



# Verifiering av brandmotstånd genom fullskaleprovning, massivträ

*Slutrapport*

Anders Gustafsson

SP Träteknik

## INNEHÅLL

1. Förord .....	1
2. Sammanfattning .....	2
3. Bakgrund, syfte och avgränsningar .....	3
4. Arbete inom projektet .....	3
5 Vägg I, KL82 .....	4
5.1 Beskrivning av provning .....	4
5.2 Resultat från provning av vägg I .....	4
5.3 Resultat och slutsatser från provning av vägg I .....	5
6 Vägg II, KL120 .....	7
6.1 Beskrivning av provning .....	7
6.2 Resultat från provning av vägg I I .....	7
6.3 Resultat och slutsatser från provning av vägg II .....	8
7 Bjälklag I, kasettbjälklag .....	9
7.1 Beskrivning av provning .....	9
7.2 Resultat från provning av bjälklag I .....	10
7.3 Resultat och slutsatser från provning av bjälklag .....	10
8 Vägg och bjälklag, SETRA Trälyftet .....	12
8.1 Beskrivning av provning .....	12
8.2 Resultat från provning .....	12
8.3 Resultat och slutsatser från provning av vägg-bjälklag .....	14
9. Projektdokumentation .....	15

## 1. Förord

Flervåningshus där flerskiktlimmade skivor är den bärande stommen ökar allt mer på marknaden. De beräkningsmetoder som tagits fram under de senaste åren har varit baserade på mindre provstycken. Genom det arbete som genomförts inom detta projekt har underlag skapats för verifiering av befintliga beräkningsmetoder och kommande nya förbättrade beräkningsmetoder.

Arbetet har finansierats av TräCentrum Norr och deltagande företag.

Jag vill rikta ett varmt tack till alla deltagare för entusiasm och mycket gott samarbete. Förhoppningsvis har vi bidragit för att utveckla träbyggande i Sverige.

Ett speciellt tack till:

Viktor Rönnblom, Martinsons Byggsystem

Bengt Adolphi, SETRA

Ulf Haglind, SETRA Plusshus

Birgit Östman, SP Träteknik

Joachim Schmid, SP Träteknik

Jurgen König, SP Träteknik

Lars Boström, SP Brand

Skellefteå januari 2010

Anders Gustafsson, SP Träteknik

## 2. Sammanfattning

Inom projektet har fyra brandprov gjorts av fullstora byggdelar. Samtliga byggdelars bärande delar är av flerskiktlimmade skivor. Brandprovningarna har gjorts för att verifiera enskilda och sammansatta byggdelars bärförmåga vid brand och tjäna som underlag för kommande förbättrade beräkningsmetoder.

Projektet har genererat konkreta resultat gällande bärförmåga vid fullt utvecklad brand. Följande resultat har framkommit av provningarna:

**Väggtyp I**, med bärande flerskiktlimmad skiva, KL82 (Martinsons Group AB).  
Komplett vägg provades under 90 minuter utan brott uppstod. Last på vägg motsvarade ungefär den last som uppkommer vid ett femvåningshus. Lasten fördes över till utanpåliggande reglar under senare delen av provtiden.

**Väggtyp II**, med bärande flerskiktlimmad skiva, KL120 (Martinsons Group AB).  
I detta fall var enbart skivan KL120 bärande. Provingen pågick i totalt 140 minuter utan brott i konstruktionen. Bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I) uppfylldes under hela provtiden. Brandprovningen visar att konstruktionen klarar vid brand en linjelast på ca 86 kN per meter under minst 140 minuter. Befintliga beräkningsmetoder för inbränning och effektivt tvärsnitt stämmer relativt väl överens med provningsresultat.

**Bjälklag**, kasettbjälklag (Martinsons Group AB).  
Provingen pågick i totalt 92 minuter utan brott i konstruktionen. Bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I) uppfylldes under hela provtiden. Brandprovningen visar att konstruktionen klarar vid brand en ytlast av 1,0 kN/m<sup>2</sup> under minst 90 minuter.

**Väggar och Bjälklag av flerskiktlimmade skivor, SETRA Trälyftet**  
Provingen gjordes för en sammansatt konstruktion bestående av knutpunkten mellan två stycken volymmoduler. Ändamålet med provningen var att verifiera väggarnas och bjälklagens bärförmåga samt att fastställa funktionen att via en raskloss för över last till intilliggande väggdel.

Provingen pågick i totalt 60 minuter utan brott i konstruktionen. Bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I) uppfylldes under hela provtiden. Brandprovningen visar att konstruktionen klarar vid brand en ytlast av 1,0kN/m<sup>2</sup> under mer än 60 minuter. Väggdel som var direkt exponerad av brand kom efter 60 minuter sakna förmåga att uppta last. Intilliggande del av vägg var dock i princip opåverkad. Provingen indikerade på att lasterna fördes via rasklossen och att denna metod fungerar under verkliga omständigheter.

Provningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar. Resultaten från provningar bekräftar till vissa delar att teorin med större kantavstånd ger bättre skyddstider för gipsskivor, vilket är en konkurrensfördel för massivträbyggande.

### **3. Bakgrund, syfte och avgränsningar**

Standardiserade provningar av väggar och bjälklag i fullskala skall ske under belastning och har enbart gjorts för träregelstommar. För massivträstommar baseras nuvarande beräkningsmetoder på jämförelser med icke korslimmade skivor och helt solida skivor. I en jämförelse med helt solida skivor kan korslimmade produkter förväntas få betydligt lägre tillåten last på grund av att horisontella skikt enbart blir indirekt lastbärande i brandlastfallet. Skiktens placering, tjockleken och eventuella håligheter påverkar resultatet och för att kunna förutsäga olika tvärsnitts hållfasthet under brand krävs goda verifierade mätvärden för att beräkna hållfastheten.

Inom pågående projektet "Brandteknisk dimensionering av träkonstruktioner" ska beräkningsmetodiken inom Eurokod 5 vidareutvecklas och projektet bedrivs genom en kombination av experimentella studier i modellbrandugn och beräkningar. För att verifiera beräkningsmodellerna fullt ut krävs även instrumenterade fullskaleprovningar

Syftet med projektet är att stödja träbyggande att få användbara verktyg för att kunna med större exakthet beräkna träkonstruktioners bärande och avskiljande förmåga vid brand.

Målet för föreliggande projekt är att skapa underlag för verifiering av beräkningsmodeller för konstruktioner vid brand samt att vara ett stöd till industriparter för verifiering av sina produkter.

### **4. Arbete inom projektet**

Inom projektet har tre olika väggtyper och två olika bjälklagstyper brandprovats varav vid en provning genomfördes provningen som en sammansatt konstruktion. Nedan presenteras en kort sammanställning av utförda provningar och slutsatser. Komplet information framgår av följande rapporter.

Vägg I, KL82: Provningsrapport SP P901560-01B

Vägg II, KL120: Provningsrapport SP P901560-01D

Bjälklag: Provningsrapport SP P901560-01A

Vägg/bjälklag: Provningsrapport SP P901560-01C

Egenskaper ingående material: SP P901560-1, P901560-3

## 5 Vägg I, KL82

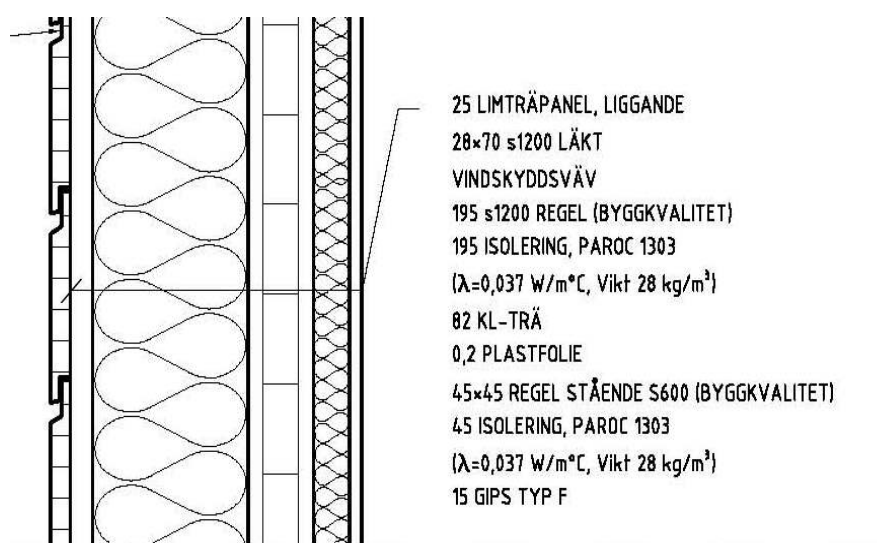
### 5.1 Beskrivning av provning

Provföremål beskrivet i Figur 1 har brandprovats enligt EN 1363-11:1999, EN 1365-1:1999 och tillämpliga delar EN 1363-2:1999. provningen gjordes för en komplett vägg med storleken 3x3 m<sup>2</sup>. Före provningen dokumenterades allt material och bärande delar av konstruktionen kontrollerades med avseende på överensstämmelse med egenskaper för normalskiva.

För dokumentation av händelseförlopp och arbete med nya beräkningsmetoder instrumenterades väggen med 38 termoelement. Väggen provades med en linjelast av 86 kN/m<sup>1</sup> vilket ungefär motsvarar lasten på den understa väggen för ett femvåningshus i brandlastfallet.

Pålagd last och vertikal deformation dokumenterades under hela provningen.

Observationer under provningen visade på mindre rökutveckling vid ena sidan och vid ett av hörnen efter 24 minuter respektive 46 minuter. Efter 54-62 minuter ramplar invändiga gipsskivor ner. Efter 92 minuter avslutas provningen utan att brott uppkommit i konstruktionen.



Figur 1 Sektion brandprovad vägg I

### 5.2 Resultat från provning av vägg I

#### *Observationer efter brand*

Gipsen på den brandexponerade sidan samt invändigt stående reglar var borta. Invändig isolering satt kvar. Massivträskivan hade börjat förkola och första lagret av trä (19 mm) hade påverkats, se Figur 2. Inga heta gaser kunde observeras på den av brand icke exponerade sidan. Deformationerna i vertikal led under den tid provobjektet var exponerad av brand var små, mindre än 2 mm. Temperaturer i väggen vid några tidpunkter blev:

	Efter 60 minuter (C)	Efter 90 minuter (C)
Bakom inv. gips	700-800	800-950
I KL-skiva*	18	70
Bakom KL-skiva	2-3	9-30
Utsida utv. Isolering	0,5	0,8

\* en givare



Figur 2 Sektion av vägg I efter brandprov

### **5.3 Resultat och slutsatser från provning av vägg I**

Provningen pågick i totalt 92,5 minuter utan brott i konstruktionen. Bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I) uppfylldes under hela provtiden.

Provningarna av väggens egenskaper före brand visade att KL-skivornas egenskaper som ingick i den provade konstruktionen stämmer väl överens med

normalskivornas egenskaper. Väggen konstruktion och ingående material kan därför betraktas som representativ.

Brandprovningen visar att konstruktionen klarar vid brand en linjelast på ca 86 kN per meter under minst 90 minuter.

Efter 60 minuter har flerskiktsskivan börjat påverkas av branden. Den vertikala bärförmågan är dock mycket hög under förutsättning att flerskiktsskivans ytterskikt är intakta. Exakt hur mycket flerskiktsskivan har påverkats har inte kunnat fastställas vid denna provning. Teoretiska beräkningar indikerar att påverkan är obetydlig (lägre än 145 grader).

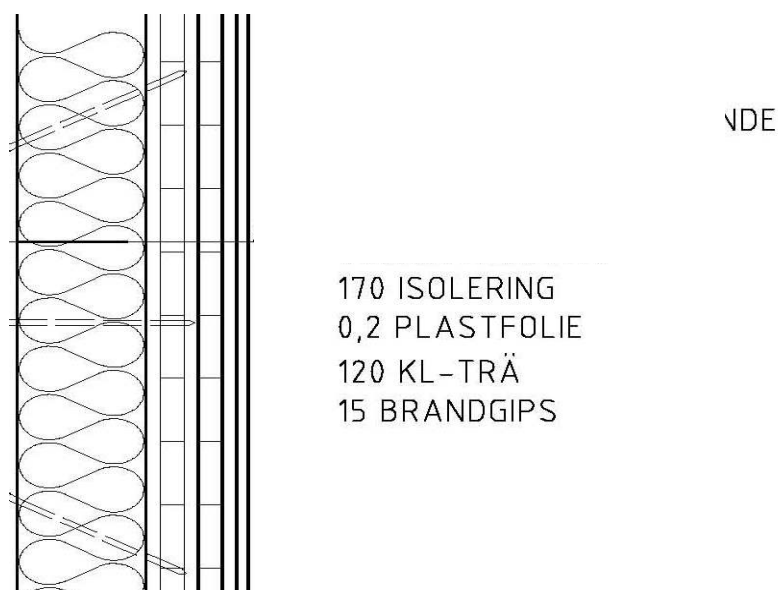
Efter 90 minuter är det de utanpåliggande reglarna 45x195 mm<sup>2</sup> som bär hela lasten. Provningen visar att konstruktionen klarar av att föra över den vertikala lasten under hela provningstiden vilket innebär att förstärkningar på skivan utsida fungerar. Infästning av utanpåliggande regler är avgörande för konstruktionens maximala bärförmåga.

Provningresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

## 6 V ägg II, KL120

### 6.1 Beskrivning av provning

Provföremål beskrivet i Figur 3 har brandprovats enligt EN 1363-11:1999, EN 1365-1:1999 och tillämpliga delar EN 1363-2:1999. provningen gjordes för en komplett vägg med storleken 3x3 m<sup>2</sup>. Före provningen dokumenterades allt material och bärande delar av konstruktionen kontrollerades med avseende på överensstämmelse med egenskaper för normalskiva. Brandgips monterades med större kantavstånd, ca 35 mm.



Figur 3 Sektion brandprovad vägg II

För dokumentation av händelseförlopp och arbete med nya beräkningsmetoder instrumenterades väggen med 27 termoelement. Väggen provades med en linjär belastning av 86 kN/m<sup>1</sup> vilket ungefär motsvarar lasten på den understa väggen för ett femvåningshus i brandlastfallet.

Pålagd last och vertikal deformation dokumenterades under hela provningen.

Observationer under provningen visade på att flammor slår ut genom skivskarvarna efter ca 29 minuter. Efter 60 minuter uppkommer horisontella sprickor centriskt på gipsskivorna. Gipsskivorna börjar rasa ner efter 115 minuter och provningen avslutas efter 140 minuter.

### 6.2 Resultat från provning av vägg I I

#### **Observationer efter brand**

Gipsen på den brandexponerade sidan samt invändigt stående reglar var borta. Invändig isolering satt kvar. Massivträskivan hade börjat förkola och första lagret av trä (19 mm) hade påverkats. Inga heta gaser kunde observeras på den av brand icke exponerade sidan. Deformationerna i vertikal led under den tid provobjektet var



exponerad av brand var små, mindre än 2 mm. Temperaturen i väggen vid några tidpunkter blev:

	Efter 60 minuter, (C)	Efter 90 minuter (C)	Efter 140 minuter (C)
Bakom inv. gips	550-600	680-720	725-875
I KL-skiva, 30 mm från varma sidan*	330,500	540,650	800,860
I KL-skiva, 70 mm från varma sidan*	100,350	100,470	470,850
I KL-skiva, 110 mm från varma sidan*	30,350	50,450	100,700
Bakom KL-skiva	18-23	19-23	25-40
Utsida utv. isolering	0,5	0,8	

\* två givare per placering

### **6.3 Resultat och slutsatser från provning av vägg II**

Provningen pågick i totalt 140 minuter utan brott i konstruktionen. Bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I) uppfylldes under hela provtiden.

Provningarna av väggens egenskaper före brand visade att KL-skivornas egenskaper som ingick i den provade konstruktionen stämmer väl överens med normalskivornas egenskaper. Väggens konstruktion och ingående material kan därför betraktas som representativ.

Brandprovningen visar att konstruktionen klarar vid brand en linjelast på ca 86 kN per meter under minst 140 minuter. Vid kontroll av väggens bärförmåga kan hänsyn tas till ökad inbränning i skivornas skarvar kan genom att minska väggskivans effektiva bredd. Befintliga beräkningsmetoder för inbränning och effektivt tvärsnitt kan nyttjas.

Resultaten från provningar bekräftar till vissa delar teorin om att större kantavstånd ger bättre skyddstider för gipsskivor.

Provningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

## 7 Bjälklag I, kasettbjälklag

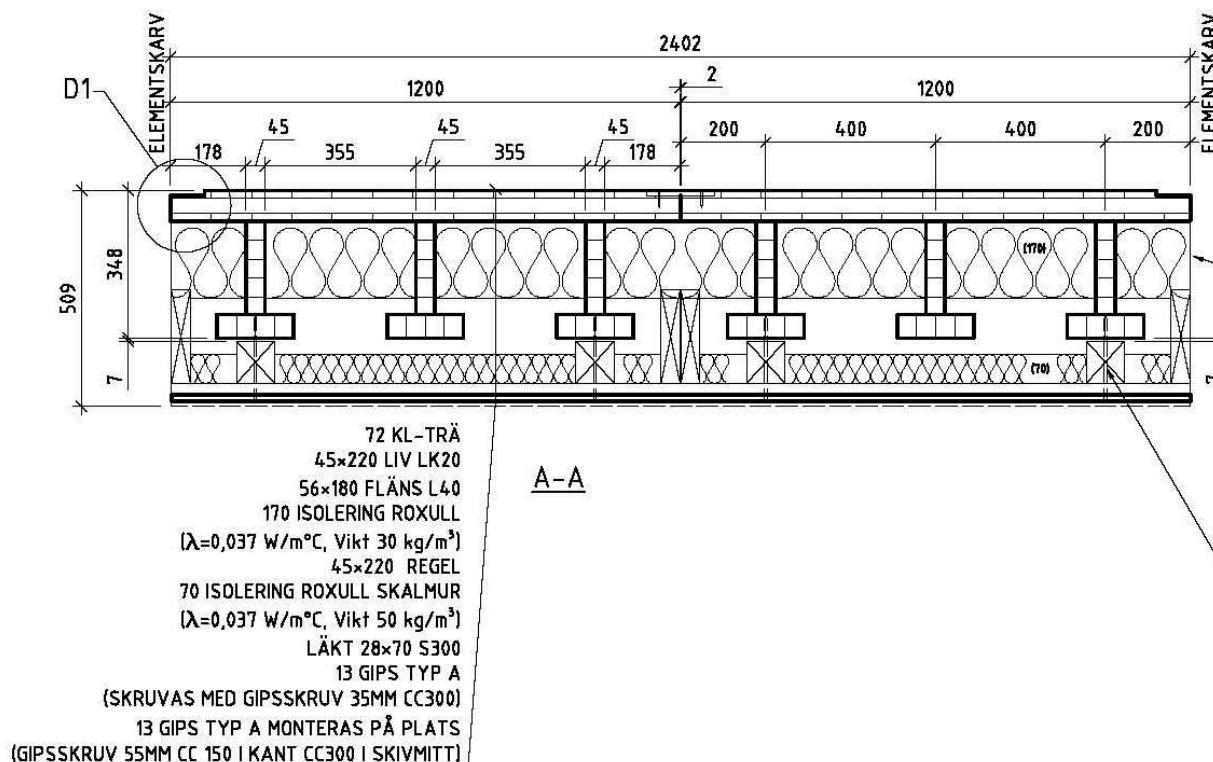
### 7.1 Beskrivning av provning

Provföremål beskrivet i Figur 4 har brandprovats enligt EN 1363-11:1999, EN 1365-1:1999 och tillämpliga delar EN 1363-2:1999. Provningen gjordes för ett komplett bjälklag med storleken 3,6x5,1 m<sup>2</sup>. Före provningen dokumenterades allt material och bärande delar av konstruktionen kontrollerades med avseende på överensstämmelse med egenskaper för normalskiva.

För dokumentation av händelseförlopp och arbete med nya beräkningsmetoder instrumenterades bjälklaget med 51 termoelement. Bjälklaget provades med en utbredd last av 1,0 kN/m<sup>2</sup> vilket motsvarar lasten för ett bjälklag i ett bostadshus vid dimensionering i brandlastfallet.

Pålagd last och vertikal deformation dokumenterades under hela provningen.

Observationer under provningen visade att glipor i undre gipslagret börjar bildas mellan skivorna efter ca 14 minuter. Efter ca 20 minuter börjar understa lagret gipsskivor att ramla ner och efter ytterligare 15-20 minuter ramlar även andra lagret skivor. Glespanelen ramlar ner efter 44 minuter och provningen avslutas efter 92,5 minuter.



Figur 4 Sektion brandprovat bjälklag I

## 7.2 Resultat från provning av bjälklag I

### **Observationer efter brand**

Gipsen på den brandexponerade sidan samt glespanel och isoleringskikt på glespanel var borta. Livbalkarnas underfläns var borta och av livbalkarna återstod ca 45x120-140 mm<sup>2</sup>. Isolering mellan livbalkarna satt kvar. Massivträskivan hade börjat förkola och första lagret av trä (19 mm) hade påverkats, se Figur 5. Inga heta gaser kunde observeras på den av brand icke exponerade sidan. Deformationerna i vertikal led under den tid provobjektet var exponerad av brand var små, mindre än 2 mm. Temperaturen i väggen vid några tidpunkter blev:

	Efter 30 minuter, (°C)	Efter 60 minuter (°C)	Efter 90 minuter (°C)
Ovan inv. gips	100-300	800-900	800-900
Ovan isolering	60-70	750-800	900
I luftrum, underfläns	50-55	800-850*	900
Under flerskiktsskiva	15-20	38-58	100-260

\* temperaturstegring vid 45-50 minuter



Figur 5 Återstående del av bjälklaget vid upplag efter brandprovning

## 7.3 Resultat och slutsatser från provning av bjälklag

Provningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

Provningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

Brandprovningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

Jämförelse mellan genomförd brandprovning och teoretiska beräkningar enligt Eurokod 5 för nedfallstider och inbränningsdjup stämmer väl överens för detta prov. Utrymmet mellan bjälklagets undre del (undertak) och bjälklagets bärande del får en radikal temperaturökning efter ca 50 minuter vilket innebär att förhöjda inbränningshastigheter bör användas vid bedömning av underflänsens och livens tvärsnitt.

Fastsättning av isolering med övermått mellan livan har fungerat under hela provets tid (92 minuter). Isolering mellan bjälklagets liv har skyddat livan så att tvärsnittets i princip kan betraktas som intakta för skyddade delar.

Efter reduktion av böjhållfasthet fås en momentkapacitet av ca 18 kNm per breddmeter och 60 minuter brand. Deformationer efter 60 minuter och med ytlast 1,0 kN/m<sup>2</sup> brand uppgår till ca 9 mm. Kvarstående momentkapacitet efter 92 minuter brand uppgår till 40,9 kNm (kallt tillstånd).

Provningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

## 8 Vägg och bjälklag, SETRA Trälyftet

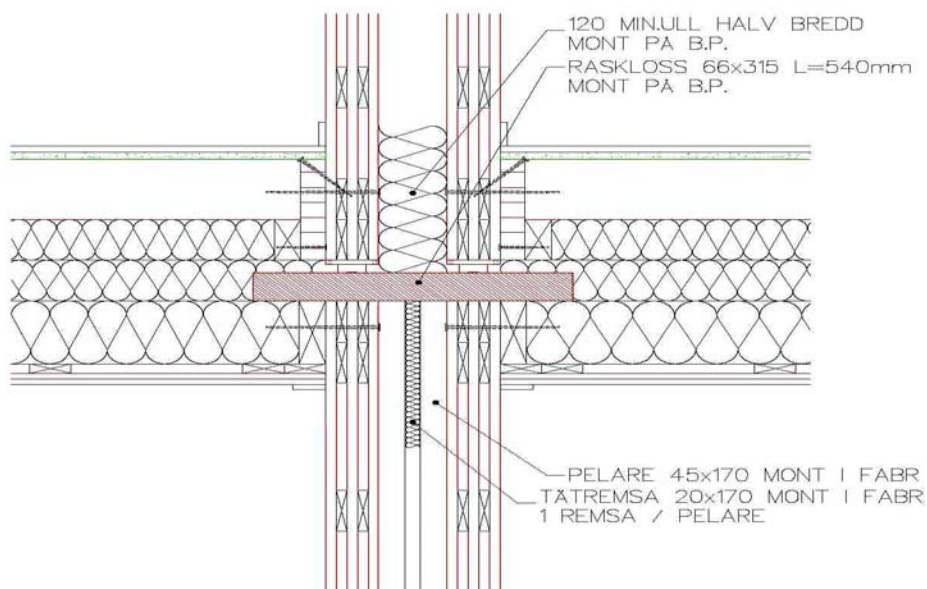
### 8.1 Beskrivning av provning

Provföremål beskrivet i Figur 6 har brandprovats enligt EN 1363-11:1999, EN 1365-1:1999 och tillämpliga delar EN 1363-2:1999.

Provningen gjordes för en sammansatt konstruktion bestående av knutpunkten mellan två stycken volymmoduler. Ändamålet med provningen var att verifiera väggarnas, bjälklagens bärförmåga samt att fastställa rasklossens funktion, se Figur 6.

Före provningen dokumenterades allt material och bärande delar av konstruktionen kontrollerades med avseende på överensstämmelse med egenskaper för tidigare dokumenterade provningar av styvhet och böjhållfasthet.

För dokumentation av händelseförlopp och arbete med nya beräkningsmetoder instrumenterades bjälklaget med 35 termoelement. Väggarna belastades med en linjelast av ca 37 kN/m och väggdel vilket motsvarar ungefär den last som belastar vägg i bottenplan för ett femvånings modulbyggt hus vid beräkning i brandlastfallet. Bjälklagen provades mot en utbredd last av 1,0 kN/m<sup>2</sup> (normal last i brandlastfallet). Bjälklagslasterna lades på som fasta punktlaster. Pålagd vertikal last och vertikal deformation dokumenterades under hela provningen.



Figur 6 Tvärsektion i knutpunkt mellan moduler

### 8.2 Resultat från provning

Observationer under provningen visade att undertaket börjar falla ner efter ca 17 minuter. Efter 69 minuter slår det ut lågor mellan vägghalvorna i ovankant och därefter avslutas provningen

### **Observationer efter brand**

Undertaket och isolering upp till bärande massivträ var helt borta efter brandprovningen. Delar av den brandexponerade delen väggen var helt borta . Isolering mot den andra vägghalvan fanns kvar, se bilder i rapport P901560-01C. En viss förkolning uppkom även på nedre delen av icke exponerade väggdelen.

Temperaturen i vägg vid 30 och 60 minuter:

	Efter 30 minuter, (C)	Efter 60 minuter (C)
Mellan trä och isolering, exponerad sida	0	35-50*
Ovan isolering mot trä	60-70	100-800
Mellan trä och isolering, icke exponerad sida	0	0

- Enbart delar av väggskivan brann bort, värden i tabellen avser värden där väggskivan fortfarande satt kvar.

Temperaturen i bjälklag vid 30 och 60 minuter:

	Efter 30 minuter, (C)	Efter 60 minuter (C)
Ovan inv. gips	100-850	850-900
Ovan isolering mot trä	60-70	100-800
Ovansida bjälklag	0-15	10-50

### **Deformationer**

Under brandprovet mättes deformationer i fem punkter, bjälklag, vägg mot brand, vägg mot icke exponerad sida, icke exponerat bjälklag och raskloss.

Deformationen för brandbelastat bjälklag ökade relativt linjärt från 0 mm vid 20 minuter till 8 mm efter 60 minuter.

Vägg mot brand fick ungefärligen motsvarande deformation som började vid 20 minuter och uppgick till ca 15 mm efter 60 minuter. För vägg mot icke exponerad sida skedde ingen deformation.

Rasklossens deformation motsvarade bjälklagets och väggens deformation med en början vid 20 minuter och uppgick till ca 8 mm efter 60 minuter.

### 8.3 Resultat och slutsatser från provning av vägg-bjälklag

Provningen pågick i totalt 60 minuter utan brott i konstruktionen. Bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I) uppfylldes under hela provtiden.

Provningarna av bjälklagets före brand visade att bjälklagselementens egenskaper i den provade konstruktionen stämmer väl överens med normalbjälklagets egenskaper. Bjälklagets konstruktion och ingående material kan därför betraktas som representativ.

Brandprovningen visar att konstruktionen klarar vid brand en ytlast av  $1,0\text{kN/m}^2$  under minst 60 minuter. Bärförmågan för enbart bjälklaget kan betraktas som högt och nästa i paritet med bärförmågan i kallt tillstånd. Temperaturökningen under träskivan skedde vid ca 60 minuter (från ca 125 grader till 800 grader). Hänsyn till detta kan vid bedömning av bärförmåga efter brand kan göras genom avdrag av tvärsnittet med ca 25 mm.

Bärförmågan för väggdel mot exponerad sida bör betraktas som 0 kN efter 60 minuter även om det återstår delar av väggen. Icke exponerad väggdel skyddades väl av isolering och inga temperaturstegringar kunde mätas. Okulär besiktning visade dock på en viss förkolning på undre delen av väggen. Ett viss avdrag gällande tvärsnittsmått bör därför göras vid eventuella beräkningar.

Provningen indikerade på att lasterna fördes över till intilliggande väggdel via rasklossen. Deformationerna för bjälklag, väggar och raskloss visade ett likartade mönster. För icke exponerad väggdel uppkom ingen deformation även sedan lasten förts över via rasklossen.

Provningsresultatet är direkt tillämpliga även för likartade konstruktioner och under likartade förutsättningar.

## 9. Projektdokumentation

/1/ Boström L.; Brandprovning av en belastad bjälklag, provningsrapport P901560-01A, SP Brand, Borås 2009.

/2/ Boström L.; Brandprovning av en belastat vägg, provningsrapport P901560-01B, SP Brand, Borås 2009.

/3/ Boström L.; Brandprovning av en belastad vägg, provningsrapport P901560-01D, SP Brand, Borås 2009.

/4/ Boström L.; Brandprovning av en belastad vägg och bjälklag, provningsrapport P901560-01C, SP Brand, Borås 2009.

/5/ Gustafsson A. Forsberg G.; Provning av T-balkar och väggskivor, provningsrapport P901560-1, SP Trätek, Skellefteå, 2009

/6/ Gustafsson A. Forsberg G.; Provning av väggskivor, provningsrapport P901560-3, SP Trätek, Skellefteå, 2009



### **Om TräCentrum Norr**

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Utvecklingsfonden (Mål 2) och Länsstyrelserna i Västerbottens och Norrbottens län.

Deltagande parter i TräCentrum Norr är: Holmen Skog, Lindbäcks Bygg AB, Luleå tekniska universitet, Martinsons Group AB, Norra Skogsägarna, Norvag Byggsystem AB, SCA Forest Products AB, Setra Group AB, Skellefteå kommun, Sveaskog AB, SÅGAB, AB Älvsbyhus och SP Trätel.

Mer information om TräCentrum Norr finns på:  
[www.ltu.se/ske/tcn](http://www.ltu.se/ske/tcn)

*En investering för framtiden*



EUROPEISKA  
UNIONEN  
Europeiska  
regionala  
utvecklingsfonden