

BYGGPROCESS FÖR TRÄHUSBYGGGANDE MED VÄDERSKYDD



Rolf Jonsson & Mats Persson

2021-03-22

Förord

Denna undersökning hade inte kunnat genomföras utan de projekt som vi fått ta del av från företag i projektets styrgrupp och de workshopar som genomförts. Pandemin har reducerat möjligheten att besöka de aktuella byggarbetsplatserna men digitala möten har genomförts med konstruktivt resultat.

Vi i arbetsgruppen vill rikta ett stort tack till vår styrgrupp och referensgrupp Hus- och bostadsutskottet inom Byggföretagen Väst samt FoU-Väst.

Vidare vill vi tacka SBUF och Västra Götalandsregionen som finansierat en stor del av studien.

Göteborg i mars 2021

Rolf Jonsson

Projektledare

Sammanfattning

Detta utvecklingsprojekt undersöker möjligheten att reducera byggtiden vid trähusbyggande med väderskydd. Genom att studera byggprojekt som genomförs idag och analysera förutsättningar och möjliga utvecklingar har tidsaspekter och kostnadsaspekter undersökts.

De undersökta projekten visar att det är vanligt att med trähusbyggande utan väderskydd idag! Tiden för stommontage kan göras rejält kort genom anpassning till "bra väder". Genom att plasta in och hantera eventuellt vatten effektivt samt på olika sätt åtgärda eventuella missfärgningar och fuktskador motiveras insparat väderskydd under byggtiden. Vid KL-trä rekommenderas t ex slipning av trätor. Stommarna i dessa projekt är förhållandevis enkelt sammansatta och det återstår stora arbetsinsatser med kompletteringar på väggar, bjälklag och ytskikt samt installationsarbeten vilket gör att byggtiden ändå blir förhållandevis lång. Ökad prefabricering skulle ge stora möjligheterna till tidsvinster för stomkomplettering, ytskikt och installationer.

Byggherren behöver ta rätt beslut om byggsystem tidigt i byggprocessen för att få en kortare byggtid. I de analyserade projekten har det varit tydligt att när det är dags att planera för byggproduktionen är valmöjligheterna att utforma väderskydd och att anpassa byggsystem och leveranser begränsade. De tidiga valen och besluten begränsar handlingsfriheten för byggaren. Det är i och för sig ingen ny insikt att projekteringsarbetet i stor utsträckning kan begränsa entreprenörens handlingsutrymme. För att uppnå vinster behöver samarbetet mellan byggherrar, entreprenör, installatörer och stomleverantörer vara mer utvecklat och integrerat.

Byggtiden påverkas av flera faktorer, byggnadens utformning och byggarbetsplatsens förutsättning. Arbete med grundläggning och t ex pålning och spontning behöver ta den tid som krävs.

Med högre förtillverkningsgrad och väderskydd är det möjligt att halvera byggtiden. System med högre färdigställandegrad förutsätter att t ex eldragning är förberett och att invändiga ytskikt är klara eller åtminstone närmare klara. Då måste det också finnas ett heltäckande väderskydd. För att "redesigna" byggprocessen behövs en utveckling av tekniska system.

Det ställer också krav på att förutsättningarna för byggprojekten analyseras i tidiga skeden av byggprocessen, under projektering och redan när upphandling av stomleveranser och underentreprenörer genomförs. Byggsystemet behöver behandlas tidigt och installationer och ytskikt integreras i projekteringsarbetet. Stomleverantörerna behöver utveckla sina produkter att även innehålla förberedelser för i första hand installationer men också ytskikt.

En grov uppskattning av hur totalkostnaden påverkas vid en halverad byggtid har också genomförts. Den avser ett hypotetiskt projekt och bedömningen är att byggkostnaden blir ungefär densamma även om delkostnaderna omfördelas. För byggherren/beställaren bör det finnas en vinst på lägre ränteutgifter, något lägre projekteringskostnad samt möjlighet att hyra ut eller använda byggnaden tidigare.

För att det ska vara lönsamt med väderskydd så behöver det vara med i förutsättningarna från projekterings början. Val av byggsystem och byggnadens utformning har stor betydelse.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och avgränsningar	2
1.3	Genomförande	3
2	Förutsättningar och definitioner.....	5
2.1	Byggsystem och förtillverkning (prefabricering).....	5
2.2	Industrialiserat byggande	5
2.3	Byggnaden som system.....	6
2.4	Olika väderskydd.....	7
2.5	Fuktsäkring vid byggande med KL-trä	8
3	Undersökta projekt.....	9
3.1	Projekt 1	9
3.2	Projekt 2	12
3.3	Projekt 3 (Hypotetiskt baserad på projekt 2).....	14
3.4	Projekt 4	15
3.5	Projekt 5 (Hypotetiskt baserat på projekt 4).....	17
3.6	Projekt 6 (Hypotetiskt baserat på projekt 5).....	19
3.7	Projekt 7 (Hypotetiskt baserat på projekt 6).....	22
4	Diskussion och analys.....	25
4.1	Undersökningens frågeställningar	25
4.2	Vad krävs för att göra byggtiden kortare?.....	27
4.3	Nyttor vid kortare byggtid.....	28
4.4	Ekonomiska konsekvenser	29
5	Slutsatser.....	31
	Referenser	33

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Trähusbyggande

Sverige har en lång tradition av trähusbyggande och under 2000-talet har flerbostadshusbyggandet i trä successivt ökat tack vare teknisk utveckling och industriella byggmetoder. De senaste åren har det pågått forskning och utveckling inom trähusbyggande på flera håll i samarbeten mellan forskare och näringsliv. Forskning om högre träkonstruktioner och fortsatt utveckling av nya byggmetoder ger förutsättningar för att trähusbyggandet kan fortsätta att utvecklas i Sverige. Trä har egenskaper som ger goda förutsättningar för en industriell byggproduktion. Prefabricerade trämoduler tillverkade i fabrik kan vara både tidsbesparande och mer kostnadseffektivt än traditionella byggmetoder.

Det finns ett politiskt tryck att utveckla trähusbyggande eftersom det ses som miljövänligt och kan skapa arbetstillfällen. Detta som ett led i att höja bygg- och fastighetsbranschens kunskapsnivå om byggnaders klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Många entreprenörer och beställare är också positiva och förväntar sig ett genombrott inom industriellt trähusbyggande med ökade investeringar och ökad kapacitet för att bygga flerbostadshus i trä. Byggprocessen står för en betydande del av en byggnads klimatpåverkan där byggmaterial utgör huvuddelen av utsläppen. Materialvalen är viktiga ur klimatsynpunkt.

Samtidigt finns det tekniska utmaningar och ekonomiska/praktiska aspekter att beakta i ett byggprojekt. Det är inte så enkelt att bara byta ett material mot ett annat. Bland de tekniska svårigheterna finns exempelvis hur akustiska lösningar ska klaras och fuktbelastning under byggtid och drift. För att klara bland annat akustikkraV krävs ofta tjockare väggar och bjälklag, och dubbelkonstruktioner som påverkar byggnadens effektivitet när det gäller att anpassa byggnadens area och höjd inom ramen för förutsättningarna enligt detaljplan och exploateringsavtal.

Det finns forskning som visar på svårigheterna att uppföra träbyggnader utan att använda kostsamma väderskydd framförallt för att säkra fuktsäkerheten under byggproduktionen. I dagsläget är träbyggnader inte billigare att uppföra än andra. En produktionsteknisk faktor som talar för trähusbyggnad är att det är ett bra material för prefabricering/industrialisering som är förhållandevis lättare än betong och därmed också att transportera och har hög tillverkningsprecision. Det har också en torr byggmetod med minimal uttorkningstid.

Väderskyddat byggande

Väderskyddat byggande har provats och beskrivits åtminstone 20–30 år. Det har också funnits förhoppningar att användningen av väderskyddat byggande skulle bidra till och användas mer i ett industrialiserat byggande. Med väderskydd skulle byggarbetsplatsen kunna organiseras som en fabrik med torra och varma förhållanden under alla årstider. Anledningarna att välja väderskyddat byggande varierar och de etablerade, mest vanliga anledningarna är:

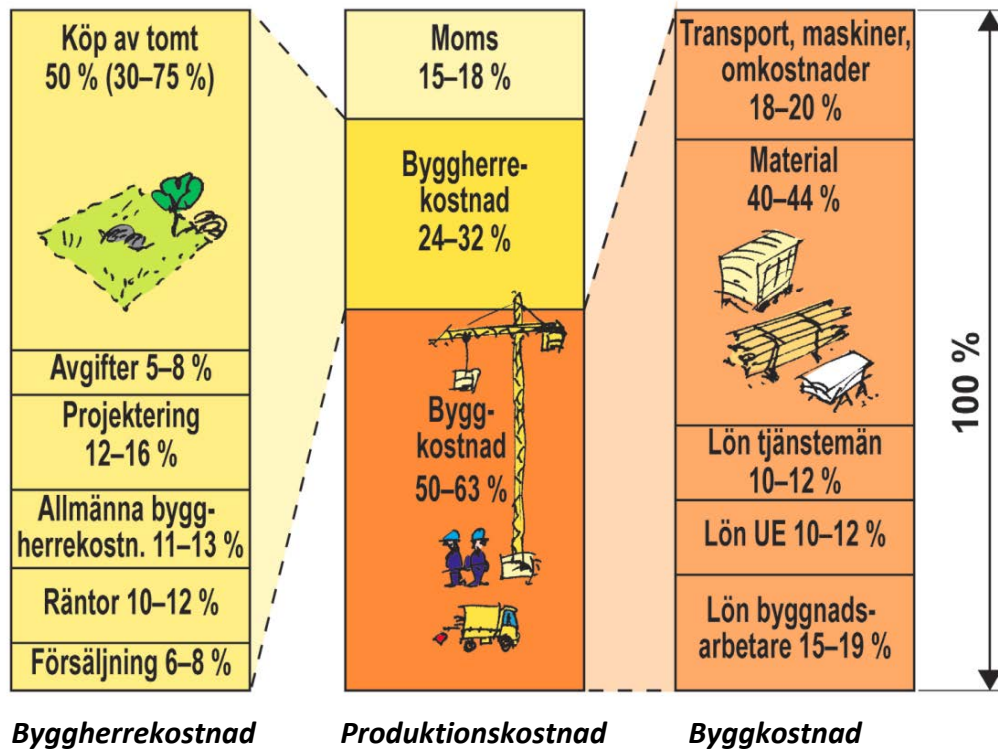
- Undvika fukt och lägre risk och garantikostnader för fuktproblem
- Ökad produktivitet och bättre kvalitet generellt med stabil produktionsmiljö
- Bättre arbetsmiljö

En genomgång av utredningar pekar på att kunskapen om kravställning kring väderskydd i förfrågningsunderlagen är begränsad. Detta påverkar också hur utvärderingen görs av de kvalitets- och produktivitetsvinster som kan uppnås genom en väderskyddad byggprocess.

En studie visar också att endast en tredjedel av byggherrarna aktivt arbetar med att ställa krav på väderskydd i byggprocessen. Detta trots att byggherrarna har ansvaret att säkerställa fuktsäkerhet under hela processen och att tidigare studier visat att byggherrens agerande tidigt i byggprocessen har stor inverkan på möjligheten att utnyttja den fulla potentialen att nå kvalitets- och produktivetsvinster med väderskyddat byggande.

Byggprocessen och kostnader i byggprojekt

Det finns en generell bild av hur kostnader vanligen fördelas i byggprojekt (se figur 1).



Figur 1.1. Kostnadernas fördelning i ett byggprojekt (Sveriges byggindustrier 2017)

Väderskydd ses av många som en extra kostnad för ett byggprojekt. Då beaktas inte möjligheterna till besparingar och hur förutsättningarna kan bidra till ökad produktivitet och därmed lägre totalkostnad.

Produktionskostnadens fördelning är starkt beroende av hur byggprocessen organiseras. När t ex prefabricerad trästomme kombineras med väderskydd framkommer möjligheter till utveckling av produktionsmetoder och effektivisering med omfördelade kostnader för projektering liksom material och arbetskraft. Merparten projekt genomförs som totalentreprenader där entreprenören axlar ett övergripande ansvar för byggprocessen.

Totalentreprenören styr projektering och byggproduktion för att säkra kvaliteten i det färdiga byggnadsverket. I detta ingår att hantera de risker som är förknippade med den valda tekniska lösningen på den plats där byggnaden uppförs och den produktionsmetod som används. Möjligheter som också hanteras i byggprocessen är organisation med underentreprenörer, logistiklösningar och effektiviteten i produktionen (enhetstider och materialspill). Tidsåtgången, hur länge byggarbetsplatsen är igång, är i sig en viktig kostnadsfaktor. Allt sammanvävs till en total kostnadsbild!

1.2 Syfte och avgränsningar

Huvudsyftet i detta projekt har varit att undersöka hur byggprocessen kan utvecklas och "Redesignas" för att till fullo utnyttja de förutsättningar och möjligheter som ges vid väderskyddat trähusbyggande. Går det att reducera byggtiden till 50% och därmed reducera totalkostnaden med förbättrad kvalitet med reducerade entreprenadrisker?

Följande frågeställningar har exempelvis behandlats:

- Hur planeras produktion?
- Hur planeras förtillverkningsgrad och färdigställandegrad i prefabelement?
- Hur påverkas logistik och leveransplanering?
- Hur påverkas transporter under väderskyddet?
- Hur påverkas stölder?
- Hur tar underentreprenörer hänsyn till de industrialiserade förutsättningarna vid väderskyddat trähusbyggande (t ex tidig start med inredning och ytskikt)?
- Vilka åtgärder vidtas för att inte förlora möjligheter med produktion i en kontrollerad arbetsmiljö (regn och temperatur)?
- Hur optimeras materialanvändning – direkt till inbyggnadsställning, hantering av materialspill (mindre?), inget ”väderskadat”?
- Hur prognostiseras felkostnader?

Byggprocessen är komplex och för att inte tappa fokus på möjligheten att utveckla den görs följande avgränsningar

- Möjlighet att förkorta byggtiden i ett byggprojekt genom att öka personalen på byggarbetsplatsen. I detta utvecklingsprojekt undersöks inte hur utökad arbetstid eller personal (2-shift, övertid, 6-dagars arbetsveckor etc) skulle kunna användas för att korta ner byggtiden.
- Detaljer i olika typer av väderskydd undersöks inte. Det ligger också utanför undersökningens syfte att närmare undersöka tillförlitligheten i olika väderskydd och att utreda vem som bär ansvar för eventuella brister i väderskydd.
- Möjligheter med volymelement undersöks inte. Detta eftersom dessa system medför dubbelkonstruktioner i väggar och tak och därför påverka ytor och volymer vilket försvårar en relevant jämförelse. Här bedömer vi dock att det redan finns utvecklade system med kort byggtid.

1.3 Genomförande

Den bärande idén för projektgenomförandet har varit att samla underlag och data från entreprenadföretag för analys och förslag till utveckling. Vid projektgenomgångar med entreprenadingenjör/kalkylator, platschef/produktionschef och ansvariga för byggteknik har organisation av arbete och materialförsörjning analyserats när produktionsmiljön säkrats under ett väderskydd. Hur värderas risker och beräknas materialanvändning/spill och tidsvinster?

Underlag för genomgångarna har varit huvudtidplan och kalkyler som analyserats. Förslag har samlats för digital workshop om effektivisering och tidsförkortning. Projektets huvudsakliga aktiviteter har varit:

1. Genomgång av befintlig huvudtidplan och kalkyl.
2. Genomföra workshop om effektivisering och tidsförkortning.
3. Utarbeta förslag till förändrad process och produkt för att maximera fördelarna med väderskydd.
4. Ta fram alternativa och utvecklade kalkyler och tidplaner.
5. Genomföra workshop baserat på framtagna förslag och alternativ.
6. Sammanställa och avrapportera projektet.

I förberedelsearbetet för projektet säkrades, genom styrgruppens sammansättning, förutsättning för medverkan och underlag från kvalificerade byggare. Det gav förutsättningar för att hålla hög kvalitet på dokumentation och insamling av underlag.

Projektet har genomförts med under tiden september 2020 till mars 2021.

Organisationen har bestått av

- *projektledare* Rolf Jonsson - Besab
- *utredare* Mats Persson - Malmö universitet
- *styrgrupp* Joel Rolandson & Linda Cusumano, NCC - Johan Alte, RO-Gruppen - Linda Martinsson, Skanska - Andreas Furenberg, Peab - Joakim Dahlgren, Persson Hyrmaskiner - Johan Bergström, Wästbygg - Charlotte Flygh, Tuve Bygg - Henrik Wahlström, FO Peterson & Söner - Peter Berg, Innovatum
- *projektsamordnare* Pär Åhman - Byggföretagen
- *referensgrupp* har varit FoU-Väst samt Hus- och bostadsutskottet inom Byggföretagen Väst

2 Förutsättningar och definitioner

I detta kapitel görs en kort genomgång av förutsättningar i moderna byggprojekt som en litteraturstudie. Begreppen byggsystem, förtillverkning (prefabricering), industrialisering och byggnaden som system presenteras.

2.1 Byggsystem och förtillverkning (prefabricering)

Begreppet byggsystem används här för att beskriva flera standardiserade komponenter, som går att kombinera och sätta samman till en stomme eller färdig byggnad. Ett byggsystem kan bestå av t ex bjälklag, vägg- och takelement som kopplas samman (Lidelöw, Engström, Lessing & Stehn 2015).

Det är komponenternas egenskaper som avgör hur väl de kompletterar varandra. Det är inte bara ett klimatskydd som ska åstadkommas utan t ex också en stabil konstruktion som uppfyller krav på ljud och energi. Installationer kan ingå i byggsystemet för att klara driftskedets krav på termiskt klimat och inomhusmiljö i ett byggsystem väljs utifrån sina respektive egenskaper, men också utifrån hur väl de hänger samman och kompletterar varandra i det sammansatta byggsystemet. Komponenterna i byggsystemet behöver passa ihop och bilda en fungerande helhet.

Ett byggsystem innehåller flera byggmaterial och förtillverkade element och byggdelar. Förtillverkning/prefabrikation ensamt betyder inte att byggandet är industrialiserat. Vid modern byggproduktion är i praktiken alla material, komponenter och delar förtillverkade/prefabricerade. Med byggsystem avses en standardiserad teknisk lösning.

2.2 Industrialiserat byggande

Byggprodukter och byggprocessen utvecklas kontinuerligt. När miljonprogrammet genomfördes var en viktig del att använda prefabricerade serietillverkade komponenter. Frågetecken kring byggsektorns effektivitet lyftes fram för drygt 20 år sen och förhoppning om att datorstöd och utveckling av processer skulle bidra till en ökad effektivitet. Inspiration hämtades bland annat från tillverkningsindustrin. Utvecklingen med CAD, BIM och IFC skulle kombineras med ökad prefabricering till ett industriellt/industrialiserat byggande. I Byggkostnadsforums rapport Forum 1 (2005) formuleras följande beskrivning:

***Industriellt byggande:** Hela bostäder som byggs "färdiga" inomhus i fabrik och fraktas sedan till den plats där byggnaden skall stå.*

***Industrialiserat byggande:** Komponenter till exempel färdiga väggar, tak, stommar, stort som smått kan tillverkas inomhus. Men huvuddelen av bygget kan fortfarande ske på plats. Bygg- och planeringsprocessen drivs enligt industriella principer.*

I en rapport från FoU-Väst (Apleberger, Jonsson & Åhman 2007) presenteras ett sammanhållet koncept från samtida forskning för att beskriva och kategorisera industriellt byggande utarbetats. Detta baseras på följande åtta delområden (Lessing 2006):

- Planering och kontroll av processer
- Utvecklade tekniska system
- Förtillverkning av byggdelar
- Långsiktiga relationer
- Logistik integrerat i processen
- Utvecklat kundfokus
- Utnyttjande av informations- och kommunikationsteknologi
- Systematisk kunskapsåterföring och mätning av prestationer

De åtta områdena spänner från rent tekniska områden över till ”mjukare” delar som kundfokusering och långsiktiga relationer. Senare litteratur, t ex Lidelöw et al (2015) tar upp och behandlar samma åtta delområden och behovet av förståelse av affärsrelationer.

Industriellt byggande ska inte primärt förknippas med förtillverkning, det omfattar betydligt mer än prefabricering av komponenter eller byggdelar. Av de åtta parametrarna anges fyra vara särskilt avgörande och unika för att kunna beteckna en process som industriell, nämligen:

- Utvecklade tekniska system
- Förtillverkning av byggdelar
- Logistik integrerat i processen
- Utnyttjande av avancerad informations- och kommunikationsteknologi

Saknas någon av dessa kan en sådan process inte betecknas som industriell.

2.3 Byggnaden som system

När man diskuterar industrialisering av byggprocessen är det nödvändigt att se byggnaden som ett system (komplext) innehållande olika delsystem, t ex:

- Bärande stomme (inkl. grundläggning)
- Klimatskydd
- Rumsfunktioner
- Tekniska försörjningssystem

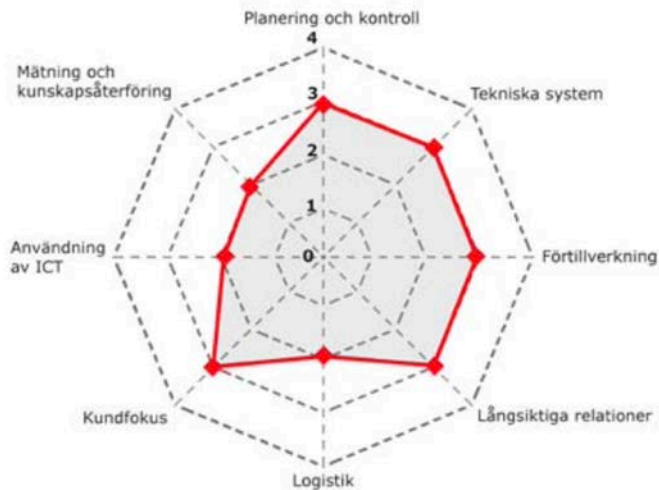
De olika delsystemen sätts samman av olika komponenter eller moduler. För att få största effekt av en industrialisering av byggandet behöver delsystem hanteras på ett industriellt sätt. Trenden är att en allt mindre andel av det direkta tillverkningsarbetet sker på byggarbetsplatsen.

Grundläggningen sker vanligtvis som ett traditionellt platsbygge ute på byggarbetsplatsen. De lokala förhållandena ute på byggplatsen är av central betydelse. Den bärande stommen innehåller en allt högre andel förtillverkning med komponenter enligt mer eller mindre industriella metoder. Förtillverkning görs för det mesta i fast fabrik men även fältfabriker. Klimatskyddet är ibland integrerat i den bärande stommen och i andra fall levereras det som förtillverkade fasad- respektive takelement. Men det är också vanligt att klimatskyddet byggs på byggarbetsplatsen. Utrustning för rumsfunktioner levereras normalt som komponenter och delsystem som monteras på byggplatsen. Samma sak gäller för de olika tekniska försörjningssystemen. Installationssystemen, för den tekniska försörjningen, bygger huvudsakligen på en utvecklad standardisering där olika komponenter är utbytbara.

För att systematiskt arbeta med industriella processer är standardisering av stor betydelse. (Persson 2016). Gränssnitten mellan komponenter och sammanfogningen behöver vara standardiserad. Utbytbarhet kan också vara viktigt. Kraven på måttnoggrannhet hos olika komponenter ökar avsevärt när stora förtillverkade komponenter ska sammanfogas.

Förtillverkning av byggelement kan ha olika innehåll och prefabriceringsgrad. En indelning kan vara t ex volymelement, planelement eller komponenter. Valet av nivå på förtillverkning styrs av många olika faktorer som typ av produkt, krav på investeringar, transportsituation etc.

Graden av industrialisering i en byggprocess kan värderas utifrån de tidigare nämnda 8 faktorerna och presenteras i en ”radar”-bild enligt figur 2.1.



Figur 2.1. Bedömning av industrialiseringsgrad (bilden hämtad från Boverket 2008)

Här kan det vara på sin plats att påpeka att detta forskningsprojekt inte ska undersöka principerna för industriellt byggande - projektet behandlar väderskyddat trähusbyggande.

2.4 Olika väderskydd

I ett tidigare SBUF projekt har Brycke & Martinsson (2018) sammanställt en överblick väderskyddssystem. Projektet har tagit fram en definition för heltäckande väderskydd, som bestående av både ett horisontellt och ett vertikalt väderskydd, alltså både skyddande tak och väggar. För byggande med massivträsystem (KL-trä eller CLT) framhålls 6 olika väderskyddssystem som undersökts:

- Fristående ställning som byggs till fullhöjd med fast tak.
- Fristående ställning som byggs till fullhöjd med öppningsbart tak.
- Helintäckt byggarbetsplats eller tälthall.
- Klättertorn med väderskydd på pelare.
- Stomme byggs till fallhöjd, väderskydd direkt efter.
- Ställning med lyftbart väderskydd som höjs med varje våning.

I projektet har man bedömt att trästommar inte får stå utan väderskydd mer än maximalt en (nederbördsfri) dag. För massivträsystem innebär det att provisorisk takkassett som läggs på varje dag och provisoriskt väderskydd med hätt/presenning där tak/fasad inte är klart inte har undersökts närmare. De problem som lyfts fram med dessa lösningar är framförallt att de kan vara svåra att lyfta på plats vid hård blåst och att fasadväderskyddet måste vara av sådan klass att de tål fukt, eftersom det är byggnadens fasad som utgör det vertikala väderskyddet.

I rapportens gedigna genomgång lyfts följande slutsatser fram:

- Träbyggandet kommer att öka och det är viktigt att säkerställa att fukt- och inomhusproblem inte uppstår i byggnader. För att göra det på ett kostnadseffektivt och förutsägbart sätt föreslås heltäckande väderskydd som grundläggande proaktiv åtgärd.
- Träbyggande har en potential till mycket kortare byggtider än betong. För att konkurrera med betongbyggande behövs en ökad prefabricering eller att invändigt arbete startas omgående när en våning blir klar.
- Byggnadens utformning och etappuppdelning av stommontaget har stor inverkan för en rationell väderskyddslösning och effektivitet. De projektspecifika och omgivande förutsättningarna har också stor betydelse.

- Väderskyddsfrågan behöver tas upp i ett tidigt skede av projekteringen, tillsammans med stomvalet för att väderskyddet ska bidra i en rationell produktionsprocess.
- Väderskyddsleverantörernas kompetens behövs för att ta fram alternativ och för att dimensionera väderskydd. Förfrågningsunderlag till väderskyddsleverantören ska inte ha låsande krav.
- Beställaren som ställer krav på väderskydd behöver definiera vad de avser åstadkomma med väderskyddet och inte en exakt lösning.

Ytterligare information om väderskyddat byggande finns från hemsidorna Fuktsäkert byggande (Rise 2021) och Väderskydd (Layher 2019). I detta projekt har vi behandlat två typer av väderskydd, fristående och täckning med plast eller presenning av ett eller flera element.

2.5 Fuktsäkring vid byggande med KL-trä

Ett nyligen avslutat projekt (Olsson 2019) har undersökt hur KL-träkonstruktioner inklusive skarvar, anslutningar och infästningspunkter, påverkas vid nederbörd under byggtiden och fuktsäkerhet. Mätningar visar att högst andel mögelpåväxt uppkom i håligheter, springor mellan bräder och anslutningar där vatten kan bli stående eller där uttorkningen är begränsad. Det var också vanligt med påväxt på plana ytor där vatten samlats. Mögelpåväxt uppkom även under en mild vinter och senvinter.

I de undersökta projekten har sanering varit med som en metod för fuktsäkring, som har fått användas i betydligt större utsträckning än planerat. Trots att det funnits en fuktsäkerhetsprojektering så har det byggts utan väderskydd och den generella inställningen har varit att sanering bara behövs vid synlig påväxt. Det var få som kände till att det finns ett krav på kritiskt fukttillstånd av 75 % RF för material och produkter som saknar dokumentation, i Boverkets byggregler.

Olsson sammanfattar sin undersökning med att konstatera: *Det förefaller saknas fuktsäkra montagemetoder eller lösningar för KL-träbyggande utan väderskydd samt deklaration av KL-träprodukters kritiska fukttillstånd. Därför rekommenderas att använda väderskydd, helst heltäckande väderskydd.*

3 Undersökta projekt

I detta avsnitt redovisas de undersökta projekten. Totalt har 3 byggföretag och 3 olika byggprojekt medverkat i genomförande av analyser och workshops. Ytterligare två av företagen i referensgruppen undersökte men fann inget lämpligt träbyggnadsprojekt för att medverka i analyserna. Ett möte har genomförts för ett byggprojekt där det beslutades att inte medverka.

För att inte begränsa analysen till observationer av genomförda projekt har det för två av projekten definierats ett respektive tre alternativa "hypotetiska" projekt för att redovisa analys av alternativa utformningar. Därför är det totalt 7 projekt som redovisas.

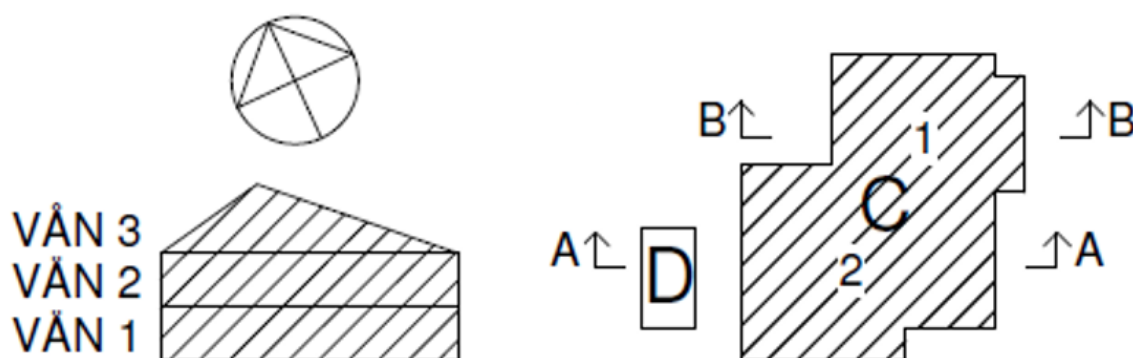
3.1 Projekt 1

3.1.1 Grundplanering

Byggnaden är en förskola med fyra avdelningar fördelade på två plan på totalt 1305 m². Det är den första förskolan byggd med KL-trä på orten. Entreprenaden var på 37 miljoner. Byggtiden var 12 månader.

Platsen, tomten och logistiken

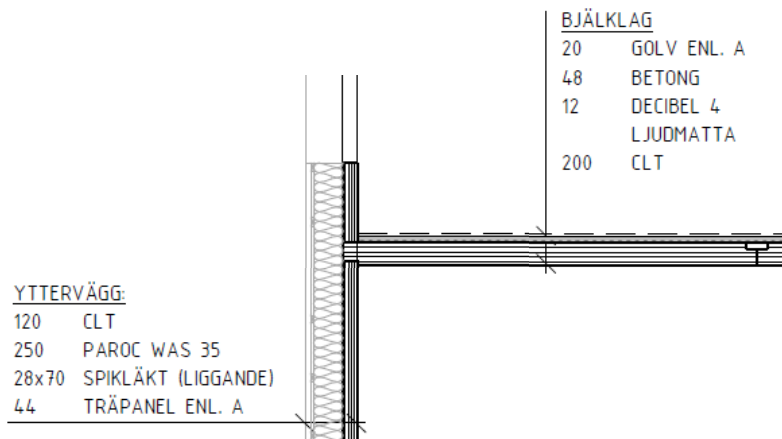
Byggnaden är belägen vid en park och en befintlig förskola. Det finns relativt gott om plats runt byggnaden men varsamhet behöver iakttas.



Figur 3.1. Orienteringsbild för projekt 1.

Byggnaden

Stommen utförs av betongplatta på mark med ytterväggar, innerväggar och bjälklag av KL-trä och yttertak av fackverkstakstolar i trä. Fasadbeklädnad av spontad stående respektive liggande träpanel och yttertak av underlagstäckt råspont med betongtakpannor. På mellanbjälklaget ligger 5 cm flytspackel för att klara ljudkrav.



Figur 3.2. Vägg och bjälklagskonstruktion i projekt 1.

Produktion, kostnad och tider

I produktionsplaneringen beslutades att bygget skulle genomföras utan heltäckande väderskydd. Leverantören av stommen tycker det är helt onödigt med väderskydd. Montaget av stommen tog 8 veckor om montage av tak tas med.

En omfattande planering gjordes för att ha beredskap att ta hand om vatten vid regnväder. En jour med extra personal inrättades för vattenskrapning och regnsäkring. Lokalt ändträ skyddades med plast under stommontaget. Byggnaden utformades med en upphöjd bottenplatta för att minska uppsugning av vatten.

Enligt produktionspersonalen regnade det i stort sett varje dag när stommen monterades. Färdiga takmoduler lyftes upp på kvällen för att skydda mot mer regn. Byggnadsstommen var blöt när taket kom på till julen. Fläktar applicerades för att cirkulera luft och ge möjlighet till uttorkning av konstruktionen. Efter två veckors uttorkning och luftcirkulation vintertid, utan uppvärmning, hade ytorna torkat. Därefter var det möjligt att klä väggar invändigt med gips.

Enligt ett projektspecifikt fuktsäkringsprogram genomfördes fuktronder och provtagning. På några ställen noterades förhöjda värden och det krävdes slipning av rinnmärken och missfärgningar på några ställen. Det var stressande för produktionsledningen att behöva ha jourbevakning utanför arbetstid (även nätter och helger) under stomresningen för att snabbt kunna sätta in åtgärder vid regnväder för att få bort vatten. Samtidigt konstateras i efterhand att skadorna blev begränsade och att det förmodligen skulle lett till betydligt fler skador om montaget gjorts under en varmare årstid eftersom skadeutvecklingen på fuktigt trä är betydligt långsammare vid låga temperaturer. Nu handlade det framför allt om missfärgningar på trä pga rinnmärken som svärtats av ståldetaljer.

Beställaren hade föreskrivet att det skulle vara KL-trä i invändiga väggar och att det inte fick vara uppstolpade träväggar. Det kunde senare ändras till regelväggar som byggdes under väderskydd i en fältfabrik och lyftes på plats och kläddes med gips.

Byggnaden fick inte värmas innan isoleringen var på. Det förlängde torktiden. Verkets uppfuktning och uttorkning styrs av luftfuktigheten. Tidplanen fick en styrande torktid när en spackelsats lades på översta våningens bjälklag.

Noteringar från analysarbetet

- Uttorkningen av trä kan inte påskyndas genom att tillföra värme på samma sätt som uttorkning av betong kan accelereras.
- Tack vara juluppehållet kunde bygget torka under tak med god luftcirkulation vid låga temperaturer.

- Kostnaden för slipning av missfärgningar blev 100 tkr (med otur kunde det blivit upp till 500 tkr om ytorna hade drabbats av påväxt).

3.1.2 Projekt 1 med väderskydd under byggtiden

I analysen av vad det skulle innebära med väderskydd (monterat efter att platta på mark gjutits och stått kvar till tätt tak) noterades några möjliga konsekvenser/effekter:

Negativa konsekvenser om projektet har heltäckande väderskydd

- a) Montagetid av väderskyddande tak, innan stomme kan börja monteras, är cirka 1 vecka. Öppna och stänga taket för att få bra drift vid stommontage 1 timme per dag i 5 veckor.
- b) Kostnad för heltäckande väderskydd cirka 1 miljon.
- c) Kortare byggtid kräver kanske en personalbod extra några veckor. Men det bedöms inte påverka driftkostnaden för arbetsplatsen i övrigt.

Positiva konsekvenser om projektet har heltäckande väderskydd

- a) Montage av innerväggar kan starta tidigare (när bjälklag ovanför lagts på) vilket påverkar totaltiden med cirka 4 veckor.
- b) Behovet av att ta hand om regnvatten under montagetid minskar – detta kan nog kvittas mot kostnaden för väderskyddet (punkt b under negativa konsekvenser).
- c) Minskade kostnader för slipning och tvätt av missfärgningar på stomme samt provtagning för mögel cirka 100 tkr. Minskade kostnader för tork och uppvärmning cirka 50 tkr (när inget överflödigt vatten behöver torkas bort). I branschen finns dock delade åsikter om KL-trä ska slipas – några säger alltid, andra vid behov.
- d) Minskade omkostnader för produktionschef och arbetsledning cirka 180 tkr, maskiner och bodar 80 tkr.
- e) Snabbare intäkter för beställaren genom kortare byggtid. För 1 månad:
 $1305 * 1500 / 12 = 163$ tkr.
- f) Lägre kreditivkostnader genom snabbare byggtid. För 1 månad:
 $4 \% * 37\,000\,000 / 12 = 123$ tkr.
- g) Kortare byggtid med 10 % ger en ökad omsättning inom organisationen. Uppskattat värde av denna, räknat med 5 % marginal: 10 % av 5 % av 37 miljoner = 185 tkr.

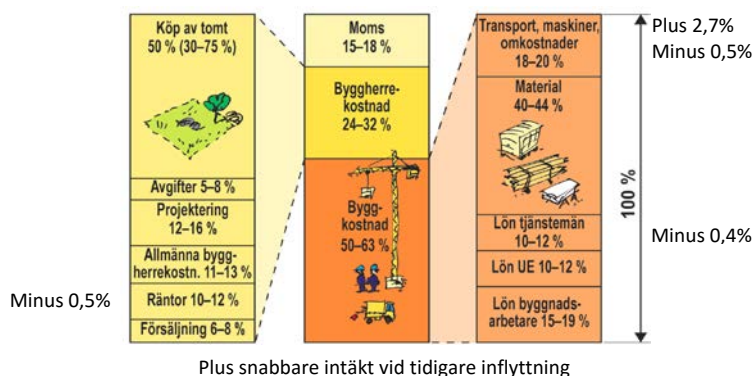
Slutsatser och notering

Med samma bygg- och stomsystem som byggnaden utförts med, men med ett heltäckande väderskydd hade effekten blivit:

Tidsbesparing: 4–5 veckor av 45 veckor totalt – 10 %.

Totalkostnadseffekt: Högre byggkostnader cirka 1,7 % (Väderskydd + 2,7 % och besparingar - 1 %)

Lägre byggherrekostnad för räntor under byggtiden med 0,5 %.



Figur 3.3. Bild över kostnadskonsekvenser för projekt 1.

Noterad kommentar: Väderskydd behöver planeras samtidigt som byggnaden projekteras.

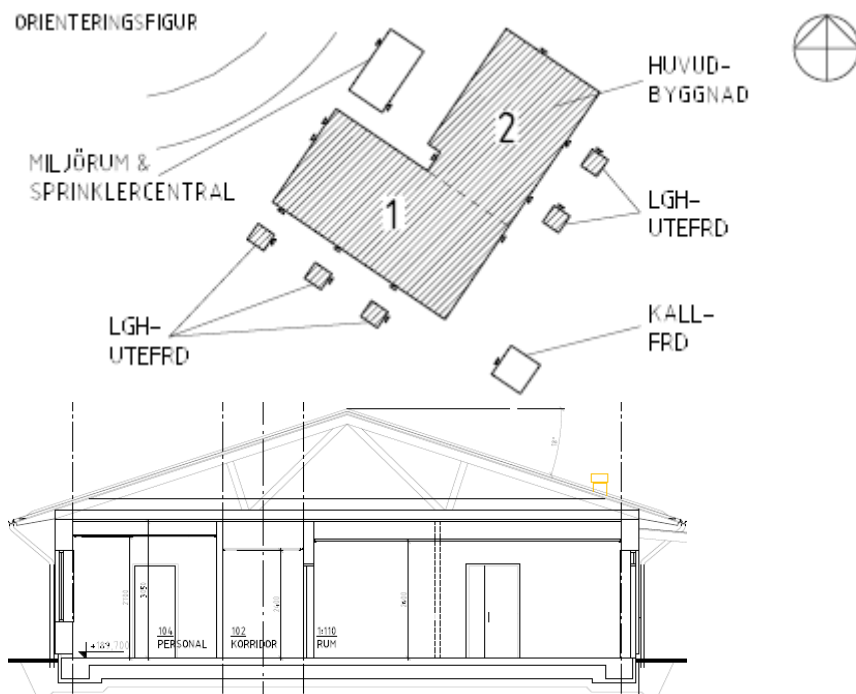
3.2 Projekt 2

3.2.1 Grundplanering

Projektet gäller ett vårdboende som genomförts som en utförandentreprenad med en entreprenadkostnad på cirka 15 miljoner. Den totala byggtiden är 11 månader.

Platsen, tomten och logistiken

Byggnaden är belägen i ett villaområde. Beställaren har ställt krav på ett heltäckande väderskydd. För att klara en P-märkning och krav från beställaren om anlitande av fuktsakkunnig, används ett väderskydd under stomresningstiden tills stommen kommit under tak, 4 veckor.



Figur 3.4. Orienteringsbild för projekt 2.

Byggnaden

Byggnaden är i ett plan och byggt i vinkel (L-form). Byggnaden är 13 m bred och de två delarna i L:et är 24 m respektive 18,6 meter långa.

Väderskyddets tak kunde förskjutas i de två riktningarna men inte där väderskydden möttes vilken innebar problem med montering av långa takstolar. Projekteringen har förmodligen inte tagit hänsyn till att väderskydd ska användas i byggproduktionen, när byggnaden utformats..

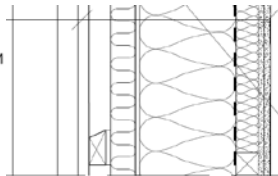


Produktion, kostnad och tider

- Väderskydd användes vecka 34–39. Det monterades på 2 veckor av 5 montörer. Halva tiden för att nedmontera.
- Ställning har funnits kring byggnaden i 8 veckor.
- Den föreskrivna betongen i platta på mark bedömdes inte torka tillräckligt snabbt och därför ändrades betongkvalitet. För att klara uttorkningen kompletterades också med elkabel för torkning i voter. Det var nödvändigt att vänta 6 månader på att lägga matta på betongen.
- Platsbyggd stomme med färdigkapat virke och spårning i syll och hammarband för enkel placering av reglar.
- Takstolarna levererades prefabricerade.
- Fasaderna kläddes med stående falsad varierad träpanel.
- På taket ligger betongtakpannor.

Ytterväggarnas konstruktion redovisas i figur 3.5.

YTTERVÄGG Tjocklek 390 mm
STÄNDE FALSAD PANEL
22x70/95/120/145
34x70 FASAD SPIKLÄKT
10 DISTANS FÖR LUFTNING
50 KLIMATSKIVA/VÄSTKUSTSKIVA
9 VINDSKYDDSSKIVA GYRPOC GHS 9 STORM
MONTERAS DIKT MOT UNDERSIDA RÅSPONT
45X195 S 600 STÄNDE + MINERALULL
ÅNGSPÄRR , 0,2 PE-FOLIE
45X45 S450 LIGGANDE + MINERALULL
2X13 GIPS



Figur 3.5. Ytterväggskonstruktion i projekt 2 – träregelstommen byggs på plats.

Allmänna insikter och frågor som framkom i analysarbetet

- Det är viktigt att tänka igenom tidigt och förbereda redan från idéstadiet. Då kan planering med väderskydd utnyttjas.
- Fukt i virke leder till längre tid för byggtorkning och därmed också kostnader.
- Många leverantörer är dåliga på att skydda trä under transport.
- Svaga punkter i väderskyddet är skarvar och nivåskillnader. Vatten på hängande duk.
- Hur kan man lita på väderskydd? Vem betalar om det kommer in fukt ändå?
- Vid montage av väggelement kan det vara problem med att väggelement välter, eftersom det finns risk att inplastade väggelement ”sugs fast” och följer med när intilliggande väggelement lyfts.
- Stöldrisk? Ingen skillnad med väderskydd! Under projektiden kedjades maskiner fast viss tid.

3.3 Projekt 3 (Hypotetiskt baserad på projekt 2)

För att möjliggöra ett enklare och billigare väderskydd hade byggnaden behövt vara bättre ”produktionsanpassad” genom att t ex byggnadens form med ”vinkel” rätats ut. Husets utformning påverkar naturligtvis både funktionen och kostnaden hos ett väderskydd och möjlighet till effektivitet i byggproduktionen.

Byggnaden

En rektangulär byggnad med väderskydd planerat tidigt i projekteringsarbetet.

Produktion, kostnad och tider

Väderskydd byggs skjutbart och för 1/3 del av byggnadens längd, produktionen går fram i 3 etapper. Istället för byggande med regler som kompletteras med isolering, skivor och fasadbeklädnad på byggarbetsplatsen, utförs den bärande stommen med "platta paket", färdiga ytterväggar/innerväggar/tak (tätt tak). Installationer och ytskikt utförs på byggarbetsplatsen.

Entreprenören gör en grov uppskattning som visar att kostnaden minskar med cirka 130–150 tkr för väderskydd/ställningskostnad och att prefablösningen (jämfört med lösvirke) ökar kostnaden med cirka 250–300 tkr. Montagetid av prefabelement uppskattas till cirka 2 veckor under väderskydd.

Den totala byggtiden bedöms kunna minskas med cirka 2–2,5 månader, med kortare tid för montage av färdiga element (platsbyggandet minskar). Elinstallationer är redan till viss del färdiga i elementen, montage av fönster är utförda m m. I ett sådan här relativt liten byggnad och på relativt kort byggtid, blir betongens uttorkning en styrande faktor för hur mycket tid som kan sparas i projektet. Möjligen skulle väderskydd redan före gjutningen kunna minska torktiden.

Tidsbesparingen ger också en minskning av gemensamma kostnader och tjänstemannakostnader, som kan uppskattas till cirka 200 tkr (minskad tid på byggarbetsplatsen). Påverkan på projekteringskostnaden har inte analyserats.

Sammanfattning

Väderskydd kan förkorta produktionstiden, om det är en tidig förutsättning för byggnadens utformning. Prefab kostar förmodligen mer men sparar montagetid. Vilket ger följande:

- Minskad kostnad med cirka 200 tkr.
- Minskad byggtid med cirka 2–2,5 månader. Vilket oftast innebär en fördel/vinst för beställaren som kan vara cirka 140 tkr. Kreditivkostnader minskar cirka 70 tkr.
- Väderskydden kan ge fördelar om ansatsen sätts tidig i projekteringen, som möjliggör en mera prefabricerad lösning.

Med en återupprepning av byggnaden (likadan vårdbyggnad på flera ställen) bedömer entreprenören att ytterligare kostnadsminskning kunnat göras. Om byggnaden varit placerad så att grannar inte störs, skulle tvåskiftsarbete kunna öka tidsbesparingen, utan någon större kostnadsökning.

Slutsats

Med förutsättningar om en rak byggnad i stället för en vinkelbyggnad samt med förtillverkade element i stället för lösvirkesbyggande uppnås:

Tidsbesparing: Byggtiden kan kortas ned 8–10 veckor av totala projektiden som är 47 veckor – dvs 20 %.

Kostnadsbesparing: Kostnadsbesparing och fördel/vinst med tidigare användning av byggnaden värderas till 410 tkr vilket ska ställas i relation till hela byggkostnaden på 15 mkr. Det motsvarar 2,7 %.

I beräkningen har inte tagits med möjlighet till färdiga ytskikt/inredningar och installationer, vilket skulle kunna krympa tiden än mer. Det förutsätter att tankar om prefabväggar är med i diskussionen redan från den tidiga projekteringen, för att möjliggöra effektiva leveranser m m.

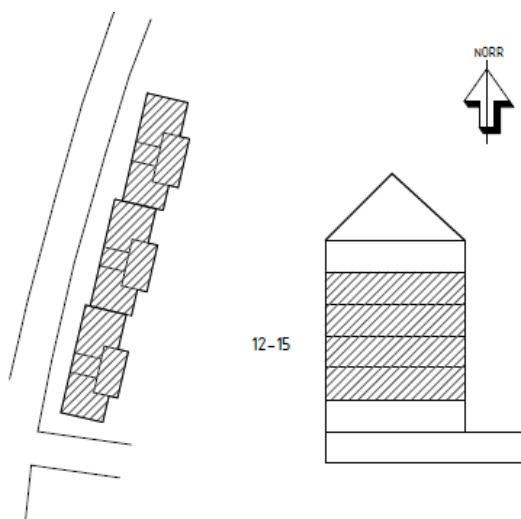
3.4 Projekt 4

3.4.1 Grundplanering projekt 4

Byggprojektet genomförs i egen regi, efter marktilldelning från kommunen, som en projektutveckling till bostadsrätter. Byggtiden är beräknad till knappt två år med start under våren 2021.

Platsen, tomten och logistiken

Byggprojektet ligger vid en lokalgata som nu byggs av trafikkontoret. Det finns andra byggherrar i området vilket kommer leda till många transporter på samma lokalgata. Den kan förmodligen inte användas för upplag under byggtiden och det kommer behövas dialog med angränsande byggprojekt och kommun om logistiken under produktionstiden.



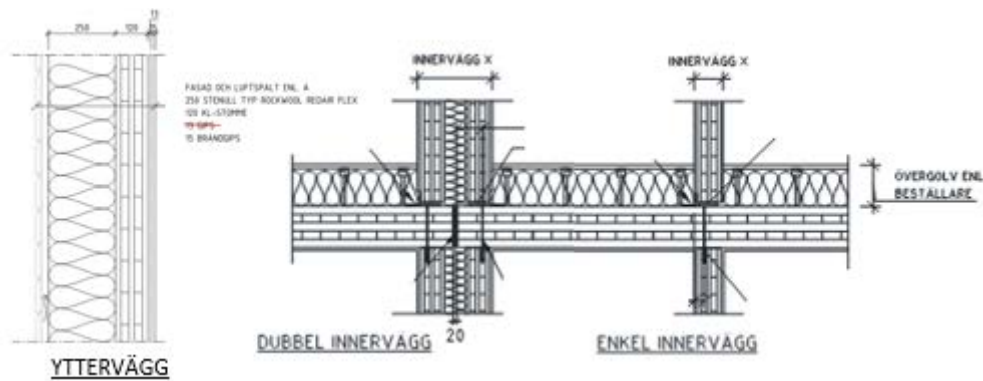
Figur 3.6. Orienteringsbild för byggnaden i projekt 4.

Byggnaden

Byggnaden är 7–8 våningar hög och innehåller 59 lägenheter fördelade på 3 trapphus/huskroppar. Det är tre identiska huskroppar som är lite förskjutna. Varje huskropp har måtten:

- Bredd 10,7 m med en utskjutande del 2,15 m
- Längd 26,4 m

Under gården finns parkering byggd med betongstomme. Där finns 26 p-platser med laddning för elbilar och plats för 180 cyklar. Ovan mark används KL-trä, limträ och träpanel. Det är endast ett fåtal gipsväggar i lägenheterna, som gipsas för att klara ljud- och brandkrav. Översta våningar har snedtak och inte samma planlösning som våningarna under. På betongbjälklag plan 1 monteras ett Granab-golv. Bjälklag och väggkonstruktion visas i figur 3.7.



Figur 3.7. Yttervägg, innerväggar och bjälklag har stomme som kompletteras med isolering och beklädnad på byggarbetsplatsen. På bjälklaget byggs ett övergolv.

Ytterväggarna isoleras med tjocka stenullsskivor och kläs med träfasad - liggande panel (stående panel kan inte fås utan ”midja”). Fönstren monteras efteråt och det måste ordnas med infästning (fönster placerat i isoleringen) för att de ska komma i linje med fasad.

Produktion, kostnad och tider

För projekt 4 planeras:

- En huskropp i taget för att kunna starta arbeten successivt.
- 10 veckor per huskropp totalt 30–32 (en huskropp i taget)
- Installationer m m kan starta 2–5 veckor efter att stomarbetet startat.
- Samtliga lyft hanteras av en tornkran placerad på gården (ovanpå det underjordiska parkeringsgaraget).

Fuktfrågor

Inget heltäckande väderskydd har planerats eftersom byggtreprenören på inrådan av leverantören bedömer att inga känsliga ytskikt behöver skadas av fukt. Saneringskostnaden för eventuella fuktproblem beräknas motsvara/understiga kostnaden för ett väderskyddande tält. Ett frågetecken finns beträffande den planerade takkonstruktion och hur den klarar fuktbelastning när isolering ska läggas på kassetter!

3.4.2 Projekt 4 – Alternativ med väderskydd på den projekterade byggnaden

Det första alternativ som analyseras för projekt 4 är ett komplett väderskydd för en huskropp i taget. Byggtreprenören bedömde att det skulle bli ett allt för omfattande väderskydd om hela byggnadskroppen med alla tre etapper skulle vara under ett väderskydd. Alternativet som undersöktes skulle innebära att väderskyddet flyttas mellan etapperna.

Vid analysen noterades följande frågeställningar som behövdes klaras ut:

- *Vilka väderskydd finns som fungerar?*
Det bedömdes som mycket svårt att ens hitta ett fungerande väderskydd med rådande förutsättningar och mycket pekade på att det skulle vara svårt att på den tillgängliga platsen resa ett så pass högt väderskydd. Tveksamheten var stor om över huvud taget tillräckligt utrymme skulle kunna ordnas.
- *Hur flyttas väderskydd mellan etapperna och vilken ställtid ska antas? Går det att lyfta hela väderskyddet med tornkranen?*
Analysen visade att det skulle åtgå mycket tid om väderskyddet skulle demonteras och återmonteras mellan etapperna. Om byggnadens utformning varit annorlunda kunde man kanske ha rullat det i sidled men det är tveksamt med tanke på väderskyddets storlek. Det är även tveksamt om hela väderskyddet skulle kunna lyftas med hjälp av tornkran.

- *Hur fungerar väderskyddet vid montaget? Skjutbart tak för att lyfta in material?*
Kombinationen av väderskydd och skjutbart/flyttbart tak analyserades och frågan om hur materialet kommer in under väderskyddet diskuterades om taket flyttas vid inlastning av material finns naturligtvis risk för regn och fukt. Anordning med travers och lastportal togs i ett tidigt bort från listan över rimliga åtgärder.
- *Ställning/skydd behövs för fönstermontage, det räcker inte med enbart ställning för översta våningen.*
Väderskydd och ställning behöver samordnas och med det valda byggsystemet behövdes även en ställning för fönstermontage och fasadarbeten. Analysgruppen fann ingen synergieffekt med heltäckande väderskydd.
- *Kommer det att krävas fler eller färre timmar för att montera stommen under ett väderskydd?*
Beroende på väderskyddets utformning. Att lyfta direkt från transportbil till montageställ med kran bedöms gå snabbare än en lösning under väderskyddstak under förutsättning att det inte finns kran under väderskyddet.

Utvecklingsfrågor

I analysarbetet diskuterades vad det skulle krävas för prefabriceringsgrad för att nå tidsvinster. Över huvud taget är det mycket fler timmar på arbetsplatsen för montage av övergolv, undertak, mellanväggar och komplettering av ytterväggarna invändigt med installationsskikt och innergips än det är för ett helprefabhus i betong. Detta byggsystem har alltså lägre industrialiseringsgrad än betonghuset! Arbetet med installationer skulle kanske gå att förenkla/prefabricera? Fasadelement skulle kunna utföras med t ex förmonterade fönster. Om fasaden kunde levererats helt färdigt prefabricerad, inklusive färdigbehandlat ytskikt, så skulle det spara mycket tid. Kanske kunde ställning sparas in.

Slutsats

Projektets förutsättningar gör det svårt att finna fördelar med väderskydd. Det är framförallt arbetsplatsdispositionen med trånga utrymmen och transportsvårigheter som är problematisk. Lokalgatan kommer att vara relativt hårt trafikerad och det är inte möjligt att nyttja en del av gatan under byggtiden. Byggnadens utformning med 7–8 våningar och placeringen på tomten gör det alltså ytterst svårt att få plats med väderskydd som under dessa omständigheter skulle bli mycket dyrt om det över huvud taget skulle vara genomförbart.

Det valda byggsystemet och prefabriceringsgraden ger en montagetid som är svår att påverka under ett väderskydd. Arbetsmoment efter stommontage är relativt omfattande. Det bedöms att för att avsevärt korta ner byggtiden skulle högre prefabriceringsgrad behövas med integrering av t ex installationer i bjälklags- och väggelement.

Tidsbesparing: ingen påvisbar!

3.5 Projekt 5 (Hypotetiskt baserat på projekt 4)

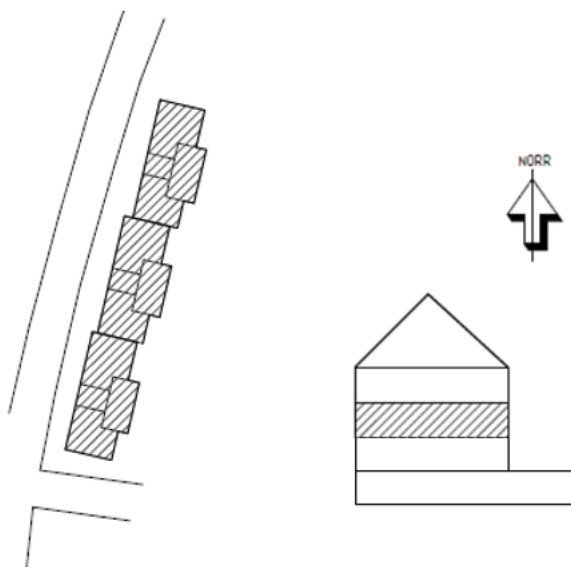
För analysen av projekt 5 ändras förutsättningar från projekt 4 enligt följande:

- Byggnaden är 3 våningar hög (inte 6–7).
- Det finns gott om plats på arbetsplatsen, dvs utrymme för väderskydd och mobilkranar

3.5.1 Grundplanering projekt 5

Platsen, tomten och logistiken

Arbetsplatsen ligger i ett större samhälle och det kommer vara lätt att ordna med transporter på lokalgatan. Den kan förmodligen användas för godsmottagning/lossning under byggtiden. Det finns gott om plats på arbetsplatsen, dvs utrymme för väderskydd och mobilkranar.



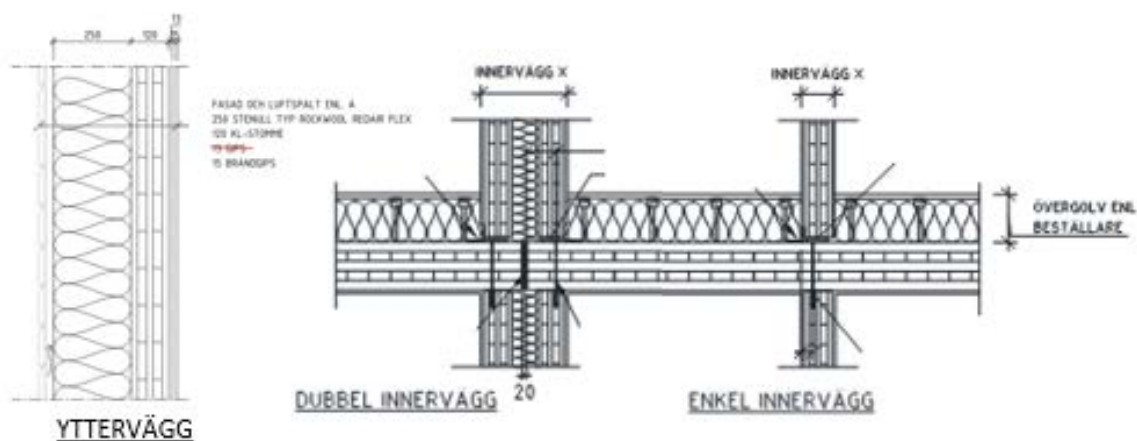
Figur 3.8. Orienteringsbild över byggnaden i projekt 5.

Byggnaden

Byggnaden är 3 våningar hög och innehåller 27 lägenheter fördelade på 3 trapphus/huskroppar. Det är tre identiska huskroppar som är lite förskjutna, vilket gör väderskyddet något mer komplicerat. Varje huskropp har mått:

- Bredd 10,7 m med utskjutande del 2,15 m
- Längd 26,4 m

Ovan mark används KL-trä, limträ och träpanel. Det är endast ett fåtal gipsväggar i lägenheterna, som gipsas för att klara ljud- och brandkrav. Översta våningar har snedtak och inte samma planlösning som våningarna under. På betongbjälklag plan 1 monteras ett Granab-golv. Bjälklag och väggkonstruktion visas i figur 3.9.



Figur 3.9. Yttervägg, innerväggar och bjälklag har stomme som kompletteras med isolering och beklädnad på byggarbetsplatsen. På bjälklaget byggs ett övergolv.

Ytterväggarna isoleras med tjocka stenuullsskivor och kläs med träfasad - liggande panel (stående panel kan inte fås utan ”midja”). Fönstren monteras efteråt och det måste ordnas med infästning (fönster placerat i isoleringen) för att de ska komma i linje med fasad.

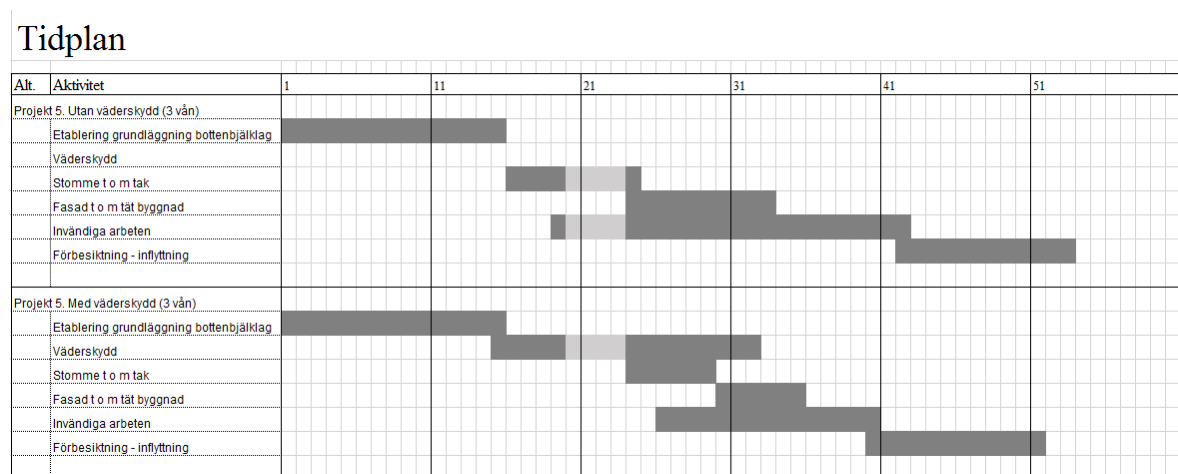
Produktion, kostnad och tider

- En huskropp i taget för att kunna starta arbeten successivt.
- 10 veckor per huskropp totalt 30–32 (en huskropp i taget)
- Installationer m m kan starta 2–5 veckor efter att stomarbetet startat.
- Samtliga lyft hanteras av en tornkran placerad på det underjordiska parkeringsgaraget.

3.5.2 Projekt 5 - Analys av tidsbesparing med väderskydd

Projekt 5 undersöks genom att tidplan tas fram. En tidplan med och en tidplan utan väderskydd (3 etapper).

Med samma byggsystem, stomme och prefabricering, som i grundutförandet, analyserades genomförandetiden med ett väderskydd som flyttas mellan de tre etapperna. Under tiden som väderskyddet byggs och sätts upp kan stommontering inte genomföras. Det blir också ett uppehåll i arbetet med stommen när väderskyddet flyttas mellan etapperna. Den detaljerade planeringen är summerad i figur 3.10.



Figur 3.10. Tidplan för projekt 5 med och utan väderskydd.

Slutsats

Byggandet av huset under väderskydd och med samma stom- och byggsystem samt med användning av väderskydd och flyttning av detta mellan etapperna ger inte en kortare byggtid. Arbetet går fortare under väderskyddet men tiden för montage, flytt och nedmontage gör att totaltiden blir ungefär densamma med och utan väderskydd. Fuktsäkerheten ökar.

Tidsbesparing: liten! När montering/demontering av väderskydd utförs behöver andra arbeten stoppas och det uppstår fördröjningar mellan etapperna.

3.6 Projekt 6 (Hypotetiskt baserat på projekt 5)

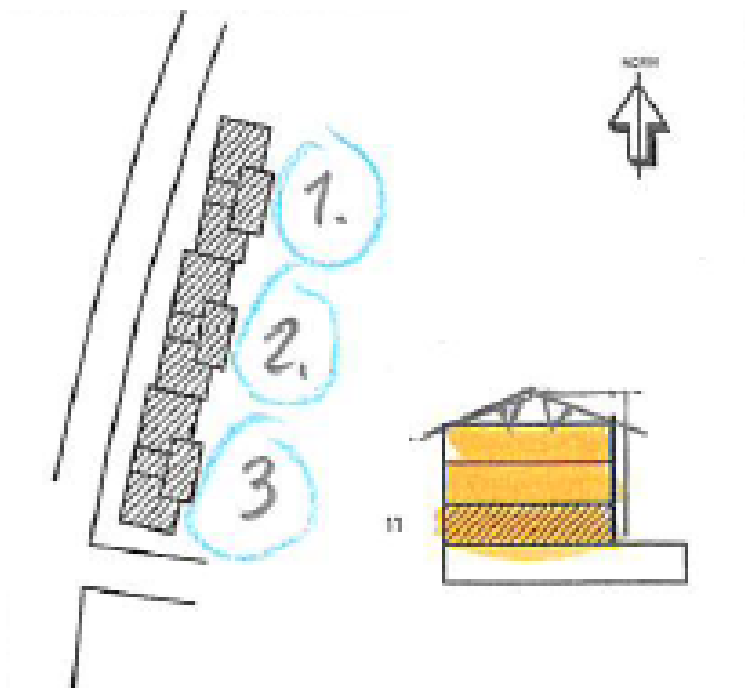
Baserat på projekt 5 bestämdes att analysera ett hypotetiskt projekt där begränsningarna i byggarbetsplatsen lindrats. För analysen av detta alternativ ändras följande grundläggande förutsättningar från projekt 4 och 5:

- Byggnaden är 3 våningar hög (inte 6–7).
- Det finns gott om plats på arbetsplatsen, dvs utrymme för väderskydd och mobilkranar.
- Byggsystemet ändras till mer kompletta panelement.

3.6.1 Projekt 6 – Ökad prefabricering och snabb stomresning med enkelt väderskydd
Byggprojektet genomförs i egen regi, efter marktilldelning från kommunen, som en projektutveckling till bostadsrätter.

Platsen, tomten och logistiken

Arbetsplatsen ligger i ett större samhälle och det kommer vara lätt att ordna med transporter på lokalgatan. Den kan förmodligen användas för godsmottagning/lossning under byggtiden. Det finns gott om plats på arbetsplatsen.



Figur 3.11. Orienteringsbild över byggnaden i projekt 6.

Byggnaden

Byggnaden är 3 våningar hög och innehåller 27 lägenheter fördelade på 3 trapphus/huskroppar. Det är tre identiska huskroppar som är lite förskjutna. Varje huskropp har måtten:

- Bredd 10,7 m med utskjutande del 2,15 m
- Längd 26,4 m

Under gården finns parkering byggd med betongstomme med platser för laddning av elbilar och cykelparkering.

- Byggsystemet ändras till mer prefabricerade enheter:
 - Fasadelement med träpanel och fönster monterade i förväg, men montage av installationsskikt och inre skivor på byggarbetsplatsen.
 - Kompletta bjälklagselement som klarar ljudklass B. Ytskikt monteras på byggarbetsplatsen.
 - Takelement är förtillverkade i fabrik samt färdigmonterade på bottenplattan på byggarbetsplatsen, förberedda med papp och ströläkt.
 - Material för kompletteringar i lägenheter lyfts in i samband med stommontaget.
- Montaget är snabbt, ett våningsplan per dag. Skydd mot regn och fukt görs enkelt i form av inplastning och presenning som lyfts på plats vid behov. Montagestart anpassas till rådande väderleksprognoser.

Analys av arbetsgång och tider

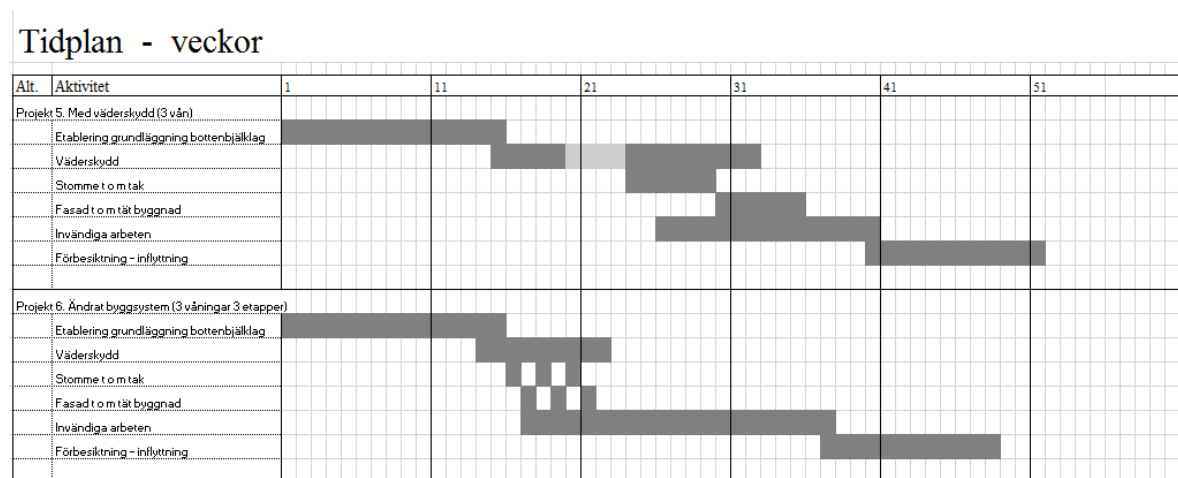
Hela stommen monteras i tre etapper under tre veckor i rad (inklusive några reservdagar för eventuellt regn). Taket är då klätt med råspont och papp. Om prognoserna förutspår mer än lite regn, avvaktas med stommontaget tills stabilare väder kan förutses.

Efter varje arbetsdag skyddas bygget med plast, och material för väggar och golv lyfts in. På en vecka är en etapp (ett trapphus) under tak och vädersäkrad, med marginal för sämre väder. Bemanning med 8 stommontörer och 4 takarbetare. Om det regnar så bryter man inte utan arbetar vidare. Det gäller att ha koll på väderprognosen 3 dagar i förväg. Snö på plast blir halt och det är problematiskt om det varit frost på natten (men det finns täckplast med hög friktion!).

Fönster och fönsterdörrar är monterade i väggelementen vid leverans till byggarbetsplatsen. Entré- och innerdörrar monteras i efterhand. Temporär byggdörr används i fasaden för att tåla slitage. Installationsarbeten görs uppifrån och ner.

Ställning följer med nedifrån och upp. Den kan rivas rätt så tidigt eftersom fasaden är klar och det går att färdigmåla om väderförutsättningarna för årstiden tillåter det. Först byggs ställning till två våningar och sedan startar stom-montage. Sedan höjs ställningen inför våning 3 och tak.

En viktig faktor vid byggande med träkonstruktioner är att trä är torrt vid montaget och inte behöver nämnvärd uttorkningstid. För projektet blir en styrande tid uttorkningen av betongen i bottenplattan som kan behöva påskyndas - förmodligen lägre vct i badrum för att spackla. Parketten kommer så sent så den bör klara sig.



Figur 3.12. Tidplan för projekt 6 i jämförelse med projekt 5 med väderskydd.

Tidplaneringen för projekt 6 redovisas i figur 3.12 och jämförs där med projekt 5. Ett par veckors tidsvinst uppnås.

Slutsats

Arbetet med stomme till tät byggnad kan genomföras på kort tid samtidigt som fuktsäkringen klaras. Med något högre prefabriceringsgrad än i projekt 5 och aktivt fuktsäkringsarbete säger stomleverantörens erfarenhet att det krävs endast ett mycket enkelt skydd mot dåligt väder. I analysarbetet konstateras att installationsarbeten och kompletteringar efter "tät byggnad" tar stor andel av den totala byggtiden. Stomelementen har låg färdigställandegrad och stomkomplettering, ytskikt och installationsarbeten är av liknande omfattning som i ett traditionellt byggande.

Tidsbesparing: Montering av stomme till tät byggnad kan genomföras mycket snabbt och med ett enkelt skydd mot regn och fukt. En förutsättning är att det inte kommer kraftiga

regnväder under montagetiden, då kan montaget inte genomföras. Några dagars uppehållsväder krävs.

Totaltiden för projektet blir cirka 10 % kortare än för projekt 5. Tiden från start av stommontage till tät byggnad har däremot halverats från 14 veckor till 7 veckor (6 veckor + 1 reservvecka för väder).

3.7 Projekt 7 (Hypotetiskt baserat på projekt 6)

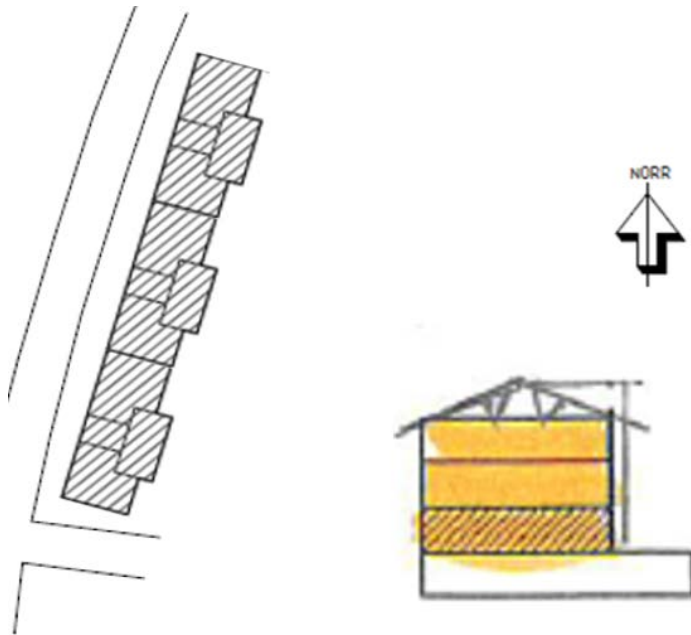
Baserat på projekt 6 bestämdes att analysera ett hypotetiskt projekt 7 där prefabriceringen av byggelementen ökats till byggelement med färdiga ytskikt och installationer.

3.7.1 Projekt 7 – vägg och bjälklagselement levereras färdiga med ytskikt och installationer

Byggprojektet genomförs i egen regi, efter marktilldelning från kommunen, som en projektutveckling till bostadsrätter.

Platsen, tomten och logistiken

Arbetsplatsen ligger i ett större samhälle och det kommer vara lätt att ordna med transporter på lokalgatan. Den kan användas för godsmottagning/lossning under byggtiden. Det finns gott om plats på arbetsplatsen.



Figur 3.13. Orienteringsbild över byggnaden i projekt 7.

Byggnaden

Byggnaden är 3 våningar hög och innehåller 27 lägenheter fördelade på 3 trapphus/huskroppar. Det är tre identiska huskroppar. Varje huskropp har mått:

- Bredd 10,7 m med utskjutande del 2,15 m
- Längd 26,4 m

Under gården finns parkering byggd med betongstomme med platser för laddning av elbilar och cykelparkering.

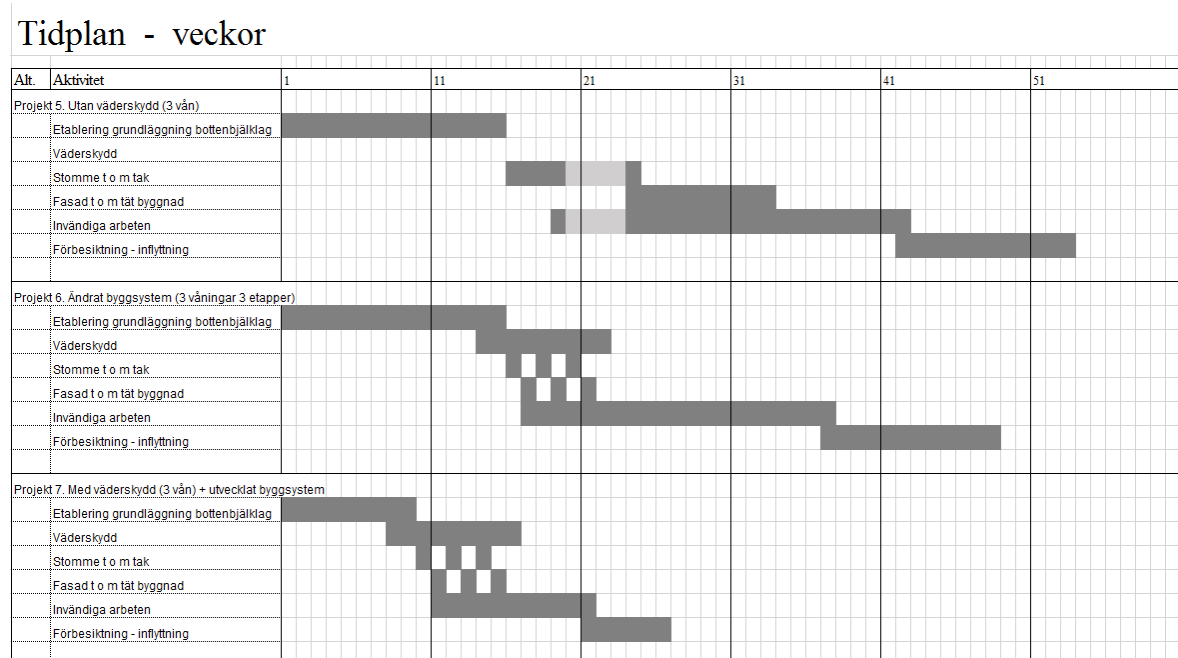
- Byggsystemet ändras till *fullt prefabricerade* enheter och ett mer industrialiserat byggande.
 - Ytterväggsselement med färdigmålad träpanel och fönster monterade i förväg. På insidan är tapet monterad eller grundmålning.
 - Kompletta bjälklagselement med golvbeläggning, taket grundmålat.

- Takelement är förberedda med papp och ströläkt.
- Badrum levereras som volymelement.
- Eldragning är förberedd i väggar och bjälklag.
- Rör och ventilation är integrerade i elementen och schakter är förtillverkade.
- Köksskåp är förmonterade
- Etc.
- Montaget är snabbt, ett våningsplan per dag.
- Vädterskydd utgörs av heltäckande vädterskydd för att ge god säkerheten att fukt inte skadar ytskikt eller kommer in i konstruktionen.

Analys av arbetsgång och tider

Hela stommen monteras i tre etapper under tre veckor i rad. Taket är då klätt med råspont och papp på tak. Taktegel läggs på efteråt.

Fönster och fönsterdörrar är monterade i väggelementen vid leverans till byggarbetsplatsen. Entré- och innerdörrar monteras i efterhand.



Figur 3.14. Tidplan för projekt 7 i jämförelse med projekt 5 och 6.

Tidplaneringen för projekt 7 redovisas i figur 3.14 och jämförs där med projekt 5 och 6. Överst redovisas en översiktlig tidplan för ett "vanligt" projekt (projekt 5) utan vädterskydd. I mitten redovisas tidplanen för ett alternativt utförande (projekt 6) där mer prefabricerat byggsystem (tillgängligt) använts. Längst ned i figuren redovisas en tänkt tidplan för projekt 7 där byggprocessen "redesignats" och industrialiseringsgraden ökat påtagligt.

Kostnadsmissigt kan konsekvenserna bara uppskattas grovt.

- Kortare byggtid ger lägre kostnad för byggnadskreditiv.
- Kortare byggtid ger lägre gemensamma kostnader för byggarbetsplatsen.
- Kortare byggtid ger tidigare inflyttning (om byggstarten också är tidigare) och tidigare intäkt från hyresgäst för byggherren.
- Högre prefabriceringsgrad kräver noggrannare projektering.
- Högre prefabriceringsgrad medför normalt högre kostnader för elementen.

- Högre prefabriceringsgrad gör att felaktigheter/problem kan bli svårare/dyrare att rätta till på byggarbetsplatsen, men medger å andra sidan bättre möjligheter till repetitiv, styrd produktion och bättre kvalitetskontroll.
- Väderskydd innebär en merkostnad men är nödvändig vid den höga prefabriceringsgraden.

Slutsats

Med hög prefabriceringsgrad och proaktivt fuktsäkringsarbete säkras kort total byggtid.

Tidsbesparing: Tidsbesparing erhålls främst eftersom tiden för invändiga arbeten på byggarbetsplatsen kortas ned. Det ger också kortare tid för besiktningar och förberedelser inför hyresgästernas inflyttning. Byggtiden halveras!

Totalkostnadsanalys: Svårbedömt, men en uppskattning är att byggkostnaden kan vara oförändrad med byggsystem enligt projekt 7 och att vinsterna huvudsakligen ligger hos beställare/byggherren som kan ha sin byggnad i användning betydligt tidigare.

4 Diskussion och analys

Till grund för denna analys har projekt från tre verkliga byggarbetsplatser använts. De undersökta projekten gällde nybyggnad varav två med stomme av KL-trä och ett av projekten som utfördes med trästomme av lösvirke. De tre projekten har analyserats och använts för att definiera ytterligare fyra hypotetiska projekt genom att grundprojektets förutsättningar varierats. Totalt har således 7 projekt med varierande förutsättningar undersökts. Analyserna baseras på workshoppar med personal från projekten, huvudsakligen från entreprenörsledet.

4.1 Undersökningens frågeställningar

Vid starten av detta utvecklingsprojekt formulerades några frågeställningar för analysarbetet. Erfarenheterna från undersökningsprojekten sammanfattas här.

Hur planeras produktion?

De planeringsdokument som presenterats i analysen av projekten har bestått av tidplaner i Gantt-format (med drygt 100–180 aktiviteter). Som underlag för tidplanerna har entreprenörerna använt egen information om varaktighet för olika arbetsmoment tillsammans med uppskattningar från underentreprenörer och leverantörer. Byggnaderna redovisas som ritningar i pdf som visar planlösning, sektioner, fasader och detaljer.

Planeringsmetodiken var generell och gemensam för både med och utan väderskydd. En sak som noterades är att för planeringsarbetet räcker det inte med entreprenörens personal utan även stomleverantörens erfarenheter behövs. Inte i någon av analyserna deltog/inbjöds någon väderskyddsleverantörer. Iakttagelser och analysen hade troligen varit mer utvecklade om så varit fallet.

Hur planeras förtillverkningsgrad och färdigställandegrad i prefabelement?

Bygg- och stomsystem liksom förtillverkningsgrad och färdigställandegrad i prefabelement bestämdes tidigt i de studerade projekten. Vid utförandeentreprenaderna hade byggarna ingen/liten möjlighet att påverka valet av byggsystem och byggelement. Det är tydligt att det är i ett tidigt skede av projekteringsarbetet som många val görs och byggsystemet bestäms. Det är viktigt att produktionsaspekter finns med i dessa tidiga skeden för att produktionsflöde och väderskydd ska kunna utformas på bästa sätt.

I analysarbetet konstaterades i flera fall att efterfrågan, men även utbudet på byggsystem med större industrialiseringsgrad, var begränsad. För fasadelement diskuterades inte om t ex element med färdigt ytskikt på insidan och ingående elinstallation fanns att tillgå. Installationer av el, VVS och ventilation var också områden där det inte visades upp några mer långtgående integreringar i byggnadselement. För de undersökta projekten innebar det att installationsarbeten skulle genomföras huvudsakligen på byggarbetsplatsen efter stommontaget. Detsamma gällde för ytskikt och golvbeläggningar. Kompletteringsarbeten, installationer och ytskikt är så omfattande att de tar lika lång tid som för traditionella byggen, i vissa fall till och med längre. I ett av projekten fördes möjligheten med förtillverkade badrumsmoduler på tal.

De undersökta projekten uppvisades inte några mer långsiktiga relationer och samarbeten där entreprenör och tillverkare utvecklar byggsystem. Båda projekten med KL-trä var av karaktären ”första gången vi bygger med KL-trä”.

Hur påverkas logistik och leveransplanering?

Inget noterades beträffande detta. Ingen skillnad i fordon och lyfthjälpmedel. Inga begränsningar i leveranskapacitet noterades i analyserna. Under transporten från fabrik till byggarbetsplats hålls delarna fuktskyddade med inplastning och täckning.

Hur påverkas transporter under väderskyddet?

Lossning och transporter påverkas i stor utsträckning av väderskyddets utformning. Inte i något av de analyserade projekten fanns det med en lyft- och transportlösning under väderskydd. De transport- och lyftlösningar som fanns med i analyserna innebar att väderskyddets tak flyttades under montageperioden så att en kran placerad utanför väderskyddet kunde hantera lyften.

Logistik och leveransplanering är ett viktigt utvecklingsområde.

Hur påverkas stölder?

Inget särskilt noterades på denna punkt.

Hur tar underentreprenörer hänsyn till de industrialiserade förutsättningarna vid väderskyddat trähusbyggande (t ex tidig start med inredning och ytskikt)?

Projekten med KL-trä använde inte respektive planerades att inte använda fullständiga väderskydd. Byggnaden med lösvirke hade ett fullständigt väderskydd vid monteringen av stommen – men det påverkade inte underentreprenörernas arbete. Under analysarbetet gavs intryck av att installatörer inte involverades i större utsträckning i vare sig projekterings- eller planeringsarbetet. Det har inte heller funnits tillfälle att intervjua underentreprenörer engagerade i projekten. Den industrialiseringsgrad som kunde noteras i projekten innehöll inga komponenter med ingående installationer eller förberedelser för installationer.

Vilka åtgärder vidtas för att inte förlora möjligheter med produktion i en kontrollerad arbetsmiljö (regn och temperatur)?

De undersökta projekten uppvisade stor beredvillighet att genomföra byggprojekt utan en kontrollerad arbetsmiljö med fast väderskydd. De åtgärder som lyftes fram i analyserna innebar att ha flexibilitet att vänta några dagar ifall väderleksprognosen visade på nederbörd de närmsta dagarna. Den synpunkt som lyftes fram var att det är en fördel att snabbt få upp stommen och ett tätt tak ovanpå för att sedan säkra en torr stomme utan fuktskador.

Hur optimeras materialanvändning – direkt till inbyggnadsställning, hantering av materialspill (mindre?), inget "väderskadat"?

Direkt till inbyggnadsstället var en grundprincip i de analyserade projekten. Gipsskivor och reglar läggs in i byggnaden före nästa bjälklag och tak.

Inget företag noterade frågeställningar om materialspill.

Företagen hade utvecklat strategier för att förhindra eller hantera väderskadat material. I första hand genom att skydda och täcka över med plast och tejp. I andra hand genom att skrapa och leda bort eventuell fukt och vatten så att det inte skulle uppstå skador. Den tredje åtgärden som kom fram i undersökning var att slipa och behandla skadade konstruktionsdelar.

Hur prognostiseras felkostnader?

Inget företag redovisade direkt uppföljning (eller prognos) av felkostnader.

Några ytterligare noteringar under analysarbetet

- Uttorkning av träkonstruktioner kan inte påskyndas genom uppvärmning på samma sätt som värme kan användas vid uttorkning av betong.
- Det gäller att dra nytta av träets fördelar – torrt när det kommer levererat – dvs det bör gå att jobba med ytskikt direkt.

4.2 Vad krävs för att göra byggtiden kortare?

4.2.1 Utveckling av byggsystem

De analyser och samtal som genomförts i workshopar med projektledare och platschefer visar att det går att påverka byggtiden endast till liten del med de byggsystem och lösningar som finns tillgängliga. *I de undersökta projekten var den vanligaste lösningen för att ha en kortare byggtid att välja bort väderskydd och istället arbeta med ett snabbt stommontage för att tidigt få på tak och skapa en torr arbetsplats inomhus. Tidsbesparingen blev ungefär 10 %.*

De analyserade projektens tidplaner visar att mycket tid används efter att en trästomme rests. Installationer läggs till byggnaden efter att stommen är på plats och kompletteringar för att klara ljud- och brandkrav kräver mycket manuellt arbete. Invändiga ytskikt, fasadbeklädnad, fönster, dörrar och kompletteringar tillkommer också.

Högre industrialiseringsgrad finns hos leverantörerna av volymelement. Där finns sedan länge leverantörer som levererar byggsystem med helt färdiga rum som levereras med invändiga ytskikt och integrerade genomtänkta installationer. Ett alternativt sätt att uppnå korta byggtider är att använda volymelement. Volymelement har dock nackdelen att vara kostsamma att transportera långa sträckor och det är också vanligt att delar (väggar och bjälklag) blir mer eller mindre dubbla när två volymmoduler sätts samman. I detta projekt har vi inte värderat system som är byggda av volymelement, dels på grund av att de ovan nämnda dubbelkonstruktionerna och dels på grund av att dessa moduler inte kräver väderskydd. Jämförelsen faller därför utanför ”scoopet” för detta projekt.

De alternativa byggsystem som diskuterats som önskvärda i projektet har varit plana komponenter (”platta paket”). Planelement har fördelen att vara mer effektiva att transportera – det blir inte så mycket luft. Med ”redesign”/utveckling av byggsystem med planelement som föreslagits i projekt 7 i kapitel 3 bör det också vara möjligt att uppnå avsevärd förkortning av byggtiden! För att uppnå större tidsbesparingar föreslås att de förtillverkade byggnadselement (planelement baserade på KL-trä eller träregelstomme) som används förädlas och har:

- fasadmaterial monterat med färdigt ytskikt (tid för fasadställning sparas in),
- fönster och balkongdörrar monterade vid leverans, inklusive plåtar och tätningar,
- ytskikt invändigt (tapet och golvbeläggning) (endast golv- och taklist monteras på byggarbetsplatsen),
- badrum som förtillverkade moduler,
- installationsdelar som bara behöver kopplas samman och
- tak som är snabbt komplett tätt.

När byggsystemet utvecklas och installationsdelar integreras så kommer också ansvar för konstruktion och utförande också att i normalfallet flyttas från en totalunderentreprenör till en materialleverantör. Det kommer självfallet påverka standardavtal som används (ABT-U och ABM).

4.2.2 Väderskydd

Väderskydd som ger fabriksmiljö?

En fundering i analysarbetet har varit om ett rejält väderskydd ger en inomhusmiljö liknande en fabriksmiljö där byggnadsarbete kan ske i en torr och varm miljö och att det skulle bidra till en kortare byggtid. Det har funnits få, om ens några, tankar i analysarbetet att en sådan torr och vädersäkrad arbetsplats skulle vara realiserbar/önskvärd. Det som talar emot är bland annat problematik med intransport av material och förflyttning av material under väderskyddet. Utrymmet runt fasaden kan vara begränsat. Om byggmetoden

är ”lösvirke” och hantverk så är det förmodligen en bra lösning. Att anordna en fältfabrik på byggarbetsplatsen är en enklare form som ger liknande förutsättningar.

De undersökta projekten indikerar att väderskydd till ett byggprojekt bara ger mindre förkortning av byggtiden. Montagetid för väderskyddet samt krav på transportanordningar uppväger de tidsvinster som görs i en torr miljö under ett väderskydd.

Väderskydd för fuktsäker arbetsmiljö med utvecklat byggsystem

För att kunna bygga på ett tryggt och fuktsäkert sätt med ett utvecklat byggsystem behövs ett väderskydd som är robust och säkert. Det kan ha ett tak som enkelt flyttas av och på för att underlätta transporter. Antingen rullas det till sidan eller så kan det lyftas med en kran. Det kan också utgöras av ett provisoriskt tak som efter montage av stommen blir permanent.

4.3 Nyttor vid kortare byggtid

Frågan om byggtid har varit styrande för detta utvecklingsprojekt och analysarbetet. Om det finns system på marknaden som medger ett tidigare färdigställande bör ju beställaren välja detta om det är lönsamt. Hela projektgenomförandet och utformningen av t ex förfrågningsunderlag kan behöva anpassas.

När byggprojektet är en utförandeentreprenad med angivna start- och slutdatum så är det kanske inte viktigt för entreprenören att föreslå leverans av byggnaden i förtid. Fördelen för beställaren är att finansieringen under byggtiden och byggnadskreditiv behöver användas under kortare tid. En fördel/vinst kan vara om det t ex är en verksamhet som kan komma igång tidigare – då behövs besked om tidigare överlämning till beställaren så att byggnaden också kan tas i bruk tidigare.

Byggherrens/projektutvecklarens kostnad för finansiering under den kapitalintensiva byggtiden blir lägre vid kortare byggtid samtidigt som intäkter kan starta tidigare.

En entreprenör som genomför ett byggprojekt på avsevärt kortare tid har möjlighet att genomföra fler projekt över en längre tid eftersom personalen är sysselsatta i varje projekt under kortare tidsperiod – omsättningen kan ökas och därmed intjäningen. Det kommer ställa krav på god effektivitet i initiering/start och avslutning av projekt. Kostnaden för etableringen på arbetsplatsen blir lägre. Med kortare byggtid sparas kostnader för att ha en byggarbetsplats etablerad – tjänstemän, maskiner, bodar, försäkringar, el, vatten, bredband etc används under kortare tid.

En entreprenör (och projektutvecklare) kan öka omsättningen i företaget om varje projekt genomförs under kortare tid.

Analyserna visar på att ett utvecklat byggsystem kombinerat med väderskydd skulle kunna ge kortare byggtid och att de direkta ekonomiska nettoeffekterna skulle kunna bli positiva. Sekundära effekter som personsäkerhet, arbetsmiljö och kvalitetsfelkostnader har inte utvärderats.

När ett byggprojekts genomförande på arbetsplatsen kortas påtagligt med hög grad av förtillverkning kommer projekteringen att behöva ha en mycket god noggrannhetsnivå. Tillverkningen behöver vara tillförlitlig och planeringen behöver vara betydligt noggrannare. Tiden i projektering och planering behöver initialt ökas, men kan på sikt förkortas.

Ett möjligt problem för en entreprenör är att med kortare byggtider för projekten kommer också planeringshorisonten inom företaget att förkortas. När projekten har en byggtid på t ex 1 år så finns en längre planeringshorisont och stabilitet i verksamheten och en större trygghet och möjlighet att fördela resurser mellan projekt än om byggtiden bara är 6 månader. Med kortare byggtid blir osäkerheten och risken för snabba svängningar i

omsättningen ökad. Det kan förmodligen upplevas precis tvärt om också! Att det är positivt när projekten är kortare.

Mindre påverkan av vädrets makter etc ställer krav på bättre planering genom en redesignad byggprocess med högre förtillverkningsgrad, exempelvis installationer i prefabstomme. Den kortare byggtiden kan användas före byggstart för bättre och noggrannare planering eller genom snabbare inflyttning med lägre kreditivkostnader och snabbare intäkter för byggherren

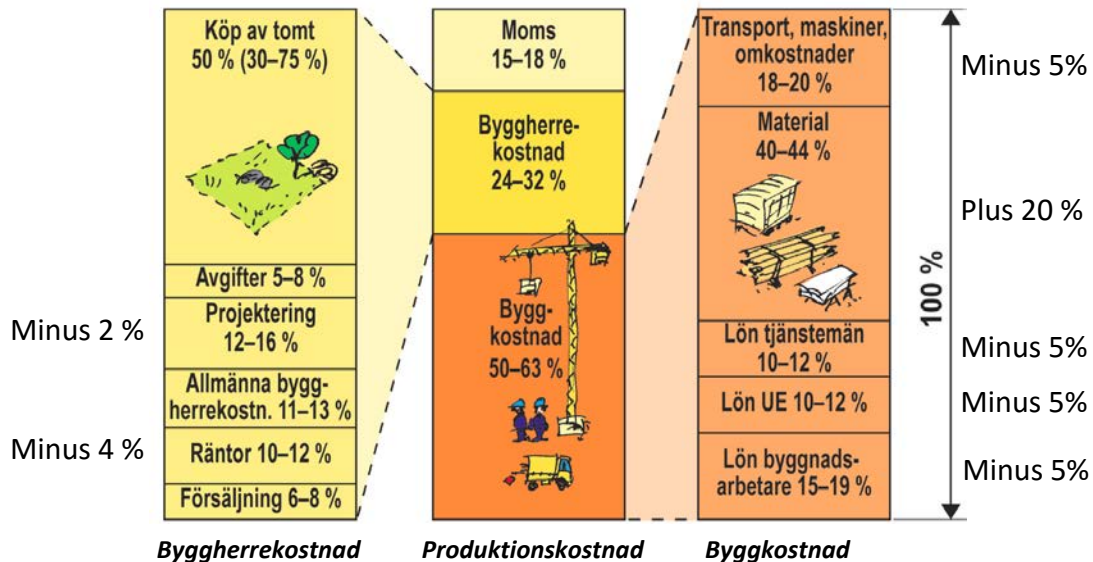
En entreprenör kan behöva se över sin övergripande planeringsmetodik om byggprojekt generellt sett får kortare byggtid.

4.4 Ekonomiska konsekvenser

Totalekonomin påverkas naturligtvis om byggtiden kan halveras. I figur 4.1 visas en grov uppskattning av möjliga vinster och merkostnader med en halverad byggtid och utvecklad prefabriceringsgrad på det byggsystem som används i projekt 7.

Undersökningen har inte gett annat underlag än att byggkostnaden vid en grov uppskattning kan förväntas bli ungefär densamma med enklare byggsystem och det mer utvecklade/integrerande byggsystem som föreslås i undersökning. För byggherrekostnaden är det dock relativt klart att det blir kostnadsbesparingar för ränteutgifter och för projekteringsarbete (som kommer att utföras av en prefableverantör istället).

Effekter av kortare byggtid med väderskydd - som förutsätter utvecklad prefabricering



*Plus snabbare intäkt för byggherren vid tidigare inflyttning
Ökad omsättningstakt hos entreprenören*

Figur 4.1. Uppskattning av hur kostnader förändras vid bygganden med utvecklad prefabricering och väderskydd

Byggkostnad - entreprenadkostnad

- Transport, maskiner, omkostnader – minus 5 % – etablering på arbetsplatsen under kortare tid. Lägre kostnad för bodar och tillfälliga arrangemang. Väderskydd ökar kostnaden.

- Material – plus 20 % – förtillverkade vägg- och bjälklagselement dyrare.
- Lön tjänstemän – minus 5 % – arbetsledning behövs kortare tid på arbetsplatsen.
- Lön UE – minus 5 % – mindre andel UE på arbetsplatsen.
- Lön byggnadsarbetare – minus 5 % – mindre andel byggnadsarbete på arbetsplatsen.

Byggherrekostnad

- Projektering – minus 2 % – en del av projekteringsarbetet flyttas till materialposten i byggkostnaden som en andel i de förtillverkade byggelementen.
- Räntor – minus 4 % – kortare byggtid gör att byggnadskreditiv behövs kortare tid.

Totalkostnad

Bedömningen som görs är att byggkostnaden förmodligen inte blir lägre, det finns både minus och plusposter och det saknas möjlighet att ta fram underlag för en mer detaljerad kalkyl. För beställaren bör det dock finnas en uppenbar fördel med att tidigare kunna ta en byggnad i drift.

5 Slutsatser

När det gäller projektets syfte och huvudfrågeställning: *hur byggprocessen kan utvecklas och "Redesignas" för att till fullo utnyttja de förutsättningar och möjligheter som ges vid väderskyddat trähusbyggande. Går det att reducera byggtiden till 50 % och därmed reducera totalkostnaden med förbättrad kvalitet med reducerade entreprenadrisker?* är slutsatsen: Ja, det är möjligt att halvera byggtiden!

Förtillverkningsgraden behöver vara högre. I de enskilda undersökta projekten, där förtillverkade element baserades på planelement ("platta paket"), saknades en högre grad av förtillverkning. Det förefaller finnas liten efterfrågan från byggare och litet utbud från marknaden på stom- och byggsystem med högre förtillverkningsgrad. Detta är en huvudfråga för branschen. System med högre färdigställandegrad kräver att installationer är integrerade i elementen och att invändiga ytskikt är klara eller åtminstone närmast klara. Inom volymentelementbyggandet har utvecklingen kommit betydligt längre men där finns en del nackdelar med dubbelkonstruktioner i både tak och väggar när moduler sammanfogas. Hög förtillverkningsgrad och byggsystem i planelement ställer krav på heltäckande väderskydd!

Byggherren behöver ta rätt beslut om byggsystem tidigt i byggprocessen för att få en kortare byggtid. I de analyserade projekten har det varit tydligt att när det är dags att planera för byggproduktionen är valmöjligheten begränsad att utforma väderskydd och att anpassa byggsystem och leveranser. Byggsystemet behöver behandlas tidigt och installationer och ytskikt integreras i projekteringsarbetet. Från något projekt har rapporterats att det i detaljplanen kan finnas förutsättningar/begränsningar som gör det svårt att genomföra en tidseffektiv byggproduktion.

Tidigare val och beslut begränsar handlingsfriheten för byggaren. Det är i och för sig ingen ny insikt att förutsättningarna i ett förfrågningsunderlag i stor utsträckning kan begränsa entreprenörens handlingsutrymme. I detta utvecklingsarbete, där högre grad av prefabricering visat sig vara önskvärd för att nå kortare byggtid, framgår helt tydligt de tidiga valens betydelse (inklusive detaljplanen). Det är inte bara arkitektens och konstruktörens val som styr utan också den upphandlingsprocess som behövs för att tidigt knyta en leverantör av komponenter till byggprojektet. Produktionskompetens behöver beaktas redan i de tidiga skedena. I viss mån kan det industriella byggandets krav på långsiktiga relation vara svårt att kombinera med önskemål om en marknad utsatt för konkurrens.

Tiden för stommontage kan göras rejält kort, men de stora möjligheterna till tidsvinster ligger på stomkomplettering, ytskikt och installationer. För att uppnå dessa tidsvinster behöver samarbetet mellan byggherre, entreprenör, installatörer och stomleverantörer vara mer utvecklat och integrerat.

Den utveckling som är önskvärd för att "redesigna" byggprocessen som föreslås i denna undersökning är främst förtillverkning av byggdelar och utveckling av tekniska system. Parallellt behöver utveckling för ett mer industriellt byggande inom samtliga delområden som identifierats av (Lessing 2006), (Apleberger et al 2007), (Boverket 2008) och (Lidelöw et al 2015). Detta åtta delområdena är:

- Planering och kontroll av processer
- Utvecklade tekniska system
- Förtillverkning av byggdelar
- Långsiktiga relationer
- Logistik integrerat i processen
- Utvecklat kundfokus

- Utnyttjande av informations- och kommunikationsteknologi
- Systematisk kunskapsåterföring och mätning av prestationer

En öppen frågeställning är fuktsäkerheten vid trähusbyggande. En utbredd uppfattning är att det går att bygga utan väderskydd när stommontaget kan göras torra dagar och under torra årstider. Mätningar och undersökningar som genomförts (Olsson 2019) visar dock på att mikrobiell påväxt förekommer. Olsson konstaterar också att det är få som tycks medvetna om BBRs föreskrift om att en relativ fuktighet (RF) på 75 % ska användas som kritiska fuktillståndet om det kritiska fuktillståndet inte är väl undersökt och dokumenterat. Med dagens låga prefabriceringsgrad är det möjligt att väderskydd inte behövs. Med större förtillverkning blir det dock en förutsättning att väderskyddet är väl utformat.

För att det ska vara lönsamt med väderskydd så behöver det vara med i förutsättningarna från projekterings början. Val av byggsystem och byggnadens utformning har stor betydelse.

Referenser

- Andersson N, Hansson P, Lidelöw H, Olofsson T (2016) *Kartläggning av industriella processer*. Smart Built Environment
- Apleberger L, Jonsson R, Åhman P (2007) *Byggandets industrialisering : nulägesbeskrivning*. FoU-Väst rapport 0701
- Arbetsmiljöverket (2013) *Ställningar AFS 2013:4*
- Boverket (2008) *Industriellt bostadsbyggande – Koncept och processer*
- Brycke E, Martinsson L (2018) *Väderskydd – en lathund för entreprenörer*. SBUF 13499
- Ekhölm A, Blom H, Eckerberg K, Löwnertz K, Tarandi V (2013) *BIM - standardiseringsbehov*. SBUF rapport 12690
- Layher (2019) *En bättre byggprocess – en rapport om väderskyddat byggande*. Hämtad från: <https://www.vaderskydd.nu/> [2021-02-21]
- Lessing J (2006). *Industrialised House-Building*. Lic. thesis Department of Construction Sciences, Lund Institute of Technology.
- Lidelöw H, Engström D, Lessing J, Stehn L (2015) *Industriellt husbyggande*. Lund: Studentlitteratur.
- Olsson L (2019) *Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd – Fallstudie, fältmätningar och intervjuer*. SBUF rapport 13548
- Persson M (2016) *Standardiserade arbetsprocesser för minskat slöseri och ökat kundvärde*. SBUF rapport 12073.
- RISE (2021) *Fuktsäkert byggande – Väderskydd*. Hämtad från: <https://fuktsaker.se/fukt/vaderskydd/> [2021-02-21]
- Svenskt trä (2017) *KL-trähandboken*. Hämtad från Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/upphandling-och-montage/10.3-skydd-av-konstruktionen-under-byggtiden/10.3.1-vaderskydd-under-byggtiden/> [2021-02-21]
- Sveriges Byggindustrier (2017) *Bostadsbyggande – begrepp och kostnadsfördelning*.

SBUF

- 97:03 Brobyggnad med väderskydd och hängställning
- 97:13 Väderoberoende byggande
- 04:23 Erfarenheter av väderskyddat produktion (FoU-Väst-rapport 0404)
- 06:21 Framtidens produktionsmiljö – vägen till ett industriellt platsbyggande (FoU-Västrapport 0604)
- 1046 Väder och hårdningsskydd (Lars Molin, Arne Nordin)
- 4062 Framtidens produktionsmiljö – Vägen till det väderoberoende byggandet. (Eric Asplund, Leif Moström) 1996
- 7046 Framtidens Produktionsmiljö – Vägen till ett industriellt platsbyggande (Leif Moström, Eric Asplund, Björn Samuelsson) 1999
- 10103 Väderskyddad Produktionsmiljö Framtidens Byggande (Bengt Larsson, Lars Söderlind) 2006

- 11337 Fuktsäkerhet i byggprocessen (Christian Wihlborg) 2007
- 11890 Framtidens platsbyggande – en förstudie (Lars Söderlind, Kjell Axelson, Bengt Larsson, Hans Rylander) 2008
- 11259 Väderskyddad produktion – Möjligheter och erfarenheter. (Kjell Axelson, Bengt Larsson, Staffan Sandberg, Lars Söderlind) 2004
- 12029 Småhusbyggande med lättelemt (Torbjörn Rönnberg) 2011
- 12073 Standardiserade arbetsprocesser för minskat slöseri och ökat kundvärde (Mats Persson) 2016
- 12242 Brandskydd på byggarbetsplats – Vägledning (Staffan Bengtson, Torkel Dittmer, Per Rohlén, Birgit Östman) SP 2012
- 13499 Väderskydd – En lathund för entreprenören (Emma Brycke, Linda Martinsson) 2018
- 13548 Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd – Fallstudie, fältmätningar och intervjuer (Lars Olsson) 2019
- 13621 Test i verkliga byggprojekt – Guide för att underlätta skarpa digitala tester på bygget (Soon Hammarström, Petra Jennings, Per Danielsson, Eleonore Gustafsson, Lovisa Bengtsson m fl.) 2020

FoU-Väst

- 9607 Framtidens produktionsmiljö – Vägen till det väderoberoende byggandet (Eric Asplund, Leif Moström)
- 9905 Framtidens Produktionsmiljö – Vägen till ett industriellt platsbyggande (Leif Moström, Eric Asplund, Björn Samuelsson)
- 0404 Väderskyddad produktion – Möjligheter och erfarenheter. (Kjell Axelson, Bengt Larsson, Staffan Sandberg, Lars Söderlind)
- 0604 Väderskyddad produktion – Framtidens byggande. (Bengt Larsson, Lars Söderlind)
- 0701 Byggandets industrialisering : nulägesbeskrivning (Lennart Apleberger, Rolf Jonsson och Pär Åhman)
- 0806 Framtidens platsbyggande – en förstudie (Lars Söderlind, Kjell Axelson, Bengt Larsson, Hans Rylander)

SP – Kontenta

- Brandskydd på byggarbetsplats – Checklista och kontrollpunkter (SBUF 12242)