ASTM D2898 Standard Practice for Accelerated Weathering of Fire-Retardant-Treated Wood for Fire Testing, 2017.
- Bandara, A., Ratnayake, C., Ambepitiya, D., Kumara, S., Fernando, M., Venkatesh, S., Jayaratne, D.K., 2018. Lightning Risk Analyses on Protected Sri Lankan Heritage Stupas, in: 2018 IEEE 13th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS). Presented at the 2018 IEEE 13th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), pp. 322–327. <https://doi.org/10.1109/ICIINFS.2018.8721399>
- Bebyggelsesregistret – BeBR, n.d.
- Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd, BBR, 2020.
- Brimblecombe, P., Hayashi, M., 2018. Pressures from long term environmental change at the shrines and temples of Nikkō. *Herit. Sci.* 6, 27. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0186-1>
- Cartledge, T.R., 1996. Heritage resources and fire management: A resource management crossroads, in: *Fire Effects in Southwestern Forests: Proceedings of the Second La Mesa Fire Symposium*, Los Alamos, New Mexico, March 29-31, 1994. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Crosby, Fiske, Forster, 1954. *NFPA Handbook of Fire Protection*. National Fire Protection Association.
- Davis, C.M., 2018. Effects of Climate Change on Cultural Resources in the Northern Rockies, in: *Advances in Global Change Research*. pp. 209–219.
- Dinić, J., Keković, Z., 2021. Urban communities' resilience to wildfire: The republic of Greece in Security Crises in the 21st Century and How to Manage Them Social and Security aspects, Volume 1. Presented at the Proceedings of the international scientific conference held online, October 13 and 14, 2020.
- Elofsson, A., 2006. Brandskydd i Trosa trähusbebyggelse (No. 5179). *Brandteknik*, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.
- Evaluation du Risque d'Incendie, Méthode de Calcul (No. documentation N° 81), 1984. . Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes.
- Fällman, L., Hansing, S., 1997. Brandskydd i kulturbyggnader, Handbok om brandsyn och brandskyddsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Räddningsverket och Riksantikvarieämbetet.
- Fattore, C., Abate, N., Faridani, F., Masini, N., Lasaponara, R., 2021. Google earth engine as multi-sensor open-source tool for supporting the preservation of archaeological areas: The case study of flood and fire mapping in metaponto, italy. *Sensors* 21, 1–27. <https://doi.org/10.3390/s21051791>
- Fauveaux, S., Duchene, M., 2014. Lightning Protection at the Palace of Versailles. *Int. Light. Prot. Assoc. Symp.* 6.
- Feilden, B.M., 1986. Protection of Our Cultural Heritage Against Natural Disasters, in: *Protecting Historic Architecture and Museum Collections from Natural Disasters*. Elsevier, pp. 15–37. <https://doi.org/10.1016/B978-0-409-90035-4.50006-6>
- Ferreira, T.M., Vicente, R., Raimundo Mendes da Silva, J.A., Varum, H., Costa, A., Maio, R., 2016. Urban fire risk: Evaluation and emergency planning. *J. Cult. Herit.* 20, 739–745. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.01.011>
- FRAME 2008. Theoretical basis and technical reference guide., 2008.

- Frost, L.E., Jones, E.L., 1989. The fire gap and the greater durability of nineteenth century cities. *Plan. Perspect.* 4, 333–347. <https://doi.org/10.1080/02665438908725687>
- Fung, I.W.H., Tsang, Y.T., Tam, V.W.Y., Xu, Y.T., Mok, E.C.K., 2017. A review on historic building conservation: A comparison between Hong Kong and Macau systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 71, 927–942. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.121>
- Gładyszewska-Fiedoruk, K., Krawczyk, D.A., 2018. Usable elements of technical infrastructure around historic architecture in the Old Town of Prague. *E3S Web Conf.* 49, 00033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184900033>
- Gomes, C., Kadir, Z., Izadi, M., Gomes, A., 2014. Lightning Current and Voltage Distribution of Large Axially Symmetric Buddhist Stupa in Sri Lanka. <https://doi.org/10.13140/2.1.3107.0402>
- Graham, K., Spennemann, D.H.R., 2006. Disaster management and cultural heritage: An investigation of knowledge and perceptions of New South Wales Rural Fire Service Brigade Captains. *Australas. J. Disaster Trauma Stud.* 2006, 5–31.
- Granda, S., Ferreira, T.M., 2019. Assessing Vulnerability and Fire Risk in Old Urban Areas: Application to the Historical Centre of Guimarães. *Fire Technol.* 55, 105–127. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0778-z>
- Hamada, M., 1951. On Fire Spreading Velocity in Disasters (på japanska). Saganu Shobo, Tokyo.
- Hanus, C., Vintzileou, E., Bonazza, A., Drdácák, M., Maxwell, I., Maxwell, I., 2018. Safeguarding cultural heritage from natural and man-made disasters: a comparative analysis of risk management in the EU : executive summary. Publications Office of the European Union, LU.
- Hardie, M., Green, M., He, Y., 2014. Fire and heritage protection in Australian public housing. *J. Cult. Herit. Manag. Sustain. Dev.* 4, 196–212. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-08-2013-0040>
- Helhetlig brannsikringsplan, Sikring av tett trehusbegyggelse i Bergen (No. Rapport: TTB 2015, BKSAK, 201403004), 2015. . Bergen Brannvesen.
- Hervás, J., 2003. Lessons Learnt from Fires in Buildings - NEDIES Project.
- Himoto, K., Tanaka, T., 2008. Development and validation of a physics-based urban fire spread model. *Fire Saf. J.* 43, 477–494.
- Huaming, Z., Yong, Q., Yaolong, L., Qiang, L., Yijun, Z., Junqing, H., 2019. The risk and protection of lightning disaster in Potala Palace. Presented at the 2019 11th Asia-Pacific International Conference on Lightning, APL 2019. <https://doi.org/10.1109/APL.2019.8815968>
- IPCC Sixth Assessment Report [WWW Document], 2021. URL <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (accessed 9.7.21).
- Johansson, N., McNamee, M., van Hees, P., 2020. Anlagd brand i skolor och förskolor - Trender och uppföljning av åtgärd (No. Brandforsk 2020:3, LUTVDG/TVBB--3230--SE). Lunds tekniska högskola.
- Julià, P.B., Ferreira, T.M., 2021. From single- to multi-hazard vulnerability and risk in Historic Urban Areas: a literature review. *Nat. Hazards* 108, 93–128. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04734-5>
- Kidd, S., 2005. TAN 28- FIRE SAFETY MANAGEMENT IN HERITAGE BUILDINGS. Historic Scotland.
- Kim, K.-I., Konishi, T., Ziemba, T., Nonaka, H., Nam, K.-H., Tanaka, T., 2015. Fire protection analysis and potential improvements for wooden cultural heritage sites in Japan. *J. Disaster Res.* 10, 586–594. <https://doi.org/10.20965/jdr.2015.p0586>
- Laidlaw, P., Spennemann, D.H.R., Allan, C., 2008. Protecting cultural assets from bushfires: A question of comprehensive planning. *Disasters* 32, 66–81. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2007.01027.x>
- Laidlaw, P., Spennemann, D.H.R., Allan, C., 2007. No time to de(con)struct: The accessibility of bush fire risk management plans in New South Wales, Australia. *Aust. J. Emerg. Manag.* 22, 5–17.
- Laurila, A. (Ed.), 2004. Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and parcties on the fire protection of historic buildings in Finland, Norway and Sweden, 2. ed. ed, National Board of Antiquities, Department of Monuments and Sites publication. Museovirasto, Helsinki.
- Lee, J.-H., Chun, W.-Y., Choi, J.-H., 2021. Weighting the attributes of human-related activities for fire safety measures in historic villages. *Sustain. Switz.* 13. <https://doi.org/10.3390/su13063236>

- Li, J., Fu, S., Zhang, T., Li, J., Huo, P., Li, Y., 2021. Investigation of lightning damage mechanism and flashover channels on glazed roofing tiles of ancient buildings through laboratory experiments. *J. Electrostat.* 110. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2021.103553>
- Li, J., Zhang, X., Li, J., Li, R., Qian, M., Song, P., 2017. An experimental study of the damage degrees to ancient building timber caused by lightning strikes. *J. Electrostat.* 90, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2017.08.009>
- Macalister, F., 2015. Preparing for the future: Mitigating disasters and building resilience in the cultural heritage sector. *J. Inst. Conserv.* 38, 115–129. <https://doi.org/10.1080/19455224.2015.1068201>
- Macchiarella, N.D., 2019. Rapid Virtual Object Development using Photogrammetric Imagery Obtained with Small Unmanned Aircraft Systems, in: *AIAA SciTech Forum - Applications for Disaster Assessment and Cultural Heritage Preservation*. Presented at the AIAA SciTech Forum - Applications for Disaster Assessment and Cultural Heritage Preservation. <https://doi.org/10.2514/6.2019-1974>
- McClellan, R., 2012. *Fire Safety and Heritage Places*. New Zealand Historic Places Trust Pouhere Taonga.
- McGuire, J.H., Williams-Leir, G., 1981. Spread of fire between buildings. National Research Council Canada.
- Mohun, A., 2009. Lightning Rods and the Commodification of Risk in Nineteenth Century America. *Trans. Am. Philos. Soc.* 99, 167–180.
- Møller, J.Kr., Haukø, A.-M., Leikanger Friquin, K., 2021. Royalbehandlet trekledning og brannsikkerhet, Komparative fraviksanalyser (No. 00730). SINTEF, Trondheim.
- Montering av utvendige lynvernanlegg på kirker. En veileder i estetikk., 2009. . Riksantikvaren, Lynvernkonsulenten.
- Müller-Hillebrand, D., 1962. The protection of houses by lightning conductors - An historical review 1962.
- Nelson, C.L., 1991. Protecting the past from natural disasters. The Preservation Press, National Trust for Historic Preservation, Washington, DC.
- NFPA 80A Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures, 2017.
- Nishino, T., 2019. Physics-based urban fire spread simulation coupled with stochastic occurrence of spot fires. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 33, 451–463. <https://doi.org/10.1007/s00477-019-01649-3>
- NT Fire 053 Nordtest Method, Accelerated weathering of fire-retardant treated wood for fire testing, 2003.
- Ondrus, J., 1988. Brandspridning och brandförlopp i tät småhusbebyggelse. Lunds universitet.
- Ovesson, M., 2011. Att skydda kulturhistoriskt värdefulla byggnader mot brand (Magisterexamen). Luleå tekniska universitet.
- Pearson, M., 2015. Climate Change, Fire and Cultural Heritage in Australia. <https://doi.org/10.11588/hr.2008.0.19895>
- Penman, T.D., Eriksen, C., Horsey, B., Green, A., Lemcke, D., Cooper, P., Bradstock, R.A., 2017. Retrofitting for wildfire resilience: What is the cost? *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 21, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.020>
- Persson, J., Edbladh, J., 2018. Hampakalk för brandskydd (BSc Thesis). Lund University, Lund, Sverige.
- Phillips, P., 2010. Becoming Unsafe Overnight: Managing Historic Buildings as Building Regulations and Standards Change. *Adv. Mater. Res.*
- QGIS Geographic Information System, 2017. . Open Source Geospatial Foundation.
- Reppen, L., 2018. Utveckling av handboken Så byggdes husen 1880-2020.
- Riksantikvarieämbetet, 1999. Brandskydd i trästäder : strategi för skydd av centrala Eksjö. Räddningsverket.
- Santana, M., Rodrigues, J.P., Coelho, A., 2007. Fire Risk Assessment of Historical Areas – The Case of Montemor-o-Velho. <https://doi.org/10.2495/EN070091>

- Selvaraj, T., Srinivasan, V., Raneri, S., Fernando, M., Kakria, K., Jayasingh, S., 2020. Response of organic lime mortars to thermal and electrical shocks due to lightning strikes. *Sustain. Switz.* 12. <https://doi.org/10.3390/su12177181>
- Sesana, E., Gagnon, A.S., Ciantelli, C., Cassar, J., Hughes, J.J., 2021. Climate change impacts on cultural heritage: A literature review. *WIREs Clim. Change* 12, e710. <https://doi.org/10.1002/wcc.710>
- Seymour, M., 2011. A Brief History of Lightning Protection and the Components of a Lightning-Protection System. *APT Bull. J. Preserv. Technol.* 42, 53–56.
- Shorter, G.W., McGuire, J.H., Hutcheon, N.B., Legget, R.F., 1960. The St. Lawrence Burns. *Q. Natl. Fire Prot. Assoc.* 53, 300–316.
- Sikringsprosjektet Virkemidler og verktøy for sikring av kulturminner, 2009. . Statens Bygningstekniske Etat, DSB, Bergen Kommune, Riksantikvaren, Hordaland Fylkeskommune.
- Sjöström, J., Granström, A., 2020. Skogsbränder och gräsbränder i Sverige - Trender och mönster under senare decennier. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).
- Spennemann, D.H.R., 2004. PKM397 Heritage Site Management, Module 4: Disaster Management Plans. Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW.
- Spennemann, D.H.R., 1999. Cultural heritage conservation during emergency management: Luxury or necessity? *Int. J. Public Adm.* 22, 745–804. <https://doi.org/10.1080/01900699908525403>
- Spennemann, D.H.R., Graham, K., 2007. The importance of heritage preservation in natural disaster situations. *Int. J. Risk Assess. Manag.* 7, 993–1001. <https://doi.org/10.1504/IJRAM.2007.014670>
- Srinivasan, V., Selvaraj, T., Chandrasekaran, S., Sreedhar, S., Kakria, K., Fernando, R., Kumara, J.R.S.S., 2019. Three-Dimensional Implementation of Modified Rolling Sphere Method for Lightning Protection of Giant Medieval Chola Monument in South India, in: 2019 14th Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS). Presented at the 2019 14th Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), pp. 535–540. <https://doi.org/10.1109/ICIIS47346.2019.9063330>
- Srisailam, S., Venkatesh, S., 2018. Lightning strokes and its effects on historical monuments, heritage properties and important landmarks a detailed perspective of traditional and scientific methods of lightning protection systems. *Int. J. Eng. Technol.* 7, 784–794. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.12421>
- Steen-Hansen, A., Jensen, G., Hansen, P.A., Wighus, R., Steiro, T., Larsen, K.E., n.d. Byen brenner! Hvordan forhindre storbranner i tett verneverdig trehusbebyggelse med Røros som eksempel. (No. NBL A03197). SINTEF Norges branntekniske laboratorium as.
- Stensaas, J.P., 1997. Klassifisering av risikoen for brannspredning mellom hus i tettbygde områder (No. STF84 A97632). SINTEF Energi, Norges branntekniske laboratorium.
- Strandberg, P., Balksten, K., Donarelli, A., 2017. Sustainable insulation of historical wooden and stone buildings with lime-hemp, in: ICBBM 2017 Proceedings of the 2nd International Conference on Bio-Based Building Materials. Presented at the 2nd International Conference on Bio-Based Building Materials, pp. 651–655.
- Strang, T., 2018. Developing a GIS of Hazards for Canadian Cultural Institutions, in: Biodiversity Information Science and Standards 2: E26305. Canadian Conservation Institute. <https://doi.org/10.3897/biss.2.26305>
- Suikkari, R., n.d. Wooden Town Tradition and Town Fires in Finland. Department of Architecture, University of Oulu, Oulu.
- Syphard, A.D., Brennan, T.J., Keeley, J.E., Syphard, A.D., Brennan, T.J., Keeley, J.E., 2014. The role of defensible space for residential structure protection during wildfires. *Int. J. Wildland Fire* 23, 1165–1175. <https://doi.org/10.1071/WF13158>
- Teodoro, A., Duarte, L., Sillero, N., Gonçalves, J.A., Fonte, J., Gonçalves-Seco, L., Pinheiro Da Luz, L.M., Dos Santos Beja, N.M.R., 2015. An integrated and open source GIS environmental management system for a protected area in the south of Portugal. Presented at the Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. <https://doi.org/10.1117/12.2193578>

- Toki, K., Okubo, T., Izuno, K., 2004. Protection of Cultural Heritages from Post-Earthquake Fire 13.
- Varga, D., 2020. Are agrarian areas in mediterranean mountain regions becoming extinct? A methodological approach to their conservation. *Forests* 11, 1–19.
<https://doi.org/10.3390/f11101116>
- Venn, T.J., Calkin, D.E., 2008. Challenges of socio-economically evaluating wildfire management on non-industrial private and public forestland in the western United States. *Small-Scale For.* 2008, 19. <https://doi.org/10.1007/s11842-008-9065-z>
- Walls, R., Olivier, G., Eksteen, R., 2017. Informal settlement fires in South Africa: Fire engineering overview and full-scale tests on “shacks.” *Fire Saf. Sci. Proc. 12th Int. Symp.* 91, 997–1006.
<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.061>
- Wikberg, P., 2005. Brandskyddsindex Visby innerstad (No. Report 5161). Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund.
- Wikberg, P., Johansson, L.-E., n.d. Bedömning av brandskydd i kulturbebyggelse, Teoretisk bakgrund och praktiskt exempel. Räddningsverket.
- Williams, K.J.H., Ford, R.M., Rawluk, A., Williams, K.J.H., Ford, R.M., Rawluk, A., 2018. Values of the public at risk of wildfire and its management. *Int. J. Wildland Fire* 27, 665–676.
<https://doi.org/10.1071/WF18038>
- Zhou, B., Yoshioka, H., Noguchi, T., Wang, X., Lam, C.C., 2019. Experimental Study on Fire Performance of Weathered Cedar. *Int. J. Archit. Herit.* 13, 1195–1208.
<https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1501115>

5. Brandens påverkan på byggnadens stomme

Joakim Sandström, Susanna Carlsten



Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	2
1 Inledning	3
2 Byggtekniker	3
3 Stommaterial	4
3.1 Stål/järn	4
3.2 Trä	5
3.3 Betong	6
3.4 Sten och tegel.....	6
4 Ändring	7
5 Insatser	7
6 Referenser	8

Sammanfattning

Brandskydd av byggnaden i sig i kulturhistoriskt värdefulla byggnader är en utmaning där varje objekt behöver sin egen unika strategi. Där stommen i en timmerbyggnad kan motstå branden länge kan även en liten brand i samma byggnad ge stora skador i form av förkolning av materialet. Stål eller järn försvagas drastisk relativt tidigt under brandförloppet men återfår det mesta av sin kapacitet efter avsvälning så länge som uppvärmningen inte lett till brott eller deformationer. Betong kan ofta lagas genom att ersätta gammal betong med ny och sten kan spricka eller tappa hållfasthet genom vattenbegjutning vid räddningstjänstens insats.

Alla material har sina styrkor och svagheter men en av de saker som genomgående återkommer för all form av skydd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader och miljöer är att en brand måste stoppas tidigt för att inte väldigt stora värden ska gå förlorade. Detta görs framför allt genom aktiva system som sprinkler och/eller brandlarm som är kopplat direkt till räddningstjänsten.

1 Inledning

Medan små bränder kan få stor påverkan på föremål ger de oftast bara begränsade skador på byggnadens stomme och övriga delar av byggnaden. Det finns dock tyvärr många exempel på när en brand växt sig så stor att den även påverkat byggnaden i sig förutom att förstöra alla kulturvärden som finns inuti byggnaden. En brandskada på stommen kan alltså kategoriseras utifrån hur långt brandförloppet tillåts fortgå.

För att hålla branden liten är det svårt att begränsa branden i kulturhistoriskt värdefulla byggnader annat än genom att släcka den. För att göra det krävs ett tidigt larm och en tidig släckinsats av aktivt system, personal eller räddningstjänst.

Passivt skydd av stommen i kulturhistoriskt värdefulla byggnader som gör att den inte skadas leder ofta till en konflikt mellan brandskydd och det kulturhistoriska värdet i sig. Samtidigt förhindrar inte alltid det passiva skyddet branden från att växa sig så stor att det ändå leder till totalskada varför aktiva system och åtgärder för släckning tidigt i brandförloppet alltid är att rekommendera. Detta beskriver exempelvis Wedvik och Storesund (2020) vad gäller dörrar mot brandcell och Jensen et al. (2006) om trapphus.

Detta kapitel handlar i första hand om det fall då branden passerat det stadium där den kan ses som liten. Då brandpåverkan har skett på stommen är normalt skadan redan omfattande. Avsnittet redogör översiktligt för olika byggmaterials verkanssätt vid brand och vad som är värt att observera både vid utvärdering av brandskyddet och vid insats om branden har blivit så stor att stommen blir påverkad. I kapitlet redovisas också några historiska tekniker för att förbättra brandskyddet i olika byggnadstyper, vilka skador som kan uppstå och översiktligt vad vi vet om brand i den typen av byggnad. Sammanställningen gör inte anspråk att heltäckande beskriva all den kunskap och erfarenhet som finns inom detta område, utan omfattar endast sådana källor där forskning, erfarenheter från försök eller tillämpning med koppling till kulturhistoriskt värdefulla byggnader har hittats. Varje referens har kortfattat sammanfattats och för mer information hänvisas till källan. Kapitlet omfattar följande avsnitt:

- Byggtekniker
- Stommaterial
- Ändring
- Insatser

2 Byggtekniker

Kulturhistoriskt värdefulla byggnader kommer i många former där vissa är mycket gamla och byggda då endast mycket begränsad kunskap fanns att tillgå om brandskyddets uppbyggnad. Genom smärtsamma erfarenheter av upprepade stadsbränder där Sundsvall och Umeå 1888 tillhör de mest kända utvecklades med tiden riktlinjer för brandskydd på systemnivå med brandmurar, ytskikt på fasader och avstånd mellan kvarter. Dessa behandlas närmare i kapitel 3 och hanteras inte här. Brandpåverkade stommar är ett kostsamt problem men är sällan det som historiskt har skördat liv vid bränder, där istället uppkomst av brand och tidiga skeden varit avgörande.

Byggnader med kulturvärden som är uppförda med moderna byggmaterial som stål och betong har som regel uppförts under 1900-talet då regelverk kring brandsäkerhet i någon omfattning fanns, vilket gör att brandskydd adresserats på något sätt. Exempel på detta är Betongbestämmelserna som utkom första gången i och med 1932 års utgåva (*Normalbestämmelser för leverans och provning av cement (cementbestämmelser) samt för byggnadsverk av betong och armerad betong (betongbestämmelser)*, 1932). I och med att det var vanligt med mellanbjälklag av trä fram till 1940-

talet i flerbostadshus (förekommer än i dag i en- och tvåbostadshus) gjordes en del utredningar på 1980-talet för att se vilken nivå brandskyddet hade i den typen av byggnader hade samt hur bjälklagen kunde kompletteras (Bodlund and Månsson, 1989; Månsson, 1987). I och med det arbete som Bohlin och Månsson gjort öppnas också möjligheten upp för att använda de beskrivna teknikerna som beskrivs för att förstärka brandskyddet på ett tidstypiskt sätt.

Det finns också tidigt exempel på samverkanskonstruktioner som ger gott brandskydd men det är oklart om de uppfördes med brandtekniska förtecken eller i första hand för att det var en rationell byggteknik som klarade dåtidens behov på ett bra sätt. Exempel på detta är slagna tegelvalv på järnbalkar som går att hitta i byggnader från tidigt 1900-tal. Dessa uppfördes i en tid innan brandkrav för stommar var formaliserat men de ger ändå ett gott brandskydd (Maraveas, 2015).

Ofta handlar byggnadstekniskt brandskydd om att begränsa spridning och på så sätt hindra stora skador som kollaps. Ett tydligt exempel på detta är brandbottnar på vindsbjälklag i flerbostadshus där kunskap fanns om att branden gärna tog sig upp till vinden men hade svårare att ta sig ner om inte bjälklaget tillät det. Ofta går det därför att se tegelgolv på vindar i äldre stadsbebyggelse (Bjerking, 1974). Detta bygger i sin tur på att takkonstruktionen inte samverkar statiskt med bjälklaget vilket det ibland gör i moderna yttertak med takstolar, vilket ibland får katastrofala följder (Malmqvist, 2002).

3 Stommaterial

Det finns tre huvudsakliga byggmaterial som använts i stommarna i moderna byggnader; stål, trä och betong. I 1900-tals byggnader med kulturvärden är det normalt dessa byggnadsmaterial som använts.

Järn och betong i byggnader har en historia på ungefär 100 år även om tidigare former av betong användes redan under romartiden (Pollio, n.d.). Det som användes då var en annan typ av betong än den som används idag men huvuddragen finns kvar.

Utöver de tre moderna byggmaterialen bör läggas sten och tegel när det kommer till byggnader med kulturvärden. Sten är lite annorlunda jämfört med övriga även om det i vissa avseenden när det kommer till brand har beröringspunkter med betong. Andra material som kan läggas till listan över byggmaterial i kulturhistoriskt värdefulla byggnader är flertalet brännbara material vilka till stor del kan jämföras till trä med avseende på brand då de är brännbara och brottas med samma svårigheter kring antändning och att materialen inte kan slockna av sig själv.

3.1 Stål/järn

Sverige har länge varit en framstående stål- och järnproducent. Trots det ses England som den stora föregångaren för introduktionen av stål och järn i byggverk. Generellt rörde sig det moderna svenska stålbyggandet kring låga byggnader fram till 60-talet då samverkan med betong började utnyttjas i större skala annat än som armeringsjärn. I och med att byggandet tog fart så sent fanns redan ett regelverk som kunde hantera brand och Stålbyggnadsinstitutet som arbetade aktivt med just brandskydd av stål (Hamrebjörk, 2017).

Järn som byggmaterial användes även under tiden före stålets intåg i byggandet. Det finns många byggnader med järndetaljer som ankarslut, dragstänger och förband. En av de risker som finns med dessa detaljer utöver försvagning vid höga temperaturer är termisk utvidgning till följd av uppvärmning. Då utvidgningen normalt sker i förhållande till något annat material, exempelvis för fallet med förband och dragstag, kan stora spänningar uppstå i materialet. Utvidgningen i sig kan

orsaka stor påverkan på materialet oavsett om skadan leder till totalskada eller inte (Maraveas et al., 2014).

Stål som material är obrännbart men leder värme bra och tappar sin hållfasthet vid höga temperaturer vilket gör att materialet behöver yttre skydd för att klara brandpåverkan. De brandtekniska egenskaperna har liknande drag historiskt som idag och kan hanteras på liknande sätt i förhållande till vad som kunde förväntas vid byggtillfället (Maraveas, 2015)

Byggnader som uppfördes innan järn kunde förädlas till byggstål använde ofta järnet i pelare, kallat gjutjärn, och inte balkar då dessa var dåliga på att klara dragpåkning. Då järn och stål tidigt tappar mycket hållfasthet vid brand utgörs ofta brandskyddet av någon form av samverkan med något annat material. Ingjutning av balkar i källarvalv med slaget tegel (Maraveas, 2015) eller sand-/betongfyllda pelare (Porter et al., 1998) är två exempel där stålet är skyddat mot brand genom samverkan. I det första fallet skyddas konstruktionen genom att vara inbyggd i termiskt tröga material och i det andra fallet genom att termiskt avlastas till det innanför liggande materialet.



Bild 1 Tidiga stålkonstruktioner i Östermalms Saluhall, Stockholm.

3.2 Trä

Trä är ett vanligt material i äldre byggnader där många hus byggts helt i trä. Även i tegel eller stenbyggnader används ofta trä i bjälklag eller som yttertakskonstruktion till följd av sin låga vikt (Bjerking, 1974). Även äldre putsade byggnader har ofta trästomme. Den stora mängden trä i stommen gör byggnaden sårbar mot brand, dels eftersom en liten brand kan ge skada i form av förkolning som inte enkelt kan återställas, och dels eftersom träet kan fungera som bränsle för branden.

Byggnader med stora exponerade trätytor självslocknar som regel inte när branden spridit sig till stommaterialet vilket gör att även en liten brand som får fäste i stommen och inte släcks genom yttre insats riskerar att ge totalskada (Bartlett et al., 2017). Vid en undersökning av Jiang et al. (2009)] visade det sig dessutom att mängden brännbart material i kulturhistoriska byggnader kan utgöra upp till 90 % av stommaterialet i sig. Det viktiga i träbyggnader är därför att säkerställa att en liten brand inte kan ta sig i stommen och att släckning kan ske i en tidig fas av brandförloppet.

Obrännbara material (som puts) för att förhindra antändning av ytor har använts historiskt i första hand på fasader för att begränsa risken för stadsbränder, se kapitel 3, och bara sekundärt för att höja brandskyddet av stommen i den enskilda byggnaden (Bodlund and Månsson, 1989; Persson and Edbladh, 2018). Erfarenheter från provning av äldre bjälklag sammanställdes under 70- och 80-talet i en serie rapporter från byggforskningsrådet (Bjerking, 1974; Bodlund and Månsson, 1989; Månsson, 1987). För det fall inga större åtgärder får göras av antikvariska skäl kan då ändå en uppskattning göras av det befintliga brandmotståndet och i de delar det är möjligt, varsamt förstärka med tidstypiska tekniker.

Det pågår forskning inom området brandskydd med äldre tekniker där framför allt puts, kalk och lera utvärderas med goda resultat (Panzar, 2016; Persson and Edbladh, 2018). Detta är dock inte tillräckligt för det fall branden antänder stommaterialet. För dessa fall kan brandteknisk avskiljning inom byggnaden fördröja brandspridningen och underlätta för räddningstjänstens insats. Dock var kunskapen om brandskydd i många äldre byggnader liten och fokus låg i första hand på brandspridning mellan fastigheter och kvarter.

Om en brand växt sig stor har gammalt timmer en relativt god förmåga att stå emot brand bra (Chorlton and Gales, 2019) tack vare lång inbränningstid och kraftiga dimensioner. Formella krav enligt nutida regelverk som BBR vid ändring kan ofta hanteras med små medel eller utan åtgärder. Mot bakgrund av tidigare resonemang är risken för totalskada på stommen ändå alltid överhängande med förlorade kulturvärden som följd och det är därför återigen viktigt att säkerställa att branden håller sig liten.

Vid släckning i träbyggnader kan ett flertal risker uppstå som är värda att notera; dels finns en överhängande risk för att branden tar sig in i dolda utrymmen, så kallade konstruktionsbränder [Johansson 2015], och på så sätt försvåra brandsläckning, dels finns risken att materialet exponeras för väder och vind vilket kan försvaga träkonstruktioner om inte skydd påförs efter avslutad insats. Det senare fenomenet uppmärksammades i och med branden på konsthögskolans lokaler på Skeppsholmen även om byggnaden klarade sig från kollaps det vid just det tillfället (Dinwoodie, 1975; Olsson and Westman, 2017). I fallet med Luleå Folkets Hus var en av lärdomarna att använda vattendimma och vara noga med att inte öppna dolda utrymmen för tidigt vid konstruktionsbränder. Ett vanligt och mer effektivt sätt att "jaga" konstruktionsbränder kan istället vara användandet av IR-kamera (Johansson, 2019) som, i kombination med vattendimma, kan vara ett hjälpmedel vid begränsning av brandspridning i dolda utrymmen.

3.3 Betong

Betong har ett inbyggt skydd i och med att det är termiskt trögt och normalt kan det anses att betongelement inte är kritiska när det kommer till brand. De flesta betongbyggnaderna i Sverige är dessutom uppförda i samband med eller efter att det funnits på plats ett regelverk som adresserar brandfrågan uttryckligen (*Normalbestämmelser för leverans och provning av cement (cementbestämmelser) samt för byggnadsverk av betong och armerad betong (betongbestämmelser)*, 1932). För dessa äldre byggnader kan dock armeringsjärn ligga ytligt med risk för att bärande element tappar sin hållfasthet till följd av höga temperaturer vid brand. Samma principer för släckning kan iaktas för betong som för sten.

3.4 Sten och tegel

Sten har traditionellt använts som byggmaterial både i sin egen rätt och i kombination med trä. Ett typiskt exempel på kombinationen av byggnadsmaterial är Landshövdingehuset i Göteborg som av brandskäl har bottenvåningen av tegel (Bjerking, 1974). Många större och monumentala äldre byggnader är ofta byggda av sten där våra många kyrkor är tydliga exempel på detta.

Sten har god förmåga att stå emot brand på grund av sin termiska tröghet och har inte armeringsjärn på samma sätt inbyggt i konstruktionen varför konstruktionerna ofta byggs att klara mycket tryck med valv och bågar. Detta gör konstruktionerna motståndskraftiga mot brand men också känsliga för instabilitet som kan inträffa vid uppvärmning. I fallet med branden i Notre Dame i Paris 2019 konstaterades att den stora mängd vatten som påfördes byggnaden försämrade hållfastheten i stenen samtidigt som den släckte branden (Manuello Bertetto et al., 2021). I fallet med branden på Muramaris på Gotland konstaterades under insatsen att innehållet i byggnaden var totalförstört varför endast begränsade mängder vatten påfördes. Detta förfaringsätt räddade mycket av stenen i stommen som riskerade att spricka vid kylning med vatten. Stenen i stommen användes till stor del vid återuppbyggnaden av byggnaden.

Äldre kyrkor av sten med taklag av trä har inte sällan brunnit någon gång i historien och sedan återuppbyggt. I rapporten Kyrkbränder i Sverige från 1985 har ett register upprättats över kyrkor och kapell som mellan åren 1193- 1984 skadats eller förstörts genom bland annat brand (Midbøe, 1985). Fler av dem är i bruk idag.

4 Ändring

Vid ändring i kulturhistoriskt viktiga byggnader kan det vara svårt att påverka stommen då den i sig kan ha ett värde som inte får förvanskas. Det är då viktigt att göra en värdering av de risker som finns i och med befintlig konstruktion och säkerställa att de konsekvenser som kan uppstå inte är oacceptabla (Boverket, 2019). En uppgradering av en stomme utifrån krav i dagens byggregler är ofta kostnadsdrivande i ett projekt och kan resultera i att ändringen aldrig blir av. Den risk som då uppstår är att byggnaden inte kan användas och står tom med ökad risk för anlagd brand (se kapitel 1) eller förfaller, något som inte heller är önskvärt. Det finns vissa verktyg för att göra en sådan riskvärdering men de flesta siktar inte i första hand in sig på de bärande konstruktionerna i stommen. Viss vägledning kring vad som kan anses acceptabelt finns i (Sandström, 2019), men det krävs fortfarande ett stort mått av erfarenhet och samarbete för att säkerställa brandskyddet utan att förvanska kulturvärdet.

Såsom framgår i den här sammanställningen finns viss vägledning kring tidstypiska möjligheter att utforma skydd. Ett väl utformat skydd, om än inte tillräckligt enligt dagens regelverk, kan förhindra en ännu större skada om olyckan är framme.

5 Insatser

Det är värt att notera den svårighet det innebär att bedriva släckinsats i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Det finns en tydlig målkonflikt i att det kan krävas stora mängder vatten för att släcka branden samtidigt som mängden vatten i sig kan utgöra en ibland större risk för konstruktionen än branden i sig (Manuello Bertetto et al., 2021). Det är därför viktigt att som räddningstjänst utbilda sig inom släckinsatser i kulturhistoriskt viktiga byggnader och säkerställa att rätt material och kompetens finns på plats när olyckan är framme. Mer information om insatser finns i kapitlet om räddningstjänstens insats.

6 Referenser

- Bartlett, A.I., Hadden, R.M., Hidalgo, J.P., Santamaria, S., Wiesner, F., Bisby, L.A., Deeny, S., Lane, B., 2017. Auto-extinction of engineered timber: Application to compartment fires with exposed timber surfaces. *Fire Safety Journal, Fire Safety Science: Proceedings of the 12th International Symposium* 91, 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.050>
- Bjerking, S.-E., 1974. Ombyggnad : hur bostadshusen byggdes 1880-1940 (No. R32:1974). Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Bodlund, K., Månsson, L., 1989. Brandmotstånd och ljudisolering i gamla hus med träbjälklag. Statens råd för byggnadsforskning.
- Boverket, 2019. EKS 11, Boverketsföreskrifter om ändring i Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder).
- Chorlton, B., Gales, J., 2019. Fire performance of cultural heritage and contemporary timbers. *Engineering Structures* 201, 109739. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109739>
- Dinwoodie, J.M., 1975. Timber—a review of the structure-mechanical property relationship. *Journal of Microscopy* 104, 3–32. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1975.tb04002.x>
- Hamrebjörk, L., 2017. SBI 50 år, SBI Publikation. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm, Sverige.
- Jensen, G., Andersson, E., Utstrand, J.I., 2006. Brannsikring - Trapperom i murhus. Riksantikvarien.
- Jiang, P., Jiang, Y., Liao, G., 2009. Numerical investigation of a typical heritage building fire. Presented at the Proceedings of the 2nd International Conference on Modelling and Simulation, ICMS2009, pp. 217–222.
- Johansson, N., 2019. Enkätstudie om användning av värmekamera vid brand i byggnad (LUTVDG/TVBB No. 7046). Lund Universitet, Lund, Sverige.
- Malmqvist, C., 2002. Brand i hyreshus, Karlstad, December 2001. Räddningsverket.
- Månsson, L., 1987. Brandisolering i ombyggnadsprojekt med träbjälklag (No. R41:1987). Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Manuello Bertetto, A., D'Angella, P., Fronterre', M., 2021. Residual strength evaluation of Notre Dame surviving masonry after the fire. *Engineering Failure Analysis* 122. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105183>
- Maraveas, C., 2015. Fire resistance of metal framed historical structures (PhD Thesis). University of Manchester, Manchester, UK.
- Maraveas, C., Wang, Y.C., Swailes, T., 2014. Fire resistance of 19th century fireproof flooring systems: A sensitivity analysis. *Construction and Building Materials* 55, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.022>
- Midbøe, Ø., 1985. Kyrkbränder i Sverige: Register över kyrkor och kapell i Sverige, som under åren 1193-1984 skadats eller förstörts genom brand, krig, plundring, ras, oväder, snö m m, Rapport. SBF Brandförsvarsförbundet.
- Normalbestämmelser för leverans och provning av cement (cementbestämmelser) samt för byggnadsverk av betong och armerad betong (betongbestämmelser), 1932.

Olsson, D., Westman, Å., 2017. Brand på Konsthögskolan, Skeppsholmen (Fördjupad olycksutredning No. 2016008324). Storstockholms brandförsvär, Stockholm.

Panzar, E., 2016. Materialfokus i en materiell värld : Hur klarar kalkputs, lerputs och gipsskivor brandprov? (BA Thesis). Uppsala universitet, Campus Gotland, Visby.

Persson, J., Edbladh, J., 2018. Hampakalk för brandskydd (BSc Thesis). Lund University, Lund, Sverige.

Pollio, V., n.d. Vitruvius, the ten books on architecture 378.

Porter, A., Wood, C., Fidler, J.A., McCaig, I., 1998. The behavior of structural cast iron in fire. English Heritage Research Transactions 1, 11–20.

Sandström, J., 2019. The Life Safety Objective in Structural Fire Safety Design (PhD Thesis). Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Wedvik, B., Storesund, K., 2020. Fire performance of escape route doors in cultural heritage buildings A state-of-the-art review. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35762.15043>

6. Utrymning

Tove Raquette, Susanna Carlsten, Margaret McNamee



Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	2
1 Inledning	3
2 Tekniska och organisatoriska lösningar	3
2.1 Orienteringsstöd	4
2.2 Utrymningsvägar	5
2.3 Organisatoriskt brandskydd.....	5
3 Utrymning av personer med funktionsvariationer	6
4 Intressekonflikter vid utrymningsanpassningar	6
5 Planering av utrymning och evakuering	7
5.1 Planera för utrymning av människor.....	8
5.2 Planera för evakuering av föremål och byggnadsdetaljer	9
6 Planering av efterarbetet.....	10
7 Referenser	12

Sammanfattning

Detta kapitel ger en översikt över utrymningsfrågor, i relation till kulturhistoriskt värdefulla byggnader och de konflikter som kan uppstå när moderna krav på utrymning ska uppnås. Att utrymma denna typ av byggnader är speciellt av flera anledningar, exempelvis p.g.a. komplexa planlösningar eller för få möjliga utrymningsvägar. I kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan det ofta bli aktuellt att, utöver att utrymma människor, även evakuera föremål. Kapitlet ger information om tekniska lösningar och organisatoriska åtgärder samt katastrofplanering med hänsyn till utrymning (människor) och evakuering (föremål/egendom). Vidare behandlas frågor om särskilda behov i samband med utrymning i relation till personer med funktionsvariationer.

Kulturhistoriskt värdefulla byggnader är unika och kräver ofta anpassade lösningar, något som kan uppnås genom analytisk dimensionering. Vedertagna och standardiserade lösningar kan användas ibland men kunskapssammanställningen visar att det finns flera olika alternativa lösningar som kan övervägas gällande aspekter kring bland annat vägledande markeringar, vägar för utrymning, dörrar och utrymningslarm. Kunskapssammanställningen har också visat att all evakueringsplanering såväl som katastrofplanering i stort, behöver ta hänsyn till helheten. En god evakueringsplanering kan inte avgränsas från arbetet som sker efter en brand (exempelvis restvärderäddning), samma sak gäller avgränsning mellan fast och lös inredning. Detta eftersom man då glömmer bort att planera för målkonflikter som kommer uppstå. Fall visar att just sådana avgränsningar riskerar att addera ytterligare skador, bl.a. om fel prioriteringar görs och värdefull tid spills.

Mycket kunskap och teknik för utrymning är allmänt tillämpbar för alla sorters byggnader och verksamheter. Allt detta presenteras inte i denna sammanställning eftersom den är inriktad på byggnader med kulturvärden, men den allmänna kunskapen är en grundförutsättning i allt arbete med utrymningssäkerhet. Varje referens har kortfattat sammanfattats och för mer information hänvisas till källan. Kapitlet omfattar:

- Tekniska och organisatoriska lösningar
- Utrymning av personer med funktionsvariationer
- Intressekonflikter vid utrymningsanpassningar
- Planering av utrymning och evakuering
- Planering av efterarbetet

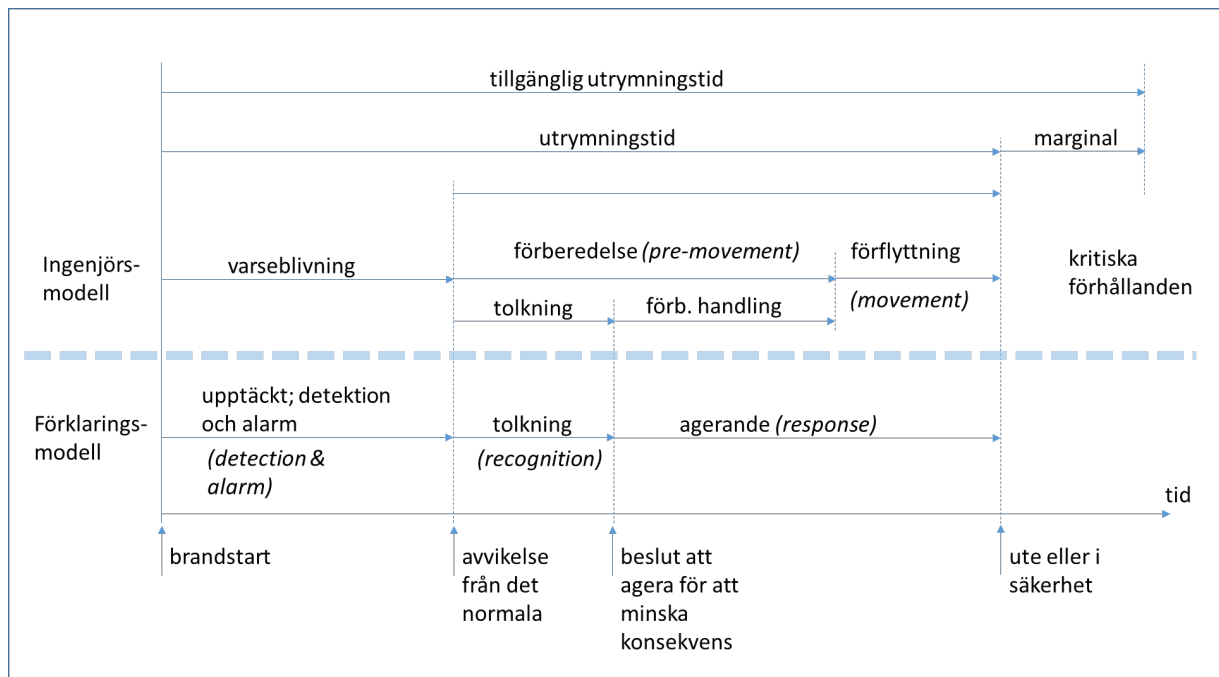
1 Inledning

Kulturhistoriskt värdefulla byggnaders utformning kan innebära svårigheter att utrymma om det börjar brinna och kan påverka räddningstjänstens möjlighet att rädda dem som befinner sig i byggnaden (Kidd et al., 1995). I äldre byggnader uppfylls sällan existerande krav på utformning, t.ex. bredder, av utrymningsvägar (Fällman and Hansing, 1997). Precis som för vilken byggnad som helst gäller att människor som vistas i byggnaden ska kunna ta sig ut säkert om det uppstår en brand. Givet behovet av att bevara kulturhistoriskt värdefulla byggnaders ursprungliga karaktär är det nödvändigt att anpassa metoderna som används för att uppnå säkra utrymningsförhållanden. Detta kapitel presenterar en kunskapsöversikt angående planering inför utrymning av människor och evakuering av värdefulla föremål. Frågor om utrymning delas ofta upp i aktiviteter före utrymning, aktiviteter under utrymning och aktiviteter efter utrymning (Ardbreck, 2014). Detta kapitel har sitt fokus på första delen (aktiviteter före utrymning/evakuering) även om viss information presenteras angående aktiviteter under och efter utrymning respektive evakuering.

2 Tekniska och organisatoriska lösningar

I lagen (2004:778) om skydd mot olyckor (LSO) står det att konsekvenserna av en olycka ska begränsas på människa, egendom och miljö. Att dimensionera en byggnads brandskydd enligt Boverkets byggregler (BBR) kan ses som ett sätt att tillgodose delar av kraven enligt LSO, men ofta behövs ytterligare åtgärder för att verksamheten ska ha ett tillfredsställande skydd för att värna människa, egendom och miljön. Generellt handlar bedömningen vid utrymning i händelse av brand om huruvida samtliga människor som vistas i byggnaden kommer att hinna utrymma byggnaden innan dess att kritiska förhållanden uppstår. Utrymningstiden avgörs av tre faktorer: Varseblivning, tolkning och förberedande handlingar samt att förflytta sig. Tidsaxeln brukar beskrivas enligt figur 1 då t.ex. förberedelsetiden kan innehålla många olika delar beroende på hur trovärdigt varseblivningssättet är, hur bekant den utrymmande är med byggnaden m.m. (Frantzich et al., 2016, Forssberg et al., 2019) Åtgärder för att förbättra utrymnings säkerheten genom att förkorta utrymningstiden handlar om att minska tiden för en eller flera av de tre faktorerna (Fällman and Hansing, 1997).

Undersökning av den fysiska byggnaden tillsammans med verksamheten som bedrivs och en analys av de problem som kan uppstå vid händelse av brand är en förutsättning för att anpassa brandskyddet efter byggnadens unika förutsättningar. Det kan exempelvis handla om att installera ett system för tidig detektion som kompenserar för sämre utrymningsmöjligheter (Kidd et al., 1995). På samma sätt kan det i byggnader där fysiska ingrepp inte accepteras, implementeras ett förhöjt organisatoriskt brandskydd för att uppnå en god utrymnings säkerhet (Fällman and Hansing, 1997). Exempelvis kan personal, i byggnader öppna för allmänheten, tilldelas ansvar för utrymning av besökare. Sådant ansvar bör tydliggöras i utbildning och appliceras vid brandövningar. Inkluderat i dessa åtgärder bör vara att stänga dörrar och fönster för att hindra brand- och rökspridning som försämrar utrymningsförhållanden. För att personal ska vara uppdaterade om gällande säkerhetsrutiner bör utrymningsövningar utföras minst en gång om året (Kidd et al., 1995). En annan lösning är att begränsa antalet personer som får befinna sig i byggnaden samtidigt, eller att anpassa verksamheten som bedrivs där (Fällman and Hansing, 1997). I byggnader där det normalt sett inte vistas många människor men där det vid vissa evenemang kan samlas ett stort antal personer, är det ofta möjligt att dimensionera byggnaden efter ett lägre antal personer förutsatt att speciella åtgärder vidtas vid de större evenemangen.



Figur 1: Schematisk bild över de olika delarna i en utrymning. Bilden är en omarbetning från (Frantzich et al., 2016).

2.1 Orienteringsstöd

Vägledande markeringar eller s.k. utrymningsskyltar ska fungera effektivt vid utrymningsituationer och behöver utformas så att det inte innebär negativ påverkan av den kulturhistoriska karaktären i byggnaden som ska bevaras (Jokinen et al., 2004). Även om det finns vissa regler kring utformning och placering av utrymningsskyltar menar Kidd (2010) att det bör finnas en flexibilitet kring detta i kulturhistoriskt värdefulla byggnader, och att byggnadens interiör bör styra placeringen av skyltar. I vissa byggnader har utrymningsskyltar ersatts med nödbelysning som visar utrymningsdörrar och utrymningsvägar, och som automatiskt tänds när brandlarmet aktiveras (Jokinen et al., 2004). Fristående skyltar kan användas om det inte finns ett kontinuerligt behov av dem (Jokinen et al., 2004). I vissa fall kan skyltar som är specialdesignade för att passa in i utrymmet accepteras som alternativ till konventionella skyltar (Fällman and Hansing, 1997). Ett väl fungerande organisatoriskt arbete kan ibland kompensera för kravet på utrymningsskyltar. Ett alternativ till belysta skyltar är att använda efterlysande markeringar som visar den närmaste vägen ut. Dessa kräver ingen modifiering av byggnadens struktur, de är enkla att montera och ta bort, de kräver lite underhåll och är effektiva (D’Orazio et al., 2016). Speciellt effektiva är kontinuerliga vägvisningssystem (t.ex. pilar eller heldragna linjer på golv) med efterlysande markeringar som med fördel kan användas istället för punktmarkerade vägvisningssystem (Bernardini, 2017b). Dock är dessa ovanliga i historiska byggnader. Vidare påpekar Bernardini et al. (2017) att aktiva system för orientering är att föredra i komplexa byggnader där människor inte är bekanta med utrymmena. Ett aktivt system kan exempelvis anpassa vilka skyltar som lyser beroende på var i byggnaden det brinner och var människor befinner sig. Cao et al. (2021) menar att guidepersonal också är viktig, speciellt när byggnaden är okänd för många och det finns stora folkmängder, exempelvis som på ett stort museum eller slott.

2.2 Utrymningsvägar

Vägar som används för utrymning regleras ofta i form av gångavstånd till närmaste utrymningsdörr och av dörröppningars bredd, det vill säga detaljkrav som kan vara svåra att uppfylla i kulturhistoriskt värdefulla byggnader utan större ingrepp som påverkar byggnadens karaktär. Dörrar som används för utrymning ska vara utåtgående och lätta att öppna, vilket dock sällan uppfylls i äldre byggnader (Aiello et al., 2002). Det förekommer att äldre byggnader har inåtgående dörrar, vilket innebär en risk för trängsel om många människor befinner sig i byggnaden samtidigt och ska utrymma. Att uppgradera en gammal dörr kan göras på ett varsamt sätt och är ett alternativ till att byta ut dörren mot en ny med äldre karaktär (Wedvik and Storesund, 2020), något som kopplar an till principen om att åtgärder ska vara tydligt urskiljbara (läs om att förstärka brandskyddet i dörrar i kapitel 2). Om dörrens riktning inte kan ändras kan det istället upprättas rutiner för att ha dessa dörrar uppställda vid större evenemang, eller att ha vakter utplacerade intill dörrarna (Fällman and Hansing, 1997). Att placera ut vakter kan dock vara ett sämre alternativ om dörren är belägen i slutet av en korridor, eftersom de då riskerar att vara i vägen för dem som utrymmer byggnaden (Historic England, 2017). Ett annat alternativ är att ha dörren uppställd när byggnaden nyttjas, kombinerat med att en innerdörr som öppnas utåt installeras (Aiello et al., 2002). För dörrar som används vid utrymning (och som normalt är låsta) bör liknande rutiner upprättas, vilket kan kompletteras med en elektrisk kontroll som säkerställer att samtliga dörrar i utrymningsvägar är olåsta när det bedrivs verksamhet i byggnaden (Fällman and Hansing, 1997). I vissa fall behöver dörrar som vanligen inte används hållas låsta för att förhindra intrång, i sådana fall behöver låset vara enkelt att öppna inifrån (Historic England, 2017). Om en byggnad inte uppfyller kravet på antal utrymningsvägar och det, för att uppnå kravet, skulle innebära för stor påverkan på kulturhistoriska värden, kan fönster i markplan i vissa fall accepteras som utrymningsväg (Fällman and Hansing, 1997). Samtliga sådana lösningar ska analyseras från fall till fall och kräver generellt att det även finns ett bra organisatoriskt arbete bakom.

Vad gäller läktare i kyrkor och liknande byggnader uppfylls sällan kravet om antal utrymningsvägar då det ofta bara finns en trappa, och anpassningar bör göras beroende på hur många människor som kan förväntas vistas på läktaren. Sådana anpassningar kan handla om att placera en brandvarnare i trappan, ha en lös stege förvarad på läktaren, installera ett utrymningslarm och ha rutiner implementerade för kontroll av utrymningsvägen. För större läktare kan det behöva byggas till en trappa. Om en trappa måste byggas till bör det noga övervägas gällande vilken den bästa placeringen för denna skulle vara för att undvika skador på kulturvärden (Aiello et al., 2002). Vidare är det nödvändigt att ha i beaktande att området på läktare snabbare påverkas av brandgaser eftersom läktare normalt är nära taket (Historic England, 2017). Om vissa utrymmen i en byggnad inte uppfyller kraven för säker utrymning kan en avgränsning för vad allmänheten har tillträde till vara nödvändig. Förvaring av lösa föremål i utrymningsvägar, som försvårar utrymning, får ej förekomma (Fällman and Hansing, 1997).

2.3 Organisatoriskt brandskydd

För att möjliggöra effektiv utrymning i rätt skede bör det i offentliga byggnader finnas rutiner som beskriver personalens roll så att de agerar på rätt sätt vid en nödsituation (Historic England, 2017).

I kyrkor där man fortfarande har manuell klockringning högt uppe i byggnaden är det nödvändigt att ha en plan för att göra klockringare medvetna om hur de ska utrymma om en brand uppstått (Historic England, 2017). Det är värt att notera att detta är ovanligt svenska kyrkor. I byggnader med torn, exempelvis kyrktorn, där besökare får vistas, bör det finnas liknande strategier samt tillräckligt med personal på plats för att informera om situationen och säkerställa att samtliga kan utrymmas säkert.

3 Utrymning av personer med funktionsvariationer

På senare tid har allt fler kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Sverige blivit tillgängliga för personer med funktionsvariationer (Kecklund et al., 2012). I mindre utsträckning har man tagit utrymningsmöjligheter för dessa personer i beaktande (Siré et al., 2006). Frångänglighet är en fråga som i kulturhistoriskt värdefulla byggnader innebär ytterligare behov av lösningar som inte i för stor utsträckning påverkar byggnadens karaktär. Siré et al. (2006) poängterar att det ofta finns möjlighet att tillgodose både tillgänglighets- och frångänglighetsbehoven med ytterst små förändringar i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Viktigt är att inte se personer med funktionsvariationer som en homogen grupp, utan som en grupp som kräver olika typer av anpassningar (Kecklund et al., 2012). Det som kan påverka människors möjlighet till utrymning är exempelvis ålder, olika syn- och hörselnedsättningar, rörelsenedsättningar och olika förmåga att ta till sig information (Siré et al., 2006).

När personer med funktionsvariationer blivit ombudda att beskriva sina erfarenheter av frångängligheten i kulturhistoriskt värdefulla byggnader har det framkommit att man sällan får tillräckligt med assistans av personal vid utrymning och att det finns kunskapsbrister kring vad till- och frångänglighet innebär (Kecklund et al., 2012). Det kan också poängteras att många personer med funktionsvariationer själva vill klara av att vistas på egen hand i samhället, utan assistans (Andrée et al., 2015). Även dessa personers behov måste tillgodoses. Ett flertal åtgärder som inte innebär någon större åverkan på byggnaden finns att tillgå för att ändra på detta. Att förmedla och informera om byggnadens till- och frångänglighet kan göras både i förväg via hemsida samt vid ankomst, för att öka tryggheten bland besökare. För att öka kunskapen om utrymnings säkerhet bland personal föreslås att det hålls regelbundna övningar där personer med olika funktionsvariationer deltar, vilket även möjliggör identifiering av eventuella brister. För att lättare kunna möjliggöra assistans vid utrymning kan det erbjudas registrering av sådant behov vid ankomst, vilket gör personal medvetna om de hjälpbehov som finns. Det föreslås även att "smart tickets" används, för att dessa personer enkelt ska kunna lokaliseras vid en sådan situation (Kecklund et al., 2012). Dessa smarta biljetter har en sändare som gör att de som bär dem blir enkla att lokalisera så att personer i behov av särskilt stöd i samband med utrymning snabbt kan få hjälp av personalen.

Framst är det viktigt att en tillgänglig byggnad också har en bra frångänglighet. Ibland finns det svårigheter med att anpassa kulturhistoriskt värdefulla byggnader för att uppnå full frångänglighet. Anpassningar för personer med nedsatt syn anses vara mer självklara då de är relativt enkla att implementera. Framst berör dessa anpassningar förmedling av information kring utrymning.

I takt med en allt mer åldrande befolkning kommer medelåldern på besökare i offentliga byggnader att öka och närvaron av äldre människor, somliga med funktionsvariationer, kan innebära svårigheter i samband med utrymning men där det dock fortsatt är rimligt med utrymning utan assistans. I de här fallen är det av yttersta vikt att dessa människor får anpassad information som kan underlätta utrymningen, t.ex. tydliga utrymningsvägar anpassade till utrymningstakten och förmåga hos just de äldre (Bernardini et al., 2017).

4 Intressekonflikter vid utrymningsanpassningar

Exempel på problematiken med motstridiga önskemål är kyrkorna Turinge och Taxinge i Södertälje kommun, för vilka förelägganden om förbättrat brandskydd överklagades på grund av dess inverkan på byggnaden (MSB, 2015). Samtliga överklagade förelägganden för dessa kyrkor berör åtgärder för förbättrade utrymningsmöjligheter. Turinge kyrka är delvis uppförd på 1100-talet, med inredning av mycket stort kulturhistoriskt värde, och inhyser ungefär 180 personer. Kyrkan har två utgångar som är belägna i samma del av kyrkan, varför en del av föreläggandet avsåg iordningsställande av en ny

utrymningsväg. Vidare berörde föreläggandet skyltning av utrymningsvägar samt elektrisk kontroll av ytterdörrarnas lås. Samtliga åtgärder överklagades. Det överklagade föreläggandet för Taxinge kyrka avsåg samma typ av åtgärder, fast breddning av utrymningsväg istället för upprättandet av en ny sådan. I princip samtliga överklaganden bifölls av Länsstyrelsen, varpå Räddningsnämnden överklagade Länsstyrelsens beslut. I Räddningsverkets (numera Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) yttrande om ärendet framfördes att det är nödvändigt att samråd sker med kulturvårdande myndigheter innan sådana förelägganden lämnas, för att alternativa lösningar ska kunna diskuteras. Det påpekades också att elektrisk kontroll av utgångsdörrar bör kunna ersättas med rutiner i brandskyddsplan samt att skyltning bör ske varsamt och i samråd med kulturvårdande myndigheter. I Turinge kyrka blev den slutliga domen av Kammarrätten att det ska utföras skyltning av utrymningsvägar samt elektrisk kontroll av vissa dörrar. Ingen ny utrymningsväg behövde upprättas, med hänsyn till kyrkans kulturhistoriska värde. I Turinge kyrka behövde ingen elektrisk kontroll implementeras, istället ansågs det tillräckligt med upprättande av en instruktion som bland annat beskriver rutiner för öppning av dörrar när allmänheten har tillträde till lokalen.

Möjliga motsättningar som behöver lösas från fall till fall bygger oftast på en önskan om att brandskydd som uppfyller moderna krav ska vägas mot bevarande av det kulturhistoriska värdet bl.a. ur estetisk synvinkel, att behovet av utrymning vägs mot behovet av skalskydd, att kostnaden vägs mot nyttan etc.

5 Planering av utrymning och evakuering

Trots ett väl utarbetat brandskydd är brand ändå en risk som ibland blir verklighet i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Därför är det mycket viktigt att ha en plan för vad som ska göras vid en brandsituation. Flera fall visar att katastrofplaner och ett systematiskt brandskyddsarbete har varit värdefullt för att lyckas med utrymning och skademinimering i detta bestånd (Kincaid, 2019). I katastrofplanering ingår också att i förväg planera för den komplicerade processen som uppstår efter en brand (Kincaid, 2021). Ett systematiskt brandskyddsarbete (SBA) innefattar delar som tydligt hör till utrymning men då SBA är mycket bredare än så behandlas det generellt i kapitel 1 medan delar specifikt om utrymning behandlas i detta kapitel.

Att evakuera föremål kan bli aktuellt vid en brand eftersom kulturhistoriskt värdefulla byggnader vanligen innehåller både fast och lös inredning av värde. En kyrka är ett typiskt exempel på en miljö där både byggnadsskal, interiör och lösöre har kulturvärden. Ibland är lösöret det allra viktigaste att rädda (eller det enda som går att rädda), trots att byggnaden i sig också har kulturvärden. Andra byggnader, t.ex. moderna museimagasin, kan sakna kulturvärden i sig men ändå inhysa lösa föremål av värde. Denna typ av byggnader ingår dock inte i kunskapsöversikten. Vid en brand och akut evakuering kan gränsen mellan lösa föremål och fast inredning ibland bli något diffus. Väggmålerier på duk, armaturer, byggnadsanknuten konst och kyrkbänkar är några exempel på fast inredning som vid en brandkatastrof potentiellt skulle kunna lösgöras.

Att utrymma människor och rädda liv är naturligtvis alltid viktigast att prioritera vid en brand i vilken byggnad som helst. Behovet av att rädda egendom och därigenom kulturarvet är dock extra stor i en kulturhistoriskt värdefull byggnad och gör så att katastrofplanering är mer komplicerad än i moderna byggnader.

5.1 Planera för utrymning av människor

Vid planering för utrymning av människor ur kulturhistoriskt värdefulla byggnader behöver övergripande lagar, kvalitetsgranskade råd och tidigare forskning om exempelvis utrymningsvägar och skyltning tas i beaktande. Mycket forskning om generell utrymning finns men detta avsnitt fokuserar på forskning och råd vid planering gällande kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Dessa kan av olika skäl vara särskilt svåra att utrymma, exempelvis är brist eller avsaknad på utrymningsvägar något som förekommer, även om samma principer som för nya byggnader gäller. För att kunna garantera människors säkerhet krävs ibland så pass omfattande ombyggnationer att kulturvärden skulle skadas. Fall finns där byggnader stängts för allmänheten av detta skäl (se exempelvis tornet Bredablick på Skansen). Människor kan ha olika förutsättningar för att ta sig ur byggnaden, dels beroende på funktionsvariationer (se ovan), dels på var de befinner sig och hur bekanta de är med byggnaden sedan tidigare. Exempelvis kan det ta längre tid för en tillfällig hantverkare som arbetar i en svåråtkomlig del av byggnaden att ta sig ut än för en person som känner till byggnaden väl. Bränder kan omfatta flera byggnader, katastrofplanering behöver därför även ta utrymning av hela kvarter eller naturområden i beaktande.

Bernardini (2017a) anser att det finns förbättringspotential av utrymningsrutiner och utrymningseffektivitet i kulturhistoriskt värdefulla byggnader genom användning av simuleringsmetoder i kombination med tidigare forskning för att förstå mänskligt beteende och rörelse i katastrofsituationer. Kunskapen kan även användas för planering av utrymning utomhus samt i större skala (ex. utrymning av städer). Nuvarande planer för utrymning är ofta översiktliga och utgår från deterministiska uppfattningar. Grundtanken är att människor betar sig rationellt och att tillräckliga modifieringar av byggnaden i sig ökar säkerheten, exempelvis antal utrymningsvägar och utrymningsvägarnas geometri. I kulturhistoriskt värdefulla byggnader med rumslig komplexitet har människor utan tidigare kännedom om lokalen en tendens att samla sig i klungor och/eller röra sig längst kända vägar istället för till närmaste utrymningsväg (vanligtvis mot entrén man kom in igenom). Antalet människor och deras roll samt koppling till varandra (ex. familjer) inverkar på rörelserna. Vid brand kan människor påverkas av brandgasförgiftning och brännskador. Det kan leda till psykofysiska effekter som ökad puls och adrenalinpåslag, men även psykologiska effekter som ångest och rädsla vilket kan leda till beteenden som gör utrymningen mindre effektiv och därmed öka risken för skador och dödsfall. Faktorer i byggnaden som påverkar människor är exempelvis underhållsgrad, materialval och tillgänglighet (branta trappor, smala gångar). Framkomlighet och sikt är också avgörande, mörker och rök hindrar förstas effektiv utrymning. Fördröjning av evakuering kan bero på att folk inte förstår allvaret, att de först utbyter information med varandra eller vill ha med sig personliga ägodelar. I en studie av en övning i en historisk teater visades att 50 % av deltagarna fördröjde utrymningen pga. att de samlade ihop sina saker eller väntade på andra människor innan de rörde sig ut ur byggnaden. Genomtänkta larm och vägvisning är ett sätt att effektivisera utrymning och förbättra säkerheten utan att förändra byggnaden i sig.

Cao et al. (2021) föreslår att planering av storskalig utrymning av människor ur kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan ske genom att använda en modell som bygger på kombinationen av tre vedertagna algoritmer. Genom att lägga in parametrar som utrymningsdörrar och trappkapacitet kan modellen föreslå kortast utrymningsväg för en given individ och situation. Författarna har testat modellen på Louvren, en komplex och stor kulturhistorisk byggnad, och menar att den hjälper till att koordinera och effektivisera utrymningen. Metoden kan, enligt författarna, användas av fastighetsförvaltare för att utarbeta utrymningsstrategier som leder till att människor kommer ut ur byggnaden snabbast möjligast utan att hindra räddningspersonal från att komma in. Caliendo et al. (2020) har undersökt möjligheten för att säkra utrymning ur kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av varsamma lösningar. Författarna gör en fallstudie i palatset Fruscione, Italien och simulerar

olika brand- och utrymningsförlopp. Den nuvarande katastrofplanen, där ett maxantal på 75 människor som utryms genom ett enda trapphus, visade sig hålla för alla de provade scenarierna. Det som påverkade utrymningens effektivitet var tiden innan människor började röra sig ut ur byggnaden, hur snabbt larmet aktiverades (beroende på antalet rökdetektorer) samt hur lång gångsträckan för utrymning var. Författarna föreslår ett automatiskt kontrollsystem i museets entré för att undvika att för många besökare finns i byggnaden samtidigt.

Koutsoudis et al. (2021) visar att multispektralfotografering med hjälp av drönare kan användas för katastrof- och utrymningsplanering i stadsdelar och kvarter med kulturhistoriska värden. Fotografierna läggs ihop till digitala 3D-replikor som sedan kan användas för simulering av olika katastrofscenarier samt maskininlärning.

5.2 Planera för evakuering av föremål och byggnadsdetaljer

Det finns flera handböcker och vägledningar för evakuering av föremål ur museer, bibliotek och arkiv (se t ex Historic England (2021), Collections Trust (2018), Michalski and Pedersoli (2016), De Paoli et al. (2020), RAÄ (2017)). Fokus i detta avsnitt ligger framför allt på forskning och råd som är tillämpbara i sammanhang där själva byggnaden är kulturhistoriskt värdefull, något som exempelvis är gällande för många museer.

Evakuering av föremål och byggnadsdetaljer kan ske både *under* branden och *efter* att branden släckts. Insatsplanen anger vad som gäller för evakuering *under* branden, restvärdesplanen hanterar evakuering *efteråt*. Museer har tidigare även arbetat med s.k. evakueringsplaner där fokus legat på undanförelse av föremål och samlingar vid krigsfara, något som till viss del hör samman med frågor om evakuering vid brand (Legné, 2021). I insatsplanen finns ritningar med markerade inträngningsvägar och brandcellsgränser. Den hanteras ofta av räddningstjänsten men exempel finns där övriga anställda och utomstående frivilliga hjälpt till att evakuera kulturhistoriskt värdefulla byggnader (RAÄ, 2016b), se vidare i kapitel 6. Rosická and Sýkorová (2011) poängterar att rollerna vid utrymning och evakuering ska fördelas utifrån kunskap och förmåga, inte baserat på status. Insatsplanen kan utarbetas tillsammans med räddningstjänsten och finnas tillgänglig hos dem innan, eller lämnas över vid en brand. Viss geografisk information samt prioriteringsordning vid en eventuell evakuering bör av olika anledningar (ex. säkerhet) inte offentliggöras. Laidlaw et al. (2008) rekommenderar att ett geografiskt informationssystem (GIS) används för att lokalisera kulturhistoriskt viktiga områden på kartor som delas med räddningstjänst i händelse av insats eller som en del av underlaget i insatsplanen.

Till insatsplanen bör en prioriteringslista med tillhörande evakueringskort över de mest värdefulla föremålen och dess placering upprättas. Mallar för detta tillhandahålls i RAÄ:s handbok (RAÄ, 2016b). Listan över föremål kan se ut på olika vis, antingen som en hierarkisk lista eller som ett begränsat urval. Alla föremål behöver beskrivas på ett lättolkat sätt (beskrivning, placering, uppgifter om hur föremålet kan lösgöras och hur många personer som behövs för att bära). Om föremål är flyttade (ex. på grund av utlån eller restaurering) är det mycket viktigt att uppdatera detta i planen, värdefulla minuter i arbetet kan gå till spillo om insatsstyrkan letar efter något som inte är på den plats som angetts. I vissa fall ges möjlighet att tömma hela rum på lösöre, exempelvis om branden inte spridit sig till en viss del av byggnaden. Det är alltid viktigt att få ut föremålen från byggnaden. I fallet Uppark (se kapitel 1) flyttades vissa tavlor bara till en annan del av huset och blev tyvärr omöjliga att komma åt när branden spred sig okontrollerat. Säkerheten utanför huset måste också beaktas. Evakuerade föremål kan skadas av regn och vind. Även risken för stölder av evakuerade föremål måste hanteras. Under branden vid Clandon Park satte polisen upp kontrollspärrar för in- och utpasserande som hjälpte till i evakueringsarbetet. Att bedöma värden på lösöre och planera för dess evakuering ur byggnaden är en sak men fasta byggnadsdetaljer (ex. stuckaturer och väggmålningar) och svårflyttade objekt måste också omfattas av insatsplaneringen. I vissa fall kan sådana delar räddas från brand- och

sekundärskador genom övertäckning (ex. brandfilt och presenning) men också genom att vattensläckning undviks just där. Alla värden och delar som ska beaktas och skyddas vid insats måste dokumenteras och kommuniceras. Regelbunden övning av olika scenarier är en nyckelfaktor till lyckade evakueringar. I flera av fallen som Kincaid (2019) presenterar hade insatsövningar genomförts före katastrofen, något som gjorde att i princip alla utpekade värdefulla konstverk, möbler och föremål exempelvis kunde räddas ur branden vid Hampton Court. (Kincaid, 2019)

Kjølsen Jernæs (2021) har gjort en kunskapsöversikt gällande värdering och prioritering av lösa föremål vid evakuering ur kulturhistoriskt värdefulla byggnader och föreslår en arbetsprocess för icke-professionella i utarbetande av katastrof- och insatsplaner (eng. salvage plan). I artikeln konstateras att det finns ett överflöd av handböcker om katastrofplanering och preventivt arbete men att ingen av dem som granskats nämner att värdering är en nyckelfaktor i planeringen, dessutom ges det väldigt sällan handfasta råd om hur man ska värdera och prioritera. Förutom att tydliga prioriteringar i insatsplanen spelar roll vid evakuering av lösa föremål kan det även hjälpa räddningstjänsten att prioritera vissa zoner eller rum i släckningsarbetet.

Att ha gott minne och bra fantasi lyfts fram som viktigt i sammanhanget för att identifiera vad som kan gå fel. RAÄ (2016b) ger råd om vilken utrustning och kontakter man bör ha för att få till en lyckad evakuering, råden täcker allt från personlig skyddsutrustning till transport och lokaler för frysning, torkning och rengöring av evakuerade föremål och byggnadsdetaljer. En potentiell målkollision vad gäller skydd av värdefulla föremål är den som uppkommer i arbetet med stöldsäkring. Säkerhetsanordningar som försvårar stöld av föremål kan vid en akut evakuering bli ett problem. RAÄ rekommenderar därför institutioner att överlämna instruktioner till Räddningstjänsten gällande var exempelvis nycklar förvaras, information som av säkerhetsskäl inte ska spridas. RAÄ ger även exempel på att föremål som prioriteras kan markeras med reflexer för att underlätta identifiering vid insatser som sker i mörker. Att skapa en lista med ansvariga och deras telefonnummer är en annan åtgärd som underlättar vid evakueringsarbete.

6 Planering av efterarbetet

Kincaid (2021) lyfter fram vilka delar i efterarbetet av en brand som måste planeras i förväg. Författaren redovisar bl.a. vilka målkonflikter som kan uppstå i processen efter en brand i en kulturhistorisk byggnad. Ett exempel är att stöd av byggnadskonstruktionen kan behöva sättas upp snabbt för att garantera stabiliteten. Det kan i sin tur förstöra eller hindra dokumentationsarbetet av brandresterna, något som ibland är avgörande för förståelsen av byggnaden samt för val i återuppbyggnadsarbeten. Restvärdesplanering ingår som en del i katastrofplanering. Restvärdesplanen är den plan som används efter branden och utarbetas för att undvika sekundärskador som kan uppkomma vid evakuering och sanering. Trots att en restvärdesplan fokuserar på lösa föremål är den svår att separera från katastrofplaneringen gällande byggnaden i stort. Ett exempel är när saneringsarbeten av byggnad sker samtidigt som lösa föremål hanteras och båda processer behöver ta hänsyn till varandra. Dessutom finns det råd och lärdomar inom restvärdesplanering som är användbara vid planering av insats men också gällande hantering av olika material och detaljer i byggnadsskal och fast inredning.

Vid brand kan föremål och byggnader bli brand-, vatten-, sot eller släckmedelskadade. Föremål av och med olika material och skador kräver olika åtgärder efter evakuering. Föremål bör sorteras och dokumenteras efter evakuering, därefter kan de transporteras bort. Även transporten behöver planeras innan för att bli effektiv och säker (ex. logistikfrågor som fordon, transportvägar och destination). Snabb frysning och torkning av föremål är åtgärder som används för att undvika sekundärskador som mögel. Konsultation med konservator ska dock alltid ske innan åtgärd vidtas. RAÄ

(2016b) rekommenderar bara att föremål flyttas om det är nödvändigt. Vissa åtgärder eller skydd kan ges på plats inne i byggnaden. Flera råd om hur detta kan göras beskrivs i RAÄ:s handbok (RAÄ, 2016b).

Riksrevisionen (2019) konstaterar att endast ett av de svenska centralmuseerna har en restvärdesplan. I rapporten anges detta bero på tidsåtgången och svårigheten att välja och prioritera föremål "utifrån kriterier som inte är helt självskrivna". Andra orsaker som anges är svårigheten att flytta vissa föremål, säkerhetsfrågan gällande att det finns inlåsta föremål samt svårigheten att hålla planen uppdaterad vid utlån m.m. Även Riksantikvarieämbetet konstaterar att restvärdes- och katastrofplaner saknas på många museer (RAÄ, 2016a).

Spafford-Ricci and Graham (2000) föreslår en bedömningsprocess från sjukvården, s.k. triage, för prioritering under restvärderäddning. Denna utgår helt ifrån hur instabilt ett föremål är pga. skadans omfattning samt vilket material det har. I fallet med branden på Royal Saskatchewan Museum fick andra intressen komma emellan i prioriteringen, exempelvis föremål i vissa rum som skulle öppnas för allmänheten snarast möjligt. Ingen kulturhistorisk värdering verkar ha legat till grund för prioriteringen. Något som försvårade och i vissa fall omöjliggjorde evakueringen var att branden slog ut el till belysning och hissar, vilket saktade ner även saneringsarbetet av byggnaden.

Efter en brand kan det vara osäkert att gå in i en byggnad, rasrisk är en faktor att ta hänsyn till. Robotteknik är fortfarande i ett tidigt stadium av utveckling men kan användas efter brandkatastrofer för att undersöka instabila byggnader och planera evakuering (ex. genom att lokalisera föremål eller bedöma risker i byggnaden). Efter jordbävningarna på Nya Zeeland 2010-2012 användes robotar i Christchurch Basilica för att bedöma säkerhet och stabilitet innan människor gick in (Macalister, 2015).

7 Referenser

AIELLO, M., ASTRUA, F., NELVA, R., VANCETTI, R. & RELLA, M. 2002. Fire safety measures in historic buildings for university use. *Fire Technology*, 38, 345-362.

ANDRÉE, K., JÖNSSON, A., BENGTSON, S. & FRANTZICH, H. 2015. Utformning av utrymningsplats. Lund: Lund University.

ARDBRECK, M. 2014. Att planera och förbereda en storskalig utrymning. Karlstad: MSB Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

BERNARDINI, G. 2017a. Fire safety and building heritage: The occupants perspective. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. Springer Verlag.

BERNARDINI, G. 2017b. Fire Safety of Historical Buildings: Traditional Versus Innovative "Behavioural Design" Solutions by Using Wayfinding Systems. Springer.

BERNARDINI, G., QUAGLIARINI, E., D'ORAZIO, M. & SANTARELLI, S. 2017. How to help elderly in indoor evacuation wayfinding: Design and test of a not-invasive solution for reducing fire egress time in building heritage scenarios. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 426, 209-222.

CALIENDO, C., CIAMBELLI, P., DEL REGNO, R., MEO, M. G. & RUSSO, P. 2020. Modelling and numerical simulation of pedestrian flow evacuation from a multi-storey historical building in the event of fire applying safety engineering tools. *Journal of Cultural Heritage*, 41, 188-199.

CAO, Y., LUO, C., LIU, Y., TENG, S. & XIN, G. 2021. Path intelligent optimization for dense crowd emergency evacuation in heritage buildings. *Journal of Cultural Heritage*, 47, 180-187.

COLLECTIONS TRUST. 2018. *Emergency Plan* [Online]. online: Collections Trust. Available: <https://collectionstrust.org.uk/accreditation/organisational-health/assessing-and-managing-risk/emergency-plan/> [Accessed October 2021].

D'ORAZIO, M., BERNARDINI, G., TACCONI, S., ARTECONI, V. & QUAGLIARINI, E. 2016. Fire safety in Italian-style historical theatres: How photoluminescent wayfinding can improve occupants' evacuation with no architecture modifications. *Journal of Cultural Heritage*, 19, 492-501.

DE PAOLI, R. G., DI MICELI, E. & GIULIANI, F. 2020. Disasters and Cultural Heritage: planning for prevention, emergency management and risk reduction. Place of Publication: Virtual Conference, Italy. Country of Publication: UK.: IOP Publishing.

FORSSBERG, M., KJELLSTRÖM, J., FRANTZICH, H., MOSSBERG, A. & NILSSON, D. 2019. The Variation of Pre-movement Time in Building Evacuation. *Fire Technology*, 55, 2491-2513.

FRANTZICH, H., NILSSON, D. & RØD, K. 2016. Utrymning och tekniska installationer i vägtunnlar med dubbelriktad trafik.

FÄLLMAN, L. & HANSING, S. 1997. Brandskydd i kulturbyggnader - handbok om brandsyn och brandskyddsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Borås: Räddningsverket och Riksantikvarieämbetet.

HISTORIC ENGLAND 2017. Fire safety for traditional church buildings of small and medium size. London, UK: Historic England.

HISTORIC ENGLAND. 2021. *Emergency Response Plans* [Online]. online: Historic England. Available: <https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/emergency-and-fire/response-plans/> [Accessed October 2021].

JOKINEN, M., LAURILA, A., LINNANMÄKI, S., KARLSEN, E., SÖRMOEN, O., ALEXANDERSSON, K., ERENMALM, T. & LINDKVIST, S. 2004. Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and practises on the fire protection of historic buildings in Finland, Norway and Sweden. National Board of Antiquities.

KECKLUND, L., ANDRÉE, K., BENGTSON, S., WILLANDER, S. & SIRÉ, E. 2012. How Do People with Disabilities Consider Fire Safety and Evacuation Possibilities in Historical Buildings? A Swedish Case Study. *Fire Technology*, 48, 27-41.

KIDD, S. 2010. Fire Safety Management in Traditional Buildings. Part I: Principles and Practice. *Guide for Practitioners*. Edinburgh, Scotland: Historic Scotland.

KIDD, S., APPLEBY, D., MCCAIG, I., PACKER, C. & BENTLEY, R. 1995. Heritage under fire. A guide to the protection of historic buildings. 2nd ed. London, UK: Fire Protection Association.

KINCAID, S. 2019. Emergency Planning for Fire in Historic Buildings. *Historic Environment: Policy & Practice*, 10, 19-39.

KINCAID, S. 2021. Practical Challenges in Mitigating the Aftermath of Fire in Historic Buildings. *Historic Environment: Policy & Practice*, 12, 77-96.

KJØLSEN JERNÆS, N. 2021. A roadmap for making a salvage plan. Valuing and prioritising heritage objects. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 59.

KOUTSOUDIS, A., IOANNAKIS, G., PISTOFIDIS, P., ARNAOUTOGLU, F., KZAKIS, N., PAVLIDIS, G., CHAMZAS, C. & TSIRLIGANIS, N. 2021. Multispectral aerial imagery-based 3D digitisation, segmentation and annotation of large scale urban areas of significant cultural value. *Journal of Cultural Heritage*, 49, 1-9.

LAIDLAW, P., SPENNEMANN, D. H. R. & ALLAN, C. 2008. Protecting cultural assets from bushfires: a question of comprehensive planning. *Disasters*, 32, 66-81.

LEGNÉR, M. 2021. *Värden att värna. Kulturminnesvård som statsintresse i Norden vid tiden för andra världskriget*, Göteborg och Stockholm, Makadam Förlag.

MACALISTER, F. 2015. Preparing for the future: mitigating disasters and building resilience in the cultural heritage sector. *Journal of the Institute of Conservation*, 38, 115-129.

MICHALSKI, S. & PEDERSOLI, J. L. 2016. The ABC Method: a risk management approach to the preservation of cultural heritage. online: ICCROM.

MSB 2015. I skälig omfattning: Ett urval av överklagade tillsynsärenden om brandskydd. Karlstad, Sverige: MSB.

RAÄ. 2016a. *God samlingsförvaltning 2017–2019: Samordning och utveckling av frågor om samlingsförvaltning: Program för Riksantikvarieämbetet* [Online]. Riksantikvarieämbetet. Available: <http://samla.raa.se/xmlui/handle/raa/10322> [Accessed October 2021].

RAÄ 2016b. Handbok i katastrofberedskap och restvärdesräddning (RVR) för konst- och kulturhistoriska samlingar, byggnader och miljöer. 2 [upplagan] ed.: Riksantikvarieämbetet.

RAÄ. 2017. *SAK - Självskattning för vård och bevarande* [Online]. online: Riksantikvarieämbetet. Available: <https://www.raa.se/museer/samlingsforvaltning/sa-fungerar-samlingsforvaltning/sak-sjalvskattning-for-vard-och-bevarande/> [Accessed October 2021].

RIKSREVISIONEN 2019. Bevara samlingarna - säkerhetsarbetet i de statliga centralmuseernas samlingsförvaltning. *Granskningsrapport*. online: Riksrevisionen.

ROSICKÁ, Z. & SÝKOROVÁ, J. 2011. Planning cultural heritage protection is easier than managing an actual disaster. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*, 59, 281-286.

SIRÉ, E., BENGTON, S. & KECKLUND, L. 2006. *Utrymning för alla: byggnader med kulturvärde = Safe evacuation for all: in cultural buildings*, ISBN: 9173331228, Svensk byggtjänst.

SPAFFORD-RICCI, S. & GRAHAM, F. 2000. The Fire at the Royal Saskatchewan Museum, Part 1: Salvage, Initial Response, and the Implications for Disaster Planning. *Journal of the American Institute for Conservation*, 39, 15-36.

WEDVIK, B. & STORESUND, K. 2020. Fire performance of escape route doors in cultural heritage buildings A state-of-the-art review. RISE Fire Research AS.

7. Räddningstjänstens insats

Linda Lindblad, Tove Raquette, Margaret McNamee



Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	2
1 Räddningstjänstens arbete i förhållande till kulturhistoriskt värdefulla byggnader	3
2 Förberedande arbete.....	3
2.1 Insatsplanering	3
2.2 Räddningstjänstens kännedom om byggnaden och omgivningen.....	4
2.3 Organisering av frivilliga	5
2.4 Plan för skademinimering.....	6
3 Räddningstjänstens aktiva responsfas	7
3.1 Släckarbete och släckmedel	8
4 Efterarbete	9
5 Referenser	11

Sammanfattning

Enligt lagen (2004:778) om skydd mot olyckor är varje kommun skyldig att tillhandahålla räddningstjänst för att skydda människor, egendom och miljö. Detta kapitel beskriver den kommunala räddningstjänsten med fokus på hur den skulle kunna arbeta med kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Arbetet som bedrivs av den kommunala räddningstjänsten delas oftast upp i tre faser: Förebyggande arbete, aktiv respons i samband med en olycka och efterarbetet efter en olycka. Kapitlet presenterar en översikt av hur räddningstjänsten kan bidra till det förebyggande arbetet för att främja skademinimering i samband med en brand, mest effektivt kan rädda människor och egendom genom sitt agerande under en rådande brand samt kort om hur man säkerställer att så mycket som möjligt av värdena i en byggnad och dess inredning inte skadas mer än nödvändigt av brand och räddningsinsats, så kallad restvärderäddning. Informationen i kapitlet omfattas i den svenska kontexten av lagen (2003:778) om skydd mot olyckor varför delar av texten hänvisar till lagtexten. . Denna rapport är att betrakta som en litteraturoversikt och det som står är inte allmänna råd för en svensk kontext.

1 Räddningstjänstens arbete i förhållande till kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) 1 kap §2 definierar en räddningstjänst som ”de insatser som staten eller kommunerna ska ansvara för vid olyckor och överhängande fara för olyckor för att hindra och avgränsa skador på människor, egendom eller miljö”. Denna tjänst erbjuds genom kommunens räddningstjänstorganisation. Det finns även privata räddningstjänstorganisationer (t.ex. vid flygplats, olika industriverksamheter vid särskilda behov) eller frivilligorganisationer som t.ex. vid brand i kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan samverka med den kommunala räddningstjänstorganisationen. Samtliga kommunala räddningstjänster är skyldiga att utveckla handlingsprogram för de behov som finns i sin kommun oavsett kommunens storlek eller hur resursstark den är. Dessa handlingsprogram ska bl.a. lyfta de risker som finns i kommunen samt hur verksamheten planeras.

Hanteringen av en händelse, som en räddningsinsats vid brand, kan delas in i tre faser: den förebyggande och förberedande fasen, den akuta fasen, samt återhämtningsfasen. Texten i det här kapitlet har därför delats upp i dessa tre faser med fokus på räddningstjänstens möjliga roll i förhållande till kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Informationen i det här kapitlet är inte ämnat som en handbok över hur man bör göra i Sverige. Det som presenteras är i huvudsak en översikt över sådan litteratur publicerats internationellt i relation till räddningstjänstens möjliga roll och arbete vid brand i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

2 Förberedande arbete

För att insatser i kulturhistoriskt värdefulla byggnader ska kunna genomföras effektivt och med minimal skada är det nödvändigt att det finns ett förberedande arbete. Det finns en tydlig skillnad mellan det ansvar fastighetsägaren eller förvaltaren har i relation till det som räddningstjänsten har. Men i flera delar finns det en naturlig samverkan mellan dessa parter, bl.a. och med att tillsyn utförs av räddningstjänsten. Nedan beskrivs en del av det förebyggande arbete som kan vara avgörande för utfallet av en brand i kulturhistorisk byggnad. Ytterligare beskrivning av systematiskt brandskyddsarbetet finns utifrån perspektivet att skydda mot brandens uppkomst i kapitel 2 samt angående utrymning av människor i kapitel 6.

2.1 Insatsplanering

Det är enligt Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) kommunens räddningstjänstorganisation som ska planera och förbereda för att insatser kan genomföras så effektivt som möjligt. Insatsplaner ska upprättas för att räddningstjänsten ska vara förberedd och lättare kunna fatta rationella beslut i skarpa lägen. Enligt LSO 2 kap 2§ behöver dessutom ägaren eller användaren av en byggnad vidta skäligen åtgärder för att förhindra eller begränsa skadorna från en brand. I Statens Räddningsverks allmänna råd om systematiskt brandskyddsarbete (SRVFS 2004:03) anges att det exempelvis bör finnas skriftlig dokumentation av brandskyddet för byggnader som är kulturhistoriskt värdefulla eller om en byggnads brandskyddsåtgärder kräver speciellt underhåll. Vidare anges att dokumentationen bör, utöver byggnadsbeskrivning med läge, utformning och material, även för kulturhistoriskt värdefulla byggnader innehålla beskrivningar av deras värde samt vid behov beskrivning av var särskilt värdefulla inventarier finns placerade. Vidare menar Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) i sina föreskrifter och allmänna råd om kommunens tillsyn enligt LSO (MSBFS 2021:8) att ägarens skyldighet innebär att relevant dokumentation ska lämnas till kommunen inför tillsyn.

MSB har tagit fram en processmodell i åtta steg för insatsplanering (MSB, 2015). Processmodellen är generell men kan appliceras på byggnader med kulturhistoriskt värde. En viktig del i processen är

samverkan mellan aktörerna som verksamhetsutövare och räddningstjänsten genom samråd och förankring av insatsplanen.

Internationell forskning visar att det bör finnas en kontinuerlig kontakt mellan ägaren eller nyttjanderättshavaren och räddningstjänsten för att säkerställa att de har kunskap om byggnaden och dess värden så de kan upprätta insatsplanen därefter (Jokinen et al., 2004). Genom att vara bekant med byggnaden är det enklare att arbeta effektivt utan att orsaka extra skada på byggnaden vid en insats (Jokinen et al., 2004). Det innebär också att det under insats är lättare ta informerade beslut som tar hänsyn till aktuella risker (Kincaid, 2019). LSO (2003:778) 1 kap. 3§ anger att "Räddningstjänsten skall planeras och organiseras så att räddningsinsatserna kan påbörjas inom godtagbar tid och genomföras på ett effektivt sätt". För att uppnå detta ingår oftast i insatsplaneringen att räddningstjänsten besöker komplicerade byggnader för att bekanta sig med dem och orientera sig kring vilka möjligheter som finns. Planering av insats kan också omfatta andra byggnader i direkt anslutning till byggnaden av kulturhistoriskt värde.

En del av insatsplanen består av procedurer för skademinimering och hur värdefulla föremål kan räddas (Kidd et al., 1995). Här bör hänsyn tas till om händelsen uppstår under dagtid, på natten eller under helgen (Kidd et al., 1995). Hänsyn bör även tas till hur händelsen och procedurer påverkas av om byggnaden är full med besökare eller inte (CFPA Europe, 2021). I vissa fall kan det vara nödvändigt att säkra räddningstjänstens framkomlighet, för vilket det behövs inövade rutiner (Kidd et al., 1995). I planeringsstadiet bör eventuella situationer identifieras som kan uppstå med personal eller boende som har starka emotionella band till byggnaden och dess innehåll vilka därför kan tänkas utsätta sig för onödiga risker i en farlig situation (Kincaid, 2019). Om det finns risk för sådana situationer är det viktigt att räddningstjänst, eller annan personal som kan vara objektiv, är förberedda på det och har beredskap i arbetet för att emotionellt engagerade personer kan tänkas utsätta sig för sådana risker (Kincaid, 2019).

2.2 Räddningstjänstens kännedom om byggnaden och omgivningen

Brand i äldre byggnader kan innebära särskilda svårigheter och risker i samband med insatsen (Kidd, 2010, Kincaid, 2019). Dolda utrymmen där rök och brand kan spridas, brist på brandcellsindelning, ovanliga brandspridningsvägar och svårigheter att lokalisera branden är exempel på sådana (Kidd, 2010). Det kan också förekomma asbest i äldre byggnader. Byggnader som stått övergivna eller oanvända en längre period kan skapa ytterligare faror som till exempel svårigheter att ta sig in i och runt i byggnaden, ha instabila golv och trappor eller ökad risk för kollaps. Med hänsyn till riskerna bör en bedömning göras i varje enskilt fall om man ska genomföra en defensiv eller offensiv räddningsinsats. Behovet av kunskapen om platsen kan sträcka sig bortom byggnaden, till hela stadsdelar i somliga fall, vilket kan skapa ytterligare utmaningar. Läs mer om det i kapitel 5, om spridning av brand till byggnad.

Ett effektivt sätt att öka kännedom om byggnaden är att regelbundet genomföra organiserade övningar. Det gav resultat vid en brand i Arkadien i Jönköping där räddningstjänsten vid sin insats lyckades rädda flera värdefulla tavlor som annars riskerat att bli vattenskadade (Jokinen et al., 2004). Det finns även exempel på en liknande situation där många problem och svårigheter uppstod i samband med en insats i Trondheim (Norge), där räddningstjänsten inte var lika bekant med kvarteret i förväg (Jokinen et al., 2004).

Genom att räddningstjänsten får tillgång till byggnaden får de möjlighet att undersöka faktorer som kan komma att påverka en eventuell insats (Kidd, 2010). Exempelvis hur framkomligheten till byggnaden ser ut, om det finns broar, vägar eller portar som förhindrar en snabb ankomst. Vidare kan man därigenom bekanta sig med byggnadens ingång, tillgång till vatten, vilken verksamhet som bedrivs

i byggnaden samt eventuell förekomst av brandfarlig vara. Personal hos räddningstjänsten bör dessutom få utbildning för att öka kunskapen om kulturhistoriskt värdefulla byggnader, samt om olika metoder som är anpassade för att minimera skaderisken vid insatser som omfattar värdefulla föremål och byggnadsdelar (Rosická and Sýkorová, 2011). Lokalkännedom kan inkludera hur vatten och andra släckmedel bör användas (CFPA Europe, 2021). Räddningstjänsten bör även informeras om det sker signifikanta förändringar i eller runt byggnaden eller om det genomförs större och långvariga renoveringar (Kidd, 2010). I Skottland har man upprättat en databas över kulturhistoriskt värdefulla byggnader med information om byggnadsdetaljer, framkomlighet och tillgänglighet, utrymmen av speciellt intresse, vattenkällor och hur konstruktionen kan påverka brandspridning för att förse räddningstjänsten med kunskapen. Med tillgång till sådan information möjliggörs en mer effektiv insats.

För att minimera risken för att räddningstjänsten kör fel bör skyltar sättas upp på intilliggande vägar som kompletterar huvudvägens skyltning, framför allt gäller det byggnader som ligger mer avsidet (Kidd, 2010). Även om den lokala räddningstjänsten har god kännedom om framkomligheten så kan det vid större insatser vara nödvändigt att inkludera räddningstjänster från andra kommuner. Inför sådana situationer är det därför viktigt att det är skyltat även till de mindre vägar som leder till byggnaden för att underlätta för insatspersonal med mindre kännedom om byggnadens placering (Kidd, 2010). För att minimera risken för missförstånd behöver man också säkerställa att byggnaden har samma namn officiellt som lokalt (London Fire Commissioner, 2019). Vägarna som leder till byggnaden bör också vara säkrade för transport av räddningsfordon vad gäller deras bärförmåga, att de är tillräckligt breda och har en tillräcklig frihöjd (Kidd, 2010). Om detta inte uppfylls bör diskussioner föras med räddningstjänsten för att utreda, och märka ut, alternativa vägar eller metoder att nå fram. För fastigheter med många byggnader eller där det är svårt att hitta kan räddningstjänsten med fördel förbereda framkörningskort (Kidd and Haire, 2010).

I träkvarteren i äldre delar av svenska städer är det inte ovanligt att husen har olika kulör på gatusidan och gårdssidan. En dyr oljefärg på utsidan och den billigare rödfärgen på insidan. Vid en kvartersbrand i Jönköping gjorde det att brandmännen hade svårt att orientera sig när de kom in på innergården. Information om detta bör ingå i insatsplanen (Jokinen et al., 2004).

2.3 Organisering av frivilliga

För byggnader i områden med lång insatstid kan en frivillig brandgrupp med personal från byggnaden eller frivilligt brandvårn bestående av närboende vara ett alternativ för tidigare ingripanden vid en brand (Kidd, 2010). Även för att kunna hantera större bränder kan det i förväg upprättas grupper av frivilliga personer som kan hjälpa till. När sådana grupper existerar är det nödvändigt att inkludera dem i övningar för att bekanta sig med räddningstjänstens procedurer (Kidd, 2010). Sådana övningar bör inkludera aspekter som att läsa insatsplaner, identifiera värdefulla föremål från prioriteringslistan, montera ned och flytta på föremål samt att hantera föremål som skadats (London Fire Commissioner, 2019). Ju mer träning grupperna har fått desto större förtroende kommer insatsledaren ha för dem, vilket har en direkt inverkan på hur mycket nytta de kan tillföra. Dessa personer bör i förväg tilldelas lämplig skyddsutrustning som även innehåller något kännetecken så att de kan identifieras av räddningspersonal (Kidd et al., 1995).

Det bör i förväg identifieras hur stort antal personer som kommer att finnas tillgängliga för att hjälpa till vid händelse av brand. På så vis kan dessa delas in i grupper med varsitt ansvarsområde, och som reserv för ett annat område (Kidd et al., 1995). Om personal eller andra frivilliga påbörjar en räddningsinsats innan räddningstjänst är på plats är det viktigt att endast de som har övat på att bekämpa bränder deltar, att en bedömning först görs för om branden är tillräckligt liten för att bekämpas på egen hand, samt att en insats påbörjas endast då det bedöms säkert (Kincaid, 2019).

Eftersom ett brandförlopp kan gå väldigt fort är den första responsen av stor vikt. Genom att i förväg lägga upp en plan för hur kontakt med räddningstjänst, övrig personal och frivilliga ska gå till, ges större möjlighet till snabb insats (London Fire Commissioner, 2019). Ansvaret för att ta kontakterna kan lämnas till en tredje part som förmedlar vidare behovet av hjälp.

Frivilliga kan också organiseras för att hjälpa till att hantera föremål som evakueras ur en brinnande byggnad. Museum och andra stora organisationer i större byggnadskomplex har ofta själv tillgång till personella resurser som kan tränas för detta (Kincaid, 2019). För mindre byggnader med kulturhistoriskt värde kan man samarbeta med andra fastighetsägare och forma så kallade "buddy systems". Genom ett sådant samarbete kan man i förväg planera för hur man ska assistera varandra om det uppstår en brand i någon byggnad, dels i form av utrustning, dels i form av bemanning.

2.4 Plan för skademinimering

För att möjliggöra effektiv skademinimering vid brand är det bra att räddningstjänsten i förväg har tillgång till en plan som anger vad som är värdefullt och som beskriver i vilken prioriteringsordning en evakuering av föremål bör göras (Historic England, 2017). När en byggnad är fylld med värdefulla föremål kan en sådan prioritering vara svår att utföra, men ännu svårare kommer det vara att prioritera föremålen när byggnaden är rökfylld och innehållet riskerar att skadas av släckvattnet. Hur man går tillväga kommer att variera beroende på händelsens storlek, men det är bra att planera för den värsta möjliga situationen, exempelvis att alla värdefulla föremål behöver evakueras (London Fire Commissioner, 2019). Om värdefulla föremål ska evakueras bör dessa flyttas till ett utrymme som är säkert från eventuella effekter av branden (Kincaid, 2019). Vid en brand i Uppark House i England lyckades man, tack vare tidigare övningar, rädda 95 % av värdefulla föremål. Man förlorade några värdefulla tavlor på grund av ett inledande beslut om att flytta dem till andra änden av byggnaden dit branden sedan spred sig (Kincaid, 2019). Se även kapitel 5 om katastrofplanering för utrymning av värdefulla föremål i samband med en brand där branden i Uppark nämns.

Föremål kan både vara av ekonomiskt och kulturhistoriskt värde (Kincaid, 2019). Det är viktigt att begränsa antalet prioriterade föremål för att lätt kunna evakuera de viktigaste föremålen först om det finns begränsat med tid (Historic England, 2017). Om ett utrymme är fullt med föremål av ungefär samma värde kan det vara värt att ändå göra en prioriteringsordning för hur de ska evakueras (London Fire Commissioner, 2019). Detta kan göras baserat på hur ovanliga, viktiga eller flyttbara de är, eller utifrån vem som äger dem. Samtliga föremål som inkluderas i prioriteringslistan bör fotograferas och biläggas till planritningarna (Kidd et al., 1995). Det är viktigt att dessa dokument hålls uppdaterade så att inte föremål som har flyttats eftersöks i onödan (Kincaid, 2019).

En del i planeringen kan vara att komplettera planritningar med markering av byggnadsdelar som är av stor betydelse och värdefulla föremåls placering (Kidd et al., 1995). För att detta ska vara möjligt krävs en detaljerad inventering av byggnaden och dess innehåll, varpå det görs en prioriteringsordning för vilka föremål som ska räddas först vid en insats. Till exempel kan vissa fönster vara av högre värde än andra, exempelvis fönster med målat glas i kyrkor (Historic England, 2017). Om det under insats är nödvändigt att ventileras ut brandgaser genom att krossa fönster är det därför bra om räddningstjänsten har kunskap om detta så att de kan välja vilka fönster de behåller intakta. Vatten kan orsaka stora skador på vissa material, och genom att i förväg ha vetskap om vilka föremål eller ytor som är extra känsliga så kan alternativa metoder nyttjas som använder vatten mer sparsamt.

Även kulturhistoriskt värdefulla föremål och fast inredning eller byggnadsdelar som inte går att evakuera bör inkluderas i planen, så att insatsen kan prioriteras vad gäller exempelvis ventilering och släckarbete (Kidd et al., 1995). För sådana föremål kan även instruktioner inkluderas för hur de kan skyddas på plats, exempelvis genom att täcka över dem med presenning som skyddar mot vatten

(Historic England, 2017). Vidare bör det finnas instruktioner om hur föremålen kan demonteras och flyttas på, information om eventuella nycklar som behövs för att komma åt vissa låsta utrymmen eller skåp, samt hur många personer som behövs för att hantera specifika föremål (Kidd et al., 1995). Om föremål förvaras i fodral eller skåp ska det finnas instruktioner om hur dessa öppnas (London Fire Commissioner, 2019). Det ska även finnas information om huruvida målningar kan monteras ned och flyttas på med sin ram eller om de behöver skäras ut, och i sådant fall information om hur målningen rullas ihop för att minimera risk för skada. Föremålen som man räknar med att kunna flytta på bör vara placerade och monterade på sådant sätt att de är enkla att demontera och flytta (Kincaid, 2019). Exempelvis kan gobelänger monteras på väggar med kardborrband, vilket möjliggör att de snabbt kan tas ned. På liknande sätt kan vissa byggnadstekniska lösningar göras för att förbättra insatsens förutsättningar vad gäller att stoppa brandspridningen.

Det kan med fördel i förväg planeras för var räddade föremål kan förvaras tillfälligt för att underlätta insatsen (Rosická and Sýkorová, 2011). För att enklare kunna hantera de räddade föremålen efter att de har flyttats från den branddrabbade byggnaden bör de sorteras efter hur skadade de är, vilket förenklar identifiering av vilka föremål som är i mest brådskande behov av tillsyn (Kidd et al., 1995). Ett exempel på detta är hur man i Lanhydrock House planerade användandet av färgkodade väskor för att sortera böcker som behöver räddas, där blå markerade vattenskada, grön rökskada och rött att böckerna var i gott skick. En plan för skademinimering bör även inkludera viktiga kontaktuppgifter till de som kommer behöva inkluderas i arbetet (Historic England, 2017). Detta kan exempelvis vara konserveringsexpertis som bör vara med och avgöra hur värdefulla föremål ska hanteras för att bäst bevara dess värde (RAÄ, 1999, Rosická and Sýkorová, 2011).

3 Räddningstjänstens aktiva responsfas

Vid händelse av brand i en kulturhistoriskt värdefull byggnad kan insatsen delas in i två delar, skydd av människor som befinner sig i denna och skydd av byggnaden och innehållet. Eftersom utrymning behandlas i ett separat kapitel berör följande i huvudsak skydd av byggnaden. Det bör noteras att informationen bygger på litteraturoversikt och inte har skrivits särskilt utifrån svenska förhållanden även om delar gäller båda nationellt och internationellt. Insatser som riktas mot skydd av byggnad och dess innehåll kan vidare delas in i ytterligare två delar; att begränsa skadan i byggnadens konstruktion och dess beståndsdelar samt att begränsa skadan på byggnadens innehåll. Evakuering av lös inredning behandlas delvis i utrymningskapitlet och därför endast beskrivs översiktligt här. Begränsning av skada omfattar även skador som kan uppstå till följd av insatsen, exempelvis vattenskador (Kidd, 2010). Vid bedömningen om det går att vidta skademinimerande åtgärder är det nödvändigt att ta hänsyn till insatsens eventuella påverkan på föremål i byggnaden, hur de kan flyttas, samt vilka resurser som är nödvändiga för att utföra arbetet (Kidd, 2010). Detta behandlas mer i detalj i kapitlet i texten om Plan för skademinimering.

I vissa situationer kan det bli aktuellt att använda sig av frivilliga bland personal eller allmänheten för skademinimering (Kidd, 2010), se ovanstående avsnitt om Organisering av frivilliga. Vid händelse av brand måste dessa grupper av frivilliga alltid agera under ledning av insatsledaren som bedömer vilken typ av, om något, räddningsarbete som kan utföras säkert av dem. Det kan med fördel även närvara en expert på kulturhistoriskt värdefulla föremål och räddning av dessa som kan instruera insatsledaren (London Fire Commissioner, 2019). Det är viktigt att en person med den kompetensen direkt ger sig till känna och kommunicerar med insatsledaren, och inte påbörjar något arbete på egen hand. Räddningstjänsten och frivilliga kan på så vis arbeta parallellt, där räddningstjänsten arbetar i utrymmen som är för farliga för övriga att vistas i.

3.1 Släckarbete och släckmedel

Information om aktiva system finns i kapitel 4. Här beskrivs information som relaterar specifikt till räddningstjänstens arbete. Eftersom det ofta finns ett stort värde i kulturhistoriskt värdefulla byggnader och dess innehåll, är det inte bara av intresse att släcka branden och utrymma byggnaden, utan även att hindra att byggnaden och dess innehåll skadas av de släckmedel som används under insatsen. Det finns några studier som utreder hur olika material påverkas av olika släckmedel och vilka som är att föredra, dock är dessa få till antalet (Benfer et al., 2016, Benfer and Williams, 2018). Därför är det inte konstigt att existerande rekommendationer om släckmedel generellt inte tar hänsyn till risken för skada på materialen i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Generellt finns det inget släckmedel som inte innebär någon risk för skada på materialet som exponeras, dock finns vissa faktorer som kan påverka valet av det mest lämpade släckmedlet. Viktigt att nämna är att branden i sig gör mer skada om den inte släcks än vad något släckmedel kommer göra, varför användandet av släckmedel är oundvikligt (Jensen et al., 2006, Jensen and Sommer-Larsen, 2006).

Fast och lös inredning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader består av många olika material, t ex kan tapeter vara gjorda av papper, läder och textil, varför det kan behövas många specifika övervägande beroende på byggnadens beståndsdelar och innehåll. Detta stycke presenterar en del generell information om släckmedel som även återfinns i kapitel 3.

Pulver fungerar mot många olika typer av bränder men lämnar pulverrester som kan vara svåra att få bort, speciellt från oljemålningar, läder och textilier (Jensen and Sommer-Larsen, 2006). Det har dessutom visat sig att föremål i järn som har exponerats för pulver visar tecken på korrosion efter en månad. Vidare kan känsliga material skadas vid rengöringen, även om pulvret i sig inte skadar dem (Benfer and Williams, 2018, Benfer et al., 2016). Om brandsläckaren används direkt mot ett föremål finns det dessutom risk för mekanisk skada. Vid användning av koldioxid som släckmedel riskerar exponerade material, exempelvis glas, keramik och målningar, att utsättas för termisk chock varpå de kan skadas mekaniskt. Man har även sett att missfärgning kan ske på bland annat järn och ull, samt att järn korroderar vid exponering (Jensen and Sommer-Larsen, 2006). När koldioxid används i kombination med brand täcks dessutom de exponerade materialen av ett fint pulver. Vatten som släckmedel orsakar korrosion på exponerat järn, det gör så att sotpartiklar fäster vid exponerade ytor, det orsakar avflagning av färg på målningar, det ändrar strukturen på bland annat ull och linne så att det blir styvt och det kan orsaka missfärgning. Dessutom kan användning av vatten orsaka mekaniska skador i samband med att vattnet förs på. Även användning av vattendimma medför viss korrosion samt missfärgade fläckar. Vattendimma kan även orsaka att målningar krackelerar på grund av att duken blir skrynklig av vattnet och därefter styv när den torkar (Benfer and Williams, 2018, Benfer et al., 2016). Även målningar som inte exponeras av vattnet direkt kan påverkas på grund av den förhöjda relativa fuktigheten i utrymmet. Trä exponerat för skum blir generellt fläckigt, medan exponerat järn korroderar (Jensen and Sommer-Larsen, 2006). Vidare kan skum orsaka sprickor i oljemålningar, att sot ansamlas på ytor och att bomull och linne missfärgas. Emulgerande skum ger liknande skador, i form av fläckiga, missfärgade och korroderade material. Släckmedlen halotron och FE-36 tenderar att orsaka missfärgningar och korrosion på exponerat material (Benfer and Williams, 2018, Benfer et al., 2016).

Eftersom samtliga släckmedel innebär risk för skada på exponerade material finns det inte ett självklart val för vad som bör användas i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Givet proven som gjordes i studien av Jensen and Sommer-Larsen (2006) påpekas det att vattendimma och pulver medför minst skada. Vattendimma presenteras även av (Jensen, 2004) som ett av de bäst presterande släckmedlen för kulturhistoriskt värdefulla föremål då det möjliggör snabb dämpning av branden med minimal skada på värdefulla föremål. I ett tidigt stadie av ett brandförlopp kan vattendimma eller pulver alltså

vara att föredra, medan det i ett långt förgånget brandförlopp bör väljas släckmedel utifrån vad som är mest effektivt för att släcka branden. Vid en fullt utvecklad brand rekommenderas därför inte vattendimma (Jensen, 2004). Enligt Fallberg et al. (2010), kan användning av skärsläckare vara en effektiv metod i kulturhistoriskt värdefulla byggnader då detta innebär minskad risk för vattenskadorna. Sammantaget bör en bedömning göras från fall till fall, med hänsyn tagen till vad de kulturhistoriskt värdefulla föremålen och strukturerna är gjorda av för material.

Vid en fullt utvecklad brand kan insatsens syfte skifta från att rädda liv eller byggnaden till att främst handla om att rädda byggnadens konstruktion (Kincaid, 2019). Kincaid (2019) poängterar att det kan handla om att kyla ned byggnaden med stora mängder vatten för att förhindra permanenta skador eller kollaps som ett resultat av värme. Genom att rädda byggnadsskalet ökar möjligheten att rekonstruera delar av byggnaden till att efterlikna hur den såg ut innan branden. På sätt kan delar av dess kulturhistoriska värden bevaras eller byggnadens ursprungliga volym. Vilket kan vara värdefullt i en samlad bebyggelsemiljö.

Vad gäller stenbyggnader bör släckstrategin utgå från att släckning ska påbörjas i ett tidigt skede och att släckmedel med låga koncentrationer kemikalier ska användas, då porös sten kan vara känslig mot inträngning av kemiska substanser i porer och kan reagera oförutsett med dessa (Gomez-Heras et al., 2009). Av samma anledning vill man undvika att använda stora mängder vatten, varför vattendimma föreslås som släckmetod. Överflödigt vatten riskerar dessutom att reagera med biprodukter från branden och generera salter, vilket kan skada stenen när vattnet torkar. Bortsett från att man vill att en brand ska släckas snabbt är ett tidigt påbörjat släckarbete viktigt för att minska risken för att stenen värms upp till höga temperaturer och därefter utsätts för en termisk chock av det kalla vattnet, eftersom detta kan orsaka spjälkning. Exempel på en insats där denna medvetenhet sannolikt räddade konstruktionen är vid branden i Notre Dame (Bertetto et al., 2021).

Påverkan på träkonstruktioners statiska egenskaper om den utsätts för mycket väta finns beskrivet från en artikel på 1970-talet (Dinwoodie, 1975).

I arkiv eller förvaringsutrymmen, exempelvis i museum eller konstgallerier där ett stort antal föremål förvaras som för närvarande inte ställs ut, finns en hög koncentration lättantändligt och värdefullt material som kräver en snabb insats (Siemens, 2015). I sådana utrymmen har det visat sig väldigt effektivt att använda en blandning av kväve och vattendimma, där kvävet sänker koncentrationen av syre i utrymmet och vattendimman kyler ned och reducerar risken för återantändning utan att förstöra föremålen i utrymmet.

4 Efterarbete

I samband med en brand uppstår i princip alltid sekundärskador på grund av rök, värme eller släckningsarbetet (Fällman and Hansing, 1997). Alla räddningstjänster i Sverige har avtal med försäkringsbranschens restvärderäddning, RVR-tjänsten (se t.ex. Brandskyddsföreningen (NA)). Det innebär att när det skett en brand eller olycka kontaktas en restvärdeledare. Beroende på olyckans omfattning kan en restvärdeledare åka till platsen för branden för att inleda ett arbete med att värdera restvärdet. Ett schablonerat antal timmar kan läggas utan godkännande från försäkringsbolag men i komplexa fall, som t.ex. byggnader med särskilt värde kan det bli aktuellt med fler timmar efter godkännande av huvudman. Restvärdeledaren är ofta ett kommunalt brandbefäl med specialistutbildning för att leda restvärderäddning.

Restvärderäddning innebär att brandplatsen grovstädas till en torr och rökfri miljö, trasiga fönster, dörrar och tak får provisorisk täckning för att minimera risken för ytterligare skada p.g.a. exponering för väder och vind. Värdesaker kan räddas att flyttas till annan lokal eller täckas över. Har man

genomfört sin plan för skademinimering på ett bra sätt minimerar det arbetet efter branden. Att man får hjälp av en restvärdeledare innebär inte att man som fastighetsägare inte har ett eget ansvar för restvärdehantering. I samband med den första inledande restvärdeutvärdering görs en inventering av egendomen, vad som finns att rädda och hur det fortsatta arbetet ska genomföras. I de fall byggnaden har särskilda kulturhistoriska värden är det vanligt att tillkalla konservatorsexpertis. Ett exempel är fallet då en brand uppstod i Biskopstorps herrgård i Halland och flera värdefulla föremål kunde räddas (bl.a. 16 av 18 oljemålningar) genom en väl genomförd planering för skademinimering, rådigt arbete hos räddningstjänsten med att flytta värdefulla föremål där möjligt samt samarbete med expertkompetens under efterarbetet (Brandskyddsföreningen, 2019).

När den aktiva fasen i räddningstjänsten har avslutats vidtar också en process för lärande och återföring av dessa lärdomar till kåren. Denna lärandeprocess är lika aktuell för kulturhistoriskt värdefulla byggnader för övriga typer av bränder.

5 Referenser

BENFER, M. & WILLIAMS, E. 2018. Assessing the Impact of Fire Extinguisher Agents on Cultural Resource Materials. *Fire Technology*, 54, 289-311.

BENFER, M. E., SCHEFFEY, J. L., FORSELL, E. W. & WILLIAMS, E. 2016. Impact of Portable Fire Extinguisher Agents on Cultural Resource Materials. Final Reports (Quantification and Assessment) Quincy: Fire Protection Research Foundation.

BERTETTO, M. A., D'ANGELLA, P. & FRONTERRE, M. 2021. Residual strength evaluation of Notre Dame surviving masonry after the fire. *Engineering Failure Analysis*, 122.

BRANDSKYDDSFÖRENINGEN. 2019. *På restvärdeuppdrag i Biskopstorps herrgård* [Online]. online: Brandskyddsföreningen. Available: <https://www.brandskyddsforeningen.se/restvarderaddning/restvardeuppdrag-i-biskopstorps-herrgard/> [Accessed October 2021].

BRANDSKYDDSFÖRENINGEN. NA. *Vårt värdefulla uppdrag* [Online]. <https://www.brandskyddsforeningen.se/restvarderaddning/vart-uppdrag/>: Brandskyddsföreningen. Available: <https://www.brandskyddsforeningen.se/restvarderaddning/vart-uppdrag/> [Accessed november 2021].

CFPA EUROPE 2021. CFPA-E Guideline No. 30:2021 F: Basic Principles of Fire Safety of Historic Buildings. *CFPA-E Guidelines*. Copenhagen, Denmark: CPFA Europe.

DINWOODIE, J. M. 1975. Timber—a review of the structure-mechanical property relationship. *Journal of Microscopy*, 104, 3-32.

FALLBERG, R., PALMQVIST, K., HERTZBERG, T. & INGASON, H. 2010. Skärsläckakonceptets operativa användande. online: MSB Myndigheten för samhällskydd och beredskap.

FÄLLMAN, L. & HANSING, S. 1997. Brandskydd i kulturbyggnader - handbok om brandsyn och brandskyddsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Borås: Räddningsverket och Riksantikvarieämbetet.

HISTORIC ENGLAND 2017. Fire safety for traditional church buildings of small and medium size. London, UK: Historic England.

JENSEN, G. 2004. A White Paper on Water Mist for Protection of Heritage. *COST Action C17 Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings*. trondheim: Interconsult ASA.

JENSEN, G., HOLMBERG, J. G., GUSSIÅS, A., MELGÅRD, M. & FJERDINGEN, T. 2006. Hypoxic air venting for protection of heritage. *COST Action C17 Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings*. Trondheim.

JENSEN, G. & SOMMER-LARSEN, A. 2006. Manual Fire Extinguishing Equipment for Protection of Heritage *COST Action C17 Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings*. Trondheim.

JOKINEN, M., LAURILA, A., LINNANMÄKI, S., KARLSEN, E., SÖRMOEN, O., ALEXANDERSSON, K., ERENMALM, T. & LINDKVIST, S. 2004. Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and practises on the fire protection of historic buildnings in Finland, Norway and Sweden. National Board of Antiquities.

KIDD, S. 2010. Fire Safety Managment in Traditional Buildings. Part I: Principles and Practice. *Guide for Practitioners*. Edinburgh, Scotland: Historic Scotland.

KIDD, S., APPLEBY, D., MCCAIG, I., PACKER, C. & BENTLEY, R. 1995. Heritage under fire. A guide to the protection of historic buildings. 2nd ed. London, UK: Fire Protection Association.

KIDD, S. & HAIRE, S. 2010. Fire Safety Managment in Traditional Buildings. Part II: Technical Applications and Management Solutions. *Guide for Practitioners*. Edinburgh, Scotland: Historic Scotland.

KINCAID, S. 2019. Emergency Planning for Fire in Historic Buildings. *Historic Environment: Policy & Practice*, 10, 19-39.

LONDON FIRE COMMISSIONER 2019. Heritage and Buildings of Special Interest. In: DALY, D. (ed.) *Fire Safety Guidance Note*. second ed. London: London Fire Commissioner.

MSB 2015. Insatsplanering Åttastegsmodellen. *MSB report*. Online: MSB Swedish Civil Contingencies Agency.

RAÄ 1999. Brandskydd i trästäder : strategi för skydd av centrala Eksjö. Räddningsverket.

ROSICKÁ, Z. & SÝKOROVÁ, J. 2011. Planning cultural heritage protection is easier than managing an actual disaster. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*, 59, 281-286.

SIEMENS 2015. Fire Protection in Historical Buildings and Museums. Detection, alarming, evacuation, extinction. Switzerland: Siemens Building Technology Division.

SUIKKARI, R. 2001. Wooden Town Tradition and Town Fires in Finland. *ADRIANDE 4 - Vulnerability of cultural heritage to hazards and prevention measures*. ARCCHIP Advanced Research Centre for Cultural Heritage Interdisciplinary Projects.

TOKI, K., OKUBO, T. & IZUNO, K. 2004. Protection of Cultural Heritages from Post-Earthquake Fire. *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver, B.C., Canada.

8. Lägesbild

Mattias Delin, Tor Broström



Innehåll

Innehåll	1
1 Inledning	3
2 Generellt	3
2.1 Behovsbild	3
2.2 GAP-analys	4
3 Arbetsprocesser	5
3.1 Behovsbild	5
3.2 GAP-analys	5
4 Skydd mot brands uppkomst	6
4.1 Behovsbild	6
4.2 GAP-analys	7
5 Spridning av brand inom byggnad	7
5.1 Behovsbild generellt	7
5.2 Inom brandceller	8
5.2.1 Behovsbild	8
5.2.2 GAP-analys	8
5.3 Mellan brandceller	9
5.3.1 Behovsbild	9
5.3.2 GAP-analys	10
6 Bärande förmåga	10
6.1 Behovsbild	10
6.2 GAP-analys	10
7 Spridning av brand till byggnad	11
7.1 Behovsbild	11
7.2 GAP-analys	11
8 Brandens påverkan på egendom	12
8.1 Behovsbild	12
8.2 GAP-analys	12
9 Utrymning	13

9.1	Behovsbild	13
9.2	GAP-analys.....	14
10	Insatser vid brand	15
10.1	Personalens insats.....	15
10.1.1	Behovsbild	15
10.1.2	GAP-analys	15
10.2	Samverkan personal och räddningstjänst.....	15
10.2.1	Behovsbild	15
10.2.2	GAP-analys	15
10.3	Räddningstjänstens insats	16
10.3.1	Behovsbild	16
10.3.2	GAP-analys	16
11	Brandsäkerhetsåtgärders påverkan på byggnaden	17
11.1	Behovsbild	17
11.2	GAP-analys.....	17
12	Vägen framåt	18

1 Inledning

Inom projektet har en workshop genomförts för att beskriva behovsbilden inom ämnesområdet. Behovsbilden redovisas i denna rapport tillsammans med en GAP-analys som ger en övergripande bild av skillnaden mellan önskat läge (resultatet av behovsanalysen) och nuläge (resultatet av kunskapssammanställningen).

Arbetet inleddes med att styrgruppen lämnade sin syn på behovsbilden i en workshop, därefter har referensgruppen via mail kommit med inspel till den. Till sist så genomfördes en GAP-analys och i det skedet inarbetades även arbetsgruppens syn på behov av fortsatta arbeten.

Lägesbilden presenteras uppdelad i generella frågor samt processanknutna frågor, följt av indelning som i stort sett följer kunskapssammanställningens disposition.

2 Generellt

2.1 Behovsbild

Brandsäkerhetsåtgärder enligt de lagar som fanns när byggnaden uppfördes fortsätter att gälla för byggnaden, samt att nu gällande lagar (exempelvis Lag om skydd mot olyckor och Arbetsmiljölagen) också gäller. Vid ändring av byggnadsdelar gäller dock de lagar som gäller vid tiden för ändringen. Detta ger ett pussel av olika krav och lösningar, där de äldre brandskyddsåtgärderna även kan vara en del av det kulturvärde som ska vårdas, både ursprungliga och senare i olika lager av byggnadens historia. Det här projektet fördjupar sig inte i dessa olika lagar och åtgärder, men ämnet lyfts ändå upp här för att inte glömmas bort och för att kunna utvecklas i andra projekt. Gällande BBR används ofta som referens vid tillsyn enligt LSO och AFS i dagsläget.

Generellt lyfts ofta behov av goda exempel fram. Det kan handla om estetiskt tilltalande brandskyddslösningar med låg påverkan på kulturvärden (exempelvis originaldelar) och som ger bra effekt på brandsäkerheten. Lösningarna bör även vara resurseffektiva samnyttjanden av olika installationer, eller andra tekniska åtgärder, likväl som organisatoriska åtgärder. Till detta kan även läggas öppenhet med saker som kanske inte blev så bra så att man kan dela med sig även av dåliga erfarenheter.

Verifierade brandtekniska lösningar anpassade för de aktuella byggnaderna efterfrågas så att verifiering inte behöver ske varje gång man vill tillämpa en lösning. Inom samma område efterfrågas också vägledning om lämpliga kriterier och tillvägagångssätt vid analytisk dimensionering.

Enstaka speciallösningar tenderar att bli kostsamma specialprodukter. Kostnad för åtgärder är en viktig fråga och det behöver finnas tillgång till etablerade lösningar (såväl tekniskt som organisatoriskt) för att erhålla en marknadsvolym som kan gynna en acceptabel prisnivå.

Livslängd på installationer och andra åtgärder är en viktig faktor vid investeringsbeslut, inklusive dess underhållskostnader, vilket kan vara av stor betydelse för långsiktig förvaltning och finansiering.

Sammantagen bedömning av kostnad/nytta av vidtagna åtgärder är viktigt vid val av åtgärder som ger god effekt för nedlagda ekonomiska kostnader såväl som med hänsyn till ingreppens storlek och konsekvenser.

Andra saker som lyfts upp generellt är kunskap om äldre byggnaders risker för brands uppkomst och svagheter vid brand. Även metoder för att värdera brister och åtgärder för att underlätta prioriteringar och investeringsbeslut efterfrågas.

Rutiner för upprätthållande av säkerheten under pågående arbeten (ombyggnad, renovering o d) påtalas också eftersom det kan innebära en tid av både förhöjd risk för brands uppkomst och försämrat brandskydd.

Digitala hjälpmedel för att förvalta objektspecifika brandtekniska lösningar efterfrågas för att underlätta god funktion och livslängd på vidtagna åtgärder. Unika brandtekniska lösningar kan kräva både omfattande dokumentation för att förstås, och stöd för att inte glömmas bort i rutiner av mer standardiserade slag.

Slutligen kan nämnas behovet av att kunna kommunicera för att motivera investeringar med stöd av fakta. Det kan gälla såväl personsäkerhet/egendomsskydd för att uppnå brandskyddsmål, som bevarandehänsyn för att inte förvanska. Alla perspektiv kan kräva beslut som får konsekvenser för ekonomi och/eller användningen.

2.2 GAP-analys

En grundläggande utmaning är, som påtalats ovan, en diskrepans mellan byggnadernas faktiska brandsäkerhet och nutida lagar och regler. Det gapet kan inte inom en överskådlig framtid överbryggas i alla byggnader. Det saknas riktlinjer och stöd för vad som är rimliga avvägningar i dessa frågor.

Lagar omfattas inte av det här projektet men det kan ändå konstateras att det inte har påträffats arbeten avseende implikationer av att lagar från många olika tider kan råda i samma byggnad samtidigt och hur detta hanteras på bra sätt.

Erfarenhetsåterföring från arbetet med flera olika byggnader är bristfällig. Goda exempel finns men det saknas tillgängliga sammanställningar av dokumenterade goda exempel. En databas med båda lyckade och mindre lyckade exempel behövs.

Generella lösningar är något som litteraturen generellt avråder från. I stället förordas generella förhållningssätt och principer för värdering att använda sig av vid utformandet av brandskyddslösningar anpassade efter den enskilda byggnadens förutsättningar.

Analys av kostnad och livslängd för olika val av installationer och andra lösningar, med inriktning mot de aktuella byggnaderna, finns i liten omfattning gällande enstaka åtgärder. Generella verktyg för analys av kostnad och nytta finns men det har inte påträffats specifikt för de aktuella byggnaderna.

Rutiner för upprättande av säkerhet finns på generell nivå men det saknas sådana som är särskilt anpassade för byggnader med kulturvärden.

Sammanställningar till stöd för kommunikation av investeringsbehov och liknande har inte påträffats, men det finns fragmenterad information avseende vissa åtgärder.

Digitala hjälpmedel för förvaltning av brandskydd finns men det har inte påträffats särskilt anpassade sådana.

3 Arbetsprocesser

3.1 Behovsbild

Arbetsprocesser kan beröra alla andra delar av behoven, men kan också utgöra separata behov. Många av de arbetsprocesser som tas upp finns i viss mån för antingen brand eller för skydd av kulturhistoriskt värdefull egendom, men det är viktigt att tillgodose hänsynen till båda intressena i samklang.

En viktig del rörande arbetsprocesser är att samla alla intressenter, se de gemensamma målen, och gemensamt staka ut vägen. När så sker blir resultaten ofta betydligt bättre än när så inte sker och det borde fångas upp i processbeskrivningar som kan tillämpas.

Riskinventering kan omfatta brand som riskfaktor och kulturvärde som skyddsobjekt, inklusive verksamheter som bedrivs i byggnaderna. Samordning av helhetsbilden är viktig för att göra bra värderingar.

Indexmetoder kan utgöra stöd för värdering av exempelvis olika investeringsbehov i ett stort byggnadsbestånd, eller för att jämföra olika åtgärder i ett specifikt ärende.

Projekteringsstöd kan omfatta allt från programskrivning med synliggörande av skyddsvärden och tekniska begränsningar till detaljprojektering av lösningar samt säkerhetsplan under genomförandet av en ändring.

Organisatoriskt brandskydd utgör ett viktigt komplement till det tekniska brandskyddet och det behövs vägledning om hur olika åtgärder kan utgöra ett sådant komplement.

Vägledning för räddningstjänstens tillsyn är viktig för att tillsynen ska beakta relevanta faktorer för byggnadernas särart och maximera den säkerhetshöjande effekten av tillsynen. Schablon-mässiga jämförelsen med regler för nybyggnation bedöms inte leda till det bästa resultatet.

Juridiska avvägningar som inkluderar flera olika lagar kan bli komplicerade för de aktuella byggnaderna. Mer vägledning behövs på området.

3.2 GAP-analys

Kunskapssammanställningen pekar på att systematiskt brandskyddsarbete och olika preventiva åtgärder behöver prioriteras för att skydda byggnader med kulturvärden. Det finns många handböcker och forskningspublikationer som kan hjälpa till i det arbetet.

Processerna kring systematiskt brandskyddsarbete (SBA) är inte utvecklade för kulturhistoriska byggnader men dessa fungerar väl även för detta byggnadsbestånd.

Forskning saknas kring applicering av analytisk kontra förenklad dimensionering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Det finns lång erfarenhet av att applicera riskanalysmodeller till byggnader generellt, men ytterst lite arbete finns gjort för kulturhistoriskt värdefulla byggnader och det som finns relaterar till byggnader i andra länder än Sverige. Det finns ett tydligt behov av att utveckla riskvärderingsmodeller för kulturhistoriskt värdefulla byggnader även i Sverige.

Det finns internationella handböcker för brandskyddsarbete i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Dessa är dock inte anpassade efter svensk lagstiftning och praxis. Det behövs handböcker anpassade för brandskyddsarbetet i kulturhistoriskt värdefulla byggnader i Sverige.

Både den vetenskapliga litteraturen och gällande standards anger att man i projekteringskedet ska använda expertis både inom brandteknik och inom kulturvård för att få fram relevanta underlag för att utarbeta, eller förbättra, brandskyddet i en kulturhistoriskt värdefull byggnad. Det saknas metodutveckling och forskning för att få dessa arbetsprocesser att fungera effektivt och målinriktat.

De utmaningar som brandskydd i äldre byggnader innebär kräver en gemensam kunskapsuppbyggnad om förundersökningar, arbetsmetoder och handledningar som kombinerar kompetensen om brand med den antikvariska.

4 Skydd mot brands uppkomst

4.1 Behovsbild

Inom området skydd mot brands uppkomst nämns många saker som kan vara både specifika för byggnadskategorin och allmänna för alla byggnader.

Eldstäder och skorstenar har alltid vissa inneboende risker och i äldre byggnader kan de vara extra stora. Eldstaden, eldstadsplanet, skorstenen och taktäckningen kan alla avvika från dagens krav vilket kan påkalla behov av lämpliga åtgärder. Närhet mellan byggnader och antändbara takmaterial och dylikt kan också innebära risk för spridning mellan byggnader vid soteld.

Skydd mot brand till följd av blixtnedslag är en viktig fråga, framför allt för byggnader i utsatta lägen eller med exempelvis höga torn, men även i övrigt gällande äldre elsystem och liknande.

Bränder som startar i elektrisk utrustning lyfts ofta fram som en viktig risk. Detta kan handla om modern teknik så som solceller och laddning av batterier/elbilar men även mer traditionella risker som tillfälliga lösningar som blir kvar, åldrade komponenter mm. Blandad ålder på installationer i samma system lyfts upp som en återkommande risk. Även byggnader som inte är elektrifierade i sin helhet kan innehålla elektriska system.

Solceller och laddplatser för batterier/elbilar utgör helt nya installationer i den befintliga byggnaden där en värdering av nyttan i förhållande till de risker som finns på platsen behöver kunna ske. De är också till sin karaktär modern teknik vars standardutföranden är anpassade till moderna byggnader. Anpassning till de aktuella byggnaderna behövs.

Organisatoriska lösningar för att hantera risker så som levande ljus, öppen eld, matlagning, rökning, el, anlagd brand, grillning/eldning utomhus i närhet till byggnad behövs. Det är viktigt att utbilda personal och andra verksamhetsutövare om risker, säkert agerande för att undvika brand samt agerande vid brand. Även information till allmänhet/besökare är viktig. Det är också viktigt att såväl permanenta verksamheter som tillfälliga evenemang anpassas till byggnaden och riskerna, vilket kan innebära begränsningar. Vägledning kring dessa saker behövs också.

Angränsande till det organisatoriska arbetet lyfts vakter, kontroll och tillsyn fram som viktiga instrument.

Anlagd brand är ett viktigt område, både inomhus och utanför byggnader.

Utvändig bevakning med värmekameror eller motsvarande ses som viktiga verktyg, men användningen har behov av enhetlighet i tillämpning och handhavande likväl som i tekniska lösningar.

Kontroll och underhåll av brandsäkerhet på sätt som fungerar, i kombination med vård- och förvaltningsplaner efterlyses.

Enkelhet understryks ofta som viktigt för att få säkerhetsarbetet att fungera. Det gäller skapande, förvaltande, förståelse och efterlevnad.

4.2 GAP-analys

Riskanalys i allmänhet är ett väletablerat akademiskt område. Det finns dock ett behov av att skapa riktlinjer gällande lämplig riskanalysmetod samt indata för etablering av kvantitativ riskanalys (QRA) just för byggnader med kulturvärden.

QRA bygger delvis på brandstatistik. Idag är mycket av kunskapen kring bränder i kulturhistoriska byggnader baserad på enskilda fall. Det finns ytterst lite systematisk brandstatistik kring bränder i kulturbyggnader, det mesta är från Storbritannien. I de fall det finns internationell statistik bygger det oftast på bristfälligt underlag även om det är mycket värdefullt att hämta. I framtiden bör man genomföra en översikt över bränder i kulturhistoriska byggnader i Sverige för att kunna urskilja den svenska särarten av kulturbyggnader, om någon sådant finns.

Även om det saknas brandstatistik kopplat till kulturhistoriskt värdefulla byggnader finns det till det en hel del publicerat material om enskilda fall vilka bidrar med viktiga lärdomar.

Viss forskning kring hur förändrad användning av en byggnad under sin livstid kan tänkas påverka brandsäkerhet har redovisats i kunskapssammanställningen. Detta gäller såväl verksamhetsbyte, t.ex. från privatbostad till museum, anpassning till moderna behov som installation av elektricitet samt laddplatser för elfordon och användning av nya energikällor. Det behövs mer forskning om hur byggnader med kulturvärden kan anpassas till moderna behov på ett brandsäkert sätt.

Flertalet tekniska brandskyddsåtgärder som används i kulturhistoriskt värdefulla byggnader är utvecklade för moderna byggnader. Det bör utredas huruvida dessa installationer, som ofta anpassas för att minimera påverkan av det kulturhistoriska värdet, fungerar som det är tänkt samt om de kan få oönskad påverkan på byggnaden och dess inredning.

Det finns en forskning om risk för och skydd mot brand till följd av blixtnedslag i kulturhistoriskt värdefulla byggnader som ger viss vägledning kring installation och teknikval.

Risken för anlagd brand i byggnader med kulturvärden anses av flera forskare som avsevärd, samtidigt finns en hel del brister i det statistiska underlaget. Forskning som stärker det statistiska underlaget, och i förlängningen förståelsen för orsaker till brand, behövs. Ett flertal råd och vägledningar kring förebyggande åtgärder mot anlagd brand har identifierats.

Forskningen visar på enskilda exempel där vindar i äldre byggnader elsaneras och där installationer tas bort för att minska risken för antändning. En snabb utveckling av LED-belysning och andra mobila lösningar gör att fasta installationer kan fasas ut. Stöd för fastighetsförvaltare saknas dock för en systematisk riskminimering.

5 Spridning av brand inom byggnad

5.1 Behovsbild generell

När en brand startar är det värdefullt att kunna begränsa dess spridning inom byggnaden. Det kan vara både inom den brandcell där den startar och till angränsande brandceller. Även påverkan på byggnadsdelars förmåga som bärande konstruktion påverkar bränders spridning och skadornas omfattning. Nedan har de delats upp med avseende på detta.

Allmänt behövs kunskap om olika materialval och vilken påverkan det får för brandsäkerheten. På motsvarande sätt behövs också kunskap om brandskyddstekniska åtgärders påverkan på material.

5.2 Inom brandceller

5.2.1 Behovsbild

Brandförlopp i mycket stora rum kan vara speciella, vilket kräver särskild kunskap för vidtagande av lämpliga åtgärder. Exempelvis kan bränder högt över golv vara mycket svåra att nå för släckande insatser, och sprinkler kan ha svårt att verka effektivt på bränder långt under sprinklerhuvudet.

Vindar behöver ofta sektioneras för att skapa hanterbara volymer vid brand. Vägledning om lämpliga metoder för äldre vindar behövs.

En annan viktig åtgärd avseende brand på vind är att inte använda vindarna till förvaring av material. Kunskap om detta har glömts bort och behöver friskas upp.

Det kan vara svårt att installera exempelvis sprinkler och brandlarm i miljöer där de inte kan dras dolda och det är svårt att få dem estetiskt acceptabla och inte påverka originaldelar.

Brännbara ytskikt på tak, väggar och golv utgör risk (vanligtvis i nämnd ordning). Vägledning om lämpliga åtgärder och hur de kan införas med hänsyn till miljön behövs. Materialen är ofta trä och textil.

Ofta förekommande förslag på åtgärder är målning/impregnering men det saknas tillräcklig kunskap om alla effekter av sådan behandling. Det gäller både den brandskyddande effekten och vilken påverkan det har på de behandlade materialen, så som exempelvis nedbrytning, färgförändringar mm.

Släcksystem, exempelvis sprinkler, kan vara en tillämplig åtgärd men det finns olika uppfattningar om lämpliga lösningar inom gamla byggnader samt vilka risker dessa system kan hantera. En farhåga är bland annat vattenskadorna vid vådautlösning av sprinkler. Även påverkan på kulturmiljön utgör viktiga aspekter vid val av material och den estetiska upplevelsen av installationen.

Portabla sprinklersystem kan vara verksamma som skydd men det finns otydligheter kring vilka risker de kan hantera.

Ytterligare exempel på släckande åtgärder kan vara dimsprinkler och pulverbomber. För att använda dem krävs mer kunskap om effekt och tillämpning, samt kostnader för såväl investering som förvaltning. Exempelvis kyrkvindar utgör exempel där volym, ytskikt och otätheter kan ge förutsättningar utanför den normala användningen varpå effekten kan bli osäker. Även sanering efter användning är en viktig fråga.

5.2.2 GAP-analys

Kunskapssammanställningen har identifierat en rad tekniska lösningar som kan användas i byggnader med kulturvärden.

En lång teknisk livslängd är extra angeläget i kulturhistoriskt värdefulla byggnader och åtgärder för att öka livslängden (som val av system, konstruktionsmaterial och underhållsåtgärder) behöver utredas.

Det finns rekommendationer för installation av värmedetektionskablar på ytterfasader på byggnader och riktlinjer för installation av branddetektionssystem i kulturbyggnader.

Automatiska vattensprinklersystem anses enligt flera studier ha hög tillförlitlighet och effektivitet. Här finns konkreta rekommendationer för installation av sprinklersystem men också forskning som dokumenterat erfarenheter från installationer och släckförsök med sprinkler.

I början av 2000-talet installerades sprinklersystem (både traditionella sprinklersystem och system av typen vattendimma) i ett större antal kyrkor och andra kulturhistoriskt värdefulla byggnader. En uppföljning av driftskostnader, underhållsbehov, oavsiktliga aktiveringar och kanske till och med erfarenheter från bränder kan ge underlag för hur framtida sprinklersystem ska installeras.

Sprinklerskydd av oinredda vindar är ett område för fortsatta insatser, till exempel avseende val av lämpliga rörmaterial, placering av sprinkler, dimensionering och åtgärder för dränering av vatten. Idag finns traditionella sprinkler för vindar men alternativa system, som till exempel vattendimmsystem skulle kunna medge lägre vattenflöden.

Forskningen har studerat om det finns en risk att släckmedlet eller nedbrytningsprodukter från släckmedlet skadar känsliga material eller föremål. Det är dock svårt att ge några generella rekommendationer utifrån detta.

En systematisk genomgång av traditionella material och ytbearbetningsteknikers påverkan på brandspridning saknas nästan helt i forskningen. Likaså saknas utvärderingar av brandskyddsfärgers påverkan på materialen och luftkvalitet eller emissioner och dess eventuella effekter på besökare, bygganden och föremålen.

Det behövs forskning för att undersöka brandmotstånd och antändlighet hos ett antal traditionella material och ytskikt för att på ett relevant sätt kunna bedöma befintliga konstruktioner. Men också detaljerade utförandebeskrivningar för dessa metoder samt mer standardiserade hantverksmetoder för att kunna använda beprövade material och tekniker vid förbättringar av ytskikt.

5.3 Mellan brandceller

5.3.1 Behovsbild

Metoder för att bedöma status på brandcellsgränser behövs, både avseende hur de är utförda från början och hur väl de lever upp till det i nuläget, samt rutiner för kontroll av dem.

Metoder för att reparera/komplettera brandcellsgränser utan alltför stora ingrepp behövs. Det gäller såväl väggar som dörrar (inklusive karmar, infästning av glas med mera) och bjälklag. Även glas behöver beaktas då det kan förekomma i dessa. Det är viktigt att dessa metoder påverkar kulturvärdena så lite som möjligt.

Brandsäkerhet i gamla system för ventilation med avseende på spridning av brand/brandgas inom byggnad är viktigt att kunna kartlägga och hantera. Metod och teknik samt vägledning behövs likväl som lämpliga designkriterier.

Brandspridning bakom fasadpanel är en återkommande risk kring vilken det behövs vägledning. Vägledning behövs angående kloasongväggars egenskaper vid brand avseende både bärande och avskiljande förmåga, det är av stor betydelse i mycket av den stadsbebyggelse som finns.

Äldre bjälklags egenskaper vid brand avseende både bärande och avskiljande förmåga är en viktig fråga till vilken det behövs vägledning.

Brandspridning i hålrum inom olika typer av konstruktioner är en återkommande problematik i äldre byggnader. Särskilt om de har ändrats ett antal gånger under sin livstid. Det behövs metoder, teknik och vägledning kring detta. Dessa behöver omfatta allt från kartläggning till åtgärder och släckning.

Brandgardiner/jalusier och liknande installationer för brandteknisk sektionering är ibland en efterfrågad lösning. Ofta behöver de även sidoinstallationer (exempelvis sprinkler). Goda exempel behövs.

Vegetation på byggnaders fasader och tak förekommer på äldre bebyggelse. Det behövs kunskap om risker med detta samt vägledning om lämpliga åtgärder.

Tak av olika ålder i flera lager kan innebära risk för spridning av brand men även risk för mycket långa släckförlopp med stora mängder släckvatten som orsakar skador. Såväl förebyggande åtgärder som lämpliga metoder för räddningstjänsten behövs.

Värdering av organisatoriska åtgärder, exempelvis att stänga en dörr manuellt istället för att ha en automatisk dörrstängare, behöver göras på enhetliga och relevanta sätt.

5.3.2 GAP-analys

Forskningen visar att när kompetenser inom både brand och kulturbyggnader samverkar i undersökningen av byggnaden redan i projekteringskedet så kan kunskapen om byggnaden bli mer detaljerat dokumenterad från början. Exempelvis kan inbyggda risker i traditionella byggnaders konstruktion, t ex dolda hålrum eller luftspalter, identifieras.

Metodutveckling behövs för att reparera och komplettera brandcellsgränser på ett varsamt sätt, utan alltför stora ingrepp och med autentiska material och metoder.

Metoder och tekniker för att höja det passiva brandskyddet i kulturhistoriska träbyggnader saknas eller är ej kända bland berörda hantverkare och konsulter. Forskning och utveckling behövs för att utveckla praktisknära och anpassade metoder som kan tillämpas i varje restaureringssituation som ger möjlighet att varsamt upgradera träfasader och mötet mellan vägg och tak i kulturhistoriska byggnader.

Kunskapsöversikten ger exempel på ett stort antal tester av trädörrars brandcellsavskiljande funktion från olika länder. Samtidigt beskrivs översiktligt andra metoder så som gardiner, ytterligare utrymningsvägar och liknande som mer effektiva alternativ. Det behövs forskning för att utveckla verktyg för riskvärdering och metodval inte bara för enskilda dörrar utan även för hela trapphus. Utvärdering av andra metoder än att modifiera dörrbladen bör genomföras.

6 Bärande förmåga

6.1 Behovsbild

Stabilitet vid brand (brandpåverkan av stomme samt temperaturpåverkan på stomme även efter att man släckt branden) behöver hanteras ur ett riskbedömningsperspektiv.

Metoder för att bedöma förmågan hos oskyddade bärande konstruktioner behövs.

Bärande konstruktioners brandskydd behöver hanteras med lämpliga metoder.

Det råder osäkerhet kring när och hur vatten i samband med brandsläckning kan påverka den bärande förmågan hos trä, både till följd av att det blir tyngre av vattnet och att den bärande förmågan hos vått trä inte är densamma som för torrt trä.

6.2 GAP-analys

I äldre litteratur går att finna en del om brandskydd och skydd av stommen men mycket av det som gjorts historiskt är kopplat till brandspridning och antändning och mindre till stommens restvärde vid brandpåverkan. Det finns mycket kunskap om hur stommar beter sig vid brand men kunskapen om brandskydd kopplat till historiska konstruktioner är begränsad. Det behövs därför mer forskning om hur traditionella material som kalk och lera kan användas för att skydda kulturhistoriskt intressanta byggnader på ett varsamt sätt.

Det finns idag inte tillräcklig kunskap om utvärdering av brandmotstånd hos äldre bärverk av trä vilket gör att utformningen av skydd blir väldigt beroende av kunskaperna hos den som projekterar. De äldre skrifter som finns om brandmotstånd är inte fullständiga och behöver uppdateras utifrån dagens kunskapsläge.

En särskild fråga som kan vara värd uppmärksamhet är hur brandegenskaper och termiska egenskaper påverkats av åldringen som material genomgått i äldre byggnader.

7 Spridning av brand till byggnad

7.1 Behovsbild

Spridning av brand till byggnad kan ske antingen från en annan byggnad eller från en brand i någonting annat, exempelvis en brinnande bil eller en skogsbrand. Det första finns det viss vägledning kring i BBR men det senare tar BBR inte hänsyn till.

Brännbara tak behöver hanteras med avseende på flygbränder. Om det är i tät bebyggelse kan det omfatta både risken för spridning från ett tak och risken för spridning till ett tak.

Tät bebyggelse förekommer ofta i kulturhistoriskt värdefulla miljöer, inte sällan i kombination med brännbara fasader och taktäckningar. Vägledning om lämpliga metoder för att begränsa spridning av brand är viktig att få fram. Åtgärder bör omfatta exempelvis tekniska och organisatoriska åtgärder, råd om markplanering samt råd om förberedande insatser för räddningstjänstens insats. Anpassad utrustning på plats för insats av olika slag, antingen skyddande eller släckande kan också vara av stort värde. Utvändiga sprinkler för att skydda tak och väggar tillämpas men mer vägledning behövs.

Gamla fönster kan vara mycket skyddsvärda men är känsliga för värme (inklusive värmestrålning från brand på avstånd eftersom glaset absorberar mycket av den värmen). Skydd av sådana vid brand i byggnadens närhet kan göra stor nytta. Metoder och teknik behövs.

Dörrar (av trä) i fasad kan utgöra en svag punkt vid utvändig brand där fasaden i övrigt är av sten. Vägledning om bra åtgärder behövs.

7.2 GAP-analys

Kunskapssammanställningen visar exempel på hur risken för spridning av brand till en byggnad från omgivningen kan kartläggas och minskas genom tekniska åtgärder, inte bara i byggnaden ifråga utan även i omgivningen. Befintliga datormodeller för spridning av brand i städer är inte tillförlitliga. För spridning från den naturliga omgivningen har det visat sig att den mest effektiva åtgärden är att ha säkerhetsavstånd mellan byggnad och omkringliggande växtlighet.

Inga studier har hittats som adresserar skydd mot uppkomst av flygbrand från t.ex. brännbara tak. Räddningstjänstens insats vid takbrand kan öka emissionen av luftburna brinnande partiklar. En övergripande experimentell studie avseende dessa fenomen vore önskvärt, där även exempelvis nätbaserade lösningar för att undvika emission provas.

Riktlinjer för robusta och varsamma installationer av utvändiga sprinkler behöver utvecklas.

Tekniska lösningar för punktskydd av skyddsvärda och värmekänsliga detaljer i klimatskalet, såsom fönster och trädörrar behöver utvecklas.

I sökandet efter forskning om lämpliga metoder för att begränsa brandspridning har även forskning som hanterar ny teknik för olika övervaknings- och analysmetoder återfunnits.

Detektion av brand som anläggs mot ytterfasader har studerats i tidigare projekt men teknikutvecklingen går framåt och förnyade insatser efterfrågas. Brand som startar vid eller involverar yttertak är ett annat område där både val av branddetektionssystem och anpassade sprinklersystem eller annan teknik som automatiskt styrda vattenkanoner behöver utredas.

Växter och vegetation som både skyddsvärt kulturarv i sig, som brandrisk eller som brandskydd är ett nästan obeforskat område. Det finns ett behov av att lyfta detta i relation till brandskydd av kulturhistoriska byggnader. Metodutveckling för hur man inkorporerar vegetation i sitt systematiska brandskyddsarbete behöver utvecklas.

Forskningen visar att klimatförändringarna med ökad risk för extremväder påverkar risken för skogs- och markbrand och därmed risken för skador på kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Detta behöver kartläggas och följas upp.

8 Brandens påverkan på egendom

8.1 Behovsbild

Metoder för att systematiskt dela in olika byggnader med avseende på potentiell skada vid brand vore värdefull hjälp för sakägare för prioritering av åtgärder och medvetna risktaganden.

Anpassade lösningar för att skydda byggnadsanknuten konst vid brand är viktiga. Utveckling av teknik och metod behövs, samt vägledning om metodval och genomförande.

Brandskyddsfiltar för att täcka över föremål vid brand kan vara en värdefull hjälp men teknik och metod behöver utvecklas. Därefter behövs vägledning och utbildning.

8.2 GAP-analys

Kunskapsöversikten har haft byggnader, snarare än föremål och inredning, som huvudsakligt fokus. Ett resultat av översikten är dock att det i praktiken inte går att separera föremål och inredning i brandskyddsarbetet utan det behövs en helhetssyn.

I utrymningskapitlet behandlas evakuering av föremål och även skydd genom övertäckning. Planering och prioritering för evakuering av föremål kan även ligga till grund för en sådan indelning av byggnader som beskrivs ovan.

Det generella behovet för forskning och utveckling är ett integrerat brandskyddsarbete som också innefattar det som finns inuti byggnader; konst, möbler och fast inredning. Hur man på säkrast sätt evakuerar föremål samt skyddar byggnadsdelar och svårflyttade föremål på plats är också något som skulle kunna ägnas mer forskning. Detsamma gäller intäckningsmaterial och metoder för säkring av brandskadade byggnadsskal.

Utrymning av människor respektive evakuering av föremål är ytterligare en potentiell målkonflikt som måste hanteras explicit och praktiskt i brandskyddsarbetet.

9 Utrymning

9.1 Behovsbild

Säkerhet vid utrymning för personer med funktionsvariationer är ett viktigt ämne som behöver hanteras såväl tekniskt som organisatoriskt.

Vägledande markering för utrymning behöver vara både funktionell och estetiskt acceptabel i de aktuella miljöerna. Även temporära lösningar och mobila skyltar behöver ingå i utbudet av tillgängliga lösningar.

Utrymning från kyrkor är en återkommande fråga då många kyrkor traditionellt är utförda med endast en entré som utrymningsväg för besökare.

Fria bredder för utrymning är en återkommande fråga som kan gälla dörrar, trappor, passager, möblering med mera.

Trappors utformning är viktig för både säkerhet och effektivitet och det behövs vägledning om lämpliga utföranden och anpassningar som tar hänsyn till såväl personsäkerhet som kulturvärden. Även utvändiga trappor är av relevans då det kan förekomma sådana behov.

Trappor som användningsyta, exempelvis stora breda trappor som kan fungera som scen eller läktare, uppfyller inte alltid dagens krav på säkerhet i form av handledare inom visst avstånd och liknande.

Torn förekommer i kyrkor samt i en del andra byggnader vilket leder till särskilda behov avseende utrymning. De kan normalt inte uppfylla BBR:s krav avseende utrymning.

Utvändiga stegar förekommer som lösning för vissa byggnader men kan ha särskilda behov avseende infästning och utseende. Vägledning behövs både om och när stege är acceptabelt som lösning, vilka krav de behöver uppfylla, samt hur de kan utföras med acceptabelt utseende.

Inåtgående dörrar förekommer ofta i äldre byggnader vilket kan påverka utrymningen på flera sätt. När dörren väl är öppen föreligger normalt inget problem men före det finns flera risker:

- Dörren kan vara svår att öppna om det är flera människor som köar eller om den person som ska öppna dörren tror att den ska öppnas utåt.
- Tryckuppbyggnad i brandens inledande skede kan leda till att den erforderliga öppningskraften blir större än de utrymmande kan klara av.

Beslagning av dörrar är en viktig fråga. Det finns omfattande kunskap om behov avseende funktion för att det ska fungera för de flesta människor att använda, och det behöver kombineras med utseende och utförande som även harmonierar med byggnadens förutsättningar.

Tydlighet kring utrymningsvägars placering, utseende, användning och funktionssäkerhet brukar sammanfattas inom ramen för "Theory of affordances". Vägledning kring detta, anpassad till de aktuella byggnaderna behövs.

Människors beteende beskrivs ofta inom ramen för "Theory of Affiliation" vilket innebär exempelvis att man ofta väljer kända vägar ut (tex den väg man kom in genom) och att man ofta försöker ansluta till människor man känner. Vägledning kring detta, anpassad till de aktuella byggnaderna behövs.

Evenemang av olika slag behöver många gånger anpassas avseende personantal, aktiviteter, organisatoriska åtgärder samt tekniska åtgärder. Vägledning kring detta behövs som vänder sig både till anläggningsägaren och verksamhetsutövaren.

9.2 GAP-analys

Det finns mycket forskning och dokumenterad praxis kring utrymning av byggnader i allmänhet men mer begränsat om det som specifikt rör byggnader med kulturvärden. Kunskapsöversikten ger information om tekniska lösningar, organisatoriska åtgärder samt katastrofplanering med hänsyn till utrymningsbehov, även för personer med funktionsnedsättningar. Anpassade utrymningslösningar kan uppnås genom analytisk dimensionering. Kunskapssammanställningen visar att det finns alternativa utrymningslösningar som kan övervägas gällande skyltar, vägar, dörrar och larm, mm. Dessa lösningar behöver utvärderas.

Vidare finns ett behov av att undersöka hur avsteg från utrymningsdimensioneringsregler genom t.ex. användning av analytisk dimensionering påverkar risken för besökare och föremål i samband med en brand samt möjligheten för räddningstjänsten att rädda kulturvärdet under sitt släckningsarbete. Vilka avsteg är det rimligt att göra utan att LSO:s krav på skydd av människor och egendom äventyras?

Undersökning av tillgängliggörande och frångängliggörande av kulturhistoriska byggnader har visat att viss forskning och rekommendationer finns för svenska förhållanden. Det krävs dock fortfarande forskning kring framförallt frångängligheten för personer med funktionsvariationer då det inte är självklart att tillgänglighetsanpassningar, t.ex. hissar, fungerar som utrymningsväg.

Genomgång av befintliga byggnader eller brandskyddsinstallationer har inte varit möjligt inom projektet, ej heller en detaljerad genomgång av tillämpning av BBR på kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Viss generell presentation av viktiga begrepp kring utrymning har presenterats men det arbetet har inte haft sitt fokus på en allmän översikt över utrymningsforskning generellt. Därför har heller inte "theory of affiliation" och "theory of affordances" presenterats då man inte funnit någon forskning där dessa applicerats till byggnader med kulturhistoriskt värde. Behovsanalysen har inte ytterligare adresserat frågor om människors reaktioner och beteende i samband med brand i kulturhistoriskt värdefulla byggnader, men översikten har visat att sådan forskning finns och är användbar för att planera och förstå utrymning i detta byggnadsbestånd.

Projektets avgränsningar har lämnat evakuering av föremål och byggnadsdetaljer samt restvärdesräddning utanför, något som visat sig svårt att följa helt då forskningen inte alltid separerar frågan på samma vis utan snarare visar vikten av en helhetssyn vid planering i just detta bestånd. Därför finns det delvis redovisning av sådana kunskaper i denna kunskapssammanställning men inventeringen är inte heltäckande.

I en del fall väljer man av varsamhetskäl ovanliga utrymningsvägar, t ex fönster, då det inte finns tillräcklig kapacitet via traditionella utrymningsvägar av. Det finns ett behov av att utreda hur detta skulle fungera i ett skarpt läge.

10 Insatser vid brand

10.1 Personalens insats

10.1.1 Behovsbild

Personal som arbetar i lokaler kan göra en första insats. Detta kan även gälla personer som bor i aktuella byggnader i de fall de används som vanligt boende.

Utrustning avsedd för insats av personal för att släcka en brand behöver väljas med hänsyn till byggnaden och inventarierna. Även obehörigt användande av utrustningen (vandalisering) behöver beaktas vid val av utrustning samt hur den placeras och om säkerhet kan skapas kring detta.

Släckpulver/vatten/skum kan orsaka skador på föremål. Vägledning om skydd och omhändertagande behövs.

Utbildning av personal är viktig för att förbättra möjligheterna till bra och säkert agerande.

10.1.2 GAP-analys

Kunskapsöversikten har försökt presentera det som är ägarens eller förvaltarens ansvar och det som är räddningstjänstens ansvar. Det presenteras kort hur en ägare eller förvaltare bör arbeta med SBA samt information kring släckningsarbete med hjälp av frivilliga organisationer med särskild kännedom om byggnaden. Det kan vara svårt att kartlägga exakta gränser för var olika ansvar ligger. Viktigast är att ha en god samverkan mellan olika aktörer. Vidare forskning kring samverkan och ansvarsfördelning mellan olika aktörer behövs.

10.2 Samverkan personal och räddningstjänst

10.2.1 Behovsbild

Framkörningskort och insatsplaner kan vara mycket värdefulla för en effektiv insats. Vägledning om framtagandeprocess och utförande behövs. Förekommande standarder för insatsplan behöver anpassas så att de bättre motsvarar de speciella behov som ofta finns i den här typen av byggnader, och att de anger exempelvis var det finns mer detaljerade ritningar, eller vägar att ta sig in i en byggnad som skiljer sig från det räddningstjänsten är vana vid.

Guidning av personal under insats kan vara mycket värdefull men behöver vara förberedd för säkert genomförande och god effekt. Vägledning och utbildning behövs.

10.2.2 GAP-analys

Kunskapsöversikten ger en kartläggning av förebyggande arbetssätt. Flertal dokument i form av handböcker m.m. har granskats och förslag till arbetssätt lyfts som bl.a. bygger på framförningskort och insatsplaner. De handböcker som har granskats har dock utvecklats för andra förhållanden än de specifika svenska förhållanden. Det finns ett tydligt behov av att utveckla handböcker för brandsäkerhet i svenska byggnader med kulturhistoriskt värde. Vidare skulle mer forskning kring samverkan och ansvarsfördelning mellan olika aktörer underlätta framtagningen av dessa handböcker.

10.3 Räddningstjänstens insats

10.3.1 Behovsbild

Effektiva släckmetoder som maximerar nytta och minimerar sekundärskador är viktiga för det aktuella byggnadsbeståndet. Även specifika utmaningar som exempelvis hålligheter med brännbart material behöver beaktas. Utveckling och vägledning för metoder och teknik behövs.

Riskbedömningar för insatspersonalen är viktig för att möjliggöra säkra insatser, vilket kräver kunskap och vägledning som är anpassad till det aktuella byggnadsbeståndet. Även snabbt tillgänglig kunskap om byggnadens egenskaper är viktig för detta, exempelvis i framkörningskort och insatsplaner, samt var detaljerad information finns att hämta (både under kontorstid och utanför kontorstid).

Brandförlopp i kyrkor innehåller många gånger flera specifika fenomen kopplat till relativt låg brandbelastning i kyrkorummet och mycket hög brandbelastning i torn och på vind. Strategier och vägledning behövs.

Trappor och torn utgör riskmoment för räddningstjänsten vid insats. Vägledning för åtgärder för säkerheten där samt för riskbedömningar vid insats och taktiska val behövs.

Byggnaders stabilitet kan förändras under brand och insats. Avbränning av bärande konstruktioner av trä samt temperaturpåverkan på de ej avbrända/förkolnade delarna behöver beaktas. Värmepåverkan av bärande konstruktioner av stål som betong försämrar deras bärande förmåga.

Omhändertagande av vatten i syfte att begränsa sekundära skador kräver utveckling, vägledning och utbildning.

10.3.2 GAP-analys

En granskning av kända fall samt publikationer kring räddningstjänstens arbete kring släckning av bränder i byggnader med kulturhistoriskt värde har genomförts. Man har kunnat hitta information kring hur släckningsarbetet riskera påverka byggnaden negativt och behovet av att planera en eventuell räddningsinsats väl i förväg. Det finns ett tydligt behov av att forska kring och vidareutveckla kunskapen kopplat till påverkan av olika släckningsarbeten särskilt på byggnader med kulturhistoriskt värde. Detta då det finns speciella egenskaper hos dessa byggnader (t.ex. gamla, huvudsakligen i trä, o.s.v.) som innebär att det är troligt att de har en annan respons till släckningsarbetet än moderna byggnader.

11 Brandsäkerhetsåtgärders påverkan på byggnaden

11.1 Behovsbild

Åtgärders påverkan på byggnaden är en stor fråga som återkommer i de flesta sammanhang. Några särskilt frekventa frågor är:

- Ingrepp med så lite åverkan på materialet och kulturvärdena som möjligt. Exempelvis vid installation av brandlarm och tillskapandet av nya utrymningsvägar respektive exempelvis breddning av sådan.
- Flamskyddsmedels påverkan på de material de appliceras på.
- Ingrepp från och livslängd på installationer som görs.
- Estetiskt acceptabla installationer av exempelvis brandlarm och sprinkler.
- Vägledning för att hitta en balans mellan två ytterligheter: En brandsäkrad men förvanskad byggnad kontra en oförvanskad byggnad utan brandskydd som riskerar att totalförstöras, inklusive en skala mellan de två ytterligheterna.

11.2 GAP-analys

Tekniska åtgärder för att skapa brandsäkerhet i kulturhistoriska byggnader innebär ofta konflikter mellan önskan av att bevara byggnadens kulturhistoriska värde och önskan av att skydda mot brand. Vägen framåt handlar inte bara om tekniska lösningar utan också om stöd till systematiska beslutsprocesser.

Det behövs mer kunskap om moderna tekniska åtgärder för att minska risken för antändning av byggnaden samt fast och lös inredning. I denna bemärkelse bör frågan om hur man bör hantera målkonflikter vara i centrum.

Undersökningar av specifika lösningar för kulturhistoriskt värdefulla byggnader dokumenteras sällan på ett sånt sätt att de kan generaliseras. Det finns ett behov av att skapa en databas av lyckade exempel på brandskyddsinstallationer över landet. Omvänt finns det mycket att lära från misslyckade installationer (en sådan sammanställning kan anonymiseras). Det finns ett behov av utveckling av en metod för värdering av implementering av brandskyddsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Metoden bör bygga på etablerade riskanalysmetoder.

Värderingmodeller och urvalsmodeller för val av komplexa brandskyddslösningar bör utvecklas.

Generellt finns lite forskning på flamskyddsmedels påverkan på historiska byggnader och material, därför förordas i litteraturen försiktighetsprincipen. De få studier som gjorts visar på en snabbare nedbrytningsprocess i materialen och slutsatsen är att flamskyddsbehandlingar ej bör användas på kulturhistoriska ytskikt innan mer forskning och utvärderingar finns tillgängliga.

Det saknas tydliga studier på långsiktiga effekter och åldringsstudier av brandskyddsfärg och dess direkta och indirekta påverkan på interiörer (emissioner). Hur ofta ska brandskyddsfärgen förbättras? Det kommer hela tiden nya produkter och deras långsiktiga påverkan på underliggande material är inte alltid känd.

12 Vägen framåt

Vägen framåt kan innebära många saker och kan utformas på flera olika sätt.

Generellt kan konstateras att det ännu finns kunskapsluckor som behöver fyllas. Där utgör fortsatt forskning en viktig del, men även fortsatta inventeringar som kompletterar det som gjordes det här projektet. Insamling av goda exempel och sammanställning av rättsfall är några exempel. Även allmängiltig kunskap om brandsäkerhet som överförs till kulturmiljökontext kan vara värdefull.

En annan viktig del av vägen framåt är kunskapsspridningen och nyttogörandet av kunskapen. Det kan ske på många sätt och behöver följa med i utvecklingen och vara lätt tillgänglig för många. Att kunskapen blir känd och sprids är centralt för nyttan. Kunskapsspridning och nyttogörande kan exempelvis ske genom:

- Exempeldatabaser
- Handböcker och utbildningsmaterial
- Standards
- Kurser och seminarier
- Nätverk
- Vägledning för tillämpning av relevanta lagstiftningar.

Referensgruppen

Johan Sjunnestad, Brandprojektering Linköping AB

Emelie Höckerström, Bengt Dahlgren Brand & Risk

Per Svensson, Brandingenjören Per Svensson AB

Martin Svensk, Brandkonsultbyrå Sverige AB

Staffan Bengtson, Brandskyddslaget

Krister Carlens, Carlens Brand & Risk AB

Martin Kristoffersen, COWI

Erik Amlie Wahlström, Eld & Vatten

Niklas Olsson, Fortifikationsverket

Boel Melin, Higab

Ingrid Staurheim, KA arbeidsgiverorganisasjon for kirkelige virksomheter

Lars Salminen, Kulturen Lund

Anders Bessier, Kungliga biblioteket

Ulrika Haraldsson, Länsstyrelsen Blekinge

Anna-Karin Müller, Länsstyrelsen i Gotlands län

Louise Ingelsson, Länsstyrelsen Jämtlands län

Sara Bodin Olsson, Länsstyrelsen Värmland

Andreas Grahn, Länsstyrelsen Västerbotten

Nina Kjølens Jernæs, Norsk institutt for kulturminneforskning

Susanna Björklöf, Oslo brann- og redningsetat

Caroline Bernelius Cronsioe, Prevecon Brand & Riskkonsult

Adina Ekbergh, Riksantikvarieämbetet

Johan Thell, Riksdagsförvaltningen

Anders Frisk, Räddningstjänsten Norra Bohuslän

Carl Pettersson, Räddningstjänsten Väst

Helene Hanes, Statens fastighetsverk

Stefan Anderberg, Statens Historiska museer

Ingela Jonasson, Statens musikverk

Maria Scheele, Stockholmsregionens Försäkring AB

John Rothlind, Svenska kyrkan Västerås

Robert Jönsson, Sweco

Claes Nelsson, Termisk Systemteknik



Stödorganisationer 2021

Akademiska hus • Bengt Dahlgren Brand & Risk • BIV Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap • Brand och Bygg Sverige AB • Brandkåren Attunda Brandskyddsföreningen Gävleborg • Brandskyddsföreningen Skaraborg Brandskyddsföreningen Södermanland • Brandskyddsföreningen Värmland Brandskyddsföreningen Väst • Brandskyddsföreningen Västernorrland Brandskyddslaget • Dina Gruppen • Eld & Vatten • Folksam • Fortifikationsverket Försäkrings AB Göta Lejon • GellCon • If Skadeförsäkring • Kammarkollegiet Kingspan Insulation AB • Kiruna Räddningstjänst • Kristianstads Räddningstjänst Kommunassurans Syd Försäkrings AB • Kyrkans försäkring • Lantmännen MSB, myndigheten för samhällsskydd och beredskap • NBSG, Nationella Brandsäkerhetsgruppen • Nerikes Brandkår • Region Stockholm Trafikförvaltningen Riksantikvarieämbetet • RISE, Research Institutes of Sweden AB • Räddningstjänsten Boden • Räddningstjänsten Kalix • Räddningstjänsten Karlstadsregionen Räddningstjänsten i F-län/Räddsam F • Räddningstjänsten Luleå • Räddningstjänsten Oskarshamn • Räddningstjänsten Skinnskatteberg • Räddningstjänsten Skåne Nordväst Räddningstjänsten Syd • Räddningstjänsten Östra Götaland • Räddningstjänsten Mitt Bohuslän • Scania CV AB • S:t Erik Försäkrings AB • Sirius International Stanley Security • Statens fastighetsverk • Sparia Försäkringsbolag Stockholms Stads Brandförsäkringskontor • Storstockholms Brandförsvarens Sveriges brandkonsultförening • Swedisol • Södertörns brandförsvarsförbund Södra Dalarnas Räddningstjänstförbund • Södra Älvsborgs räddningstjänstförbund Trafikverket • Trygg-Hansa • Uppsala brandförsvarens Värends Räddningstjänst Västra Sörmlands Räddningstjänst • Östra Skaraborg Räddningstjänst

Insamlingsstiftelsen Brandforsk verkar för ett brandsäkert samhälle byggt på kunskap. Det gör vi genom att initiera och finansiera kunskapsutveckling inom området brandsäkerhet, och vi arbetar för att sprida den kunskapen så att den ska göra nytta.

Vi finansierar detta med insamlade medel från våra stödorganisationer som på så sätt bidrar till vår vision om

“Ett brandsäkert samhälle byggt på kunskap”

Brandforsk

info@brandforsk.se, www.brandforsk.se