



CHALMERS



Framtidens boende för tjänstemän Modulbyggnation som en hållbar lösning för tillfälliga boenden

Examensarbete inom kandidatprogrammet
Affärsutveckling och entreprenörskap inom byggsektorn

ANNA DANESHVAR
ALEXANDRA RYDIN

Framtidens boende för tjänstemän

Modulbyggnation som en hållbar lösning för tillfälliga boenden

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom byggsektorn

ANNA DANESHVAR

ALEXANDRA RYDIN

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2016

Framtidens boende för tjänstemän
Modulbyggnation som en hållbar lösning för tillfälliga boenden

*Examensarbete inom kandidatprogrammet
Affärsutveckling och entreprenörskap inom byggsektorn*

ANNA DANESHVAR

ALEXANDRA RYDIN

© ANNA DANESHVAR, ALEXANDRA RYDIN, 2016

Examensarbete BOMX03-16-13 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2016

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
FastCODesign, adAPT NYC, 2015.

Chalmers
Göteborg 2016

Framtidens boende för tjänstemän

Modulbyggnation som en hållbar lösning för tillfälliga boenden

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom byggsektorn

ANNA DANESHVAR

ALEXANDRA RYDIN

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Construction Management

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete granskar och undersöker huruvida modulbyggande är en kostnadseffektiv, tilltalande och hållbar tillfällig bostads- och kontorskombination för tjänstemän. Serneke Group AB efterfrågar en realistisk lösning att applicera under längre projekt varvid det erfordras att tjänstemännen behöver kunna resideras på byggarbetsplatsen under längre perioder. För att rättvist granska modulbyggnationen som ett förslag relaterat till Serneke Group ABs efterfrågan har frågeställningar utformats gällande faktorerna tid, kostnad, flexibilitet, utformning, montering, demontering samt transporter.

För genomförandet av examensarbetet har information i form av vetenskapliga litteraturstudier, myndighetsidor samt regelverk inhämtats. Artiklarna som använts baseras på olika undersökningar varav flertalet är baserade på fallstudier som utförts inom området prefabricering och modulbyggande. Myndighetssidor har använts eftersom de återger de krav och regler som gäller vid byggande samt transport av moduler. Vi har också använt oss av intervjustudier med öppna frågor där relevanta yrkespersoner från näringslivet samt forskare från Chalmers Tekniska Högskola har intervjuats. Syftet med intervjustudierna är att ta reda på hur byggprocessen går till gällande modulbyggande och samtliga för- och nackdelar.

Fördelar med modulbyggande är att det är en tids- och kostnadseffektiv byggprocess som är flexibel vid leverans, montering och demontering samt visar på mindre miljöpåverkan jämfört med traditionellt byggande. Själva byggprocessen sker i en säker och kontrollerad miljö på fabrik som leder till minskad risk för både arbetsskador och skador på konstruktionen. Det ger också en hög och konsekvent finish på produkten. Ytterligare fördelar är att den totala byggtiden förkortas. Kvalitéer med modulbyggande är att det ger en konsekvent standard och ökad produktivitet i form av mindre problemrelaterade moment samt minskat materialspill. Nackdelar som vi funnit och som diskuteras är relaterat till transporten samt fukt i konstruktionen.

Modulbyggande genererar ett hållbart och flexibelt boende till ett bättre pris i och med dess låga konstruktionskostnader. Således rekommenderas modulbyggnation som en relevant lösning att applicera för Serneke Group ABs efterfrågan på ett tids- och kostnadseffektivt boende för deras tjänstemän.

Nyckelord: Moduler, modulbyggnation, modulbyggande, prefabricering, framtidens boende, tjänstemän, hållbart, tids- och kostnadseffektivt, kvalité, industriell byggprocess

Future housing for professionals

Modular construction as a sustainable solution for temporary housing

Diploma Thesis in the Bachelor Programme

Business Development and Entrepreneurship for Construction and Property

ANNA DANESHVAR

ALEXANDRA RYDIN

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The thesis examines and investigates whether modular construction is a cost-efficient, attractive and sustainable alternative for temporary housing and office combination to professionals. Serneke Group AB are asking for a realistic solution to apply to projects, in which it is required that professionals need to be able to reside at the construction site for longer periods. In order to fairly examine modular construction as a proposal related to Serneke Group AB's demands, questions regarding the factors of time, cost, flexibility, design, assembly, disassembly and transportation have been examined.

For the implementation of this thesis information from scientific literature and regulatory have been gathered. Articles used are based on different surveys where the majority of which are based on case studies conducted in the area of prefabrication and modular construction. The thesis is also based on interview studies in the form of open questions where relevant professionals from the industry and scientists from Chalmers University of Technology have been interviewed. The purpose of the interview studies was to research information regarding the building process of modular construction and its advantages and disadvantages.

Advantages of modular construction are that it is a time- and cost- efficient construction process that is flexible in delivery, assembly and disassembly, which means less environmental impact compared to traditional construction. The construction process takes place in a safe and controlled environment in the factory that leads to reduced risk of damage to both construction and workers, which in return provides a high and consistent finish to the product. Further advantages are that the total construction time is shortened. Among qualities with modular construction are that it provides a consistent standard and increased productivity in the form of less on-site problems and reduced material waste. Disadvantages that has been found and discussed are regarding the transportation and damp in the construction.

Modular building generates a durable and flexible accommodation for a better price, because of its low construction costs. Thus, modular construction is recommended as a relevant solution to Serneke Group AB's demands for a time- and cost-effective accommodation for their professionals.

Key words: Modules, modular construction, prefabrication, future housing, professionals, sustainable, time and cost, quality, industrial building process

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
<i>DIPLOMA THESIS IN THE BACHELOR PROGRAMME</i>	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Utveckling	3
1.1.2 HSB Living Lab	3
1.2 Företagspresentation	4
1.3 Problemformulering	4
1.4 Syfte	5
1.5 Frågeställningar	5
1.6 Avgränsningar	6
2 METOD	7
2.1 Litteraturstudier	7
2.2 Intervjuer	7
3 LITTERATUR	9
3.1 Modulbyggandets applicering	9
3.2 Fördelar med prefabricering	10
3.3 Prefabriceringens miljöpåverkan jämfört med traditionellt byggande	12
4 RESULTAT	14
4.1 Modulbyggnation	14
4.1.1 Byggnadsprocessen	14
4.1.2 Transport	16
4.1.3 Montering och demontering	19
4.2 Tidsåtgång	20
4.3 Kostnad	20
4.3.1 Jämförelse av olika leverantörer	22
4.3.2 HSB Living Lab byggkostnad	23
4.4 Hållbarhet	24
4.4.1 Problem relaterat till modulbyggnation	24
4.5 Utformning	25
4.5.1 Studentcontainern av Swedish Modules	25
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete BOMX03-16-13	III

4.5.2	Light Gauge Steel av FrameCad	26
4.5.3	Spacebox Modular Housing, Nederländerna	27
4.5.4	Moelvans Skagershuset, Stockholm	28
4.6	Effektivisering av boendet	28
5	DISKUSSION	30
6	SLUTSATS	33
7	FÖRSLAG PÅ VIDARE STUDIER	34
8	REFERENSER	35
8.1	Litteratur	35
8.2	Elektroniska referenser	35
8.3	Muntliga referenser	37
BILAGOR		

Förord

Kandidatuppsatsen ”Framtidens boende för tjänstemän” är skriven vid institutionen Bygg- och miljö på Chalmers tekniska högskola och är det avslutande momentet på programmet *Affärsutveckling och entreprenörskap inom byggstekorn*.

Rapporten undersöker, på uppdrag av Serneke Group AB, fördelar och nackdelar med modulbyggande och huruvida denna industriella byggprocess skulle kunna tillämpas i projekt för tjänstemän under långtidsanvändning. Arbetet med kandidatuppsatsen har varit givande och intressant samt har lett till djupare insikt i och förståelse för modulbyggnationens användande och möjligheter.

Vi vill rikta ett speciellt tack till vår handledare Bert Luvö, tekniklektor vid Bygg- och miljöteknik på Chalmers tekniska högskola, som har hjälp och stöttat oss genom arbetets gång.

Vi vill även tacka Mohammad Chashm-Jahan, anbudsingenjör på Serneke Group AB, som har bidragit med intressant information och vägledning.

Tack till Anna Bjelkemyr som tog sig tid att svara på frågor för intervju samt visa oss runt i Swedish Modules fabrik i Emtunga. Detta har varit till stor hjälp för oss och bidragit med värdefull information om modulbyggande.

Tack till Björn Bergsten som genom intervju och platsbesök bidragit med värdefull information angående HSB Living Lab och dess genomförande.

Slutligen vill vi även tacka Shea Hagy som tagit sig tid att svara på frågor angående projektet HSB Living Lab.

Göteborg juni 2016
Anna Daneshvar
Alexandra Rydin

1 Inledning

Framtidens boenden ska kunna byggas snabbt och effektivt. De ska vara lätta att montera och demontera och förslagsvis vara i form av enkla och presentabla boenden. En lösning för detta som granskas i denna rapport är att bygga med hjälp av den industriella byggprocessen i form av moduler. Visionen är att boendet ska vara utformat på ett sådant sätt att det kan återanvändas på annan plats efter behov. Att uppföra en byggnad på ett tidseffektivt sätt är en av framtidens byggnadslösningar och det sätt som detta examensarbete, relaterat till Serneke Group ABs problemformulering, undersöker.

1.1 Bakgrund

Redan med början på 1920-talet, i samband med byggandet av de vattenkraftverk som Vattenfall uppförde i Norrbottens län kring Stora Luleälven fram till 1972, krävdes anordning av bostäder för tjänstemän som arbetade under projektet. Två exempel på detta är Sourvamagasinet och Messaure där det uppfördes arbetsbaracker och modulbyggnation i form av bostäder för tjänstemännen och deras familjer. I samband med utbyggnaden av Sourvamagasinet konstruerades det år 1920 ett 40-tal arbetsbodar för 300 tjänstemän (Vattenkraft, 2016). Vid Messaure-projektet uppfördes det ett komplett samhälle eftersom det omfattade ett av Sveriges största vattenkraftverksbyggen. För att så effektivt som möjligt utnyttja arbetskraften kom flertalet tjänstemän och arbetare från Vattenfalls tidigare vattenkraftsprojekt att behöva bo på platsen. Boenden, skola, kyrka, livsmedelsaffärer, polisstation, sjukstuga med mera byggdes upp för att skapa ett tillfälligt samhälle på platsen för dessa tjänstemän och deras familjer (Hallin, 2004 & Jansson, 1983).

Modulbyggnation går således inom begreppet industriellt byggande och där kategoriseras även prefabricerade byggelement. Metoden användes under Miljonprogrammet 1965-1975 för att effektivt åtgärda avsaknaden av bostäder under efterkrigstiden. En av fördelarna med miljonprogrammets industriella byggande, i form av de prefabricerade elementen, var att produktionstiden effektiviserades. Nackdelen med det industriella byggandet som implementerades var att det ledde till avsaknad av arkitektonisk variation (Boverket, 2007). Enligt Boverket påpekas dock att endast 20 procent av byggnationen under miljonprogrammet var prefabricerat, detta på grund av marknadsformen oligopol som upphävde effekten av den tekniska utvecklingen på grund av den bristfälliga konkurrensen (Boverket, 2007).

En av fördelarna med modulbyggnation är att byggprocessen sker i fabrik med standardiserade arbetsmoment vilket effektiviserar byggprocessen då inga väderförhållanden kan försena processen. På så vis kan även kvalitetsfel som mögel- och fuktskador undvikas eftersom tillverkningen sker under tak. På byggarbetsplatsen förbättras arbetsmiljön i form av färre olyckor, ökad produktivitet och förkortad byggtid (Svensk Betong, 2016). Själva modulen byggs ihop till ett komplett volymelement i fabrik och i detta volymelement kan exempelvis både el och VVS vara installerat samt eventuellt fast inredning. På marknaden finns flertalet varianter som tillverkas i olika material så som stål, trä eller betong. Vid leverans till anordnad plats krävs endast förarbeten och slutmontering av modulerna och på så vis effektiviserar produktionstid och monteringsstid. Industrialiseringen gör på så vis att byggprocessen blir effektiviserad i jämförelse med traditionell platsbyggnation. Detta

ger större möjligheter och resurser för att fokusera på faktorer som brukarna och omgivningen värdesätter. En viktig faktor som bör fokuseras på är god arkitektur som uppnås genom arkitektens omsorgsfulla och kreativa val av fasadelement vid modulbyggnation (Svensk Betong, 2016).

Förutom en effektiviserad byggprocess innebär modulbyggnation även en snabbare boendelösning. Konkurrensfördelar med modulbyggnation är en snabbare inflyttningsprocess för hyresgästen från det att grundplattan gjutits (Svenskt Trä, 2012). Detta betyder att det är en effektiv och smart lösning vid behov av snabba lösningar vid uppförandet av såväl tillfälliga som hållbara boenden.

Enligt en aktuell definition utarbetad vid Lunds tekniska högskola av Fredrik Friblick anses det industriella byggandet vara en *“integrerad tillverknings- och byggprocess med effektiv planering, styrning, beredning och kontroll av ingående resurser, aktiviteter och resultat”* (Friblick samt Boverket, 2006). Således kan den industriella byggprocessen anses som en process där ett flertal faktorer effektiviseras och möjliggör besparande av resurser med bibehållet gott resultat. Denna effektivisering går att se i samband med industrialiseringen och uppkomsten av urbaniseringen vilket medförde ett ökat behov av bostäder. Den urbaniseringen som skedde ställde krav på samhällsexpansion och därmed rationella byggmetoder, inte minst till bostäder åt den ökande arbetskraften till byggindustrin.

Utvecklingen av stadsbyggnadstekniken går att dela in i tre faser, varav den första kallas för första systemgenerationen. Den inträffade under efterkrigstiden och innebar början på det industriella byggandet. Den andra systemgenerationen uppkom vid sent 70-tal och 80-tal, varvid faktorer som tillgänglighetsmått och miljö fick betydelse. Den tredje systemgenerationen, den utveckling som startade på 90-talet och har pågått fram till nu, har styrt den industriella byggprocessen mot ekologiskt tankesätt och fordran på flexibla bostäder. Denna generation har även medfört ökat internationellt samarbete inom byggbranschen. Slutskedet av tredje systemgenerationen är att byggtekniken, i form av modulbyggnation, har tagit över marknaden med allt större beståndsdelar och funktionalitet (Adler, 2005).

I och med den första systemgenerationen på 40-talet påbörjades en debatt om hur de rationella byggmetoderna skulle gå till. I kommunerna diskuterades förslag på hur kostnaderna och oligopolet skulle utredas. I samband med den diskussionen engagerade sig flertalet yrkeskunniga arkitekter varvid BST, Byggstandardiseringen, grundades 1942. BST arbetade med att utveckla standardiserade arbetsmoment i form av modulbyggnation för att gynna den industriella byggprocessen. Bostadsbolag engagerade sig även i elementbyggnadstekniken vilket medförde att Bostadsbolaget etablerades år 1945 i Göteborg. Ett produktionsråd stiftades även år 1950 i samarbete med det kommunala bostadsbolaget Svenska Bostäder i Stockholm. I samband med uppstarten av produktionsrådet började Bostadsbolaget bygga flerbostadshus i form av volymelement och öppnade även egen fabrik år 1964. I anslutning till denna typ av effektivisering av produktionsteknik samt uppstart av fabriker förbättrades arbetsmiljön för de anställda (Boverket, 2006).

1.1.1 Utveckling

Under det senaste decenniet har det byggts allt mer industriellt men i form av modulbyggnation och i samband med detta har det lagts mer utveckling och fokus på det yttre i form av fasadval och god arkitektur. Att se skillnaden på ett färdigställt traditionellt platsbygge respektive ett färdigställt modulbygge blir allt svårare. Den enda tydliga skillnaden för åskådaren blir själva byggprocessen i form av monteringsfasen.

I samband med den tredje systemgenerationen har det byggts allt mer med moduler men i form av öppna system. Med öppna system menas standardisering av material och komponenter vilket innebär att komponenterna kan levereras, användas och bytas ut från flera olika leverantörer. De är utformade enligt samma tekniska lösningar så att flera olika leverantörer har möjlighet att bygga delarna. Ett så kallat slutet system innebär att endast en leverantör har kontroll över systemet. Det öppna systemet ökar tillgängligheten på marknaden, samt konkurrensen men ställer stora krav på utförd konstruktion. Detta medför i sin tur möjligheter och flexibilitet att ändra utformningen av byggnaden. På så vis, med dessa möjligheter och flexibilitet, har modulbyggnation ökat och tillämpats mer i flerbostadshusprojekt och även till studentboenden. I och med den ökade produktionen av öppna system och volymelement har även intresset från marknaden ökat, vilket medför olika frågeställningar kring realistiska alternativ för tillfälliga men hållbara lokaler som enkelt kan monteras och demonteras och implementeras på marknaden (Boverket, 2006).

1.1.2 HSB Living Lab

Vid förstudier av modulbyggnation för examensarbetet under våren 2016 monterades HSB Living Lab, som är en flyttbar byggnad. Byggnaden är uppförd av moduler, konstruerade av stålram samt träväggar med plåtreklar, i form av en traditionell utfackningsvägg, i fyra våningar ovanför Chalmers Johanneberg Campus. Dessa moduler resulterar i sin helhet i 29 lägenheter för studenter och gästforskare. Projektet är ett samarbete mellan Chalmers, Swedish Modules och HSB samt flertalet andra samarbetspartners. HSB Living Lab är en arena där forskare kommer undersöka hur framtidens boenden ska utformas med hjälp av 2 000 sensorer i boendet. Dessa studier kommer ha sitt fokusområde på den ekonomiska, sociala samt ekologiska hållbarheten och arenan kommer därmed fungera som ett levande laboratorium. Studentbostäderna beräknas stå klara för inflyttning den 1 juni 2016. Detta utgör arenan för forskning och studierna förväntas pågå under 10 år. Forskningen som HSB, Chalmers och övriga samarbetspartners får ut av detta är att de ska kunna implementera nya tekniska lösningar till framtidens produktion av boenden (HSB, 2016). Den aktuella modulbyggnationen av HSB Living Lab har således varit av intresse och stått till grund för en del av examensarbetet.



Bild 1, HSB Living Lab, 2016

1.2 Företagspresentation

Examensarbetets syfte och resultat är av intresse för näringslivet. Serneke Group AB har varit stöttande i detta examensarbete och bistått med extern handledare. Serneke Group AB är en nytänkande byggkoncern som drivs av entreprenören och grundaren Ola Serneke. Sedan företaget etablerades 2002 har det expanderat snabbt och är idag ett av Sveriges snabbast växande företag. Företaget är verksamt inom bygg, anläggning och projektutveckling i flera av landets städer och har som mål att expandera även internationellt. Mohammad Chashm-Jahan, anbudsingenjör på Serneke Group AB, var kontaktperson på företaget och har under tidens gång hjälpt till och stöttat i processen för examensarbetets genomförande.

1.3 Problemformulering

Serneke Group AB planerar ett av sina hittills största projekt, Karlastaden. Karlastaden ska byggas på Hisingen, område Lindholmen, i Göteborg. Visionen med projektet är att utöka Göteborgs stadskärna även på andra sidan älven och skapa en öppen blandstad. Området ska omfatta en markyta på ca 32 000 kvm och kommer totalt att bestå av tio kvarter bostäder, kontor, handel och service. En av projektets stora drivkrafter är även byggnationen av Karlatornet som byggs i kärnan av det nya kvarteret. Karlatornet kommer resa sig 266 meter över marken och därmed bli Sveriges högsta byggnad. Planerad inflyttning i Karlatornet är 2020 och ambitionen är att majoriteten av området ska stå klart 2021. *Se Bild 2 och Bild 3 nedan.*

I och med detta projekt står Serneke Group AB inför en del praktiska problem. Ett av dessa är den mängd tjänstemän som kommer arbeta med eller på annat sätt ha intresse av projektet. Detta medför behov av tillfälligt boende samt kontor i anslutning till projektet. Serneke Group AB eftersöker en lämplig, kostnadsrelevant och effektiv lösning på problemet och detta utgör således grunden till examensarbetet.



Bild 2, Karlstad och Karlatornet, Serneke Group AB, 2016



Bild 3, Karlstadens gaturum, Serneke Group AB, 2016

1.4 Syfte

Examensarbetet beskriver och undersöker ifall modulbyggnation skulle kunna vara en kostnadseffektiv, tilltalande och hållbar tillfällig bostads- och kontorskombination för tjänstemän under byggtiden av Karlstad.

1.5 Frågeställningar

Tanken är att utifrån resultaten undersöka om byggmoduler, som effektivt kan produceras i fabrik och monteras snabbt på plats, är innovativa, funktionella, kostnads- och tidseffektiva lösningar som borde tillämpas på framtidens byggande av såväl bostads- som kontorsanläggningar. För att uppfylla examensarbetets syfte har några specifika frågeställningar formats:

- På vilket sätt är modulbyggande en effektiv byggprocess för bostäder i kombination med kontor för tjänstemän gällande faktorerna tid, kostnad, flexibilitet?
- Hur kan utformningen se ut för denna typ av modulboende?
- Hur monteras och demonteras modulboendet på ett effektivt sätt för att underlätta återanvändning av boendet?
- Hur transporteras modulerna och vilka krav ställs?

1.6 Avgränsningar

För examensarbetets genomförande och omfång avgränsas arbetet till byggmodulskonceptet och ifall detta är tillämpligt för tjänstemän som kommer att behöva bo och arbeta på framtida projekts anläggningsplatser. Rapportens omfattning är gällande faktorerna modulbyggnation och dess utformning, transporter, montering, demontering, tid och kostnad. Examensarbetet är även avgränsat till att endast undersöka moduler tillverkade i stålram samt moduler som används för långtidsanvändning.

2 Metod

För att inhämta den information som krävts för genomförandet av detta examensarbete har varierande källor använts. Som stöd i processen har handledare Bert Luvö, tekniklektor vid Bygg- och miljöteknik, samt extern handledare Mohammad Chashm-Jahan, anbudsingenjör på Serneke Group AB, funnits tillgängliga. Vidare presenteras metoden för examensarbetet och dess källor närmare.

2.1 Litteraturstudier

För att säkerställa att de vetenskapliga artiklar som använts i Kapitel 3 *Litteratur* är av erkänd vetenskaplig karaktär har datainsamling skett via databaserna Web Of Science samt Scopus. På dessa databaser publiceras vetenskapligt korrekta och godkända artiklar. De artiklar som använts i detta examensarbete är utvalda för dess relevans för rapportens syfte och har alla granskats källkritiskt. De artiklar som använts baseras på olika undersökningar varav många är baserade på fallstudier som utförts inom området. Fallstudierna undersöker och granskar information och forskning inom ämnet modulbyggnation och dess användning.

Relevant information för examensarbetet i Kapitel 4 *Resultat* har inhämtats från regelverk och myndighetssidor för att korrekt kunna återge de krav och regler som måste åtföljas vid byggnation med moduler. Information angående detta har inhämtats från sidor såsom Transportstyrelsen, som är en svensk statlig förvaltningsmyndighet vars huvuduppgift innebär regelgivning, tillståndsprövning och tillsyn inom transportområdet, samt Boverket, som är en statlig myndighet gällande regler kring samhällsplanering, byggnation och boende. Dessa källor anses korrekta i sin återgivning av information sedan de följer de regler och bestämmelser relaterat till Svensk lagstiftning.

2.2 Intervjuer

Utöver litteraturstudier har majoriteten av den information som presenteras i Kapitel 4 *Resultat* inhämtats genom intervjuer baserade på öppna frågor, av såväl forskare vid Chalmers tekniska högskola samt relevanta yrkespersoner från näringslivet. Intervjuerna spelades in med hjälp av mobiltelefon och samtliga deltagare godkände inspelningen. Syftet med intervjuerna var att ta reda på hur byggprocessen går till gällande moduler och samtliga för- och nackdelar med denna. Intervjuerna har sedan sammanställts i examensrapporten där relevant information lyfts fram och presenteras. Intervjuerna går även att läsa i sin helhet i *Bilaga 1, 2 och 3*.

En intervju med Shea Hagy, forskningssamordnare för HSB Living Lab vid Chalmers tekniska högskola, samt en intervju med Björn Bergsten, projektledare nyproduktion HSB, har stått till grund för information om samt besök på HSB Living Lab. Anna Bjelkemyr, projektchef på Swedish Modules AB, har intervjuats vid studiebesök på Swedish Modules fabrik i Emtunga. Detta har stått till grund för information gällande Swedish Modules modulbyggnation. Alla intervjuade personer anses ha den kunskap och erfarenhet som krävs inom sitt område för att kunna ange korrekt information angående de frågor som ställts. Därför läggs stor vikt vid respektive intervjus insikter och information som återgetts. Denna information har i sin tur relaterats till den information som inhämtats från vetenskaplig litteratur och teori. Således har

informationen från intervjuerna granskats källkritiskt angående dess relevans och betydelse för examensarbetets syfte.

3 Litteratur

Under ovannämnda rubrik har relevanta vetenskapliga artiklar från databaserna Web of Science samt Scopus hämtats, granskats och utvärderats och utvalda artiklar står till grund för den teori som presenteras. Granskad litteratur visar på att modulbyggnation är en effektiv byggprocess och lyfter fram fördelar med industriellt byggande så väl som dess minskade miljöpåverkan samt fördelaktiga arbetsmiljö och säkerhet. Detta relateras till examensarbetets syfte och utgör den vetenskapliga grund som rapportens vidare iakttagelser grundas på samt styrker dess relevans.

3.1 Modulbyggandets applicering

En studie gjord av Mi Kyoung Kim & Mi Jeong Kim, *Affordable Modular Housing for College Students Emphasizing Habitability* (2016), undersöker lämpligheten och användandet av modulbyggda bostäder som prisvärda hem för studenter med acceptabel hyra och en hälsosam boendestandard. Enligt studien har efterfrågan av bostäder för rimliga priser som säkerställer ett funktionsdugligt och tillgängligt boende ökat. Som tillägg till detta visar en studie av Fela Warouw, Hideki Kobayashi & Jiyoung Jung, *A Study on the Open Building System for Multi-Storey Housing in Indonesia* (2010), att även efterfrågan av boenden med flexibla utrymmen har ökat avsevärt.

På senare tid har konceptet med prisvärda och flexibla modulbostäder ofta använts vid utformandet av studentbostäder (Kim, M. K. & Kim, M. J. 2016). Enligt studien är en av modulbyggnationens styrkor att det består av prefabricerade element som lätt kan monteras samman samt förflyttas till andra platser vid behov. Modulbyggnationer anses generellt vara upprättade i en oestetisk, tråkig och simpel design som i sin tur minskar den boendes komfort och levnadsstandard (Kim, M. K. & Kim, M. J. 2016). Shabtai Isaac, Thomas Bock & Yaniv Stoliar påpekar i deras studie från 2015 att prefabricerade moduler för närvarande kräver en viss standardisering i dess design som många har invändningar emot. Som lösning för detta föreslår de en graf-baserad metod som i förväg kan bryta ner designen och på så vis skapa icke repeterande moduler som kan förmonteras i fabrik. Denna metod skulle innebära att designen inte begränsas i förväg och således kan konstrueras efter önskemål och behov (Isaac, S., Bock, T. & Stoliar, Y. 2015).

En del tillfälliga boenden för tjänstemän utsatta vid byggarbetsplatser har sedan 1990 tillverkats av containrar. Detta är något som på senare år även har introducerats som ett effektivt modulbyggnadsmaterial för andra bostadsutrymmen då containern både har stor styrka och hållbarhet samt är återanvändningsbar (Kim, M. K. & Kim, M. J. 2016). Containers har använts över hela världen för byggnation av hotell, studenthem och i viss utsträckning även stadigvarande boenden. Genom att påpeka modulbyggnationens fördelar gällande ekonomi och effektivisering är det många som har föreslagit modulär arkitektur som ett alternativ till traditionellt byggande (Slawik, H., Bergmann, J., Buchmeier, M. & Tinney, S. 2010).

Utifrån de fallstudier som utförts i *Affordable Modular Housing for College Students Emphasizing Habitability* framgår det att det finns potential för modulär arkitektur som ett prisvärt boende, inte minst för studerande. Slutsatsen är att det ska gå att konstruera prisvärda boenden med såväl hållbarhet som flexibilitet genom att utnyttja

de styrkor som modulbyggnation innebär, i.e. prefabrikation, hållbarhet, återanvändbarhet och låga konstruktionskostnader (Kim, M. K. & Kim, M. J. 2016).

Ovannämnda iakttagelser är något som detta examensarbete lägger stort värde i samt avser att applicera och vidare undersöka relaterat till boenden för tjänstemän. Boenden för studerande kan liknas och jämföras med de koncept som krävs för tillfälliga boenden på annan ort för tjänstemän under projekt. Boendestandarden, utformningen samt kraven på boendet kan anses vara densamma och därav är dessa vetenskapliga artiklars upptäckter och slutsatser av relevans för detta examensarbete.

3.2 Fördelar med prefabricering

I en intervjustudie gjord av Gibb och Isack (2003) konstateras några faktorer som klienter ifrån byggbranschen uppfattar som fördelaktiga vid prefabricering av moduler. Dessa nyckelfaktorer från de intervjuer och litteraturstudier som genomförts har sedan sammanställts. Intervjustudien anses som relevant för examensarbetet eftersom den påvisade ett resultat där klienterna anser att det finns flera fördelar med modulbyggnation jämfört med platsbyggt, framförallt gällande effektivitet för faktorerna tid och kvalitet, se *Tabell 1* (Blismas, Pasquire & Gibb, 2005 s.2).

Tabell 1, Klienters uppfattning gällande fördelar med prefabricering

Fördel	Beskrivning
<i>Tid</i>	- Mindre tidsåtgång på platsbygget: snabbare konstruktionstid: snabbare leverans av produkten - Mindre tid spenderat på processen för bemyndigande - Garanterad leverans, högre säkerhet över planläggningen, minskad administrationstid
<i>Kvalité</i>	- Högre kvalitet: på plats och från fabrik - Produkten är testad och prövad i fabrik - Bättre överensstämmelse - bättre reproducerbarhet - Högre kontroll över kvalitén - konsekvent standard
<i>Kostnad</i>	- Lägre kostnad - Lägre preliminära kostnader - Ökad överensstämmelse, mindre risker - Ökat värde - Lägre allmänna kostnader, mindre risk för fel på plats, mindre spill
<i>Produktivitet</i>	- Mindre problem i arbetet - Större framgång vid gränssnitt - Mindre platsstörningar - Minskar användningen av fuktigt arbete - Ta bort svåra processer på utanför platsbygget

	- Produkterna fungerar vid första försöket - Arbetet fortsätter kontinuerligt oberoende av produktionen som sker utanför platsbygget
<i>Människor/Arbetskraft</i>	- Mindre människor på platsbygget - Människor som vet hur man använder produkterna - Mindre behov av specialutbildad arbetskraft - Produktionen utanför platsbygget är självständigt pågående utan störning från lokala arbetsmarknadsfrågor
<i>Processer</i>	- Planläggningen drivs centralt - Förenkling av konstruktionsprocessen - Tillåter mätbara system

Med hjälp av *Tabell 1* ovan avläses det sammanställda resultatet från klienterna som fick betygsätta fördelar med prefabricering, utan hänsyn till direkta kostnader. Behovet av att ha verksamheten på plats minimerades och ansågs därför som en viktig fördel. Andra viktiga fördelar, enligt klienterna, var att modulbyggnation innebär mindre överbelastning och blockering på plats samt förbättrad hälsa och säkerhet (Gibb & Isack, 2003). Slutsatsen kan dras att prefabricering erbjuder direkt kostnadsnytta, trots det, är det viktigaste rankade fördelarna från indirekta kostnadsbesparingar och icke kostnads värdeadderande objekt.

Den andra intervjustudien gjord av Gibb och Isack (2003) gäller direkta kostnader, och att dessa gynnas via prefabricering jämfört med traditionellt platsbygge. Detta eftersom hastigheten av processerna ökar, tillgången ökar, problem och reparationer minskar och således är det mindre risk för att dolda kostnader ska uppstå. Fördelarna är rankade efter hur viktiga de anses vara enligt klienterna samt sannolikheten att fördelen kan förverkligas och hur den inverkar på kostnaderna, se *Tabell 2*.

Tabell 2, Betygsättande av fördelar, från högt till lågt, gällande angelägenhet och sannolikhet, varvid: a = kostnadsrelaterat; b = inverkan på kostnaderna

Fördel (från högst till lägst rankad)	Kostnadsbaserad
1. Minimering av processerna på platsbygget	
2. Minimering av blockering på arbetsplatsen och ökar av samspelet	
3. Minimering av tid på plats	b
4. Förbättrad hälsa och säkerhet genom minskad arbetsbelastning och bättre kontroll över aktiviteter på plats	
5. Produktion av hög kvalitet eller väldigt	

förutsägbar kvalitet på finish	
6. Minimerar antalet personal på plats	a
7. Fördelar på platsbygget, gällande begränsad eller väldigt dyr arbetskraft	
8. Möjliggör den befintliga verksamhetens kontinuitet	
9. Klarar av byggplatsens begränsade förvaringsutrymmen	
10. Möjliggör inspektion och kontroll på aktiviteter utanför bygget	
11. Ger visshet om projektets kostnadsutfall	a
12. Ger visshet om projektets slutdatum	
13. Mindre miljöpåverkan genom minskning- samt bättre kontroll av platsbyggets aktiviteter	

I Tabell 2 ovan ses att fördel nr. 3 *Minimering av tid på plats* är i relation till a = kostnadsrelaterat samt att fördel nr. 6 *Minimering av personal på plats* och fördel nr. 10 *Ger visshet om projektets kostnadsutfall* är i relation till b = inverkan på kostnaderna.

Slutsatsen av denna studie är att prefabricering erbjuder kostnadsnytta men har flera fördelar som kunden anser vara positiva, utan hänsyn till direkta kostnader, med denna typ av industriella byggprocess. Prefabriceringens fördelar samspelar med varandra, på så vis att hela byggprocessen effektiviseras eftersom det byggs i en kontrollerad miljö, mindre problem uppstår och således utgörs mindre risker väl på plats vid slutmontering.

3.3 Prefabriceringens miljöpåverkan jämfört med traditionellt byggande

Ett annat resultat från en studie som anses relevant för examensarbetet är A *comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China*, som är en studie utförd av Xinying Cao, Xiaodong Li, Yimin Zhu & Zhihui Zhang, 2015, och som titeln lyder är det en rättvis jämförelse mellan prefabricerade och traditionella flerbostadshus i Kina och hur miljöpåverkan avspeglas i och genom dessa byggnader. Studien är utförd av studenter inom utbildningen *Construction Management* i Kina och författarna menar på att tekniken att producera prefabricerat anses ha höga konkurrensfördelar enligt kinesiska regeringen eftersom denna typ av process har hög potential att förbättra konstruktionskvaliteten samt produktiviteten (Xinying et al. 2015)

Studien är utförd för att utreda och identifiera om prefabricering verkligen är en effektiv metod som främjar den hållbara utvecklingen. Studien grundar sig på två typiska flerbostadshus varvid byggprocesserna för dessa har granskats genom olika datainsamlingsmetoder så som innehållsanalys, intervjuer samt mätstudier utförda på respektive bygge. Båda byggnaderna är lokaliserade i Fangshan District of Beijing, Kina och byggda av samma tillverkare China Canke som är en av Kinas främsta leverantörer av prefabricerade boenden och som varit aktiva och forskat i över 10 år angående prefabricering. Båda byggnaderna är konstruerade med stålstomme, betongväggar med en våningshöjd på 2,8 m och respektive byggnad är 9 våningar hög med en konstruktionsarea på 23 068 kvm för den prefabricerade byggnaden och 23 401 kvm för den traditionellt platsbyggda byggnaden.

Studien har fokuserat på miljöpåverkan i form av resursförbrukning, energiförbrukning och utsläpp från konstruktionstillverkningen. Författarna har gjort två livscykelanalyser (LCA) i form av "Construction Environmental Performance Assessment System (CEPAS) samt "Building Health Impact Assessment System" (BHIAS), som använts för att mäta miljöpåverkan av de ovannämnda konstruktionstyperna baserat på tre riskkategorier så som ekosystemsförstöring, spill, och hälsoskador. Resultatet som studien sammanställde med hjälp av ovan studier visade på att det prefabricerade flerbostadshusets konstruktion i större grad var mer energieffektivt med en minskning av den totala energiförbrukningen på 20,49 % i förhållande till det traditionellt byggda flerbostadshuset.

Prefabricerat byggande visade således på fördelar inom miljöpåverkan, med en minskning av spill på 35,82 %, minskning av hälsoskador på 6,61 % samt minskning av ekosystemsförstörelse på 3,47 %. Således kan slutsatsen av denna studie dras att tekniken om att bygga prefabricerat är mer miljövänligt gällande dess fördelar i form av att det minskar skadorna på miljön jämfört med traditionellt platsbyggt (Xinying et al. 2015).

4 Resultat

I denna del presenteras den information som inhämtats för examensarbetet och är det som tillsammans med Kapitel 3 *Litteratur* utgör grunden för de iakttagelser, diskussion och slutsatser som presenteras i Kapitel 5 *Diskussion* och 6 *Slutsats*.

4.1 Modulbyggnation

Modulbyggnation innebär att markarbeten görs på plats medan moduler tillverkas och monteras ihop till hela volymelement alternativt plan- och väggelement i fabrik. Volymelementet prefabriceras i form av golv- och takbjälklag samt fyra väggar, på så sätt ökar stabiliteten för konstruktionen vid transport skedet. En standardmoduls vägg består av gipsskivor, vertikala regelverk som förenas av syll samt ett hammarband, isolering och vindskyddspapp som skyddar vid transporter eller utomhusförvaring (Elfström & Singh, 2013).

Att använda sig av byggmoduler innebär en kortare och billigare byggprocess samt ger byggnader som är lätta att forma, montera och demontera. Volymelementen är således lätta att förflytta efter behov och på så sätt skulle dessa kunna uppföras på ett ställe, för att en tid senare demonteras och transporteras till annan plats för förvaring eller användning. Dessa moduler finns tillgängliga på den svenska marknaden men trots detta används de inte till sin fulla potential.



Bild 4, HSB Living Lab under uppbyggnad av Swedish Modules, 2016

4.1.1 Byggnadsprocessen

Vid modulbyggnation startar processen på samma sätt som vid alla byggnationer med projektering. Modulbyggnation kräver att projektet är väl genomtänkt då allt byggs och förbereds i fabrik. Eftersom modulerna i stor utsträckning tillverkas samtidigt krävs det tydlig planering för att alla delar och dess installationer ska vara korrekt placerade och förberedda för sammankoppling. Därmed är projekteringen av största vikt och ofta det som är mest tidskrävande för byggnadsprocessen (Bjerkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars).



Bild 5 & 6, HSB Living Lab under konstruktion i fabriken i Emtunga, Swedish Modules, 2016

Den grundliga projekteringen leder till en tidseffektiv produktion av modulerna. I samband med att arbetet sker i fabrik skapas standardiserade arbetsmoment vilket medför en effektiviserad byggprocess. Produktionen är således en av modulbyggnationens största styrkor (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Samtidigt som produktion pågår i fabrik kan markarbeten för byggnation genomföras på plats. Under produktion tillverkas varje modul parallellt med fokus vid hur byggnaden kommer upprättas i sin helhet. Vid produktion taktas byggnationen av modulerna, vilket innebär att produktionen för varje enskild modul startar vid olika tidpunkter för en effektiv produktionsprocess. För att modulerna ska hamna i olika takt startas produktionen för en till två moduler upp varannan dag. Detta medför att varje disciplin kan arbeta sig igenom modul efter modul allteftersom de är färdiga (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Vid leverans av modulerna är varje modul klar till sitt gränssnitt. Detta innebär att modulen har alla installationer, VVS och el, inkopplat och förberett. Utöver detta är modulen inredd med fast inredning och ytskikt som golv, väggar och fasad. Således är varje modul i sin enskildhet klar och förberedd för sammankoppling med resterande på plats (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars).

I projektet med HSB Living Lab var modulerna helt färdiga med el, installationer, VVS samt ventilation. Badrum och duschrum var färdigmonterade med våtrumsmattor och väv och köken var förberedda med förtejpade lådor. *Se Bild 7 på nästa sida.* Det som specifikt skiljde HSB Living Lab från andra modulbyggnationer var de 2000 sensorerna som skulle kopplas samman. I övriga fall är det endast en sammankoppling av tidigare nämnda installationer som krävs vid slutmontering. Utöver denna sammankoppling fylls skarvarna mellan modulerna, varvid man lämnat 60 cm, 30 cm på vardera sidan om modulerna. Dessa skarvar byggs igen med passbitar av materialet som krävs såsom golv, rör, isolering, vägg osv. Fasaden på HSB Living Lab planerades att färdig monteras i fabrik men på grund av tidsskäl gjordes ej detta. Väl på plats monterades glaspartier för trapphuset smidigt genom de byggställningarna som krävdes för fasadarbetet, *se Bild 8 på nästa sida* (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars).



Bild 7, Bostadsmodul HSB Living Lab, 2016
Swedish Modules, Köksluckor och dörrar förtejpade



Bild 8, Byggställningar, plywood för trapphus i väntan på montering av glasfasad

4.1.1.1 Stål som byggmaterial

Att ha en planerad och fortlöpande produktionsprocess går hand i hand med planering av materialåtgång, som i sin tur leder till en optimal, gynnsam materialanvändning och i sin tur minimalt materialslöseri. Då tillverkningen sker i en kontrollerad och skyddad miljö utsätts inte byggnationen för fuktskador och om det skulle uppstå någon form av materialspill kan det lättare tillvaratas i fabriken och återanvändas (Elfström & Singh, 2013).

Vid val av stål som stomme i konstruktionen i modulen finns ett flertal fördelar angående miljöpåverkan samt återanvändning. Enligt rapporten *Resurseffektiva affärsmodeller - stärkt konkurrenskraft, Fakta och Trender mot 2050* framkommer det att stålindustrins utvinning av metaller har fördubblats sedan 2009. Fördelar med stål och aluminium är att dem i hög grad går att återvinna och processen för detta är välfungerande samt att andrahandsvärdet är högt, då det håller samma kvalitet vid återvinning. Byggande i lättviktsstål kan enligt rapporten från IVA-projektet spara upp till 40 procent av vikten som medför stora resursvinster (IVA, Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademin, 2015).

Eftersom själva tillverkningen av modulerna sker i fabrik gör det i sin tur att det är lättare att tillvarata eventuellt spill som skulle kunna bli över vid produktion. Arbetsmiljön är torr, säker och skyddad vilket medför mindre risk för fukt och andra skador som i sin tur innebär mindre reparationer (Elfström & Singh, 2013). På så vis vid tillverkning av modulbyggnation kan delarna från dessa enkelt plockas i sär. Från stålstommen kan själva stålet i konstruktionen enkelt återvinnas i form av att det smälts ned och används igen. Gällande biprodukter från trä kan dessa återanvändas till uppvärmning av fabriken eller utgå till försäljning (Elfström & Singh, 2013, s.40-41).

4.1.2 Transport

Transportstyrelsen har begränsningar gällande transporter på det svenska vägnätet enligt Trafikförordningen SFS 1998:1276. Dessa försök går att ansökas om till Transportstyrelsen och görs när transporten överskrider längd- eller viktbestämmelserna. Dessa begränsningar innebär en maximal brutto vikt på 60 ton, maximal bredd på 260 cm, 255 cm för modulfordon, maximal längd på 24 meter, 25,25 meter för modulfordon samt maximal höjd på 450 cm vid passage av broar och viadukter, se *Tabell 3*. Vid kortare transporter kan höjden vara högre förutsatt att inga broar eller viadukter passeras. För mått större än dessa behöver transportdispens,

tillstånd, ansökas om vilket krävs vid modultransport (Transportstyrelsen, 1998). Storlekarna på modulerna anpassas därför till transportkraven. Det krävs mycket förberedelser innan modulerna levereras och ett av kraven är att godset ska vara odelbart varvid modulerna transporteras en och en. I samband med transporten krävs trafikanordningsplan, utmärkning av transport samt vissa avspärrningar av vägar. Dessa krav vid transport gör att det kan komma att behövas polis eller vägtransportsledare som eskorterar transporten om bredden överstiger 450 cm och är längre än 35 meter. En ritning görs gällande transportväg som modulerna kommer att trafikera (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars). *Se Tabell 4 för restriktioner och Bild 9 på nästa sida för utmärkning av gods och transport (Transportstyrelsen, 2016).*

Tabell 3, Översiktstabell, regler - bruttovikt, längd, bredd, höjd för godstransporter, Transportstyrelsen, 2012

	Bruttovikt	Längd	Bredd	Höjd
Internationella regler Direktiv 96/53 EG	44 ton Undantag får göras för nationella transporter	18,75 m Undantag får göras för nationella transporter om s k modulfordon tillåts. I övrigt kan undantag göras för vissa nationella transporter som inte påverkar internationella konkurrensen	255 cm (260 för temperaturreglerade fordon) Undantag kan göras för vissa nationella transporter som inte påverkar internationella konkurrensen	400 cm Undantag kan göras för nationella transporter
Svenska regler Trafikförordningen SFS 1998:1276	Max 60 ton	24 m (25,25 för modulfordon)	260 cm (255 för modulfordon)	Höjdbegränsning saknas
Undantag	Meddelas av kommun/statlig väghållningsmyndighet.	Meddelas av kommun/statlig väghållningsmyndighet endast för odelbart gods	Meddelas av kommun/statlig väghållningsmyndighet endast för odelbart gods	-
Föreskrifter	Transportstyrelsen har mandat att meddela föreskrifter	Transportstyrelsen har mandat att meddela föreskrifter	Transportstyrelsen har mandat att meddela föreskrifter för odelbart gods	-

Tabell 4, bredd- och längdrestriktioner, Transportstyrelsen, 2016

Breddrestriktion	261-310 cm	311-450 cm	
<i>Tidsrestriktion:</i>	Inga	- Vid nedsatt sikt - I mörke, måndag till fredag, kl. 06.00 - 09.00, samt måndag till torsdag kl. 15.00 - 20.00 - Fredag efter kl. 15.00 - Dag före sön- och helgdag kl. 10.00-18.00 - Vid andra	- I mörker - När sikten är nedsatt - Fredag efter kl.15.00 - Dag före sön- och helgdag kl.10.00-18.00 - Sön- och helgdag kl.12.00-20.00 - Vid andra tillfällen då intensiv trafik kan förutses

		tillfällen då intensiv trafik kan förutses.	
<i>Villkor:</i>	• Utmärkning	• Utmärkning • Varningsbil	• Utmärkning • Varningsbil • Poliseskort
Längrestriktion	24-30 meter	30-35 meter	
<i>Tidsrestriktion:</i>	• När sikten är nedsatt	• I mörker • Vid nedsatt sikt • Fredag efter kl. 15.00 • Dag före sön- och helgdag kl. 10.00-18.00 • Vid andra tillfällen då intensiv trafik kan förutses • Sön- och helgdag kl.12.00-20.00	
<i>Villkor:</i>	• Utmärkning	• Utmärkning • Varningsbil • Styrbara axlar	• Utmärkning • Varningsbil • Poliseskort • Styrbara axlar



Bild 9, Utmärkning av gods och transport, Transportstyrelsen, 2016

4.1.3 Montering och demontering

Via en live webbkamera som Chalmers anordnade under uppförandet av HSB Living Lab kunde hela byggprocessen studeras, varvid det tog två veckor att få de 44 byggmodulerna på plats (Chalmers, 2016).

Modulerna monterades genom kran där förborrning gjordes i ytterhörnen på modulerna. Sedan skruvades gängor i och lyft med krok utfördes. *Se Bild 10 nedan.* Enligt Swedish Modules är det viktigt att personalen från fabrik är med på plats vid montering och på så vis kan guida sättningen så att rätt modul hamnar på rätt plats (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Enligt Anna Bjolkemyr, projektchef på Swedish Modules, skapar detta en förståelse för hela kedjan hos de som arbetar inom produktion och montering på företaget. De får ett bättre helikopterperspektiv över hela processen och insikt i hur och varför man producerar och varför det är viktigt vid slutmontering. Detta leder i sin tur till ökad kvalitet av hela byggprocessen samt variation i arbetet vilket också är gynnsamt för de anställdas arbetsmiljö.

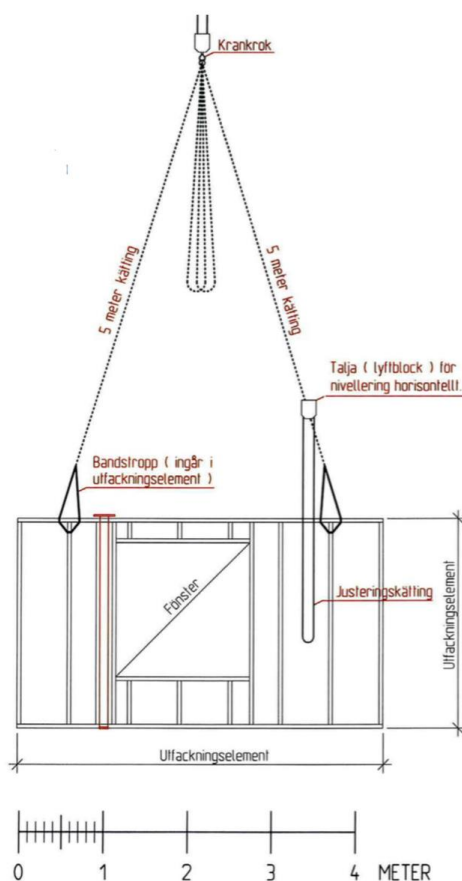


Bild 10, Montage- och hanteringsinstruktioner, Flens Byggelement AB, 2013

Det uppstår således inga problem vid montering eftersom modulerna har byggts parallellt och kontrollerat i en styrd fabriksmiljö. Genom att byggprocessen sker i fabriksmiljö förbereds modulerna samtidigt och anpassningsmöjligheterna är större (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Begränsningar gällande maximal vikt är mellan 15-20 ton för den totala lasten vid lyft med lyftkran, beroende på vilken typ av lyftkran som används (Bergsten, Björn;

projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars).

4.2 Tidsåtgång

Relevant vid granskning av modulbyggnation är den tidsåtgång som går åt för produktion och färdigställande. Som tidigare nämnt är projekteringsfasen det som är mest tidskrävande för en modulbyggnation. Inom projekteringen ingår många myndighetsgodkännande för byggnationens genomförande samt förberedelser för produktionen som ofta kräver en del tid i förfogande för sitt slutförande. Projekteringen måste vara ingående och väl genomtänkt men leder i sin tur till en produktiv och tidseffektiv produktion (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Ytterligare faktorer som bidrar till modulbyggnationens effektivisering är det faktum att markarbeten kan utföras samtidigt som produktion sker i fabrik. Detta är en av modulbyggnationens stora fördelar och det som i störst utsträckning leder till en nästintill halverad byggnationstid (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars).

Byggnationen av HSB Living Lab bestod av 44 moduler, på 12 x 4 x 4 meter med en vikt på 15 - 20 ton, som resulterade i 29 lägenheter. Tidsplanen för färdigställande av produktion beräknades till 22 veckor för svetsning av stål till de 44 modulerna samt övrig produktion och montering i fabrik. Därefter tog det tio dagar att montera byggnaden på plats och ytterligare sju veckor för slutgiltig sammankoppling av installationer och komplettering av de delar som inte genomförts i fabrik, såsom skarvar, fasad och glaspardier. Utöver detta ansvarade Swedish Modules även för att under denna tid genomföra provning av installationer, slutstädning samt slutbesiktning (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars). Vid Swedish Modules är det samma personal som arbetar vid produktion som sedan slutför arbetet på plats. Vid arbete med produktion i fabrik och montering på plats har 45-50 anställda från företaget arbetat med att slutföra projektet HSB Living Lab (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars).

4.3 Kostnad

Det finns olika typer av modulbyggnader och dessa delas in i fyra olika kategorier utefter användningsperiod de avses att vara i bruk. Kategorierna är: bodar med en användningstid på ca 0-2 år, byggnader för korttidsanvändning på ca 2-5 år, byggnader för långtidsanvändning på ca 4-10 år och slutligen permanenta byggnader. *Se Tabell 5 på nästa sida.*

Tabell 5, Olika kategorier av modulbyggnader, Boverket, 2015

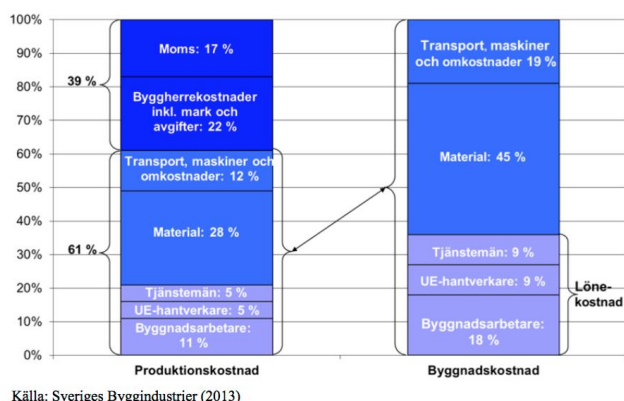
Olika kategorier av modulbyggnader	Användningstid
Bodar	ca 0-2 år
Byggnader för korttidsanvändning	ca 2-5 år
Byggnader för långtidsanvändning	ca 4-10 år
Permanent byggnader	-

Byggnader för långtidsanvändning på ca 4-10 år är av intresse att uppföra vid längre projekt som kräver avlastning i form av boende- och kontorslösningar då projekt oftast sträcker sig över denna tidsperiod. Utöver detta eftersöker Serneke en lösning för sina tjänstemän som arbetar under längre projekt som oftast pågår under minst fem år, och efter detta är avsikten att återanvända modulerna vid projekt på annan plats. Således kommer modulerna att vara i bruk under en längre period och långtidsanvändning är den kategori som blir aktuell att undersöka för detta examensarbete.

Enligt uppgifter från Boverket är byggnadskostnaden, exklusive byggherrekostnader, markkostnader samt moms, för en modulbyggnad för långtidsanvändning på ca 10 000 - 18 000 kr/kvm. Denna kostnad beror på användningsområde och utformning. Således enligt Boverkets beräkningar är byggnadskostnaden för en modulbostad på 30 kvadratmeter, med en användningstid på 12 år, 14 700 kr/kvm inklusive markarbeten och moms (Boverket, 2015). Beroende på hur lång tidsperiod de tillfälliga modulerna ska stå på plats kan de på kort sikt överstiga kostnaden för en permanent bostad eftersom demontering och avvecklingskostnader uppstår. Därmed är det av relevans att ha en långsiktig och god planering i samband med uppförandet av modulbyggnader gällande de ekonomiska aspekterna. Enligt en studie gjord av Boverket, 2015, är monteringskostnaden 900 - 1 100 kr/kvm samt demonteringskostnaden ca 900 kr/kvm.

Kostnaderna för modulbyggnation återspeglas även i användningstid då kraven är olika beroende på hur lång tidsperioden för boendet är gällande tekniska krav så som energihushållning, ljud- och brandisolering, ytskikt med mera (Boverket, 2015). Redovisade siffror gäller för byggnadskostnader och dessa innehåller transport-, maskin- och omkostnader samt materialkostnader och lönekostnader för tjänstemän, UE-hantverkare och byggnadsarbetare. Det kostsamma för byggnadsprocessen av moduler är således material vid byggnation samt produktion. *Figur 1 på nästa sida* illustrerar skillnaden mellan produktionskostnad och byggnadskostnad, då ovan siffror gäller för byggnadskostnad för modulbostäder.

Figur 1, Produktionskostnad och Byggnadskostnad, En jämförelse, Sveriges Byggindustrier, 2013



4.3.1 Jämförelse av olika leverantörer

Tyréns har i sin rapport, på uppdrag av Boverket, "Inventering av leverantörer av prefabricerade bostadsmoduler" från 2015 undersökt byggkostnaderna för byggmoduler. Rapporten redovisar kostnader inhämtat från nationella modulleverantörer gällande byggnader för långtidsuthyrning alternativt permanent användning samt byggnader för korttidsuthyrning. I rapporten finns även kostnadsförslag på byggkostnad (redovisat som FOB pris) från internationella modulleverantörer från Kina. FOB pris, akronym för Free on Board pris, innebär kostnaden för modulerna samt transport till avgångshamn, varvid beställaren därefter står för transport och dess kostnad till slutdestination.

I bifogade tabeller nedan från Tyréns rapport visas olika byggkostnader från modulleverantörer så som Flexator, Expandia, Zenenergy, PCS, Norduc Modular samt VIA-S.

Tabell 6 visar byggkostnad för byggnader för långtidsuthyrning på ca 4-10 år samt eventuellt permanent användning. Byggkostnaden för dessa byggnader är mellan ca 11 000 - 25 000 kr/kvm beroende på leverantör.

Tabell 6, Byggnader för långtidsanvändning 4-10 år samt permanent användning, Tyréns, 2015

Leverantörer långtidsuthyrning/permanent användning.				
Leverantör	Leveransmöjligheter: kvm per år	Leveranstid	Byggkostnad	Övrigt
Flexator	20 - 25 000 kvm/år	12 månader	12 500 - 19 000 kr/kvm	
Arcaflex	12 000 kvm/år	6-12 månader	14 000 - 17 000 kr/kvm	
Lindbäcks	55 000 kvm/år	12 månader	15 000 - 16 000 kr/kvm	
Junior Living	22 400 kvm/år	3 mån från godkänt bygglov	20 000 - 25 000 kr/kvm	Producerar bara ettör
Swedish modules	8 000 kvm/år	6 -12 månader	14 000 - 17 000 kr/kvm	
Moelven Byggmodul	60 000 kvm/år*	12-18 månader	11 000 - 13 000 kr/kvm*	*Uttryckt per BTA-yta

Tabell 7 på nästa sida redovisar information från leverantörer inom Kina med tillverkning och leverans av moduler. FOB pris för dessa är mellan ca 1 230 - 12 000 kr/kvm beroende på leverantör.

Tabell 7, Internationella leverantörer Kina, Tyréns, 2015

Internationella leverantörer Kina			
Leverantörer Kina	Leveranskapacitet/år	Leveranstid	FOB pris
Shanghai Star House Co	700 000 kvm/år	Kan ej uppge	1 670 - 1 840 kr/kvm
Tianjin Fuunzo Building Material Co	73 700 kvm/år	14-30 dagar	1 230 - 2 470 kr/kvm
AMPAC International (Shanghai) Limited	60 000 ton/år	1 månad	2 060 - 2 470 kr/kvm
Staxbond Buildings Technology Co	2400 moduler/år	1-2 månader	5 430 - 12 000 kr/kvm
Shanghai Baoce Construction Technology Co	18 000 kvm/år	1 månad	1 390 - 2 700 kr/kvm

Tabell 7 ovan är bifogad för att jämföra kostnaderna och visa på ett lågprisalternativ, dock bör det finnas i åtanke att dessa siffror är exklusive byggkostnader, varvid Tabell 6 har dessa inkluderade. Siffrorna är exklusive kostnader för uppförandet av modulerna och dessa siffror har inte någon direkt anknytning till den svenska marknaden. Kvalitetsmässigt råder ovisshet om modulerna uppfyller kraven från de svenska regelverken.

Leverantörerna Shanghai Star House, Tianjin Fuunzo och Shanghai Baoce Construction Technology tillverkar moduler med standardmått på 6,1 x 2,4 x 2,8 meter. Leverantören Staxbond Buildings Technology markerar sin särprägel som en tillverkare av lyxigare bodar vilket tydliggörs i deras högre FOB pris (Tyréns, 2015).

Nedan visas bilder som Tyréns hänvisar till i sin rapport med bildkälla från Alibaba, en internationell marknadshemsida, 2015.



Bild 11, Internationella leverantörer Kina, Tyréns & Alibaba, 2015

4.3.2 HSB Living Lab byggkostnad

Enligt nyckeltal från Björn Bergsten, projektledare nyproduktion på HSB, var byggnadskostnaderna för HSB Living Lab ca 36 Mkr och med finplanering mark totalt ca 37 Mkr. HSB Living Lab har en BOA, boarea, på 974 kvm och en BTA, bruttoarea, på 1998 kvm. Byggnaden har en hög BTA på grund av den stora mängd gemensamma ytor, vilket gör att husets BTA blir stor i förhållande till husets BOA. Detta kan dock förklaras genom att HSB Living Lab inte är något vanligt modulbygge, utan ett forskarhus installerat med 2000 sensorer. Detta innebär att det är dyrare än ett vanligt modulbygge då anledningen för byggnadens uppkomst ligger vid att studera och forska kring framtidens boende gällande bland annat faktorerna hållbarhet och gemensamma ytor.

Detta ger nyckeltal för HSB Living Lab på 18 000 kr/kvm BTA och 38 000 kr/kvm BOA. BOA ger en hög kostnad på grund av den stora andelen allmänna ytor, vilket i sin tur gör det svårt att jämföra denna kostnad med ett traditionellt bostadsprojekt. För att kunna göra en rättvis jämförelse skulle bostadsytan behöva brytas ut ur projektet och beräknas separat. Enligt Björn Bergsten är ett rimligt nyckeltal ca 22 000 - 27 000

kr/kvm BOA. Vilket innebär att ett antagande om att gemensamma ytor skulle stå för en tredjedel av byggnadskostnaderna för en bostad, skulle detta medföra en byggkostnad på 24 Mkr för bostadsytorna och ge ett nyckeltal på 24 000 - 25 000 kr/kvm BOA, som är mer rimligt.

4.4 Hållbarhet

Modulbyggnation innebär en skyddad arbetsmiljö och således en skyddad miljö vid produktion. Detta i kombination med de materialval som Swedish Modules valt att producera i innebär en hög och jämn kvalitet på det arbete som genomförs i fabrik (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Enligt Björn Bergsten, projektledare nyproduktion på HSB, har det varit en väldigt hög finish invändigt på de moduler som Swedish Modules levererat till dem. Modulerna som Swedish Modules producerar konstrueras efter samma dimensioner, kvalitet och utformning som vid platsbyggnation. Detta medför att hållbarheten är densamma som vid traditionell platsbyggnation samt att denna modulbyggnation egentligen kan anses överdimensionerad för att endast användas vid tillfällig byggnation och tillfälligt bygglov (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Detta innebär i sin tur att modulerna klarar att demonteras och återanvändas på annan plats efter första användningen även om denna överstigit 10 år. För HSB Living Lab är återanvändning av byggnaden det som är planerat efter projektets slut i samband med visionen om hållbarhet (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars).

4.4.1 Problem relaterat till modulbyggnation

Vid transport av modulerna finns det alltid en risk för skador och beroende på hur lång transportsträckan är från fabrik till byggnationsplatsen kan det medföra en del säkerhetsåtgärder. Enligt Björn Bergsten, projektledare nyproduktion HSB, kan vissa problem uppstå vid transport av modulerna, som exempelvis, sprickor mellan vägg och tak. För att motverka skador bör modulerna transporteras i hela volymelement, golv, fyra väggar samt tak för maximal stabilitet. Detta medför dubbla bjälklag och skiljeväggar modulerna sinsemellan vid färdigställandet av byggnaden som i sin tur påverkar det estetiska uttrycket samt måtten för byggnaden (Elfström & Singh, 2013).

I vissa fall transporteras moduldelarna i element, i form av plan och/eller väggelement, vilket i sin tur kan göra att konstruktionen blir mer utsatt för skador vid transport. För ökad stabilitet av elementen kan därför uppförande av temporära väggar vid transport skedet utformas och monteras för att sedan på plats demonteras. Att transportera elementen i form av plan- och/eller väggelement med temporära väggar har sina fördelar i att elementen kan monteras ihop till större volymer väl på plats (Elfström & Singh, 2013). Modulerna har således begränsningar i sina mått vilket sätter sina begränsningar på planlösningen eftersom de måste vara utformade enligt de transportregler som finns att tillhandahålla från Transportstyrelsen. Design och utformning som exempelvis stora fönsterpartier medför också en risk vid transport, varvid en uppdelning av fönsterarean är att föredra för att minska risken för eventuella skador under transportsträckan (Elfström & Singh, 2013).

Transporten orsakar även trafikproblem vid avstängningar i centrala delar runt om byggarbetsplatsen då de stora lasterna kräver speciella trafikanordningar. Vid

modulbyggnation är det dock mindre transporter som äger rum jämfört med traditionellt byggande eftersom modulerna levereras delvis färdigställda till byggarbetsplatsen.

Risken finns även att väder påverkar modulerna negativt vid montering. Vid montering av HSB Living Lab fick modulerna in fukt i konstruktionen på grund av att taket inte monterades tillräckligt fort. Detta ledde till att de var tvungna att torka ut huset med hjälp av avfuktare (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars).

4.5 Utformning

Vid modulbyggnation finns det flera olika materialval tillgängliga och vid utformning är möjligheterna och variationerna många. Utformningen på modulerna är endast en projekteringsfråga och moduler anpassade för kombinerad kontors- och boendelösning blir således möjlig utefter kundens önskemål (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Swedish Modules var leverantör av modulerna för HSB Living Lab och har byggt modulärt i stål sedan 1974 i deras fabrik belägen i Emtunga. Fördelar med stomme i stål är att modulen blir flexibel invändigt så att möjligheterna för omformning och förflyttning av väggar enkelt kan ske. Produktionen sker i en kontrollerad, ren och klimatstyrd fabriksmiljö och Swedish Modules har som målsättning att utföra 95 % av arbetet i fabrik innan leverans (Swedish Modules, 2016). HSB Living Lab tillverkades därför i stålstomme, väggar av trä och plåtareglar i form av en traditionell utfackningsvägg.



Bild 12, Utfackningsväggar med stålstomme, Flens byggelement AB, 2016

4.5.1 Studentcontainern av Swedish Modules

En av möjligheterna för modulboenden är *Studentcontainern* som Swedish Modules har utformat. I detta koncept har Swedish Modules använt sig av gamla containrar från fartyg som de återvunnit för att sedan bygga ett boende på 26 kvadratmeter utifrån dess dimensioner. Tanken vid framtagandet av *Studentcontainern* var att leverera boenden till studenter, men utformningen och principen skulle även kunna appliceras på tillfälliga boenden för tjänstemän då levnadsstandarden kan liknas vid varandra för dessa två boendegrupper. Se Bild 14 och 15 på nästa sida (Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars).



Bild 13, Lastcontainrar på fartyg, Co.Exist, 2013



Bild 14 och 15, Studentcontainern, Modullösning på 26 kvm, Swedish Modules, 2016

Studentcontainern är utformad som en studentbostad med badrum, kök, våningssäng med skrivbordsplats samt utrymme för soffa, soffbord och TV. Bostaden är effektivt utformad och lämplig för sitt ändamål.

Själva konceptet där containrar från fartyg återvinns, används och utformas till bostäder skulle därför kunna implementeras som en lämplig bostad för tjänstemän i samband med längre projekt. Containern skulle på samma sätt kunna utformas med kontorsplats under våningssäng, och på så vis skapa ett boende med kontor på 26 kvadratmeter. Nackdelen med containrar är själva flexibiliteten angående dess utformning, då denna är begränsad till containers dimensioner och styr således bostadens planlösning.

4.5.2 Light Gauge Steel av FrameCad

Byggmodulerna går även att konstruera i så kallat lättviktsstål, "*Light Gauge Steel*", som FrameCad System erbjuder. Detta är en typ av konstruktion som med fördel kan byggas med om modulerna exempelvis ska vara placerade inuti en tom lagerlokal för boende och/eller kontor.

FrameCad System erbjuder en komplett design och ett byggsystem som är innovativt, kostnadseffektivt och passande för boenden och kommersiella syften. Dessa är lätta att konstruera och är byggda av stålram som tillåter arkitektur och designmöjligheter som är kostnadseffektiva, hållbara och säkra med bra motstånd mot korrosion och brand. I FrameCads programvara effektiviseras processen gällande teknik, design och detaljer och säkerhetsställer att byggnaden effektivt kan utformas, lätta att duplicera

samtidigt som den blir en stark, hållbar och ändamålsenlig produkt. (FrameCad Systems, 2016)

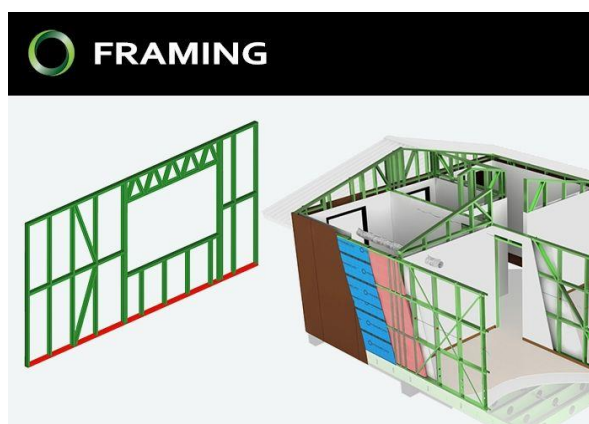


Bild 16, Lättviksstål konstruktion, (FrameCad Systems, 2016)



Bild 17, FrameCad Solution System, lättviksstålsbyggnation process (FrameCad Systems, 2016)

4.5.3 Spacebox Modular Housing, Nederländerna

Ett annat projekt är “*Spacebox Modular Housing*” i Utrecht, Nederländerna. Projektet har även varit vid intresse vid utformningen av HSB Living Lab. Det är ett modulbygge som stod klart 2001, med 300 lägenheter med temporär användning i åtanke, designad av den holländske designern Mart De Jong. Lägenheterna är 21 kvm stora och modulerna är utrustade med kök, badrum och förinstallerad VVS och el. Modulerna är utformade i lättviktsmaterial och är staplade ovanpå varandra i form av galvaniserat stål, som är en typ av förzinkningsprocess av stålet som gör det mer tåligt mot korrosion och slitage (Ytbehandling, 2016). Modulerna kan installeras och förflyttas snabbt. Spacebox modulerna förnyas kontinuerligt med olika typer av material i forskningssyfte och majoriteten av forskningen går åt att minska kostnaderna för transport och hållbarhet (Spacebox Modular Housing, 2016). Denna typ av modullösning skulle kunna tillämpas för en boende- och kontorslösning för tjänstemän då det är i form av stålstomme och är enkla att montera och demontera.



Bild 18, Spacebox Modular Housing, moduler och fasad, Spacebox Modular, 2016

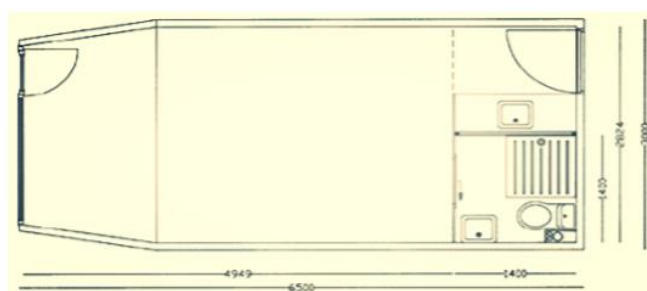


Bild 19, Spacebox Modular Housing, Planlösning, 2016

4.5.4 Moelvans Skagershuset, Stockholm

Skagershuset är ett permanent flerbostadshus i fyra våningar samt takvåning, uppfört av Moelven Byggmodul AB. Bygget innehåller 112 stycken prefabricerade volymelement gjorda i fabrik med en produktionstid på ett år och total tid för projektet 16 månader. Utmärkande för Skagershuset är träfasaden vilket gör det nästintill oidentifierbart att se skillnad på huruvida det är platsbyggt eller prefabricerat. Huset blev inflyttningsklart i december 2013 (Moelven, 2016). Detta är en av de träfasadslösningar som skulle kunna tillämpas på en boende- och kontorslösning för tjänstemän då det är arkitektoniskt tilltalande gällande fasadval.

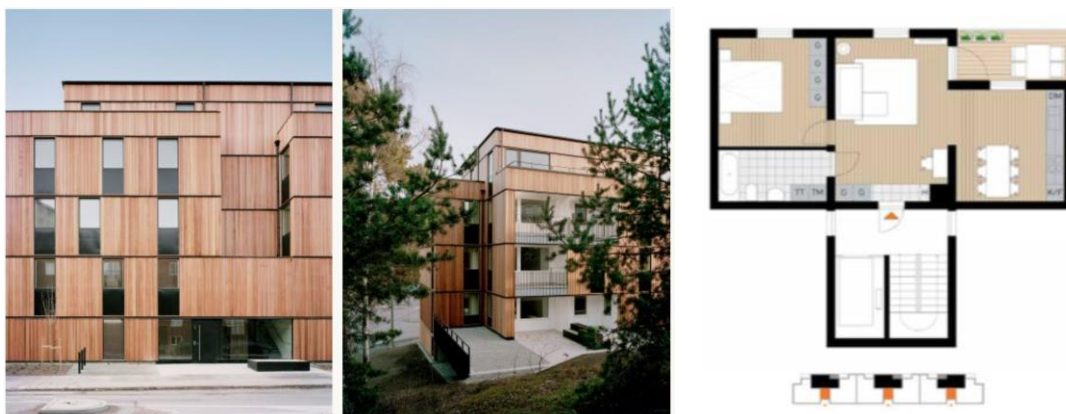


Bild 20, Skagershuset fasad och planlösning, Moelven Byggmodul, 2016

4.6 Effektivisering av boendet

I samband med modulbyggnationens standardiserade arbetsmoment utvecklas byggmetoder som gör det enkelt att utforma flexibla boenden samt med möjlighet till

omformning av väggar. Omformningsmöjligheterna blir således lättare vid användning av öppna system, då andra leverantörer kan leverera delar. Framtidens boende förväntas vara enkla att forma om efter behov och önskemål. Vid omdirigering av planlösningen ska exempelvis förflyttning av en vägg vara enkelt och smidigt att utföra. Dessa förväntningar är genomförbara genom modulbyggnation. En av modulbyggnationens fördelar är att utformningen är flexibel och vid projektering av modulerna kan sådana tekniska lösningar enkelt utformas, förenklas och planeras för. En annan fördel är att modulerna lätt kan lyftas isär vid behov och sedan förflyttas till annan plats för att förvaras eller användas igen. Möjligheten att bygga vidare på höjden av en befintlig platsbyggd- såväl som en modulbyggd byggnad genom att placera moduler ovanpå är även det en möjlig lösning för variation eller utökning av byggnaden (Bjelkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars).

Vid HSB Living Lab har modulbyggnationens fördelar utnyttjats genom att vissa moduler förberetts med tekniska lösningar så som exempelvis att en vägg senare ska kunna bytas ut mot ett fönster eller en vägg med solceller (Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars). Dessa lösningar har utformats i byggnaden för att möjliggöra vidare forskning angående faktorer såsom boendets hållbarhet.

Varken på ytan eller insidan märks det någon skillnad när byggnaden väl är upprättad och det är nästintill omöjligt att i efterhand avgöra huruvida byggnationen är plats- eller modulbyggd. För allmänheten blir den enda synliga skillnaden processen för byggnadens uppförande och dess snabba montering (Bjelkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules. 2016. Intervju 30 mars). Modulbyggnation innefattar möjligheter för att effektivisera boendet och dess byggnadsprocess samt ger större grad av flexibilitet i boendet.

5 Diskussion

Det industriella byggandet i form av prefabricering och modulbyggnation har granskats genom vetenskapliga artiklar i Kapitel 3 *Litteratur* och genom utförda intervjuer och studiebesök samt vidare fördjupning inom ämnet i Kapitel 4 *Resultat*. Detta har resulterat i flertalet påtalade fördelar och nackdelar med modulbyggnation relaterat till examensarbetets syfte och frågeställningar som vidare analyseras och diskuteras nedan.

Fördelar som de vetenskapliga studierna visar på är att modulbyggande och prefabricering är en tids- och kostnadseffektiv byggprocess som är flexibel. Moduler och prefabricering innebär en effektiv process vid byggnation, montering och demontering samt visar på mindre miljöpåverkan jämfört med traditionellt byggande. Själva byggprocessen sker i en säker och kontrollerad miljö på fabrik som leder till minskad risk för skador på såväl konstruktion som arbetare samt ger en hög och konsekvent finish på produkten. Fabriksmiljön innebär arbetsförhållanden som är skyddat från yttre faktorer såsom väder och omkringliggande faktorer vid platsbygge såsom exempelvis buller, trafik eller damm. Detta skapar i sin tur en gynnsam arbetsmiljö som bidrar till bättre förutsättningar för såväl byggnationen som medarbetare inom produktionen. Fabriksmiljön samt det standardiserade arbetssättet leder även till förbättrad planering av materialåtgång och således ett mer effektivt nyttjande av material. Eventuellt materialspill som trots detta skulle kunna bli över är även lättare att ta tillvara på och återvinna i den kontrollerade arbetsmiljön.

Ytterligare fördelar är den totala byggtiden som förkortas då modulerna kan byggas parallellt med varandra i form av hela volymelement. Samtidigt som konstruktionen av modulerna sker i fabriken kan markarbeten påbörjas på plats så att det vid leverans av modulerna är färdigt för montering. Även detta leder till en förkortad och effektiviserad byggprocess då momenten i byggnadsprocessen delas upp var för sig och risken för krock eller förseningar mellan olika leverantörer eller arbetsmoment minskar. I exemplet med HSB Living Lab skedde slutmontering av modulerna på enbart 8 veckor. Detta i sin tur leder till mindre påverkan på miljön och omgivningen då faktorer så som oljud, maskiner, trafik och andra störande faktorer inte uppkommer lika frekvent som vid traditionellt platsbyggande.

Utifrån den vetenskapliga artikeln gjord av Gibb och Isack (2003) som baseras på en intervjustudie ansåg de svarande klienterna att det finns flertalet fördelar med prefabricering gällande faktorerna tid, kvalitet, kostnad, produktivitet, arbetskraft och processer. Fördelarna som ansågs som högt värderade var bland annat att mindre tid spenderades på byggarbetsplatsen som i sin tur innebär lägre kostnader. Kvalitén ökade i form av konsekvent standard, minskat materialspill och bättre överensstämmelse med utgångsprodukten. Produktiviteten ökade i form av mindre problemrelaterade moment samt att arbetet kontinuerligt kunde fortlöpa oberoende av annat som sker på och utanför bygget. Fördelarna som var högst betygsatta var bland annat att aktiviteterna minskar på plats, högre grad av samspel, mindre blockering på plats samt att den totala spenderade tiden på platsbygget minskade.

Med hjälp av den vetenskapliga studien *A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China* granskades flertalet fördelar med prefabricering och dess avtryck på miljön jämfört

med traditionellt platsbyggande av flerbostadshus. Denna jämförelse visade att den prefabricerade byggnaden hade 20 procent större energieffektivitet samt visade ett resultat på minskad total energiförbrukning, materialspill, hälsoskador samt ekosystemförstörelse jämfört med det traditionella flerbostadshuset.

Genom att utnyttja de fördelar som modulbyggande innebär, i.e. prefabrikation, hållbarhet, återanvändbarhet och låga konstruktionskostnader, visar tidigare studier även på att det finns stor potential för modulär arkitektur som ett prisvärt boende. Modulbyggande genererar till ett hållbart och flexibelt boende för ett bättre pris i och med dess låga konstruktionskostnader.

Nackdelar gällande modulbyggnation och prefabricering som har framgått från Kapitel 4 *Resultat* visar på att dessa byggprocesser medför måttbegränsningar i dess utformning och planlösning med hänsyn till de begränsningar som kommer i samband med transport. Modulerna måste därför anpassas efter de krav som Transportstyrelsen beslutat om. Om modulerna byggs i hela volymelement innebär det att utformningen vid monteringskedet får dubbla bjälklag samt dubbla skiljeväggar vilket i sin tur påverkar estetiken samt höjd- och breddmått för den totala byggnaden. Detta kan resultera i problem om den anordnade platsen kräver en viss typ av måttbegränsning. En annan möjlig fara med modulbyggen är risken för att få in fukt i konstruktion vid slutmontering. Detta är dock ett problem som är relaterat till alla byggnationer, i.e. platsbyggt och modulbyggt. På grund av modulbyggnationens effektivitet skulle dock detta problem kunna regleras genom att vänta med montering till annat tillfälle vid ogynnsamma väderförhållanden. Denna lösning skulle kunna vara applicerbar utan större förseningar på projektet. Vid redan intagen fukt i konstruktionen är en lösning att använda sig av avfuktare.

Andra nackdelar som uppkommer vid modulbyggnation är att det krävs noggrann projektering inför projektet, vilket ofta innebär en längre projekteringstid än vid en platsbyggnation. Den förlängda projekteringstiden beror framförallt på den omfattning förberedelser som krävs för att modulerna sedan ska kunna konstrueras korrekt, snabbt och systematiskt sida vid sida. Sena ändringar i projektet kan således vara svåra att korrigera eftersom modulerna taktas sida vid sida i fabriken och vid leverans är byggnaden klar för slutmontering. Fördelen med noggrann utförd projektering är en ytterst effektiv monteringsprocess som bidrar till en förkortad byggnationstid för projektet. Den effektiviserade byggprocessen innebär att antalet personal minskar på plats och det gör även behovet av personal med specialiserad kunskap. Personalen som konstruerar modulerna i fabrik är även med vid leverans och monteringskedet och på så vis effektiviseras byggprocessen ytterligare och gör processen mer kontrollerad.

På grund av tidigare utformning av prefabricerade projekt, såsom miljonprogrammet, har modulbyggandet och dess standardiserade moment blivit negativt påverkat och mötts av viss skepticism bland såväl yrkespersoner som allmänhet. Detta har medfört en viss försiktighet gällande dess användande i projekt, mycket på grund av bristande kunskap gällande lyckade projekt. Detta examensarbets undersökningar visar dock på variation i utformningen av modulbyggt och att det blir allt svårare för åskådaren att särskilja en färdigställd platsbyggd byggnad mot en modulbyggd. I dagsläget har flertalet studier genomförts som visar på modulbyggandets positiva fördelar samt dess möjlighet till förändring och effektivisering av boendet. Nackdelarna är få och

vanligen lätta att komma till rätta med. I och med detta har modulbyggande ökat genom åren och allt fler får upp ögonen för denna tids- & kostnadseffektiva samt hållbara byggnation.

6 Slutsats

Gällande Serneke Group ABs efterfrågan på en kostnadseffektiv och realistisk bostads- och kontorslösning för tjänstemän under längre projekt har modulbyggnationen undersökts som ett relevant förslag. Utifrån den litteratur som undersökts samt de resultat som presenterats och sedan utvärderats och diskuterats i Kapitel 5 *Diskussion* kan följande slutsatser dras.

Utifrån examensarbetets undersökning och granskande av information påvisas fördelar gällande modulbyggande relaterat till dess flexibilitet samt tids- och kostnadseffektivitet. Utöver detta har flertalet exempel presenterats av tidigare slutförda modulbyggnationer och dess utformning och således gett en inblick i dess bredd och variation. Relaterat till Serneke Group ABs efterfrågan på en kostnads- och tidseffektiv bostad- och kontorslösning i tillfredsställande design för användning under långtidsprojekt kan det därmed anses att modulbyggnation är ett relevant förslag. Moduler skulle, fördelaktigt gällande de faktorer som undersökts, kunna utformas och upprättas som bostads- och kontorslösning för långtidsanvändning under ett eller flera projekt. Modulbyggnation innebär en tydlig fördel gällande dess förenkling i montering och demontering vilket i sin tur innebär att Serneke utan större kostnad eller problematik hade kunnat återanvända byggnaden vid flera projekt. Således blir slutsatsen av de vetenskapliga studierna samt resultat från studiebesök och intervjuer att modulbyggnation och prefabricering är en gynnsam byggprocess som med fördel kan appliceras i projekt där byggnadsformens montering- och demonteringsförmåga utnyttjas. För Serneke Group AB hade en byggnad upprättad i modulform förmånligt kunnat användas för deras efterfrågan gällande bostads- och kontorskombination för tjänstemän vid långtidsprojekt. Detta på grund av att byggnadsformen, enligt examensarbetets undersökning, anses vara fördelaktig gällande faktorerna tid, kostnad samt hållbarhet och kan således anses vara en effektiv lösning på företagets problem.

7 Förslag på vidare studier

För vidare studier hade det varit av intresse att fördjupa sig inom ämnesområdena nedan. Dessa områden anses värdefulla att studera vidare eftersom de öppnar upp möjligheterna för expansion av modulbyggnation och undersöker hur det påverkar miljön runt omkring i samhället. På så vis skulle ämnet uppmärksammas och kunskap om själva konceptet modulbyggnation och prefabricering öka. Då detta examensarbete visar på få nackdelar och flertalet fördelar så som kostnad-, tid- och miljöeffektiva faktorer med denna byggprocess anser vi modulbyggnation och prefabricering fördelaktigt och värdefullt att studera vidare.

- Hur man kan undvika storleksbegränsningar vid transport i modulbygge?
- Hur man kan omredigera och anpassa stora öppna ytor med avseende till modulelement?
- Hur påverkar modulbyggnation ett höghusbygge?
- Hur påverkar modulbygge en stadsmiljö?

8 Referenser

8.1 Litteratur

Blismas, N., Pasquire, C. och Gibb, A. 2006. *Benefit evaluation for off-site production in construction*, *Construction Management and Economics*, 24:2, 121-130. DOI: 10.1080/01446190500184444, (<http://dx.doi.org/10.1080/01446190500184444>)

Elfström, J. och Singh, A. 2013. *Prefabricerat trähusbyggande med moduler, för- och nackdelar samt förslag på vidareutveckling*. Uppsala universitet.

Gibb, A.G.F. och Isack, F. 2003. *Re-engineering through pre-assembly: client expectations and drivers*. *Building Research & Information*, 31(2), 146–60.

Isaac, S., Bock, T. och Stoliar, Y. 2015. *A methodology for the optimal modularization of building design*. *Automation in Construction*, 65 (2016) 116–124.

Kim, M.K. och Kim, M.J. 2016. *Affordable Modular Housing for College Students Emphasizing Habitability*. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering/January 2016/56*, pp.49-56.

Slawik, H., Bergmann, J., Buchmeier, M. och Tinney, S. 2010. *Container Atlas; A Practical Guide to Container Architecture*, 2nd ed. Berlin, Gestalten.

Warouw, F., Kobayashi, H. och Jung, J. 2010. *A Study on the Open Building System for Multi-Storey Housing in Indonesia*. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 9(2), pp.339-346.

Xinying, C., Xiaodong, L., Yimin, Z., och Zhihui, Z. 2015. *A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China*. *Journal of Cleaner Production* 109.

8.2 Elektroniska referenser

Adler, Peter, 2005, Bygga Industrialiserat, ISBN 9789173330855

Boverket. 2015. (Online)
<http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/bostadsmarknadsenkaten/>

Boverket. 2007. Så fick miljonprogrammet ett nytt ansikte - *En rapport om Gårdstensbostäder om ombyggnaden av flerbostadshus i östra Gårdsten*, Göteborg

Boverket. 2006. Bostäder byggda med volymelement, *En fall studie av Svenska bostadsprojekt - verklighet och vision*. ISBN: 91-7147- 940-6.

Boverket. 2015. Nyanländas boendesituation - delrapport, *rapport 2015:10 Regeringsuppdrag*. ISBN pdf: 978-91-7563-226-1.
<http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/nyanlandas-boendesituation-delrapport1.pdf>

Chalmers. 2016. Live Webkamera för uppförandet av HSB Living Lab
<http://www.nextgenlivinglabs.com/HLLwebcam/complete.mp4>

FrameCad Solutions, 2016
<https://framecad.com/en/home> (Hämtad 2016-03-22)

Hallin, M. 2004. *Messaure – en tillfällig tätort i ödemarken.*

HSB Living Lab. 2016.
<https://www.hsb.se/kampanjer/hsblivinglab/Om/> (Hämtad 2016-02-17)

IVA-projektet, *Resurseffektivitet, Fakta och trender mot 2050, Resurseffektiva affärsmodeller- stärkt konkurrenskraft*
<http://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/resurseffektiva-affarsmodeller/201504-iva-rfsk-rapport1-d.pdf> (Hämtad 2016-03-22)

Jansson, L. 1983. *Messaure, en etnologisk studie av ett anläggsamhälle,*

Moelven Byggmodul. 2016.
<http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Byggmoduler/Referenser/Skagershuset/> (Hämtad 2016-04-19)

Spacebox Modular Housing. 2016.
<http://www.spaceboxmodularhousing.nl/#!/general-info/ciaa> (Hämtad 2016-04-19)

Svensk Betong, 2016
<http://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/estetik> (Hämtad 2016-02-16)

Svenskt Trä 2012
Ett nytt byggande för en ny tid, broschyr
http://www.svensktra.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=45550327-ccba-4ebd-9ef6-32186f4b6581&MediaArchive_ForceDownload=true (Hämtad 2016-03-21)

Swedish Modules. 2016.
<http://www.swedishmodules.com/bygg-modulart/> (Hämtad 2016-03-22)

Transportstyrelsen, 2016
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Dimensioner/> (Hämtad 2016-04-14)

Tyréns. 2015. Uppdrag: 260626, *Inventering av leverantörer av prefabricerade bostadsmoduler.* Beställare: Boverket

Vattenkraft. 2016.
<http://vattenkraft.info/?page=77> (Hämtad 2016-05-12)

Ytbehandling. 2016.

<http://www.ytbehandling.eu/se/forzinkning.html> (Hämtad 2016-04-19)

8.3 Muntliga referenser

Bergsten, Björn; projektledare nyproduktion på HSB. 2016. Intervju samt platsbesök HSB Living Lab, 10 mars.

Bjolkemyr, Anna; projektchef på Swedish Modules AB. 2016. Intervju samt platsbesök i fabrik, 30 mars.

Hagy, Shea; forskningssamordnare på Chalmers tekniska högskola för HSB Living Lab. 2016. Intervju 16 februari.

Bilder

Omslagsbild, FastCODesign, adAPT NYC, 2015

<http://www.fastcodesign.com/3041865/slicker-city/5-trends-that-will-shape-the-future-of-tiny-housing/1>

Bild 1, HSB Living Lab, 2016 <https://www.hsb.se/>

Bild 2, Karlastaden och Karlatornet, Serneke AB, 2016 www.serneke.se

Bild 3, Karlastadens gaturum, Serneke AB, 2016 www.serneke.se

Bild 4, HSB Living Lab under uppbyggnad, Swedish Modules, Fotograferat av Anna Daneshvar. 2016.

Bild 5 och 6, HSB Living Lab under konstruktion i fabriken i Emtunga, Swedish Modules, 2016, <https://www.chalmers.se/en/departments/cee/industry-society/HSB-Living-Lab/Pages/default.aspx>

<http://www.swedishmodules.com>

Bild 7, HSB Living Lab, bostadsmodul redo för slutmontering, Fotograferat av Anna Daneshvar. 2016.

Bild 8, HSB Living Lab under pågående arbete med fasad och slutmontering, Fotograferat av Anna Daneshvar

Bild 9, Transportstyrelsen, 2016

Bild 10, Montage- och hanteringsinstruktioner, Flens Byggelement AB, 2013

Bild 11, Tyréns och Alibaba, 2015

Bild 12, Utfackningsvägg av stålstomme, Flens Byggelement AB,

<http://www.fbelement.se/vara-byggelement/utfackningsvaggar/>

Bild 13, Lastcontainrar, Co.Exist, 2013, <http://www.fastcoexist.com/3016687/10-fascinating-facts-about-the-hidden-industry-that-touches-90-of-what-you-own>

(Hämtad 2016-03-17)

Bild 14 och 15, Studentcontainern Swedish Modules, Fotograferat av Anna Daneshvar. 2016.

Bild 16, FrameCad Systems. 2016.

Bild 17, FrameCad Systems. 2016.

Bild 18, Spacebox Modular Housing, moduler och fasad, Spacebox Modular, 2016

<http://www.spaceboxmodularhousing.nl/#!/Affordable/zoom/mainPage/cl5l>

Bild 19, planlösning Spacebox Modular, 2016

<http://www.spaceboxmodularhousing.nl/>

Bild 20, Moelven Byggmodul. 2016.

Tabeller

Tabell 1, Blismas, N., Pasquire, C. och Gibb, A. 2006. *Benefit evaluation for off-site production in construction, Construction Management and Economics*

Tabell 2, Blismas, N., Pasquire, C. och Gibb, A. 2006. *Benefit evaluation for off-site production in construction, Construction Management and Economics*

Tabell 3, Transportstyrelsen. 2012.

Tabell 4, Transportstyrelsen. 2016.

Tabell 5, Boverket. 2015.

Tabell 6, Tyréns. 2015.

Tabell 7, Tyréns. 2015.

Figurer

Figur 1, Sveriges byggindustrier. 2013.

Bilagor

Bilaga 1

Sammanställning av intervju, Shea Hagy, forskningssamordnare på Chalmers, 2016-03-01

Shea Hagy är forskningssamordnare för HSB Living Lab och har varit med vid projektet från start. Det är hans examensarbete som ligger till grund för projektet och detta har han arbetat vidare med sedan dess.

Hur länge har projektet med HSB Living Lab hållt på?

Det är svårt att säga, men idéerna kom 2012 eller något sådant. Jag genomförde mitt examensarbete året därpå, 2013, och efter det började det på riktigt när HSB tog in några partners.

Var det HSB som tog initiativet till HSB Living Lab?

Nej det var Chalmers. Var från ett projekt som heter SUS Lab, ett EU projekt, och Homes for tomorrow. Med ETH Stealth World, Class of Art London, Chalmers. Så efter det projektet pratade dom med Network of Living Labs i Europa. Greg Moresson, professor på Chalmers, han pratade med Riksbyggen, HSB och några andra och HSB sa ja det är jätteintressant.

Vad har din del varit från start av projektet?

Jag har jobbat lite med allting. Från början var det att hjälpa till och förmedla vad Living Lab är och hjälpa projektgruppen att förstå vad det är som ska göras. Jag har jobbat lite med design och process. Arbetat nära arkitekt och ingenjörer. Och nu arbetat jag med forskningsprocessen. Hur ska vi arbeta med forskningen och genomföra forskningsidéerna.

För vårt examensarbete funderar vi över tidsåtgången och kostnaden för ett sådant här projekt. Hur är det med de aspekterna för själva byggnationen av projektet?

Det har varit en väldigt lång process (projektering), för lång process, med dålig kommunikation.

Är det för att det är såpass nytt som det varit dålig kommunikation?

Ja det är en del. Men det beror även på att det inte fanns något kontrakt mellan Chalmers och HSB förrän för två månader sen. Så det var också det. Det fanns ingenting som drev oss. Vi vill bygga HSB Living Lab, men det finns ingen kontraktuell bestämmelse som drev projektet.

Det har alltså varit en för lång process jämfört med vad ni tänkt er från början?

Ja, från början hade vi tänkt oss ett år. Kanske 16 månader eller något där omkring. Byggprocessen är dock väldigt snabb.

Var hamnar kostnaden för ett sådant här projekt?

Det är en fråga för HSB. Det var ingen budget från början. Vi arbetade mycket med design osv och sen efter 9 månader fick vi svar om att det var för dyrt. Då fick vi gå tillbaka och ja...

Hur delaktig har du varit i bygglov?

Inte så mycket. Det var ganska lätt med bygglov. Tengbom arkitekter, Petter Älvstrand, ordnade med det, men det var lätt.

Vilket material är modulerna konstruerade i?

Stållam.

Nu ska HSB Living Lab stå i 10 år?

Bygglovet gäller i 5 år, men dom har lovat att det kommer gå och ordna 5 år ytterligare. Men kan hända 20 år också.

Vad är det som ska forskas på under tiden?

Allting. Att forska och förstå hur vi kan bo i framtiden mer hållbart. Allt från utformning till material till teknologi osv. Allt. 2000 sensorer i byggnaden. Några väggar som man kan plocka ut. Från början det var en av våra idéer att ha alltid väldigt flexibelt. Högt i tak också så att vi kan forska med volym.

Vad händer efter 10 år?

Är en del av forskningen. Modulbyggnation. Bostadsbristen i Sverige är så allvarlig. Kan det vara en lösning för framtiden.

Hur högt är det i tak invändigt i HSB Living Lab?

3,6 m. Entré, andra plan är 2,9. Tre våningar som är 3,6.

Bilaga 2

Sammanställning av intervju och studiebesök med Björn Bergsten, Projektledare, Nyproduktion, HSB 2016-03-10

Fråga: Hur klara är modulerna när de levereras, vad görs på fabrik och vad görs på plats? Gällande Installationer, VVS med mera?

Björn: All installation, VVS, El är på plats och kök samt allt annat med lådor sitter i. Lådorna är tejpade för att inte ramla ut. Köksbänkarna har inte varit på plats men duschrummen är klara. I det är här fallet så är det våtrumsmattor med väv som är målade då. Annars hade det varit klinker och kakel som också hade varit på plats då, färdigt.

Alla blandare, allting sådant, annars är det så att det är helt klart.

Om det hade varit ett normalt hus, utan alla de här 2000 sensorerna och installationerna samt 15 km lång datakabel som ska kopplas in så är det ännu mer klart, bara att koppla ihop kan man säga. Sen handlar det om att man fyller i skarvarna på modulerna, så man lämnar parkett, 60 cm, 30 cm på var sida som man fyller i med golvmaterial och lika så sen så fyller man in runt väggar in och utsida. Tanken var att fasaden skulle vara monterad i fabrik men det var egentligen tidsskäl som gjorde att de inte valde att göra det. De är tvungna att montera vissa glaspartier för trapphus på plats så då ville man ha en ställning där, så ställningen gjorde det möjligt att montera fasaden där i ytskiktet. Väggen är helt klar egentligen, med läkt och sådana delar då.

Hur lång tid tar det att producera byggmodulerna i fabrik?

Björn: Ja ni kan få en tidsplan om ni vill.

Vi köpte stål före sommaren, vi gjorde ett separat avrop. Så vi skulle kunna få fram det, sen startade vi efter semestern vecka 32. Då började man med att svetsa ihop stålkonstruktionsramarna som är 12x4x4 meter. Sen har man klätt på dem och fram till jul kan man säga är alla modulerna klara, lite längre tid efter jul, så är de klara. 22 veckor för 44 moduler. Sen hur många moduler det är är kanske inte intressant men det är resultatet i 29 lägenheter, som man bygger ihop på den här tiden. Sen har vi på plats, 8 dagar att montera, och efter det så har Swedish Modules 7 veckor på sig att koppla ihop alla installationerna, sätta dit fasad och komplettera de glaspartier i trapphus som inte var monterade i början eftersom de inte gick att transportera. Och göra samordnad provning av alla installationer och slutstädning och slutbesiktning och de grejerna.

Då är det 45 man som jobbar och det är vad det har varit i fabrik också som mest ungefär 50 män som har jobbat som max. De har de 7 veckor på sig, sedan kommer HSB in under 5-6 veckor och kompletterar med tvätt studion, sätta in projektorer, lite fast inredning, bokhyllor m.m. ELFA kommer stå för leverans av vissa grejer samt inredning och möbler.

Hur har det gått till med själva transporten av modulerna? Vi såg när de började lastas upp med kran. Är det en modul åt gången på en lastbil?

Björn: Ja det är det, det är sådana lågtrailers. För att modulerna är såpass höga behövs sådana och då har Swedish Modules ett transportföretag som de har jobbat med väldigt länge. De kommer egentligen från Off Shore branschen och har byggt läkemedelsmoduler och då funkar det så att de har byggt dem ute i vara, Emtunga sen kört ut dem till Arendal och monterat upp dem där och sedan skeppat upp det där. De har byggt sådana moduler över världen, även via Varbergs hamn har det gått till

Förenade Arabemiraten förra sommaren, från Apply Emtunga som är deras Offshore byggeri. Det är sådana maxade transporter då. Det är såpass maxat så man inte ens kunde ha på fasaden, den kunde inte vara för tjock för då hade man inte kunnat köra. Så har det funkat. Det är mycket samordning med trafiken, transporttillstånd då, från Transportstyrelsen sen har de också fått jobba med avstängning och trafikordningsplan med trafikkontoret. Då är det kommunen som styr det. Bussen har därför fått avgränsad körbana här vid HSB Living Lab nu. Så det har varit ganska mycket förberedelser för dem. Det ska då visas i ritning hur avspärrningen ska gå till, det gör man i samråd med någon på trafikkontoret. Det är vanligt på många byggen när man bygger tätt inne i staden. Då har man fått ett visst tillstånd över en viss tid. De hade då tänkt sig montera på 2 veckor och de fick tillstånd på 3 veckor, ifall de skulle behöva.

Vad är skillnaden kostnad och tidsmässigt mellan ett sådant här bygge respektive traditionellt bygge?

Björn: Ja själva byggnaden, HSB Living Lab, kostar 40 miljoner kr. Då är frågan vad det är för yta, så den kommer jag komplettera via mail.

Björn: Har ni koll på det här med ekonomin, nyckeltal, annars? Entreprenadkostnader osv. Vad det kostar att bygga ett 4 våningshus?

Svar från oss: Nej. Det kan vi eventuellt få tag på via Serneke.

Björn: Man kan fråga, säg ett motsvarande 4 våningshus med ett visst antal lägenheter. Vad kan man tänka sig att man har för entreprenadkostnad då. Vad är byggkostnaden. Sedan tillkommer ju byggherrekostnaden för bygglov och de grejerna samt tomten. Då kan man iallafall jämföra rena byggkostnader med ett traditionellt bygge så som platsbyggt eller prefab.

Hur är kvalitén på modulerna? Uppstår det problem vid leverans/montering?

Björn: Hög finish invändigt på målningsarbeten i fabrik är det en väldigt bra miljö att jobba i. Bra kvalité. Det som kan uppstå vid transport är sprickor mellan vägg och tak osv. Det kan också vara ett problem med väder när man sätter ihop dem. Det har varit vissa problem här att man har fått fukt. Inte fått in taket tillräckligt snabbt. Så det har varit tvunget att torka ut huset då med avfuktare då. Men där kan man diskutera hur man kan parera med tiden, vänta på bättre väder. Det kan man ju styra beroende på, om det ändå går fort att bygga kan man lämna veckor eller så, kan man vänta in bättre väder.

Tidplanen har varit så oerhört tight att HSB har fått ställa sådana krav på Swedish Modules inte har haft möjlighet att vänta på väder då. Annars så, skapar det om inte annat kostnader. Här var det 10 avfuktare på plats under några veckor. Man har en fukt-kunnig som följer upp en fuktsäkerhetsbeskrivning och man har en entreprenör då som är fuktentreprenör som går in med de praktiska åtgärderna. Det blir ett bekymmer för entreprenören eftersom vi ställer krav på dem då det ska vara som om det inte hade varit en droppe vatten där inne.

Det är HSB som kommer förvaltar den byggnaden sen?

Björn: Ja det är det. 10 år tillfälligt bygglov, det är Chalmers studentbostäder som hyr ut då.

Vad tycker du om, hur värde i modulbyggnad relaterat till traditionell byggnad. Anses denna ha samma värde som en "fast" byggnad?

Björn: Jag skulle kunna tänka mig att den allmänna uppfattningen är det. Att man tycker att det är kass att det är moduler och det är att man inte tror att det är så bra arkitektur, inte lika bra gällande rymd och ljus. Man kanske har sett traditionella moduler där man slänger upp baracker för skolor. Det får man ju skilja på att detta är en annan typ av moduler. Det kommer ni se sen där inne att det är en jätteryd där inne. Det är en helt annan grej. Det visar egentligen då bara på att, om man går in med andra förutsättningar och ramar kan man göra någonting annat. Det är nog en varumärkesgrej och marknadsföringsgrej att det finns en uppförsbacke där. Det är då egentligen, villabyggnation är ju moduler även om det är ett trivselhus med 6 meter tak i vardagsrummet kanske.

Hur anser du som fastighetsförvaltare, investeringsvärdet, i ett modulhus/vanlig byggnad?

Björn: Det skulle jag nog värdera mer, traditionellt. Ett platsbyggt hus och en platsbyggd stomme, med tegelhus som byggs mycket idag. Det borgar ju för någonting som är kvalité. Det gör vi på HSB nu, bygger mycket i Örgryte och Kvillebäcken, alla projekt mer eller mindre, alla byggherrars bostadsrättsföreningar ser ut på det sättet. Då är väl någonting annat inte riktigt, det ska ju vara känslan av kvalité.

Det planeras att stå 10 år, vad händer sen?

Björn: Sen vet man ju inte, tanken är ju att återanvändning. Tanken är att montera ner det och ställa upp det någon annanstans.

Ja det känns nästan där kvalitén och värdet i det, ligger i att man kan flytta på den?

Björn: Ja den uppfyller alla krav enligt BBR, det ska vara en byggnad som ska vara dimensionerad att stå 50 år, med delar som ska kunna bytas ut och sådär, samma kvalité som ett vanligt hus. Egentligen ska det kunna stå i 50 år och sedan flyttas, och då kanske man hittar ett schysst läge då. Nu är det redan havsutsikt vid HSB Living Lab men kan kanske få havsutsikt.

Modulerna är byggda i fabrik och så men eftersom man placerat ut det som man vill, själva modulen som står där, är den omformbar på plats?

Björn: Ja det här är byggt för att vara omformbart, att man ska kunna lägga till väggar och ta bort väggar, det är tanken. Kanske förutom där det finns stomme som begränsar eller snesträvar. Det är jätteflexibelt på så sätt.

Hur fungerar det rent praktiskt? Kommer Swedish Modules och flyttar på väggen då?

Björn: Nej det är inte helt säkert. Dom finns med tills att de ska leverera huset färdigt och godkänt till och med vecka 15 sen tar vi över det. Sen så kan det vara någon annan entreprenör som kommer in. Tanken är att det blir någon projektledare som kommer ha det här när det gäller forskningsprojektet som ska följa sen. Då kommer man ta hand om de förändringarna sen.

Det var stålstomme? Väggarna är trä?

Björn: Ja det är trä och plåttreglar, men egentligen är det en traditionell utfackningsvägg. Så bygger man. Fördelar med stålstomme är att det blir väldigt flexibelt invändigt då. Sen att man fyller i med ytterväggen, ganska likt ett prefab

bygge, eller ett bygge med en traditionell stomme för ett vanligt hus, plattbelag och sen stålpelare ute i fasad och utfackningsväggar fast att man gör det i fabrik i ställe. Varje modul väger 15-20 ton, jag vet inte om det är max vad man kan köra på vägarna, men det är åt maxhållet vad man kan lyfta.

Vårt examensarbete handlar om Karlastaden och de kommer att behöva ha ex antal personer på plats, så som, hotell och kontor i kombination. Inte baracker utan moduler.

Björn: Där har det funnits lite exempel från London hur man kan renovera affärslokaler och sådant, att man tar in coola svarta containrar med glas och blomster och så i butiken där, så säljer man GANT kläder eller har GAP butiken där en trappa upp. Så det inte är det här tråkiga. Då kan han ringa till Swedish Modules, de är pigga på allt.

Vi funderar på om vi ska prata med Swedish Modules, även om vi fått svar på många av våra frågor?

Björn: Ni kan kontakta projektchefen Anna Bjelkemyr. Det är nog bra att prata med Anna. Hon träffar kommunerna och så och pratar om tillfälliga boenden och studentbostäder. Hon är säkert jätteintresserad att kunna bistå med information. Det borde ni göra, ett studiebesök i fabriken. Ligger uppe i Vara, Emtunga, 10 mil härifrån.

Bilaga 3

Sammanställning av intervju, Anna Bjelkemyr, Projektchef, Swedish Modules, 2016-03-30

Hur lång tid tar det att producera byggmodulerna i fabrik? ex. 1 standardmodul för HSB.

Anna: För HSB Living Labs standardmodul räknade vi med ca 6 veckor på en modul, men det taktas upp till att en till två moduler startas upp varannan dag. Skulle man bara bygga en modul är då kanske man klar på 2 veckor. Men vi försöker starta upp hela tiden så varje disciplin kan börja, så det börjar och hamnar i olika takt.

Vad är mest tidskrävande vid modulbyggnation?

Anna: Förbyggnation som är mest tidskrävande, arbetet innan projekteringen. Alla fall på modulbyggnation är ganska korttid utan det är alla förberedelser, myndighetsgodkännanden som är det stora. Byggnationsmässigt är det inte så lång tid om man jämför.

Hur stora är lägenheterna och vad ingår i dem?

Anna: Det är lite olika saker och det är någonting som vi tycker är jätteviktigt att förstå när det kommer till modulbyggnation. Studentcontainern som vi såg, den är vad den är, för det är en container, ca 26 kvm. Men går man ut och bygger som vid HSB Living Lab då har modulstorleken ingenting med lägenheten att göra. Man märker inte inuti heller, att det är en modul, lägenheten kan vara precis hur stor eller liten som helst. Modulstorleken är egentligen bara en transportfråga. Att man får förhålla sig till transportmått. Vi kan då leverera inredda moduler. Vi levererar alltid helinrett. Kök, rör, toalett ytskikt osv, allt är helinrett.

Tillverkar ni endast för tillfälliga bostäder?

Anna: Nej, vi tillverkar mycket mer än så. Däremot så är det så människor tänker. Men det är inte så som det är i verkligheten, byggloven går ju nu på tillfälliga bygglov, men hållbarhetsmässigt klarar HSB Living Lab att stå som vilket hus som helst.

Vad har ni för olika lösningar, kombination kontor/bostad?

Anna: Man kan få precis vad man vill ha kontor/bostad, byta ut efter ett tag. Inga problem, endast en projekteringsfråga. Lägenheter som hotell, t.ex. studentcontainerna, dom går att slå upp väggen i mellan men då kanske moduler är att föredra. Moduler är att föredra, fördelen är att man då även kan lyfta isär dem efter att man är färdig med projektet och sedan skeppa loss och flytta till annan plats vid behov av ett stort bygge och använda igen. Tanken med HSB är att man t.ex. köper till två extra moduler och bygga på höjden, sätta det i Kungsbacka om man vill. Så kombination kontor/bostad, bara som man projekterar, finns inga begränsningar.

Hur klara är modulerna när de levereras, vad görs på fabrik och vad görs på plats? (Installationer, VVS osv.)

Anna: Varje modul är klar till väggen, till gränssnittet. Sen vet man att det ska gå el härifrån och hit, då har man förberett med kabel för den sträckan, mätt upp och rullat ihop så att det endast är att rulla ut och koppla ihop detta på plats/site. Man har alltså förberett, sen på site så sitter ju detta ihop, då har man små passbitar med rör eller golv/vägg isolering etc som byggs dit på plats. På plats kopplas allt ihop och man gör

klart denna väggbiten som inte går att göra färdigt i fabrik. Man gör egentligen allt klart i fabrik förutom den lilla biten och själva sammankopplingen.

Det som är skillnaden är att när man gör projekteringen är det viktigt att man i början bestämmer sig för ifall det ska vara platsbyggt eller modulbyggnation. För om man projekterar för platsbyggt är det inte säkert att man kan lösa det med modulbyggnation, för man måste ha tänkt efter. Platsbyggt kan lösa lite mer allteftersom, där byggs ju från grunden och uppåt. Men vid modulbyggnation byggs allting samtidigt och färdigt, här kan exempelvis plan 4 byggas samtidigt som plan 1. Så man måste ha tänkt att huvuddelen kommer här osv, så att man kan förbereda. Modulbyggnation kräver mycket förberedelse! Allting byggs parallellt. Oerhört effektiv produktion/byggnation.

Skulle du säga att det är mer förberett än ett vanligt bygge? På ett vanligt bygge är man mer reglerbar även om man vill ha allting så klart som möjligt, eller är det mer känsligt för fel i fabrik med modulbygge?

Anna: Man kan säga att man kan vara mycket mer effektiv i fabrik, man kan börja bygga modul 1,2,3,4 bygga allting parallellt, att man går in och taktar. På ett vanligt bygge bygger man våning 1, det är klart att när man börjar bygga på våning 3 som vi gör samtidigt som våning 1, så måste man veta hur allt ska se ut. Det är det som är vinsten med när produktionen startar att det är oerhört effektivt.

Beställer ni in råmaterial och i sådana fall från var?

Anna: Närmsta leverantör är VS AB, men de köper in råmaterialet i sin tur. Ursprungsland får jag återkomma med, tror att det är Europa. Sen handlar vi resten av råmaterialet som vilket företag som helst. Stål är det som har den långa ledtiden.

Vad är det som kostar mest gällande modulbygge?

Anna: Det som är kostnad är materialen och produktion, det är det som är den stora delen, kostnadsmässigt.

Har ni någon standardpris på kvadratmeter?

Anna: Väldigt olika gällande pris, jättesvårt att säga ett pris, beror på vad kund vill ha. HSB Living Lab är en speciallösning pga sensorerna. Svårt att säga pris. Finns lite rapport om detta kvm pris på Boverket. Googla på Boverket, bomoduler kvadratmeterpris.

Ni bör hitta ett pris mellan 10 000 - 15 000 kr/kvm på Boverket om man ska säga ett ungefärligt pris, något annat borde vara fel.

Hur är kvalitén på modulerna, brukar det uppstå problem vid leverans och montering?

Anna: Nej, det skulle jag inte säga, allting är på planering/förberedelse. Swedish Modules företagsstyrka är att man inte har jobbat mot byggindustrin huvudsak tidigare utan man har jobbat mot oljeindustrin, så man har hanterat så oerhört stora moduler och tunga. Så när vi går in och gör bomoduler tycker vi att dem är ganska små och lätta. Så personalens erfarenhet är att dem har hanterat jättestora moduler. Andra människor burkar tycka att det ser spännande ut.

Vilka faktorer förbättras/Försämrar med modulbygge?

Anna: Kan inte komma på några nackdelar förutom att man kanske inte är mogen för tanken på modulbyggnation, man relaterar det till paviljongerna, något som det idag inte är.

Fördelarna är att man kan göra grund & markarbete på plats samtidigt som produktion av modulerna sker i fabriken. Då halverar man nästan byggtiden. Andra fördelar är att det aldrig har regnat på huset, det är helt torrt. Och arbetsmiljömässigt kan jag väl tycka att det är väldigt mycket bättre. Det är inomhus och dessutom fast arbetsplats, man behöver inte ligga och pendla till olika platser utan man har sin arbetsplats i Vara, som vilket jobb som helst.

Hur omformbara är modulerna?

Anna: Omformbarheten, vi tar upp exempel HSB LL där man skulle kunna byta ut en vägg mot solceller/fönster istället. Enligt Anna är det en teknisk lösning som togs fram för HSB, inte en standardlösning, men det går att göra även på en vanlig byggnation.

Som vi pratat om tidigare, möjligheten till att enkelt lägga till våningar eller plocka isär/ner byggnaden för att flytta till annan plats.

Hur är hållbarheten? Hur länge håller materialet i byggmodulerna? 50 år? ex.

Anna: Tillverkar inte endast för tillfälliga boenden, kvalitén och utformningen är enligt samma standard som för platsbyggt. Däremot är det så allmänheten tänker, byggloven går ju nu på tillfälliga bygglov, Men hållbarhetsmässigt så klarar ju HSB Living Lab att stå som vilket hus som helst, är precis som vilket hus som helst. Allt hänger på planering och förberedelse. SM företags fördel är att de har erfarenhet av att arbeta med enorma volymer/moduler pga oljeplattformarna osv, bostadsmodulerna som exempelvis HSB LL känns små och lätta i jämförelse. Så enligt Anna SMs stora styrka är dess personals erfarenhet.

Vilken typ av markarbeten krävs för ett modulbygge? Ansvarar ni för markarbeten?

Anna: Helt vanligt markarbete som krävs. Den som ansvarar. Man brukar alltid prata om gränssnitt, och gränssnittet är ju underkant av vår modul. Sen kan vi göra markarbetet också, men oftast gör byggherren det själv, även när det är platsbyggt då.

Finns det någon form av garanti?

Anna: Som vanligt enligt ABT06/AB04. Om det skulle vara något som händer vid transport, standardgaranti, precis som alla försäkringar vid byggnationstiden vid ett vanligt bygge också, ingen skillnad.

Ansvarar ni för transporten av modulerna? Och i så fall hur transporterar ni dem? Vad behöver göras innan med exempelvis transporttillstånd?

Anna: Ingenting som är kritiskt. Hinner med detta gott och väl i produktionstiden. Finns vissa begränsningar, info hittas på Transportstyrelsen. Dessa regler gäller. Måste exempelvis att höjden framförallt måste vara under 4.10 m, annars måste man rekognosera, då får man ta alternativa vägar, anpassat för att man ska kunna ta sig under broar, tunnlar osv. Allt detta hittar på transportstyrelsen. Finns lika olika gränser vi måste förhålla sig till, allting går nästan till de flesta ställena. Men är den för hög, då behöver man köpa en rekognoseringstjänst helt enkelt innan man lovar någonting.

Sen så hyr vi in, som underleverantör, lastbilsförare som går på extra långa och extra låga transporter då oftast. Man hyr in människor som är duktiga på att transportera tunga saker.

Sen gällande kranarna då, så gör man gängor i ytterhörnen, skruvar man in gängor med en krok som man lyfter i. Eller så har man ISO hörn, då man bara gör ett hål och så krokas man fast med en krok och så lyfter man upp. Finns proffs på det, vår personal är med på plats och guidar hela sättningen så det blir rätt.

Vilken typ av personal behövs?

Anna: SMs personal är i fabrik och sen följer dem med och ansvarar även på site. De som är nere på site, är samma som de som är i produktion. Har man valt sen många år tillbaka, för då ser man hela kedjan. Får man förståelse för vad man producerar i fabrik och varför det är viktigt och hur det hänger ihop osv. Får en helhetssyn som är viktig och bra. Dessutom variation i arbetet vilket alla tycker är kul och bra. 45 man som gör detta. Som max har de varit 50 personer i fabrik.

Hur ser leveransskedet ut? Hur effektivt är det, levereras modulerna 1 och 1?

Anna: 44 moduler HSB. Vid leverans går man in och lägger ett schema, för HSB Living Lab: 6 moduler första dagen, 4 moduler andra, 10 moduler per plan. Modulerna hämtas med en timmas mellanrum, då kör man ner dem, för att inte stoppa trafiken helt, då gör man det arbetet man gör direkt, så som tätning, så att det inte regnar in, så kommer dem löpande, så ligger man enligt schemat: 6, 4, 6, 4 tills man är färdig.

Hyr ni in byggkran/byggställningar osv, vem är det som gör själva monteringsarbetet på plats?

Anna: Byggkran, byggställningar hyr vi in tjänsten för dessa och ansvarar för den.

Hur stor vikt lägg vid design/utformning av modulerna?

Anna: Studentcontainern är SMs produkt men HSB är ett annat sätt att arbeta på, där de hyrt in Tengboms arkitektfirma för det, andra sättet som man kan göra är att ta in människor som är proffs på det. Kan göra vad kunden önskar.

Hur tror ni på Swedish Modules att framtidens byggande ser ut?

Anna: Jag tycker att en vision är att man inte ska bygga på tillfälliga bygglov, utan att man ska bygga på bygglov. Om man använder modulbyggnation som ett exempel så behöver man flytta ett hus är det bara att montera ner det och flytta det. Så att man kommer ifrån det där tillfälliga som jag tycker är resursslöseri, för det vi bygger är inte tillfälligt. Det skulle jag tycka vore spännande i det andra projektet som vi ska starta upp nu då man även tar fram tvättstugemodul, postmodul, sopmodul. Det är möjligt att flytta det där precis som man vill. Så det är en vision som jag tycker är bra. Men något annat jag tycker är kul som man även skulle kunna göra detta på är platsbyggt, att bygga på.

Anser du att modulbygget att öka i framtiden?

Anna: Ja, jag hoppas det. Men jag hoppas att man kommer ifrån det här "tillfälliga", att man inte slänger upp något billigt bara för att det krävs för tillfället. Att man ser det lite längre, att det kommer krävas studentbostäder om 10 år, vad ska man göra med tillfälligt? Att man ser det lite mer långsiktigt i modulform.

Hur ser marknaden ut för modulbygge enligt er? Anser ni det som konkurrenskraftigt?

Anna: I och med att vi bygger hållbart, så blir vi lite dyrare än om man bygger tillfälligt. Men jämför man oss med de som bygger normalt för hus som ska stå länge, så är vi konkurrenskraftiga. Det gäller att få modulbygge till att inte vara tillfälligt. Ett modulbygge med Swedish Modules kvalité kan stå som vanligt bygge. Man får räkna på hela tiden, själva tidsperioden den tjänar alla pengar på. Att man snabbare kan göra grunden samtidigt som vi kan bygga i fabrik. Någonstans ändå kommer huset upp snabbare, man får snabbare hyresintäkter. Ju snabbare projekt man kan driva ju mer effektivt blir det och konkurrenskraftigt. De som bygger platsbyggt har någon annan åsikt säkert.