

Tillämpningsstöd vid brandteknisk dimensionering av höga Br0-byggnader med förnyelsebara material (trä)

Intresset kring att bygga höga byggnader med träkonstruktion har ökat kraftigt på senare tid. Att bygga med trä som är ett förnyelsebart material innebär miljövinster samt ekonomiska vinningar för design, produktion och utförande. Ett led i att öka kunskapen med höga träbyggnader har ett nationellt projekt "Tall Timber Buildings – Concept Studies" startats upp där möjligheter och svårigheter med en hög träbyggnad (+20 våningsplan) ska undersökas. En betydelsefull del i det arbetet är brandskyddets utformning. Då Boverkets byggregler anger att byggnader över 16 våningsplan tillhör byggnadsklass Br0 ställs särskilda krav på verifieringen av att brandskyddet i dessa byggnader uppfyller samhällets krav. De allmänna råden hur brandskyddet ska uppföras är inte tillämpbara och byggherren har det fulla ansvaret att visa att den föreslagna utformningen uppfyller samtliga funktionskrav i BBR och EKS.

Någon specifik vägledning kring verifiering av brandskyddet i höga byggnader av med träkonstruktion finns inte. I ett projekt finansierat av SBUF – Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond har Brandskyddslaget AB och Briab Brand & Riskingenjörerna AB, med stöd av AB Fristad bygg, försökt ändra på detta. Projektets syfte har varit att ta fram ett tillämpningsstöd avseende verifiering och utformning av brandskyddet i höga byggnader (över 16 våningar) där bärverk och andra delar, t.ex. avskiljande väggar och fasadelement består av förnyelsebara material (trä). Målsättningen är att underlätta projektering av brandskydd i höga byggnader med träkonstruktion och på så vis möjliggöra ett mer hållbart byggande.

Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap BIV har tidigare tagit fram ett tillämpningsstöd hur brandskyddet i Br0-byggnader kan verifieras. Denna rapport kan beaktas som ett komplement till BIV:s tillämpningsstöd med fokus på Br0-byggnader som är höga och uppförs med träkonstruktion. Rapporten innehåller en sammanfattning av de specifika brandrisker som finns i en hög byggnad med konstruktion av trä samt ger vägledning avseende identifiering av verifieringsbehov, verifiering, kontroll och dokumentation vid projektering av brandskydd i en hög Br0-byggnad med konstruktion av trä.

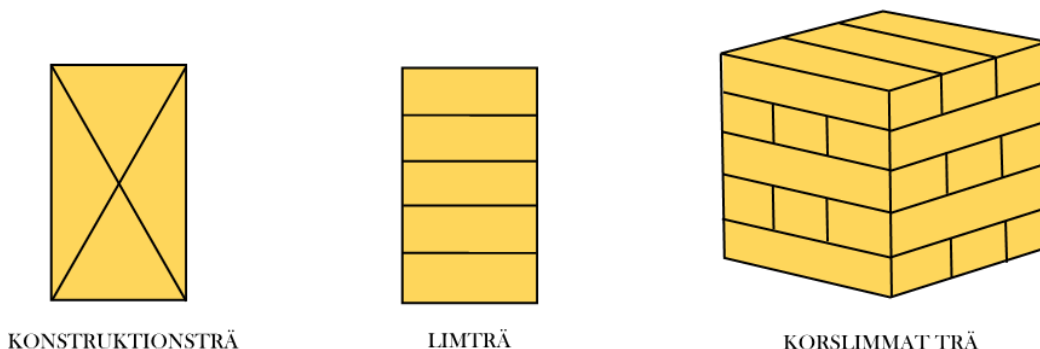
BRANDSKYDDSLAGET  **Briab**

**FRISTAD
BYGG** 
Vi bygger på samverkan

SBUF ®
SVENSKA BYGGBRANSCHENS UTVECKLINGSFOND
The development fund of the Swedish construction industry

Trä som konstruktionsmaterial

Det finns idag ett flertal byggelement för konstruktionsändamål på marknaden. Dessa kan generellt delas in i två olika huvudgrupper; vanligt konstruktionsträ och sammansatta konstruktionselement i trä, se Figur 1. Limträ och korslimmat trä (KL-trä) utgör två exempel på sammansatta byggelement i trä. Båda elementen utgörs av sågat konstruktionsträ som har sammanfogats genom limning.



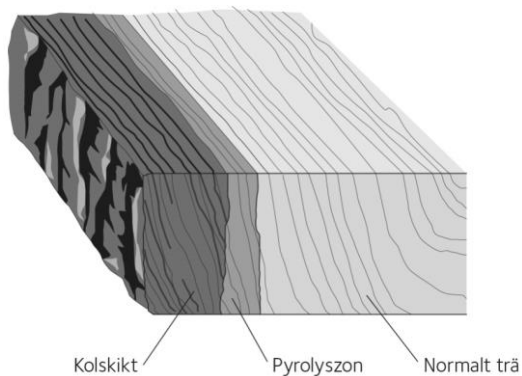
Figur 1 Principutformning av konstruktionsträ (t.v.), limträ (mitten) och KL-trä (t.h.).

Konstruktionsträ och limträ har under en längre tid använts som bärande byggnadsdelar i byggnader. Den långa erfarenheten har medfört att kunskaperna om hur respektive byggelement beter sig vid brand är goda och det finns idag vedertagna metoder och modeller i den europeiska standarden för dimensionering av träkonstruktioner (EN 1995-1-2). För KL-trä ser det annorlunda ut. Här finns inte någon europeisk standard eller vedertagna metoder och modeller för dimensionering vid brandpåverkan. Kunskapen gällande bärförmåga vid brand är begränsad för detta byggelement i jämförelse med konstruktionsträ och limträ.

En betydande faktor som påverkar KL-träets egenskaper, särskilt vid brand, är limmet som binder samman de olika lagren. Det finns idag en mängd olika limmer på marknaden som är godkända att användas som del i bärande träkonstruktioner. Det har dock konstaterats valet av lim är avgörande för hur byggelementet beter sig vid brand. Här är det av yttersta vikt att använda ett lim som inte släpper vid förhöjd temperatur.

Brandförlopp i träbyggnader

Trä utgör ett brännbart material, vilket innebär att det kommer att antändas och förkolas då det utsätts för tillräckligt hög värmepåverkan i samband med en brand. Kolskiktet uppstår som en följd av en icke fullständig förbränning av materialet och träet fortsätter att förkolas så länge värmepåverkan från branden är tillräckligt stor. Kolskiktet har en värmeisolerande effekt, vilket medför att både oskyddade och skyddade träkonstruktioner kan antas brinna och förkolas på ett förutsägbart sätt. I Figur 2 visas de olika skikten som bildas vid förkolningsprocessen.



Figur 2 Schematisk beskrivning av olika skikt som uppstår i brandpåverkat trä.

Det har visat sig att byggelement av KL-trä kan bete sig annorlunda vid brand och skapa oförutsägbara brandförlopp till skillnad från andra konstruktionsmaterial. Anledningen till detta är att om limmet mellan de lameller som elementet byggs upp av släpper vid upphettning försvinner det skyddande kolskiktet och nytt bränsle tillförs. När så sker ökar brandens intensitet och det med upprepade övertändningar som följd. Exponerade ytor av trä ger också upphov till mer intensiva brandförlopp utanför brandrummet och ytterväggen utsätts för en större påverkan. Ett viktigt skyddsmål i en byggnad med träkonstruktion är att branden självslocknar när den lösa inredningen brunnit upp. Detta kan säkerställas genom att använda värmebeständigt lim som inte delaminerar eller om träkonstruktionen skyddas med beklädnadsskivor. På så vis skapas ett förutsägbart brandförlopp.

Dimensioneringsprocessen för Br0-byggnader

Att dimensionera brandskyddet i en Br0-byggnad innebär att först identifiera verifieringsbehovet och därefter verifiera att brandsäkerheten är tillfredsställande. Under projekteringen bör kontroll av verifieringen ske löpande för att säkerställa rätt kvalitet. I identifieringen av verifieringsbehovet läggs grunden för det kommande verifieringsarbetet. Här är det viktigt att göra en riskidentifiering med utgångspunkt i byggnadens utformning och verksamhet. Riskidentifieringen ska ta hänsyn till de särskilda aspekter som BBRAD listar:

- Om utvärdig släckinsats inte kan genomföras.
- Om invändig räddningsinsats kan vara komplicerad.
- Om den befarade konsekvensen är mycket stor.
- Om utrymningsförloppet kan vara förenat med stora svårigheter.

För en hög byggnad är det bl.a. aspekter kopplat utrymning och genomförande av räddningsinsats som är särskilt viktiga att belysa. Om den höga byggnaden dessutom förses med träkonstruktion ändras förutsättningarna gällande brandbelastning, brandpåverkan på konstruktionsdelar, brandförloppets varaktighet, taktik för släckinsats, etc. Dessa förändringar behöver belysas i riskidentifieringen.

En hög byggnad står inför följande särskilda brandrisker till följd av byggnadshöjden:

- Risk för brandspridning inom byggnaden:
 - Utvändig släckinsats kan inte göras vilket gör att brand i och längs med fasad blir särskilt riskabel och ställer höga krav på material och utformning.
 - Skorstenseffekt i vertikala schakt.
 - Risk för mer omfattande brandspridning till följd av längre insatstid för räddningstjänsten.
- Långa insatstider för räddningstjänsten:
 - Långa sträckor tar längre tid att förflytta sig.
 - Orienterbarheten försvåras.
 - Kommunikation vid insats kan försvåras till följd av stora avstånd.
- Lång utrymningstid då långa sträckor att förflytta sig tar lång tid.

Utöver de svårigheter som höga byggnader står inför har en hög byggnad av trä även följande särskilda brandtekniska förutsättningar till följd av materialet:

- Brandbelastningen ökar då bärverk och ytskikt utförs av brännbart material. Brandbelastningen är en dimensionerande faktor för brandskyddet, skyddad respektive oskyddad brandbelastning behöver utredas och fastställas.
- Bärverket består av brännbart material vilket gör att risk finns för brandspridning till och inom konstruktionen. Risken för s.k. kavitetsbränder vid modulbyggande ökar om inte särskild fokus läggs på skydd.
- Det finns ingen tydlig sluttid för ett fullständigt brandförlopp i en träbyggnad där flera brinnande ytor "ser" varandra, vilken används för att dimensionera bärverket.
- Montering och infästningar i stål skulle kunna förlora sin funktion vid förhöjd temperatur.
- Spridning av brandgaser i byggnaden genom läckage i skarvar till andra brandceller eller konstruktion.
- Extra sektionering kan krävas för att förhindra omfattande brandspridning vertikalt.
- Ytskikt av oskyddat trä inom bostäder och lokaler kan intensifiera brandförloppet och öka förbränningen utanför brandrummet.
- Räddningstjänstens insats krävs för att släcka en brand då chansen till självslockning är mindre.
- En brand kan få större spridning under en kortare tid i en byggnad av trä än i en byggnad av traditionella obrännbara material.

De brandtekniska aspekterna som bör utredas specifikt vid dimensionering av brandskydd i höga byggnader i trä kan vara:

- Vilket bidrag får oskyddade ytor av trä till följd av placering och mängd? Kan ytskikt av trä tillåtas inom lägenheter. Brandbelastningen behöver fastställas, likväl konstruktionens bidrag till brandförloppet. Målsättningen är att skapa ett förutsägbart förlopp där branden självslocknar när lös inredning brunnit upp.
- Hur ska skydd mot brandspridning inom byggnaden, till och inom bärverk, i fasad och längs med fasaden upprätthållas?
- Hur ska schakt, installationer och hålrum (kaviteter) som går igenom brandcellsgränser utformas för att ge ett fullgott skydd mot brandspridning?
- Hur kan brandsläckning ske på bästa sätt? Räddningstjänstens möjlighet till insats bör utredas och vid behov ges bättre förutsättningar jämfört med en traditionell byggnad
- Hur kan risk för uppkomst av brand minskas? Värdet av att förebygga bränder ökar med konstruktionens känslighet för brand. Exempel på åtgärder som får ökade betydelse är spisvakt, utbildning, tillgång till släckutrustning, etc.

Med utgångspunkt i utredningsbehovet enligt ovan görs en inventering av föreskrifterna i BBR och EKS för att identifiera de avsnitt i där konstruktionsmaterial och byggnadshöjd påverkar möjligheten att uppfylla funktionskraven på ett sätt som inte hanteras av de allmänna råden. Att belysa barriärernas prestanda utifrån ett materialperspektiv är en betydelsefull uppgift.

Avsikten är att bedöma:

- De föreskrifter som påverkas i stor grad av byggnadens särskilda förutsättningar så att utformningen behöver verifieras direkt mot funktionskraven (analytisk dimensionering)?
- De föreskrifter som påverkas mindre av byggnadens särskilda förutsättningar och utformningen bör kunna följa de allmänna råden (förenklad dimensionering)?
- De föreskrifter som påverkas av byggnadens särskilda förutsättningar och utformningen behöver verifieras i direkt samverkan med t.ex. räddningstjänsten?

För respektive avsnitt i BBR och EKS görs en bedömning av funktionskraven med tillhörande allmänna råd utifrån följande frågeställningar:

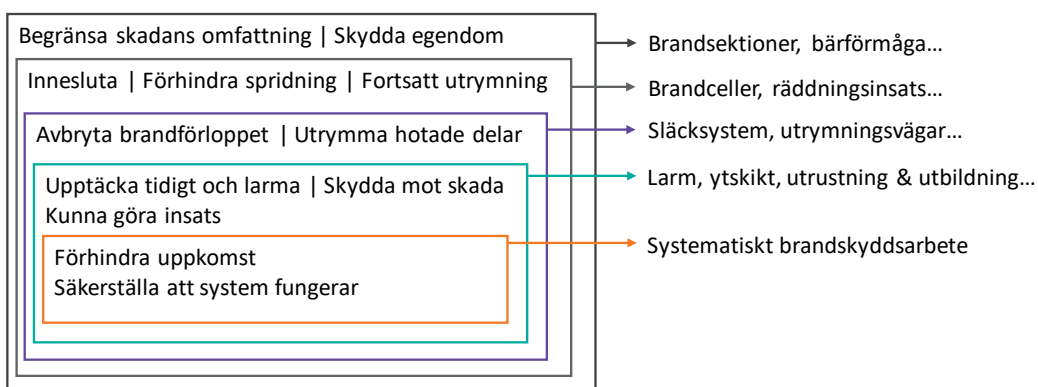
- Innebär byggnadshöjden en svårighet att uppfylla funktionskravet? Utgå från de särskilda aspekterna och bedöm om:
 - Kan de allmänna råden användas för att utforma brandskyddet?
 - Är de allmänna råden tillräckliga för att fånga upp riskerna som byggnadshöjden innebär?

- Innebär konstruktionsmaterialet en svårighet att uppfylla funktionskravet? Utgå från de särskilda aspekterna och bedöm om:
 - Kan de allmänna råden användas för att utforma brandskyddet?
 - Är de allmänna råden tillräckliga för att fånga upp riskerna som konstruktionsmaterialet innebär?

I föreskriftsinventeringen rangordnas identifierade konsekvensers påverkan på byggnadens möjligheter att uppfylla krav ställda i BBR (Boverket, 2018a). Rangordningen utförs i en 4-gradig skala – *ingen* påverkan, *viss* påverkan, *stor* påverkan och *mycket stor* påverkan. Rangordningen bör baseras på ingenjörsmässiga bedömningar utifrån välkända fysiska fenomen och logiska resonemang. Den utgör främst en grovsortering inför analysen av verifieringsbehovet. Motiven till bedömningen av påverkan bör dokumenteras.

De delar av brandskyddet som kräver fördjupad analys i denna typ av byggnader är vanligen möjligheten till utrymning vid brand (BBR 5:3), skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgas (BBR 5:5), möjlighet till räddningsinsats (BBR 5:7) samt bärförmåga vid brand (EKS 1.1.2). Utöver delar av brandskyddet krävs det även att den totala brandsäkerheten i byggnaden bedöms genom att studera brandskyddets robusthet. Här handlar det om att bedöma hur pass känslig byggnaden är för fel av olika slag och om det finns händelser som kan orsaka samtidiga fel på flera skyddssystem. När brandskyddet utformas bör det göras utifrån ledord som djupförvarsprincip och enkelfelskriterier.

Djupförvarsprincipen (se Figur 3) anger att säkerheten ska bygga på flera försvarslinjer där den första linjen omfattar kvaliteten i anläggningen, dess drift och underhåll, för att förebygga driftstörningar som kan hota säkerheten. I den andra linjen finns säkerhetssystem och förberedda åtgärder för att motverka att driftstörningar, som trots allt kan inträffa, leder till olyckor. I påföljande linjer finns ytterligare system som begränsar konsekvensens omfattning med målsättningen att undvika katastrofer. I visas ett exempel på hur djupförvarsprincipen kan tillämpas när brandskyddet utformas i en byggnad.



Figur 3 Exempel på tillämpning av djupförvarsprincipen på brandskyddets utformning.

En traditionell utformning av brandskydd i ett bostadshus lägger större vikt på de yttre försvarslinjerna än de tidiga. I byggreglerna finns förhållandevis få bestämmelser som verkar olycksförebyggande jämfört med sådana som är skadebegränsande. I en byggnad

av brännbart material är tidiga åtgärder av ökad betydelse eftersom förväntade skador på konstruktionen är större i dessa byggnader. Att arbeta med organisatoriska åtgärder, samt tekniska lösningar för att förhindra uppkomst av brand bör få ökad vikt här. Vidare kan det finnas anledning att överväga om åtgärder ska vidtas för att kunna göra en tidig släckinsats. Här kan tillgång till handbrandsläckare i kombination med ökade utbildningsinsatser spela en avgörande roll. Djupförsvarsprincipen handlar om att skapa flera oberoende och redundanta lager av skyddsåtgärder för att undvika den potentiellt stora skada som kan inträffa. Syftet är att inget enskilt system, oavsett hur robust det är utformat, ensamt ska stå för det erforderliga skyddet. Nyckelord i sammanhanget är redundans, oberoende och diversifiering.

Slutsatser

Kunskapen om hur träkonstruktionens bidrag till brandförloppet och dess beteende vid brand (KL-trä) medför att vissa försiktighetsmått behöver vidtas vid användning av en brännbar stomme. Att en brand självslocknar när lös inredning (variabel brandbelastning) brunnit upp är en viktig förutsättning för att brandförloppet ska vara förutsägbart. Ett förutsägbart brandförlopp skapas genom att antingen säkerställa att KL-trä inte delaminerar eller genom att använda beklädnadsskivor som skyddar träkonstruktionen tills dess att bränslet tar slut. Pga. begränsat kunskapsunderlag och avsaknad av harmonisering rekommenderas att byggelement av KL-trä skyddas med beklädnadsskivor.

Att dessutom bygga högt innebär särskilda utmaningar som behöver hanteras under projektering, produktion och förvaltning. Var noggrann i riskidentifieringen. Lägg vikt vid att fånga upp de svårigheter som uppkommer i en hög byggnad med träkonstruktion. Utforma brandskyddet med utgångspunkt i djupförsvarsprincipen med ledorden redundans, oberoende och diversifiering. Visa att vald utformning av brandskyddet kan hantera identifierade svårigheter med tillräcklig robusthet. Överväg åtgärder som förhindrar att bränder uppkommer och säkerställer att det kan släckas snabbt om de uppstår. Var noggrann med detaljer. Anslutningar (förband) är en svag länk som kräver särskild hänsyn. Implementera rutiner för kontroll av projekteringen som är aktiv under hela projekteringsfasen.

Utförande av detaljer kräver utökad egenkontroll eller kontroll av tredje part. Fotodokumentation är särskilt betydelsefull för delar som ej kan kontrolleras efter färdigställande. Brandskydd under byggtid behöver planeras med särskild hänsyn till konstruktionens sårbarhet.

Därutöver rekommenderas att samråda med räddningstjänsten om lämplig insatstaktik, utforma ett system för reparation efter skada, t.ex. vattenläckage eller brand samt att fastställa hur ombyggnad kan ske med hänsyn till konstruktionens unika förutsättningar.

För mer information

För mer information om projektet kontakta projektledare Fredrik Nystedt, Briab Brand & Riskingenjörerna AB på e-postadressen fredrik.nystedt@briab.se eller på telefon: 010-203 83 31.

Slutrapporten kan laddas ner från SBUF:s hemsida (<http://sbuf.se>), Brandskyddslaget AB hemsida (<https://brandskyddslaget.se>) eller från Briab Brand & Riskingenjörerna AB hemsida (<http://briab.se>).

Malmö, 12 augusti 2018



Fredrik Nystedt, Briab Brand & Riskingenjörerna AB