

Industriellt byggande av flervåningshus i trä

Miljöaspekter



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg och miljöteknologi / Konstruktionsteknik

Examensarbete:
Fanny Ledel
Sanna Lindholm

© Copyright Fanny Ledel, Sanna Lindholm

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2011

Sammanfattning

Syftet med denna rapport är att undersöka om det finns någon koppling mellan flervåningshus i trä, industriellt byggande och miljö.

I början av 1960-talet började man bygga med prefabricerade element i samband med Miljonprogrammet. Det ledde till effektivisering av byggprocessen men husen var ofta dåligt anpassade efter de människor som skulle bo i dem. På 1970-talet när efterfrågan på bostäder minskade återgick man till traditionellt byggande. Idag finns det återigen en positiv syn på industriellt byggande, mycket på grund av att byggsektorn behöver effektiviseras och utvecklas. Men bättre lönsamhet och ökad kvalitet efterfrågas också.

Inom tillverkningsindustrin finns olika produktionsprinciper. De företag som arbetar med industriellt byggande har inspirerats av dessa strategier och anpassat dem efter sina förutsättningar.

För att kunna bygga i trä måste vissa materialegenskaper beaktas, såsom brand, akustik, fukt och stabilitet. Det var fram till år 1994 förbjudet att bygga hus med fler än två våningar i trä. Detta har medfört att marknaden för flerbostadshus domineras av betong. Dock har trä goda förutsättningar att konkurrera, framförallt tack vare den kompetens kring industriell tillverkning finns i träförädlingsföretagen och det faktum att småhusbranschen länge har arbetat industriellt.

För att bedöma en produkts totala miljöpåverkan kan en livscykelanalys göras. Det finns olika resultat beroende på t.ex. metodval, men trä uppvisar ofta goda resultat. Trä är en förnybar resurs som ingår i kolets naturliga kretslopp, när det avverkas träd ska nya planteras för att få ett hållbart skogsbruk och på så sätt finns det alltid nya träd som kan ta upp den koldioxid som släpps ut vid förbränning av träprodukter.

I undersökningen har en fallstudie utförts på ett flervåningshus som byggs i Västra Hamnen i Malmö. Ett nytt byggsystem har utvecklats och projektet vi har tittat på är det första som är byggt i systemet. Det nya systemet bygger på sågat virke och är anpassat för 4 till 8 våningar. Det är utvecklat av Tyréns och Derome. Grundtanken var att utveckla ett system som skulle eftersträva processer separerade från de specifika projekten. Man ville ha standardiserade lösningar men varierande byggnader.

Vid byggande är främst koldioxidutsläpp och energianvändning de miljöaspekter som beaktas. Hållbarhet och frågan om huruvida ingående material är förnyelsebara eller inte är också relevanta frågor.

Trä uppvisar goda egenskaper i fråga om miljöaspekter och det finns potential att utnyttja materialet miljöeffektivt. Däremot kan man ifrågasätta om det är en bra lösning att alla delar av konstruktionen är i trä. Bästa lösningen är att använda varje material där det är mest effektivt.

Det industriella byggandet kan genom kunskapsåterföring och ständig utveckling påverka miljön. Då krävs det att miljöaspekter är prioriterade och ses som något som ger ökat kundvärde.

Genom att använda sig av det väderskydd som träbyggnation kräver uppstår det för- och nackdelar. Väderskyddet medför en relativt hög kostnad och plattformen kan endast användas på en våning i taget. Fördelarna är ett torrt arbetsklimat som är positivt för byggnaden och byggnadsarbetarna.

Nyckelord: Flervåningshus, trä, industriellt byggande, miljö

Abstract

The purpose of this report is to examine whether there is any connection between the multi-storey wooden buildings, industrial construction and environmental impact.

In the early 1960's prefabricated parts were used to build "Miljonprogrammet". This led to the streamlining of the construction process but the houses were often ill-suited for those who would live in them. Traditional building became the standard way of building again in the 1970's when the demand for housing fell again. Today there is again a positive outlook for industrial construction, largely because of the construction sector need to be streamlined and enhanced. But better profitability and improved quality is also requested.

In manufacturing, there are different production principles. The companies involved in industrial construction are inspired by these approaches and have adapted them according to their conditions.

In order to build in wood, certain material properties have to be taken into account, such as fire, acoustics, moisture and stability. It has until 1994 been forbidden to build more than two floors in wood in Sweden. Therefore the market for apartment buildings has been dominated by concrete buildings. However, the wood is well placed to compete, especially because of the expertise in industrial production in the wood processing companies and the fact that the companies producing single family houses have been using industrialised processes for a long time.

In order to assess a product's total environmental impact a LCA can be done. There are different results depending on method selection, but the wood often shows good results. Wood is a renewable resource that is part of the natural carbon cycle, where the felled trees, are replaced with new plants and thus there are always new trees that can take up the carbon dioxide emitted during combustion of wood products.

The study is a case study conducted on a block of flats being built in the Västra hamnen in Malmö. A new building system has been developed and the project we have looked at is the first that is built with the system. The new system is based on lumber and is suitable for 4 to 8 floors. It is developed by Tyréns and Derome. The basic idea was to develop a system that would seek processes separated from the specific projects. They wanted to have standardized solutions, but varying buildings.

Carbon emissions and energy use are environmental aspects taken care of while building. Sustainability and the question whether materials are renewable or not is also relevant to the issue.

Wood exhibits excellent properties in terms of environmental issues and there is a potential to use the material environment effectively. It is a renewable material that is part of the natural carbon cycle. It is however not obvious that all solutions should be made of wood. Perhaps there is a potential to mix materials and use the material which is most effective.

Industrialised construction should lead to transfer of knowledge and continuous development on the environment. This requires that environmental considerations are a priority and may be seen as something that provides increased customer value.

By using the required weather-protection there will be pros and cons. Weather protection entails a relatively high cost and the platform can be used only on one floor at a time while making exterior work. The benefit is a dry work environment that is positive for the building and construction workers.

Keywords: Multi-storey buildings, wood, industrialized building, environment

Förord

Det här examensarbetet är den avslutande delen av högskoleingenjörsprogrammet byggt teknik med arkitektur vid Lunds Universitet, Campus Helsingborg.

Fanny Ledel har haft huvudansvaret för kapitel 1 och 2 och Sanna Lindholm har haft huvudansvaret för kapitel 3 och 4. Dock har dessa skrivits i nära samarbete. Resterande delar innefattande fallstudie med intervjuer, analys och slutsatser är utarbetade utav båda författarna.

Vi vill speciellt tacka vår handledare Jerker Lessing för inspiration och värdefulla idéer och vår examinator Annika Mårtensson som hjälpt oss hålla oss på rätt spår och bidragit med goda råd. Vi vill också tacka alla som ställt upp på intervjuer.

Helsingborg, Maj 2011

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Metod	2
1.4.1	Litteraturstudie	2
1.4.2	Fallstudie	2
1.4.3	Intervjuer	2
2	Industriellt byggande	3
2.1	Karaktäristiska delområden inom industriellt byggande	4
2.2	Industriellt byggande i Sverige, då och nu	5
2.3	Strategier	6
2.3.1	Supply chain management	7
2.3.2	Lean production	7
2.3.3	Produktionsstrategier och processtrukturer	8
3	Byggande av flervåningshus i trä	9
3.1	Industriellt byggande i trä	10
3.1.1	Fördelar	10
3.1.2	Träbyggnadssystem i Sverige	10
3.2	Trä	11
3.2.1	Brandegenskaper	11
3.2.2	Ljudegenskaper för trä	12
3.2.3	Fukt	13
3.2.4	Stabilitet	14
4	Miljö i träbyggandet	15
4.1	Globala miljöaspekter	15
4.1.1	Koldioxid och trä	15
4.1.2	Energi	16
4.1.2.1	Passivhus	17
4.1.3	Livscykelanalys	18
4.1.4	Hållbar utveckling	18
4.2	Innemiljö	19
4.2.1	Fukt	19
4.2.1.1	Nederbörd	20
4.2.1.2	Byggfukt	20
4.2.1.3	Luftfukt	20
4.2.1.4	Läckage	21
4.2.2	Fuktrelaterade skador	21
4.3	Arbetsmiljö	22

5 Ett nytt byggsystem i trä.....	23
5.1 Utveckling av ett nytt byggsystem	23
5.2 Om systemet	23
<i>5.2.1 Systemet bygger på modulariseringstankar.....</i>	<i>24</i>
5.3 Kvarteret skonaren – första byggprojektet	25
5.4 På byggarbetsplatsen.....	26
5.5 Miljö	27
6 Analys	29
6.1 Material	29
<i>6.1.1 Vädskydd</i>	<i>29</i>
6.2 Industriellt byggande.....	30
7 Slutsatser.....	31
Källförteckning	33

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Industriellt byggande används ofta för att beskriva hur byggandet kan utvecklas och effektiviseras för att skapa bättre lönsamhet och lägre produktionskostnader med bibehållen eller helst högre kvalitet i de bostäder som byggs. Det har under senare år diskuterats mycket kring begreppet, vad det står för och hur långt man kan gå i industrialiseringsprocessen. Numera finns det ett antal exempel på byggprojekt som genomförts i industrialiseringsandan.

Träindustrin har under en längre tid arbetat med att ta fram byggsystem som kan utgöra en grund för att öka användningen av trä i byggsystem för flervåningshus. Därmed har det industrialiserade byggandet varit av stort intresse för denna bransch. Trä beskrivs i vissa fall som ett material som ur beständighet och inomhusmiljöavseende är mindre lämpligt, men ofta handlar det om hur man bygger och använder materialet.

Miljöfrågornas betydelse växer med medvetenheten om att vårt sätt att leva påverkar den omgivande miljön både lokalt och i ett större sammanhang samt både just nu och för framtiden. Dessa frågor har därmed blivit allt viktigare även för byggbranschen. Diskussioner pågår vad avser materialval, design, byggmetoder, drift och underhåll samt återvinning för olika byggsystem och material.

1.2 Syfte och mål

I rapporten ska industriellt byggda flervåningshus i trä studeras med avseende på olika miljöaspekter.

Följande frågeställningar skall besvaras

Vilka miljöaspekter är relevanta att beakta vid byggande?

Vilken betydelse har materialval för dessa miljöaspekter?

Vilka fördelar kan det industriella byggandet medföra ur miljösynpunkt?

1.3 Avgränsningar

För att göra problemet hanterbart i ett kandidatarbete har avgränsningar gjorts. Vi har valt att studera materialet trä, en beskrivning av dess kritiska egenskaper och hur detta materialval påverkar miljön. En begränsning av byggnadstyp har gjorts till flervåningshus i trä. Industriellt byggande berörs i dess huvuddrag. Fokus för studien har legat på kopplingen mellan industriellt

byggande, flervåningshus i trä och miljöaspekter. Vad gäller miljön har vi valt att titta på de aspekter som anses relevanta vid byggande. För fallstudien har det valts endast ett projekt att studera och intervjuer har bara genomförts med utvalda personer som ansetts relevanta för vår rapport.

1.4 Metod

För att svara på rapportens syfte har en litteraturstudie utförts, kompletterande information och information specifik för projektet har inhämtats genom intervjuer med inblandade parter och ett studiebesök på byggarbetsplatsen.

1.4.1 Litteraturstudie

För att identifiera relevanta miljöaspekter, bilda en uppfattning om materialvalets betydelse och det industriella byggandets påverkan på byggprocessen har en litteraturstudie genomförts. I fråga om material är det viktigt att vara källkritisk då mycket av informationen har sitt ursprung i företag, organisationer eller personer med intressen i träbranschen.

1.4.2 Fallstudie

För att få en verklighetsförankring i denna studie har ett projekt studerats. Det projekt som valdes som för fallstudien var Kv. Skonaren eftersom det är ett pågående byggprojekt som har koppling till både industriellt byggande och träbyggande i flera våningar. Ett studiebesök har genomförts för att få en inblick och bilda en egen uppfattning.

1.4.3 Intervjuer

Intervjuer har genomförts med personer involverade i projektet i fallstudien. En intervju som spelades in valdes för att kunna föra en djupgående diskussion och komma fram till relevanta slutsatser.

2 Industriellt byggande

Det är många som anser att byggindustrin inte varit tillräckligt snabb på att göra förändringar och ta till sig ny teknik. Detta kan ha bidragit till att byggkostnaderna är höga och byggprocessen inte är lika effektiv som den kunnat vara. Men förändringar har börjat ske och byggindustrin har börjat ta till sig nya tankar om arbetsmetoder.¹

Man skiljer på begreppen industriellt byggande och industrialiserat byggande. Industrialiserat byggande representeras av en byggprocess som för att uppnå effektivisering har justerats. Industriellt byggande har en struktur som skiljer sig tydligt från den idag rådande byggprocessen. Tydligt definierade parametrar styr istället processen som integrerar projektering, planering och produktion.²

I ”Industrialised house-building concept and processes” förslås följande definition av industriellt byggande:

”Industrialised house-building is a thoroughly developed building process with a well-suited organization for efficient management, preparation and control of the included activities, flows, resources and results for which highly developed components are used in order to create maximum customer value.”³

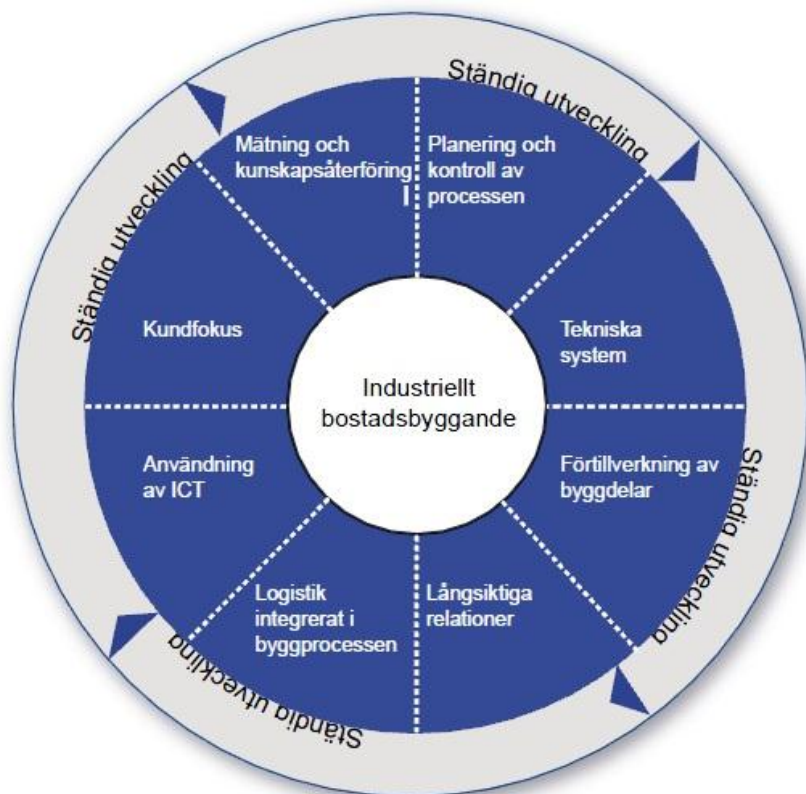
¹ Industrifakta

² Industriellt byggande är mer än bara prefabricering.

³ Lessing, J. (2006)

2.1 Karaktäristiska delområden inom industriellt byggande

Man kan dela in industriellt byggande i åtta delområden.



Figur 2.1 The Industrial House-building Process Model⁴

Planering och kontroll av processen

En tydlig struktur och styrning krävs genom hela processen, från idé till slutprodukt. För att skapa ett bra arbetsflöde och undvika icke värdeskapande aktiviteter krävs planering och kontroll. På så sätt kan man skapa ett maximalt värde för kunden genom att effektiva processer uppnås.

Utvecklade tekniska system

Tekniska system utvecklas separat till en hög detaljeringsnivå genom att de testas, justeras och genomarbetas. Genom att använda dem till specifika projekt kan man sedan ytterligare förfinas de tekniska systemen genom att använda de erfarenheter som fås.

Förtillverkning av byggnadsdelar

Det är viktigt att förtillverkningsgraden maximeras. Då kan byggnadsdelarna produceras rationellt där rätt utrustning finns och arbetsmiljön är god.

⁴ Lessing, J. (2006)

Långsiktiga relationer mellan aktörer

Med långsiktiga relationer vinner man fördelar eftersom att man utvecklas tillsammans. Den struktur och organisation som finns genom upprätthållande av långsiktiga relationer gör att projekt kan få en snabbare start. Vad som är viktigt är till exempel att man metodiskt väljer samarbetspartner utifrån lämpliga kriterier för den aktuella verksamheten och att företagens delsystem (t.ex. ekonomi, standarder och kvalitet) är kompatibla.

Logistik integrerat i byggprocessen

Det ställs högre krav på logistiken då tillverkningen av byggnadsdelar flyttas upp i värdekedjan. Speciellt eftersom leveranser enligt JustInTime –principen är önskvärda vid industriellt byggande. Materialflöden till och från byggarbetsplatsen och tillverkningsplatsen ska koordineras vilket kräver ett effektivt informationsflöde och nära samarbete mellan aktörerna.

Kundfokus

Det är viktigt att den produkt som levereras till kunden överensstämmer med det krav kunden ställer. Hyresgäster, bostadsköpare eller förvaltare kan räknas som kund och ska tillfredställas i fråga om produkten, dess pris och kvalitet. Genom att undersökningar görs kan de olika målgrupperna identifieras och olika processer skapas för att uppfylla krav för de olika målgrupperna.

Användning av informations och kommunikationssystem

För att få ett effektivt användande av information, uppdateringar och förändringar kan man i det industriella byggandet använda sig av ICT-verktyg, information and communication technology. Informationsmodeller ger virtuella byggnader med information om utseende, tidplaner, kalkyler osv.

Systematisk mätning och erfarenhetsåterföring

Uppföljningsarbete är viktigt för att kunna vidareutveckla processen. Genom att uppmuntra personalen till att komma med egna förslag till förbättringar och i uppföljningsarbetet låta personal från olika delar av organisationen delta kan man få viktig input från medarbetarna.⁵

2.2 Industriellt byggande i Sverige, då och nu

År 1964 startades miljonprogrammet som var en statlig satsning för att minska bostadsbristen i Sverige. Målet var att bygga 100 000 bostäder om året under en 10-årsperiod, dvs. en miljon nya bostäder. Fördelar såsom en höjd produktivitet och bättre arbetsmiljö uppstod genom att upprepningar av tekniska lösningar och arbetsmoment skedde när det under 60-talet började

⁵ Lessing, J. (2006)

serieproduceras bostäder. Den stora nackdelen med miljonprogrammet var att alla människor antogs ha samma behov för att göra byggandet enklare. Detta ledde i sin tur till att husen blev dåligt anpassade till dem som skulle bo där. Kvaliteten i vissa bostäder blev också bristfällig.

En anledning till att man under 70-talet återgick till traditionellt byggande var att marknaden för flerbostadshus minskade och marknaden för de producerade miljonprogramhusen försvann. Idag ser man återigen positivt på det industriella byggandet framförallt för att det skulle kunna effektivisera byggsektorn. Tanken är att man ska kunna producera kundanpassade kontors- och bostadsfastigheter genom industriella processer på ett hållbart och kostnadseffektivt sätt genom utnyttjandet av kunskaper från tillverkningsindustrin.⁶

Tilltron till det industriella byggandet var hög i början av 2000-talet och byggaktörer som svarade i en undersökning gjord 2006 bedömde genomsnittligt att andelen flerbostadshus byggda med inslag av industriellt tänkande skulle öka med 15 procentenheter mellan 2006 och 2016.

Både stora byggföretag och fristående aktörer har pågående satsningar på industriellt flerbostadsbyggande. Möjligheterna för expansion för de industriella flerbostadsbyggarna kan åstadkommas genom bearbetning av bostadsföretagen. Ett annat troligt scenario är att sektorns industrialisering kommer att ledas av de förvaltningsinriktade byggherrarna genom egen standardisering av tekniska lösningar.⁷

Det är troligt att framtiden kommer kräva en högre grad av flexibilitet i byggsystemen. Därför borde flexibla och öppna systemlösningar vara det som utvecklas, för att kunna anpassas efter olika kunder och behov.⁸

2.3 Strategier

Inom tillverkningsindustrin använder man sig av olika produktionsprinciper. Företag som arbetar med industriellt byggande har inspirerats av strategier och anpassat dem efter sina förutsättningar. Nedan beskrivs några grundläggande principer.

⁶ Johnsson, H et al. (2011)

⁷ Molnar, M. et al. (2009)

⁸ Ibid

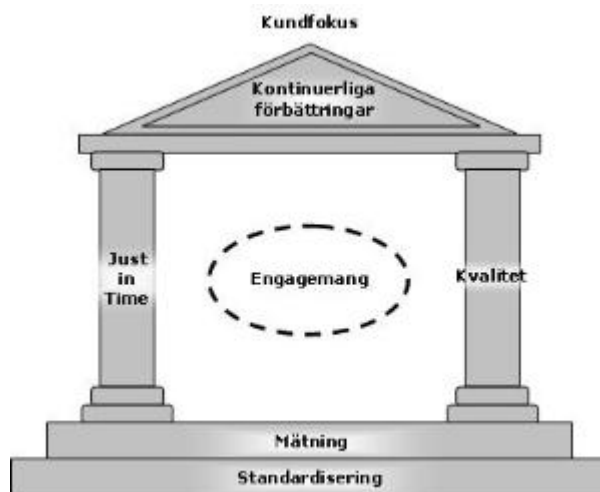
2.3.1 Supply chain management

Enligt Jespersen och Skjott-Larsen definieras supply chain management som
*”Supply chain management is the management of relations and integrated business processes across the supply chain that produces products, services and information that add value for the customer.”*⁹

Hela försörjningskedjan, från första leverantör till slutkund omfattas av ”Supply chain” i traditionell bemärkelse.¹⁰ Samarbetet med och koordineringen av leverantörer och kunder är liksom planeringen, genomförandet och kontrollen av informations- och materialflöden delar av Supply chain management-konceptet.¹¹

2.3.2 Lean production

Lean är en industriell produktionsfilosofi med ursprung i Japan från Toyotas produktionssystem TPS (Toyota Production System). Med Lean är grundtanken att arbetet ska standardiseras för att förbättringsarbetet ska bli mer effektivt. En organisation kan genom mätningar skapa kontroll över sina processer och lägger då en grund för framtida förbättringsarbete. Med Lean strävar man efter att kunna göra mer med mindre. Det går ut på att ett företag försöker effektivisera en process genom att grundligt identifiera och eliminera slöseri och hela tiden sträva efter ständiga förbättringar. Det är dock viktigt att varje enskild effektiviseringsåtgärd sätts i förhållande till ifall systemet som helhet förbättras då den enskilda aktiviteten effektiviseras.¹²



Figur 2.2 Lean-templet¹³

⁹ Jespersen, B. Skjott-Larsen, T. (2005)

¹⁰ Lumsden, K. (1998, 2006)

¹¹ Lessing, J. (2006)

¹² Liker, J. (2004)

¹³ Lean forum bygg

Grundprincipen för lean är att det ska vara ett kontinuerligt flöde av material och produkter genom hela produktionssystemet. Allt som hindrar ett kontinuerligt flöde räknas som slöseri. Slöseri definieras som en aktivitet som inte skapar något värde för kunden. Inom ramarna för Toyota Produktion System säger man att det finns det sju plus en form av slöseri. Till slöseri räknas väntan, överarbete, transporter, rörelse, lager, omarbeten, överproduktion plus outnyttjad kreativitet. Kvalitet och Just-in-time är två grundläggande begrepp inom leanfilosofin, som hela tiden arbetar med produktion efter behov och därför ska endast det som kunden efterfrågar tillverkas.

2.3.3 Produktionsstrategier och processtrukturer

Upplägget på byggprocessen kan variera beroende på vilken typ av produktion och vilket projekt som ska genomföras.

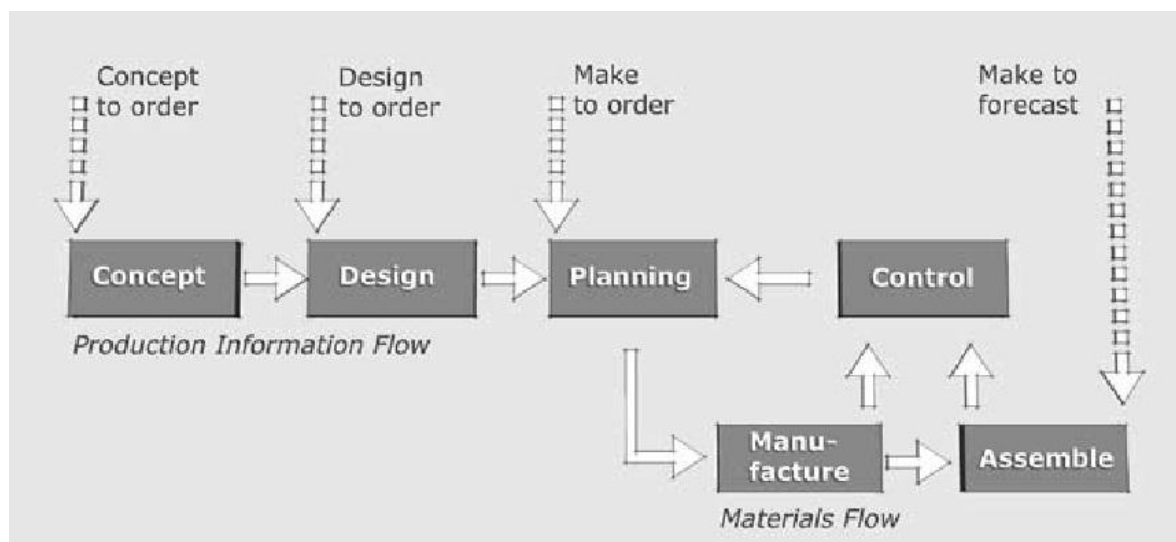
Byggprocessens olika upplägg kan beskrivas av fyra olika produktionsstrategier.

Concept to order innebär att kunden har ett behov av en byggnad när denna kommer in i processen. Ifrån detta startar sedan den fortsatta processen med konceptutveckling, projektering och produktion.

Design to order är när det finns ett grundläggande produktionskoncept som sedan anpassas för kunden och kundens projekt.

Make to order innebär att det finns ett välutvecklat system som konfigureras och anpassas efter kundens krav.

Make to forecast betyder att det produceras produkter mot ett lager som sedan säljs. Slutkunden har ingen påverkan på utformningen.¹⁴

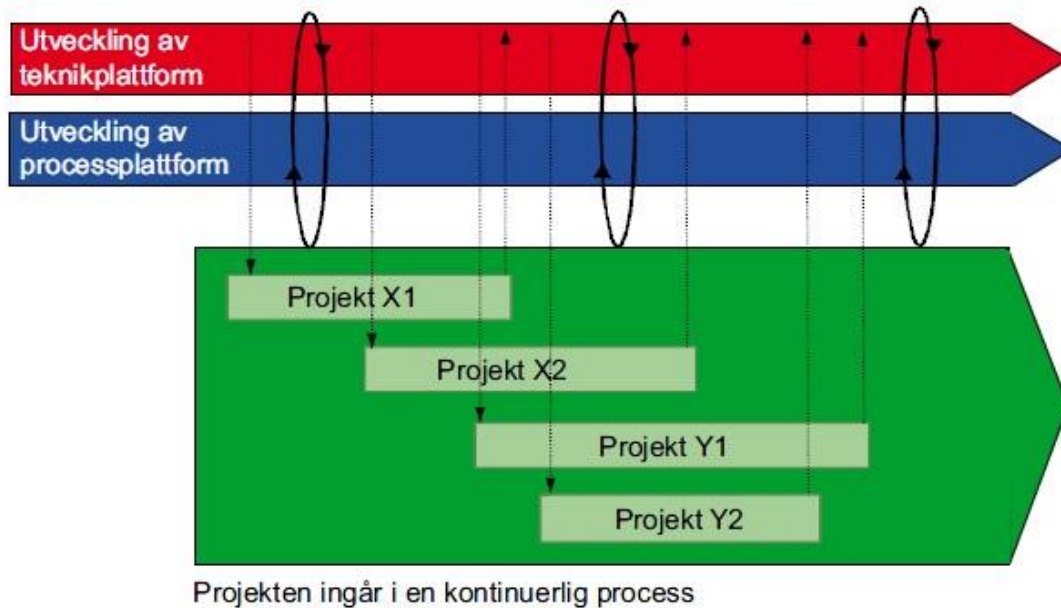


Figur 2.3 Produktionsstrategier, informations- och materialflöde.¹⁵

¹⁴ Winch, G. (2003)

¹⁵ Ibid

Ett annat sätt att beskriva byggprocessens upplägg är genom att använda sig av olika processtrukturer. Utvecklingen av en teknikplattform och en processplattform sker kontinuerligt med tydlig koppling till byggprocessen.¹⁶



Figur 2.3 Modell för en industriell byggprocess.¹⁷

3 Byggande av flervåningshus i trä

Idag är det ungefär 15 % av Sveriges flervåningshus som byggs med stomme i trä och det syns en långsam ökning.¹⁸ Att bygga hus med fler våningar än 2 förbjöds 1874 i samband med att många stadsbränder hade brutit ut. Efter mer än hundra år med ett förbud mot flervåningshus i trä togs det bort år 1994, detta ändrades i samband med att kraven blev funktionsbaserade. Att det funnits ett förbud mot byggande av flervåningshus i trä under nästan hela 1900-talet har inneburit att det idag inte finns så stor kunskap som det skulle kunna finnas om byggande av flera våningar i trä. Därför finns det fortfarande mycket kvar att utveckla vilket också innebär möjligheter för träbyggande.¹⁹

¹⁶ Lessing, J. (2006)

¹⁷ Ibid

¹⁸ Forskning vid Linköpings Universitet

¹⁹ Träguiden 12

3.1 Industriellt byggande i trä

Det finns många anledningar till att använda trä för industriellt byggande. Kapitlet behandlar fördelar med trä i industriellt byggande och byggsystem som utvecklats för att eftersträva industriellt byggande.

3.1.1 Fördelar

Att använda trä som stommaterial för industriellt byggande lämpar sig bra. Detta eftersom trä är ett material som är lätt att transportera. Småhusindustrin som domineras av träbyggande har använt sig av industriellt byggande en längre tid vilket de även skulle kunna applicera på flervåningshus. Dessutom är träförädlingsföretagen en del av en stor industri och därmed vana vid ett industriellt tänkesätt. Detta medför att de har goda förutsättningar att även bygga industriellt.²⁰

Prefabricering ger ett torrt byggande eftersom ca 90 % av arbetet sker inomhus eller med väderskydd. En process som alltid pågår, långsiktighet och egna yrkesarbetare som är vana vid monteringen ger ökad kvalitet. Dessutom kan man utveckla det egna byggsystemet kontinuerligt och därmed jobba med väl beprövade tekniska lösningar. Byggtiden minskar genom att man kan utföra flera moment parallellt.

När man prefabricerar delar krävs transport från fabrik till byggarbetsplats. Detta ger trä som byggnadsmaterial en fördel på grund av dess låga densitet, eftersom att man kan lasta mer delar av trä än t.ex. delar av betong på en lastbil. Då får man en mindre kostnad för transporten av samma mängd träelement som betongelement.

Andra fördelar är att ändringar och kompletteringar i träkonstruktioner medför lägre kostnader än om det skulle vara i betong, det blir inga kostnader för uttorkning och vinterbygge medför inte kostnader för uppvärmning.²¹

3.1.2 Träbyggnadssystem i Sverige

Det finns förutsättningar för att bygga industriellt inom träbranschen som har vana från småhusindustrin. Sedan man ändrade byggnormen från materialbestämda till funktionsbestämda krav för flervåningshus har det utvecklats en rad system för flervåningshus i trä. Systemen byggs upp av t.ex. limträ, massivträ eller sågat virke och inblandandegraden av andra material varierar. De byggs upp som volymelement, planelement eller mindre byggdelar som sammanfogas på byggarbetsplatsen. Volymelement byggs upp

²⁰ Forskning vid Linköpings Universitet

²¹ Johnsson, H et al. (2011)

av två eller fler väggar och bjälklagsdelar som tillsammans bildar en volym.²² Volymen monteras i fabrik och transporteras sedan till byggarbetsplatsen där den tillsammans med andra volymer bildar den färdiga byggnaden. Planelement är just plana element som till exempel väggar eller bjälklag. Dessa levereras färdiga från fabrik och monteras ihop med övriga byggdelar på byggarbetsplatsen.

Byggsystemen är antingen i varierande grad öppna eller slutna. Ett öppet system kan användas av de leverantörer som uppfyller kraven. Det har fastlagt vissa specifikationer, gränssnitt och kopplingspunkter.²³ I slutna system kan det ingå mönsterskyddade eller patenterade lösningar och produkter. Man kan inte kombinera element från de olika företagen eftersom de har sina egna lösningar.²⁴

Exempel på företag som bygger med byggsystem i trä:

- Lindbäcks bygg har volymelement.
- Masonites byggsystem bygger på träbaserade element.
- Martinsons byggsystem bygger på element i limträ och massivträ.
- Moelven Byggmodul bygger med volymelement
- Setra trälyft bygger med volymelement i massivträ.

3.2 Trä

Nedan följer en beskrivning av egenskaper hos trä som påverkar utformningen av flervåningshus i trä.

3.2.1 Brandegenskaper

Det finns tre indelningar av material ur brandteknisk synvinkel enligt BBR, det är brännbara, icke brännbara och svårantändliga material. För att skydda bakomliggande material såsom bärande stomme finns det ytskikt som kan hindra att bakomliggande material antänds under en viss tid dvs. tändskyddande material. Där det ställs krav på brandskydd används ofta gipsskivor eftersom de är uppbyggda av gipskristaller, kalciumsulfat och kristallvatten. När gipsskivan utsätts för värme frigörs det kemiskt bundna vattnet, en process som kräver stora mängder energi. Denna process motverkar

²² Ny teknik

²³ Husbyggaren

²⁴ Växjösamtalet

temperaturhöjningen på den sida som inte är brandutsatt.²⁵ Trä kan även brandskyddas på kemisk väg genom att impregneras eller bestrykas med flamskyddsmedel, denna typ av brandskydd fördröjer tiden från antändning till dess att byggnaden är övertänd och hindrar i vissa fall övertändning helt.

Trä är ett brännbart material som kan antändas på tre olika sätt, genom glöd, brinnande låga eller genom överhettning. När trä brinner äter sig elden inåt med en nästan konstant hastighet, relativt långsamt, eftersom det bildas ett isolerande kolskikt på träets yta vid förbränning. Eftersom trä har en låg värmekonduktivitet isolerar kolskiktet det trä som inte brunnit, alltså bibehålls den bärförmåga som motsvarar den kvarvarande tvärsnittsarea som finns innanför kolskiktet och därför sker inga plötsliga kollapser för träkonstruktioner.²⁶

3.2.2 Ljudegenskaper för trä

Med ljud menas tryckvariationer som kan uppfattas med hörseln. Eftersom ljud är tryckvariation kan det mätas i Pascal men mäts vanligen i decibel.

Med ljudisolering menas skillnaden i ljudtryck mellan två rum. Ljud kan överföras mellan olika rum genom att ljudet sätter exempelvis ett golv i svängning, denna svängning medför sedan en ljudstrålning ifrån golvet intill det rum där ljudkällan inte befinner sig. Flanktransmission är en annan typ av ljudöverföring. Med flanktransmission menas det ljud som inte går igenom skiljeväggen utan istället tar omvägar genom byggnadsdelar utanför den egentliga skiljeväggen, exempelvis genom kanaler, otätheter eller liknande.

I flerbostadshus kan det ofta behövas dubbla skivlager i ytterväggar och lägenhetsavskiljande väggar för att få tillräckligt bra ljudisolering. Ett mellanbjälklag har också en komplicerad uppbyggnad dels ur brandsynpunkt, men framförallt eftersom det i Sverige ställs höga krav på att det ska vara en god ljudisolering mellan olika lägenheter. Det är stegljudsisoleringen som blir den dimensionerande för trä precis som för andra material, då trä klarar luftljuden relativt bra.

Vid träbyggnation så utformas bjälklagen mellan olika lägenheter på så sätt att man försöker separera undergolvet och undertaket från konstruktionen så långt som det är möjligt. Vid byggande med volymelement sker detta automatiskt eftersom undertaksstrukturen är det undre volymelementets tak. Ett annat vanligt sätt att ljudisolera är att använda fjädrande inhängning av undertaket.²⁷

²⁵ Burström, P-G (2007)

²⁶ Att välja trä.

²⁷ Träguiden 1

3.2.3 Fukt

Trä är uppbyggt av fibrer. Detta gör att det finns tre olika huvudriktningar, i dessa olika riktningar skiljer sig träets egenskaper åt, d.v.s. trä är ett anisotrop material.

Trä är ett hygroskopiskt material, eftersom det kan ta upp och avge vatten. Mängden vatten som finns i träet är beroende av den omgivande luftens relativa fuktighet. Det vanligaste sättet att beskriva fuktmängden i trä är med fuktkvot eller fukthalt. Yttre påverkan och fuktbetingade rörelser sker framförallt i det hygroskopiska området som är upptill fibermättnadspunkten. Fibermättnadspunkten i rumstemperatur ligger runt 30 % fuktkvot och trä är då i jämvikt med ca 100 % relativ fuktighet. Då trä torkas ut till under fibermättnadspunkten krymper det. I fiberriktningen är dessa rörelser relativt små, medan rörelserna i tangentiell och radiell riktning är 20-40 gånger större. Träets hållfasthet, hårdhet och elasticitet påverkas också då trä torkas ut till under fibermättnadspunkten.²⁸

För att förhindra att fukt kommer in i konstruktionen under byggtiden är det viktigt att byggnaden väderskyddas. Det är under själva byggtiden som en träbyggnad är som mest fuktkritisk, eftersom den innehåller många organiska material i sin stomme. Utöver trä finns det andra organiska material som är fuktkänsliga, såsom gipsens ytskikt av papp och isoleringens bindningsmedel. Däremot finns det inte när byggnaden är färdig någon större mängd fukt som måste torkas ut före eller under brukstiden, något som är en fördel jämfört med betong. För större hus då byggtiden kan vara relativt lång kan vädret variera kraftigt, det krävs därför att man tar med och överväger vilket fuktskydd som ska användas redan vid planering av byggnaden.²⁹

Trä kan utsättas för olika typer av nedbrytande processer. Det kan vara kemiska angrepp, angrepp av svampar och bakterier eller angrepp av insekter som bryter ned träet. För att svampar och bakterier eller angrepp av insekter ska ske krävs det att alla gynnsamma parametrar är uppfyllda såsom lämplig temperatur och fuktighet samt oftast syre. Vissa av dessa parametrar är alltid gynnsamma i ett hus, andra uppstår för att det byggs fel. Därför är det extra viktigt att noggrant skydda mot exempelvis fukt när man använder trä som byggmaterial.³⁰

²⁸ Skogssverige

²⁹ Träguiden 9

³⁰ Burström, P-G (2007)

3.2.4 Stabilitet

När ett flervåningshus ska byggas i trä behöver man ta hänsyn till att det är ett förhållandevis lätt material. D.v.s. att en extra volym som krävs för att uppnå samma hållfasthet som t.ex. betong inte motsvarar skillnaden i densitet mellan de olika materialen. En träkonstruktions låga egentyngd kan innebära stabilitetsproblem om den inte är tillräckligt stor i förhållande till höjden. Byggnaden riskerar att stjälpas om egentyngdens nedåtgående kraft är mindre än vindbelastningens lyftkraft. För att motverka detta kan man till exempel utföra bottenvåningen i betong eller förankra byggnaden till undergrunden med hjälp av stålstag. Med hjälp av skivverkan kan de horisontella krafterna föras ner till grunden.³¹

³¹ Martinsons

4 Miljö i träbyggandet

Det finns olika typer av miljöaspekter att ta hänsyn till vid byggande.

4.1 Globala miljöaspekter

Bygg och fastighetssektorn står för en stor del av både energiförbrukningen och materialanvändandet i Europa. Byggnader beräknas stå för 40 % av energiförbrukningen, 30 % av koldioxidutsläppen och 40 % av materialanvändandet. Därför är det viktigt att byggsektorn har mål för att minska sin miljöpåverkan till en långsiktigt hållbar nivå.³²

4.1.1 Koldioxid och trä

Trä är ett förnybart material, det enda förnyelsebara som används som byggnadsmaterial i en större skala.³³ Med en förnybar resurs menas att den inte tar slut, dvs. att den genereras i minst samma takt som människan förbrukar den. Alltså är det viktigt att det hela tiden planteras nya träd då man avverkat skog, för att se till att lagret av träd återfylls.³⁴

När en skog avverkas finns kolet bundet i träprodukterna fram tills att produkterna blir uttjänade och förbränns. I detta förbränningskedje utvinns energi, men samtidigt frigörs kolet i form av koldioxid, CO₂. Detta bidrar till en ökad växthuseffekt, men eftersom CO₂ en gång blev bundet från atmosfären till träden så blir det inget koldioxidtillskott i det långa loppet om det finns ett hållbart skogsbruk, eftersom koldioxiden åter binds och lagras i de nya växande träden. Detta är något som talar för användandet av trä i byggnader, jämfört med andra material, eftersom träprodukter inte måste materialåtervinnas eller läggas på deponi efter sin livstid utan ingår i ett kretslopp och kan då förbrännas och utnyttjas som energi. Dock är det vanligt att man återvinner även träprodukter, då det är lönsamt framförallt ur en ekonomisk synvinkel.³⁵

Att träd och träprodukter binder koldioxiden och minskar den mängd som finns i luften kallas för en kolsänka. Men det kol som finns bundet kommer förr eller senare att frigöras så därför är det aningen missvisande att anse detta som en kolsänka. Om däremot mängden skog eller mängden träanvändande i samhället varaktigt ökar, kommer det att bli en kolsänka eftersom det kommer finnas mer bundet kol i träbaserade produkter eller levande träd än vad det finns idag.

³² Träguiden 2

³³ Träguiden 3

³⁴ Träguiden 4

³⁵ Träguiden 5

Man kan dela in koldioxidutsläppen i två kategorier genom att göra skillnad på var koldioxiden kommer ifrån. Den biogena koldioxiden frigörs vid förbränning av bibränsle och träbaserade produkter, denna typ av koldioxid motsvarar den mängd som skulle frigjorts om träden skulle förmultnat i skogen.³⁶ Detta ingår alltså redan i kolets kretslopp och bidrar därför inte till en ökad växthuseffekt. Den fossila koldioxiden ingår däremot inte i kolets kretslopp, utan när olja och kol som legat lagrat i jordskorpan i flera miljoner år förbränns, så frigörs koldioxid som bidrar till en ökad växthuseffekt.

4.1.2 Energi

För att värma upp en bostad, varmvatten eller för att ha lampor och elektriska apparater igång krävs det energi.³⁷ Energi är viktigt för att ha ett fungerande samhälle samt uppehålla vår goda livskvalitet, dock har energikonsumtionen en stark påverkan på miljön.³⁸ Det är därför viktigt att man använder och producerar energi på ett effektivt sätt. Några krafttag som är en förutsättning för att minska den miljöpåverkan som beror på vår energikonsumtion är:

- att använda förnyelsebara energikällor
- att energieffektivisera
- energimärka
- att hushålla med alla resurser.³⁹

Genomsnittshuset i Sverige 2009 hade en area på 149 kvm. Den totala genomsnittsförbrukningen av el var 23980 kWh/år varav 6000 kWh var hushållsel, 4500 kWh var varmvatten och 13 480 kWh var uppvärmning. För att minska en byggnads energiförbrukning kan dess transmissionsförluster minskas. Transmissionsförluster innebär att värmeenergin försvinner ut ur huset. Detta sker genom tak, väggar, golv/källare, fönster/dörrar och genom ventilation. För att minska energibehovet för ett hus är det dessa områden som kan förbättras.⁴⁰

Många som är insatta är överens om att frågan om energi måste in i projekten mycket tidigare än vad som är normalt idag. Det kan ofta bli dyrt och svårt att genomföra energismarta lösningar om energifrågorna kommer sent in i ett projekt.⁴¹ Byggbranschen har länge hävdats att det är svårt att nå upp till boverkets krav på att nya byggnader inte får förbruka mer än maximalt 110 kWh/kvm. Däremot finns det i Sverige goda förutsättningar både tekniskt och

³⁶ Holmentimber

³⁷ Vattenfall 1

³⁸ Vattenfall 2

³⁹ Vattenfall 2

⁴⁰ Energimyndigheten

⁴¹ Energi och miljö

Antal byggda passivhus ökar i takt med ökade energikostnader samt allmänhetens och politikernas medvetenhet om byggnaders energiförbruknings påverkan på klimatet. EU har diskussioner om att införa passivhusstandard som byggnorm för all nybyggnation med start 2016.⁴⁵

4.1.3 Livscykelanalys

För att bedöma den totala miljöpåverkan en produkt, tjänst eller en process har, kan en livscykelanalys göras. En livscykelanalys är en metod för att beräkna vilken påverkan produkten/processen utsätter miljön för från vaggan till graven,⁴⁶ men ofta görs jämförelser från produktion till färdig produkt, brukstadiet samt vilka restprodukter som blir kvar bortser man då ifrån. En LCA är indelad i fyra delar, syfte och avgränsning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och tolkning.⁴⁷ När en LCA är gjord kan produkten sedan jämföras med andra produkter för att se vilken som påverkar miljön minst.⁴⁸

I en rapport från svenska miljöinstitutet har livscykelanalyser och liknande studier av flervåningshus i trä och andra stommaterial granskats. Flertalet studier visar att koldioxidutsläppen blir mindre vid användandet av trästommar, men betydelsen av stommaterialet varierar kraftigt i olika studier. I användningsfasen verkar inte stommaterialet vara avgörande för miljöbelastningen. Det som har betydelse är till exempel installationer, isoleringstjocklek och fönsterstorlek.

I de jämförda rapporterna varierar betydelsen av stommaterialet mycket. Den stora skillnaden i resultat beror till stor del på avgränsningar och metodval. Fördelen med att använda trä som stommaterial kan ur miljöperspektiv uppnås om man använder biprodukterna och trä som rivningsavfall istället för fossila bränslen. Om man räknar med detta i en LCA blir resultatet ett mindre koldioxidutsläpp.⁴⁹

4.1.4 Hållbar utveckling

Idag pågår det en omställning för att kretsloppsanpassa samhället, man vill att materialflöden ska vara slutna och dessa flöden ska baseras på förnyelsebara råvaror samt på återvinning och återanvändning.⁵⁰ Enligt FN-rapporten ”vår gemensamma framtid” även kallad Brundtlandtrapporten från 1987 så definieras hållbar utveckling som:

⁴⁵ Passivhuscentrum

⁴⁶ ChalmersMagasin

⁴⁷ Träguiden 6

⁴⁸ Träguiden 7

⁴⁹ Ekvall, T (2006)

⁵⁰ Träguiden 8

"En utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov".

En hållbar utveckling innefattar inte bara en god miljö, utan består av ett samspel mellan vad som är ekologiskt, socialt och ekonomiskt hållbart, där människan och samhället anpassar sig efter vad vår hälsa och miljö klarar av och fungerar.⁵¹ Man vet idag att naturresursanvändningen behöver effektiviseras världen över. I Sverige har det dock pågått en effektivisering av förbrukningen av råvaror sedan 1950-talet. Sveriges tar sin utgångspunkt för en hållbar utveckling i miljöbalken.⁵²

4.2 Innemiljö

Det finns många faktorer som påverkar innemiljön i en bostad och eftersom att människor vistas en stor del av sitt liv i sin bostad, krävs det en god innemiljö.

4.2.1 Fukt

En av de vanligaste orsakerna till dålig innemiljö är fukt. I Boverkets byggregler kan man läsa att:

"Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa."⁵³

Fukt i en konstruktion kan vara en hälsorisk samt påverka innemiljön och energiförbrukningen negativt. Dessutom kan ändrad fuktkvot i ett material innebära att materialet krymper eller sväller. För att ur en fuktteknisk synvinkel kunna dimensionera en byggnad krävs det att man känner till vilken fuktpåverkan en byggnad kan utsättas för.

Fukt är naturligt och finns överallt i omgivningen. En byggnad kan påverkas av nederbörd, byggfukt, luftfukt, markfukt, läckage från installationer och spolning av väggar och golv.⁵⁴

BBR ger även några råd om hur material ska hanteras under byggtiden.

- Man bör skydda byggnader, byggmaterial och byggprodukter mot fukt och mot smuts.

⁵¹ Naturvårdsverket

⁵² Brandt, N. Gröndahl, F. (2002)

⁵³ Boverket

⁵⁴ Elmarsson, B; Nevander, L-E.(1994)

- Man bör dokumentera utförandet av byggdetaljer och byggnadsdelar som har en betydelse för framtida fuktsäkerhet.
- Det bör kontrolleras, genom mätningar, besiktningar och analyser som även dokumenteras, att byggmaterial inte fuktskadats.⁵⁵

4.2.1.1 Nederbörd

Principiellt finns det fyra olika sätt att bygga flerbostadshus på ett fuktsäkert sätt.

- Bygga huset på en dag så att taket monteras samma dag.
- Hela arbetsplatsen kan täckas in med tält.
- Genom att resa och montera taket på en ren stomme utan andra organiska material.
- Bygga så att man kan torka upp om det skulle behövas men då även minimera fuktbelastning under byggtiden.

Efter byggtiden krävs det att klimatskalet skyddar byggnaden mot nederbörd.

4.2.1.2 Byggfukt

Byggfukt är det vatten som en byggnadsdel måste avge innan den och dess omgivning är i fuktjämvikt. Den högre fukthalten i materialet kan uppkomma då det tillverkas, lagras, transporteras eller under byggtiden. Om materialet skyddas mot markfukt och regn då det lagras blir fukthalten i materialet i regel mindre.⁵⁶

4.2.1.3 Luftfukt

Fuktkvoten i trä strävar efter att hamna i jämvikt med omgivningen, som i många fall är luftens relativa fuktighet. Klimatet i en byggnad är varierande med året, då det på sommaren är fuktigare utomhus.⁵⁷

Inne i en byggnad anges storleken på luftfukten som ånghalt. Inomhusluftens ånghalt beror på utomhusluftens ånghalt, storleken på ventilationen samt fuktproduktionen inomhus. Det kan uppstå problem i en byggnad om ånghalten i inomhusluften är högre än mättnadsånghalten på fönster- och väggytor. En följd av detta kan vara att det blir kondens på insidan av fönsterrutor och mögelpåväxt på väggarna.⁵⁸

⁵⁵ Boverket

⁵⁶ Elmarsson, B, Nevander, L-E.(1994)

⁵⁷ Träguiden 10

⁵⁸ Elmarsson, B; Nevander, L-E.(1994)

Ett annat problem som kan uppstå är att inomhusluften tar sig ut i konstruktionen. En anledning till denna fukttransport är en skillnad i ånghalt på de båda sidorna av väggen och naturens strävan efter att jämna ut. Detta kallas för diffusion, som är en långsam fuktvandring, något som kan minska diffusionen är en diffusionsspärr/ångspärr i väggen. En annan anledning till fuktvandringen ut i väggkonstruktionen är fuktkonvektion, vattenånga som transporteras med en luftström, vilket innebär att luft tar sig igenom otätheter i väggen och för med sig luftfukten.⁵⁹ För att det ska bli skadlig kondens av fuktkonvektionen så krävs det en otät konstruktion, övertryck samt att ånghalten i inneluften är lägre än mätnadsånghalten för de byggnadsdelar som luftströmmen passerar i konstruktionen.⁶⁰ Fuktkonvektion kan orsaka allvarligare skada än fuktdiffusion, det är därför viktigt att en byggnad är lufttät. Ett annat sätt att motverka konvektion är genom att hålla ett undertryck inomhus.⁶¹

4.2.1.4 Läckage

Den vanligaste fuktskadan är läckage från installationer. Var 15:e bostad får en vattenskada enligt en undersökning av försäkringsbolagens byggreparations-kommitté. Konstruktiva lösningar bör vara utformade så att läckor snabbt upptäcks och kan åtgärdas. Ledningar bör inte vara inbyggda och tvättmaskiner och diskmaskiner bör ha översvämningsskydd.

4.2.2 Fuktrelaterade skador

Fukt kan leda till ett upphov av skador som kan påverka människan negativt. Önskade konsekvenser som följd av fukt kan vara:

- Fuktfläckar eller andra estetiska skador
- Frostsprängning
- Saltsprängning
- Korrosion
- Röta
- Hälsorisker eller elak lukt beroende av mögel, tryckimpregnerat virke eller emissioner från olika material
- Försämrade hållfasthet
- Fuktbetingade rörelser⁶²

⁵⁹ Träguiden 11

⁶⁰ SP

⁶¹ Träguiden 11

⁶² Elmarsson, B; Nevander, L-E.(1994)

4.3 Arbetsmiljö

Den vanligaste orsaken till att olyckor och i värsta fall dödsfall sker på en byggarbetsplats är fall. Det är därför viktigt att fall förebyggs med olika typer av skyddsanordningar. Men en god arbetsmiljö innebär inte bara att olyckor förebyggs, det innebär även att det är en bra miljö att arbeta i med avseende på psykiska och fysiska påfrestningar för kroppen.⁶³

Arbetsmiljöverket har ansvar för att ta fram regler för hur en god arbetsplats ska vara. Dessutom kontrollerar arbetsmiljöverket att deras uppsatta regler efterföljs och ger ut information som förtydligar vad dessa regler innebär.⁶⁴ Den som är ansvarig för arbetsmiljön på en byggarbetsplats är byggherren. Man strävar efter att ha ett systematiskt arbetsmiljöarbete på alla arbetsplatser, med detta menas att man uppmärksammar och tar hänsyn till förhållanden som råder på arbetsplatsen och på något sätt påverkar människors hälsa och miljö.⁶⁵ Arbetsgivaren, anställda och skyddsombud bör tillsammans, för att ha ett väl fungerande arbetsmiljöarbete, bestämma vilka rutiner som krävs på arbetsplatsen.⁶⁶

Arbetsmetoder och utrustning

- Ska motverka olyckor beroende av fall eller ras.
- Ska undvika onödigt tröttande samt hälsofarliga belastningar för kroppen.
- Som gör att exponeringen för buller, vibrationer, farliga ämnen och luftföroreningar blir låg.⁶⁷

⁶³ Arbetsmiljöverket 1

⁶⁴ Arbetsmiljöverket 2

⁶⁵ Arbetsmiljöverket 3

⁶⁶ Arbetsmiljöverket 4

⁶⁷ Arbetsmiljöverket 5

5 Ett nytt byggsystem i trä

I Västra Hamnen i Malmö håller det nu på att byggas ett flervåningshus med ett nytt byggsystem i trä. Det är första gången detta byggsystem, som har utvecklats av Derome i samarbete med Tyréns, används. För att få en verklighetsförankring i denna rapport har detta projekt i Västra Hamnen i Malmö studerats genom studiebesök och intervjuer av involverade personer.

Intervjuade personer är Hans Palmqvist projektledare från Derome Mark och Bostad, Patrik Jensen som utvecklat byggsystemet och är konstruktör på Tyréns, Fredrik Karlsson som och är konstruktör på Tyréns, Emile Hamon som varit med i början och utvecklat systemet men nu arbetar som Verksamhetsutvecklare på Veidekke, Mattias Carlberg från Veidekke som är platschef samt Jerker Lessing. Nedan följer en sammanställning av de fakta om projektet som framkommit vid dessa intervjuer och vid studiebesöket på byggarbetsplatsen.

5.1 Utveckling av ett nytt byggsystem

När det nya byggsystemet skulle utvecklas var tanken att man skulle eftersträva Lessings teoretiska modell med processer separerade från de unika projekten. Kunskap och erfarenheter ska efter avslutat projekt återföras så att plattformarna kan uppdateras och byggsystemets komponenter och moduler kontinuerligt kan utvecklas. Byggsystemet bygger på att standardisera sådant som inte ger mervärde för kunden som till exempel mått och gränssnitt.

Arkitekter ska kunna skapa varierande byggnader utifrån det framtagna byggsystemet genom att kombinera dess standardiserade komponenter och byggnadsdelar. För att detta ska fungera smidigt måste arkitekten vara medveten om de begränsningar och regler som gäller för systemet.

5.2 Om systemet

Tyréns och Derome ansökte tillsammans om medel av Centrum för Byggnad och Boende i Trä (CBBT) för att ta fram ett fyra- till åttavånings öppet byggsystem i sågat trä. CBBT är en stiftelse som initierar och finansierar forskning och utveckling inom träbyggnadsområdet.

Att utveckla ett system för fyra till åtta våningar kan vara en fördel eftersom kravet vid byggande av mer än åtta våningar ökar på hur länge en byggnad ska klara stå emot brand, från 60 till 90minuter. Och därför behövs det mer gips i byggnader som är nio våningar eller mer, än vad man är beredd att använda.

Byggsystemet bygger på att man har ett stomsystem med ytterväggar, stomstabiliserande innerväggar och lägenhetsavskiljande väggar. På ytterväggselementen hänger en invändig skalvägg löst fastspänd med små skruvar. När elementen är på plats hängs bjälklagselementen på. I bjälklaget hänger det ett separat undertak. När man har monterat huset frikopplas det löst fastspända väggarna för att sedan fästas i det separata undertaket. Detta gör att innerväggar och undertak inte hänger samman med övriga konstruktionsdelar, därmed motverkas spridningen av stomljud.

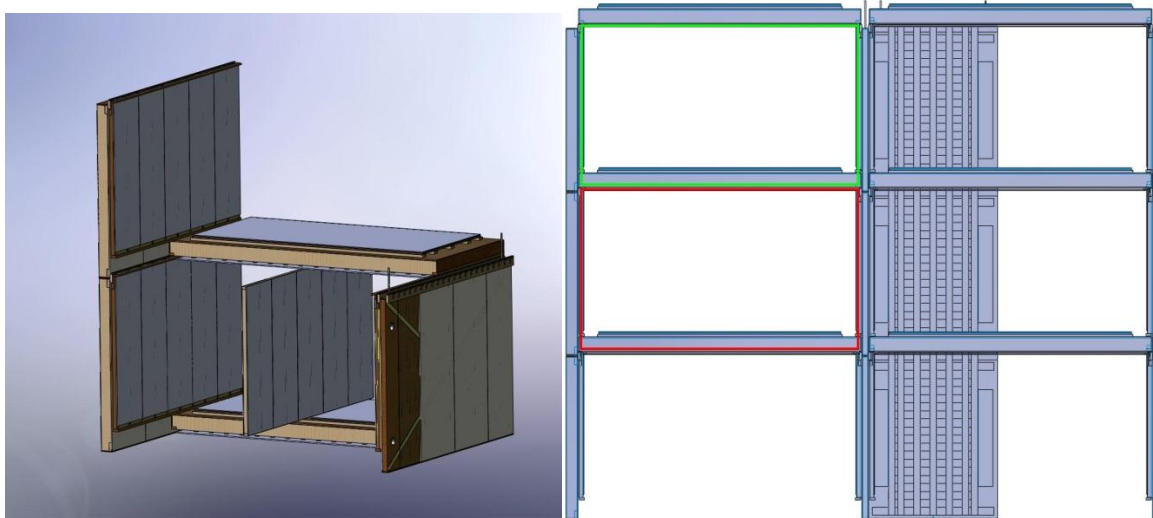


Bild 5.1 & 5.2 Monterade byggdelar. De inramade rummen utgör olika ljudceller.⁶⁸

De krav som initialt ställdes på systemet var att det skulle byggas i sågat virke. Det har inneburit att stabiliteten har fått lösas med skivverkan. Några speciella krav på till exempel energi ställdes inte, men man la sig på en högre nivå än vad som var praxis. Med högre krav på energiförbrukning kommer systemet att få förbättras, tanken i nuläget är att man kan isolera utåt genom använda en väderskiva som förebygger köldbryggor och ger varma regler innanför.

5.2.1 Systemet bygger på modulariseringstankar

Systemet bygger på modulariseringstankar för att man ska kunna lyckas med den konfigureringsprocess som man strävar mot. Modularisering handlar om att titta på funktioner och kapsla in dem i moduler där man standardiserar gränssnittet. Det man eftersträvar är axiomatisk design, 1:1 relationer, vilket betyder att om man vill byta ut en vägg ska det inte påverka övriga delar av byggnaden. Detta är svårare i praktiken än i teorin. Moduler byggs upp av olika komponenter och har mått som är jämnt delbara med 150mm. Gränssnitten mellan komponent och modul är standardiserade.

⁶⁸ Träplattformen – en plattform för industriellt träbyggande

5.3 Kvarteret skonaren – första byggprojektet



Bild 5.3 Kvarteret skonaren.⁶⁹

För att få köpa mark ute i Västra Hamnen ställde Malmö kommun höga krav på vilken hänsyn som skulle tas till miljöfrågor. Derome hade en tydlig miljöprofil och tryckte mycket på att trä är ett miljövänligt material och fick därför köpa mark. Många kommuner tycker att det är en fördel att man bygger i trä, eftersom det anses ha ge positiva miljöeffekter och lägre koldioxidutsläpp i jämförelse med betong.

När Derome hade köpt mark kontaktades en arkitekt för att utforma husen som skulle byggas. Detta var innan byggsystemet som husen byggs med var påtänkt. Detta innebar att en anpassning krävdes mellan systemet och det hus som var ritat. Anpassningsarbetet blev krävande eftersom att detaljplanen var strikt och byggsystemet har sina begränsningar.

I projektet kommer man att använda byggsystemet i fyra- och femvåningshusen. Man kommer också bygga en nio våningar hög tornbyggnad, men den utförs i betong. Detta beror mestadels på att tornbyggnaden är nio våningar och systemet endast är anpassat till åtta våningar.

⁶⁹ Jais-Nielsen White

Enligt detaljplanen så krävdes en annan planlösning på bottenvåningen, eftersom man bl.a. behövde genomgångar från gatan till innergården. Därför har man fått bygga första våningen i betong, då lösningen i trä bygger på att det är liknande planlösning på alla våningsplan.

5.4 På byggarbetsplatsen

När trästommarna levereras till byggarbetsplatsen kommer dessa inplastade i paket, delarna plockas sedan efterhand ur paketen. I och med att det är trästommar kräver det en större noggrannhet med att täcka byggdelarna som ska förvaras på byggarbetsplatsen eftersom det är viktigt att hålla nere fuktnivån i träet.

På byggarbetsplatsen har det gjorts en miljövänlig etablering. Detta innebär att så lite energi som möjligt ska användas. Varmvattnet blir uppvärmt av solfångare och återvinningspumpar har installerats i byggbodarna, vilket har medfört att elradiatorerna varit mer som ett komplement. Dessa val har inneburit en viss investeringskostnad.

Eftersom att systemet är i trä så har det krävts att byggnaderna under byggtiden skyddas av ett väderskydd, som i detta fall består av ett tält. Tältet är dyrt, men krävs för att kunna bygga i trä. På marknaden finns det idag två typer av väderskydd, men endast ett som fungerar bra för detta byggsystem. Väderskyddet bidrar även till ett bra och behagligt klimat att arbeta i utan regn och vind. Tältet är en plattform som följer med huset upp våning för våning, något som är en bra lösning under montagetiden. Vid komplettering av fasader så tar det dock längre tid när man jobbar med plattform eftersom det krävs att alla är på samma plan till skillnad från när man har ställning då det går att arbeta på flera våningsplan samtidigt. Denna lösning av väderskydd ställer krav på att folk är på plats och gör det som ska göras vid utsatt tidpunkt, då det vid utvändigt arbete krävs att ett våningsplan är klart innan plattformen kan höjas.



Bild. 5.4 och 5.5 Väderskydd som skyddar byggnaderna i Västra Hamnen i Malmö

Det speciella monteringsättet ställer höga krav på byggarbetarna och underentreprenörer. Därför är det viktigt att det informeras och utbildas tidigt i projektet.

5.5 Miljö

Derome kom med krav på att det skulle byggas med passivhusstandard . För att uppfylla passivhuskravet blev det en fråga om installationer, installatören har räknat på energin och satt upp krav. Tätheten som krävs finns från början med i systemet och den väggjocklek systemet ger, var i det här projektet tillräcklig för att tillsammans med övriga faktorer uppnå passivhusstandard.

Om man kan nå passivhusstandard beror mycket på utformningen av ett hus, ett kvadratisk hus är bättre i det avseendet än ett långsmalt, mängden fönster och geografiskt läge spelar också in.

Eftersom tätheten är viktig när man bygger passivhus, har man gjort lösningar så att det går enkelt att komma åt för att täta i skarvar. När huset är tätat provtrycks det innan gipset monteras, för att det ska gå lätt att täta eventuella otätheter.

Enligt Hans Palmqvist, projektledare för Derome, så kostar det mycket att bygga miljöeffektivt, framförallt med avseende på energi. Men å andra sidan så kan man framhäva att projektet är miljöeffektivt i marknadsföringen.

6 Analys

6.1 Material

I projektet i Västra hamnen användes betong för att bygga källare och entréplan pga. att träbyggande kräver en liknande planlösning på alla plan. När detaljplanen ställde andra krav på entréplan så lämpade det sig bättre att använda betong. Ett bra exempel på att varje material har sina för- och nackdelar och även används därefter. Kanske är trä bättre ur miljösynpunkt, men ibland kan man inte bygga som planerat med trä utan onödigt krångliga lösningar. Trä har bra funktionsegenskaper vad gäller ytterväggar, men i till exempel bjälklag krävs det avancerade lösningar för att man inte ska få akustikproblem. Användandet av trä kan därför ifrågasättas när det ställs funktionskrav som ett annat material klarar bättre. Då finns det kanske ett bättre användningsområde för det trä som skulle ha använts. Utveckling av bjälklag i trä med hänsyn till akustik och vibrationer bra vara en prioriterad fråga i utvecklingen av träbyggnader.

För att uppnå den hållbara utveckling som Brundtlandtrapporten efterfrågar kan man använda förnyelsebara råvaror och då kan trä i byggandet vara en bra lösning. Trä är en förnyelsebar resurs och positiva effekter uppstår då man använder restprodukter från träproduktionen och det trä som blir kvar efter rivning till att ersätta fossila bränslen. Man kan ifrågasätta till vilken grad detta kommer att realiseras, men det finns åtminstone en potential.

6.1.1 Vädskydd

Trä kan vara känsligt med avseende på fukt i jämförelse med betong. Det ställs därför högre krav på att trähus inte utsätts för fukt under byggnationen. Som skydd under byggtiden verkar det som att alla är överens om att det behövs ett vädskydd i form av tält eller liknande. Dock finns det bara två aktörer på marknaden som erbjuder denna typ av vädskydd, där endast ett av dessa vädskydd passar byggsystemet i Västra Hamnen bra. Detta är något som anses lite oroande eftersom det inte finns tillräcklig konkurrens och kostnaden kan öka.

Det vädskydd som används till kv. Skonaren består av en plattform som följer med huset upp våning för våning. Detta innebär en nackdel vid fasadkomplettering då man måste jobba på ett plan i taget när man använder vädskyddet. Till följd av att man använder tält som vädskydd under byggtiden i ett trähus uppstår också positiva effekter. Bland annat så blir det ett behagligt klimat för den som arbetar där eftersom vind och regn stängs ute.

6.2 Industriellt byggande

Det industriella byggandet står för att tänka igenom vad man gör, att ständigt utvärdera och förbättra. Genom att göra miljöarbetet till en del av den förbättringsprocessen borde det finnas stora möjligheter. Ser man till att få rätt funktion på rätt plats så håller en byggnad mycket längre. Allt som måste göras om för att det är fel, är slöseri med tid, pengar och material och även något som då tär på miljön.

Med byggnadsdelar som är prefabricerade kan materialanvändningen optimeras och förhoppningsvis genom att jobba kontinuerligt med systemet kan man under tiden också hitta och testa lämpliga material som kan ge en bättre miljöpåverkan. Allt är en avvägning och genom att man ser sin verksamhet som en process och jobbar hårt med kunskapsåterföring kan man också slippa att göra samma misstag två gånger.

När man har samma system på flera olika arbetsplatser kan rutiner och liknande utvärderas och man kan dra erfarenheter som bidrar till en bättre arbetsmiljö i senare projekt.

Målen är att undvika icke värdeskapande aktiviteter, få ett bra arbetsflöde, effektiva processer och maximalt kundvärde. Kan man här implementera miljötänkande finns det mycket att vinna. Det är i planeringsstadiet som nya idéer kan införas utan allt för stora kostnader, när man sedan följer upp finns det vidare möjligheter att utveckla idéerna och miljömålen. Kan man dessutom definiera miljöfrågor som värdehöjande blir det en naturlig del av processen.

7 Slutsatser

Vid byggande är främst koldioxidutsläpp och energianvändning de miljöaspekter som beaktas. Hållbarhet och frågan om ingående material är förnyelsebara eller inte är också relevant i frågan.

Trä uppvisar goda egenskaper i fråga om miljöaspekter och det finns potential att utnyttja materialet miljöeffektivt. Det är ett förnyelsebart material som ingår i kolets naturliga kretslopp. Däremot kan man ifrågasätta om det är en bra lösning att alla lösningar är i trä. Kanske finns det potential i att blanda in andra material i systemen och använda varje material där det är mest effektivt.

Det industriella byggandet kan genom kunskapsåterföring och ständig utveckling påverka miljön. Då krävs det att miljöaspekter är prioriterade och kanske ses som något som ger ökat kundvärde.

Genom att använda sig av det väderskydd som träbyggnation kräver uppstår det för- och nackdelar. Väderskyddet medför en relativt hög kostnad och plattformen kan endast användas på en våning i taget. Fördelarna är ett torrt arbetsklimat som är positivt för byggnaden och byggnadsarbetarna.

Källförteckning

Tryckta källor

”Att välja trä”, (2004) Skogsindustrierna, Stockholm.

Boverket. (2008) ”Regelsamling för byggande, BBR” . Boverket.

Brandt, N. Gröndahl, F. (2002). ”Som man sår... Miljökunskap”, Natur och kultur.

Burström, P-G (2007). ”Byggnadsmaterial”. Andra upplagan. Studentlitteratur

Ekvall, T (2006). ”Miljöaspekter på val av stommaterial av byggnader – kompletterande kartläggning av kunskapsläget”. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg.

Elmarsson, B; Nevander, L-E.(1994) ”Fukthandbok, Praktik och teori”, Svensk byggtjänst. Tredje utgåvan. Svensk Byggtjänst.

Gerth, R. (2008) ”En företagsmodell för modernt industriellt byggande”, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm.

Jensen et al. (2011) ”Träplattformen – en plattform för industriellt träbyggande”, Rapportering av utvecklingsprojekt inom CBBT.

Jespersen, B. Skjott-Larsen, T. (2005) ”Supply chain management: in theory and practice” Copenhagen Business School Press.

Johnsson, H et al. (2011) ”Industriellt byggande i Sverige”. Luleå tekniska universitet

Lessing et al. (2005) ”Industriellt byggande är mer än bara prefabricering”. Tidningen Bygg och Teknik, 2/05.

Lessing, J. (2006) ”Industrialised House-Building – Concept and Processes”, Lunds Universitet, Lund.

Liker, J. (2004) “The Toyota Way”. McGraw-Hill, New-York, USA

Lumsden, K. (1998, 2006) ”Logistikens grunder”, Studentlitteratur.

Molnar, M. et al. (2009) ”Erfarenheter och effekter av industriellt byggande i Sverige. FoU-Syd Rapport 0905”, Sveriges Byggindustrier

Stehn, L. et al. (2008) ”Byggandet av flervåningshus i trä, erfarenheter efter tre års observation av träbyggandets utveckling”, Luleå tekniska universitet, Luleå

Winch, G. (2003) “Models of manufacturing and the construction process: The genesis of re-engineering construction.” Building Research & Information.

Elektroniska källor

Arbetsmiljöverket 1. *Förebygg risken för fall*. Tillgänglig: <<http://www.av.se/teman/bygg/forebygg/>>. (2011-05-02)

Arbetsmiljöverket 2. *Om arbetsmiljöverket*. Tillgänglig: <<http://www.av.se/hjalp/lattlast/Omarbetsmiljoverket/>>. (2011-05-02)

Arbetsmiljöverket 3. *Systematiskt arbetsmiljöarbete, SAM*. Tillgänglig: <<http://www.av.se/sam/>>. (2011-05-02)

Arbetsmiljöverket 4. *Förebygg*. Tillgänglig: <<http://www.av.se/sam/forebygg/>>. (2011-05-02)

Arbetsmiljöverket 5. *Arbetsmiljöplan*. Tillgänglig: <<http://www.av.se/teman/bygg/arbetsmiljoplan/>>. (2011-05-02)

Boverket. *Din innemiljö*. Tillgänglig: <<http://www.boverket.se/Miljo/Din-miljo/Innemiljo/>>. (2011-03-03)

Byggindustrin. ”Att bygga energieffektivt inte så märkvärdigt”. Tillgänglig: <http://www.byggindustrin.com/nyheter/att-bygga-energieffektivt-inte-sa-markva_4959>. (2011-05-02)

ChalmersMagasin. *Livscykelanalys ger bättre miljö*. Tillgänglig: <http://www.chalmers.se/HyperText/ChalmersMagasin/nr3_2001/livscykelanalys.pdf>. (2011-02-24)

CBBT. *Om CBBT*. Tillgänglig: <<http://www.cbbt.se/website3/1.0.3.0/7/1/index.php>>. (2011-04-14)

Energimyndigheten. *Din uppvärmning*. Tillgänglig: <<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/>>. (2011-05-02)

Energi och miljö. *Energin måste in tidigare*. Tillgänglig:
<<http://www.energi-miljo.se/aktuellt/senaste-nytt/energin-maste-in-tidigare/>>.
(2011-05-02)

Forskning vid Linköpings Universitet. *Trähus öppnar vägen för industriellt byggande*. Tillgänglig:
<<http://www.liu.se/forskning/forskningsnyheter/1.265036?l=sv>> (2011-05-10)
Holmentimber. *Träingår i kolets kretslopp*. Tillgänglig:
<<http://holmentimber.com/Main.aspx?ID=3c3b2300-0de4-4415-84c8-c6b18f281e19>>. (2011-02-26)

Husbyggaren. *EU vill ha effektivt byggande genom öppna system*.
Tillgänglig: <<http://www.bygging.se/husbyggaren/artiklar/910262576.html>>.
(2011-04-20)

Industrifakta. *Konsekvenser av industrialiserat byggande*. Tillgänglig:
<http://www.industrifakta.se/pdf/industrialiserat_byggande.pdf>(2011-05-13)

Jais-Nielsen White. *Skonaren, Malmö*. Tillgänglig: <<http://www.jais-nielsenwhite.se/pagaende/pagaende.asp?id=56>> (2011-05-13)

Leanforumbygg. *Vad är lean?* Tillgänglig: < <http://www.leanforumbygg.se/>>
(2011-04-26)

Martinsons. *Massivträhandboken*.(2006) Tillgänglig:
<http://www.martinsons.se/Allm%E4n/Filer/Byggsystem/Massivtrahandboken_2006.pdf> (2011-05-13)

Naturvårdsverket. *Hållbar utveckling*. Tillgänglig:
<<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Sveriges-miljomal/Ett-hallbart-samhalle/Hallbar-utveckling/>>. (2011-03-29)

Ny teknik. *Volymelement*.Tillgänglig:
<<http://www.nyteknik.se/uppslagsverk/volymelement>>. (2011-05-20)

SBR. *EU vill ha effektivt byggande genom öppna system*. Tillgänglig:
<<http://www.bygging.se/husbyggaren/artiklar/910262576.html>>. (2011- 03-29)

Skogssverige. *Trä och fukt*. Tillgänglig:
<http://www.skogssverige.se/tra/furan/tra_fukt.cfm?sid=6> (2011-05-22)

SP. *Allmänt om fukt*. Tillgänglig:

<<http://www.sp.se/sv/index/services/moist/general/Sidor/default.aspx>>. (2011-04-29)

Träguiden 1. *Ljud*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/PageTwoColumn.aspx?id=1018>>. (2011-04-14)

Träguiden 2. *Miljö*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/GeneralPage.aspx?id=950>>. (2011-04-14)

Träguiden 3. *Olika effekter på miljön*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=953&contextPage=951>>. (2011-04-14)

Träguiden 4. *Miljöeffekter*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/PageTwoColumn.aspx?id=951>>. (2011-04-14)

Träguiden 5. *Träproduktens kretslopp*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=957&contextPage=951>>. (2011-04-14)

Träguiden 6. *LCA-metodik*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=973&contextPage=970>>. (2011-04-14)

Träguiden 7. *LCA*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/PageTwoColumn.aspx?id=970>>. (2011-04-14)

Träguiden 8. *Globalt*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=982&contextPage=981>>. (2011-04-14)

Träguiden 9. *Väderskydd*. Tillgänglig:

<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1318&contextPage=1301>>. (2011-03-29)

Träguiden 10. *Fuktinnehåll och sorptionskurva*. Tillgänglig:
<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1004&contextPage=>>. (2011-03-29)

Träguiden 11. *Fukttransport och fuktupptagning*. Tillgänglig:
<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1006&contextPage=999>>. (2011-03-29)

Träguiden 12. *Flervåningshus*. Tillgänglig:
<<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=868&contextPage=859>>. (2011-05-19)

Vattenfall 1. *Energibesparing i ditt hem*. Tillgänglig:
<<http://www.vattenfall.se/sv/ditt-boende.htm>>. (2011-05-02)

Vattenfall 2. *Om energi och klimat*. Tillgänglig:
<<http://www.vattenfall.se/sv/om-energi-och-klimat.htm>>. (2011-05-02)

Växjösamtalet. *Industriellt träbyggande*. Tillgänglig:
<<http://www.vaxjosamtalet.se/website1/1.0.1.0/44//industriellt.pdf>>. (2011-05-20)

Muntliga källor

Carlberg, M. Platschef Veidekke. (2011-05-16)

Hamon, E. Verksamhetsutvecklare Veidekke. (2011-04-27)

Jensen, P. Konstruktör Tyréns. (2011-05-04)

Karlsson, F. Konstruktör Tyréns. (2011-04-08)

Palmqvist, H. Projektledare Derome. (2011-05-04)

Lessing, J. Ansv. Industriellt byggande Tyréns. (2011-03-18)