

Flervåningshus med trästomme – Uppföljning av Kv Limnologen och Kv Rya, Rydebäck

Anders Rosenkilde, Kirsi Jarnerö, Mats Axelson



Flervåningshus med trästomme - Uppföljning av Kv Limnologen och Kv Rya, Rydebäck

Anders Rosenkilde, Kirsi Jarnerö, Mats Axelson

Abstract

The aim has been to observe, evaluate and as far as possible support two large wooden multi-storey building projects. The building projects have been observed during the different stages of the building process. The first building project is Limnologen in Växjö, that includes four seven-storey residential buildings, of which the first building has been observed from the early stages of planning to finished erection of the wooden frame. The second building project is located in Rydebäck close to Helsingborg. It comprises several buildings, of which a five-storey residential building was observed from finished planning to user stage. Equipment was installed in Rydebäck to measure the climate in several locations in the construction and the strain in the tie-rods that tie the building to the foundation.

The results are presented in this report and also in abundant photos and comprehensive separate reports with further technical data. In addition, the great experiences achieved by the involved participants will most likely influence, and have partially already influenced, future larger wooden frame building projects. It is concluded that it is possible to carry out large-scale wooden frame building projects. The continued challenge is to improve especially the building process with lean thinking strategies. There are also several details that have to be improved further, e g improved sound insulation at low frequencies (20-200 Hz). Efforts are also needed to make it easier for building system suppliers and designing consultants to design correctly with regard to fire requirements and to increase compatibility in fire safety issues between participants on the market and within the country.

Key words: building design, follow up, information, multi-storey buildings, planning, timber, timber frame, wood, wooden frame

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2008:18
ISBN 978-91-85829-34-7
ISSN 0284-5172
Borås, Stockholm, Växjö

Förord

Föreliggande rapport redovisar resultaten från delprojekt Limnologen och Rydebäck inom FoU-projektet "Flervåningshus med trästomme - kvalitetssäkring av produktionsprocessen". Projektet har finansierats av Skogsindustrierna och har utförts i samarbete med Byggmästaren i Skåne, Derome förvaltning, JSB John Svensson Byggnadsfirma AB, Martinsons Byggsystem AB, Midroc Property Development AB och NCC Construction Sverige AB. Installationer för mätsystemen i Kv Rydebäck har skett med hjälp av Laholms EL S-A Johansson AB.

Anders Rosenkilde har varit projektledare, Kirsi Jarnerö har ansvarat för utvärderingen av Kv Limnologen och Mats Axelsson för Kv Rya, Rydebäck.

Författarna tackar härmed de deltagande företagen för deras insatser och engagemang i detta FoU-projekt och i byggprojekten Limnologen och Rydebäck. Ett särskilt tack till Bengt Abellsson, Martinsons och Magnus Skiöld, Midroc för kommentarer till denna rapport.

Innehållsförteckning

Abstract	2
Förord	3
Sammanfattning	6
1. Introduktion	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Avgränsningar/metod	8
1.3.1 Limnologen	8
1.3.2 Rydebäck	8
2. Planeringsskedet	10
2.1 Limnologen	10
2.1.1 Arkitekttävling	10
2.1.2 Detaljplan	11
2.1.3 Val av stomsystem	13
2.1.4 Martinsons Byggsystem	15
2.2 Rydebäck	20
2.2.1 Slutsatser	20
3. Projekteringsskedet	21
3.1 Limnologen	21
3.1.1 Projekteringsgruppen och projekteringsmöten	21
3.1.2 Projektering	22
3.1.3 Väderskydd	28
3.1.4 Fukt	30
3.1.5 Sättningar	31
3.1.6 Fasadputs	31
3.1.7 Täthet	31
3.1.8 Ljud och vibrationer	32
3.1.9 Brand	33
3.1.10 Granskning	34
3.1.11 Slutsatser	34
3.2 Rydebäck	35
3.2.1 Byggnadskropp och stomsystem	35
3.2.2 Brand	41
3.2.3 Ljud och vibrationer	41
3.2.4 Beständighet/röta mögel	41
3.2.5 Byggbarhet	42
3.2.6 Fuktsäkring	42
3.2.7 Lufttäthet, värmeisolering, energi	42
3.2.8 Projektörer	43
3.2.9 Slutsatser	43
4. Byggskedet	44
4.1 Limnologen	44
4.1.1 Organisation, entreprenad och kontrollsystem	44
4.1.2 Säkerhet	45
4.1.3 Väderskydd	47
4.1.4 Montage och byggbarhet	49
4.1.5 Erfarenheter	50
4.1.6 Fukt	56
4.1.7 Sättningar	58

4.1.8	Fasadputs	58
4.1.9	Täthet	59
4.1.10	Ljud och vibrationer	60
4.2	Rydebäck	61
4.2.1	Organisation, entreprenad och kontrollsystem	61
4.2.2	Väderskydd	61
4.2.3	Trä stombyggnad	63
4.2.4	Mätningar av stagkrafter	67
4.2.5	Mätning av temperatur och relativ luftfuktighet	71
4.2.6	Material	72
4.2.7	Logistik	74
4.2.8	Tider i byggprocessen	75
4.2.9	Brand	75
4.2.10	Enkätundersökning till lägenhetsinnehavare	75
4.2.11	Ljud	77
5.	Uppföljnings- och informationsprojekt	79
6.	Slutsatser	80
6.1	Limnologen	80
6.1.1	Planeringsskedet	
6.1.2	Projekteringsskedet	
6.1.3	Byggskedet	
6.2	Rydebäck	81
6.2.1	Planeringsskedet	
6.2.2	Projekteringsskedet	
6.2.3	Byggskedet	
7.	Referenser	82

Sammanfattning

Syftet har varit att följa och utvärdera samt i möjligaste mån stödja två större byggprojekt med flervåningshus med trästomme. Det storskaliga träbyggandet har under den senaste tioårsperioden utvecklats, demonstrationsbyggen har genomförts på flera platser i landet, tekniken har utvecklats och nya byggsystem finns ute på marknaden. Det är dock fortfarande mycket viktigt att följa och utvärdera de nya byggsystemen eftersom varje större byggprojekt med trästomme fortfarande innehåller nyutveckling. Det är viktigt att erfarenheter dokumenteras och förs vidare i syfte att utveckla träbyggnadstekniken mot kostnadseffektiva byggprojekt som kan genomföras rationellt med säkrad kvalitet. Viktiga funktioner i husen som skulle studeras extra noga var fuktsäkerhet, brandskydd, täthet, ljud och vibrationer.

I detta FoU-projekt har två större byggprojekt följts under byggprocessernas olika skeden. Det ena byggprojektet är Kvarteret Limnologen i Växjö, som omfattar fyra bostadshus i åtta våningar, det först uppförda huset har följts från tidigt planeringsskede fram till färdigt montage av trästommen. Det andra byggprojektet ligger i Rydebäck som är en del av Helsingborg. Hela byggprojektet omfattar flera huskroppar, men FoU-projektet följde processen för ett femvånings bostadshus från färdig projektering till bruksskedet. Under byggskedet installerades mätsystem i Rydebäck som registrerade klimat på flera olika ställen i konstruktionen samt spänningar i dragstagen som förankrar husets stomme i grunden.

Resultaten från FoU-projektet finns huvudsakligen redovisade i denna rapport samt i form av ett rikligt bildmaterial och två arbetsrapporter med fler tekniska data /1, 10/. Observationer i byggskedet på Limnologen finns också sammanfattade /11/. Till detta kommer stora vunna erfarenheter hos alla involverade aktörer som sannolikt kommer och delvis redan har påverkat kommande större byggprojekt med trästomme. Det kan konstateras att det är fullt möjligt att genomföra storskaliga byggprojekt med bärande stomme av trä. Den fortsatta utmaningen ligger i att förbättra främst byggprocessen förslagsvis med leantänkandet som grund. Flera detaljlösningar behöver utvecklas t ex avseende förbättrad ljudisolering vid låga frekvenser (20 – 200 Hz). Insatser behövs också för att öka samsynen i brandfrågor mellan olika aktörer inom branschen och inom landet och för att förenkla den brandtekniska dimensioneringen.

1. Introduktion

1.1. Bakgrund

Av främst brandskäl har det inte varit tillåtet att bygga flervåningshus i Sverige, det hindret försvann dock 1994. Sedan dess har olika FoU-projekt bedrivits som fokuserat på att ta fram delar till nya byggsystem i trä t ex massivträprojektet, Södras semi-massiva system, modulsystem, lätta system (vanligt i USA) m fl. Resultaten av dessa forsknings- och utvecklingsprojekt ser vi idag i nya produkter som börjar komma ut på marknaden och som använts i flera pilot- och demoprojekt. När dessa första byggnader nu har stått i några år börjar man få lite erfarenhet kring vilka problem som är förknippade med att bygga t ex trähus i tre till fem våningar. De första objekten har fått mycket publicitet varför man kan se ett ökat intresse för just bostadshus i flera våningar och flera nya projekt har startats och fler är under planering. För att det moderna storskaliga träbyggandet skall lyckas så krävs det inte bara bra system med goda tekniska lösningar, dessutom krävs det att det går att arbeta rationellt med systemen och på ett sätt som säkerställer olika funktioner som rör främst ljud, stabilitet, brand, fukt, beständighet och energi. Ansvar för kvalitetssäkringen förväntar sig byggindustrin att träindustrin har en betydande del i, byggindustrin pekar gärna på betong och stålindustrin som goda exempel. Byggindustrin köper idag helst en komplett stomme till ett hus ofta inklusive montage, detta för att slippa ta risken med nya byggsystem som de ej behärskar till fullo. Att erbjuda t ex enbart raka regler och bjälklagselement är en bra början men det räcker inte.

Behovet av fortsatt utveckling beträffande tekniska lösningar, såsom exempelvis knutpunkter som överför last men ej ljud kvarstår, även om det nu krävs satsningar på kvalitetssäkring av hela byggprocessen för att säkerställa de nya tekniska lösningarnas funktioner avseende främst ljud, stabilitet, fukt och brand. Utöver detta krävs insatser som täcker hela byggprocessen för att bidra till en utveckling mot effektivt uppförande och montage med få fel vilket skulle säkerställa ett konkurrenskraftigt pris för träbyggnader. Genomförda studier /9/ visar att ca 20 % av felen står för 80 % av kostnaderna. Nästan 40 % av felen är enkla att upptäcka. Felkällorna kan vara olika men genom väl utarbetade arbetsinstruktioner och väl utbildade organisationer kan de flesta felen undvikas.

SP Trätek har medverkat i flera träbyggprojekt bl a med Derome i ett byggprojekt med lätt stomme i Mölnlycke, Kullabäckstorp, som nu är avslutat. SP Trätek medverkade även i ett projekt som följde byggnationen av bostäder i fem våningar i Sundsvalls inre hamn /7/. Dessa flervåningshus har en stomme av massiv typ från Martinsons. I Växjö ingår SP Trätek i grupp med KFAB, Södra timber och Växjö universitet som arbetar med en helt ny stadsdel med träbyggnation, Välle broar.

1.2. Syfte

Syftet med föreliggande projekt har varit att genom direkt kunskapsöverföring och uppföljning minska risken för problem, fel och skador i två utvalda byggprojekt. Det är viktigt att visa på goda exempel och på ett effektivt sätt dokumentera erfarenheterna och föra dem vidare.

Syftet har varit att följa olika byggskeden:

- Planering
- Projektering
- Byggnation

1.3. Avgränsningar/metod

1.3.1. Limnologen

De på Limnologen studerade skedena omfattar planeringsskedet, projekteringsskedet och delar av byggskedet. Utgångspunkten har varit att studera hur det faktum, att man planerar att bebygga en fastighet med en byggnad med trästomme, har påverkat planering och projektering.

Planeringsskedet studerades genom att delta på möten och samtala med de involverade i skeendet. Projekteringsskedet har, förutom att medverka på projekteringsmöten, studerats genom att per telefon intervjuar deltagarna i projektgruppen om de erfarenheter man haft under projekteringsskedet. Dessutom har de bygghandlingar som producerats, studerats och sammanfattats i en checklista med tekniska data, som publiceras i en separat rapport /10/.

I byggskedet har vikten lagts vid att inventera och dokumentera erfarenheter som utmärker byggandet med den aktuella träbyggnadstekniken (bärande massivträstomme). Byggskedet har också studerats genom medverkan på byggmöten, dessutom har ett mer omfattande arbete utförts genom att i samverkan med Växjö universitet genomföra workshops på arbetsplatsen, samla in uppgifter från dagrapporter, att regelbundet fotografera och besöka och intervjuer på byggarbetsplatsen enligt nedan.

- *Dagrapporter.* Dessa har samlats in från varje dag. De utgör grunden för den ersättning som NCC (entreprenör för stomresningen) avräknar gentemot uppdragsgivaren Martinsons (leverantör av stommen).
- *Workshops.* Två workshops har hållits, den 16 maj och 25 juni 2007. Den första hölls med montagelaget från NCC och den andra med arbetslagen stomkomplettering och installatörer. Varje workshop varade i ca 30 min och behandlade relevanta frågor.
- *Observationer.* Under varje vecka har arbetsplatsen besökts 2-3 gånger och då har oklarheter som uppkommit diskuterats likväl som nya problem och lösningar noterats.
- *Fotografier.* Fotografiskt material som dokumenterar arbetsprocessen vid bygget.
- *Erfarenhetsåterföringsmöte.* Författarna har deltagit i mötet mellan stomleverantören (Martinsons) och entreprenören som monterat stommen (NCC) gällande erfarenheter från montaget av första huset.

Resultatet har sammanfattats i en kort rapport på Växjö universitet /11/. En djupare analys av materialet med avseende på de faktorer som påverkat tidseffektiviteten på Limnologen har också utförts och publicerats på universitetet /8/. En tredje rapport som jämför tre byggprojekt planeras /13/.

Observationerna på Limnologen pågick fram till september 2007 då stommen på hus 2 (det först uppförda) monterats färdigt och väderskyddet flyttades till hus 1. Kompletterande uppgifter av betydelse som framkommit efteråt har dock beaktats vid den avslutande analysen.

1.3.2. Rydebäck

Byggprojektet Rydebäck hade genomgått planerings- och projekteringsskedet och upphandling pågick när föreliggande FoU-projekt startade. Några aktiviteter i de tidiga skedena har därför inte genomförts, däremot gicks dokumentationen från de tidigare skedena igenom i efterhand och några av aktörerna intervjuades. Följande aktiviteter ingick i Rydebäck.

Anbudsskedet:

- Information från Derome Förvaltning AB om inkomna anbud.
- Möte med byggnadskonstruktör.
- Informella diskussioner med Derome Förvaltning om väderskydd under byggnadstiden. Kalkyler och metoder avseende väderskydd från Mitthems flervåningsprojekt i Sundsvall delgavs byggherrens projektledning.
- Granskning av ritningar med avseende på presumtiva fuktproblem.

Byggskedet:

- Miniseminarium i Derome med projektets aktörer om fuktskydd och fuktproblem i samband med träbyggnation.
- 8 besök på byggarbetsplatsen i Rydebäck med intervjuer, fotografering och informationsutbyte med byggentreprenören.
- Utlåning av kalibrerad domkraft för uppspanning av dragstag.
- Information om mätning av fuktkvoter i trä och kalibrering av fuktkvotsmätare.
- Installation av mätutrustning som kraftgivare på dragstag, temperaturgivare och givare för mätning av relativfuktighet.
- Kontinuerlig mätning av stagkrafter, temperaturer och relativ fuktighet.

Inflyttningsskede/bruksskede:

- Enkät till boende.
- Diskussion om uppkomna bullerfrågor och informationsutbyte med Derome Förvaltning AB om bullermätning i en lägenhet där boende säger sig ha olägenhet av buller.

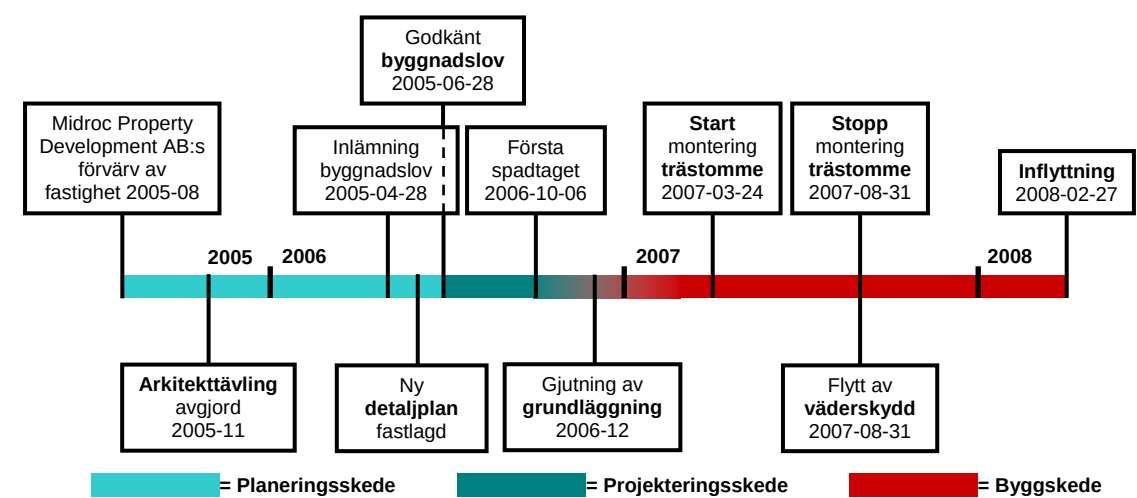
I en separat rapport /1/ redovisas mer tekniska data från Rydebäck.

2. Planeringsskedet

2.1. Limnologen

Välle Broar, den moderna trästaden, är en satsning på att utveckla träbyggnadstekniken för högre hus. Kommunen gör detta i samverkan med Växjö Universitet och byggbranschen. Under 10-15 år ska ca 1000 lägenheter, eller motsvarande yta för universitetet och service, byggas. Ny teknik, nya kvaliteter ska utvecklas, prövas och utvärderas. Välle Broar ska bli en byggmässas och arena för modernt träbyggande. Kvarteret Limnologen planlades innan strategin för träbyggande hade vuxit fram inom Växjö kommuns satsning på projektet Välle Broar. Fastigheten skulle exploateras av fastighetsgruppen FramtidsStaden med Mjölby Villan som byggnadsentreprenör. Igångsättningen av projektet försenades och kommunens tidsgräns för inlämnande av byggnadslovshandlingar överskreds med vite som påföljd. Vitesbeloppet betalades men projektet slutfördes ändå aldrig utan fastigheten såldes vidare till Midroc Property Development AB. Under tiden hade Växjö kommuns satsning på projektet Välle Broar kommit igång och kommunen valde vid överlåtelsen av fastigheten till Midroc att inte nyttja sin förköpsrätt på fastigheten utan villkorade att den nya ägaren skulle följa kommunens policy för träbyggande inom Välle Broar vid exploateringen. Fastigheten förvärvades av Midroc Property Development AB under 2005.

Idé- och planeringsskedet definieras här av de aktiviteter som pågick från det att Midroc förvärvade fastigheten och fram till dess att stadsbyggnadskontoret fastställde den nya detaljplanen i handlingen Detaljplan/Samrådshandling för Limnologen 1, stadsdelen Teleborg (fastställd 2006-05-23). Byggnadslovshandlingar lämnades in till stadsbyggnadskontoret 2006-04-28.

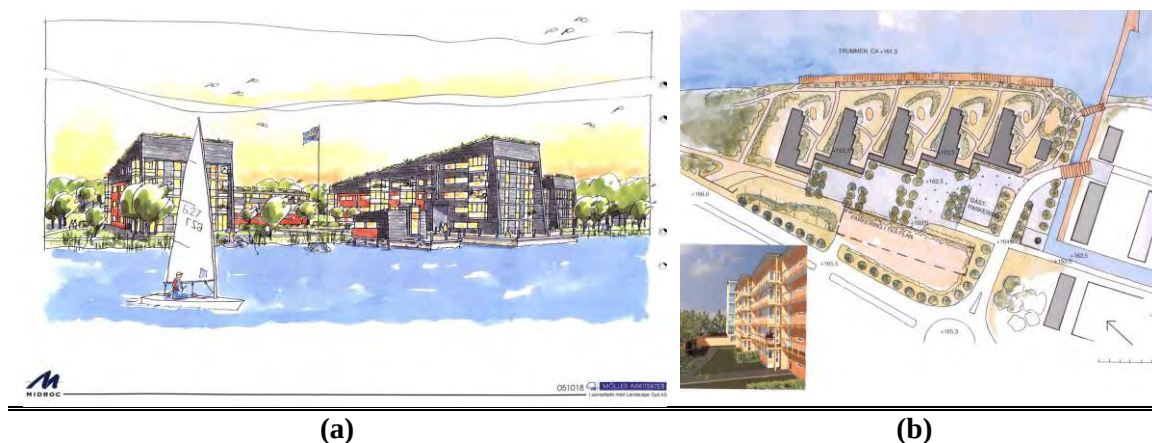


Figur 1. Tidsaxel för de olika studerade skedena på Limnologen.

2.1.1 Arkitekttävling

Midroc valde efter förvärvet av fastigheten att utveckla ett nytt projekt med ny arkitektur eftersom området inlemmats i Välle Broar projektet och för att få en fräsch start med en egen profil gentemot redan tidigare intresserade och nya köpare av bostäder. Midroc tillsammans med Växjö kommun bjöd in två arkitektkontor, Möller Arkitekter i Ängelholm och Arkitektbolaget i Växjö, att presentera var sitt förslag för utformning av byggprojektet. Förslagen utvärderades sedan med hänsyn till arkitektur, utformning av utemiljö, projektekonomi och tillämpning av trä i projektidén. God arkitektur/estetik i kombination med genomförbarhet premierades i utvärderingen, vilket samtidigt betydde att arkitekturen skulle medge ett industriellt och rationellt byggande för att så bred bas av entreprenörer och leverantörer som möjligt skulle kunna offerera.

Arkitekturen i förslaget från Möller Arkitekter ansågs av beställaren vara i sin helhet mer djärv och nydanande än det mer traditionella funkisinspirerade förslaget från Arkitektbolaget, se Figur 2. Ur försäljningssynpunkt bedömdes dock Arkitektbolagets förslag som mer lättillgänglig för en traditionell köpargrupp. Att redovisa tillämpningen av trä i projektidén valde Möller Arkitekter att skjuta på till ett senare skede medan Arkitektbolaget redovisade väl motiverade lösningar för trä i konstruktion, fasad och interiör.



Figur 2. Illustrationer av de två förslagen. a) Möller Arkitekter, b) Arkitektbolaget.

Möllers utformning av lägenheterna hade stora boendekvaliteter med avseende på bland annat balkonger, förvaring och ljusförhållanden, men utnyttjandegraden var sämre än för Arkitektbolagets förslag. Lägenheterna i Arkitektbolagets förslag däremot tenderade ibland att vara för små. Ett positivt värde var att man hade eftersträvat att ge alla lägenheterna sjöutsikt från kök och vardagsrum. I båda förslagen hade upprepningseffekter utnyttjats bra, men den låga utnyttjandegraden i Möllers förslag bedömdes påverka projektekonomi negativt. Midrocs riktvärde för kvoten mellan boarea och bruttoarea, BOA/BTA, i detta fallet skulle vara större än 0.80. Möller Arkitekters landskapsarkitekt presenterade ett väl genomarbetat förslag med tilltalande lösningar för parkering, anslutning till strandmiljön och stora ljusa innergårdar. Arkitektbolagets förslag med avseende på parkeringar och anslutningen av dessa till den övriga miljön bedömdes inte vara genomarbetad och med de fem ganska höga huskropparna ansågs det finnas risk för mörka innergårdar.

I den slutliga bedömningen av förslagen beslutade man att arbeta vidare med Arkitektbolagets förslag för utveckling av området. Stor vikt vid bedömningen lades vid möjligheten att uppnå en god projektekonomi och hur man tillmötesgått grundidén med Välle Broar dvs. att tidigt i projektet pröva trämateriallets möjligheter.

I det fortsatta arbetet med detaljplanen och utformningen av husen medverkade representanter för byggherren Midroc, Stadsbyggnadskontoret och Arkitektbolaget. Tyréns Byggprojektering AB medverkade också som rådgivande konstruktör med erfarenhet av träbygg. Olika stomalternativ diskuterades parallellt med Tyréns och med leverantörer av olika stomsystem av trä, som Trälyftet och Martinsons. I startskedet hölls två seminarier som fokuserade på brand respektive fukt eftersom det var två frågor som man kände osäkerhet inför.

2.1.2 Detaljplan

Direkt efter att arkitekttävlingen avgjorts vidtog arbetet med att utforma den nya detaljplanen. Stadsbyggnadskontorets målsättning med den nya detaljplanen var att underlaget för byggnadernas utformning och närmiljön skulle vara så väl genomarbetad vid fastställandet att några överträdelser ej skulle medföra ökad exploateringsgrad. Ett tydligt kvalitetskrav från Midrocs sida var att alla

lägenheter skulle ha sjöutsikt. Bland de första och största ändringarna av det ursprungliga förslaget var att antalet byggnader minskades ner från fem till fyra samtidigt som antalet våningar ökades från fem till sju med en överbyggnad i ett plan på delar av husen. Skälet till ändringen var att man ville ha större och ljusare gårdar samtidigt som man ville förbättra sjöutsikten från lägenheterna längst bort från sjön. Ökningen av antalet våningar var en naturlig följd för att bibehålla exploateringsnivån. Sammanlagt 134 lägenheter skulle byggas i två etapper med 67 lägenheter i två huskroppar i vardera etappen. I den första etappen skulle även förrådsbyggnader, kvartersgård och parkeringsdäck ingå.



Illustration. Arkitektbolaget i Växjö

Figur 3. Illustration av fastighetens planering från kommunens detaljplan.

Huskropparnas placerades också vinkelrätt mot och så nära Trummens strand som möjligt utan att bryta mot kommunens krav på allmän gångbana och grönområde längs med strandlinjen. Planeringen av lägenheternas ändrades för att uppfylla Midrocs krav på ökad känsla av sjöutsikt och bättre ljusförhållanden genom att kök och vardagsrum placerades så att genomsikt genom huset skulle vara möjlig. För övrigt eftersträvades också en öppen planlösning men med möjlighet att skilja av vid behov.



(a)



Illustrationer från Arkitektbolaget AB.

(b)

Figur 4. (a) Typisk planlösning för våning 2 till 6. De flesta lägenheter har balkong åt både nordväst och sydöst. (b) Illustration av putsade fasader mot nordväst och -öst.

Internt på Midroc genomförs en kontroll av varje projekt innan man godkänner arkitektens planförslag. I utvärderingen deltar en grupp anställda med olika ålder, kön och intressen som bedömer projektet utifrån en lista med punkter med avseende på arkitektur, kvalitet/hållbarhet över tiden, installationer, kök, tvätt, våtutrymmen, sovrum, miljö och tillgänglighet. Även en bedömning av vilken kundkategori som boendet bäst lämpar sig för genomförs. Arkitekturen bedöms allmänt med avseende på planlösningarnas effektivitet och utnyttjande, anpassning av lägenhetsstorlek och planering till vald kundkategori, utsiktsmöjlighet och insynsskydd, tillgång till förrådsutrymmen och yttre ytor som lekplats. Även de enskilda rummens funktion och planering bedöms. Kvalitet/hållbarhet bedöms i förhållande till vald kundgrupp och prisläge så att rätt nivå på material och utrustning väljs. Här bedöms även ljudmiljön i utrymmen avsedda för vila. Midroc ställde ljudklass B som krav för ljudisolering av bjälklag och väggar mellan lägenheter. Dessutom skulle ett sovrum inom lägenheten utföras som ett tyst rum med förhöjt ljudisoleringskrav mot övriga rum i lägenheten. I bedömningen av miljö ingår förutom miljöriktighet i materialval och byggmetod en bedömning av städbarhet speciellt i kök och badrum men även möjligheten till fönsterputs.

2.1.3 Val av stomsystem

Byggherren Midroc Property Development AB har ända från början varit engagerad och haft en tydlig målsättning att bygga prisvärda bostäder med hög kvalitet. Att välja trä till stommen var kanske inte en självklarhet från början och processen att välja stomsystem och leverantör för stommen blev omständlig.

Utformningen av husens planlösning var redan i det presenterade tävlingsförslaget från Arkitektbolaget sådan att bärningsriktningen för bjälklagen var möjlig både längs med husets längd och vinkelrät mot den. I förslaget presenterades en stomme bestående av bärande pelare och balkar med bjälklag av en samverkanskonstruktion uppbyggd av en massivträskiva pågjuten med betong. I de fortsatta diskussionerna mellan arkitekt och konstruktör gick man ifrån förslaget med en samverkanskonstruktion då ljudkravet för stegljud skulle inneburit en så tjock betongkonstruktion på översidan att den massiva träskivan endast skulle uppfyllt ett estetiskt krav vilket inte skulle vara försvarbart. Ett nytt förslag togs istället fram med grundtanken att minimera risken för fuktpåverkan och behärska fuktproblematiken genom ett snabbt montage och arbete under väderskydd. Förslaget

var också ett pelar/balksystem, men istället med lätta bjälklag av trä som Martinsons kassettbjälklag, SödraSemi bjälklag eller bjälklag med Kerto balkar. De bärande balkarna och pelarna av stål eller trä skulle placeras i väggar tvärs huset och balkarna hängas in mellan dessa. Montaget av pelare, kanske tre våningar höga, och balkar var tänkt att utföras i hela husets höjd i ett fack i taget eller längs med hela husets längd varefter ett tak eller ett väderskydd skulle monteras högst upp. Montaget av bjälklag skulle därmed kunna utföras i en väderskyddad miljö. För stabilisering av systemet skulle ett antal fack i fasaderna och längsgående balkar högst upp längs med huset binda samman stommen. För att förhindra slagregn från sidan skulle taket kompletteras med skydd på sidorna. En fördel med ett pelar/balksystemet är att sättningar i vertikalled minimeras eftersom virket belastas parallellt fiberriktningen. Förslaget mottogs som intressant, men byggherren var fundersam eftersom det inte tidigare använts, vilket betydde att en kostnadskalkyl var svår att göra och därmed också osäker, men också för att man misstänkte att det skulle kunna bli problem att få tag på en byggtreprenör som skulle vara beredd att åta sig projektet. Man uttryckte också tveksamhet till att använda ett lätt bjälklagsalternativ för man ville inte riskera att få problem med ljud och vibrationer.

Diskussionerna om stomme handlade också om i vilken utsträckning och var materialet trä skulle användas för att kommunens önskemål om trä i byggnaderna skulle uppfyllas. En komplett trästomme kanske inte var nödvändig, utan redan etablerade system som filigranbjälklag i betong och platsgjutna väggar skulle kunna kombineras med tillval av trä i stomkompletteringar, som fönster, ytskikt, balkonger och fasader kunde uppfylla kravet. Ett förslag med utförande av fem våningar av betong och resterande två/tre i trä med etablerad teknik diskuterades men förkastades.

För att utreda möjligheten att bygga husen med trästomme tog man kontakt med olika leverantörer av trästommar. Antalet möjliga stomleverantörer med kapacitet att leverera stommen till ett så stort och komplext projekt som Limnologen visade sig vara begränsat. Setra Trälyftet och Martinsons Byggsystem AB var de som kom att presentera sina stomsystem och redogöra för möjligheten att bygga husen på Limnologen. I diskussionerna med leverantörerna framhöll Midroc framför allt vikten av att systemet skulle ge en tillfredställande ljud, men även vibrationsmiljö, men också att priset måste kunna konkurrera med stommar av andra material som betong.

I december 2005 presenterade Setra Trälyftet sitt byggsystem för byggherren. Systemet utgjordes av industriellt tillverkade volymelement i massivträ. Ett tidigt samarbete med arkitekten i planerings-skedet är nödvändig för att anpassa utformningen till modulbyggande och för att kunna kontrollera lönsamheten i projektet. Lönsamhetskalkylen utförs innan detaljplan och bygglov fastställs. Setra har en projektgrupp som deltar i arbetet från idéskede till inflyttning. Markarbeten, grundläggning och färdigställande av installationer och fasader utförs i allmänhet av en lokal entreprenör, medan montage av volymelement utförs av egen personal. Trälyftet har utvecklat en unik lösning för sammanfogningen av volymelementen för att klara ljudklass A och B. Varje volymelementen ställs på speciella rullager av stål som minimerar flanktransmissionen mellan elementen. Systemet bygger på att egentyngden av byggnaden ska vara tillräcklig för att motverka stjälpning av horisontella laster, vilket innebär att byggnadshöjden är begränsad till maximalt fyra våningar förutsatt att byggnaden har tillräcklig bredd. Denna begränsning avbröt en fortsatt diskussion om att tillämpa byggsystemet i Limnologen, eftersom man beslutat sig för att bygga åtta våningar högt.

Midroc medverkade på en presentation av Martinsons byggsystem som kommunen bjöd in till i samband med att man sökte intresserade träbyggaktörer för Växjöhems bostadsprojekt Kv. Vallen. Senare hölls ett möte enskilt mellan Martinsons och Midroc för att diskutera möjligheten att använda Martinsons system i Kv. Limnologen vilket blev starten till det senare samarbetet med Martinsons.

Att man slutligen valde att gå vidare med en stomme från Martinsons Byggsystem AB berodde på att de kunde erbjuda leverans av en komplett stomme fram till tätt hus med ansvar även för montaget under väderskydd till ett pris som enligt beställarens egna kalkyler var acceptabel jämfört med att uppföra byggnaderna i traditionell byggnadsteknik. VD Magnus Skiöld på Midroc Property

Development AB som var engagerad från början deltog aktivt i processen att välja stomsystem och utveckla projektet. Det kan vara en bidragande orsak till att det slutligen blev så mycket trä i stommen. En viktig komponent i processen har varit dialogen mellan Martinsons och beställaren.

Eftersom beställaren stod inför en okänd situation, att bygga högt i trä, behövde Martinsons övertyga honom om att man kan leverera en fungerande slutprodukt till rätt pris. Ett resultat av det är de omfattande gränsdragningslistorna i projektet. Men det känns ändå som att det inte hade blivit ett hus i trä om inte kommunen ställt kravet att fastigheten ska bebyggas med en byggnad i trä så området kunde inlemmas i Välle broar. Det är fortfarande en bit kvar till att stomsystem i trä i höga hus ska vara ett naturligt val för entreprenörer och beställare.

2.1.4 Martinsons Byggsystem

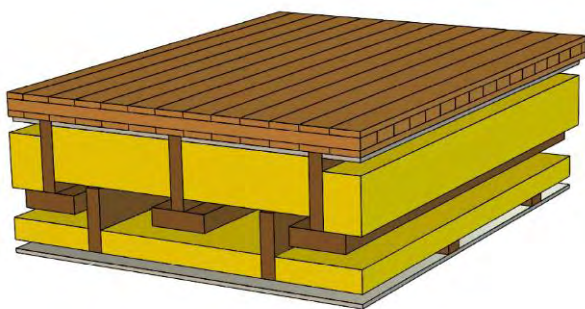
Martinsons byggsystem för att bygga höga hus i trä har utvecklats kontinuerligt med genomförda byggnadsprojekt. Förbättringar och ändringar sker inom alla områden som projektering, tillverkning och montering av element. Förbättringar sker också för att öka säkerheten på byggarbetsplatsen genom fuktsäkring av byggnaden med väderskydd och personsäkerheten för montagearbetarna genom att förse dem med personlig fallutrustning. Projekt Limnologen är det högsta bostadshuset företaget hittills byggt. Det mest uppmärksammade projektet dessförinnan med samma stomsystem är Inre hamnen i Sundsvall, som färdigställdes 2005.

Martinson Byggsystem AB ingår i koncernen Martinson Group. Verksamheten startade 1929 i Bygdsiljum i Västerbotten med att Karl Martinson köpte ett ambulerande sågverk. Verksamheten har med åren utvecklats till en koncern i vilken ingår 7 företag, Martinsons Träbroar AB, Martinsons Såg AB, Martinsons Tre A/S i Norge, Martinsons Trä AB och Martinsons Byggsystem AB samt de tre produktionsenheterna i Bygdsiljum, Hällnäs och Kroksjön. Koncernen, som har drygt 400 anställda och omsätter 960 miljoner kronor per år, har sitt säte i Bygdsiljum. Martinsons Byggsystem AB är det bolag som utvecklar, marknadsför och uppför byggnader med stomsystem av trä, med komponenter tillverkade av massivträskivor i den bärande stommen. Massivträ komponenterna tillverkas av Martinsons Såg och vidareförädlas sedan till plan- och volymelement med hög prefabriceringsgrad av Martinsons Byggsystem AB. I Limnologen används bara planelement och tillverkningen av de olika typerna genomförs både inom bolaget och köps dessutom in av olika småhustillverkare med erfarenhet av att tillverka element.

Martinsons åtagande på Limnologen sträcker sig till att leverera ett tätt hus som monterats under väderskydd. Tätt hus innebär tak med underlagspapp, ytterväggselement med fönster och dörrar, balkonger, innerväggar utan gipsskivor monterade, bjälklag utan gips monterat i undertak och inte heller golvbeläggning. Gips till väggar och tak för komplettering på plats ingår i leveransen från Martinsons. Övriga ytskikt och inredning ingår inte.

Bjälklag

De prefabricerade bjälklagselementen är i allmänhet 2400 mm breda och byggs upp av massivträskivor och limträbalkar i den bärande delen av bjälklaget. Överst en 73 mm massivträskiva och på undersidan balkar med liv av 42x220 mm L40 limträ och flänsar av 56x180 mm limträ, se Figur 5. Utrymmet mellan balkarna fylls med mineralull.



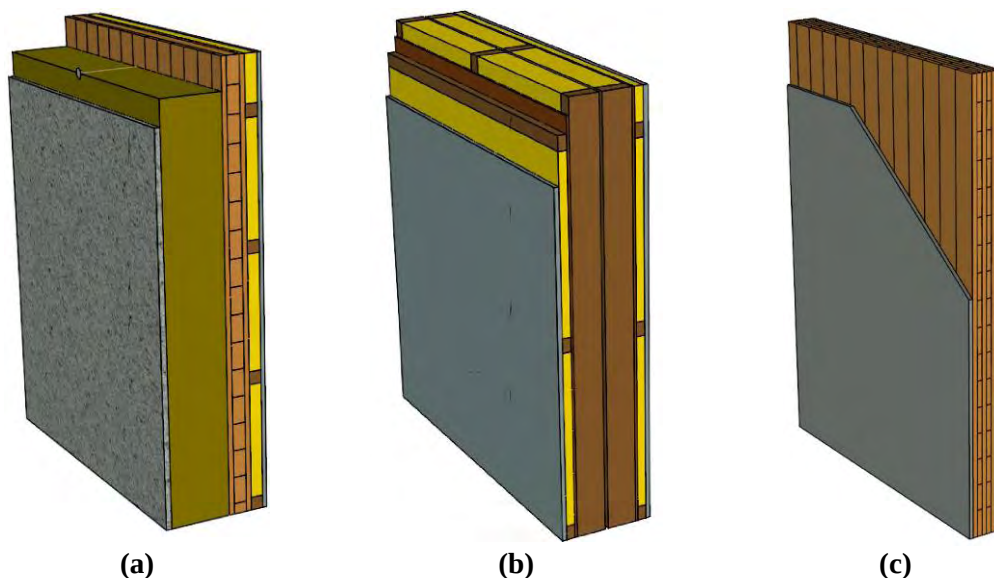
Undersidan av bjälklagselementen består av ett undertak i vilket horisontella dragningar för ventilation, vatten och avlopp samt sprinkler monteras redan i fabrik. Vid transport av elementen är undertaket skruvat till den övre delen av elementet. I samband med att elementet monteras på plats på bygget demonteras skruvarna och undertaket sänks ner till sitt läge i rummet.

Figur 5. Uppbyggnad av bjälklagselement.

Monterat på plats är undertaket fribärande mellan väggarna i rummet. Hälften av glespanelen är monterad på fabrik och resten på arbetsplatsen. Elinstallationer monteras på byggarbetsplatsen.

Väggar

Väggelementen från Martinsons kan delas upp i tre typer, ytterväggar, innerväggar med massivträstomme och lägenhetsskiljande innerväggar med regelstomme enligt Figur 6.

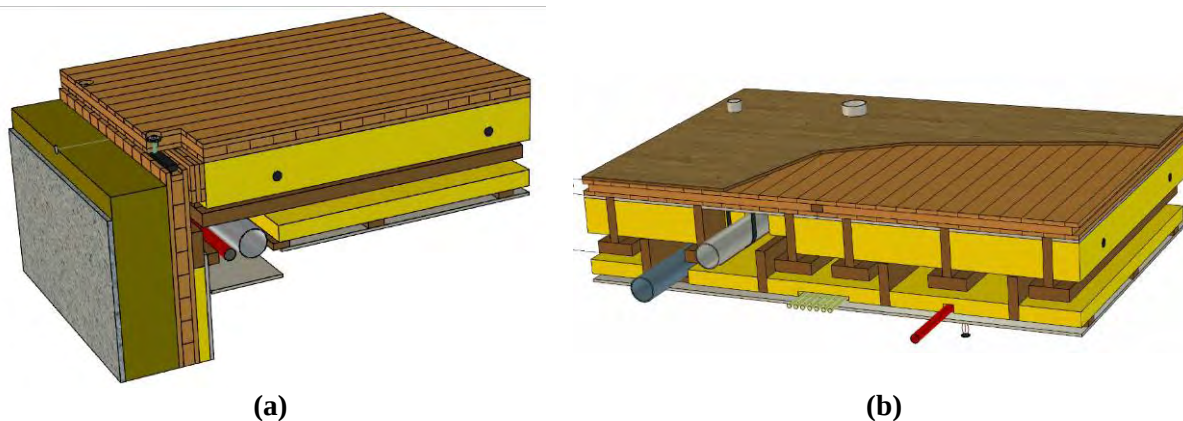


Figur 6. Typer av väggelement (a) ytterväggar, (b) lägenhetsskiljande innervägg, (c) innervägg av massivträelement.

På Limnologen finns två typer av ytterväggselement, en med fasadputs och en med limträpanel. Väggen består av 85 mm massivträskiva med ett 45 mm skikt med isolering och regler på insidan med en 15 mm Protect F som monteras på arbetsplatsen. Eftersom massivträskivan är tillräckligt tät avseende fuktkonvektion och tillräckligt trög och fuktbuffrande avseende fuktdiffusion finns ingen plastfolie på insidan av konstruktionen. Ytterväggselementen levereras med fönster- och dörrpartier monterade. Den lägenhetsskiljande innerväggen med regelstomme är en dubbelvägg med en 20 mm luftspalt i mitten med två likadana vägghalvor på vardera sidan, innerst 120 mm regelstomme med isolering, därefter 8 mm board och 28 mm läkt med 30 mm isolering och sist 2 st 15 mm Protect F. Den yttre isoleringen på 30 mm och Protect F:n monteras på arbetsplatsen. Innerväggarna av massivträ kompletteras med gipsskivor eller Protect F på arbetsplatsen.

Installationer

Ventilationskanaler, sprinkler och el placeras i bjälklagselementens undertaksdel, medan rör för vatten och avlopp placeras i den övre delen av bjälklaget, se Figur 7. Mycket av installationerna längs med elementet är monterade i fabrik medan mycket av de tvärgående kompletteras på arbetsplatsen. Undertaket har oisolerade zoner vid upplagsändarna av elementet för montage av de tvärgående installationerna enligt Figur 7(a). Isoleringen i undertaket färdigställs sedan i samband med kompletteringen av glespanelen.



Figur 7. Installationer (a) tvärs elementet, (b) längs med elementets bärningsriktning.

Balkonger

Den bärande primärstommen för balkongerna består av balkar och pelare i limträ. Balkongplattan är en massivträskiva med en mineritskiva ovanpå som beläggs med Axonite, en golvbeläggningssmassa som är baserad på en polymerisk emulsion (Axonite) med mineraliska fyllnadsmedel. Ett tekniskt byte för boendesprinkler med avseende på brand har utnyttjats för att få ha träytan exponerad på undersidan av balkongerna. Räckesståndare och räcken är av tryckimpregnerat virke och balkongfronterna svarta metall/glaspartier med svartlaserade träinklådnader, enligt Figur 8. De längsgående balkongerna/loftgångarna på den södra långsidan monteras i samband med att huset monteras. De läggs upp på limträbalkar på fasadelementen och vid framkanten av balkongen. Eftersom man på den norra sidan har en putsad fasad, som man ville ha obruten av genomförningar, monterades balkongerna där efter att fasaden putsats. Balkongerna här läggs upp på en ram av limträbalkar som hängs via diagonalstag in i de vertikala pelarna utanpå fasaden, enligt Figur 8.



Figur 8. Balkonger (a) principutförande för balkonger på norra sidan, (b) färdig balkong.

Hiss

Hisschakten på Limnologen är byggda av en 95 mm femskikts massivträskiva enligt principskiss i Figur 9(a). Insidan av schakten bekläs med en 13 mm gipsskiva och väggar mot lägenhet kompletteras med en halv lägenhetsskiljande vägg på lägenhetssidan. Massivträelementen monteras våningsvis och sammankopplas med spikningsplåtar, se Figur 9(b), och plywoodremsor i skarvarna och antalet spik per skarv blir avsevärd då det endast i spikningsplåtarna spikas åttahundra ankarspik.



(a)



(b)

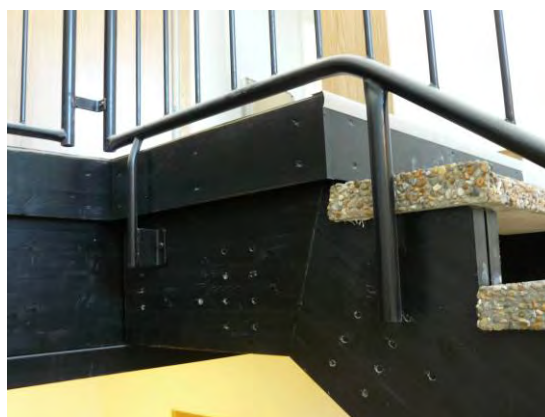
Figur 9. Hisschakt.

Trappor

Vilplan och vagnstycken till trapporna är tillverkade i massivträ respektive limträ, medan planstegen tillverkas i betong. Takets undersida i entréerna och undersidan av vilplanen i trapplöpen bekläs med ljudabsorbenter som samtidigt fungerar som brandskydd. På vilplanets översida läggs en plastmatta. Exponerade trätor brandskyddsmålas inte utan laseras svarta med vanlig färg. Räckena i trappschaktet tillverkas i metall och handledare i trä.



(a)



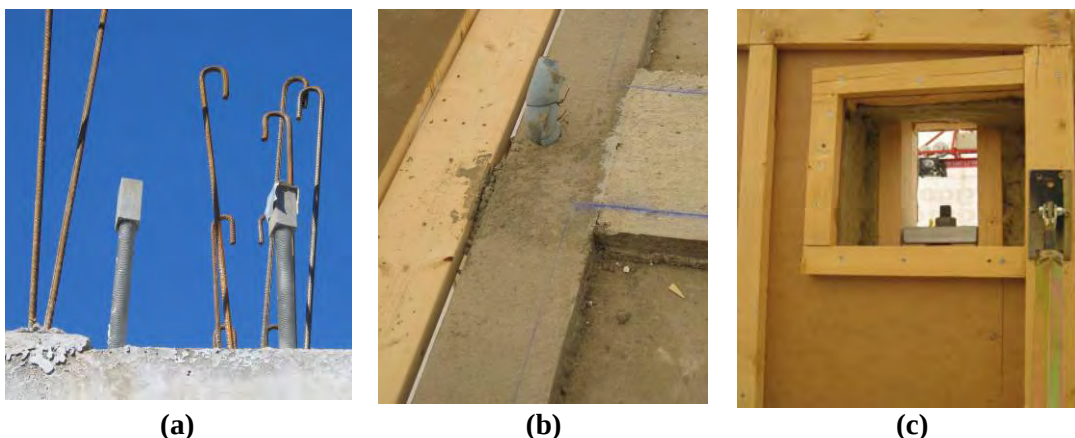
(b)

Figur 10. Trappa under byggskedet (a) och färdig trappa (b).

Stabilisering

De horisontella krafterna, som orsakas av vind och snedställningar, ger upphov till stora vertikala tryck och dragkrafter i de stabiliserande väggarna i huset. De stora lyftkrafterna förankras ned i betongkonstruktionen på första våningen, som fungerar som motvikt. Stabilisering av trästommen utförs med stabiliserande väggar i båda riktningarna av byggnaden. De stabiliserande väggarna kopplas samman per våningsplan med vertikala genomgående gängstänger som förankras i den första våningen av betong, se Figur 11(a) och (b). Stängerna skarvas per våningsplan och avslutas

på översta våningen, se Figur 11(c). Bjälklagen verkar som styva skivor och kopplas samman med väggelementen med långa vinkelbeslag.



Figur 11. Dragstag ingjuten i bottenvåningens väggar (a) och i bjälklaget (b), samt i vägg på översta våningen med låsmutter och bricka monterad (c).

Kravet på god ljudmiljö försvårar stabiliseringen eftersom bjälklagen inte kan göras kontinuerliga eller fästas till varandra genom de lägenhetsskiljande väggarna. Detsamma gäller den vertikala skarven mellan väggelementen som skiljer lägenheterna. Det innebär att lägenheter av samma typ ovanpå varandra bildar från varandra separerade slanka sektioner (totalt fem stycken). Sektionerna kopplas samman, längs med huset med specialkonstruerade plåtar med mellanlägg av Sylomer® för att förhindra ljudöverföring. Vid vindlast mot långsidorna klarar man stabiliseringen inom varje enskild sektion eftersom de är förhållandevis breda tvärs huset. Vid vind mot gavlarna fördelas där emot de horisontella tryckkrafterna vidare till nästa sektion längs med husets längd. För att det ska vara möjligt att överföra tryckkrafterna över skarvarna mellan lägenheter utan att försämra de ljudisolerande egenskaperna utnyttjas samma slags elastiska list av Sylomer® för trycköverföring som används som mellanlägg på upplagen för bjälklagselementen. På läsidan av byggnaden uppstår också horisontella krafter på grund av det undertryck som bildas. Dessa sugkrafter är dock betydligt mindre än tryckkrafterna på den anblåsta sidan och stabiliseringen kan klaras utan samverkan med angränsande sektioner.

Varje hus har sammanlagt 48 st stabiliserande dragstag. Under montageskedet förspänns de för hand efter montage av våning fem. På den sista våningen, i plan sju och åtta, förspänns stagen med en hydraulisk cylinder eller med momentnyckel till en förspänningsnivå som motsvarar hälften av det teoretiskt beräknade dragkraften som uppkommer av horisontallaster. Meningen är att en inspektion av dem ska göras efter en tid för att kontrollera att de fortfarande är verksamma och tar last, det vill säga kontrollera att det inte på grund av tidsberoende deformationer i träet och relaxation i stålet förlorat all förspänningskraft.

2.2. Rydebäck

Projekt Rydebäck hade genomgått planerings- och projekteringsskedet när föreliggande FoU-projekt startade. Några aktiviteter i de tidiga skedena har därför inte genomförts. Under 2005 var Rydebäck i upphandlingsskede och det var periodvis osäkert om det skulle fullföljas.

I affärsplanen för Derome Förvaltning AB ingick exploatering av Rydebäck Sandholmen som ett projekt i egen regi och för egen förvaltning.

Valet av trästomme fanns inte klart uttalat i projektstarten. Husets utformning och planlösningar styrdes till stor del av villkoren och kraven i detaljplanen. Projektets planlösningar och utformning var mer inriktat mot en viss form av boende och projektets affärsmässighet än val av stommaterial.

Projektet Rydebäck har i mångt och mycket influerats av det bostadsbyggnadsprojekt i Mölnlycke som Derome Förvaltning genomförde 2003-2005. Under hand som detta projekt drevs inriktade sig exploatörerna mot ett träbygge i Rydebäck. Utformningen var då redan fastslagen och möjligheten att göra direkta ”träanpassningar” var obefintliga utan tidsförluster och försämrad ekonomi.

2.2.1 Slutsatser

Under anbudsskedet fanns få entreprenörer som ville anta utmaningen att bygga en flervåningsstomme i trä. Förhandlingar med presumtiva entreprenörer gav att trä inte framstod som ett bättre ekonomiskt alternativ gentemot en betongstomme. Byggstarten fördröjdes uppemot ett år och valet av trästomme var under en period under omprövning.

De val som gjorts vid projekteringen av Rydebäck styr också hur huset skall produceras. Byggsystemet är en tillämpning av en traditionell regelstomme. Entreprenören ges med det systemet relativt stora möjligheter att blanda platsbyggnation med olika former och grader av prefabricering. Därmed öppnas också möjligheten för fler aktörer att delta. Vilket torde gynna konkurrensen och därmed prisnivån. Specialiseringen blir dock låg till skillnad från ett byggsystem med massivträlösningar.

Antalet mellanstora byggentreprenörer med träinriktning är få. Trähusbyggande sker mest i småhussammanhang. Entreprenörer inom det branschsegmentet är små och har inte den strukturen eller den organisationen som krävs för flerfamiljsbostäder i flera våningar.

I efterhand har man kunnat konstatera att valet av utformning på huskroppen är viktig ur väderskyddssynpunkt. En huskropp med rektangulär plan hade varit betydligt enklare att väderskydda. Redan i planeringsskedet är det nödvändigt att förutse hur väderskyddet skall gå till för att optimera verkan och kostnad.

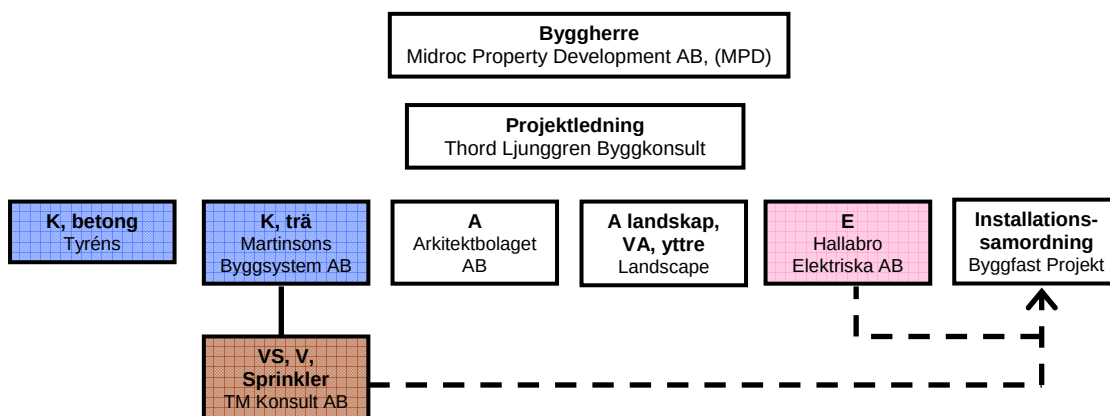
3. Projekteringsskedet

3.1. Limnologen

3.1.1 Projekteringsgruppen och projekteringsmöten

Beställaren Midroc Property Development AB anlätade projektledaren Thord Ljunggren, Thord Ljunggren Byggkonsult AB, redan i ett tidigt skede av projektet och han har sedan dess ansvarat för upphandling och ledning av projektet i både projekterings- och byggskedet.

Projekteringsgruppen bestod utöver projektledaren av arkitekt, de olika konsulterna för mark, landskap, el, konstruktion av betong och leverantören för trästommen enligt Figur 12 nedan. En konsult för samordning av installationer fanns också med i gruppen. Projektledaren handlade upp dessa för beställaren. Eftersom kanaler och rör för ventilation, vatten och avlopp samt sprinkler skulle levereras inbyggda i stommelementen upphandlades konsulten för projekteringen av de funktionerna direkt av stomleverantören Martinsons Byggsystem. Projektering av den bärande stommen av trä ansvarade stomleverantören själv för, medan projektering av grundläggning och betongstommen utfördes av Tyréns AB. Även projektering av de fristående förrådsutrymmena och gemensamhetslokalen med tillhörande trädäck och brygga utfördes av Tyréns AB.



Figur 12. Projekterande konsulter i projekteringsskedet.

Sammanlagt sju protokollförda projekteringsmöten hölls till slutet av september 2006 då låsta bygghandlingar skulle finnas. I oktober 2006 togs det första spadtaget på byggarbetsplatsen och markarbetena kom igång och projekteringsmötena övergick till byggmöten på vilka även markentreprenören och entreprenören för rör i mark började medverka. Utöver dessa projekteringsmöten hölls enskilda möten mellan de olika parterna för att diskutera och lösa detaljfrågor.

Under projekteringsskedet upprättades en detaljrik gränsdragningslista över vilka åtaganden som gäller för beställaren, konsulter och entreprenörer. I listan räknas olika aktiviteter upp, som till exempel projektering, ursparningar och igensättningar, men även saker som inredning, armarurer, luftdon och liknande tas upp. Listan kategoriserar vilket ansvar beställaren respektive de olika entreprenörerna har för anslutning, leverans, montage, funktion och inkoppling av el för respektive punkt i listan. En särskild gränsdragningslista upprättades för Martinsons stomleverans. I den listas vad som gäller för projektering, byggarbetsplatsen under stommontage och de stomkomponenter som ska levereras. För stomkomponenterna delas ansvaret in i projektering, leverans och montering.

3.1.2 Projektering

Arkitektur

Arkitekterna och ingenjörerna på Arkitektbolaget AB har tidigare erfarenhet av att projektera bostadshus i trä. Arbetet med det här projektet blev mer omfattande än med de hus man tidigare ritat. Detaljlösningar och anslutningsdetaljer som till exempel takfötter, terrasser, balkonger krävde mer arbete. Att vara med redan i ett tidigt skede och lösa frågorna i ett nära samarbete med stomleverantören var en fördel eftersom man på så sätt antagligen slapp omarbetningar och anpassningar i efterhand till skillnad från om stommen upphandlats på förfrågningsunderlag.

Frågor med anknytning till trä som diskuterades under projekteringsskedet var bland annat:

- Utformning av takfotsdetalj med avseende på fuktpåverkan av ändträ. Detaljen löstes med konstruktivt träskydd genom att takfoten snedkapas i underkant och i yttre änden ges en sådan höjd att ändträvirket skyddas från nederbörd av hänggränsen och droppbleck.
- Infästning av balkongpelare av limträ i markplan. Pelarna förses nedtill med en centriskt inlimmad skruv som fästes med mutter och bricka till ingjutningsgodset i plintarna i markplanet. Den öppna stålprofilen med hål, som pelaren ställs på, har en något mindre tvärsnittsytta än pelaren och är upphöjd ovanför plintskافتet för att minimera risken för att vatten kapillärt ska sugas upp i pelaren. Jämfört med en genomgående horisontell bult i pelaren minskar den centriskruven risken för att vatten ska komma in i pelaren via beslaget.
- Väggar i schakt projekterades först med träreglar men byttes till stålreglar på grund av brandkrav.
- Höjder och utformning av terrassbjälklag på plan 8. Utformning av avvattningsdetaljer och räcken.
- Färgval för fasadpanel och balkonger. Panelen på fasaden mot söder är målad en gång i fabrik och kompletteras med en strykning på plats efter färdigställande. Redan i planeringsskedet så fanns tankar på det framtida underhållet eftersom fasaden i stort sett är tillgänglig från balkongerna som går längs med långsidan som är försedd med träpanel. Dessutom skyddas fasaden för nederbörd av balkongerna.
- Avslutning av träpanel mot mark ligger klart över mark/sockelhöjd.
- Efterspänning av dragstag för stabilisering av huset. För att säkerställa att dragstagen för stabilisering även efter längre tid fortfarande tar last behövdes öppningar i väggarna på övervåningen för att efterspänning av dragstagen skulle vara möjlig.

Arkitekten i projektet var CAD-samordnare och för att smidigt hantera handlingar i projektet ordnades en digital projektplats hos den kopieringsfirma som senare kom att sköta kopiering och distribution av de färdiga handlingarna. På projektservern, tillgänglig för de medverkande i projektet via inloggning med lösenord, finns det aktuella projekteringsunderlaget för respektive fack tillgängligt för övriga i gruppen. Ritningar läggs upp både för ritningsproduktion som modellfiler och som plottritningar för utskrift i dwg-format och för allmän information och plottning i pdf-format. Även beskrivningar, PM och adress- och distributionslistor finns tillgängliga här. Det var vissa svårigheter att få projektplatsen att börja fungera som en naturlig del för hantering och uppdatering av handlingar. Svårigheterna kan hänga ihop med ovana att använda projektserver. Det kanske också finns ett motstånd att lägga upp handlingar som fortfarande är under arbete, inte helt färdiga, på en ”offentlig” server då man kanske är orolig för missförstånd om handlingarnas aktuella status och i vilka delar som handlingen gäller. Att skicka ej färdigställda underlag till endast berörda direkt på annat sätt kan kännas säkrare för då kan man vid samma tillfälle enkelt klargöra fakta av intresse för mottagaren. Tidsbrist kan också vara en orsak till svårigheterna med projektplatsens då arbetet med att lägga över aktuella handlingar, radera inaktuella och att skicka meddelande om att man lagt upp nya handlingar till övriga medverkande är ett arbetsmoment i sig.

Landskapsarkitektur – yttre miljö

Projektören hade gärna använt mer trä i gestaltningen av utomhusmiljön, som till exempel att använda trä på gångar och på uteplatser. Projektet har annars inte skiljt sig från andra byggprojekt.

Grundläggning och betongkonstruktioner

Tyréns AB i Växjö har stor erfarenhet av att projektera stommar i trä och hade också i planerings-skedet och tidigt i projekteringskedet uppdrag att föreslå och utvärdera olika stomförslag åt beställaren. Förutom projektering av grundläggning för alla byggnader och den första våningen i betong hade man i uppdrag att projektera grundläggningen för väderskyddet och parkeringsdäcket.

Projekteringen av grundläggningen och den första våningen i betong skiljer sig inte från andra projekt på annat sätt än att man här var tvungen att ta hänsyn till förankringen av ståltagen som stabiliserar huset. Arbetet resulterade i en omgång planritningar i större skala för att beskriva läget på ingjutningsgodset och den kompletterande armering som krävs i betongen. Att väggjocklekarna för trästommen och betongstommen skiljer sig åt hade på några ställen konsekvensen att tagen från trästommen inte alltid hamnade mitt i väggarna av betong. På dessa ställen fick övergången lösas med speciellt utformade ingjutningsgoods. Det har enligt handläggaren på Tyréns i det här projektet varit som i andra projekt att information och samordning är något som inte kommer spontant utan ansträngningar, utan det sker mer på begäran och ofta under tidspress.

Träkonstruktion

Projekteringen av stommen utfördes av Martinsons egna konstruktörer. De handlingar som producerades av Martinsons bestod av k-ritningar med planritningar, sektioner och detaljer med information om stomkonstruktionen till övriga konsulter och till byggentreprenören. Dessutom producerades handlingar för tillverkning av limträkomponenter som pelare, massiva väggelement, trappor, vilplan, balkongskivor och takbalkar för eget bruk, liksom handlingar för transport och paketering av byggelementen. Man tog även fram handlingar för tillverkning av smide för grund, balkonger, terrasser, dragstag med mera och anvisningar och ritningar för förspänning av dragstag till tillverkare och montörer. För tillverkare av element producerades tillverkningsritningarna för ytterväggar, innerväggar och bjälklag.

På projekteringsmöten diskuterades främst detaljlösningar och vad som ingick i Martinsons leverans av stommen, det vill säga vilket skede/hur ser det ut där nästa konsult eller entreprenör tar över projekteringen eller färdigställer på plats. Exempel på punkter som diskuterades speciellt:

- Val av material till balkongstomme och balkongräcken med alternativ av trä, stål, plåt och betong. Att annat material än trä inte blev aktuellt kan möjligtvis bero på att Martinsons gärna levererade även balkongstommar och räcken. Att inte behöva anlita ytterligare en leverantör och projektör kan för beställaren varit ett billigare och mindre arbetsamt alternativ.
- För att säkra mot läckage i badrum bestämdes redan från början att en plastmatta skulle läggas under klinkergolvet. Ovanpå golvvärmeplåtar och slingor läggs en armeringsmatta på vilken fall mot golvbrunn ordnas med flytspackel. Fall med 1:100 i badrummet och fall 1:50 i duschutrymmet. Därefter läggs plastmattan som fuktsäkring och ovanpå den golvbeläggningen av klinker. Det har visat sig svårt att uppfylla kraven på fall utan att det bygger för mycket på höjden inom gränserna för nivåskillnader för tillgänglighetskravet.
- Golvbrunnarnas placering i höjddled diskuterades eftersom Martinsons av transportskäl ville ha så slät översida på elementen som möjligt medan entreprenörerna på plats ville att golvbrunnen skulle ligga i rätt nivå ovanför bjälklagsytan för avslutat montage och golvläggning.
- Typen av skivor på insidan av väggarna, normalgips eller Protect F, och antalet skivor. Snickarna som skulle montera skivorna ville helst inte ha Protect F eftersom de är tyngre och svårare att bearbeta, men för brandskyddet krävdes det. Diskussionen omfattade också synpunkter om det inte skulle vara möjligt tack vare boendesprinkler att ha bara gips.

- För att tillmötesgå ambitionerna om en trästad tog beställaren till övervägande att bygga parkeringsdäcket i trä. Efter ett för beställaren positivt besked från Martinsons om kostnaden bestämdes att däckets skulle byggas i trä.
- I Martinsons leverans ingick trapporna och vilplan i trä till de två trapphusen. En diskussion om gränsdragning/utformning blev aktuell då en av trapporna i plan 1, som för övrigt är i betong, visade sig vara svårare att projektera och tillverka i trä. Trappan här svänger hela 180 grader och på grund av den högre våningshöjden på bottenvåningen måste nästan hela trapploppet i plan utnyttjas för steg. Det betyder att stegen blir svängda i delar av trappan, vilket i sin tur innebär att utformningen av både steg och bärande balkar blir mer komplicerad.
- Utformning av detaljer i anslutningar mot schakt och genomföringar med avseende på brand. Frågan var återkommande vid mötena men det var svårt att komma till en lösning.
- Utformning av detalj mellan fönsterdörrar och balkong för att komma i rätt nivå och slippa höjdskillnader men samtidigt inte riskera att fukt kommer in i konstruktionen via tröskelanslutningen. Växjö kommun har höga krav på tillgänglighet vilket innebär att nivåskillnader i golvet inte får överskrida 20 mm.
- Utformning av anslutning mellan balkongplatta och fasad med avseende på risk för vatten- rinningar och putsbarhet på norrsidan och med avseende på fukt och brand på södra sidan. Lösning av detalj mellan anslutning balkong och balkongpelare med avseende på fukt.
- Placering av dörrar och fönster i stabiliserande inner- och ytterväggar begränsades för arkitekten. Storlek och placering av fönster i ytterväggarna var det som var svårast att kompromissa om. Arkitektens oregelbundna placering och mängden av olika fönsterstorlekar på den västra gavelfasaden krävde en specialutredning. Det slutliga resultatet är en kompromiss som fortfarande känns dynamisk.
- Att komma fram till en fungerande lösning för lagringen av gipsskivorna för komplettering av vägg- och bjälklagselementen krävde extra arbete. Av arbetsmiljöskäl krävs att paketen med gipsskivor ska ställas på gipsbockar och att högarna inte ska vara för höga. Eftersom det rörde sig om stora mängder gipsskivor som skulle levereras och ställas in tog man fram en ritning för var paketen skulle ställas på varje våningsplan. Placeringen och antalet paket styrdes av bjälklagets bärförmåga, behovet av olika sorters gips i rummen och vilken ordning arbetena i rummet skulle utföras. Kostnaden för gipsbockarna kom Martinsons att stå för, vilket inte från början var självklart.



(a)



(b)

Figur 13. (a) Paket med gipsskivor och isolering. (b) Montage av taggips från gipsbockar.

VVS

Eftersom installationerna i bjälklagen byggs in i de prefabricerade bjälklagselementen projekteras ventilation, vatten och sanitet, men även boendesprinkler, av en konsult anlitad av Martinsons. Projekteringen krävde mer arbete än vanligt eftersom värmeförbrukningen skulle mätas separat i varje lägenhet. Projektet ingår i EU-projektet, Concerto-Sesac, vars syfte är att spara energi och det innebär att vatten och värmeförbrukning mäts i varje lägenhet och att varje lägenhet förses med ett eget från- och tilluftaggregat med värmeväxlare. För att medverka i EU-projektet måste man med en energibalansberäkning visa att energiförbrukningen i husen uppfyller det ställda kravet på max 95 kWh/m² och år. Den beräknade energiförbrukningen för husen blev 94 kWh/m² och år.

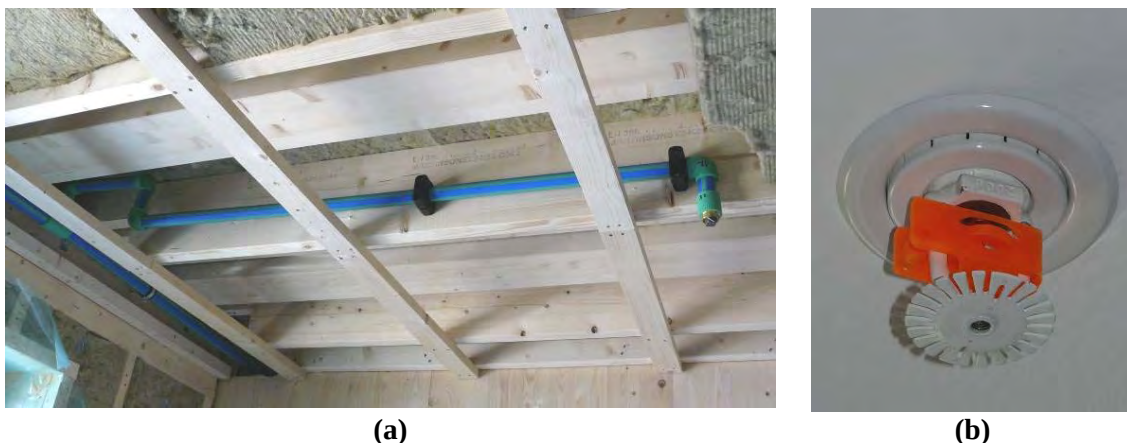
VVS-konsulten påpekar att det är mycket viktigt att man tidigt i planeringsskedet av prefabricerade element där installationer byggs in, tänker igenom hur installationerna ska lösas med avseende på till exempel prefabriceringsgrad, sammankopplingar, brandskydd. Viktigt är också att försöka få en helhetssyn och samordning i alla led, från projektering, över tillverkning av element, till montage och färdigställande för att minimera risken för oförutsedda problem som inte visar sig förrän i ett sent skede då det är för sent att ändra på redan tillverkade element. I större projekt kan även ett litet problem lätt innebära att arbetet med att rätta till problemet blir omfattande på arbetsplatsen.

Sprinkler

I VVS-konsultens åtagande utöver det som är traditionellt tillkom här projektering av anläggningen för boendesprinkler. Projektering av sprinkleranläggningar ska göras av Svenska Brandskydds-föreningen certifierade anläggningsfirmor. Boendesprinkler kan projekteras av VS-konsulter som inte är certifierade, men de måste då anlita en certifierad anläggningsfirma för att granska sina handlingar. Det mest kostnadseffektiva, om man inte har tidigare erfarenhet av projektering, borde vara att anlita en specialist eftersom det krävs specialkunskap om de krav som ställs av SBF.

Boendesprinkler diskuterades redan i planeringsskedet i samband med att träalternativet för stomme och fasad diskuterades. Beslutet om boendesprinkler var naturligt då man beslutat om ett träalternativ, man såg fördelar med möjligheten till tekniska byten med avseende på brand och en ökad säkerhet för de boende. Frågor som diskuterades senare under projekteringsskedet var bland annat om det kommunala huvudvattenledningen hade tillräckligt flöde för att klara av att mata sprinkleranläggningen, risken för bakterier i vattenledningarna, rörkvalitet och kostnad. Kravet för sprinkleranläggningen är ett minsta vattenflöde på 49 l/min per sprinklerhuvud med max fyra sprinklerhuvuden utlösta samtidigt, vilket totalt blir 196 l/min. Vattnet i sprinklerledningarna cirkulerar inte, vilket innebär att det kan finnas risk för tillväxt av bakterier. För att förhindra att vattnet från sprinkleranläggningen kommer tillbaka ut på vattennätet förses anläggningen med ett återsugningsskydd. Uppfattningen om kostnaden för sprinkler varierade mycket men ansågs ligga mellan 150-200 kr/m.

Rören för sprinklersystemet i Martinsons system placeras i bjälklagselementens undertak och i åtagandet ingick leverans av rör fram till schakt. Montering av sprinklerhuvuden och sammankoppling av rör mellan element och stigarledningar utfördes på plats av sprinklerentreprenören.



Figur 14. (a) Sprinkler i undertak och (b) sprinklerhuvud i färdigt tak.

Senare uppkom frågor som berörde placering av stigarledningarna, ifall trapphusen skulle sprinklas och prefabriceringsgrad av och gränsdragning för sprinkleranläggningen. Stigarledningarna byggdes inte in i schakt efter diskussioner om utrymmesbehov och brandavskiljning, utan placerades i de stora garderoberna i sovrummen.

Golvvärme

Uppvärmningen av husen sker med vattenburen golvvärme. Golvvärmeslingorna med plåtar för värmespridning monteras i spår i översidan av massivträskivan enligt Figur 15. Projekteringen av golvvärmerna blev arbetskrävande och även senare praktiskt svår att genomföra. Merarbetet under projekteringsskedet orsakades av att varje lägenhet ska ha separat mätning av energiförbrukning, vilket innebär att varje lägenhet förses med en egen golvvärmefördelare.

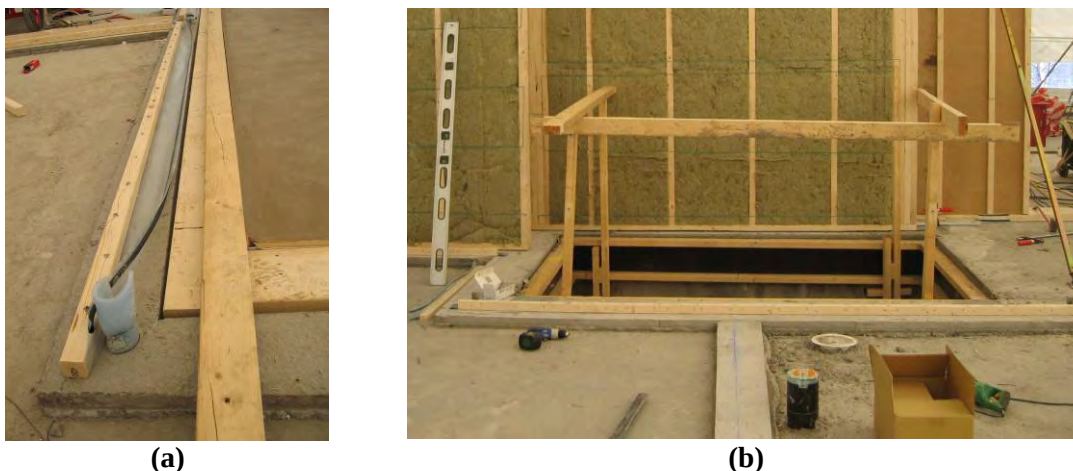


Figur 15. (a) Princip för vattenburen golvvärme. (b) Lagda golvvärmeplåtar och slingor.

På grund av den individuella mätningen av värme väcktes frågan om det var rätt att placera golvvärmerna i bjälklaget i plan 2 ingjuten i bjälklaget. Frågan var om inte golvvärmerna i bjälklaget i plan 2 bidrar till uppvärmning av lägenheten under, i plan 1. Man bestämde att bjälklaget i plan 2 skulle isoleras nedåt med 50 mm cellplast ovanpå betongen. Golvvärmeledningarna skulle ligga i cellplasten istället för att ingjuta i bjälklaget.

För att komma i nivå med överkanten av cellplastisoleringen med väggelementens underkant utan att minska takhöjden i plan 2 behövde en klack under väggarna byggas upp. Att komma till ett beslut om vilken metod och vilket material som skulle användas krävde avvägning av många olika

aspekter mot varandra som deformationer, utförande på arbetsplatsen och kostnad. Att använda en längsgående syll av trä med lokala förstärkningar av hårdare material av stål eller plast vid mer belastade punkter var ett alternativ. Förslaget ifrågasattes av byggentreprenören, förutom för risken för ökade deformationer på grund av belastning av virke vinkelrät mot fibrerna, var man rädd för att det gjutna bjälklaget inte på långa sträckor kunde uppfylla det snäva toleranskravet på 5 mm nivåskillnad, som Martinsons ställer på underlaget under väggelement. Motförslaget var att i efterhand gjuta en betongklack ovanpå det färdiga valvet och montera väggelementen på denna, se Figur 16.



Figur 16. (a) Gjuten betongklack på betongbjälklag, vid yttervägg mot balkongplatta, med styrlist och syllisolering monterad. Längst ner i bild syns även ett ingjutet dragstag. (b) Betongklackar under innerväggar.

I hus 2 göts betongklackar under alla väggar, medan i hus 1 monterades syll av trä under innerväggar och betongklack göts under ytterväggarna. Det förändrade utförandet berodde på att betongklackens bredd begränsades av antalet skivor på insidan av väggen. Skarven mellan betong och isolering på golvet måste hamna innanför väggliv för att inte orsaka problem för golvmaterialet i skarven mellan betong och cellplast.

El

Att projektera el för Martinsons byggsystemet har inte varit annorlunda jämfört med projektering för traditionella byggsystem. Det som gjort det mer arbetsamt är att projektet medverkar i EU-projektet Concerto Sesac vars syfte är att spara energi. Att projektera styrningen av installationsanläggningarna krävde mer arbete än normalt eftersom varje lägenhet har separerade system och energiförbrukning i form av värme, el och vatten ska kunna avläsas i varje lägenhet för sig.

I de stabiliserande innerväggarna av massivträ krävdes fräsning av spår för vp-rör och dosor. För att minimera fräsningsarbetet placerades dosor först och främst i väggar med ett skikt av isolering där rören enkelt kan läggas. Även i betonghus förekommer att placeringen av dosor måste anpassas vilket inte gör projekteringen med avseende på detta annorlunda för trähus. I de stabiliserande yttreväggarna begränsades placeringen av vp-rör, eftersom förstärkningar med utbredning utanför öppningar inte fick kapas hur som helst. Berörda områden markerades ut på elementen på fabrik, men senare på arbetsplatsen behövde förstärkningarna i alla fall kapas i större utsträckning, vilket löstes på plats med kompletterande markering av områden där kapning var tillåten.

Det som uppfattades som svårast under projekteringen var detaljprojekteringen för att uppfylla brandkraven. Projekteringen kom igång sent med konsekvensen att man i början av byggskedet var tvungen att komplettera och ändra redan utförda arbeten på arbetsplatsen.

Speciell hänsyn för att husen är av trä fick tas vid planering av belysningen på arbetsplatsen. Till arbetsbelysning förbjöds armaturer med halogenlampor eftersom de vid användning blir mycket heta och skulle innebära en brandfara.

Installationssamordning

Utan tidigare erfarenhet av trähusbyggnation uppfattades projektet som speciellt och spännande. Den stora skillnaden mot andra bostadsprojekt var att boendesprinkler tillkom och att brand blev viktig del i projekteringen. Brandcellsgränserna skapade mycket huvudbry i projekteringen. Installationsschakten var från början ritade för små och var tvungna att göras större, men det är inte något typiskt för just träbyggnadsprojekt utan det är vanligt förekommande även i andra projekt. Samordnaren undrar för tiden i bruksskedet om risken för läckage från vattenburna installationer och vid läckage konsekvenserna av det.



(a)



(b)

Figur 17. (a) Installationsschakt genom bjälklag. (b) Installationer i undertak.

Hiss

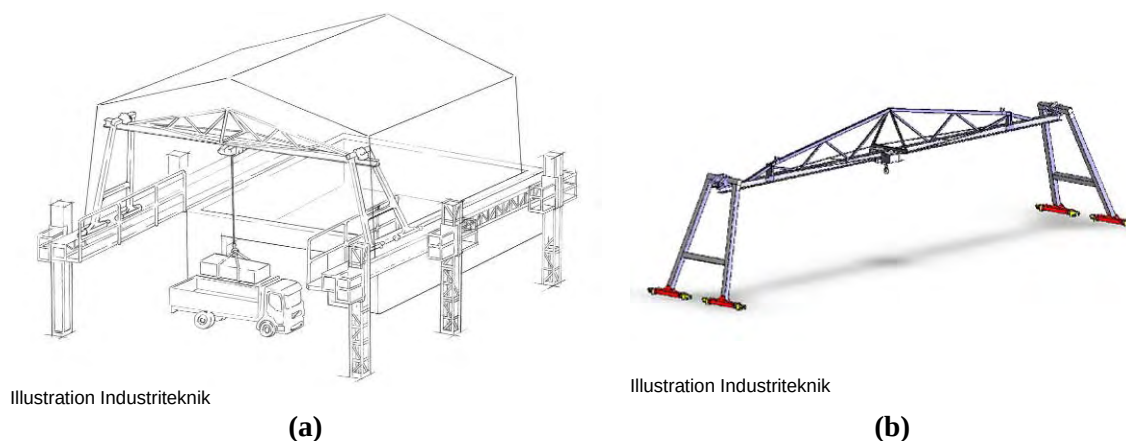
Den anlitate hissleverantören har inte tidigare arbetat med hisschakt i trä och skulle föredra en stomme av stål eller betong, eftersom de är material som inte rör på sig av fukt- och temperaturförändringar eller årstidsväxlingar. En annan nackdelen med trä menar han är den lägre styvheten, vilket medför större deformationer vid dynamiska belastningar från hissen och mer eftergivliga infästningar av beslag. Hissarna på Limnologen är linhissar och upphängningen av hissen är inte en standardlösning utan ett anpassat utförande eftersom schaktet är av trä. Man vill inte ha deformationer som riskerar hissens funktion och istället för att lägga upp balkarna, som hissen och hissmaskinen monteras på, så att de vilar på schaktväggarna läggs de upp på gejdrrar. Gejdrrarna står sedan på hisschaktets botten. Projekteringen av hissarna har tagit längre tid än vanligt, vilket främst beror på ovana med det nya sättet att montera hissen, men leverantören menar att nästa gång skulle det vara enklare och dessutom gå fortare. Ett önskemål för att förenkla arbetet är att stomleverantören redan i ett tidigt skede kontaktar hissleverantören så att man tillsammans kan lösa konstruktionsfrågor och även komma överens om hur man går tillväga med arbetena på byggarbetsplatsen.

3.1.3 Väderskydd

I Martinsons åtagande att leverera stomme och montera den ingick även väderskyddet på byggarbetsplatsen. Under förhandlingsskedet ifrågasattes dock nödvändigheten av skydd eftersom den utgör en stor del av stomkostnaden. Att montera utan väderskydd var ändå inte att tänka på från Martinsons sida, eftersom man vill säkerställa att montageplanet är skyddat från regn och snö.

Dessutom förbättras arbetsmiljön och man vill tro att det leder till en säkrare arbetsplats och ett mer effektivt stommontage. Systemet med en tältkonstruktion som höjs allt eftersom bygget skjuter i höjden hade man provat i Sundsvall på Inre hamnen. I Sundsvall sköts sektioner av tältduken fram och tillbaka på en rullbana och byggelement lyftes upp med en konventionell byggkran. Systemet, som kallas för "Gibson Tower", har sedan dess vidareutvecklats av leverantören Hallbyggarna-Jonsereds och man har nu istället ett fast tält med en längsgående inbyggd byggtravers som lyfter upp byggelementen från en lastzon på marken i någon av ändarna på tältet enligt principskissen. På Limnologen var det tänkt att den del av tältet som kragade över lastzonen skulle fungera som skydd både vid avlastning, lagring och montage av byggelement.

Den ideala planformen på en byggnad som ska skyddas med väderskyddet är en rektangulär byggnad utan utskjutande delar i plan. Eftersom husen i Limnologen är utformade med en långsida med sektionsvis avtagande bredd från 19 m ner till 8 m diskuterades möjligheten att ha två olika bredder på tältet, en bredare och smalare halva, bland annat för att minska risken för fallolyckor på den del av tältet som ligger utanför huset, men också för ett snabbare montage. Att förverkliga idén förhindrades av att transport av material till gaveln närmast sjön inte var möjlig på grund av små avstånd mellan husen och ner mot strandlinjen, men även av dåliga markförhållanden. De dåliga markförhållandena krävde också att fundamenten under några av tältpelarna pålades, vilket försvårade det faktum att man ville tillverka flyttbara fundament så att de skulle kunna användas på nytt vid montage av de övriga husen. Uppgiften löstes av Tyréns AB genom att pålarna i fundamenten göts ihop med en 100 mm tjock betongplatta på vilken fundamenten kunde placeras. Under detta skede av projekteringen utreddes inte i detalj hur flytten av väderskyddet till nästa hus skulle utföras. När tidpunkten för en flytt till nästa hus närmade sig blev man varse att det skulle krävas stora fria ytor på marken för att mellanlagra delar från väderskyddet innan det monterades på nästa hus. För att kunna genomföra flytten inom en rimlig tidsperiod och för att inte blockera ytor på marken göts nya fundament och nya fackverkspelare vid nästa hus innan väderskyddet flyttades. Fundamenten från det första huset kom sedan att användas i det tredje huset och de från det andra huset återigen i det fjärde. Tiden för att flytta tältet är nio dagar, arbetet påbörjas på fredag eftermiddag och avslutas i och med att tältet besiktigats och tas i drift på förmiddagen andra måndagen efteråt. Jonsereds Hallbyggarna har anlitat inhyrd personal på orten för drift och underhåll av väderskyddet.



Figur 18. (a) Principskiss på väderskydd och byggtravers. (b) Bockkran.

Tanken att använda ena gaveln av huset som avlastnings- och mellanlagringszon för byggelementen visade sig inte vara möjlig. Den tillgängliga yta över vilken tältet kunde kraga över utanför huset, utan att störa framkomligheten för övrig trafik på byggarbetsplatsen, visade sig vara för liten. Ställen med element visade sig också vara för tunga för att direkt lyftas av från levererande lastbilar med kranen på byggtraversen. Dessutom skulle avlastning med byggtraversen inneburi att lastbilarna fått vänta om den varit upptagen i montaget. För att lasta av ställen från lastbilarna och även

för att flytta dem från mellanlagringsplatsen till lyftzonen vid husgaveln användes istället en inhyrd gaffeltruck.

Erfarenheter att vidareförmedla från projekteringsskedet, för projekt där man använder byggtravers av den här typen istället för en konventionell kran, är att man på arbetsplatsen måste räkna med att i större utsträckning använda andra transportmedel för flyttning av material. Viktigt är också att planera hur transporter ska komma in och ut, var avlastning och mellanlagring av material kan ske under hela byggskedet, eftersom tillgänglig avställningsyta på fastigheten krymper i takt med färdigställande av byggnader. Vid planering och projektering är det också bra att tänka igenom samtliga flytt av väderskyddet så att störningar i produktion kan minimeras och meddelas till berörda i ett tidigt skede så att man kan ta hänsyn till det och planera om sina arbeten.

3.1.4 Fukt

I planeringsskedet medverkade arkitekt och projektledare på ett fuktseminarium som anordnades på Växjöhem med föredragshållare från SP som talade om fukt, fuktsäkerhetsprojektering och fuktsäkert byggande, och föredragshållare från Träbyggnadskansliet som gav en bild om fuktskador, väderskydd och byggbarhet.

På Limnologen har man i projekteringen strävat efter att utforma detaljlösningar med konstruktivt träskydd, vilket främst innebär att skydda ändträ från att vätas ner, till exempel genom att ställa limträpelarna på balkongerna på förhöjningar av 15 mm tjocka plastmellanlägg för att förhindra eventuellt stående vatten på balkongplattan att komma i direkt kontakt med pelaränden. Se även punkter under projektering – arkitektur. Det konstruktiva träskyddet innebär också att man eftersträvar att lösa detaljer på ett sådant sätt att eventuellt uppfuktat trämaterial ska kunna torka så snart som möjligt så att fukten inte blir kvar i konstruktionen. Hur bra man lyckats med att lösa detaljer är något som kommer att visa sig med tiden.



(a)



(b)

Figur 19. Balkonger på södra fasaden. (a) Sammankoppling av balkar. (b) Färdigt utförande från utsidan.

Martinsons förhoppning med att bygga med väderskydd var att montaget skulle ske under torra förhållanden. Man försöker säkerställa hela kedjan av händelser från fabrik fram till färdigt hus så att risken för uppfuktning minimeras, se även kapitlet om väderskydd.

3.1.5 Sättningar

Martinsons har tagit hänsyn till sättningar i trästommen i sitt system genom att minimera belastningen av träaterialet vinkelrät fiberriktningen. Väggarna belastas längs med fiberriktningen och mängden trä som belastas vinkelrät fiberriktningen i bjälklagen vid upplagen utgörs av massivträskivans tjocklek. Där de bärande balkarna i underkant av bjälklaget belastas på grund av uppläggning på bärande väggar eller balkar har bjälklaget kompletterats med stödklossar längs med väggens eller balkens längd. Stödklossarna av limträ skruvas till underkanten av massivträskivan och till sidan av balkflänsarna. Där pelare med hög belastning ställs på bjälklaget eller på balkar läggs lastspredande mellanlägg.

Sättningar på grund av uttorkning har minimerats genom att använda en produktanpassad fuktkvotnivå i elementen och inte utsätta dem för uppfuktning under byggskedet. Dessutom är huvudandelen av virket i vertikal riktning parallellt fiberriktningen, som krymper betydligt mindre vid uttorkning än virke vinkelrät fiberriktningen.

3.1.6 Fasadputs

Eftersom leveranstiderna för mineralull var för lång vid tidpunkten för tillverkning av ytterväggselement isolerades de element som skulle förses med ytskikt av puts på plats. På utsidan av massivträskivan monterades istället en plastfolie som skydd mot nedvätning. Plastfolien avlägsnades sedan allt eftersom isolering på väggen monterades. Putssystemet som användes var ett tjockputssystem från Paroc med 20 mm puts på en 180 mm stenullsskiva med galvaniserat stål nät som putsbärare. Stenullsskivan fästs mekaniskt till massivträskivorna i väggelementen. Putsen består innerst av grundputs och stockningsbruk av Finja putsbruk B respektive C och den yttersta ytputsen, max 2 mm tjock är en hårdstänkputs.

I samband med rapporterna från SP /6, 12/ om fuktskador på putsade fasader med trästomme under 2007 hölls extra möten för att utreda det valda putssystemets funktion och risken för fuktskador. En expert på byggnadsfysik utredde fasadsystemets funktion med avseende på fukt. Systemet är ett diffusionsöppet system och putsen kan ta upp, lagra och avge fukt. Diffusion av fukt in i konstruktionen från en fuktig putsyta kan teoretiskt ske men kan enligt expertis osannolikt uppnå skadliga nivåer. Eftersom stenullsskivan bakom putsen har ingen kapillärsugande effekt kan den inte transportera in fukt kapillärt in i konstruktionen från putsskiktet. Fritt vatten kan däremot ledas in i konstruktionen vid genomföringar, fogar, fönster och vid defekter, men kan så småningom torka ut eftersom putsskiktet är diffusionsöppet. Massivträskivan i konstruktionen är lufttät, vilket innebär att fukt via konvektion av fuktig inneluft inte kan uppkomma annat än vid otätheter vid elementskarvar, genomföringar och fönster, men risken för detta bedömdes som liten. För att säkerställa att anslutningar, genomföringar och plåtdetaljer utfördes på rätt sätt ålades Martinsons att ta fram detaljritningar för puts- och plåtentreprenörerna. Arbetet skulle omfatta att lokalisera och precisera hur eventuellt inträngande vatten tas om hand i lägen där det kan bli ansamlingar, som till exempel ovanför fönster och dörröppningar. Dessutom bestämdes att puts- och plåtentreprenörens arbete skulle omfattas av utökad egenkontroll och att fuktkvoten i massivträskivans utsida skulle mätas innan isolering av den.

3.1.7 Täthet

Tester som utförts på endast massivträskivor visar att skivorna i sig är täta, vilket betyder att ytterväggselementen kan byggas utan plastfolie. I en färdig byggnad blir tätheten i klimatskalet däremot beroende av tätheten mellan de sammanfogade elementen, tätheten runt dörr- och fönsteröppningar samt andra genomföringar klimatskalet. De horisontella fogarna mellan elementen tätas med en s-list som fästs på bjälklagselementet innan väggen ställs ovanpå bjälklaget, se (a) Figur 20. De vertikala fogarna mellan ytterväggselement tätas med en o-list med fästläpp och drevas mot intilliggande element innan det monteras, se (b) Figur 20. För att man ska uppnå god ljudisolering och täthet för brandgaser måste konstruktionerna vara tät inom huset. Därför tätas även de vertikala fogarna

mellan lägenhetsskiljande väggar, mot trapphus och hiss med drevning. Spalter mellan bjälklags-element och väggar drevas och fogen mellan gipsskivor i undertak och väggar spacklas och mjukfogas. Eldsor och genomföringar för sprinkler och andra installationer tätas mot anslutande ytskikt.



(a)



(b)



(c)

Figur 20. (a)Tätning horisontellt under väggar med s-list. (b) S-list på bjälklag under ytterväggselement med dragstag. (c)Tätning vertikalt mellan ytterväggar med drevning och o-list.

Fogen mellan bjälklagens undertaksbalkar och väggar drevas med mineralull efter montage. I samband med att isoleringen i kanterna kompletteras efter montage drevas även dessa sidor i rummen mot väggarna. Eftersom isolering inte är ett lufttätt material innebär det att håltagningar i gipsskivorna i väggar och tak ger en möjlighet för luft att läcka ut ur rummet in i konstruktionen och vidare via de porösa materialen till angränsande konstruktionsdelar. Då blir tätheten internt i byggnaden beroende av tätheten i skarvarna mellan elementen och tätheten i materialskikten som avskiljer de olika utrymmena.

3.1.8 Ljud och vibrationer

Ljud

Beställaren uttalade redan i planeringsskedet att ljudkravet på lägsta ljudklass B måste kunna uppfyllas för att det skulle vara intressant. Lägenheter större än två rum och kök har ett tyst rum, föräldrasovrummet, innerdörren till rummet är ljudklassad. Badrummen ljudisoleras från resten av lägenheten. Flanktransmissionen minskas med hjälp av en polyuretan list, Sylomer® och Sylodyn®, på upplaget mellan bjälklagselementet och underliggande väggelement. För att förhindra flanktransmission via skruvarna, som fäster samman bjälklagselementen med väggskivan i underliggande lägenhet, isoleras skruvarna från direkt kontakt med bjälklagsskivan med bricka och hylsa av Sylomer®.

Vibrationer

Vid dimensionering av bjälklagen har risken för vibrationer utvärderats med punktlastkriteriet /5/ och beräkning av den lägsta egenfrekvensen för bjälklaget /4/. I beräkningen med punktlastkriteriet har antagits att en 1,2 m bred strimla av bjälklaget medverkar till lastspridningen. I beräkningen av den lägsta egenfrekvensen har man antagit att styvheten tvärs bjälklaget är mycket mindre än styvheten längs bjälklaget och beräknat egenfrekvensen för en fritt upplagd 1,0 m bred strimla av bjälklaget. Eftersom lägenheterna i huset, utom i den bredaste delen, är genomgående genom husets bredd, tillverkas bjälklagselementen lika långa som huset är brett och läggs upp på en eller flera bärande mellanväggar. Spännvidden för dessa bjälklag ligger i snitt mellan 3-6 m. Bjälklaget med störst risk för besvärande vibrationer har en spännvidd på 8 m och utan någon bärande mellanvägg. Bredden på rummet är däremot bara 3,5 m med bärande stabiliserande väggar i bjälklagets längdriktning på båda sidorna av bjälklaget. Bjälklaget har här förstärkts genom att balklivens höjd, bjälklagets konstruktionshöjd, ökats med 45 mm på delar av bjälklaget. Beräkningsresultaten visar att man inte borde få besvär med störande vibrationer.

3.1.9 Brand

Redan vid de första mötena när antalet våningar och val av fasad och stommaterial diskuterades kom frågor som berörde brand upp. I samband med att valet av stommaterial diskuterades kopplades också en brand och säkerhetskonsult in för att klargöra frågor om brand. De frågor som främst berördes var boendesprinkler, tekniska byten och möjligheten att utföra en brandteknisk analytisk dimensionering istället för att uppfylla kraven med hjälp av klassificeringssystemet. Då boendesprinkler används förändras brandförloppet och man menade att det kunde innebära att mindre brandskyddande skikt och andra ytklasser än vad klassificeringssystemet föreskriver kan användas. Idag är dock möjligheten att simulera en brand i en byggnad med olika material och konstruktioner begränsade eftersom man i beräkningsmodellerna man använder utgår från i verkligheten utförda försök.

Ett brandseminarium där brandfrågor både generellt och specifikt för Limnologen diskuterades hölls också i närvaro av förutom arkitekt och beställare, Räddningsverket, kommunens VA-avdelning och SP Träteknik.

Det vertikala bärverket och stomstabiliserande horisontella bärverket på Limnologen utförs i R90 och bjälklagen i R60. De två tekniska byten som utnyttjas mot boendesprinkler är att fasaden på den södra långsidan förses med träpanel och att träytan på undersidan av balkongerna är exponerad. Under projekteringsskedet lyftes vid upprepade tillfällen frågan om man inte kan tillgodoräkna mer för boendesprinkler än bara de listade tekniska bytena som till exempel mindre brandskyddande skikt och mildare krav på brandskydd för installationerna eftersom brandförloppet förändras av boendesprinklern. Frågor som kom upp och löstes utan problem under projekteringen var brandklassning av olika konstruktionsdelar som takfot och balkonger samt P-däcket i trä. Frågan om brandskydd av de bärande balkarna och vagnstyckena i trapphusen kom upp då man konstaterade att andelen exponerad träyta i trapphuset överskred 10 % av golvytan. Problemet skulle lösas genom att måla exponerade träytor med brandskyddsfärg. Det ansågs bli för komplicerat att genomföra på arbetsplatsen varvid saken omvärderades på nytt och problemet löstes genom att klä in undersidan av vilplanen med träullsplattor, som samtidigt fungerar som brandskydd. Det mest problematiska under projekteringen var gränsdragningen mellan de olika brandcellerna. En orsak är att de ingående konstruktionsdelarna som bjälklag och väggar, till skillnad från motsvarande delar i betonghus, består av flera skikt och kopplas i knutpunkter till varandra på ett sådant sätt att det inte enkelt kan avgöras var i konstruktionen en brandgräns går. Projekteringen av installationsschakten försvårades avsevärt på grund av detta. En annan orsak till att projekteringen av de brandtekniska detaljerna försvåras kan tänkas vara att det inte över landet finns någon gemensam syn på de brandtekniska frågorna på detaljnivå utan det förs olika resonemang på olika håll, vilka resulterar i olika lösningar beroende på vem som fört resonemanget och var i landet man befinner sig. En lösning som är godkänd i en kommun kanske inte godtas i nästa.

Tyréns AB ansvarade för att ta fram brandskyddsdokumentationen till förfrågningshandlingen i projektet. Dokumentationen är en sammanställning av de brandkrav som ställs på byggnaden. Massiv-trästommen och dess inklädnad, liksom projektering av ventilations- och rörinstallationer upphandlas som totalentreprenad av Martinsons. Vid den typen av entreprenad övertar totalentreprenören arbetet med att projektera byggnadens brandskydd så att kraven i förfrågningshandlingen uppfylls. I arbetet ingår att välja produkter som uppfyller kraven och vid projekteringen placera installationerna och lösa detaljer för till exempel genomföringar på ett sådant sätt att de ställda kraven uppfylls. Ett missförstånd om denna ansvarsfördelning medförde att lösning av detaljer försenades och kom inte att lösas i detalj förrän väldigt sent när man redan på arbetsplatsen påbörjat inklädnad och komplettering av stommen. Följden blev ändringar och kompletteringar av redan utförda arbeten på plats.

3.1.10 Granskning

Beräkningar och färdiga bygghandlingar granskades även av oberoende sakkunniga inom sprinkler, mark/pålning, brand, el, VS och stommen av trä.

3.1.11 Slutsatser

Det svåraste i projekteringsskedet har varit brand eftersom uppfattningarna om hur man uppfyller brandkraven många gånger varit motstridiga hos Räddningstjänsten, brandkonsulten och övriga konsulter. En större samsyn i frågorna efterlyses.

Den höga prefabriceringsgraden som man eftersträvar i bjälklagselementen kräver att projekteringen av inbyggda installationer kommer igång tidigt och att alla led från produktion av elementen till montage på arbetsplatsen går igenom noggrant med berörda så att alla blir medvetna om de önskade funktionerna i de olika leden. Dagens projekteringsverktyg behöver utvecklas för att man ska kunna se helheten och i alla led fånga upp konsekvenserna av eventuella ändringar.

3.2. Rydebäck

I Rydebäcksdelen av detta projekt var detaljprojekteringen gjord vid projektstarten. Detaljprojekteringen med avseende på konstruktion utfördes av samma konstruktör som deltagit i Mölnlycke-projektet. Valet av stomtyp, traditionell regelstomme med bjälklag av enskilda balkar hänger naturligtvis samman med att det just nu inte finns så många utvecklade stomsystem eller byggmetoder att välja på jämfört med betongbyggande, som kan uppvisa fler mogna byggmetoder och utvecklade system.

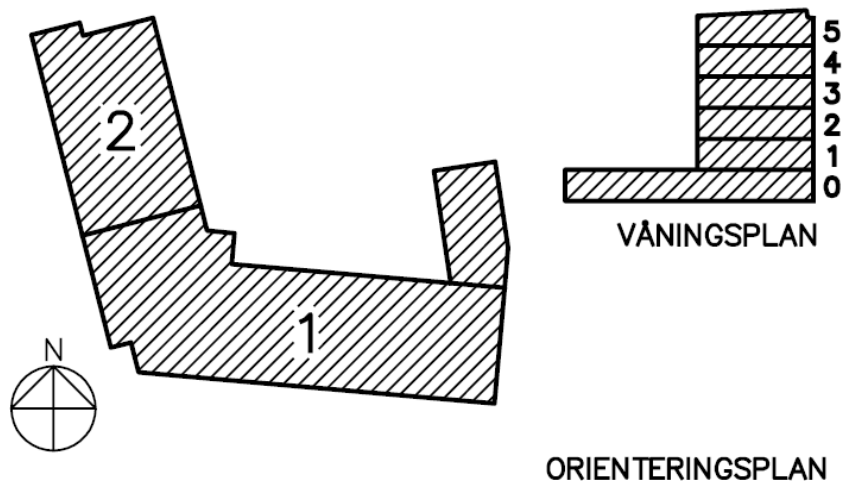
De ur stomsynpunkt trärelaterade problem man uppmärksammade i Mölnlycke-projektet har man vid projekteringen av byggnadsstommen till Rydebäck tagit hänsyn till.

- o Sättningar i trästommen på grund av höga tryck vinkelrätt fibrerna har man försökt att parera genom att använda inhängt bjälklag i båda upplagslinjerna. I Mölnlycke-projekt var bjälklaget inhängt endast i fasadlinjen. Att hänga in bjälklaget i båda upplagslinjerna innebär att vertikala bärande element i större utsträckning överför laster parallellt fibrerna, särskilt i centrumlinjen. Bjälklagsbalkar blir därför inte kontinuerliga över centrumlinjen.
- o Strängare krav på virkets fuktkvot före inbyggnad.

Några specifika åtgärder med avseende på väderskydd har inte man inte tagit hänsyn till i projekteringen. Väderskyddet bedömde man kunna utföras med traditionella metoder, det vill säga täckning med presenningar vid behov.

3.2.1 Byggnadskropp och stomsystem

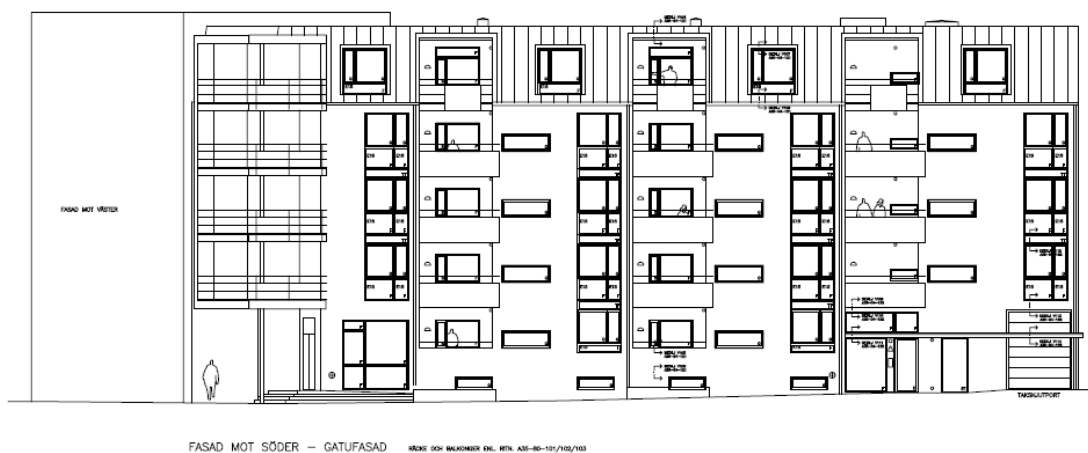
Byggnaden är ett femvåningar högt bostadshus.



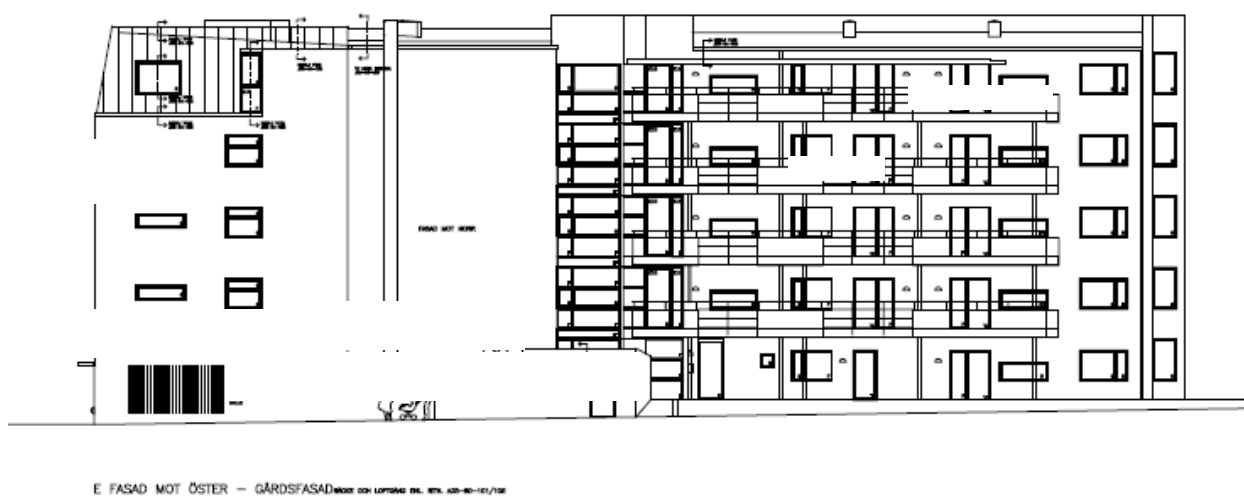
Figur 21. Orienteringsfigur.



Figur 22. Fasad mot väster.



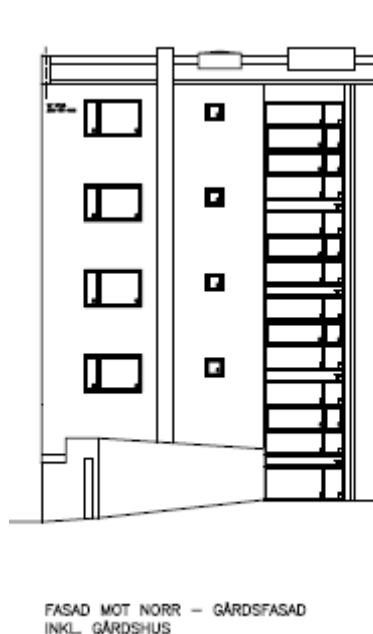
Figur 23. Fasad mot söder.



Figur 24. Fasad mot öster.



Figur 25. Fasad mot norr.



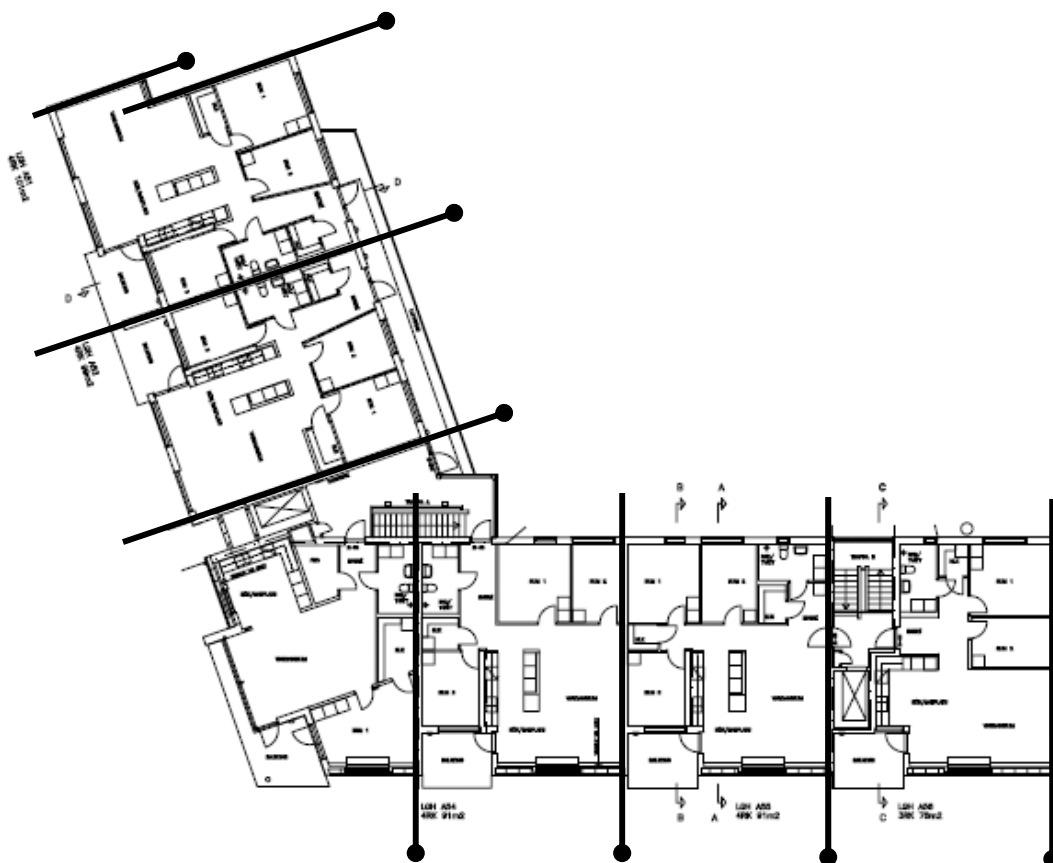
Figur 26. Gavelfasad mot norr.

Plan 0 är ett våningsplan i slakarmerad betong. De övriga planen är uppbyggda av en trästomme så när som en del mot öster som ligger över nedfarten till garageplanet där är ytterligare en våning, plan 1, är utförd i betong.

Stomprincipen som A-ritningar antyder är mycket lik en skivstomme i betong. Det vill säga, stomstabilisering är tänkt att ske via vertikalt stående skjuvstyva skivor, i tvärled och i längdled, med det dominerande antalet skivor i husets tvärled. Bjälklagen bildar en horisontellt liggande sammanbindande fördelande skiva. Spännvidden mellan tvärställda, lägenhetsskiljande väggar, är sådan att den passar ett betongbjälklag bestående av ett förspänt plattbärlag med en total tjocklek på ca 240-260 mm, med bärande tvärställda betongväggar med tjockleken ca 150-180 mm.

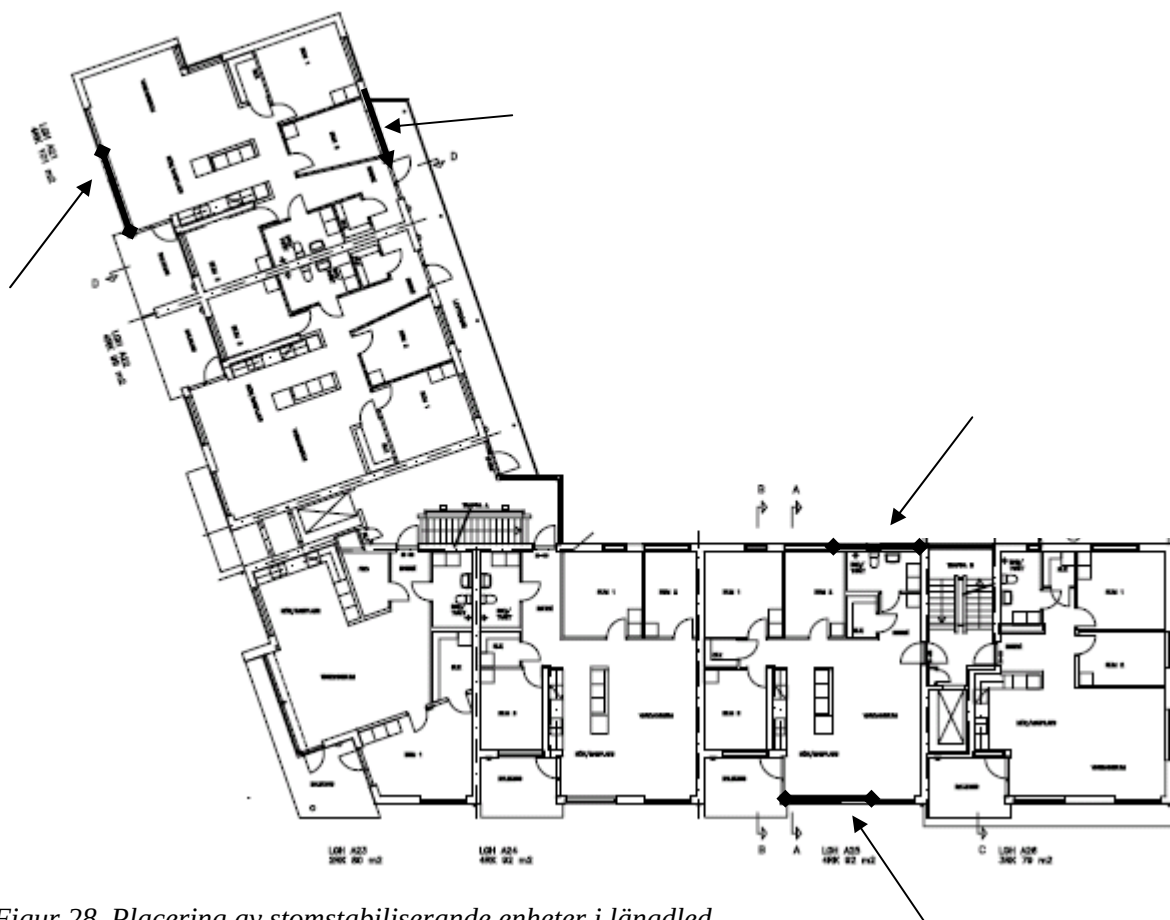
Den projekterade trästommen följer inte riktigt samma bärlinjer som A-ritningarna vid ett första påseende anvisar:

En centrumbalklinje, primärlinje, har införts för bjälklagets bärning. Bjälklagsbalkarna bär mellan yttervägg-centrumbalklinje-yttervägg. Spännvidderna är ca (6,15 m för några delar i kök i lägenheterna del 2) ca 5,5 och ca 5,1 m. Centrumbalklinjen är placerad i en vägglinje med avstånd mellan upplagspunkter från ca 1,75 m upp till 4,0 m. I övergången mellan del 1 och 2 av huskroppen finns ett avväxlingssystem av stålbalkar i bjälklag över plan 1. Hisschakt och trapphus är pelar-balksystem i trä. Tvärväggar är lägenhetsavskiljande och stomstabiliserande i tvärled, ytterväggar är bärande i vertikalled. Stomstabiliteten i huskroppens längdled sker med skjuvstyva skivor, två stycken i varje del.

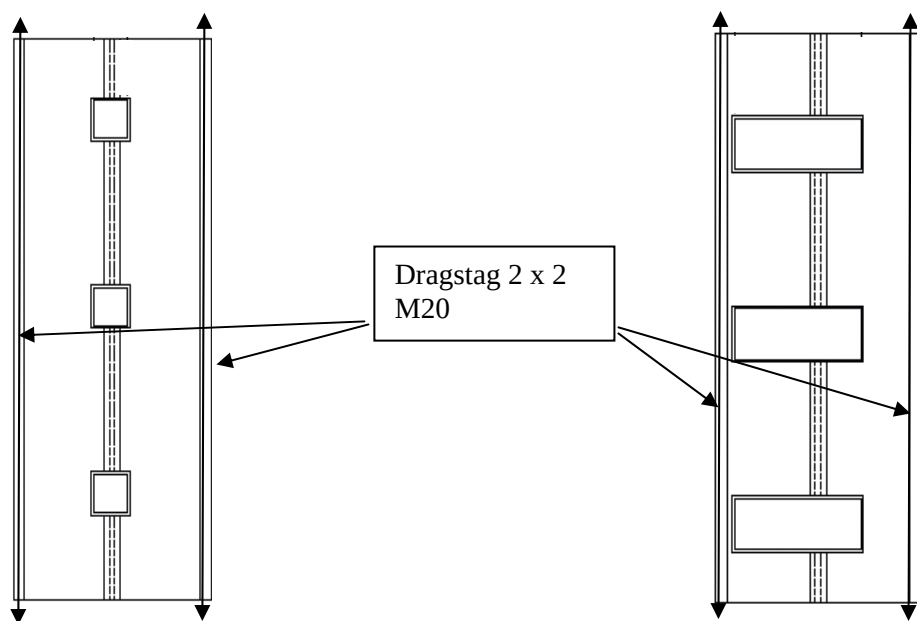


Figur 27. Bjälklagsplan. Principer med stomstabiliserande linjer i huskroppens tvärled.

De lägenhetsskiljande väggarna består av två separata skivbeklädda regelväggar, för brandskydd och för ljudisolering. Likaså är bjälklaget separerat i den linjen. I varje ytterväggsdel av tvärväggarna finns två dragstag av stål, en i varje tvärväggsdel, totalt 4 stycken stag i var tvärväggslinje. Huskroppen blir på det här sättet indelad i sektioner, fem våningar höga. Stomstabiliteten i tvärled tas av de lägenhetsskiljande väggarna. Bjälklaget fördelar inte horisontalkrafter, riktade tvärs huskroppen, i längdled utanför sektionerna.

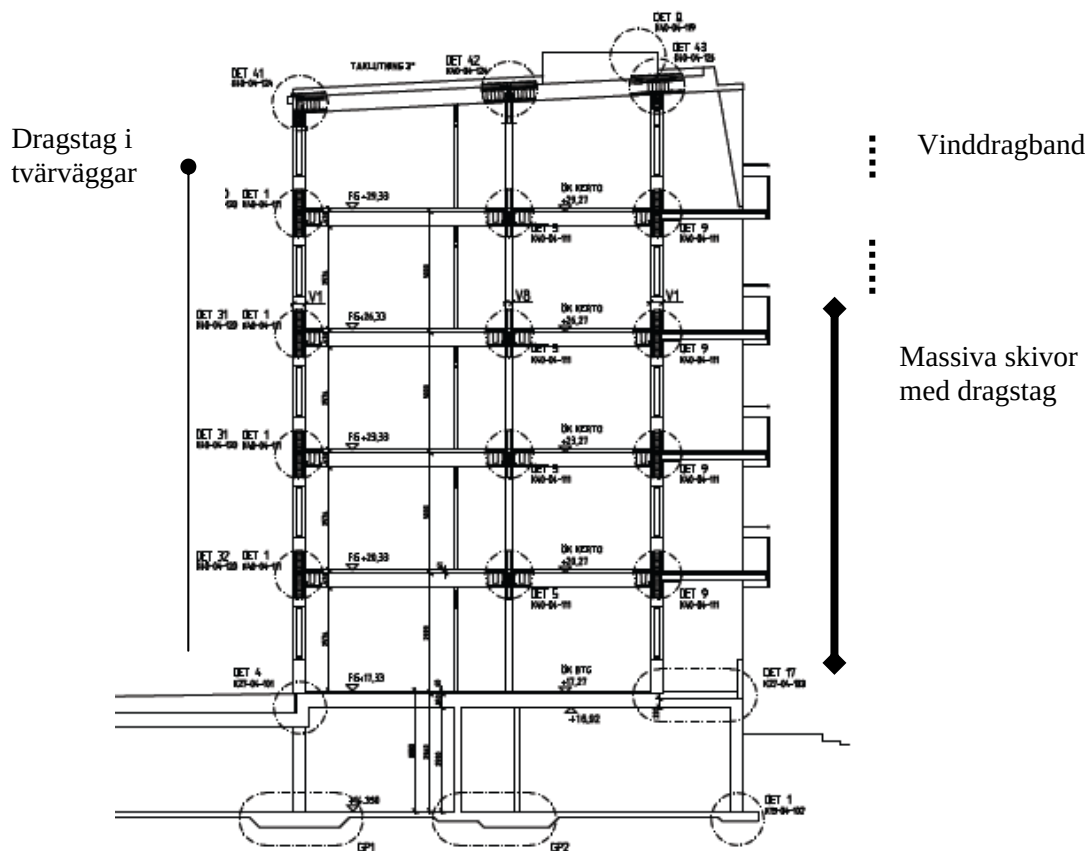


Figur 28. Placering av stomstabiliserande enheter i längdled.



Figur 29. Elevationer av massiva 2x57 mm Kerto Q med pålimmade kantförstyvningar av Kerto S i vardera kanten samt i centrumlinjen.. I vardera skivkanten finns två dragstag. Skivorna är stomstabiliserande längdled. Skivorna är 3 våningar höga.

De inhängda bjälklagen är kopplade till ytterväggarna och horisontalkrafter längsmed huskroppen överförs längs ytterväggar till de massiva skivorna.



Figur 30. Principsektion genom huskroppen. Indelning av nivåer med hänsyn till stabilitetssystem.

I vertikalled har olika system nyttjats för stomstabilisering. Dragstag i tvärväggar i plan 1, 2, 3 och 4. I plan 5 sker stabiliseringen i tvärled med tvärväggar på traditionellt sätt. I längdled används ytterväggar som kraftöverförande stomelement till dragstagsförsedda massiva skivor i tre våningar. Ytterväggen i plan 4 (mellan plan 3 och 4) och i plan 5 (mellan plan 4 och 5) är punktvist förstärkt med dragband som förankrar och binder ihop väggpartier mellan våningarna.

Dragstagen är förankrade i källarvåningens betongkonstruktion. Stagen i tvärväggarna spänns i etapper. Efter att varje våning är färdigbyggd, (bjälklaget över våningen är monterat), spänns stagen upp till avsedd spännkraft, som mothåll finns omgivande limträpelare. Inom några dygn efter första uppspänningen görs en efterspänning. Kraften i stagen är dimensionerade så att de fortfarande skall vara spända efter långtids krympning och krypning i trä samt relaxation i stålet och att klara den dragkraft som vindlast på huskroppen är kalkylerad till.

Dragstagen i de massiva skivorna spänns vid ett tillfälle med en efterspänning inom ca en vecka efter första uppspänningen. Mothåll utgörs av de pålimmade förstyvningarna i skivornas båda sidor. Dragstagen skall förbli spända efter långtidseffekter.

Vinddragbanden som i vertikalled med avseende på lyftkrafter binder ihop plan 3 och 4 samt plan 4 och 5 utgörs av hålbånd 40x2 som spikas med ankarspik till ytterväggens plywoodskiva. Banden utgör dragförankring av kortare väggpartier i ytterväggen som i plan 4 och 5 inte får den mothållande last som erfordras.

I ritningsunderlaget anges att dragstagen skall spännas med momentnyckel. Den metoden ger osäkrare resultat än uppspanning med domkraft. Vilken metod man skall använda påverkar utformningen runt stagen och tillgången på lämplig utrustning. Uppspanning av stålstag är inte något som är vanligt i traditionella husbyggnadssammanhang. Ofta sker detta med särskilt personal och utrustning. För ökad noggrannhet bör inte bara spännkraft anges utan också ett mått på töjning i staget.

3.2.2 Brand

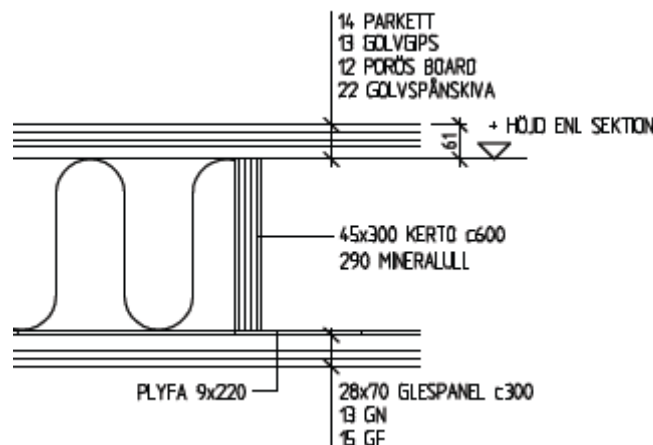
Byggnaden är klassad som en Br1 byggnad. Brandskyddet är ett konstruktivt brandskydd med hjälp av gipsskivor. Ingen del av huset har sprinkler som del av brandskyddet.

Brandskyddsdokumentation upprättades i projekterings- och systemhandlingsskedet.

Byggnaden projekterades ursprungligen med en putsad fasad på en mineralullsskiva. Under byggskedet byttes fasadsystem och en EPS-skiva (extruderad styrencellplastskiva) användes som underlag för putsen. Lösningen accepterades av tillfrågad brandskyddsansvarig.

3.2.3 Ljud och vibrationer

Byggherren har muntligen uttalat önskemål om att klara ljudklass B för hela byggnaden. Projekteringen för innerväggar har siktat på ljudklass C för luftljud, bjälklaget i ljudklass B. För stegljud har ljudklass C angivits. Referensmätningar från Mölnlyckeprojektet där en ny, trälösning gav acceptabla resultat, stegljudsisolering i klass C med klass B inom räckhåll. En något modifierad metod var tänkt att användas i detta projekt. 28x70x300 glespanel skall hängas in med 9 mm plywoodremсор.



Figur 31. Bjälklagsuppbyggnad.

I produktionsskedet byttes den lösningen ut mot en mer konventionell lösning med Gyproc:s ljudregel i tunnplåt.

I projekteringen sökte man lösningar på installationer så att man skulle komma ner under 30 dB i sovrum och 35 dB i kök, 45 dB med köksfläkt.

3.2.4 Beständighet/röta mögel

Tryckimpregnerat virke är i liten omfattning angiven på ritningarna. Trallvirke till loftgångar och balkonger är tryckimpregnerade i klass AB. Distansreglar och bärande balkar till trallvirke är också tryckimpregnerade. Kantbalkar, primärer, av limträ till balkonger, loftgångar och räckesinfästningar

skyddas genom målning, grundmålning med oljebaserad täcklasyr och färdig strykning med en oljebaserad täcklasyr. Limträprodukterna skall vid målning hålla högst 12 % fuktkvot.

3.2.5 Byggbarhet

Valet av byggsätt, traditionell regelstomme och bjälklag ger stor flexibilitet mellan platsbygge och prefabricering. Byggsättet kräver inte specialkompetens hos byggnadsarbetare. Flera entreprenörer kan delta och det finns utrymme för att utveckla byggmetoder och mix mellan prefabricering och platsbygge. Lösningen med de massiva skivorna, tre våningar höga och 3,6 m breda, för stomstabilisering är en praktisk svårighet som avviker från den övriga byggprocessen. Det ställer krav på hantering och måttnoggrannhet vid inbyggnad av skivorna.

3.2.6 Fuktsäkring

I förfrågningsunderlaget fanns ett krav på att träkonstruktionerna skulle väderskyddas, dock inte på vilket sätt. Krav på fuktkvoter på virke vid leverans fanns uppställda, ca 15 %, krav på högsta fuktkvot under byggtiden ca 17 % samt krav på fuktkvot för dubblering av väggar, 15 %, fanns angivna. Traditionella lösningar i form av fuktisolering mellan trä och betong finns redovisat på ritningar. Diffusionsspärr av en 0,2 mm polyetenfolie är inlagd på varma sidan av alla klimatskärmar.

En generell anvisning finns i allmänna anvisningar som anger att trä skall fuktisoleras mot betong.

En genomgång av A-ritningar och rambeskrivning med avseende på fuktsäkring gjordes i byggstarten och granskningsresultatet delgavs byggherren.

Följande punkter togs upp:

- Fönsterbleck bör ha ett fall utåt, på minst 25.
- Riskkonstruktioner med inbyggd hängränna.
- Droppbleck är inte tillräckligt utdragna/neddragna vid putsanslutningar för att skydda anslutning och fasad.
- Plastfolie dras inte förbi bjälklagsanslutning mot yttervägg, (upplagen löstes på ett annat sätt i byggskedet så att folien kunde dras förbi).
- Plastfolie skall läggas över bärande innerväggar i plan 5.
- En del lösningar med anslutningar och skarvning av diffusionsspärr är bristfälliga.
- Oisolerade trädetaljer vid anslutningar bjälklag-metallpartier.

Flera detaljer uppfattades som svåra och genomgång av arbetsmoment på byggarbetsplats tillsammans med projektörer bedömdes som nödvändigt för att säkerställa utförandet.

3.2.7 Lufttätethet, värmeisolering, energi

Diffusionsspärrar av 0,2 mm polyetenfolie är inlagda i klimatskärmar. Runt karmar för fönster och dörrar är flerstegstätningar inritade. Folie är dock inte alltid inritad att den skall gå in i smyggar och klämmas fast mellan regel och fönster med bottningslist. För gjutfogar i bjälklag över plan 0 saknas anvisningar om lufttätethet.

Stommen är inte projekterad med prefabricerade elementindelningar. Därmed finns heller inte den typen av fogproblem i ritningsmaterialet. Väggar skarvas våningsvis och mellan syll och hammarband är en syllisolering inritad.

Anslutningen till betongbjälklaget är ett gränssnitt där ytojämnheter brukar vålla problem. Särskilda krav på ytjämnhet finns inte angivet i handlingarna. Sådana krav kunde skärpa måttnoggrannheten och därmed riskerna för luftläckage mellan betong och syll.

U-värden för väggar: 0,18 W/m²K, tak 0,12 W/m²K, fönsterpartier ca 1,25 W/m²K.

Uppvärmning sker med hjälp av en naturgaspanna.

3.2.8 Projektörer

A Henrik Jais-Nielsen Mats White Arkitekter AB

K Tyréns Byggkonsult AB

Vent/VVS FLK

E El-Teknik BA Johansson AB

M Marklaget

3.2.9 Slutsatser

Att förhindra deformationer vinkelrätt fibrerna är en viktig riktlinje vid projekteringen. Små vertikala sättningar är förutsättningen för att bevara förspänning i dragstag som används för stomstabilisering. Utformning av knutar och upplag så att risken för ojämna sättningar minskar och färre korregerande åtgärder för att rätta till uppkomna nivåskillnader går att åstadkomma. Metoden att använda inhängda bjälklag, så kallat "ballon building" påverkar hela byggprocessen från väderskydd, bjälklagstjocklekar till monterings teknik. Bjälklagsbalkar som är fritt upplagda kräver större styvhet, (högre balk, högre våningshöjd eller tätare centrumavstånd med risk för större materialspill från skivor och mineralull) än kontinuerliga balkar. Vibrationer och svikt leds å andra sidan inte vidare lika lätt. Hur detta kan optimeras för att förbättra ekonomin för en trästomme har inte studerats.

Att tidigt ta hänsyn till väderskydd och hur man reducerar effekterna av ett vattenläckage är av vikt. Byggmetod och mixen av prefabricering kan vara avgörande. Traditionellt konstruerade regelväggar och bjälklag inbjuder fler entreprenörer och det ger möjligheter att hitta effektiva produktionsmetoder.

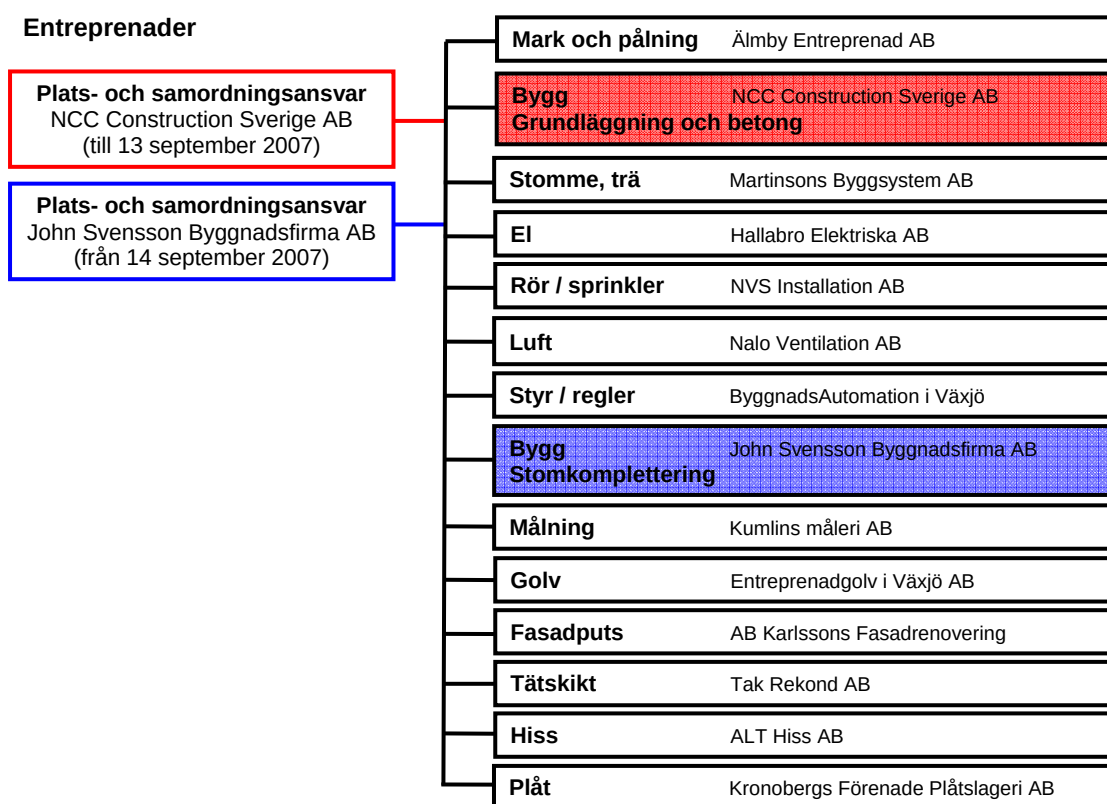
I en separat rapport /1/ redovisas mer tekniska data om uppbyggnad och dimensioner av stomme och stomdelar.

4. Byggskedet

4.1. Limnologen

4.1.1 Organisation, entreprenad och kontrollsystem

Projektledaren med lång erfarenhet av byggledning och entreprenadupphandling i Växjö har ansvarat för upphandlingen av entreprenörer. Tanken från början var att det skulle bli tre totalentreprenader en för mark, en för trästommen samt en för bygg. Samordningsansvaret på byggarbetsplatsen skulle ligga hos byggentreprenören. Markentreprenören, Älmby Entreprenad AB, stomleverantören, Martinsons Byggsystem AB och byggentreprenören för grundläggning och betongarbeten, NCC Construction Sverige AB, handlades upp först. Martinsons har inte några egna montörer för att montera de hus man sålt stommar till, utan de utbildar den anlitade byggentreprenörens, i det här fallet NCCs, anställda montörer. Vid tidpunkt när totalentreprenaden för bygg skulle upphandlas var byggbranschen i Växjö regionen överhettad, vilket innebar att de större aktörer som kunde varit aktuella för uppdraget blev för dyra. Istället delade man upp totalentreprenaden för bygg i ett flertal total- och utförandeentreprenader där ansvaret för samordning på arbetsplatsen lades hos stomkompletteringsentreprenören, John Svensson Byggnadsfirma AB, se Figur 32. Ansvaret på arbetsplatsen och för samordning flyttades över från byggentreprenören för grundläggning och betongarbeten till stomkompletteringsentreprenören efter slutbesiktning av betongarbetena den 13 september 2007.



Figur 32. Ingående entreprenader.

Att entreprenaden blev uppdelad i så många små entreprenader innebar för projektledaren att arbetet blev mer omfattande än tänkt. Det hade behövts ytterligare en projektledare för att ansvara till exempel för alla inköp. Samordning av arbetena på arbetsplatsen har också försvårats och inneburit mer arbete för projektledaren eftersom det trots gränsdragningslistor och avtal ändå funnits otydliga gränsdragningar och varit oklart vem som ansvarat för att lösa uppkomna problem. Flera av

entreprenörerna delar uppfattningen om att det har varit tidskrävande vid genomförandet. Projektledaren menar att ett utvecklingsprojekt, som det här är, inte ska ha så många entreprenader för att fungera, men att det varit utvecklande och en positiv erfarenhet.

Byggmöten med projektledaren som byggherrens ombud, kvalitetsansvarig och entreprenörer hölls på arbetsplatsen ungefär var tredje vecka. Kontrollplan enligt PBL kapitel 9 upprättades och kvalitetsansvarig enligt PBL anlätades från Ramböll Projektledning AB i Växjö. Projektörernas och entreprenörernas egenkontrollplaner infogades i kontrollplanen. Entreprenörernas kvalitets- och egenkontrollplaner samlades på gemensam plats på arbetsplatsen.

Den kvalitetsansvarig enligt PBL på Limnologen menar att väderskydd är något som byggare måste räkna med att använda mer i framtiden och att det är en kostnad som de måste ta hänsyn till i sina kalkyler. Det som har varit utmärkande för det här projektet tycker han har varit att brandfrågorna och boendesprinkler tagit stort utrymme. Han liksom andra efterlyser en större samsyn, han menar att det nu ofta är en tolkningsfråga om hur man uppfyller de krav och rekommendationer som finns och de tolkningar som görs skiljer sig från person till person och mellan olika kommuner och totalt sett också över landet. En fråga som i slutskedet har väckt huvudbry är frågan om täthet. Det har ännu inte gått att utföra täthetsmätningar på ett sådant sätt att man kunnat utvärdera dem och få ett entydigt resultat, man har inte kunnat påvisa att täthetskravet enligt byggnormen uppfylls. Se vidare under kapitlet täthet nedan. Sedan har man haft andra problem, som inte särskiljer det här projektet från andra för att det är byggt i trä. Ett sådant är tillgängligheten i byggnaden eftersom Växjö kommun har högre krav för tillgänglighet än vad som krävs enligt normen. Problem har uppkommit främst i dörröppningar, speciellt i entréer och vid balkongdörrar. Det är svårt att lösa detaljer på ett sådant sätt att nivåskillnaden inte blir högre än kravet på 20 mm. Problemet är inte något som särskiljer det här projektet utan finns även i projekt som byggs med andra stommaterial än trä. Samma sak gäller för projektets kvalitetsdokumentation, det är lika problematiskt att få in den från berörda parter som i andra projekt. En mer detaljerad projektering, fler lösningar redan vid ritbordet istället för på arbetsplatsen tror han hade underlättat utförandet på arbetsplatsen när det gäller brand, men även tillgänglighet och kanske även täthet.

4.1.2 Säkerhet

Alla i montagelaget gick i ett tidigt skede en särskild utbildning i personligt skydd med fallutrustning. Meningen var att alla montörer skulle använda utrustningen på montageplanet i det skedet då inga väggar ännu monterats. Montagearbetet visade sig bli för komplicerat eftersom linorna trasslade in sig i varandra då var och en rörde sig fram och tillbaka under arbetet. Att arbeta med skyddsutrustningen ansågs annars inte vara särskilt besvärligt utan mer en vanesak. Utrustningen användes sedan av dem som arbetar med de arbetsmoment som innefattar en fallrisk som till exempel vid montage av ytterväggar där inga balkonger finns samt montage av bjälklag mot lastzonen i början av ett bjälklagsplan. Även den som arbetar närmast den fria bjälklagskanten vid fortsatt montage på bjälklagsplanet har fallutrustning, se Figur 33 (a). För att undvika fall ner i öppna installationsschakt önskar montörerna att öppningarna förses med skyddsskivor redan i fabrik så att man slipper montera dem på arbetsplatsen.



(a)



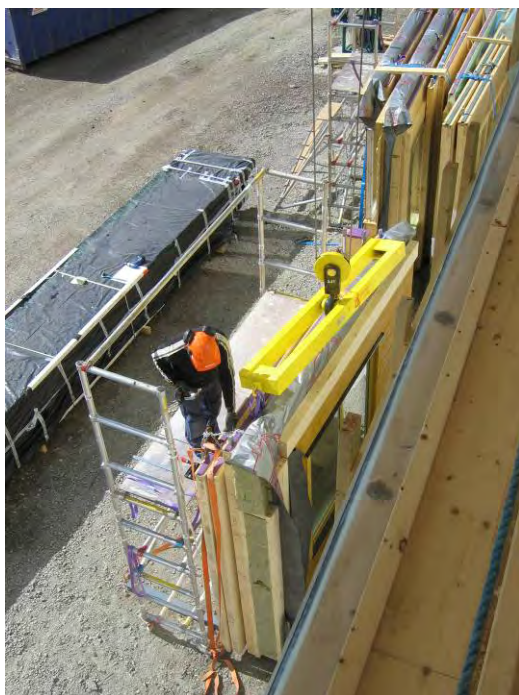
(b)

Figur 33. Montage av (a) bjälklag och (b) räckesståndare.

Allt eftersom bjälklagen monteras sätts också skyddsräcken upp vid de fria kanterna av montageplanet, räckena på långsidorna och framåt i monteriktningen av bjälklaget är fasta medan räcket i gaveln mot lastzonen är öppningsbart för att man ska kunna lyfta in element. Montaget av räcken är tungt, vilket beror bland annat på att de långa infästningsskruvarna för räckesståndarna ska skruvas på plats, se Figur 33(b). Att inte ha ett fast räcke även på gaveln mot lastzonen innebär en risk för montörerna och önskemålet från dem var att det skulle vara möjligt att ha ett fast räcke även där. Att det inte var möjligt från början berodde på att lyfthöjden under bockkranen först inte var tillräckligt stor för lyft av till exempel väggelement. Problemet löstes senare genom att väderskyddet höjdes högre över montageplanet än vad som var tänkt, se även om väderskydd.

Att kroka fast element i kranen nere på marken kan vara riskfyllt. Vid ett tillfälle har ett väggelement vält från stället på grund av bristfällig transportförankring och vid ett annat tillfälle lossnade de skruv som förankrar lyftöglorna i hissväggselementen. Väggelementen är lastade stående på ställ och ska krokas fast i överkanten av elementet. Det innebär att en separat ställning måste användas för att komma åt och det händer dessutom att montören måste klättra ovanpå stället och elementen för att komma åt lyftöglorna. En förenkling och förbättring av arbetsmiljön hade åstadkommit om mitten av stället kunde göras om så att den fungerade som en nedsänkt gångbrygga mellan elementen. Bryggan skulle stjäla transportutrymme, men säkerheten skulle höjas och arbetet att lossa och lyfta elementen skulle förenklas och bli mer ergonomiskt.

Totalt har man bara haft tre säkerhetsrelaterade tillbud. De tidigare nämnda samt ett då undertaget i ett bjälklagselement släppte och föll ner. Dessa har man tagit allvarligt på och vidtagit åtgärder för att förhindra att de återupprepas.



(a)



(b)

Figur 34. (a) Upphängning av väggelement i lyftok. (b) Lyft av väggelement.

4.1.3 Väderskydd

Väderskyddet "Gibson Tower" från Hallbyggarna Jonsereds är på Limnologen uppbyggt av fem par fackverkspelare med synkroniserade motorer som höjer det fasta tältet se Figur 35(a). Mellan pelarna, längsmed byggnaden, löper traversbanan med en byggtravers/bockkran med lyftkapaciteten 3.2 ton. Lyfthastigheten för kranen är 16 m/min och förflyttningshastigheten i plan 20 m/min. Konstruktionen för väderskyddet är inte självstabiliserande utan den stabiliseras via stag från fackverkspelarna mot byggnaden allt eftersom huset reses. För stabiliteten krävs att stag monterats mot grunden och mot det senast färdigställda våningsplanet se Figur 35(b). Att husen på Limnologen smalnar av på ena långsidan innebär att de stabiliserande stagen för väderskyddet på den delen måste vara långa, vilket försvårade monteraget av dem. Dessutom försvårades monteraget också av de balkonger som fanns på denna sida av huset.



(a)



(b)

Figur 35. (a) Väderskydd Gibson Tower från Hallbyggarna Jonsereds. (b) Bockkran och stabiliserande stag monterade mot betongkonstruktionen.

Det har under produktionsskedet gjorts anpassningar av väderskyddet och användningen av den på arbetsplatsen. Bland annat har man höjt tältet 1.5 m högre över montageplanet än vad som avsetts från början för att få tillräcklig höjd för att lyfta in långa väggelement. På högre höjd har det inneburit att det vid blåst blivit väldigt dragigt under tältet. För att minska risken för att slagregn skulle komma in på montageplanet var man tvungen att komplettera/förlänga sidorna nedåt på tältet med 3 m långa sektioner av nät. Täta hellånga sektioner till marken var inte ett alternativ eftersom de vid anblåsning skulle ge en för stor belastning på konstruktionen. Regn har trots höjdskillnaden mellan montageplan och underkant på väderskyddet endast vid ett fåtal tillfällen vätt ner montageplanet. Det har hänt vid tillfällen då det blåst och regnat kraftigt. Ett önskemål, som man också på grund risken för ökad belastning inte kunnat tillmötesgå, är att förse avlastningszonen på gaveln med skydd på sidorna för att förhindra att byggelementen i öppnade ställ, i väntan på montage, blir våta vid nederbörd. Dessutom skulle skydden minska risken för att elementen vid lyft slår mot fasaden för att vindbyar blåser dem i sidled. Byggtraversen manövreras från montageplanet och kontakten med den montör på marken som lossar byggelement från stället och förankrar dem för lyft hålls via radio. Ju högre huset blev desto svårare var det att från montageplanet se var kroken för traversen befann sig vid marken, att hänga över raket innebar en ökad fallrisk för kranföraren på montageplanet. För att undvika det monterades en provisorisk utstickande plattform av massivträ till bjälklaget på gaveln i montageplanet enligt bild Figur 35(a). En eventuell förbättring för framtiden kunde vara att ha en hytt eller plattform kopplad till traversbanan eller kranen.

Utan tidigare erfarenhet av att bygga under väderskydd som detta har stommontörerna på Limnologen en positiv inställning till skyddet och konstaterar att det måste vara framtidens sätt att bygga. De kan inte se att det skulle varit möjligt att genomföra montaget av Limnologen på något annat sätt. Putsentreprenören har också uttryckt sig positivt om väderskyddet, men beklagar att man river det innan deras arbeten färdigställts.

Leverantören av väderskyddet har som målsättning att vidareutveckla systemet så att man i anslutning till traversbanan och fackverkspelarna kan ha arbetsplattformar för att kunna utföra till exempel fasadarbeten. Man talar också om att komplettera skyddet med ett heltäckande fasadskydd på sidorna. Förhoppningen för framtiden är att man med de positiva erfarenheter man börjar samla på sig kan övertyga byggherrar om att de i större utsträckning ska kräva väderskydd, men även att man ska kunna övertyga entreprenörerna om att den positiva effekten på arbetsmiljön innebär en ökad arbetseffektivitet som gör väderskyddet lönsamt.

4.1.4 Montage och byggbarhet

Stomelementen levereras till Limnologen med lastbil från tillverkarna i Bygdsiljum och Umeå. Leveranserna sker just-in-time till arbetsplatsen och ställen med element lyfts av lastbilarna och mellanlagras kort på arbetsplatsen tills de ska monteras. För att kunna montera i rätt ordning är paketen med element numrerade enligt den montageplan man tagit fram på Martinsons, detsamma gäller stomelementen. Paketen körs fram med gaffeltruck i rätt ordning till lyftzonen vid gaveln på huset och skyddsplasten demonteras. Väggelementen börjar monteras i den från lyftzonen sett borte änden och bjälklagelementen i änden närmast lyftzonen. Arbetslaget som monterar bestod av en arbetsledare, sex montörer och två kranförare. Väggelementen monteras av en kranförare och tre montörer medan de resterande tre utför kompletterande arbeten som att skruva samman dragstag, fästa ihop element i hörn och till bjälklaget. Bjälklagelementen monteras av en kranförare och tre montörer, två ovanpå montageplanet och en på våningen inunder, medan övriga arbetar med att dra samman elementen, spika ihop dem och skruva dem till väggarna under samt montera skyddsräcken. De som inte deltar i montagearbetet på montageplanet arbetar också med komplettering av stommen i planen inunder.

Ett plan består av sammanlagt 30 st bjälklagelement och våningsplanen upp till och med plan sju är lika, medan det sista planet skiljer sig från de övriga. Antalet väggelement per plan är 57 st utan hisschaktväggar inräknade.



(a)



(b)

Figur 36. (a) Monterade väggar, balkar och pelare. (b) Montage av bjälklagselement.

Tiden för att montera ett plan med väggar och bjälklag beräknades under projekteringskedet att bli tio arbetsdagar. Tiden på de första våningarna blev längre men tack vare upprepningseffekten kortades tiden ner och var i slutet av montaget av hus 2 nere i tio arbetsdagar. Att montera det sista planet med väggar och takbjälklag tog längre tid än planerat, med det berodde bland annat på en miss i leveransen av element.

De flesta av de som arbetar på byggarbetsplatsen har ingen eller liten erfarenhet av att bygga större hus i trä. Den allmänna åsikten är att bygget är väldigt tyst och man uppskattar att det är torrt. Montörerna har bytt arbetsuppgifter inom arbetslaget mellan de olika husen, man menar att de få arbetsmomenten vid prefabmontaget gör arbetet enahanda och att arbetsrotation krävs för att det inte ska bli för tråkigt.

Martinsons ambitioner med att ha en hög prefabriceringsnivå på sina bjälklag ifrågasätts då lägesanpassningen av installationerna till intilliggande element och schakt är kritisk och inte alltid fungerat, vilket inneburit merarbete på arbetsplatsen. Även kompletteringsarbetena med isolering, montering av glespanel och tätning/drevning i undertaket, har tagit längre tid än planerat. Det samma gäller arbetet med kompletteringar av väggar kring fönster och fräsning av spår för golvvärme på bjälklag. En uppföljning av orsakerna behöver göras och då ta hänsyn till alla led i processen från projektering till arbetsplatsen, med resurser och bemanning inräknat.

4.1.5 Erfarenheter

Bjälklag

En generell kommentar om montörerna har haft med avseende på montaget av bjälklagselementen är att det krävs mycket skruvande med långa skruv och mycket spikande innan elementen är färdigmonterade på väggarna inunder och sammanfogade till varandra. Eftersom bjälklagselementen är så komplexa, med många funktioner, kan man dela upp erfarenheterna från byggskedet för dem i grupperna montering av elementen, komplettering av montaget, installationer, golvvärme och parkettgolv. Erfarenheterna av installationer och parkettgolv redovisas nedan under respektive rubrik.

De problem man haft vid själva montaget av element har framför allt varit svårigheter med passformen på grund av måttfel eller tillverkningsfel. Exempel på det är att man ibland har haft svårt att sänka ner undertaket i rummet sedan elementet kommit på plats på grund av dålig passform. Undertaken har då oftast varit för stora och inte fallit ner i öppningen de avsetts för, men fördelen med trä är att det går lätt att justera med såg. Problemen har mest förekommit för element med annan geo-

metri än helt rektangulär, det vill säga för element med större utkragande delar eller urtag, se Figur 37. Exempel på tillverkningsfel är att det vid upprepade tillfällen i början förekom att listen av Sylodyn® som ska minska flanktransmission var monterad både på det underliggande väggelementet och på bjälklagselementet. Ett riskmoment under lyftet av bjälklagselementen orsakas av att lyftöglorna placerats långt isär, vilket orsakar stora dragkrafter i lyftstropparna som används.



Figur 37. Montage av bjälklagselement som kan vara problematiskt att montera sett från montageplanet (a) och från våningen inunder (b).

Problem som uppkommit i samband med de kompletterande arbetena av bjälklagen är i stor utsträckning förknippade med arbetet att komplettera undertaket. För att täta mellan de olika våningarna i skarven mellan bjälklaget och väggen det ligger upplagd på, drevades spalten mellan undertakets kantbalkar och intilliggande vägg. Arbetet visade sig bli omfattande och obekvämt eftersom det utförs med uppsträckta armar ovanför huvudet. Motsvarande gäller kompletteringen av isoleringen som inte monterats på fabrik, se Figur 44(a). Redan monterad isolering måste ofta också demonteras för att komma åt att komplettera och justera installationer. Även glespanelen, som till hälften kompletteras på plats har varit ett problem och irritationsmoment. Problemet består av två delar en del som har med arbetet att göra och en andra som har med svårigheterna att sedan montera gipsskivorna. Arbetet har blivit drygt bland annat för att man ibland varit tvungen att riva undertaket för att komma åt att komplettera och justera installationer. Eftersom glespanelen från fabrik avslutats vid sidan av balkarna i undertaket har skarvningen av den försvårats för att det inte finns något att spika i och man blir tvungen att skarva med skarvklossar, se Figur 38(b). Om panelen i intilliggande element dessutom börjat spikas från olika ändar av elementen blir konsekvensen att den inte alltid hamnar mitt för varandra, vilket sedan försvårar spikningen av gipsskivorna. Problemet åtgärdas med att man monterar extra glespanel. Från montörernas sida ifrågasätts nyttan med att ha undertaket monterat på fabrik eftersom det i många fall varit enklare att montera och justera installationer, montera isolering och glespanel i efterhand.



(a)



(b)

Figur 38. (a) Bjälklagselement som ska kompletteras med isolering. (b) Skarvning av glespanel mellan element.

Det är svårt att på ritbordet förutse allt som måste fungera för att få ett felfritt utförande till färdig byggnad. De fel och brister som uppkom på arbetsplatsen kan kanske till en viss del bero på detta. Vilken nivå på prefabricering man ska ha för att få optimal lönsamhet i ett byggprojekt är en svår fråga. Ju mer komplicerad en konstruktion är desto större är också risken för fel. Ansträngningen och kostnaden för att inte få fel och brister måste vägas mot kostnaderna för merarbetet.

Väggar

För montage av väggar gäller på samma sätt som för bjälklagen att montörernas generella synpunkt är att det krävs mycket skruvande med långa skruv och mycket spikande innan elementen är färdigmonterade till bjälklaget och sammanfogade till varandra.

Man har haft en del måttfel eller tillverkningsfel på väggelementen. Längden på några ytterväggs-element vid lägenhetsskiljande vägg har varit fel vilket krävt att man på plats fick förlänga respektive förkorta väggelementet. Felet orsakades av en sen flytt av den lägenhetsskiljande väggen och ändringen kom inte ut till produktionen innan det var för sent. Att materialet är trä förenklar förändringsarbetet på plats eftersom det är lätt att bearbeta, såga och skruva i.

Ett systematiskt fel som drabbade de lägenhetsskiljande väggarna, som har ett tunnare isoleringsskikt innanför beklädnadsskivorna, orsakades av att leverantören av isolering inte kunde leverera 28 mm tjock isolering, vilket skulle motsvarat läktens tjocklek. Istället blev isoleringen 35 mm det vill säga 7 mm tjockare än läkten. Skillnaden innebar att monteringen av de styva Protect F försvårades eftersom man var tvungen att med kraft pressa skivan mot läkten för att kunna skruva fast den. Problemet försvårades ytterligare av elledningar och eldosor i isoleringsskiktet se Figur 39(a). Måttnoggrannheten för distansen mellan väggreglarna har vid tillfällen varit bristfällig, vilket inneburit att det varit svårt att få gipsskivorna att passa. De lägenhetsskiljande väggarna var behäftade med ytterligare systematiskt fel på höjdmåttet som hade konsekvenser för golven i huset, vilket beskrivs under erfarenheter av parkettgolv.



Figur 39. (a) Lägenhetsskiljande vägg med isolering. (b) Avståndet mellan väggreglarna har inte varit exakt anpassat till väggsnivåerna.

Tillverkningsfel eller brister som hade direkt påverkan på montaget var att man vid några tillfällen glömt montera dragstänger i elementet, vilket orsakade stillestånd. En brist som försvårade lyften av elementen har varit att lyftöglorna placerats på ett sådant sätt att elementet hängt snett när det lyfts. Fel av dessa slag kan lätt avhjälpas med kontroll och kunskap.

Ett arbetskrävande kompletteringsarbete i väggelementen har varit förknippat med montaget av fönster. Skruven för infästning av fönsterpartierna har varit felaktigt monterad eller otillräckligt inskruvad, vilket inneburit att man på plats var tvungen att göra om arbetet. En stor brist har också varit slarvigt utförd tätning kring fönster. Bottningslist och drevning har inte alltid monterats rätt och den avslutande fogtätningen har utförts slarvigt på ett sådant sätt att skivorna för inklädnad av fönstersmygen fått specialbeställas eller justeras före montage.

Installationer

VS, ventilation och sprinkler

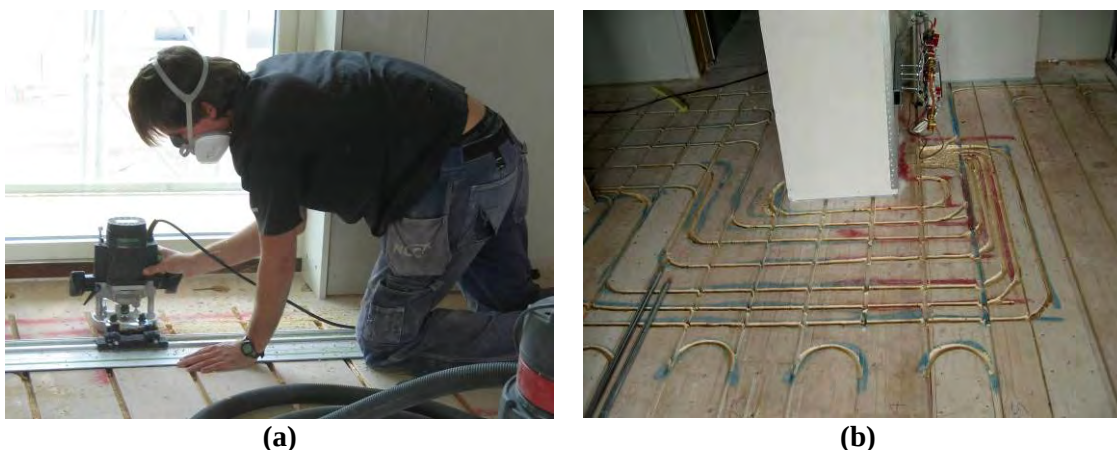
En del korrigering och komplettering för håltagningar har fått göras på plats, men även i en del fall justering av ledningsdragning. Eftersom de olika installationerna ligger i olika nivåer av bjälklaget har konsekvensen av att behöva göra justeringar av dem på plats varit olika allvarlig för de olika typerna. Svårast har varit att justera avlopp och vatten eftersom de ligger i den övre bjälklagskonstruktionen. Att koppla in avlopp och vattenledningar till varandra i intilliggande element och till stammar i schakten har ibland försvårats av att ledningarna ligger i olika läge, vertikalt och/eller horisontellt. Om ledningarna varit rörliga i sidled har justeringar kunnat göras förhållandevis enkelt, men om de låsts i sitt läge, till exempel av ytterdiametern för hålet i balken den går igenom, blir justeringsarbetet svårare. Arbetet har förenklats av att man på fabrik börjat göra hålen för sådana genomföringar överstora. På några ställen har det varit trångt om utrymme i bjälklaget speciellt där installationerna måste kompletteras med brandskyddsisolering.

Golvvärme

Bjälklagselementen levereras till byggarbetsplatsen med spår endast frästa enligt standardiserat mönster i längdled i elementen utan sammankopplande radiella spår mellan varandra och utan hänsyn till rumsbildning. De kompletterande spåren i golven frästes på arbetsplatsen av Martinsons byggentreprenör efter att lättväggar byggts, väggar och tak kompletterats med gipsskivor. I arbetsmomentet ingick även att städa av golvytan inför rörentreprenörens arbete att lägga golvvärmeslingor. Arbetet blev tidskrävande eftersom de befintliga golvvärmespåren under byggets gång fyllts med träspån, gipsdamm, skruv, kabelsnuttar och liknande. Dessutom krävde avlägsnandet av

metallföremål i spåren ett extra arbetsmoment eftersom dammsugarna inte klarade av att suga upp dem direkt.

För att inte förstöra verktygen var spikarna i elementskarvarna tvungna att avlägsnas innan fräsningen kunde påbörjas. Att spikar trots allt blivit kvar hände åtskilliga gånger, vilket i längden blivit kostsamt. Att fräsa de radiella sammankopplande spåren gjordes stående med en utrustning som tagits fram och anpassats för ändamålet, medan de raka spåren frästes knästående med en handöverfräs. Arbetet var ur ergonomiskt synpunkt dåligt och tyvärr omfattande.



Figur 40. (a) Fräsning av kompletterande raka spår. (b) Spår för golvvärme till och från central fördelare.

De omfattande extraarbetet med spåren för golvvärme har medfört att Martinsons i framtida projekt inte kommer att fräsa spår i massivträskivan utan erbjuda en annan lösning för golvvärme.

Ett problem med golvvärmerören som uppdagades för rörentreprenören redan i plan 1 var att de rör man från början föreskrivit orsakade problem för de hade en tendens efter att de böjts och lagts på plats smita ur spåren och återgå till sin ursprungliga raka form. Slingorna byttes till en dyrare variant som bibehöll sin form efter att de böjts på plats.

El

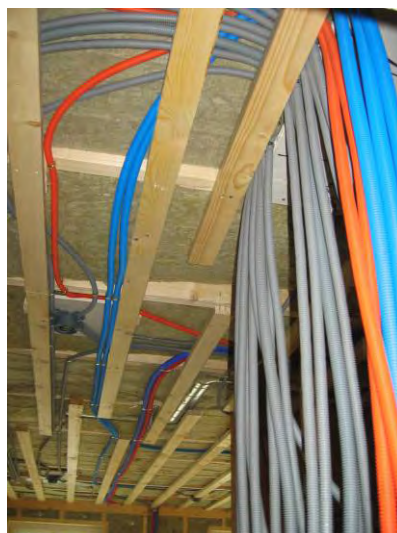
Utan tidigare erfarenhet av att medverka i ett projekt med Martinsons byggsystem så har arbetsmiljön uppfattats som väldigt trevlig, framför allt att det är tystare och torrare jämfört med byggarbetsplatser med betongstomme.

De praktiska problem man haft är att borrar av ursparningar för eldosor i massivväggarna har i några väggelement varit besvärligt eftersom det förekommit invändig spik/skruv i elementen som förstört skäret i bormaskin. Spiken/skruv har varit placerad i ungefär samma läge i elementen så man lärde sig att förutse dem.

Vid kontroll av el-arbetena har det här förekommit fler fall än vanligt, jämfört med andra sorts byggen, att elledningar kortslutits av spik, i det här fallet spik för uppsättning av gipsskivor. Felet måste åtgärdas genom att bryta upp väggen, ta bort spiken och byta ledningen. Eftersom kontrollen görs efter att ytskikten färdigställts innebär felet ett omfattande arbete som innefattar flera entreprenörer.



(a)



(b)

Figur 41. (a) Fräsning av spår och ursparningar för elrör och eldosor. (b) El monterat i undertak.

Parkettgolv

Läggning av parkettgolv enligt leverantörens anvisningar skulle endast vara möjlig vinkelrätt mot golvvärmarens riktning. I det första huset som byggdes var man på grund av höjdskillnader tvungen att flytspackla golven för att få dem horisontella, vilket innebar att parkettgolven kunde läggas oberoende av golvvärmarens riktning. Höjdskillnaden på golven orsakades av att de lägenhetsskiljande lättväggarna ofta låg på plustolerans, 2 mm som mest, medan andra kringliggande väggar med massivträstomme hade negativa toleranser, upp till 2 mm. Med antalet våningar ökade höjdskillnaden och man var tvungen att vidta åtgärder för att få golven horisontella. I det andra huset som byggdes var man medveten om problemet och åtgärdade det genom att hyvla bort skillnaden i väggelementhöjd under innerväggselementen. Det innebar att golven inte behövde flytspacklas, men att parkettgolvets riktning var tvunget att anpassas till golvvärmarens riktning. För att plåtarna för spridning av golvvärme och golvvärmaren i dem inte skulle skadas så valde man att lägga parkettgolven innan målning av väggar och tak och inredning kommit på plats. Golven skyddades med en kraftigare papp som tejpades i skarvar och till intilliggande väggar. Det visades sig att det inte har räckt som skydd utan parketten trots allt har fått skador i en sådan omfattning att golventreprenören inte vill ansvara för slutprodukten om man inte byter arbetsförfarande. För att minska skadorna enligt golventreprenören skulle det vanliga förfarandet att lägga parkettgolven nästan sist vara att föredra eller att istället för papp välja en hård träfiberskiva som skydd.

Balkonger

Balkongplattorna på södra sidan monterades samtidigt som bjälklagsplanet. Även de slutliga räcke- ståndarna monterades och utnyttjades som stolpar för det provisoriska skyddsräcket i byggskedet, se Figur 54(a). Montaget av balkonger och stommen till dem har i stort sett fungerat bra. Det har förekommit några enkla tillverkningsfel och transportskador samt att några balkongplattor haft sprickor. Det man inte hade räknade med var att delar av balkongkanten med hålkäl intill fasaden måste sågas bort för att det skulle vara möjligt att montera infästningsplåtarna för de stabiliserande stagen på väderskyddet, se Figur 47(b). Efter demontering av stagen var man naturligtvis tvungen att laga de påverkade delarna. Lagningar av beläggningen gjordes också vid infästningspunkterna för lyftstroppar, se Figur 54(c).



(a)



(b)



(c)

Figur 42. (a) Balkonger på den södra långsidan. (b) Detalj av "hålkal" i bakkant av balkongplatta. (c) Lyftöglor.

Hiss

För montage av hisschakt har det inte rapporterats mer än enstaka problem. Systemen är relativt robusta och repetitionsnivån är hög. Montaget av hisstommarna har under montagets gång effektiviserats genom att man först monterar ihop väggelementen till schaktet och därefter monterar den till schaktet på våningen inunder, se Figur 43.

Hissleverantören menar att montaget av själva hissarna har tagit längre tid än vanligt, vilket främst beror på ovana med den nya sättet att montera hissen, men han tror att det nästa gång skulle vara både enklare och gå fortare. Infästning av gejderfästen har varit problematiskt eftersom hissarna monterades efter att väggar i intilliggande lägenheter gipsats färdigt och att det därmed inte gått att komma åt att göra infästningarna på ett enkelt sätt.



Figur 43. Montage av hisschakt.

Metoden för att bygga hisschakt i trä menar han kunde utvecklas till exempel genom att man tar fram beslag eller plattor för infästning av gejderfästen anpassade till montage i trä. De kanske till och med skulle kunna monteras på plats i massivträskivorna på fabriken.

Trappor

Vagnstyckena till trapporna och balkar till vilplanen monteras i samband med övriga stommen. Provisoriska plansteg och vilplan av plank monteras i trapplöpen för att användas fram tills de rätta monteras i slutet av byggskedet, då vagnstyckena målats med brandskyddsfärg. En synpunkt från montörerna är att montaget av vagnstycken och balkar innebär besvärliga arbetsställningar eftersom man måste stå på stege eller trappstege medan man monterar ihop delarna. Varje förband i innehåller dessutom många skruv som ska monteras medan man står där, vilket kan kännas osäkert.



(a)



(b)

Figur 44. (a) Montage av vagnstycken för trappa. (b) Färdigmonterade vagnstycken.

Stabilisering

Att montera de stabiliserande dragstagen, gängstängerna, har fungerat oväntat bra, de har passat och varit i rätt läge. I något väggelement fattades stängerna, vilket innebar ett stillestånd på arbetsplatsen. Problem av sådan art åtgärdas lätt med tillverkningskontroll på fabriken.

4.1.6 Fukt

Martinsons målsättning med att bygga med väderskydd är att få ett torrt byggande. För att det ska uppfyllas måste också hela kedjan av händelser från tillverkning fram till montage och inbyggnad fungera utan fuktpåverkan. Tillverkningen av vägg- och bjälklagselement sker inomhus av massivträskivor med en målfuktkvot på 12 %. Väggelement paketeras genom att de ställs vertikalt intill varandra på speciella ställ av stål, medan bjälklagselementen läggs ovanpå varandra. Paketen med element plastas in och lagras sedan utomhus på upplagsplats i väntan på leverans till Växjö.



(a)



(b)

Figur 45. (a) Leverans av väggelement. (b). Mellanlagring av balkar och pelare vid södra långsidan av byggnaden.

Bjälklagselementen levereras på en täckt lastbil medan väggelementen levereras på öppen lastbil, vilket kräver mer av emballaget för att elementen ska vara skyddade. Fuktkvoten i massivträskivorna är ungefär 14-15 % vid leverans till byggarbetsplatsen. Stickprov på fuktkvoten har utförts några gånger vid ankomst till arbetsplatsen och det visar sig stämma. Balkar och pelare av limträ för inomhusbruk levereras styckvis emballerade till byggarbetsplatsen och har en fuktkvot på 12 % vid tillverkningen. Fackverkstakstolar, impregnerade limträbalkar och pelare för utomhusbruk levereras i täckta bilar utan emballage. Avlastning från lastbilen sker med gaffeltruck och paketen ställs på en mellanlagringsplats utan skydd tills de flyttas till lyftzonen för montage, se Figur 53.



(a)



(b)

Figur 46. (a) Flyttning av bjälklagselement. (b). Ställ med väggelement i lyftzonen och skyddsplast som lossnat på fasaden.

Mellanlagringen fungerar bra ur fuktsynpunkt och emballaget är helt. Skadat emballage, kan i värsta fall orsaka mer skada än nytta om eventuellt inläckande vatten inte kan komma ut ur paketet. Montageskedet är annars det mest kritiska för elementen eftersom emballaget avlägsnas från paketet och de står nere på marknivå där väderskyddet skyddar otillräckligt vid regn, se Figur 47(a). Även montageplanet är känsligt för regn i kombination med kraftig vind som kan driva in regnet. Det har hänt vid något tillfälle att det regnat och vatten kommit in på bjälklagen. Bjälklagen har hunnit torka ut under montageskedet innan golvvärme och parkett lagts på plats. En leveransmiss av vägg-element orsakade ett långt stopp i montaget av taket, vilket betydde att de oskyddade takstolarna, som redan levererats stod ute i det fria under längre tid. Att virket torkar ut på den ventilerade vinden är möjligt, men att inte provisorisk täcka över materialet är anmärkningsvärt.



(a)



(b)

Figur 47. (a) Takstolar i väntan på montage. (b) Skyddsplast som lossnat på grund av blåst och otillräcklig skarvlängd på skyddsplast.

Ytterväggselementen för fasaden med puts levereras med plast monterad utanpå massivträskivan. Att skyddsplasten delvis revs loss av blåsten hände ganska ofta i början se Figur 47 (b). Montörerna var då tvungna att från en korg i kranen häfta fast den igen. Problemet åtgärdades och blev bättre då skarvlängden för skyddsplasten har förlängts så att den gott och väl täcker tidigare monterade element. Utökad kontroll av ytterväggselementen infördes då man i media diskuterade riskerna med putsade fasader på trähus. Fuktkvot i massivträskivorna har mätts innan isoleringen monterats.

Att branschreglerna för användning av gipsskivor i våtrum ändrades precis när kompletteringsarbetet på huset påbörjats innebar att man var tvungen att ändra utförandet i våtrummen. Skivor av normalgips eller Protect F byttes ut eller kompletterades med Minerit normalskiva innerst och våtrumsskiva ytterst.

4.1.7 Sättningar

I byggskedet inledde Växjö universitet mätningar av sättningarna i hus 2, se kapitlet Uppföljnings- och informationsprojekt. På den norra fasaden på utsidan av massivträskivan monterades i varje våningsplan en referensstång av metall. Med hjälp av lägesgivare som fästs i stagen mäts den relativa förskjutningen mellan de olika våningarna. Sammanlagt får man den totala förskjutningen av alla våningar så den första stångens läge är en fix punkt. Resultaten har inte utvärderats i sin helhet men tyder på att sättningarna fram till inflyttning inte är så stora man förväntat sig. Det återstår dock att se hur de ökar efter att huset tagits i bruk, en ökad uppvärmning kan ju innebära att krympningarna på grund av uttorkning ökar och kanske även att den ökade lasten på stommen skulle påverka sättningarna.

4.1.8 Fasadputs

Enligt putsentreprenören har arbetet med fasaderna gått bra. Att mekaniskt fästa isoleringen till massivträskivorna har fungerat bra för det är lätt att hitta infästningspunkter. Ett visst merarbete har orsakats av att man varit tvungen att göra ursparningar i isoleringen för läkt på utsidan av massivträskivan. Plastfolien som skyddat väggelementen har varit mycket bra och man önskar att fasader i större utsträckning även i andra projekt på samma sätt skulle skyddas från nedvättning. Väderskyddet är också något som uppfattats som positivt, men man beklagar att det flyttades innan arbetet med fasaden var färdigt. Att man på grund av säkerhetsskäl inte kunde fortsätta med fasadarbetet under tiden tältet flyttades var något man inte tagit hänsyn till vid planeringen, vilket innebar att arbetslaget några dagar stod utan arbete.



(a)



(b)

Figur 48. (a) Ställning för fasadarbeten. (b) Fasadelement med skyddsplast.

4.1.9 Täthet

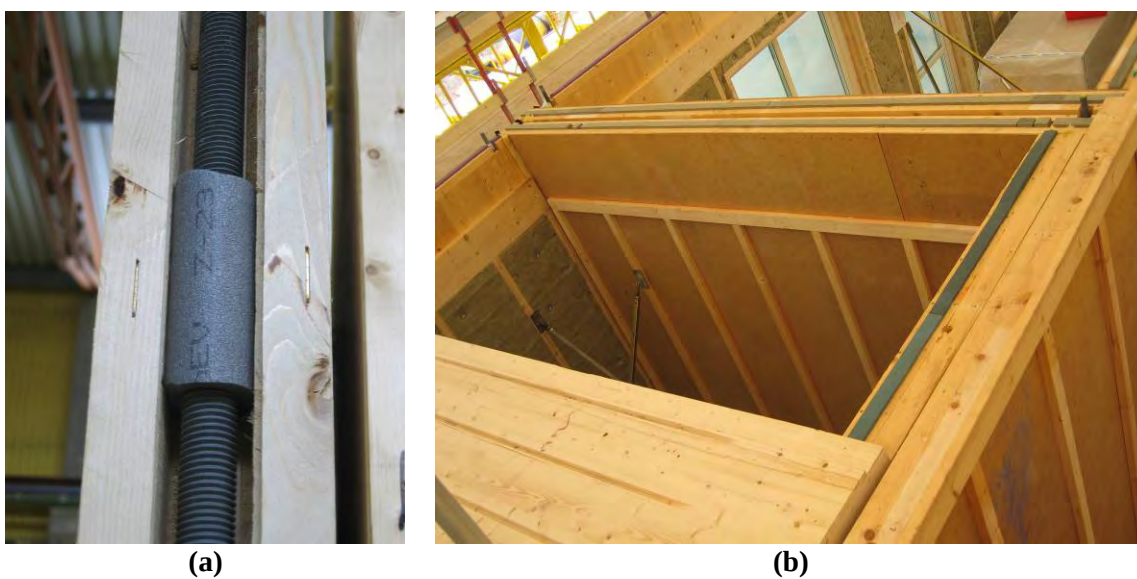
Klimatskalets täthet i ett hus är en viktig faktor för energiförbrukningen. I BBR /3/ har man för bostäder tagit bort kravet på täthet. Eftersom Limnologen är ett energisparprojekt har byggherren ställt ett krav på täthet i byggnaden. Kravet motsvarar täthetskravet i det alternativa krav på byggnadens energianvändning som ställs i BBR kap 9.4. Kravet som ställs är att med ett påfört under- eller övertryck på 50 Pa ska läckaget genom en kall yta inte bli större än 0.6 l/s m. Inget krav på täthet genom varma ytor har preciserats. Den kalla ytan på Limnologen definieras av klimatskalet det vill säga bottenbjälklaget, ytterväggar och yttertak. De varma ytorna utgörs av tak och golv mot över- och underliggande lägenheter, och väggar mot intilliggande lägenheter, trapphus, hisschakt och övriga varma utrymmen. I en lägenhet i mitten av huset, till exempel på plan fyra, består den största andelen av begränsningsytorna av varma ytor, medan de kalla ytorna utgörs av ytterväggarna på långsidorna på huset. Den kalla ytan kan i det här fallet bli betydligt mindre i jämförelse med den varma ytan. Att tätas den kalla ytan är i praktiken inte en tillräcklig åtgärd för att uppfylla kravet, utan tätning även mot de varma utrymmena måste göras för att uppnå det ställda nivåerna. För att klara ljudkrav och förhindra brandgasspridning tätas konstruktionen vid genomföringar och inuti i spalter och skarvar.

I de provtryckningar man hittills har utfört på plats har man inte uppnått det ställda kravet. På Skanska Inneklimat som utfört provningarna menar man att det inte går att utvärdera resultaten av försöken eftersom det är omöjligt att avgöra hur stor del av läckaget från lägenheten som sker genom en varm eller kall yta. Det man skulle behöva göra är att även sätta angränsande varma utrymmen under tryck, vilket i förlängningen skulle innebära att hela huset skulle behöva provtryckas samtidigt, något som i princip är orimligt. I andra projekt, som man tidigare provtryckt, har man klarat av att uppfylla de krav som ställs i normen. Byggnaderna i de fallen har, till skillnad från byggnaderna Limnologen, haft en stomme av betong med utfackningsväggar med regelstomme i ytterväggarna. Ytorna i en stomme av betong blir naturligtvis tätare än i en stomme av trä eftersom knutpunkterna mellan bjälklag och väggar är ihopgjutna. Knutpunkter och anslutningar i en trästomme är mycket mer komplexa och består av många skikt som måste kopplas samman. Ett otät skarv eller en genomföring i rummets ytskikt innebär en väg för läckage då utrymmet bakom kan bestå av isolering som inte är tät och tillåter spridning av läckan till en större yta. Frågan är hur

mycket är det rimligt att täta om ljud och brandkrav uppfylls. För att få en helt tät konstruktion krävs mycket arbete och stor noggrannhet vid utförandet. Ytterligare en fråga är om inte ett eventuellt krav på läckage ska omformuleras så att man kan särskilja täthet mot klimatskalet från täthet mot inre varma delar, metoden för att provtrycka byggnader skulle också kunna utvecklas på liknande sätt.

4.1.10 Ljud och vibrationer

Ljudmätningar för att mäta ljudisoleringen i lägenheterna har på uppdrag åt beställaren utförts av ÅF-Ingemansson AB. Resultaten visar att ljudklass B, som är en högre ljudklass än vad normen kräver, uppnås för luftljud mellan lägenheter och utrymmen i samma plan. För luftljud och stegljud mellan lägenheter ovanpå varandra uppnås ljudklass B med mindre marginal än man väntat. Det kan bero på att ljudmätningen utfördes innan allt var helt färdigtställt bland annat upptäcktes att tätningar kring rörgenomföringar mellan våningsplanen inte färdigtställdes. På Inre hamnen i Sundsvall hade man större marginaler och på Martinsons misstänker man att skillnaden också kan orsakas av de olika sätten att stabilisera husen. Man tror att de stabiliserande dragstagen som är genomgående från översta våningen till betongbjälklaget kan bidra till att föra över ljud. Stagen är monterade i överstora vertikala hålrum inuti väggarna och isoleras intermittent med teknisk isolering för att förhindra att stagen kommer i direkt kontakt med själva väggelementet. Om väggelementen monteras lite excentriskt ovanför varandra, kan effekten när dragstagen förspänns, bli att staget någonstans trycks mot väggelementet och bidrar till en ökad ljudöverföring.



Figur 49. (a) Isolerad gångstång i massivträskiva. (b) Mellanlägg av Sylomer® ovanpå vägg för att minska flanktransmission.

Eftersom man av besiktningsmannen från Bengt Åslund Byggkonsult hade fått anmärkning på vibrationsegenskaperna för bjälklaget i den lägenhet där man har störst risk för besvärande vibrationer utförde ÅF-Ingemansson AB också en vibrationsmätning där i samband med att man utförde ljudmätningarna. Resultatet visade att bjälklaget gott och väl hamnar inom säkert område för bjälklag i Boverkets handbok /4/. Att göra en objektiv bedömning av vibrationsegenskaperna är svårt eftersom uppfattningen om vad som är störande eller inte är väldigt beroende av individens personliga uppfattning. För bostäder finns gränsvärden för tillåtna vibrationsnivåer, men de saknas för lokaltyper som kontor. För att utvärdera de verkliga vibrationsnivåerna måste man utföra en mätning på plats.

4.2. Rydebäck

4.2.1 Organisation, entreprenad och kontrollsystem

Bygget startade under första kvartalet 2006. Byggentreprenören, E, var generalentreprenör. Byggledarfunktionen innehades av byggherren, Derome Förvaltning AB som också hade rollen som kvalitetsansvarig K. Underentreprenörerna, UE, bestod av Vent, VS, El, Mark och Hiss-entreprenör.

Byggnadsentreprenören var organiserad på ett sedvanligt sätt med arbetschef, kalkylator och på byggplatsen, platschef, arbetsledare och utsättare. En arbetsledare tillika biträdande platschef var särskilt utpekad för att ansvara för träbyggnationen. UE representerades av en hantverkare med arbetsledarfunktion. Byggnadsarbetarna var uppdelade i två kollektiv, betongarbetare och träarbetare.

Byggmöten med byggherre, kvalitetsansvarig, huvudentreprenör och UE på arbetsplatsen hölls på arbetsplatsen i stort sett en gång per månad.

En kontrollplan enligt PBL Kap. 9 med redovisning av sakkunniga för egenkontrollen avseende kontroll av projekteringen upprättades. Underentreprenörers egenkontrollsystem liksom huvudentreprenörens kvalitets- och miljösystem infogades i kontrollplanen. Särskilda protokoll för mottagningskontroll av virke upprättades samt protokoll för fuktkvotkontroll av byggda trästomdelar. I detta sammanhang skall framhållas att ritningskopior på bjälklagsplaner med noteringar av uppmätta fuktkvotmätningar ger en bättre överblick av fuktkvotssituationen än protokoll från dylika mätningar.

4.2.2 Väderskydd

Något färdigt system för väderskydd användes inte. Väderskydd av det här formatet är fortfarande inte så vanligt. Erfarenheterna är ännu inte så stora i branschen. Kostnaderna är svåruppskattade. Storleksordningen 5-6 % av byggkostnaden har nämnts i något flervåningsprojekt med trästomme. En betydande del som utgör en ekonomisk belastning för trästommar. I praktiken finns få färdiga system att tillgå på marknaden. Klättrande system med tak har tillämpats vid några tillfällen, men i detta fall krävdes ett heltäckande system. Då fasaden inte skulle färdigställas i takt med att våningsbygget var klart. Väderskyddet byggdes först för att klara två våningar. Lyft skedde med hjälp av byggkranen. Tak uppbyggdes med fackverksstålramar och presenningar. Sidorna utgjordes av rörställningar med en genomsiktig väv på utsidan, hängande fritt från taket. Taket, tält delen, lades upp på skenor så att öppningar kunde skapas för att ta in material uppifrån.



(a)



(b)

Figur 50. (a) Väderskydd över norra delen av huskroppen. (b) Lyft av tak vid övergång mellan del 1 och del 2, vinkeln.

Den valda väderskyddslösningen visade sig vara påtagligt vindkänslig. Regnvatten blåste in från sidorna. Regnvatten som samlades i fickor på presenningstaket forsade in genom omlottskarvar när vinden lyfte presenningarna. Det fortsatta bygget av väderskydd inskränkte sig till en våning i taget. Vid påbyggnad innebar det en fuktrisk då taket fick lyftas av och bygget stod öppet ca 1 dygn för att bygga ställning, innan taket kunde läggas på igen. Väven förmådde inte hålla regnet ute vid blåst och trasades sönder efter en tid. Huskroppens utformning med en vinkel skapade svårigheter med lyft och täthet.



(a)



(b)

Figur 51. Trots väderskydd (a) fuktskadad gips och (b) fuktproblem.

Otillräckligt sidoskydd från regn och vind visade sig vara något som gav upphov till skönhetsfläckar och behov av särskild utformning av ytor i den ännu ej beklädda husfasaden. Övergångar mellan ytor innebär ofta att det uppstår en måttskillnad så att en hylla bildas, balköversidor, skivkanter etc. Hyllorna samlar smuts och fukt. Vid solsken är periodvis temperaturen rätt för att sätta igång mögeltillväxt. Mögelpåväxt fanns på den utvändiga 9 mm gipsskivan på några ställen, liksom på råsponttak över entré som inte blivit skyddat tillräckligt.

Väderskyddets positiva inverkan på arbetsmiljö och därmed arbetstakt och kvalitet är svår att mäta så att den kan ställas i relation till kostnaden. Att det är en förutsättning för träbyggande med gott resultat är dock klart.

4.2.3 Trästombyggnad

Byggnadsentreprenören valde att bygga väggar och hisschakt som platsbygge upp till våning 5. I våning 5 prefabricerades väggar, bjälklag liksom takelement i en fältfabrik på byggplatsen. Elementindelning anpassades till lyft- och utrymmesmöjligheter samt till spännvidd mellan yttervägg och centrumbalk men kunde i det flesta fall göras lika breda som lägenheten. Därmed sammanföll bjälklagsskarv i sidled med skarven för lägenhetsskiljande vägg. I samband med omkonstruktion till element förenklades upplagen på yttervägg med möjlighet att dra förbi diffusionsspärren och den öppning i bjälklaget utefter yttervägg som avsetts vara montageöppning för ledningsdragning kunde utgå då ledningsmontage utfördes vid elementtillverkningen. En buffert av element kunde läggas upp för att utjämna otakt mellan regelstomme och bjälklag. Elementen byggdes med golvspånskiva och isolerades men försågs inte med ljudregel.



Figur 52. Monterat bjälklagselement sett underifrån. Parti med ledningsdragning är inte isolerad.



Figur 53. Fog mellan bärande regelverk i yttervägg och bjälklagselement. Med tekniken att klämma ihop fogen med väggstagen och ingen minustolerans på bjälklagselementet uppstod ingen spalt. Väggen har ett lager med 45 mm minull och 2x15 gipsskivor innanför fogen.

Efter första elementet kunde man konstatera att några särskilda toleranser inte behövde byggas in för planmått. Veggstagen användes för att vinkla ut vägen i överkant. Efter pålagt element kortades väggstagen och väggens överkant pressades mot bjälklagskanten. Passningen blev mycket god. Uppkomna spalter i första skedet fylldes med hårda boardskivor.



Figur 54. Upplag för bjälklagselement i centrumlinjen samt infästning av pelartopp. Bjälklagsbalkar ligger på knap som spikats till lejbalk.

Stomstabilisering

Till stomstabilisering har ytterväggar och tvärväggar beklädda med 12 mm P30 plywood utnyttjats. Dragstag av stål, helgängad stång, har nyttjats för att ta upp koncentrerade lyftkrafter i de stomstabiliserande enheterna i våning 1 till och med 4, i längdled från 1 till och med 3. Mellan plan 3 och 4 samt mellan 4 och 5 har i ytterväggar används hålbånd som spikats med ankarspik. I längdled har syllar och hammarband spikats ihop, mot betongbjälklaget har expander använts. Syllskarv på betongbjälklag har förstärkts med hålbånd.

Uppspänning av dragstagen var tänkt att ske med momentnyckel men den metoden användes inte utan byttes ut mot uppspänning med en hydraulisk domkraft. De fyra olika typerna av stomstabiliserande enheter behandlades på olika sätt:

- o Dragstag i tvärväggar, skivbeklädda regelväggar, spändes upp våningsvis, med efterspänning några dygn senare.
- o Dragstag i de massiva skivorna spändes upp med hela skivan på plats och med efterspänning något/några dygn efteråt.
- o Plywood spikades på plats allteftersom fuktkvoten kom ner i rätt nivå.
- o Hålbånd mellan våningarna spikades på plats alltefter som våningarna byggdes på.

Förenklade spännlistor användes med angivelse av datum och spännkraft. En förbättring hade varit att förutom spännkraft också ange töjningen i stålet. Då mothållet utgörs av en limträpelare som komprimeras innebär det lite mer arbete men också större säkerhet.

De massiva skivorna som nådde upp till och med plan 3 monterades först efter att plan 2 var klart. Nivån på spännkraften i stagen kalkylerades så att stagen skulle vara spända efter långtidsdeformation i mothållande L-träpelare respektive LVL-skiva samt så att inte spänningen översteg dimensionerande hållfasthet vid beräknad vindlast.



(a)



(b)

Figur 55. (a) Uppspänt stag i plan 1. (b) Stag med skarvmutter och en halva av omgivande L-träpelare.



(a)

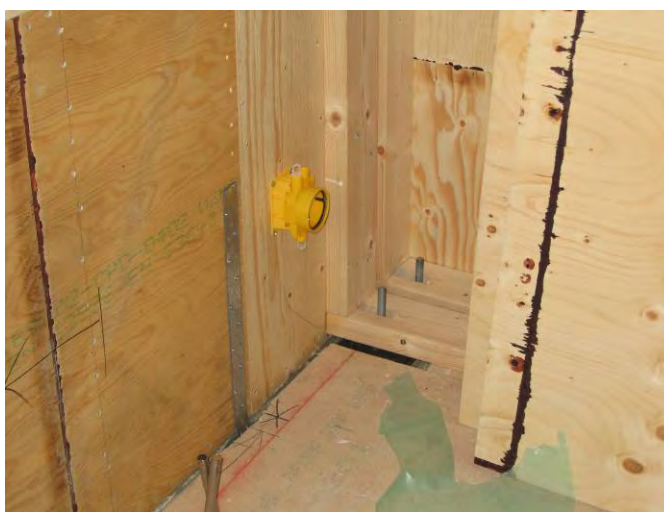


(b)

Figur 56. (a) Fot med stag till massiv skiva. (b) Ej uppspönt stag i gavel mot norr.



(a)



(b)

Figur 57. (a) Monterad massiv skiva med fot och stag. (b) Koppling mellan plan 4 och 5 med hålbånd och stag.



Figur 58. Montage av massiv skiva för stomstabilisering.

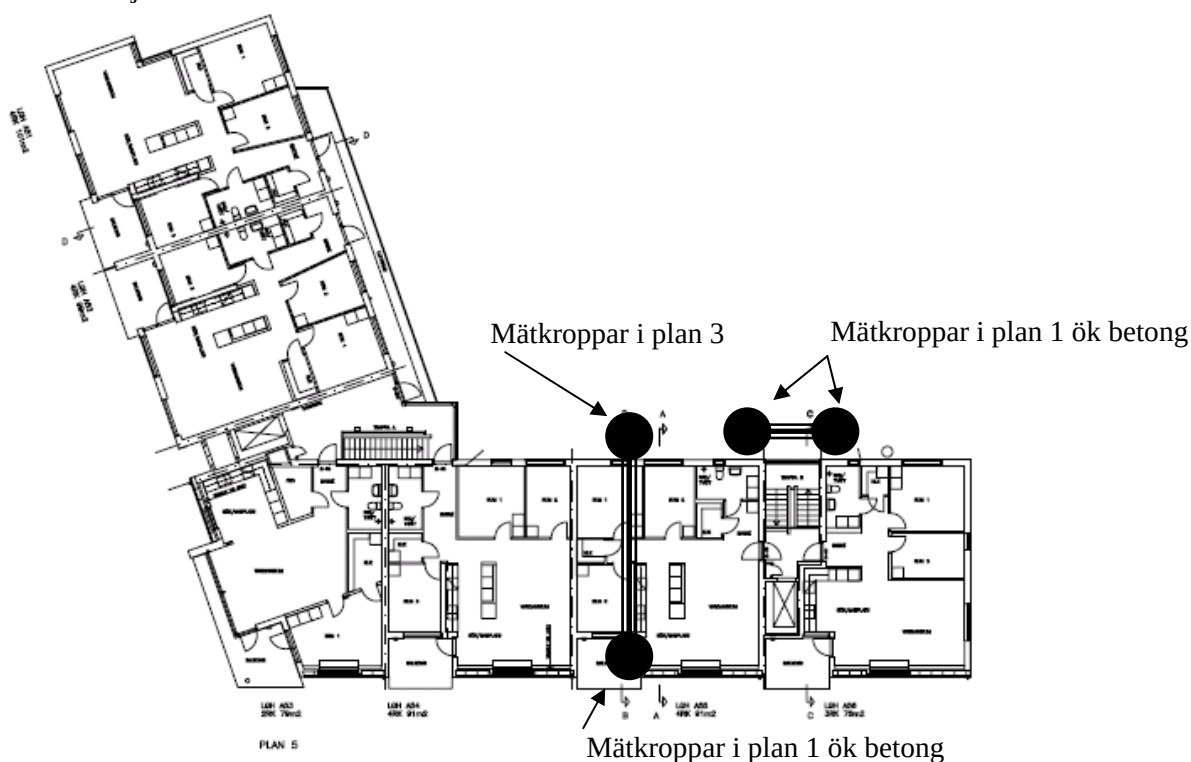
Hållbanden är avsedda att ta upp den dragkraft som enligt den elasticitetsteoretiska beräkningsmodellen uppstår när horisontalkrafter skall föras ned till grunden, mothåll från egentynad från bjälklag och väggar är inte tillräcklig stor för att motverka stjälpning. Hållbanden spikas fast i plywoodskivan och passerar förbi våningsgränsen. Skall de fungera som dragband måste de vara sträckta, ett veck på bandet leder till att andra delar i stommen tar last före bandet.

Varje stag i tvärväggarna är omgivna av två 115x90 L40-pelare, med urtag 25x50 för stagen. Pelarna är sedan kopplade till yttervägg med skruv. Stagen i tvärväggar är placerade innanför diffusionsspärren, stagen i den massiva skivan är placerad utanför diffusionsspärren. Kraven på fuktkvoten i pelarna vid uppspänning var $\geq 14\%$. Lokalklimatet under dygnet närmast uppspänningstillfället hade inverkan på aktuell fuktkvot med olikheter i krympning som följde.

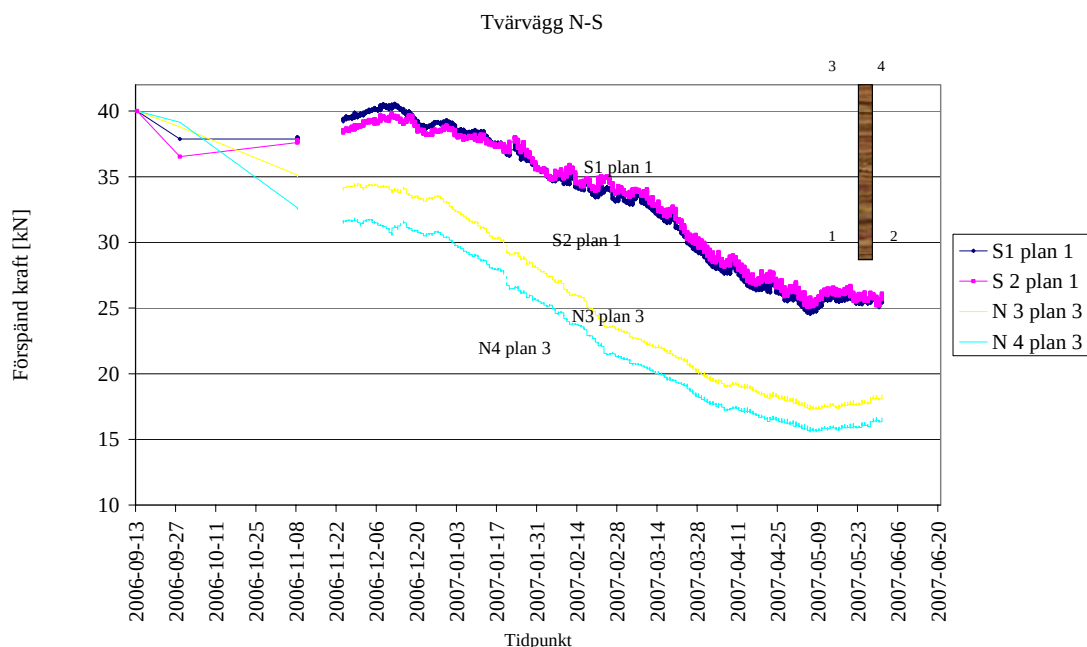
4.2.4 Mätningar av stagkrafter

I tidigare projekt med användning av dragstag för att ta hand om koncentrerade krafter har den vertikala deformation varit så stor att spännkraften före byggtidens slut sjunkit till noll. Ny efterspänning fordrades för att uppnå avsedd funktion.

I detta projekt har stagkrafter mätts i totalt 8 punkter. 4 stag i en tvärvägg och 4 stag i en massiv skiva. Stomlinjerna är vinkelräta mot varandra.

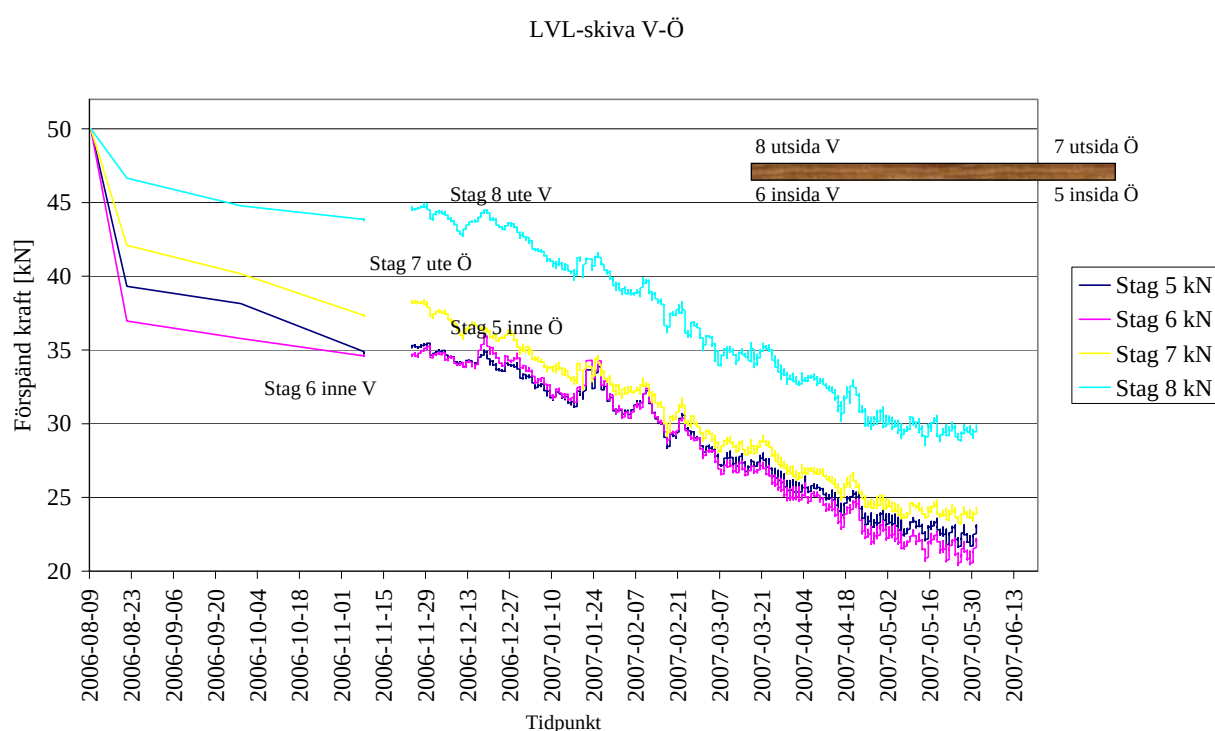


Figur 59. Lägen för mätning av stagkrafter och RH-temperatur i anslutande bjälklag samt massiv skiva.



Figur 60. Stagkraftsutveckling i tvärvägg, M16, staglängd 12000 mm. Mätropparna är kalibrerade trådtöjningsgivare som skarvats på stagen. Kontinuerlig loggning sker en gång per dygn. Vid behov kan loggning ske en gång per sekund. Förutom att mäta stagkraftens avtagande med tiden fanns en ambition att kunna mäta vindlastens inverkan på dragstagen. Kontinuerlig mätning av stagkrafter kunde inte starta direkt vid uppspänningstillfället av praktiska skäl.

Krafterna avtar tämligen omgående med undantag från en svag ökning i samband med att det invändiga skivmontaget startade och i samband med att en viss byggvärme installerades. Intransport av skivor innebär en ökande last och en snedställning av stommen skulle kunna medföra en ökad horisontallast som följd med i sin tur en ökad stagkraft i den dragna sidan av skivan. En ökad last innebär också att vertikala deformationer ökar, vilket skulle leda till minskade stagkrafter. Av kurvorna framgår att båda sidornas stagkraft ökar, dock ökar den ena sidan något mer än den andra. Det skulle kunna innebära att ökad egenvikt har påverkat stagkraften, under förutsättning att tvärväggen fungerar som en böjstyv konsol. Sannolikt är tvärväggen ur statisk synpunkt mer en skiva än en balk. Förhållandet längd/bredd är 12/10,6 vilket är betydligt större än den relation som brukar vara gränsen för att applicera teknisk balkteori. Skjuvdeformationer dominerar troligen. Den ökande spännkraften är troligtvis att hänföra till fuktdeformationer i omgivande pelare, väggreglar. Hela tvärväggen befinner sig innanför diffusionsspärren. Uttorkning av byggfukt är anledningen till den sjunkande förspänningen. Med de mätresultat som erhållits från mätsystemet syns att stagkrafterna ökar i slutet av juni. Är det fuktberoende så stämmer det med den årscykel som luftfuktigheten utomhus har.



Figur 61. Stagkraftsutveckling för massiv skiva, M24, staglängd 8930 mm.

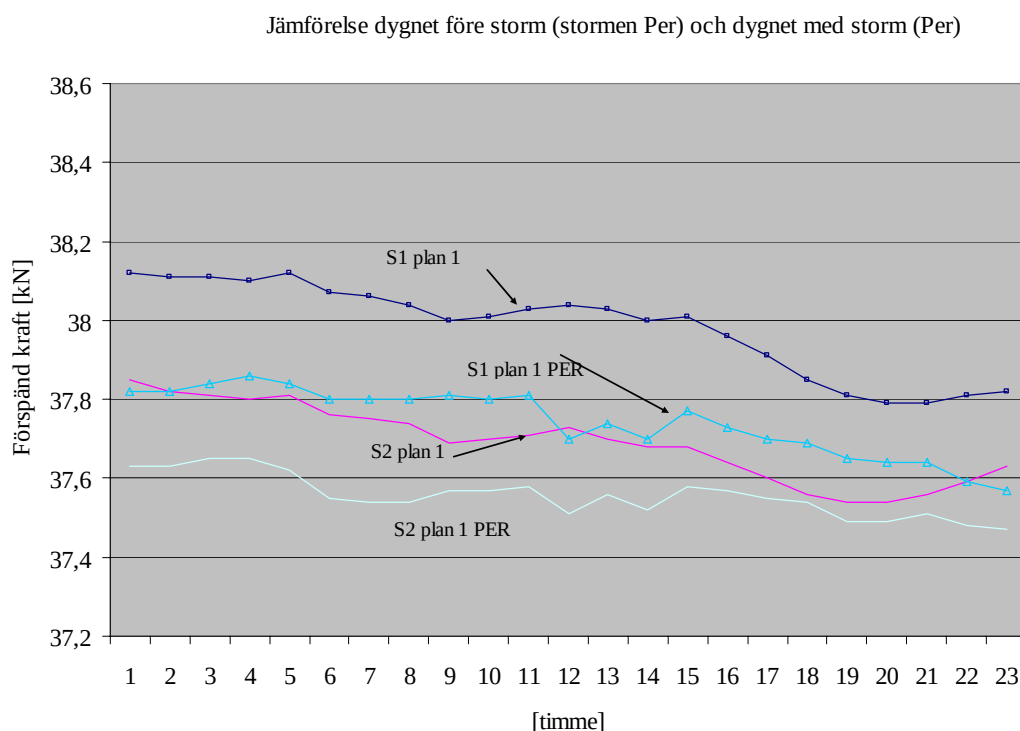
Skivan står utanför diffusionsspärren, påverkan av utomhusklimatet är därför större. Mönstret är detsamma som för stagen i tvärväggen med den skillnaden att det är stor skillnad mellan stag 8 och stag 6. Stag 8 avviker från de övriga. Detta borde leda till deformationer i skivans ena kant med en böjning inåt av skivkanten. Kurvorna följer varandra i övrigt mycket väl. Möjligheten för mätfel kan finnas men detta har inte kunnat verifieras.

Det finns skäl att förmoda att stagkrafterna följer en trappvis avtagande kurva i takt med årets luftfuktighetscykel för att efter en, bedömningsvis, 5-årsperiod närma sig ett slutvärde. Med de mätresultat som nu finns kan vi inte skatta på vilken nivå stagkraften kommer att stabiliseras.

Vindlastens inverkan på stagkrafterna

Försök har gjorts för att mäta vindkraftens inverkan på stagkrafterna. En loggning en gång per sekund av stagkrafter gjordes 2006-11-14 klockan 11:23 till 14:51 och 2006-11-15 till 14:35. Enligt väderutsikterna skulle stark vind råda i området 2006-11-14. Dock har mätdata från SMHIs mätstation i området visat att vindarna var ganska måttliga, vindar som rädde vid mättillfället, 10 minuters medelvindhastigheterna, har legat på 6 – 7 m/s och med sydvästlig riktning. Mätning av stagkrafter har vid det tillfället visat att det inte finns märkbar påverkan av vindlast.

Vid ytterligare ett tillfälle har försök har gjorts att mäta vindlasternas effekter på stagkrafterna. Jämförelser har gjorts med timmätvärden under dygnet 2007-01-14, stormen Per och dygnet 2007-01-13. SMHIs mätvärden anger en kulmen av vindhastigheten mellan klockan 0900-1500, 10 minuters medelvindhastighet, till 14 m/s, vindbyarna. Beräknas en vindstötsfaktor enligt Boverkets handbok Snö och Vindlast, BSV97, skulle 3-sekunders medelvärde på vindhastigheten ligga runt 20 m/s. Vindriktningen var rakt sydlig. Stag mot söder i tvärväggen har då legat på lovartsidan av huskroppen. Finns det någon balkverkan, konsolverkan, i tvärväggen och var vindlasten tillräckligt bör stagkrafterna ha påverkats genom en lastökning.



Figur 62. Jämförelse mellan stagkrafter under hårdvind och måttlig vind.

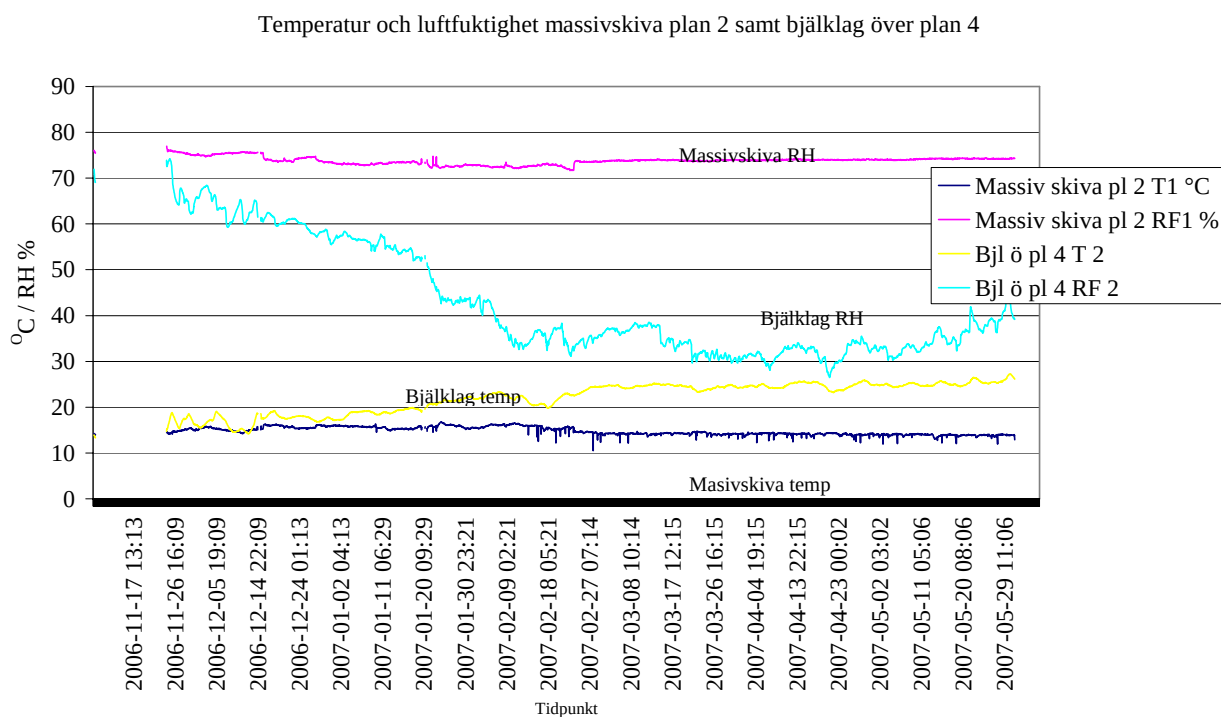
Den dominerande tendensen är avtagande stagkrafter, oberoende av vindlaster. Möjligtvis kan en viss avmattning i den avtagande tendensen tolkas in mellan 0900 och 1500 för stag S2, dock inte lika tydligt för stag S1. Det dimensionerande vindtrycket i brottgränstillstånd är enligt, BSV 97, terrängklass I, $v_{ref} = 26$ m/s, med formfaktor 1,2 1,9 kN/m². Motsvarande last av uppmätta värden, 20 m/s skulle vara 0,7 kN/m². Lastbredd 9,5 m höjd 15,6 m ger ett moment på ca 800 kNm. Dragkraften skulle då kunna vara $800/10,6 = 75$ kN. Det vill säga ca 37 kN per stag. Egentyngd av yttervägg i belastad sida med lastbredd 9,5 m kan uppskattas till 140 kN under förutsättning att väggen är så styv att den kan lyftas i anslutningen till tvärväggen och att halva lägenhetsbredden kan utnyttjas. Med hänsyn till utformning med balkonger kan sannolikt högst hälften utnyttjas. Mothållet från yttervägg skulle då ligga på nivån 70 kN, 35 kN per stag. Tillgodoräknas last från

våningsbjälklag som ligger upplagda på ytterväggarna är det troligt att vindlaster som rådde den 13 januari 2007 inte har orsakat dragkrafter i stagen.

Mätningar i detta avseende skall dock fortgå en tid för att följa stagkrafternas påverkan av vindlaster.

Väggens statiska funktion är sannolikt inte så skjuvstyv som en traditionell beräkningsmodell förutsätter. Det finns skäl att med modellförsök närmare studera funktionen för att få fram en bättre beräkningsmodell.

4.2.5 Mätning av temperatur och relativ luftfuktighet



Figur 63. Luftfuktighet och temperatur vid massiv skiva och i närliggande bjälklag.

Uttorkningsförloppet för bjälklaget är mycket lik den kurva för de avtagande stagkrafterna. Vilket stöder antagandet om att stagkrafterna i tvärväggarna är beroende av luftfuktigheten. För den massiva skivan finns inte det sambandet. Luftfuktigheten är visserligen något avtagande i början av mätningen, (senare start av mätvärden än för stagkrafter) och har en tendens att öka något mot slutet av redovisad mätperiod. Luftfuktigheten är dock hög, 73 % RH och relativt stabil, 76 % som högst till 71 % som lägst. Temperaturen vid massivskivan är också relativt konstant, ca 16 °C. Krypdeformationer i skivan och relaxation i stag skulle kunna vara en förklaring, men fortsatta mätningar får visa tänkbara anledningar.

Bjälklagstemperaturen är anmärkningsvärd hög. Vid kontroll visade det sig att det troligtvis är solinstrålning på golvet som är orsaken till den höga temperaturen.

4.2.6 Material

Sågat virke

Virke med den förskrivna fuktkvoten, 15 %, fanns inte att få levererat inom rimlig tid. Till första planets väggreglar i norra delen köptes virke med leveransfuktkvot 18 %. Man väljer att frånga bygghandlingarna för klen virke, 45x45, 45x95, till icke bärande delar. Tunnplåtsreglar i stål väljs i stället.

Uttorkningsprocessen var mycket långsam. Under april låg lufttemperaturen på i snitt 7-8 C° och en inverkan av det lokala klimatets fuktbetingelser måste tas med i produktionsplaneringen. Den kalla våren och det kustnära läget i kombination med källarvåningen i betong var faktorer som inte riktigt kunde planeras. Sambandet mellan luftens RH-nivå och fuktkvoten i trä, blev ett nytt verktyg för produktionsplaneringen. Den stora betongmassa som fanns i källarvåningen utgjorde en temperaturregulator som påverkade mikroklimatet. Fuktig luft kondenserade sannolikt i högre grad i plan 1 på grund av den kallare källardelen. Fuktkvotmätningar på virke levererat med samma fuktkvot visade att fuktkvoten var ca 1 % högre i plan 1 än i plan 2.

Det sågade virket till reglar var i huvudsak visuellt sorterat i klass C18. Stämplar försvinner snabbt vid kapning och den möjlighet till förenklad märkning på plats som finns enligt T-virkesföreningen kunde kanske utnyttjas för att undvika eventuell sammanblandning av kvaliteter.



Figur 64. Regelvirke av C18, visuellt sorterat.

Betonggjutningarnas relativt stora toleranser omintetgör möjligheten att använda färdigkapade reglar. Vilket också försvårar möjligheten att använda prefabricerade väggelement med gott resultat.

Limträ och LVL

Limträ levererades med avsedda fuktkvoter på ca 10-12 % men fuktkvoten steg upp till rådande klimats jämviktsfuktkvot. Mätning av fuktkvoten i LVL- (Kerto) produkter utgjorde ett stort osäkerhetsmoment. Fuktkvotsgivarens mätningar, (resistansgivare), påverkas av limskiktet och någon kalibrering för ta hänsyn till detta fanns inte. Utslagen blev mycket höga, över 20 % i LVL-balkar som nyss mottagits. Torrviktsmetoden för att mäta fuktkvoter i LVL är att föredra men erfarenheter av sådana metoder på byggarbetsplatser är ringa. Tänkbart är att ta fram ett utrustningspaket till byggarbetsplatser för detta skall kunna ingå i den ordinarie kvalitetskontrollen.

12 mm plywood skivor i klass P30 användes till stomstabiliserande väggar. Skivorna var tänkta att vara oskarvade i höjddled. Den önskvärda längden 3,0 m i höjddled visade sig inte vara möjligt att köpa med klassning P30. Tillverkaren fick garantera att skivor med de för objektet anpassade höjdmåtten klarar P30. I plan 5 kunde dock P30 skivor användas med skarvning.



Figur 65. Bild 1 Plywood skivor på lägenhetsskiljande vägg i hörn mot yttervägg.

Fästdon

Räfflad trådspik 100x37 visade sig vara en bristvara. Omdimensionering fick göras till 100x34 med mindre centrumavstånd, men också med lättare verktyg, som följde.

Relativt dåligt utbud på fästdon ger höga priser. Specialspikar betingar ett högt pris men substitut finns. Hur man säkerställer kvaliteten jämförelsen med andra alternativ är något som bör skrivas in i checklistor.

Insticksmontage för pelare krävde sågblad som var anpassade till insticksplåtens tjocklek. Vissa svårigheter fanns att hitta rätta blad.



Figur 66. Insticksmontage av limträpelare i lägenhetsskiljande vägg i centrumlinjen på bjälklag över plan 0, betongbjälklag.

4.2.7 Logistik

Fuktkvotsproblematiken kräver att virke och andra träprodukter kan lagras väderskyddat på arbetsplatsen eller att "just in time"-konceptet kan användas. Att bara lagra träprodukter under tak kan i vissa fall vara otillräckligt, skydd mot kondens och snabba förändringar i luftfuktighet krävs för att inte orsaka störningar i produktionen. Platsfabriker för produktion av stora prefabricerade element kräver också plats. I Rydebäck fanns möjligheter att utnyttja plattgrundläggningar för etapp 2. Mixen mellan prefabricering och platsbygge måste fastställas i ett tidigt skede.

Mängden skivor är relativt stor. Prefabricerade element utfördes inte med skivor, förutom bjälklagen som har en golvspånskiva. Komplettering av skivor och huvuddelen av installationer görs på plats. Ett snitt värde är ca 950 m² gipsskivor per lägenhet exklusive golvskivor, fördelat på lägenhetsyta handlar det om ca 140 kg/m².



Figur 67. Antalet, typ av bygghissar och placering styrs av mängden material som skall in i byggnaden.

Temporära upplag för skivpaket i byggnaden måste ske med planering för att inte överbelasta bjälklag.



(a)



(b)

Figur 68. (a) Gipsbunt på bjälklag. (b) Monterade gipsskivor med gipsbunt på bjälklag.

Uppställning av gods gjordes i de flesta fall över centrumlinjen där balk och pelare finns. Skador som kan hänföras till överlast har inte rapporterats.

4.2.8 Tider i byggprocessen

Omloppstiden för våningsbyggnation, det vill säga tiden för att regla upp väggar med plywood-skivor och isolering med en utvändig 9 mm gipsskiva på ytterväggar samt att lägga på bjälklag i ett plan, var beräknad till ca 3,5 veckor. Problemen med för hög fuktkvot för att väggarna skulle kunna dubblas förlängde omloppstiden. Efter ca 7 veckor, i slutet av maj månad, var fortfarande fuktkvoten på för höga nivåer. Fuktkvoter mellan 15 och 18 % uppmättes, byggprocessen blev mycket styrd av det rådande klimatet. Väderskyddets utformning och genomluftning hade säkert också betydelse liksom byggnadens placering i förhållande till omgivningen. I ytterväggar uppmättes fuktkvoter som var några procent högre än i innerväggar. Makroklimatet under ett väderskydd bör studeras närmare.

4.2.9 Brand

Brandskyddet på arbetsplatsen uppfattades som bristfälligt anordnat vid besöken. Bjälklagsytor var ofta belagda med stora mängder spån och stoft. Eldrivna maskiner med temporära kabeldragningar användes frekvent. Under en torr del av juni månad var temperaturen under väderskyddet betydligt över + 25 C°. Brandsläckare fanns att tillgå i en förrådscontainer intill boduppställningen. En lång sträcka för de som arbetade i huskroppens östra sida. Några släckare fanns inte utplacerade på bjälklagen. Brandskyddet på byggarbetsplatser med flervåningsstomme i trä är ett försummat kunskapsområde.

Vid arbetet med genomföringar genom brandceller uppstod viss osäkerhet hur tätningar skulle ske och kontakter med brandsakkunniga togs för att reda ut begreppen. De lösningar som kunde användas uppfattade arbetsledningen som bra och enkla, i jämförelse med betongstommar uppfattades brandsäkra genomföringar som enkla att bygga med trästommar, därav en viss osäkerhet.



Figur 69. Genomföringar av el-dragning vid brandcell intill trapphus.

4.2.10 Enkätundersökning till lägenhetsinnehavare

Nedan redovisas resultatet från enkätundersökningen av de boende. Undersökningen gjordes under slutet av september och första halvan av oktober 2007. Totalt inkom 18 svarsenkäter från 25 sålda bostadsrätter. En av de 18 lämnade en blank enkät på grund av att boendetiden varit för kort. Någon enkät saknar svar på en del av frågorna beroende på att man har för lite erfarenhet av boendet. Den genomsnittliga boendetiden för de svarande är ca 7,5 månader.

Tabell 1 Svar på enkäten.

	Frågeställning	Ja, ofta	Ja, ibland	Nej, aldrig
		A	B	C
1	Drag?	2	4	9
2	För hög rumstemperatur?	2	7	8
3	För stora variationer i rumstemperatur?	1	5	9
4	För låg rumstemperatur?	0	4	11
5	Instängd "dålig" luft?	2	5	10
6	Torr luft?	4	4	7
7	Fuktig luft?	0	2	12
8	Obehaglig lukt?	1	2	13
9	Dålig belysning i allmänna utrymmen?	0	1	16
10	Buller från ventilation och vitvaror?	3	5	9
11	Buller från andra lägenheter?	3	4	10
12	Buller utifrån?	0	9	8
13	Damm och smuts?	6	5	5
14	Svårstädade golv?	0	0	17
15	Svikt eller vibrationer i golv?	7	3	7

Kommentarer:

Fråga 1:-

Fråga 2: "+22 C° vid +12 ute utan tillskott från radiatorer".

Fråga 3: "Stor solinstrålning på grund av stora fönster leder svårigheter att bli av med överskottsvärme".

Fråga 4: -

Fråga 5: "Dålig kapacitet på köksfläkt vid stekning", "lukt från pizzeria".

Fråga 6:-

Fråga 7:-

Fråga 8:-

Fråga 9:-

Fråga 10: "Vitvaror med normala oljud", "oljud vid full fart på fläkt".

Fråga 11: "Golvtramp hörs från våningen över", "stegljud från grannen ovanpå och från loftgångar samt trappor", "hissljud samt stängande dörrar", "smällande dörrar från våningen inunder".

Fråga 12: "Vid stark blåst".

Fråga 13: "På grund av byggarbetsplats", "Trapporna".

Fråga 14: "Nej, med rätt medel för lackad parkett".

Fråga 15: "Vibrationer, stora, när fönster och balkongdörrar i grannlägenheten stängs", "stängning av ytterdörrar", "vad kan man förvänta av trägolv", "vibrationer från dörrar fortplantar sig i golven".

Sammanfattning och bedömning av svarsenkät

Övervägande delen av svaren på varje fråga ligger i kolumn C, det vill säga övervägande positiva svar.

Sorteras svaren i prioritetsordning med antal svar i kolumn A, B och C. Blir ordningen 15, 13, 6, 10, 2, 5, 11, 1, 3, 8, 12, 4, 7, 9, 14.

För några frågor finns dock anledning att fästa särskild uppmärksamhet:

Fråga 15: Svikt eller vibrationer i golv? Kommentarer avser alla fortplantning av stötar från igen-släående dörrar och fönster. Ingen av kommentarerna avser svikt från gångtrafik. Bjälklagen ser alltså ut att vara tillfredsställande styva medan väggar och infästningar av dörrar och fönster måste förbättras. Dock är det så att det finns någon boende som muntligen till förvaltaren påpekat att svikten ibland upplevs besvärande.

Fråga 13: Damm och smuts? Uppenbarligen finns här påverkan från omgivningen i form av pågående byggarbetsplatser, men också effektiviteten hos filter i tilluftsanläggningarna.

Fråga 6: Torr luft? Tiden från inflyttning till svarsenkäten ligger såväl under den torraste delen av årstiden som i den fuktigaste. Läget är kustnära.

Fråga 11: Buller från grannlägenheter, kommer först på 7:e plats vid en sortering. En del av svaren på fråga 15, att döma av kommentarerna, är kanske en del negativa svar att hänföra till fråga 11.

4.2.11 Ljud

Några boende har påtalat att ljudmiljön inte var den förväntade. Mätningar har därför genomförts i den lägenheten, A14, (lägenhet 4 plan 1) där man upplevde störningar från ovanförliggande bjälklag samt i en lägenhet som ännu inte tagits i bruk, A21, (lägenhet 1 plan 2).

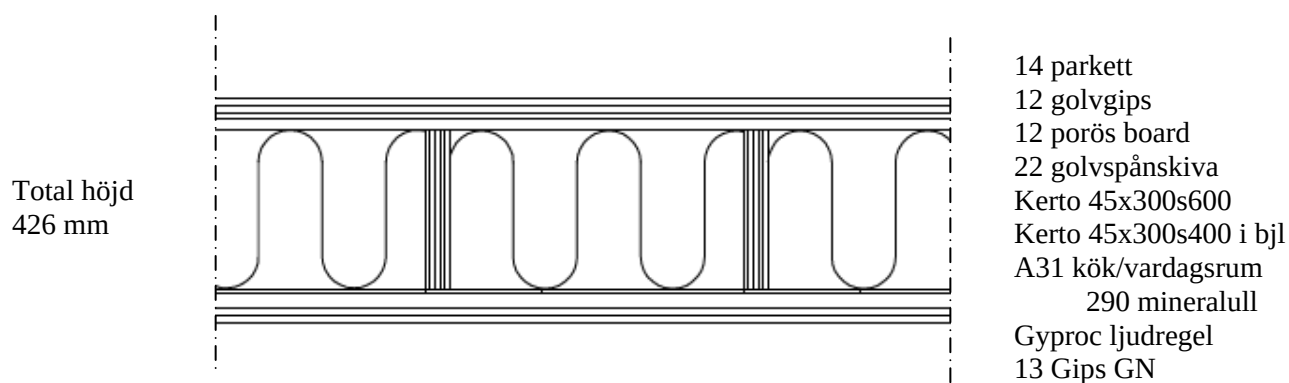
Vid mätningsspersonalens intervjuer framkom att luftljudsisolering upplevdes tillfredsställande men att skrapljud, från stolar ljud från hastiga rörelser och hopp i lägenheten ovanför var störande. Mätningen som utfördes av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP-rapport P703385, 2007-07-06 inriktade sig på stegljudsisolering.

Tabell 2 Stegljudsisolering bestämd enligt ISO 140-7, i form av vägd normaliserad stegljudsnivå i byggnad. Krav för ljudklass B enligt SS 02 52 76 är $L'_{n,w} \leq 52$ dB, $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 52$ dB, för ljudklass C är motsvarande värden 58 dB.

Mätning mellan rum: (Sändarrum-mottagarrum)	$L'_{n,w}$ (dB)	$C_{1,50-2500}$	Ljudklass
Kök vardagsrum lägenhet A24 – kök vardagsrum lägenhet A14	47	2	B
Kök vardagsrum lägenhet A31 – kök vardagsrum lägenhet A21	46	3	B
Sovrum lägenhet A31 – sovrums lägenhet A21	51	5	C

Bjälklagen är med avseende på uppbyggnad likadant utformade i alla fallen liksom typen av övergolv, (parkett). Bjälklagen är fritt upplagda oh inhängda, mellan yttervägg och balklinje i huskroppens mitt. Mätvärdena för stegljudsisolering mellan lägenhet A31 och A21 är sannolikt något bättre än i en möblerad lägenhet. Bjälklagen sovrumsrummen, lgh A21-A31 har en kortare spännvidd ca 5,0 m jämfört med 6,0 i kök vardagsrum och bjälklaget bär en icke bärande innervägg. Sovrumsrummen

är också mindre till volymen än kök/vardagsrum vilket påverkar resultaten något negativt. Resultatet av mätningar och upplevda intryck som de boende anger avviker dock inte från den erfarenhet ljudteknikerna har. Ambitionen vid projekteringen har varit att uppnå ljudklass B.



Figur 70. Principuppbyggnad bjälklag

Enkätsvaren visar att de högfrekventa bullerstörningarna inte dominerar. Dock framstår de lågfrekventa ljuden, vibrationerna, som ett problem. Icke helt oväntat är lättbyggnadsteknik, regelväggar och bjälklagskonstruktioner med låg vikt mer känsliga för höga impulser. Hur dörrkarmar och trösklar infästas i regelverk, effekten av tunga dörrblad och stängningsmekanismer bör uppenbarligen studeras speciellt för trästommar.

5. Uppföljnings- och informationsprojekt

Kopplat till Limnologen finns ett uppföljnings- och informationsprojekt. Idén till det väcktes i samband med att första spadtaget togs på byggarbetsplatsen den 6 oktober 2006 och inspiration hämtades från projektet som genomfördes i Sundsvalls Inre Hamn /2/. Representanter för Välle Broar, Länsstyrelsen, Midroc, Träbyggnadskansliet, Växjö kommun, KFAB, Martinsons Byggsystem AB, Växjö universitet och SP Trätekt samlades till ett möte där enighet rådde om behovet av att genomföra ett uppföljnings- och informationsinsats liknande det man genomfört i Sundsvall, Inre hamnen. Flera av deltagarna var också beredda att medverka i finansieringen. I januari 2007 träffades man igen för att diskutera projektets inriktning och i februari genomfördes detaljdiskussioner kring delprojektens innehåll och prioriteringar mellan de olika delprojekten.

De projekt som påbörjats och pågår inom Limnologen och som sedan kommer att redovisas var för sig är:

- Planering, projektering och upphandling av Kv. Limnologen; Erland Ullstad, Välle Broar, och Olof Thedin, Arkitektbolaget AB.
- Mätningar av deformationer i massivstommen; Erik Serrano, Bertil Enqvist, VXU.
- Testning av träbjälklag i laboratorium kontra i fält – undersökning av förändringar i vibrationsegenskaper; Kirsi Jarnerö, VXU, SP Trätekt.
- Flanktransmission; Lars-Göran Sjökvist, SP Trätekt och Delphine Bard och Göran Sandberg, LTH.
- Mätning av stegljud och vibrationer; Åsa Bolmsvik, VXU.
- Marknaden för höga hus i trä ur slutanvändarnas perspektiv – fallstudie ”Limnologen”; Anders Baudin och Tobias Schauerte, VXU.
- Tidsstudie av resningen av stommen; Johan Vessby, VXU, Tyréns AB.
- Uppföljning och dokumentation av leverantörssamverkan och logistik; Lars-Olof Rask, Åsa Gustafsson och Johan Vessby, VXU.
- Informations- och marknadsföringsprojekt – Besökspaviljong och information om Limnologen; Hans Andrén, KFAB, CBBT, Välle Broar.
- Temperatur- och fuktmätningar i hus 3; Erik Serrano, Bertil Enqvist, VXU.

Utöver dessa projekt har redan genomförts och pågår ett antal examensarbeten med anknytning till Limnologen.

6. Slutsatser

6.1. Limnologen

6.1.1 Planeringsskedet

För att övertyga byggherren om att man skulle ta hela steget och bygga i trä krävdes att stomleverantören till projektet kunde erbjuda en helhetslösning, en färdig byggnad med montage till ett pris som enligt beställarens egna kalkyler var acceptabel jämfört med att uppföra byggnaderna i traditionell byggnadsteknik. VD Magnus Skiöld på Midroc Property Development AB engagerade sig från början och deltog aktivt i processen att välja stomsystem och utveckla projektet, vilket kan vara en bidragande orsak till att det slutligen blev så mycket trä i stommen. En viktig komponent i processen har varit dialogen mellan Martinsons och beställaren. Eftersom beställaren stod inför en okänd situation, att bygga högt i trä, behövde Martinsons övertyga om att man kan leverera en fungerande slutprodukt till rätt pris. Ett resultat är de omfattande gränsdragningslistorna i projektet. Men det känns ändå som att det inte hade blivit ett hus i trä om inte kommunen ställt kravet att fastigheten ska bebyggas med en byggnad i trä så att området kunde inlemmas i Välle broar. Det är fortfarande en bit kvar till att stomsystem i trä i höga hus är ett naturligt val för entreprenörer och beställare. En av orsakerna är att det idag finns få leverantörer som kan åta sig att leverera en helhetslösning.

6.1.2 Projekteringsskedet

Det svåraste i projekteringsskedet har varit brand eftersom uppfattningarna om hur man uppfyller brandkraven många gånger varit motstridiga hos Räddningstjänsten, brandkonsulten och övriga konsulter. En större samsyn i frågorna efterlyses.

Den höga prefabriceringsgraden som man eftersträvar kräver att projekteringen av inbyggda installationer kommer igång tidigt och att alla led från produktion av elementen till montage på arbetsplatsen går igenom noggrant med berörda så att alla blir medvetna om de önskade funktionerna i de olika leden. Dagens projekteringsverktyg behöver utvecklas för att man enkelt ska kunna se helheten och i alla led fånga upp konsekvenserna av eventuella ändringar.

6.1.3 Byggskedet

Att bygga med väderskydd har varit en förutsättning för att genomföra montaget av stommen. Arbetsmiljön på arbetsplatsen har uppskattats av de medverkande eftersom det varit torrt men också tyst.

Att projektet är ett utvecklingsprojekt och att byggsystemet är under ständig utveckling och förfining har märkts i byggskedet. Det är svårt att på ritbordet förutse allt som måste fungera för att få ett felfritt utförande till färdig byggnad. De fel och brister som uppkom på arbetsplatsen kan kanske till en viss del bero på detta. Däremot är det positivt att se att bristfälliga lösningar och moment har fasats ut i de senare byggda husen. Vilken nivå på prefabricering man ska ha för att få optimal lönsamhet i ett byggprojekt är en svår fråga. Fel och brister i projektering och tillverkning av element orsakar merarbete på arbetsplatsen. Ju mer komplicerad en konstruktion är desto större är också risken för fel. Ansträngningen och kostnaden för att inte få fel och brister måste vägas mot kostnaderna för merarbetet på arbetsplatsen.

Svårigheter att prova tätheten i husen mot de krav som ställs för energihus i byggnormen är ett problem som kommer att påverka även andra träbyggnadsprojekt förutom Limnologen. Frågan är om kravet ska omformuleras eller om nya metoder att prova tätheten ska utvecklas.

6.2. Rydebäck

6.2.1 Planeringsskedet

Under anbudsskedet fanns få entreprenörer som ville anta utmaningen att bygga en flervåningsstomme i trä. Förhandlingar med presumtiva entreprenörer visade att trä inte framstod som ett bättre ekonomiskt alternativ gentemot en betongstomme. Byggstarten fördröjdes uppemot ett år och valet av trästomme var under en period under omprövning.

De val som gjorts vid projekteringen av Rydebäck styr också hur huset skall produceras. Byggsystemet är en tillämpning av en traditionell regelstomme. Entreprenören ges med det systemet relativt stora möjligheter att blanda platsbyggnation med olika former och grader av prefabricering. Därmed öppnas också möjligheten för fler aktörer att delta. Vilket torde gynna konkurrensen och därmed prisnivån. Specialiseringen blir dock låg till skillnad från ett byggsystem med massivträlösningar.

Antalet mellanstora byggentreprenörer med träinriktning är få. Trähusbyggande sker mest i småhussammanhang. Entreprenörer inom branschsegmentet är små och har inte den struktur eller organisation som krävs för flerfamiljsbostäder i flera våningar.

I efterhand har man kunnat konstatera att valet av utformning på huskroppen är viktig ur väderskyddssynpunkt. En huskropp med rektangulär plan hade varit betydligt enklare att väderskydda. Redan i planeringsskedet är det nödvändigt att förutse hur väderskyddet skall utföras för att optimera verkan och kostnad.

6.2.2 Projekteringsskedet

Att förhindra deformationer vinkelrätt fibrerna är en viktig riktlinje vid projekteringen. Små vertikala sättningar är förutsättningen för att bevara förspänning i de dragstag som används för stomstabilisering. Knutar och upplag kan utformas så att risken för ojämna sättningar minskar och färre korrigeringar åtgärder för att rätta till uppkomna nivåskillnader behövs. Metoden att använda inhängda bjälklag, så kallat "ballon building" påverkar hela byggprocessen från väderskydd, bjälklagstjocklekar till monterings teknik. Bjälklagsbalkar som är fritt upplagda kräver större styvhet (högre balk, högre våningshöjd eller tätare centrumavstånd med risk för större materialspill från skivor och mineralull) än kontinuerliga balkar. Vibrationer och svikt leds å andra sidan inte vidare lika lätt. Hur detta kan optimeras för att förbättra ekonomin för en trästomme har inte studerats.

Det är viktigt att tidigt ta hänsyn till väderskydd och hur man reducerar effekterna av vattenläckage. Byggmetod och mixen av prefabricering kan vara avgörande. Traditionellt konstruerade regelväggar och bjälklag inbjuder fler entreprenörer och ger möjligheter att hitta effektiva produktionsmetoder.

6.2.3 Bruksskedet

Enkätsvaren visar att de högfrekventa bullerstörningarna inte dominerar. Dock framstår de lågfrekventa ljuden, vibrationerna, som ett problem. Icke helt oväntat är lättbyggnadsteknik, regelväggar och bjälklagskonstruktioner med låg vikt mer känsliga för höga impulser. Hur dörrkarmar och trösklar infästas i regelverk, effekten av tunga dörrblad och stängningsmekanismer bör uppenbarligen studeras speciellt för trästommar.

7. Referenser

- /1/ Axelson M. *Tekniska data för byggprojekt – Kv Rya, Rydebäck*. SP Rapport 2008:20
- /2/ Boverket Byggbkostnadsforum. *Sundsvalls Inre Hamn – Ett utvecklings- och informationsprojekt för trähusbyggande i massivträ*, 2006.
- /3/ Boverkets byggregler, BBR 2006.
- /4/ Boverkets handbok, *Svängningar deformationspåverkan och olyckslast*, 1994.
- /5/ Boverkets konstruktionsregler, BKR 2003.
- /6/ Bygginfo nr 2. *Fuktskador i putsade träregelväggar*, 2007.
- /7/ Gustafsson A, Pousette A. *Kvalitetssäkring av trähusbyggande – Fem sexvåningshus i Sundsvall*. SP Rapport 2005:36.
- /8/ Gustafsson Å, Vessby J & Rask L.O. *Erfarenheter av logistik- och montageprocessen vid byggande av höga flerbostadshus med trästomme. Del 2: Analys och diskussion av faktorer som påverkar tidseffektivitet vid projekt Limnologen*, Växjö Institutionen för Teknik och Design, Reports, No XX, Växjö universitet, 2008.
- /9/ Hammarlund Y, Josephson P-E. *Kvalitetsfelkostnader på 90-talet. En studie av sju byggprojekt*. Sveriges Byggindustrier, rapport 9608, 1996.
- /10/ Jarnerö K. *Tekniska data för byggprojekt – Kv Limnologen*. SP Rapport 2008:19.
- /11/ Jarnerö K, Vessby J, Gustafsson Å, & Rask L O. *Erfarenheter av logistik- och montageprocessen vid byggande av höga flerbostadshus med trästomme. Del 1: Probleminventering av montageprocessen vid projekt Limnologen*, Växjö. Institutionen för Teknik och Design, Reports, No 43, Växjö universitet, 2008.
- /12/ Samuelsson I, Mjörnell K, Jansson A. *Fuktskador i putsade, odränerade träregelväggar – lägesrapport oktober 2007*. SP Rapport 2007:36.
- /13/ Vessby J, Gustafsson Å & Rask L O. *Erfarenheter av logistik- och montageprocessen vid byggande av höga flerbostadshus med trästomme. Del 3: Jämförande analys av tre byggprojek.*. Institutionen för Teknik och Design, Reports, No XX, Växjö universitet, 2008.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är ca 870 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fem dotterbolag.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

BORÅS, STOCKHOLM, VÄXJÖ

Telefon: 010-516 50 00

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

SP Rapport 2008:18

ISBN 978-91-85829-34-7

ISSN 0284-5172