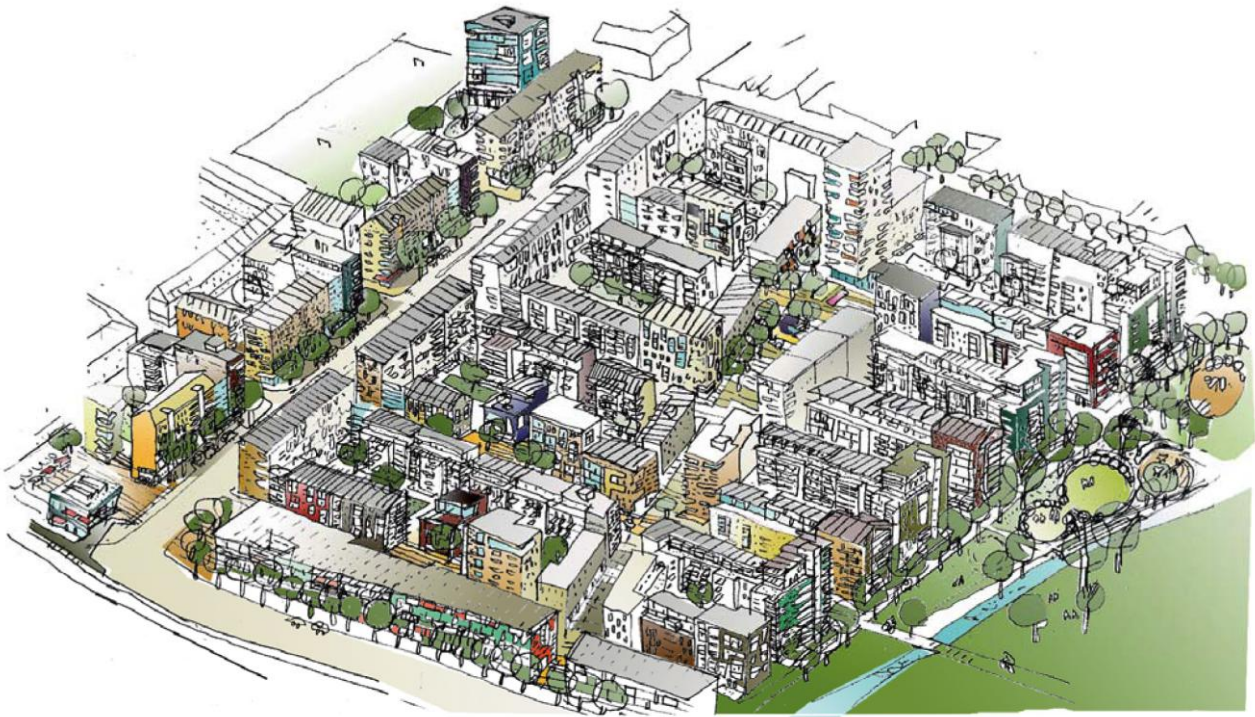


# CHALMERS



## Optimering av prefabricerade betongstommar

En studie i hur ett bostadsområdes utformning påverkas av prefabricerade betongelement

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

**ULF BERNTSSON  
JENNIFER POUR**

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för Construction Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2012  
Examensarbete 2012:166



EXAMENSARBETE 2012:166

# Optimering av prefabricerade betongstommar

En studie i hur ett bostadsområdes utformning påverkas av prefabricerade  
betongelement

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

*Byggingenjör*

ULF BERNTSSON

JENNIFER POUR

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

Göteborg, 2012

Optimering av prefabricerade betongstommar  
– En studie i hur ett bostadsområdes utformning påverkas av prefabricerade betongelement.

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

ULF BERNTSSON JENNIFER POUR

© ULF BERNTSSON & JENNIFER POUR, 2012

Examensarbete /Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2012:166

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

Framsida:

Vy över möjlig framtida Kvillebäcken

<http://www.cisionwire.se/wallenstam/i/kvillebacken-vision,c69314>

Reproservice/ Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2012

## SAMMANDRAG

Vid produktion av bostadshus ligger största kostnaden i stommen i form av konstruktionslösningar, materialkostnader och arbetskraft. Kan man optimera stommen, konstruktionsprinciper och lösningar i ett tidigt skede ges bättre förutsättningarna för en kostnadseffektivare byggnad. Projektet är begränsat till stomkonstruktioner i prefabricerad betong där fokus ligger på hur element påverkar ett flerbostadshus utformning och karaktär. Få underlag till kostnadsberäkning begränsar arbetet till att omfatta prefabricerade elementens upprepning och schaktens placering i stommen för att optimera produktionen och montering. Genom intervjuer och information från olika aktörer på marknaden sammanställs underlag för att sedan kunna analysera stomkonstruktioner på olika planlösningar samt att skapa en optimerad sådan. Analysen visar att korrigeringar måste göras för att de olika bjälklagen skall kunna placeras in på önskvärt sätt. Vårt projekt har resulterat i en optimerad stomme utefter de förutsättningar som gavs i fallstudien. Med faktainsamling som grund har vi tagit fram en stomme där vi koncentrerat oss på att minska antal elementdimensioner och använda elementtillverkares standarder såsom modulmått på 2400 mm för att optimera både kostnader och projekteringstid. Vi visar på att en annan tankegång vid projektering kan spara både tid och pengar.

Nyckelord: Prefabricerad betong, optimerad stomme, betongelement

## Optimization of prefabricated concrete frames

- A study of how the design of a residential area is influenced by prefabricated concrete frames.

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ULF BERNTSSON & JENNIFER POUR

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Construction management.

Chalmers University of Technology

### ABSTRACT

In the production of a residential building the main cost is in the frame, such as engineering solutions, material and labor. If the frame, design principles and solutions can be optimized in an early stage, there are better conditions to create a costefficient building. The project is limited to frame constructions of prefabricated concrete with focus on how the elements affect an apartment buildings design and character. Data has been compiled through interviews and research from various market participants. Then we have analyzed different frame constructions and floor plans to create and optimized one. The analysis shows that corrections must be made to the various plans so that the frames can be placed in a correct way. Our project has resulted in an optimized frame with the conditions given in the case study. With the data we collected, we have developed a frame in which we have concentrated on reducing the amount of elements and to use the manufacture standards such as the module dimension 2400 mm to optimize both costs and projecting time. With our report we show that with a change in train of thought there are both time and money to save.

Key words: Prefabricated concrete, optimized frame, concrete element,

# Innehållsförteckning

|  |     |
|--|-----|
| SAMMANDRAG                                     | I   |
| DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME    | II  |
| ABSTRACT                                       | II  |
| INNEHÅLLSFÖRTECKNING                           | III |
| FÖRORD   | VI  |
| <br>   |     |
| 1 INLEDNING                                    | 1   |
| 1.1 Bakgrund                                   | 1   |
| 1.2 Syfte                                      | 1   |
| 1.3 Avgränsningar                              | 1   |
| 1.4 Metod                                      | 1   |
| 1.4.1 Litteraturstudier och studiebesök        | 2   |
| 1.4.2 Analysunderlag                           | 2   |
| <br>   |     |
| 2 KVILLEBÄCKEN                                 | 3   |
| 2.1 Wallenstams bygger bostäder i Kvillebäcken | 3   |
| 2.2 Miljökrav                                  | 3   |
| <br>   |     |
| 3 PREFAB MED BETONG                            | 5   |
| 3.1 Betong                                     | 5   |
| 3.2 Fukt                                       | 5   |
| 3.3 Ljud                                       | 6   |
| 3.3.1 Olika ljud och uppkomst                  | 6   |
| 3.3.2 Ljudklasser                              | 6   |
| 3.3.3 Dimensionering                           | 7   |
| 3.4 Brand                                      | 7   |
| 3.4.1 Brandklasser                             | 7   |
| <br>   |     |
| 4 KOMPONENTER I BETONGKONSTRUKTIONER           | 9   |
| 4.1 Bjälklag                                   | 9   |
| 4.1.1 Håldäcksbjälklag                         | 9   |
| 4.1.2 Plattbärlag                              | 10  |
| 4.1.3 Massivplatta                             | 11  |
| 4.1.4 Samverkansplatta                         | 12  |
| 4.2 Väggelement                                | 13  |
| 4.2.1 Massivvägg/Skalvägg                      | 13  |
| 4.2.2 Sandwichelement                          | 13  |
| 4.2.3 Utfackningsvägg                          | 14  |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.3   | Pelare – Balk  | 14 |
| 4.4   | Trapphus   | 14 |
| 4.5   | Fasad  | 15 |
| 4.5.1 | Skarvar  | 15 |
| 4.5.2 | Puts   | 15 |
| 4.5.3 | Tegel  | 15 |
| 4.5.4 | Ytbehandlad betong   | 16 |
| 4.5.5 | Självrengörande betong   | 16 |
| 5     | UPPHANDLING  | 17 |
| 5.1   | Entreprenörsform   | 17 |
| 5.2   | Upphandlingsprocess för Prefab                                     | 18 |
| 5.3   | Förutsättningar vid projektering av prefabricerade hus             | 18 |
| 5.4   | Planlösningars begränsningar vid olika Stomsystem                  | 18 |
| 6     | UNDERHÅLL PÅ PREFABRICERAD BETONGSTOMME                            | 20 |
| 7     | DRIFT  | 21 |
| 8     | AKTÖRER PÅ BETONGPRODUKTIONSMARKNADEN                              | 22 |
| 8.1   | Tillverkare av prefabricerad betong                                | 22 |
| 8.2   | Fabriker med tillverkning av prefabricerade betong i södra Sverige | 22 |
| 9     | FALLSTUDIE AV PLANLÖSNINGAR  | 23 |
| 9.1   | Anpassning   | 23 |
| 9.2   | Hus 1A   | 24 |
| 9.3   | Hus 1C   | 27 |
| 9.4   | Hus 1D   | 30 |
| 9.5   | Hus 2A   | 33 |
| 9.6   | Hus 2B   | 36 |
| 9.7   | Hus 2C   | 38 |
| 9.8   | Hus 3D   | 40 |
| 9.9   | Väggar   | 41 |
| 10    | RESULTAT   | 42 |
| 10.1  | Arbetsgångar   | 42 |
| 10.2  | Resultat av fallstudie   | 42 |
| 10.3  | Kostnader  | 43 |
| 10.4  | Planlösningar våra förslag   | 43 |



|        |  |    |
|--------|--|----|
| 10.4.1 | Exploateringskarta   | 45 |
| 10.4.2 | Hus 1  | 46 |
| 10.4.3 | Hus 2  | 47 |
| 10.4.4 | Hus 3  | 48 |
| 10.4.5 | Sammanställning bjälklag   | 49 |
| 10.4.6 | Sammanställning väggelement  | 49 |
| 11     | DISKUSSION OCH SLUTSATS  | 50 |
| 12     | REFERENSER   | 51 |
|        | BILAGOR  | 53 |
|        | <br>BILAGOR  |    |
|        | <br>BILAGA 1. TABELL MED TILLVERKARES PRODUKTER OCH<br>DIMENSIONER |    |
|        | <br>BILAGA 2. RITNING ÖVER RESULTATETS PLANLÖSNINGAR               |    |

## **Förord**

Detta examensarbete på 15 högskolepoäng är en del av utbildningen till byggingenjör på Chalmers tekniska högskola vid institutionen för bygg- och miljöteknik.

Examensarbetet har varit ett samarbete mellan Chalmers tekniska högskola och fastighetsbolaget Wallenstam AB. Våra handledare har varit Annika Wilén, projektchef bostad på Wallenstam AB, samt Bert Luvö, tekniklektor inom Construction management på Chalmers tekniska högskola.

Vi vill tacka Annika Wilén för denna intressanta uppgift och för allt underlag till vår fallstudie samt för allt stöd och bra synpunkter under projektets gång. Vi vill även tacka Bert Luvö för sina råd om projektupplägg och förslag på litteratur.

Göteborg juni 2012

Ulf Berntsson och Jennifer Pour

# 1 Inledning

Rapporten kommer att ge en överblick över marknaden för prefabricerad betong och ska resultera i en optimering av ett bostadsområde bestående av tre hus på lott H i Kvillebäcken.

## 1.1 Bakgrund

Fastighetsbolaget Wallenstam producerar och förvaltar sina egna bostäder och kommersiella lokaler. Med fokus på hyresbostäder är de ett av de fastighetsbolag som producerar mest bostäder i Göteborg. Med flera stora aktörer på marknaden finns en konkurrens och målet är att skapa billiga bostäder med högt standard och låga driftkostnader. Hyror i nyproducerade bostäder är direkt kopplade till produktionskostnader, med det som grundsyn finns en vilja att sänka kostnader utan att minska på kvaliteten i lägenheterna.

## 1.2 Syfte

Den största kostnaden vid produktion av bostadshus ligger i stommen, i form av konstruktionslösningar, materialkostnader och arbetskraft. Med en större kunskap om hur man optimerar stommen, konstruktionsprinciper och lösningar i ett tidigt skede ges bättre förutsättningarna för en kostnadseffektivare byggnad. Val av konstruktionslösning i stommen kan styras av flera faktorer men arbetet ska ge en uppfattning om vad materialet ger för förutsättning för ekonomin, hållbarheten, miljö och hur man med denna kunskap ska göra ett rätt val i projekteringen.

Genom en sammanfattning av hur den prefabricerade marknaden ser ut ska rapporten ge en grund i hur man kan anpassa projekteringen till elementtillverkares standarder och effektivisera projekt.

## 1.3 Avgränsningar

Projektet är begränsat till stomkonstruktioner i prefabricerad betong där fokus ligger på hur element påverkar ett flerbostadshus utformning och karaktär. För att begränsa rapporten omfattar den analyser som visar på hur håldäckselement och element av massiv konstruktion påverkar planlösning. Vid förfrågan till tillverkare fanns begränsningar i framtagning av kostnadsunderlag och rapporten har begränsats till att omfatta hur prefabricerade element och schaktplacering i stomme påverkar huskonstruktioner och dess produktion. I vår fallstudie och analyser har vi valt dimensioner på element baserade på framtagna tabeller och konsultation med konstruktörer. Egna beräkningar har uteslutits i arbetet uteslutits.

## 1.4 Metod

Genom olika informationskällor har vi tagit fram ett underlag för de prefabricerade elementen och sammanställa dimensioner, detta har legat till grund för att sedan kunna analysera stomkonstruktioner för olika planlösningar.

### **1.4.1 Litteraturstudier och studiebesök**

Litteraturstudier genomförs för att erhålla den kunskap som behövs angående produkter på den prefabricerade betongmarknaden. Produktblad och tillverkarens hemsidor studeras för att ta fram ett underlag för dimensioner och begränsning vid konstruktion av stomme. För att visa på viktiga faktorer vid ritning av planlösning studeras även litteratur beskrivande brand och ljudkrav.

Hemsidan ”Bygga med prefab” används som ett verktyg för beställare och projektörer, där den prefabricerade marknadens produkter presenteras och dimensioner på konstruktioner rekommenderas. För att få en överblick studeras hemsidan och produktfakta sammanställs i vår rapport i kapitlet komponenter i betongkonstruktioner.

Med hjälp av studiebesök ska vi skapa oss kunskapen som behövs för att anpassa planlösningar till stomsystem uppbyggda av betongelementen producerade i fabrik.

Från Wallenstam har vi fått framtagna förslag på planlösningar till lott H i Kvillebäcken. Genom att diskutera med konstruktörer på konsultföretag med medtagna planlösningarna som underlag, frågar vi hur de anpassar sina produkter efter förslagen. För att effektivisera projektering ska vi även få fram information angående produktion, montering och begränsningar på fabriker.

Studiebesök hos Strängbetong ger underlag som behövs för att dimensionera och projektera håldäckselement, Abetong producerar massiva elementkonstruktioner och de ska ge oss underlag för projektering av massiva plattor. Konsultation med projektörer hos tillverkare ger underlag för att bedöma om konstruktionen är rätt utförd.

### **1.4.2 Analysunderlag**

Wallenstam har via en utomstående arkitektfirma tagit fram planlösningar till lott H i Kvillebäcken, dessa ska analyseras och utefter vår förmåga anpassas till en prefabricerad betongstomme. Efter lott H:s förutsättningar ska en helomfattande optimering av bostadsområdet göras där fokusering ligger på att optimera området efter vilka faktorer tillverkare anser vara de viktigaste, i vårt fall minimering av elementtyper och optimerad placering av schakt. Med kunskapsgrund från utbildningen ska vi utifrån ett byggnadstekniskt perspektiv även skapa optimerade planlösningar.

## 2 Kvillebäcken

I Kvillebäcken byggs en ny stadsdel upp. Området kommer att bestå av flera variationer av bostäder där alla människor ska kunna samsas i samma område. Med både bostads- och hyresrätter tillsammans med verksamheter som skola, dagis och affärer kommer här att skapas ett område som ska tillgodose alla i området. Med förutsättningen att göra ett område som har ett varierande och händelserikt utseende har fler arkitekter samarbetat med byggbolagen.

Sju byggbolag ska i tre etapper bygga 2000 bostäder, första etappen har påbörjats och inflyttning beräknas till våren 2013. Allt planeras stå klart inom sju till åtta år.

Bostäderna kommer att vara i varierande storlek från ettor till fyror där även en del ska bestå av studentbostäder, i storlek från 35 till 70 kvm. Höjderna på husen är varierande för att skapa ett levande arkitektoniskt område, upp till 16 våningshus kommer att förekomma. (Kvillebäcken, 2012)



**Figur 1 Inspirationsbild Kvillebäcken**  
Källa: Fastighetstidningen

### 2.1 Wallenstams bygger bostäder i Kvillebäcken

Wallenstam kommer att bygga cirka 400 bostäder i området uppdelat på fyra olika kvarter. Efterfrågan på bostäder är stor och därför vill Wallenstam bygga lägenheter efter hur marknaden ser ut. I dagsläget är efterfrågan stor på lägenheter som alla ska ha råd att bo i, ett billigt boende men utan att standarden har minskat. I första etappen bygger Wallenstam 209 stycken lägenheter som står klara för inflyttning under kvartal tre 2013. För andra etappen projekteras nu uppbyggnaden av två lotter där den här rapporten kommer att analysera byggnaderna på ena, ett område bestående av tre byggnader.

Förutsättningarna för att bygga billiga bostäder är att hitta en produktion som är så kostnadseffektiv som möjligt och att göra val tidigt i projekteringen som kommer att påverka kostnaden på slutprodukten. I detta projekt har Wallenstam valt att titta på möjligheten att bygga stommar med prefabricerade element, något som blir allt vanligare på marknaden och som har konstaterats vara det snabbaste och oftast billigaste valet. (Wallenstam, 2012)



**Figur 2 Översikt Kvillebäcken**  
Källa: Wallenstam

### 2.2 Miljökrav

Bostäderna i Kvillebäcken är de första att byggas efter Göteborgs nya krav på miljöanpassat byggande och ska vara ett föredöme för fortsatt byggande i staden. I miljöklassningssystem Miljöbyggnad ställs krav på energiåtgång, val av byggnadsmaterial och en hög standard på inomhusmiljön som ska vara bullerfri och ha bra luftkvalitet. En av de viktigaste punkterna är att energiåtgång inte ska överstiga

60kWh/m<sup>2</sup> och år. Husen ska även ha en hög beständighet där livslängden och genomtänkt installation är avgörande. (Wallenstam, 2012)

## 3 Prefab med betong

Vid tillverkning av prefabricerade betongelement finns många faktorer som ska tas i beaktning, i det här kapitlet sammanställs de viktigaste.

### 3.1 Betong

Betong består till grunden av cement, sand, sten och vatten. För att förstärka betongen kan även tillsatser tillföras i blandningsprocessen. Betong är ett av de mest använda materialen volymmässigt vid husbyggnad. På grund av dess pris och hög hållfasthet är det ett av mest optimala materialet vid husbyggnad.

Prefabricerade element har använts i över hundra år men det var inte förrän på 60- och 70- talet då behovet av fler bostäder ökades, som en ökad produktion satte fart. Med en billig produktion och enkel montering kunde många bostäder produceras under kort tid. Detta kom att kallas miljonprogrammet och många av dessa byggnader står kvar än idag. En aspekt som inte togs i beräkning var den estetisk som då kom i andra hand, idag är utseendet av större betydelse och valmöjligheterna på fasader är många. Det var även under denna tid som TT-elementen och håldäckselmenten introducerades och de är idag några av de mest använda konstruktionerna vid husbyggnad.

Tillverkning av de prefabricerade element sker till större del av hantverkare på fabrik, men utvecklingen visar på att allt fler moment går mot att bli automatiserade som t.ex. tillverkning av armering. En automatisering leder i framtiden till effektivare produktion. (Engström, 2007)

### 3.2 Fukt

På grund av den låga halten vätska i prefabricerade element, i förhållande till hur mycket den klarar av att binda, torkar betongen snabbt. På grund av lågt cementtal är betongen moståndskraftig till att ta upp fukt under transport, lagring och under uppförandet av elementen.

Mögel bildas ofta av byggfukt som inte torkas ut, något som fabriker motverkar genom att tillverka betongen inomhus, minska lagringstider och snabba monteringsprocesser. Med korta moteringstider skapas snabbt ett tätt hus och elementen utsätts inte för väta. (Svensk Betong, 2012)

Vid tillverkningen av håldäckelement görs upprepade hål längs elementen som avleder vattensamlingar vid uttorkningsprocessen efter montering. (Strängbetong, 2012)

### 3.3 Ljud

Ljud har stor inverkan på levnadsstandard och är en betydande orsak vid dimensionering av isolering i väggar och golvpåläggning på bjälklag.

”En ökning av ljudtrycksnivån med 8 till 10 dB upplevs av örat ungefär som en fördubbling av ljudstyrkan. 55 dB upplevs alltså dubbelt så starkt som 45 dB. Små skillnader i ljudnivån kan sannolikt vara av stor betydelse för bullerupplevelsen över tiden och ge störningsreaktioner”. Ett bevis på att varje decibel som går att minimera har stor betydelse för vår föreställning av ett tyst boende. (Boverket, 2012) (Kernen & Åkerlöf, 2008)

#### 3.3.1 Olika ljud och uppkomst

Ljud i bostäder kan uppstå från flera källor och uppfattas olika mycket beroende från vilken. Ljud vi människor känner av mest är *stegljud* som uppstår när vi rör oss i lägenheten, då oftast från en högre belägen bostad eller från intilliggande rum. För att motverka ljud från steg beläggs bjälklagselementet med en pågjutning och i kombination med stegljudsdämpning och ”bra val” av golvbeläggning kan dess inverkan reduceras.

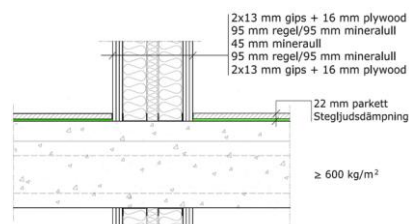
Det mest förekommande är *luftljud*, då i form av prat, tv, radio m.m. Ljud som till största del överförs genom väggar. Genom att dimensionera betongtjocklek anpassas väggen till vald klassificering, tillverkare rekommenderar 200 mm för att klara klass B. För att ytterligare minska ljudnivåerna kan modifieringar behövas för att avlägsna ljudbryggor i skarvar mellan vägg och golv, något som kommer att resultera i en ökad kostnad.

*Buller* från gator och trafik ställer krav på betongdimensioner i ytterväggselement och är en avgörande faktor vid val av väggkonstruktion. Beroende på var byggnaden är belägen kan även dimensionen på isolering ha stor betydelse på ljudklimatet i lägenheterna.

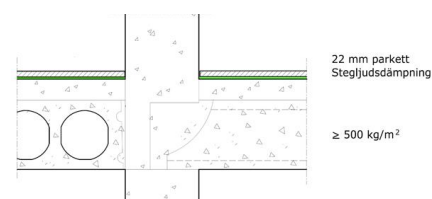
#### 3.3.2 Ljudklasser

Mätning av ljudtransport i ett färdigbygg bostadhus delas in i fyra klasser, klass-A, klass-B och klass-C. Dessa klasser ställer olika krav på konstruktionen där klass A har de största kraven på ljudstyrka som når närliggande lägenheter och rum, men där klass C skall klara kraven enligt BBR. För att bemöta önskemål om en behaglig miljö anses klass-B vara den lägsta att dimensionera efter men att klass-A kan vara att föredra. Vid dimensionering av ett klass A hus där låg ljudstyrka transporteras har det dock visat sig att andra ljud inom lägenheter blir mer påtagliga som t.ex. kylskåp som har en störande inverkan.

En jämförelse mellan klasserna kan beskrivas som



Figur 4 Dimensioneringsförslag  
Klass A

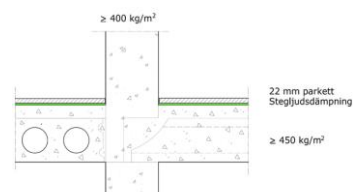


Figur 3 Dimensioneringsförslag  
Klass B



att klass B upplevs 50 % bättre än klass C, och klass A är dubbelt så bra som klass C.

Svensk betong har på sin hemsida ”Bygga med Prefab” tagit fram exempel på hur minimikrav kan uppfyllas.



**Figur 5**  
**Dimensioneringsförslag**  
**Klass C**

### 3.3.3 Dimensionering

Ljud överförs olika beroende på betongs dimension och sammansättning. Vid dimensionering av bjälklaget påverkas ljudets utbredning av hur massiv plattan är, något som oftast anpassas genom en pågjutning när elementen är monterade. Betongelementens spännvidder påverkar spridning av ljud, längre spännvidder påverkar utbredningen av ljud positivt och minskar ljudtransport genom bjälklag.

Liksom bjälklag kan tjockare väggelement lättare stå emot ljud som buller och luftljud, och en sandwichvägg är att föredra då betongen sammansatt med isolering ger ett bättre skydd.

Innerväggar byggs som regel med isolering kombinerad med gips vilket ger är relativt lätt konstruktion vilket oftast betyder att extra isolering krävs. Alternativen är ett massivt betongelement som även kan användas som bärande. En massiv prefabricerad betongvägg har bra ljudisolerande förmåga men är en dyrare lösning.

## 3.4 Brand

Byggnader delas in i verksamhetsklasser och byggnadsklasser beroende på användningsområde, antalet våningsplan och skyddsbehov. Då bostadshus med fler än tre våningar placeras inom verksamhetsklass 3 och byggnadsklass 1 ställer detta krav på utformning av planlösning. Då betong är ett byggmaterial som står emot brand mycket bra, klarar betongkonstruktioner ofta kraven med mindre tillägg.

### 3.4.1 Brandklasser

Vid brandklassning av element bedöms dessa enligt Boverkets bestämmelse. Denna klassificering påverkar dimensionering av framförallt väggar och bjälklag då dessa är bärande och lägenhetsskiljande.

Byggnadselement indelas i klasser och bedöms inom bärförmåga (R), integritet (E) och isolering (I), kombinerat med en tid då delen klarar sitt funktionskrav.

Med kraven som ställs på husbyggnader resulterar det i att bärande konstruktioner i flerbostadshus med max fyra våningar kräver brandklass R30, vilket innebär att elementet ska vara bärande i 30 minuter efter att det har upphettats av brand. I byggnader med fem till åtta våningar kräver bjälklagen brandklass R60 medan bärande väggar behöver R90.

Betongens hållfasthet och dess förmåga att stå emot brand medför att betongelement i stommar till bostadshus klarar kraven utan extra åtgärder, det dimensionerade blir istället bostädernas högre krav på ljudklass.

## 4 Komponenter i betongkonstruktioner

I ett prefabricerat bostadshus består stommen av komponenter som förtillverkas i fabrik, de levereras sedan till byggarbetsplatsen för montering på plats. Beroende på vilket typ av hus, kan olika element kombineras för att skapa en stomme. I flerbostadshus består stommen i det flesta fallen av bärande väggelement och bjälklag av håldäck eller plattbärlag.

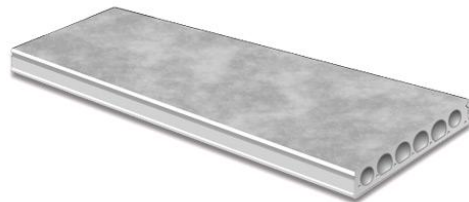
I kommande kapitel kommer betongkomponenter att presenteras vilka ger förutsättning till ett optimalt byggande. De berörda delarna är de som påverkar en bostads planlösning, bärförmåga och ljud.

### 4.1 Bjälklag

Här sammanfattas de vanligaste förekommande bjälklagsvarianter som används vid byggnation av flerbostadshus.

#### 4.1.1 Håldäcksbjälklag

Håldäcksbjälklag, HD/F är ett förspänt betongelement som tillverkas med hjälp av stränggjutning, en metod där betongen gjuts maskinellt på långa formar. En process som ger fördelar i form av snabb, effektiv och billig produktion. Vid gjutning av håldäck består betongen av en låg vattenmängd vilken medför att man kan gjuta hål längs elementet utan att det faller sönder. (Johansson & Joakim, 2012)



**Figur 6 Håldäcksbjälklag**  
Källa: Strängbetong

##### 4.1.1.1 Dimensionering

Leverantörernas fabriker medför olika förutsättningar vid tillverkning av håldäcken. Standarder ser förhållandevis lika ut enligt leverantörer, där standardbredden är 1200 mm.

Höjden på elementen är beroende av hållfastheten och dimensioneras enligt Eurokoderna och BBK där laster är beroende av aktivitet i byggnaden och spännvidden på huset. Vid en preliminär dimensionering finns diagram för utläsning av minimala höjder för att klara brottgräns- och bruksgränstillstånd. Dimensioner som tillverkas varierar från 185 – 500 mm. (Svensk Betong, 2012)

Utschaktning i element gör över hålen i elementen och undviker på så sätt att inverka på den förspända armeringen. (Strängbetong, 2012)

#### 4.1.1.2 För- och nackdelar

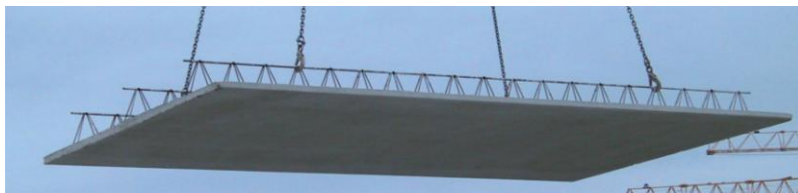
##### Fördelar:

- Elementen klarar långa spännvidder och med denna egenskap kan man bygga utan bärande innerväggar och då få större möjlighet att förändra planlösning vid ändrat ändamål.
- Snabb och effektiv produktion.
- Enkel och lätt montering där nästkommande plan kan börja monteras innan installationer och pågjutning på bjälklagen är gjord, vilket ger tätt hus på kort tid.
- Hålen ger egenskapen att kunna göra installationer och värmedragningar i elementen.

##### Nackdelar:

- Kräver en pågjutning som jämfört med andra element är större för att klara satta ljudkrav.
- Även ett håldäck kräver en pågjutning för att jämna ut utskiktet.

#### 4.1.2 Plattbärlag



Figur 7 Plattbärlag

Källa: Färdigbetong

Plattbärlag, PL eller så kallad filigranbjälklag består av en tunnare massiv betongplatta med ingjuten armering som prefabriceras i fabrik. Armeringen kan antingen var förspänd eller slakarmerad. Efter montering görs konstruktionen fullständig med en pågjutning för att ge bärförmåga och stabilitet. För att ge stöd åt bärlaget används bockryggar innan gjutning, Skillnaden i dimensioner syns i tabell 1. (Svensk Betong, 2012)

Elementen gjuts i fabrik på stålform så att undersidan blir slät och färdig för målning eller önskad behandling. Vid tidig installationsprojektering kan även hål göras i fabrik för VVS och nödvändig elinstallation kan förberedas.

I och med sin tjocka pågjutning i efterhand skapas fördel för stora rörinstallationer och eldragning kan

|                         | Slakarmerat plattbärlag | Förspänd plattbärlag |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Längd                   | Upp till ca 10 m        | Upp till ca 12 m     |
| Tjocklek                | 40-50 mm                | 70 mm                |
| Standardbredd           | 2400 mm                 | 1200/2400 mm         |
| Ingjuten armeringsmängd | 3-8 kg/m <sup>2</sup>   |                      |
| Betongkvalitet          | C 25/30 eller högre     | C 40/50 eller högre  |

Tabell 1 Jämförelse Plattbärlag

utföras i elementet, för att sedan gjutas in i konstruktionen. (Johansson & Heed, 2012)

#### **4.1.2.1 Dimensionering**

Elementens höjd är beroende på hållfasthet och ljud. Standard är att bjälklag till bostadshus inte tillverkas mindre än 250 mm på grund av ljudkrav och möjlighet till installationer i element. Armering placeras i båda riktningarna vilket ger hög hållfasthet. Standard på elementbredd är 2400 millimeter men produktionen är flexibel och formarna i fabrik görs nya till varje projekt. (Svensk Betong, 2012)

#### **4.1.2.2 För- och nackdelar**

##### **Fördelar:**

- Förberedelse för installation och håltagning kan göras i fabrik innan gjutning vilket minskar tid vid montering och gjutning.
- Plattbärlag har en lätt konstruktion så elementen är enkla att frakta och hantera vid montering.
- På grund av dess lätta konstruktion är flexibiliteten bättre jämfört med andra alternativ, då möjligheten finns att gjuta med större dimensioner.

##### **Nackdelar:**

- Kombination av platsgjutet och prefabricerat där delar av plattan gjuts på plats tar längre tid jämfört med helt förtillverkade element.
- Kräver ställning vid montering och gjutning vilket kostar och förlänger monterings tiden.
- Kräver bärande innerväggar och begränsar möjlighet till förändring av planlösningar.
- Elementen klarar kortare spännvidder jämfört med andra förtillverkade element.

#### **4.1.3 Massivplatta**

Massivplatta, RD/F utgörs av ett massivt gjutet element med förspänd armering eller slakarmerad. Bärlagen kan projekteras med upplag på två eller fyra sidor, vilket påverkar maximala spännvidden på bärlagen. Upplag av plattorna görs på bärande väggelement eller balkar.

Plattorna gjuts på stålbäddar med sidor av handsnickrade träformar och har stor flexibilitet för produktion av komplexa konstruktioner. Vid en tidig projektering kan många installationer redan förberedas i fabrik vilket minskar kostnader och produktionstider. (Johansson & Heed, 2012)

#### 4.1.3.1 Dimensionering

Standardbredd är 2400 millimeter och längder kan produceras som klarar upp till 12 meters spännvidd. Höjden är beroende på elementets krav på hållfasthet och ljudkrav, därför varierar dimensioner efter förhållanden och krav på byggnaden. Med produktion på stål bäddar kan formar byggas med valfri form och dimensioner. Storleken begränsas inte av fabrikernas kapacitet utan i de flesta fall av elementens tyngd, transport och möjligheten att hantera elementen vid montering. (Abetong, 2012)

#### 4.1.3.2 För- och nackdelar

- Massiv konstruktion ger bra ljudisolerande egenskaper
- Flexibel formanpassning ger möjlighet att skapa element av valfri form.
- Tung konstruktion ger svårare hantering vid montering.

#### 4.1.4 Samverkansplatta

En kombination av plattbärlag och massivplattan är samverkansplattan. Den består av ett massiv förspänt plattelement med ingjuten armering på plattan, med möjlighet att dra installationer innan pågjutningen görs. Plattan görs i dimensioner med bredden 2400 mm och längder upp till 10000 mm och med en tjocklek på 120 mm. (Strängbetong, 2012)



**Figur 8 Samverkansplatta**  
**Källa: Strängbetong**

## 4.2 Väggelement

I bostäder med stommar av prefabricerad betong bärs bjälklagsplattor upp av väggelement eller pelare/balksystem. Betongens värmehållande förmåga och bra bärförmåga ger förutsättning till tunna väggar.

### 4.2.1 Massivvägg/Skalvägg

En massivvägg är uppbyggd av ett homogent element som gjuts i ett stycke. Den används som bärande yttervägg eller som avskiljande och bärande innervägg, gjuts med en sida slät och den andra ojämn beroende på användningsområde. Tjockleken varierar beroende på användningsområde och hållfasthet och varierar från 150 mm till 220 mm. Vid avskiljande av lägenheter krävs en tjocklek på mer än 200 mm för att uppnå ljudklass B. Storlek på väggelementen är begränsad på grund av fabrikernas gjutmöjligheter och hantering vid montering och transport. Abetong har kapacitet att göra höjder upp till 4100 mm och bredder 14200 mm. Vikten på elementen är ca 2500 kg/m<sup>2</sup> beroende på elementens tjocklek. Massivväggen ger fördelen att den snabbt monteras, ca 250-300 m<sup>2</sup> kan monteras per dygn. Vid tidig projektering kan även installationer gutas in i elementen vid produktion. (Abetong, 2012)

### 4.2.2 Sandwichelement

Ett sandwichelement är uppbyggt i tre skikt. En bärande betongskiva på insidan och en yttre skiva med ett isolerande mellanskikt. Tillverkare har lösningar där hela väggen görs klar i fabrik och endast de invändiga väggarnas ytbehandling blir kvar att färdigställas på plats. Betongens massiva sammansättning och det isolerande skiktet gör att dessa element ger de bästa förutsättningarna för bra ljudisolering men även det effektivaste vid värmehållning. Färdiga väggelement har många fördelar där montering går fort och effektivt, med bra stabilitet. De anses även vara miljövänligt där montörer inte utsätts för hälsorisker vid montage och olycksriskerna är mindre då hanteringen är enkel. (Johansson & Joakim, 2012)

#### 4.2.2.1 Dimensioner på sandwichvägg

Den dimensionerande faktorn på ett sandwichelement är i första hand dess bärförmåga då sandwichväggen i en betongstomme är den bärande konstruktionsdelen som bär upp bjälklaget. De två andra dimensionerande faktorerna är brand och ljud. Sandwichväggen har många varianter av ytbehandling där valen ser olika ut beroende på tillverkare.

Minsta krav på storlek med hänsyn till brandteknisk klass kan ses i tabell till höger.

| Brandteknisk klass  |                          | R30  | R60  | R90  | R120  | R180  | R240  |
|---------------------|--------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Bärande             | Ensidigt brandpåverkad:  | 60   | 80   | 100  | 120   | 140   | 160   |
|                     | Tvåsidigt brandpåverkad: | 100  | 130  | 160  | 190   | 230   | 280   |
| Brandteknisk klass: |                          | EI30 | EI60 | EI90 | EI120 | EI180 | EI240 |
| Icke bärande        |                          | 50   | 70   | 85   | 100   | 125   | 150   |

Vid beräkning av bärförmåga använder tillverkare Boverkets konstruktionsregler som underlag BBK 04 där beräkningsgången och regler för betongkonstruktioner beskrivs. (Svensk Betong, 2012)

### 4.2.3 Utfackningsvägg

En utfackningsvägg använd som ytterväggar i en konstruktionslösning där väggen inte är bärande, utan uppförs på ett system av pelare och balkar av antingen stål eller betong. Utfackningsväggar görs i större utsträckning i trä på grund av billigare produktion och jämfört med betong så är det billigare att producera för att uppnå önskade klasser i ljud och brand. Betong är även ett tyngre material vilket ställer högre krav på stommens hållfasthet. (Nationalencyklopedin, 2012)

Finja Ab erbjuder sin så kallade Klimatvägg som kan användas som bärande utfackningsvägg, den är uppbyggd av ett bärande pelar-balk system av betong med en isolerande kärna av cellplast. Den är ca 400 mm tjock, väger 300 kg/m<sup>2</sup> vilket jämfört med en likvärdig sandwichvägg som väger ca 550 kg/m<sup>2</sup> är en betydande skillnad och ger andra förutsättningar. (Finja Betong, 2012)

Ett alternativ till träkonstruktion är lättbetong. H+Hs cellblock levereras i block i varierande dimensioner från 250 mm – 500 mm bredd som sedan limmas ihop på plats. Fasaden kläs med träpanel eller putsas. Blocken klaras dock inte krav på ljudklass utan måste kompletteras med isolerande mineralullsskikt.

## 4.3 Pelare – Balk

Pelare-balk i stomsystem används i första hand vid byggnation av industrilokaler och garage men valmöjligheten finns även till konstruktion till flerbostadshus. Då med antingen rektangulär eller cirkulär utformning. I ett pelare–balk system förs lasterna in i balkarna och ut i pelarna, detta medför att väggelementen inte blir bärande och kan projekteras efter ljud- och brandklass. Pelare och balkar sammanförs antingen med pelarkonsoller eller fäst samman med ingjutna alternativ.

Pelarna längd är begränsad till fabriken kapacitet och leveranssätt. Cirkulära pelare gjuts stående och begränsas av fabriken takhöjd. Pelarna kan skarvas och önskad längd behöver inte tas hänsyn till vid projektering.

## 4.4 Trapphus

Prefabricerade trappor erbjuds i många olika former och elementleverantörer tillverkar till största del sina egna trappor. Alternativen är många och går oftast att anpassa till vald situation. Trappors dimensioner är flexibla och standarder finns inte utan anpassas till vald och ritad stomme. På fabrik finns ett flertal färdiga former som kan återanvändas om dimensioner på stomme överensstämmer med trappan. Ytan kan ha en mängd olika utseende beroende på hur den behandlas och vilka ingredienser som blandas i betongen. Pigment och varierande storlek på ballasten kan ge olika färger och struktur på trapporna.



## 4.5 Fasad

Fasaden går att utforma på en mängd olika sätt, den kan vara frilagd, betong, puts och även gjutna mönster. Det gör att man kan skapa en unik fasad som passar till en specifik byggnad.

### 4.5.1 Skarvar

En vanlig anledning till att man väljer platsgjuten stomme istället för prefabricerad är på grund av skarvarna som blir mellan Prefabelementen. Det finns lösningar som gör att dessa kan döljas alternativt bli en del av designen. En lösning kan vara att placera stuprännor i de vertikala skarvarna, man kan även putsa fasaden när elementen är monterade. (Johansson, K. & Heed, R., 2012)

### 4.5.2 Puts

Puts är en klassisk ytbehandling som ger ett bra klimatskydd. Väljer man ett sandwichelement som väggelement kan putsen appliceras på ytterskivan redan i fabriken. Däremot syns då fogarna i fasaden, detta passar inte alltid estetiskt och därför kan man även applicera putsen på plats. Vid pustning när elementen är på plats behövs dock byggställning vilket medför en extra kostnad då man vid monteringen av prefabricerat element inte behöver byggställningar utan då används en kran och lift. (Johansson, S. & Joakim, L., 2012)

### 4.5.3 Tegel

När man tillverkar sandwichelement går det att gjuta in fasadtegel i elementen genom att teglet placeras i botten av gjutformen. Man kan även gjuta in andra ytmaterial såsom klinker eller natursten. När man gjuter in ytmaterial i fabrik sparas både tid och pengar mot att mura efter att elementen är på plats. (Strängbetong, 2012)



**Figur 9 Tegelfasad**  
Källa: Strängbetong



**Figur 10 Närbild tegelfasad**  
Källa: Strängbetong

#### **4.5.4 Ytbehandlad betong**

Betongen kan varieras på flera olika sätt för att få en passande yta. Medan ytan är färsk, det vill säga när ytan ännu inte härdat, kan den behandlas med olika metoder så den får önskvärd karaktär. Man kan t.ex. finborsta, rolla, stöppla eller gjuta helt slät.

Det finns flera faktorer som påverkar resultatet av ytbehandlingen. Tidigare bearbetningstyp och kvalitet påverkar. Även vilken typ av redskap till exempel hårdhet på borste och hur mycket betongen härdat spelar in.

Ofta gör man provtytor och bestämmer med beställaren vilken yta som skall användas i produktionen. (Heidelbergcement, 2012)

#### **4.5.5 Självrengörande betong**

Det finns även fasadlösningar med självrengörande betong, då blandas titanoxid in i betongen som fasadelementen gjuts i. De fotokatalytiska egenskaperna i titanoxiden gör att syre och vattenånga från luften ombildas till fria radikaler. De binder sedan organiska föreningar som kommer i kontakt med fasaden, när det sedan regnar sköljs de ofarliga föreningarna bort. Eftersom reaktionen innebär att kväveoxider ombildas fungerar detta även som rening av luften. Föroreningar fäster inte heller lika lätt då det bildas som en skyddande vattenfilm på fasaden. (Heidelbergcement, 2012) (Strängbetong, 2012)

## 5 Upphandling

Att redan från start på projektet välja rätt upphandling kan i slutändan ge ett bättre resultat. Alla parter i branschen är överens om att tidigt välja stomme och tillverkare ger ett optimalt resultat där tid och kostnad begränsas och lättare kan fastställas och kontrolleras.

### 5.1 Entreprenörsform

Vid projektering av stomme med prefabricerad elementen finns mer vanliga förekommande entreprenörsformer där ansvar ligger på olika parter. Med en bättre kunskapsgrund kan projektörer skapa ett underlag som konstruktörerna lättare kan göra beräkningar på och på så vis minska anpassningar, vilket resulterar i kortare projekteringstid och färre kompromisser från både beställare och entreprenör.

Vid **delad entreprenad** ansvarar byggherren för upphandling av företag inom områden, projektering, byggnation, el, vvs, måleri och installation. Här ligger ett stort ansvar på byggherren då det ligger på dennes ansvar att fördela arbeten och samordna entreprenörer, även om vissa ansvarsområden kan överlåtas till andra entreprenörer. Vid en sådan här entreprenad upphandlas stomme tidigt av byggherren för att kunna skapa bra förutsättningar för betongelemententreprenören att samordna med installationer och andra påverkande faktorer på stomme, detta ger en optimering i projekteringstid och kostnad. Här ges även möjligheten att själv styra vilken typ av stomme som väljs.

En **generalentreprenad** innebär att en entreprenör upphandlas som har ansvar för underentreprenörer, samordning av installationer, el, vvs och måleri. Byggherren har innan, oftast via utomstående konsulter projekterat klart byggnaden innan entreprenören kontaktas. När sedan betongelemententreprenören upphandlas av entreprenören finns inga möjligheter att samordna stommen med installationer, något som kan bli kostsamt och tidskrävande.

Ett alternativ till generalentreprenad är **samordnad generalentreprenad** där byggherren vid projekteringen upphandlar betongelemententreprenören vilket ger möjligheten att tidigt få samordning på stomme, installation och andra berörda delar.

När en **Totalentreprenad** används använder entreprenören endast ritningar över hur arkitekten har tänkt att huset ska se ut. Entreprenören upphandlar sedan underentreprenörer för byggnation och betongelemententreprenören för stommen. Här kommer stomentreprenören in i ett tidigt skede i projekteringen och kan anses vara ett effektivt och optimalt sätt att arbeta som fastighetsförvaltare. (Betongelementföreningen, 1998)

## 5.2 Upphandlingsprocess för Prefab

I en upphandling erbjuder elemententreprenör en helhetslösning beträffande konstruktion av stomme. Förutom tillverkning av element står konstruktörer till förfogande med hållfasthetsberäkningar och dimensioner. När elementen är tillverkade står elemententreprenören för transport till byggplatsen och om det behövs erbjuds även montering.

Vid tillfällen med hög belastning på produktion eller där tillverkaren begränsas av fabriken kapacitet förekommer samarbeten mellan aktörer.

## 5.3 Förutsättningar vid projektering av prefabricerade hus

Vid projektering med utgångspunkt att använda prefabricerade betongelement krävs en tidig insikt i hur tillverkare arbetar. Att redan från start besluta att bygga med prefabricerat ger de bästa förutsättningarna att förkorta projekteringstiden, minska totalkostnader, i och med ett förenklat arbete för konstruktörer hos entreprenörerna och effektiv produktion i fabriker.

Stomentreprenörer ansvarar för konstruktionsberäkning, tillverkning av element och montering av stommen. Att använda en entreprenör med prefabricerade element medför en lösning där kunden, genom att anpassa sina idéer till standarder på marknaden snabbt kan få en stomkonstruktionslösning som går att producera.

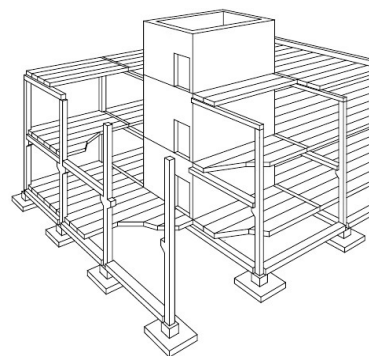
Redan när man som arkitekt skapar planlösningar ska man ta hänsyn till prefabricerade byggnaders begränsningar och fördelar. Standardmått på elementen ska skapa byggnadens form och dimensioner, genom att dra nytta av elementens mått i bjälklaget.

En avgörande faktor är placering av installationer i en byggnad, med förkunskapen om elementens placering i byggnaden kan man minimera påverkan på dess hållfasthet och minska efterarbete av håltagning på fabrik eller på plats vid montering. (Johansson & Joakim, 2012)

## 5.4 Planlösningars begränsningar vid olika Stomsystem

Stomalternativ vid konstruktion av bostadshus

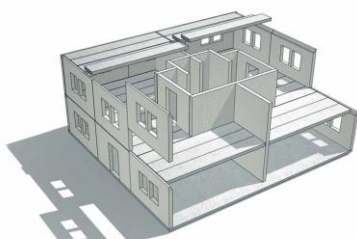
- Konstruktioner med bärande prefabricerade betongväggar och bjälklagsplattor
- Bärande pelare i betong med fritt upplagda balkar, (korta eller långa balkar)
- Stålpelare med prefabricerade betongbjälklagsplattor
- Bärande inner- och ytterväggar



Figur 11 Pelare/Balk

Vid val av stommsystem ska många faktorer tas med i beräkningen men enligt tillverkare kan de flesta element anpassas till vald stomme och hustyp.

För att optimera ett prefabricerat flerbostadshus ger tillverkare rådet att hitta en standard i projektet, använda mått som går att anpassa till flera plan i en byggnad. Detta ger förutsättningarna till snabb tillverkning och ett mer ekonomiskt hållbart projekt. Norska elementhandboken beskriver ett sätt att arbeta med moduler i 12M där M står för 100 millimeter. Genom att multiplicera dessa skapas ett återkommande mått i elementen, detta är i de flesta fall anpassningsbart till svenska tillverkarens bjälklagsselement som tillverkas i bredden 1200 mm eller 2400 mm. Längder anpassas till elementens kapacitet på spännvidd, byggnadens bärande konstruktionslösning och byggnadens utformning.



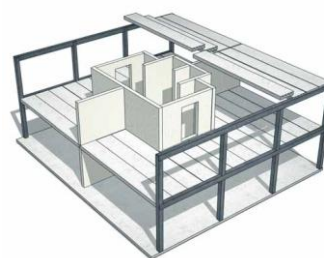
**Figur 12 Bärande Ytterväggar**

Massiva konstruktioner klarar kortare spännvidder än håldäck och begränsar bredd på rumsstorlekar, alternativt kompletteras bärande väggar med balkar för att förlänga spännvidder.

Likt håldäcksbjälklag är Pelare-balksystem mer flexibelt då inga väggar inverkar på planlösningar. Med välplacerade pelare i väggarparier kan de döljas helt. Med förtillverkade utfackningsväggar kan stommen även bli en optimerad i och med prefabricerad element. (Betongelementforeningen, 2012)

Håldäck i kombination med bärande yttreväggar ger en flexibilitet i planlösningar då innerväggar inte är bärande och kan placeras ut efter önskade rumsstorlekar. Med spännvidder på över 18 meter passar håldäcksbjälklag till både breda lamellhus som till punkthus.

Massiva bjälklagskonstruktioner har med fördel upplag på lägenhetsavskiljande väggar och begränsar planslösningar till valda prefabricerade element och



**Figur 13 Pelar/Balk med bärande innerväggar**

## 6 Underhåll på prefabricerad betongstomme

En betongstommes livslängd räknas med att vara i mer än 50 år men har visat sig bestå mycket längre. En lång livslängd minskar behovet av att riva och bygga nytt, i och med detta så påverkas miljön mindre. En betongstomme kräver minimala underhållsåtgärder då betong är ett mycket beständigt material och långa spännvidder utan pelare minskar underhållsbehov.

I betongelement som påverkas av laster kan sprickor uppstå. Sprickor är inget som behöver påverka hållfasten men kan ha en betydande påverkan på byggnadens estetiska utseende. Sprickbildning i en prefabricerad stomme förhindras då prefabricerats element till störst del är förspända och dragkrafter inte uppstår förrän vid stora laster. Ett vanligt sandwichelement är slakarmerat och risks finns för sprickbildning, något som kan bli kostsamt. Synläggs även armering kan erosion uppstå och påverka bärigheten. (Engström, 2007)

En fasad på prefabricerade hus kan bestå av olika material, några av de vanligaste är nämnda i ett tidigare avsnitt. Gemensamt för fasadlösningar är att underhållsbehovet inte är stort, men beror på byggnadens placering. Nära hav eller högtrafikerade vägar är extra utsatta miljöer. Man bör även tänka på att inte placera planteringar för nära ytterväggar.

## 7 Drift

Betongens förmåga att lagra värme gör att stommen fungerar som en energireserv. Under dagen när solen lyser värms betongen upp, när sedan temperaturen sjunker under natten värms bostaden upp av värmen som lagrats. Denna förmåga sänker energibehovet i byggnaden. Dess kompakta sammansättning ger en hög isolerande effekt. I kombination med ett lager av någon typ av isolerande material som mineralull i sandwichelementen ges ännu större effekt.

Sandwichelementens uppbyggnad med dess tre skikt är optimalt uppbyggd med eliminering av köldbryggor i och med homogent skikt utan material med värmeledningsförmåga. I skarvarna gjuts efter montering elementen ihop och elimineras köldbryggor. Enda köldbryggan som uppstår är vid upplag av bjälklagsselementen där utskarvning görs i och med upplag på element.

Att skapa ett passiv hus med prefabricerade betongelement kan göras enkelt och med mindre åtgärder då isoleringsskiktets dimensioner kan ökas och enligt elementtillverkare ska kostnaderna vara förhållandevis små i relation till den totala projektkostnaden.

(Johansson & Joakim, 2012)

## 8 Aktörer på betongproduktionsmarknaden

Inom betongelementtillverkning och Prefabtillverkning finns ett stort antal aktörer där produktionen varierar i kvantitet. I Svenska Betongs register finns förteckning över medlemmar med produktion inom Prefabtillverkning.

### 8.1 Tillverkare av prefabricerad betong

Följande tillverkare producerar element som används till flerbostadshus och är relevanta för bostadsprojekt i Göteborg baserat på produktbeskrivningar referensobjekt och placering. (Svensk Betong, 2012)

| <b>Företag</b>                   | <b>med fabrikstillverkning i</b> |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Abetong</b>                   | Falkenberg                       |
| <b>Betong och smide</b>          | Trelleborg                       |
| <b>Strängbetong</b>              | Veddige                          |
| <b>Skanska Stomsystem</b>        | Bollebygd                        |
| <b>Starka betongindustrier</b>   | Kristianstad, Lund               |
| <b>Contiga</b>                   | Norrtälje                        |
| <b>Betongmästarna Sverige AB</b> | Öjebyn, Hallsberg                |
| <b>Ubab</b>                      | Ulricehamn                       |
| <b>Finja Prefab AB</b>           | Finja                            |
| <b>Skandinaviska Byggelement</b> | Kalmar, Katrineholm              |
| <b>Prefab i Tranemo</b>          | Tranemo                          |
| <b>Nybro Cementgjuteri</b>       | Nybro                            |
| <b>Kynningsrud Prefab</b>        | Uddevalla, Fredrikstad           |

### 8.2 Fabriker med tillverkning av prefabricerade betong i södra Sverige

Karta över tillverkare fabriksplaceringar i Sverige.





## 9 Fallstudie av planlösningar

Marknaden för prefabricerade betongelement är stor, däremot är inte kunskapen hos beställare och arkitekter lika stor. Svårigheter ligger i anpassningen av betongelement till planlösningar och konstruktion. I många fall hade både tid och pengar kunnat sparas om man i ett tidigt skede lagt större vikt vid hur byggnadens planlösning är utformad med hänsyn till en stommes fördelar och begränsningar.

I följande avsnitt analyseras Wallenstams planlösningar ritade av utomstående arkitekter. Med hjälp av byggteknisk kunskap och med prefabricerade betongelement som grund tas en stomkonstruktion fram där elementen ritas ur och schakten markeras för att visa på komplikationer som kan uppstå. I några av planlösningar har en alternativ planlösning ritats för att visa på ändring som kan göras för att optimera. Några utav planlösningarna kommenteras endast.

### 9.1 Anpassning

Väljer man stomkonstruktion i ett tidigt skede kan man ta hänsyn till bjälklagets mått när man placerar ut lägenhetsskiljande väggar och schakt. Håldäck tillverkas i bredder på 1200 mm, går det då att placera in jämnt antal element istället för att kapa av och specialanpassa håldäcket så sparas både tid och pengar. Bjälklag tillverkade av massiv sammansättning är mer flexibel då de gjuts i former tillverkade för enskilda projekt. Bland tillverkare finns dock en önskan att tänka i modulmått och att 2400 mm är ett mått som passar in på tillverkning och har gemensamma nämnare med håldäck och andra standarder inom byggkonstruktion som väggreglar och köksmoduler.

Gällande massivplatta och även väggelement så är upprepning en genomgående fokusering för projektet. Kan man återanvända samma mått på element flertalet gånger krävs färre konstruktionsritningar och samma former kan användas vid tillverkning av element.

Om möjligt ska innerväggar placeras så att de täcker ytterväggarnas elementskarvar, med sådan optimering undviker man behandling av skarvarna invändigt.

För att anpassa hisschakt till stomme är 4800 mm en önskvärd bredd för att överensstämja med bredden på håldäck, vilket innebär att man undviker kapning och anpassning av element runt hisschakt.

## 9.2 Hus 1A

### 36 lägenheter

12 x 2 ROK 54,9 m<sup>2</sup>

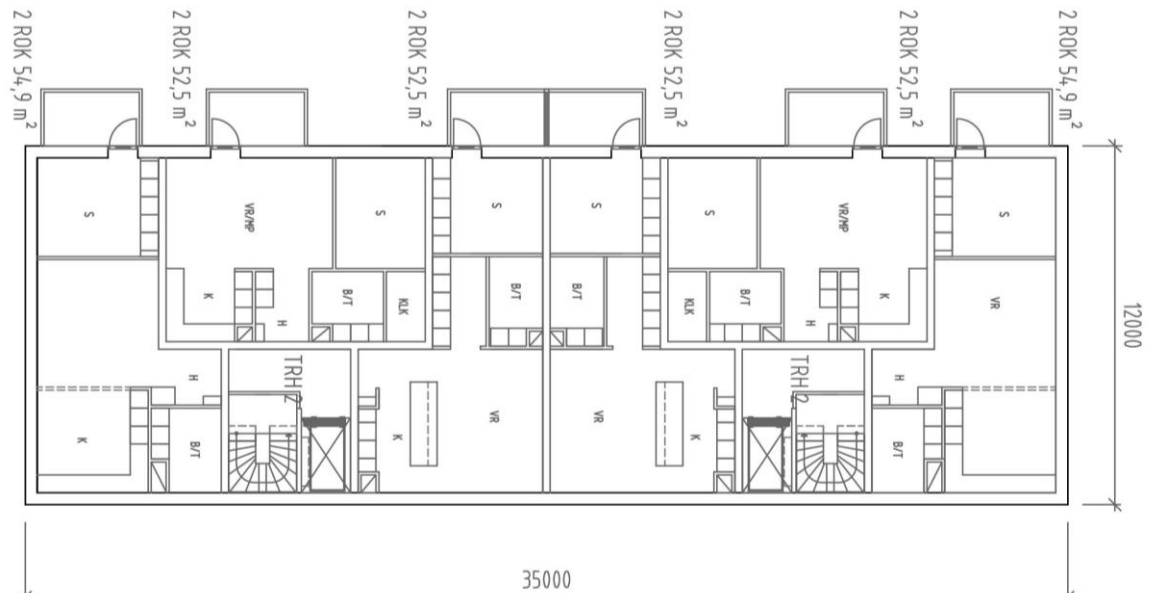
BOA 1918 m<sup>2</sup>

12 x 2 ROK 42,5 m<sup>2</sup>

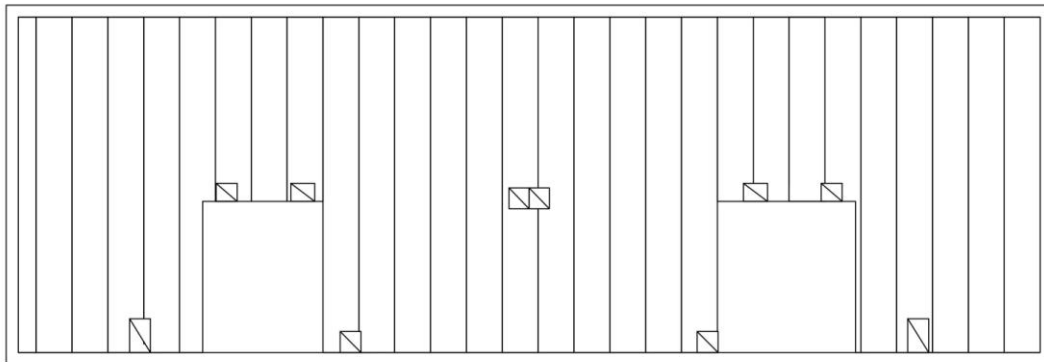
BTA 2520 m<sup>2</sup>

12 x 2 ROK 52,5 m<sup>2</sup>

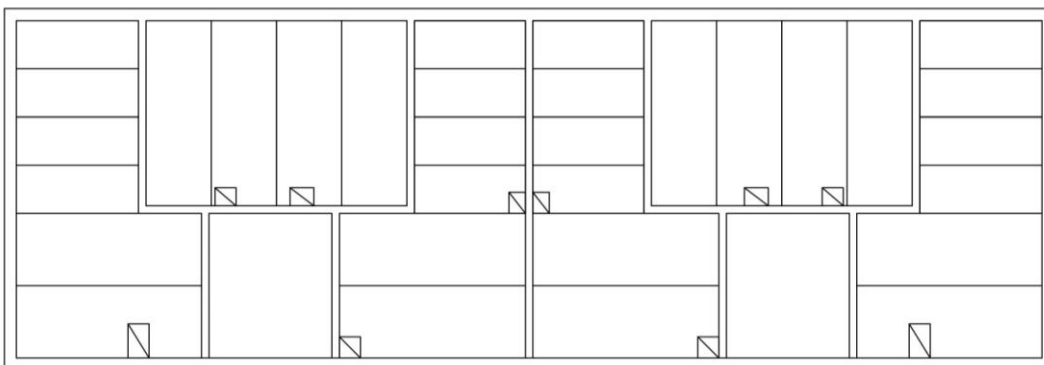
Svällningstal 0,76



Ursprunglig planlösning hustyp 1A



Hustyp 1A med stomme konstruerad av håldäckselement



Hustyp 1A med stomme konstruerad av massiva plattor

## Håldäck (per våningsplan)

20st. HD/F 11400 mm

4st. HD/F 6150 mm

Ändrad planlösning ger:

12 x 2 ROK 52,2 m<sup>2</sup> (54,9 m<sup>2</sup>)

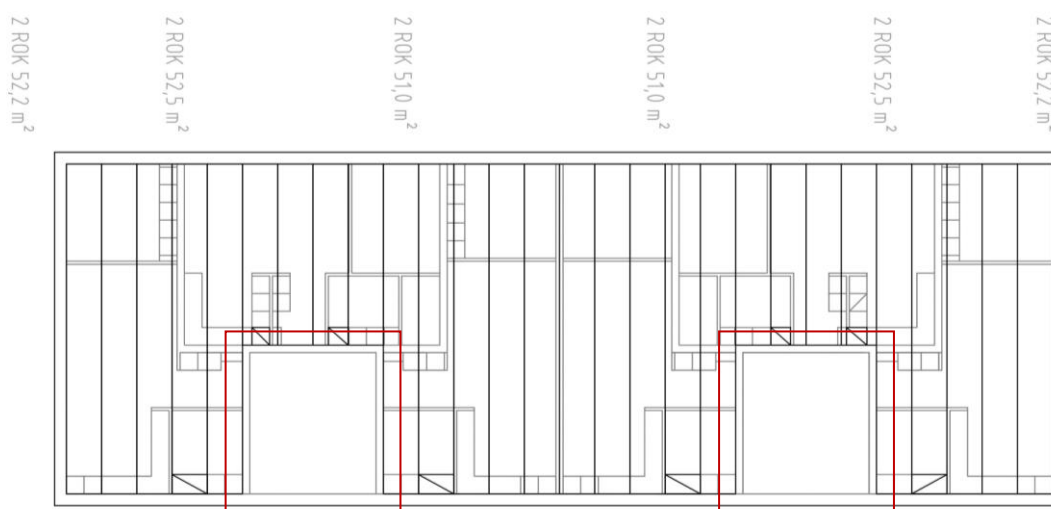
BOA 1871 m<sup>2</sup> (1918 m<sup>2</sup>)

12 x 2 ROK 52,5 m<sup>2</sup> (42,5 m<sup>2</sup>)

BTA 2477 m<sup>2</sup> (2520 m<sup>2</sup>)

12 x 2 ROK 51 m<sup>2</sup> (52,5 m<sup>2</sup>)

Svällningstal 0,755 (0,76)



### Hustyp 1A anpassad planlösning med stomme av håldäckselement

Genom att minska bredden på huskroppen med 600 mm har storleken anpassats till dimensionen på håldäckselementen. Den totala boytan minskas med ca 2,7 m<sup>2</sup> i de ytterst belägna lägenheterna i huset, för att kompensera minskningen har städskåpet flyttats från kök till hall och på så vis skapas ett mer proportionerligt vardagsrum för ändamålet och en mer definierad placering av soffgrupp och tv. I de yttre lägenheterna flyttas även schakt för att anpassas till håldäckens placering, detta medför att färre justeringar i elementen behövs och med vår kunskap resulterar det i en billigare konstruktion.

För att anpassa trapphuset till håldäcken ritas det med bredden 4800 mm, en breddning med 200 mm. För att undvika behovet att kapa elementen har trapphuset flyttats till en centrerad placering i huskroppen. Den mittersta lägenheten i trespannaren har i den här analysen lämnats orörd, men genom att göra en annan kombination av planlösning och rumsplacering skulle schakten kunna sammanföras och hamna inom samma håldäckselement.

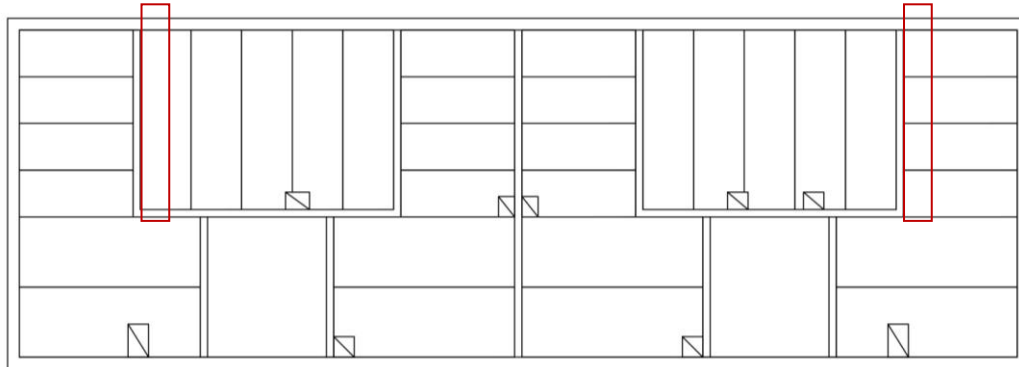
Håldäckselement i husstommen ger en större möjlighet till modifiering i framtiden om husets användningsområde skulle ändras eller om lägenheterna skulle behöva kompletteras med fler väggar. I stommen är endast de yttre väggarna och trapphuset bärande vilket också ger möjligheter att ta bort väggar och genom det skapa större lägenheter men även helt andra.

### Massiva plattor (per våningsplan)

8st. 2400 x 6175 mm

16st. 1600 x 3900 mm

10st. 1735 x 6150 mm



### Hustyp 1A anpassad planlösning med stomme av massiva plattor

För att skapa en dubbelspeglad planlösning har en innervägg flyttats 175 mm, det medför att stommen uppbyggs av element i tre olika dimensioner exklusive de med håltagning för schakt. Vår anpassning har bevarat den ursprungliga planlösningen men en spegling av rumsfördelning placerar schakt på samma plats. Upplag görs på ytterväggar och lägenhetsavskiljande innerväggar.

## 9.3 Hus 1C

36 Lägenheter

2 ROK 53,5 m<sup>2</sup>

BOA 2108

2 ROK 54,1 m<sup>2</sup>

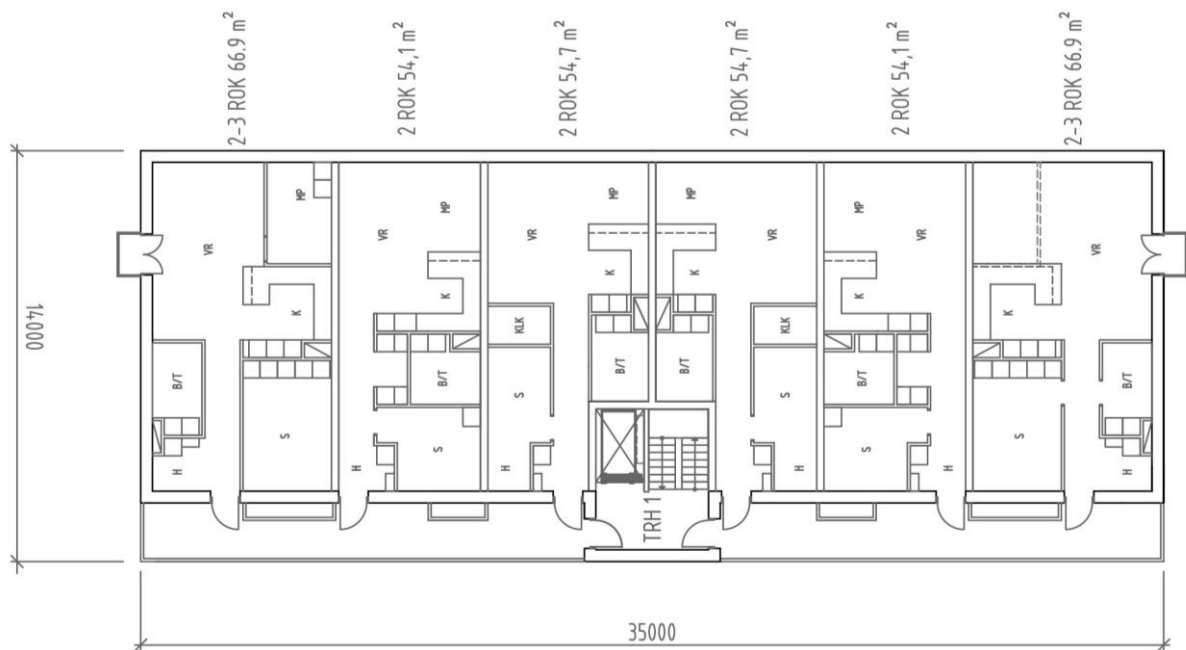
BTA 2579

2 ROK 54,7 m<sup>2</sup>

Svällningstal 0,82

2 alt. 3 ROK 66,9 m<sup>2</sup>

2 alt. 3 ROK 67,3 m<sup>2</sup>

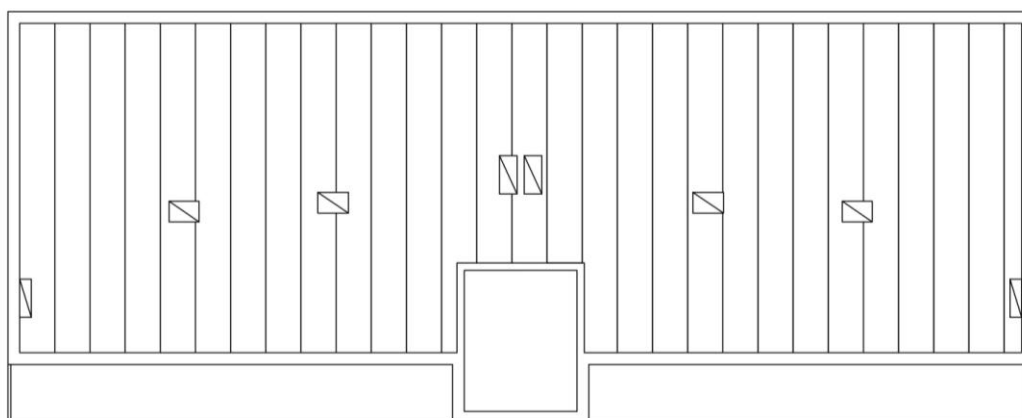


Ursprunglig planlösning Hustyp 1C

### Håldäck (per våningsplan)

26st. HD/F 11200 mm

3st. HD/F 8200 mm



**Hustyp 1C med stomme konstruerad av håldäckselement**

Analys av hustyp 1C visar att huskonstruktionen är optimal för projektering av håldäckselement, då huskroppen till största del består av en typ av element. Ett av elementen på HD/F 11,2 meter kommer att kapas till bredden 600 mm för att anpassas till husbredden.

Att minska husbredden för att undvika kapning av element leder till att lägenheternas planlösningar behöver ritas om, då bredden påverkar merparten av rummen i lägenheterna och korridorerna i lägenheterna som redan är utritade till minimala dimensioner.

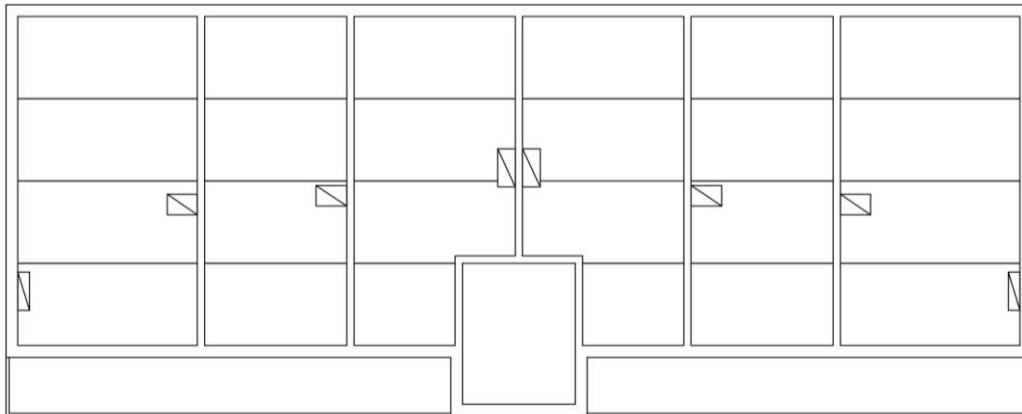
Valet att inte rita om lägenheterna har tagits, då de är optimala med avseende på ett loftgångshus och med våra förutsättningar kan vi inte göra något mer optimalt. Vid kontroll av schaktplacering placeras många schakt över flera element vilket kräver extra arbete och hållfasthetsberäkningar. Att se över placering av schakt kan spara både tid och pengar men kan även påverka planlösningar negativt, en aspekt som behövs ta i beaktning och övervägas mellan stommentreprenör och arkitekt.

Håldäcken bärs upp av ytterväggarna och likt lamellhus kan även här planlösning ändras genom omplacering av innerväggar. Innerväggarna som kan vara prefabricerade massivelement skulle teoretiskt sett kunna återanvändas beroende på omständigheterna och kanske framförallt krav på ljud i framtiden.

Loftgången kommer att bäras upp av väggelementen i byggnaden och pelare längs med yttersidan, något som både påverkar estetiken mot gården och solinstrålning i lägenheter.

### Massiva plattor (per våningsplan)

- 8st. 1400 x 6125 mm
- 8st. 1400 x 4850 mm
- 8st. 1400 x 5500 mm
- 4st. 1400 x 3450 mm



**Hustyp 1C med stomme konstruerad av massiva plattor**

En optimal byggnad vid projektering av massivplattor där antalet plattor minimeras till fyra olika dimensioner och återkommer vid regelbundna ställen i stommen, schaktens placering går att justera så att de placeras optimerat inom enstaka element och minskar projekteringstid och arbete. Ytterligare arbete och stomelement tillkommer med utanpåliggande loftgång, då det består av en egen konstruktion. För att undvika att ljud överförs mellan loftgång och lägenheter kopplas inte bjälklagen samman utan konstruktionerna delas lika mellan lägenheter.

## 9.4 Hus 1D

48 lägenheter

12 x Stud. B 28,9 m<sup>2</sup>

12 x 1 ROK 36,5 m<sup>2</sup>

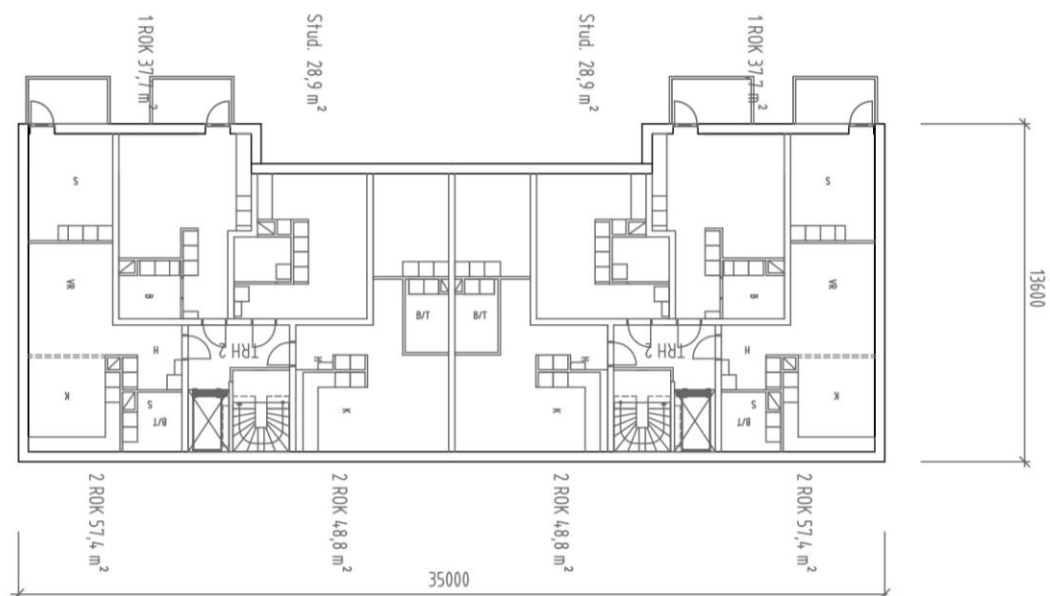
12 x 2 ROK 48,8 m<sup>2</sup>

12 x 2 ROK 57,4 m<sup>2</sup>

BOA 2074 m<sup>2</sup>

BTA 2706 m<sup>2</sup>

Svällningstal 0,77



Ursprunglig planlösning Hustyp 1D



### Håldäck (per våningsplan)

10 st. HD/F 12800 mm

8 st. HD/F 7450 mm

5 st. HD/F 11200 mm

Ny planlösning ger:

12 x Stud. B 32 m<sup>2</sup>

12 x 1 ROK 34,4 m<sup>2</sup>

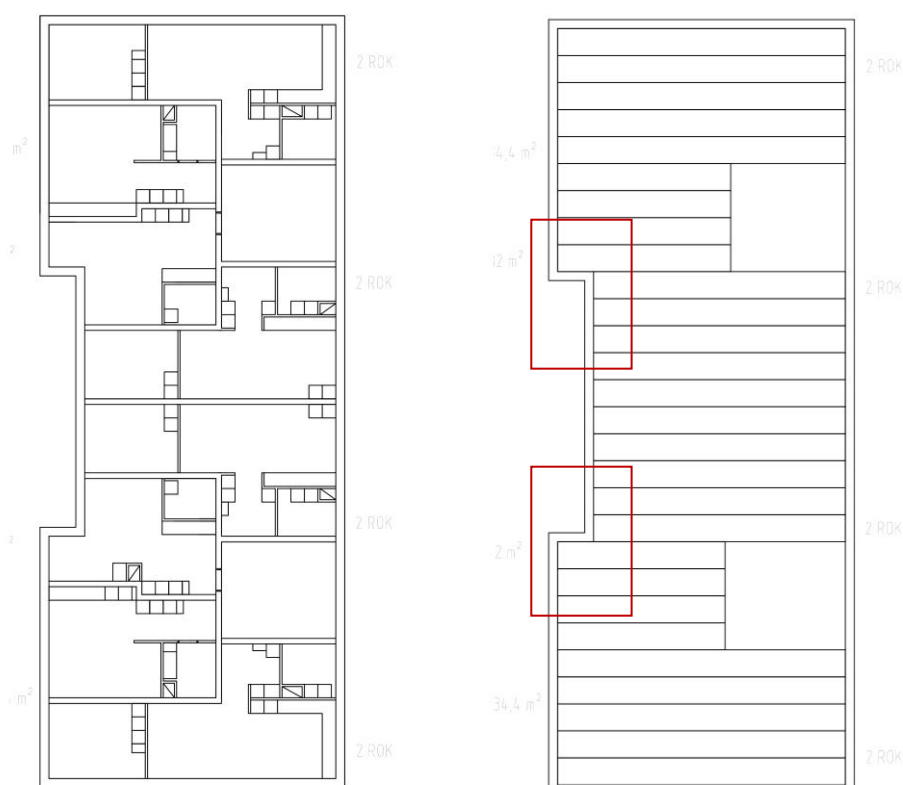
12 x 2 ROK 48,5 m<sup>2</sup>

12 x 2 ROK 56,4 m<sup>2</sup>

BOA 2056 m<sup>2</sup>

BTA 2694 m<sup>2</sup>

Svällningstal 0,76



### Hustyp 1D anpassad planlösning med stomme av håldäckselement

Stommen har anpassats till håldäcksbjälklagen och längden på huset har i vår anpassning minskats med 300 mm på båda gavlarna, den förlorade arean har kompenseras genom att bredda de utskjutande partierna mot gården med totalt 2100 mm. Optimering resulterar i en ökning på den totala boarean med totalt 19 m<sup>2</sup> i bostadshuset.

För att skapa mer attraktiva lägenheter där öppna planlösningar är en trend har badrummet i gavellägenheterna flyttats och placerats i anknötning till hall, därmed har korridoren eliminerats och genererat en mer effektiv planlösning. I och med breddningen av utskjutet ökades studentlägenhetens boarea och kan anses vara för stor för att definieras som studentbostad, men ger fördelen att skapa en mer logisk plats för säng och en mer öppen planlösning.

Vid förskjutning av innerväggar har de flesta schakt fått en bättre placering inom enstaka element. Ettorna har köket avskilt från badrum vilket medför ett extra schakt, detta resulterar i extra arbete och kostnad och kan anses vara en ytterligare åtgärd att se över.

För att undvika att beskära elementen har trapphusets bredd ökat till 4800 mm vilket resulterar i en minskning på boarean med totalt 6 m<sup>2</sup>, en anpassning som påverkar svällningstalet negativt.

### Massiva plattor (per våningsplan)

8st. 1275 x 6200 mm

7st. 1925 x 3400 mm

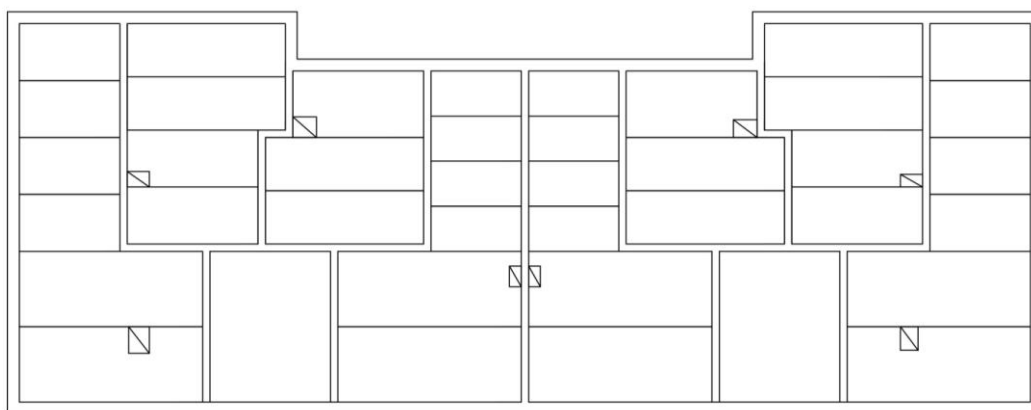
4st. 1925 x 4425 mm

4st. 1925 x 5350 mm

4st. 1800 x 5350 mm

2st. 2250 x 4425 mm

8st. 1525 x 3050 mm



### Hustyp 1D anpassad planlösning med stomme av massiva plattor

Stommen blir en avancerad konstruktion på grund av en komplex planlösning med flera olika rumsstorlekar där dimensioner inte återkommer vid flera platser. Dess utskjutande delar på långsidan gör att anpassningar blir svåra och elementstorlekarna blir många och oregelbundna, även förskjutna innerväggar gör stommen ytterligare mer oregelbunden. I vår analys och med den förkunskap vi har består bjälklaget av sju olika element, något som går att påverka genom att anpassa planlösning till stomme. Vid anpassning av planlösning påverkas lägenhetsytorna alltför mycket för att ändring ska bli aktuell. Valet har gjorts att istället visa på hur elementfördelningen teoretiskt ser ut i dess utförliga tillstånd och att göra slutsatsen att planlösningen behöver granskas. Lägenheter behöver speglas på fler ställen för att optimeras till förtillverkade element och minska på antal elementtyper.

## 9.5 Hus 2A

20 lägenheter

4 x 1 ROK 30,8 m<sup>2</sup>

4 x 1 ROK 43,6 m<sup>2</sup>

4 x 2 ROK 57,1 m<sup>2</sup>

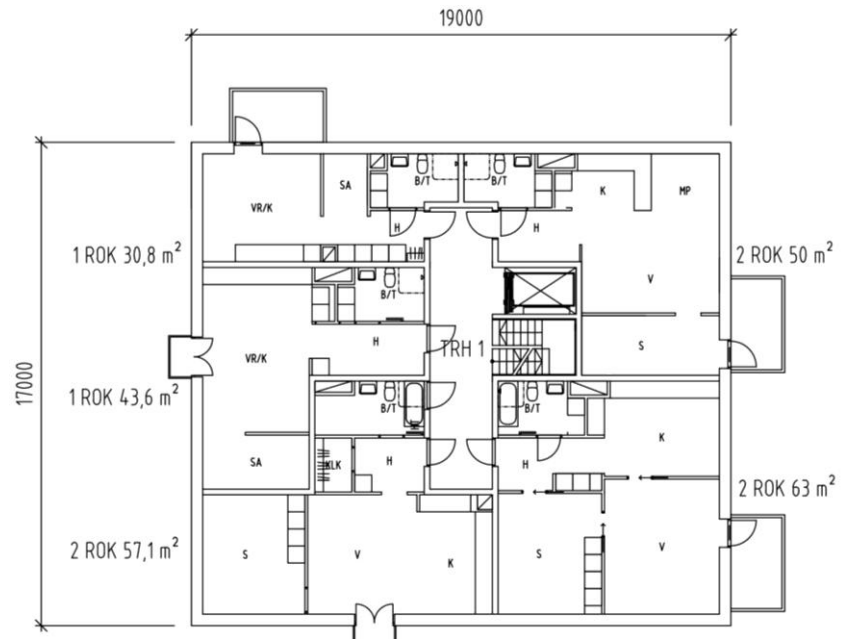
4 x 2 ROK 50 m<sup>2</sup>

4 x 2 ROK 63 m<sup>2</sup>

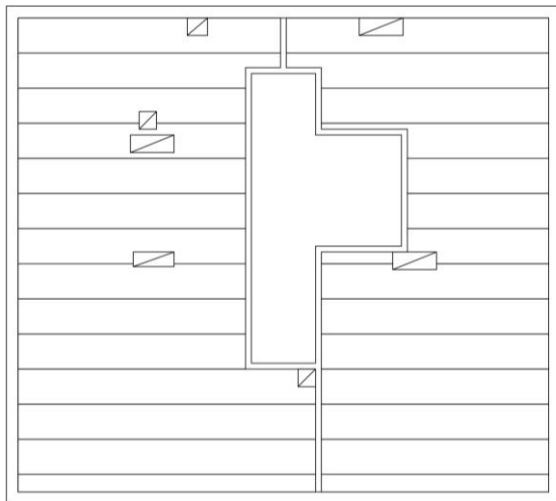
BOA 978 m<sup>2</sup>

BTA 1295 m<sup>2</sup>

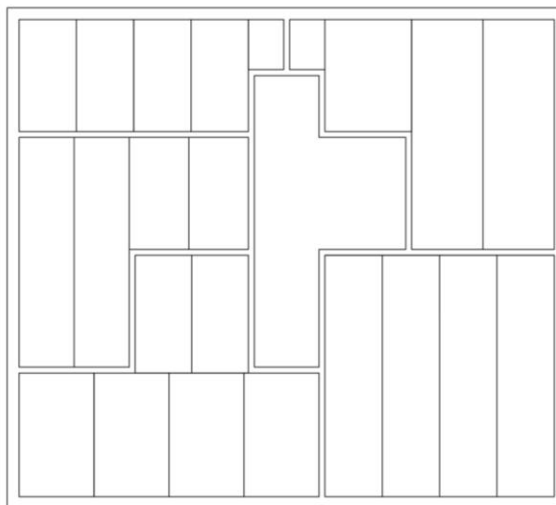
Svällningstal 0,78



Ursprunglig planlösning Hustyp 2A



Hustyp 2A med stomme konstruerad av håldäckselement



Hustyp 2A med stomme konstruerad av massiva plattor

### Håldäck (per våningsplan)

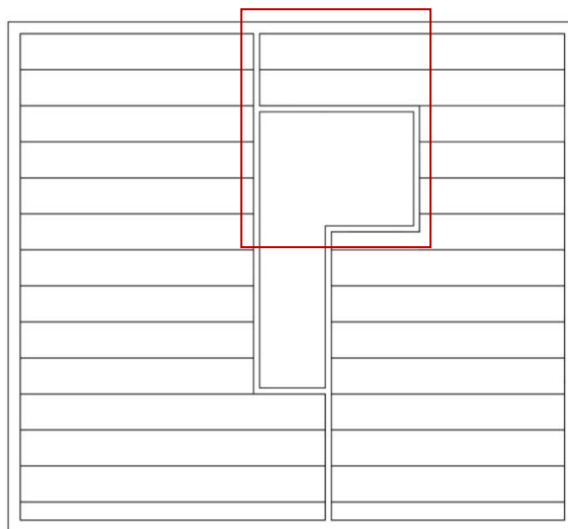
18st. HD/F 7800 mm

4st. HD/F 9000 mm

4st. HD/F 10200 mm

2st. HD/F 4850 mm

Huset innermått på 16,2 x 18,2 meter är inte delbart med elementens bredd på 1,2 meter vilket medför att ett element med längden 7,8 m anpassas till husets bredd och delas på hälften, dessa två element med bredden 600 mm kan sedan placeras längs ena ytterväggen. Med trapphusets centrerade placering minimeras antal olika längder på elementen, att ta ett ytterligare ett steg mot enklare stomme är att dimensionera om trapphuset symmetriskt och på så sätt spegelvända huset. Vid omdimensionering och förflyttning av trappa och hisschakt kan antal typer av element reduceras till tre.



Anpassad planlösning till stomme av håldäckselement

Upplag görs på ytterväggar och trapphusen. På grund av husets längd används även två innerväggar som bärande för att undvika att spännvidden blir för lång, vilket i sin tur leder till att tjockleken ökar. De bärande innerväggarna skiljer lägenheterna åt och avlägsnar kontakten mellan dessa, en egenskap som eliminerar ljudtransporter mellan lägenheter.

Schaktens placering i lägenheten är inte optimal i sitt ursprungliga utförande och kan med små korrigeringar anpassas till ursprunglig planlösning.

### Massiva plattor (per våningsplan)

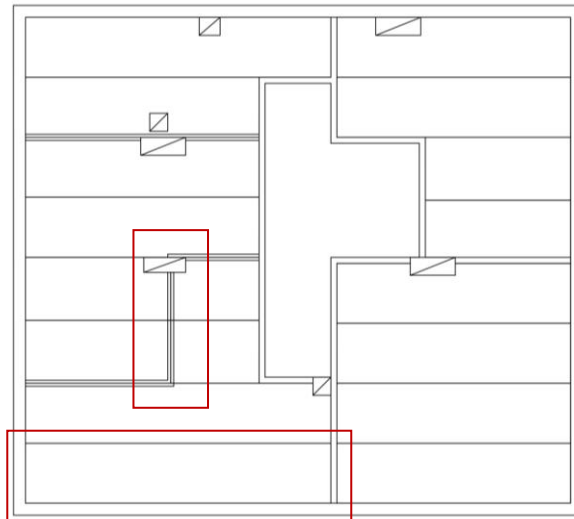
9st 2000 x 7800 mm

3st 2000 x 10200 mm

4st 2100 x 4850 mm

2st 2100 x 2950 mm

På grund av stora öppna ytor behövs här långa spännvidder och med ett osymmetriskt trapphus blir de på några placeringar alltför långa. Alternativet är att projektera några av lägenheterna med elementen vridna 90 grader mot vårt förslag, problematiken blir då att antal elementtyper ökar totalt. I det här huset kan det bli aktuellt att välja att utnyttja balkarnas förmåga att förlänga spännvidden. I vår anpassning har en bärande innervägg flyttats för att återanvända redan projekterade elementdimensioner på flera positioner.



Anpassad planlösning till stomme av massiva plattor

## 9.6 Hus 2B

16 lägenheter

4 x 1 RoK 43,9 m<sup>2</sup>

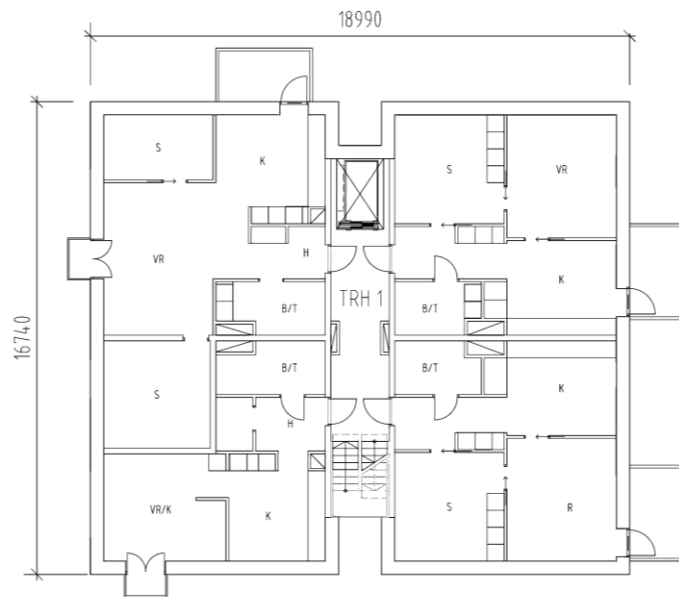
8 x 2 RoK 59,9 m<sup>2</sup>

4 x 3 RoK 75,1 m<sup>2</sup>

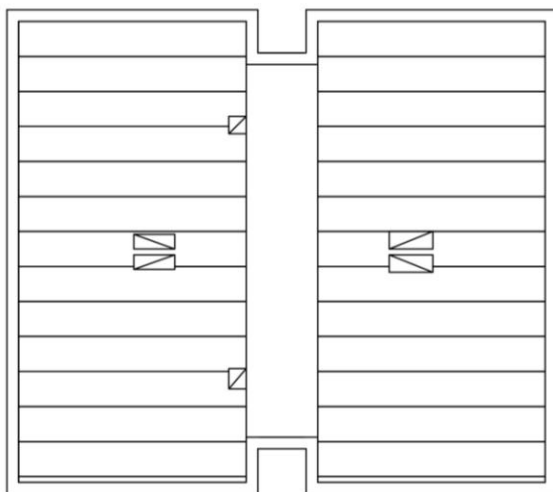
BOA 955

BTA 1230

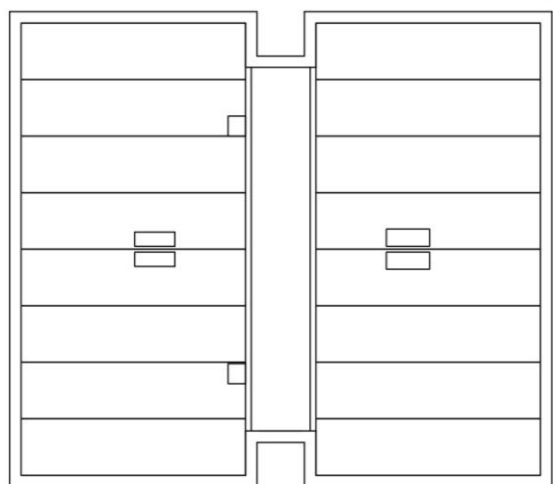
Svällningstal 0,77



Ursprunglig planlösning Hustyp 2B



Hustyp 2B med stomme konstruerad av håldäckselement

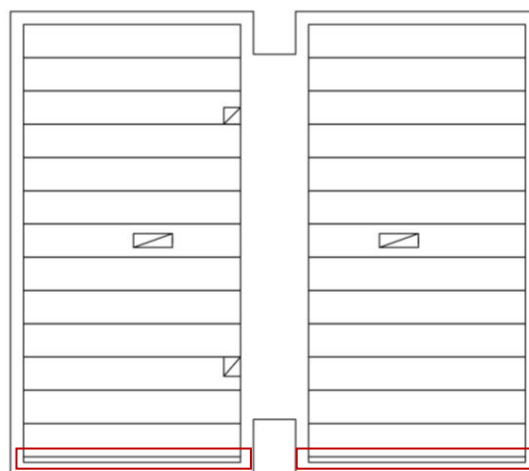


Hustyp med stomme konstruerad av massiva plattor

## Håldäck (per våningsplan)

26 st HD/F 7,8 m

Bjälklaget utgörs av en typ av håldäckselement vilket ger fördelar i produktion och montering. Elementen bärs upp på ytterväggar och trapphus. Bredden på huset ger ett överskott på 200 mm längs gavlarna som behöver åtgärdas med antingen ytterligare ett element eller genom att ändra dimensioner på stommen. Schakt kan med lätthet anpassas till att påverka endast tre element vilket ger en produktion med totalt fem olika elementsorter.



Anpassad planslösning till stomme av håldäckselement

Trapphuset delar upp stommen i två delar och ger en spännvidd på 7,8 meter per håldäckselement.

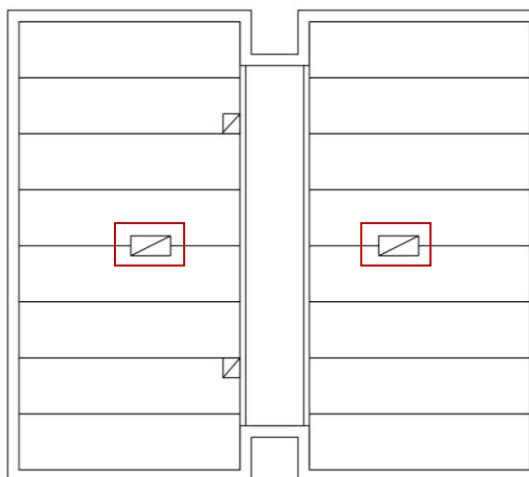
Korta spännvidder har visat sig ge en lättare ljudtransport genom bjälklaget, i kombination med tunnare på grund av hållfasthet kan detta leda till högre ljudnivåer. Detta kommer att medföra att en tjockare pågjutning behövs för att klara ljudkrav.

## Massiva plattor (per våningsplan)

16st. 1975 x 7800 mm

(kräver att elementen är förspända)

Liknande håldäckselementen upprepas och resulterar i en enkel och effektiv konstruktion där sammanlagt 3 olika sorters element bygger upp stommen. Schaktens placering har här flyttats för att minimera påverkan på elementen, de centrerade schakten slås samman till ett och de resterande två anpassas till elementen. Påverkan på planslösningen blir minimal och kan med enkelhet ritas om utan större förändringar på planslösning.



Anpassad planslösning till stomme av massiva plattor

## 9.7 Hus 2C

24 lägenheter

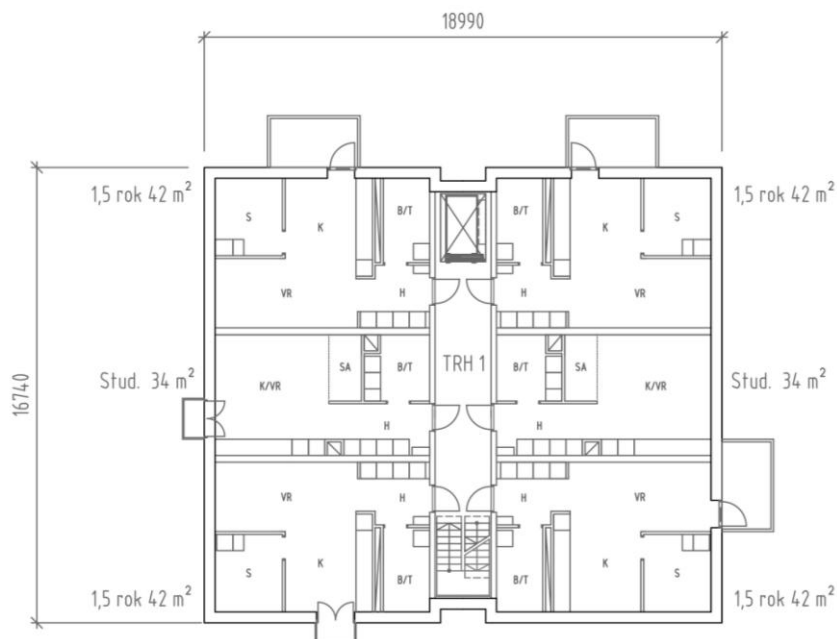
4 x 4st. Stud. B 34 m<sup>2</sup>

4 x 2st. 1 ROK 42 m<sup>2</sup>

BOA 944 m<sup>2</sup>

BTA 1230 m<sup>2</sup>

Svällningstal 0,77



Ursprunglig planlösning Hustyp 2C

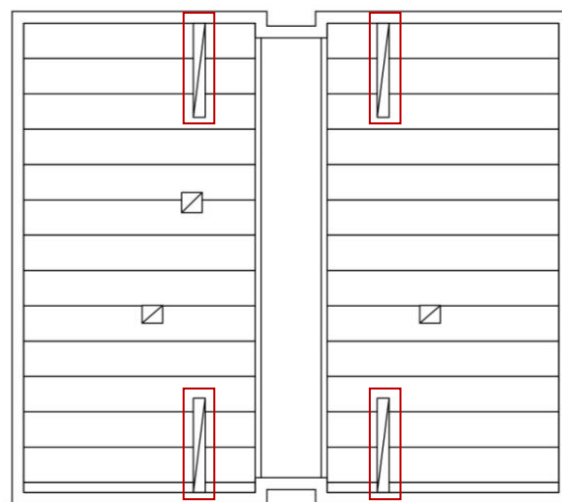
### Håldäck (per våningsplan)

26 st. HD/F 7,87 m

Huskonstruktionen är optimal vid användning av håldäck då endast en typ av element används, vilket leder till snabb produktion och vid leverans blir monteringen effektiv och felfri.

I denna planlösning skapar schaktens placering problem på grund av att i den ursprungliga planlösningen sträcker sig de över flera håldäckselement. Genom att omdimensionera schakten och göra dem mindre eller placera dem längs med ytterväggar kan håldäcken sträcka sig från yttervägg till trapphus.

De resterande schakten omplaceras med fördel så att de endast påverkar ett håldäckselement.



Hustyp 2C med stomme konstruerad av håldäckselement

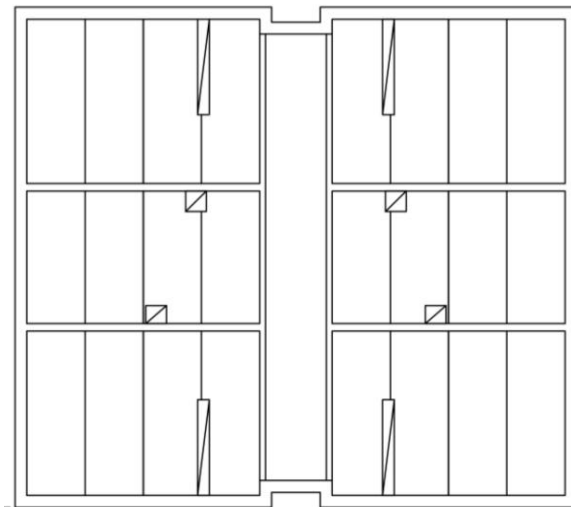


### Massiva plattor (per våningsplan)

16st 1968 x 5500 mm

8st. 1968 x 4440 mm

Som hustyp 2B är konstruktionen i hus 2C optimal för stomme av massivplattor på grund av spegling av hus och lägenheter. Med upplag mellan ytterväggar och innerväggar kan schakten i den här konstruktionen bevaras på ursprunglig placering.



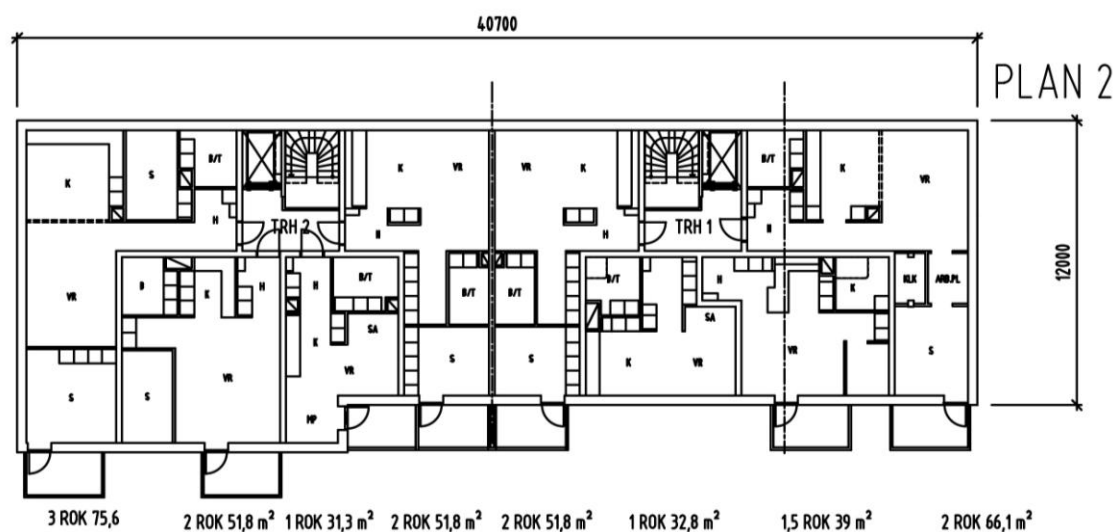
**Hustyp 2C med stomme konstruerad av massiva plattor**

## 9.8 Hus 3D

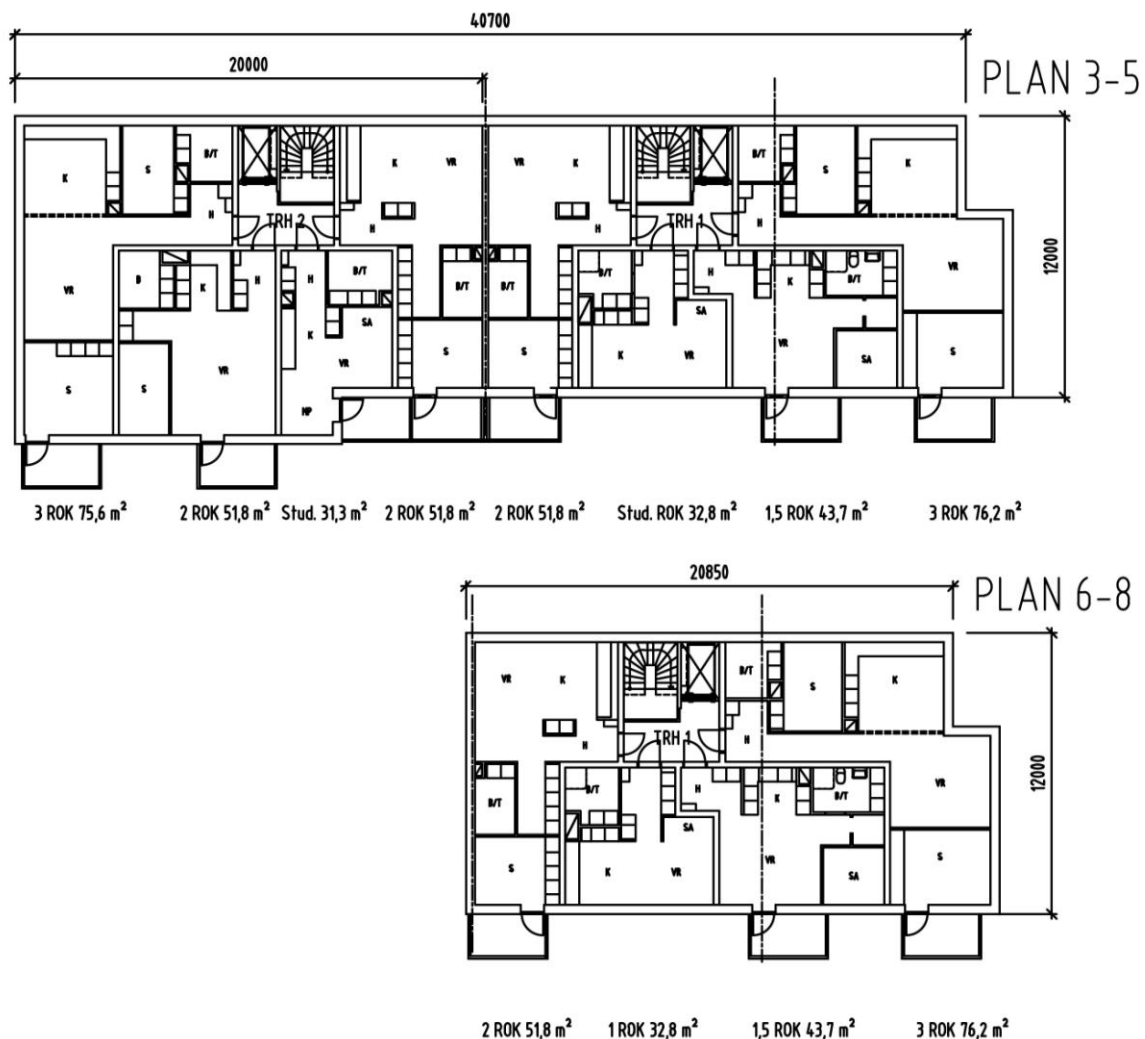
Vår undersökning av det här huset resulterade i en mycket komplicerad konstruktion. Osymmetrin i huskroppen är inte idealisk för att kunna utnyttja prefabricerade element. Vi har valt att inte redogöra för elementplaceringen här då vi inte kan ge en korrekt bild utifrån vårt projektunderlag. För att visa på en optimering av huset vill vi hänvisa till vårt resultatkapitel där vi ritat på hur en stomme kan se ut vid användning av prefabricerade element.

Våning 3-8 har en utskjutande konstruktion över mark, i konsultation med konstruktör har ett konstaterande tagits att det blir en konstsam konstruktion att genomföra. Att bära upp det utskjutande partiet kan kräva pelare förankrade i grunden, att undvika pelare skulle resultera i en avancerad och dyr projektering.

Storleken på huset med totalt åtta våningar ger bra förutsättning till upprepning om varje våningsplan har samma planlösning. De ursprungliga planlösningarna har variation i våningsplan och ska med fördel göras om med upprepning, där plan 2-5 kan använda samma stomme och våning 5-8 kan upprepas med samma konstruktion som underliggande våningar.



Ursprunglig planlösning Hustyp 3D plan 2



Ursprunglig planlösning Hustyp 3D plan 3 - 8

## 9.9 Väggar

I vår analys har vi valt att använda bärande ytterväggar av sandwichelement och massiva bärande innerväggar. Mellanväggar inom lägenheter byggs upp på plats efter att man har tätt hus. Vid optimering av planlösningar har vi här tagit lite hänsyn till väggelement, men kan sammanfatta med få olika sorters väggelement leder till effektiv projektering. Ursprungliga planlösningalternativ ger många möjligheter till återkommande väggelement. Elementens storlek begränsas av fabrikers kapacitet men även möjligheter att transportera och hantering vid montering.

Hustyp 1D har utskjutande partier mot gården vilket skapar en estetisk varierande och eventuellt mer inbjudande fasad men ger två extra element att projektera. Ett alternativ är att lägga element omlott för att möjligen skapa en liknande effekt på fasad.

I hustyp 2B och 2C kan antal väggelementen minimeras genom att flytta ut hisschakt och trappa till fasad och på så sätt skapa en rektangulär huskropp.

## 10 Resultat

Vårt projekt har resulterat i en optimerad stomme utefter de förutsättningar som gavs i fallstudien. Med faktainsamling som grund har vi tagit fram en stomme där vi koncentrerat oss på att minska antal elementdimensioner och använda elementtillverkarens standarder för att optimera både kostnader och projekteringstid. Vi visar på att en planerad tankegång vid projektering kan spara både tid och pengar.

### 10.1 Arbetsgångar

Att projektera för Prefab kan optimeras genom att ändra tankegången. Genom att utgå från dimensionerna på prefabricerade element vid planering av planlösningar undviker man alltför stora korrigeringar vid konstruktion av stomme. Problematiken idag ligger i att arkitekter ritar planlösning utefter tomtytan utan hänsyn till konstruktionslösningar, vilket inte är optimalt. I en optimal projektering kontaktas stomentreprenören i ett så tidigt skede som möjligt, här kan arbete effektiviseras genom att redan färdiga idéer i val av stomme och elementlösningar finns. Att undvika korrigeringar av planlösningar i efterhand med hänsyn till stommen, kommer ge ett bättre slutresultat.

Optimerad arbetsgång med prefabricerade betongelement

1. Hisschakt, bjälklag och lägenhetsskiljande väggar
2. Väggelement
3. Planlösningar, schakter och badrumsmoduler
4. Fönster och väggelements-korrigeringar
5. Schaktkorrigeringar
6. Fasadlösningar

### 10.2 Resultat av fallstudie

Vid analys av planlösningar från Wallenstam blev dimensionering av elementen svår och dimensionerna många, framförallt vid anpassning till bjälklag av massiv konstruktion. Vid små justeringar av bärande innerväggars placering kan antal element minskas men totalt sett kan antalet anses vara för många. Analysen visar på att hus 2B och 2C är att föredra, då elementen för både håldäcksbjälklag och massivbjälklag kan begränsas till en dimension medan hus 2A är mer komplex och kräver anpassning av element både vid användning av håldäcksbjälklag och massivbjälklag.

Hus 1A kan byggas som antingen lamellhus eller loftgångshus. Vid val av loftgångshus blir konstruktionen enkel, framförallt med håldäcksbjälklag.

Antal väggelement ökar med utskjutande eller indragna huskroppar. Enligt konstruktörer utgörs det största arbetet vid konstruktion, av de specialanpassade element som tillkommer vid utskjutande huskroppar. För att rationalisera konstruktionsritningar ska väggmoduler återanvändas vid fler placeringar. Vägmoduler innefattar även dörrar och fönster och en optimering där fönsterplacering tas i beräkning redan vid stomkonstruktion ger större möjligheter för återkommande moduler. Att föredra är också att spegla konstruktionen, vilket ges möjlighet till i framförallt lamellhus och till viss del i ett punkthus beroende på utformning. I vår analys har vi gjort små ändringar i planlösning för att åstadkomma spegelvända planlösningar i så stor grad som möjligt, en sådan åtgärd ger mindre variation i lägenheter men ger enligt vårt resultat en effektiviserad produktion och kostadsoptimering.

På grund av håldäckens långa spännvidder och egenskapen att kunna placera innerväggarna mer flexibelt kan det anses vara den bästa lösningen med hänsyn till det avancerade bjälklagselement som blir i våra analyser. Om valet görs att använda samma bjälklagstyp till flera hus på lotten kan antal element av samma typ öka då hus 2 och 3 kan byggas med samma bredd och på så vis få samma spännvidder.

Schaktplacering påverkar elementen både hållfasthetsmässigt och dimensionen på elementen. I analysen har även dessa placerats så fördelaktigt som möjligt gällande minimering av antal elementtyper.

Vid val av hustyp anses loftgångshuset ha de bästa förutsättningar för en optimal stomme både med håldäck och massiva plattform, men med mindre justering i planlösning kan även hustyp 1A vara ett alternativ vid vad av optimerad stomme. I alternativen för punkthuset anses både hustyp 2B och 2C vara optimerade för prefabricerade element då samma elementtyp upprepas.

### **10.3 Kostnader**

Vårt ursprungliga syfte att jämföra olika kostnader på stomalternativ visade sig vara svårt då prefabricerade element är anpassade till olika projekt och förutsättningar ser olika ut. Tillverkare har inga givna kvadratmeterpriser att använda vid jämförelse utan beror på många faktorer och konstruktionslösningar. Därför har vi uteslutit denna aspekt i fallstudie och analys.

### **10.4 Planlösningar våra förslag**

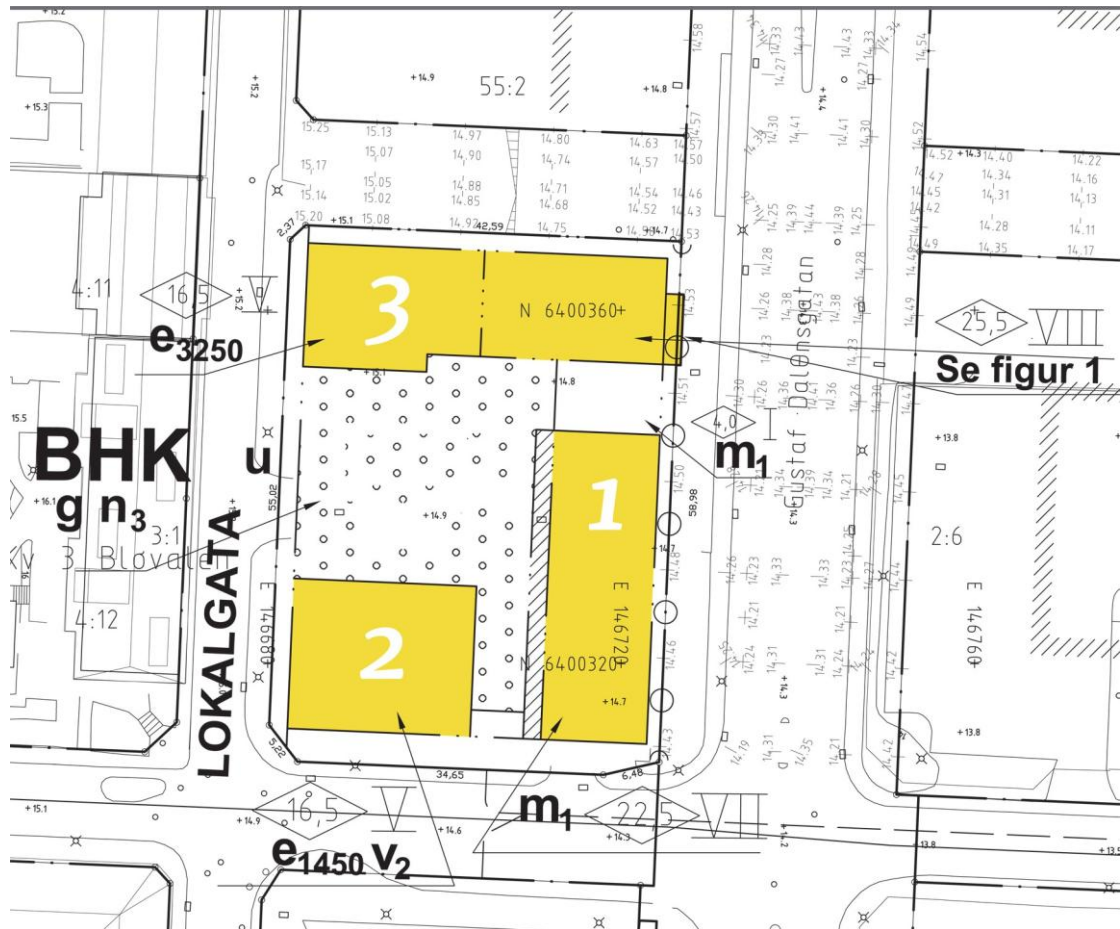
Då vi har projekterat för modulmåttbredd på 2400 mm fungerar stomlösningen på både plattbärlag och massivbjälklag. 2400 mm är ett modulmått som är rekommenderat att sträva efter då det förenklar produktion, men är inget krav. På projektörens inrådan har bjälklagselementen placerats inom de lägenhetsskiljande väggarna då ljudtransport mellan lägenheterna sänks, med undantag mellan två lägenheter i hus 3.

Vår analys visar att håldäck är ett mer flexibelt bjälklag då man på grund av längre spännvidd gör upplag mellan ytterväggarna. Vi har därför utformat en stomme som anpassats med bästa förmåga till båda alternativen, i det följande redovisar vi de stommarna med bjälklag av massiv konstruktion.

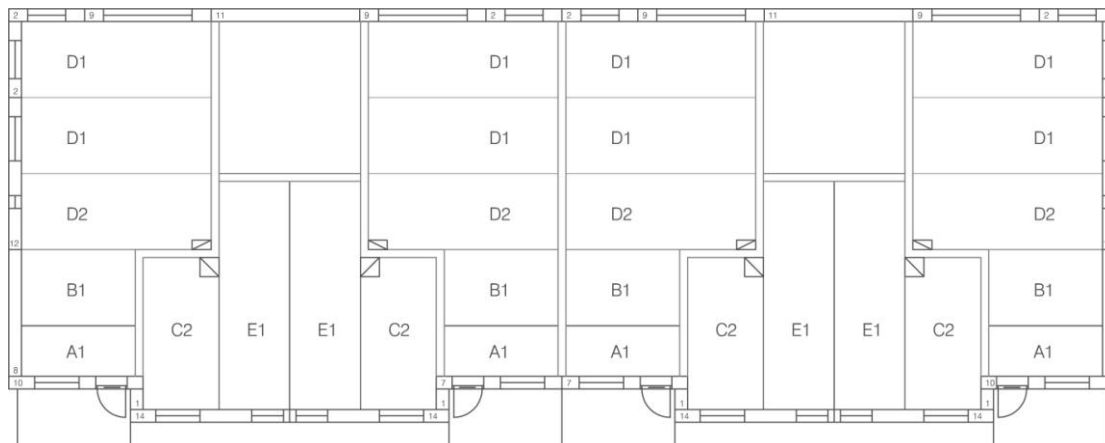
Vid ritande av planlösningar har vi använt de ursprungliga planlösningarna som inspiration för att det ska vara aktuellt för projektet i Kvillebäcken och Wallenstam. Fördelningen på lägenheter är från ettor till treor i varierande storlekar. Förslaget som följer kan användas som ett exempel på hur ett helt bostadsområde med olika hustyper kan projekteras och optimeras för den prefabricerade betongmarkanden.

## 10.4.1 Exploateringskarta

Karta över de tomttytor som de olika husen skall byggas på.



## 10.4.2 Hus 1



Hus 1 har 7 våningar, lägenheterna är per vångningsplan fördelade enligt nedan:

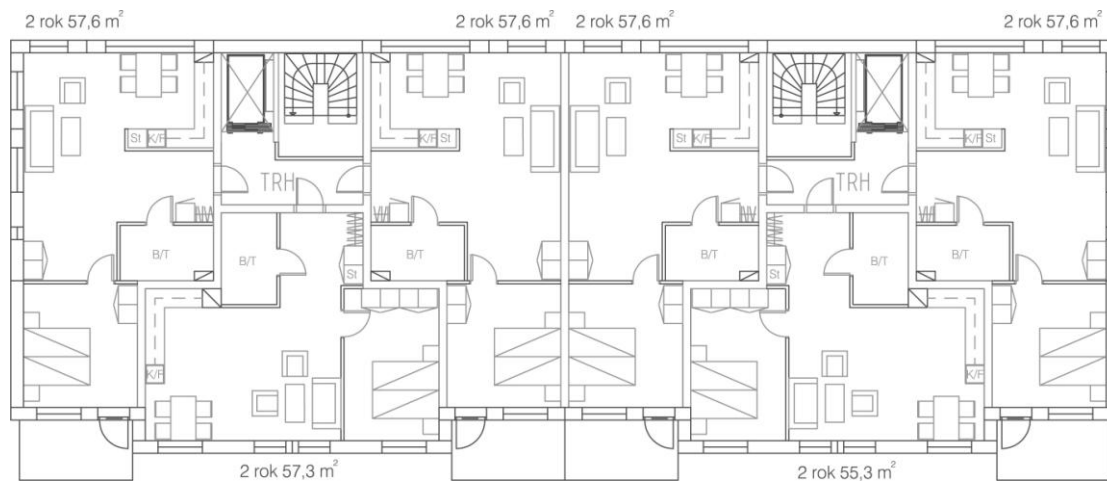
4 st 2 rok på 57,6 m<sup>2</sup>

2 st 2 rok på 55,3 m<sup>2</sup>

BTA: 441m<sup>2</sup>

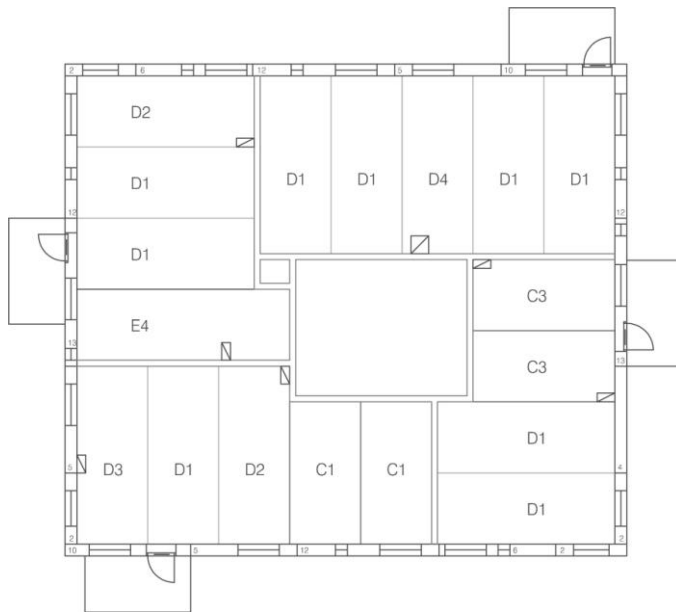
BOA: 345 m<sup>2</sup>

Svällingstal: 0,78





### 10.4.3 Hus 2



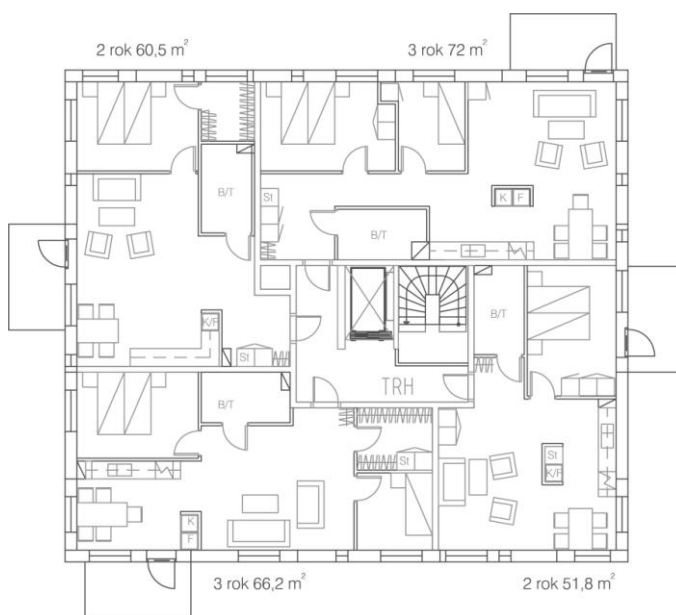
Hus 2 har 5 våningar, lägenheterna är per vångingsplan fördelade enligt nedan:

- 1 st 2 rok på 60,5 m<sup>2</sup>
- 1 st 3 rok på 72 m<sup>2</sup>
- 1 st 3 rok på 66,2 m<sup>2</sup>
- 1 st 2 rok på 51,8 m<sup>2</sup>

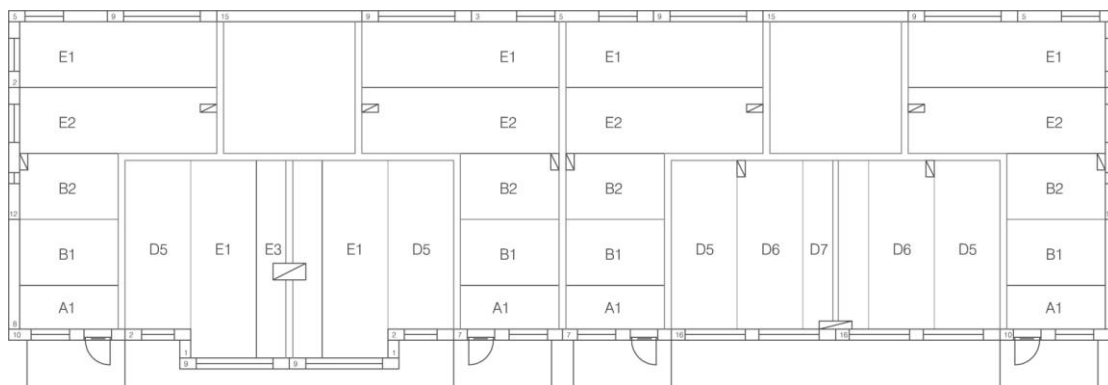
BTA: 315 m<sup>2</sup>

BOA: 250,5m<sup>2</sup>

Svällningstal: 0,79



### 10.4.4 Hus 3



Hus 3 har 2 olika antal våningar.

Vänstra delen har 5 våningar, lägenheterna är per vångingsplan fördelade enligt nedan:

2 st 2 rok på 57,7 m<sup>2</sup>

2 st 1 rok på 39,8 m<sup>2</sup>

Högra delen har 8 våningar, lägenheterna är per vångingsplan fördelade enligt nedan:

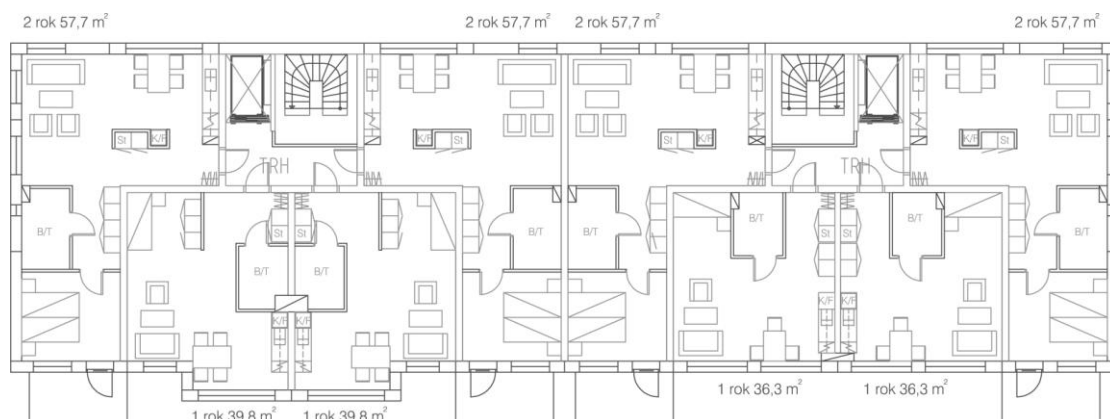
2 st 2 rok på 57,7 m<sup>2</sup>

2 st 1 rok på 36,3 m<sup>2</sup>

BTA: 494m<sup>2</sup>

BOA: 383 m<sup>2</sup>

Svällningstal: 0,775



## 10.4.5 Sammanställning bjälklag

Sammanställning över användning av respektive bjälklagstyp i de tre olika husen.

| Bjälklagselementsfordelning |       |       |       |                |       |       |       |
|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| Nummer                      | Typer | Bredd | Längd | Antal<br>Hus 1 | Hus 2 | Hus 3 | Summa |
| A1                          |       | 1600  | 3600  | 4              |       | 4     | 8     |
| B1                          |       | 2400  | 3600  | 4              |       | 4     | 8     |
| B2                          |       | 2400  | 3600  |                |       | 4     | 4     |
| C1                          |       | 2400  | 4800  |                | 2     |       | 2     |
| C2                          |       | 2400  | 4800  | 4              |       |       | 4     |
| C3                          |       | 2400  | 4800  |                | 2     |       | 2     |
| D1                          |       | 2400  | 4800  | 8              | 9     |       | 17    |
| D2                          |       | 2400  | 6000  | 4              | 2     |       | 6     |
| D3                          |       | 2400  | 6000  |                | 1     |       | 1     |
| D4                          |       | 2400  | 6000  |                | 1     |       | 1     |
| D5                          |       | 2400  | 6150  |                |       | 4     | 4     |
| D6                          |       | 2400  | 6150  |                |       | 2     | 2     |
| D7                          |       | 2400  | 6150  |                |       | 1     | 1     |
| E1                          |       | 2400  | 7200  | 4              |       | 6     | 10    |
| E2                          |       | 2400  | 7200  |                |       | 4     | 4     |
| E3                          |       | 2400  | 7200  |                |       | 1     | 1     |
| E4                          |       | 2400  | 7200  |                | 1     |       | 1     |
| Summa                       |       |       |       | 28             | 18    | 30    | 76    |

## 10.4.6 Sammanställning väggelement

Sammanställning över användning av de olika väggelementen i de tre olika husen.

| Väggelementsfordelning |       |        |                |       |       |       |
|------------------------|-------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| Nummer                 | Typer | Längd  | Antal<br>Hus 1 | Hus 2 | Hus 3 | Summa |
| 1                      |       | 650    | 4              |       | 2     | 6     |
| 2                      |       | 2400   | 6              | 4     | 4     | 14    |
| 3                      |       | 3050   |                |       | 1     | 1     |
| 4                      |       | 3600   |                | 1     |       | 1     |
| 5                      |       | 3600   |                | 3     | 3     | 6     |
| 6                      |       | 3950   |                | 2     |       | 2     |
| 7                      |       | 3975   | 2              |       | 2     | 4     |
| 8                      |       | 4000   | 2              |       | 2     | 4     |
| 9                      |       | 4000   | 4              |       | 6     | 10    |
| 10                     |       | 4250   | 2              | 2     | 2     | 6     |
| 11                     |       | 4700   | 2              |       |       | 2     |
| 12                     |       | 4800   | 2              | 4     | 2     | 8     |
| 13                     |       | 5000   |                | 2     |       | 2     |
| 14                     |       | 5037,5 | 4              |       |       | 4     |
| 15                     |       | 5300   |                |       | 2     | 2     |
| 16                     |       | 6000   |                |       | 2     | 2     |
| Summa                  |       |        | 28             | 18    | 28    | 74    |

## 11 Diskussion och slutsats

Generellt är vetenskapen inom prefabricerad betong dålig och för att skapa de bästa förutsättningarna bör arkitekter ha en grundläggande kunskap om stommens konstruktion. Som marknaden ser ut idag projekteras hus mer för en platsgjuten stomme där friheten är större och där stomme anpassas till planlösningar, detta leder till att prefabricerade stommar blir dyra i och med alla speciallösningar i konstruktion och produktion.

Även om det enligt tillverkarna inte finns några begränsningar med förtillverkade element är det säkert att dra slutsatsen att standarder finns på marknaden och att följa dessa ger bättre förutsättningar att få en billig stomkonstruktion. Att använda standarder ger bättre möjligheter att göra jämförelse mellan olika konstruktionslösningar som håldäcksbjälklag och massivbjälklag, men även i jämförelsen med stomkostnader och prisförslag mellan tillverkare då samma typ av element produceras ingå i kostnadsförslag.

Vid optimering med ett kostnadsperspektiv finns många prioriteringar att göra, ska man ha balkong för att bostäderna blir mer attraktiva eller ska man välja bort dem för att skapa en billigare bostad? Hur många fönster ska man ha och hur ska fönstren placeras? Båda val påverkar väggelement och förmågan att använda på flera placeringar i stommen. Storlek på rum påverkar spännvidden på elementen och därmed konstruktionens utformning. Alla val påverkar kostnaden och den här rapporten ger en överblick över hur marknaden ser ut men ger även utrymme för att gå djupare på ämnet i frågan om att jämföra stomkonstruktioner i betong. I vår rapport har vi inte tagit upp takstommar men även här finns val att göra även om det inte påverkar planlösningar i samma utsträckning.

Vår vision är att man i framtiden skall ”Tänka prefab”. Det vill säga att man i ett tidigt skede skall projektera den bärande stommen med ett tankesätt så att byggnadens utformning inte styrs av planlösning i lika stor grad.

## 12 Referenser

Abetong, 2012. *Våra produkter*. [Online]

Available at:

[http://www.heidelbergcement.com/se/sv/abetong/vara\\_produkter/index.htm](http://www.heidelbergcement.com/se/sv/abetong/vara_produkter/index.htm)

[Använd 3 mars 2012].

Betongelementföreningen, 1998. *Bygga med prefab*. Bromma: Betongelementföreningen.

Boverket, 2012. Vad är ljud och buller? [Online]

Available at: <http://www.boverket.se/planera/planeringsfragor/buller/vad-ar-ljud-och-buller/>

[Använd 27 maj 2012].

Engström, B., 2007. *Beräkning av betongkonstruktioner*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Finja Betong, 2012. *Klimatvägg*. [Online]

Available at:

[http://www.finjabetong.se/App\\_Resource/Page/file/prefab/pdf/sv/7001.pdf](http://www.finjabetong.se/App_Resource/Page/file/prefab/pdf/sv/7001.pdf)

[Använd 2012 maj 2012].

Heidelbergcement, 2012. *Sandwichvägg*. [Online]

Available at: <http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/5ECA6945-8DAB-4064-AFA4-4CA281B3F322/0/Sandwichv%C3%A4gg.pdf>

[Använd 27 maj 2012].

Heidelbergcement, 2012. *Våra ytor ger många möjligheter*. [Online]

Available at:

[http://www.heidelbergcement.com/se/sv/abetong/vara\\_produkter/V%C3%A5ra+ytor/index.htm](http://www.heidelbergcement.com/se/sv/abetong/vara_produkter/V%C3%A5ra+ytor/index.htm)

[Använd 27 maj 2012].

Johansson, K. & Heed, R., 2012. *Intervju Abetong* [Intervju] (18 april 2012).

Johansson, S. & Joakim, L., 2012. *Intervju Strängbetong* [Intervju] (3 april 2012).

Kernen, U. & Åkerlöf, L., 2008. Tysta bostäder byggs med betongstomme. *husbyggaren*, 1 november, pp. 58-62.

Skanska, 2012. *Vackra bostäder*. [Online]

Available at: [http://www.ed.se/cat/2084/Skanskavackra\\_bostader.pdf](http://www.ed.se/cat/2084/Skanskavackra_bostader.pdf)

[Använd 27 maj 2012].

Strängbetong, 2012. *Fasadalternativ*. [Online]

Available at: <http://www.strangbetong.se/wp-content/uploads/2011/11/Fasadbroschyr.pdf>

[Använd 27 maj 2012].

Strängbetong, 2012. *Koncept och komponenter*. [Online]  
Available at: <http://www.strangbetong.se/koncept-komponenter/>  
[Använd 3 mars 2012].

Strängbetong, 2012. *Vackra och smarta fasader*. [Online]  
Available at: <http://www.strangbetong.se/wp-content/uploads/2011/11/Fasadbroschyr.pdf>  
[Använd 27 maj 2012].

Swedish standard institute, 2006. *Svensk standard SS91 42 22:2006*. Stockholm: SIS förlag AB.

Swedish standard institute, 2006. *Svensk standard SS91 42 21:2006*. Stockholm: SIS förlag AB.

Svensk Betong, 2012. *Betongbanken*. [Online]  
Available at: <http://www.betongbanken.com>  
[Använd 27 maj 2012].

Svensk Betong, 2012. *Bygga med prefab*. [Online]  
Available at: <http://www.svenskbetong.se/bygga-med-prefab.html>  
[Använd 25 april 2012].

Örnhall, H., 2009. *Bostadsbestämmelser*. 7:e red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

## **Bilagor**

Bilaga 1. Sammanställd tabell över tillverkare produkter och dimensioner

Sammanställning av produkter baserad på produktblad och hemsidor

| Företag        | Fabriksplacering | Element bjälklag        | Standardmått |           | Väggelement       | Tjocklek                       |
|----------------|------------------|-------------------------|--------------|-----------|-------------------|--------------------------------|
|                |                  |                         | Bredd        | Spännvidd |                   |                                |
| Abetong        | Falkenberg       | Plattbärlag             | 2400         | 12500     |                   |                                |
|                |                  |                         |              |           | Sandwichvägg      | Bärande yttervägg 150 - 250 mm |
|                |                  |                         |              |           | Massivvägg        | 151 - 250 mm                   |
|                |                  |                         |              |           | Skalvägg          | 160 - 350 mm                   |
| Skanska Prefab | Bollebygd        | Håldäck                 | 1200         | 18000     |                   |                                |
|                |                  | Bjälklagsplattor D, D/F |              |           |                   |                                |
|                |                  | Pelare, Balk            |              |           |                   |                                |
|                |                  | Kassetter TT/F, STT/F   |              |           |                   |                                |
|                |                  |                         |              |           | Sandwichvägg      | Bärande yttervägg              |
|                |                  |                         |              |           | Lättklinkersfasad |                                |
|                |                  |                         |              |           | innerväggselement |                                |
| Contiga        | Norrtälje        | håldäck                 | 1200         | 17000     |                   |                                |
|                |                  | Pelare, Balk            |              |           |                   |                                |
|                |                  |                         |              |           | Väggelement       |                                |
|                |                  |                         |              |           |                   |                                |
|                |                  |                         |              |           |                   |                                |
| Strängbetong   | Veddige,         | Håldäck                 | 1200         | 18000     |                   |                                |
|                |                  | Samverkansplatta        | 2400         | 10000     |                   | 120                            |
|                |                  | Massivplatta            | 2400         | 12000     |                   | 200                            |
|                |                  |                         |              |           | Sandwichvägg      | bärande yttervägg              |
|                |                  |                         |              |           | innerväggselement |                                |
| Ubab           | Ullricehamn      | Massivplatta            |              |           |                   |                                |
|                |                  | pelare, balk            |              |           |                   |                                |
|                |                  |                         |              |           | sandwichvägg      | bärande yttervägg              |
|                |                  |                         |              |           | innerväggselement |                                |



Elementförtäckning (bygga med prefab)

| Håldäck      | Höjd            | Bredd ssa ca kg/m2 | Spänvidd, ca |
|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| HD/F 120/19  | 185             | 1200 275           |              |
| HD/F 120/20  | 200             | 1200 255-330       | 9            |
| HD/F 120/27  | 265             | 1200 320-440       | 13           |
| HD/F 120/32  | 320             | 1200 380-440       | 16           |
| HD/F 120/38  | 380             | 1200               |              |
| HD/F 120/40  | 400             | 1200 415-500       | 18           |
| HD/F 120/50  | 500             | 1200 610           |              |
|              |                 |                    |              |
| Plattbärlag  |                 |                    |              |
| PL 240/40    | 40 + pågjutning | 2400 + pågjutning  | 6            |
| PL 240/5     | 50 + pågjutning | 2400 + pågjutning  | 8            |
| PL/F 240/7   | 70 + pågjutning | 2400 + pågjutning  |              |
|              |                 |                    |              |
| Massivplatta |                 |                    |              |
| RD 240/15    | 150             | 2400 375           | 4,5          |
| RD 240/20    | 200             | 2400 500           | 5,5          |
| RD/F 240/15  | 150             | 2400 375           | 7            |
| RD/F 240/20  | 200             | 2400 500           | 8            |
|              |                 |                    |              |
| TT-däck      |                 |                    |              |
| TT/F 240/20  | 200             | 2400 180           | 8,5          |
| TT/F 240/40  | 400             | 2400 250           | 13,5         |
| TT/F 240/60  | 600             | 2400 310           | 19,5         |