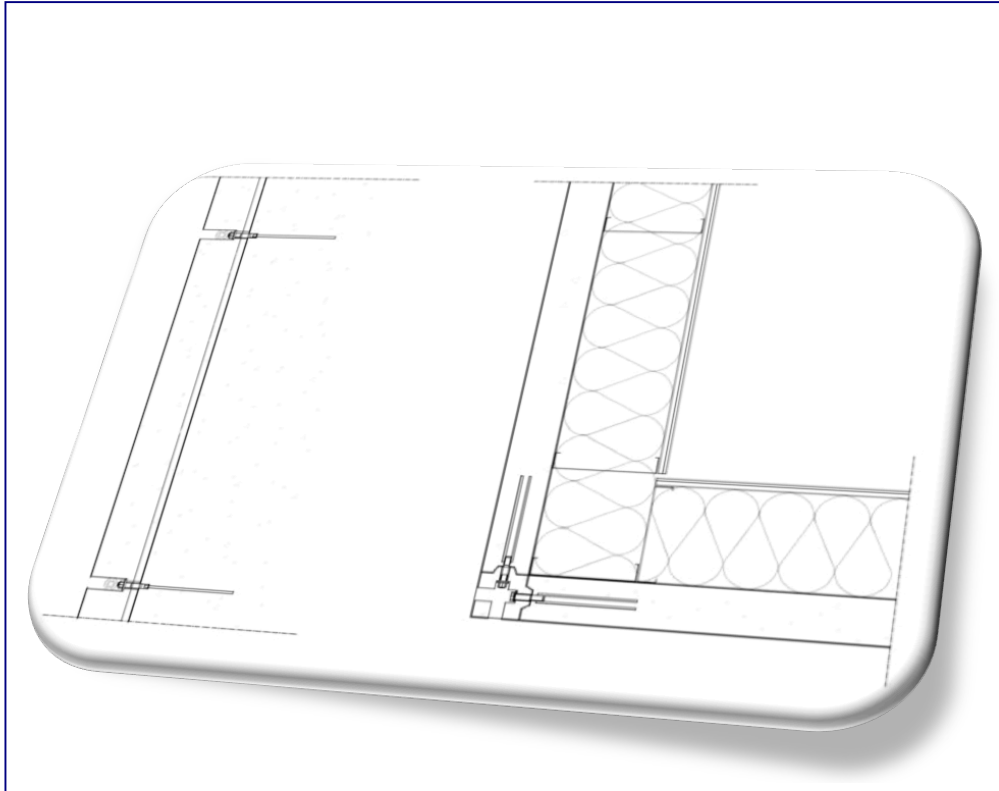


CHALMERS



Moduler och infästningar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

KIM BERGEÅ, WILLIAM EDVARDSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Bygg och miljöteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2014
Examensarbete 2014:132

EXAMENSARBETE 2014:132

Moduler och infästningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

KIM BERGEÅ, WILLIAM EDVARDSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Bygg och miljöteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2014

Moduler och infästningar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

KIM BERGEÅ, WILLIAM EDVARDSSON

© KIM BERGEÅ, WILLIAM EDVARDSSON, 2014

Examensarbete/Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2014:132

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Bygg och miljöteknik

Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2014

Moduler och infästningar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

KIM BERGEÅ, WILLIAM EDVARDSSON
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Bygg och miljöteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Dagens nybyggda passivhus och plusenergihus är dyra, men möjligtvis billigare i det långa perspektivet. Denna typ av hus är för dyra för att många ska ha råd att köpa eller bygga ett. Det behövs billigare och smartare metoder i fråga om byggandet och monteringen av dessa hus med nya material eller nya sätt att använda befintliga material samt en utveckling och förfining av befintliga metoder. Det finns väldigt många smarta lösningar ute på marknaden redan idag och några kommer att tas upp i denna rapport. Ambitionen var att skapa ett nytt sätt att montera ihop en byggnad med en enkel metod, befintliga och nya material samt med en enkel konstruktion med få steg i byggskedet. Med ett standardiserat och flexibelt sätt att bygga olika dimensioner på väggar bäddar det för ett billigare byggande. Med utgångspunkten och ambitionen att det ska gå att montera väggarna i team om två. Materialvalet blev lättklinkerbetong för dess beständighet, fuktökänslighet och bärande förmåga med enbart oorganiska material. Resultatet blev ett enkelt pussel av väggdelar som är lätta att montera och justera ihop.

Nyckelord: Enkelhet, montering, standardiserat, billigt, utveckling

Installation of prefabricated wall modules
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
KIM BERGEÅ, WILLIAM EDVARDSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Construction Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

To build a new passive house or low energy house today is expensive, but maybe cheaper in the long run. These houses are too expensive for many to afford to buy or to build. There is a need for cheaper and smarter methods for both the construction and installation of these houses. With new materials or new ways of using existing materials, the development and refinement of existing methods. There are very many smart solutions on the market today, and some will be addressed in this report. The ambition was to create a new way to assemble a building with a simple method, existing and new materials, and with a simple design with few steps in the construction phase. With a standardized and flexible way to build various dimensions of walls it will be cheaper to construct. There is an ambition to be able to mount the walls in teams of two. The choice of material was lightweight aggregate concrete for its durability, moisture insensitivity and bearing capacity using only inorganic materials. The result was a simple puzzle of wall modules that are easy to assemble and adjust together.

Key words: Simplicity, assembly, standardized, cheap, development

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och omfattning	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	2
2 FÖRSTUDIE	3
2.1 Energisystem	3
2.1.1 Passivhus	3
2.1.2 Plusenergihus, Nollenergihus	4
2.1.3 Från och tilluftssystem med återvinning (FTX-system)	4
2.2 Material	5
2.2.1 SIPS	5
2.2.2 KL-trä	5
2.2.3 Aerogel	6
2.3 Byggsystem	7
2.3.1 SIPS	7
2.3.2 KL-trä	8
2.3.3 A-hus	8
2.3.4 Volymhus	9
2.4 Förband (montering)	11
2.4.1 SIPS-element	11
2.4.2 KL-trä (Martinsons)	11
2.4.3 A-hus	11
3 SKARVFÖRSLAG	14
3.1 Kravspecifikation	14
3.1.1 AMA-krav	14
3.2 Detaljritningar	14
4 VÄGGPRESTANDA	16
4.1 Horisontella krafter	16
CHALMERS <i>Bygg- och miljöteknik</i> , Examensarbete 2014:132	III

4.1.1	Infästningar	16
4.1.2	Väggen	18
4.2	U-värdeberäkningar	18
4.2.1	Infästning	18
4.2.2	Väggexempel	19
5	FRAKT OCH MONTERING	21
5.1	Frakt	21
5.1.1	Lastbil	21
5.1.2	Tåg och båt	23
5.2	Montering	23
5.2.1	Monteringsanvisningar	23
5.2.2	Lyftanordningar	25
6	ANALYS	26
7	SLUTSATSER	27
8	LITTERATURFÖRTECKNING	28

Förord

Detta är ett avslutande examensarbete på 15 poäng på byggingenjörsutbildningen på Chalmers Tekniska Högskola, utfört vid institutionen för Bygg och miljöteknik på uppdrag av Stiftelsen Bo46 och Håkan Blixt.

Vi vill tacka alla företag som har bidragit med information och hjälpt oss vidare och gett oss inspiration i detta arbete. Vi vill tacka Steve Svensson på Bygg- och Miljöteknik, Konstruktionsteknik, Ingemar Degerholm på Bygg- och miljöteknik, Byggnadsteknolog för viktig information om materialparametrar och sist men inte minst vår handledare Robert Kliger på Bygg- och Miljöteknik, Konstruktionsteknik som guidat oss vidare med arbetet.

Göteborg juni 2014

Kim Bergeå, William Edvardsson

Beteckningar

AMA = Allmän Material- och Arbetsbeskrivning (ama.byggstjanst.se)

BBR = Boverkets Byggregler

BG1 = Exponeringsklass för expanderande fogband

Bo46 = Stiftelse

Bruttovikt = Bruttovikten är den sammanlagda statiska vikt som samtliga hjul, band eller medar på ett fordon vid ett visst tillfälle för över till vägbanan.

Butylband = band av gummi för tätning av skarvar

CNC-maskin = materialskärare

Feby 12 = Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus

FTX = Från och tilluftssystem med återvinning

Fuktspärr = är ett samlande begrepp för ångspärr och diffusionsspärr för vattenångstransport och spärr mot kapillärugningstransport av vatten till fukt känsliga material

KL-trä = Korslimmat granvirke

Köldbrygga = En konstruktionsdetalj som har kontakt både med den varma insidan och den kallare utsidan av ett hus och leder ut värme (energimyndigheten).

NASA = National Aeronautics and Space Administration

Novazip = företag som tillverkar hus med SIPs-teknik

OSB = Oriented Strand Board

Pa = Enheten pascal(Pa) är SI-enheten för tryck

PHI =Passive House Institute

Prefab = Prefabricerad

Rostfritt = stål legerat med minst 10,5% krom

Solvärme = Solvärme är en energikälla med god miljöprestanda. I solfångaren omvandlas solens strålar till värme, till skillnad från solceller där solenergin omvandlas till el.

SIPs = Structural insulated panels

Sipsskruv = lång genomgående skruv (se bild 11 nedan)

S-list = tätar mot luft och fukt och används för att bryta fuktvandringen mellan prefabricerade väggelement.

Termisk komfort = människans upplevelse av det termiska klimatet

UE = Under Entreprenör

U-värde = U-värdet beskriver hur mycket värme som går ut per kvadratmeter vid en grads skillnad mellan inomhus- och utomhustemperatur (energimyndigheten)

Varmförzinkat = Stål doppat i ett zinkbad

Vindlast = den last som vinden påverkar en byggnad med

Volymhus = hus som byggs i volymenheter, enheter som bitar som hela badrum, vardagsrum, sovrum, hall

ÄTA-arbeten = Ändrings-, Tilläggs- och Avgåendearbeten

d = diameter

F = Brottkraft

H = höjd

L = längd

q_p = Karakteristiskt hastighetstryck

R_T = Totalt värmemotstånd

R_{se} = Värmeövergångsmotstånd på utsidan

R_{si} = Värmeövergångsmotstånd på insidan

Terrängtyp 0 = Havs- eller kustområde exponerat för öppet hav

T_{yta} = temperatur på ytan

U = värmegenomgångskoefficient

V_b = Vindhastighet

W_e = utvändigt vindlast

ΔT = temperaturdifferens mellan inne och ute

λ = värmeledningsförmåga

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det är allmänt känt att byggbranschen är en konservativ bransch med små möjligheter till förändring då det ofta krävs investeringar i utvecklandet av nya byggsystem. Energisnåla hus är dyra att köpa och att tillverka. Företaget Bo46 i har en idé om att bygga billiga nyckelfärdiga plusenergihus på lite andra villkor än de som råder i Sverige i nuläget. Genom att låta tillverkning ske i stiftelseform (Lansstyrelsen Västra Götalands län) utan vinstintresse så försvinner behovet av att ta ut ett överskottspris. Genom att eventuellt låta tillverkningen av moduler ske på billigare marknader än den svenska men samtidigt byggas med svenska krav kan kostnaderna sjunka ytterligare. I stiftelsen Bo46s koncepthus är tanken att detta ska ingå, golv, färdiga väggar, komplett kök, badrum, fasad osv. Det som inte ingår är kostnaden för administration som bygglov och t.ex. markundersökningar samt tomt och i många fall även grunden. I fallet med grunden är det räknat på ett standardunderlag utan sprängning eller eventuell fyllning.

En stor kostnad på en byggarbetsplats är arbetstiden och för att minska denna tid kommer produktionen att läggas på en fabrik och sen monteras delarna ihop på arbetsplatsen, ett så kallat prefabricerat system(prefab). Önskemål är att med en enkel montering, möjlighet till masstillverkning, utan genomgående köldbryggor och ett bra materialval bidra till att få ner priset. Och på detta sätt eventuellt göra det billigare och smidigare att bygga ett passiv, - nollenergi- eller plusenergihus.

1.2 Syfte och omfattning

Syftet med arbetet är att föreslå och utveckla en lätt och mångsidigt metod att montera ihop hus i olika storlekar med rätvinkliga former och med en täthet i skarvar och infästningar på hushörnen som gör att det kan bli certifierat som passivhus.

De typerna av hus och element som studerats är vanliga villor byggda med prefabricerade metoder som volymhus (hela volymer av ett hus) och hus byggda av moduler(enskilda väggar, takbitar osv).

1.3 Avgränsningar

I rapporten har dessa avgränsningar gjorts. Det första huset planeras att byggas vid kusten utanför Göteborg, vara i ett plan, höjden och bredden på prefabväggarna kommer endast omfatta 2,6 m i höjd och 12.0 m i bredd. Bredden är vald för att klara transporter enligt det europeiska modulsystemet med tåglängder upp mot 25,25 m. Ritningarna kommer visa gavelinfästningen mellan två husväggar samt ett förslag till väggarnas uppbyggnad. Beräkningarna kommer bestå utav U-värdesberäkningar på valt väggförslag och infästning. Infästningarna kommer att fogas med expanderande fogband med bredden 15mm och med en tjocklek mellan 3-7 mm

Väggförslaget kommer bestå av oorganiskt material, ha en tjocklek på 340 mm som består av 100 mm lättklinkerbetong som bärande del med invändiga stålreglar 220

mm, Aerogel isolering 220 mm och invändig gipsskiva 0,6 mm med bakomliggande OSB(oriented strand board)-skiva 11 mm.

1.4 Metod

För att skapa en bra förståelse för problemet och vad det finns för befintliga lösningar på marknaden idag så har en förstudie gjorts genom att studera olika modulhustillverkare, samt några lämpliga material som kan komma att användas i framtiden. Undersökningar gjordes över vad passivhus och plusenergihus var för något och hur det definierades.

Kontakten med tillverkarna har hållits via e-mejl. De fick svara på frågor om bland annat vad de har för infästningar, vad dem gör för att motverka köldbryggor och vad det kostar att bygga ett av deras standardhus. Detta bidrog till en bra överblick i hur och varför de bygger som de gör.

Efter förstudien valdes i samråd med examinator Robert Kliger att inte konstruera ännu ett hus byggt av volymer, dels för att det finns väldigt många som bygger på det sättet men också för att det blir en större utmaning att konstruera en prefab vägg med infästningar.

2 Förstudie

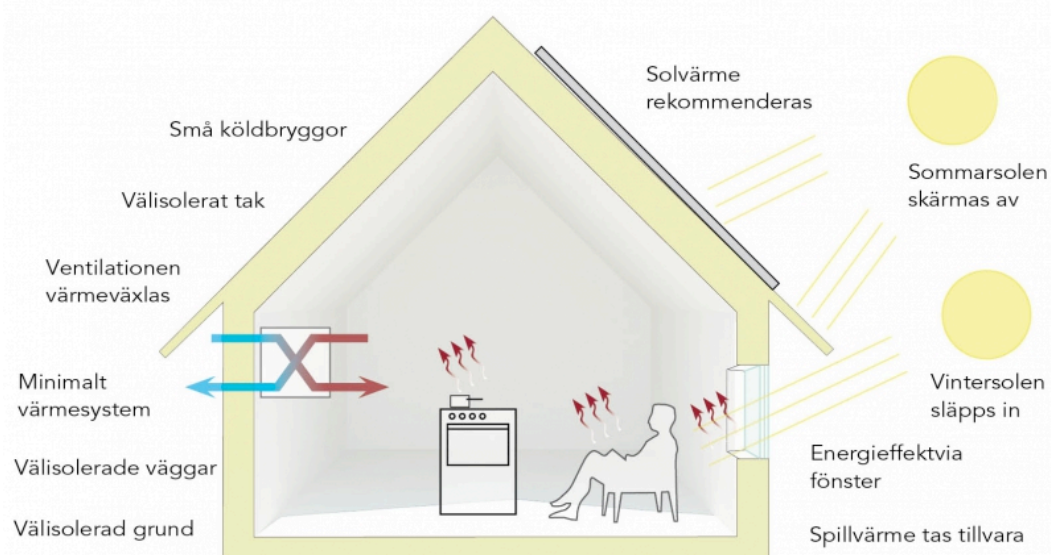
I detta kapitel presenteras exempel på befintliga byggsystem för prefab-element och volymhusbyggande som produceras i fabrik och monteras på plats ute på byggplatsen. Samt en beskrivning av vad som kännetecknar och krävs för ett Passiv, plus- eller nollenergihus i Sverige och Europa. Det kommer även tas upp olika möjligheter att producera sin egen energi.

2.1 Energisystem

Passivhus tillkom på grund av högre energikostnader och en större miljömedvetenhet hos husköpare. Det uppstod ett behov i samhället av energieffektivare hus med låg energiförbrukning och låg energiförlust. Passivhuset utvecklades, delvis med hjälp av bättre material och en större förståelse för dessa samt en mer krävande kundkrets. Konceptet vidareutvecklades med plusenergihuset, där varje hus för sig har en möjlighet att återföra energi till systemet. Med hjälp utav solvärme, dagvattenåtervinning eller t.ex. mindre vindkraft minskar behovet av storskalig energitillverkning och i vattenrening vilket i förlängningen ger en mindre skör energimarknad.

2.1.1 Passivhus

Passivhus (Sveriges Centrum för Nollenergihus, 2012) är kraftigt isolerade och nästintill lufttäta hus. Anledningen för detta är att skapa ett minimalt behov utav uppvärmning. Detta sker i stället från apparater och de människor som vistas i huset.



Figur 1: Exempelmodell av ett passivhus (Passivhuscentrum.se, 2014).

För att ett hus ska få titulera sig som passivhus enligt Passive house Institute (PHI) i Tyskland måste det uppfylla fyra krav. Uppvärmningskostnaderna får inte överstiga 15 kWh per m² beräknat på BOA. Och den totala energiåtgången, vilket inkluderar uppvärmning, elektriska apparater och vatten, får inte överstiga 120kWh per m².

Maximal luftgenomströmningen för vara högst 0.6 luftbyten per timme vid 50Pa samt att termisk komfort ska uppfyllas under årets alla årstider där högst 10 % av årets timmar är över 25°C. (Passive House Institute, 2012)

Riktlinjerna för byggandet och som bör följas vid byggandet av ett passivhus är bland annat ett U-värde på max 0.15W/m²K i isolerande väggar och att installera fönster som har ett U-medelvärde på max 0,80/(m²K). Fönstren ska även släppa in solens strålar men låta värmestrålningen stanna kvar inomhus. Oftast installeras ett system för att återvinna värmen i ventilationssystemet se kap 2.1.3. Huset ska även vara väldigt lufttätt och köldbryggor ska elimineras i så stor utsträckning det är möjligt. På breddgrader med ett kallare klimat är det dessa riktvärden som bör klaras enligt PHI.

2.1.2 Plusenergihus, Nollenergihus

En definition av plusenergihus (Energimyndigheten.se, 2013), som det finns för passivhus finns inte när rapporten skrivs idag. Utan det mest vedertagna sättet att se på det verkar vara att det är ett passivhus som kan generera mer energi än det förbrukar, med hjälp av t.ex. solceller och mindre vindkraftverk. Nollenergihus definieras däremot av Feby 12

“För Nollenergi gäller utöver kraven för passivhus även av summan av levererad viktad energi, *Eviktad* till byggnaden (enligt BBRs avgränsningar för byggnadens energianvändning) skall vara mindre än eller lika med summan levererad viktad energi från byggnaden under år. “ (Feby12): (Sveriges Centrum för Nollenergihus, 2012)



Figur 2: Exempel på elburen solkraft och vattenburen solkraft (Vattenfall, 2013).

Tilläggskrav som finns i Sverige är att det månadsvis och separat ska gå att läsa av energianvändningen för hushållsel och värmeenergi samt att husets fönster i genomsnitt ska ha ett U-värde på högst 0,9W/m²K.

2.1.3 Från och tilluftssystem med återvinning (FTX-system)

Ett FTX-system är ett från- och tilluftssystem med värmeåtervinning, mer specifikt återvinns värmen ur frånluften för att värma upp tilluften. Värme som skapas i huset

och som ventileras ut återvinns av en värmeåtervinnare, som överför värmen som förs ut av frånluften, till tilluften som förs in. Detta är ett väldigt energieffektivt sätt att återanvända värmen som huset producerar, men det ska tilläggas att ett sådant system inte är något krav i Sverige.

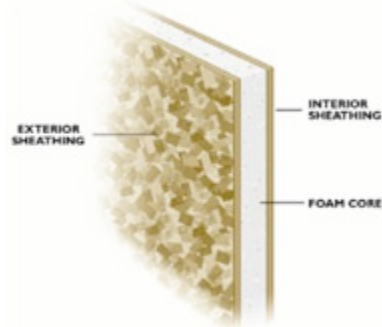
Enligt Energimyndigheten kan ett FTX-system ge en energibesparingen på 50-80 procent plus att ett test utfärdat av Energimyndigheten visat att en besparing på 3000-6000kwh/år kan ske i täta hus, där störst energibesparing kan göras i norra Sverige. Ännu en positiv sak är att luften kan renas vilket kan vara speciellt viktigt för inomhusmiljön i mer förorenade delar av landet som t.ex. innerstaden i större städer eller t.ex. bredvid en högt trafikerad motorväg.

Systemet fungerar genom att frånluften tas från kök, toalett, tvättstuga där det ofta genereras mycket värme i maskiner samt att det även ventilerar ut förorenad luft därifrån. Ofta är det en separat kanal från köksfläkten pga. matoset som innehåller mycket fett vilket kan vara brandfarligt. Tilluften förs ut i sovrum och vardagsrum där behovet av frisk luft är som störst under vila och rekreation. Systemet är ofta väldigt energieffektivt och kan leverera stora mängder ventilationsluft samt att det fungerar oberoende av väderlek. Det negativa är att det kräver en del underhåll i fråga om rengöring av ventilationskanaler, fläktar, filter samt att det kan uppkomma ljudproblem från fläktar. (energimyndigheten, 2011)

2.2 Material

2.2.1 SIPS

SIPS är strukturella och isolerade paneler som används till bostadshus och lätta kommersiella byggnader som lager (aerogel.se) och hangarer. Panelerna är uppbyggt kring en isolerande kärna, vanligtvis mellan två OSB (Oriented Strand Boards)-skivor för struktur.



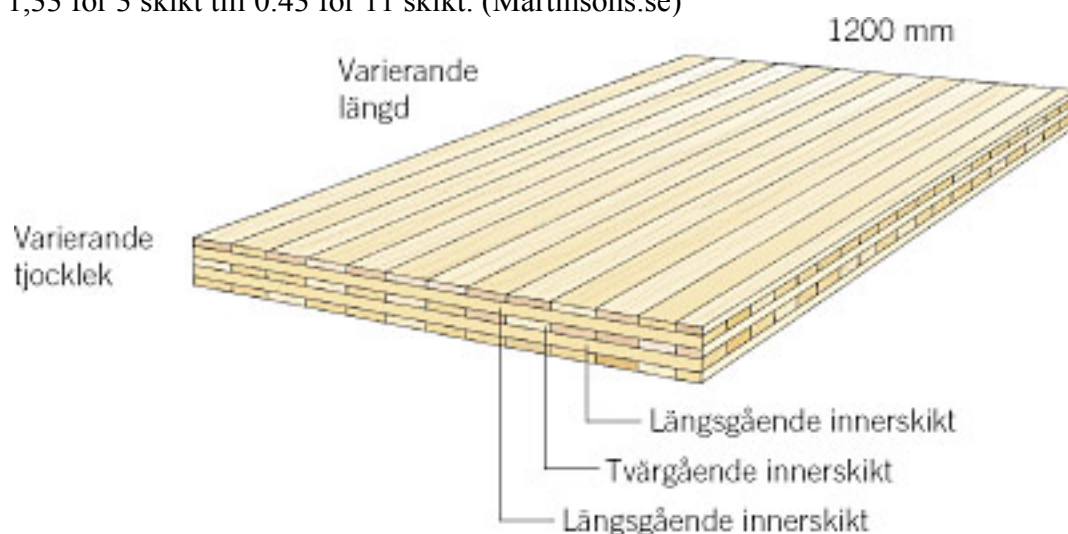
Figur 3: Genomsnitt av en OSB (oriented Strand Board)-skiva (Sips.org, 2014).

Fördelar med SIPS är att det är okänsligt för fukt då det inte finns några organiska ämnen inuti väggen förutom i fallen då det är klätt i en OSB-skiva. (Sips.org, 2014)

2.2.2 KL-trä

KL-trä är hyvlat granvirke av hög kvalitet som är korslagt och limmat. Martinssons i Bygdsiljum 5 mil sydväst om Skellefteå kan leverera i längder upp till 12 meter och de kommer alltid med bredden 1200mm, produkten finns i 3, 5, 7, 9 och 11 skikt från

tjockleken 70mm för 3 skikt till 259mm för 11 skikt. Med ett U-värde som går från 1,33 för 3 skikt till 0.43 för 11 skikt. (Martinsons.se)

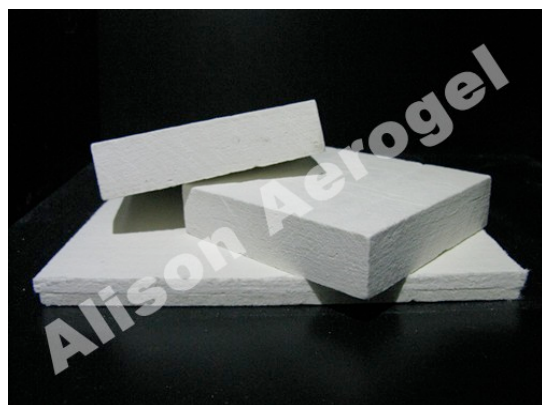


Figur 4: Genomsnitt av ett KL-trä element (martinsons.se).

Materialet väger cirka 5 gånger så lite som betong vilket ger mindre laster på underliggande material. Genom att skivan är korslimmad ger det mindre rörelse i träet vid fuktförändringar och att materialet inte kräver någon torktid gör att man kan bearbeta det på en gång. Ur miljösynpunkt är det positivt då det är gjort av gran vilket är en förnyelsebar råvara. (martinsons.se)

2.2.3 Aerogel

Futuristiskt material framtaget av NASA (National Aeronautics and Space Administration) som under lång tid varit väldigt dyrt. Men företag som Svenska Aerogel ligger i framkant för att skapa tillverkningsmetoder som reducerar priset och gör det ekonomiskt försvarbart att installera i byggnader. De påstår även att med deras material kan man minska tjockleken med 50 % eller dubbla isoleringsgraden med 50 % (aerogel.se, 2014). Rätt använd kan det skapa mer yta i t.ex. renoveringar eller uppta mindre yta i nybyggnationer.



Figur 5: Aerogel isoleringsmaterial (ydalison.com).

Aerogel är ett stabilt material som inte bryts ned snabbt med tiden. Det låter vattenånga passera igenom men repellerar vatten.

Alison Aerogel Panel GY06 series som används i denna vägg har en isoleringsgrad 2-5 gånger högre än konventionella isoleringsmaterial samt en längre livslängd. Materialet kan motstå temperaturer upp till 650°C utan att börja brinna.

Det är lätt att hantera då det är enkelt att skära och passa in på rektangulära och platta ytor t.ex. mellan två regler på en betongstomme vilket skapar mindre arbetstimmar under byggnation. Dess lätta vikt gör att det går att transportera större mängder på samma lastbil. Miljövänligt på det sättet att det görs av oorganiska material av deponi. (ydalison.com)

2.3 Byggsystem

2.3.1 SIPS

Det svenska företaget Novazip använder sig till exempel av en teknik där de limmar på en plåtskiva i stället för en OSB-skiva.

SIPS panelerna har en låg vikt i jämförelse med många andra material vilket är smidigt vid hantering på byggarbetsplatsen då panelerna monteras med hjälp utav en kranbil.

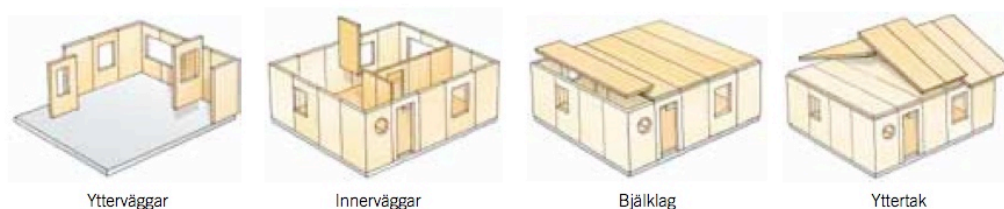


Figur 6: Kranmontering av Novazips SIPs-element (Novasip.se, 2014).

Då panelerna tillverkas i fabrik för att passa på ett specifikt ställe i byggnaden gör det att tiden det krävs för att få torrt hus minskar. En positiv effekt av att det tillverkas i fabrik är att materialåtgången blir mindre vilket är bra för miljön. Novazip levererar hus med isolering upp till 400 mm som är vindtäta och ska vara nästintill täta. Panelerna har en lång livslängd och ska vara näst intill underhållsfria eftersom de jobbar med plåtskiva istället för OSB-skiva. (novasip.se) Novazips produkt med 300 isolering har ett U-värde på 0,113. (novasip.se)

2.3.2 KL-trä

KL-trä är hyvlat granvirke av hög kvalitet som är korslagt och hoplimmat. Att träet levereras i stora element och med en möjlighet att kapa träet exakt tillsammans med att det går att göra urtag för t.ex. fönster och dörrar på fabrik med hjälp utav en CNC-maskin (cncmachine.se) bäddar för ett snabbt montage på byggarbetsplatsen.



Figur 7: Modulmontage av KL-trä element (Martinsons.se).

Monteringen bäddar för en hög bärrighet i förhållande till sin vikt. Träet används främst till bjälklag men kan utan bekymmer användas till väggar, tak, loftgångar eller t.ex. hisschakt.

2.3.3 A-hus

A-hus är en modulhustillverkare som ingår i koncernen Deromegruppen AB vilka sysslar med det mesta inom bygghandeln. De bygger alla delar av huset på sin fabrik i Anneberg för vidare transport ut till kunden på lastbilar. Eftersom modulerna byggs inne på fabrik kan tillverkningskostnaden hållas nere samt att risken för byggfukt minimeras. När modulerna kommer på plats så lyfts dessa på plats och monteras ihop med hjälp av en kran. På 1-2 dagar är huset tätt och fasaden i princip färdig, kompletterande arbeten utförs inne i huset genom att lägga golv, måla, koppla in el och vatten osv.



Figur 8: Kranmontering av modolvägg (Hemtillmyrstacken.blogspot.se/, 2014).

För A-hus är miljön väldigt viktigt, de bygger energisnåla och lufttäta hus. Ett lufttätt hus är bra för det sparar energi, minskar risken för fuktskador, ökar komforten och luftkvaliteten blir bättre. De har räknat på att producera ett prefab plusenergihus men enligt Anders Carlsson, teknisk chef på A-hus.

“är det ej ekonomiskt möjligt eller rimligt att nå nivån plusenergihus på det sätt som Boverkets Byggregler är utformade”.

Boverkets Byggregler har ingen definition av plusenergihus utan de sätter regler för hur man bygger.

Deras ide för att både bygga energisnåla hus till bra pris, är att bygga lufttäta hus med en bra värmepump. A-hus provtrycker alla hus de bygger och har målet att husen skall ligga på ett högsta läckage på 0.5 l/s/m^2 . A-hus är certifierade av Passive House Institute i Tyskland. (A-hus, 2013)

2.3.4 Volymhus

Volymhus är hus som man bygger i volymenheter, voluminösa bitar t.ex. hela badrum, vardagsrum, sovrum, hall. Dessa volymer monteras ihop med alla installationer installerade från fabrik. Volymerna lastas på till exempel en lastbil för transport ut till byggarbetsplatsen för att snabbt monteras på grundkonstruktionen. Montering (se Bild 9) av huset ska gå på några dagar till någon vecka och inflyttning ska kunna ske nästan omgående.



Figur 9: Kranmontering av en husvolym till ett volymhus (Karell, 2010).

Fördelarna med att montera huset inne på fabrik är väderbetingade störningar t.ex. regn, blåst, kyla minimeras kraftigt. Även påverkan av transporter med material till byggarbetsplatsen uteblir då väl inkörda och av och pålastningszoner finns till fabriken. Samt att det ofta finns ett lager med material då det i större utsträckning är känt vad och i vilken mängd de kan behöva till detta rullande band byggande. Det normala svinnet minimeras även med hjälp utav möjligheten till en väldigt noggrann kapacitetsberäkning vad gäller material och personal. Det är en tillverkare med en fast personalstyrka utan UE(Under Entreprenör) ger oftast en bättre samsyn på arbetsplatsen. Det är lätt för chefer att projektleda då de flesta problemen är lösta innan uppstart av ett projekt. Tidplanerna är beprövade och mer förutsägbara och byggnationen görs med tillförlitliga lösningar. Att allt är beprövat och testat bäddar för en lättare återkoppling och utveckling av systemet. Samt att risken för vandalism och stöld minskar då allt sker inne i en fabrik. Negativt är att det krävs ett stort inköpsterritorium med höga inträdesbarriärer för t.ex. en fabrik, material, beprövade metoder och personal för att komma igång att bygga. (boverket.se, 2006). (boverket.se, 2005) Samt att volymhusen oftast monteras på en oventilerad kryppgrund med dess historik av fuktproblem (boverket.se, 2005). Detta sker på grund utav att installationerna oftast finns under husen och att det måste finnas plats för installatörer att arbeta.

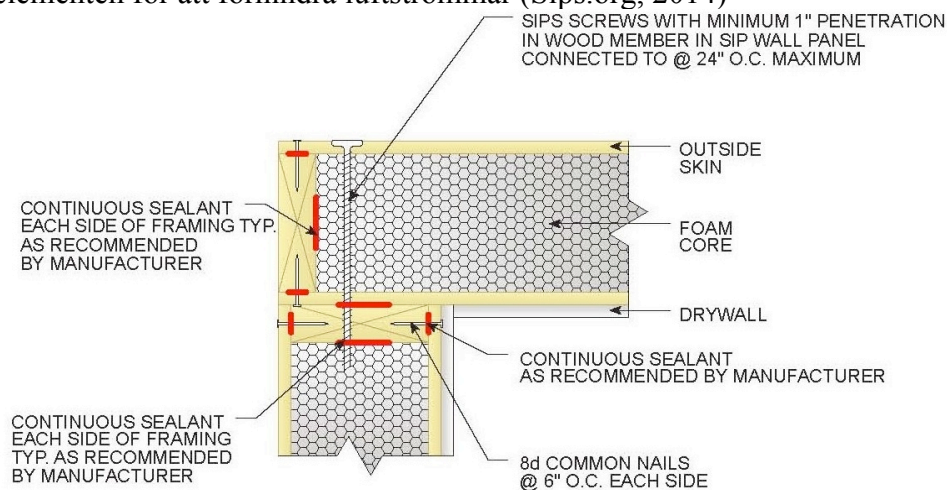


Figur 10: Oventilerad kryppgrund (Karell, 2010).

2.4 Förband (montering)

2.4.1 SIPS-element

Man fäster generellt SIPS-element med något som kallas en sipsskruv (lång genomgående skruv, (se bild 11 nedan) och tätningemedel läggs mellan de hopfogade elementen för att förhindra luftströmmar (Sips.org, 2014)



Figur 11: Tvärsnitt av hörnskarv mellan SIPs-element (Sips.org, 2014).

2.4.2 KL-trä (Martinsons)

Monteringen av dessa element sker på traditionellt vis med stålband, skruv eller t.ex. med spik. Det vill säga utan användning av specialverktyg eller nyutvecklade infästningar. (Martinsons.se)



Figur 12: Tvärsnitt av hörnskarv mellan KL-trä element (Martinsons.se).

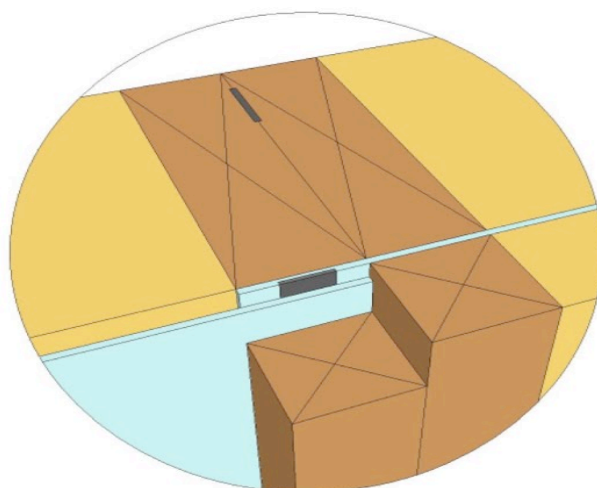
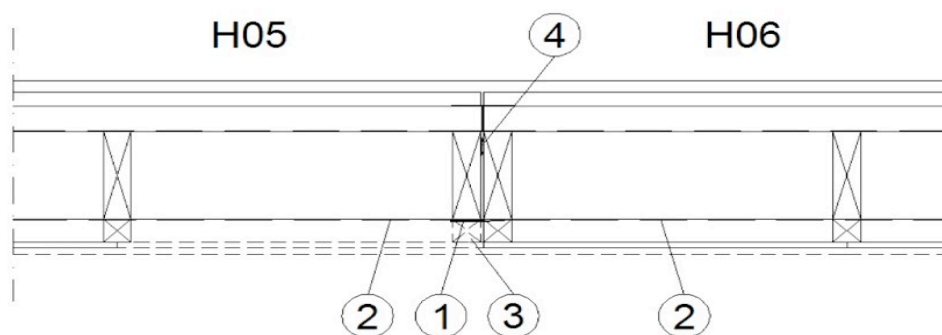
2.4.3 A-hus

A-hus monterar ihop enligt bild 13 och 14 (A-hus, 2013) nedan med tvärslagna spikar. Efter ihopmonteringen av volymerna kläms fuktspärren in bakom två 45x45 regler. Detta är det arbete som sker på byggsplatsen.

Här är två exempel på hur A-hus tätar sina skarvar i ytterhörn och vägg till vägg.

Tätning av blockskarv:

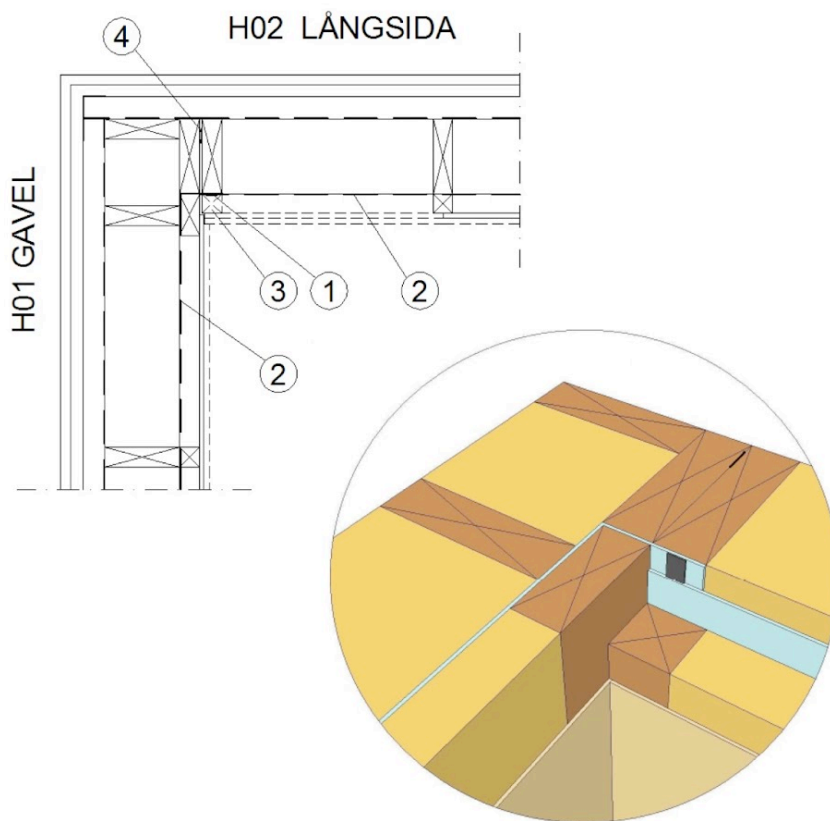
1. Butylband: Tätar skarven i plastfolien. Sätts på den utsträckande plasten i H06(volymbit)
2. Plastfolie: Plastfolien från H05(volymbit) viks över plastfolien som sticker ut från H06, så att butylbandet hamnar mellan plastfolieskikten.
3. 45x45 regel: Klämning av butylband i skarven
4. S-list: Tätningslist monterats i fabrik



Figur 13: Blockskarvsmonterade med tätning av volymhus (A-hus, 2013).

Tätning av ytterhörn

1. Butylband: Tätar skarven i plastfolien. Sätts på den utsträckande plasten i H01
2. Plastfolie: Plastfolien från H02 viks över plastfolien som sticker ut från H01, så att butylbandet hamnar mellan plastfolieskikten.
3. 45x45 regel: Klämning av butylband i skarven
4. S-list: Tätningslist monterats i fabrik (A-hus, 2013)



Figur 14: Tvärsnitt av hörnskarv i volymhus (A-hus, 2013).

3 Skarvförslag

I detta kapitel presenteras en kravspecifikation för ett hörnelement med fogar och infästningar samt ett förslag till en skarv. I slutet av kapitlet redovisas för hur transporten kan ske av vald byggnadsdel.

3.1 Kravspecifikation

Det viktigaste för monteringen av väggarna är att det blir rakt och tätt, att grundplattan klarar en differens på 10 mm på över 12 meter samt att säkerställa att hörnen blir 90 grader och detta kontrolleras genom att mäta avståndet på diagonalerna mellan hörnelementen och dessa längder får ej överstiga +/- 15 mm av det teoretiska värdet på diagonalerna. Detta bäddar för en montering av hörnelement utan ÄTA-(ändrings-, tilläggs- och avgåendearbeten) arbeten under konstruktionen.

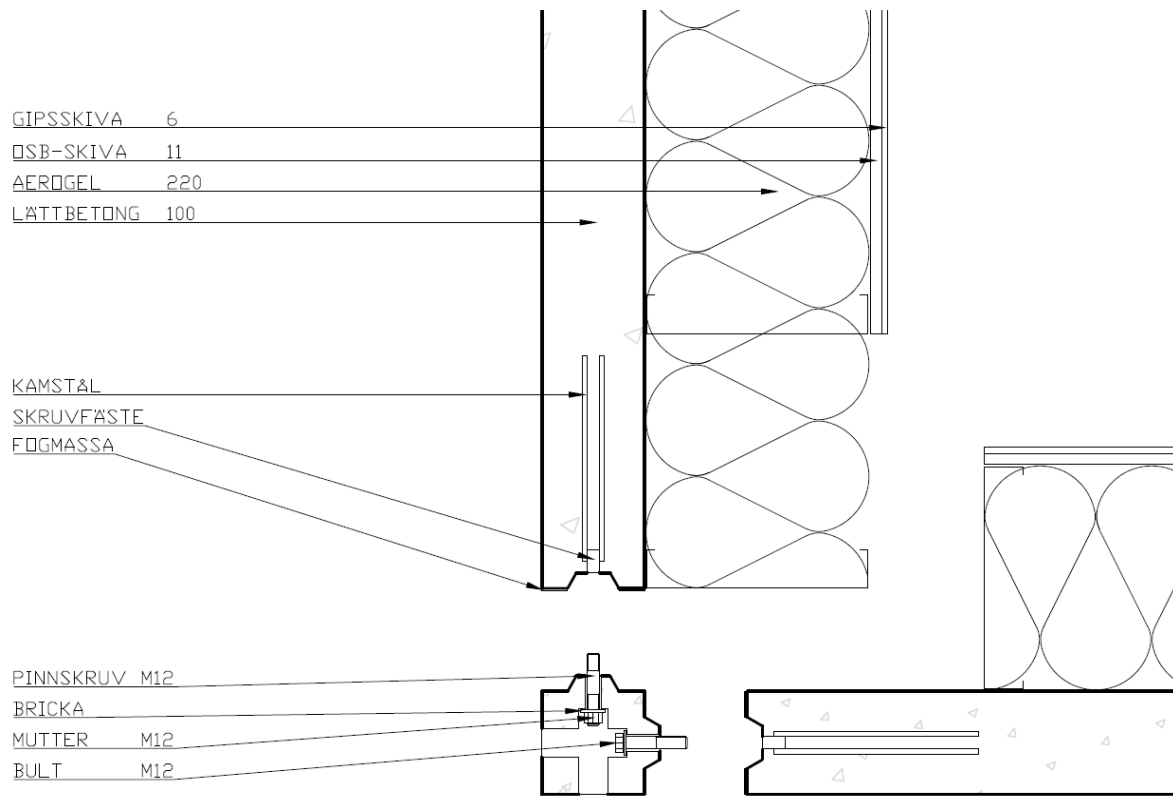
3.1.1 AMA-krav

I konstruerandet av en fog måste hänsyn tas till beräknade eller uppskattade rörelserna i de intilliggande materialen. Fogen anpassas till dess geometri, bredd och höjd. Fogmassan skall klara både täthet och brandkrav. Fogbredden får vara högst vara 20 mm med exponeringsklass BG1 för expanderande fogband och det ska fogas på båda sidor om konstruktionen (Svensk byggtjänst, 2012) Infästningar får ej rosta sönder (rostfritt, varmförzinkat kolstål 45-50 μm , mekanisk förzinkning 45 μm)

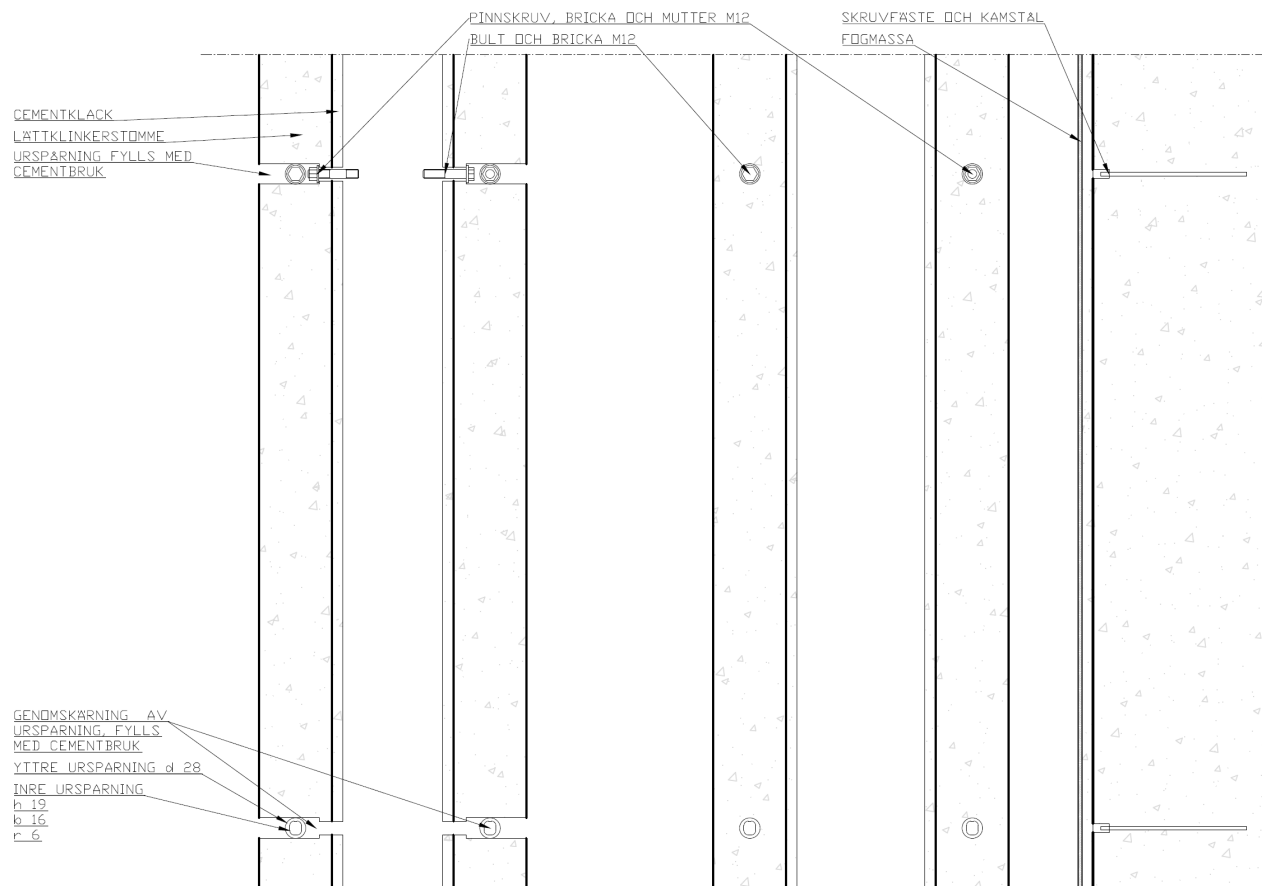
Övriga krav som ställs är att modulerna levereras fria från smuts och korrosionsangrepp och med en dokumentation på svenska med monteringsanvisningar, ytbehandling och material samt att tillverkaren av har en dokumenterad kvalitets- och miljöpolicy. I övrigt ska AMAs regler och stadgar följas.

3.2 Detaljritningar

Väggar i lättbetong monteras samman med ett hörnelement i samma material. Infästningar finns på två förmonterade höjder i elementen och dessa monteras samman med pinnskruv och bult för att sist förseglas med en betongfyllning. Skarvarna mellan hörn- och väggelementen tätas med expanderande fogmassa i monteringskedet. Rörelser i elementen upptas primärt av betongklackarna, infästningarna är primärt utformade för att ta dragkrafter och göra det smidigt i monteringsstadiet.



Figur 15: Tvärsnitt av hörnskarv mellan väggelement och hörnelement.



Figur 16: Genomsörning av ingående delar i hörnskarv.

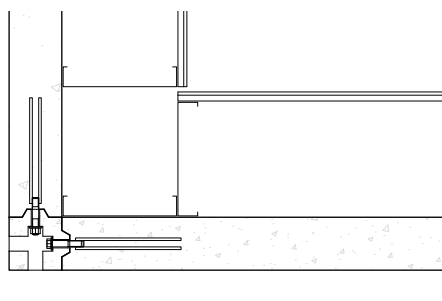
4 Vägghjörndet

I detta kapitel presenteras hur infästningen klarar av vindkrafter och hur den klarar av gränserna för U-värdet som PHI ställt. PHI har inga riktvärden för enskilda skarvar varför riktvärden för en enskild vägg används.

4.1 Horisontella krafter

4.1.1 Infästningar

Infästningarna kommer behöva tåla de påfrestningar som kan uppstå av vindlasten i det område huset monterats upp i. De horisontella krafterna som påverkar väggen upptas av de klackar som går längs med hörnbiten. Bultinfästningarna upptar en viss del av de horisontella krafterna men är primärt monterade för att uppta dragkrafterna som uppkommer vid montering.



Figur 17: Tvärsnitt av hörnskarv med infästningar.

4.1.1.1 Förutsättningar infästning

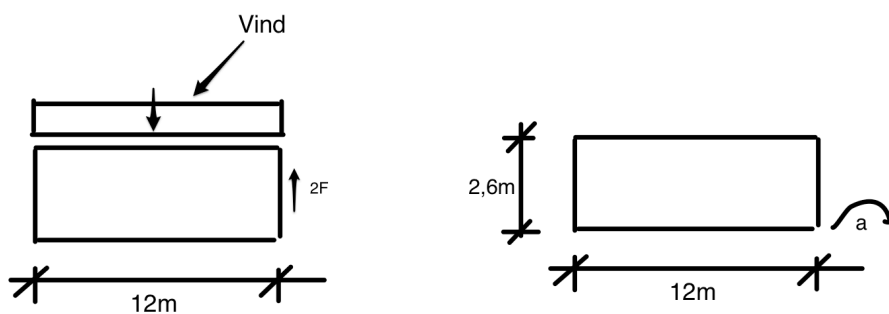
Det gäller att klara en vindlast vid kusten utanför Göteborg. Uträkningen förenklades med att beräkningen utfördes på ett rakt snitt utan betongklackar och att bultinfästningarna tar vindlasten.

- Dimensionerande brottvärde vid skjuvning, vald pinnskruv BUMAX88 M12 = 67kN
- Dimensionerande brottvärde vid skjuvning, vald bult BUMAX109 M12 = 84kN
- Dimensionerande brottvärde vid dragning, vald bult BUMAX88 M12= 80kN
- Karakteristiskt hastighetstryck $q_p = 1,13$ (Boverket, 2010)
- Vindhastighet $V_b = 26$ m/s (petersson, 2007) (Boverket, 2010)
- Terrängtyp 0 (Boverket, 2010)
- $W_e = q_p \times 1.0 = 0,82$
- $L(\text{längd}) = 12$

- $H(\text{vägghöjd}) = 2,6$
- $Z(\text{marknivå})$
- $F(\text{brottkraft}) \leq 67\text{kN}$
- $C_{pe10} = 0,8$
- $C_{pi} = 0,4$

4.1.1.2 Uträkning av tvärkraft för vindlast per infästning

Momentet räknades kring basen a på en fritt uppställd vägg med höjden $H=2,6\text{m}$ och längden $L=12\text{m}$.



- 1) $1,5 \times W_e \times L \times H \times H/2 - 2 \times F \times H/2 = 0$
- 2) $1,5 \times 0,82 \times 12 \times 2,6 \times 2,6/2 - 2 \times F \times 2,6/2 = 0$

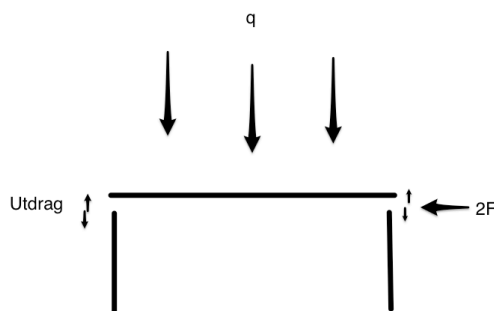
Lös Ut F

- $F = 19,656 \text{ kN}$

F uppdelat på fyra infästningar.

- 3) $19,656/4 = 4,914 \text{ kN}$
- 4) $4,914 < 67 = \text{OK}$

4.1.1.3 Uträkning av dragkraft för vindlast per infästning



- 5) $q_p^{(Ze)} = C_e(z)$

- 6) $q_b = 1/2 \times 1,25 \times 26^2 = 422,5 \text{ N/m}^2$
- 7) $q_p^{(Ze)} = 2,8 \times 0,423 = 1,18 \text{ kN/m}$
- 8) $h/d = 2,6/8 < 0,4$
- 9) $q_{wind}^d = 1,5 \times 1,18 \times (0,8 - (-0,3)) = 1,95 \text{ kN/m}^2$
- 10) $q = 2 \times 2,6 = 5,2 \text{ kN/m}$
- 11) $R = q \times L/2$
- 12) $5,2 \times 12/2 = 31,2 \text{ kN}$
- 13) $31,2 / 2 = 15,6 \text{ kN per infästning}$

4.1.2 Väggen

Väggens stabiliseras av infästningar i grunden vid montering och vindlasterna kommer att upptas av taket när det är på plats. Innan taket är på plats kommer stöttor monteras för att ta dessa krafter.

4.2 U-värdeberäkningar

Alla beräkningar är tagna ur (Petersson, 2007)

4.2.1 Infästning

4.2.1.1 Förutsättningar infästning

Räknat på ett rakt tvärsnitt mitt i skarven. Isoleringstjockleken är satt till diagonalen från innerskarvhörnet på infästningen till närmsta punkt inomhus(innerhörnet). U-värdesmetoden är använd för att få ut ett totalt värmemotstånd av ingående delar i skarven.

$$14) R_T = d/\lambda$$

- $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- $U = 1/R_T$
- $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\text{°C/W}$
- $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{°C/W}$

Genomskärning

- 2x15mm Expanderande fogband $0,055 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- 310mm Aerogel Panel (GY06 Series) $0,019 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- 11mm OSB (Oriented Strand Board) $0,14 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- 6mm Gips $0,22 \text{ W/m}^2\text{°C}$

4.2.1.2 U-värdesmetoden

$$15) R_{Ts} = R_{si} + d_{\text{fogmassa}}/\lambda_{\text{fogmassa}} + d_{\text{stål}}/\lambda_{\text{stål}} + d_{\text{Aerogel}}/\lambda_{\text{Aerogel}} + d_{\text{OSB}}/\lambda_{\text{OSB}} + d_{\text{gips}}/\lambda_{\text{gips}} + R_{se}$$

$$16) U = 1/R_T$$

$$17) R_{Ts} = 0.04 + (2 \times 0.015)/0.055 + 0.005/20 + 0.31/0.019 + 0.011/0.14 + 0.006/0.22 + 0.13 = \mathbf{16.646}$$

$$18) 1/16.646 = \mathbf{0,06 \text{ W/m}^2\text{°C}}$$

– **U-värde = 0,06 ≤ 0,15 = OK**

4.2.2 Vägge exempel

4.2.2.1 Förutsättningar vägge exempel

$$19) U = 1/R_T$$

$$20) R = d/\lambda$$

– $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{°C}$

– $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\text{°C/W}$

– $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{°C/W}$

– $T_{yta, in} = 20\text{°C}$

– $T_{yta, ute} = -1,2\text{°C}$

$$21) \Delta T = -1,2 + 20 = 21,2$$

Räknat på ett snitt av 600 mm vägg

– 0.5 mm rostfri stålregel 20 W/m²°C

– 599,5 mm Aerogel

Genomskärning

– 100 mm Lättklinker med densitet 1000kg/m³, 0.42 W/m²°C

– 220 mm Aerogel Panel (GY06 Series) 0.019 W/m²°C

– 11 mm OSB (Oriented Strand Board) 0.14 W/m²°C

– 6 mm Gips 0.22 W/m°C

4.2.2.2 λ -värdesmetoden

$$22) \lambda_{\text{isol}} = 0.5/600 \times \lambda_{\text{rostfritt stål}} + 599,5/600 \times \lambda_{\text{Aerogel}}$$

$$23) R_{\lambda T} = R_{\text{si}} + d_{\text{betong}}/\lambda_{\text{betong}} + d_{\text{isol}}/\lambda_{\text{isol}} + d_{\text{OSB}}/\lambda_{\text{OSB}} + d_{\text{gips}}/\lambda_{\text{gips}} + R_{\text{se}}$$

$$24) \lambda_{\text{isol}} = 0.5/600 \times 20 + 599,5/600 \times 0,019 = \mathbf{0,036} \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$25) R_{\lambda T} = 0.04 + 0,100/0.42 + 0.22/0,036 + 0,011/0.14 + 0,006/0.22 + 0.13 = \mathbf{6,625} \text{ W/m}^2\text{C}$$

4.2.2.3 U-värdesmetoden

$$26) R_{T_s} = R_{\text{si}} + d_{\text{betong}}/\lambda_{\text{betong}} + d_{\text{stål}}/\lambda_{\text{stål}} + d_{\text{OSB}}/\lambda_{\text{OSB}} + d_{\text{gips}}/\lambda_{\text{gips}} + R_{\text{se}}$$

$$27) R_{T_{\text{iso}}} = R_{\text{si}} + d_{\text{betong}}/\lambda_{\text{betong}} + d_{\text{Aerogel}}/\lambda_{\text{Aerogel}} + d_{\text{OSB}}/\lambda_{\text{OSB}} + d_{\text{gips}}/\lambda_{\text{gips}} + R_{\text{se}}$$

$$28) R_{U_T} = 0.5/600 \times R_{T_s} + 599,5/600 \times R_{T_{\text{iso}}}$$

$$29) R_{T_s} = 0.04 + 0,100/0.42 + 0.22/20 + 0,011/0.14 + 0,006/0.22 + 0.13 = \mathbf{0,525} \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$30) R_{T_{\text{iso}}} = 0.04 + 0,100/0.42 + 0.22/0,019 + 0,011/0.14 + 0,006/0.22 + 0.13 = \mathbf{12,093} \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$31) R_{U_T} = 0.5/600 \times 0,525 + 599,5/600 \times 12,093 = \mathbf{12,083} \text{ W/m}^2\text{C}$$

4.2.2.4 Sammanvägning

$$32) R_T = R_{\lambda T} + R_{U_T}/2$$

$$33) R_T = 6,625 + 12,083 / 2 = \mathbf{9,354}$$

$$34) 1/9,354 = \mathbf{0,107} \text{ W/m}^2\text{C}$$

– U-värde = $\mathbf{0,107} \leq \mathbf{0,15} = \text{OK}$

4.2.2.5 Temperaturfördelning väggexempel

$$35) T_{\text{yta, in}} = T_{\text{inne}} - R_{\text{si}}/R_T \times \Delta T$$

$$36) 20 - 0,13/ 12,093 \times 21,2 = 19,772 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$37) 19,772 - 0,006/0,22 \times 1/12,093 \times 21,2 = 19,724 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$38) 19,724 - 0,011/0,14 \times 1/12,093 \times 21,2 = 19,586 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$39) 19,586 - 0,22/0,036 \times 1/12,093 \times 21,2 = -0,71 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$40) -0,71 - 0,1/0,42 \times 1/12,093 \times 21,2 = -1,13 \text{ }^\circ\text{C}$$

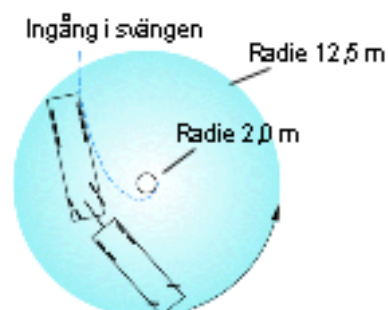
5 Frakt och montering

5.1 Frakt

5.1.1 Lastbil

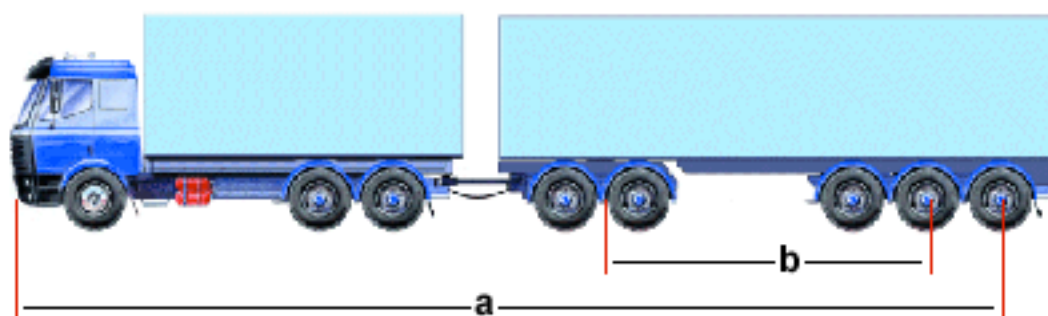
Då förslag finns på att fabriksmontera huset i annat land och sedan transportera det med lastbil, tåg och båt för att slutligen montera ihop det på plats i Sverige har europasystemet med moduler valts. I ett europeiskt samarbete med fordonståg med kombinerade lastlängder på 7,82m och 13,6m(påhängsvagn) blir det längder uppemot 25,25 meter.

5.1.1.1 Modulsystem



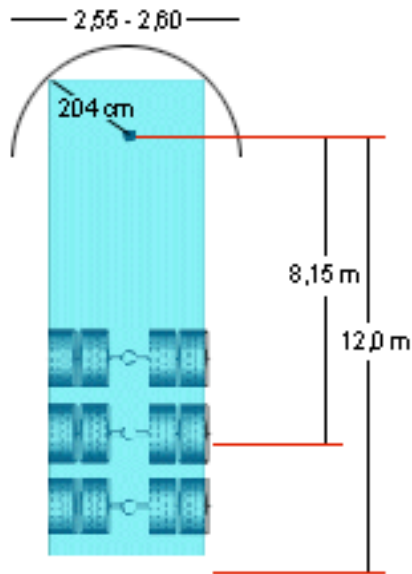
Figur 18: Maximal svängradien enligt europasystemet med moduler (Transportstyrelsen.se, 2013).

Hela fordonståget ska kunna vända inom en cirkel med radien 12,5 meter och med innerradien 2,0 meter. Dragfordonet har kravet på en inre radie på 5,3 meter.



Figur 19: Längdkravsspecifikationer enligt europasystemet (Transportstyrelsen.se, 2013).

Om avståndet b är högst 8,15 meter och a är högst 22,5 meter anses kravet för att kunna vända vara uppfyllt.



Figur 20: Längdkravsspecifikationer på bakre delen av fordonståget enligt europasystemet (Transportstyrelsen.se, 2013).

Avståndet på kopplingstappen får inte ha större avstånd än 12 meter till bastersta delen och ett avstånd på 204cm till den främsta delen av fordonståget. Vilket ger en total längd på påhängsvagnen på 13,6 meter.

Förutsättningar för att transportera med detta modulsystern är att de är utrustade med ABS-bromsar enligt EG:s bromsdirektiv (71/320/EEG) (Transportstyrelsen.se, 2013)

5.1.1.2 Internationella regler

- bruttovikt 44 ton
- längd 18,75 m undantag får göras för nationella transporter om modulfordon tillåts. I övrigt kan undantag göras för vissa nationella transporter som inte påverkar den internationella konkurrensen
- bredd 255 cm (260 för temperaturreglerade fordon) Undantag kan göras för vissa nationella transporter som inte påverkar internationella konkurrensen
- höjd 400 cm undantag kan göras för nationella transporter (Transportstyrelsen, 2012)

5.1.1.3 Svenska regler

- bruttovikt max 60 ton
- längd 24 m (25,25 för modulfordon)
- bredd 260 cm (255 för modulfordon)
- Höjdbegränsning saknas (Transportstyrelsen, 2012)

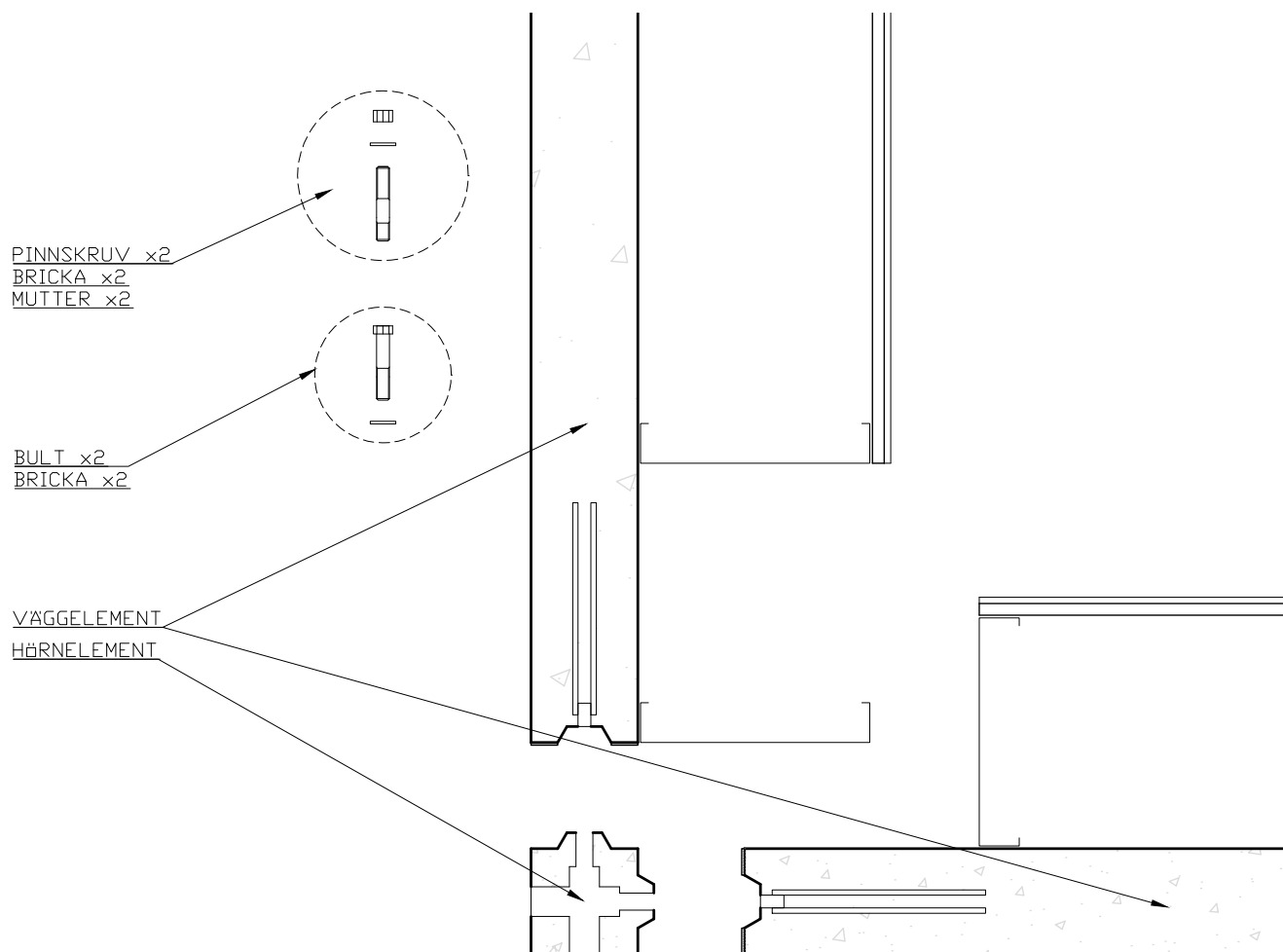
5.1.2 Tåg och båt

Se avsnitt 5.1. 1

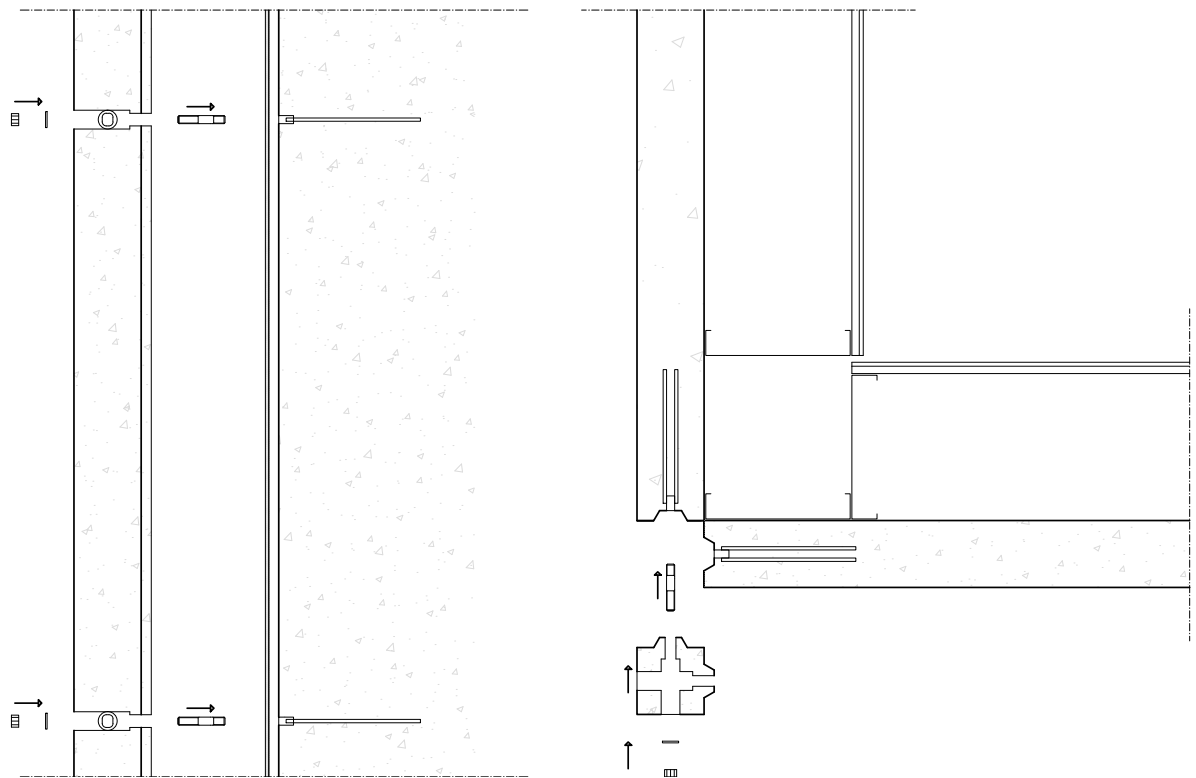
5.2 Montering

Montering på byggarbetsplatsen önskas ske med hjälp av en lastbilskran och två arbetare. Med hjälp av lastbilskranen och en arbetare på marken innehavande en mobil styrenhet till kranen bör monteringen av väggmoduler och hörnmodulen lösas på två arbetare. Detta sätt att montera bör spara in på arbetstimmar och därmed kostnader och med ett intrimmat team bör monteringsstiden minska ytterligare.

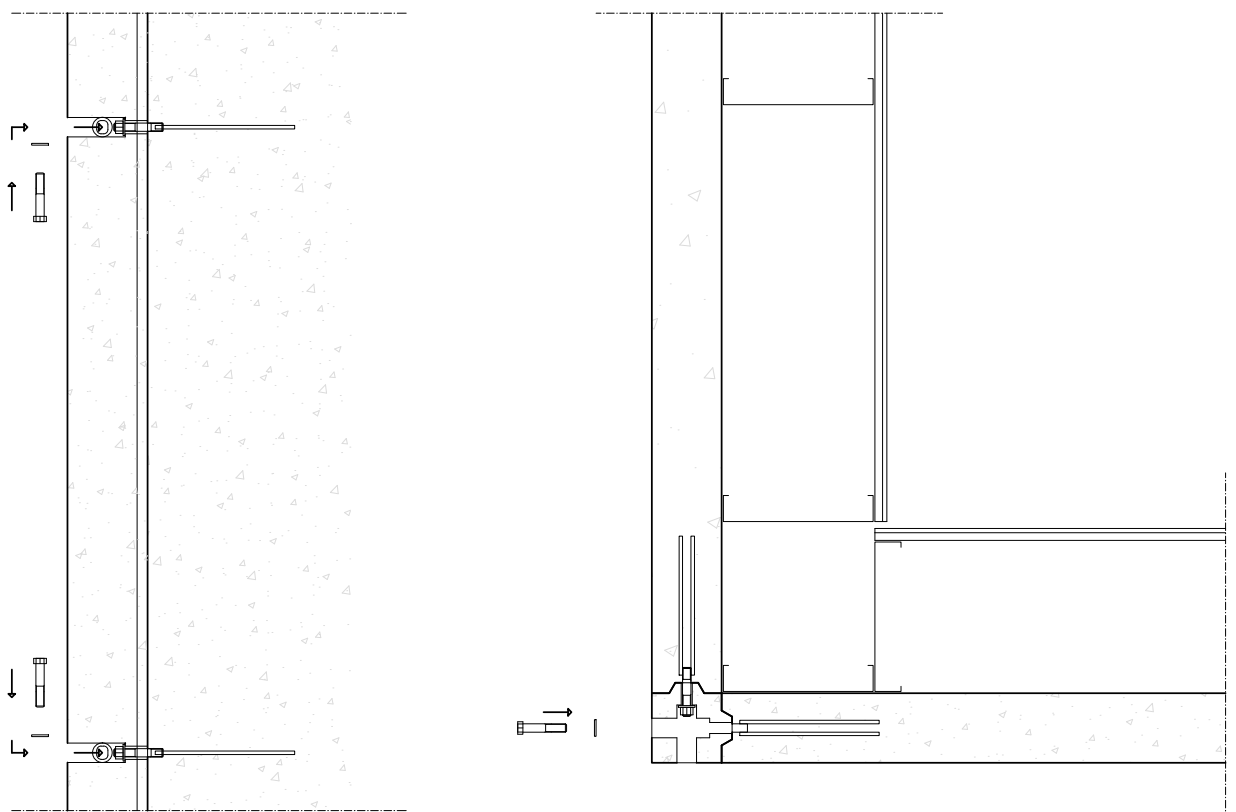
5.2.1 Monteringsanvisningar



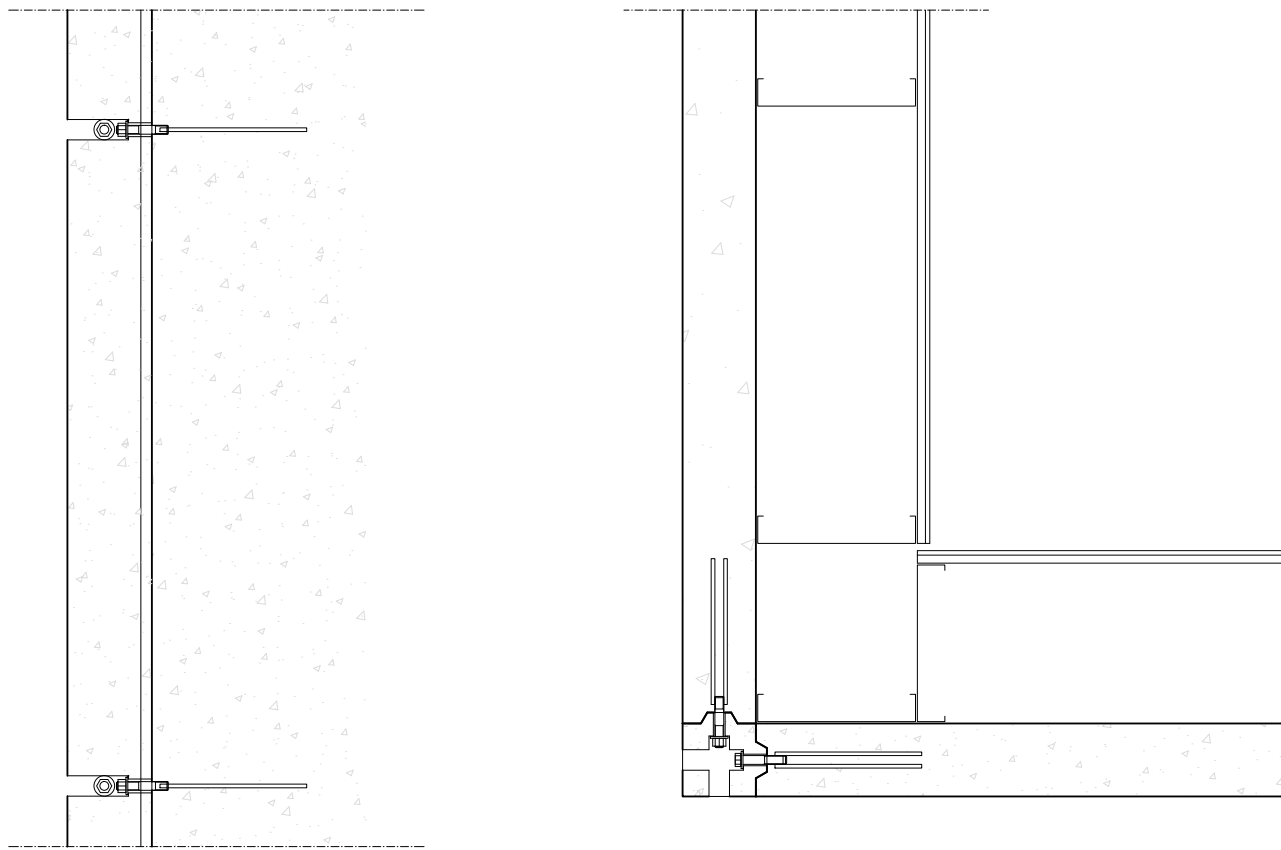
Figur 21: Ingående delar i hörnfästningen



Figur 22: Steg 1, montering av pinnskruv och hörnelement.



Figur 23: Steg 2, montering av bult.



Figur 24: Steg 3, åtdragning av bult och mutter på pinnskruv.

5.2.2 Lyftanordningar

En framtida utmaning är att införliva ett allmänt system för att lyfta in modulerna på plats. Ska öglor gjutas in eller ska infästningar liknande de skruvfästen som redan är ingjutna användas för mobila öglor. Eller någon slags griplösning med en klo som kan lyfta modulerna på plats. Målet är att slippa byta monteringsutrustning på kranen, vilket kan sluka onödiga arbetstimmar

6 Analys

I detta kapitel kommer infästningarna och väggen att analyseras samt beräkningarna som är gjorda.

På grund av att huset bara är i ett plan och med lättbetong som bärande stomme i väggarna så görs vanligtvis inga hållfasthetsberäkningar för denna typ av hus, (Svensson, 2014). Extra armering i hörnbiten diskuterades med Svensson och efterforskades det kring i diskussion och även i detta fall är de uppkomna extrabelastningar inte tillräckligt stora för att extra armering ska anses nödvändig. I de fall där detta system kan komma att användas i bostadshus av större skala kommer det bli aktuellt med en diskussion kring hållfasthetsberäkningar av betongen och eventuell förstärkning i infästningarna med armering.

Vidare diskussioner kring vindlasten diskuterades på institutionen och även den är liten och ingen extra hållfasthetsberäkning eller förstärkning krävs. Beräkningar för att säkerställa att bultarna klarar av de krafter som kan uppkomma speciellt i byggskedet utfördes. Resultatet visade på hög överkapacitet. Det som är aktuellt är att stötta upp väggarna i byggskedet innan hörnbiten med sina klackar är monterad och innan tak-konstruktionen eller ett eventuellt golvbjälklag har lagts då detta kommer ta upp vindlasterna. När avlastningsverktyg valts för transportfordonet bör en vidare analys och diskussion kring hur mycket vind det tillåts vara vid monteringsstillfället.

Den klassiska Lambda och U-värdesmetoden är inte tillräcklig på grund av att stålreglar har använts i väggförslaget. Beräkningsmetoder för stålreglar finns i litteraturen men utfördes inte här. Det valdes att genomföra förenklade beräkningar på hela väggkonstruktionsförslaget för att få en uppskattning om vad den kan leverera med tanke på att användandet av det nya byggmaterialet Aerogel har använts. Materialet är väldigt nytt på byggmarknaden och förhållandevis dyrt. Det finns företag som arbetar med att uppfinna billigare produktionsmetoder vilket kommer göra Aerogel till ett konkurrenskraftigt alternativ.

Valet av isolering och att det monterades på insidan av stommen fick till följd att bara använda oorganiska material inuti väggen. Delarna i infästningarna vilka kan utsättas för fukt kommer behöva vara i ett rostfritt material. Valet blev BUMAXs rostfria produkter och storleken M12 valdes för dess storlek och att de finns i rätt storlek. Storlekar ner till M4 klarar av brotthållfastheten som krävs men de finns inte i rätt längder. Endast 4 enheter per hörn kommer användas vilket är en liten kostnad i ett helt byggnadsverk. Valet av rostfritt i stället för varmförzinkat är att varmförzinkat kommer korrodera i förtid och med eventuellt slarv i byggnaden finns risken för korrodering. Vid ett bra montage där det inte är utsatt för regn eller fukt kommer varmförzinkat att räcka väl. Frågan är om det rostfria alternativet något längre livslängd motiverar dess mycket högre pris. Förslag är att undersöka möjligheten med varmförzinkat och jämföra för och nackdelar i jämförelse med rostfritt.

7 Slutsatser

Enkelhet har uppnåtts med utveckling av en lätthanterlig hörnbit i förhållande till väggmodulerna med möjlighet för montering på endast 2 arbetare. Få material har använts i konstruktionen och endast 4 infästningar per hörn vilka i sig skapar en möjlighet att efterdra och justera när hela konstruktionen är på plats. Montering bör klaras av ett intrimmat team på 2 individer och en lastbilskran med monteringsanvisningarna bifogade i rapporten.

Konstruktionen är mångsidig på det sättet att vid husbyggande med rätvinkliga hörn går det att använda hörnbiten oberoende av åt vilket håll väggen vinklas. Vinklas hörnen endast 90 grader går det att använda infästningarna både utifrån och inifrån byggnaden.

Förslaget är standardiserat på grund utav att det går att använda i alla hörn vilka är förskjutna 90 grader mot varandra. Hörnbiten är av en typ tillverkare kan producera många av, det är endast längden på väggen de behöver anpassa till kundens önskemål.

Väggförslaget med dess uppbyggnad är inte billigt i dess nuvarande utförande men med andra materialval bör kostnaden sjunka. Stommen i lättbetong med dess infästning har potential att bli en billig och enkel byggmetod vid större volymer. Och större volymer av moduler kan transporteras på en lastbil till skillnad mot t.ex. volymhus där det transporteras mycket luft.

Utvecklingen av hörnelementet är ett steg mot billigare husbyggande i ett förslag till standardiserat byggande med relativt låga transportkostnader i förhållande till volymhusbyggande och traditionellt byggande.

8 Litteraturförteckning

aerogel.se. (2014). *insulation: applications: start*. Hämtat från aerogel.se:
<http://www.aerogel.se/applications/insulation/> den 22 02 2014

A-hus. (2013). *A-hus täthetsanvisning byggplats*. A-hus.

Boverket. (2010). *Eurokodhandboken - allmänna grunder och laster*. Boverket - Myndigheten för samhällsplanering, byggande och boende . Karlskrona: Boverket.

boverket.se. (12 2005). *bostäder byggda med volymelement: webbokhandel: om boverket: start*. Hämtat från boverket.se: <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2006/Bostader-byggda-med-volymelement/> den 13 04 2014

boverket.se. (12 2006). *open house: webbokhandel: om boverket: start*. Hämtat från boverket.se:
http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2007/open_house.pdf den 14 04 2014

cncmachine.se. (u.d.). *Wood-Working-Center: produkter: start*. Hämtat från <http://www.cncmachine.se/Wood-Working-Center.html> den 23 03 2104

energimyndigheten. (den 08 06 2011). *FTX-system: varmvatten och ventilation: hushåll: start*. Hämtat från energimyndigheten.se:
http://www.passiv.de/en/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisa-passivehouse.htm den 10 05 2014

Energimyndigheten.se. (den 07 10 2013). *när du ska bygga nyss hus: hushåll: start*. Hämtat från energimyndigheten.se:
<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Bygga-nytt-hus/> den 25 04 2014

Hemtillmyrstacken.blogspot.se/. (den 23 04 2014). *ovanvåningen sitter på plats: april: 2104: bloggarkiv: start*. Hämtat från Hemtillmyrstacken.blogspot.se/:
http://4.bp.blogspot.com/-RPJjKUx7ww0/U1f0XTI-9XI/AAAAAAAAAbo/NS584hPC_r4/s1600/P1030724.JPG den 30 04 2014

Karell, K. (den 01 06 2010). *hus på plats - moduler för smidig transport: sök: Älvsbyhus: start*. Hämtat från alltombostad.se:
<http://www.alltombostad.se/hus-pa-plats-moduler-for-smidig-transport-22616/nyhet.html> den 16 05 2014

Lansstyrelsen Västra Götalands län. (u.d.). *Stiftelser: Näringsliv & föreningar: start*. Hämtat från lansstyrelsen.se/vastragotaland:
<http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/naringsliv-och-foreningar/stiftelser/Pages/default.aspx> den 18 03 2014

martinsons.se. (u.d.). *broschyrer: projektera och bygg: kl-trä: byggprodukter: start*. Hämtat från Martinsons.se. den 12 04 2014

- Martinsons.se. (u.d.). *kl-trä: byggprodukter: start*. Hämtat från martinsons.se: <http://www.martinsons.se/byggprodukter/kl-tra> den 24 04 2014
- Martinsons.se. (u.d.). *martinsons.se*. Hämtat från standardknutpunkter: projektera och bygg: kl-trä: start: <http://www.martinsons.se/kl-tra/projektera-och-bygg/standardknutpunkter> den 25 05 2014
- Martinsons.se. (u.d.). *sortiment: kl-trä: byggprodukter: start*. Hämtat från Martinsons.se: <http://www.martinsons.se/byggprodukter/kl-tra/sortiment> den 14 04 2014
- Novasip.se. (2014). *bild 3: lågenergihus: Novasip house: start*. Hämtat från Novasip.se: <http://novasip.se/passivhus-novasip/lagenergihus/> den 15 03 2014
- novasip.se. (u.d.). *novasip-systems: start*. Hämtat från novasip.se: <http://novasip.se/novasip-system/> den 23 03 2014
- novasip.se. (u.d.). *passivhus: novasip house: start*. Hämtat från novasip.se: <http://novasip.se/passivhus-novasip/passivhus/> den 23 03 2014
- Passive House Institute. (2012). *about passive house: start*. Hämtat från passiv.de: http://www.passiv.de/en/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm den 25 02 2014
- Passivhuscentrum.se. (den 08 01 2014). *Om passivhus: start*. Hämtat från www.passivhuscentrum.se: <http://www.passivhuscentrum.se/om-passivhus> den 12 03 2014
- Petersson, B.-å. (2007). *Tillämpad byggfysik* (Vol. 3:2). Göteborg: studentlitteratur.
- Sips.org. (2014). *bild 21: construction details: installation: technical: start*. Hämtat från sips.org: <http://www.sips.org/technical-information/sips-construction-details> den 17 04 2014
- Sips.org. (2014). *what are sips: about: start*. Hämtat från sips.org: <http://www.sips.org/about/what-are-sips> den 19 03 2014
- Svensk byggtjänst. (2012). *AMA Hus 11*. Sweden: Svensk byggtjänst.
- Svensson, S. (den 16 Maj 2014). (K. Bergeå, Intervjuare)
- Sveriges Centrum för Nollenergihus. (den 05 09 2012). *Kravspecifikation FEBY 12 - bostäder: kriterier: start*. Hämtat från nollhus.se: <http://www.nollhus.se/dokument/Kravspecifikation%20FEBY12%20-%20bostader%20sept.pdf> den 20 02 2014
- Transportstyrelsen. (den 24 02 2012). *översikt regler: försök med långa och/eller tunga transporter: mått och vikt: buss- och godstrafik: yrkestrafik: väg: start*. Hämtat från transportstyrelsen.se: <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Forsok-med-langa-ocheller-tunga-transporter/> den 14 02 2014

Transportstyrelsen.se. (den 22 04 2013). *modulsystem: mått och vikt: väg: start*. Hämtat från Transportstyrelsen.se: <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Modulsystem/> den 25 14 2014

Vattenfall. (den 30 09 2013). *how it works: solar energy: electricity and heat production: about energy: start*. Hämtat från Vattenfall.se: <http://corporate.vattenfall.com/about-energy/electricity-and-heat-production/solar/how-it-works/> den 15 03 2014

ydalison.com. (u.d.). *Aerogel Panel (GY06 Series): products: start*. Hämtat från ydalison.com: <http://www.ydalison.com/en/product/215.html> den 11 04 2014