

Limträhandbok

Projektering av limträkonstruktioner

Del 2



Limträ som konstruktionsmaterial
Dimensionering av trä- och limträkonstruktioner
Konstruktionssystem för limträ
Raka balkar och pelare
Hål och urtag
Bruksgränstillstånd
Snedsågade balkar, krökta balkar
och bumerangbalkar
Fackverk
Treledstakstolar

Ramar
Bågar
Takåsar
Horisontell stabilisering
Förband och anslutningsdetaljer
Utformning av limträdetaljer
Limträ och brand

SVENSKT TRÄ™

Limträ och brand

16.1 Brännbarhet och termisk nedbrytning 236

16.1.1 Brännbarhet 237

16.1.2 Termisk nedbrytning 237

16.1.3 Förändringar i trämaterialens egenskaper vid förhöjd temperatur 238

16.2 Brandteknisk dimensionering 239

16.3 Beräkning av brandmotstånd enligt Eurokod 5 241

16.4 Förbandens brandmotstånd 243

16.5 Brandskydd av träkonstruktioner 246

16.5.1 Skydd av enskilda konstruktionsdelar 246

16.5.2 Skydd av förband 247

16.6 Dimensionering och utförande 250

16.7 Brandmotstånd hos infästningsdetaljer och förband – några generella lösningar 252

16.7.1 Förband 252

16.7.2 Pelarfot 252

16.7.3 Pelartopp 253

16.7.4 Anslutning av sekundärbalk 254

16.7.5 Balkskarv 255

16.7.6 Nockskarv 255

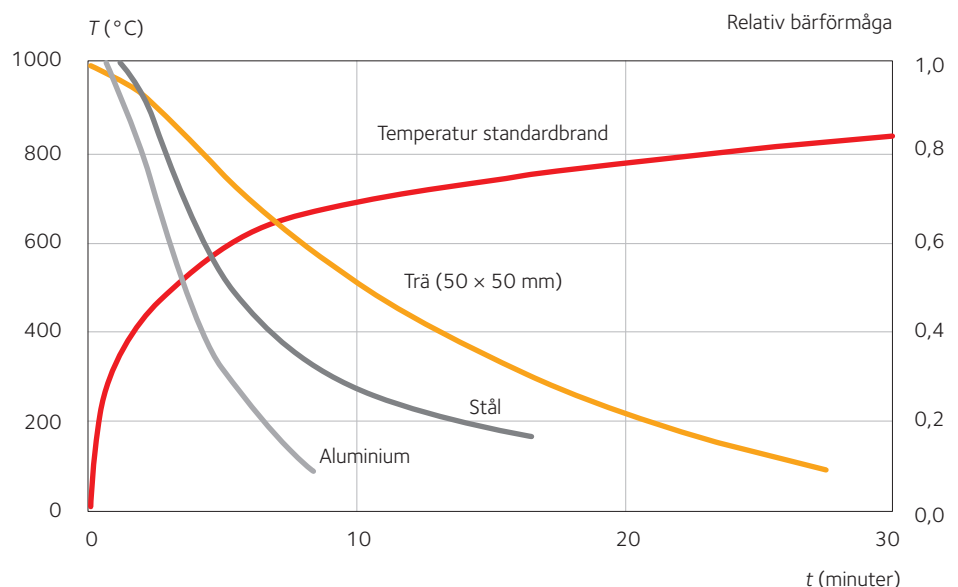
16.7.7 Dragband av stål 255

16.1 Brännbarhet och termisk nedbrytning

Limträ är ett brännbart material, men kan ändå uppnå höga brandmotstånd genom sina unika egenskaper.

De mekaniska egenskaperna hos konstruktionsmaterial förändras när de utsätts för brand, *se figur 16.1*. Parametrarna är uppmätta i relation till konstruktionsdelarnas bärförmåga. För andra material än trä har konstruktionsdelens storlek och form ingen signifikant inverkan. Dessa material kan därför, oberoende av tiden, antas ha en jämn temperatur över hela tvärsnittet som är något lägre än omgivningens temperatur. Det är därför korrekt att anta att dessa materials egenskaper varierar på motsvarande sätt. I trä däremot ökar temperaturen inte signifikant innanför det förkolnade skiktet och materialegenskaperna förblir därför oförändrade.

Trä har ett annat beteendemönster, det som händer är att träkonstruktionens initialtvärsnitt (här 50 × 50 mm) blir mindre vid brand. Fördelen med trä är således den långsamma och förutsägbara förändringen av tvärsnittet vid brand.



Figur 16.1 Förändring av några konstruktionsmaterials mekaniska egenskaper vid standardbrand.

16.1.1 Brännbarhet

Trä är ett organiskt material med ursprung från växtriket som är brännbart och kan därför fullständigt förstöras vid brand. Det förlorar sina fysikaliska och mekaniska egenskaper om det tillräckligt länge utsätts för tillräckligt mycket värme. Detta är en direkt följd av dess kemiska uppbyggnad; trä består till nästan 50 procent av kol.

När trä brinner sker en termisk nedbrytning av dess beståndsdelar. Denna process är komplicerad och resulterar i över 200 kemiska föreningar. Men eftersom trä till största delen består av cellulosa, hemicellulosa (polysackarider med lägre molekylvikt än cellulosa) och lignin, beror förbränningen på dessa beståndsdelars termiska nedbrytning.

Man ska ändå komma ihåg att träets beteende vid brand inte enbart kan förklaras med den kemiska uppbyggnaden. Materialets diskontinuitet har en viktig roll, i synnerhet i det skede när bärförmågan håller på att ta slut.

Två limträbalkar av gran med samma uppbyggnad och med samma last som båda utsätts för en standardbrand enligt SS-EN 1363-1 (tidigare ISO 834), visar helt olika beteenden. Den ena balken förlorar inte bärförmågan innan provningen avbryts när den största tillåtna nedböjningen inträffar, *se figur 16.2*, medan den andra balken förlorar bärförmågan mycket tidigare, *se figur 16.3*.

Detta beteende beror helt klart på att den ena balken har en kvist i den tredje lamellen. Före branden har kvisten försumbar effekt, men den blir ödesdiger vid brand när de yttre lamellerna förkolnats.

16.1.2 Termisk nedbrytning

Termisk nedbrytning, så kallade pyrolysreaktioner, är energikrävande och nedbrytningsprodukterna oxideras i den heta omgivningen och avger mycket energi, eller bryts ner ytterligare till kolmonoxid, CO, koldioxid, CO₂, och vattenånga, H₂O. Dessa är de huvudsakliga nedbrytningsprodukter som träet bildar. Följaktligen är förbränningen självunderhållande när en viss temperatur har uppnåtts.

Tabell 16.1 visar schematiskt vad som händer i trä när temperaturen och tiden ökar. SS-EN 1995-1-2 anger isotermen 300 °C i trätvärnsnittet som gräns mellan förkolnat och opåverkat trä.

Förbränningen och den termiska nedbrytningen fortskrider inåt i träet från de brandexponerade ytterytorna med en bestämd ändlig hastighet, *se figur 16.4*. Om de omgivande förhållandena är lika beror denna hastighet huvudsakligen på densitet och träslag. Av de omgivande faktorerna har temperatur, värmestillskott och ventilation störst betydelse.

Materialets fuktkvot och eventuella behandlingar är också viktiga. Därför kan man säga att vid brand är djupet av det förstörda materialet (kolskiktet) ungefär proportionellt med exponeringstiden, eller mera noggrant, tiden under vilken förkolningsprocessen har pågått. Det opåverkade träets temperatur är under 100 °C, förutom i ett tunt skikt (10 – 20 mm) närmast pyrolyszonen, *se figur 16.4*.



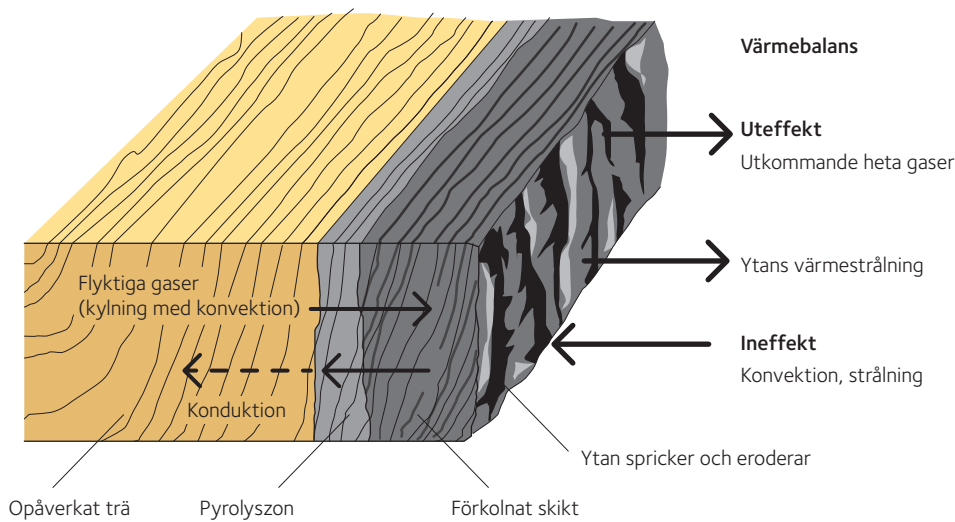
Figur 16.2 Limträbalk utan betydande diskontinuitet efter brand.



Figur 16.3 Limträbalk med betydande diskontinuitet vid kvist i den tredje lamellen efter brand.

Tabell 16.1 Termisk nedbrytning.

Temperatur (°C)	Fenomen
20	Rumstemperatur
100	Vatten avdunstar
120	Ligninet plasticeras
170	Termisk nedbrytning börjar
Över 170	Nedbrytningsprodukter brinner
300	Förkolningen börjar



Figur 16.4 Fenomen vid förkolningsprocessen.

16.1.3 Förändringar i trämaterialalets egenskaper vid förhöjd temperatur

Trä har låg värmeledningsförmåga. Under brandförloppet överförs en betydande andel av värmen via massöverföring, med hjälp av de heta brandgasernas diffusion. Detta bekräftas av de signifikant olika förkolningshastigheterna i träslag med nästan samma densitet som till exempel bok och ek, men med en signifikant skillnad i gas- och ångpermeabilitet.

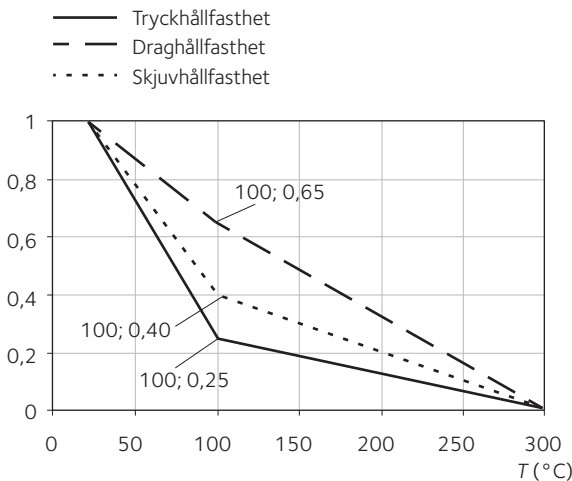
När dessa gaser rör sig inåt stiger temperaturen tills träet börjar brytas ner och förkolna, medan de i den förkolnade zonen dämpar temperaturhöjningen i det glödande kolskiktet.

Innanför den förkolnade zonen är temperaturen i princip oförändrad, därför kan träets goda beteende förklaras av:

- den mekaniska stabiliteten upp till 110 – 115 °C.
- det förkolnade skiktets isolerande verkan.

Alldeles innanför det förkolnade skiktet finns det ett tunt skikt där temperaturen inte är tillräckligt hög för att förkolningen ska börja, men träets egenskaper kan vara försämrade. Olika dimensioneringsmetoder används beroende på hur detta skikt beaktas. Detta fenomen inträffar ungefär vid 120 °C, medan träets temperatur vid normala användningsförhållanden ("opåverkat trä" i figur 16.4) inte ändras signifikant.

Eurokod 5 (SS-EN 1995-1-2) anger reduktionskoefficienter för mekaniska egenskaper, se figur 16.5. De är avsevärt mer konservativa än vad man kan hitta i vetenskaplig litteratur, vilket beror på skillnaden i beteende hos små felfria trästycken och konstruktionsdelar.



Figur 16.5 Reduktionsfaktorer för hållfasthet parallellt med fiberriktningen som funktion av temperatur och typ av belastning, enligt SS-EN 1995-1-2 (Bilaga B, Avancerade beräkningsmetoder).

16.2 Brandteknisk dimensionering

Brandteknisk dimensionering av träkonstruktioner kan utföras med skyddande beklädnader och ytbehandlingar. Då kan den skyddade limträbalkens tvärsnitt vara oskadat efter en brand och bärförmågan beror på typ av beklädnad och dess tjocklek. En oskyddad limträbalk har efter samma brand ett reducerat tvärsnitt och därför också reducerad bärförmåga. Verifieringen av bärförmåga vid brottgränstillstånd ska därför utföras med det reducerade tvärsnittet.

Byggnadstekniska framsteg och nya experimentella data har lett till nya tillvägagångssätt och tekniska lösningar i vilka konstruktören är mera direkt inblandad än tidigare.

För att dimensionera en träkonstruktion som är utsatt för brand, analyseras konstruktionens delar genom att lägga på olyckslasten för brand och verifiera att följande villkor uppfylls ¹⁾:

$$A_{d,fi}(t) \leq R_{d,fi}(t)$$

där $A_{d,fi}$ är dimensioneringsvärdet för lastpåverkan vid brand, $R_{d,fi}$ motsvarande bärförmåga vid samma förhållanden och t tiden för brandpåverkan.

Påverkan av de direkta lasterna på konstruktionen beräknas med hjälp av den lastkombination som motsvarar exceptionella dimensioneringssituationer, och kan uttryckas på följande sätt, *se kapitel 2, sidan 28 och kapitel 6, sidan 82*:

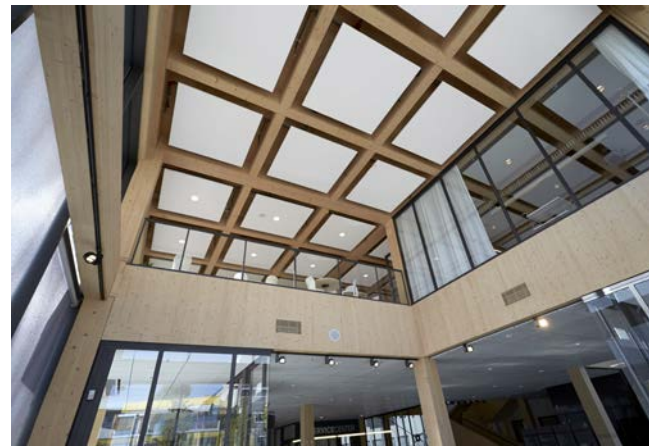
$$1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot P_k(t) + 1,0 \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + 1,0 \cdot \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

där:

- G_k karakteristiskt värde för permanenta laster.
- $P_k(t)$ karakteristiskt värde för förspänningskraften (vanligtvis varierande under brandpåverkan).
- $Q_{k,1}$ karakteristiskt värde för den variabla huvudlasten.
- $Q_{k,i}$ karakteristiska värden för de andra variabla lasterna.
- $\psi_{1,1}$ kombinationsfaktor för den variabla lasten som antas vara huvudlast.
- $\psi_{2,i}$ allmän kombinationsfaktor för de andra variabla lasterna.

Värdena för kombinationsfaktorerna ψ ges som funktion av de olika lastkategorierna för byggnadens olika delar, *se SS-EN 1991-1-1*, och de är vanligtvis mellan 0 och 0,7. Försiktighet bör iaktas när stora laster förekommer i brandfallet, som i bibliotek, arkiv och lagerbyggnader.

Därtill kan en förenklad metod användas vid beräkning av $A_{d,fi}$ när omständigheterna förblir oförändrade vid brand. När man börjar med grundkombinationen av lastvärdena för dimensionering i normaltemperatur A_d , kan värdet för $A_{d,fi}$ beräknas med hjälp av följande ekvation:



Ulls Hus, Uppsala.

16.1

16.2

¹⁾ **Observera** att symbolen E_c används i SS-EN 1995-1-2 för "Dimensionerande lastpåverkan", i stället för symbolen A_d som används i *Limträhandbok*. Ändringen är avsiktligt gjord i detta kapitel (16) för att läsaren inte ska förväxla symbolen A_d med symbolen E_d som i *Limträhandbok* har använts för träets elasticitetsmodul.

$$16.3 \quad A_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot A_d$$

Faktorn η_{fi} beror på de olika partialkoefficienterna γ_G och γ_Q som tillämpas på de karakteristiska värdena för de permanenta och variabla lasterna samt kombinationsfaktorn ψ_{fi} för de frekventa värdena för de variabla lasterna i brandsituationen, antingen $\psi_{1,1}$ för den dominerande variabla lasten eller $\psi_{2,1}$ för den andra variabla lasten, se SS-EN 1991-1-2:

$$16.4 \quad \eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}$$

där:

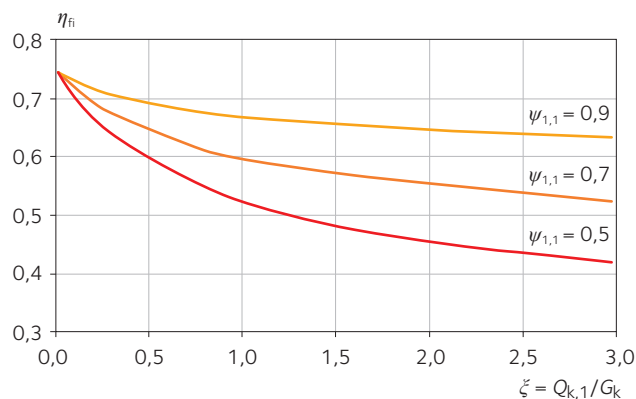
- γ_G partialfaktorn för permanenta laster.
- $\gamma_{Q,1}$ partialfaktorn för den första variabla lasten.

Detta förhållande kan också uttryckas i en annorlunda form:

$$16.5 \quad \eta_{fi} = \frac{1 + \psi_{fi} \cdot \xi}{\gamma_G + \gamma_{Q,1} \cdot \xi}$$

På så sätt är det en funktion av förhållandet $\xi = Q_{k,1}/G_k$.

Figur 16.6 visar η_{fi} som en funktion av förhållandet ξ och för olika värden på kombinationsfaktorn $\psi_{1,1}$, när $\gamma_G = 1,35$ och $\gamma_{Q,1} = 1,5$. Värdena 0,9, 0,7 och 0,5 motsvarar lastkategori E (lagerutrymmen), C/D (samlings- och affärslokaler) och A/B (rum och utrymmen i bostäder och kontorslokaler). Ett stort värde på förhållandet ξ är ofta kännetecknande för så kallade lätta konstruktioner, som träkonstruktioner.



Figur 16.6 Värden för faktorn η_{fi} som funktion av förhållandet mellan permanenta och variabla laster ξ .

16.3 Beräkning av brandmotstånd enligt Eurokod 5

Träkonstruktioners brandmotstånd kan beräknas enligt Eurokod 5 (SS-EN 1995-1-2) med en förenklad metod som ger tillfredsställande dimensioneringsekvationer och verifikationsvillkor. Följande termer används:

- Inbränningsdjup: övergångsområde mellan det förkolnade skiktet och resttvärsnittet.
- Resttvärsnitt: initialtvärsnittet minus tjockleken av det förkolnade skiktet.
- Effektivt tvärsnitt: initialtvärsnittet minus tjockleken av det förkolnade skiktet och ett skikt (d_0) därunder som kompenserar minskningen i hållfasthet och elasticitetsmodul.

I SS-EN 1995-1-2 anges tre olika beräkningsmetoder:

- Metoden med effektivt tvärsnitt.
- Metoden med reducerade egenskaper (reducerad hållfasthet och elasticitetsmodul).
- Avancerade beräkningsmetoder där bland annat temperaturförlopp, tvärsnittets fuktgradient och egenskapsvariationer med temperatur och fuktkvot beaktas.

Den första metoden möjliggör både en enkel analys och samstämmighet med det fysikaliska brandförloppet, därför behandlas den detaljerat här och används i dimensioneringsexemplen i *Limträhandbok Del 3*. För de andra metoderna hänvisas till Eurokod 5.

Eurokod 5 presenterar också olika grader av förenklingar:

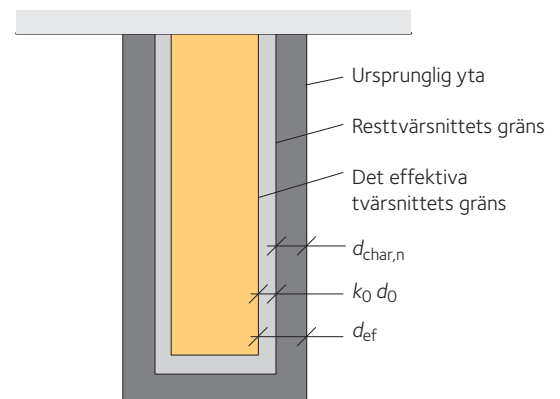
- Analys av hela konstruktionen där villkoret $A_{d,fi} \leq R_{d,fi}$ verifieras; när lasteffekten inte ökar under brandförloppet, vilket vanligtvis är fallet, kan värdet $\eta_{fi} = 0,6$ antas, förutom för variabla laster i kategori E (lagerutrymmen) där det rekommenderade värdet är $\eta_{fi} = 0,7$.
- Analys av en del av konstruktionen, med en ungefärlig utvärdering av de olika konstruktionsdelarnas samverkan.
- Analys av enskilda konstruktionsdelar, där vanliga användningsförhållanden beaktas som initialförhållanden.

I metoden med effektivt tvärsnitt beräknas det effektiva tvärsnittet så att initialtvärsnittet minskas med det effektiva inbränningsdjupet d_{ef} i figur 16.7:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

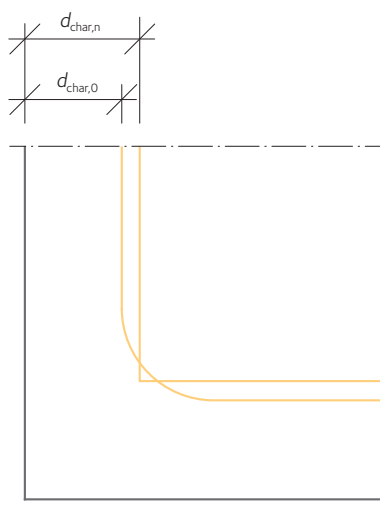
där:

- d_{ef} det effektiva inbränningsdjupet (det som ska subtraheras från tvärsnittets ursprungliga mått vid beräkning av det effektiva tvärsnittet).
- $d_{char,n}$ "faktiskt" inbränningsdjup, $d_{char,n} = \beta_n \cdot t$, där β_n är faktisk inbränningshastighet, som beaktar den negativa inverkan av sprickbildning och avrundning av hörnen, se tabell 16.2, sidan 243, från SS-EN 1995-1-2.
- k_0 koefficient mellan 0 och 1 (definieras senare).
- d_0 7 mm, skikt för att kompensera minskad hållfasthet och elasticitetsmodul.



Figur 16.7 Resttvärsnittet och det effektiva tvärsnittet enligt SS-EN 1995-1-2.

16.6



Figur 16.8 Tvärsnittsminskning på grund av hörnen enligt SS-EN 1995-1-2.

Om hörnet avrundas på grund av samtidig brandpåverkan på dess båda sidor, kan inbränningshastigheten β_0 användas, se figur 16.8. I en endimensionell brandsituation som till exempel i fallet med limträbalk, kan inbränningsdjupet beräknas med hjälp av inbränningshastigheten β_0 , vilket är nära resultaten vid endimensionell provning, se figur 16.8:

$$16.7 \quad d_{\text{char},0} = \beta_0 \cdot t$$

Avrundningsradien ska antas vara lika med inbränningsdjupet $d_{\text{char},0}$. Detta är tillåtet om tvärsnittets mindre mått har ett värde större än b_{min} enligt:

$$16.8 \quad b_{\text{min}} = \begin{cases} 2 \cdot d_{\text{char},0} + 80 & \text{om } d_{\text{char},0} \geq 13 \text{ m} \\ 8,15 \cdot d_{\text{char},0} + 80 & \text{om } d_{\text{char},0} < 13 \text{ m} \end{cases}$$

Om tvärsnittets mindre mått är eller blir mindre än b_{min} , ska β_n -värdena användas i stället. För limträkonstruktioner används vanligen ekvationen:

$$16.9 \quad d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t$$

Koefficienten k_0 antas vara lika med 1 för brandförlopp längre än 20 minuter, och varierar linjärt från 0 till 1 för tiden från 0 till 20 minuter. Om konstruktionsdelen är skyddad, är den tid som motsvarar värdet $k_0 = 1$ den kortare av följande två: tiden tills den skyddade konstruktionsdelen börjar brinna eller tiden tills skyddet mister sin verkan.

Följande ekvationer gäller för tvärsnittets dimensionerande hållfasthet och elasticitetsmodul samt förbandens bärförmåga:

$$16.10 \quad f_{d,fi} = k_{\text{mod},fi} \cdot \frac{f_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$16.11 \quad S_{d,fi} = k_{\text{mod},fi} \cdot \frac{S_{05} \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$16.12 \quad R_{d,fi} = \eta \frac{R_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

där f_k är det karakteristiska (5-procentsfraktilen) värdet för hållfastheten, S_{05} det karakteristiska (5-procentsfraktilen) värdet för modulen (E eller G), och R_k det karakteristiska (5-procentsfraktilen) värdet för förbandets bärförmåga, alla vid normaltemperatur.

Vid beräkning används följande koefficienter:

- k_{fi} modifierar 5-procentsfraktilen till 20-procentsfraktilen; olika värden för konstruktionsvirke (1,25), limträ och träbaserade skivor (1,15), trä mot trä-förband (1,15) och trä mot stål-förband (1,05) ska användas.
- $\gamma_{M,fi}$ partialkoefficienten vid brand (1,0).
- $k_{\text{mod},fi}$ en modifieringsfaktor vid brand som ersätter modifieringsfaktorn k_{mod} vid normal temperatur, se SS-EN 1995-1-1; värdet på $k_{\text{mod},fi}$ för denna beräkningsmetod är 1,0.
- η en reduktionsfaktor som beror på tiden t för brandpåverkan, förklaras i detalj senare.

Tabell 16.2 β_o och β_n -värden för trä och träbaserade material enligt SS-EN 1995-1-2.

Material	β_o (mm/min)	β_n (mm/min)
a) Barrträ och bok		
• Limträ med karakteristisk densitet $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,70
• Konstruktionsvirke med karakteristisk densitet $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,80
b) Lövträ		
• Konstruktionsvirke eller limträ med karakteristisk densitet $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,70
• Konstruktionsvirke eller limträ med karakteristisk densitet $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
c) Fanerträ		
• Med karakteristisk densitet $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,70
d) Träpanel och skivor		
• Träpanel	0,90*	–
• Plywood	1,00*	–
• Andra träbaserade skivor än plywood	0,90*	–

* Dessa värden kan tillämpas för en karakteristisk densitet på 450 kg/m^3 och en tjocklek på 20 mm. SS-EN 1995-1-2 har metoder för att beräkna värden för olika densiteter och tjocklekar.

Inbränningshastigheten för limträ är lägre än för konstruktionsvirke av samma träslag. En uppenbar orsak är att limträ är mera homogent. Limträ tillverkning med termoplastiska lim är vanligtvis inte tillåtet, men det krävs ändå försiktighet med värmehärdande lim eftersom några uppnår glasövergångstemperaturen eller bryts ner termokemiskt och förlorar vidhäftningen mot underlaget och eventuellt också skjuvhållfastheten, vid ungefär $150 - 160 \text{ }^\circ\text{C}$.

I en limträbalk kan limfogens nedbrytning under inbränningsdjupet förorsaka:

- en ökning av skjuvspänningar i ett område som både i restvärmsnittmetoden och det effektiva tvärsnittets metod bidrar till balkens bärförmåga och styvhet.
- som en följd därav en separation av lamellerna vilket skulle lämna limfogarna oskyddade mot värmepåverkan och på så sätt påskynda den ovan beskrivna processen, vilket skulle leda till hålbildning i ytan. Detta är sannolikt orsaken till en ökad inbränningshastighet vid standardbrand som några forskare har observerat i limträ i det område där skjuvspänningarna är som störst.



Sahlgrenska sjukhuset, Göteborg.

16.4 Förbandens brandmotstånd

I träkonstruktioner används ofta mekaniska fästdon och i allt större grad i nyare limträkonstruktioner. Sådana förband är väsentliga för konstruktionens statiska beteende. För att kunna beräkna en konstruktions bärförmåga vid brand måste man därför kunna utvärdera förbandens beteende.

Förbandsdelar och andra konstruktionsdelar av stål är ofta från brandteknisk synpunkt de svagaste punkterna i en konstruktion. Förband av stål ökar värmeledningen in i trämaterialen och alla stålkomponenter kan, på grund av värmeutvidgning, deformeras och försvaga konstruktionens stabilitet.

Tabell 16.3 De oskyddade förbandens brandmotstånd när sidostyckena är av trä enligt SS-EN 1995-1-2.

Förband med trä mot trä	$t_{d,fi}$ (min)	Villkor
Spikar	15	$d \geq 2,8$ mm
Träskruvar	15	$d \geq 3,5$ mm
Skruvar	15	$t_1 \geq 45$ mm
Dymlingar	20	$t_1 \geq 45$ mm
Förband med tandbrickor och motsvarande enligt SS-EN 912	15	$t_1 \geq 45$ mm

t_1 = Sidostyckets tjocklek
 d = Fästdonets diameter

16.13

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{req} - t_{d,fi})$$

där koefficienten k_{flux} introduceras, vilken också beaktar det ökade värmeflödet som fästdonet av stål förorsakar. k_{flux} antas vanligtvis vara 1,5. Därtill är enligt *tabell 16.2*, $\beta_n = 0,70$ mm/min för limträ.

En annan metod förekommer där tiden för brandmotstånd för ett skjvbelastat fästdon beräknas som funktion av reducerad bärförmåga. Fästdonets dimensionerande bärförmåga vid brand $R_{v,k,fi}$ kan beräknas med hjälp av bärförmågan vid skjuvning $R_{v,k}$ under normala förhållanden, beräknad enligt Eurokod 5, med hjälp av följande ekvation:

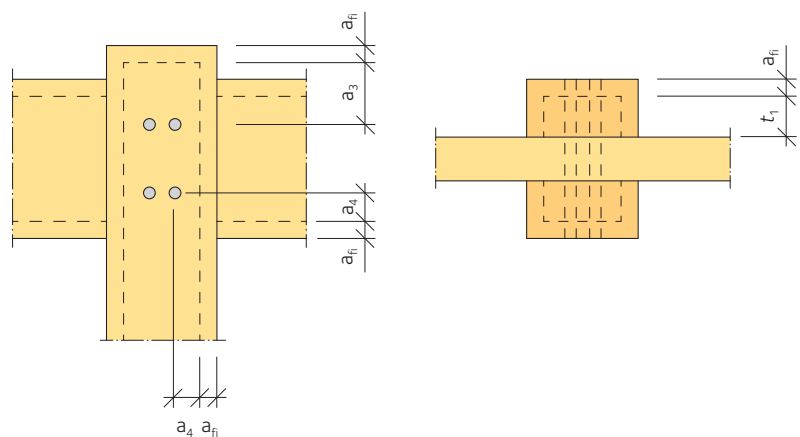
$$16.14 \quad R_{v,k,fi} = \eta \cdot R_{v,k}$$

där $\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}}$ och k beror på förbandstypen, enligt *tabell 16.4*, *sidan 245*.

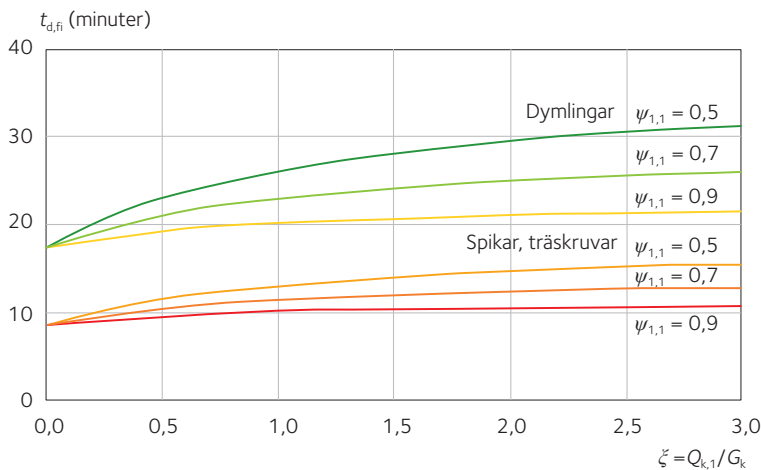
Följaktligen, kan brandmotståndet för ett oskyddat skjvförband beräknas enligt följande:

$$16.15 \quad t_{d,fi} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{\eta_{fi} \cdot \gamma_{M,fi}}{\gamma_M \cdot k_{fi}} \right)$$

där γ_M är partialkoefficienten för fästdonets bärförmåga vid normala förhållanden (se *Eurokod 5*), $\gamma_{M,fi}$ är partialkoefficienten för fästdonets bärförmåga vid brand och η_{fi} är den tidigare introducerade faktorn för dimensionerande last i brandfallet, se *ekvation 16.5*, *sidan 240*.



Figur 16.9 Förenklad dimensionering av förband med dymlingar, spikar eller träskruvar med försänkt skalle, när tiden för brandmotstånd $t_{req} \leq 30$ minuter, enligt SS-EN 1995-1-2.



Figur 16.10 Brandmotstånd för oskyddade skjuvbelastade trä mot trä-förband som funktion av ζ .

Oskyddade förband har nästan aldrig bättre brandmotstånd än 30 minuter. I figur 16.10 visas brandmotstånd för oskyddade skjuvbelastade trä mot trä-förband och de är beräknade utgående från k -värdena i tabell 16.4 och ekvation 16.15, sidan 244, och under antagande att $\gamma_M = 1,3$ och $k_{fi} = 1,15$. Brandmotståndet är en funktion av ζ och figuren bekräftar att oskyddade förband sällan kan uppnå en bättre brandklass än R30.

För att enkelt uppnå brandmotståndsklass R45 eller R60 för förband måste byggnadskonstruktören således i ett tidigt skede beakta möjligheten att skydda förbanden eller utforma förbanden dolda.

Tabell 16.4 Värderna på parametern k som används i ekvation 16.15, sidan 244, enligt SS-EN 1995-1-2.

Förbandstyp	k	Längsta brandmotståndstid (min) för parametern k när förbandet är oskyddat
Spikar och träskruvar	0,080	20
Trä mot trä med skruvar ($d \geq 12$ mm)	0,065	30
Stål mot trä med skruvar ($d \geq 12$ mm)	0,085	30
Trä mot trä med dymlingar* ($d \geq 12$ mm)	0,040	40
Stål mot trä med dymlingar* ($d \geq 12$ mm)	0,085	30
Andra fästdon (mellanläggsbrickor enligt SS-EN 912)	0,065	30

* Värderna för dymlingar får användas om det finns en skruv per fyra dymlingar. När dymlingarna sticker ut från trä mer än 5 mm ska k -värdena för skruvar användas.



Idrottshall Östersund Arena, Östersund.

16.5 Brandskydd av träkonstruktioner

16.5.1 Skydd av enskilda konstruktionsdelar

För att skydda träkonstruktioner för brand är de mest använda metoderna:

- Passivt skydd med ett kompakt ytskikt av något material vars enda funktion är att isolera trämaterialiet från värmepåverkan.
- Behandlingar som direkt påverkar materialets förbränningsprocess och innebär att brandskyddskemikalier tillsätts i träet eller på dess ytor och förhindrar eller fördröjer träets antändning och förkolning.

Brandskyddsmedlen som tillsätts i trämaterialiet innehåller vanligtvis kemikalier som kan:

- hämma oxidering genom att neutralisera fria radikaler, som kan reagera med syre, O, som till exempel H-, OH- eller motsvarande, eller genom att frigöra inerta radikaler som halogenföreningar (som dock bör undvikas av miljö- och hälsoskäl).
- utveckla icke-brännbara gaser som späder ut de gaser som bildas vid termisk nedbrytning av trä och på så sätt förhindra att de antänds. Exempel är ammoniumfosfater som vid en viss temperatur bryts ner till reaktiva gaser som ammoniak, vilka ändrar sammansättningen av luft-bränsleblandningen och på så sätt förhindrar flamspridning.

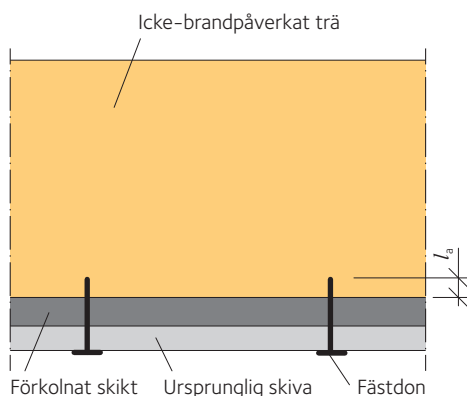
Denna typ av brandskyddsmedel kan ge en bättre ytskiktssklass, men påverkar normalt inte förkolningen av trä och påverkar därför inte en träkonstruktions brandmotstånd.

För ytbehandling kan man antingen använda sig av icke-svällande föreningar vars komponenter under värmeverkan avger icke-antändliga gaser eller radikaler som förhindrar oxidationsprocessen i gasfasen och sålunda släcker flammorna (ungefär som vid impregnering), eller svällande system. Svällande system består av ett bindemedel, komponenter som bildar ett ytskikt och ger vidhäftning. Ytskiktet expanderar under värmepåverkan. Svällande system bygger på så sätt upp ett "skum" som stelnar till ett lätt, eller beroende på den kemiska kompositionen, hårt skikt med låg värmeledningsförmåga, vilket gör att det fungerar som ett isoleringsmaterial. Ett sådant skikt kan fördröja att förkolningen startar och på så sätt bidra till ökat brandmotstånd.

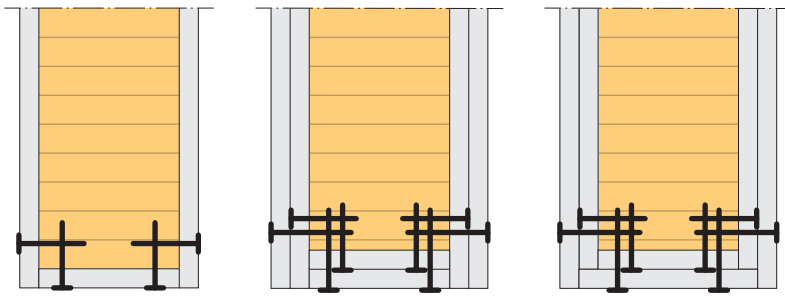
Passivt skydd med hjälp av isoleringsskivor kräver förutom korrekt dimensionering också omsorgsfull montering så att bristfällig eller lös fastsättning inte äventyrar skyddets effektivitet.

När man utnyttjar träbaserade skivor eller gipsskivor (typ A eller H enligt SS-EN 520), är det tillräckligt att följa de instruktioner som skivtillverkaren tillhandahåller. När skivor med bättre brandegenskaper (typ F enligt SS-EN 520) används kan konstruktionsdelens eller förbandets brandmotstånd ökas väsentligt. Skivan ska fästas så att fästdonens inträngningsdjup i resttvärsnittet l_a är minst 10 mm, se figur 16.11. I båda fallen är det viktigt att beakta skivornas nedfallstider vid brandpåverkan.

En allmän regel är att en enskild skyddande skiva med tjocklek h_p , som används i en skydds konstruktion med flera skikt, ska fästas i konstruktionsdelen av trä och inte i de andra skivorna, se figur 16.11 och 16.12, så att minimikravet beskrivet tidigare uppfylls. Fästdonens



Figur 16.11 Infästning av gipsskivor i trä, fästdonets inträngningsdjup l_a i icke-brandpåverkat trä, enligt SS-EN 1995-1-2.



Figur 16.12 Exempel på infästning av flerskiktiga brandskyddsbeklädnader, enligt SS-EN 1995-1-2.

inbördes avstånd ska vara minst 60 mm, och inte mer än 200 mm eller $17 h_p$, vilket som är mindre. Fästdonens kantavstånd ska vara minst 15 mm eller $1,5 h_p$, vilket som är mindre, och inte större än $3 h_p$.

16.5.2 Skydd av förband

Bärförmågan vid brand hos förband kan i brist på bättre information antas vara densamma som för oskyddade förband, alltså vanligtvis under 30 minuter, se avsnitt 16.4, sidan 243. Dimensionering av förband och förbandets skydd med avseende på brand är ytterst viktigt.

När förbanden är skyddade med träbaserade skivor eller gipsskivor (typ A eller H enligt SS-EN 520) fördröjer skyddsskiktet början av brandinträngningen med tiden t_{ch} som ges av:

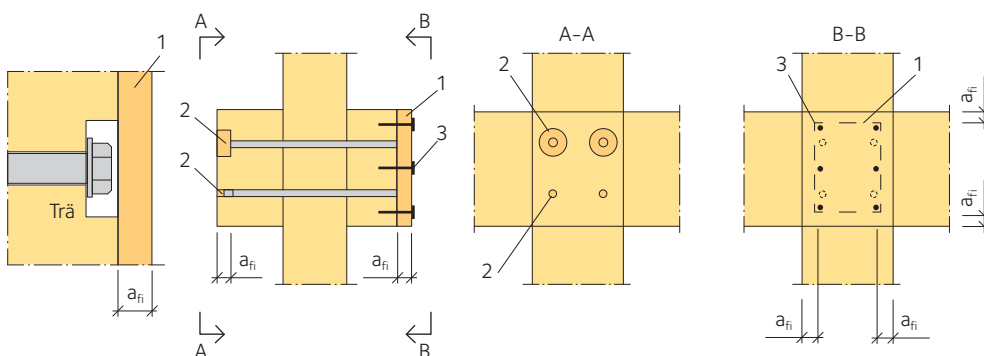
$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5t_{d,fi} \quad 16.16$$

där t_{req} är förbandets erforderliga brandmotstånd och $t_{d,fi}$ det oskyddade förbandets brandmotstånd.

Om skyddet är gjort av gipsskivor av typ F enligt SS-EN 520 fördröjer skyddsskiktet början av brandinträngningen med:

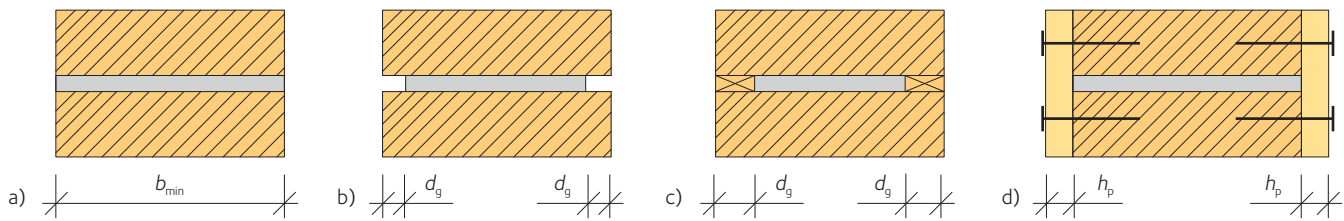
$$t_{ch} \geq t_{req} - 1,2t_{d,fi} \quad 16.17$$

Skyddet måste hållas på plats åtminstone tills inbränningen i träet börjar, alltså till tiden t_{ch} . Skivorna och deras infästning ska därför uppfylla vissa minimikrav, se figur 16.13.



Figur 16.13 Skydd för skruvar och dymlingar.

1. Detalj av skydd med skiva.
2. Inlimmade träpluggar.
3. Infästning av skivor (modifierad från SS-EN 1995-1-2).



Figur 16.14 Kantskydd för inslitsade plåtar.
 a) Oskyddad plåt,
 b) plåten skyddas av luftspalt,
 c) med inlimmad fyllnadslast,
 d), med skivor, enligt SS-EN 1995-1-2.

Tabell 16.5 Bredden på stålplåtar med oskyddade kanter.

	Brandklass	b_{\min} (mm)
Oskyddade kanter (i allmänhet)	R 30	200
	R 60	280
Oskyddade kanter (vid 1 eller 2 sidor)	R 30	120
	R 60	280

Skydd för skruvskallar och muttrar ska ha en tjocklek som är minst a_{fi} , se *ekvation 16.13, sidan 244*. Fästdonens kantavstånd ska inte vara mindre än a_{fi} , deras inbördes avstånd får inte vara större än 100 mm vid kanten och 300 mm för inre fästdon. Träskruvarnas eller spikarnas inträngningsdjup får inte vara mindre än 6 gånger diametern (skivor av typ A och H); för gipsskivor av typ F ska inträngningsdjupet i opåverkat trä vara minst 10 mm vid tiden t_{req} .

För förband med inslitsade stålplåtar med en tjocklek på minst 2 mm som inte har utstickande delar utanför träytan, se *figur 16.14 a)*, ger *tabell 16.5* den minsta tillåtna plåtbredden.

Stålplåtar som är smalare än trädelarna anses vara skyddade, och minimibredden i *tabell 16.5* behöver inte följas, om:

- plåttjockleken ≤ 3 mm och kanterna är oskyddade, där d_g är större än 20 mm (R 30) eller 60 mm (R 60), se *figur 16.14 b)*.
- plåtar med skyddade kanter (trä- eller skivfyllnad) där tjockleken d_g eller $h_p \geq 10$ mm (R 30) eller 30 mm (R 60), se *figur 16.14 c)* och *16.14 d)*.

Skydd med yttre stålplåtar (som ska dimensioneras enligt Eurokod 3, SS-EN 1993-1-2) har lågt brandmotstånd, vanligtvis mindre än 20 – 30 minuter, trots att deras yta i kontakt med trä kan antas vara icke utsatt. Därför är det bättre att använda trä eller träbaserade skivor i stället för stålplåtar. Stålplåtar kan övervägas om de fullständigt (både sidor och kanter) täcks av konstruktionsdelar vars minsta storlek a_{fi} är:

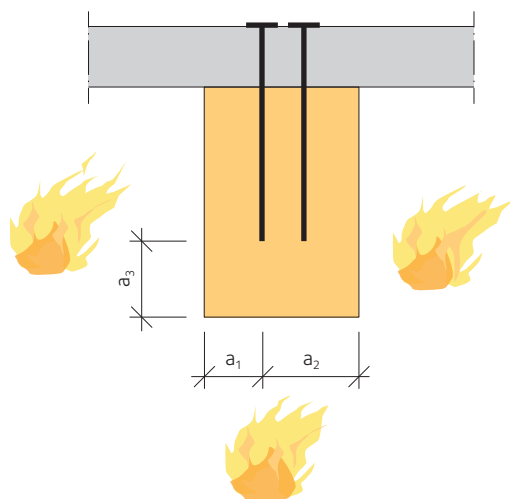
$$16.18 \quad a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{req} - 5)$$

Ekvationen är analog med *ekvation 16.13, sidan 244*, om stålplåtens brandmotstånd är 5 minuter.

Brandmotståndet för axiellt belastade träskruvar som skyddas mot brand av trä, se *figur 16.15*. Träets skyddsverkan när $a_2 \geq a_1 + 40$; $a_3 \geq a_1 + 20$; $a_1 \geq \beta \cdot t_{d,fi} + 28$ (med a_1 , a_2 , a_3 i mm och β vanligtvis antagen att vara 1 mm/min) kan η (parameter i *ekvation 16.12*) antas vara 1,0 och träets skyddsverkan på förbandet anses vara tillräcklig.

För att skydda träförband är det därför viktigt att trädelarnas brandmotstånd är signifikant. Skyddsverkan kan uppnås med avskärmning, som är mycket effektiv antingen när förbandet inte kan placeras innanför trädelen, se *figur 16.16, sidan 249*, eller när utsatta förband gjorda av T-profil ska skyddas. *Figur 16.16* och *16.17 b)*, *sidan 249*, hänvisar till kraven för klass R60.

För förband mellan primärbalkar och sekundärbalkar, se *figur 16.17, sidan 249*, marknadsförs olika T-formade byggbeslag som är avsedda att sättas in i en konstruktionsdel av trä för att uppnå en mera estetisk effekt, se *figur 16.17 c)*, *sidan 249*, och *kapitel 14, sidan 198*.



Figur 16.15 Definition av avstånd för axiellt belastade träskruvar, enligt SS-EN 1995-1-2.



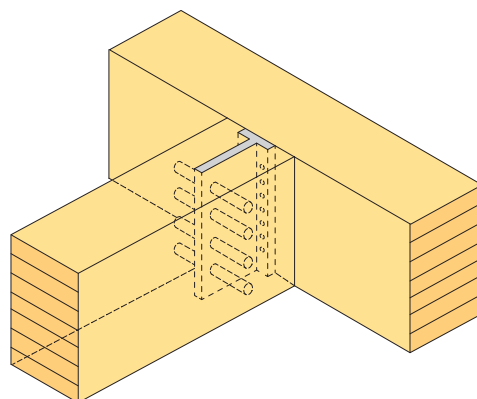
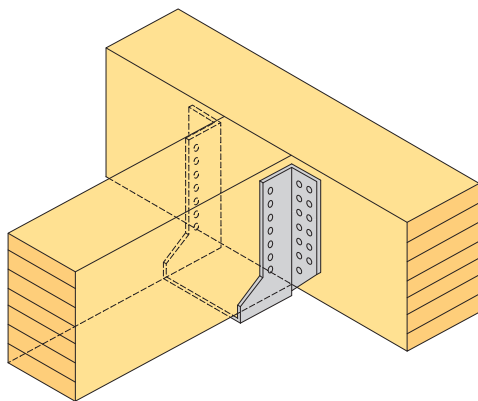
Figur 16.16 Anslutningar som kan behöva brandskyddas med hjälp av obrännbar skiva.



a)



b)

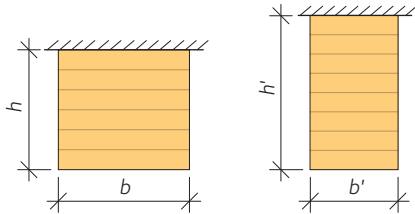


c)

Figur 16.17

- a) Förband mellan sekundärbalk och primärbalk,
 b) skyddad med obrännbar skiva,
 c) alternativ för ett mera estetiskt förband mellan sekundärbalk och primärbalk.

16.6 Dimensionering och utförande



Figur 16.18 "Brett" och "smalt" limträtvärsnitt.

Dimensionering och utförande av limträbalkar och limträpelare kan vara avgörande för att uppnå önskat brandmotstånd.

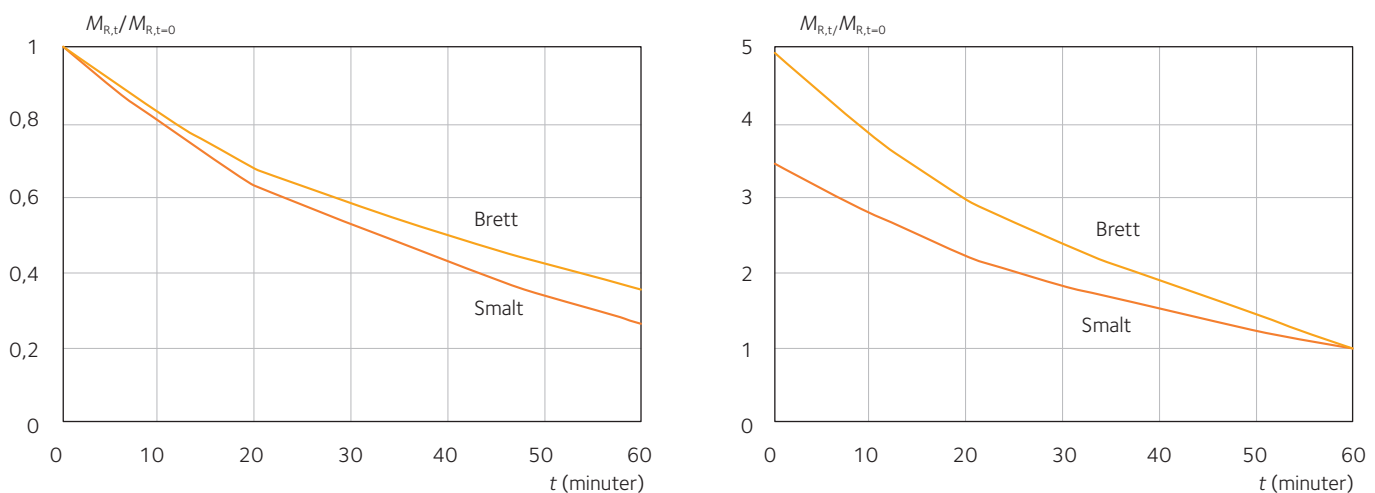
För det första ska man överväga förhållandet mellan den brandpåverkade balkens tvärsnittsbredd och -höjd. Som exempel kan man ta två limträtvärsnitt som är utsatta för brand på tre sidor och som har olika förhållanden mellan bredd och höjd men samma böjmotstånd. De har då samma bärförmåga vid böjmoment under normala förhållanden, se figur 16.18. Dessa tvärsnitt kallas här för "brett" och "smalt".

Figur 16.19 visar olika beteende under brandpåverkan för "brett" (med stort förhållande mellan bredd och höjd) och "smalt" (med litet förhållande mellan bredd och höjd) tvärsnitt. Det smala tvärsnittet är typiskt för en limträbalk.

För större bredd-höjdförhållanden visar kurvorna en mindre brant nedgång och därför förlorar det breda tvärsnittet bärförmågan något långsammare än det smala, se figur 16.19, vänster. I exemplet är balkstorlekarna 220 × 240 mm ("brett" tvärsnitt) och 160 × 280 mm ("smalt" tvärsnitt) och beräkningarna har gjorts enligt metoden för effektiva tvärsnitt (med en korrektion på ungefär 1 procent för att ge de båda tvärsnitten samma initialbärförmåga vid böjmoment).

Anta att en viss bärförmåga krävs vid tiden t från början av brandpåverkan. Om man har två tvärsnitt med samma bärförmåga efter en given tid (till exempel $t = 60$ minuter) så har ett smalt tvärsnitt hela tiden före tidpunkten t bättre bärförmåga vid böjmoment. Fortsättningsvis innebär valet av ett smalt tvärsnitt bättre bärförmåga ända till tiden t . Linjerna i figur 16.19, höger har samma bärförmåga efter tiden $t = 60$ minuter för limträ när initialtvärsnitten är 200 × 200 mm ("brett" tvärsnitt) och 140 × 280 mm ("smalt" tvärsnitt). Också i detta fall gjordes en liten korrektion (ungefär 1 procent) för att de två tvärsnitten skulle ha samma slutliga bärförmåga vid böjmoment.

Det är också utomordentligt viktigt att ta hänsyn till beteendet av axiellt tryckta limträpelare för vilka stabilitet mot knäckning blir viktigt under brandpåverkan, vanligtvis från alla fyra sidor.



Figur 16.19 Förminskning av bärförmågan mot böjmoment för "brett" och "smalt" limträtvärsnitt.

När pelaren är kontinuerlig över flera våningsplan (olika brandceller) och när den är en del av en stabiliserad ram, kan man anta fördelaktigare randvillkor än vid dimensionering vid normal temperatur. I de mellanliggande våningsplanen kan pelaren antas vara fast inspänd i båda ändarna, medan den i det översta våningsplanet kan antas vara fast inspänd i den nedre änden, se figur 16.20. Pelarlängden L kan antas vara som visas i samma figur.

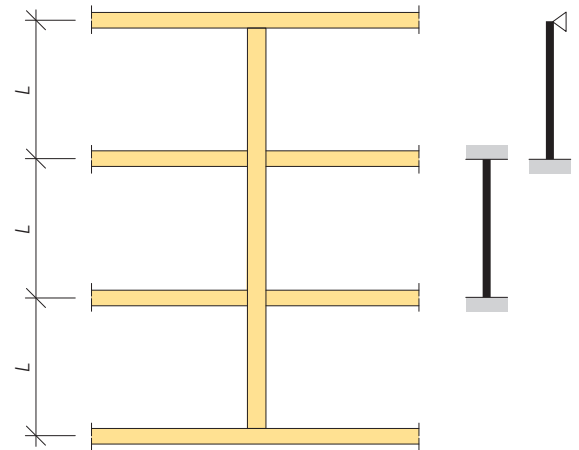
En pelares stabilitet under brandpåverkan kan bli kritisk även när slankhetstalet är litet och det erforderliga brandmotståndet är måttligt.

Några exempel visas i figur 16.21 för limträpelare i hållfasthetsklass GL24h med kvadratisk tvärsnitt med sidlängden 160, 200 och 240 mm och höjden $l_0 = 3\,000$ mm. Motsvarande slankhetstal λ_y är sålunda ungefär 65, 52 och 43. Reduktionsfaktor η_{fi} , se ekvation 16.5, sidan 240, för lastens dimensioneringsvärde har antagits vara 0,5, 0,6 och 0,7. Värdet $\eta_{fi} = 0,6$ rekommenderas i SS-EN 1995-1-2, förutom för variabla laster i kategori E (lagerutrymmen), där det rekommenderade värdet är $\eta_{fi} = 0,7$.

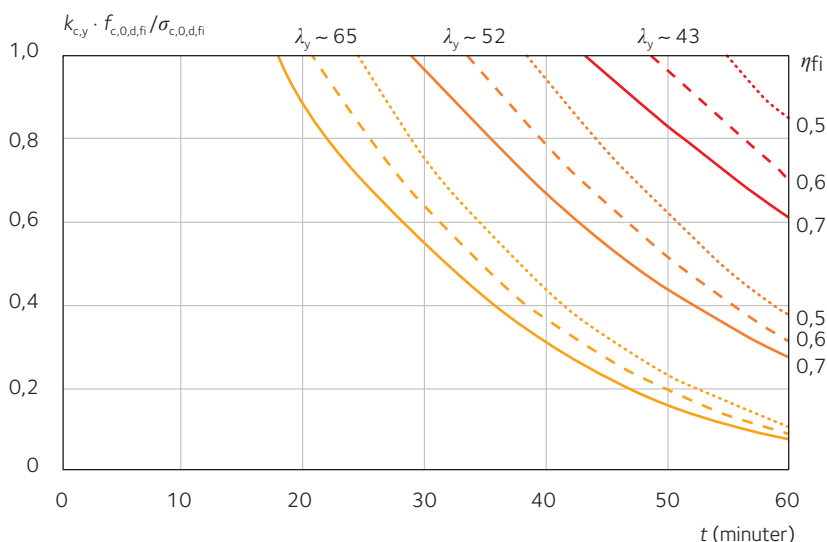
Horisontella koordinaten för varje punkt med vertikal koordinat 1,0 definierar därför, för godtycklig kombination av slankhetstal λ_y och reduktionsfaktor η_{fi} , värdet på brandmotståndet i minuter.

Figur 16.21 visar att endast pelare med slankhetstal λ_y mindre än 50 och $\eta_{fi} \leq 0,6$ tillförsäkrar brandklass R30, medan samma pelare kan uppnå brandklass R60 bara om den ursprungliga spänningsnivån (normala förhållanden) reduceras tillräckligt. En pelare vars slankhetstal från början är $\lambda_y \approx 43$ och reduktionsfaktor $\eta_{fi} = 0,7$ bör till exempel belastas med maximalt 40 procent av dess ursprungliga bärförmåga om brandklass R60 ska uppnås.

Limträpelare bör därför dimensioneras noggrant om bättre brandklass än R30 krävs, eftersom minskningen av tvärsnittets bärförmåga hänger samman med en snabb ökning av slankhetstalet. Konstruktören måste beakta reduktionen av limträpelares bärförmåga vid brand genom att öka pelarens tvärsnittsdimensioner.



Figur 16.20 En kontinuerlig pelares knäcklängd under brandpåverkan, enligt SS-EN 1995-1-2.



Figur 16.21 Brandmotstånd för pelare med olika slankhetstal.

16.7 Brandmotstånd hos infästningsdetaljer och förband – några generella lösningar

Tabell 16.6 Exempel på brandskyddsisolering.

Material	Minimitjocklek (mm)	
	R30	R60
Stenullskivor	30	70
Brandskyddsfärg	¹⁾	¹⁾
Normalgipsskivor (typ A)	12,5	–
Brandgipsskivor (typ F)	12,5	25 (A+F)
Gipsfiberskivor	10	20
Träskivor, till exempel plywood	15	45
Träpanel, spontad	12	30

¹⁾ Enligt tillverkarens anvisningar.

Limträelement har utomordentligt goda brandegenskaper, men förbindningar och anslutningar av stål kan vara svaga punkter som ofta behöver brandskyddas för att konstruktionen som helhet ska uppfylla avsedd brandteknisk klass.

Branddelen av Eurokod 5 (SS-EN 1995-1-2) innehåller regler för att beräkna bärförmågan hos både skyddade och oskyddade spik- och skruvförband vid brandpåverkan, men nyanserade metoder saknas för närvarande. Nedanstående lösningar baseras främst på tyska erfarenheter (Kordina et al). Angivna lösningars respektive brandmotstånd måste verifieras från fall till fall gällande dimensioner och mått.

16.7.1 Förband

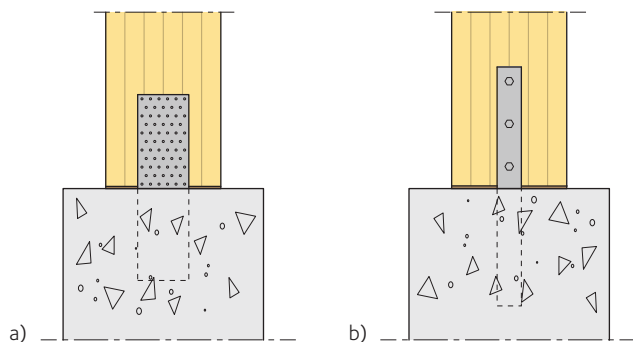
Den karakteristiska bärförmågan hos förbindare av stål (spikar, skruvar, dymlingar) avtar med ökande temperatur på samma sätt som för stålkonstruktioner och kraftöverföring mellan förbindare och förkolnat trä kan inte utnyttjas. I praktiken innebär det att kraftöverförande förband som regel måste brandskyddas, till exempel enligt tabell 16.6 för att uppnå högre brandteknisk klass än R30.

Symmetriska, tvärkraftsbelastade trä mot trä- eller trä mot stål-förband kan antas uppfylla kraven för R15 utan särskilda åtgärder enligt SS-EN 1995-1-2. Mellanstycken av stål, till exempel inslitsade plåtar, förutsätts därvid vara minst 2 mm och sidostycken minst 6 mm tjocka.

16.7.2 Pelarfot

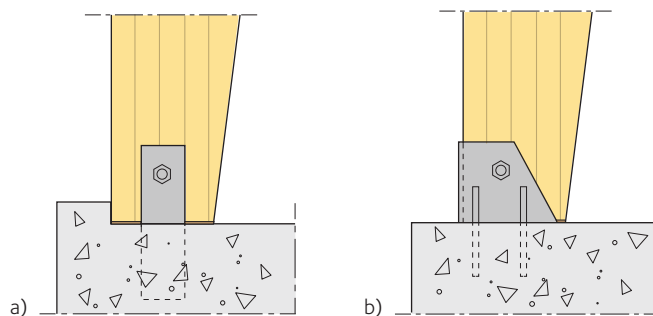
Ledad pelarfot

Ledad infästning av pelarfot, där kraftöverföringen i huvudsak sker genom kontakttryck, till exempel enligt figur 16.22 a) eller b), bedöms uppfylla kraven för klass R60 utan särskilt brandskydd. Även horisontalkrafter bör kunna tas upp genom anliggning mot betongklack enligt figur 16.23 a) för att klara R60 utan särskilda åtgärder. Pelarfot med stålsko enligt figur 16.23 b), en vanlig lösning vid treledsramar, bedöms klara R30 utan brandskydd, men stålplåten måste dimensioneras för brandfallet.



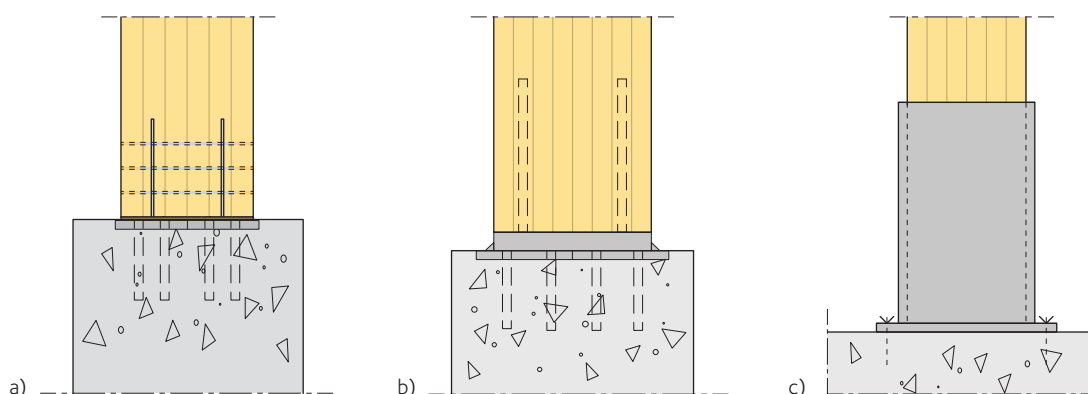
Figur 16.22 Ledad infästning av pelarfot.

- a) Ingjuten spikningsplåt: R60.
b) Ingjuten plattstång och skruv: R60.



Figur 16.23 Ledad infästning av ramfot.

- a) Med betongklack: R60.
b) Stålsko: R30.



Figur 16.24 Inspänd pelarfot.

- a) Inslitsade stålplåtar och dymlingar: R30 eller R60 beroende på dimensioner.
- b) Inlimmad skruv: R30 eller R60 beroende på dimensioner.
- c) Pelarholk av stål: Brandskyddas.

Inspänd pelarfot

Inslitsade stålplåtar och dymlingar enligt *figur 16.24 a)* bedöms uppfylla kraven för R30 och R60 beroende på dimensioner och brandskydd. Inspänd pelarfot med inlimmad skruv enligt *figur 16.24 b)* bedöms uppfylla kraven för R30 och R60 beroende på dimensioner. Kantavstånden för skruvarna väljs så att de ligger inom det effektiva resttvärsnittet. Vid utförande med stålsockel måste denna brandskyddas.

Pelarholk av stål enligt *figur 16.24 c)* måste brandskyddas (se till exempel *tabell 16.6*) om krav ställs på brandteknisk klass.

Vid inspänning med laskar av stålplåt måste dessa brandskyddas, till exempel *tabell 16.6*, om det ställs krav på brandteknisk klass. Kantavstånd för spik eller skruv med eventuella mellanläggsbrickor väljs så att dessa ligger inom resttvärsnittet.

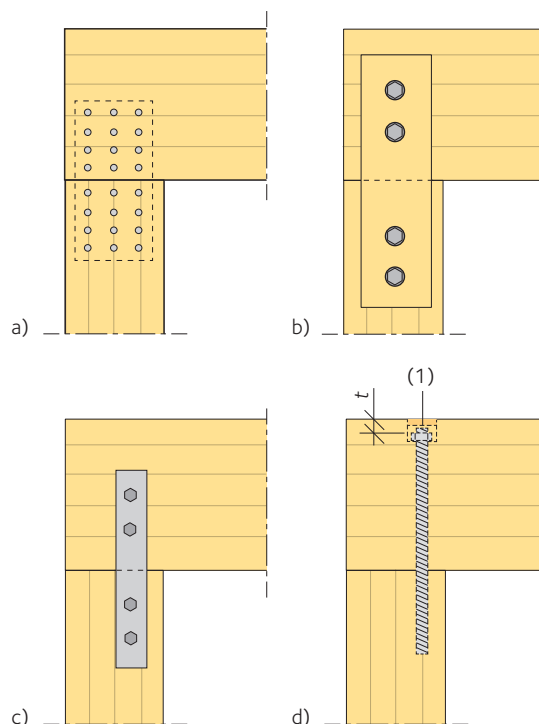
16.7.3 Pelartopp

Inslitsade stålplåtar och dymlingar enligt *figur 16.25 a)* bedöms uppfylla kraven för R30 och R60 beroende på dimensioner och brandskydd. Limträgaffel enligt *figur 16.25 b)* bedöms uppfylla kraven för R30 om gaffeln är mer än 25 mm tjock och R60 om gaffeln är mer än 40 mm. För balkar med större höjd än 4 gånger bredden ökas kravet på gaffelns tjocklek på grund av vippningsrisken till 80 respektive 140 mm. Utförandet är inte lämpligt om horisontalkrafter ska överföras vid brandpåverkan.

Infästning med plattstänger av stål enligt *figur 16.25 c)* bedöms uppfylla kraven för R30 om endast nedåtriktad vertikallast ska överföras och balkens sidostabilitet vid brand säkras genom särskilda åtgärder, till exempel genom att utnyttja anslutande tak- eller väggkonstruktion. För R60 krävs brandskyddsisolering enligt *tabell 16.6*.

Motsvarande anslutning med spikningsplåtar kräver brandskyddsisolering även i klass R30.

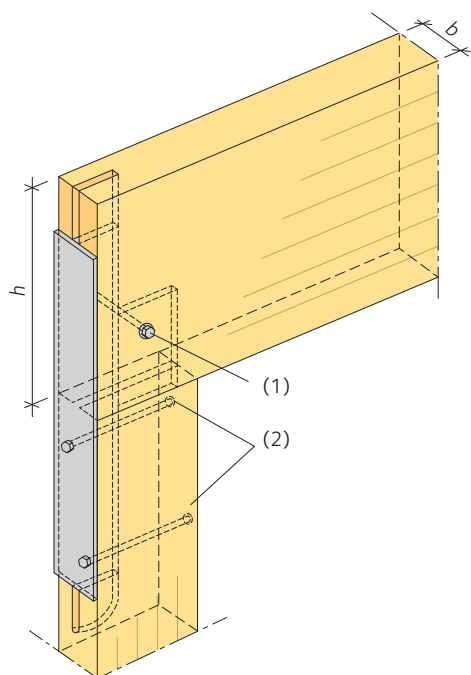
Infästning med inlimmad skruv enligt *figur 16.25 d)* bedöms uppfylla kraven för R30 eller R60 beroende på dimensioner. Skruvarnas kantavstånd väljs så att dessa ligger inom resttvärsnittet. Balkens sidostabilitet vid brand måste säkras genom särskilda åtgärder, till exempel via vägg- eller takkonstruktion.



Figur 16.25 Pelar-balkanslutning.

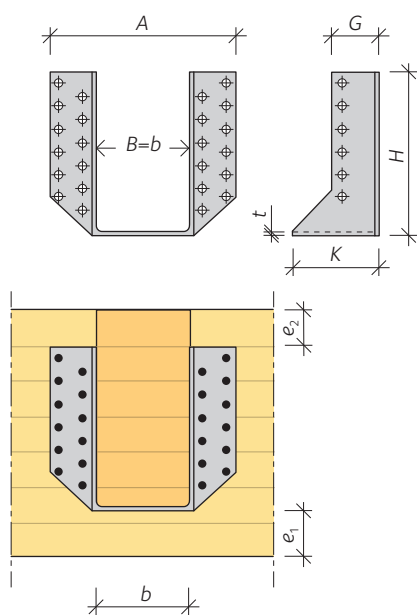
- a) Inslitsade stålplåtar och dymlingar: R30 eller R60 beroende på dimensioner.
- b) Gaffel av limträ: R30 eller R60 beroende på dimensioner.
- c) Plattstänger av stål: R30.
- d) Inlimmad skruv: R30 eller R60 beroende på dimensioner.

16.7 Brandmotstånd hos infästningsdetaljer och förband – några generella lösningar

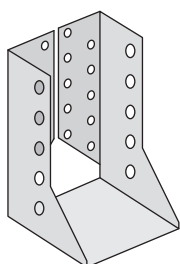


Figur 16.26 Pelar-balkanslutning med inslitsad T-profil: R30 eller R60 beroende på dimensioner.

- 1) Genomgående skruv.
- 2) Genomgående skruv med bricka.



Figur 16.27 Anslutning av sekundärbalk med balksko av standardtyp: R30.



Figur 16.28 Balksko med inåtvikta flikar.

Tabell 16.7 Minimimått för klass R30 vid anslutning av sekundärbalk med balksko av standardtyp. Beteckningar enligt figur 16.27 och 16.29.

(mm)	Utnyttjandegrad ¹⁾ 33 procent	Utnyttjandegrad ¹⁾ 75 procent
B	100	120
A	170	200
G	40	44
K	75	85
t	2	2
e ₁	50	100
e ₂	20	30
Spiklängd	75	75
Antal spik (st)		
i primärbalk	2 × 6	2 × 7
i sekundärbalk	2 × 12	2 × 13

¹⁾ Lasteffekten vid brandpåverkan i procent av dimensionerande bärförmåga vid dimensionering utan hänsyn till brand.

Källa: Kordina et al.

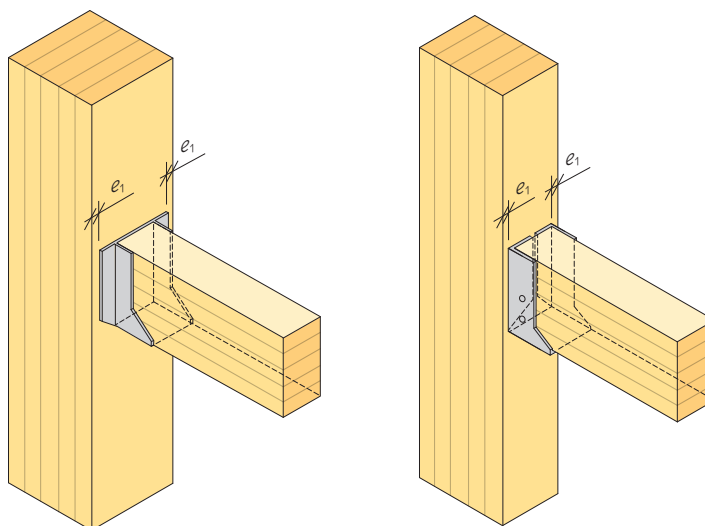
Anslutning med inslitsad T-profil enligt figur 16.26 kan klassificeras i R30 om balkbredden är minst 120 mm och i R60 om den är minst 230 mm. Slitsens bredd får i båda fallen vara högst 10 mm. Vid slanka balkar ($h/b \geq 4$) i klass R60 ska T-profilens baksida brandskyddsisoleras, till exempel enligt tabell 16.6 för att förkolning i slitsen inte ska förorsaka stabilitetsproblem.

16.7.4 Anslutning av sekundärbalk

Balkskor utan brandskyddsisolering, se figur 16.27, kan klassificeras i R30 om utnyttjandegraden är högst 75 procent. Minimimått enligt tabell 16.7 måste dock innehållas och dessutom krävs extra lång spik: 75 mm istället för normalt 40 mm.

Till samma brandtekniska klass hänförs balkskor med inåtvikta flikar enligt figur 16.28 om minimimått enligt tabell 16.7 uppfylls.

Vid anslutning mot pelare enligt figur 16.29 måste kantavståndet e_1 enligt tabell 16.7 innehållas för att brandklass R30 ska uppnås.



Figur 16.29 Kantavstånd vid balk-pelarslutning med balksko av standardtyp: R30 under vissa förutsättningar, se tabell 16.7.

16.7.5 Balkskarv

Skruvad balkskarv enligt *figur 16.30* uppfyller kraven för R30 utan brandskyddsisolering om lasteffekten vid brand är högst 65 procent av dimensionerande bärförmåga vid dimensionering utan hänsyn till brand.

Med brandskyddsisolering enligt *tabell 16.6* uppfylls kraven för R30 även om utnyttjandegraden vid brand är 100 procent.

Beslag enligt *figur 16.31* kräver brandskyddsisolering för att brandteknisk klass ska uppnås. Med isolering enligt *tabell 16.6* uppfylls kraven för R30 om utnyttjandegraden vid brand är högst 65 procent.

16.7.6 Nockskarv

Nockskarv med spikningsplåtar enligt *figur 16.32 a)* kräver brandskyddsisolering enligt *tabell 16.6* för att brandteknisk klass R30 eller R60 ska uppnås.

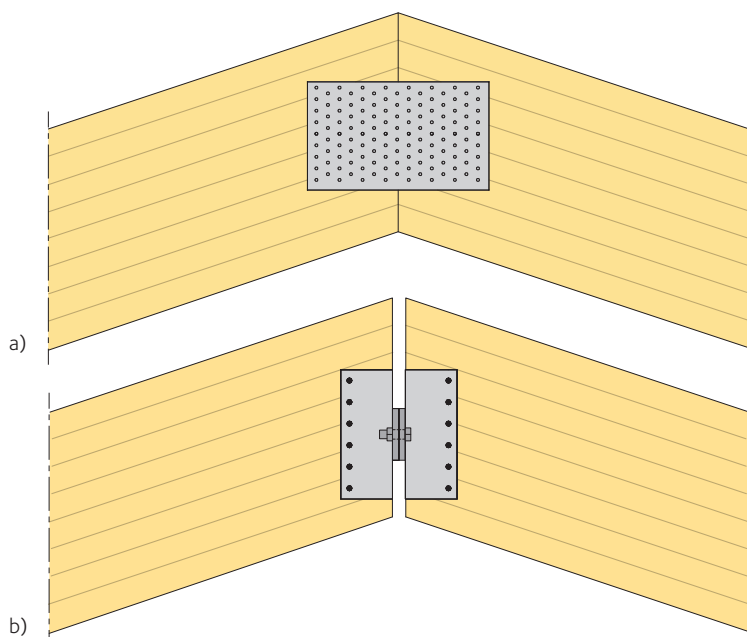
Vid högre utseendekrav kan nockbeslag enligt *figur 16.32 b)* vara ett lämpligt alternativ. Utan brandskyddsisolering bedöms utförandet uppfylla kraven för klass R30. Om mellanrummet mellan balkarna fylls med stenull ($\rho \geq 50 \text{ kg/m}^3$) och beslaget placeras inom det effektiva resttvärsnittet bedöms brandmotståndet motsvara klass R60, beroende på dimensioner.

16.7.7 Dragband av stål

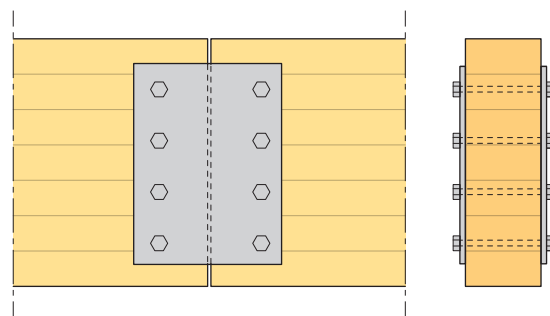
Ett oisolerat dragband av stål uppfyller som regel inte kraven för R30. Brandskyddsisolering sker enklast med rörskålar av stenull. Vid höga krav på utseendet kan dessa kläs in.

Observera att dragbandets förlängning på grund av temperaturökning är betydande även i brandskyddsisolerat utförande och att upplagen måste utformas med hänsyn härtill.

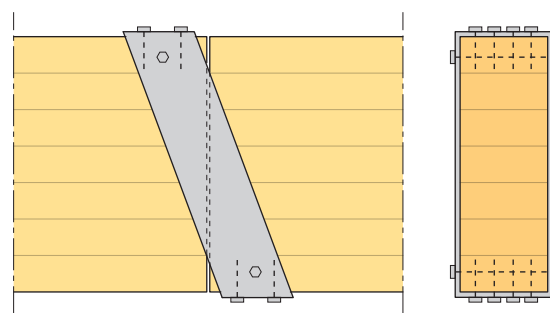
Dragbandsinfästning enligt *figur 16.33* måste brandskyddsisoleras för att uppnå brandteknisk klass. Material och isoleringstjocklek kan väljas enligt *tabell 16.6*.



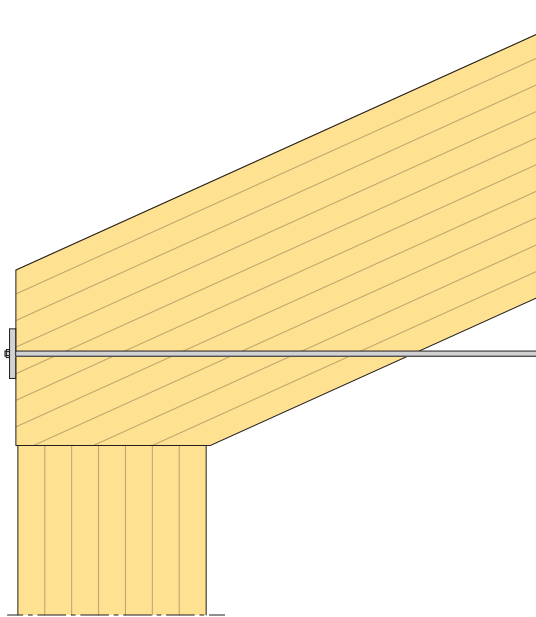
Figur 16.32 Nockskarv.
a) Spikningsplåtar: Brandskyddas.
b) Svetsat stålbeslag: R30.



Figur 16.30 Skruvad balkskarv: R30.



Figur 16.31 Gerberbalkskarv: Brandskyddas.



Figur 16.33 Dragbandsinfästning av stål: Brandskyddas.

Limträhandbok Del 2

© Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2016
Femte utgåvan

Utgivare

Föreningen Sveriges Skogsindustrier
Svenskt Trä
Box 55525
102 04 STOCKHOLM
Tel: 08-762 72 60
Fax: 08-762 79 90
E-post: info@svenskttra.se
www.svenskttra.se

Projektledare

Roberto Crocetti – Lunds Tekniska Högskola
Johan Fröbel – Svenskt Trä

Redaktörer

Eric Borgström – Svenskt Trä
Johan Fröbel – Svenskt Trä

Författare

Kapitel 4, 7–11, 13 och 15
Roberto Crocetti – Lunds Tekniska Högskola

Kapitel 5
Henrik Danielsson – Lunds Tekniska Högskola

Kapitel 3, 4 och 12
Eva Frühwald Hansson – Lunds Tekniska Högskola

Kapitel 2
Robert Kliger – Chalmers Tekniska Högskola

Kapitel 6
Annika Mårtensson – Lunds Tekniska Högskola

Kapitel 1 och 14
Erik Serrano – Linnéuniversitetet/Lunds Tekniska Högskola

Kapitel 14
Marie Johansson – Linnéuniversitetet

Kapitel 16
Alar Just – SP Hållbar Samhällsbyggnad
Maurizio Piazza – Universitetet i Trento, Italien
Birgit Östman – SP Hållbar Samhällsbyggnad

Referensgrupp och faktagranskare

Eric Borgström – Svenskt Trä
Leif Cederlöf – Setra Trävaror AB
Roberto Crocetti – Lunds Tekniska Högskola
Bo Edlund – Chalmers Tekniska Högskola
Mikael Fonselius – Woodvalue, Finland
Johan Fröbel – Svenskt Trä
Holger Gross – Gross Produktion AB
Jouni Hakkarainen – Metsä Wood, Finland
Åge Holmestad – Moelven Limtre AS, Norge
Thomas Johansson – Moelven Töreboda AB
Rune Karlsson – Rune Karlssons Byggprojektering i Hedemora
Greger Lindgren – Martinsons Byggsystem KB
Harald Liven – Moelven Limtre AS, Norge
Päivi Myllylä – Puuinfo OY, Finland
Tero Vesanen – Finnish Glulam Association, Finland
Gunnar Utskot – Vestlandske Limtre Industri AS, Norge

Medarbetare

Bengt Friberg – ProService Kommunikation AB
Lotta Olsson – ProService Kommunikation AB
Gabrielle Roland Waldén – GW Information
Marie Åsell – Svenskt Trä

Illustrationer

Vendela Martinac – Thelander Arkitektur & Design AB
Cornelia Thelander – Thelander Arkitektur & Design AB

Foto

Peter Ahlbin, sidan 34
Håkan Ahldén, sidan 116
Tommy Andersson, sidan 246, 247
Johan Ardefors, sidan 188
Per Bergkvist, sidan 190
Anders Eliasson, sidan 19, 73, 133
Glulam of Sweden AB, sidan 81, 101, 103, 107, 160, 185
Thomas Harrysson, sidan 112, 150, 176, 239
Sam Hedman, sidan 59
Sören Håkanlind, sidan 7, 8, nedre 9, 21, 22, 24, 29, 30, 32, 33, 35, 37, 46, 50, 64, 71, 74, 76, 85, 86, 87, 90, 95–98, 105, 106, 108, 114, 118, 124, 136, 142, 144, 147, 156, 157, 163-165, 174, 175, 188, 201, 206, 208, 218, 223, 225
Ola Högberg, sidan 100
Kerstin Jonsson, sidan 11, 100
Joakim Kröger, sidan 65
Åke E:son Lindman, sidan 1, 4, 204
Christian Ljung, sidan 68, 69, 99, 205
Martinson Group AB, sidan 16, 135, 227
Moelven Töreboda AB, sidan 9 övre, 20, 88, 89, 158, 195
Setra Group, sidan 66, 72, 79, 110, 132, 134, 194, 215, 217, 222, 243
Gösta Wendelius, sidan 26, 38, 123

Grafisk form och produktion

ProService Kommunikation AB

ISBN 978-91-980304-6-4



För mer information om limträ:
www.svenskttra.se

SVENSKT TRÄ™

Svenskt Trä verkar för kunskapsspridning, inspiration och utveckling som rör trä, träprodukter och träbyggande. Målsättningen är att genom information och inspiration öka träanvändningen i Sverige och på utvalda marknader utomlands. Svenskt Trä syftar också till att lyfta fram trä som ett konkurrenskraftigt, miljövänligt och hållbart material.

Svenskt Trä är en verksamhet inom branschorganisationen **Skogsindustrierna**. Bakom Svenskt Trä står svensk sågverks- och limträindustri.

© Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2016.

Box 55525
102 04 Stockholm
Tel: 08-762 72 60
Fax: 08-762 79 90
info@svenskttra.se
svenskttra.se



ISBN 978-91-980304-6-4