

# Metoder för att utforma fackfyllnadens möte med stolpen i ett halvnaket skelettverk



**Johan Jönsson**

**Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i  
Kulturvård, Bygghantverk  
22,5 hp  
Institutionen för kulturvård  
Göteborgs universitet**

**2017**





# Metoder för att utforma fackfyllnadens möte med stolpen i ett halvnaket skelettverk

Johan Jönsson

Handledare: Ulrik Hjort Lassen

Examensarbete, 22,5 hp  
Bygghantverksprogrammet

Program in Conservation, Building Crafts  
Graduating thesis. 2017

By: Johan Jönsson  
Mentor: Ulrik Hjort Lassen

## **Methods of joining the infill and post in a half-timber construction**

### **ABSTRACT**

This thesis investigates eight different industrially processed building products and how they can be used on a traditional half-timbered work and still leave the timbers exposed both internally and externally. The focus is on the joint between the infill and the post, where the highest risk of air leakage occurs.

The ambition is to design the joint as simple as possible to get a frugal, sustainable solution for everyone involved in the buildings lifecycle. No tapes or membranes are used and the infill materials are chosen for their low emissions of VOC, minimal use of petrochemical compounds and because they have a hygroscopic ability. This is to enable easy maintenance, and to get a more resilient, fail safe construction.

The two different principles of joining the infill to the post that is compared in this thesis is with a groove or with a rebate and a wooden board or plank outside, forming a groove.

A full-scale model of 8" x 8" post and sill frame is constructed with a floor size of about 50 m<sup>2</sup>. The eight different infills are tested with the two different principles of joining the building elements. The tools used are both traditional hand tools and modern electrical hand operated machines.

Finally, in the results, the author presents the experiences of materials and methods used in the experiments as 16 suggested wall constructions. Further testing is needed to find out how the different principles of joining works with the different materials in reducing air conduction.

Title in original language: Metoder för att utforma fackfyllnadens möte med stolpen i ett halvnaket skelettverk.

Language of text: Swedish

Number of pages: 45

Keywords/Nyckelord:

Timber framing, Half-timber work, Post and Beam, Skeleton construction, Frugal building crafts, Infill

Skelettverk, Stolpverk, Korsvirke, Korsverk, Skiftesverk, Frugal byggnation.

Skelettkonstruktion, Skelettsystem, Balk-pelarsystem

## Förord

Jag vill inleda med att tacka Nils-Eric Anderson för idén till uppsatsen. Vi har diskuterat olika lösningar på problem som uppstår vid byggnationer med särskilt fokus mot stolpverk sedan den första kursen jag gick i ämnet med honom för Johannes Kästel 2013. När jag inför uppsatsen ställde frågan till honom om hur en vägguppbyggnad kunde göras där stolparna, istället för att kläs in, hålls synliga från både in och utsida visade han direkt en idé med två sätt; ett spår eller fals med brädfodring.

När Kristoffer Johansson fick reda på vilka lösningar som Nils-Eric föreslagit visade det sig att han hade sett just de två varianterna i en skrift från 1868, författad av Charles E. Löfvenskiöld. När två sådana digniteter inom området såg samma lösning på problemet var jag tvungen att undersöka deras förslag!

Stort tack till mina barn, Greta, Knut och Vidar för tiden de gett mig för att genomföra undersökningen och materialleverantörerna för förtroendet. Vill slutligen även tacka Joacim Hedman för en konstruktiv opponering, Karl-Magnus Melin som förmedlare av traditionell kunskap samt Linda Lindblad, Göran Andersson och Ulrik Hjort Lassen för genomläsning och kommentarer.

Mariestad augusti 2017

Johan Jönsson



## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	7
1.1. Bakgrund .....	7
1.2. Problemformulering.....	8
1.3. Syfte.....	10
1.4. Frågeställningar .....	10
1.5. Avgränsningar .....	10
1.6. Befintlig kunskap.....	11
1.7. Metod.....	16
Modell.....	16
Experiment.....	17
Dimensioner och avstyvning .....	17
Fackfyllnadsmaterial .....	19
Intervjuer .....	19
Dokumentation av experimenten.....	20
1.8. Centrala begrepp.....	21
Skelettkonstruktioner i timmer .....	21
Stolpverk.....	21
Korsverk/korsvirke .....	21
Skiftesverk .....	22
Skelettkonstruktion/Skelettbyggnad/Skelettverk.....	23
2. Undersökning.....	25
2.1. Inledande förutsättningar .....	25
2.2. Planering och förarbete.....	25
2.3. Resultatredovisning och tolkningar .....	25
Tidsåtgång vid timmerbearbetning.....	26
Fackfyllnadsmaterial .....	29
Vaxkaketegel (VK).....	29
Lättbetong (LB) .....	30
Lättklinkerblock (LK).....	31
Trällcement (TUC) .....	32
Spårfrästa träblock (ST).....	33
Frästa limträbalkar (LT) .....	34
Krysslaminerad träskiva (KL) .....	35
Träfiberisolerskiva (TF).....	36
Sammanfattning resultat .....	37

3.	Avslutning .....	40
3.1.	Diskussion .....	40
3.2.	Slutsatser.....	41
4.	Käll- och litteraturförteckning .....	42

#### Bilagor

1. Protokoll för vaxkaketegel
2. Protokoll för lättbetong
3. Protokoll för lättklinkerblock
4. Protokoll för träullcement
5. Protokoll för spårfrästa träblock
6. Protokoll för frästa limträbalkar
7. Protokoll för krysslaminerad träskiva
8. Protokoll för träfiberisolerskiva



# 1. INLEDNING

## 1.1. BAKGRUND

Skelettkonstruktioner av timmer, som exempelvis skiftesverk, korsverk och stolpverk (se *centrala begrepp*, s. 24) är, jämfört med liggtimring, ett flexibelt byggnadssätt när det kommer till utformning av planlösning och bärande konstruktion (Berg 2007, Lassen 2014, s. 9). Samtidigt ger byggnader med ett skelett av massivt timmer möjlighet att skapa en tilltalande estetik genom att det är en ärlig konstruktion där det tydligt framgår hur lasterna från taket tas ner i grunden<sup>1</sup>.

Den bild jag fått under mina studier i bygghantverk vid Göteborgs universitet (GU) är att konventionell nyproduktion av småhus ofta saknar precision i detaljer, aktivt val av kvalitet på virket och olika träslag för olika ändamål. Dimensioner, proportioner och byggteknik saknar ofta historisk förankring och förståelse för exempelvis träets byggnadstekniska möjligheter.

Det finns behov av att utmana detta byggsätt och istället fokusera på att konstruera husen med mer beprövad erfarenhet och av mer resilienta, massiva, hygroskopiska material samt med ett frugalt<sup>2</sup> byggsätt som ger husen mer felsäkra konstruktioner.

Skiftesverkets möjligheter för modernisering beskriver Erik Wikström i sin masteruppsats på arkitekturprogrammet, KTH, *Skiftesverk 2.0 - Examensarbete*:

*”Varför just skiftesverk är intressant ur ett hållbarhetsperspektiv är alltså för dess tekniska kvalitéer som byggsystem. Individuellt utformade byggdelar som länkas ihop utan vare sig skruv eller spik gör byggprocessen snabb och smidig och kan därför liknas ett prefabsystem. Tekniken tillåter även modifiering i form av demontering för att flytta strukturen eller modifiera den vilket kan ses som en fördel ur ett långsiktigt perspektiv. Om konstruktionen dessutom bara består av trä är den både miljövänlig att producera samtidigt som den är 100% återvinningsbar. Skiftesverket är även intressant att undersöka ur en annan aspekt. Med sina starka rötter i den svenska byggtidningen ligger den till grund för många estetiska principer i dagens arkitektur. Tekniken bygger nämligen på en logik vilken genererar uttryck i såväl form som yta. På samma sätt som skiftesverkets tekniska egenskaper skulle kunna effektiviseras och anpassas efter dagens behov, finns en möjlighet att, genom en omprogrammering av dess form och fasad, skapa en parafras på det traditionella skiftesverket. Om denna remix placeras i en, för skiftesverket traditionell miljö, finns möjligheten att den skulle kunna öka medvetenheten om äldre bebyggelses kvalitéer och potential. Detta genom en tydlig dialog mellan nytt och gammalt bestående av olika uttryck, men med samma logik.”* (Wikström 2014, s. 2)

Ska vi gå en hållbar framtid till mötes måste vi se till att de husen vi bygger idag ska fylla sin funktion i minst 100, gärna 200 år, om inte längre ändå.

I det här examensarbetet undersöks hur en kan göra så att fyllnaderna i de fack som bildas mellan stolparna fälls in på ett sätt som ökar väggens konvektionstäthet och stabilitet. Går detta att göra i ett skelettverk av timmer och samtidigt ha konstruktionen synlig från både in- och utsidan det vill säga halvnaket<sup>3</sup>. Hur kan industriellt processade byggprodukter användas för att fylla facken istället för traditionella metoder som exempelvis flätverk (Fig. 20–22) och/eller massiva tegelstenar.

Där inget annat anges är fotografierna och filmerna i detta arbete tagna av författaren.

<sup>1</sup> Johannes Kästel, Ordförande Stolpverk Norden. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

<sup>2</sup> Med frugal byggnation menas enligt mig en byggnad som genom sin enkelhet i konstruktionen är fruktsam för alla inblandade parter under byggnationens hela livscykel. Från materialbrytning, byggskede, över brukarskedet med flexibilitet i konstruktion och underhållsmöjligheter till återvinning och/eller återbruk av byggmaterialen och platsen.

<sup>3</sup> En träkonstruktion av fyrkantsågat timmer som har hela träkonstruktionen synlig betecknas som *naken* (Näsström 1930, s. 30). I detta arbete undersöks en träkonstruktion som har in- och utsidan synlig. De två övriga sidorna är dolda av fackfyllnaden, därav används termen *halvnaken*.

## 1.2. PROBLEMFÖRMULERING

En ny byggnad som byggs i Sverige idag kommer i genomsnitt under sin livstid förbruka lika mycket energi under byggskedet som under hela brukarskedet<sup>4</sup>. Därför måste vi inte bara minska den miljömässiga belastningen som sker vid tillverkningen av byggmaterialen, byggnationen och brukandet av ett hus. Vi måste även öka dess livslängd. Detta kan vi göra genom både god arkitektur och kännedom om den omgivande byggnadstraditionen, men även genom en flexibilitet i konstruktionen och ett konstruktionssätt som är lätt att underhålla och reparera.

Med skelettkonstruktioner i timmer erhålls både flexibilitet i utformning och möjligheten ges att behålla den bärande konstruktionen synlig. Detta underlättar vid senare ändringar av konstruktionen vid förändrat brukande. Den är även lätt att underhålla och reparera samt kan ge en fördelaktig livscykelanalys (LCA)<sup>5</sup> om det görs medvetna val av virkesleverantörer och fackfyllnadsmaterial.

Traditionellt har man i skelettvverk fyllt facken mellan stolparna genom att mura med bränd eller obränd lersten (Fig. 7), flätverk (Fig. 20–22), bålar (Fig. 4), brädfyllnad (Fig. 31) eller en kombination av dessa<sup>6</sup> (Fig. 31). Problemet med dessa metoder är att hantverkskunskapen att utföra den idag är ovanlig hos snickare och murare med konventionell utbildning<sup>7</sup>. Dessa fackfyllnadsmaterial/metoder omfattas inte av några produktgarantier och det är svårt att med modernare beräkningsmodeller visa att de uppfyller dagens isoleringskrav, även om de rent faktiskt kanske skulle isolera tillräckligt.

Ett problem med skelettvverk med fyllda fack och genomgående skeletstomme är att de ofta blir otäta där stommen möter fackfyllnaden. De olika materialen i väggen rör sig olika över årstiderna. De vertikala stolparna sväller och krymper radiellt (horisontellt) medan fackfyllnaden kan bestå av ett material som rör sig annorlunda<sup>8,9</sup> (Holmberg 2006, s. 126). För skiftesverk är det stor risk att det bildas en stor glipa mellan fackfyllnad och hammarband därför att fackfyllnaden består av liggande trä som sväller och krymper i huvudsak radiellt och ger en vertikal rörelse i fackfyllnaden (Fig. 1). Är inte hammarbandet, som ligger på fackfyllnaden, flexibelt i vertikal led och kan följa med fackfyllnadens rörelse kan det bildas glipor eller skador i konstruktionen.

Ett sätt att lösa detta är mesulakonstruktionen (Henriksson 1996, s. 31) (Fig. 2). Den är uppbyggd med ett flexibelt hammarband (Fig. 3) där tyngden av takkonstruktionen bidrar till att trycka ihop hammarband och fackfyllnad. Detta leder även till att eventuella springor mellan skiftena blir tätare. Dock är detta ett komplicerat sätt att bygga på (Fig. 4) och det kan bli otätheter där stolpe möter hammarband (Henriksson 1989, s. 41). Kvar blir ändå risken för läckage vid stolp-fackfyllnads-mötet.



Fig. 1, Krympning av skiften som ger en springa vid mötet med gavelröstet. Skiftesverkslada i Solnehult med nya skift.

<sup>4</sup> Emelie Westergren, Arkitekt på White, paneldebatt på seminarium om KL-trä i Stockholm den 23 maj 2017.

<sup>5</sup> Livscykelanalys (LCA), sammanställning och utvärdering av inflöden till och utflöden från ett produktsystem över hela dess livscykel liksom utvärdering av de potentiella miljöeffekterna hos ett produktionssystem över hela dess livscykel (enl. ISO-standard) (Rydh et al 2002, s. 160)

<sup>6</sup> Melin 2011; ss. 15–17; Stolle 2010, s. 30 samt Henriksson 1996, ss. 170–178.

<sup>7</sup> Linda Lindblad, antikvarie, bygghantverkare och verksamhetsledare på Hantverkslaboratoriet (HL), GU. Möte på HL, GU den 5 februari 2017.

<sup>8</sup> Sten Nilsson; bygghantverkare med lång erfarenhet av traditionell skånsk byggnation. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

<sup>9</sup> Karl Magnus Melin; timmerman, arkeolog och doktorand i historiskt timmermansarbete vid institutionen för kulturvård, GU. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

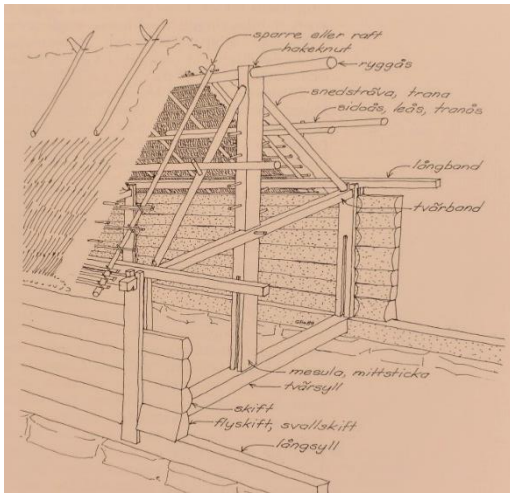


Fig. 2, "Mesula i Västergötaland, uppbyggd av "bockar" (väggstolpar, tvärbånd och mesulor) och med snedsträvor, "tranor", som stadgar byggnaden i tvärlid. I ryggåsen är upphugget en hakeknut lagom för mesulans klyka, varigenom byggnaden stabiliseras i längsled" (Henriksson 1996, ss. 112–113)

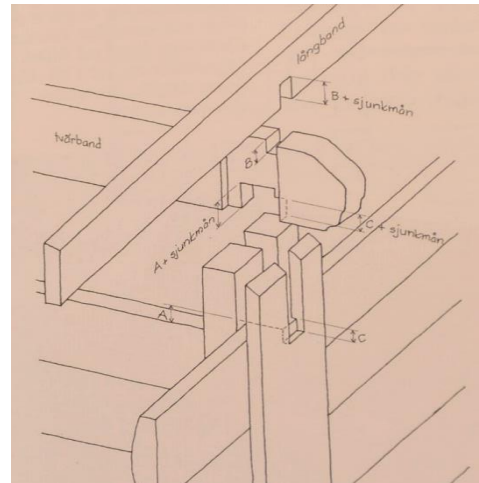


Fig. 3, "Exempel på anordnande spel vid en mellanstolpe. Urtagen i tvärbånd och långbånd är förstorade i förhållande till mötande byggnadsdel med sjunkmån. Denna sjunkmån skall motsvara minst den sammanlagda höjdförändringen (p g av uttorkning och sammanpressning av ytterväggen efter byggnadstiden fram till ett fortvarighetstillstånd" (Henriksson 1996, s. 277)

I korsverk (Fig. 29) rör sig oftast inte fackfyllnaden lika mycket som i skiftesverk, men istället är de av ett material som rör sig annorlunda än skelettstommen och därigenom bildas ofta, om än mindre, glipor. I mötet mellan den vertikalt stående stolpen med i huvudsak radiell (horisontell) rörelse och fackfyllnaden brukar de största springorna bildas<sup>10</sup> (Fig. 5). Detta område har inte något tryck från taket som hjälper till att komprimera ihop gliporna. På grund av lufttrycksskillnader inne- och ute kan en luftström genom glipan uppstå. Varm, fuktig luft som passerar genom öppningen kan, när den möter kallare luft eller något kallt föremål, kondensera i konstruktionen och orsaka fuktskador i väggen. Det blir dragit i huset och boendemiljön kan försämrans<sup>11</sup>.

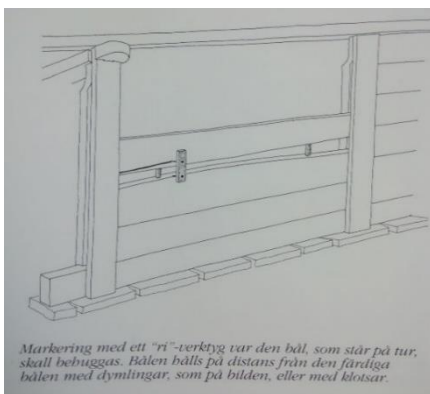


Fig. 4, Exempel på ett traditionellt sätt att tillpassa bålarna (skiftena) (Henriksson 1996, s. 257)



Fig. 5, Torkspricka mellan stolpe och fackfyllnad av flätverk med lerklining.

<sup>10</sup> Piet Karlstedt; tysk murarmästare och byggingenjör. Samtal under Denkmal-mässan i Leipzig, Tyskland den 11 november 2016.

<sup>11</sup> Peter McCurdy; Bl.a. byggmästare vid återskapandet av Shakespeares Globe Theater, London, UK. Driver McCurdy & Co Craftsmen and Consultants. Samtal under stolpverksseminarium på GU, Mariestad den 3 februari 2017.

De verksamma byggmästare, arkitekter och materialleverantörer jag varit i kontakt med har visat ett intresse av att lösa frågan om hur ett halvnaket skelettverk ska kunna uppföras med lättillgängliga, industriellt processade byggmaterial. Ingen har haft något förslag på lösning.

För att motivera dagens byggare att använda en byggteknik är tidsaspekten vid byggnation central<sup>12</sup>. Därför inriktar sig denna studie på att göra tidsjämförelser av olika metoder samt verktygs- och maskinval.

### 1.3. SYFTE

Syftet med undersökningen är att, utifrån principerna med spår eller fals som Löfvenskiöld föreslagit i sin bok *Landtmannabyggnader* från 1868 (Fig. 6), undersöka metoder för att utforma fackfyllnadens möte med stolpen i ett halvnaket skelettverk.

Metoderna med handburna maskiner och verktyg samt fackfyllnader av lättillgängliga industriellt processade byggprodukter, har utvecklats för att ge en rimlig tidsåtgång för hantverkaren men ändå behålla flexibiliteten i konstruktionssättet samt möjlighet att erhålla produktgarantier från materialtillverkarna.

#### Målsättning

Utformningen av mötet ska vara sådant att det ska kunna ge en konvektionstät konstruktion som går att underhålla och är långsiktigt hållbar.

### 1.4. FRÅGESTÄLLNINGAR

- Hur kan spår- och falsalternativen mellan stolpe och fackfyllnad anpassas för att passa de byggprodukter som ingår i undersökningen.
- Vilken av de två varianterna (Fig. 6) ger lägst tidsåtgång vid timmerbearbetning?

### 1.5. AVGRÄNSNINGAR

Undersökningen inriktar sig på att jämföra två olika sätt att konstruera mötet mellan stolpe och fackfyllnad och kommer därför inte redovisa mötet mellan fackfyllnad och syll eller hammarband.

Undersökningen jämför inte de olika moderna byggprodukterna sinsemellan ifråga om tidsåtgång vid montering, kostnad, isolationsförmåga eller byggproduktens LCA.

Endast lösningar där träkonstruktionen är synlig från både in- och utsidan undersöks.

Inga gjutna fackfyllnader kommer undersökas och ingen puts kommer att slås på fackfyllnaderna då det inte ryms inom denna undersöknings tidsomfång.

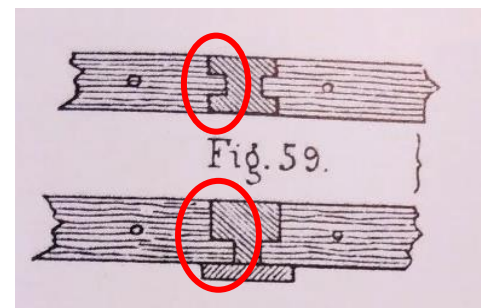


Fig. 6, Övre mötet är genomfört med en not- och spåntlösning mellan stolpe och fackfyllnad och benämns *spåralternativet*. Nedre är istället med en fals på stolpen som fackfyllnaden fällts in i och därefter brädfodrats. Benämns *falsalternativet*. (Löfvenskiöld 1868, s. 18).

<sup>12</sup> Lars-Gunnar Sjö, Bygg- och fastighetschef, Uppsalahem, Föreläsning på Svenska byggnadsvårdsföreningens temadag *Hur hållbart är hållbart?*, Uppsala 25 april 2017.

Val av fackfyllnader är gjorda utefter vilka material som undersökningen blivit sponsrad med på förfrågan. De är alla massiva och hygroskopiska, består av naturmaterial och innehåller minimalt med petrokemiska produkter<sup>13</sup>. De är även lågemitterande<sup>14</sup> samt går att återvinna i någon form.

Undersökningen har inte strikt hållit sig till leverantörernas monteringsanvisningar.

## 1.6. BEFINTLIG KUNSKAP

För att förhindra det drag som kan uppstå mellan stolpe och fyllnad var det i Skåne vanligt att mura upp en ny vägg av lersten innanför ytterväggen<sup>15,16,17</sup> (Fig. 7, 8). Detta är dock en procedur som jag valt bort genom mina avgränsningar, då jag undersöker hur det går att konstruera så skelettstommen blir synlig både från in- och utsidan.



Bilder tagna på Bondrumsgårdens stugas innervägg mot gården. Man ser på bilderna att de yttre facken består av bränt tegel liggande på flasken medan innerväggens lerstenar är murade på högkant. På bilden till vänster syns en spik i stolpen vars uppgift är att hålla ihop de bägge väggarna. Det vita på den högra bildens övre vänstra hörn är vittad puts. Se även foto framsida.

Fig. 7, (Melin 2011, s. 36)

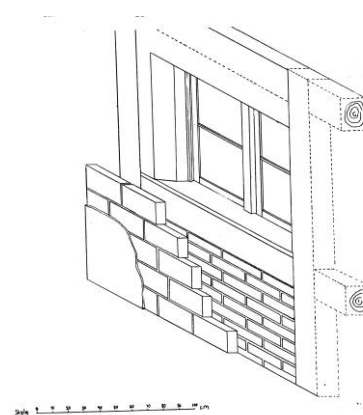


Fig. 8, (Stolle 2010, s. 30)

Ingenjören och bygghandboks författaren Arvid Henström föreslog under andra halvan av 1800-talet ett skiftesverk med dubbla skift med antingen sågspån mellan skiftena eller papp på insidan. Skiftena är infästa i stolparna med notspår (Fig. 9). Samma princip, men något annan lösning har Martin Nilsson 2005 gjort försök med som examensarbete på Hantverksskolan Dacapo i Mariestad (Fig. 10, 11).

Henström avråder dock för att använda detta till boningshus:

*”Tvenne tunna skiftvirkesväggar äro dock för boningshus mindre passande, dels emedan de på detta sätt uppförda ej kan blifva tillräckligt varma, ej tillräckligt starka och slutligen alltför dyra, emedan man kan på annat sätt uppföra snarlika väggar betydligt både billigare, starkare och varmare”.*  
(Henström 1896, s. 53)

<sup>13</sup> Samlingsnamn på kemiska produkter som framställs med petroleum (fossil olja och gas) som råvara (NE 2017).

<sup>14</sup> Byggprodukter som släpper ifrån sig minimalt med skadliga ämnen. (Kemikalieinspektionen, rapport 8/15, s. 36)

<sup>15</sup> Karl Magnus Melin; timmerman, arkeolog och doktorand i historiskt timmermansarbete vid institutionen för kulturvård, GU. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

<sup>16</sup> Sten Nilsson; bygghantverkare med lång erfarenhet av traditionell skånsk byggnation. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

<sup>17</sup> Melin 2011 s. 36; Stolle 2010, s. 30.

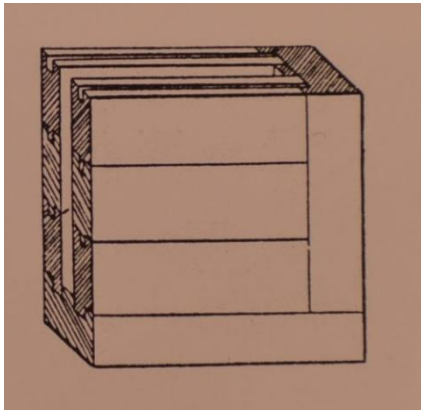


Fig. 9, Henströms förslag på väggkonstruktion med dubbla skift (1896, s. 51).

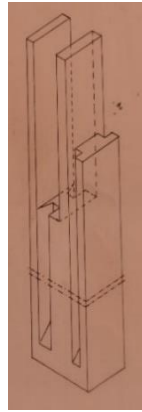


Fig. 10, Stolpe med dubbla spår för skiften (Nilsson 2005).

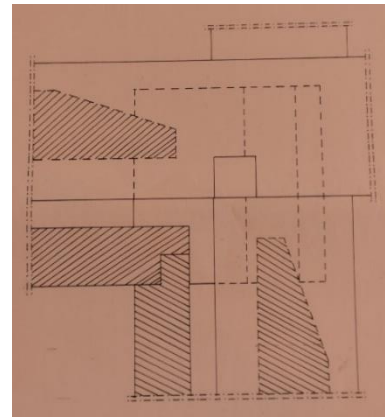


Fig. 11, Stolpe med skrafferade skiften, sett uppifrån (Nilsson 2005).

En som har gett flera förslag på lösningar av problematiken med mötet mellan stolpe och fackfyllnad (Fig. 12) är den under 1800-talet verksamme Charles Emil Löfvenskiöld. Han såg de traditionella byggnadssätten som ineffektiva och resursslösande och gav därför förslag på hur de kunde utvecklas för samhällets gagn (Svala 1990, s. 90). Hans arkitektur fick under den senare delen av 1800-talet stort genomslag på den svenska landsbygden (ibid, s. 68).

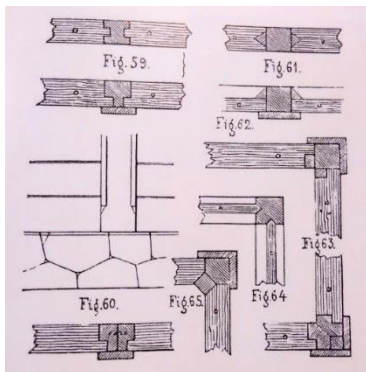


Fig. 12, Varianter på mötet mellan stolpe och organisk fackfyllnad (Löfvenskiöld 1868, s. 18).

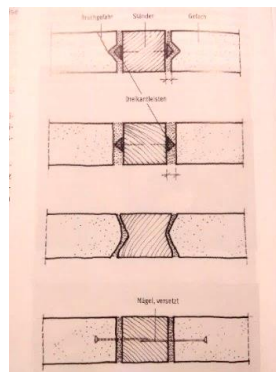


Fig. 13, Varianter på mötet mellan stolpe och oorganisk fackfyllnad, (Ekkhart 2003, s. 64).



Fig. 14, Koppsida på tegelsten infälld i stolpe på tysk kyrka (Ekkhart 2003, s. 65).

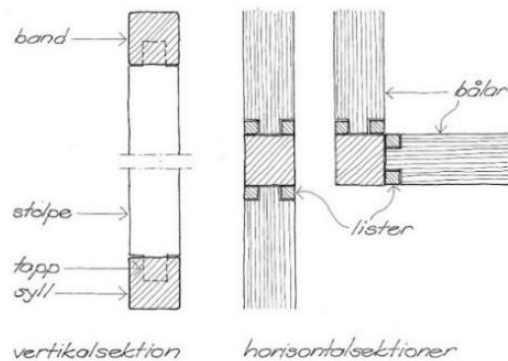


Fig. 15, "Falskt" skiftesverk i en logbyggnad. Stolparna är intappade i syll och band. Bälarna är av fullvirken och med lister fastsatta vid stolparna. Ekeby by i Vänge socken, Uppland. Efter uppmätning "Å.H. 1952" Nordiska museets arkiv." (Henriksson 1996, s. 60)

Varianten med påspikade lister på stolparna benämner Henriksson även som "falskt" skiftesverk (Fig. 15) (1996, s. 60).

I den tyska byggpraxisen för korsverk, *Fachwerk-instandsetzung* av Hähnel Ekkhart finns ett exempel från Wulkow-kyrkan i Aussenwand (Fig. 14) där de huggit in breda notspår i stolparna för att få plats med liggande tegelstenar och därigenom mura upp en fackfyllnad som fungerar som en spont i notspåret och därigenom hålla tätheten bättre över året än om tegelstenen bara skulle stötas mot stolpen (Ekkhart 2015). Detta är även en metod som Timmermannen Peter McCurdy sett i England<sup>18</sup>.

Ekkhart har flera förslag på lösningar (Fig. 13). Han varnar för det översta exemplet på grund av risken för sprickbildning i putsen. De två mittersta exemplen tror inte Sten Nilsson<sup>19</sup> är långsiktigt konvektionstäta. När rörelse sker ger V-spåret en kanal för luften att färdas genom. Är det istället ett rektangulärt not-spont möte så sluter det relativt tätt fast det krymper och sväller. Exemplet längst ner avråder McCurdy starkt ifrån då han sett att metall i väggkonstruktioner som riskerar att bli otäta är ett ställe för den genomträngande luften att kondensera på. Fukten som uppstår kan skada timran. Detta är något han sett med egna ögon vid restaurering av äldre korsverk.

Arkitekten och lerbyggaren Jenny Andersson<sup>20</sup> berättar att på en lerbyggartutbildning hon gått i Tyskland bland annat har lärt sig använda ett rep som spikas fast mot stolpe, syll och hammarband. Den bildar en spont som sedan går in i murbruket, som fogas i, mellan en mineralisk fackfyllnad och stolpen och bildar därigenom en not-spont-lösning. [liknande Fig. 13, övre exempel; min anm.]

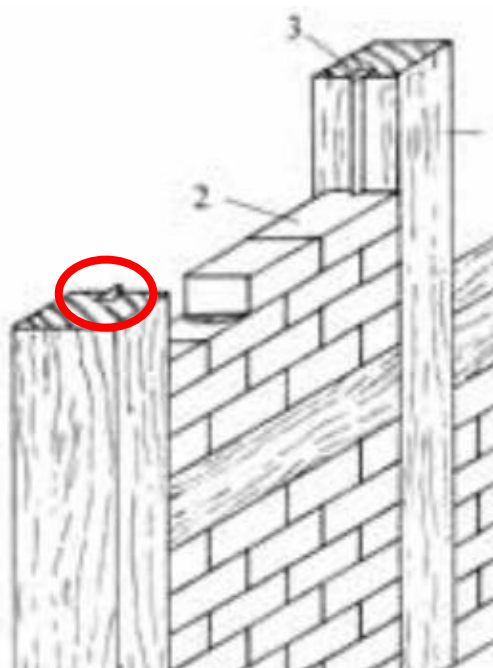


Fig. 16. Trekantslist ingradad i stolparnas insidor för att tätas mellan stolpe och fackfyllnad.

I skriften *Altbausanierung mit nachwachsenden Rohstoffen* (Weinisch 2010, s. 108) finns en illustration som visar en trekantslist som är ingradad i stolpen (Fig. 16). Detta minskar antalet spikar i mötet som eventuell utblåsande varmluft kan kondensera på. Risken minskar även för att det skulle kunna bli en glipa mellan den påspikade trekantslisten och stolpen. Detta är ett relativt komplicerat sätt att få väggen tät. Vid en sådan lösning ger Nilsson råd om att grada in en rektangulär list istället, för att få en not-spont-lösning.

Piet Karlstedt<sup>21</sup> berättar att enligt de tyska byggnormerna är det inte möjligt att bygga ett skelettvverk med synlig stolpe från både in och utsida. Karlstedt menar att det går att få tillräckligt konvektionstätt när skelettvverket ställs upp, men på grund av rörelser i de olika materialen över tid kommer att förlora sin täthet. Han visar att det är både vid stolp/fackfyllnads-mötet, men särskilt vid mötet mellan snedstyvor<sup>22</sup>, mellanstolpar och löshult (Fig. 25, 26) som sprickor kommer att uppstå.

Enligt Will Beamer<sup>23</sup> har varje brittisk firma som bygger halvnakna skelettvverk ett eget sätt att lösa tätningen, de flesta är mycket högteknologiska.

<sup>18</sup> Peter McCurdy; Bl.a. byggmästare vid återskapandet av Shakespeares Globe Theater, London, UK. Driver McCurdy & Co Craftsmen and Consultants. Samtal under stolpverksseminarium på GU, Mariestad den 3 feb. 2017.

<sup>19</sup> Sten Nilsson; bygghantverkare med lång erfarenhet av traditionell skånsk byggnation. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

<sup>20</sup> Jenny Andersson; arkitekt och lerbyggare. Samtal i Mariestad 8 nov 2013.

<sup>21</sup> Piet Karlstedt; tysk murarmästare och byggingenjör. Samtal under Denkmal-mässan i Leipzig, Tyskland den 11 november 2016.

<sup>22</sup> Benämns även snedsträvor, snedband

<sup>23</sup> Will Beamer; En av grundarna av the Timber Framers Guild och rektor på Heartwood institute, USA. Samtal under stolpverksseminarium på GU, Mariestad den 3 februari 2017.

Peter McCurdy<sup>24</sup> berättar om den brittiska byggfirman Oakwrights som använder ett avancerat sätt att göra fackfyllnaden i korsverk som de kallar *3i Infill Panel System* (2016). Den typen av lösning har ja bedömt är för komplicerad enligt kriterierna i syftet (Fig. 17, 18).

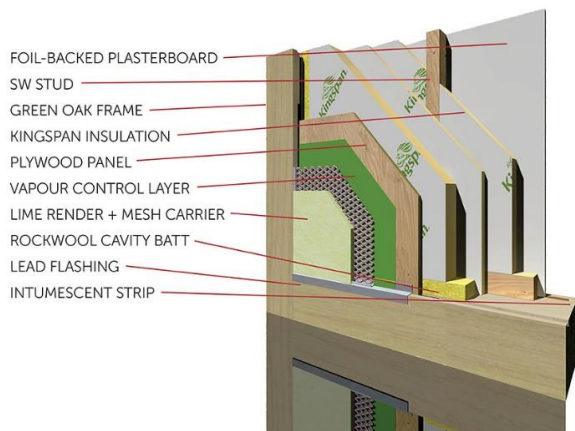


Fig. 17, Ritning över uppbyggnad av i3 Infill Panel System, (Oakwrights 2016).



Fig. 18, Verkligt exempel på i3 Infill Panel System, (Oakwrights 2016).

I den av English Heritage Trust utgivna boken *Practical building conservation. Timber* redovisas både en traditionell flätverksfyllnad och en modern fackfyllnadslösning (McCaig & Ridout, 2012, s. 325). Den moderna lösningen ger inte halvnakna stolpar (Fig. 19). Den traditionella lösningen är inte av moderna byggprodukter och ryms därför inte heller inom ramen för den här undersökningen (Fig. 20).

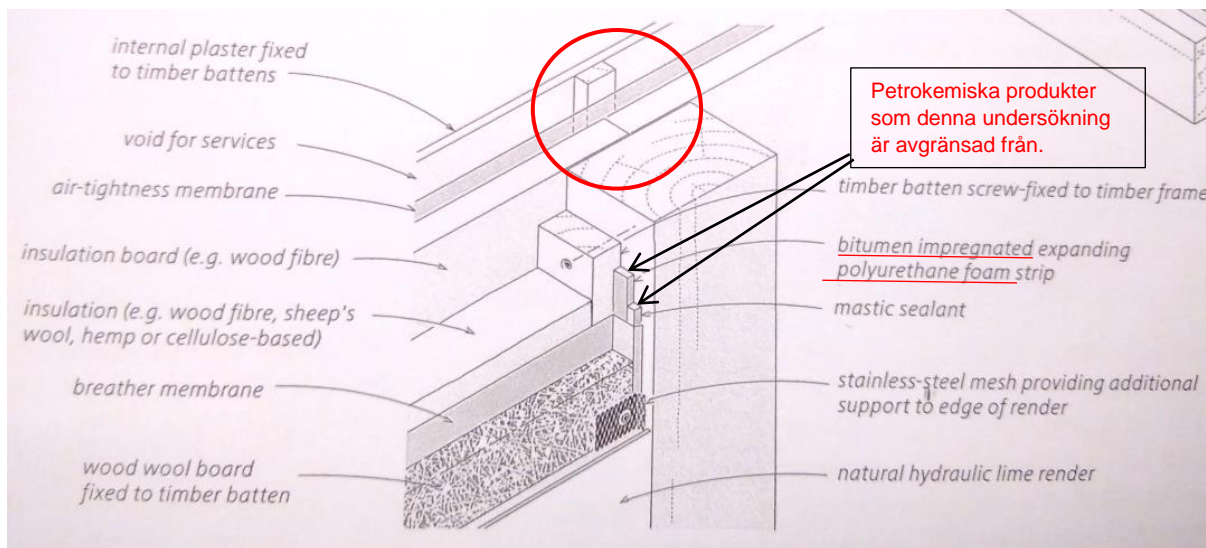


Fig. 19. En sammanställning för att visa hur komplicerad den moderna lösningen är. Den röda cirkeln i bilden påvisar att den moderna lösningen både har en duk som kan vara svår att laga vid punktering samt inte ger halvnakna stolpar, i det här fallet täcks stolparna på insidan.

<sup>24</sup> Peter McCurdy; Bl.a. byggmästare vid återskapandet av Shakespeares Globe Theater, London, UK. Driver McCurdy & Co Craftsmen and Consultants. Samtal under stolpverksseminarium på GU, Mariestad den 3 februari 2017.



EXAMPLES OF REPLACEMENT INFILL PANELS

**TRADITIONAL APPROACH USING WATTLE AND DAUB**

(Thermal performance may be improved by providing insulation internally)

split oak loths or hazel withies woven around staves to form wattle

daub applied to wattle by hand from both sides, commencing at bottom of panel

daub smoothed over and keying holes formed where panel is to be finished lime render

daub recessed to allow rendering to be finished flush with frame

lime render applied to daub

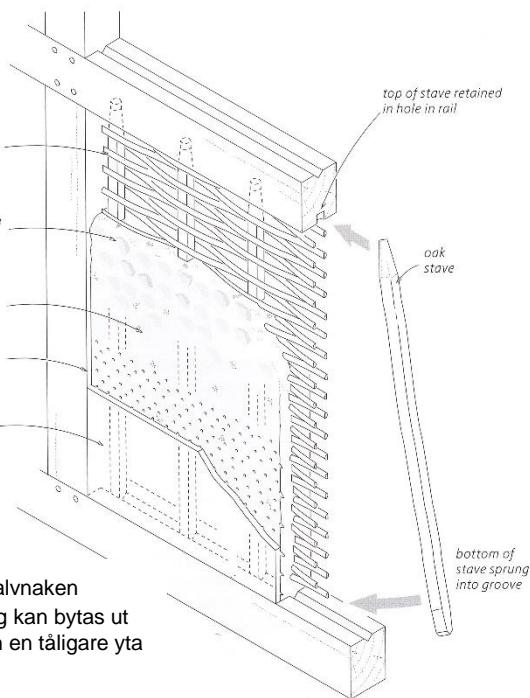


Fig. 20, Traditionellt flätverk i en halvnaken skelettstomme av timmer. Lerfyllning kan bytas ut mot *hempcrete* för mer isolering och en tåligare yta (McCraig & Ridout 2012, s. 324).

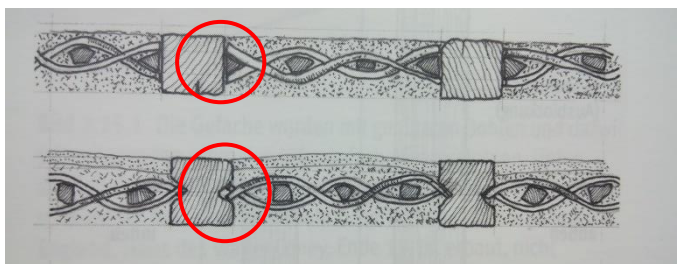


Fig. 21, Två varianter på flätverk, sett uppifrån. Den övre med påspikade lister på stolpen. Den undre med huggna uttag i stolpen (Ekkehart 2015, s. 66).



Fig. 22, Flätverk av hasselstörar med lerfyllning, fästa med list, likt Fig. 21, övre.

McCraig och Ridout beskriver hur viktigt det är med konstruktivt träskydd som exempelvis ordentligt takutsprång och en skyddad miljö där huset byggs för att flätverkskonstruktionen ska klara sig. Historiskt har en i England vittat/avfärgat fackfyllnaderna och dess möten med skelettstommen varje år (limewash), liknande som Melin beskriver att de gjort i Skåne (2011, ss. 31–33). Detta menar McCraig och Ridout räcker för att motverka gliporna som bildas mellan skelettstommen och fackfyllningen över året (2012, s. 321).

McCraig och Ridout menar att tegelfyllnader är tyngre och mindre flexibla än flätverk (Fig. 21, 22) vilket ökar påfrestningen på skelettstommen. Tegelfyllnaden binder mer vatten och isolerar relativt dåligt. När teglet muras med cementbaserat bruk förvärras problemet med att fukt hålls kvar. (ibid. s. 323).

När det gäller fackfyllnader menar McCraig och Ridout att de flesta moderna lösningarna inte presterar tillräckligt och leder ofta till att timran bryts ner. Särskilt när vattentäta cementputser och PVC-baserade färger applicerats har det lett till att vatten leds ner till skelettstommen. Har cementputsen spruckit kan den kapsla in fukt som lett till svampangrepp och annat som brutit ner konstruktionen. (ibid. ss. 323–324).

Den mest framgångsrika lösningen de har sett och som de menar är väl beprövad på kontinenten är att använda det traditionella flätverket men byta ut leran mot hampakalk (ibid. s. 324).

## 1.7. METOD

### MODELL

För att undersöka vilka val av verktyg, material och metoder som kan ge tidsvinster under uppförandet har en modell av ett skelettverk konstruerats i skala 1:1. Ytermåtten på modellen är ca. 5,6 m bred och ca. 9,8 m lång, vilken ger en golvyta inne i modellen på strax under 50 m<sup>2</sup> (Fig. 23). Modellens skelettstomme är av massivt trä med stolpar och syll i 8" x 8" (ca. 20 cm x 20 cm) och hammarband i 6" x 8" (ca. 15 cm x 20 cm).

Avståndet mellan stolparna på modellen är beroende på vilken fackfyllnad som används. På långsidorna ger detta en bredd på ca. 175 cm (ca. 3 aln), och sidofacken på gavlarna ca. 116 cm samt mittenfacket på gavlarna ca. 220 cm. Fackfyllnaden i var fack består av en huvudprodukt och en putsbärare.

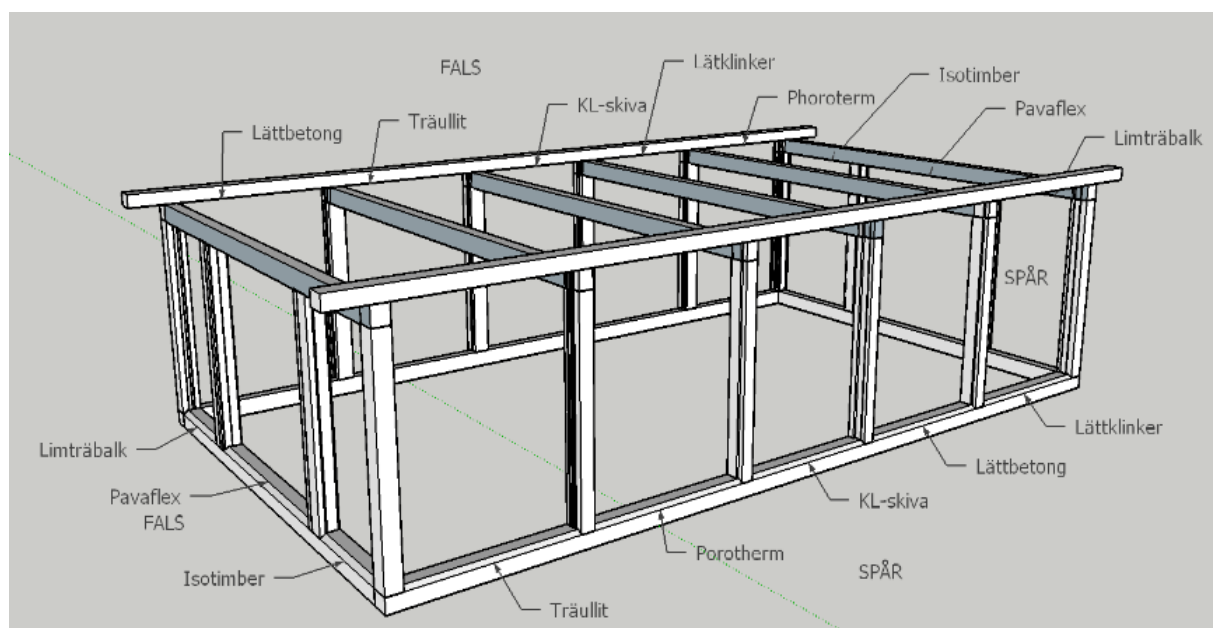


Fig. 23, De åtta olika huvudprodukterna (Fig. 27) som används som fackfyllnad och dess respektive två fack, ett med spåralternativet som möte mellan stolpe och fackfyllnad och ett med falsalternativet.

Husets långsidor och gavlar är indelade efter de två principer för att göra uttagen i stolpen för att möta fackfyllnaden, fals respektive spår (Fig. 6, 23). En kombination av de i undersökningen ingående byggprodukterna monteras i ett fack av var princip. Slutligen ska facken putsas med ler- eller kalkputs på en putsbärare av kalkskum-, träullcement- eller träfiberskiva. Påslag av puts ryms ej inom denna undersökning, men tas hänsyn till vid konstruktionsval i väggar.

Protokoll är fört (bilaga 1–8) samt bild- och filmunderlag är insamlat under arbetet för att dokumentera och ge möjlighet till efteranalys.

Tidsåtgång har mätts för tillverkning av urtag i stolpen för fackfyllnaden, inklusive påmärkning och tillverkning av falsen/spåret i stolpen, samt eventuell efterbearbetning. Snittiden för de ca. 80 löpmeter fals/spår som tillverkats under undersökningen används som jämförelsevärde.

Valet av putsbärare till respektive huvudprodukt beror primärt på utrymme och tillgång av produkt vid genomförandet. I vissa fall beror valet även på önskemål från materialproducenterna, detta redovisas då.

## EXPERIMENT

### DIMENSIONER OCH AVSTYVNING

Traditionellt har fackfyllnader i de olika skelettverken haft många olika utseenden och lösningar (Fig. 24, 39). I denna undersökning är det respektive fack och dess möte med stolpen som undersöks, inte byggnadens hela bär- och avstyvningsystem. En så tjock vägg som möjligt är eftersträvat för att erhålla isolering av både ljud och värme/kyla. Faktorer som utseende, underhåll och reparerbarhet samt möjlighet till senare tillägg till konstruktionen är orsaken till att behålla en från in- och utsidan, synlig träkonstruktion. Löfvenskiöld visar två lösningar för att åstadkomma detta i *Landtmannabyggnader: hufvudsakligen för mindre jordbruk* (1868, s. 18) (Fig. 25).

I den här undersökningen jämförs ett traditionellt sätt med ett notspår i stolpen och fackfyllnaden som bildar en spont (Fig. 25, övre). Detta sätt jämförs med en fals som tillverkas i stolpens ytterhörn och en bräda eller planka lika bred som stolpen påspikad utanpå istället, för att bilda spåret för fyllningen (Fig. 25, nedre). För att de två olika alternativen skall passa till byggprodukterna i undersökningen görs först prov på bitar av 8" x 8" virke där olika lösningar utprovas. De som verkar mest applicerbara testas sedan i full skala på modellen i skala 1:1. Ytorna på fackfyllnaden i undersökningen ska slutligen vara putsade för att ge ett fukt- och konvektionsskydd (Mårtensson & Wiklund 2016).

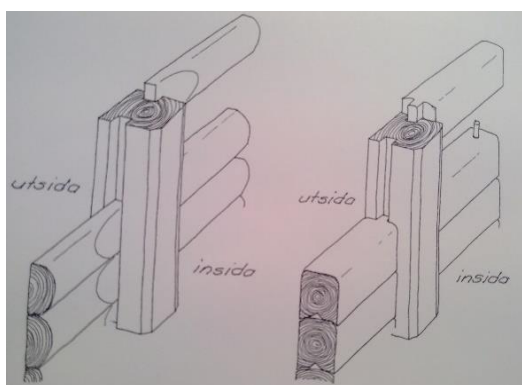


Fig. 24, Två exempel på fackfyllnad till det traditionella spåralternativet, här i skiftesverk (Henriksson 1996, s. 95).

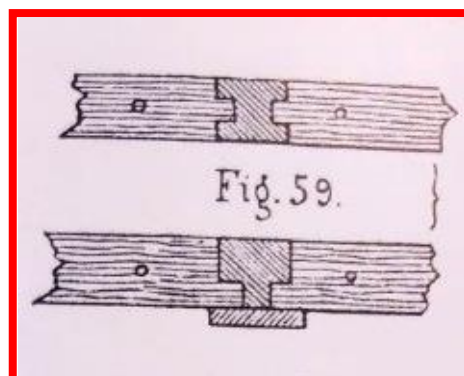


Fig. 25, Övre: spåralternativet, nedre: falsalternativet (Löfvenskiöld 1868, s. 18).

Stolparna och syllen är av kärnfura, ramsågad till 8" x 8" (ca. 20 cm x 20 cm). Stolparna är 243 cm långa exklusive tappar, för att möjliggöra ett 1" golv ovanpå syllen och ändå ha en takhöjd inne på mer än 240 cm. De är något djupare än de 6–7" (ca. 15–17,5 cm) som var normalt i skiftesverk enligt Holmberg, men i en bredd som han anser traditionell, mellan 6–11" (Holmberg 2006, s. 123). Henriksson skriver att han sett upp till 19 cm djupa stolpar (1989, s. 63).

För korsverk skriver Henström:

*"Mellanposternas tjocklek rättar sig efter det material, hvarmed fälten skola utmuras, ty de måste göras lika tjocka med muren; således i de vanligaste fall 15–20 cm. [ca. 6–8"; min anm.]"*  
(Henström 1896, s. 45)

Syllens 8" x 8" motsvarar vad som är normalt i de skånska korsverken med ett djup på 8–10" och höjd av 6–8" (Henriksson 2000, s. 23). Hammarbanden är i liggande 6" x 8" för att gå i liv med stolpen under.

Facken mellan stolparna har mått som är vanligt förekommande i traditionella korsverk, ca. 3 aln (ca. 178 cm) breda<sup>25</sup>, fackhöjden ligger traditionellt mellan 3,5–4 aln<sup>26</sup> och jag har valt 4 alns fackhöjd på grund av dagens byggnormer som säger att ett bostadsutrymme måste ha minst 240 cm i takhöjd (ca. 4 aln)<sup>27</sup>.

I undersökningen används i huvudsak kvadratisk sågade, och ofta likgrova delar i modellen, något som var vanligt i korsverkskonstruktioner, särskilt när furu används som virke. Skiftesverkens form- och konstruktionssätt innehåller ofta mer rektangulära komponenter (Henriksson 1996, s. 171).

För att undvika luftläckage där löshult och snedsträvor fäster i stolpen<sup>28</sup> är väggpartierna i undersökningen befriade från dessa och de murade facken får sin avstyvning genom de träbaserade facken (Fig. 34) vilka ger en avsträvning till konstruktionen genom skivverkan. Då det är respektive fackfyllnad och dess möte med stolpen som undersöks och inte hela byggnadens avsträvning- och bärsystem, påverkar detta ej undersökningen. Alla ytorna på fackfyllnaden kommer i ett senare skede att putsas för att erhålla konvektionstäta skikt som går att underhålla (Mårtensson & Wiklund 2016).

Skelettverket får då en funktion som en skiftesverkskonstruktion med skivverkan som erhålls från de träbaserade fackfyllnaderna, men proportionerna och de putsade fackfyllnaderna ger ett visuellt intryck av korsverk, dock utan för svenska korsverk karakteristiska löshult, mellanstolpar och snedsträvor.

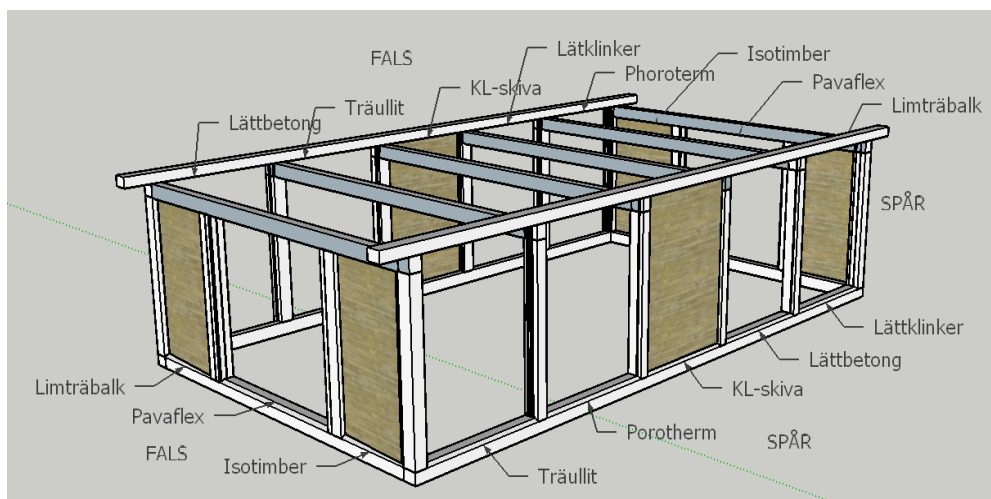


Fig. 26, De ifyllda facken är fackfyllnader med en byggprodukt som är baserad på trä och ger en strävning till hela den samlade konstruktionen/modellen

De förstyvande mittenfacken på långsidorna är konstruerade med en 82 mm tjock, treskikts korslaminerad träskiva (KL-skiva). Dessa skivor kommer även att styva upp de skarvar på syll och hammarband som, på grund av virkeslängderna, hamnar i samma fack på långsidorna. De skulle annars ge en svaghet i konstruktionen (Fig. 26).

På gavlarna kommer ett fack på var sida vara fyllt med Isotimber 110 mm samt 12 mm plywood fastskruvade i falsar/spår i modellen på vardera sidan för att ge avstyvning. Det andra facket på gavlarna är fyllt med Moelvans limträbalkar som ihopdymlade, alternativt klädda med plywood, även de ger en skivverkan till konstruktionen som helhet.

<sup>25</sup> (Leches 1746 s. 245; Linné 1749 se Melin 2011, s. 8 samt Henriksson 1996, ss. 135–136)

<sup>26</sup> (Lovén u.å., Hörlén u.å. se Werner 1924, s. 49 samt Hörlén se Melin 2011, s. 69)

<sup>27</sup> Linda Lindblad, Antikvarie, bygghantverkare och tidigare bygglövshandläggare. Samtal den 21 maj 2017

<sup>28</sup> Piet Karlstedt; tysk murarmästare och byggingenjör. Samtal under Denkmal-mässan i Leipzig, Tyskland den 11 november 2016

## FACKFILLNADSMATERIAL

De leverantörer som kontaktats och som har bidragit med material till undersökningen är:

Företag	Produkt <b>Huvudprodukt</b> <i>Putsbärare</i>	Förkortning	Format	Kg/m <sup>2</sup> , Kg/m <sup>3</sup>	Dimensioner /cm	Värmel- ednings- tal W/mK	Oorganiskt/ Organiskt innehåll	Konvek- tions- öppet/ tätt	Bilaga med bild
Martinsson	<b>Krysslaminerad skiva</b>	KL	Skiva	32 kg/m <sup>2</sup> , 400 kg/m <sup>3</sup>	H: 240 L: max 16 m D: 82	Ca. 0.13	Organisk, Trä	Tät	7
Moelven	<b>Limträbalk</b>	LT	Balk	400 kg/m <sup>3</sup>	H:x L:x D: 110	Ca: 0,13	Organisk, Gran	Tät	6
Finja	<b>Lättklinker</b>	LK	Block	650 kg/m <sup>3</sup>	H: 19 L: 59 D: 12	0,18	Oorganisk, Sintrad lera Cement	Öppen	3
Ytong/ Xella	<b>Lättbetong</b>	LB	Block	575 kg/m <sup>3</sup>	H: 20 L: 60 D: 75	0,14	Oorganisk, Cement	Tät	2
Ytong/ Xella	<i>Kalkskumblock</i>	KS	Block	115 kg/m <sup>3</sup>	H: 39 L: 80 D: 60	0,042	Oorganisk, Kalk	Tät	2
Träullit	<b>Träullcement Byggelement 150</b>	TUC	Skiva	58 kg/m <sup>2</sup>	H: 240 L: 60 D: 150	0,07	Båda, Gran Cement	Öppen	4
Träullit	<i>Träullcement Standard 50</i>	TUC	Skiva	20 kg/m <sup>2</sup>	H: 60 L:120 D: 50	0,075	Båda, Gran Cement	Öppen	3
Träullit	<i>Träullcement Standard 25</i>	TUC	Skiva	11 kg/m <sup>2</sup>	H: 60 L:120 D: 25	0,08	Båda, Gran Cement	Öppen	3
Träullit	<i>Träullcement Ventilerad 50</i>	TUC	Skiva	20 kg/m <sup>2</sup>	H: 60 L:120 D: 50	0,08	Båda, Gran Cement	Öppen	3
IsoTimber	<b>Spårfrästa träblock</b>	ST	Block	400 kg/m <sup>3</sup>	H:x L: x D: 110	0,63	Organisk Trä	Tät	5
Pavatex	<i>Träfiberskiva Pavatherm combi</i>	PC	Skiva	9.3 kg/m <sup>2</sup> , 145 kg/m <sup>3</sup>	H: 180 L: 58 D: 6	0,041	Organisk Trä	Öppen	7
Pavatex	<b>Mjuk träfiber- isolerskiva Pavaflex light</b>	TF	Skiva	6.6 kg/m <sup>2</sup> , 40 kg/m <sup>3</sup>	H: 135 L: 57,5 D: 12	0,038	Organisk Trä	Öppen	8
Wienerberger/ Porotherm	<b>Vaxkaketeegel</b>	VK	Block	800 kg/m <sup>3</sup>	H: 49,8 L: 24,9 D: 11,5	0,39	Oorganisk Lera	Tät	1

Fig. 27

x = förhandlingsbart

## INTERVJUER

Samtal har under 2016–2017 förts under sammankomster, utbildningar och mässor med fokus på undersökningens frågeställningar och övergripande syfte. De tillfällen som nyttjats är Denkmal-mässan i Leipzig 2016, utbildning av *Martinsson i KL-trä* i Göteborg samt *KL-trä seminarium* i Stockholm anordnat av Svenskt Trä. Även träffar med hantverkaren i fokus, som *Hantverksfest* på Sörmlands museum och *Stolpverksseminarium* på GU i Mariestad samt under utbildningar i olika skelettkonstruktioner av timmer. Även Hållbara hem i syds seminarium på Kulturen i Lund om lera som byggmaterial samt Svenska byggnadsvårdsföreningens temadag *Hur hållbart är hållbart* i Uppsala besöktes för inhämtning till denna undersökning.

Mailkonversationer har vid behov följt upp samtalen för förtydligande och ytterligare uppkomna frågor.

## DOKUMENTATION AV EXPERIMENTEN

### **Produktnamn:**

#### **Material:**

*Generell beskrivning av innehåll*

#### **Hemsida:**

*Produktens/tillverkarens hemsida*

#### **FALS/SPÅR:**

*Måttsett ritning för att beskriva falsens/spårets utseende, sett uppifrån stolpen*

#### **Foto:**

*Foto på de ingående materialens lager*

#### **Tid för bearbetning av stolpe:**

*Tidsåtgång för att påmärka och såga till falsen/spåret i stolpen, inkluderat ev. efterbearbetning. Snittid över ca 80 löpmeter fals/spår som tillverkats under undersökningen.*

#### **Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:**

*Hur fackfyllnadsmaterialen är tänkt att vara ordnade, utifrån och in.*

#### **Montering:**

*Hur slutlig montering av fackfyllnad är tänkt att vara utförd. Puts eller limmer har ej anbringats under denna undersökning.*

#### **Observera:**

*Har några komplikationer dykt upp under arbetsgången, eller saker som bör tas i beaktande.*

#### **Verktyg för fackfyllnad:**

*Vilka större verktyg som nyttjats för att bearbeta respektive fackfyllnadsmaterial. Penna, linjal, kombinationsvinkel, tvingar etc. exkluderat.*

#### **Verktyg för stolpe:**

*Vilka större verktyg som nyttjats för att tillverka falsen/spåret i stolpen. Penna, linjal, kombinationsvinkel, tvingar etc. exkluderat.*

#### **Konstruktivt träskydd:**

*Vilka enkla lösningar på konstruktivt träskydd har genomförts för att hindra vatten från att bli stillastående i konstruktionen*

#### **Övrigt (båda alternativen):**

*Något övrigt som kan vara intressant att veta om produkten eller tillvägagångssättet*

För undersökningen har ett protokoll utarbetats (t.v.) för att dokumentera de olika mötena mellan stolpe och fackfyllnad. Undersökningen kommer också att filmas och tid tas på arbetsgången för noggrannare efteranalys av arbetet som genomförs.

Materialets fullständiga innehåll finns att få tag i från materialtillverkarna, adressen vid *Hemsida* innehåller kontaktuppgifter.

För miljömässig värdering av de olika ingående materialen hänvisas till: Sundahus-databasen, <http://www.sundahus.se/> och BASTA, <http://www.bastaonline.se/> samt Kemikalieinspektionen, <http://www.kemi.se/> och Chemsec, <http://sinlist.org/>.

I protokollet jämförs de två olika sätten för fackfyllnadens möte med stolpen. Kolumnen till vänster redovisar falsalternativet och i kolumnen till höger spåralternativet.

Då tidsfaktorn är beroende på utförarens skicklighet och utprovning av olika metoder med tankeverksamheten och friktioner som tillkommer redovisas här snitttiden för samtliga löpmeter av spår- respektive falstillverkningen.

## 1.8. CENTRALA BEGREPP

### SKELETTKONSTRUKTIONER I TIMMER

För att få ett samlande begrepp på skelettkonstruktioner i timmer som inte kan blandas ihop med någon historisk benämning på en specifik konstruktion kommer här en kort definitionsgenomgång och slutligen en förklaring till undersökningens titel.

#### STOLPVERK

*Stolpverk* i en skandinavisk kontext benämner Ulrik Hjort Lassen som:

*“All constructions where the load-bearing skeleton consists of square, two-side converted or round timber of dimensions four by four inches or bigger, and where the internal and external loads are transferred to the ground by a co-operation between vertical, horizontal and/or diagonally positioned timbers”*  
(Lassen 2014, s. 14)

Sett till äldre uppslagsverk är ofta termen stolpverk (Fig. 30) förknippad med ladugårdsbyggnader baserade på en skelettstomme med en utvändig panel, exempelvis:

I Svenskt lantbrukslexikon från 1941 skrivs om ordet *loge*:

*“I allmänhet göras väggarna som stolpverk, som panelas utvändigt, oftast t. o. m. utan täcklister.”* (1941)

Lantmannens uppslagsbok från 1923 förklarar ordet *skulle*:

*“För att få ökat utrymme för foder böra ytterväggarna dragas upp över yttertaket i—3 m., där de kunna utföras på enklaste sätt av stolpverk med enkel panel.”* (1923)

Arkitekten Jacob Hidemark skriver i tidskriften *Gård & Torp*:

*“Många lador är byggda med stolpkonstruktion. Kvadratiska trästolpar med en bredd mellan 12-15cm, sammanfogade till väggramar och med intappade snedsträvor för stabiliteten. Det finns även lador i timmerteknik och i skiftesverk, allt beroende på regionala traditioner.”* (Hidemark 2012)

#### KORSVERK/KORSVIRKE

I Carl Werners doktorsavhandling, *Korsvirkesarkitekturen i Sverige* (1924) redogör han definitioner på olika skelettkonstruktioner i timmer som har likheter med korsvirkeshusen [korsverkshus; min anm.].

Werner särskiljer där *stolpverk* från *korsvirke*:

*“Ett byggsätt som visar nära överensstämmelse i konstruktionen med korsvirket, är stolpverket, stolpkonstruktionen. I båda byggnadssätten förekommer en konstruktiv träställning. Olikheten är i stort sett den, att stolpverket förses med en brädpanel på ena eller båda sidorna, under det att ett korsvirke erhåller, som förut nämnts, i träställningens fyllningar lämpligt väggbildande material; stolpverkets stomme är alltså ej avsett att synas<sup>1</sup>”* (Werner 1924, s. 3).

I fotnoten 1 tillägs att:

*“Ofta förekommer i brandförsäkringsbrev (Städernas Allmänna Brandstodsbolag fr. o. m. År 1828) rörande byggnader i Mellan- och Övre-Sverige en sammanblandning mellan stolpverket och korsvirket. Det förre kan kallas enbart korsvirke (Lidköping, Ulricehamn) eller korsvirke och bräddor (Borås, Linköping, Nyköping, Säter, Härnösand, Hudiksvall); stundom användes dock benämningen stolpar med bräddor (Ulricehamn, Uppsala, Västerås).”* (ibid, s. 3)



Fig. 29, Korsverk enligt Werner (1924, ss. 1–6), Lund.



Fig. 30, Stolpverk är enligt Werner, en bärande skelettstomme med panel utanpå (1924, s. 3). Del av lada på landeriet i Kvibergsnäs, Göteborg.

Hantverksdoktoranden vid institutionen för kulturvård, Karl-Magnus Melin påpekar att *stolpverk* använt vid invändiga konstruktioner vilka ofta saknar brädklädsel (2011; Lange, Lassen & Melin 2011). Detta *stolpverk* är enligt Henriksson definition en *skelettstomme* (Henriksson 2000, s. 87). Med arkitekten Gustaf Näsströms terminologi kan det tilläggas *naken* (1930, s. 30) framför *skelettstomme*.

I enlighet med Melin används benämningen som enligt Werner (1924, s. 1) på 1600-talet var den vanligaste, *korsverk*, istället för *korsvirke* i denna uppsats.

*”Då korsverk är en bättre beskrivning och ansluter till andra konstruktionsbenämningar, exempelvis stolpverk, fackverk, bindingsverk, skiftesverk, bålverk, stavverk, regelverk och så vidare. ... Efterleden verk betyder för övrigt arbete och är samma ord som engelskans work och tyskans werk.”*  
(Melin 2011, s. 8)

*Korsverkshus* är även den benämning som Löfvenskiöld använder för de hus som är uppförda med korsverksteknik (1868, s. 18).

Professorn i arkitektur Gunnar Henriksson benämner *korsverkets* specifika *skelettstomme*:

*”Timra, korsverksbyggnads trästomme. Gles timra betyder stort avstånd mellan stolparna, tät timra litet avstånd.”* (Henriksson 2000, s. 87)

## SKIFTESVERK

När det gäller val av traditionella begrepp för att benämna skelettkonstruktioner i timmer är skillnaden mellan exempelvis *korsverk* och *skiftesverk* inte knivskarp. Arkitekturhistorikern Prof. Olle Svedberg skriver i *Kort vägledning till skånsk byggnadsvård*:

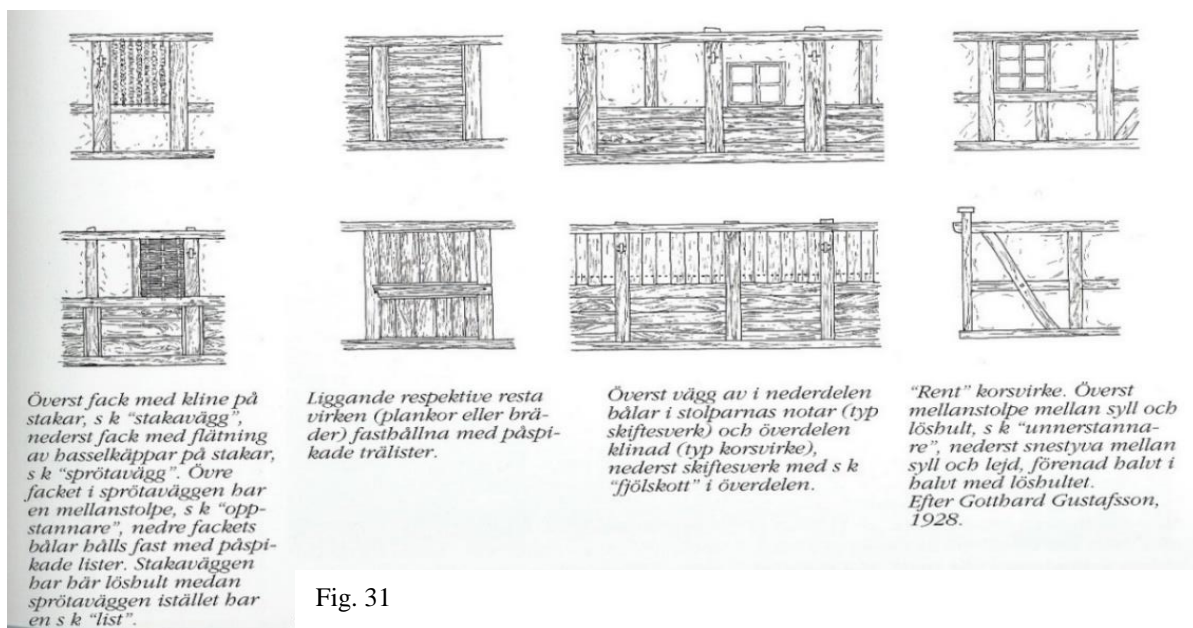
*”Den ”skånska längan” [korsverk/skiftesverk; min anm.] är ingen enhetlig byggnadstyp. Den långsmala planformen, de låga väggarna och den höga takresningen är visserligen drag som går igen. Men den regionala och lokala särprägel är också mycket framträdande”* (Svedberg 1975, s. 8)

Henriksson skriver i boken *Skiftesverk i Sverige: ett tusenårigt byggnadssätt*:

*”De [skiftesverk/korsverk, min anm.] har också kunnat förenas i ett och samma hus, vilket varit möjligt genom att endera av de två principerna har fått råda.”* (Henriksson 1996, s. 171)



”Var virkena satta mellan stolpar och fasthållna enbart med påspikade lister, kan konstruktionen betraktas som en variant av korsvirkestekniken. Hade däremot plankorna blivit insatta som sammandrymlade bålar i stolparnas notar, var det skiftesverkets princip man tillämpat, även om överdelen var lerklinad” (ibid, ss. 170, 171) (Fig. 31).



#### SKELETTKONSTRUKTION/SKELETTBYGGNAD/SKELETTVERK

I den konstruktion som uppförts för den här undersökningen passar de fack som har mineralisk fyllning in på Werners benämning *korsvirke*. Konstruktionen beskrivs ha väggpartier vars fackfylnade består av mursten/block och inte har någon egen avsträvning.

”Ett korsvirkeshus består av en träställning, som utgör byggnadens stomme, skelett, och som bildar det konstruktiva i byggnaden. Väggrummen mellan skelettets trädelar spela alltså ingen i konstruktivt hänseende ingen roll. Det är likgiltigt, om de apteras till fönster eller dörrar, eller om de fyllas av något väggbildande material såsom lerklining, obränd sten el. dylikt” (Werner 1924, s. 2)

Termen *skelett* använder även Henriksson i sin ordlista men då i ordet:

”*Skelettstomme*, bärande byggnadsstomme av stolpar, tvärbjälkar och band. Begreppet används för att framhålla motsatsen till exempelvis ett knuttimrat hus. ...”

I *Hantverkets bok, Träbyggnadskonst* från 1938 definierar arkitekten Sven Ivar Lind byggnadssystemet *skelettbyggnad* som samlingsterm och inkluderar exempelvis *korsvirke* som traditionell *skelettbyggnad*:

”*Skelettbyggnad* är ett system där den bärande funktionen renodlats; den ombesörjes av skelettet som skall fylla endast denna uppgift, men är ej runsomslutande. Skelettet kan förläggas i väggen eller utbildas fritt från denna.” (Paulsson 1938, ss. 153–154)

Enligt *Glossary of prehistoric and historic timber buildings* som är utgiven av Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung, Wilhelmshaven, så definierar de *timber-framed construction* som:

”*Timbered structure with a load-bearing timber frame made of horizontal, vertical, and oblique timbers. The infill of spaces in-between (in timber-framing: panels) lacks structural importance. Sometimes the spaces even remain open. Can be an earthfast or a non-earthfast building.*” (Volmer & Zimmerman 2012, s. 130)

Översättningen på *Timber-framed construction*:

- Tyska: "(Holz-)Gerüstbau ~ (Holz-)Skelettbau (mainly refers to modern timber buildings)."
- Danska: "Bindningsværk = tømmerkonstruktion = bygningens tømmer skelett ~ skelettkonstruktion (mainly refers to modern constructions)."
- Norska: "Bindningsverk <Stavverk (all traditional rural types of construction with vertical timbers) <skjelettkonstruksjon (modern term)."
- Polska: "Konstrukcja szkieletowa"
- Tjeckiska: "Skeletová stavba = skeletová konstrukce (building technique) ~ rámová konstrukce."
- Svenska: "Skelettkonstruktion = ramverkskonstruktion" (ibid, ss. 131–132)

Flera av våra närliggande länder förklarar en modern *timber framed*-konstruktion med en term som innehåller någon form av ordet *skelett*. Även Nationalencyklopedins beskrivning av den svenska termen *skelettsystem/konstruktion* beskriver något som, bortsett från materialexemplet, kan rymma modellen som byggs under undersökningen.

Nationalencyklopedin definierar *skelettsystem/skelettkonstruktion*:

"I skelettsystem (eller skelettkonstruktion) kombineras i stället de bärande pelarna med bärande balkar, där bjälklagen i sin tur vilar på balkarna. Skelettsystem utförs såväl i stål (det klassiska sättet att bygga skyskrapar i USA) som i armerad betong." (Axelsson & Thomasson u.å.)

Arkitekten Tomas Tägil har specialiserat sig på tegel som byggmaterial skriver i tidskriften *Byggnadskultur* om skånsk tegeltradition:

"Den skånska korsvirkeslängan var en lämpligt virkesbesparande skelettkonstruktion." (Tägil 1996, ss. 2–5)

Arkitekten Jan C. Molander skriver i *Kulturhistorisk tidskrift* vol. 81, nr. 3:

"Också korsvirkestekniken [likt skiftesverken] är en skelettkonstruktion men med tätare ställda stolpar och med snedsträvor för förstävning." (RIG 1998, s. 186)

Den bärande skelettstommen i modellen är avsträvad med hjälp av skivverkan vilket enligt Henriksson stämmer med beskrivningen av en skiftesverkskonstruktion (1996, s. 170). Medan fackfyllnaderna putsas och proportionerna i konstruktionen stämmer mer överens med beskrivningen av traditionella korsverk.

Modellen i undersökningen har som helhet inte någon anledning att rymmas inom en traditionell beteckning på huskonstruktioner utan bör ses mer som en hybrid mellan modernt och traditionellt. Just träskelett är en förklaring som författaren både använt själv och hört andra timmermän använda för att just förklara begrepp som *stolpverk*, *ramverk*, *korsverk* och *skiftesverk*.

Då undersökningen till del vänder sig mot producenter av industriellt processade byggmaterial kan det vara mer relevant att använda en term som liknar den som används i modern byggnation<sup>29</sup>.

I enlighet med Melin används ändelsen *verk* som i *korsverk* för att anspela på liknande konstruktioner som *skiftesverk*, *ramverk* och *bindningsverk* med flera av timmer konstruerade skelettstommar. Därav blir konstruktionsbenämningen på modellen som undersöks i sin helhet till *skelettverk*.

---

<sup>29</sup> Lektor och hantverkare Nils-Eric Anderson, mailkonversation 16 maj 2017

## 2. UNDERSÖKNING

### 2.1. INLEDANDE FÖRUTSÄTTNINGAR

För att åstadkomma en realistisk hantverksundersökning tillverkades en skelettstomme i skala 1:1. Ytermåtten på modellen är ca. 5,6 m bred och ca. 9,8 m lång, vilken ger en innergolvyta på strax under 50 m<sup>2</sup> (Fig. 23). Modellens skelettstomme är av massivt, kärnrik furu med stolpar och syll i 8" x 8" och hammarband och bindbjälkar i 6" x 8". Modellen byggdes på ett avvägt golv i en uppvärmd undervisningslokal vid GU i Mariestad. Materialen till fackfyllnaderna har sponsrats av de olika materialleverantörerna vars produkter ingår i undersökningen.

### 2.2. PLANERING OCH FÖRARBETE

Virket har fällts i Johannesbergsparken i Mariestad sommaren 2016. Stockarna förvarades utan övertäckning fram tills de togs in och torkades i en virkestork under två dagar i november. Därefter sågades de fyrkantiga i Håggetorps ramsåg. Virkeshanteringens resulterade i blånad i splinten på vissa stockar. Slutligen har virket torkats inomhus. Övre tapp och tapphål tillverkades på stolparna under vintern 2016–2017 för att minska arbetet under våren 2017. Vid bearbetningen under vintern låg fuktkvoten i timret på 20–25 %, vilket resulterade i att virket hade en del vridningar och sprickor när vårens slutbearbetning skulle börja. Fuktkvoten var då nere i 12–14 %.

Mätningen av virkets fuktighetsgrad är genomförd med en Storch HPM 3000 (Fig. 32) med en hammartillsats (Fig. 33) som medger ett mätdjup på ca. 2". Stolparna och syllerna av 8" x 8" hade vridit sig. Detta löstes vid bygget av konstruktionen med att all påmärkning utgick från de redan konstruerade tapparna och tapphålen. Resten av delarna är tillverkade med dem som referens (Fig. 34). Konsekvensen av vridningen blev att det inte gick att använda sig av ett parallellanslag mot en referenssida på virket. Detta skedde istället med en fastspänd styrskena på virket. Hammarband och bindbjälkar som hade vridit sig mer fick rätas upp med cirkelsåg och hyvel efter torkperioden.



Fig. 32. Storch HPM 3000 (Ahlsells 2016).



Fig. 33. Hammartillsats (Ahlsells 2016).



Fig. 34. Hela vridningen i bindbjälken tas upp i tapparna på ena änden av stolpen. Markeringen är där tapparna kommer att sågas ur.

### 2.3. RESULTATREDOVISNING OCH TOLKNINGAR

Den variant av uttag i stolpen som passar bäst för montering av respektive fackfyllnad är beroende av vilka verktyg och maskiner som finns att tillgå på arbetsplatsen samt hur många hantverkare som arbetar och vilken kompetens de har.

Under de förutsättningar som rått under undersökningen har dessa resultat kommit fram.

## TIDSÅTGÅNG VID TIMMERBEARBETNING

Skillnaden mellan spår- och falsalternativet är inte alltid helt tydlig. Vid mindre falsar går notningsenheten, som i undersökningen oftast används för att tillverka spår med, snabbare att tillverka en fals med än att såga ett snitt med cirkelsåg, vända timret och såga ett snitt till, som är den vanliga metoden för att tillverka en fals.

Cirkelsågen HK 85 från Festool har som tillbehör en notningsenhet (VN-HK85 130 x 16–25 mm) (Fig. 35). Tillsammans med en kombinationsvinkelhake (Fig. 36) samt en styrskena visade det sig att det i princip går lika fort att göra en fals som ett spår (Fig. 25) om spår och fals är ca. 50 mm breda och inte mer än 30 mm djupa. Vid större bredd och/eller djup blir falsalternativet snabbare.



Fig. 35, HK85 med VN-HK85 130x16–25. Fig. 36, Kombinationsvinkelhake med gradinställning. Fig. 37, FS/2700/2.

För tillverkning av spår i stolpe användes cirkelsåg med notningstillbehör (Fig. 35). För att få ett rakt spår, oavsett virkets ojämnheter användes en 270 cm lång styrskena (Fig. 37) istället för parallellslag. För att fräsa ett spår med 16–25 mm bredd med ett djup på upp till 30 mm, blev snitttiden 5 min/lpm över en sträcka på 50 lpm.

Arbetsgången för påmärkning med en kombinationsvinkelhake (Fig. 36):

- Markera vid toppen och vid botten på stolpen, taget från en referenssida (Fig. 38).
- Lagg på styrskena (Fig. 37) och passa in efter markeringarna (Fig. 39).
- Spänn fast skenan med för skenan och virkestjockleken anpassade tvingar, här Bessey GTR30B6.
- Lagg på cirkelsågen med notningsenhet på skenan och börja bearbeta (Fig. 40, 44).



Fig. 38, Påmärkning.

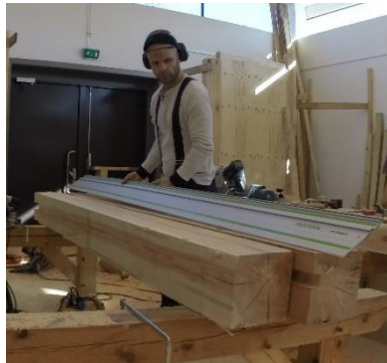


Fig. 39, Montera skenan.



Fig. 40, Notfräs ut ett spår.

För riktigt breda och djupa spår som den till KL-skivan med en bredd på 80 mm, testades även karvfräsen Festool HK 132 RS/HK (Fig. 41). Denna är konstruerad för att kapa fibrerna (Fig. 45) i stolpen och inte klyva längs med dem. Maskinen får en hoppig gång vid klyvning, viket ger en ojämn botten på spåret och det känns i maskinen att den inte mår bra av denna behandling. Även arbetsinsatsen att hantera en karvfräs på 18 kg istället för HK85:s 7 kg är större. Dessutom ligger styrskenan bredvid verktyget för HK 132, vilket leder till behov av större arbetsyta och en mer komplicerad arbetsgång.<sup>30</sup>



Fig. 41, Festool HK 132 RS/HK.



Fig. 42, Mafell KSS 80 Ec.

För en fals behövs först påmärkning likt spåralternativet (Fig. 38) samt montera en skena (Fig. 39). Sedan genomförs ett snitt med klyvtandad klinga på cirkelsåg (Fig. 43). Därefter en vändning av ämnet med en ny påmärkning och slutligen ett till snitt<sup>31</sup>.

Själva snittet med cirkelsågen går att genomföra snabbare med klyvtandad klinga än med notningsenhet. Det innebär ändå i snitt en minuts längre bearbetningstid för att tillverka en fals med klyvklingan då det behövs en extra påmärkning samt en vändning av timret.

Är det en fals bredare än 25 mm som skall tillverkas så sparas det tid att använda klyvklingan då två fräsningar med notningsenheten ger 5 min/lpm x 2 och cirkelsågen fortfarande ger 6 min/lpm.

Vid fals bredare än sågdjupet på tillgänglig cirkelsåg kan den cirkelsågen kompletteras med notningsenhet för att erhålla önskad totalbredd.

Arbetsmiljömässigt är det viktigt att använda punktutsug på maskinerna som är anpassade för de olika spånen som bildas vid de två olika verktygsvalen. Vid val av klyvklinga räcker en dammsugarslang med en diameter (dm) på 27 mm. Vid notfräsningalternativet bildas större spån och därför måste en slang av  $dm \geq 30$  mm nyttjas för att inte sätta igen. Dammsugare bör även vara klassad för att klara damm av storlek M eller mindre (damm med MAK-värden  $> 0,1 \text{ mg/m}^3$ ).

En av begränsningarna med att använda en HK85 med notningsenhet finns i djupet på spåret då den används på styrskena. Största fräsdjup är då ca. 30 mm. Skulle ett större djup av någon anledning behövas kan en cirkelsåg med klinga, på styrskena, såga ut raka kanter på spåret. Därefter kan en sylxa eller liknande användas för att hugga ur träet mellan snitten (spåret). Det är en kombination mellan el- och handverktyg som ökar flexibiliteten i spårtagningen och fortfarande kan hålla kanterna släta, vilket är viktigt för att öka konvektionstätheten i mötet med fackfyllnaden.

Max falsdjup med cirkelsågarna HK85 från Festool eller KSS 80 Ec från Mafell (Fig. 42) med klingor, på styrskena är ca. 80 mm. Detta har inte inneburit någon större begränsning vid falstillverkningen under denna undersökningen.

<sup>30</sup> [https://youtu.be/WLt7\\_38KetM](https://youtu.be/WLt7_38KetM)

<sup>31</sup> <https://youtu.be/TNKTawVpbnA>



Fig. 43, Falsa med cirkelsåg på skena.



Fig. 44, Spåra med notningsenhet, här med parallellanslag (Festool 2017).



Fig. 45, Karvfräs HK 132 RS/HK (Festool (2017)).

Det tillverkades 30 meter fals med HK85 på styrskena och klyvtandad klinga. Det gav en snittid på 6 min/lpm. För 50 meter spår blev snittiden 5 min /lpm.

Spår- och falstillverkningen som gjordes för KL-skivorna är genomförda med HK132 med klinga eller karvfrästillbehör vilket endast ger en tid för en stolpe á 2.43 m och är därför inte rättvisande i förhållande till de andra verktygs- och maskinvalens snittid över en längre sträcka.

## FACKFYLLNADSMATERIAL

(se respektive bilagor)

### VAXKAKETEGEL (VK)

Eftersom Porotherms vaxkaketegelblock, planblock 115 mm, har dubbla förtillverkade spantar är det ingen fördel att såga blocket för att få en fals. Därför används notfräsen för att tillverka spår för tegelblockets spantar i båda facken (Fig. 46, 49–50). I falsalternativet är en fals tillverkad utanför blocket. Det blir 6 min extra arbete, men tillsammans med den yttre brädfodringen på stolpen ger det ett extra spår som ökar tätheten i mötet. Brädfodringen hjälper även till att hålla fackfyllnaden på plats (Fig. 46, 68).

Not-spont-lösningen tätas med lindrev för att det kan röra sig med springans förändring över årstiderna och är hygroskopiskt.

Det tog sex minuter extra att göra den yttre falsen på falsalternativet samt ytterligare tid för att montera brädfodringen, än att inte göra någon fals alls som på spåralternativet. Istället ger detta ännu en vinkel som tätar mot luftläckage.

Dubbelsponton på tegelblockens kortsidor (kopparna) (Fig. 46, 68–69) har vid första anblick samma avstånd till långsidorna (löpändan) på blocket. Så är dock inte fallet utan de är tillverkade så att koppändarnas dubbelspont skiljer sig mellan blockets två koppändar. När spåren märks ut på stolpen behövs det göra en extra kontroll med faktiska mått.

Eftersom det är fördelaktigt att bevara kopparnas dubbelspont där blocket möter stolpen blir tillpassningen av tegelblocken lämpligast gjort på de mellanliggande blocken. Här poängterar tillverkaren att överlappningsmättet alltid skall beaktas, som i de flesta väggmaterial i sten (Fig. 47). Går skelettstommen att anpassa efter blockens byggmått/murssteg (Fig. 51) och skiftgång (Fig. 48) sparas tid och arbete vid murningen.

KS-block som här används som putsbärare är en oorganisk produkt som har en relativt god isoleringsförmåga. Om krav finns på ytterligare isolering går det att fylla VK-blocken med vulkaniskt expanderat glasmaterial som exempelvis Perlite. Att iakttä vid fyllning av VK-block är det bör inte vara ett material som sväller vid väta, då detta kan leda till att VK-blocken spricker vid inträngande vatten.



Fig. 46, Vaxkaketegel med spår och dubbel fals på falsalternativet. Röd ring markerar dubbelsponton i VK-blocken.

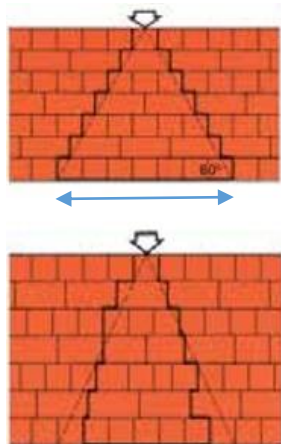
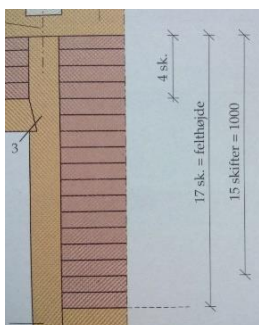


Fig. 47, Överlappningsmått. Korrekt utfört, som på övre bilden, ger en stabilare bas. (Weinerberger u.å., s. 20)



t.v. Fig. 48, Exempel på skiftgång (sten samt fog) för tegelstenar med danskt format. Tre skift ger en höjd på 20 cm i detta fallet. Anpassas fackens höjd efter skiftgången för respektive format sparas mycket tid och energi. (Erhvervsskolerne 2015, s. 33)

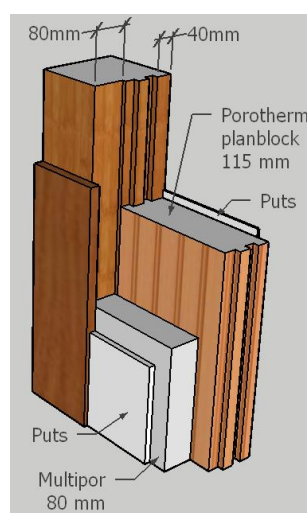


Fig. 49, Falsalternativet

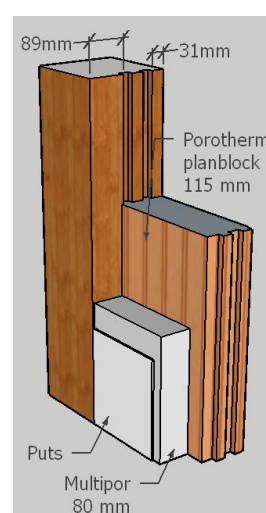


Fig. 50, Spåralternativet

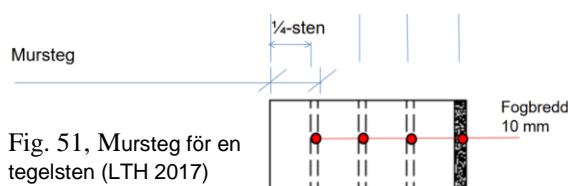


Fig. 51, Mursteg för en tegelsten (LTH 2017)

## LÄTTBETONG (LB)

För att spara tid och arbetsinsats vid användandet av lättbetong i spåralternativet (Fig. 55) är det en fördel att välja tjocklek på blocken som passar till den storlek på stolpens spår. Då minskar bearbetning av blocken. I den här undersökningen valdes 75 mm tjocka block (Fig. 52–53) för att passa ihop med putsbäraren KS 80 mm och för att spåret i stolpen bör vara minst 1,5" från kanten (Holmberg 2006, s. 123). Hade KS-skiva 60 mm använts istället hade LB-blocket rymts i ett spår och därigenom sparat arbete och tid. Valet av KS 80 var av logistiska skäl. Betänk att det kan vara ett problem att välja tunnare LB-block än 75 mm då svårigheten att mura ökar samt stöttåligheten i den färdiga väggen minskar. Hade spår på 75 mm gjorts hade det tagit 15 min / stolpe, mot nu 10 min. Totalt för fackfyllnaden 10 min längre för bearbetning av stolparna, men flera timmar sparade vid bearbetning av blocken och murning.

Vid falsalternativet (Fig. 54) användes en cirkelsåg med ett sågdjup på 80 mm för att ta ut falsen vilket stämde bra överens med tjockleken på KS 80. Vill en gå djupare än så får en välja att gå på större cirkelsågar som är klumpigare att använda och ofta har sin styrskena liggandes bredvid cirkelsågen. Detta kan leda till att en får använda ett separat upplag under styrskenan vilket försvårar arbetsprocessen. De mindre cirkelsågarna läggs istället på styrskenan som då ofta kan läggas direkt på ämnet som skall bearbetas och därigenom sparas tid och energi.

Skelettstommen är anpassad efter blockens byggmått och därigenom sparas tid och arbete vid murning. Ytterligare steg för effektivare murning är, om möjligt, att anpassa fackhöjden efter skiftgången (Fig. 48).

Här används KS-blocken som huvudsaklig värmeisolering och putsbärare för fackfyllnaden. Ett alternativ är att göra en fals på KS-blocket om en cirkelsåg med 80 mm sågdjup vill användas. Då går det att använda ett KS-block som är djupare än 80 mm. Det ger lite extraarbete, men KS-blocken är mycket lättbearbetade och går att forma med en vanlig kniv. LB-blocken behöver sågas.

LB har en benägenhet binda vatten och därigenom hålla en hög fuktkvot. Detta är något som på sikt kan skada skelettstommen och ge ett sämre isoleringsvärde<sup>32</sup>. Vidare mätningar får klargöra om MP-blocken och dess putslager skyddar lättbetongen mot detta.

En lösning för att leda bort fukten är att använda lerbruk som stöt- och liggfogar där fackfyllnad möter timran, då leran skyddar träet och leder bort fukten<sup>33</sup>. Materialtillverkaren har lerbruk i sitt eget sortiment som är godkänt i system med deras LB- och KS-block. Skulle en ventilerad putsbärare av TUC som har gummiremsor längs anläggningsytorna mot bakomvarande vägg användas bedöms det förhindra att vatten leds in i väggen.

Om fuktkvoten i LB skulle visa sig vara ett problem kan en lösning med putsad, ventilerad TUC-skiva 50 mm använda ytterst, på en murad fackfyllnad av LB-block 75 mm och ett putsad KS-block 60 mm som isolering på insidan. Detta skulle kunna genomföras både med fals- och spåralternativet.



Fig. 52, LB 75-block murade som fackfyllnad i spåralternativet.



Fig. 53, LB 75-block murade som fackfyllnad i falsalternativet.

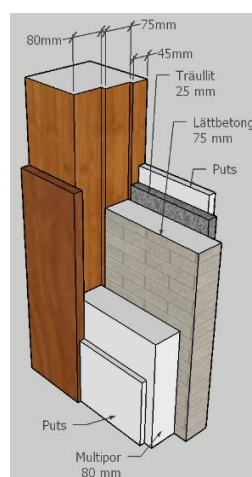


Fig. 54, LB 75-block i falsalternativet

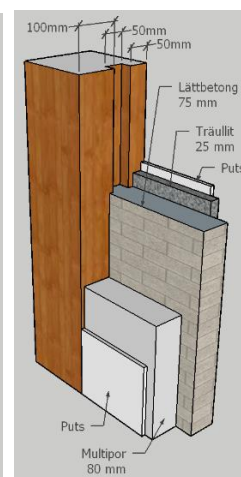


Fig. 55, LB 75-block i spåralternativet.

<sup>32</sup> Professorn i lerbyggnad, Dr. Ing. Christoph Ziegler, samtal under lerseminarium i Lund den 12 maj 2017.



## LÄTTKLINKERBLOCK (LK)

LK-blocken liknar lättbetongblocken i arbetsgång, men suger inte vatten kapillärt och lagrar det i materialet i samma utsträckning. Nackdelen är istället att blocken inte är konvektionstäta. Sponten som tillverkas på LK-blocket, på spåralternativet, är smalare än notspåret för att kunna muras med lerbruk. Även djupet är tilltaget för att rymma lindrevning längst in i notspåret mot stolpen. Materialtillverkaren rekommenderar att använda minst 120 mm tjocka block för att fackfyllnaden skall bli tillräckligt lätt murad och slutresultatet stadigt, därav är LK-block 120 mm valda i denna undersökningen.

Utanpå LK-blocken har en putsbärare i form av 50 mm tjock TUC-skiva skruvats fast. Denna finns i två varianter. En som är ventilerad med luftkanaler på baksidan. Där skivan ligger ann mot underlaget är den klädd med gummiremsor för att inte leda vidare eventuellt vatten (Fig. 56). Den andra varianten är av homogen TUC och kallas standardskiva. Denna finns med en tjocklek från 25 och uppåt. Standardskiva har endast putsen som skydd.

Inte heller TUC är konvektionstät, men används tillsammans med LK-blocken på grund av önskemål från materialleverantören av LK-block. För att motverka konvektionen genom väggytan putsas både in- och utsidan samt stötytor mot timran på fackfyllnaden. Även mellan LK-blocken och TUC-skivan slås ett lager puts på som extra lim och konvektionstättning.

För att minska bearbetningen av LK-blocken och ändå behålla den rekommenderade tjockleken på 120 mm skulle det gå att använda ett, på stolpen, centralt placera spår. På en 8" stolpe skulle spåret då hamna ca. 40 mm från in- och utsida. Detta rymms inom Holmbergs beskrivning om att hugga ur spåret 1,5" (ca. 38 mm) från kant på stolpen (2006, s. 123).

Med spåralternativet (Fig. 59) tog det nu 10 min/stolpe och om spår på 120 mm istället skulle göras blir det 25 min/stolpe. Totalt för fackfyllnaden 30 min längre tid för bearbetning av stolparna. Men mycket tid har istället sparats vid bearbetning av blocken och murningen.

In-och utsidan av blocken kan sedan 5 mm puts slås på och en 25 mm TUC-skiva (Fig. 57) fästas utanpå putslagren. Det ger ett utrymme för ca. 10 mm puts som ytskikt åt både in- och utsida.

Vid falsalternativet (Fig. 58) skulle det istället gå att göra en fals som är 30 mm djup och 26 mm bred. Då går det att använda notfräs för uttaget av fals och därigenom spara lite tid och arbete. I falsen fästs en slammad 25 mm TUC-skiva, innanför den 120 mm LK-block och innerst en 25 mm TUC skiva.

Den inre skivan kan få ett 26 mm spår i stolpen för att minska risken, för på sikt, synliga sprickor mellan fackfyllnad och stolpe. Beroende på mellanliggande putslagers tjocklek och stolpens faktiska mått ger då spåret en ca. 20–25 mm "läpp" som är mindre än det rekommenderade 1,5" (Holmberg 2006, s. 123). Gör det spåret endast 10 mm djupt behålls styrkan i stolphörnet, men ger ändå ett visst konvektions- och sprickskydd.

Skelettstommen är anpassad efter blockens murssteg och därigenom sparas tid och arbete vid murningen. Ytterligare steg för snabbare murning är, om möjligt, att anpassa fackhöjden efter skiftgången (Fig. 48).



Fig. 56, TUC ventilerad putsbärare 50 mm, utanpå LK 120 mm block.



Fig. 57, TUC 25 mm, här utanpå TUC-element 150 mm.

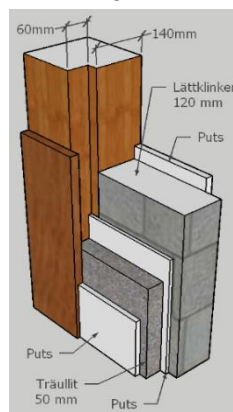


Fig. 58, LK-block i falsalternativet.

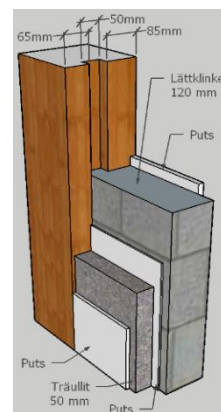


Fig. 59, LK-block i spåralternativet.

## TRÄULLCEMENT (TUC)

Byggelement i träullcement är ett effektivt sätt att fylla ett fack så länge det är två personer som kan hjälpas åt med lyften. Det konvektionsöppna materialet går det att välja om en vill täta med puts, eller fortsätta hålla öppet, för exempelvis akustikskäl. Allt efter vilka krav som ställs på konstruktionen i slutändan.

Bearbetningen av 150 mm TUC-byggelement skedde med Festool sänksåg AXT 50 LA för mineralhaltiga byggsivor. Då cementdamm lägger sig på den styskenan, AUP 1750, har sänksågen försetts med hjul som rullar på styskenan, istället för att glida. Detta ger en jämn gång och det är lätt att hålla snittytorna raka. För genomgående kapning av elementen fungerar en vanlig fogsvans.

En bräda skruvas fast mellan stolparna som TUC-elementet kan vila mot vid resningen. För att få rätt höjd på liggfogen under TUC, slå in en kil från båda hållen under rundstolpen som finns ingjuten i skivan. Använd den för att ställa i höjden. ca. 5 mm lerputs mellan byggskiva 150 och standardskiva 50 för att minska konvektion

Vid spåralternativet är det i likhet med lättklinkerblocken fördelaktigt att tillverka spanten på TUC:n lite mindre är spåret i stolpen. Då TUC inte heller är konvektionstätt fyller not-spont-lösningen mest en styrande funktion om det inte appliceras bruk i spåret på stolpen innan spanten förs in. (Fig. 60.)

Det går mycket snabbt att montera de tre byggelementen som varje fack rymmer om det är två arbetare. Ensamarbete här är i stort sett inte görligt utan kran på grund av tyngden, känsligheten och bristen på greppmöjligheter på skivan.

Stolparna är något grövre än 8" vilket medger att putsen på falsalternativets insida (Fig. 62) kan stöta mot stolpen utan att TUC blir synlig. Hade stolpen varit 200 mm hade det på falsalternativet ingående komponenterna, TUC 50 och 150 tillsammans fyllt hela facket, utan plats på insidan för puts. Ytterputsens rymms mellan den brädfodring som fästs utanpå stolpen.

Vid spåralternativet monteras istället en 25 mm TUC-skiva utanpå. Detta ger med ett putslager mellan skivorna på 5 mm ett spelrum på ca. 10 mm inåt och 10 mm utåt för ytputs (Fig. 63).

På spåralternativet skulle med fördel spåret för 25 mm TUC-skivan läggas på insidan och TUC-byggelement 150 mm användas som putsbärare för det yttre putslagret istället. Detta på grund av svagheten i den lilla läpp som bildas längst ut på stolpen och risken för att den med utsatthet för sol och regn på sikt fallerar.



Fig. 60, TUC-element 150 mm med spår, här utan påslaget bruk i stolpens spår.



Fig. 61, TUC-element 150 mm med standard 25 mm på, i fals.

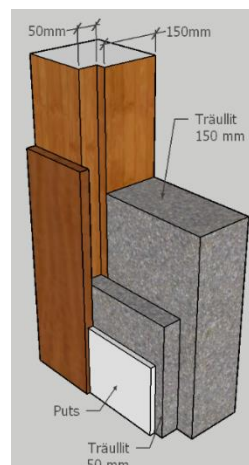


Fig. 62, TUC-element 150 mm med standard 50 mm utanpå, i falsalternativet.

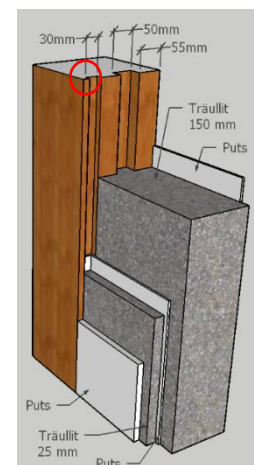


Fig. 63, TUC-element 150 mm med 25 mm TUC-skiva utanpå, i spåralternativet. Röd ring markerar svag läpp.

## SPÅRFRÄSTA TRÄBLOCK (ST)

Isotimber är spårfrästa träblock som består av regler i 2" x 4" är staplade på varandra, hoplimmade och försedda med en skyddande plywoodremsa utanpå. (Fig. 64) Dessa är viktmässigt lätta att hantera och montera när de kommer i enstaka ST-block. Tillverkaren har nu sin produktion riktad mot att tillverka hela väggelement i ett eller flera lager spårfrästa ST-block utanpå varandra och en 12 mm plywood-skiva på båda sidor. Dessa stora väggsegment blir tunga och det kan behövas en kran för att montera dem.

De spårfrästa träblocken kommer nu i färdiga moduler där valfritt antal skikt med block är fastlimmade på en KL-skiva och bildar därmed ett stort element. En av KL-skivans nackdelar, värmeisoleringsförmågan får då stöttning av den luft som är inkapslad i de spårfrästa träblocken. Detta stämmer bra överens med en frugal och mer felsäkert uppbyggd vägg. Dock ökar vikterna mot den produkt som testades i den här undersökningen och kranen blir ett behov.

Det är en låg arbetsinsats att bearbeta blocken med en cirkelsåg, som har ett sågdjup på minst 110 mm och en styrskena såga till och montera de enskilda blocken. I denna undersökning stöttes bara blocken mot stolparna, enligt tillverkarens monteringsanvisning. Eventuellt skulle drevning mellan stolpe och block vara en fördel. Arbetsinsatsen kommer istället med tillverkning av spår i stolpar, hammarband och syll<sup>34,35,36</sup> samt montering av plywoodskiva på en eller båda sidor, i fals eller spår<sup>37</sup>.

Att såga ut en spont ut ST-blocket är riskabelt då den skulle bli mycket svag. Istället har i undersökningen valt att i båda varianterna använda spår- eller falsalternativet (Fig. 67–68) för en yttre plywood och PC-skivan. Den inre plywoodskivan läggs i ett spår. Stolpen var i båda alternativen något grövre än de beräknade 200 mm och den svaga "läppen" som blir kvar sparas. Detta på grund av att det är ett innerhörn i skelettverket och den kanten hjälper till vid senare lerklining som ska vara i höjd med insidorna på stolparna.

I falsalternativet (Fig. 67) testas att ha en 15 mm plywood på insidan (Fig. 65), istället för en 12 mm plywood på var sida om ST-blocket. Istället fästs PC-skivan som putsbärare och ytterligare isolering direkt på ST-blocken. Detta är genomfört för kommande undersökningar av modellen. För att kunna göra likvärdiga isoleringstester har ST-blocken och den på samma gavel monterade fackfyllnaden av LT-balkar fått samma monteringslösning. Om en 12 mm plywood skall fästas utanpå ST-blocken i falsalternativet behöver PC-skivan få en 12 mm djup fals. Detta är inget som belastar resultatet i denna undersökning.



Fig. 64, Isotimber 110 mm där en 12 mm plywood på vardera sidan samt en PC 60 fästs utanpå. På bilden är ST-blocken lagda upp- och ner.



Fig. 65, Isotimber 110 mm med fals för PC 60 utanpå alt. 12 mm PW. Beklädd med PC-skivan. Innanför monteras 12/15 mm PW i spår.



Fig. 66, Isotimber 110 mm med 12 mm plywood P30 i spår på in- och utsidan. Spåret på insidan är 16 mm, vilket medger drevning.

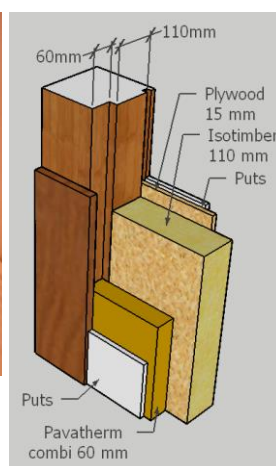


Fig. 67, Falsalternativet.

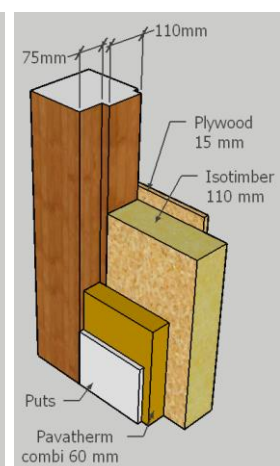


Fig. 68, Spåralternativet.

<sup>34</sup> <https://youtu.be/W6Wfd5XDvw>

<sup>35</sup> [https://youtu.be/\\_Or\\_dqhvDyQ](https://youtu.be/_Or_dqhvDyQ)

<sup>36</sup> <https://youtu.be/B48s9xtXkuY>

<sup>37</sup> <https://youtu.be/ABY1sIvWNFc>

## FRÄSTA LIMTRÄBALKAR (LT)

De stockfrästa träbalkarna är, med sin uppbyggnad av massivt trä, ett stöttåligt material. Med de mindre blocken minskar mängden tunga lyft och behovet av en kran. Dock är eventuell tätning i draget mellan balkarna något som ökar tidsåtgången vid monteringen.

LT-balkarna har i falsalternativet (Fig. 70) samma montering och bearbetning som ST-blockens falsalternativ. Balkarna har en 15 mm plywoodskena på insidan och en 60 mm PC-skiva utanpå som ska putsas. Balkarna i massivt trä som sväller och krymper med årstiderna, vilket gör fastskruvning i stolparna problematiskt. Det kan vid rörelse leda till att balkarna blir hängande på skruvarna och otätheter uppstår. Istället dymlas balkarna ihop så att de bildar en tjock skiva som ger skivverkan.

Mötet mellan fackfyllnad och bindbjälke/gavelband som ligger ovanpå facket behöver lösas med någon not-spont-lösning för att ta upp rörelserna i fackfyllnaden. Mellan balkarna tätas det med lindrev.

För spåralternativet (Fig. 72) tillverkas istället en spont (Fig. 69) på vardera kortändan som passar i stolpens spår (Fig. 87). Balkarna förs i uppifrån alternativt om ena stolpen inte är riktigt fast kan de vinklas i uppifrån. Om bindbjälken/hammarbandet ligger på stolparna är de sista balkarna svåra att montera. Då behöver det antingen lossas i skelettstommen eller tillverkas ett spår inifrån så balkarna kan föras på horisontellt inifrån (Fig. 70).

Insidan av LT-balken får inte en klädd insida enligt materialleverantörens önskemål att behålla en LT-fackfyllnad synlig.

En fördel med att använda de processade "stockarna" istället för råmaterialet är att det går att beräkna, med vissa marginaler, hur mycket fackfyllnaden sväller och krymper. När granstockarna som LT-balken består av klyvsågas så kapas även fibrer och spänningar kan släppa i materialet. När sedan ämnena limmas ihop igen minskar risken för vridning av den färdiga produkten. Även precisionen i långdraget blir högre med en industriell process än med ett dragjärn och yxa. En nackdel med torkat virke är att det är hårdare än fuktigt och tar därigenom inte upp ojämnheter i draget mellan stockarna lika bra vid belastning.

Om en mesulakonstruktion (Fig. 2) med ett taktryck som trycker ihop fackfyllnaden och följer med rörelser i timret vid årstidsvariationer kunde den stocklösningen (Fig. 70) passat. Modellen som konstruerats i denna undersökning har ett statiskt hammarband som inte utverkar något större tryck på fackfyllnaden. Därav kan, i konvektionstäthets syfte, den processade LT-balken vara att föredra.

Fig. 69, Spont på LT-balk

Fig. 70, "För att kunna placera översta bälgen görs ett litet urtag i stolpens övre del. När dessa lador användes i jordbruket kunde man, tack vare att alla bälarna ligger löst travade, relativt enkelt lyfta bort en hel sektion för in- och urlastning." (Carlquist 2014).

Fig. 71, Falsalternativet

Fig. 72, Spåralternativet

34

## KRYSSLAMINERAD TRÄSKIVA (KL)

KL-trä är ett mycket intressant byggmaterial och det kan komma förändra byggprocessen för många stora byggen. Med en 94% lägre materialvikt jämfört med stål<sup>38</sup> och med mindre koldioxidutsläpp i tillverkningen<sup>39</sup> har den stor potential. Vid småhusbyggnation, där krankostnaden kan uppta en inte obetydlig del av byggets budget, är det viktigt med planering så själva monteringen går med så lite friktion som möjligt. Skivverkan som går att uppnå med några av facken fyllda med KL-trä ger möjligheter att flexibla utforma resterande delar av skelettstommen.

Massiva KL-skivor är mycket flexibla när det kommer till användningsområde. De blir dock tunga att hantera för en ensam hantverkare och vid infästningar högt upp i konstruktionen är en kran, spel eller en travers användbart.

En fördel med den KL-skiva som används i undersökningen, jämfört med några andra massiva trämaterial, är att lamellerna i respektive skikt ej har en limfog emellan sig. Detta gör att säsongsrörelser i materialet kan till dels tas upp i skivan och påverkar därigenom omgivande konstruktion mindre.

KL-skivorna delades i två delar, med kedjesågen Protool CCP380 på skena (Fig. 73), för att göra dem mer lätthanterliga för en person. Måttet på respektive del blev då ca. 1200 x 1600 mm vilket ger fackets dimensioner på 2400 x 1550 mm med en spont eller fals på vardera sidan på 1". För falsalternativet staplas dessa på varandra i facket med hjälp av block och talja som fästs i hammarbandet. Mötet mellan skivorna löses med en 19 mm djup fals på bägge skivorna (Fig. 74) som fräses bort med en karvfräs<sup>40</sup>. Sedan monteras skivorna på varandra och skruvas ihop med en remsa av 19 mm plywood i falsen.

I spåralternativet (Fig. 76) kördes karvfräsen, fräsbredd på 80 mm, med en skena längs med fibrerna. Maskinen som användes är tillverkad för att kapa fibrerna och inte fräsa längs med dem, något som kändes tydligt i maskinen. Den ojämna gång som uppstod ledde även till en ojämn spårbotten på stolpen.

Om det ställs ut ett system med stadiga bockar mellan beredningsplatsen och monteringsplatsen så gick det att hantera de delade skivorna i för en person. I falsalternativet (Fig. 75) gick det att montera den nedersta skivan när stolparna stod på plats med hammarband på. I spåralternativet måste stolparna monterades i samband med fackfyllnaden<sup>41</sup> och hammarbandet läggas på i efterhand.



Fig. 73, Kapning av treskikts KL-skiva 82 mm med kedjesåg på skena.



Fig. 74, Treskikts KL-skiva 82 mm monterad i spår på stolpe. Fals i skiva för sammanfogning med övre KL-skiva.

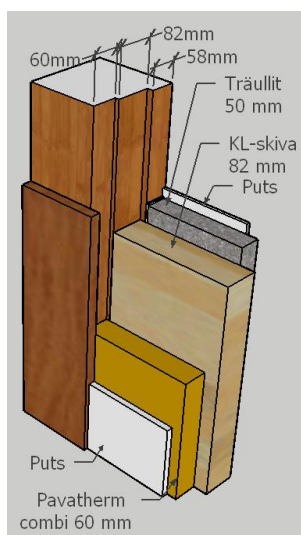


Fig. 75, Falsalternativet

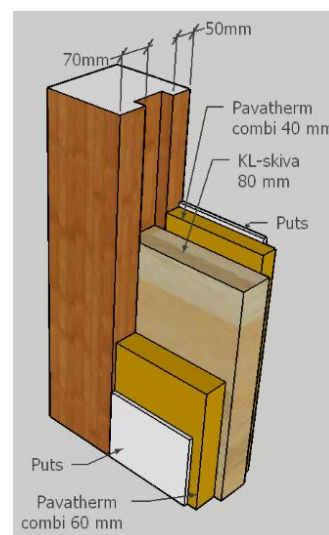


Fig. 76, Spåralternativet

<sup>38</sup> Nick Milestone, Managing Director, B&K Structures, Seminarium om KL-trä i Stockholm 23 maj 2017.

<sup>39</sup> Sigbjörn Faanes, Design Maager, Veidekke Entreprenör AS. Seminarium om KL-trä i Stockholm den 23 maj 2017.

<sup>40</sup> <https://youtu.be/h6der0c11I4>

<sup>41</sup> <https://youtu.be/infvhyh1Czk>

## TRÄFIBERISOLERSKIVA (TF)

Träfiberisolerskivan är med i undersökningen för att se hur ett material, som liknar många idag konventionella isoleringsmaterial i form och monteringsmetod, passar i en traditionell skelettstomme.

Detta material skiljer ut sig från de andra material i undersökningen genom att sakna egen stabilisering.

Då skivorna har ett ånggenomgångsmotstånd på  $2 \mu$  finns det ingen anledning att forma skivorna för en fals eller en spånt. Materialet är även för mjukt i sig för att bära en skyddande puts och klara av att ta upp punktbelastningar eller stötar. I undersökningen gjordes en fals på ett av alternativen, detta för att testa arbetsbarheten i materialet. Det skall ej ses som en jämförelse mellan alternativen.

De två alternativen är istället konstruerade för att ha två olika ytskikt. Falsalternativet (Fig. 78) har en PC60 skiva med puts. Spåralternativet (Fig. 79) är förberett för att montera en 21 mm Kerto-skiva. Detta för att förbereda för kommande studier och de två varianterna redovisas här som ett alternativ.

För att få ett skelett i fackfyllnaden som håller isoleringsmaterialet på plats har stående hyvlade regler på 45 x 120 mm fästs på centrumavstånd (s) 600 mm.

Alternativ för att få mindre köldbryggor genom reglarna går det att använda en lättbalk typ Masonite beam eller Larsen truss (Fig. 77). Dessa är dock ej lika tåliga för fukt och bedöms vara känsligare för det slitage och den åverkan en vägg kan få med tiden.

Fals tas ut på insida av stolpen för att rymma en 12 mm plywoodskiva.

Detta är ett material som är mycket lättbearbetat och som smidigt följer ojämnheter i angränsande material. Har är inte själva monteringen något som särskiljer om de monteras i en regel- eller skelettstomme av timmer. Det intressanta kommer istället i kommande studier om konvektionstäthet, värmeisolering och fukthantering.



Fig. 77, Larsen truss (Rubell 2016, s. 16) lutad mot den lösning som genomfördes i undersökningen, hyvlade 45 x 120 mm regler, med PC 60 skiva och puts utanpå samt en 12 mm plywood innanför.

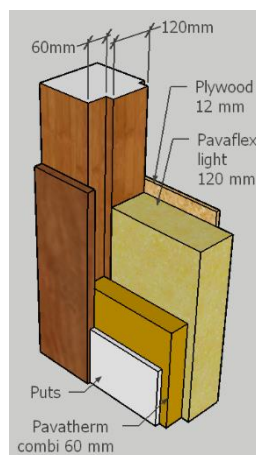


Fig. 78, Falsalternativet

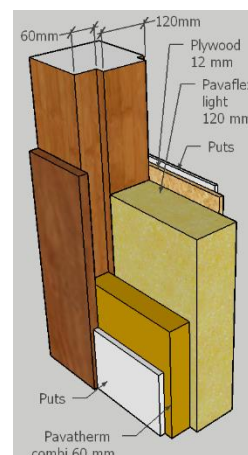


Fig. 79, Spåralternativet, blir mer som en variant utan brädfodring.

## SAMMANFATTNING RESULTAT

Denna undersökning har provat ut, och visar exempel på verktyg och metoder som går att använda vid val av olika industriellt processade byggmaterial som fackfyllnad i ett halvnaket skelettverk.

Vid val mellan spår- eller falsalternativet vid byggnation måste flera parametrar vägas in. Platsens förutsättningar och tillgång på utrustning och maskiner för resande av skelettstommen kan avgöra om fals- eller spåralternativet är att föredra. Reses skelettstommen som grindar (Fig. 24) upphör begränsningar som några av materialen har i spåralternativet men istället ställs större krav på att hantera stora krafter. Sätts istället skelettstommen ihop del för del så går det att lösa med en arbetare, men då uppstår istället begränsningar vid montering av vissa fackfyllnader.

Generellt kan sägas att de stora byggprodukterna är fördelaktiga om det finns flera arbetare. Trällits byggelement 150 går mycket fort om det är två arbetare som monterar tre element/fack. Tillverkaren säger själv att vägglivet på ett hus om 50 m<sup>2</sup>, utan en skelettstomme, tar en arbetsdag för två personer att montera.

KL-skivan går att ha i ett stycke för att fylla ett helt fack på en gång, men det förutsätter en kran i både fals- och spåralternativet. För spåralternativet måste också ena stolpen monteras efter det att fackfyllnaden är på plats i spåret på den andra stolpen<sup>42</sup>. Även hammarbandet måste vid spåralternativet läggas på i efterhand. Väljs alternativet att montera två motstående stolpar med en bindbjälke mellan som en liggande enhet så att de bildar en *grind* som sedan välts upp (Fig. 24) är detta inget problem.

Vill däremot byggaren av något skäl att skelettstommen skall vara rest i sin helhet först, för att sedan montera fackfyllnaderna är falsalternativet klart att föredra om skelettkonstruktionen skall ges möjlighet att förbli synlig från in- och utsida.

Stapelbara träblock som ST-blocken samt LT-balkarna går fort. De relativt viktmässigt lätta blocken underlättar ensamarbete och Dock måste

De murade blocken behöver någon slags bruk som skall slås på, vilket ger ett extra tidspåslag för bruksblandning och rengöring av verktyg. I själva monteringsfasen kan hjälpmedel som exempelvis slädar för anbringandet av tunna liggfogar samt färdigblandade bruk för just den specifika produkten som skall muras, som det bara är att tillsätta vatten till och röra om.

### Frågeställningarna

- *Hur kan spår- och falsalternativen mellan stolpe och fackfyllnad anpassas för att passa de byggprodukter som är ingående i undersökningen.*

Det finns stora tids- och arbetsvinster om ett spår eller en fals i stolpen kan anpassas efter fackfyllnaden så bearbetningen av fackfyllnaden minskar. Exempelvis göra ett spår som är lika brett som djupet på en murad sten (Fig. 14), istället för att hugga stenen. Fig. 80–95 visar förslag för respektive byggprodukt.

- *Vilken av de två varianterna (Fig. 6) ger lägst tidsåtgång vid timmerbearbetning?*

Snittid för de stolpar som tillverkades i undersökningen med styrskena och elektriska handmaskiner:

Falsalternativet: **9'34''/lpm**<sup>43</sup>

Spåralternativet: **10'42''/lpm**<sup>44</sup>

<sup>42</sup> <https://youtu.be/infvhyln1Cvk>

<sup>43</sup> KL-skivan borträknad

<sup>44</sup> KL-skivan och den i denna undersökningen överflödiga mittenflasen på TF-spår är borträknade.

## Tolkningar och konklusioner

Valen av dimensioner på byggprodukterna var begränsad av vad som var praktiskt genomförbart med hänsyn till frakt, hantering, pallstorlek och budget. Skall ett byggnadsverk uppföras där dessa begränsningar är mindre föreslås följande fackfyllnadssammansättningar för de respektive materialen och principerna för mötet med stolpen, utifrån resultaten i undersökningen.

### Mineraliska fackfyllnader

#### VK-block

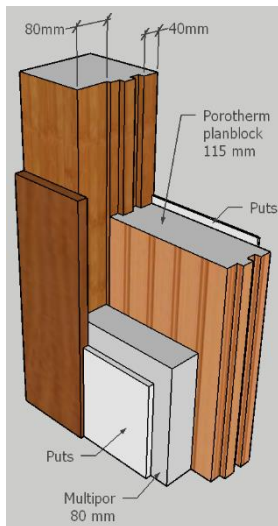


Fig. 80, Falsalt:

Fyll VK-blocken med exempelvis perlite för en ökad termisk isolation.

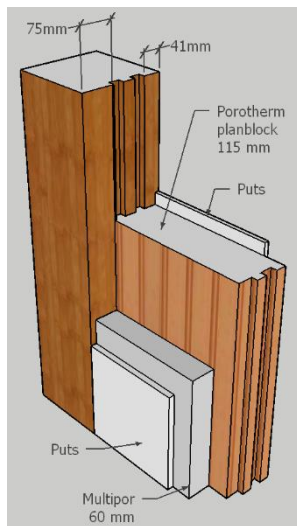


Fig. 81, Spåralt:

Vid byte till en KS 60-skiva istället för den KS 80 som använts i undersökningen ger det plats för ett tjockare putslager. Fyll VK-blocken med exempelvis perlite för en ökad termisk isolation.

#### TUC-byggelement

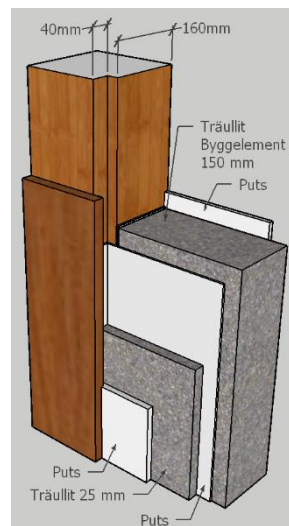


Fig. 82, Falsalt:

Använd TUC 25-skiva istället för TUC 50. Det ger utrymme för fler och tjockare putslager för ökat konvektionskydd genom fackfyllnaden.

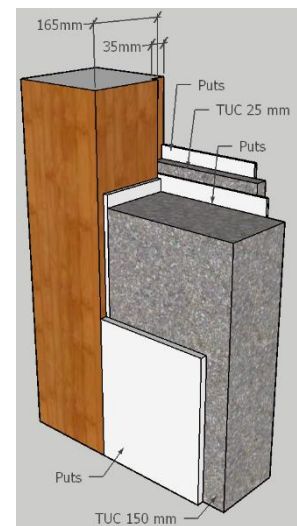


Fig. 83, Spåralt:

För att undvika den svaga läppen som blir vid spåret och kan skadas av sol och nederbörd, flytta spåret till insidan och/eller gör om det till en fals istället.

#### LB-block

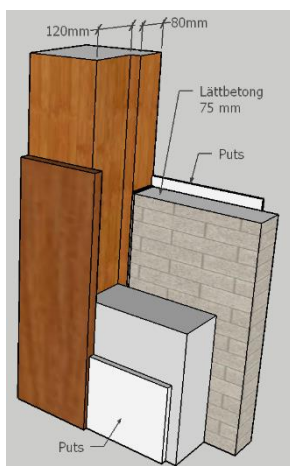


Fig. 84, Falsalt:

Utöka till en KS 120 mm istället för den KS 80 som använts i undersökningen för en ökad termisk isolering.



Fig. 85, Spåralt:

Tillverka ett spår i stolpen som är på hela LB-blockets tjocklek för att spara arbete för bearbetning av blocken. TUC 50 skivan går att montera på insidan utan puts om bullerdämpning önskas i lokalen.

#### LK-block

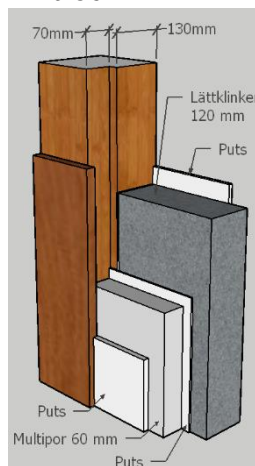


Fig. 86, Falsalt:

Byt ut TUC 50 som putsbärande mot KS 60 för ökad termisk isolering samt högre konvektionstäthet i väggen.

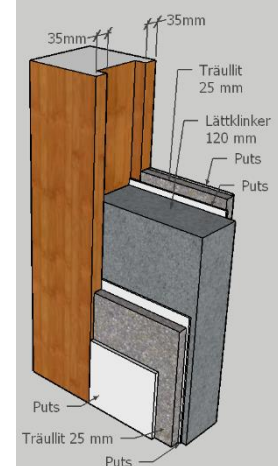


Fig. 87, Spåralt:

Spårbredd som motsvarar LK-blockens tjocklek med 5 mm puts på var sida för att öka konvektionstätheten. TUC 25 mm på var sida som putsbärande utåt samt bullerdämpning inåt.



## Träbaserade fackfyllningar

### TF-skiva

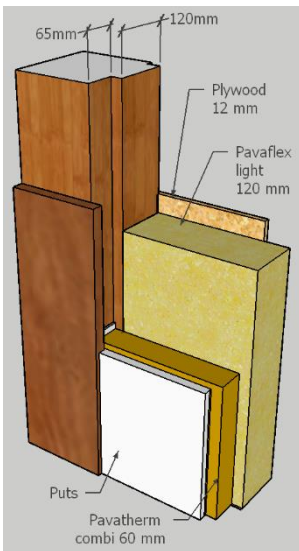


Fig. 88, Falsalt:

Samma som testats i undersökningen. 8 mm finns kvar att spela på för valfri yta inåt.

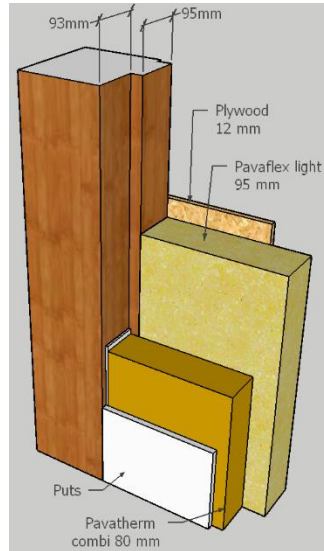


Fig. 89, Spåralt:

Gå ner till TF 95 mm, från 120 för att välja en PC 80, istället för 60 mm. Detta ger mer plats för puts på utsidan samt ett stadigare putsunderlag.

### KL-skiva

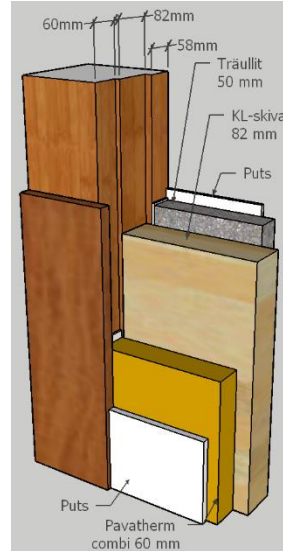


Fig. 90, Falsalt:

Samma som testats i undersökningen. Väljs med eller utan puts på insidan.

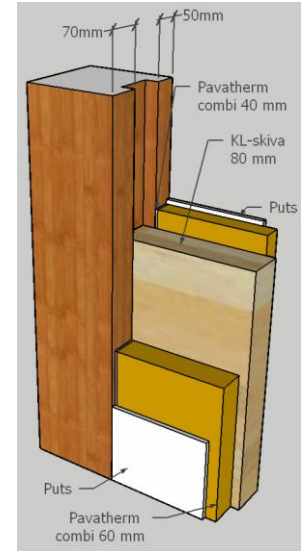


Fig. 91, Spåralt:

Byt ut TUC 50-skivan mot en PC 40 om önskemål finns för tjockare putslager.

### ST-block

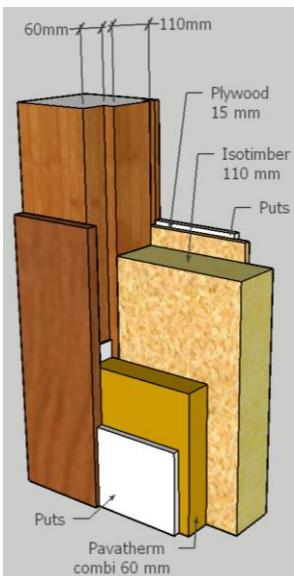


Fig. 92, Falsalt:

Samma som testats i undersökningen. Behöver utvärderas över längre tid.

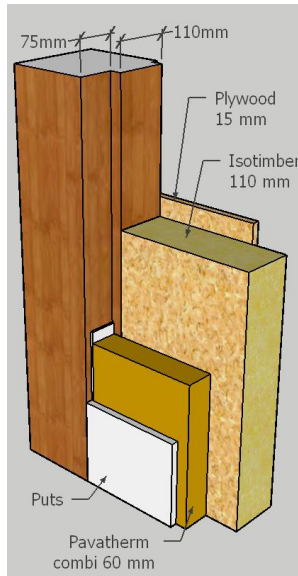


Fig. 93, Spåralt:

Samma som testats i undersökningen. Om behov sed för en plywood på var sida ST-block, gå ner till en PC 40 på utsidan. Om det visar sig behövas högre konvektionstäthet, ändra till en KS 60.

### LT-balk

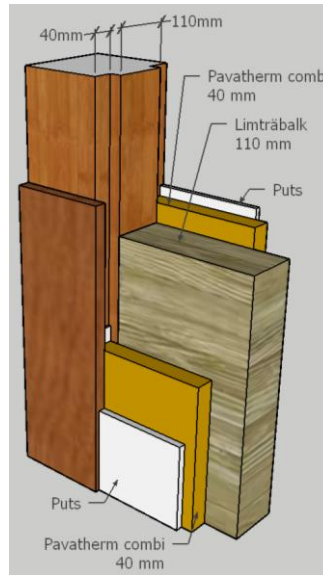


Fig. 94, Falsalt:

Minska ner från en PC 60 till en PC 40-skiva på utsidan för att ge rum åt en PC 40 även på insidan med puts. Ökar den termiska isoleringen.

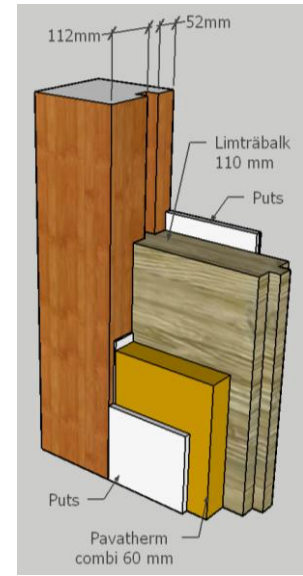


Fig. 95, Spåralt:

Samma som testats i undersökningen. Fler olika sorters drevning bör undersökas för att se behov och funktion. Behovet av spont behöver utvärderas mer.

## 3. AVSLUTNING

### 3.1. DISKUSSION

Efter att ha arbetat med modellen till den här undersökningen har jag lärt mig att uppskatta det avvägda golvet. Med bockar som är synkroniserade i höjddled kan mycket tid med påmärkningen sparas in. När det är så stora tyngder som med sexmeterslängder av 8" x 8" och det är ensamarbete, blir minsta vändning av virket en ansträngning. Mycket lärorikt att jobba i fullskalemodeller, då något som i planeringsskedet, som att montera den övre KL-skivan eller montera TUC-byggelement i teorin inte ser så jobbigt ut, kan bli ett stort jobb.

Den största enskilda faktorn som påverkat själva den skrivna slutprodukten är det datorhaveri som skedde strax innan den praktiska undersökningen startade. Detta ledde till elektronisk efterbearbetning av text och tabeller, som skulle varit lättare att hantera under undersökningens gång.

Virkestorkningen och dess sprickor som uppstod i tappar och vridningen i ämnena var någonting som förutsågs. Valet av att bara bearbeta ena änden av timret innan det torkat färdigt räddade formatet på skelettstommen. Virkeslängder på ca 5,5 meter är det som på ett enkelt sätt går att få tag på lokalt och en bortsågad tapp på grund av vridning hade lett till att skelettstommen fått minska i storlek.

Tidsbesparingen som uppnåddes med notningsenheten till cirkelsågen var någonting som förvånade. Innan undersökningen var antagandet att det skulle bli en stor tidsbesparing för tillverkningen av fals istället för med spår. Detta visade sig inte stämma, men var svårt att förutse, då jag inte funnit något liknande verktyg på marknaden som kan fräsa notspår med den hastigheten och precisionen. Monteringsskedet och reparerbarheten är dock oftast lättare med falsalternativet, då det går att montera och demontera fackfyllnaden på ett skonsammare sätt. Det får göras en avvägning i varje fall vilken metod som passar bäst då spåralternativet istället bedöms ge en tåligare stolpe.

Jag bedömer att antagandena som är gjorda under denna undersökning är mer rättvisande och har mindre risk för grova felkalkyleringar då de testats i en fullskalemodell. Hanteringen med pallvis med material och ensamarbete har även lett till en ödmjukhet för planeringen och projekteringen inför ett bygge.

De åsikter som Löfvenskiöld har om vikten av konstruktivt träskydd (Löfvenskiöld 1868, ss. 18–19) bör det tas mer hänsyn till även idag. Dock har dagens krav på förändring och flexibilitet av byggnader ökat.

Om enda värderingen är att byggnaden kortsiktigt skall dra in så mycket pengar som möjligt till byggaren kan det vara svårt att motivera den extra tid det läggs ner för att uppföra en varaktig byggnation med extra kvaliteter som exempelvis konstruktiva träskyddsdetaljer. Är beställaren istället en förvaltarbyggherre, eller en byggare som drivs av andra incitament så bedöms de små åtgärder som krävs för att minska risken för stillastående vatten som lönsamma på längre sikt och kan även ge kunniga köpare större intresse för köp.

Nackdelarna med de maskinbaserade metoderna som tagits fram i denna undersökningen är inköpspris och underhåll för maskiner. Mer buller och damm vid arbetsplatsen och el måste även vara framdraget. Metoderna ger även helt andra verktygsspår än de på äldre byggnader.

## 3.2. SLUTSATSER

Med modellen som nu är uppförd finns det möjlighet att fortsätta bedriva undersökningar utan att ha lika långt förberedelseskede. Nästa steg är att ställa upp skelettstommen utomhus och fylla på med fackfyllningar, tak och golv för att därefter fortsätta sökandet efter kunskap. De första experimenten, som det pågår planering inför, är hur de olika materialen hanterar fukt och praktiska värmeisolationsmätningar. Därefter är planen att mäta konvektionstäthet i de olika mötena mellan fackfyllnad och stolpar och hur de påverkas över tid.

Fördelen med att ha den bärande stommen synlig är både att det syns om det behöver genomföras underhåll samt att det ger en flexibilitet vid ombyggnation. Med en skelettstomme som är bärande i sig själv är det lätt att fästa eventuella påbyggnader på byggnaden, ta upp öppningar eller byta väggmaterial i facken mellan stolparna utan att påverka byggnadens integritet.

Nackdelen med den halvnakna stolpen är att nederbörd kommer åt stolpen och kan orsaka skada på sikt samt svårigheten att få konvektionstätt mellan fackfyllnad och skelettstomme. Konstruktiva träskyddsdetaljer som det sluttande planet i mötet mellan stolpe och syll, kortare tapp än tapphål, samt urborringen av tapphålet i syllen bedöms avsevärt minska risken för skador av nederbörd då risken för stillastående vatten i träkonstruktionen minimeras. Den bräd- eller plankfodring som fästs utvändigt på stolparna i falsalternativet döljer den bärande skelettstommen vilket ger nackdelen att en eventuell skada inte upptäcks direkt. Istället erhålls en möjlighet att kunna byta ut ytskiktet vid skada samt lättare byta ut fackfyllnaden vid behov.

Kommande experiment får utvisa om spår- eller falsalternativet med putspåslag för respektive material ger tillräcklig konvektionstäthet mot de krav byggnaden testas mot. Alternativet att vitta en gång var- eller vartannat år och/eller mura upp ett lager med lättlerablock på in- eller utsida kan lätt läggas till konstruktionen vid behov av ytterligare konvektionstätning.

Valet att inte använda konvektionsdämpande dukar i experimentet är bland annat för att jag anser att byggnader skall vara uppbyggd på sådant sätt att de lätt kan underhållas vid skador samt vara lätta att förändra vid ändrat brukande. Uppfyller konstruktionen kraven som ställs utan dukar, och ingen önskan om en genomgående skelettstomme finns, kan en duk användas för att ytterligare täta en konstruktion eller skydda mot nederbörd vid byggskedet.

Fodringen utanpå stolpen i falsalternativet kan lätt ersättas/kompletteras med en panel vid behov så det blir ett stolpverk. Då blir fördelen med att ha isoleringen mellan stolparna att den totala väggjockleken minskar mot att sätta all isolering utanpå stolparna, vilket är det vanligaste sättet att isolera stolpverk idag. Rummen innanför blir även lättare att möblera och färre dammsamlade hörn skapas. Skall byggnaden inredas med innerväggar men fortfarande ha synlig skelettstomme i rummen kan metoden att göra spår i stolparna med fördel användas för att undvika glipor mellan fackfyllnad och skelettstomme.

Detta examensarbete vill vara ett litet strå till stacken för att hitta frugala byggsätt för framtiden genom att titta bakåt.

## 4. KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING

### Otryckta källor:

Informant 1: Johannes Kästel, Ordförande Stolpverk Norden. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

Informant 2: Emelie Westergren, Arkitekt på White, paneldebatt på seminarium om KL-trä i Stockholm den 23 maj 2017.

Informant 3: Linda Lindblad, antikvarie, bygghantverkare och verksamhetsledare på Hantverkslaboratoriet (HL), GU. Möte på HL, GU den 5 februari 2017.

Informant 4 Sten Nilsson; bygghantverkare med lång erfarenhet av traditionell skånsk byggnation. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

Informant 5: Karl Magnus Melin; timmerman, arkeolog och doktorand i historiskt timmermansarbete vid institutionen för kulturvård, GU. Samtal under stolpverksseminarium i Mariestad den 4 feb 2017.

Informant 6: Piet Karlstedt; tysk murarmästare och byggingenjör. Samtal under Denkmal-mässan i Leipzig, Tyskland den 11 november 2016.

Informant 7: Peter McCurdy; Bl.a. byggmästare vid återskapandet av Shakespeares Globe Theater, London, UK. Driver McCurdy & Co Craftsmen and Consultants. Samtal under stolpverksseminarium på GU, Mariestad den 3 februari 2017.

Informant 8: Lars-Gunnar Sjö, Bygg- och fastighetschef, Uppsalahem, Föreläsning på Svenska byggnadsvårdsföreningens temadag *Hur hållbart är hållbart?*, Uppsala 25 april 2017.

Informant 9: Jenny Andersson; arkitekt och lerbyggare. Samtal i Mariestad 8 nov 2013.

Informant 11: Will Beamer; En av grundarna av the Timber Framers Guild och rektor på Heartwood institute, USA. Samtal under stolpverksseminarium på GU, Mariestad den 3 februari 2017.

Informant 12: Professorn i lerbyggnad, Dr. Ing. Christoph Ziegler, samtal under lerseminarium i Lund den 12 maj 2017

Informant 13: Lektor och bygghantverkare Nils-Eric Anderson, mailkonversation 16 maj 2017

Informant 14: Nick Milestone, Managing Director, B&K Structures, Seminarium om KL-trä i Stockholm 23 maj 2017.

Informant 15: Sigbjörn Faanes, Design Maager, Veidekke Entreprenör AS. Seminarium om KL-trä i Stockholm den 23 maj 2017.

## Tryckta källor och litteratur:

- Berg, Samuel A. (2007). *Byggteknik: byt. 4, Stommar av betong, trä och stål och byggnadens klimatskydd*. Stockholm: Lärnö AB
- Byggnadskonstruktionslära (för timmermän): brev 3. 4. omarb. uppl. (1933). Malmö: Hermods korrespondensinstitut
- Carlquist, Thomas (2014). *Ladugården från Rackeby dagbok från återuppbyggnaden 2011–2012* (Rapport 2012:28). Skara. Västragötalands museum  
[http://vastergotlandsmuseum.se/wp-content/uploads/2014/06/ladugarden\\_rackeby.pdf](http://vastergotlandsmuseum.se/wp-content/uploads/2014/06/ladugarden_rackeby.pdf)
- Ekkehart, Hähnel (2015). *Fachwerk Instandsetzung: ein Praxishandbuch*. Berlin: Huss-Medien/ICCROM
- Erhvervsskolerne (2015). *Træsamlinger og lette konstruktioner*. Odense, PRAXIS - Erhvervsskolernes Forlag.
- Henriksson, Gunnar (1989). *Skiftesverk på Öland: en träbyggnadsteknik bevarad från det medeltida Eketorp till våra dagar*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet
- Henriksson, Gunnar (1996). *Skiftesverk i Sverige: ett tusenårigt byggnadssätt*. Stockholm: Byggeforskningsrådet
- Henriksson, Gunnar (2000). *Bålehus: om skånskt skiftesverk*. Uppsala: Gustav Adolfs akad.
- Henström, Arvid (1869). *Praktisk handbok i landtbyggnads-konsten: innefattande läran om byggnadsmaterialierna, byggnadsmaterialiernas bearbetning och sammanfogning, byggnadsdelarnes form, dimensioner och styrka ....* Örebro: Beijer
- Henström, Arvid (1896). *Landtbyggnadskonsten. 6, Timmermannens och byggnadssnickarens handverk*. Stockholm: Chelius
- Holmberg, August (2006). *August Holmbergs byggnadslära*. Stockholm: Nordiska museets förlag
- Lange, Ulrich, Lassen, Ulrik & Melin, Karl Magnus (2011). Stolpverket i logen i Maglö. *Bebyggelsehistorisk tidskrift*. 60/2010, ss. 58–77
- Lassen, Ulrik Hjort (2014). *The invisible tools of a timber framer: a survey of principles, situations and procedures for marking*. Diss. Göteborg : Göteborgs universitet, 2014
- Leche, Johan (1746). *Beskrifning öfver de skånska halmtaken ingifven..* [Stockholm]:
- Linné, Carl von (1920). *Linnés skånska resa*. Stockholm: Norstedt
- Löfvenskiöld, Charles Emil (1868). *Landtmannabyggnader: hufvudsakligen för mindre jordbruk*. Stockholm:
- McCaig, Iain & Ridout, Brian (red.) (2012). *Practical building conservation. Timber*. Farnham: Ashgate
- Melin, Karl-Magnus. (2009). Hantverkskunskap rörande skånsk träbyggnation på landet (Rapport 2009:3). Kristianstad: Knadriks kulturbygg.  
[http://www.knadrikskulturbygg.se/files/Hntvrksknsk\\_rappREV20100205.pdf](http://www.knadrikskulturbygg.se/files/Hntvrksknsk_rappREV20100205.pdf)

Melin, Karl-Magnus. (2011). Hantverkskunskap rörande skånsk byggnation med lera på landet (Rapport 2011:1). Kristianstad: Knadriks kulturbygg. [http://www.knadriks.se/wp-content/uploads/2015/10/Lerhantverksrapp7\\_dec\\_2011.pdf](http://www.knadriks.se/wp-content/uploads/2015/10/Lerhantverksrapp7_dec_2011.pdf)

Mårtensson, Linnéa, Wiklund, Anna (2016). *Experimentell undersökning av alternativ värmeisolering och luftflödesbegränsning - en jämförelse av konventionella och alternativa isoleringsmaterials värmeledning och studie av lerkliningens inverkan på lufttätheten för väggar*. Höskoleexamen, Akademin för teknik och miljö. Gävle: Gävle högskola. [www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1033868/FULLTEXT01.pdf](http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1033868/FULLTEXT01.pdf)

Nilsson, Martin (2005). *Skiftesverk med dubbla fackfyllnader*. Opublicerat manuskript. Mariestad: GU

Näsström, Gustaf (1930). *Svensk funktionalism*. Stockholm: Natur och Kultur

Paulsson, Gregor (red.) (1938). *Hantverkets bok. 6, Träbyggnadskonst*. Stockholm: Lindfors

Rubell, Christian (2016). *Möjligheter till miljöriktig isolering av stolpverkskonstruktioner - Utformade av platsbyggda exteriöra stommar*. Opublicerat manuskript. Mariestad: GU

Rydh, Carl Johan, Lindahl, Mattias & Tingström, Johan (2002). *Livscykelanalys: en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*. Lund: Studentlitteratur

Svala, Catharina (1990). *Lantbruksarkitekten Charles Emil Löfvenskiöld 1810–1888*. Göteborg: Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien.

Svedberg, Olle (1975). *Kort vägledning i skånsk byggnadsvård*. Lund: Skånekommittén för byggnadsvårdsåret 1975

Tägil, Tomas (1996). Skånsk tegeltradition. *Byggnadskultur*, (1). ss. 2–5  
Tillgänglig på internet: <http://byggnadsvard.se/kunskapsbanken/artiklar/material/tegelbyggande-pa-skanska-en-djupt-rotad-tradition>

VOLMER, L., & ZIMMERMANN, W. H. (2012). *Glossary of prehistoric and historic timber buildings: French, English, Dutch, German, Danish, Norwegian, Swedish, Polish and Czech*.

WEINISCH, K.-H. (2010). *Innenwandgestaltung mit nachwachsenden Rohstoffen*. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.

Werner, Carl (1924). *Korsvirkesarkitekturen i Sverige: typer och perioder*. Diss. Lund : Univ., 1924

Wikström, Erik (2014). *Skiftesverk 2.0 - Examensarbete*. Masteruppsats, Arkitektur. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:722587/FULLTEXT01.pdf>

## Digitala resurser:

Ahlsells 2016. Fuktmätare Storch 3000, <https://www.ahlsell.se/10/verktyg--maskiner/mat--och-markverktyg/ovriga-matverktyg/284988/> [2017-05-01]

Ahlsells 2016. Hammarelektroder Storch, <https://www.ahlsell.se/10/verktyg--maskiner/mat--och-markverktyg/ovriga-matverktyg/153264/> [2017-05-01]

Axelsson, Kennet, Thomasson, Per-Olof (u.å.). Skelettkonstruktion. I Nationalencyklopedin. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2017-03-22]

Festool 2016, Cirkelsåg HK 132 RS/HK, <https://www.festool.se/produkter/s%C3%A5ga/pendelhuvss%C3%A5gar/561755---hk-132rs-hk#%C3%96versikt> [2017-05-01]

Festool 2016, Cirkelsåg HK 85 EB, <https://www.festool.se/produkter/s%C3%A5ga/pendelhuvss%C3%A5gar/767692---hk-85-eb-#%C3%96versikt> [2017-05-01]

Hidemark, Jacob (2012). Hur gör vi vår lada? *Gård och Torp*, 23 maj. Tillgänglig på internet: <http://gardochtorp.se/hur-gor-vi-var-lada.aspx?article=8646>

LTH, Konstruktionsteknik. *Murverk material, konstruktion, hantverk -Uppbyggnad av olika förband, mått och höjdsättning*. [http://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/1\\_Foerband\\_maattsattning.pdf](http://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/1_Foerband_maattsattning.pdf) [2017-06-01]

Månsson, Bengt, (u.å). Petrokemi. I Nationalencyklopedin. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2017-05-30]

Oakwrights (2016). 3i encapsulation gallery. <http://www.oakwrights.co.uk/galleries/3i-infill-panel-system-gallery> [2017-02-04]

*Rig [Elektronisk resurs]: Föreningens för svensk kulturhistoria tidskrift*. (1918-) vol. 81 nr. 3. [Stockholm: Svenska teknologföreningens förlag]  
Tillgänglig på Internet: <http://journals.lub.lu.se/rig>

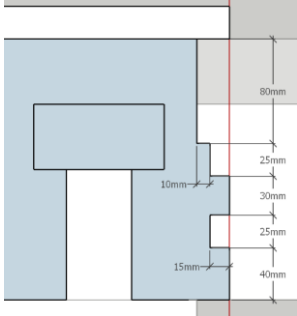
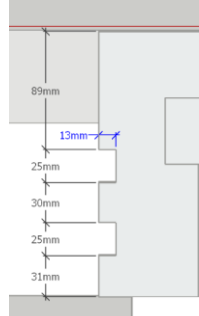


Weinerberger u.å. *Hur enkelt som helst: POROTHERM planblock* [broschyr] <http://wienerberger.se/information/downloads>

Wiktionary 2017. Frugal, <https://sv.wiktionary.org/wiki/frugal> [2017-06-01]

## BILAGA 1.

Protokoll: (Fig. 28)

### Vaxkaketegel, Porotherm Planblock 115 mm

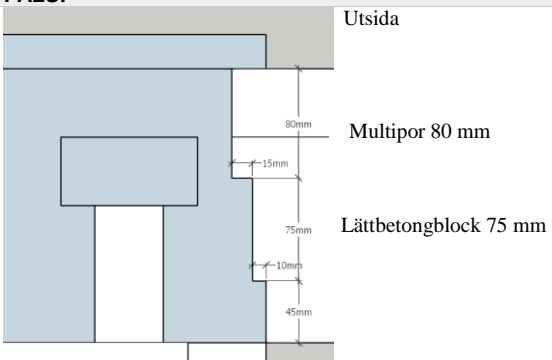
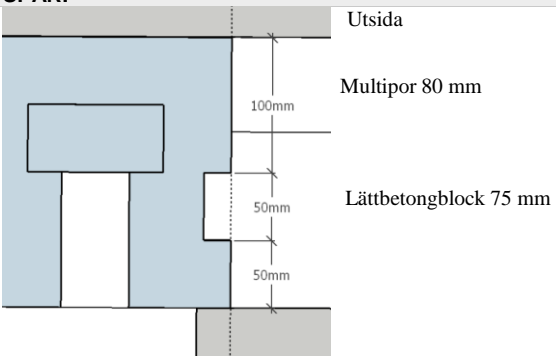


<b>Material:</b> Bränd lera	<b>Hemsida:</b> <a href="http://wienerberger.se/produkter/phorotherm-planblock-t-zwp-115#collapse-collapse1366195013005">http://wienerberger.se/produkter/phorotherm-planblock-t-zwp-115#collapse-collapse1366195013005</a>
<b>FALS:</b>	<b>SPÅR:</b>
 <p>Utsida</p> <p>Multipor 80 mm</p> <p>Porotherm 115 mm</p>	 <p>Utsida</p> <p>Multipor 80 mm</p> <p>Porotherm 115 mm</p>
<b>Foto:</b>	
	
<b>Tid för bearbetning av stolpen:</b> 1 fals á 6 min + 2 spår á 5 min = tot. 16 min	1 spår x 2 fräsningar á 5 min = tot. 10 min
<b>Fackfyllnadsaterial, utifrån och in:</b> Puts Multipor 80 mm Lim Planblock 115 mm Puts	Puts Multipor 80 mm Lim Planblock 115 mm Puts
<b>Montering</b> Liggfog på mellan syll och block av lerbruk för att skydda timran. Notspåret drevas med lindrev. Mellan blocken räcker det med en tunnfog. Blocken kan ev. fyllas med Perlite för ökad isoleringförmåga. KS-blocken går in i ett grunt spår som bildas av falsen och brädfodringen.	Liggfog på mellan syll och block av lerbruk för att skydda timran. Notspåret drevas med lindrev. Mellan blocken räcker det med en tunnfog. Blocken kan ev. fyllas med Perlite för ökad isoleringförmåga.
<b>Observera:</b> Planera så att falsen tas bort innan notspåren Dubbelsponten är inte symmetrisk mellan sidorna. Motstående stolpar blir inte speglade. Tänk efter när blocken monteras.	Dubbelsponten är inte symmetrisk mellan sidorna. Motstående stolpar blir inte speglade. Tänk efter när blocken monteras.
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b> Tegelsåg	Tegelsåg
<b>Verktyg för stolpe:</b>	
Cirkelsåg Festool HK 85 med klyvklinga Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena Falshyvel	Cirkelsåg Festool HK 85 Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena
<b>Konstruktivt träskydd</b>	
Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbyttbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt (båda alternativen):</b> Då det finns dubbla färdiga spont på blocken bedöms det inte som arbetsmässigt rimligt att göra en fals på blocken. Istället läggs utanpåliggande Multipor i fals på "fals" alt. och brädfodring utanpå.	Liggfogen går att göra mycket tunt med tillverkarens brukssläde vilket minskar bruksåtgång och köldbryggor. Användningsområdet blocket är tänkt inom är som bjälklagsavslutningsblock, därav den tunna tjockleken.



## BILAGA 2.

### Protokoll: (Fig 28)

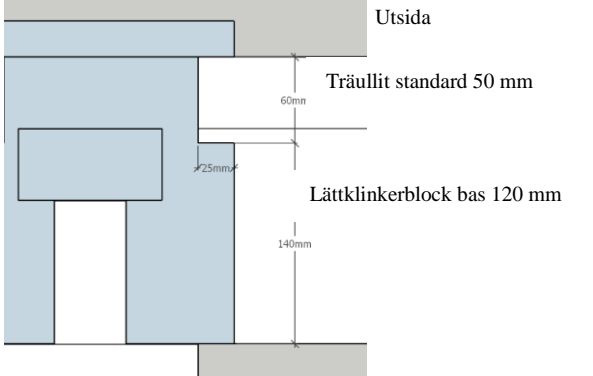
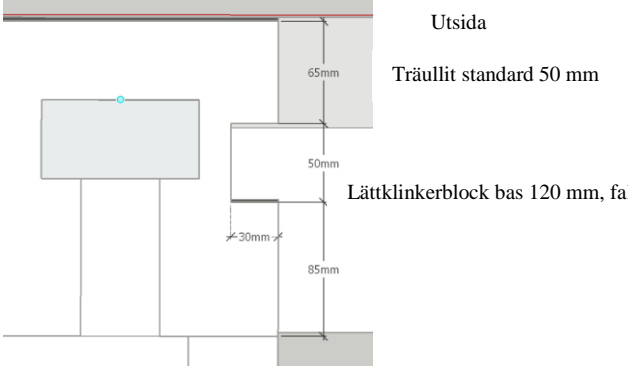


### Ytong/Xella lättbetongblock 75 mm

<b>Material:</b> Lättbetong	<b>Hemsida:</b> <a href="#">Ytong/Xella LB-block</a>
<b>FALS:</b>	<b>SPÅR:</b>
	
<b>Foto:</b>	
	
<b>Tid för bearbetning av stolpe:</b> 2 fals å 6 min = tot. 12 min	1 spår x 2 fräsningar å 5 min = tot. 10 min
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b>	
Puts Armerande nät Multipor i 80 mm fals Lim Lättbetongblock i 75-fals Puts	Puts Armerande nät Multipor 80 mm Lim Lättbetongblock 75 falsad i 50-spåret Puts
<b>Montering:</b>	
Lerbruk använd som stöt- och liggfog. KS-block limmas direkt på lättbetongblocken, utan stöt- och liggfog mellan varandra.	Lerbruk använd som stöt- och liggfog. KS-block limmas direkt på lättbetongblocken, utan stöt- och liggfog mellan varandra.
<b>Observera:</b>	
Multiporblock lättbearbetade med vanlig kniv, men känsliga för mekanisk nötning.	Bearbetning för spont på lättbetongblock tidskrävande. Multiporblock lättbearbetade med vanlig kniv, men känsliga för mekanisk nötning
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b>	
Kakelsåg	Festool AXT 50 LA sänksåg för betong Styrskena APU 1750 Vinkelkap med keramikskiva Kakelsåg
<b>Verktyg för stolpe:</b>	
Cirkelsåg Festool HK 85 2700 mm styrskena Falshyvel	Cirkelsåg Festool HK 85 Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena
<b>Konstruktivt träskydd:</b>	
Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt:</b>	
Om spår, välj dimension på block som passar spåret för att slippa bearbetning.	

## BILAGA 3.

### Protokoll: (Fig. 28)

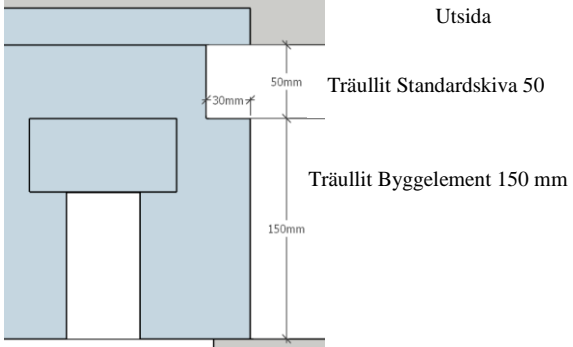
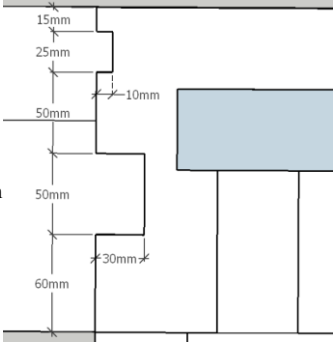


### Finja lättklinkerblock bas 120

<b>Material:</b> Sintrade lerkulor ihoplimmade med cement	<b>Hemsida:</b> <a href="http://www.finja.se/murblock120.11122060.produktinfo">www.finja.se/murblock120.11122060.produktinfo</a>
<b>FALS:</b>	<b>SPÅR:</b>
 <p>Utsida</p> <p>Trällit standard 50 mm</p> <p>60mm</p> <p>25mm</p> <p>Lättklinkerblock bas 120 mm</p> <p>140mm</p>	 <p>Utsida</p> <p>Trällit standard 50 mm</p> <p>65mm</p> <p>50mm</p> <p>Lättklinkerblock bas 120 mm, falsad</p> <p>30mm</p> <p>85mm</p>
<b>Foto:</b>	
	
<b>Tid för bearbetning av stolpe:</b> 1 fals á 6 min	1 spår x 2 fräsningar á 5 min = tot. 10 min
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b>	
Puts Trällit 50 mm i 60 mm fals Puts Lättklinkerblock 120 mm Puts	Puts Trällit 50 mm vent. Puts Lättklinkerblock 120 mm falsas in i 50-spår Puts
<b>Montering:</b>	
Lerbruk använd som stöt- och liggfog. Trällitskivor skruvas utanpå blocken med ett lager lerbruk mellan skiva och block för ökad konvektionstäthet	Lerbruk använd som stöt- och liggfog. Trällitskivor skruvas på blocken med ett lager lerbruk mellan skiva och block för ökad konvektionstäthet
<b>Observera:</b>	
Varken Trällit eller lättklinker är konvektionstätt. Viktigt med puts som tätar, även i fals.	Bearbetning för spont på lättklinkerblock. Varken Trällit eller lättklinker är konvektionstätt. Viktigt med puts som tätar, även i spår.
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b>	
Tegelsåg	Tegelsåg Festool AXT 50 LA sänksåg för betong Styrskena APU 1750 Vinkelkap med keramikskiva
<b>Verktyg för stolpe:</b>	
Cirkelsåg Festool HK 85 med klyvklinga 2700 mm styrskena Falshyvel	Cirkelsåg Festool HK 85 Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena
<b>Konstruktivt träskydd:</b>	
Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt:</b>	

## BILAGA 4

### Protokoll: (Fig. 28)

### Träullit Byggelement 150

<b>Material:</b> Träflis hoplimmat med cement	<b>Hemsida:</b> <a href="http://www.traullit.se/product/produkter/yttervagg/byggelement/">www.traullit.se/product/produkter/yttervagg/byggelement/</a>
<b>FALS:</b> 	<b>SPÅR:</b> 
<b>Visuellt:</b> 	
<b>Tid för bearbetning av stolpe:</b> 1 fals å 6 min	2 spår, varav 1 med 2 fräsningar å 5 min å 5 min = tot. 15 min
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b> Puts Träullit 25/50 Puts Träullit Byggelement 150 Puts	Puts Träullit 25 Puts Träullit Byggelement 150 Puts
<b>Montering</b> Skruva fast en bräda i mellan stolparna som skivan kan vila mot. Kila under den inre rundstolpen som finns i skivan för att ställa i höjden. Lerputs mellan byggskiva 150 och standardskiva 50 för att minska konvektion	
<b>Observera:</b> Träullit är inte konvektionstätt. Viktigt med puts som tätar, även i fals. Tungt och känsligt material, kräver två personer för att lyfta och montera, alt. kran.	
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b> Sänksåg Festool AXT 50 LA för betong Styrskena APU 1750 Vinkelkap med keramikskiva	
<b>Verktyg för stolpe:</b> Cirkelsåg Festool HK 85 med klyvklinga 2700 mm styrskena Falshyvel	
<b>Konstruktivt träskydd:</b> Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	
<b>Övrigt:</b>	

## BILAGA 5

### Protokoll: (Fig. 28)

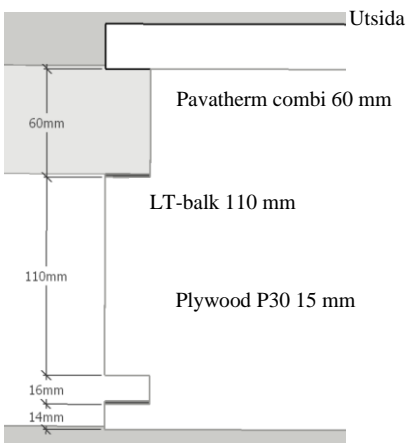
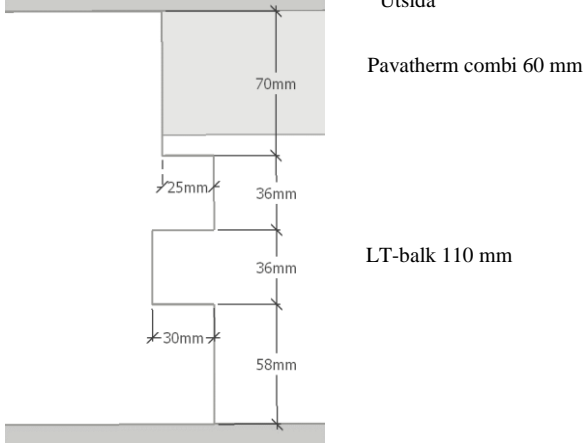


### Isotimber 110 mm

<b>Material:</b> 2" x 4" reglar med frästa spår hoplimmade och förstyvande plywood utan- och innan på.	<b>Hemsida:</b> <a href="http://isotimber.se/fordelar-med-isotimber/">http://isotimber.se/fordelar-med-isotimber/</a>
<b>FALS:</b>	<b>SPÅR:</b>
 <p>Utsida Pavatherm combi 60 (ev. falsad) (Plywood P30 12 mm)  Isotimber 110 mm  Plywood P30 12 (15) mm</p>	 <p>Utsida Pavatherm combi 60  Plywood P30 12 mm  Isotimber 110 mm  Plywood P30 12 mm</p> 
<b>Visuellt:</b>	
 	 <p>Stolpen var i båda alt. något grövre än de beräknade 200 mm och den svaga "läppen" som blir kvar sparas. Detta p.g.a. att det är ett innerhörn i skelettverket och den kanten hjälper till vid senare lerklining som ska vara i höjd med insidorna på stolparna.</p>
<b>Tid för bearbetning av stolpe:</b> 1 fals å 6 min + 1 spår å 5 min = tot. 11 min	2 spår (varav en som fals) å 5 min = tot. 10 min
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b> Puts Pavatherm combi 60 mm Isotimber 110 15 mm plywood P30 i spår. Puts	Puts Pavatherm combi 60 12 mm plywood i 16 mm spår 110 mm Isotimber 12 mm plywood P30 i 14 mm spår (fals)
<b>Montering:</b> ST-blocken staplas på varandra och plywoodskivorna sätts i det frästa spåret/falsen och skruvas fast på vardera sidan, både i blocken och i stolpar, syll och hammarband. Ev. drevning med lindrev mellan block och stolpe, samt i de 16 mm breda spårerna där en 12 mm plywood skall fästas in. PC 60 skruvas på utanpå. Går det att skruva en 12 mm plywood på båda sidor om ST-blocken, vilket mtrl. producent rekommenderar, är dock ej gjort på bild. Då behöver PC-skivan falsas. Undersöker på bild hur det blir med en 15 mm plywood endast på insidan.	ST-blocken staplas på varandra och plywoodskivorna sätts i det frästa spåret/falsen och skruvas fast på vardera sidan, både i blocken och i stolpar, syll och hammarband. Ev. drevning med lindrev mellan block och stolpe, samt i de 16 mm breda spårerna där en 12 mm plywood skall fästas in. PC 60 skruvas på utanpå.
<b>Observera:</b> Spåret hamnar nära insidan på stolpen vilket ger en svag kant. Hållbarhet?	
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b> Cirkelsåg Festool HK 132 E Styrskena	Cirkelsåg Festool HK 132 E Styrskena
<b>Verktyg för stolpe:</b> Cirkelsåg Festool HK 85 med klyvklinga Notningsenhet VN-HK85 130 x 16 mm 2700 mm styrskena Falshyvel	Cirkelsåg Festool HK 85 Notningsenhet VN-HK85 130 x 16 mm 2700 mm styrskena
<b>Konstruktivt träskydd:</b> Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt:</b> Stolpen var något grövre än de beräknade 200 mm och den svaga "läppen" som blir kvar sparas. Detta p.g.a. att det är	ett innerhörn i skelettverket och den kanten hjälper till vid senare lerklining som ska vara i höjd med insidorna på stolparna. LCA finns på internet: <a href="#">Östberg (2012)</a> .

## BILAGA 6

### Protokoll: (Fig. 28)

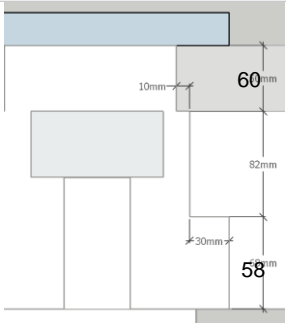
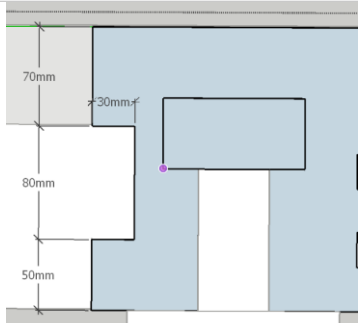


### Moelven frästa limträbalkar

<b>Material:</b>	<b>Hemsida:</b>
Limträbalkar frästa som om de varit stockar förberedda för liggtrimning, med draget uthugget.	<a href="http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Limtra-Massivtra-och-Kerto/Limtra-saklart/">http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Limtra-Massivtra-och-Kerto/Limtra-saklart/</a>
<b>FALS:</b>	<b>SPÅR:</b>
	
<b>Foto:</b>	
	 <p>Drevad not-spont-möte mellan LT-balk och stolpe.</p>
<b>Tid för bearbetning av stolpe:</b>	
1 fals á 6 min + 1 spår á 5 min = tot. 11 min	1 spår x 2 fräsningar á 5 min + 1 fals á 6 min = tot. 16 min
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b>	
Puts Pavatherm combi 60 mm Limträbalk 110 mm 15 mm Plywood i 16 mm spår Puts	Puts Pavatherm combi 60 mm Limträbalk, spontad Puts
<b>Montering:</b>	
"Stockarna" dymlas ihop och drevas i "drag" och mot stolpe. Plywood 15 mm i FALS-alt. för skivverkan, finns inget behov av om stockarna dymlas ihop och fästs i stolparna.	
<b>Observera:</b>	
Här behöver "stockarna" fästas i stolparna för att hållas på plats över tid, alt. en plywood på var sida eller "stockarna" vila mot brädfodringen. Skruvas stolparna fast i stolpen kan det bli otätt när de krymper.	Tidsödande att göra spont på limträbalkarna, ca: 15 min / "stock" på båda ändar. Drevning är ett extra moment. Nödvändigt?
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b>	
Cirkelsåg Festool HK 132 E Styrskena	Cirkelsåg Festool HK 132 E Styrskena KSS 80 på styrskena
<b>Verktyg för stolpe:</b>	
Cirkelsåg Festool HK 85 med klyvklinga Notningsenhet VN-HK85 130 x 16 mm 2700 mm styrskena Falshyvel	Cirkelsåg Festool HK 85 Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena
<b>Konstruktivt träskydd:</b>	
Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt:</b>	
Moelven jobbar på att byta ut MUF-lim till MU-lim, utan formaldehyd.	

## BILAGA 7

### Protokoll: (Fig. 28)

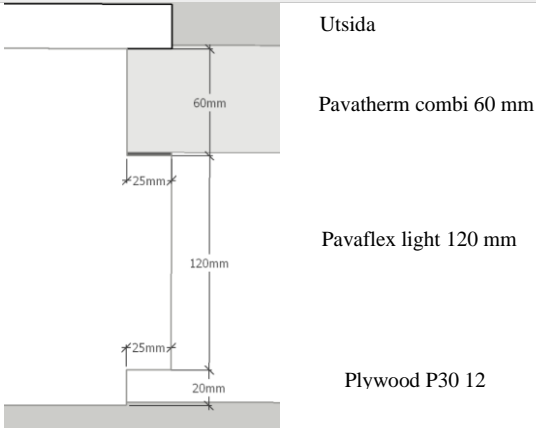
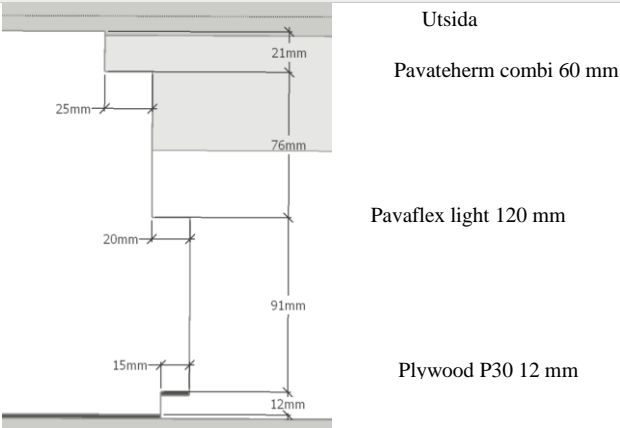


### Martinsson KL-skiva 82 mm

<b>Material:</b> 3-skitts limmad träskiva	<b>Hemsida:</b> <a href="http://www.martinsons.se/byggprodukter/kl-tra">www.martinsons.se/byggprodukter/kl-tra</a>
<b>FALS:</b>  <p style="text-align: center;">Utsida Pavatherm combi 60 mm  KL-trä 82 mm</p>	<b>SPÅR:</b>  <p style="text-align: center;">Utsida Pavatherm combi 60  KL-trä 82 mm</p>
<b>Foto:</b> 	
<b>Tid för bearbetning av stolpen:</b> 1 fals á 6 min + 1 fals á 13 min med HK85 och HK132= tot. 19 min	1 spår á 15 min med karvfräsen till HK132
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b> Puts Pavatherm combi 60 mm KL-skiva 82 mm i fals	Puts Pavatherm combi 60 mm KL-skiva 82 mm i not
<b>Montering:</b> Första skivan sågas till och välts upp i spåret. För att montera den övre skivan kan hammarbandet nyttjas som fäste för block och talja. Skarvar KL-skivorna med fals på båda sidorna av båda skivorna och 19 mm plywood P30 i falsen som skruvas fast. KL-skivorna skruvas fast i fals, syll och hammarband. Combi-skivorna skruvas på utifrån.	Ena stolpen på först på plats, därefter montera full höjd på fackfyllnaden. Därefter vält upp den andra stolpen mot KL-skivan och slutligen montera hammarbandet. Skarvar KL-skivorna med fals på båda sidorna av båda skivorna och 19 mm plywood P30 i falsen som skruvas fast. KL-skivorna skruvas fast i fals, syll och hammarband. Combi-skivorna skruvas på utifrån.
<b>Observera:</b> Tunga skivor, helst två personer vid montering. Dock en fördel att de går att "välta upp" i falsen. Sågat med kedjesåg CCP 380 för att kunna lägga flera skivor på varandra och därigenom minska hanteringen av det tunga materialet.	Tunga skivor, helst två personer vid montering. Krävs att ena stolpen monteras efter det att KL-skivan är på plats in notspåret på den andra stolpen. Skarvar KL-skivorna med fals på båda sidorna av båda skivorna och 19 mm plywood P30 i falsen som skruvas fast. Sågat med kedjesåg CCP 380 för att kunna lägga flera skivor på varandra och därigenom minska hanteringen av det tunga materialet. Forcerat in skivan på 82 i spåret på 80, ingen plats för drev.
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b> CCP 380 med kapklinga och styrskena HK 132 med karvfräs och styrskena	CCP 380 med kapklinga och styrskena HK 132 med Karvfräs och styrskena
<b>Verktyg för stolpe:</b> 2700 mm styrskena Falshyvel HK 85 med klyvklinga	2700 mm styrskena HK 132 med karvfräs 80 bred
<b>Konstruktivt träskydd:</b> Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt:</b>	

## BILAGA 8

### Protokoll: (Fig. 28)

### Träfiberisolerskiva, Pavaflex light120mm

<b>Material:</b> Mjuk träfiberskiva	<b>Hemsida:</b> <a href="http://www.miljobyggsystem.se/assets/150904_Pavaflex_light_se.pdf">http://www.miljobyggsystem.se/assets/150904_Pavaflex_light_se.pdf</a>
<b>FALS:</b>	<b>SPÅR Falsar:</b>
 <p>Utsida</p> <p>Pavatherm combi 60 mm</p> <p>Pavaflex light 120 mm</p> <p>Plywood P30 12</p>	 <p>Utsida</p> <p>Pavateherm combi 60 mm</p> <p>Pavaflex light 120 mm</p> <p>Plywood P30 12 mm</p>
<b>Foto:</b>	
	
<b>Tid:</b> 1 fals á 6 min + 1 spår á 5 min (fals) = tot. 11 min	1 fals á 6 min + 2 spår (fals) = tot. 16 min
<b>Fackfyllnadsmaterial, utifrån och in:</b> Puts Pavatex combi 60 mm Pavaflex 120 mm 12 mm Plywood i fals	Puts Pavatherm combi 60 mm (falsad) Pavaflex 120 mm (falsad) 12 mm Plywood i fals
<b>Observera:</b>	Spår ingen vits med så konvektionsöppet material, använder plywood och Pavatherm combi 60 mm med puts istället. Svårigheter att få korrekta falsar i mjukt material, dock är materialet följsamt vid montering och tar upp ojämnheter i beskärningen
<b>Montering:</b> 12 mm plywoodskiva skruvas i fals på insidan och Pavatex combi 60 skruvas på utsidan.	12 mm plywoodskiva skruvas i fals på insidan och Pavatex combi 60 skruvas på utsidan.
<b>Verktyg för fackfyllnad:</b>	Mafell KSS 80 på styrskena
<b>Verktyg för stolpe:</b> Cirkelsåg Festool HK 85 med klyvklinga Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena Falshyvel	Cirkelsåg Festool HK 85 Notningsenhet VN-HK85 130 x 25 mm 2700 mm styrskena
<b>Konstruktivt träskydd:</b>	
Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad Utbytbar brädfodring utanpå stolpe och syll	Lutande plan vid mötet syll-fackfyllnad
<b>Övrigt:</b>	