

Flerbostadshus i trä

– Faktorer som påverkar stomvalet



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygghälsöer / Byggnadsekonomi

Examensarbete:
Åsa Wahlström

© Copyright Åsa Wahlström

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

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

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2009

Sammanfattning

Flerbostadshus i trä – Faktorer som påverkar stomvalet

1874 kom den första riktiga byggnadsstadgan i Sverige. I denna förbjöds byggnationer med trä som stommaterial i fler än två våningar. Det dröjde ända fram till 1994 innan byggnormen ändrades och det var åter tillåtet att bygga högt med trä.

Träbyggandet ökade inte markant, eftersom kunskapen om storskaligt byggande i trä hade försvunnit med tidigare generationer. Därför startade Sveriges regering 2002 en nationell träbyggnadsstrategi ”Mer trä i byggandet” för att utbilda och återföra kunskapen om träbyggande på den svenska markanden.

Nu drygt 15 år senare efter normändringen, har det byggts flera intressanta projekt runt om i Sverige och nya företag etablerar sig inom träindustrin.

Ett av dessa är kv. Limnologen som avslutas under våren 2009 i Växjö. Kv. Limnologen är Sveriges idag högsta flerbostadshus i trä med sina åtta våningar.

I detta arbete behandlas byggnadsekonomiska faktorer som påverkar valet av stomsystem vid byggnation av ett flerbostadshus i trä och jämförs med betong. Även andra faktorer som kunskap och marknadsföring antas spela roll och tas upp i arbetet.

Arbetet har utförts som en fallstudie på kv. Limnologen i Växjö. Till detta har jag gjort litteraturstudier, studiebesök och intervjuer.

Genom arbetet har jag kommit fram till att trä bör väljas vid dåliga markförhållanden då det går att spara i grundläggningskostnader, men även att trä är klimatsmart och fördelaktigt ur marknadssynpunkt.

Nyckelord: Byggnadsekonomi, Trä, Trästomme, Massivträstomme, Limnologen

Abstract

Timbered residential houses – factors for choice of framework

In 1874 the first Swedish construction norm was written. This stated that no houses were to be built with timbered frames over two floors. It took almost a century before the norm was changed again in 1994 and allowed Swedes to build high buildings with wooden frames again.

Although the constructions with timber did not increase, the Swedish government started in 2002 a national timber plan “Mer trä i byggandet” to educate and restore knowledge that had been lost with former generations.

15 years has past since the change of the construction norm. Numerous of buildings with wooden frames have been built throughout the country.

One of these is the Limnologen quarter in Växjö. Limnologen is the highest building in Sweden with a wooden frame, eight stories high!

The purpose of this thesis is to discuss those vitally factors of building economy for wooden framework in buildings over two stories and compare these to concrete. Also other factors as knowledge and marketing are taken in aspect.

This paper is based on a case study of Limnologen in Växjö, litterateur studies, interviews and a study visit on sight.

The results of this study, money can be saved in areas with poor soil conditions when laying the foundation of a building. Also the aspect of marketing and climate is positive when choosing wood.

Keywords: Building economy, Timber, Timbered frame, Limnologen

Förord

Rapporten du håller i din hand är ett examensarbete vid LTH, Ingenjörshögskolan i Helsingborg, institutionen för byggvetenskap. Arbetet avslutar mina studier till byggnadsingenjör med inriktning mot arkitektur och omfattar 22,5 högskolepoäng.

Arbetet har skrivits under perioden januari till maj 2009 och vänder sig till studerande och fackmän inom byggsektorn.

Intresset för flerbostadshus i trä kom sig av att jag under min studietid praktiserat på Midroc Property Development AB som nyligen avslutat ett stort träbyggnadsprojekt i Växjö.

Jag vill tacka min handledare Magnus Skiöld på Midroc Property Development för hans stöd och vägledning genom hela arbetet samt mitt lilla rum att skriva i. Jag vill även tacka min examinator Bodil Fritzon som har varit ett ovärderligt bollplank under arbetets gång. Tack även till Bengt Abelsson, Thord Ljunggren, Erland Ullstad och Christer Nilsson som har låtit sig intervjuas. Ett särskilt tack till Erik Serrano som tog sig tid att visa mig runt Kv. Limnologen i tidigt skede. Ett stort tack till min familj och vänner som har stöttat mig under arbetets gång!

Helsingborg maj 2009
Åsa Wahlström

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Definitioner	3
1.5 Metod	3
1.5.1 Fallstudie	3
1.5.2 Intervjuer	3
1.5.3 Litteraturstudier	4
1.5.4 Seminarier	4
2 Midroc Group	5
3 Träbyggnad initieras	7
3.1 Välle Broar – Den moderna trästaden	7
3.2 Limnologen	8
3.3 Stomsystem vid träbyggnad	10
3.3.1 Akustik.....	10
3.3.2 Brand.....	10
3.4 Stomsystem Limnologen	11
3.4.1 Väggsystem.....	12
3.4.2 Bjälklag.....	13
3.4.3 Grundläggning.....	13
4 Trä som byggmaterial	15
4.1 Trä är klimatsmart	16
5 Betong som byggmaterial	18
5.1 Betong miljöbov eller miljövän?	18
6 Faktorer som påverkar stomvalet	20
6.1 Grundläggning	20
6.2 Leverantörstider	20
6.2.1 Prefabricering	20
6.2.2 Transport och leveranstider.....	22
6.3 Byggtider	22
6.3.1 Montering	22
6.3.2 Formsättning och gjutning av grund	24
6.3.2.1 <i>Undergrund</i>	24
6.3.2.2 <i>Grund</i>	24
6.3.3 Uttorkning grund.....	24
6.4 Arbetsplatsomkostnader – Resurskrävande metodval	25
6.4.1 Vädskydd	25
6.4.2 Maskiner och handverktyg.....	26

6.4.3 Vinterförhållanden.....	26
6.5 Drift och underhåll.....	26
7 Andra faktorer	28
7.1 Materialpriser	28
7.2 Konjunktur och konkurrenssituation.....	28
7.3 Fastighetens utnyttjandegrad	28
7.4 Involverade parterers kunskap, okunskap och rädsla	29
7.5 Marknadsföring och kundvärde	30
8 Diskussion	31
9 Slutsats	35
10 Referenser	37
11 Bilagor.....	40

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Från 1600-talets början fram till 1800-talets mitt präglades det svenska stadsbyggandet av smala gator och till en början låg bebyggelse¹. Husen växte sig högre och högre allt eftersom tidigare bebyggelse brann ner. Omfattande reformer under 1700-talets mitt gjorde att befolkningen nära fördubblades och med det också storleken på städerna.

Ett arbetarsamhälle växte fram. Bostadshusen byggdes fortfarande runt år 1850 med stommar av trä i stora delar av landet. Trä fanns det ju gott om i Sverige! Problemet var då som nu brandrisken. För att minska risken putsades fasaderna, en metod som kallas rappning och används än idag.

Under industrialiseringen växte sågverken i Norrland, järnvägen och nya hamnar innebar nya transport- och logistikmöjligheter.

Inflyttningstakten till städerna ökade drastiskt, till följd eldhärjades många städer, däribland Gävle och Sundsvall. Dessa omfattande stadsbränder lade grunden för den träbyggnadspolitik som kom att prägla Sverige under mer än ett århundrade.

1874 kom den första riktiga byggnadsstadgan i Sverige. I denna förbjöds byggnader i trä i fler än två våningar. Det kom att dröja ända fram till 1994 innan en lagändring ändrade byggnormen.

Boverkets konstruktionsregler (BKR) ändrades 1994 från att ha varit materialorienterad till att nu bli funktionsanpassad. Det nya regelverket föreskriver vad en byggdel skall klara eller uppnå och inte hur det skall göras som i tidigare regelverk. Exempelvis ska en konstruktion kunna stå emot brand så länge att personskador undviks. Regeln är generell och gäller för alla material.

Då kunskaperna om det storskaliga byggandet i trä var ringa efter ett sekels förbud, beslutade Sveriges regering 2002 om en nationell träbyggnadsstrategi ”Mer trä i byggandet”.

Strategin var tänkt att främja forskning, utbildning och konkurrens inom byggsektorn samt öka användandet av träprodukter och överbygga det kunskapshål som fanns till följd av det tidigare förbudet.

Under de 15 år som snart passerat sedan förbudets upphävande, har det med hjälp av Sveriges träbyggnadskansli, träindustrierna och universitet runt om i landet forskats och byggts ett flertal intressanta projekt.

¹ Björk och Reppen (2000)

Däribland ligger Växjö kommun i framkant med ett par stora och revolutionerande träbyggnadsprojekt. Växjö bygger idag Sveriges i särklass största sammanhängande träbyggnadsprojekt, en ny stadsdel vid namn Välle Broar.

Välle Broar är beläget intill sjön Trummens västra strand mellan Växjö centrum och Växjö universitet. Innanför området avslutas under försommaren 2009 det första träbyggnadsprojektet, kv. Limnologen. Limnologen är med sina åtta våningar Sveriges högsta flerbostadshus med stomme i trä.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att ur ett byggnadsekonomiskt perspektiv titta på de faktorer som påverkar valet av stomsystem vid byggnation av flerbostadshus i trä i fler än två våningar.

Hur påverkar byggnadsekonomiska faktorer som grundläggning, bygg- och leveranstider för träbyggnad samt arbetsplatsomkostnader valet av stomsystem?

För att förankra studien har jag gjort en jämförelse med prefabricerad betong, som fortfarande är det mest använda stommaterialet i denna typ av byggnader.

Hur bör beställaren tänka när det gäller drift- och underhållsåtgärder under en byggnads livslängd, går det att minimera drift- och underhållskostnaderna?

Det finns även andra faktorer som kan påverka stomvalet. Jag vill titta på vad materialkostnader, konjunktur och konkurrenssituationer, utnyttjandegrad, kunskaper hos involverade parter och marknadsföring kan spela för roll vid val av stomsystem.

1.3 Avgränsningar

Examensarbetet avser endast att handla om flerbostadshus i trä i fler än två våningar. Arbetet behandlar främst stomval ur ett byggnadsekonomiskt perspektiv och avgränsas till byggtider för stomresning, leveranstider för färdig stomme samt grundläggning och arbetsplatsomkostnader som utgör stora kostnadsposter i kalkylen.

Andra faktorer som påverkar stomvalet kommer att beröras i ett eget kapitel.

Limnologen omfattar fyra huskroppar uppförda i två etapper. Endast hus nummer fyra kommer att utgöra referens då det uppförts senast. Jag har valt att jämföra trä med prefabricerad betong då betong är det material som oftast än idag används som stomme i flerbostadshus.

1.4 Definitioner

Med stomsystem inom träbyggnad syftar jag på den bärande stommen av trä inklusive isolering. För att få hela bilden är det viktigt att även titta på grundläggningen, som även den ses som en del av stomsystemet.

1.5 Metod

De metoder jag har valt att arbeta med för att samla information till examensarbetet är en fallstudie på kv. Limnologen i Växjö samt studiebesök, intervjuer och litteraturstudier.

1.5.1 Fallstudie

Jag har utfört en fallstudie på kv. Limnologen i Växjö, genom materialtillhandahålllet av Midroc Property Development AB och Thord Ljunggren projektledare på kv. Limnologen.

Från nationella träbyggnadsstrategins fortbildningsprogram, forskning och utbildningsprogram (FoU) och CBBT (Centrum för Byggnad och Boende med Trä) finns ett antal rapporter och avhandlingar med Limnologen som referensobjekt som jag tagit del av.

När snön fortfarande föll i Växjö åkte jag på studiebesök till kv. Limnologen för att uppleva och se projektet! Vid besöket fick jag följa med Erik Serrano, professor i träbyggnadsteknik vid Växjö universitet på en rundvandring, vilket både var inspirerande och imponerande.

1.5.2 Intervjuer

Genom intervjuer med personer som haft ett särskilt finger med i kv. Limnologens uppförande har jag fått svar på många frågor under arbetets gång. Vid intervju med Thord Ljunggren Byggkonsult AB, projektledare för kv. Limnologen har jag fått ta del av hans erfarenheter kring träbyggnad.

I projektet har det använts prefabricerade träelement som tillverkats utanför Skellefteå och transporterats till Växjö på lastbil. Leverantören heter Martinsons Byggsystem AB och ansvarig projektingenjör för Limnologen är Bengt Abelsson. Abelsson har hjälpt mig förstå Martinsons produkt och hur de löst olika problem som exempelvis akustik i kv. Limnologen.

Kv. Limnologen är det första projektet i ett större träbyggnadsprojekt, Välle Broar. Om hur idéerna och konceptet växt fram har jag talat med Erland Ullstad projektledare på Växjö kommun.

Jag ville i min rapport ställa stommaterialet trä mot betong. För att få svar på en del betongfrågor har jag talat med Christer Nilsson på Strängbetong AB.

1.5.3 Litteraturstudier

För mig var det viktigt att få hela bakgrundsbilden till varför ett förbud mot träbyggnad införts i ett skogsland som Sverige. Genom att söka i litteraturen har jag fått hela historiken omkring träbyggande samt om trä som material. Jag har även studerat material från Växjö och Luleås universitet som är gjorda på Linnologen.

Jag har också läst mängder av tidskrifter om både träbyggnad, ekonomi och betong. Jag har även använt mig av webbaserade sidor för att söka information.

Jag vill poängtera att mycket av den information som finns tillgänglig på internet kommer från mer eller mindre sponsrade länkar, därför har källkritik varit särskilt viktigt. Lobbyistsidor som Sveriges träbyggnadskansli, och träindustrierna har haft mer eller mindre subjektiva informationsbanker detsamma gäller för betongindustrin.

1.5.4 Seminarier

Den 2 april 2009 hölls ännu en Träbyggnadsdag i Träbyggnadskansliets regi, denna gång i Köpenhamn. Jag fick lyssna till både svenska och danska arkitekter, ingenjörer och träbyggares erfarenheter och målsättningar under en hel dag. Sverige har kommit mycket långt när det gäller träbyggnad vid en jämförelse med Danmark. Danmark är ett traditionellt stenbyggerland där trä oftast är använt i sommarhus, en tradition som verkar svår att bryta!

Sveriges Träbyggnadskansli är en lobbyverksamhet som håller utbildningar inom träbyggande, i samarbete med skogsindustrierna, trä och möbelindustriförbundet och skogs- och träfacket samt näringsdepartementet.

Seminariet har hjälpt mig att förstå helheten omkring träbyggnad och träbyggnadskansliet, dock kommer jag inte att referera till det i min rapport.

2 Midroc Group

För kv. Limnologen som utvecklingsprojekt står Midroc Property Development. Midroc Property Development är en del av Midroc Europe² som startades 1996 i samband med att företagets ägare och grundare Mohammed Al-Amoudi strukturerade om i sin företagsportfölj.

Mohammed Al-Amoudi är en förebild för svenskt näringsliv och har två gånger tilldelats Nordstjärneorden, senast 2007 med motiveringen ”Förtjänstfulla insatser för Sverige och svenskt näringsliv”³.

Namnet Midroc kommer av ordet berg som har kopplingar till både det arabiska och engelska språket.

Det var genom ett enormt berggrumsprojekt i Saudiarabien som Mohammed Al-Amoudi först kom i kontakt med Svensk industri. Projektbolaget ABV Rock Group startades för att kunna genomföra projektet. Bolaget anlät i sin tur många svenska företag som underentreprenörer och Al-Amoudi började skapa sin företagsportfölj genom att köpa upp en rad olika företag för att säkra leveranserna till projektet.

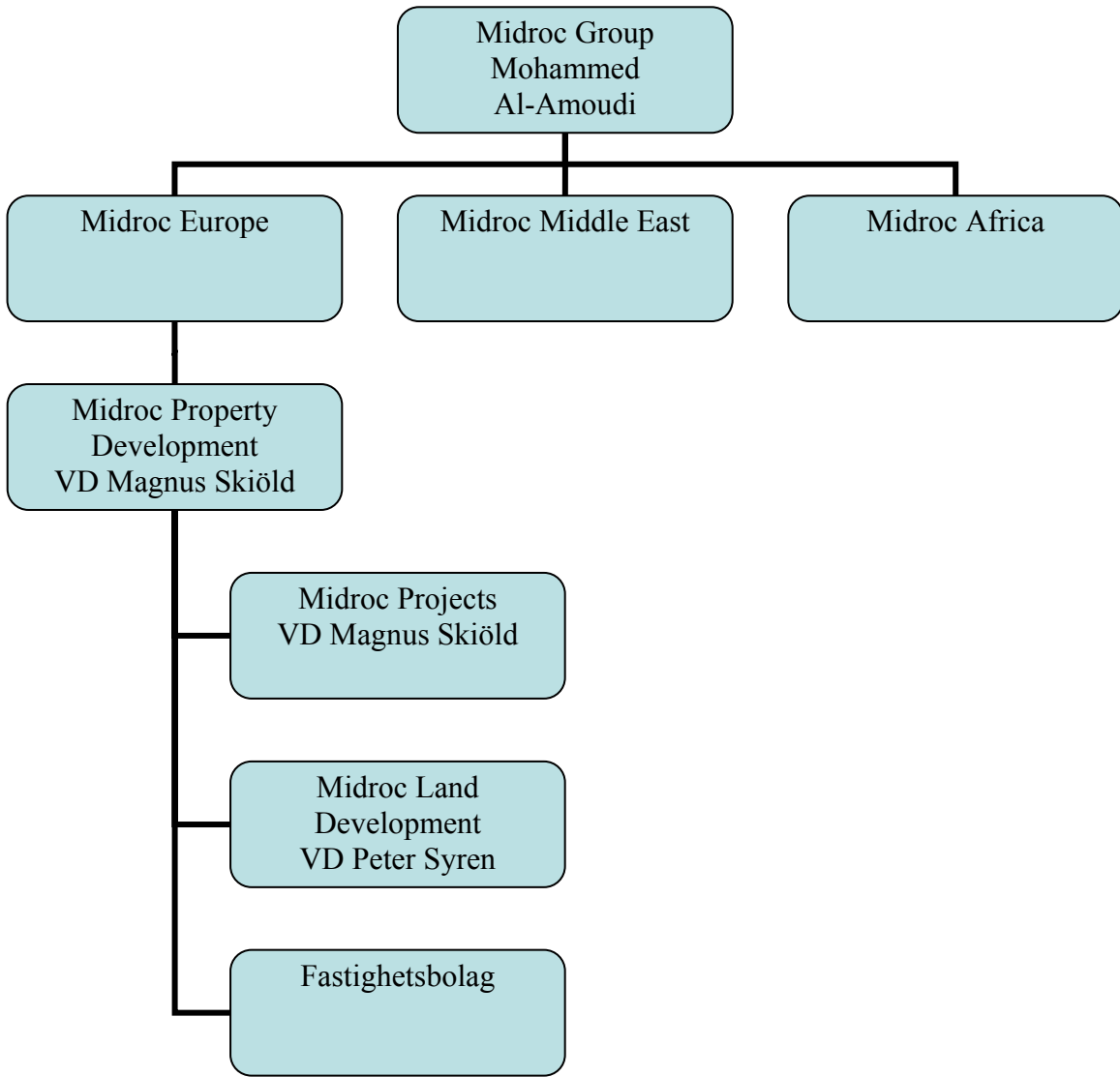
Midroc Europe är en del av den internationella Midroc Group. I gruppen ingår förutom Europaavdelningen med intressen främst i Sverige men även norra Europa, Midroc Africa och Midroc Middle East samt petroleumverksamheterna Preem petroleum AB och Svenska Petroleum Exploration AB.

Midroc Europe har tre verksamhetsområden: entreprenad- och konsultverksamhet, fastighetsutveckling samt investeringar i framtida teknik.

Inom fastighetsutveckling återfinns Midroc Property Development som sedan sin start 1999 vuxit till en egen koncern. Midroc Property Development har med sitt nybyggda huvudkontor i Malmö blivit ett företag att räkna med på den sydsvenska byggmarknaden. Projekten är allt från bostäder och kontor till stora och små handelsetableringar.

² Midroc (2008), (2005)

³ Midroc (2008)



Figur 1 Organisationsschema Midroc Group

3 Träbyggnad initieras

På mindre än hundra år har Sveriges skogstillgångar fördubblats⁴, 2007 var nettotillväxten 25 miljoner skogskubikmeter⁵. Att detta beror på att tillväxthastigheten är större än avverkningen är inte så svårt att förstå. Men att Sveriges yta idag består till 55,4 % av skog, är det nog inte så många som vet.

På den Svenska bostadsmarknaden byggs 90 % av alla småhus med trästomme. Motsvarande siffra för flerbostadshusen är 15 % 2008⁶.

När Sveriges riksdag 2002 beslutade om en nationell träbyggnadsstrategi ”Mer trä i byggandet”, var det självklart för Växjö kommun att ta del av den satsningen. Växjö ligger i centrum för den småländska skogsindustrin och har en lång tradition av trä i byggandet⁷.

Växjö kommun utlyste då en arkitekttävling för att ta fram en plan för området mellan Växjö stad och Växjö universitet. Till tävlingen bjöds fem grupper med arkitekter och landskapsarkitekter in, att i parallella uppdrag ta fram förslag för området och dess utformning. Kommunen valde att gå vidare med tre av grupperna för att till sist ha ett färdigt planförslag för Välle Broar – Den moderna trästaden.

På nationell nivå avslutades satsningen vintern 2008. Målet med den nationella träbyggnadsstrategin var att överbygga det kunskapshål som uppstått efter ett århundrade av förbud mot byggandet av flerbostadshus i trä, men även att öka konkurrensen på byggmarknaden, stärka trä som material samt öka den svenska exporten av trä och träbyggvaror⁸.

På lokal nivå ville Växjö kommun visa upp svenskt träbyggande när det är som bäst, skapa sysselsättning i regionen samt stötta Växjö universitet som satsat på träinriktning.

3.1 Välle Broar – Den moderna trästaden

Området för arkitekttävlingen kom att kallas Välle Broar⁹ – Den moderna trästaden och den lokala träbyggnadsstrategin ”Mer trä i byggandet” blev klar 2005. Stadsdelen är medvetet planerad för ett långsiktigt hållbart samhälle, som ska vara resurssnålt och ha en begränsad klimatpåverkan.

⁴ Skogsindustrierna (2004)

⁵ Skogsindustrierna (2008)

⁶ Lundgren (4/09)

⁷ Ullstad muntligt

⁸ Sveriges Träbyggnadskansli

⁹ Välle broar (2005-2006)

Strategin klargör att inom Välle Broar skall trä användas som stommaterial och inom andra delar av kommunen skall trä betraktas som ett alternativ till andra material.

Hösten 2006 tog projektet fart. Utbyggnaden är tänkt att pågå i ett tiotal år och sträcker sig över det 25 hektar stora området. Innanför området avslutas till våren det första projektet inom Välle Broar. Projektet heter kv. Limmologen¹⁰ och är Sveriges idag högsta bostadshus med trästomme, åtta våningar högt!



Figur 2 Området för Välle Broar¹¹



ILLUSTRATION: ARKITEKTBOLAGET I VÄXJÖ

Figur 3. Situationsplan över Limmologen¹²

3.2 Limmologen

Limmologen är beläget intill sjön Trummens västra strand, därifrån har de boende utsikt över Växjösjön i väster, Teleborgens och universitetet i söder och Växjö stad med domkyrkan i norr.

Limmologen är uppförd i två etapper, den första var inflyttningsklar våren 2008 och den andra etappen väntas stå klar försommaren 2009. Projektet omfattar fyra huskroppar i åtta våningar samt fyra förrådshus. Nere vid vattnet byggs en gemensamhetsanläggning med bastu och brygga. Totalt rymmer projektet 134 bostadsrättslägenheter på 11 184 kvm BOA¹³. Byggtiden för projektet är ca 2 och ett halvt år.

Fastigheten för kv. Limmologen förvärvades av Midroc Property Development (Midroc) från en tidigare ägare och var då tänkt omfatta fem hus istället för fyra och endast i fem våningar. Midroc valde att gå in i en ny detaljplanprocess med möjlighet till ökad exploateringsgrad och ny arkitektur.

¹⁰ Namnet Limmologen kommer från ordet limnologi som betyder *Läran om sötvattensdjur*

¹¹ Välle Broar (2005-2006)

¹² Vessby (2/07)

¹³ Serrano (2008)

Detta med ett önskemål från kommunens sida om träbyggnad i bakhuvudet, inte betong som den tidigare detaljplanen medgav (Detta var samtidigt som kommunens träbyggnadsstrategi blev klar).

Midroc bjöd in två arkitektkontor till att i ett parallellt uppdrag lämna förslag på arkitekturutformandet till stöd för det nya detaljplanearbetet¹⁴. De öppna förutsättningarna som gavs var bland annat, träbyggnadsteknik, god arkitektur och genomförbarhet med en så bred bas för entreprenörer och leverantörer som möjligt.

Det förslag som Midroc valde att gå vidare med hade utnyttjat trä i utformning och i stomme. Förslaget hade fem huskroppar i fem våningar men omarbetades till 4 huskroppar i åtta våningar istället, med målet att alla lägenheter skulle ha god utsikt och mer luft mellan husen.

Byggherre för kv. Limnologen är Midroc Property Development med Midroc Projects som totalentreprenör. Trästommen levereras av Martinsons Byggsystem i Bygdsiljum, som också ansvarar för stomresningen. Installation av sprinkler, vatten och avlopp samt ventilation fram till installationsschakt fanns även det med i Martinsons entreprenad.

För att klara stabiliteten är första våningen byggd helt i betong. Våning två till åtta är byggd med massivträstomme. Översta våningen är en indragen etagevåning som nås via en egen invändig trappa.



Figur 4 Limnologen¹⁵

¹⁴ Skiöld muntligt

¹⁵ Välle broar (2005-2006)

3.3 Stomsystem vid träbyggnad

Vid träbyggnad indelas stomsystemen efter det system som används. Det finns tre olika system att välja mellan, pelar-balk system, skivsystem av massivträ och träregelsystem. Vidare bestäms byggmetoden till antingen platsbygge, prefabricerade plattelement eller prefabricerade volymelement¹⁶.

Volymelement kan användas upp till fem våningar i dagsläget, och erbjuder täta rumsmoduler som byggs helt på fabrik. Modulerna levereras färdiga med installationer, inredningar och ytskikt och monteras direkt våning efter våning. Vid byggnation med volymelement finns dock större begränsningar än vid användning av plattelement. Begränsningarna består i svårigheten att transportera allt för stora moduler på våra vägar¹⁷.

Bärande massivträväggar används där våningshöga element kan användas som bärande och stabiliserande av konstruktionen, både vid långa och korta spännvidder. Pelar-balksystem är att föredra där det önskade resultatet är stora öppna ytor.

3.3.1 Akustik

Ett kritiskt moment vid träbyggnad är ljudkraven. Stegljudsöverföringen mellan våningarna via anslutningar mellan bjälklag och vägg är betydligt större vid massivträbyggnad än vid användning av betongbjälklag¹⁸. Midroc hade krav på att minst ljudklass B skulle uppnås (Ljudklassificering finns i klasserna A, B och C där A är det bästa).

För Martinsons var detta inget problem, då de utvecklat en metod som löste detta problem i ett tidigare projekt, Inre Hamnen i Sundsvall.

För att klara ljudkraven är alla undertak och bjälklag brutna vid lägenhetsskiljande väggar. I kopplingarna mellan vägg och bjälklagselement har Martinsons Byggsystem utvecklat ett system med polyuretanlist, Sylomer®, som fungerar som ljuddämpare¹⁹.

3.3.2 Brand

Eftersom Limnologen är högre än tre våningar och ämnat för bostäder är brandklassen den högsta, Br1 (Vilken brandklassificering en byggnad får beror på användningsområde, höjd, volym och antalet personer som förväntas vistas i byggnaden samtidigt, det finns tre brandklasser Br1, Br2, och Br3).

Brandklassen ställer krav på ex. ytskikt, beklädnader och byggnadsdelar.

¹⁶ Stehn, Rask m.fl. (2008)

¹⁷ Adolphi m.fl. (2005), Lindbäck's bygg

¹⁸ Massivträ handboken 2006 Kap1.3.2

¹⁹ Stehn, Rask m.fl. (2008)

I Limnologen har boendesprinkler installerats som en del i brandskyddet, med syftet att kunna släcka eller kontrollera en eventuell brand under en utsatt tid.

Boendesprinkler är inget krav, men det medförde i kv. Limnologen att en del så kallade tekniska byten varit möjliga. Till exempel har det inneburit att fasadbeklädnad av träpanel har kunnat användas, ytskiktet på undersida balkong fick vara i massivträ, något som annars inte hade varit möjligt på grund av brandlagstiftningen (Bilaga 4). Boendesprinklersystemet har även medfört att avståndet mellan fönster i fasad med obrännbar fasadbeklädnad, har kunnat minskas till under de lägsta avstånd som anges i BBR (Boverkets Byggregler).

3.4 Stomsystem Limnologen

Vid byggnation med trä blir resultatet en mycket lätt konstruktion. För att klara stabiliteten byggdes hela bottenvåningen på Limnologen i betong²⁰.

På grund av Limnologens avlånga form i kombination med träets låga egentynghed behövdes extra förstärkning mot höga vindlaster (dragkrafter i grundkonstruktionen). Problemet löstes genom att 48 gängstänger förankrades i betongen och som sedan fick löpa genom konstruktionen 21 meter upp till hustaket. Högst upp förspändes gängstagen för att kompensera för de krympningar som uppstår i trä på grund av träets struktur, samt för att hålla ihop konstruktionen och motverka att dragkrafter uppstår i grunden.

För att mäta krympningen i träet pågår mätningar på kv. Limnologen. Tidiga analyser tyder på att den beräknade krympningen till 2-3 mm per plan stämmer, men också att krympningen är årstidsberoende förklarar Bengt Abelsson på Martinsons Byggsystem AB.

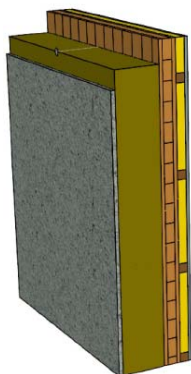
Marken på tomten för kv. Limnologen var mycket dålig och därför var pålning ett måste för fortsatt byggnation. Stommen på 2-8 våningen byggdes med prefabricerade massivträplattlag och lägenhetsskiljande träregelväggar.

Alla ytterväggar fungerar som bärande och stabiliserande. Till det stabiliserande systemet räknas även bjälklag och lägenhetsskiljande väggar. Takkonstruktionen är platsbyggd med traditionella fackverkstakstolar. Takstolarna monteras på ytterväggarna och klimatskärmen utgörs av takpapp.

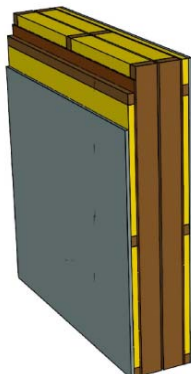
²⁰ Stehn, Rask m.fl. (2008)

3.4.1 Väggsystem

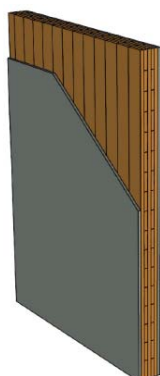
I Limnologen har i huvudsak tre olika väggtyper använts, ytterväggar av massivträ, lägenhetsskiljande träregelväggar och massiva innerväggar.



Figur 5 Bärande yttervägg med puts



Figur 6 Lägenhetsskiljande träregelvägg



Figur 7 Massiv träinnervägg²¹

Den massiva väggkonstruktionen består av en såkallad KL-skiva (Kryss Limmad skiva). Den tillverkas i tre, fem eller sju skikt av vinkelrätt limmat 19x95 virke till bredden 70-170 mm. Virket som används i KL-skivan är av en sämre kvalitet än virke för limträ, men på grund av krysslimningen blir skivan ändå mycket stark. Genom att använda halvfingerskarv och en bra limfog går det att tillverka dimensioner upp till 12 meter berättar Bengt Abelson på Martinsons.

Ytterväggarna i Limnologen består av en tre lagers massivträskiva med isolering och installationer monterat från fabrik. Yttväggselementen levereras med fönster, lyftstroppar och infästningspunkter för snabbt och enkelt montage till tät vägg.

Konstruktionen kompletteras invändigt med ett lager brandgips för brandteknisk klass R90(bilaga 4). R svarar till bärförmåga och 90 till antalet minuter konstruktionen skall stå emot brand. Utsidan putsas på plats eller levereras med en 25 mm limträpanel.

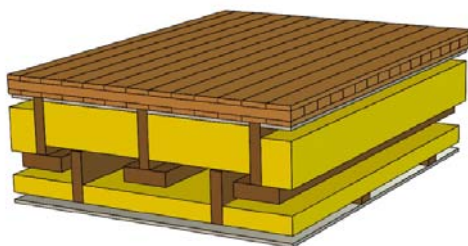
²¹ Serrano (2008)

Den lägenhetsskiljande väggkonstruktionen är uppbyggd som dubbelväggar med regelstomme med två lager gips på varje sida för att uppnå rätt brandtekniska klass(R90).

De massiva innerväggarna består av en tre lager KL-skiva med ett lager gips på var sida²².

3.4.2 Bjälklag

De massiva bjälklagssystem som finns på marknaden idag är plattor, kassetter och samverkansbjälklag. I projektet Limnologen har kassettbjälklag använts.



Figur 8 Bjälklag av kassettyp använt i Limnologen²³

Bjälklagen tillverkas hos Martinsons i Bygdsiljum. Tillverkningsprocessen kräver en del specialmaskiner vilket gör det svårt att flytta tillverkningen till annan ort, något som är möjligt i vägg tillverkningen.

Bjälklagen är uppbyggda av en tre lager KL-skiva, limträbalkar med en underfläns, ett självbärande undertak med glespanel. Installationer för avlopp är gjorda från fabrik och det är förberett med längsgående utsparningar för golvvärme i bjälklagsplattorna.

Kassettbjälklag har en maximal spännvidd på 12 meter och tillverkas i bredder upp till 2,4 meter. Bjälklagen är förberedda med infästningspunkter och lyftstroppar, för enkelt montage. Undertaket kompletteras med två lager gips, för brandteknisk klass R60.

På varje våningsplan monteras 30 bjälklagselement. Alla bjälklagselement på en våning skiljer sig åt i utformningen, däremot är elementen identiska oberoende av vilken våning de monteras på. Undantaget är bjälklaget på etagevåningen som delvis utgör tak.

3.4.3 Grundläggning

På tomten för kv. Limnologen gjordes tidigt en geoteknisk undersökning för att kontrollera jordens bärrighet (bilaga 3). Den geotekniska undersökningen

²² Vessby (2/07)

²³ Serrano (2008)

visade att grundvattennivån låg mycket nära markytan på vissa ställen och att materialsammansättningen på vissa platser var väldigt dålig. Risken för sättningar i jorden och med skador på stommen som följd var hög.

Två alternativ på lösningar lades fram av Geoexperten RS i Lund som gjort undersökningen. Alternativ ett innebar att byta ut massorna ner till tre meters djup. Alternativ två, och det som blev aktuellt var pålning.

Pålning innebär att grundläggningen sker på betongpålar som slås ner till underliggande fast material. Pålängden bestäms genom provpålning vid arbetsstart²⁴. Undergrunden med utdränering och pålning utfördes av Älmby Entreprenad.

Husgrunden utfördes sedan som platta på mark med efterföljande bottenvåning med hisschakt och trapphus i betong. Betongarbetena har utförts av NCC Construction.

²⁴ Ljunggren muntligt

4 Trä som byggmaterial

Trä är uppbyggt av fibrer. Det har som följd att trä har en starkt anisotrop karaktär dvs. att trä beter sig olika i olika riktningar. En annan egenskap för trä är att det är poröst, det medför att trä lätt kan ta upp och avge stora mängder vatten, både från andra konstruktioner och direkt ur luften.

För träkonstruktioner bör fuktkvoten (u) ligga på ca 12 %. Vid högre fuktkvoter beroende på vilken fiberriktning trä belastas minskar träets hållfasthetsförmåga avsevärt och risken för biologisk nedbrytning ökar.

Vid höga fukthalter om ca 30 % ökar risken för att trä skall angripas av olika mikroorganismer som mögel- och rötsvampar. Mögelsvampar orsakar missfärgningar och allergiframkallande lukter. De är dock ofarliga ur hållfasthetssynpunkt.

Rötsvamparna t.ex. den äkta hussvampen är å andra sidan mycket farlig om den får växa obehindrat. Den överlever även om trä får torka ut till så lågt som en fuktkvot på 17 %²⁵.

Vid arbete med trä innebär det alltså att stora arbetsinsatser måste läggas på torrt och fuktfritt byggande. Detta gäller alla komponenter från massivelementen till fönster, innerväggar, gips etc.

Trä har på grund av sin porositet (många luftporer) goda värmeisolerande egenskaper. Värmeledningsförmågan, λ -värdet visar hur bra ett material leder värme, desto lägre värde desto mer isolerande är materialet. Däremot kan inte trä lagra värme någon längre tid. Vid en jämförelse med betong, har betong mycket bättre värmelagringsförmåga än trä.

Material	Densitet Kg/m ³	λ – värde W/mxK	Värmelagringsförmåga kJ/m ³ xK
Trä $u=12\%$	500	0,14	1150
Betong	2400	1,2	2200

Tabell 1. Materialegenskaper för trä och betong²⁶

Att trä är brännbart är ett välkänt faktum. Fördelen med trä är att det brinner långsamt (ca 0,6-1,0mm/min) och brandförloppet är relativt förutsägbart.

Den låga hastigheten beror på det kolskikt som bildas och fungerar som isolerskikt runt den friska kärnan. Under brandförloppet behåller därför trä sin bärförmåga då branden endast härjar på ytan. Bärförmågan motsvarar den oförbrända tvärsnittsarean.

²⁵ Burström (2001) kap18

²⁶ Nevander och Elmarsson (1994)

Limträ betar sig snarlikt massivträ, dock har limfogen ett större brandmotstånd som gör att det brinner ännu lite långsammare.

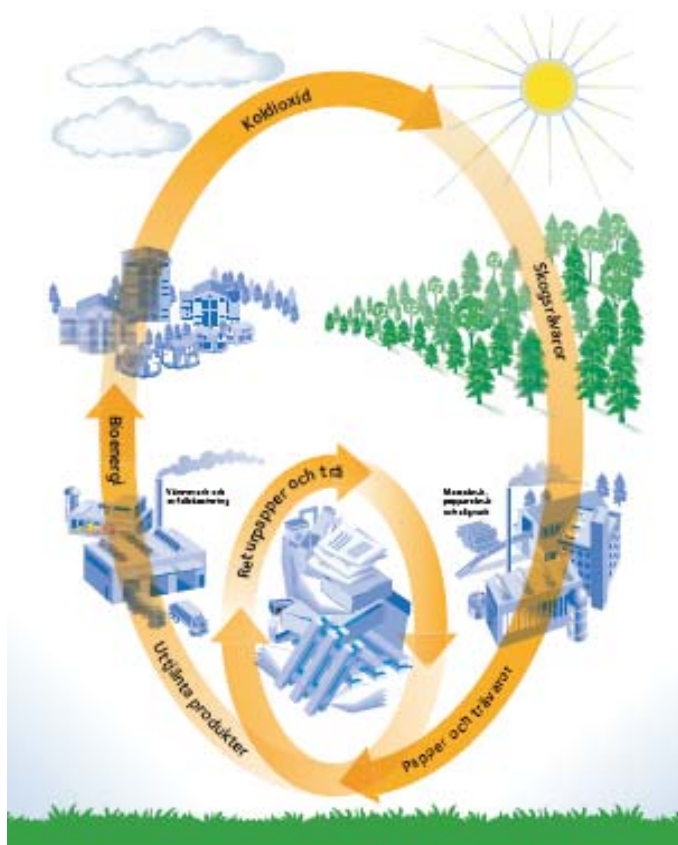
Genom beräkningar är det möjligt att brandklassa byggdelar efter hur många minuter de står mot brand²⁷.

4.1 Trä är klimatsmart

Trä är ett förnyelsebart och långsiktigt hållbart material. När skog planteras och växer tar träden upp koldioxid från luften och lagras som kol i träfibren. Koldioxiden släpps först när trä bränns eller bryts ner biologiskt. Beträktas trä under hela sin livslängd, fungerar trä som en naturlig koldioxidsänka.

Då samma mängd koldioxid frigörs vid förbränning som binds i tillväxten, sägs trä vara CO₂ neutralt. Användning av trä bidrar starkt till att hålla det miljömål, *Begränsad klimatpåverkan*²⁸ som regeringen satt upp för att minska Sveriges CO₂ utsläpp.

Trä kan återanvändas och återvinnas. Restprodukter från träindustrin och begagnade träprodukter kan vidare flisas och ur det utvinna energi, som kan ersätta fossila bränslen.



Figur 9. Träets kretslopp²⁹

²⁷ Att välja trä (2004), Bjurström (2001) kap10.5

²⁸ Miljömålsportalen (2009)

²⁹ Skogsindustrierna (2008)

Kostnaden i energi vid förädling av trä är lägre än exempelvis betong och stål. Vid framställning av virkesprodukter är det torkningsprocessen som är mest energikrävande³⁰. Det går åt ca 330kWh per kubikmeter att torka bräd- och plankved.

För att få en korrekt bild av olika materials miljöpåverkan bör det göras omfattande livscykelanalyser (LCA). Under en byggnads livslängd förbrukas största mängden energi under brukarstadiet. Studier på Linnologen visar att valet av uppvärmningssystem har stor betydelse för en byggnads primärenergianvändning och CO₂ utsläpp. Forskning vid Mittuniversitetet tillsammans med en rad andra rapporter fastställer att trähus har lägre miljöpåverkan än motsvarande betonghus³¹, att trä är ett förnyelsebart material ger flest pluspoäng³² i jämförelsen.

³⁰ Att välja trä (2004)

³¹ Gustavsson

³² Brunklaus och Baumann (2002)

5 Betong som byggmaterial

Betong är traditionellt använt som ett av våra främsta stommaterial. På senare tid har det även använts som beklädnad, till möbler och bänkskivor, till och med krukor. Betong kan användas till det mesta!

Utmärkande för betong är egenskaper som god beständighet, formbarhet och hållfasthet. Materialet används ofta där påfrestningar och krav som t.ex. hållfasthet, fukt och nötning är extra stora.

Betong består av cement, vatten och ballast (sten, grus och sand) samt ev. tillsatsmedel³³. Genom att ändra förhållandena mellan de ingående delarna kan betongens egenskaper påverkas. På detta sätt kan industrin tillverka t.ex. högpresterande betong där hög hållfasthet ofta är en utnyttjad egenskap eller självkompakterande betong som har mycket goda gjutegenskaper och kräver mycket liten vibrering för en homogen struktur.

Betong leder värme bra, λ -värde 1,2 W/m*K. Betong måste därför alltid isoleras och särskild hänsyn måste tas till köldbryggor. Betong har däremot som tidigare nämnt god värmelagringsförmåga. En egenskap som ger jämnare temperaturer och bra inomhusklimat. Betong erbjuder även bra ljudisolering något som är viktigt vid byggnation av flerbostadshus³⁴.

Betong har god beständighet mot brand. Hållfasthetsvärdena minskar inte förrän vid mycket höga temperaturer, men då sker det drastiskt. Volymförändringar inträder vid ca 600°C, då halveras betongens tryckhållfasthet. Vid 1000°C förlorar betong hela sin hållfasthet och konstruktionen utsätts för ytavspjälkning och avflagningar som kan leda till brott i konstruktionen³⁵.

5.1 Betong miljöbov eller miljövän?

När cement tillverkas frigörs en hel del koldioxid till luften. Det sker i kalcineringsprocessen, när kalksten upphettas och omvandlas till cement. Processen står för 60-65 % av cementtillverkningens utsläpp, resterande härstammar från uppvärmning av ugnarna för cementreaktionen.

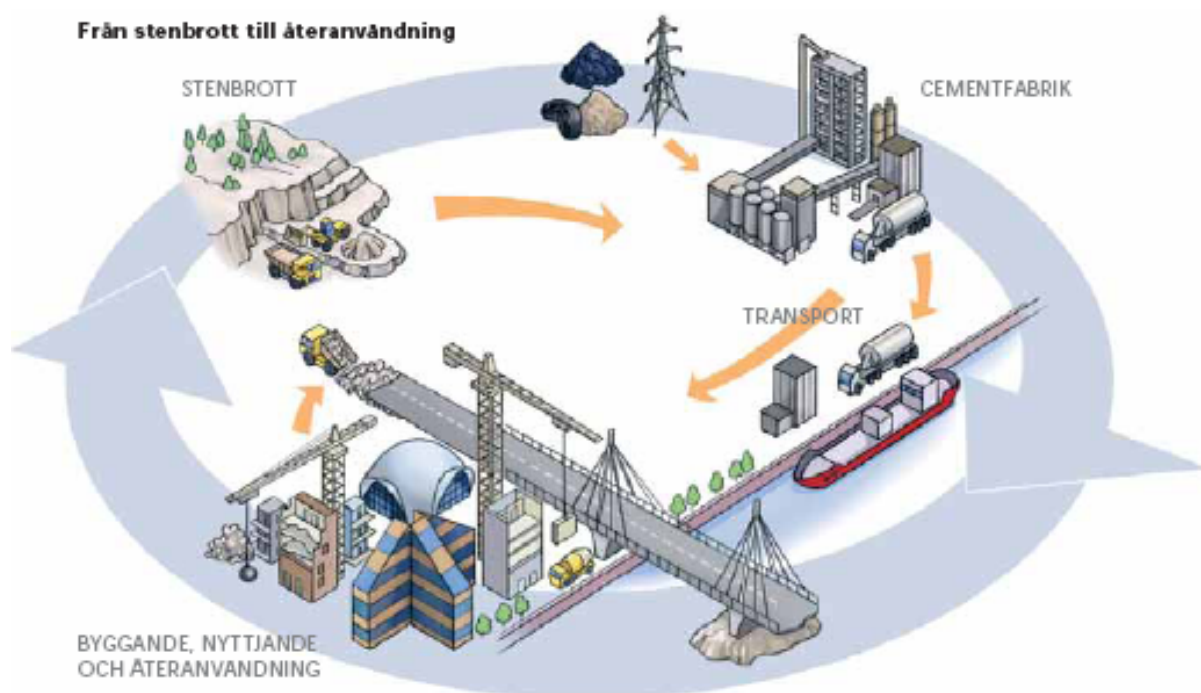
Betongindustrin har under de senaste 20 åren försökt minska sin användning av fossila bränslen och på så sätt minska belastningen på miljön. Sen 1990 har cementindustrin minskat sina koldioxidutsläpp med 11 % per ton cement,

³³ Burström (2001) kap12

³⁴ Cementa hållbarhetsredovisning 2007

³⁵ Burström (2001) kap10.5.3

målet är att nå 15 % till 2010³⁶. Idag härstammar 3-5 % av Sveriges koldioxidutsläpp från cementtillverkningen³⁷.



Figur 10 Betongens kretslopp³⁸

Vid gjutning binder betong koldioxid, lagringen fortsätter under hela betongens livstid även om processen avtar i takt med att den åldras. När byggnaden sedan rivs kan betongen återanvändas och krossas till antingen vägfyllnadsmaterial eller som nytt ballastmaterial i betong som binder ytterligare mängd koldioxid³⁹.

Martin Erlandsson författare av rapporten "Byggsektorns betydande miljöaspekter" åt Byggsektorns kretsloppsråd menar att betongstommar i framtiden kan behållas och återanvändas och på så sätt tillgodoräkna sig två livslängder.

Studier vid Lunds universitet visar att användningen av tung stomme i byggnader kan minska energianvändningen med upp till 30%⁴⁰, något som dementeras i Gustavssons studie⁴¹ där två likvärdiga hus har jämförts.

³⁶ Cementa hållbarhetsredovisning 2007

³⁷ Betongportalen

³⁸ Cementas hållbarhets redovisning 2007

³⁹ Betongportalen

⁴⁰ Andersson (2007)

⁴¹ Gustavsson (1/09)

6 Faktorer som påverkar stomvalet

Vilka faktorer påverkar oss att välja en stomme av trä framför andra traditionellt använda material som betong? Nedan beskrivs de faktorer som jag tror har en avgörande betydelse för stomvalet.

6.1 Grundläggning

I rapporten Byggandet av flervåningshus i trä⁴² skrivs det att belastningen på undergrunden minskar med 30-50 % med byggsystem i trä jämfört med betong. Vid ogynnsamma markförhållanden är därför en lätt stomme avsevärt bättre än en tung konstruktion. Vid användning av en lättare stomkonstruktion reduceras lasten på undergrunden, det innebär att stora besparingar kan göras i grundläggningskostnader.

På grund av dåliga markförhållanden i kv. Limnologen användes metoden med pålning för att stärka undergrunden. Från början var det tänkt att endast använda platta på mark men för att klara stabiliteten och förankringen ner genom huset föreslogs det att hela nedersta våningen skulle byggas i betong.

Grund och väggar platsgjuts, bjälklaget över bottenvåningen utfördes med prefabricerade plattbärlag med en övergjutning. Tidsåtgången var totalt 15 veckor för hus nummer fyra (bilaga 1).

En betongstomme kräver omfattande undergrundsarbete vid dåliga markförhållanden. Tidsåtgången blir längre på grund av betongens höga densitet, stommen blir avsevärt tyngre och undergrundsarbetena större än för motsvarande trästomme.

6.2 Leverantörstider

Med leverantörstider avses tiden från beställd vara till leverans. Under den tiden skall byggelementen tillverkas och transporteras till byggplatsen, vilket i vissa fall innebär långa transportsträckor.

6.2.1 Prefabricering

Till moderna trähus är byggelementen prefabricerade till 80-90%⁴³. Den höga prefabriceringsgraden bidrar till att minska byggtiden radikalt⁴⁴. Martinsons entreprenad innefattade stomtillverkning inklusive samtliga installationer utom el, som dragits på plats samt montage.

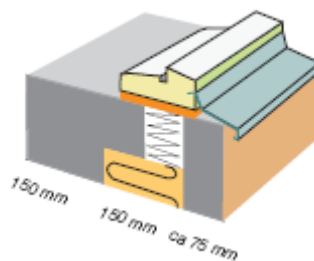
⁴² Stehn, Rask m.fl. (2008) kap 2.1

⁴³ Träbyggnadskansliet (2008)

⁴⁴ Stehn, Rask m.fl. (2008)

Väggarna till en våning tillverkades på tre veckor. För att kunna leverera i tid hade Martinson en framförhållning på två till tre veckor före montage. Martinsons målsättning är att vara klara med leveransen en vecka före lastning. Under lagringstiden ställs fem väggelement mot varandra på så kallade ställage som de fraktas på. När byggelementen lämnar fabrik har de en fuktkvot på 12 %, vilket anses optimalt⁴⁵.

Vid höga flerbostadshus i betong används mest sandwichkonstruktion. Sandwichelementen är så torra vid leverans att de inte kräver någon uttorkning efter montering. Normala dimensioner på ett sandwichelement är en 150 mm bärande innermur, 150 mm isolering och en klimatskärm av ca 75 mm betong. Väggmödel tillverkas i 20m² stora element säger Christer Nilsson på Strängbetong.



Figur 11. Sandwichkonstruktion Strängbetong

Vid byggnation med sandwichelement spacklas insidan eventuellt och målas, inget annat arbete krävs. Bjälklagen kompletteras oftast med en övergjutning på ungefär 30-70 mm för att jämna ut för överhöjningar och för att dölja elementfogar i bjälklaget.

Vid byggnation med sandwichelement sker endast 20 % av byggarbetena på byggplatsen menar Christer Nilsson. För att tillverka element till en hel våning i Linnologens storlek (ca 435 m² bjälklag och ca 120 löpmeter vägg) krävs inledningsvis en framförhållning på ca 10 veckor för att få fram alla relevanta handlingar.

I själva produktionen krävs endast två veckor för att producera en våning. I Strängbetongs åtta fabriker kan det dagligen produceras mellan 10 000 och 15 000 m² bjälklag!

Väggelementen är mer komplicerade att prefabricera och behöver mer plats vid tillverkning. Gjutning sker på bord vilket medför att betydligt färre element kan tillverkas per dag, ca 15 element per dag och fabrik.

⁴⁵ Abelsson muntligt

6.2.2 Transport och leveranstider

Vid transport av träelement är inte vikten den avgörande faktorn för hur mycket det går att lasta utan dimensionerna på träelementen. Martinsons byggsystem har en maximal spännvidd på 12 meter, ett beslut som togs för cirka sex år sedan berättar Bengt Abelsson. Maximal höjd ligger på cirka tre meter.

Väggelementen i Limnologen var lite för höga, lösningen blev att frakta elementen på öppna istället för täckta lastbilar. Bjälklagen skruvas ihop med transportskruv och kläs med skyddspresenning innan de fraktas horisontellt på täckta lastbilar till Växjö.

Mellan Bygdsiljum utanför Skellefteå och Växjö är det ca 120 mil och transporten går uteslutande på vägnätet. Antalet element per bil har kunnat bli många fler jämfört med betong på grund av den låga vikten⁴⁶.

Martinsons levererade träelementen varje morgon under stomresningen berättar Thord Ljunggren. Att lossa elementen tog cirka en timme, under tiden fram till montage placerades elementen under väderskyddets uthäng med hjälp av truck för att skyddas mot vädrets krafter. Här var det viktigt att alla elementen placerades i monteringsordning så att de lätt kunde lyftas på plats med bockkranen som fanns under väderskyddet.

Vid transport av betongelement⁴⁷ är det liksom trä, vägnätets kapacitet och elementens storlek som är den begränsande faktorn dock är även vikten en stor begränsning.

Betongelementens maxhöjd ligger på 4,2 meter. Längden ligger normalt på 8 meter för bostäder men kan tillverkas upp till 12 meter. Strängbetongs sydligaste elementfabrik ligger i Veddige och är en av åtta fabriker runt om i Sverige.

6.3 Byggtider

Den totala byggtiden för kv. Limnologen är ca två och ett halvt år⁴⁸. Ett hus har tagit 17 månader att bygga. I denna rapport behandlas endast stomresningen för ett hus.

6.3.1 Montering

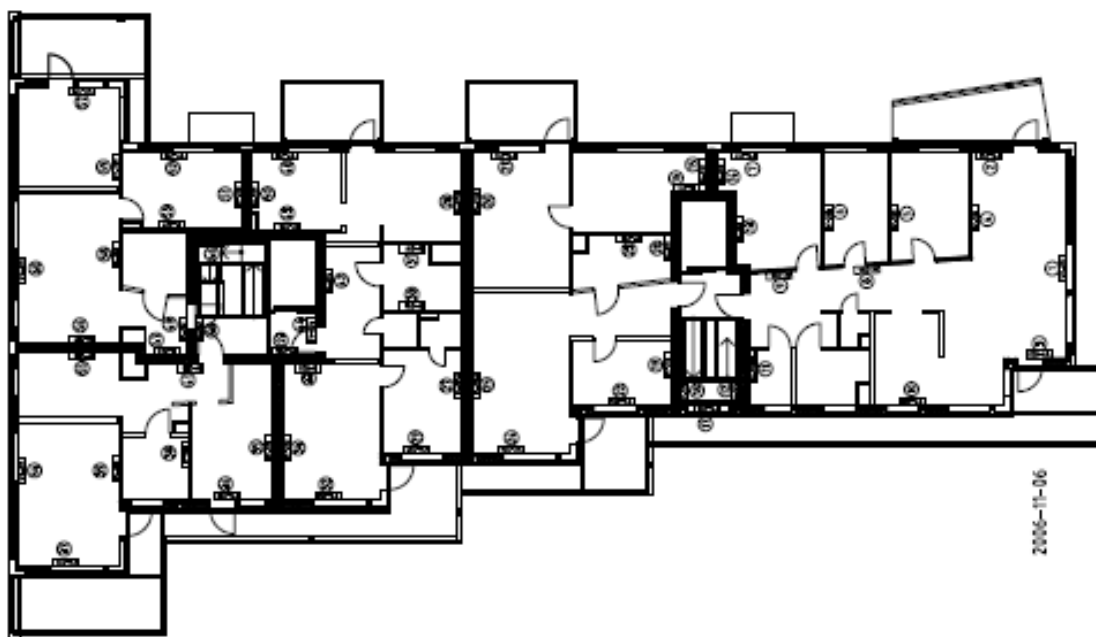
Bjälklagscykel (montering av en våning samt väggar) är tio dagar plus två dagar för höjning av väderskyddet en våning. Monteringens skedde med fem till sex montörer medan fyra man kunde börja på våningen under med stomkomplettering.

⁴⁶ Janerö m.fl. (2007)

⁴⁷ Christer Nilsson muntligt

⁴⁸ Stehn, Rask m.fl. (2008)

Höjningen av vädskyddet visade sig vara den begränsande faktorn då den var tvungen att göras på helgen efter varje bjälklagscykel för att undvika stillestånd (Inom detta område har det skett stora förbättringar efter Limnologens igångsättande, Martinsons har utvecklat ett eget system ”Extoler” och Hallbyggarna Jonsereds har vidareutvecklat sitt system ”Gibson tower”).



Figur 12. Montageplan väggar⁴⁹ (Bilaga 5)

Bengt Abellsson på Martinsons menar att sju dagar hade varit tillräckligt för varje bjälklag när fjärde huset påbörjades på grund av inlärningseffekten. Vidare berättar Bengt Abellsson att när första huset byggdes tog det ca 100 arbetstimmar att montera en våning, då det fjärde huset påbörjades krävdes endast ca 72 arbetstimmar per våning.

Den totala byggtiden för stomresning av hus nummer fyra var 15 veckor (bilaga 2).

Vid montering av betongelementen tar montage av en våning⁵⁰, väggar och bjälklag ca fyra dagar för en arbetsstyrka på sex till åtta man. Total tidsåtgång för en våning inklusive hisschakt och trapphus är ca en vecka förklarar Christer Nilsson på Strängbetong.

⁴⁹ Abellsson

⁵⁰ Nilsson muntligt

6.3.2 Formsättning och gjutning av grund

Grundutförandet delas in i undergrund och grund. Undergrund omfattar normalt schaktning och pålning för stabilisering av grunden. Grund är den tryckfördelande betongplattan och grunden för huset.

6.3.2.1 Undergrund

När bygget av Linnologen drog igång var de dåliga markförhållandena kända. Linnologen skulle byggas på gammalt impediment (mark som inte har något ekonomiskt värde i form av skogsbruk, jordbruk eller trädgårdsproduktion) och det var meningen att marken skulle utdräneras och pålas i husföljden ett till fyra.

Då marken var i stort sätt vattenmättad på platsen för första huset, utdränerades marken först istället för hus två till fyra, samt alla förrådshus och till sist hus ett⁵¹. Utdränning och pålning tog ca fyra månader för samtliga hus alltså en månad per hus inklusive förrådsbyggnad.

Pålarna levererades som prefabelement och slogs ner. Efter att pålarna var på plats i jorden kontrollmätningar av pålarnas läge i marken och justerades antingen med en ny påle eller vid gjutningen av grundplattan⁵².

6.3.2.2 Grund

Grunden omfattar gjutning av platta, väggar och bjälklag. Arbetet utfördes av NCC Construction och tog i genomsnitt tre månader per hus att utföra. Väggarna platsgjuts i formar och bjälklaget utgörs av prefabricerade plattbärlag med en övergjutning i betong.

6.3.3 Uttorkning grund

Uttorkningen av bottenvåningen i betong startade så fort väderskyddet monterats, redan när montageteamet var uppe på plan tre var bottenvåningen uttorkad⁵³. I vanliga fall börjar inte uttorkningsprocessen i betongen förrän tätt hus har uppnåtts, säger Thord Ljunggren.

Vid byggnation med prefabricerade sandwichelement i betong behövs ingen uttorkning menar Christer Nilsson på Strängbetong. Elementen är redan så torra att det är bara att montera och börja med de invändiga arbetena.

⁵¹ Ljunggren muntligt

⁵² Ljunggren muntligt

⁵³ Serrano (2008) s.26

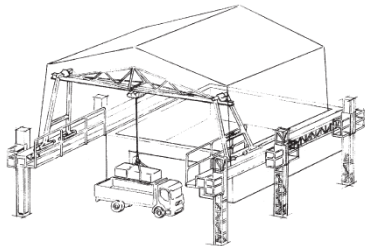
6.4 Arbetsplatsomkostnader – Resurskrävande metodval

Med arbetsplatsomkostnader (APO) menas alla övriga kostnader på bygget som inte kan härledas till ett speciellt arbetsområde exempelvis schaktning. Typiska APO kan vara kostnader för bodar, snöröjning och elektricitet.

I detta kapitel beskrivs APO som är specifika för det valda byggsystem och utgör en stor kostnadspost i kalkylen.

6.4.1 Väderskydd

Träbyggnad kräver torrt byggande från start till slut. Tillverkning och packning av inbyggnadselementen sker inomhus i skyddad miljö. Idealiskt lyfts elementen från lastbil direkt på plats i monteringen. På byggarbetsplatsen ligger det kritiska momentet i att hålla en torr byggarbetsplats utomhus. Förutsättningen för torrt byggande i kv. Linnologen var väderskyddet som levererats av Hallbyggarna Jonsereds AB.



ILL: INDUSTRITEKNIK AB

Figur 13 Principskiss väderskydd



Figur 14 Väderskyddets stagnering mot vägg

Väderskyddet är konstruerat så att det följer med bygget våning för våning. Tälttaket inkluderar en travers med bockkran som i Linnologen hade en max kapacitet på 3,2 ton. Ställningen står på marken på betongfundament och stagas mot byggnaden i tio punkter. Ena sidan har ett uthäng på fyra meter där lossning och hissning av elementen kan ske.

I Linnologen upplevdes det negativt med infästningarna mot huskroppen, då dessa var tvungna att flyttas vid varje höjning något som var mycket tidskrävande. I nyare projekt har därför metoden utvecklats ytterligare till att vara självständig. Dubbla strukturer ger en stabilare konstruktion vilket ger möjligheten att hissa upp material från båda sidor av byggnaden.

På marknaden utvecklas en rad olika alternativ, modernisering och effektivisering medger idag kortare tider för höjning av väderskyddet (1m/minut) och högre kapacitet på lyftkranen, upp till 12 ton⁵⁴.

Väderskyddet har upplevts ge en mycket behaglig arbetsplats av dem som varit delaktiga i uppförandet av Linnologen.

⁵⁴ Hallbyggarna Jonsereds

Thord Ljunggren beskriver arbetsmiljön med väderskydd som mycket positivt. Antalet dagar med stillestånd på grund av väder och vind har varit obefintliga och antal sjukdagar har varit minimala.

6.4.2 Maskiner och handverktyg

I och med att träbyggnadsprocessen i stort sett är helt industrialiserad byggs väldigt lite på plats. Viktigt för montageprocessen är bockkranen som är monterad i taket på väderskyddet. Med bockkranen hissas träelementen upp från det utskjutande partiet på väderskyddet i den ordning de skall monteras. Vid lossning av byggelementen har en separat truck använts. Handverktyg som skruvdragare av god kvalitet har visat sig ovärderlig för var montör. För lättare ändringsarbeten och håltagning räcker en såg och bormaskin långt.

Undergrunden krävde en pålkran för att få pålarna på plats och i marken. Vid uppförandet av bottenvåningen betong användes en stationär semimobilkran med armlängden 35 meter⁵⁵.

Betongbyggnad med prefabelement kräver en mobilkran med hög kapacitet, för att kunna lyfta så stora element som 20 m². Vid håltagningar och dylikt krävs starkare maskiner som bilare och hålborr.

6.4.3 Vinterförhållanden

Under vintertid krävs särskilda åtgärder vid betongbyggande. Betong kräver jämna temperaturer, därför måste betongmassan värmas vid temperaturer under -10 grader. Det kan uppstå temperaturspänningar när ny betong gjuts mot gammal, för att undvika spänningar gjuts värmeslingor in i betongen. Färska gjutningar kräver dessutom skydd mot frysning genom täckning samt att formar isoleras⁵⁶. Detta gäller vid grundläggning för både betong- och träkonstruktioner och fortsättningsvis för alla platsgjutna betongkonstruktioner.

6.5 Drift och underhåll

Under en byggnads totala livslängd på exempelvis 100 år är det i driftsskedet mest energi åtgår. I en studie av byggnaders CO₂-utsläpp⁵⁷, gjord av Leif Gustavsson professor vid Mittuniversitetet fastställs att energianvändningen för ett betonghus och ett trähus i brukarfaser är lika stora. Jämförelsen har gjorts på projektet Välludden i Växjö och därtill har ett fiktivt likvärdigt hus byggts i betong.

⁵⁵ Ljunggren muntligt

⁵⁶ Stehn, Rask m.fl. (2008), Uppdatering av tider och kostnader för betongbanken

⁵⁷ Gustavsson (1/09)

Under en livslängd på 100 år krävs att byggnaden genomgår fortlöpande underhåll. Med det menas att byggnaden ska underhållas så att tekniska egenskaper bevaras t.ex. brandskydd och energihushållning⁵⁸. Byggnader skall även hållas i yttre vårdat skick.

En träfasad behöver oftare underhållas än en stenfasad. I kv. Limnologen är den södra fasaden klädd med en tunn limträpanel. Kvarteret är utformat så att varje bostadsrättsinnehavare skall kunna underhålla sin fasadsnitt, genom att stå på balkongerna som sträcker sig längs hela limträfasadens sida. Det enda hjälpmedlet som krävs är en mindre stege för att nå hela vägglivets höjd, pensel och färg hämtas ur den gemensamt tillhandahållna ”underhållskassan”.

⁵⁸ Boverket (2009)

7 Andra faktorer

Till tidigare nämnda faktorer i föregående kapitel, tillkommer en del mjuka parametrar som är viktiga att ta i beaktning vid tiden för kalkylen.

7.1 Materialpriser

Att materialpriser påverkar våra stomval är självklart. Om tillgången på ett material är dålig blir det givetvis mycket dyrt och leverantörstiderna kan bli väldigt långa. Vi kommer från en tids högkonjunktur med en överhettad byggmarknad, där byggherrar och entreprenörer har tvingats hitta alternativa byggmetoder och leta material på nya okända marker.

7.2 Konjunktur och konkurrenssituation

2009 års början visar en ordentlig nedgång i ekonomin. Detta händer efter flera år av överhettning på byggmarknaden då priser trissats upp och svårigheter att få entreprenörer till att lämna priser, framför allt realistiska priser på projekt.

Byggstarterna för flerbostadshus minskade under 2008 med nästan 20 %, det betyder att vi nu är nere på 2003/2004 nivåer⁵⁹.

Det vi nu ser på arbetsmarknaden är en dämpning kanske rent av en hälsosammare situation för byggherrar, entreprenörer och den individuella köparen.

Med lågkonjunkturen följer dock en annan konkurrenssituation. Dämpningen på arbetsmarknaden skapar ökad konkurrens om jobben vilket leder till att priserna sänks. Detta innebär även i sin tur när bostäder eller lokaler ska säljas alternativt hyras ut att det är svårare att hitta köpare.

Den minskning av räntorna som vi ser idag borde ha positiva effekter på bostadsmarknaden. Det gör att kunderna i sin tur lättare kan räkna hem sina bostadsköp⁶⁰. Effekten motverkas dock av att beställare har svårare att få lån under produktionstiden i form av byggnadskreditiv och färre hus byggs.

7.3 Fastighetens utnyttjandegrad

Utnyttjandegraden är skillnaden i procent mellan BOA/BTA (bostadsarea/bruttototalarea). Vid byggnation med trä bör fastighetens utnyttjandegrad tas i beaktning då trä kräver grövre dimensioner än betong.

⁵⁹ Axling (1/09)

⁶⁰ Axling (1/09)

Detta medför att en tjockare trävägg tar uthyrningsbar alternativt säljbar yta i anspråk och minskar vinsten för företaget.

Görs samma jämförelse med bjälklagskonstruktionen så bygger bjälklaget upp mot 0,65 meter medan ett betongbjälklag bygger vid samma spännvidd 0,3 meter⁶¹. Det innebär att vid en fast byggnadshöjd kan byggherren gå miste om en våning på grund av att träelementen kräver större dimensioner.

I detaljplanen anges oftast byggnadshöjden i fasta meter, hur många våningsplan som är byggbara kan vara avgörande för stomvalet.

7.4 Involverade parter kunskap, okunskap och rädsla

Vid ett seminarium i Växjö 2005 om träbyggnad, berättade Martinsons om sina erfarenheter i att bygga högt i trä och hur de löst brand- och ljudproblematiken. Det var först nu som idén om Limnologen som träprojekt på allvar blev till.

Midroc tyckte sig ha sett goda referenser och påtagliga marknadsfördelar på den lokala Växjömarknaden samt att den rådande högkonjunkturen flaggade för alternativ till de traditionella stomsystemen.

Vid tidpunkten för kv. Limnologens startskede hade Midroc endast byggt mindre bostadshus i trä, bland annat studentbostäder och radhus i tre respektive två våningar. Det saknades erfarenhet av att bygga högre hus i trä, åtta våningar hade inte byggts tidigare (sju våningar hade byggts i Sundsvall)!

Martinsons erbjöd en helhetslösning där de inte bara ansvarade för konstruktionsritningar utan även för installationer, montage och leverans, något som visade sig vara nödvändigt på den då överhettade byggmarknaden.

Martinsons tog god tid på sig och passade på att utveckla sin produkt i projekteringen och med facit i hand hade det inte blivit något projekt utan Martinsons engagemang och kunskap, Midrocs visionär till VD och duktig projektledning på plats⁶².

De erfarenheter Midroc⁶³ har fått efter kv. Limnologen är att endast ett fåtal entreprenörer och leverantörer inom träbyggnad finns tillgängliga. På marknaden för massiva planelement finns idag förutom Martinsons ett par norska företag, ett framgångsrikt österrikisk företag, KLH, samt ett tyskt.

På volymelement sidan återfinns på den svenska marknaden några fler alternativ t.ex. Lindbäcks bygg och Setra trälyftet.

Regelverket verkar oklart, projektörer har haft olika uppfattningar vad som gäller speciellt rörande brandskydd och boendesprinkler tycker Midroc. Midroc har upplevt att det i många fall saknas kunskap. En annan iakttagelse

⁶¹ Strängbetong

⁶² Serrano (2008) s.19

⁶³ Skiöld muntligt

är att det är svårt att påvisa lönsamhet med väderskyddet, det är svårt att räkna hem en förtjänst i kronor i kalkylen. Inte heller tas det någon hänsyn till ackordsunderlag, vid bättre arbetsmiljöförhållanden går det att arbeta fortare, vilket ger högre löner.

I kv. Limnologen har det noterats en påtaglig tråkänsla, något som varit mycket positivt. Yrkesarbetarna har haft lätt att identifiera sig med byggtekniken och väderskyddet har skapat en mycket god arbetsmiljö.

7.5 Marknadsföring och kundvärde

Eftersom etapp två i kv. Limnologen är under avslutande har ingen forskning presenterats inom marknadsföring och kundvärde än⁶⁴. Däremot visar forskning som är utförd på etapp ett, att kunderna är nöjda med sina lägenheter och upplever trä som mycket positivt, till och med bättre än förväntat.

Forskningen visar att i försäljningsskedet är försäljningsmaterial, tillvalsmöjligheter, lägenhetsstorlek, utsikt och säljarens bemötande viktiga faktorer för god kundtillfredsställelse.

Mina erfarenheter av träbyggnad sträcker sig till studiebesöket på kv. Limnologen en snöig vinterdag i januari i år. Till min förvåning var huset varmt och behagligt och min stora fårskinnspäls var helt onödig, trots att det inte fanns värme på! Jag upplevde även att det var väldigt tyst i lägenheterna trots att arbetena pågick för fullt.

⁶⁴ Serrano (2008) s.61

8 Diskussion

I rådande lågkonjunktur pågår en intensiv debatt om trä och betongs miljöpåverkan, fördelar och nackdelar. Varje materialgrupp språkar för sin produkt och källkritik har varit genomgående viktigt i arbetet.

Trä är ett fantastiskt material, det har använts i hus i århundraden och de står fortfarande lika vackra nu som då! Nackdelen med trä, är att det är ett organiskt material och att det är brännbart. Dagens byggnorm är funktionsanpassad, den säger att konstruktioner skall stå emot brand så länge att personskador undviks, samma regler gäller för både betong och trä.

Fördelen med betong är att det inte är direkt brännbart men vid mycket höga temperaturer förlorar även betong sin hållfasthet och brott på konstruktionen är oundvikligt. Trä brinner å andra sidan men mycket långsamt, detta gör att brandförloppet kan förutspås.

Fuktskador drabbar både betong- och trähus och inget av dem är bättre än det andra att vistas i ur hälsosynpunkt. Vid trähusbebyggelse måste stora resurser läggas på torrt byggande för att undvika röt- och mögelskador i framtiden, detta är inte nödvändigt med betong.

Ämnet miljöpåverkan väcker stor debatt. Ur klimataspekten visar de flesta rapporter att trä är bättre än betong. Det har varit svårt att hitta rapporter som ansetts helt objektiva, alltså inte varit finansierade av någon bransch.

Det är intressant att en fråga kan ge flera svar, som vilken stomme som ger lägst energianvändning och CO₂ utsläpp under en livstid.

Leif Gustavsson professor vid Mittuniversitetet har genom försök visat att ett trähus jämfört med ett betonghus har samma energianvändning. En annan studie vid Lunds universitet visar att användningen av en tung stomme kan minska energianvändningen upp till 30%! Vidare menar Gustavsson att valet av uppvärmningssystem har stor betydelse för energianvändning och CO₂ utsläpp.

Det är i torkningsprocessen mest energi går åt vid framställning av trävaror. Trä sägs vara CO₂ neutralt under sin livstid, medan framställningen av cement som är huvudingrediens i betong anses vara en riktig CO₂ spruta till atmosfären. Av hela Sveriges koldioxidutsläpp kommer 3 % från cementindustrin!

Förutom de faktorer som jag inledningsvis trodde skulle ha störst påverkan på stomvalet tillkom även arbetsplatskostnader och drift och underhåll.

Gustavssons studie visar att driftskostnaderna för ett betonghus och trähus inte skiljer sig nämnvärt åt. Men vilka underhållskostnader förvaltaren får räkna med på ett trähus under en byggnads livstid är långt fler.

På ett trähus måste resurser läggas på ommålning av fasad och eventuellt byte av panelbräder. I Limnologen har det lösts genom att var lägenhetsinnehavare ansvarar för att utföra underhåll på sin lägenhet, vilket enkelt görs med en liten steg. Problemet uppstår dock om någon inte utför sina åtagande vilket bidrar till att huset efter några år får ett oestetiskt uttryck.

Eftersom kv. Limnologen skulle byggas på gammal impediment mark med högt grundvattenstånd var träbyggnad mycket fördelaktigt. Enligt rapporten *Byggandet av flervåningshus i trä*, minskar belastningen på undergrunden med 30-50 % vid användning av trästomme jämfört med betong! Hade Midroc valt att istället bygga hela huset i betong hade stora resurser behövts för grundläggning, något som också hade tagit längre tid än de 15 veckor som krävdes för grundarbetena för ett hus.

Positivt och faktiskt ett krav för att lyckas med träbyggnad är den industrialiserade processen oberoende om det är plattelement eller volymbyggnad. Vid träbyggnad är elementen prefabricerade till 80-90 %. Det betyder att mycket lite görs på plats, speciellt när det gäller volymbyggnad.

Martinsons hade en framförhållning i produktionen på tre veckor för att kunna leverera i tid för montage. Vid betongbyggnad behövs endast två veckors framförhållning.

Den höga prefabriceringsgraden påverkar även byggtiden. Totalt tog det 15 veckor att resa trästommen på Limnologen hus nummer fyra, samma tid som att utföra grundarbetena. Med de förbättringar som är gjorda i väderskyddets utformning kan byggtiden kortas ytterligare. För betong hade det tagit ca åtta veckor att montera samma hus och problemet med uttorkning utesluts på grund av prefabriceringen (endast övergjutningen behöver torkas ut).

En stor nackdel för träbyggande är att det kräver torrt byggande även efter att elementen lämnat fabriken. En helt ny arbetsmarknad har öppnat sig med väderskyddat byggande! Lösningen är kostsam och vinsterna i arbetskvalité, minskade sjukdagar och helt enkel trevligare arbetsplats ger inte en vinst som ses i den tidiga kalkylen. Kostnaderna för hyrning av kran utgår dock då motsvarande finns monterat i väderskyddet.

Detta är något att tänka på för betongindustrin, betong kräver jämna temperaturer vid gjutning och uttorkningen går fortare.

En klar fördel med trä jämfört med betong med tanke på leveranser är vikten. Trä är så lätt att teoretiskt skulle det gå att lasta väldigt många fler trärelement än betong på en lastbil. Dock innebär transportsättet, på vägnätet den praktiska begränsningen för båda materialen och måtten blir det avgörande.

Martinsons levererar byggelement från Bygdsiljum utanför Skellefteå, vilket innebär dagliga transporter på 120 mil till Växjö. Det innebär stor belastning på miljön i form av bränsleförbrukning och CO₂ utsläpp.

För att minska transportsträckorna försökte Martinsons hitta tillfälliga fabriker för tillverkning av väggelementen i Småland utan större framgång.

Bjälklagselementen är svåra att flytta produktionen av, då de är mycket mer komplicerade att tillverka än väggelementen.

Strängbetong har flera fabriker runt om i Sverige vilket medför att avstånden till den tillfälliga arbetsplatsen blir kortare.

I kv. Limnologen efterfrågades trä tidigt i projekteringen. Detta berodde dels på Växjö kommuns önskan och vision om en trästadsdel, dels på det rådande högtryck på byggmarknaden som rådde vid tiden för Limnologens start 2006.

Idag skrivs löpmeter med artiklar om ekonomins nedgång, och att det påverkat byggindustrin har väl inte undgått någon. Detta har även påverkat materialpriser, leverantörer och entreprenörer. En hälsosammare miljö på byggmarknaden är kanske att vänta och priser som konsumenterna har råd med.

Men, varför byggs det då inte mer i en lågkonjunktur? I och med nedgången i ekonomin har byggherrarna svårare att få lån i bankerna, alltså färre husbyggen, trots låga räntor till kundens fördel.

I byggherrekalkylen förekommer utnyttjandegrad som en stor post. Hur många kvadratmeter av den totala ytan går att hyra ut eller sälja avgör vinsten för företaget.

Vid en jämförelse mellan ett betong- och ett träbjälklag bygger träkonstruktionen mer än motsvarande byggdel i betong. Vid en fast byggnadshöjd innebär det att stora förluster är att räkna med om sista våningen inte går att tillgodoräkna beställaren då träbjälklaget bygger för högt. I ett flerbostadshus över fyra våningar förlorar byggherren en våning med en bjälklagshöjd i trä på 600 mm och en takhöjd på 2400 mm, $0,6 \times 4 = 2,4$ m medan endast hälften för ett betongbjälklag 300 mm. Förslagsvis bör det anges antal våningar som är tillåtet att bygga istället för antal meter, dock uppkommer problemet med vad som anses som rimlig rumshöjd.

Egentligen spelar inte alla goda argument i världen någon roll om byggherren inte vill bygga i trä. Byggsektorn är en mycket konservativ bransch och ännu är nog inte loppet vunnet för träbyggarna. Jag tror att Svenska träbyggnadskansliet har öppnat sinnen på många byggare i landet, men som alltid behöver människan tid för förändring. Med kv. Limnologen gjorde Midroc något som inte gjorts tidigare, bygga åtta våningar i trä! Det var en sporre i sig att vara först, men utan Martinsons hade det kanske inte varit möjligt. Erfarenhetsmässigt har det varit lärorikt och det som har upplevts som

negativt kan förbättras till nästa gång. En stor vinst som alla träbyggare kan göra är att bejaka kundernas vilja att vara en miljövän och bidra till ett hållbart samhälle.

9 Slutsats

I slutänden avgör den ekonomiska kalkylen valet av stomme. Beställaren av ett flerbostadshus som ingår i ett vinstdrivande företag bryr sig oftast inte om vinster i det långa loppet. Är idén att sälja fastigheten när den är färdigbyggd, spelar det inte någon roll om driftskostnaden blir låg då beställaren inte kan ta del av vinsten.

Om investeringen å andra sidan är en långsiktig sådan spelar driftskostnader och underhåll stor roll. Valet av uppvärmningssystem har stor betydelse för byggnadens totala energianvändning, något som kommer att ha en avgörande roll i framtidens hus. Jag tror att det är bättre att lägga ut lite mer i början och mindre under byggnadens levnadstid i form av drift- och underhållskostnader.

Vilka markförhållanden som råder på fastigheten, spelar en stor roll i stomvalet. Genom att använda en trästomme reduceras lasten på undergrunden med upp till 50 % mot motsvarande betongstomme. Detta innebär stora besparingar i grundläggningskostnader dels i arbete dels i materialåtgång.

Men det som är positivt är även det en nackdel. Vid användning av en trästomme måste den förankras mot vindlast och drag i grunden, något som är onödigt med en tung stomme. Detta innebär merkostnader.

Vid jämförelse mellan prefabbetong och träbyggnad byggs mycket lite på plats. Den tiden som krävs för leverantören för att prefabricera stomelementen, två respektive tre veckor spelar ingen större roll för stomvalet då det hela kräver lite planering från beställarens sida.

Det går att lasta fler träelement på lastbilar än betongelement på grund av vikten men stor hänsyn måste tas till vägnätets kapacitet och elementens storlek.

Vid montering och resning av stommen kan pengar tjänas genom kortare byggtid. Stora förbättringar med väderskyddets utformning medför att montering av träelement idag går fortare än på kv. Limnologen, vilket innebär att monteringstakten är i stort sett likvärdig i de båda metoderna.

Den stora fördelen med träbyggnad är den torra arbetsmiljön. Dock är det svårt att visa en faktisk vinst med väderskyddat byggande tidigt i kalkylen. Kvaliteten och arbetsmiljön med väderskyddat byggande ökar och antalet dagar med stillestånd på arbetsplatsen på grund av ogynnsamma väderförhållanden är i stort sett obefintliga. Kontentan tycker jag är, att allt byggande från och med nu skall vara väderskyddat!

Andra faktorer som spelar stor roll vid val av stomme är utnyttjandegrad. Vid en fast byggnadshöjd innebär det att stora förluster är att räkna med om sista våningen inte går att tillgodoräkna beställaren då trægolvet bygger för högt. Materialpriser och konjunktur är sådant som alltid tas i beaktning vid kalkylering, däremot inte attityden till träbyggande. Jag tror att dagens samhällsdebatt kring klimat, miljö och växthuseffekt är positivt för träindustrin och träbyggandet, människan vill bo i friska miljövänliga hus.

Jag tror att vi kommer att få se mer flerbostadshus med trästomme i framtiden, kunskaperna hos konsulter och entreprenörer ökar samtidigt som kundernas krav om hållbart byggande blir större. Däremot tror jag att regelverk och riktlinjer måste bli tydligare och ense över hela landet.

Jag trodde att byggherren främst skulle tjäna på kortare byggtider med trä, men det visade sig att prefabricerade betongelement har i stort sett samma montagetid om inte lite snabbare.

Jag tror att trä kommer användas mer i framtiden i projekt där bärigheten i marken anses svag, men den troligaste och mest avgörande anledningen till att trästommarnas framfart, är de miljöfaktorer som är överlägsna betong!

10 Referenser

Litteratur

Adolfi B. m.fl (2005) *Trälyftet Ett byggsystem i massivträ för flervåningshus* Stockholm, AB Svensk Byggtjänst

Björk C. och Reppen L. (2000) *Så byggdes staden* upl. 2 Stockholm, AB Svensk Byggtjänst

Uppdatering av tider och kostnader för BetongBanken (2007) Karlskrona, Boverket

Burström P. G. (2001) *Byggnadsmaterial - Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper* Lund, Studentlitteratur

Massivträ. Handboken 2006 Martinsons Byggsystem AB

Nevander L. E. och Elmarsson B. (2007) *Fukt handbok praktik och teori* Stockholm, AB Svensk Byggtjänst

Att välja trä (2004) upl. 8 Stockholm, Skogsindustrierna

Sverige bygger åter stort i trä - 55 exempel på modern träbyggnadsteknik i stora konstruktioner (2007) Stockholm, Näringsdepartementet och Sveriges träbyggnadskansli

Högre hus med trästomme (2002) Södra och Gyproc

Rapporter

Brunklaus B. & Baumann H. ESA-Rapport (2002:6) *Vad innebär ett ökat träbyggande i Sverige för miljön?* Chalmers Tekniska Högskola

Cementa Hållbarhetsredovisning 2007

Gustavsson L. *Klimatfördelar med att bygga i trä* Mittuniversitetet

Jarnerö K, Vessby J, Gustafsson Å och Rask L-O (2007) *Erfarenheter av logistik- och montageprocessen vid byggande av höga flerbostadshus med trästomme* Del 1. Växjö universitet

Stehn L, Rask L-O, Nygren I och Östman B (2008:18) *Byggandet av flervåningshus i trä* Luleå universitet

Serrano E. (2008) *Översikt och delprojekt rapporter i sammanfattning* CBBT och Växjö universitet

Vessby J, Gustafsson Å och Rask L-O (2007) *Erfarenheter av logistik- och montageprocessen vid byggande av höga flerbostadshus med trästomme* Del 2. Växjö universitet

Artiklar

Andersson Roger *Miljövänliga Stommar växer ur stubbiga rapporter* Betong 3/07

Axling Lasse *Fullt ras?* Byggfakta 1/09

Gustavsson Leif *Jämförelser av CO₂-utsläpp är väl underbyggda* Husbyggaren nr 1/09

Klang Kerold *Allt fler höga trähus* Fastighetstidningen 1/09 s.38

Lundgren M. Nomi *Omstridd satsning nådde halvvägs* Byggindustrin 4/09 s.12

Vessby Johan *Sveriges högsta moderna bostadshus i trä: Limnologen i Växjö* Bygg & Teknik 2/07

Internetsidor

Betongportalen www.betong.se *Klimat och påverkan* 2009-05-12

Boverket (2009) www.boverket.se *Drift och förvaltning av byggnader* 2009-05-12

Hallbyggarna Jonsereds AB *Gibson Tower* www.hallbyggarna-jonsereds.se 2009-05-07

Lindbäcks Bygg AB www.lindbacksbygg.se *Om Lindbäcks bygg* 2009-05-07

Martinsons www.martinsons.se

Midroc (2008) www.midroc.se ”Mer än du tror” 2009-05-12

Midroc (2005) www.mpd.midroc.se Företagspresentation 2009-05-12

Miljömålsportalen (2009) www.miljomal.nu Levande skogar
2009-05-07

Strängbetong AB www.strangbetong.se ”Stomsystem för bostadshus”
2009-03-19

Skogsindustrierna www.skogsindustrierna.org Skogsindustrierna en
faktasamling 2008 2009-05-07

Träbyggnadskansliet www.trabyggnadskansliet.se

Trälyftet Setra www.setragroup.se

Välle Broar (2005-2006) www.vallebroar.se

Intervjuer – muntliga källor

Abelsson Bengt, Projektingenjör Martinsons Byggsystem AB 2009-03-16

Ljunggren Thord, Byggkonsult AB Projektledare Limnologen 2009-03-23

Nilsson Christer, Säljare Strängbetong 2009-03-24, 2009-05-13

Skiöld Magnus, VD Midroc Property Development AB 2009-04-22

Ullstad Erland, Växjö kommun 2009-03-09

11 Bilagor

Bilaga 1: Tidplan Grund NCC

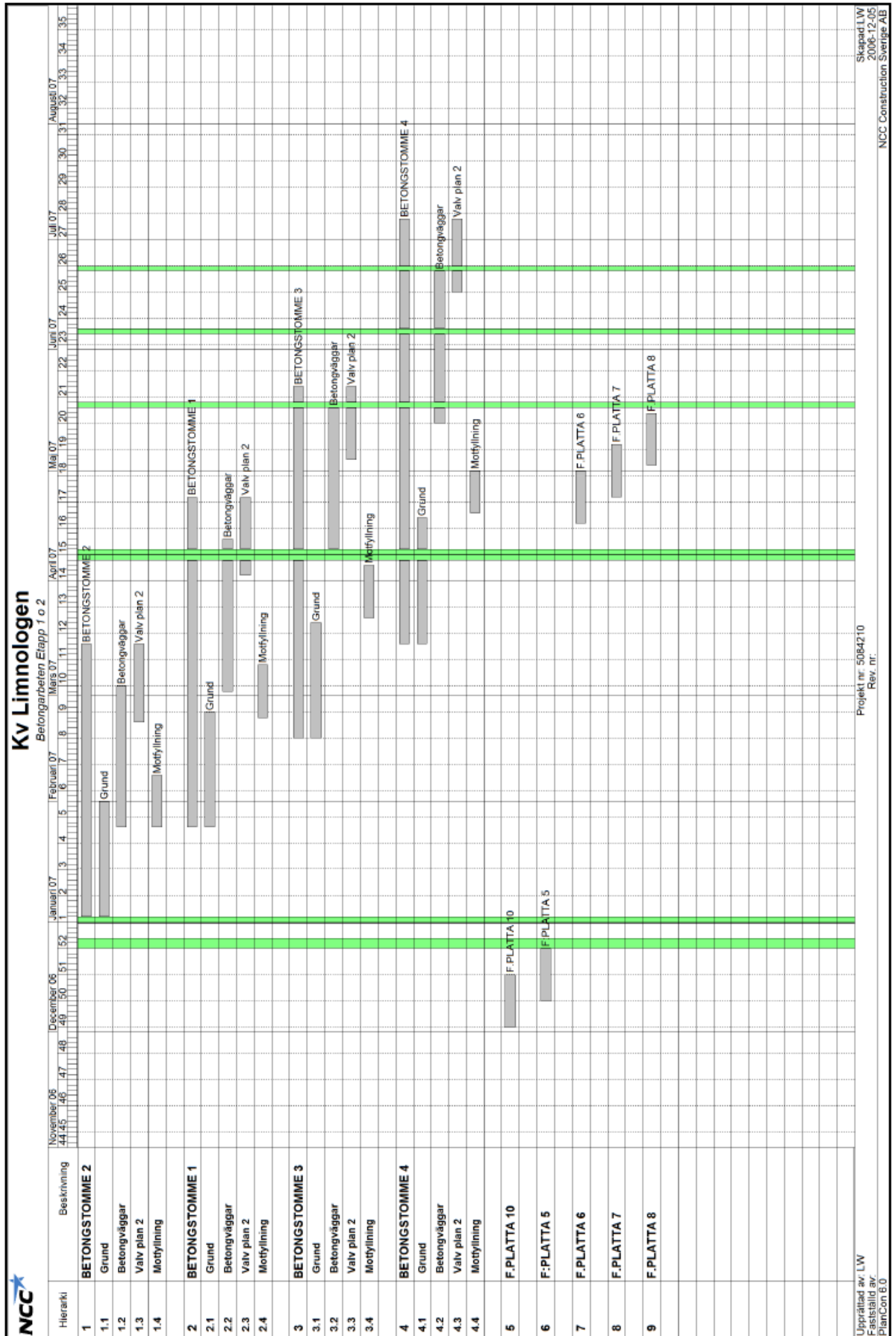
Bilaga 2: Montageplan Martinsons

Bilaga 3: Utdrag ur Geoteknisk undersökning

Bilaga 4: Utdrag ur Brandskyddsdokumentation

Bilaga 5: Montageplan väggar (förstoring)

Bilaga 1 Tidplan grundkonstruktion



Bilaga 3. Utdrag ur geoteknisk undersökning för kv. Limnologen i Växjö

GEOEXPERTEN RS AB

GEOTEKNISK KONSULT

Box 4155
227 22 Lund
tel 046 30 70 01

Datum

2001-12-27

2(4)

kv Limnologen, Växjö

Geoteknisk undersökning för bostadshus

Rapport

arb nr 179-01

UNDERSÖKNINGSRESULTAT

Markytan inom undersökningsområdet faller svagt mot sjön och nivåer mellan ca +163,0 i väster och ca +162,0 i öster. Vattenytan i sjön inmättes 2001-12-12 på nivån +161,22.

Jordlagerförhållanden

Jordlagren utgörs överst av ett 0,2-0,3 m tjockt matjords och vegetations-skikt. Detta underlagras av fyllning med omväxlande morän, sand, mulljord, och torv till djup mellan 2,0 och 2,5 m. I fyllningen förekommer sten och block samt bergskrot. Fyllningen är inhomogen samt varierar i fasthet.

Fyllningen underlagras av mellan- till högförmultnad torv till ca 3,0 m djup under markytan. Gränsen mellan fyllning och torv var i vissa punkter svår att definiera.

Torven underlagras av naturlig jord av sand, siltig sand samt ställvis silt som sannolikt övergår i morän på djup > 4,0 å 5,0 m. Sanden har i vissa av proven moränkaraktär.

Vid sonderingarna har omväxlande lös och fast lagring registrerats i fyllningen medan torven är löst lagrad. Underliggande sediment är övervägande fast lagrade. I flera av punkterna erhöles "stopp" mot grövre partiklar i fyllningen vid viktsonderingen varvid slagsondering fick tillgripas.

Grundvattenförhållanden

Efter avslutat provtagning samt vid grävningen kontrollerades förekomst av vatten i undersökningspunkterna. Vattenytor och framrinnande vatten inmättes på 0,2-2,0 m djup under markytan. Vattentillströmningen i den underliggande sanden var ställvis riklig. Grundvattenytan inom området kan förväntas ligga 0,2-0,5 m över vattenytan i sjön Trummen samt relativt snabbt följa vattenståndsförändringarna i denna. Vattenytan i sjön inmättes 2001-12-12 på nivån +161,22. I den äldre undersökningen redovisas en vattenyta i sjön på nivån +161,3 (1997-12-19).

Radon

Då resultaten av markradonmätningen inte är klara vid utskriften av denna rapport kommer detta att redovisas senare i separat "PM: Radon".

GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER

Grundläggning

Förekommande fyllning är inhomogen samt innehåller organisk jord i varierande omfattning. Vid belastning kommer ojämna sättningar att uppträda i fyllningen. Även om inga laster utöver de rådande påförs kan vissa sekundärsättningar uppträda.

Även underliggande torv är sättningsgivande. Sättningar av storleksordningen 10-20 % av lagertjockleken kan uppstå i torven.

Med hänsyn till detta måste en grundförstärkning utföras för husen förslagsvis enligt följande alternativ:

Alternativ B. pålning

I detta alternativ grundläggs såväl byggnadernas stomme som golv på pålar, lämpligen betongpålar som stoppslås som stödpålar eller friktionspålar i den underliggande moränen. Pällängden ska bestämmas vid provpållning i samband med arbetsstart. Sten och blockförekomst i fyllning kan försvåra pållagningen och orsaka avdrift.

Vid ett pålat alternativ ska anslutande ledningar till bottenplattan anordnas med rörelsemöjlighet för att undvika knäckning vid sättningar. Risk finns även att framtida justeringar av marken vid entréer, etc. kan komma att erfordras.

3 Avvikelser / alternativ utformning

Byggnaden förses med boendesprinkler vilket har möjliggjort följande tekniska byten.

1. Fasadbeklädnad får utföras av träpanel.
2. Avstånd mellan fönster i fasad med obrännbar fasadbeklädnad får vara mindre än de krav som anges i BBR. Se 5.6
3. Ytskikt undersida balkonger får vara massivt trä.

8 Bärverkens brandtekniska klass

Vertikalt bärverk samt stomstabiliserande horisontellt bärverk utförs i brandteknisk klass R 90. Bjälklag utförs i R 60.

Balkonger utförs i brandteknisk klass R30

Bärverk som är gemensamt för flera balkonger utförs i brandteknisk klass R 60.

I det fall enkel inglasning görs av balkonger gäller ovanstående krav. I det fall balkongerna glasas in så att de betraktas som en del i lägenheten skall balkongerna utföras i brandteknisk klass R 60 och det gemensamma bärverket i R 90.

Takfot som skjuter ut mer än 0,5 m från fasadliv skall vara utförd i brandteknisk klass R 30. Kravet gäller endast det primära bärverket såsom takstolen.

10.1 Boendesprinkler

Systemet dimensioneras för mellan två och fyra aktiverade sprinkler och delar normalt servis med kallvattenservisen. Systemets varaktighet skall vara minst 60 minuter.

För att förhindra återströmning till vattenledningsnätet skall systemet förses med en kontrollerbar backventil.

Installation av boendesprinkler utförs enligt Svenska Brandförsvarsförningens "installation av boendesprinkler".

Ritningsunderlag och övrig dokumentation skall godkännas av beställaren innan installationsarbeten påbörjas.

Samtliga rum placerade vid fasad med träbeklädnad eller där balkong utgör utrymningsväg skall vara försedda med sprinkler.

Bilaga 5 Montageplan väggar

