

BRANDFORSK
2018:4



Förslag för brandskydd i flervånings trähus

Daniel Brandon, Alar Just och Birgit Östman



Brandforsk

PROJEKTETS REFERENSGRUPP

Matilda Svensson, MSB

Ville Bexander, Brandskyddsförningen

Håkan Pettersson, Länsförsäkringar

Christina Björkdahl, S:t Erikförsäkring

Christian Sandell, Svensk Försäkring

Johan Helsing, Räddningstjänsten Storgöteborg

Fredrik Nystedt, Briab

Anders Brodell, Värends Räddningstjänst

Jon Moln-Teike, Kirunas Räddningstjänst

Caroline Bernelius Cronsoie, Boverket

Anders Sjelvgren, Boverket

Hans-Eric Johansson, Bostadsutveckling

Susanne Rudenstam, Träbyggnadskansliet

Nyckelord:

brand, brandstopp, brandspridning, detaljlösningar, egendoms-
skydd, höga trähus

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2018:46

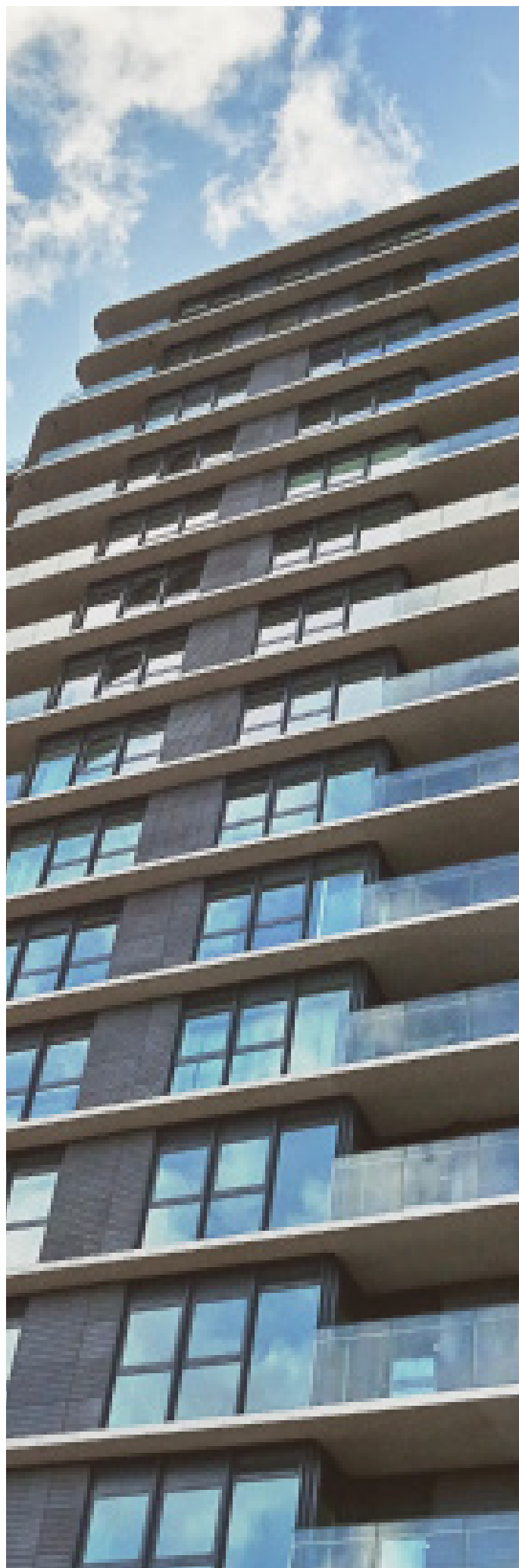
ISBN: 978-91-88695-86-4

This report constitutes a final working manuscript for the headlined project. The official project report, to which reference should be made, can be found on the RISE's website.

"Förslag för brandskydd i flervånings trähus"

www.ri.se

BRANDFORSK 2018:4



Sammanfattning

Denna rapport ger förslag på lösningar för brandskydd i höga trähus. De förslag som ges är inte fullständiga och andra åtgärder kan vara aktuella för att få till ett bättre brandskydd i höga trähus. De förslag som presenteras baseras på arbetet i forskningsprojektet **Brandskydd i flervånings trähus**, som finansierats av Brandforsk (Brandforsk projekt 302-151) och Svenskt Trä och denna rapport är till stora delar en översättning av RISE report 2018:43 "Mitigation of fires in multi-storey timber buildings – statistical analysis and guidelines for design" av Daniel Brandon, Alar Just, Petra Andersson och Birgit Östman.

Brandnormer inriktas i första hand på personsäkerhet, men i höga och stora byggnader blir egendomsskyddet allt viktigare. De förslag som ges här baseras främst på analys av stora skador i USA. De viktigaste punkterna är att begränsa

1. Direkt brand- och rökspridning mellan brandceller via:
 - a. dörrar, väggar och bjälklag
 - b. anslutningar mellan byggnadselement
 - c. genomföringar i väggar och bjälklag
 - d. installationer i väggar och bjälklag
2. Brand- och rökspridning genom hålrum:
 - a. i brandcellsavskiljande byggnadselement
 - b. i fasader och yttertak
3. Utvändig brand- och rökspridning:
 - a. längs fasadens yta
 - b. genom fönster
 - c. genom ventilationsöppningar (t ex vid takfot)
 - d. på vindar

Nyckelord:

brand, brandstopp, brandspridning, detaljlösningar, egendomsskydd, höga trähus,

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2018:46

ISBN: 978-91-88695-86-4

Stockholm 2018

Innehåll

Sammanfattning	1
Innehåll	2
Förord	3
1 Inledning	4
2 Begränsa brandspridning	5
2.1 Brandspridning mellan brandceller	5
2.1.1 Brandisolerande förmåga.....	6
2.1.2 Skydd med skivor	7
2.1.3 Genomföringar i brandklassade konstruktioner	7
2.1.4 Anslutningar mellan brandklassade vägg och bjälklagselement -	11
2.1.5 Begränsa brandspridning mellan brandceller.....	13
3 Brandspridning genom hålrum.....	14
3.1 Brandstopp - Material.....	15
3.2 Brandstopp - Dimensioner	15
3.3 Dimensionering av brandstopp	17
3.4 Brandstopp - Installation.....	18
3.5 Begränsa brandspridning genom hålrum.....	21
4 Utvändig brandspridning.....	22
4.1 Brandklassade fönster	22
4.2 Ventilationsöppningar och ventilationsstopp	23
4.3 Dimensionering av fasader	24
4.4 Begränsa utvändig brandspridning	25
Slutsatser	26
Referenser	27
Rapporter från forskningsprojektet Brandskydd i höga trähus	29

Förord

Denna rapport ger förslag på lösningar för brandskydd i höga trähus. De förslag som ges är inte fullständiga och andra åtgärder kan vara aktuella för att skapa ett bättre brandskydd i höga trähus. RISE tar inget ansvar för skador eller skadestånd som uppstår pga. att rapportens förslag följts.

De förslag som presenteras baseras på arbetet i forskningsprojektet **Brandskydd i flervånings trähus**, som finansierats av Brandforsk (Brandforsk projekt 302-151) och Svenskt Trä och denna rapport är till stora delar en översättning av RISE report 2018:43 "Mitigation of fires in multi-storey timber buildings – statistical analysis and guidelines for design av Daniel Brandon, Alar Just, Petra Andersson och Birgit Östman.

Syftet med projektet är att öka kunskapen om brandskador som uppkommer i höga byggnader med trä som bärande stomme. Statistiska data om brandskador i höga trähus har samlats in, analyserats och jämförts med andra höga hus. Sådan statistik är viktig för försäkringsindustrin, brandprojektörer, räddningstjänster och byggherrar för att kunna uppskatta risker förknippade med höga trähus.

Projektet har resulterat i flera rapporter, se lista under Referenser.

Forskningsgruppen för projektet bestod av:

Daniel Brandon (projektledare) Safety, RISE
 Lotta Vylund Safety, RISE
 Håkan Frantzich Brandteknik, Lunds universitet
 Petra Andersson Safety, RISE
 Lars Boström Safety, RISE
 Robert Jansson McNamee Brandskyddslaget
 Birgit Östman Linnéuniversitetet
 Alar Just Safety, RISE
 Patrick van Hees Brandteknik, Lunds universitet

Referensgruppen för projektet bestod av:

Ville Bexander Brandskyddsföreningen
 Christina Björkdahl S:t Erikförsäkring
 Anders Brodell Värends Räddningstjänst
 Caroline Cronsioe Boverket
 Johan Helsing Räddningstjänsten Storgöteborg
 Hans-Eric Johansson Bostadsutveckling
 Jon Moln-Teike Kirunas Räddningstjänst
 Fredrik Nystedt Briab
 Håkan Pettersson Länsförsäkringar
 Susanne Rudenstam Träbyggnadskansliet
 Christian Sandell Svensk Försäkring
 Anders Sjelvgren Boverket
 Matilda Svensson MSB

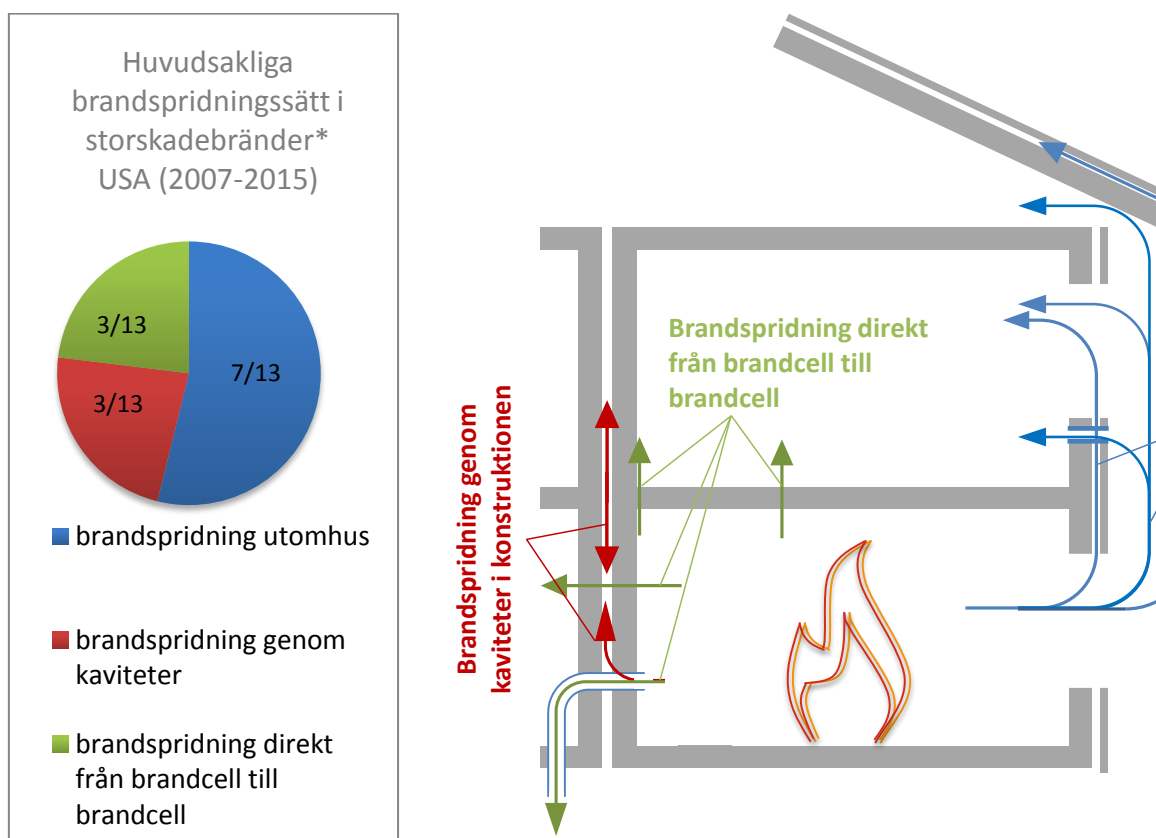
Medlemmarna i referensgruppen tackas för värdefulla kommentarer och förslag under hela projektet.

Projektet har finansierats av Brandforsk (huvudfinansiär) och Svenskt Trä. Projektgruppen tackar finansiärerna för värdefullt stöd.

1 Inledning

Brandnormer inriktas i första hand på personsäkerhet, men i höga och stora byggnader blir egendomsskyddet allt viktigare. Höga hus med trästomme har blivit allt vanligare och det har uttryckts farhågor om att egendomsskyddet kan bli sämre (Björk, 2016). Det finns dock för närvarande begränsad statistik om bränder i höga trähus.

Brandskadestatistik relateras sällan till byggnaders stommaterial, men det finns viss statistik i USA. Den avser stora brandskador i bostadshus med trästomme i tre eller fler våningar med data från National Fire Protection Agency (NFPA, USA). Relevanta skaderapporter har analyserats (Al-Breidi och Lövström, 2017). Viss statistik från Nya Zeeland har även analyserats (Brandon, Just m fl, 2018). Stora brandskador (=bränder som resulterade i skador som översteg 20 % av byggnadens värde och bränder som spreds till mer än två brandceller) har identifierats och analyserats. 13 av de 14 stora brandskadorna inkluderade stor brandspridning, som indelades i tre kategorier, se Figur 1. Den vanligaste brandspridningen var utvärdig brandspridning från fönster eller ventilationsöppningar.

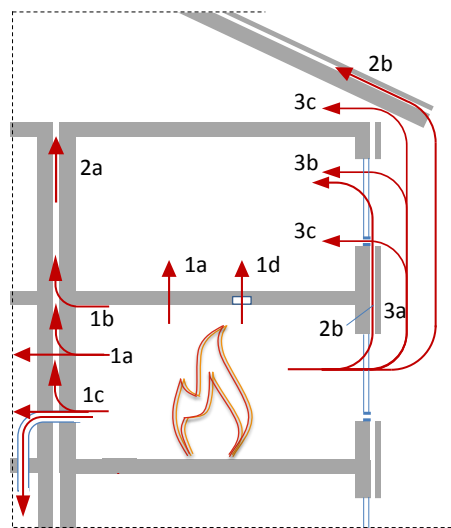


Figur 1. Huvudsakliga brandspridningsvägar som ledde till stora skador i USA.

2 Begränsa brandspridning

Större byggnader med bärande trästomme bör dimensioneras för att begränsa brandspridning och dimensioneringen anpassas vid eventuella ändringar under byggfasen. Det finns främst tre spridningsvägar, se Figur 2:

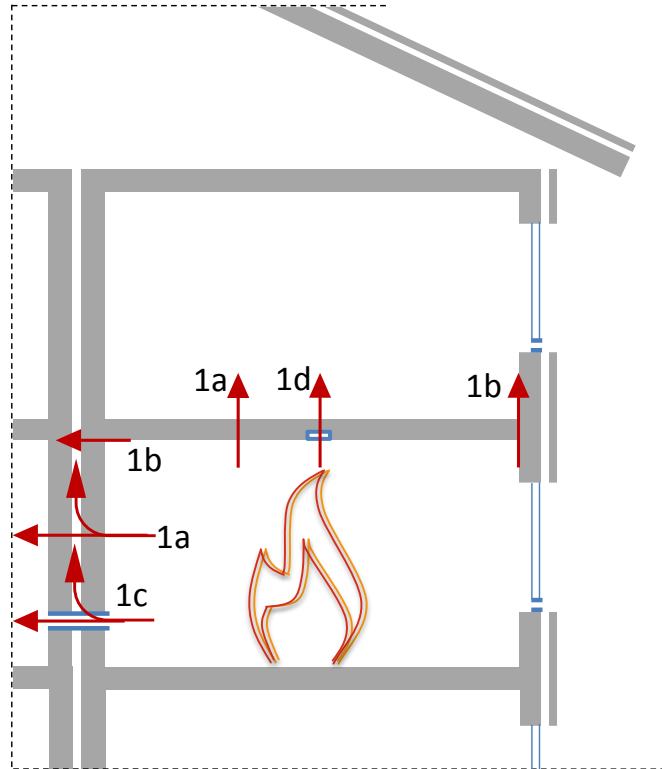
1. Direkt brand- och rökspridning mellan brandceller via:
 - a. dörrar, väggar och bjälklag
 - b. anslutningar mellan byggnadselement
 - c. genomföringar i väggar och bjälklag
 - d. installationer i väggar och bjälklag
2. Brand- och rökspridning genom hålrum:
 - a. i brandcellsavskiljande byggnadselement
 - b. i fasader och yttertak
3. Utvändig brand- och rökspridning:
 - a. längs fasadens yta
 - b. genom fönster
 - c. genom ventilationsöppningar (t ex vid takfot)
 - d. på vindar



Figur 2. Möjliga brandspridningsvägar från en startbrandcell.

2.1 Brandspridning mellan brandceller

Brand- och rökspridning mellan brandceller begränsas främst genom att uppfylla krav på brandmotstånd enligt Boverkets byggregeler (BBR). Figur 3 visar möjliga brandspridningsvägar mellan brandceller.



Figur 3. Möjliga brandspridningsvägar från startbrandcellen till en annan brandcell.

Boverket har krav på integritet (I) och isolering (E) hos brandcellsavskiljande byggnadsdelar, som uttrycks som brandmotstånd i ett visst antal minuter, t.ex. 30, 60 eller 90 minuter. Dessutom finns krav på bärförmåga vid brand (R), som inte direkt berör brandspridningen mellan brandceller.

För att visa överensstämmelse med brandmotståndskraven krävs brandprovning eller beräkning enligt europeisk metodik (EN 1364, Eurokod 5 (EN1995-1-2, 2004), EKS 10 (BFS 2015: 6), Östman m fl 2012).

Om brandmotståndet erhållits genom beräkningar, ska produkter med dokumenterade egenskaper användas. Det är t.ex. viktigt att isolermaterial förblir på plats under hela brandmotståndstiden och sättet för fastsättning måste anges.

Dessutom gäller följande:

- Anslutningen mellan två väggar och mellan bjälklag och väggar ska ha dokumenterat brandmotstånd.
- Genomföringar ska ha samma brandmotståndskrav som hela byggnadsdelen.

2.1.1 Brandisolerande förmåga

Krav på brandisolerande förmåga syftar till att fördröja brandspridning till andra brandceller (lägenheter) och skyddar ofta även lastbärande element. Olika isoleringsmaterial kan ha mycket olika brandskyddsegenskaper. Om brandmotståndet beräknats bör det beräknade brandmotståndet vara konservativt, dvs högre än det som krävs. Om det är viktigt att brandisoleringen förblir på plats under en viss period (t.ex. om den beräknade monteringen är beroende av detta), bör isoleringsmaterialet fästas enligt metoder med dokumenterat brandmotstånd.

Om brandmotståndet visats genom provning är det viktigt att använda exakt samma isoleringsmaterial, produkter och fästmetoder som vid provningen. Fastsättningen kan t.ex. vara att klämma fast isoleringen (överdimensionering) för att förhindra nedfall (Figur 4).



Figur 4. Stenull som fixerats genom överdimensionering efter 60 minuters brandprov.

2.1.2 Skydd med skivor

Skydd med hjälp av skivor är viktigt för att uppnå tillräckligt brandmotstånd hos träkonstruktioner. Gipsskivor är vanligast, men även andra skivtyper kan användas. Dessutom kan skivor användas för att öka brandmotståndet i känsliga punkter, t.ex. anslutning mellan vägg och tak. Det är mycket viktigt att skivorna appliceras korrekt så att de skyddar träkonstruktionen under tillräcklig tid.

Infästning av skivor bör ske med hjälp av fästdon enligt tillverkarens anvisningar, med samma typ av fästdon och med samma eller större inträngningsdjup av fästdonen i träet.

Vid funktionsbaserad dimensionering och om träkonstruktionen får inte involveras under ett fullständigt brandförlopp, finns en beräkningsmetod (Brandon 2018). Enligt denna metod ska minsta avståndet mellan fästdonen vara det minsta av: (1) 400 mm och (2) det minsta fästmedelsavståndet som gippskivtillverkaren anger. Fästdonets inträngningsdjup i träet bör vara det största av: (1) 15 mm och (2) inträngningsdjupet som tillverkaren anger.

2.1.3 Genomföringar i brandklassade konstruktioner

Brandprovning genomförs vanligen på byggnadselement utan genomföringar, men i praktiken innehåller elementen ofta genomföringar för till exempel: eldosor, lampor, rör för värme, vatten, ventilation och avlopp. Kravet på brandmotstånd ska uppfyllas även med dessa genomföringar på plats.

Om följande krav är uppfyllda krävs inga ytterligare brandprov:

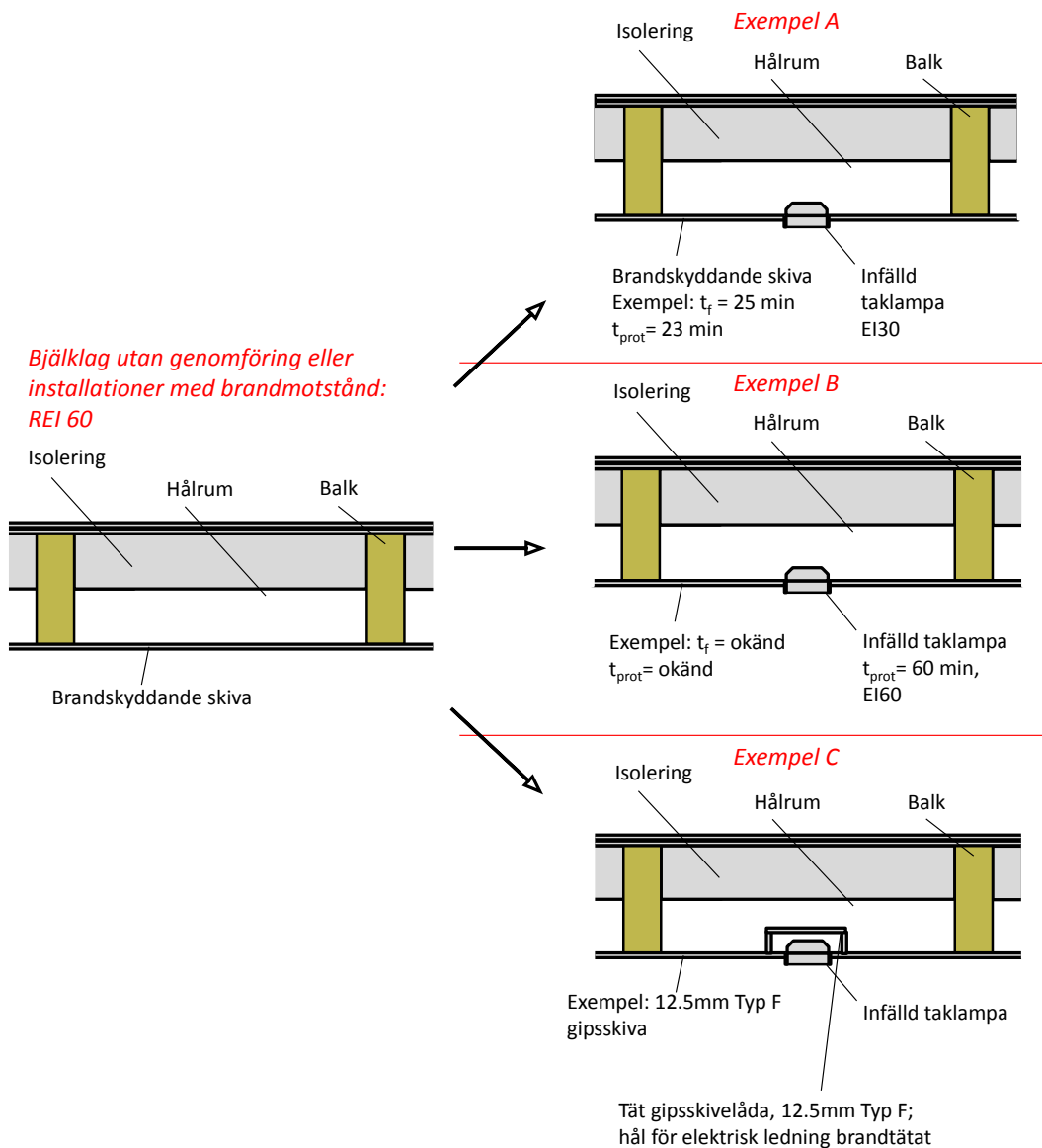
- Byggnadselement med genomföringar inklusive dess fästeanordningar och tätningsmaterial ska ha minst samma brandmotstånd (EI) som utan genomföringar (se exempel A, B och C). Detta ska ha dokumenterats genom temperaturmätningar vid brandmotståndsprovning.
- Om genomföringen är fastsatt på ett element som faller ned vid brandprovning, får det inte finnas hål kvar i någon återstående del av elementet efter nedfall som inte fanns med vid brandprovning av den aktuella konstruktionen (se exempel D och E).
- Genomföringar som går genom byggnadselementets hela tjocklek ska fixeras på båda sidor av elementet för att undvika nedfall vid brand. Om genomföringen är ihålig, ska det inte finnas någon öppning för flammor in i det ihåliga elementet eller genom byggnadselementet (se exempel F). Om flammor kan komma in i genomföringen ska den förses med brandbeständigt galler. Genomföringen ska inte vara i direkt kontakt med brännbara ytor i byggnadselementet. En brandisolering med samma brandmotstånd som brandkravet för aktuell vägg eller bjälklag kan användas.

I alla övriga fall krävs brandprovning enligt EN 1364 av byggnadselementet inklusive genomföringar.

2.1.3.1 Exempel A, B och C – Infällda lampor

Byggnadselement med genomföringar inklusive fästeanordningar och tätningsmaterial ska ha minst samma brandmotstånd (EI) som utan genomföringar. Tre exempel A, B och C på lösningar för ett träbjälklag med brandmotståndet REI 60 med ett lager av brandskyddande beklädnad på exponerad sida visas i Figur 5.

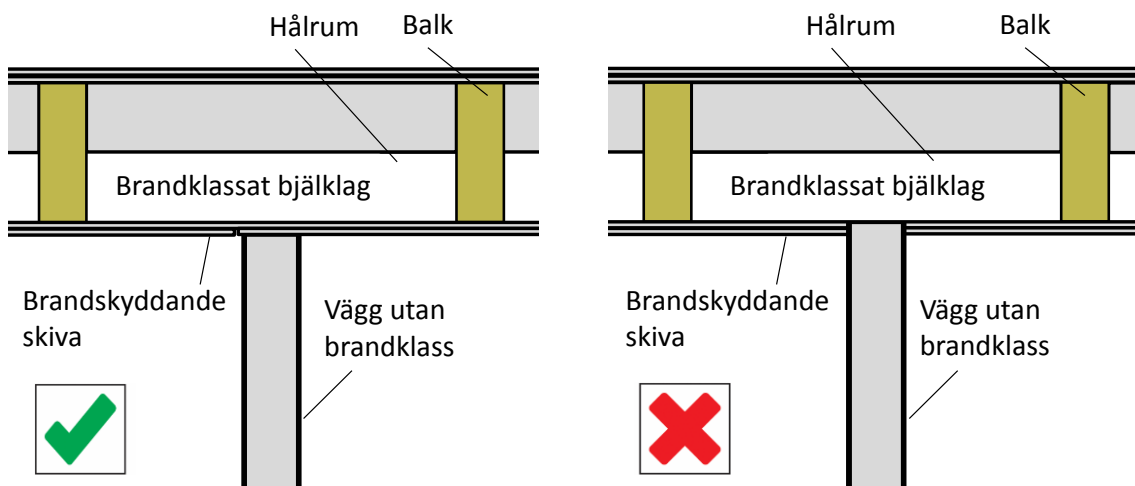
Exempel A: I taket monteras brandklassade lampor (downlights). Nedfallstiden för beklädnaden har bestämts från prov enligt EN 1364 och är lägre än brandklassen för lamporna. I detta fall äventyras inte brandmotståndet av de infällda lamporna. Men om nedfallstiden för beklädnaden inte är känd ska lampans brandklass vara minst lika med det önskade brandmotståndet för hela bjälklaget, exempel B är en konservativ lösning. Alternativt kan en icke-brandklassad lampa användas om en brandskyddsbeklädnad med minst samma brandmotstånd som den beklädnad där lampan monteras. Integriteten hos den tillagda beklädnaden skall vara minst samma som beklädnadens nedfallstid eller, om den inte är känd, samma som för hela bjälklagets brandmotstånd, se exempel C.



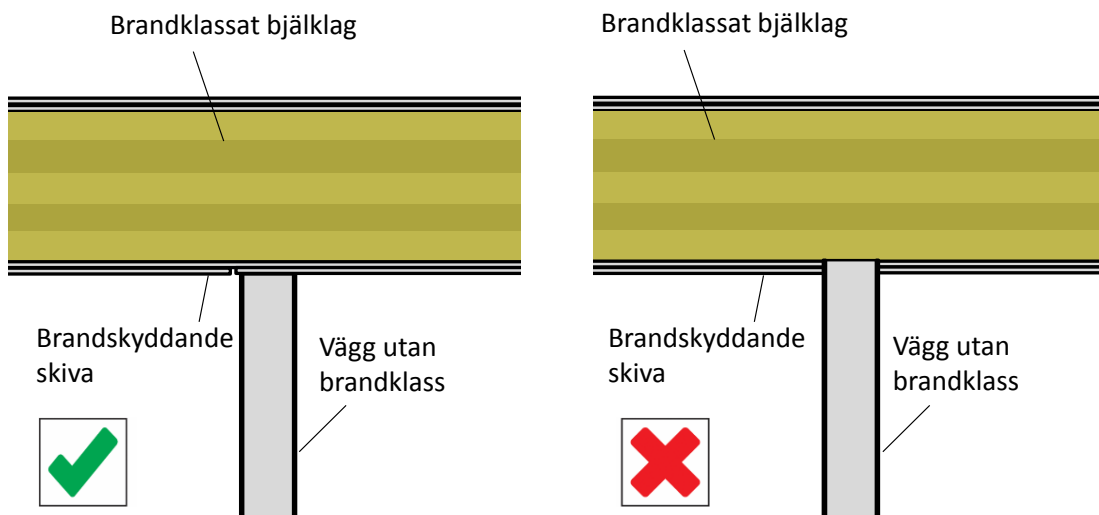
Figur 5. Tvärsnitt av träbjälklag med brandmotståndet REI 60 utan infälld lampa t.v. Tre exempel, A, B och C, på lösningar med infälld taklampa och brandmotstånd EI 30 eller EI 60 t.h.

2.1.3.2 Exempel D och E - Anslutning mellan byggnadselement

Inom brandceller kan det finnas skiljeväggar, som inte har brandmotståndskrav. Det är emellertid viktigt att brandmotståndet hos angränsande enheter inte äventyras av fel i den icke-brandklassade väggen. Därför får brandskyddsklädnaden och isoleringen inte penetreras av icke-brandklassade väggar, se Figur 6 och Figur 7. Utformningarna på vänster sida i dessa figurer är korrekta. Utformningarna på höger sida äventyras om väggen har mindre brandmotstånd än beklädnaden.



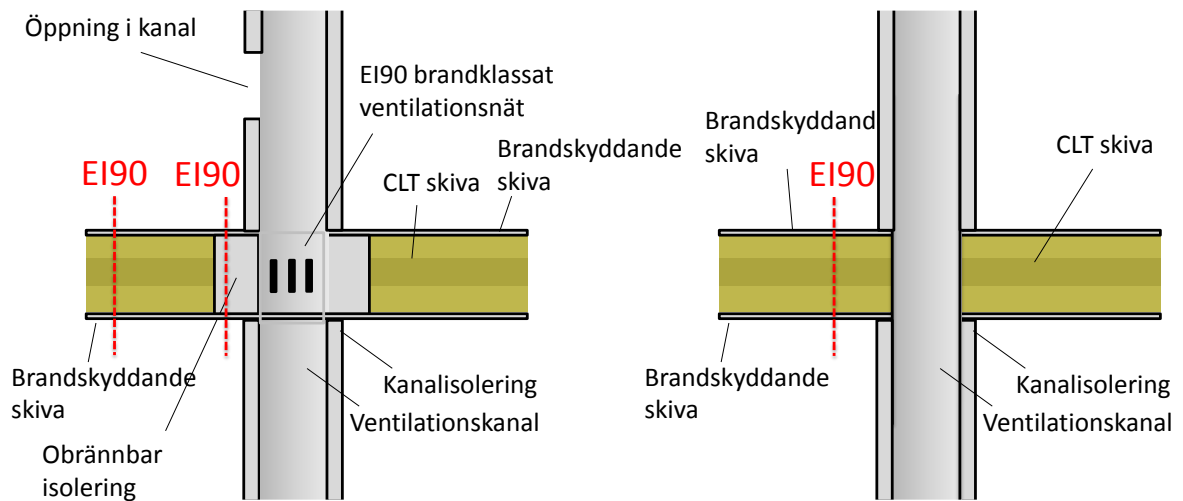
Figur 6. Exempel D - tvärsnitt av ett bjälklag med brandklass EI 60 (t v) med lämplig montering av en brandklassad lampa (t h).



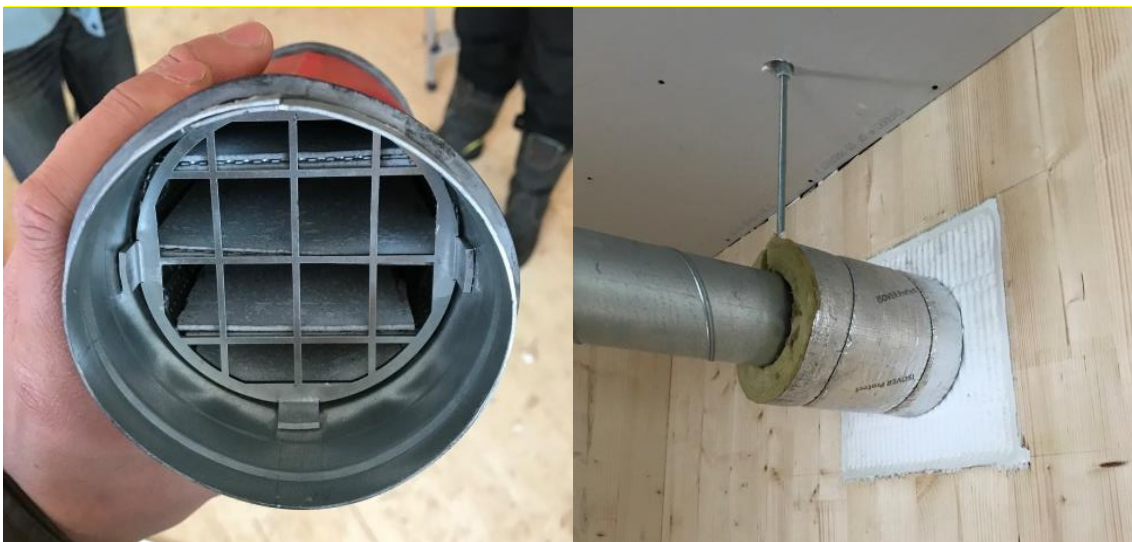
Figur 7. Exempel E - ett brandklassat bjälklag måste ha obrutet brandskydd på brandexponerad sida.

2.1.3.3 Exempel F - Ventilationskanal

Ventilationskanaler passerar vanligen brandcellsavskiljningar och har orsakat brandspridning till andra brandceller (lägenheter) i flera verkliga bränder. Om branden kan komma in i ventilationskanalen är det viktigt att blockera flammorna från att sprida sig genom kanalen. Detta kan göras direkt vid ventilationsöppningarna, eller vid brandcellsgränsen. Dessutom bör kanalen isoleras för att förhindra eventuell antändning av brännbara ämnen nära kanalen i ett angränsande utrymme (Figur 8). Ventilationskanalen måste ha brandtät anpassning till den avskiljande väggen.



Figur 8. Exempel F - tvärsnitt av ett bjälklag med brandklass EI 90 (t v) och ventilationskanal med möjlighet för flammor att komma in i kanalen, och utan sådan möjlighet (t h)



Figur 9. Brandklassad ventilationsgenomföring (t v) installerad i en brandexponerad CLT-vägg (t h).

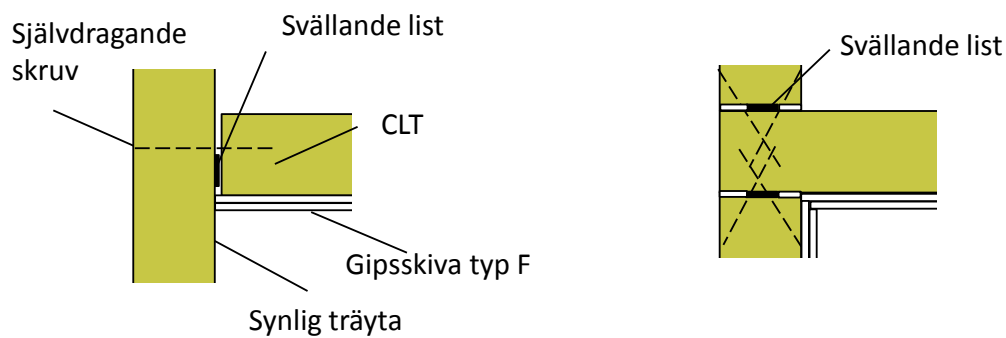
2.1.4 Anslutningar mellan brandklassade vägg- och bjälklagselement

Brandprovning av hela rum (Medina Hevia, 2015; McGregor, 2014; Kampmeier, 2009) har visat att anslutningar mellan CLT-plattor kan vara känsliga för brand- och rökspridning, vilket framgår av Figur 10. Anslutningar bör därför förseglas med t.ex. remsor eller tätningar, som provats enligt EN 1364. Det finns dock f.n. inte tillräckligt med brandprovningens resultat tillgängliga.

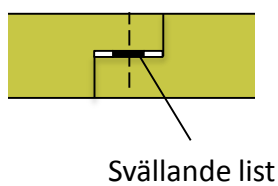


Figur 10. Brandspridning genom CLT anslutningar enligt McGregor (2014)

Anslutningar provades i ett fullskaligt brandprov att ett helt hus i CLT (Brandon, Just 2019). Samtliga anslutningar hade tätningsband, 1,5 x 20 mm, i anslutningen för att undvika brand- och rökspridning (Figur 11, höger). Gipsskivorna under bjälklaget placerades tätt mot de brandexponerade väggarna (Figur 11, vänster). 1,5 x 20 mm tätningsband användes i anslutningar mellan två CLT-element i samma plan, se Figur 12.



Figur 11. Anslutningar mellan bjälklags- och väggelement.



Figur 12. Anslutning mellan två skivor i samma plan (tvärsnitt av exponerad vägg)

2.1.5 Begränsa brandspridning mellan brandceller

1a Begränsa spridning genom dörrar, väggar och bjälklag

- Alla brandcells begränsande byggnadselement (väggar, bjälklag, dörrar etc.) skall uppfylla brandmotståndskraven enligt Boverkets byggregler (BBR).
- Självstängande branddörrar rekommenderas i brandcellsavskiljande konstruktioner

1b Begränsa spridning genom anslutningar mellan byggnadselement

Anslutningar mellan byggnadselement kan vara en spridningsväg, som förhindras genom att:

- använda produkter med korrekt brandmotstånd enligt brandprovning av exakt samma produkter och montering
- använda brandstopp vid anslutningarna, om det inte är uppenbart att brandmotståndet är tillräckligt

Metoder för att brandprova anslutningar finns inte standardiserade, men lufttätet förbättrar brandbeteendet och begränsar rökspridningen.

1c Begränsa spridning via genomföringar i väggar och bjälklag

- Genomföringar med minst samma brandmotstånd som hela byggnadselementet ska användas. Brandmotståndet verifieras genom standardbrandprovning. Samma konstruktion och montering som provats ska användas.
- Om genomföringen är ansluten till en byggnadskomponent som kan falla ner vid brand, enligt brandprov eller beräkningar, får det inte bildas ett hålrum som inte förutsetts vid brandprov eller enligt beräkningar.
- Genomföringar som helt penetrerar ett byggnadselement ska fixeras på elementets båda sidor för att undvika nedfall vid brand.
- Eventuell brandspridning ska kunna stoppas genom att t ex använda brandstopp för ventilationskanaler. En sådan ventilationskanal bör avskiljas med en brandisolering för att undvika direkt kontakt med träkonstruktionen. Brandmotståndet med genomföring ska vara detsamma som för hela byggnadselementet.

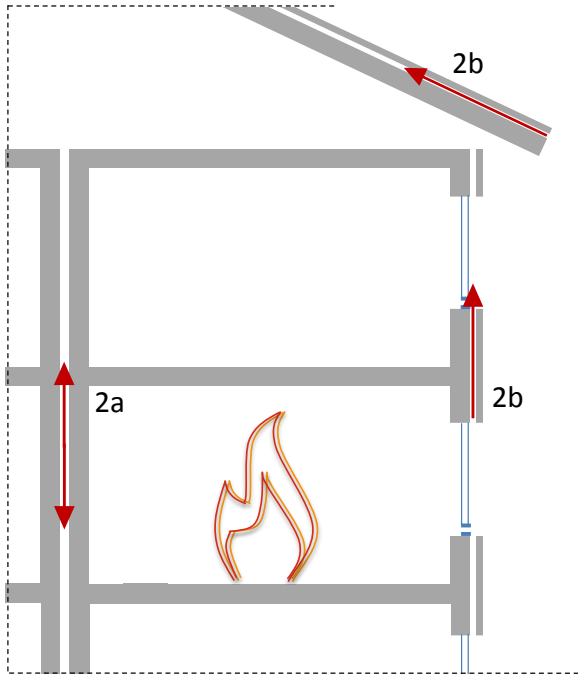
1d Begränsa spridning genom installationer i väggar och bjälklag

Installationer kan vara elektriska installationer inklusive lampor, ventilationskanaler, vatten- och värmeledningar. Brandmotståndet hos byggnadselement med sådana installationer ska vara minst detsamma som utan dessa installationer.

Exempel på branddimensionering av en installation ges i Figur 5.

3 Brandspridning genom hålrum

Brandspridning genom hålrum ska begränsas genom brandstopp. Figur 13 visar två schematiska brandspridningsvägar genom hålrum, 2a och 2b.



Figur 13. Potentiella brandspridningsvägar genom hålrum.

Brandstopp kan delas in i två olika typer med olika funktioner:

- a) Brandstopp i hålrum med brännbara material mellan brandceller, som syftar till att stoppa spridning av långvariga pyrande bränder (se Figur 13, typ 2a).
- b) Brandstopp i luftspalter i fasader, som syftar till att stoppa sådana bränder som kan bli mycket snabba (se Figur 13, typ 2b). Se även avsnitt 3 Begränsa utvändigt brandspridning.

Hålrumsbränder av typ 2a kan förekomma i hålrum med brännbara material och kan innebära långsam brandspridning. Den pyrande förbränningen i sådana hålrum behöver avsevärt mindre syre än flammmande förbränning och går inte att släcka utan räddningstjänstens insatser. Ungefär en fjärdedel av de stora skadorna i USA som analyserades (Brandon m fl 2018) involverade hålrumsbränder av typ 2a som huvudorsak för brandspridning. Det finns också en brand i Sverige år 2013, där en hålrumsbrand av typ 2a var den främsta orsaken till de omfattande skadorna (Östman och Stehn, 2014), se Figur 14. I ett nyligen genomfört projekt finansierat av Brandforsk utvecklades en ny testmetod (Brandon m fl 2016, Just och Brandon 2017) för att bedöma lämpligheten hos brandstopp för att begränsa brandspridning av typ 2a.



Figur 14. Bilder från värmekamera som indikerar brandspridning neråt genom hålrum (Östman och Stehn)

Hålrumsbränder av typ 2b kan uppstå oberoende av material i hålrummet. Flammor som kommer ut ur ett fönster eller en dörröppning kan orsaka en snabb spridning av hålrumsbränder, som kan spridas med upp till 8 m/min och har flammor som är 5 till 10 gånger högre än flammor utanför byggnaden (Jensen, 2013). Samtidigt måste de flesta fasader ventileras för att förhindra fuktskador, vilket kräver särskilda lösningar. Brandstopp i hålrum i fasader måste användas för att förhindra snabb brandspridning. Test enligt EN 1364-6 kan utföras för att bestämma brandbeständigheten hos brandstopp i hålrummet. Brandstopp i fasader kan även provas enligt ett fullskaligt fasadbrandprov SP Fire 105.

3.1 Brandstopp - Material

Brandstopp som ska begränsa brandspridning av typ 2a, bör vara av material som kan placeras tätt i hålrummet. Materialet bör företrädesvis vara icke brännbart och tillverkat av ett mjukt, komprimerbart isoleringsmaterial med låg densitet. En komprimerad densitet på 50 kg/m^3 efter installation rekommenderas för mineralull såsom HTE mineralull och stenull. Glasullprodukter bör provas enligt Just och Brandon, 2017, för att demonstrera lämplighet som brandstoppmaterial.

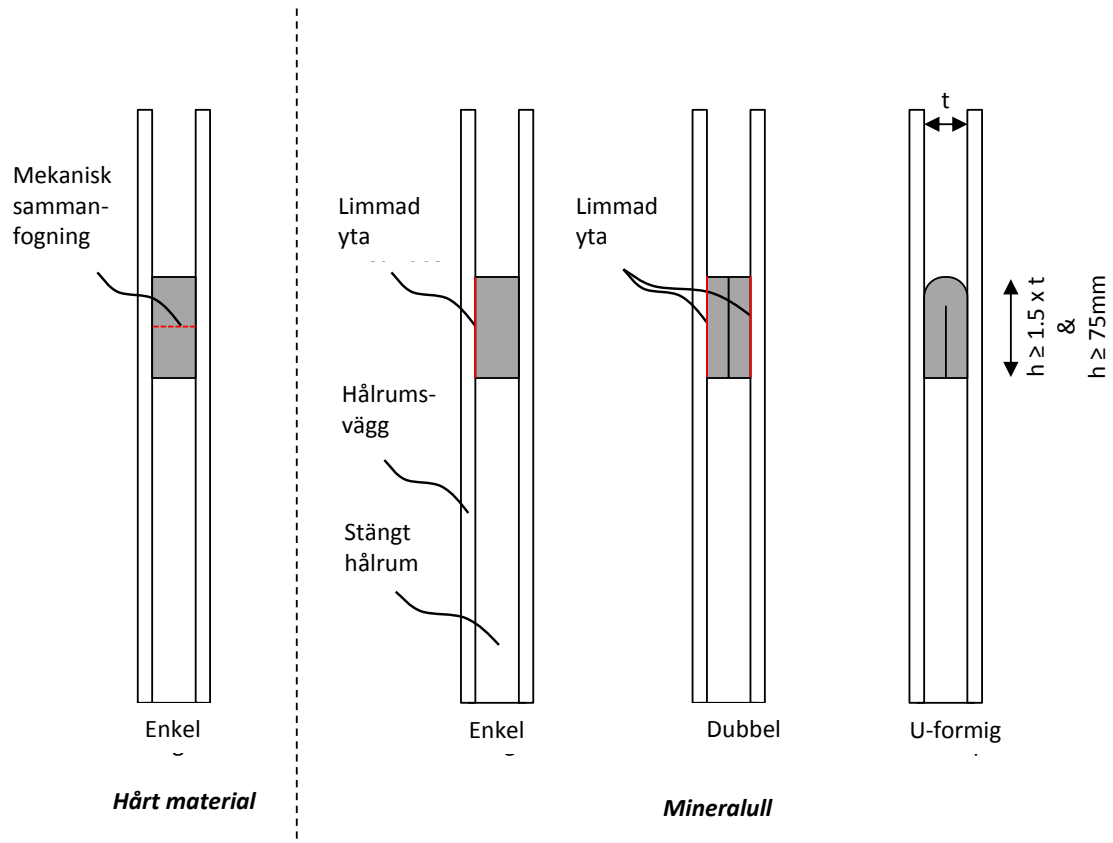
Mineralullen bör inte ha något plasttäckes eftersom det kan orsaka små luftkanaler, som medför att varm luft kan komma in i hålrummet. Dessutom kan plasten smälta och bilda droppar. Eventuellt kan plasttäckes som uppfyller Euroklass E enligt EN 13501-1 användas, dvs material som inte bildar droppar vid brand.

3.2 Brandstopp - Dimensioner

Det finns flera installationsmetoder som rekommenderas för brandstopp. Figur 15 visar att brandstoppen kan placeras enkelt, dubbelt eller U-format. För stenull och HTE mineralull rekommenderas en minsta dimension, så att den komprimerade densiteten efter montering är minst 50 kg/m^3 . Dessutom bör höjden h vara minst 75 mm och $1,5t$, där t är hålrumsbredden.

För ett U-format brandstopp bör tvärsnittet vara minst $t \times 3t$. Dessutom bör densiteten hos det icke komprimerade materialet vara minst 25 kg/m^3 .

Om trä används som brandstopp, bör minimihöjden för ett brandstopp beräknas med en endimensionell förkolningshastighet enligt EN1995-1-2: 2004. Den återstående oförkolade höjden ska vara minst 25 mm efter brand enligt det önskade brandmotståndet (t.ex. 60 minuter). Det bör också säkerställas att fästdonen bibehåller sin funktion under det önskade brandmotståndet enligt standardbrand. Träbrandstopp bör placeras tätt mot båda motstående ytorna i hålrummet och luftkanaler över eller längs träet bör undvikas.



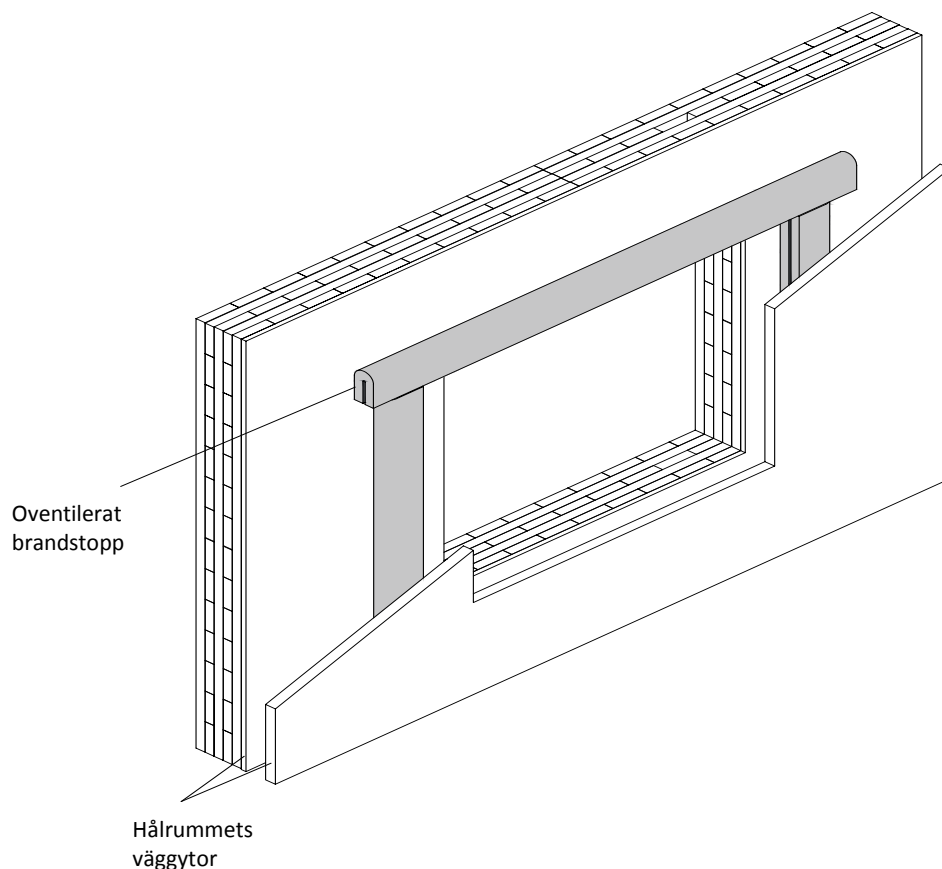
Figur 15. Tvärsnitt av enkla, dubbla och U-formade brandstopp.

3.3 Dimensionering av brandstopp

Utformningen av brandstopp syftar till att (1) undvika nedfall i hålrummet och (2) undvika luftkanaler över och längs brandstoppet. Nedfall av brandstopp kan undvikas med lämpliga fixeringsmetoder och genom robust design. Med robust design kan nedfall av brandstoppet undvikas, även om den primära fixeringsmetoden (med lim, fästelement eller klämning) misslyckas. Ett exempel på en robust lösning som förhindrar fall av mycket brandutsatta brandstopp visas i Figur 16.

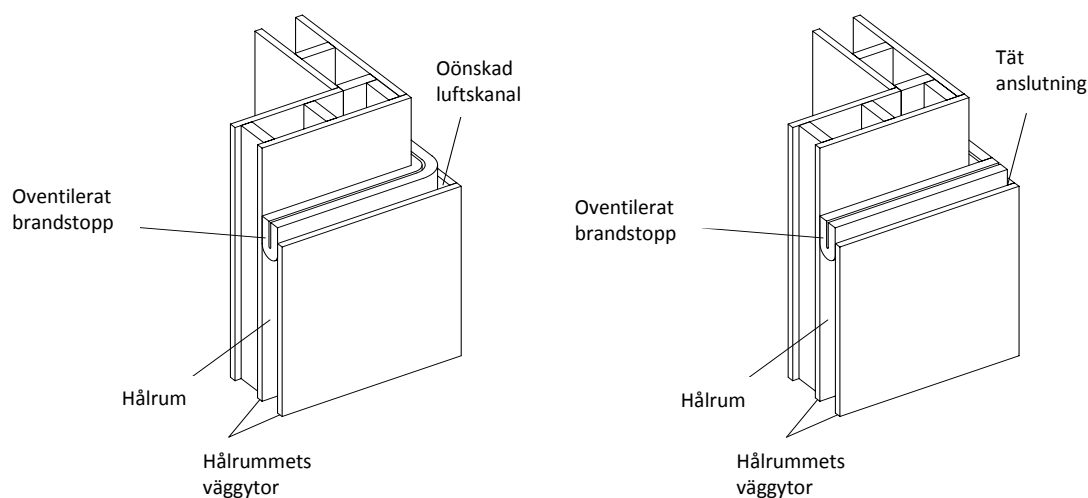
Exempel på robust dimensionering av brandstopp runt en väggöppning

En brand från en brandcell genom en öppning exponerar öppningens övre sida avsevärt värre än den undre sidan av öppningen. Därför finns det en ökad risk att brandstopp över öppningen faller ner, vilket gör att branden lätt kan komma in i hålrum. Genom att låta mycket brandutsatta, horisontellt placerade brandstopp vila på vertikalt placerade elementen (Figur 16), blir risken för nedfall liten.



Figur 16. Skydd mot nedfallande brandstopp genom robust dimensionering.

Oönskade luftkanaler kan uppstå i hörn och böjningar av brandstoppet, som visas i figur 17. De kan undvikas genom rätt dimensionering, t.ex. genom att dimensionera separata brandstopp som är sammankopplade istället för att använda böjda brandstopp i hörnen.



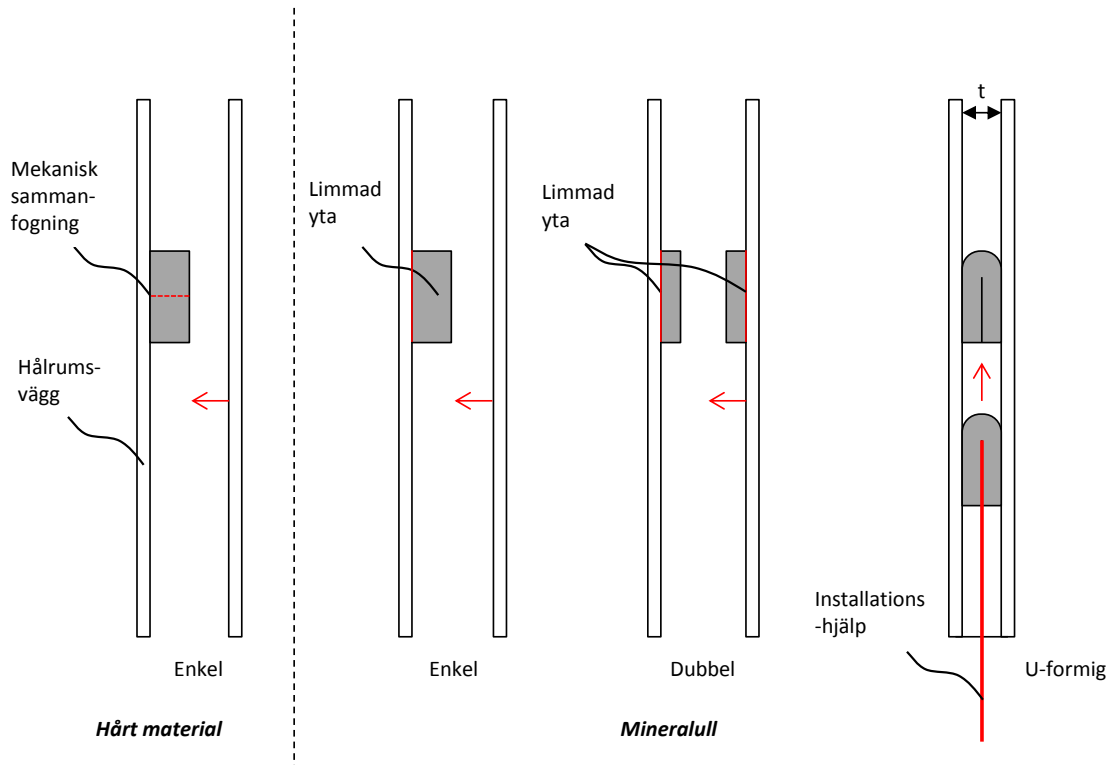
Figur 17. Möjlig risk för oönskade luftkanaler i yttre hörn.

3.4 Brandstopp - Installation

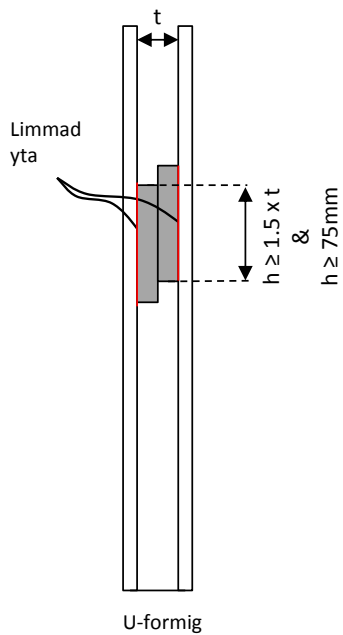
Kontroll av tredje part rekommenderas för installation av brandstopp i hålrum med brännbara material.

En schematisk montering av enkla, dubbla eller U-formade brandstopp visas i Figur 18. Enkla och dubbla brandstopp är speciellt lämpliga för hålrum mellan moduler i modulbyggnader. Då bör brandstoppet sättas fast i hålrumsväggen innan hålrummet är stängt. Limning av brandstopp med högtemperaturbeständiga lim rekommenderas. För dubbla brandstopp kan viss felmontering tillåtas så länge kontaktytans höjd mellan brandstoppen är minst 75 mm och 1,5 x t (se figur 19).

U-formade brandstopp ska monteras med hjälp av en installationskiva, som visas i Figur 18 och Figur 20. Den avsedda positionen bör säkerställas med hjälp av en sådan installationskiva, vilket är särskilt viktigt vid anslutningar. Installationskivans motstånd mot rörelser ska användas för att indikera om brandstoppet är ordentligt installerat.



Figur 18. Schematisk installation av brandstopp (röda pilar visar möjliga rörelser hos delar av byggnadselementet). Installationshjälp visas t h.

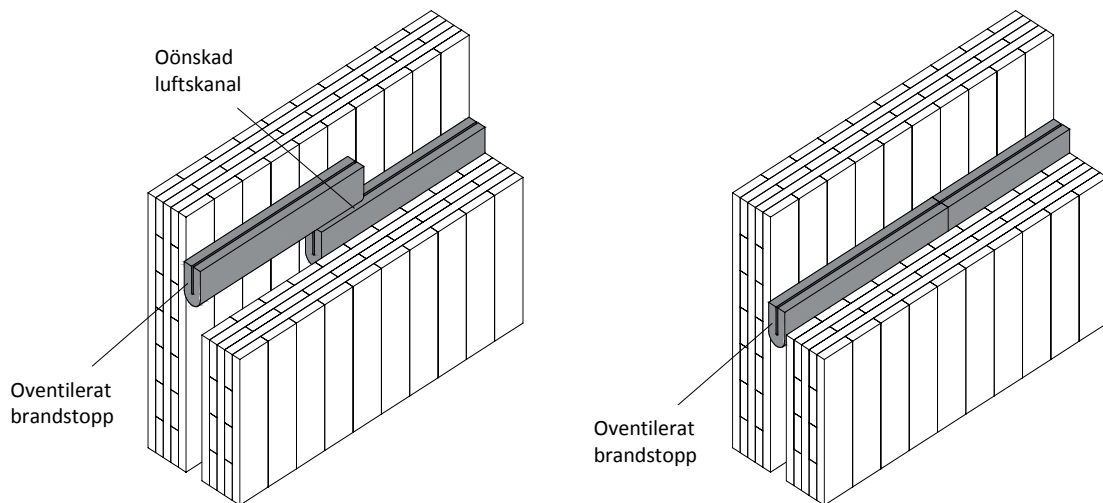


Figur 19. Tillåten geometrisk felplacering av brandstopp.



Figur 20. Insättning av U-format brandstopp i hålrum med installationshjälp

Anslutningar mellan brandstopp ska utföras så att luftkanaler undviks. Brandstopp med U-format placering kan leda till oönskade luftkanaler i anslutningar, vilket visas i Figur 18. Därför rekommenderas in-line eller överlappad fog för brandstopp med U-format placering. En överlappad fog, som visas på vänster sida i Figur 21, kan dock användas om (1) längden på överlappningen är åtminstone lika med höjden, h , av brandstoppet och (2) håligheten är gjord mineralull utan plastbeläggning. Det måste även säkerställas att båda brandstoppen är tätt placerade mot varandra.



Figur 21. Möjlig risk för oönskad luftkanal vid överlappande anslutningar.

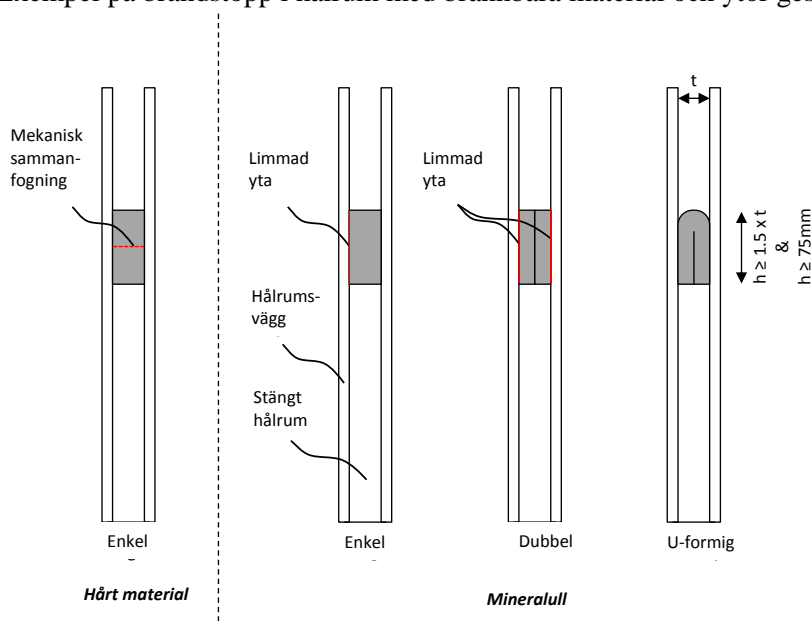
3.5 Begränsa brandspridning genom hålrum

2a Hålrum i brandcellsavskiljande byggnadselement

Följande åtgärder ska vidtas:

- Hålrum i brandcellsavskiljande byggnadselement bör undvikas
- Hålrum med brännbara material kan vara extra känsliga och ger ofta en långsam brandspridning.
- Brandstopp måste installeras för att hindra långvariga glödbränder i hålrum som utgör gräns mellan fler än två brandceller och i långa hålrum som gränsar till flera brandceller.
- Efter installation av brandstoppen får hålrum mellan brandstoppen inte utgöra gräns till mer än två brandceller.
- En provningsmetod för brandstopp i modulbyggnader har utvecklats (Brandon m fl 2016).

Exempel på brandstopp i hålrum med brännbara material och ytor ges i Figur 22.



Figur 22. Exempel på enkla, dubbla och U-formade brandstopp i hålrum med brännbara ytmaterial.

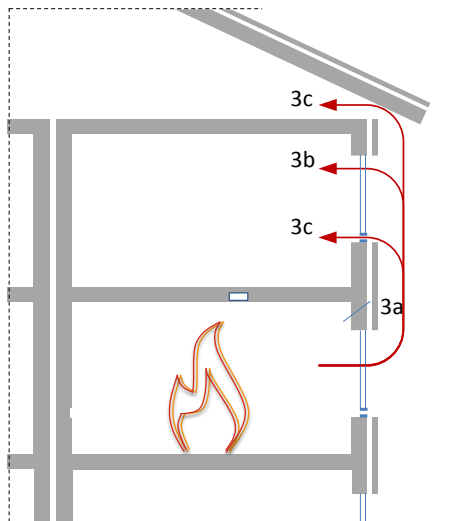
2b Hålrum i fasader eller yttertak

Luftspalt bakom en fasadbeklädnad är vanlig, bl. a. för att underlätta ventilering, men kan utgöra en brandrisk. Följande åtgärder ska vidtas:

- Hålrum bakom en fasadbeklädnad måste brandstoppas på varje våningsplan i byggnader med mer än två våningar.
- Brandstopp för fasader ska brandprovas enligt den fullskaliga metoden SP Fire 105 och tillsammans med den fasadbeklädnad som ska användas. Detta är generella krav oberoende av byggnads- och fasadmaterial.
- Exempel på brandstopp för fasader finns i Brandsäkra trähus version 3 (2012).

4 Utvändig brandspridning

Möjliga utvändiga brandspridningsvägar visas i Figur 23.



Figur 23. Potentiella brandspridningsvägar utvändigt.

Sju av de tretton stora bränderna i USA som analyserats involverade omfattande brandspridning utanför byggnaden. Därför är det viktigt att begränsa brandspridningen längs fasaderna och från fasaderna in till byggnaden.

Det bör noteras att fasadbränder har lett till stora brandskador i byggnader med olika konstruktionsmaterial, dvs även för byggnader med annan stomme än trä.

4.1 Brandklassade fönster

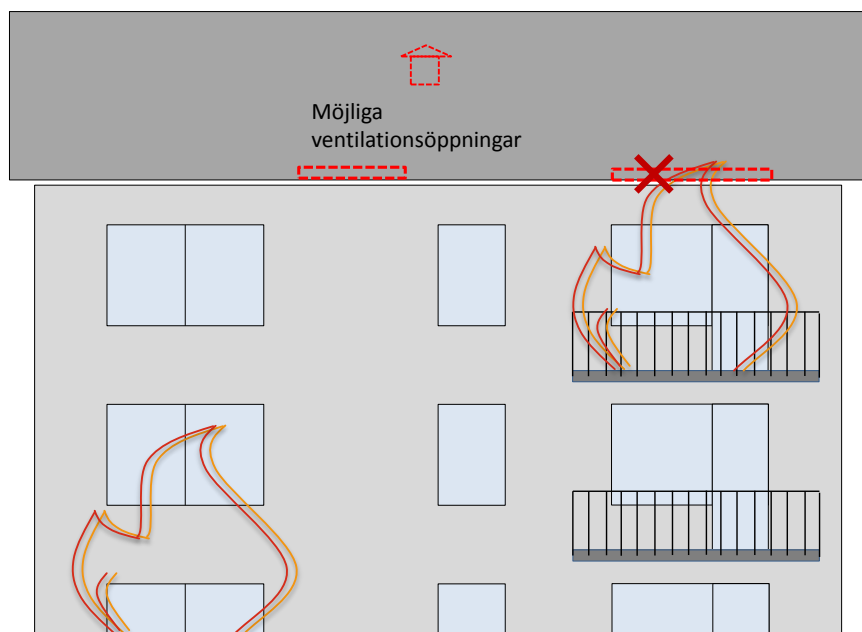
Frangi och Fontana (2005) visade i en testserie att brand kan sprida sig relativt snabbt efter övertändning från en brandcell till en brandcell ovanför genom ett vanligt fönster. I den studien gick fönstret i den övre våningen sönder efter 7,5 minuter efter övertändning, vilket är betydligt kortare än den brandcellsavskiljande tiden, vanligen 60 minuter. Därför rekommenderas användning av brandklassade fönster för alla höga byggnader (byggnadsklass Br1 och Br0 i Sverige). Brandklassade fönster måste dock vara låsta, vilket begränsar användningen i bostäder.

4.2 Ventilationsöppningar och ventilationsstopp

Cirka en fjärdedel av de stora bränderna i USA spreds via fasaden eller balkongen till vinden, genom ventilationsöppningarna. Två viktiga aspekter måste därför beaktas:

- Placeringen av ventilationsöppningar
- Brandbeständiga ventilationsöppningar

Ventilationsöppningar för vindar är vanligtvis placerade vid takfoten. Ventilationsöppningar ovanför fönster har orsakat brandspridning till vinden i flera byggbränder, inte minst i radhus. Därför rekommenderas att ventileras på andra sätt, t.ex. genom mekanisk ventilation från andra platser. Ventilationsöppningar för brandceller (lägenheter) placeras ofta under fönster. I händelse av en brand i lägenheten under denna ventilationsöppning, kan brandluft komma in i ventilationsöppningen, vilket ökar risken för brandspridning till flera brandceller. Risken minskar avsevärt om ventilationsöppningarna inte är placerade ovanför fönster eller balkonger eller andra potentiella källor för stora brandplymer.



Figur 24. Möjliga sätt att hindra utvändigt brandspridning från en startbrandcell till vindar.

Brandbeständiga ventilationsnät rekommenderas för att förhindra brandspridning i eller ut från byggnaden. Dessa ventilationsnät kan till exempel innehålla svällande material som expanderar, isolerar och begränsar luftflödet in och ut från byggnaden vid brand.

4.3 Dimensionering av fasader

I Sverige ska ytterväggar inklusive fasader dimensioneras enligt Boverkets byggregler (BBR). För flervåningsbyggnader (Br1) krävs följande:

- Brandavskiljningen mellan brandceller upprätthålls
- Brandspridningen inuti ytterväggen är begränsad
- Risken för brandspridning längs fasadytan är begränsad
- Risken för personskador som följd av nedfallande delar av ytterväggarna är begränsad

Det betyder i praktiken att fasader ska bestå av icke brännbara material eller att fasaden godkänts efter provning enligt av fasadbrandstest SP Fire 105. Träfasader som är brandskyddsimpregnerade kan uppfylla detta krav. Brandskyddseffekten minskar dock ofta betydligt på grund av urlakning. Därför ska endast brandskyddade träfasader som uppfyller krav på långtidsbeständighet enligt EN 16755 användas.

Ett annat sätt att kunna använda träfasader upp till åtta våningar är att sprinkla byggnaden, vilket medges i BBR. Då dämpas eller släcks en brand i en lägenhet på ett tidigt stadium och inga flammor slår ut genom fönstren.

Andra sätt att begränsa brandspridning längs fasadytan är att blanda obehandlat trä med obrännbara fasadytor, vilket också medges i BBR. Flera alternativ ges i Brandsäkra trähus (Östman B m fl, 2014). Detta tillämpades i ett fullskaligt brandförsök (Brandon and Just, 2019) genom att montera en 1,2 m cementplatta (se Figur 25).



Figur 25. Fasad med träpaneler och fält med 2,2 m höga cementskivor (Brandon and Just, 2018).

4.4 Begränsa utvärdig brandspridning

Utvändig brandspridning kan ske på olika sätt, se Figur 23.

3a längs fasadens yta

Fasadens ytmaterial skall uppfylla Boverkets krav. För Br1 byggnader gäller att följande material får användas:

- med ytskiktssklass klass A2-s1,d0, dvs obrännbara material
- som uppfyller provningsmetoden SP Fire 105.
- brandskyddat trä som uppfyller SP Fire 105 kan användas. Produkten måste också uppfylla krav på långtidsbeständighet enligt EN 16755.

3b genom fönster

- Brandklassade fönster med minst 30 minuters brandmotstånd förhindrar brandspridning från en övertänd lägenhet till fasaden och högre brandceller. Fönstren måste vara låsta.

3c via ventilationsöppningar (t ex vid takfot)

- Ventilationsöppningar vid takfot ska placeras så att de inte bidrar till brandspridning, t ex inte direkt över stora fönster
- Brandstopp, t ex ventilationsnät, med dokumenterat brandmotstånd ska monteras i ventilationsöppningar vid takfot

3d på vindar

Brandspridning på vindar måste begränsas. Detta kan ske genom att:

- Vindsytan begränsas med avskiljande konstruktion rakt över underliggande brandceller/lägenheter. BBRs krav på maximal vindsyta om 400 m² är otillräckliga och avskiljning över underliggande lägenhetsyta bör tillämpas.
- Denna begränsning bör även tillämpas för lägre byggnader, t ex radhus.

Slutsatser

Denna rapport ger förslag på lösningar för egendomsskydd i höga trähus. De förslag som ges är inte fullständiga och andra åtgärder kan vara aktuella för att få till ett bättre egendomsskydd i höga trähus. Brandnormer inriktas i första hand på personsäkerhet, men i höga och stora byggnader blir egendomsskyddet allt viktigare. De förslag som ges här baseras främst på analys av stora skador i USA. De viktigaste punkterna är att begränsa

- Direkt brand- och rökspridning mellan brandceller via:
 - dörrar, väggar och bjälklag
 - anslutningar mellan byggnadselement
 - genomföringar i väggar och bjälklag
 - installationer i väggar och bjälklag

- Brand- och rökspridning genom hålrum:
 - i brandcellsavskiljande byggnadselement
 - i fasader och yttertak

- Utvändig brand- och rökspridning:
 - längs fasadens yta
 - genom fönster
 - genom ventilationsöppningar (t ex vid takfot)
 - på vindar

Referenser

- Al-Breidi S och Lövström E (2017). Analys av storskaliga bränder och dödsbränder i höga hus med trästomme, inträffade i USA mellan 2007 och 2015. Master Thesis, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. Rapport 5534.
- Björk L (2016). Höghus i trä måste brandsäkras. GP <http://www.gp.se/debatt/h%C3%B6ghus-i-tr%C3%A4-m%C3%A5ste-brands%C3%A4kras-1.4011515>
- BBR, Boverkets byggregler (BFS 2018:4)
- Brandon D, Just A, Jansson McNamee R (2016). Behaviour of cavity barriers in modular houses – a revised test methodology. Proceedings of Interflam 2016.
- Brandon D (2016). Practical method to determine the contribution of structural timber to the rate of heat release and fire temperature of post-flashover compartment fires. Technical Research Institute of Sweden. SP report 2016:68.
- Brandon D (2018). Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings – Phase 2: Task 4 - Engineering methods. National Fire Protection Association. NFPA report: FPRF-2018-04.
- Brandon D, Dagenais C. (2018) Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings – Phase 2: Task 5 – Experimental Study of Delamination of Cross Laminated Timber (CLT) in Fire. National Fire Protection Association. NFPA Report: FPRF-2018-05.
- Brandon D, Just A, Andersson P and Östman B. Mitigation of Fire Spread in Multi-Storey Timber Buildings – statistical analysis and guidelines for design. RISE Rapport 2018:43.
- Brandon D, Just A (2019) Fire Safety Design of CLT Buildings – An Experimental Case Study. Research Institutes of Sweden. RISE report 2018:24.
- Brandsäkra Trähus 3 – Nordism-baltisk kunskapsöversikt och vägledning. SP Rapport 2012:18.
- EKS 10 (BFS 2015: 6) Boverkets konstruktionsregler, 2016.
- EN 1363-1 (2012) Fire resistance tests – Elements of building construction – Part 1: General requirements.
- EN 1364. Provning av brandmotstånd - Icke bärande byggnadsdelar. Del 1-6. Europeisk standard.
- EN 1364-6 (2016) Fire resistance tests for non-loadbearing elements – Part 6: Cavity Barriers. Europeisk standard.
- EN 1995-1-2 (2004) Eurocode 5: Design of Timber Structures – Part 1-2: General – Structural Fire Design. European Committee for Standardization.
- EN 13501-1. Fire classification of construction products and building elements – Part 1. Classification using data from reaction to fire tests. European standard.
- EN 13501-2. Fire classification of construction products and building elements – Part 2. Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services. European standard.
- EN 13501-3. Fire classification of construction products and building elements – Part 3. Classification using data from fire resistance tests on products and elements used in building service installations: fire resisting ducts and fire dampers. European standard.
- EN 16755. Durability of reaction to fire performance of FRT wood-based products in interior and exterior end-use applications. Europeisk standard, 2017.

Eriksson P-E, Nord T och Östman B. Kartläggning av brandincidenter i flervåningshus med trästomme – Erfarenheter från 20 års brukande, SP Rapport 2016:12, 2016.

Frangi A, & Fontana M. (2005). Fire Performance of Timber Structures under Natural Fire Conditions. *Fire Safety Science Symposium 8*: 279-290. IAFSS, Beijing, China.

INSTA 952 Review and control in the building process. Internordisk standard, 2018.

Jensen G (2013). Fire spread modes and performance of fire stops in vented façade constructions – overview and standardization. In: Matec Web of Conferences 9, 02002. EDP Sciences. DOI: 10.1051/mateconf/20130902002.

Just A, Brandon D, Östman B. Brandstopp i byggnadskonstruktioner. SBUF Rapport 12993. SP Rapport 2016:79, 2016.

Just A and Brandon D (2017). Fire Stops in Buildings. Brandforsk report 2017:1. ISSN 0284-517.

Kampmeier B (2009). Innovationen im Mehrgeschossigen Holzbau. *Proceedings of Braunschweiger Branschutz-Tage '09*, Braunschweig, Germany. (in German)

McGregor C J (2014). *Contribution of cross-laminated timber panels to room fires*. Master thesis. Department of Civil and Environmental Engineering Carleton University. Ottawa-Carleton Institute of Civil and Environmental Engineering, Ottawa, Ontario, Canada.

Medina Hevia A (2014). *Fire resistance of partially protected cross-laminated timber rooms*. Master thesis. Department of Civil and Environmental Engineering Carleton University. Ottawa-Carleton Institute of Civil and Environmental Engineering, Ottawa, Ontario, Canada.

SP Fire 105. External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire. Swedish National Testing and Research Institute. Rev: 1994-09-09.

Vylund L och Palmkvist K (2018). Taktik och metodik för släckning av höga trähus. Research Institutes of Sweden, RISE Rapport; 2017:65. ISBN: 078-91-88695-35-2.

Östman B m fl. (2012). *Brandsäkra trähus 3 – Nordisk–baltisk kunskapsöversikt och vägledning*. SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, SP Rapport 2012:18

Östman B, Stehn L (2014). Brand i flerbostadshus – Analys, rekommendationer och FoU-behov, SP Report 2014:07, Stockholm Sweden.

Rapporter från forskningsprojektet Brandskydd i flervånings trähus

(Brandforsk projekt 302-151)

- 1 Lotta Vylund och Krister Palmkvist. **Taktik och Metodik för Släckning av Höga Trähus**. RISE Rapport 2017:65.
- 2 Daniel Brandon, Alar Just, Petra Andersson and Birgit Östman. **Mitigation of Fire Spread in Multi-Storey Timber Buildings – statistical analysis and guidelines for design**. RISE Rapport 2018:43.
- 3 Daniel Brandon. **Engineering methods for structural fire design of wood buildings – structural integrity during a full natural fire**. RISE Rapport 2018:44.
- 4 Håkan Frantzich. **Brandskyddsvärdering av flerbostadshus BSV-FB – utveckling av metod för säkerhetsindex**. Rapport 3216 Lunds tekniska högskola 2018.

Rapporterna finns att ladda ner från www.brandforsk.nu och från publikationsdatabasen www.diva-portal.org, utom rapport nr.4 som finns på www.brand.lth.se.

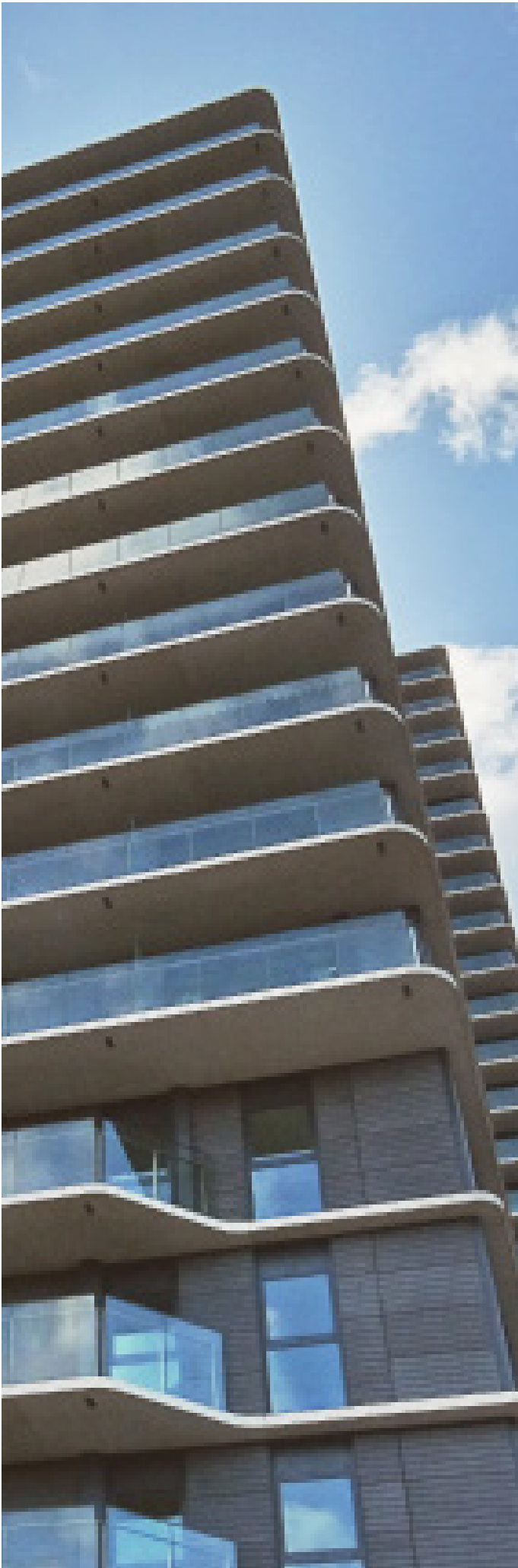
Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 5608, SE-114 86 STOCKHOLM, Sweden
Telephone: +46 10 516 50 00
E-mail: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Safety And Transport
RISE Rapport 2018:46
ISBN: 978-91-88695-86-
4



RI. SE

RISE Research Institutes of Sweden
P.O. Box 857, 501 15 BORÅS, SWEDEN
PHONE: 0046-10-516 50 00
E-post: info@ri.se,
Internet: www.ri.se

OUR SPONSORS & PARTNERS:





The Swedish Fire Research Board, Brandforsk, is a non-profit body, formed in collaboration between insurance companies, industry, associations, government agencies and local municipalities.

The purpose of Brandforsk is to initiate and fund research and knowledge development within the field of fire safety in order to reduce the negative social and economic impact of fire.

The work is under the leadership of the board of directors and is undertaken in the form of projects at universities, institutes of technology, research organisations, government agencies and industrial enterprises. The Secretariat of Brandforsk shares the premises of the Swedish Fire Protection Association, SFPA, which is also the principal organization.



Brandforsk

Årstaängsvägen 21 c
P.O. Box 472 44, SE-100 74 Stockholm, Sweden
Phone: 0046-8-588 474 14
brandforsk@brandskyddsforeningen.se
www.brandforsk.se