



Kunskapssammanställning om träbyggande



Diarienummer: SBN 2019-225
Senast reviderad: 2021-03-03
Organisation: Miljö- och samhällsbyggnadsförvaltningen

Innehåll

1	Inledning	4
2	Nationella och regionala strategier för ett ökat träbyggande	4
3	Industriellt träbyggande	6
4	Arkitektur och trä	10
5	Bygg- och fastighetssektorns klimatpåverkan	16
6	Uthålligt skogsbruk	24
7	Brandsäkerhet	27
8	Fukt	31
9	Akustik	34
10	Bärförmåga och stomstabilitet	36
11	Träbyggnaders hälsoeffekter	39
12	Upphandlingsmodeller för ökat träbyggande	41
	Referenser	43



1 Inledning

Syftet med denna sammanställning av kunskapsläge om träbyggande är att höja kunskapsnivån om träbyggnadsteknik i kommunkoncernen. Syftet är också att ge en kunskapsmässig bakgrund till de önskade effekter och ställningstaganden som beskrivs i *Policy för ett ökat träbyggande i Linköpings kommun*.

Kunskapssammanställningen är ett fristående dokument och ingår inte i beslutshandling till policyn.

De uppgifter som beskrivs i dokumentet bygger på publicerade rapporter, nationella och regionala strategier samt information från branschorganisationer och statliga myndigheter. Referenser till källor finns för vidare läsning.

Målgruppen är i första hand kommunens förvaltningar och kommunala fastighetsbolag. Men även privata byggherrar och byggentreprenörer kan ha nytta av dokumentet.

Ny kunskap om träbyggnadsteknik tillkommer ständigt. I samband med uppföljning av *Policy för ett ökat träbyggande i Linköpings kommun* genomförs därför en revidering av kunskapssammanställningen.

Dokumentägare är samhällsbyggnadsdirektören.

2 Nationella och regionala strategier för ett ökat träbyggande

2.1 Nationell inriktning för träbyggande

På nationell nivå har Regeringen fattat beslut om en ”Inriktning för träbyggande” (Regeringskansliet 2018). I inriktningen anger Regeringen att en fortsatt utveckling av träbyggandet har stor betydelse för flera politiska mål och utmaningar. Nedan ges en sammanfattning av inriktningen.

2.1.1 Behov av nya och hållbara bostäder

Regeringen anser att ett utvecklat träbyggande kan bidra till att möta behovet av nya och prismässigt överkomliga bostäder av god kvalitet. Trä beskrivs ha egenskaper som ger bra förutsättningar för industriell byggproduktion, hög grad av prefabricering och serietillverkning. Enligt Regeringen kan industriellt träbyggande på sikt bidra till att pressa byggkostnaderna, effektivisera bostadsbyggandet och öka konkurrensen på byggmarknaden. Träets relativt lätta vikt beskrivs innebära att träelement kan användas för påbyggnad av befintliga byggnader och kompletterande byggnadsverk i stadsmiljön.

2.1.2 Ett av världens första fossilfria välfärdsländer

Behovet av nya bostäder bedöms vara stort, men byggtakten av nya bostäder är idag också hög. Samtidigt beskrivs det som byggs behöva vara långsiktigt



hållbart. Regeringen anser att ett utvecklat träbyggande ger miljö- och klimatfördelar då trä är en förnybar resurs som binder kol från atmosfären under en lång tid. Det industriella träbyggandet erbjuder resurseffektiva processer med lägre klimatpåverkan. Samtidigt anges att stål och betong kommer vara nödvändigt inom byggsektorn även i framtiden. Det är även viktigt att produktionen av dessa material utvecklas mot minskad klimatpåverkan.

2.1.3 Ett hållbart skogsbruk

För svensk skogspolitik finns två jämställda mål beslutade av riksdagen – ett produktionsmål och ett miljömål. Produktionsmålet innebär att skogen och skogsmarken ska utnyttjas effektivt och ansvarsfullt så att den ger en uthålligt god avkastning. Miljömålet innebär att skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga ska bevaras. En biologisk mångfald och genetisk variation ska säkras i skogen. Regeringen anser att en ökad användning av trä inom byggandet är en viktig del i en pågående övergång till ett fossilfritt välfärdsland med en växande cirkulär och biobaserad ekonomi.

2.1.4 En sammanhållen politik för Sveriges landsbygder

Jobben beskrivs som en av regeringens främsta prioriteringar, inom både stad och landsbygd. En ökad kapacitet inom industriellt träbyggande kan flytta ut jobb från byggarbetsplatser i storstäder till lands- och glesbygd, då produktionen i industriell miljö ofta sker i nära anslutning till skogsråvaran.

2.1.5 Svensk export

Sveriges välstånd, ekonomiska tillväxt och sysselsättning är beroende av export. Regeringen har som målsättning att öka den samlade exporten. Skogsindustrins olika produkter baseras på en låg andel import. Den svenska skogsnäringen står för en stor del av vårt lands exportnetto. Ett utvecklat industriellt träbyggande och ökad konkurrenskraft bedöms bidra till regeringens ambition om ökad export och deltagande av svenska företag i den globala ekonomin. Det kan även bidra till ökad nationell attraktionskraft för utländska investeringar.

2.2 Regional skogsnäringstrategi

Region Östergötland antog år 2018 en skogsnäringstrategi (Region Östergötland 2018). Strategins syfte är att förstärka förutsättningarna för skogsnäringen i Östergötland. Det ska ske genom insatser för kompetensförsörjning och finansiering av utvecklingsprojekt för ökat förädlingsvärde i skogsnäringen. Genom samverkan mellan offentliga aktörer, näringsliv och universitet har fyra mål tagits fram:

1. År 2030 finns det i Östergötland en stor och utbredd kunskap om skogens betydelse för ett hållbart samhälle.

2. År 2030 samverkar företag i Östergötland, som arbetar med skogsråvara, för att kontinuerligt hitta vägar att öka förädlingsvärde och lönsamhet.
3. År 2030 ligger Östergötland i framkant, när det gäller utveckling av material, produkter och tjänster i den skogsbaserade delen av den biobaserade ekonomin.
4. År 2030 är kompetens och kompetensförsörjning inom skogsnäringen i Östergötland säkrad.

Strategin ger uttryck för flera fördelar med trä som byggnadsmaterial:

- Minskad klimatpåverkan i byggskedet samt kolinlagring under driftskedet.
- Trä förbättrar livskvaliteten för de som ska använda byggnaden genom att skapa en bättre inomhusmiljö jämfört med plast, stål och betong.
- Skog finns i Östergötland och mycket av skogsbruk och vidareförädling sker i Östergötland, vilket bidrar till att skapa arbetstillfällen och tillväxt i länet.

Den regionala skogsnäringstrategin föreslår också att år 2030 bör andelen av trä som byggmaterial för renovering och nyproduktion uppgå till minst 50 procent i Östergötland.

3 Industriellt träbyggande

3.1 Innebörd av industriellt byggande

Det finns ingen allmänt accepterad definition som anger exakt vad ett industriellt byggande innebär. I vardagligt tal kan industriellt byggande beskrivas innebära att större delen av byggandet sker i form av prefabricerade delar som tillverkas i en fabrik. Tillverkningen av prefabricerade delar kan finnas på en annan plats än själva byggnadsplatsen. Det eftersträvas att på ett effektivare sätt utnyttja resurser och kompetens med hjälp av bland annat färdiga tekniska lösningar och förtillverkning av byggelement. Detta skapar potentiella vinster i form av en ökad kvalitet, då arbete som tidigare skett ute på byggplats kan utföras i en skyddad miljö i fabrik. Rätt material kan erhållas vid rätt tid, vilket minskar kostnaderna under projektets gång (FoU Väst 2005). Ett annat syfte med industriellt byggande som ofta lyfts är en snabbare byggprocess (Moelven 2020).

Boverket (2008) har för bostadsbyggande föreslagit en preciserad definition:

”Industriellt bostadsbyggande innebär en välutvecklad byggprocess med en genomtänkt organisation för effektiv styrning, beredning och kontroll av ingående aktiviteter, flöden, resurser och resultat med användning av högförädlade komponenter med syfte att skapa maximalt värde för kunderna.”

3.2 Öppna och slutna byggsystem

Avseende process kan byggsystem delas in i kategorierna öppna och slutna. Ett öppet byggsystem innebär att det kan kombineras och sättas samman med komponenter från olika leverantörer. Leverantören är oftast byggdelsleverantör och byggandet av själva byggnaden sker i samverkan mellan flera aktörer. Det öppna byggsystemet bygger på att knutpunkter mellan byggdelar har standardiserade mått och utformning så att de passar ihop, även om de kommer från olika leverantörer. Ett helt öppet byggsystem med trä som stommaterial finns i dagsläget inte tillgängligt på den svenska marknaden även om det gjorts försök (Trästad Sverige 2019).

Slutna byggsystem innebär att kombinationer med andra system eller komponenter vanligtvis inte är aktuella för beställaren. Ett företag med slutet byggsystem levererar istället alla ingående delar och är därmed att betrakta som totalleverantör (SKL 2012). De system och metoder som tillämpas är utvecklade internt inom företaget, standardiserade med begränsat antal varianter för att leverantören ska kunna uppnå serieeffekter. Detta medför också omfattande projektering med arkitekten i tidiga skeden för att byggsystemet ska kunna uppföras effektivt. För slutna byggsystem i sin mest förädlade form levererar den industriella byggaren hela konceptet inkluderat projektering, tillverkning och montage. Hela konceptet baseras på flexibla och standardiserade lösningar (Trästad Sverige 2019).

3.2.1 Olika stomsystem för byggande i trä

Trä och bärande strukturer av trä passar väl för industriellt byggande. Prefabricerade byggdelar får låg egenvikt. De kan därför fraktas långa sträckor till låga kostnader och begränsad miljöpåverkan (Trästad Sverige 2019).

När man vill bygga i trä finns det ett antal olika stomsystem att välja mellan. Vilket val som är lämpligast bestäms av byggnadens specifika krav. Antal våningar, planlösning och ändamål är några aspekter som beaktas vid val av stomme. Bärande trärelement kan i princip klara samma planlösningar som andra stommaterial (Trästad Sverige 2019).

De vanligaste stomsystemen är pelar-balk-stommar, regelstommar och massivträskivor (Olsson och Nilsson 2016). Alla dessa kan oftast integreras i prefabricerade lösningar eller byggas på plats. Det förekommer också att olika stomsystem kombineras i en och samma byggnad (Giang 2013).

Regelstommar

Regelstommar är uppbyggda av regler och bjälklag av massivt virke eller profiler som är sammansatta. Profilerna kombineras sedan med skivmaterial,

mineralull och membran som fungerar som fuktskydd och lufttätning. Regelstommar har traditionellt använts för småhus, men kan idag användas i såväl småhus som flerbostadshus.

Moduler uppbyggda med regelsystem har hittills varit de dominerande sättet att bygga flerbostadshus med trästomme i Sverige (Träguiden 2015). Det förekommer även att moduler byggs upp av korslimmat trä, så kallat KL-trä (Sarvit och Skarp 2018). Stomsystem med moduler utvecklades inom bostadsbyggandet som en metod för att sänka byggkostnader och korta byggtider. Volymelement levereras i allmänhet kompletta med installationer och inre ytskikt från fabrik. Delar av eller hela rum och lägenheter prefabriceras och färdigställas i fabriken för att levereras till byggplatsen med lastbil, tåg eller båt och monteras ihop effektivt (Svenskt trä u.å). Se figur 1.



Figur 1. Exempel på byggnation med moduler i trä. Källa: Svenskt trä (u.å)

Transportfordonet och eventuellt släp måste kunna komma inom kranens räckvidd. Det ställer krav på markplanering inom fastigheten och på körbarhet till densamma.

Regelstommar i trä kan även användas vid påbyggnad av befintliga byggnader, i kilar mellan två hus och på mark som inte tidigare ansetts byggbar (Svensk trä, u.å).

Massivträteknik

Flerskikts massivträskivor brukar även benämnas som korslimmade skivor (KL-skivor) av trä. Stommen är i huvudsak uppbyggd med bjälklag och/eller väggar av massivträskivor som ansluts till varandra. En massivträskiva består av trästycken som limmats ihop i skikt. Den har två yttre skikt med inbördes

parallella fiberriktningar och åtminstone ett inre skikt med fiberriktningen vinkelrätt mot de yttre skikten.

Byggdelarna levereras ofta som prefabricerade planelement tillverkade i fabrik. Planelement kan vara färdiga ytterväggar, innerväggar, bjälklag eller yttertak. På byggsplatsen sätts de samman och kompletteras med andra delar till en komplett byggnad. Se figur 2. Planelementen är oftast så pass prefabricerade och färdiga för montering på plats att de enbart saknar ytskikt och vissa installationer (Svensk träbyggnadskansli, 2020).



Figur 2. Exempel på hus med massivträelement. Källa: Ekobyggportalen (u.å)

Småhus, flervånings bostadshus och mindre lokaler med bjälklagsspännvidder mindre än tolv meter kan vara lämpliga byggobjekt för massivträteknik. För större lokaler med stora spännvidder, exempelvis skolor och kontor, kan bärande träväggar med fördel kombineras med pelare och balkar (Svensk träbyggnadskansli, 2020).

Pelar-balksystem

I en pelar-balkstomme utgörs det vertikala bärsystemet av pelare och det horisontella av balkar. För att klara svikt på horisontella balkar används oftast balkar upplagda på våningshöga pelare. Vid små spännvidder kan balkarna istället hängas upp mellan pelare (Giang 2013). Pelar-balksystem används främst när man eftersträvar stora öppna golvytor inne i en byggnad eller då

fasaderna har stora öppningar. Se figur 3.



Figur 3. Exempel på pelar- balkkonstruktion i trä. Källa: Luleå tekniska universitet (2010).

Pelare av limträ har hög bärförmåga vid förhållandevis små dimensioner eftersom de oftast inte behöver kläs in av brandtekniska skäl. Med bärande pelare i stället för bärande väggar minskar överföring av ljud mellan våningarna avsevärt. Ljudöverföring via icke bärande väggar eller installationer måste dock uppmärksammas (Träguiden 2015).

4 Arkitektur och trä

Trä som material är lätt att forma och bearbeta vilket ger en stor frihet i gestaltningen av en byggnad. Gestaltningen av en byggnad behöver inte påverka valet av stommaterial (Trästad Sverige 2019).

Det är viktigt att förstå vad trä som byggnadsmaterial och olika byggsystem i trä har för egenskaper och förutsättningar. Exempelvis skiljer sig bygghöjden ofta mellan byggnader med stomme av trä jämfört med byggnader med stomme av betong. Det beror på att träbjälklag i de flesta fall blir något tjockare än betongbjälklag för att uppnå likartad ljudisolering. Det innebär även att proportionerna i fasaden ändras, vilket kan påverka fasadens gestaltning (Trästad Sverige 2019).

Man kan välja mellan att framhäva trä som stommaterial eller dölja det. En trästomme kan kläs med i princip vilket fasadmaterial som helst. Kräver ett område en mer urban karaktär och därmed en stenfasad går det bra att putsa eller klä i tegel och ge huset en helt annan karaktär (Trästad Sverige 2019).

En kritik mot industriellt byggande är att det riskerar leda till monotona områden och byggnader som inte är anpassade till aktuell plats. (Lessing, 2006). Finns förutsättningarna för ett industriellt byggande i trä med redan i

tidiga skeden behöver det inte begränsa den grundläggande gestaltningsidén. Arkitektens roll i industriellt byggande är dock en utmaning. Det industriella byggandet styrs fortfarande mer av ingenjörstänkande och produktionsteknologi än av designtänkande (Lidelöw m.fl 2015). En förändring kan skönjas under senare år. Ny teknik ger också nya verktyg för arkitekten. Digitalisering och till exempel CNC-fräsning ger nya möjligheter att bearbeta träelement med mönster och skapa unika former. (Trästad Sverige 2019).

4.1 Byggnader i trä som håller länge

Trä som byggmaterial har många goda egenskaper samtidigt som det är en förnybar resurs. Men byggnader i trä är inte automatiskt det mest hållbara valet. Unterrainer (citerad i SKL 2012) har uppmärksammat att trähus i vissa fall varit så dåligt detaljerade och utformade att livslängden för byggnaden blir kort. Detta innebär att en arkitektur med kvalitet, som gör att byggnaden håller länge, är mycket viktig. Med god arkitektur finns goda möjligheter till byggnader i trä som håller länge (Ekblom 2018).

4.2 Arkitektoniska för- och nackdelar med olika byggsystem i trä

4.2.1 Moduler

Öppna planlösningar är svårt att åstadkomma på ett bra sätt med moduler. På grund av måttbegränsningar vid transport får rummen en låst maxbredd. Modulerna blir därför inte lika flexibla som andra byggsystem. Det är en nackdel för både kunder och arkitekter eftersom det inte ger full frihet att konstruera fritt.

Om ett byggprojekt inte ursprungligen är anpassat för modulbyggande kan det behöva ritas om. Främst handlar ändringar om placering av schakt och att rita ut väggpartier. Modultechniken förutsätter tidigare arbete jämfört med andra byggtekniker och beställaren behöver vara tydlig i ett tidigt skede. Det är viktigt och även styrande att från början rita lägenheter som är anpassade för modultechnik med dess mått och spännvidder (Lidelöw m.fl. 2015; Bergström och Nordin 2016).

Med modultechnik är det möjligt att dra installationer i väggar och bjälklag, vilket stärker funktionaliteten och höjer estetiken (Boverket, 2005). Dubbla skiljeväggar och bjälklag är den konkretaste konsekvensen som påverkar modulbyggnaders yttre gestaltning. Den exteriöra estetiken kan förändras i proportioner då avstånden mellan fönstren blir större på grund av de tjockare bjälklagen. (Boverket, 2005)

Fördelar med modulbyggande ur ett arkitektoniskt perspektiv som framförts är att sammansättning av moduler går snabbt, har få fogar och skarvar och lite spillmaterial på byggarbetsplatsen. Även om volymelement medför begränsningar för rumsindelning och mer komplexa geometrier så finns det

möjlighet att skapa unika byggnader (Lidelöw m.fl. 2015; Bergström och Nordin 2016).

4.2.2 Massivträteknik

Flexibilitet är den främsta arkitektoniska fördelen med planelement av massivträskivor. Det ger möjligheter till mer varierad utformning och fler olika geometrier jämfört med modulsystem. Byggsystemet har få utformningsmässiga begränsningar och klarar även av runda geometrier. Genom att använda planelement kan stora och öppna rum skapas (Lidelöw m.fl.; 2015; Bergström och Nordin 2016).

Att planelement bidrar till att utformningsmässigt kunna skapa flexibla byggnader kan resultera i högre kostnader jämfört med modulbyggande. Behov av längre projekteringstid höjer kostnaderna. Planelementstillverkare har belyst vikten av att arbetet sker tidigt tillsammans med arkitekterna. En utmaning är att samordna alla inblandade aktörer (Lidelöw m.fl. 2015; Bergström och Nordin 2016).

4.3 Arkitektoniska exempel på byggnader med trästomme

4.3.1 Valla Berså

Valla Berså är Linköpings första flerbostadshus av massivträ. Det är fem våningar högt med 69 hyresrätter samt butik och restaurang i bottenplan. Se figur 4. Stommen består helt av massivträ utan plastfolie i väggarna. Fasaden består av cederträ. Lägenheterna nås genom två trapphus med hiss och därefter loftgångar till respektive lägenhet. Hållbarhet var en röd tråd i projektet. Ett mål var att byggnaden ska leva upp till kriterier för nära nollenergibyggnad. Den är certifierad enligt miljöcertifieringssystemet Miljöbyggnad Silver och materialval enligt Sunda Hus (Lindsténs fastigheter u.å.)



Figur 4. Valla Berså, Linköping. Källa: Lindsténs fastigheter.

4.3.2 Strandparken, Sundbyberg

I bostadsområdet Strandparken i Sundbyberg finns två flerbostadshus i åtta våningar som stod färdigt 2013 och 2014. Trä har genomgående använts som material. Arkitekterna fokuserade på att använda hållbara och klassiska material. Se figur 5. Stommen består helt av massivträ. Fasaden är utförd av cederträspån med en finsågad yta och framställs av stora block (Moelven 2020).



Figur 5. Strandparken i Sundbyberg. Foto: Åke E:son Lidman.

4.3.3 Stormen, Växjö

Stormen är ett lucktomtsprojekt i centrala Växjös rutnätsplan som färdigställdes 2012. I bottenvåningen finns en restaurang och övriga tre våningsplan inrymmer kontor. Se figur 6. Väggar är av massivträskivor och bjälklageelementen är utformade som stora ihåliga balkar i trä. I hålrummet finns antingen sand för att förbättra ljudreduktionen eller värmeisolering. Husets yttre skikt är av obehandlade träskivor i lärk utvändigt och av gran invändigt.



Figur 6. Stormen i Växjö. Källa: Arkitektbolaget.

4.3.4 Vallvikens förskola, Växjö

Vallvikens förskola i Växjö har plats för 80 barn fördelat på fem avdelningar. Byggnaden är uppförd med stomme av KL-trä där materialet är synligt interiört i samtliga avdelningar. Se figur 7. Även trappor och inredning är i trä. Förskolan vann Växjö kommuns träbyggnadspris 2020 (VÖFAB 2020).



Figur 7. Vallvikens förskola, Växjö. Källa: VÖFAB.

4.3.5 Industrihus i trä, Skellefteå

I området Anderstorp i Skellefteå ligger ett industrihus i trä med plats för tio företag. Konceptet bygger på att uppföra lokaler till mindre företag som har behov av en verksamhetslokal med sex meters takhöjd och tillhörande kontors-

och omklädningsdel. Byggnaden är uppbyggd av moduler i storleken 24*6 meter. Stommen är i limträ och fasaden är klädd med träpanel. Se figur 8. Lokalerna är flexibla och modulerna kan kombineras och anpassas utifrån hyresgästens önskemål (Skellefteå industrihus u.å).



Figur 8. Industrihus i trä i Anderstorp, Skellefteå. Källa: Skellefteå kommun.

4.3.6 Trägården, Duved

Trägården är ett litet kvarter i centrala Duved med små lägenheter. Se figur 9. De är planerade för instegs- och integrationsboende. Förutom bostäder innehåller byggnaden offentliga lokaler. I upphandlingsprocessen visade sig den i projekteringen föreslagna stomkonstruktionen helt i massivt KL-trä prismässigt konkurrenskraftig i jämförelse med anbud som föreslog bjälklag och bärande väggar i armerad betong (AIX Arkitekter u.å. a).



Figur 9. Trägården, Duved. Källa: Aix arkitekter.

4.3.7 Parkeringshuset Ekorren, Skellefteå

I kvarteret Ekorren i centrala Skellefteå finns ett parkeringshus byggt i KL-trä och limträ. Även bjälklaget är utfört i KL-trä. Byggnaden består av tre

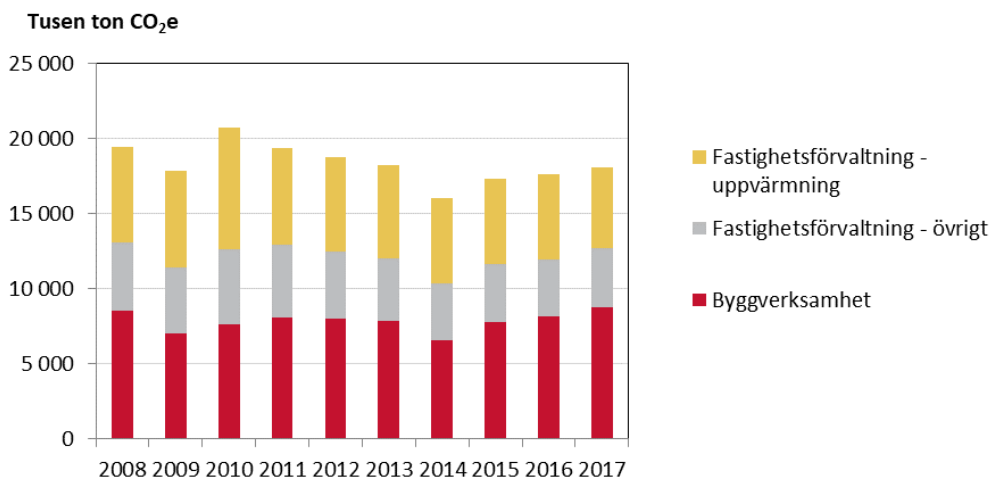
parkeringsplan ovanför ett entréplan där det finns kontors- och butiksytor. Se figur 10. Byggnaden har även två parkeringsplan under mark (AIX Arkitekter u.å. b).



Figur 10. Parkeringshuset Ekornen, Skellefteå. Källa: Aix Arkitekter.

5 Bygg- och fastighetssektorns klimatpåverkan

Bygg- och fastighetssektorn står för en stor del av svenska utsläpp av växthusgaser. År 2017 var växthusgasutsläppen 18,1 miljoner ton koldioxidekvivalenter, då utsläpp från både inhemska utsläpp och importerade produkter räknas in. Utsläppen kommer från byggnation, uppvärmning och renovering (Boverket 2020 a). Byggverksamhet (=byggskedet) stod för ungefär hälften av sektorns årliga utsläpp. Drygt hälften av byggskedets klimatpåverkan bestod i sin tur av importerade varor. Byggskedets andel av sektorns växthusgasutsläpp har inte förändrats nämnvärt under tidsperioden. Se figur 11.



Figur 11. Utsläpp av växthusgaser från inhemsk verksamhet samt import inom bygg- och fastighetssektorn. Källa: Boverket (2020 a).

5.1 Livscykelanalys

För att beräkna miljöpåverkan, energianvändning och resursbrukning för en enskild byggnad används metoden livscykelanalys (LCA). Att utföra en fullständig LCA är ett omfattande och komplext arbete. En fullständig LCA innebär att klimat- energi- och resurspåverkan beräknas för byggnadens hela livscykel. Det förekommer också att LCA-beräkningar för byggnader utförs för delar av en byggnads livscykel, exempelvis endast byggskedet. Det är också vanligt att beräkningen av miljöpåverkan avgränsas till att endast omfatta de byggdelar som ger stor påverkan på resultatet. Se figur 12.



Figur 12. Byggnaders livscykel. En fullständig livscykelanalys omfattar byggnaders miljöpåverkan från vaggan till graven. Utvinning av naturresurser, tillverkning av byggprodukter, byggprocess, drift och avveckling ingår. Källa: Boverket (2020b).

En byggnads livscykel delas i en LCA in i de tre huvudsakliga skedena byggskedet, användningsskedet och slutskedet. Dessa skeden delas i sin tur in i beräkningsmoduler som beskriver processerna under livscykeln. Se tabell 1. Indelningen kommer från en gällande standard och gör att resultaten från en LCA kan redovisas på ett likartat sätt och underlätta tolkning av resultatet.

Tabell 1. De olika skedena i en byggnads livscykel enligt den europeiska standarden EN15978 Hållbarhet för byggnadsverk, byggnaders miljöprestanda (SIS 2011).

A1-A5 Byggskede		
A1-A3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4-A5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1-B7 Användningsskede		
	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1-C4 Slutskede		
	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktbehandling
	C4	Bortskaffning

En fullständig LCA ger information om vilket skede av en byggnads livscykel som ger störst miljöpåverkan. Resultatet kan användas för att projektera byggnader med mindre miljöpåverkan (Boverket 2020b). En LCA kan också utföras i syfte att jämföra miljöpåverkan mellan olika val av byggmaterial eller olika byggnader.

5.2 Lagstiftning om klimatdeklarationer för nya byggnader

Den 1 januari 2022 införs en lag om klimatdeklarationer för nya byggnader. Lagen innebär att krav införs på redovisning av en klimatdeklaration. En klimatdeklaration innebär informationskrav på att redovisa en byggnads klimatpåverkan. Kravet kommer att omfatta de flesta nya byggnader, dock undantas exempelvis industrianläggningar och verkstäder, byggnader med en bruttoarea mindre än 50 kvadratmeter bruttoarea och vissa bygglovsbefriade byggnader (Boverket 2020c).

Inledningsvis avgränsas lagkravet till att omfatta byggskedets klimatpåverkan. De delar för vilka byggskedets klimatpåverkan till en början ska redovisas är bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar. Se figur 14.



Figur 14. Avgränsning av byggnaders utsläpp av växthusgaser enligt Boverkets lagförslag. Källa: Boverket (2020d).

5.2.1 Vidareutveckling av klimatdeklarationslagen

Boverket har av Regeringen även fått i uppdrag att ta fram ett förslag på färdplan för fortsatt utveckling av klimatdeklarationslagen (Boverket 2020c). Förslaget som Boverket lämnat, som ännu inte är beslutat, går i korthet ut på:

- Införande av gränsvärden för maximala utsläpp av växthusgaser per kvadratmeter bruttoarea från och med år 2027. Utsläppskraven föreslås vara 20-30 procent lägre än ett referensvärde. Utsläppskraven avgränsas till att omfatta byggskedet. Samma år föreslås även informationskravet

utökas så att alla skeden av byggnadens livscykel och flera delar av byggnaden ska redovisas.

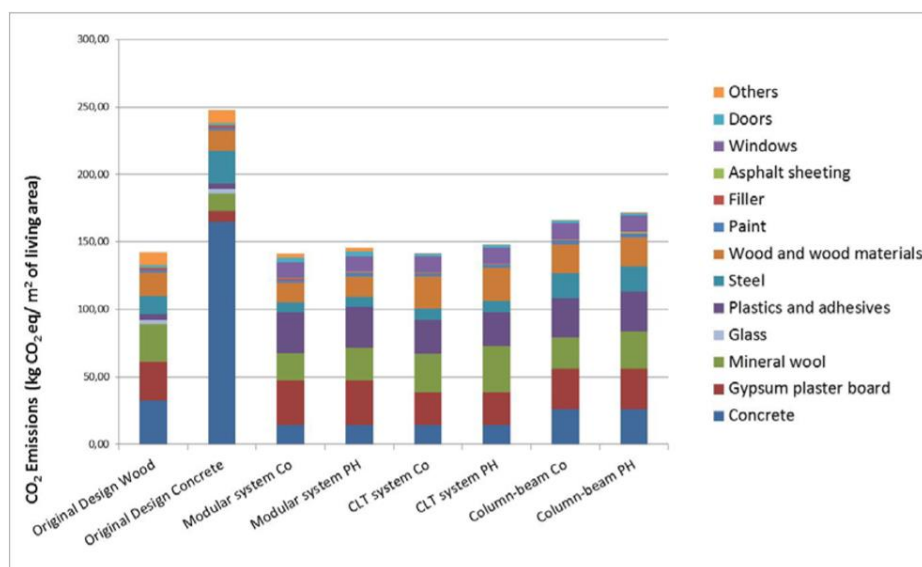
- Skärpning av utsläppskravet år 2035 till 40 procent lägre än referensvärdet.
- Skärpning av gränsvärdet år 2043 till 85 procent lägre än referensvärdet, för att ligga i linje med Riksdagens klimatmål 2045 (Boverket 2020e).

5.3 Klimatpåverkan för olika materialval i byggnader

Historiskt har mycket fokus legat på byggnaders energieffektivitet och klimatpåverkan i driftskedet. I takt med att nya byggnader blivit allt energieffektivare och mer förnyelsebara energikällor används under driften har byggskedets andel av byggnaders klimatpåverkan ökat (IVL Svenska Miljöinstitutet 2015).

En vanlig frågeställning är hur skillnaden i klimatpåverkan ser ut mellan en byggnad med trästomme och en byggnad med stomme av betong och stål. Frågeställningen blir teoretisk, eftersom det i stort sett aldrig byggs två identiska byggnader där enbart stommaterialet material skiljer sig åt. Exempelvis påverkar förekomst av källare eller underjordiskt garage byggskedets klimatpåverkan i stor utsträckning, eftersom källare/garage normalt består av mycket betong. För en rättvisande bedömning bör jämförelser göras mellan *teoretiskt* identiska byggnader med samma funktionskrav men med olika materialval och byggsystem.

I två studier där beräkningar utförts i jämförande syfte för svenska förhållanden (SP 2013a; IVL Svenska Miljöinstitutet 2018) visar resultaten att klimatpåverkan under byggskedet vid val av trästomme blir i storleksordningen 20-45 procent lägre än vid val av ett byggsystem med betongstomme. Se figur 15 och figur 16.



Figur 15. Utsläpp av växthusgaser under byggskedet vid åtta olika designalternativ. Källa: SP (2013a).

Byggplattform	A1-3 Produktskede	A4 Transport	A5 Bygg- och installationsprocessen	B1 Karbonatisering	B2,4 Underhåll och utbyte 50 år	B6 Driftenergi 50 år	C1-4 Slutskede	Summa livscykeln A-C	A1-5 Byggskede
1) Platsgjuten betongstomme och yttervägg med kvarsittande form	279	11	42	-4	17	188	18	550	331
2) Platsgjuten betongstomme med lätta utfackningsväggar i trä och stål	234	11	45	-3	17	188	14	506	290
3) Prefabricerad betongstomme med bärande ytterväggar och håldäcksbjälklag	214	24	34	-3	18	188	6	482	272
4) Volymelement i trä	176	18	29	-1	24	188	10	445	223
5) Massiv stomme i KL-trä	167	19	37	-1	22	188	8	441	223

Figur 16. Utsläpp av växthusgaser över livscykeln vid fem olika stomalternativ. Byggskedets klimatpåverkan redovisas längst till höger i tabellen. Källa: IVL Svenska Miljöinstitutet (2018).

Resultaten stämmer väl med en forskningsrapport från Linköpings Universitet, där en generell minskning av klimatpåverkan för flerbostadshus bedöms till 40 procent för flerbostadshus 35-40 procent för lokaler. Bedömningen grundas på en sammanställning av flera utförda LCA:er, utförd av Tyréns (Brege, Nord och Stehn 2017). Dessa byggnader är dock sinsemellan olika.

Att byggnader med trästomme generellt har en mindre klimatpåverkan än motsvarande byggnad med betongstomme beror bland annat på att trä kräver

mindre andel icke förnyelsebar energi vid utvinning och tillverkning. (Trästad Sverige 2019). Ett annat skäl är att vid val av trä undviks de koldioxidutsläpp som uppstår i den kemiska reaktionen vid cementproduktion, där den koldioxid som finns bunden i kalksten avgår vid upphettning (SP 2013; Svensk Betong u.å).

Det finns även en studie vars resultat visar att det inte är någon större skillnad mellan en byggnad med trä- eller betongstomme då hela livscykeln beaktas. Även i detta fall hade dock trästomsalternativet en lägre klimatpåverkan i byggskedet. I studien jämfördes klimatpåverkan från en byggnad vid val av en klimatförbättrad betongstomme med en trästomme (SP 2015). Beräkningen utgår från en analysperiod på 100 år, vilket är ovanligt eftersom det inte är förenligt med gällande europeisk standard för LCA av nya byggnader. Antaganden bortom en analysperiod på 50 år medför större osäkerheter eftersom tidsperspektivet är långt.

Beräkningar gjorde för två fall, ett där leverantörernas egna uppgifter användes och fall där man förlitade sig på andra dokumenterade källor. I fallet där leverantörernas uppgifter användes fick trästomsalternativet lägre klimatpåverkan sett även över hela livscykeln. Skälet till att alternativ med betongstomme beräknades få likvärdig klimatpåverkan över hela livscykeln i fallet där andra dokumenterade källor användes är att utbyte antogs vara tio gånger högre (Brege, Nord och Stehn 2017). För träalternativet satte beställaren av studien också som krav att den skulle ha träfasad. Samma krav sattes inte på betongalternativet. I kombination med ett antaget högt underhållsintervall i det ena scenariot påverkade det träalternativets beräknade klimatbelastning negativt.

5.3.1 Klimatförbättringspotentialer hos byggnader med trä- och betongstomme.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2018) har i en studie analyserat förbättringspotentialer hos fem olika byggsystem, tre med betongstomme och två med trästomme. En slutsats är att det hos samtliga byggsystem som studerades med rimliga åtgärder finns betydande förbättringspotentialer.

Resultaten indikerar att val av betong med hög andel flygaska eller slagg i cementreceptet, byte till förnybara bränslen på byggarbetsplatsen och energieffektiva bodar kan minska byggskedets klimatpåverkan med 18-21 procent för byggsystemen med betongstomme. Vi byggsystem med trästomme kan byte av stenull till specifikt val av glasullsprodukt, klimatförbättrad betong i bottenplatta, transport av byggdelar med HVO-tankade lastbilar och energieffektiva bodar på arbetsplatsen minska byggnadens med 13-19 procent (Sveriges Byggindustrier 2018). Se även figur 17.

Byggsystem	Implementerade förbättringar	Minskad klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5)
1: Platsgjuten betongstomme i kvarsittande form (VST)	Klimatförbättrad betong enligt Fall C Byte från diesel till HVO-bränsle på byggarbetsplatsen Energieffektiva bodar på byggarbetsplatsen	20 %
2: Platsgjuten betongstomme med lätta utfackningsväggar	Klimatförbättrad betong enligt Fall C Byte från diesel till HVO-bränsle på byggarbetsplatsen Energieffektiva bodar på byggarbetsplatsen	21 %
3: Prefabricerad betongstomme	Klimatförbättrad betong enligt Fall C Specifikt val av armeringsprodukt Byte från diesel till HVO-bränsle på byggarbetsplatsen Energieffektiva bodar på byggarbetsplatsen	18 %
4: Volymelement i trä	Byte från stenull till specifikt val av glasullsprodukt Klimatförbättrad betong i bottenplatta enligt Fall C Lastbilstransport av volymelement med HVO-bränsle Byte från diesel till HVO-bränsle på byggarbetsplatsen Energieffektiva bodar på byggarbetsplatsen	19 %
5: Massiv stomme i KL-trä	Byte från stenull till specifikt val av glasullsprodukt Klimatförbättrad betong i bottenplatta enligt Fall C Byte från diesel till HVO-bränsle på byggarbetsplatsen Energieffektiva bodar på byggarbetsplatsen	13 %

Figur 17. Potentialer att minska klimatpåverkan till följd av viktiga åtgärder för respektive byggsystem vid implementering av ett referenshus. Källa: IVL Svenska Miljöinstitutet (2018).

5.3.2 Kolinlagring i trä

Både trä och betong har förmågan att binda kol under en byggnads livscykel.

Växande träd tar genom fotosyntesen upp koldioxid från luften och omvandlar det till syre. Kol binds i trämaterialen. Av detta avges en del som koldioxid när biomassa bränns som bioenergi och används för att tillverka träbyggsvaror. Resten av kolet förblir lagrat i träbyggsvaran under flera år, för att sedan avges som koldioxid när materialet bränns för energiåtervinning efter byggnadens rivning. När nya träd planteras binder de ytterligare koldioxid allteftersom tillväxt sker. Det innebär att koldioxid undanhålls från atmosfären under träbyggnadens livslängd (Peñaloza u.å.). Inbyggt trä fungerar som ett fördröjande lager.

Kolinlagring i trä ingår i dagsläget inte i de standarder för LCA som gäller för beräkning av byggnaders klimatpåverkan. Teoretiskt är det möjligt att beräkna kolinlagringseffekten, men det saknas en allmän acceptans för hur beräkningarna ska göras.

Metodfrågor handlar bland annat om antaganden kring hur inlagringseffekter ska beräknas för träbyggsvaror som byts ut inom 100 år. Ett förslag anser att endast trävaror som kan förväntas vara inbyggda i minst 100 år ska få tillgodoräknas. Det bygger på ett ställningstagande om att alla kolsänkor som varar i minst 100 år kan betraktas som permanenta (IVL Svenska Miljöinstitutet 2018).

Om alla träbyggvaror antas vara inbyggda i 100 år visar beräkningar för flera träbyggnadsprojekt att storleken på inlagringen är lika stor eller större än de utsläpp som uppstår på grund av materialutvinning och produktion av byggvaror. Skulle å andra sidan inga träbyggvaror antas hålla i minst 100 år blir den kolinlagrande effekten teoretiskt sett noll enligt denna metod (IVL Svenska Miljöinstitutet 2018).

Ett annat förslag till beräkningsstandard föreslår att andelen av 1 kilo biogent koldioxid (koldioxid som ingår i det naturliga kretsloppet, dit fossila bränslen inte inräknas) tillgodoräknas beroende på dess förväntade livslängd. Antas delen bytas ut inom 40 år skulle det ge 0,4 kg som lagras under byggnadens livscykel (IVL Svenska Miljöinstitutet 2018).

Oaktat att det finns olika metoder för att beräkna kolinlagringseffekten så anser flera experter att dessa effekter bör redovisas. Koldioxidutsläpp hålls utanför atmosfären under ett antal år och därmed kan det tillmätas positiva effekter för att bromsa klimatförändringarna. Den stora potentialen för träbyggnader att bromsa klimatförändringar ligger i den temporära lagringen av koldioxid. Ju längre denna lagring fortgår, desto större effekt (Peñaloza u.å).

Biogena koldioxidutsläpp (utsläpp som ingår i det naturliga kretsloppet) ska inte räknas samman med fossila koldioxidutsläpp utan redovisas separat, enligt gällande beräkningsstandarder. Läggts biogena och fossila koldioxidutsläpp ihop kan det leda till att fossila utsläpp ursäktas av biogena kolinlagringar (IVL Svenska Miljöinstitutet 2018).

5.3.3 Karbonatisering av betong

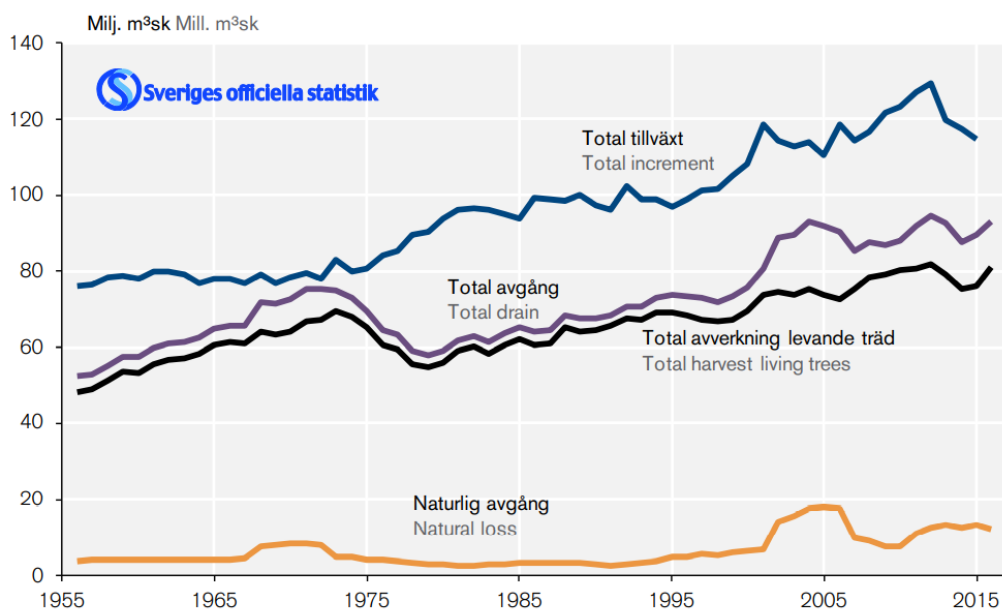
Betong bryts ned när den exponeras för luft. Då återgår en viss del av den koldioxid som släpptes ut vid tillverkningen. Detta återupptag kallas karbonatisering. I en byggnad är betongen i stomme och grund inte fritt exponerad för luft. Karbonatiseringen går då långsamt och påverkar därför endast i liten utsträckning bidraget till klimatpåverkan under en byggnads livscykel (IVL Svenska Miljöinstitutet 2018).

En större potential finns i att krossa betongen vid en framtida rivning och på så sätt påskynda karbonatiseringen. Återvinns betongen, vilket är den vanliga hanteringen idag, räknas positiv/negativ klimatpåverkan till den nya produkten (IVL Svenska Miljöinstitutet 2018).

6 Uthålligt skogsbruk

En grundförutsättning för att byggmaterial av trä ska kunna anses fördröja koldioxidutsläpp till atmosfären är att det kommer från ett skogsbruk där skogstillväxten är minst lika stort som uttaget. Det innebär att avverkade träd

hela tiden måste ersättas av nya träd. I Sverige har skogstillväxten under många år varit större än uttaget. Se figur 18.



Figur 18. Årlig skogstillväxt och avverkning i Sverige. Källa: SLU (2020)

En viktig frågeställning för ett uthålligt skogsbruk är att säkerställa biologiska och sociala värden med de skogsbruksmetoder som används. Enligt det europeiska skogsministerrådet Forest Europe definieras ett uthålligt skogsbruk som:

”Förvaltning och nyttjande av skog och skogsmark på ett sådant sätt, och i en sådan takt att dess biologiska mångfald, produktivitet, förnyingskapacitet, ekonomiska och sociala funktioner på lokal, nationell och global nivå bevaras, utan att andra ekosystem skadas” (Forest Europe 1993)

6.1.1 Hållbarhetscertifierade skogsbruk

FSC (Forest Stewardship Council) och PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) är internationella certifieringssystem med syftet att skapa drivkrafter till ett mer globalt hållbart skogsbruk (IVL Svenska Miljöinstitutet 2016).

Standarderna är tämligen lika och det förekommer att svenska skogsföretag tillämpar båda standarderna parallellt (se exempelvis Holmen u.å; Södra u.å.). I Sverige var 63 procent av den produktiva skogsmarken hållbarhetscertifierad år 2019. Hos enskilda skogsägare är andelen 32 procent och hos övriga skogsägare är siffran 94 procent (SCB 2020). Skogsstyrelsens (2018) bedömning är att med ökad areal certifierad skog så ökar även de frivilliga avsättningarna. Med frivilliga avsättningar menas ett område med höga

naturvärden, kulturmiljövärden eller med betydelse för rekreation och friluftsliv som markägaren frivilligt och utan ekonomisk ersättning undantar från vanlig skogsproduktion (Skogsstyrelsen 2020).

Både PEFC och FSC arbetar efter tre grundläggande aspekter för uthålligt brukande:

- Miljö- och ekologiska – en förutsättning för hållbart skogsbruk är att hänsyn tas till växter, djur, mark- och vattenstatus.
- Sociala – ett hållbart skogsbruk värnar om de människor som arbetar och lever i skogen och dess närhet.
- Ekonomiska – en förutsättning för hållbart skogsbruk är att skogsägaren ges möjlighet att bedriva en lönsam verksamhet, till gagn för såväl skogsägaren och skogsindustrin som samhället i stort.

Båda systemen har även standarder som är anpassade efter förutsättningar och förhållanden i varje aktuellt land.

De svenska standarderna för FSC och PEFC skiljer sig på lite olika sätt. FSC-standarderna kräver bland annat att all mark som klassats som nyckelbiotop ska avsättas oavsett om ersättning utgår eller inte. I PEFC sparas nyckelbiotoper inom ramen för kravet på 5 procent avsättning av produktiv skogsmark. I de fall där skogsägaren har mer än 5 procent av sin produktiva skogsareal registrerad som nyckelbiotop utgår PEFC från att staten tar ett ökat ekonomiskt ansvar för att bevara dessa. PEFC-standarderna ger staten tre års rådrum för att bestämma om naturvärdena är tillräckligt höga för en samhällelig prioritering. Om så är fallet ska staten ersätta skogsägaren fullt ut för den areal nyckelbiotop som överstiger 5 procent.

Gemensamt för PEFC och FSC är att skogsägaren ska planera och bruka markinnehavet så att minst 5 procent av arealen frisk och fuktig skogsmark på sikt utgörs av lövrika bestånd som domineras av lövträd under merparten av omloppstiden. Därutöver ska enligt FSC-standarderna skogsägaren bruka sin fastighet så att lövträd utgör minst 10 procent av volymen (5 procent i Norrland) i avverkningsmogna bestånd. Enligt PEFC-standarderna ska lövträd värnas så att de utgör minst 5 procent i beståndet under första delen av omloppstiden.

Enligt FSC standarderna ska skogsägare i Sydsverige begränsa användningen av gran så att mindre än hälften av arealen utgörs av grandominerade bestånd. Vidare begränsar FSC-standarderna användningen av främmande trädslag till att nyplanterade bestånd med främmande trädslag får uppgå till högst 5 procent. PEFC-standarderna lägger inga ytterligare begränsningar utöver vad som följer

av gällande lagstiftning, skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd för främmande träslag och användning av gran.

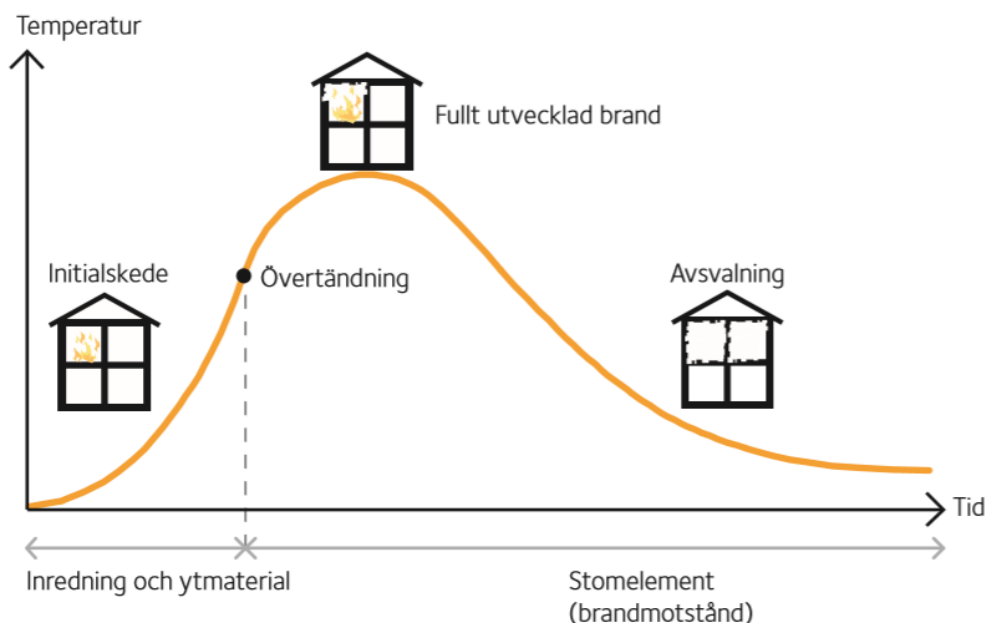
PEFC ställer krav på att certifierade organisationer ska ha ett ledningssystem anpassat för verksamheten, något som FSC inte gör.

7 Brandsäkerhet

Många svenska städer drabbades av stadsbränder under 1700- och 1800-talet. Därför förbjöds år 1874 trä i bärande stommar för hus högre än två våningar. Boverkets byggregler ändrades år 1994 så att högre träbyggnader återigen är tillåtna. Tidigare begränsning av materialval ersattes med ett funktionskrav för brandsäkerhet. Funktionskravet innebär att så länge konstruktionen klarar de krav på funktion som ställs är det ur brandskyddssynpunkt tillåtet att bygga med valfritt material, utan restriktioner avseende höjd eller våningsantal (Trästad Sverige 2019).

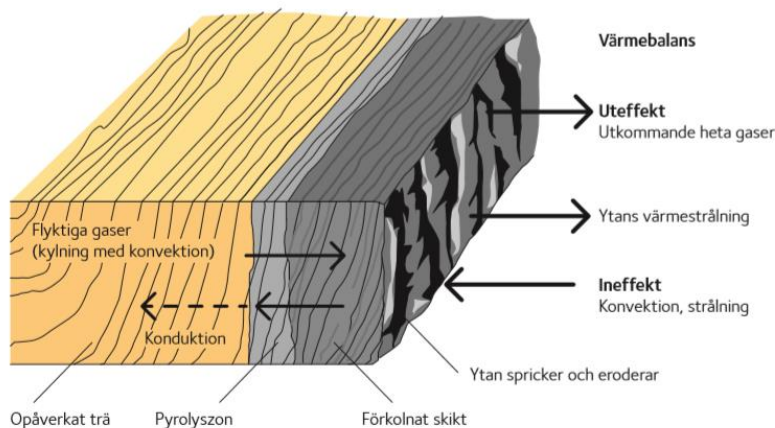
7.1 Brandförlopp i träbyggnader

Vid brand i byggnader finns två viktiga faser. Det inledande brandförloppet ställer krav på ytmaterial, medan den fullt utvecklade branden ställer krav på byggnadsstommen. Se figur 19. I brandens initialskede har byggnadens innehåll - möbler och inredning - störst betydelse. Ytskikt på väggar och i tak kan bidra, särskilt i utrymningsvägar och likartade utrymmen. Begränsningar gällande användningen av brännbara ytskikt i utrymningsvägar finns därför i de flesta länders byggregler. Vid fullt utvecklad brand, efter övertändning av ett rum, blir brandmotståndet hos väggar och bjälklag viktiga för att begränsa branden till startutrymmet. Generellt sett kan träkonstruktioner uppnå höga brandmotstånd, medan brandbeteendet hos synliga trätytor inte uppfyller de allra högsta brandkraven (Svenskt Trä 2017).



Figur 19. Illustration av olika faser vid brand i byggnader. Källa: Svenskt trä 2017.

Om en synlig träyta blir utsatt för brand kommer den att antändas. Förbränningen fortsätter sedan inåt med i stort sett konstant hastighet. Inträngningen sker långsamt på grund av att det kolskikt som bildas är värmeisolerande och motverkar värmeflödet från brandrummet till den så kallade pyrolyszonen. Se figur 20. I pyrolyszonen bildas brännbara gaser som går utåt via kolskiktet och börjar brinna när det möter syre vid ytan. En tydlig gräns bildas vid kolskiktet vid 300 grader (Svenskt trä 2017).



Figur 20. Fenomen vid förkolningsprocessen av trä. Källa: Svenskt Trä 2017.

Vid brand skyddar träet sig självt genom kolskiktet. Ibland behövs ändå ett extra brandskydd av beklädnadsskivor (Svenskt Trä 2017). Temperaturen i de

oförbrända delarna av en grov träkonstruktion förblir även under långvarig brandpåverkan i huvudsak opåverkad. Endast i en smal zon omedelbart under kolskiktet, förekommer temperaturer över 100 °C, samtidigt som hållfastheten och styvheten där är väsentligt lägre än i det opåverkade träet (Svenskt Trä 2017).

Korslimmat trä kan bete sig annorlunda vid brand än andra konstruktionsmaterial. Anledningen är att limmet mellan de lameller som skivan byggs upp av kan släppa vid upphettning. Detta kallas delaminering. Det gör att det skyddande kolskiktet försvinner och nytt bränsle tillförs. När det händer ökar brandens intensitet och med upprepade övertändningar som följd (SBUF 2018). Med lim med delaminering blir förkolningshastigheten för de först 25 mm av varje ytskikt fördubblad. Med lim som inte delaminerar sker förkolningen på samma sätt som för vanligt konstruktionsvirke (Svenskt Trä 2017).

7.2 Brandincidenter bland flervåningshus med trästomme

SP och Linköpings Universitet (2016) har statistiskt analyserat antalet bränder bland flerbostadshus med trästomme byggda efter 1994 som lett till insatser från räddningstjänsten. Studiens slutsats är att antalet bränder som lett till insatser var lägre bland flervåningshus med trästomme jämfört med rikssnittet för alla flerbostadshus. Slutsatsen är rimlig med tanke på att det befintliga beståndet av flerbostadshus med trästomme är relativt nybyggda. Statistik över brandincidenter med uppdelning på byggnaders ålder saknas.

Endast en av incidenterna i de drygt 10 000 lägenheterna hade stommaterialet någon påverkan på brandförloppet. I detta fall bedömdes de övergripande brandskyddskraven i Boverkets Byggregler uppfyllda. Skälet till den totalskada som uppstod var att detaljlösningar inte fungerade som det var tänkt. Bristande funktion hos installationer och brandstopp inuti konstruktionen konstaterades. Felet låg inte i byggnadens konstruktion, utan i hur byggnationen hade utförts (Östman och Stehn 2014).

7.3 Branddimensionering enligt Boverket byggregler

Oavsett byggmaterial eller val av bärande system är det inte möjligt att uppnå absolut brandsäkerhet. Föreskrifterna i Boverkets byggregler och i Boverkets konstruktionsregler baseras i huvudsak på Plan- och byggförordningens egenskapskrav. Reglerna är främst inriktade på människors säkerhet, men de krav som finns på bland annat ytskikt, brandcellsindelning och bärförmåga anses utgöra en tillräcklig nivå för egendomsskydd (SBUF 2018).

Huvudprinciperna för brandsäkerhet är att bärande delar i konstruktionen ska upprätthålla sin funktion under en bestämd tid. Boende ska kunna lämna byggnaden på ett säkert sätt. Utveckling och spridning av brand och rök ska

begränsas inom byggnaden men även utanför byggnaden och säkerhet hos räddningspersonal ska beaktas (Trästad Sverige 2019).

Dessa funktioner kan i princip uppnås på tre olika sätt, genom passivt eller aktivt brandskydd eller en kombination av dessa två (Trästad Sverige 2019).

7.3.1 Passiva brandskyddssystem

Passivt brandskydd innebär att bärande och brandavskiljande byggnadsdelar dimensioneras för att upprätthålla sin funktion under brandförloppet genom dimensionering, sektionering, val av ytskikt och planering av utrymningsvägar. För att uppnå byggreglernas brandsäkerhetskrav krävs vanligtvis att den bärande trästommen och avskiljande byggdelar kompletteras med skyddande skivor (ofta av gips) och isolering. Detaljutformning och brandtätningar (utförs för att eld och rök inte ska spridas genom hål i brandväggar) är viktiga delar för att uppnå en god brandsäkerhet. Detaljer som särskilt bör beaktas är så kallade brandstopp (installeras i hålrum) i och mellan konstruktioner, genomföringar i avskiljande konstruktioner och fasadutformning och takfot (Trästad Sverige 2019).

7.3.2 Aktiva brandskyddssystem

För att ytterligare höja brandsäkerheten eller för att kunna göra mindre avsteg från det passiva brandskyddet med bibehållen brandsäkerhet kan aktiva brandskyddssystem användas. Aktivt brandskydd innebär system som hämmar eller släcker branden när den startat. Ett sprinklersystem som i ett tidigt skede hämmar eller släcker branden är en metod för att öka säkerheten och minska skadorna i alla typer av byggnader (Trästad Sverige 2019).

För bostäder och mindre byggnader är så kallad boendesprinkler ett aktivt brandskyddande alternativ. Sprinklade byggnader är mycket brandsäkra oberoende av byggnadsmaterial. Sprinkling kan också underlätta att använda synligt trä i byggnader, både invändigt och utvändigt. Systemet utformas för att i första hand rädda liv, i andra hand skydda egendom. Boendesprinklern är kopplad till tappvattensystemet och har lägre krav på antal samtidigt verksamma sprinklerhuvuden samt att systemet ska kunna verka under 30 minuter (Trästad Sverige 2019).

För offentliga byggnader är ofta traditionella sprinklersystem redan ett krav oavsett stommens byggmaterial. Traditionella sprinklersystemen har högre vattenflöden än boendesprinklers och vattenkällan ska räcka minst 60 minuter (Trästad Sverige 2019).

7.4 Brandsäkerhet utöver Boverkets byggregler

Med den kunskap som finns idag om brandsäkerhet och träbyggande finns det inga brandtekniska hinder för att bygga fler hus med större andel trä (Trästad Sverige, 2019).

Kommande utmaningar för brandsäkerhet vid träbyggande i flera våningar är enligt Brandskyddsföreningen framförallt kopplat till skydd av egendom. Egendomsskador regleras inte lika tydligt som skydd av människor i Boverkets Byggregler (Brandskyddsföreningen u.å).

Eftersom trä är ett brännbart material är det extra viktigt att undvika byggfel. God detaljutformning och att kontroll på byggarbetsplatsen behöver säkerställas, så att detaljlösningar verkligen utförs som projekterats. (Brandskyddsföreningen 2017). Detaljlösningar är viktiga i alla typer av byggnader, men fel kan få större konsekvenser i hus med trästomme än i andra typer av konstruktioner (Östman och Stehn 2017).

8 Fukt

Att bygga fuktsäkert är en viktig faktor för allt byggande. Byggherren och fastighetsägaren har ett ansvar för att byggnaden utformas så att fukt inte orsakar skador, lukt eller mikrobiell påväxt som kan påverka hälsan för dem som vistas i byggnaden (Boverkets byggregler, BFS 2011:6). I princip kan frågan om hantering av fukt delas in i två delar; tillkommande fukt under byggtiden och fuktpåverkan under brukstiden (Trästad Sverige 2019).

8.1 Fukthantering under byggtiden

Vanligtvis är det fukt under byggtiden som väcker frågor vid träbyggnation. Byggnader med trästomme är fuktkänsliga under byggtiden, men innehåller sedan inte någon större mängd fukt som behöver torkas ut före eller under brukstiden (Trästad Sverige 2019).

Vid träbyggande finns utarbetade metoder för att byggdelarna och byggmaterialet under byggtiden inte ska bli utsatt för fukt. Att bygga träkonstruktioner fuktsäkert är huvudsakligen en fråga om utförande. För att säkerställa fuktsäkerhetskraven under byggtiden bör regelbundna fuktkontroller av levererade samt monterade byggprodukter utföras. Det görs oftast av byggentreprenören i form av egenkontroller som baseras på en projektering av fuktsäkerhet. Om kontrollerna visar att kritiska fukttillstånd överskrids görs en skadeutredning och eventuella fuktskador åtgärdas och en ny fuktkontroll genomförs före inbyggnaden (Trästad Sverige 2019).

8.1.1 Behov av väderskydd

Träbyggnader uppförs idag både med och utan väderskydd. Behov av väderskydd kan se olika ut beroende på vilken typ av träbyggnad som ska byggas (Träguiden 2018).

Småhus

För småhus är den dominerande tekniken att använda en prefabriceringsnivå och produktionsmetod som medger montage till tätt tak på mindre än en dag.

Med en sådan prefabriceringsnivå brukar inga väderskyddsåtgärder behöva vidtas. Förberedelserna måste säkerställa att grundplattan är torr och att delar av element och grundplatta där monteringsarbete inte pågår är täckta vid regn. Del av stommen får inte lämnas öppen utan täckning över natten (Träguiden 2018).

Flerfamiljshus och andra större byggnader

För flerfamiljshus och hallbyggnader blir byggtiden längre. Det innebär större exponering för vind och regn än för småhus. För dessa typer av byggnader behöver principer för väderskydd vara en integrerad del av byggprojektets planering. Principiellt finns fyra olika lösningar för att genomföra produktion av högre träbyggnader på ett fuktsäkert sätt (Träguiden 2018).

- Res en ren fuktskyddad stomme utan skivskikt och isolering och montera takkonstruktionen. Metoden används normalt vid hallbyggnader av limträ. Färdigtillverkade balkar och pelare oljas, vaxas eller grundmålas före leverans. Inklädnad med plast förekommer, men är svårt att bibehålla tät.
- Bygg huset så att taket alltid monteras på samma dag. Att bygga högre hus under tak på en dag är bara möjligt vid byggande med hög prefabriceringsnivå (moduler). Fyravånings flerbostadshus kan byggas på detta sätt om planlösningen medger uppdelning. Alternativ med ett förtillverkat takelement som läggs på vid arbetsdagens slut även om byggnaden inte nått full höjd har även förekommit.
- Täck in hela arbetsplatsen med tält. Det finns flera system och metoder för att täcka arbetsplatsen eller huset med tält eller rullbara presenningar.
- Minimera vattenbelastningen och bygg så att huset kan torka upp om det blivit utsatt för fukt. Denna metod kräver mest uppföljning och kvalitetssäkring för att fungera.

En uppföljande fallstudie av fyra olika byggnader med KL-träkonstruktioner som byggts utan väderskydd på två olika platser i Sverige visar att det i samtliga fall förekom mikrobiell påväxt (SBUF 2019a). Studien omfattar endast massivträsystem med fabriktillverkade KL-träskivor som monteras på plats och kompletteras invändigt och utvändigt på byggplatsen. Studien ger därmed inte en bild över fuktproblem för byggnader där prefabriceringsgraden varit mycket hög.

Någon synlig påväxt kunde inte ses med blotta ögat, förutom möjligen i några mätpunkter. Trots det förekom måttlig-riklig påväxt i totalt cirka 60 prover. Högst andel mögelpåväxt uppkom i håligheter, springor mellan bräder och anslutningar där vatten kan bli stående eller där uttorkningen är begränsad. Det var också vanligt med påväxt på plana ytor där vatten samlats. Studiens slutsats är att mikrobiologisk analys behöver utföras för att kunna avgöra om fuktutsatt

eller tidigare fuktutsatt material är fritt från mögelangrepp eller inte. Mögelpåväxt uppkom även under vintern och senvintern, förmodligen på grund av mildväder. Studiens huvudslutsats är att det är svårt att undvika mögeltillväxt vid byggnation av KL-trästomme utan väderskydd, helst heltäckande (SBUF 2019a).

SBUF har även genomfört en studie med syftet att underlätta användandet av heltäckande väderskydd (SBUF 2019b). Heltäckande väderskydd definieras i studien bestå av ett tak, vilket kan vara byggnadens färdiga eller ett temporärt väderskydd, och väggar, vilka utgörs av byggnadens färdiga fasad eller intäckta sidor. Enligt studien innebär fullständigt väderskydd en tillkommande kostnad på cirka 1-3 procent av produktionskostnaden i ett normalfall.

För en kostnadseffektiv, kvalitetssäker och produktionsstödjande utformning av väderskydd rekommenderas att väderskyddslösning behöver projekteras i ett tidigt skede, tillsammans med utformning av byggnad och val av byggsystem. Användande av fullständiga väderskydd beskrivs innebära avgående kostnader, säkrare kvalitetsstyrning med minskad riskkostnad i projektet för uppföljning och hantering av fuktrisker, förbättrad arbetsmiljö och produktivitet samt minskat behov av uttorkning (SBUF 2019b).

Fuktsäkring av flervåningshus utan heltäckande väderskydd

Det finns sakkunniga som bedömer att fuktsäkring utan heltäckande väderskydd vid träbyggnad med limträ och KL-trä fungerar väl. KL-trä och limträ suger inte fukt på samma sätt som exempelvis plywood, OSB-skivor eller reglar (Karnehed 2018).

Tekniker som kan användas är bland annat att tejpa alla skarvar, skruvhål, dörrar och fönster. Sekundärtätning rekommenderas för att det ska bli helt regntätt. Varje våning bör utformas så vattentät som möjligt. Schakt kan användas som vattenavledare tillsammans med provisoriska väderskydd med vattenavledning (Karnehed 2018).

Förutsättningar för en fungerande fuktsäkring utan heltäckande väderskydd beskrivs vara (Karnehed 2018):

- Byggnad med massiva träkonstruktioner (KL-trä och limträ)
- Se till att ytor är synliga
- Isolera utvändigt med glasull eller stenull
- Montera ingen PE-folie eller duk på träytan
- Skydda gärna ändträet med vax eller liknande
- Hålla ett högt tempo under stomresning tills taket är tätt
- Torka bygget så att träet är torrt när det byggs in

8.1.2 Fukt under brukstiden

Under byggnadens brukstid är fuktvandring genom väggens konstruktion det som kan ge upphov till skador. Så kallad fuktkonvektion, då fukt transporteras med luft som pressas genom otätheter i konstruktionen, kan leda till skador. För att undvika detta används luft- och ångtätande skikt i konstruktionerna. Ventilationen anpassas så att lokaler med särskilt hög fuktighet, exempelvis våtutrymmen, får undertryck. Med ökade krav på ytterväggars isoleringsförmåga och täthet har en mängd studier genomförts för att säkerställa fuktillståndet i ytterväggar. Idag rekommenderas en mineralullsisolering utanpå de yttre stomdelarna av trä för att med säkerhet uppfylla kraven i Boverkets byggregler avseende fukt (Trästad Sverige 2019).

9 Akustik

Luftljud (tal, musik), stegljud (ljud från gående människor och dunsar), flanktransmission (ljud som sprids via material till annat rum), ljud från installationer, ljud från yttermiljö och efterklangtid (mått på ”ekot” i ett rum) är faktorer som behöver beaktas för en god ljudmiljö. Akustikfrågor för träbyggnader är något mer komplexa jämfört med hus av till exempel betongstomme. Det beror på att trästommar har en lägre vikt. Det gör att ljudet lättare kan spridas genom konstruktionen. Det är främst låga ljudfrekvenser som sprids genom lätta konstruktioner. Stegljud och flanktransmission är de faktorer som har störst betydelse för ljudkomforten i trähus. För bjälklag och väggar av trä är det därför extra viktigt att rätt byggtekniska lösningar används och att materialval och montage sker på rätt sätt. Noggrann planering av ljudfrågor i ett tidigt skede är viktiga (Trästad Sverige 2019).

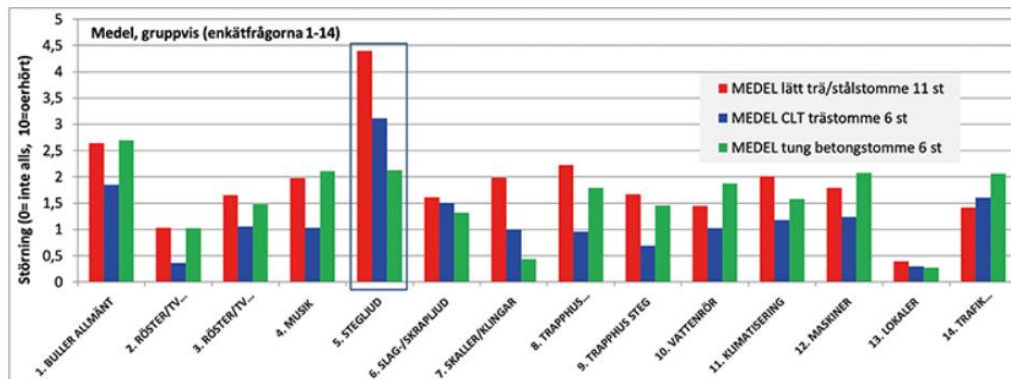
9.1 Ljudkrav och ljudklasser

Boverkets byggregler anger i allmänna råd ett antal minimikrav på bostäder och lokaler. I råden anges att om bättre ljudförhållanden önskas kan ljudklass A eller B väljas enligt Svensk standard för bostäder (SS 25267) och för lokaler (SS 25268). Ljudklass C anger den miniminivå som uppfyller Boverkets byggregler, vilket ska ge ”tillfredsställande ljudförhållanden för en majoritet av de boende” (Trästad Sverige 2019).

9.1.1 Skillnader mellan uppmätt och upplevt ljud

Det uppmätta ljudvärdet (decibel) representerar inte alltid ljudupplevelsen på ett korrekt sätt. Forskningsstudier har indikerat att boende historiskt upplevt sämre stegljudsisolering i flervånings bostadshus med stomme i trä än i hus med betongstomme, trots att samma decibeltal uppmättes (Öqvist och Ljunggren 2018). Skillnaden är mindre för bostadshus uppförda med massivträteknik, men finns fortfarande. Se figur 21. Noteras kan också att för flera andra typer av ljudstörningar upplevde tillfrågade en lägre grad av störning i bostadshus av massivträteknik än det bostadshus med tung

betongstomme som ingick i studien. Dessa störningar upplevdes dock som mindre (Simmons 2019).



Figur 21. Enkät svar på frågor om hur störande olika typer av ljud upplevs på en skala 0-10. Källa: Simmons (2019)

På grund av en ökad andel flerbostadshus i trä ställer Boverkets byggregler sedan år 1999 krav på att utvärdera stegljudsisolering från frekvensen 50 Hertz. Tidigare gällde utvärdering från 100 Hertz. I och med förändringen har också problemet med stegljudsisolering i flervåningshus med trästomme minskat. Förbättrade tekniska lösningar har utvecklats. Nuvarande träkonstruktioner har inga problem att uppfylla funktionskrav från 50 Hertz. (Öqvist 2020).

Resultat från forskningsprojekt har indikerat att frekvensområdet för mätning bör utökas ytterligare för att ännu bättre spegla den upplevda stegljudsnivån. Den svenska standarden för rekommenderade ljudklasser i bostäder reviderades också 2015. För ljudklass A och ljudklass B sker nu utvärdering av stegljudsisolering från 20 Hertz (Öqvist 2020). En viktig skillnad är att den svenska standarden bestämde att värden för 20–40 Hertz inte ska normaliseras mot efterklangstiden (Öqvist och Ljunggren 2018).

I praktiken innebär det att det uppmätta värdet på 20 Hertz enligt standarden i vissa träkonstruktioner kan ”bestraffas” med upp till 6 dB jämfört med forskningsresultatet. Därmed riskerar bostadshus med trästomkonstruktioner få svårt att klara ljudklass B, på grund av att forskningsresultaten feltolkats (Öqvist och Ljunggren 2018).

Trots de tuffa kraven för ljudklass A och ljudklass B enligt reviderad standard för bostäder finns exempel på flerbostadsprojekt i trä som klarar högre stegljudskrav än Boverkets byggregler anger. I Lund pågår byggnation av ett flerbostadshus för 61 bostäder med trästomme som projekterats för att uppnå certifiering enligt Miljöbyggnad betyg guld (Wästbygg 2020). Miljöbyggnad betyg guld innebär bland annat att ljudmiljön för stegljudsnivå ska klara ljudklass B samt att det ska bekräftas genom enkät eller utlåtande från sakkunnig (Sweden Green Building Council 2020). Utvecklingen går framåt

och nyligen har det även kommit fram byggkoncept som uppges klara ljudklass A för inomhusmiljön (Grönbo 2020).

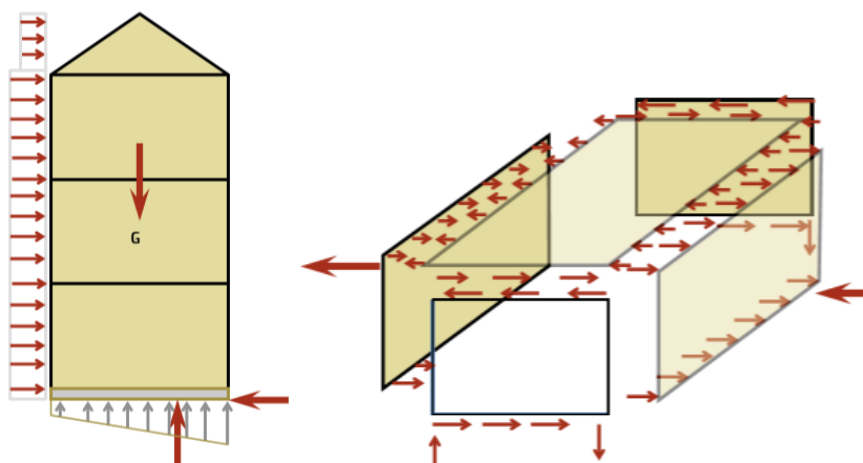
9.2 Konstruktionslösningar för akustik i träbyggnader

Ett sätt att hantera ljudkrav är att använda sig av dubbelkonstruktioner i bjälklag och väggar samt lister som förhindrar ljudöverföring i anslutning mellan bjälklag och vägg. Ett annat är att använda olika typer av undertak för att förbättra ljudisoleringen mellan olika delar, men även för att dölja installationer för el, ventilation, vatten- och sanitetsledningar. En konsekvens av de lösningar som utarbetats är att bjälklagshöjden oftast blir högre än för motsvarande lösning i ett tyngre stommaterial (Trästad Sverige 2019).

10 Bärförmåga och stomstabilitet

I förhållande till sin vikt har trä större bärförmåga än många andra byggmaterial. Därför går det att bygga stora konstruktioner som klarar höga laster men med låg vikt (Trästad Sverige 2019).

Med bärförmåga menas stommens förmåga att motstå vertikala laster (krafter). Med stomstabilitet avses stommens förmåga att motstå horisontella laster. För lätta byggsystem, som massivträstommar eller träregelstommar, påverkar horisontella och vertikala krafter varandra. Horisontella laster förs ned till grunden via de bjälklag och väggar som ingår i det stabiliserande systemet (SP 2013b). Se figur 22.



Figur 22. Illustration över hur vindlast och snedställningslaster ger upphov till såväl horisontella som vertikala reaktioner i grunden. För att horisontella laster ska kunna överföras ned till grunden behöver samtliga stabiliserande väggar, bjälkar och förband dimensioneras för denna last. Källa: SP (2013b).

Regelstommar (moduler) kan normalt användas för hus upp till 6-8 våningar. För pelar-balkkonstruktioner och massivträsystem med KL-träskivor kan byggnader vanligen dimensioneras och byggas för att klara laster upp till 10-14 våningar. Vilket alternativ som är mest kostnadseffektivt för en specifik byggnad beror på antalet våningar, planlösningens utformning och andra objektspecifika faktorer. (SP 2013b).

10.1.1 Stabilisering av flervåningshus i trä

Med befintliga träbyggsystem - moduler, planelement, pelarbalksystem och kombinationer - finns stabiliserande lösningar till nästan alla planlösningar. Tillverkare och leverantörer har ofta utvecklat ingående delar samt beslag så att ett stort antal olika planlösningar täcks in (SP 2013b).

Vid högre hus av trä är de vanligaste stabiliseringsmetoderna krysstagning eller skivverkan.

Skivverkan innebär att stabiliteten klaras genom att de bärande delarna av stommen, både väggar, tak och bjälklag, upptar horisontella krafter i sitt eget plan. Lägre byggnader av trä, upp till fyra eller fem våningar, stabiliseras ofta genom skivverkan i väggar och bjälklag. Krysstagning innebär att man skapar vertikala fackverk. Materialen till fackverksdelarna är vanligtvis av stål eller trä eller en kombination av dessa (Svenskt Trä 2018).

I vissa fall kan långa dragstag (stag som upptar dragkrafter) som går från grunden till översta bjälklaget behövas (Träguiden 2017).

10.1.2 Stabilisering av småhus i trä

Enbostadshus och andra mindre byggnader med högst två våningar i mindre utsatta lägen behöver oftast inte kontrolleras för stabilitet genom beräkning. Tillräcklig stabilitet kan vanligtvis uppnås enbart med ytterväggar och mellanväggar uppbyggda med regler och skivbeklädning. Vissa delar av byggnaden med öppna planlösningar eller med stora fönsterytor bör dock kontrolleras. (Träguiden 2017).

10.1.3 Hallbyggnader i trä

Hallbyggnader stabiliseras med vindfackverk, vindkryss eller snedsträvor. Vindlast mot långsidor förs via vindfackverk eller skivverkan i tak till gavlarna där kraften förs ner till grunden. Vid byggnader med måttlig höjd kan man även utföra stabiliseringen i form av i grunden inspända pelare (Träguiden 2020).

10.2 Exempel på höga byggnader med hybridkonstruktioner

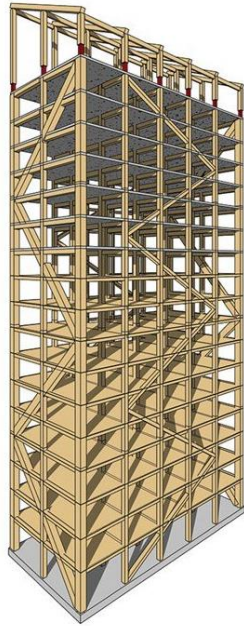
En lösning för ökad stomstabilitet är att komplettera en trästomme med andra material. Då ökar både styrka och styvhet (Svenskt Trä 2018).

Det finns sentida exempel på mycket med hybridkonstruktioner av trä, exempelvis Sara Kulturhus i Skellefteå som byggs i 20 våningar. Kulturhuset kommer att vara en av världens hittills högsta byggnader med i huvudsak trästomme. Se figur 23. Den lägre delen av byggnaden består av en blandning av limträbalkar och stålkonstruktion och är förstärkt med betong plattor för att fördela tornets vikt (White u.å). För att få tillfredsställande stabilitet utförs bjälklagen i de tre översta våningarna i betong (Derome 2020).



Figur 23. Sara kulturhus i Skellefteå, som beräknas vara klar under 2021. Källa: White arkitekter.

Mjøstårnet i Norge (18 våningar) har ett stabiliseringssystem i huvudsak i trä. Byggnaden använder fyra vertikala fackverk av limträ i mycket stora format som stabiliserande delar i väggarna. Horisontell stabilisering utgörs av bjälklagen som tar upp horisontella vindlaster och fördelar dem mellan vertikala fackverk. De vertikala fackverken för i sin tur kraften ned till grunden. De elva nedersta våningarna använder träbjälklag, medan betongbjälklag valdes för våning 12 och uppåt. Se figur 24. Den extra tyngden behövdes för att minska vindens påverkan, eftersom byggnaden är smal (Svenskt Trä 2018).



Figur 24. Stabiliserande system i höghuset Mjöstårnet, Norge. Källa: Moelven.

10.3 Stabilitet under byggskedet

Byggnadens stabilitet måste vara tillfredsställande även under byggskedet. Lastförutsättningarna kan vara annorlunda innan en byggnad är helt färdig. Ofta utnyttjas provisoriska stabiliserande system som sedan successivt ersätts med permanenta system. Byggnadens permanenta stabilisering bör färdigställas så snart som möjligt efter stomresningen (Träguiden 2020).

10.4 Grundläggning

Trähus kräver på grund av sin lägre vikt i många fall inte lika omfattande grundläggning som tyngre hus. Eftersom träbyggnader väger betydligt mindre jämfört med hus med betongstommar är förankringen mellan grundläggning och träkonstruktionen en viktig fråga att beakta (Midroc u.å).

11 Träbyggnaders hälsoeffekter

11.1 Fukt- och temperaturutjämnande egenskaper

Trä är ett levande och så kallat hygroskopiskt material. Med hygroskopiskt material menas att materialet kan ta upp och avge vattenånga. Denna egenskap ger förmåga att jämna ut relativ fuktighet och även temperaturen i en byggnad. Ett jämnare inomhusklimat kan påverka de boendes upplevelse positivt (Trästad Sverige 2019).

Flera forskningsstudier (Osayintola et al. 2006; Orosa and Oliveira, 2009 i Wood2New 2017) har indikerat att träets fuktutjämnande egenskaper kan användas för att begränsa uppvärmningsbehovet. När boende exempelvis

duschar eller kokar mat ökar luftfuktigheten. Träet suger upp fukt och avger den sedan när luften blivit torrare. När fukten tas upp avgår värme, som värmer upp rummet.

Ett test där exponerad träyta av gran jämfördes med en täckt yta av samma trämaterial visade att ytemperaturen på den exponerade träytan ökade med 2,1 grader, jämfört med 0,9 grader för den täckta träytan. Täcks träytor interiört minskar därmed trämateriallets fukt- och temperaturutjämnande egenskaper (Wood2New 2017).

11.2 Arbetsplatsmiljö

Med en hög prefabriceringsgrad för träkonstruktioner blir byggarbetsplatsen i stor utsträckning en monteringsplats. Byggarbetare som genomfört träbyggnadsprojekt (Byggnadsarbetaren 2019; Södra u.å) rapporterar om fördelar som att man slipper kvartsdamm som påfrestar lungorna, undviker tunga lyft, begränsar vibrationsskador, minskad arbetsstress, att trämaterialen upplevs lättarbetat och att det ger en god känsla att jobba med ett levande material.

En annan positiv effekt vid en hög prefabriceringsgrad med träkonstruktioner är att kringboende inte störs lika mycket och lika länge (Svenskt trä (u.å. 4).

11.3 Subjektiva egenskaper

Det finns sedan tidigare studier som visar skogens och naturens positiva effekt på hur människan mår. Vistelse i skogen verkar ha en återhämtande effekt som kan minska stressrelaterade problem (Sonntag-Öström 2014). En teori är att hjärnan och kroppen känner igen sig, då människan historiskt har vistats utomhus (Linköpings Universitet 2017). Synligt trä, även i inomhusmiljöer, verkar göra att människan relaterar till naturen, vilket kan ge positiva effekter i form av ökad avslappning, en känsla av snabbare återhämtning och ett allmänt välbefinnande (Lowe 2020).

Det finns forskningsresultat som indikerar att smärta, och till viss del stress, hos sjukhuspatienter minskar snabbare i rum med exponerade träväggar (Wood2New 2017). Det finns även resultat som indikerar att synligt trä i skolor kan ha en positiv effekt för att minska upplevd stress (Lowe 2020).

Resultat från forskningsprojekt har indikerat att försökspersoner vid blindtest upplevde obehandlade trämaterial behagliga att beröra. En slutsats är att människor kan bedöma materialtyp väl genom att beröra ytan, där ytans temperatur spelar stor roll. Utan beröring är det svårt att särskilja mellan trä och träimitationer, speciellt på håll (Wood2New 2017).

12 Upphandlingsmodeller för ökat träbyggande

Enligt den nationella upphandlingsstrategin (Regeringskansliet, Finansdepartementet 2016) har den offentliga sektorn i uppdrag att vara föredömen i byggandet av ett hållbart samhälle. När kommunen eller det kommunala bolaget agerar som beställare av en byggnad sker det enligt lagen om offentlig upphandling (Trästad Sverige 2019).

12.1 Kravställning

Vid en byggtreprenad har kommunen eller ett kommunala bolag möjlighet att ställa krav på tekniska egenskaper. De tekniska egenskaper som specificeras får utöver byggnadsverket avse processen för att producera detta eller en process som avser ett annat skede i byggnadsverkets livscykel. Det finns även utrymme för att beakta faktorer relaterade till extern miljöpåverkan. Exempelvis kan krav vara relaterade till material och till miljöpåverkan vid tillverkning av material som används i byggtreprenaden (Trästad Sverige 2019).

Offentlig upphandling bygger på fem grundläggande rättsprinciper som styr kravställningen.

- Likabehandling – Alla leverantörer ska ges samma förutsättningar och lika situationer får inte behandlas olika.
- Icke-diskriminering – En leverantör ska inte diskrimineras på grund av nationalitet.
- Öppenhet – Upphandlingen ska präglas av öppenhet och förutsägbarhet. Krav och tilldelningsförfarande ska formuleras på ett klart, precist och entydigt sätt.
- Ömsesidigt erkännande - Intyg och certifikat som har utfärdats av en medlemsstats myndigheter ska gälla också i övriga EU- och EES-länder.
- Proportionalitet – Krav ska vara proportionerliga i förhållande till det som upphandlas.

Vid kravutformning är det inte tillåtet att hänvisa till ett fabrikat, varumärke, patent, ursprung eller tillverkning. Det är därför inte tillåtet att ställa krav på att materialet ska vara av ett visst fabrikat eller komma från ett visst geografisk område. Att det inte är möjligt ställa krav på ett visst ursprung begränsar inte möjligheten att ställa krav på spårbarhet och vetskap om varifrån virket kommer (Trästad Sverige 2019).

12.2 Exempel från andra kommuner

Exempel från Växjö och Skellefteå kommuner visar på flera olika sätt att använda offentlig upphandling för att styra mot ökat byggande i trä.

Allmännyttan i Växjö, Växjöbostäder, upphandlar i regel totalentreprenader, dock styrda då Växjöbostäder till viss del har utformat huset. Även det kommunala bolaget Videum upphandlar i regel totalentreprenad och ritar allt i trä med hänvisning till Växjös träbyggnadsstrategi (Trästad Sverige 2019).

VÖFAB, som upphandlar offentliga lokaler, dokumenterar hela processen i ett generellt projekteringsdokument för att utveckla sitt eget och marknadens kunnande om byggande i trä. Dokumentet beskriver ett förfarande för hur bolagets krav på utformning, tekniska krav och val av material kan tillgodoses. Vidare har Växjö upphandlat generalentreprenad genom selektiv upphandling (Trästad Sverige 2019).

I Skellefteå är regel i första hand upphandling av utförandeentreprenad. Bolaget Skellefteå Industrihus använder vanligen generalentreprenad. Styrning ligger i projektering (delad utförandeentreprenad) respektive 'färdig handling' (generalentreprenad). I vissa fall har totalentreprenad upphandlats i form av samverkansentreprenad. Vidare har Skellefteå utfört upphandlingar i konkurrenspräglad dialog (Trästad Sverige 2019).

Avseende upphandlingsförfarande har både Växjö och Skellefteå i fall med kommunala karaktärsbyggnader, Växjö stads- och stationshus respektive Skellefteå kulturhus, använt upphandling av projekttävling för att styra mot konstruktioner i trä. En projekttävling innebär att den upphandlande myndigheten bjuder in till en tävling som är öppen för alla i syfte att få en ritning, projektbeskrivning eller liknande som en jury har utsett till vinnande bidrag. I båda fallen har träbyggnadsstrategierna bifogats i tävlingsprogrammen vilket gett önskat resultat (Trästad Sverige 2019).

Referenser

AIX Arkitekter (u.å. a) *Innovativt integrations- och instegsboende*. Tillgänglig: <https://www.aix.se/projekt/tradgarden/>

AIX Arkitekter (u.å. b) *Parkeringshus konstruerat helt i trä*. Tillgänglig: <https://www.aix.se/projekt/kv-ekorren/>

Bergström, C. Nordin. S (2016) *Flervåningshus i trä av prefabricerade byggsystem. En studie inom byggt teknik med inriktning mot utformning*. Examensarbete inom byggnadsteknik, Tekniska högskolan i Jönköping.

Boverkets byggregler (BFS 2011:6). *Konsoliderad version av Boverkets byggregler. BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4*

Brandskyddsföreningen (2017) *Gärna fler trähus, men först ett bra brandskydd*. Tillgänglig: <https://www.brandskyddsforeningen.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden2/garna-fler-trahus--men-forst-ett-bra-brandskydd/>

Brandskyddsföreningen (u.å) *Hållbart brandskydd i höga trähus*. Tillgänglig: <https://www.brandskyddsforeningen.se/brandsakerhet/byggsektorn/trahus/>

Brege, Nord och Stehn (2017) *Industriellt byggande i trä – nuläge och prognos mot 2025*. Forskningsrapport LIU-IEI-RR-17/00263-SE

Boverket (2005) *Bostäder byggda med volymelement. En fallstudie av svenska bostadsprojekt – verklighet och vision*.

Boverket (2020a) *Boverkets miljöindikatorer*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/miljoindikatorer/>

Boverket (2020b) *Introduktion till livscykelanalys*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Boverket (2020c) *Klimatdeklaration vid uppförande av byggnad*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/>

Boverket (2020d) *Vad är en klimatdeklaration och hur går det till?* Presentation vid hearing om klimatdeklarationer, Finlandshuset, Stockholm, 22 januari.

Boverket (2020e) *Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader*.

Byggnadsarbetaren (2019) *Därför älskar snickarna att bygga trähus*. Tillgänglig: <https://www.byggnadsarbetaren.se/darfor-alskar-snickarna-att-bygga-trahus/>

Derome (2020) *White maxar med trä för ett hållbart byggande*. Tillgänglig: <https://www.derome.se/om-derome/innovation-forskning/sara-kulturhus/senaste-nytt/white-maxar-med-tra-for-ett-hallbart-byggande>

Ekblom, P. (2018) *God arkitektur ett krav för hållbart träbyggande*. Bidrag på konferensen Stora trähus. Tillgänglig: https://www.building-supply.se/article/view/636145/god_arkitektur_ett_krav_for_hallbart_trabyggande

Ekobyggportalen (u.å) *Trähus- Massiva*. Tillgänglig: <http://www.ekobyggportalen.se/huskonstruktioner/trahus-massiva/>

Forest Europe (1993) *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16-17 June 1993 in Helsinki, Documents*.

FoU Väst (2005) *Slöseri i byggprojekt. Behov av förändrat synsätt*. Tillgänglig: https://www.cmb-chalmers.se/wp-content/uploads/2015/10/sloseri_byggprojekt.pdf

Grönbo bostad (2020) *Film om Grönbo ekologiska trähus* Tillgänglig: <http://www.gronbo.com/nyheter>

Holmen (u.å) *Hållbarhetscertifierat trä*. Tillgänglig: <https://www.holmen.com/sv/travaror/certifieringar-och-markning/certifikat-och-markning/certifikat2/>

IVL Svenska Miljöinstitutet (2015) *Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong*.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2016) *Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme i trä*.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2018) *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus. LCA av fem byggsystem. Underlagsrapport*.

Karnehed, P. (2018) *Behövs väderskydd under montage av limträ och KL-konstruktioner?* Föreläsning, tillgänglig: https://www.youtube.com/watch?v=IMmalvxX4_o&feature=emb_logo

Lidelöw, H. Engström, D. Lessing, J. Stehn, L (2015) *Industriellt byggande*. Studentlitteratur.

Lindsténs fastigheter (u.å) *Nybyggnadsprojekt – Valla Berså*. Tillgänglig: <https://lindstens.se/valla-byggprojektet/>

Lowe, G. (2020) *Wood, well-being and performance: The human and organizational benefits of wood buildings*. Forestry innovation investment.

Luleå Tekniska universitet (2010) *Pelar-balksystem för höga trähus*. Tillgänglig: <https://www.ltu.se/centres/2.39417/Vara-projekt/Pelar-balksystem-for-hoga-trahus-1.31256>

Midroc (u.å) *Älskade trä: Arkitektur för planeten*. Tillgänglig: <https://www.midroc.se/fastighetsutveckling/ny-lokal/vara-lokaler/inspiration/innovation--trendspaning/arkitektur-for-planeten/>

- Moelven (2020) *Fördelarna med industriellt byggande*. Tillgänglig: <https://www.moelven.com/se/produkter-och-tjanster/modulbyggnad/fordelarna-med-industriellt-byggande/>
- Olsson, M. Nilsson, A (2016) *Trästommar på den svenska marknaden. En undersökning av leverantörer och den industriella byggprocessen*. Examensarbete, KTH.
- Regeringskansliet (2018) *Inriktning för träbyggande*.
- Region Östergötland (2018) *Region Östergötlands strategi för stöd till utveckling av skogsnäringen*
- Sarvit, J. Skarp, J (2018) *Analys av bärförmåga och lastöverförande förband i prefabricerade bostadsvolymelement av KL-trä*. Examensarbete, Linnéuniversitetet.
- SBUF (2018) *Brandskydd i BR0-byggnader. Tillämpning vid brandteknisk dimensionering av höga BR0-byggnader med förnyelsebara material(trä)*.
- SBUF (2019a) *Fuksäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd*.
- SBUF (2019b) *Väderskydd – en lathund för entreprenören*
- SCB (2020) *Formellt skyddad skogsmark, frivilliga avsättningar, hänsynsytor samt improduktiv skogsmark, 2019*.
- Simmons, C. (2019) *Är störande ljud i trähus bara en myt?* Tillgänglig: <https://byggteknikforlaget.se/ar-storande-ljud-i-trahus-bara-en-myt/>
- SIS (2011) *Hållbarhet hos byggnadsverk – värdering av byggnaders miljöprestanda – beräkningsmetod*.
- Skellefteå industrihus (u.å) *Unikt koncept för industrihotell i trä*. Tillgänglig: <https://skellefteaindustrihus.se/nyheter/7-unikt-koncept-foer-industrihotell-i-trae>
- SKL (2017) *Byggnadsstommens klimatpåverkan. Livscykelperspektiv på olika material*.
- Skogsstyrelsen (2018) *Frivilliga avsättningar och certifierad areal*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/frivilliga-avsattningar-och-certifierad-areal/>
- Skogsstyrelsen (2020) *Frivilliga avsättningar*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/skydda-skog/frivilliga-avsattningar/>
- SLU (2020) *Skogsdata 2020. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen*.
- SP (2013a) *Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälludden Case Study*.
- SP (2013b) *Handbok för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä*.

SP (2015) *Energi- och klimateffektiva byggsystem. Miljövärdering av olika byggsystem.*

SP och Linköpings Universitet (2016) *Kartläggning av brandincidenter i flervåningshus med trästomme – erfarenheter från 20 års brukande.*

Svensk Betong (u.å) *Tillverkning av cement.* Tillgänglig:
<https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/miljo-och-hallbarhet/koldioxidutslapp>

Svensk Betong (2018) *Betong och klimat. Förbättrad klimatpåverkan redan idag.* Tillgänglig:
https://www.svenskbetong.se/images/pdf/SV_Betong_Prod_CO2.Blad_.pdf

Svenskt Trä (2017) *KL-trähandboken. Fakta och rekommendationer vid KL-träprojektering.*

Svenskt trä (2018) *Stabiliseringssystem för flervåningshus.* Tidningen Svenskt Trä, Nummer 3, 2018. Tillgänglig: <https://www.svenskttra.se/publikationer-start/tidningen-tra/2018-3/stabiliseringssystem-for-flervaningshus/>

Svenskt Trä (u.å. 1) *Framtiden växer på träd.* Tillgänglig:
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/framtiden-vaxer-pa-trad/>

Svenskt Trä (u.å. 2) *Småhus och flervåningshus.* Tillgänglig:
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/olika-trakonstruktioner/smahus-och-flervaningshus/>

Svenskt Trä (u.å. 3) *Spara tid.* Tillgänglig: <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/spara-tid/>

Svenskt trä (u.å. 4) *Arbetsmiljö och boendemiljö.* Tillgänglig:
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/arbetsmiljo-och-boendemiljo/>

Sweden Green Building Council (2020) *Manualer och verktyg för certifiering i Miljöbyggnad.*

Södra (u.å) *Certifiering.* Tillgänglig:
<https://www.sodra.com/sv/se/hallbarhet/certifiering/>

Södra (u.å. 2) *Sju frågor till montören Kim Ahlmalm.* Tillgänglig:
<https://www.sodra.com/sv/se/byggsystem/vara-projekt/kilstromskaj/intervju-kim-ahlmalm/>

Träguiden (2018) *Väderskydd.* Tillgänglig:
<https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/projektering-av-trahus---generellt/projektering-av-trahus---generellt/vaderskydd/>

Träguiden (2020) *Stabiliserande system – generell.* Tillgänglig:
<https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomme/stomme/stabiliserande-system/>

Trästad Sverige (2019) *Wood First. Ett kunskapsunderlag för strategiska trähussatsningar i offentlig regi.*

VÖFAB (2020) *Vallvikens förskola.* Tillgänglig: <https://www.vofab.se/sidor/hallbarhet/miljovanligt-byggande/vallvikens-forskola.html>

White arkitekter (u.å) *Sara kulturhus.* Tillgänglig: <https://whitearkitekter.com/se/projekt/sara-kulturhus/>

Öqvist, R. Ljunggren F (2018) *Utvärderas stegljudsisolering korrekt i svensk standard?* Tillgänglig: <https://byggt teknikforlaget.se/utvarderas-stegljudsisolering-fran-20-hz-korrekt-i-svensk-standard/>

Öqvist, R. (2020) *Behöver vi mäta ljudisolering ned till 20 Hertz?* Föreläsning, tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=AHYezc51d44&t=3s>

Östman, B m.fl (2012) *Brandsäkra trähus 3: Nordisk – baltisk kunskapsöversikt och vägledning.* SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Stockholm.

Östman, B. Stehn, L (2014) *Brand i flerbostadshus i trä – Analys, rekommendationer och FoU-behov.* SP Rapport 2014:07.