

# Examensarbete på grundnivå

*Independent degree project – first cycle*

Byggteknik

*Building Engineering*

**Attefallshus som plusenergihus?**

**Emma Widegren**



**Mittuniversitetet**

MID SWEDEN UNIVERSITY

**Campus Härnösand** Universitetsbacken 1, SE-871 88. **Campus Sundsvall** Holmgatan 10, SE-851 70 Sundsvall.

**Campus Östersund** Kunskapens väg 8, SE-831 25 Östersund.

Phone: +46 (0)771 97 50 00, Fax: +46 (0)771 97 50 01.

**MITTUNIVERSITETET**

Avdelningen för Ekoteknik och Hållbart Byggande

**Examinator:** Lars-Åke Mikaelsson

**Handledare:** Lars-Åke Mikaelsson (lars-ake.mikaelsson@miun.se)

**Författare:** Emma Widegren (emwi1205@student.miun.se)

**Utbildningsprogram:** Byggingenjör Hållbart Byggande, 180 hp

**Huvudområde:** Byggteknik

**Termin, år:** VT, 2015

# Sammanfattning

Att bygga hållbart och energieffektivt är framtiden inom byggsektorn om klimatmålen 2020 ska kunna uppnås. Ett sätt att bygga miljövänligt är att bygga plusenergihus. Ett plusenergihus är ett hus som producerar mer energi än vad det förbrukar. För att uppnå det krävs ett tätt klimatskal, låga driftkostnader och tillförd energi genom antingen solceller, solfångare eller en kombination av dem.

Syftet med examensarbetet är att räkna på tre olika väggjocklekar i massivträ och se om det går att projektera attefallshuset som ett plusenergihus med någon av dessa väggjocklekar. Målet är också att se om installationerna för att ta tillvara på solenergin är lönsamma att installera. Riktlinjer är att stommen ska bestå av massivträ och grunden av foamglas, huset ska projekteras för att placeras på campus i Östersund. Det ska vara lätt att montera och demontera och genom hela projekteringen ska höga krav på hållbarhet eftersträvas. Målet är också att attefallshus ska uppfylla tillgänglighetskraven i Boverkets byggregler.

Examensarbetet genomfördes med litteraturstudier, intervjuer och beräkningar och slutsatsen blev att det går att bygga ett attefallshus som ett plusenergihus med samtliga väggjocklekar. Tillgänglighetskraven som studentbostad uppfylldes. En kombination av solceller och solfångare visade sig vara den optimala lösningen. Installationerna på solceller betalade tillbaka sig på 11 år och installationerna för solfångarna på 32 år, vilket båda är en kortare tid än husets livslängd och därmed lönsamma att genomföra.

# Abstract

In order to reach the climate targets for 2020, building sustainable and energy efficient are the future of the construction sector. One way to build environmentally friendly is to build energy-plus-house. A plus house is a house that produces more energy than it consumes. To achieve that it requires a tight building envelope, low operating costs and energy supplied by either solar cells, solar panel or a combination of them.

The aim of this essay is to look at three different wall thicknesses in solid wood and see if it would work to plan the Attefalls house as a plus energy house with any of these wall thicknesses. The aim is also to see if the installation to take advantage of solar energy is profitable to install. Guidelines are that the frame should consist of solid wood and the foundation of foamglas, the house must be designed to be placed at the campus in Östersund. It should be easy to assemble and disassemble and throughout the planning, high standards of sustainability should be aimed for. It is also important that the Attefalls house meets the accessibility requirements in the Building Regulations.

This essay was conducted by literature reviews, interviews and calculations. The conclusion is that it is possible to build the Attefalls house as a plus energy house with all wall thicknesses. Accessibility requirements as student accommodation fulfilled. A combination of solar cells and solar panels proved to be the optimal solution. The installations of solar cells paid back in 11 years and the installations of solar panels at 32 years, which are both shorter than the building's lifetime and therefore profitable to implement.

# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract .....	ii
Innehållsförteckning .....	iii
Termer .....	1
Förord .....	2
<b>1. Introduktion.....</b>	<b>3</b>
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Syfte.....	3
1.3 Frågeställning .....	3
1.4 Avgränsningar.....	4
<b>2. Teori.....</b>	<b>5</b>
2.1 Attefallshus.....	5
2.2 Energihushållning .....	5
2.3 U-värde.....	5
2.4 Klimatskärm .....	6
2.4.1 Grund .....	6
2.4.2 Tak .....	6
2.4.3 Yttervägg .....	7
2.5 Plusenergihus .....	7
2.6 Solenergi.....	7
2.6.1 Solinstrålning .....	7
2.6.2 Solfångare .....	7
2.6.3 Överproduktion av solvärme .....	8
2.6.4 Solceller .....	8
2.6.5 Överproduktion av solet.....	9
2.6.6 Bidrag för solet.....	9
2.7 Luft-luftvärmepump .....	9
2.8 Tillgänglighetskrav för studentboende.....	10
2.9 Material/byggtekniker.....	10
2.9.1 Limträ.....	10
2.9.2 Loglock.....	11
2.9.3 Foamglas.....	11
2.9.4 Koljern.....	11
2.10 Ekonomi.....	12
2.10.1 Nollpunkt .....	12
<b>3. Metod.....</b>	<b>12</b>
3.1 Genomförande.....	12
3.2 Kvalitativ- och kvantitativdata.....	13
3.3 Litteraturstudier .....	13
3.4 Deduktion .....	13
3.5 Validitet.....	13
3.6 Reliabilitet.....	14

3.7 Generaliserbarhet .....	14
3.8 Intervjuer.....	14
4. Resultat.....	15
4.1 Konstruktion.....	15
4.1.1 Grund .....	15
4.1.2 Tak .....	15
4.2 Energiberäkningar.....	16
4.2.1 Transmissionsförluster med 140 mm vägg.....	17
4.2.2 Transmissionsförluster med 165 mm vägg.....	17
4.2.3 Transmissionsförluster med 190 mm vägg.....	17
4.2.4 Beräkning av ventilationsförluster.....	17
4.2.5 Beräkning av luftläckage genom klimatskalet .....	17
4.2.6 Beräkning av uppvärmning för tappvarmvatten med schablonvärde .....	17
4.2.7 Beräkningar av fastighetsel.....	18
4.2.8 Beräkningar av värme som tillgodogörs från värmepump, solceller och solinstrålning .....	18
4.2.9 Beräkningar av värmetillskott .....	18
4.2.10 Sammanställning av beräkningar .....	18
4.3 Resultat för solenergiinvesteringar.....	19
4.3.1 Solceller .....	19
4.3.2 Solfångare .....	19
4.4 Resultat tillgänglighet .....	20
5. Diskussion.....	21
6. Slutsatser.....	22
7. Förslag till vidare forskning.....	23
8. Referenser.....	24
8.1 Artikel .....	24
8.2 Böcker.....	24
8.3 Examensarbete.....	24
8.4 Figurer.....	24
8.5 Handbok.....	24
8.6 Intervjuer.....	25
8.7 Webbsidor .....	25
Bilaga 1.....	28
Bilaga 2.....	29
Bilaga 3.....	30
Bilaga 4.....	31
Bilaga 5.....	32
Bilaga 6.....	33
Bilaga 7.....	34
Bilaga 8.....	34

# Termer

$A_{om}$	Omslutningsarea
$A_{temp}$	Den golvarea i en byggnad som är uppvärmd till minst 10 °C.
BBR	Boverkets byggregler. Innehåller regler, föreskrifter och råd för byggnader utgivna av Boverket
$C_e$	Exponeringsfaktor
$C_t$	Termiskt koefficient som beror på energiförluster genom taket radtimmar
Emittans	Ett mått på värmestrålningen från en yta
$G_t$	Gradtimmar
kN	Kilonewton
KWh	Kilowattimmar
$R_T$	Totalt värmemotstånd, [ $m^2K/W$ ]
$S_k$	Snölasten grundvärde på mark
$U_m$	Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient
U-värde	Värmegenomgångskoefficient [ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ]. Mäter hur mycket värme som släpps igenom på 1 $m^2$ yta per tidsenhet och med en graders temperaturskillnad mellan utom- och inomhus
$\mu$	Formfaktor för snölast på tak
$\lambda$	Lambdavärde, ett materials värmeledningsförmåga [ $W/mK$ ]

# Förord

Denna rapport är det sista momentet i Byggingenjörsutbildningen Hållbart byggande på Mittuniversitet i Östersund. Rapporten utgör 15 högskolepoäng av totalt 180 poäng.

Jag vill tacka min handledare Lars-Åke Mikaelsson för förmedlandet av ett intressant och lärorikt examensarbete och för hjälp med förståelse för examensarbetets omfattning samt för hur examensarbetet skulle sättas upp.

Vidare vill jag tacka Måns Björklund på Foamglas för tips och råd om material, konstruktionslösningar och monteringsmöjligheter.

Tack även till Tomas Adolfsson på Svenskt Bränsle för vägledning om solenergi.

Östersund, maj 2015

Emma Widegren

# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Anledningen till att jag valde att se om det går att bygga ett attefallshus som ett plusenergihus som examensarbete är för att jag ville fördjupa mig i hållbart byggande eftersom det ligger i framtiden inom byggsektorn. Klimatmålen för år 2020 är bland annat att sänka energianvändningen med 20 procent och höja andelen förnybar energi så att den utgör 20 procent av all energikonsumtion (Eu-upplysningen, 2015). Byggsektorn i Sverige står idag för 40 procent av den totala energianvändningen (Hansson & Strandberg, 2014) vilket visar på att en omställning mot hållbart byggande måste ske inom byggsektorn för att klimatmålen ska kunna uppfyllas.

Det finns idag en rad olika benämningar för energieffektiva byggnader; lågenergihus, passivhus, minienergihus, resurseffektiva byggnader och plusenergihus är några av de förekommande begreppen. Gemensamt för dem alla är att de brukar vara kraftigt isolerade genom hela klimatskalet för att få låga energikostnader (Energimyndigheten, 2011).

Det finns idag flera rapporter som visar på lönsamhet med att bygga energieffektivt, men det som jag väljer att titta på i detta arbete skiljer från tidigare rapporter eftersom jag vill projektera ett plusenergihus utan en kraftig isolerad vägg. Anledningen till det är för om attefallshuset skulle konstrueras med en vägg tjocklek på cirka 500 mm så skulle det bara bli cirka 15 kvadratmeter kvar att bo på. Därför ska jag se om det går att bygga ett plusenergihus med endast massivträ som vägg, fördelen med det är då att vägg tjockleken max är 195 mm, vilket i sin tur ger cirka 20 kvadratmeter att bo på.

## 1.2 Syfte

Syftet är att se om det går att konstruera ett attefallshus så att det blir ett plusenergihus, under de givna förutsättningarna som finns under rubriken avgränsningar. Målet är också att projektera attefallshuset så att det blir ekonomiskt försvarbart att bygga huset på campus i Östersund.

## 1.3 Frågeställning

- Går det att projektera ett attefallshus så att det blir ett plusenergihus (genererar mer energi än huset förbrukar) om attefallshuset byggs av massivträväggar i tjocklek 140, 165 eller 190 mm som stomme och foamglas som grund? Detta under förutsättning att attefallshuset ska fungera bostad året om och uppfylla tillgänglighetskraven i BBR för studentboende.

- När kommer nollpunkten att uppnås på installationerna för solfångarna/solcellerna, är det ekonomiskt försvarbart att bygga attefallshuset som ett plusenergihus?

## 1.4 Avgränsningar

Detta examensarbete är förmedlat av Lars-Åke Mikaelsson, Universitetslektor vid Mittuniversitet i Östersund. Vid förmedlandet fanns dessa riktlinjer.

- Attefallshusets stomme ska bestå av massivträ
- Grunden ska bestå av foamglas
- Attefallshuset ska fungera som bostad året om för en student
- Attefallshuset ska projekteras så energieffektivt som möjligt
- Höga krav på hållbarhet.
- Attefallshuset ska vara lätt att montera och demontera

Övriga avgränsningar

- Attefallshuset ska projekteras för att uppföras i Östersund.
- Schablonvärden för energianvändning användas.
- Räknar med elpriset en krona per kWh.

# 2. Teori

## 2.1 Attefallshus

Ett attefallshus är en byggnad där den totala byggnadsarean inte får överstiga 25 kvadratmeter och den högsta tillåtna höjd från mark till taknock är 4 meter. Ett attefallshus räknas som ett komplementbostadshus och får endast uppföras i omedelbar närhet till ett befintligt en- eller tvåbostadshus. Attefallshuset får användas som förråd, garage eller permanentboende. Efter den 2 juli 2014 är det tillåtet att bygga ett attefallshus utan bygglov om de tidigare nämnda kriterierna uppfylls. Undantag är dock om attefallshuset ska uppföras i ett bebyggelseområde som anses särskilt värdefullt, då krävs bygglov (Boverket, 2015).

## 2.2 Energihushållning

För att uppnå god energihushållning i en byggnad krävs det kunskap inom flera olika områden. Till att börja med måste byggnadens klimatskärm konstrueras på ett sådant sätt att värmeförlusterna minimeras, vidare måste byggnaden ha en effektiv värmekälla och energisnåla hushållsapparater. Utöver tidigare nämnda faktorer så spelar även slutanvändarens beteende och behov in för energihushållningen (Pettersson, 2013 s.132-133).

För att räkna ut en byggnads energihushållning kan följande formel följas:

$$Q_{\text{energi}} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{\text{tvv}} + Q_{\text{dr,el}} - Q_{\text{vå}} - Q_{\text{tillskott}}$$

$Q_{\text{energi}}$  = Energihushållning

$Q_t$  = Transmissionsförluster genom klimatskalet

$Q_v$  = Ventilationsförluster

$Q_l$  = Värmeförluster på grund av luftläckning genom klimatskalet

$Q_{\text{tvv}}$  = Värmebehov tappvarmvatten

$Q_{\text{drel}}$  = Fastighetsel (elanvändning värmepump och hushållsel)

$Q_{\text{vå}}$  = Värme som tillgodogörs från värmepump, solfångare, solceller och solinstrålning genom fönster.

$Q_{\text{tillskott}}$  = Värmetillskott från personer, belysning, hushållsmaskiner och tappvarmvatten

$Q_{\text{energi}}$  uttrycks i kWh/år. (Peterson, 2103 s.133).

## 2.3 U-värde

U-värdet är ett uttryck för värmemotståndet i en byggnadsdel. Där en byggnadsdel innefattar hela konstruktionen för golv, väggar, tak, fönster eller dörrar. Ju lägre u-värde en byggnadsdel har desto bättre isoleringsförmåga har byggnadsdelen. Ett lågt u-värde är därför att föredra, eftersom byggnaden då släpper igenom mindre värme genom klimatskalet och på så vis får byggnaden en lägre driftkostnad. Enheten för u-värdet är  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  (Pettersson, 2013 s.367-368).

## 2.4 Klimatskärm

Klimatskärm är ett samlingsnamn för alla de byggnadsdelar som håller kylan ute och värmen inne hos en byggnad såsom väggar, tak och grund. En bra klimatskärm ska kunna stå emot alla former av klimatbelastningar till exempel snö, regn, sol och vind. En byggnad med en bra klimatskärm får lägre driftkostnader och en högre komfort invändigt, till skillnad från en byggnad som har en sämre konstruerad klimatskärm (Petersson, 2013 s.208).

### 2.4.1 Grund

Grunden är den byggnadsdel som ständigt utsätts för höga fuktbelastningar. Från utsidan är det markfukten som är det största problemet, markfukten kan vara grundvatten och kapillärvatten, samt även förekomma som ånga. Från insidan är det inomhusluftens fukt som påverkar grunden. Utöver det så är grunden den del i klimatskärmen där byggfukt ofta förekommer vid anläggningen av grunden. För att undvika byggfukt i olika byggnadsdelar är det viktigt att välja material med små vattenmängder samt avsätta tillräcklig torktid till dessa byggnadsdelar (Weber, u.å.).

Genom att dränera och isolera grunden väl kan både markfukt och tjällyftning undvikas. En väl isolerad grundkonstruktion ökar yttemperaturen på golvet och byggnaden får en högre komfort på golvet inomhus (Petersson, 2013 s.208-211). Önskat U-värde på en grund för en vanlig byggnad är 0,15 W/m<sup>2</sup>K (Boverket, 2015).

### 2.4.2 Tak

Takets huvudsakliga uppgift är att stå emot klimatpåfrestningar såsom regn snö och vind. Speciellt viktigt är det att taket konstrueras på ett sådant sätt att det står emot den snölast som gäller för det område som byggnaden ska uppföras på. Detta eftersom snö vid töväder kan bli mycket tung och medföra deformationer på ett för svagt utformat tak (Petersson, 2013 s.89).

Tak delas vanligtvis in i tre kategorier:

- Kalltak - ventileras under yttertaket vilket innebär att nästan ingen värme alls passerar genom yttertaket vilket gör att snön inte smälter av.
- Parallelltak - begränsat ventilationsutrymme vilket innebär att det inte går att räkna med att ventilationsluften blir omblandad i ventilationsutrymmet.
- Varmtak - helt oventilerat tak, har bäst förmåga att smälta av snön på taket eftersom värmen från byggnaden ej transporteras bort.

Övriga viktiga faktorer som spelar in på takets funktion är vilken vinkel taket har. Ju brantare vinkel taket har desto lättare leder det bort snö och vatten. Tak med en vinkel på mindre än 40° bör betraktas som ett terrasstak och därmed konstruera tätskiktet efter dess förutsättningar (Petersson, 2013 s.160-162). Det vanliga är att en byggnad antingen är uppfört med någon form av sadeltak

eller pulpettak. Sadeltak har två takfall som är förenade i taknocken och det är att föredra när byggnaden behöver ha ett brantare tak för att det till exempel ska gå nyttja vindsutrymmet i byggnaden. Pulpettak är ett tak som utgörs av ett enda takfall, lutningen på pulpettak är vanligtvis inte lika hög som hos ett sadeltak. Ett pulpettak kan vara att föredra när nockhöjden till en byggnad är begränsad (Träguiden, 2014). Önskat max u-värde på ett tak för en vanlig byggnad är 0,13 W/m<sup>2</sup>K (Boverket, 2015).

### 2.4.3 Yttervägg

Ytterväggens funktion är liksom taket att vara klimatskyddande. Ytterväggen är den delen av klimatskärmen som vanligtvis utgör störst areaandelen. Det innebär att väggens u-värde spelar en stor roll när hela husets totala värmemotstånd ska beaktas. Önskat max u-värde på en yttervägg är för en vanlig byggnad 0,18 W/m<sup>2</sup>K (Boverket, 2015).

## 2.5 Plusenergihus

Vilka kriterier ett plusenergihus ska uppfylla är olika beroende på vart information om plusenergihus hämtas. I denna rapport har jag valt att följa energimyndighetens definition av plusenergihus.

Ett plusenergihus är ett hus som producerar mer energi än vad det förbrukar under ett år (Energimyndigheten, 2010). För att ett hus ska bli ett plusenergihus underlättar det om hela huset projekteras så energieffektivt som möjligt. Det gäller framför allt att hitta innovativa lösningar för uppvärmning, tappvarmvatten och hushållsel. Utöver tidigare nämnde faktorer underlättar det också om huset har ett tätt väl isolerat klimatskal eftersom då går det åt mindre energi för uppvärmning. För att ett hus ska kunna klassas som ett plusenergihus måste huset själv kunna producera elektricitet genom antingen solceller eller vindgeneratorer (Emrahus, u.å.).

## 2.6 Solenergi

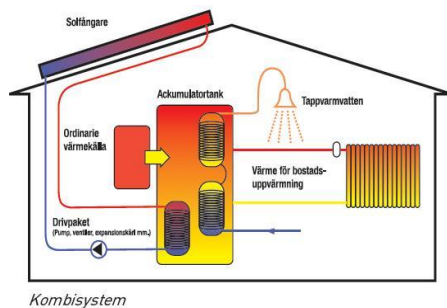
### 2.6.1 Solinstrålning

Benämningen på den solenergi som träffar jordens yta kallas för solinstrålning. Solinstrålning innehåller våglängder från ultraviolett till infrarött där den huvudsakliga energin ligger i det infraröda området. För att bäst kunna ta tillvara på solinstrålningen är material och ytskikt med hög andel absorption och låg andel emittans att föredra. Solinstrålning varierar beroende på vart på jorden byggnaden står, solinstrålningen är effektivast runt ekvatorn och avtar sedan på sydliga och nordliga breddgrader. Enheten för solinstrålning är kWh/m<sup>2</sup> och år. För Östersund är den genomsnittliga solinstrålning 900 kWh/m<sup>2</sup> år (Andrén, 2011 s.6-7).

### 2.6.2 Solfångare

En solfångare är uppbyggd så att den tar emot solstrålarna och omvandlar energin i solinstrålningen till värme. Genom solfångare cirkulerar en blandning av vatten och glykol som värms upp av solen. Det finns även

solfångare som värmer upp luft eller ett vakuum men de är lite ovanligare. Värmen som bildas i solfångarna överförs sedan direkt eller genom en värmeväxlare till ett lagringställe, ofta en ackumulatortank. Via ackumulatortanken värms sedan tappvarmvattnet upp. Idealvinkel för en solfångare ligger på  $10^\circ$  grader under den breddgrad byggnaden är belägen på (Andrén, 2011 s.12-18). Östersund ligger på breddgraden 63 (Avstånden, u.å.) så idealvinkeln för en solfångare i Östersundstrakten är  $53^\circ$ . En solfångare placerad i Östersund har en verkningsperiod från maj-september och det går att räkna med att det krävs cirka  $1,5 \text{ m}^2$  solfångare för att producera halva årsförbrukningen av tappvarmvatten för en person, förutsatt att solfångaren är placerad i söderläge. Det finns flera sätt att ta till vara på värmen från en solfångare, dels så kan byggnaden bara ta till vara på tappvarmvattnet från solfångaranläggning men det går också att ansluta radiatorer eller golvvärme till ackumulatortanken och på så vis även värma byggnaden med hjälp av solfångaren (Andrén, 2011 s.49). Lasten för solfångare är runt  $0,2 \text{ kN/m}^2$  (Adolfsson, 2015).



Figur 1. Kombisystem solfångare (Lundea, u.å.)

### 2.6.3 Överproduktion av solvärme

Under sommarhalvåret producerar de flesta solfångaranläggningar ett överskott på varmvatten, det vill säga mer varmvatten än vad byggnaden är i behov av. Denna överproduktion går att sälja till det lokala fjärrvärmenätet om byggnaden är ansluten till det. Den fasta årsavgiften för att ansluta till fjärrvärmenätet i Östersunds kommun är 3950: -, utöver det tillkommer sedan energiavgift, effektagift samt flödespremie (Andersson, 2015).

### 2.6.4 Solceller

Skillnaden mellan solfångare och solceller är att solfångare producerar värme och solceller producerar el. Solcellen består av två tunna skikt av halvledarmaterial och då solinstrålningen träffar framsidan av det ena skiktet frigörs elektroner som då börjar vandra till det bakre skiktet och på så vis uppstår en elektrisk spänning. Den likström solcellsanläggningen producerar omvandlas sedan till växelström med hjälp av en växelriktare. Växelriktare skickar i sin tur ut växelström som antingen förbrukas i byggnaden eller skickas till det allmänna elnätet. Precis som solfångarna så producerar solcellerna olika mycket el beroende på läge och årstid och för att få ut bästa effekt ur solcellerna ska de placeras i söderläge med en vinkel som är uträknad med avseende på solcells-anläggningens position (Andrén, 2011 s.129-142). En

m<sup>2</sup> solceller ger ca 170 kWh per år och lasten som solceller utgör på taket är runt 0,1 kN/m<sup>2</sup> (Adolfsson, 2015).

### 2.6.5 Överproduktion av solel

Överproduktion av solel går precis som solvärme att sälja tillbaka. För att kunna sälja tillbaka solel krävs det att byggnaden är ansluten till ett elnät. Vilket avtal och priser som gäller är beroende av flera faktorer, dels var solelsanläggningen är köpt och dels i vilken omfattning det är på solelsanläggningen. Ifall innehavaren har en solelsanläggning som producerar mer el än vad som förbrukas under ett år blir innehavaren elproducent. Att vara elproducent kostar 2300: - per år hos Jämtkraft. Om innehavaren istället producerar mindre el än vad hen förbrukar under ett år tecknas ett avtal för mikroproduktion. Vid mikroproduktion gäller det att hen har tecknat ett elhandelsavtal. Hos Jämtkraft får innehavaren till byggnaden tillbaka det aktuella elpriset per kWh om solelsanläggningen är köpt av Jämtkraft, i övriga fall får innehavaren tillbaka spotpris minus 1,5 öre (Andersson, 2015).

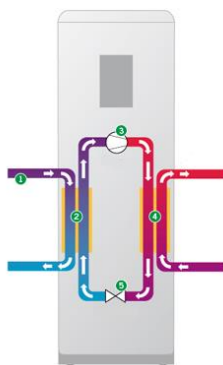
### 2.6.6 Bidrag för solel

Vid installation av en solelsanläggning kan innehavaren till byggnaden söka bidrag hos länsstyrelsen. Från 1 januari 2015 är bidraget max 30 procent av installationskostnaderna till företag och max 20 procent till övriga (Energimyndigheten, 2015).

Det går även att få skattereduktion på varje kWh som matas in till anslutna elnätet. Skattereduktionen är 60 öre per kWh. Max beloppet är dock 18 000 per år (Skatteverket, u.å.).

## 2.7 Luft-luftvärmepump

En luft-luftvärmepumps uppgift är överföra värme från utomhusluft som har en låg temperatur till inomhusluft som har en högre temperatur. Detta sker genom att en eldriven kompressor komprimerar köldmediet (gas) till högt tryck. Vid högt tryck kondenserar sedan gasen till vätska och värme frigörs. I samband med att värme frigörs sjunker temperaturen och köldmediet blir till vätska igen som kan fortsätta cirkulera och producera ny värme genom luft-luftvärmepumpen (Areskoug & Eliasson, 2012 s.246-247). Luft-luftvärmepumpar lämpar sig bäst i byggnader med öppen planlösning eftersom den uppvärmda luften behöver kunna cirkulera. Besparing för en luft-luftvärmepump varierar, faktorer som påverkar detta är dels vilket klimat pumpen ska verka i och dels vilken effekt det är på pumpen. Generellt går det räkna med en besparing på 30-50 procent. Det vill säga om den drar 1 kWh så ger den värme som motsvarar cirka 4 kWh (Energimyndigheten, 2012).



Figur 2. Exempel på hur luften rör sig i en luftvärmepump (Thermia, u.å.)

## 2.8 Tillgänglighetskrav för studentboende

Enligt Svensk Standard 91 42 22:2006 och Svensk Standard 91 42 21:2006 ska en studentbostad uppfylla följande kriterier

- Bänklängd 160 cm (60 cm diskho, 60 cm arbetsyta och 40 cm spis).
- Bänkinredning 160 cm (60 cm diskbänkskåp, 40 cm lådskåp och 40 cm spis).
- Väggskåp/fläktskåp 160 cm
- Högsåp 60 cm
- Kyl och frys 125 liter (varav 100 liter kyl).
- Säng med avställningsyta
- 2 fåtöljer/soffa för 2 personer
- Stor arbetsplats med stol
- Bokhylla
- 60 cm klädförvaring
- 60 cm kapphängare
- Dusch, wc, tvättställ, spegel, tvättmaskin och torktumlare (om ej gemensam tvättstuga finns).

I studentbostäder som är mindre än 35 kvadratmeter kan daglig samvaro, sömn och matlagning kombineras i samma rum. Det innebär att måltider och hemarbete kan utföras på samma plats och att en bäddsoffa uppfyller både kravet på säng och soffa/fåtöljer (Boverket, 2015).

## 2.9 Material/byggtekniker

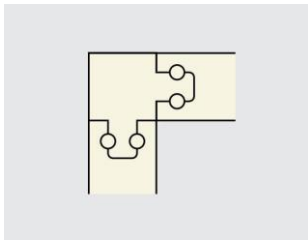
### 2.9.1 Limträ

Limträ består av ett flertal ihoplimmade lameller, i Sverige är 45 mm standardtjockleken för en lamell i raka element. Limträ tillverkas vanligtvis av gran i Sverige och tillverkningsprocessen sker i olika steg. Först torkas virket, sedan hållfasthetssorteras det och utifrån kvalitén på lamellerna hållfasthetsklassas limträet. Desto högre nummer det får ju bättre kvalitet har limträet. Vidare fingerskarvas lamellerna ihop för att stora längder ska bli möjliga att göra. Därefter hyvlas virket och lamellerna appliceras med lim,

ihoplimning av lamellerna sker under tryck. Till sist hyvlas limträet ytligare en gång för att få bort limrester och ge limträet en slät yta. Fördelarna med limträ i konstruktioner är främst att limträ har i förhållande till sin vikt bra hållfasthet och kan i princip fås i vilken form som helst (Gross, 2007 s. 6-9).

### 2.9.2 Loglock

Loglock är ett byggsystem som är framtaget av Glulam, vilket är ett företag som tillverkar limträ. Detta byggsystem utgår från en speciell timmerlåsning. Denna låsning är patenterad och gör att byggnader på ett enkelt sätt både kan monteras och demonteras utan varken lim eller skruvar. Byggsystemet består av limträstockar med en speciell urtagning på över och undersida för att de ska kunna passa ihop med varandra när de staplas. De staplade limträstockarna sammanlänkas sedan med en rundstav, för att få en stabilitet och låsning i konstruktionen. Limträstockarna har höjden 216 mm och kan fås i tre olika bredder, 140-, 165- och 190 mm. Mellan varje limträstock ligger en linmatta, linmattans uppgift är att isolera byggsystemet (Glulam, u.å.).



Figur 3. Hörn, Loglock (Glulam, u.å.)



Figur 4. Vägg Loglock (Glulam, u.å.)

### 2.9.3 Foamglas

Foamglas är en cellglasisolering som framställs av returglas, glasråvara och kol. De råvaror som används vid framställningen av foamglas är sand, dolomit och kalksten. Dessa råvaror är naturliga och förekommer i nästan obegränsad utsträckning på jorden vilket gör foamglas till ett bra miljöval vid isolering. Foamglas är uppbyggt av miljontals hermetiskt slutna glasceller vilket gör att foamglas blir både vatten- och ångtätt. Foamglas är till hundra procent ett oorganiskt material, det innebär att det inte kan drabbas av rötskador eller deformationer på grund av uttorkning. Andra fördelar med foamglas är att det är obrännbart och att det klarar en hög tryckbelastning (Foamglas Nordic AB, u.å.).

### 2.9.4 Koljern

Koljern är ett byggsystem som utvecklades i början på 2000-talet av Åke Mård. Byggelementen består av 90 procent foamglas och 10 procent stål. Koljernelementen tillverkas genom att foamglas kläs med en ram av plåtlettbjälkar i dimensionerna 1,5 till 3 mm. Det gör att koljernelementen blir stabila och lätta att handskas med. Idag finns färdiga byggelement till hela klimatskärmen att få tag i. Att bygga med koljernelement går att likna med

legobygge, bit för bit läggs de på plats för att sedan förankras med skruvar. Därför är koljernelement lätt att både montera och demontera. Att använda koljernelement till grund i istället för betongplatta är tidbesparande då en grund av foamglas inte behöver någon torktid, dessa element går att bygga in omgående (Koljern, u.å.).

## **2.10 Ekonomi**

### *2.10.1 Nollpunkt*

Nollpunkt är den tidpunkt då en investering övergår från förlust till vinst. Anledning till att det är intressant att räkna ut när nollpunkten för en investering är, är för att se om investeringen kommer att vara lönsam. Vid nollpunktanalyser är det viktigt att ta hänsyn till underhållskostnader och framtida prisförändringar (Eliasson & Norelid, 2005 s.153).

# **3. Metod**

## **3.1 Genomförande**

Examensarbete startades med litteraturstudier för att få en djupare förståelse och kunskap om de områden som berör mitt examensarbete. En bit in i litteraturstudierna började jag genomföra öppenriktade intervjuer för att få riktlinjer i fortsatta litteraturstudier och i själva examensarbetet.

Vidare valde jag att rita upp huset, för att få en uppfattning över vilka ytor och areor jag kunde börja räkna med. När huset var uppritat upprättades ett excelblad för att förenkla uträkningarna av huset energihushållning. Beräkningar genomfördes för tre olika väggjocklekar, 140 mm, 165 mm och 190 mm.

När uträkningarna för husets energianvändning var klar började jag se över vilka alternativ som fanns på marknaden för att lösa uppvärmnings- och tappvarmvattenbehovet i attefallshuset. Genom intervjuer med olika branschmänniskor projekterades huset för att värmas med en luftvärmepump och en varmvattenberedare för att tillgodose husets tappvarmvattenbehov.

Nästa steg räknade jag på en lösning då jag endast använde solceller till byggnaden och en lösning då jag endast använde solfångare. Vidare räknade jag på en lösning med en kombination av solceller och solfångare. När jag hade hittat den lösningen som bäst klarade av att tillgodose huset behov räknade jag på när nollpunkten skulle infinna sig för den lösningen.

Ett studiebesök har genomförts i samband med detta examensarbete och det var hos limträ tillverkarna Glulam som även är grundare till byggsystemet Loglock. Studiebesöket gav en bra inblick över hur limträ tillverkas och hur byggsystemet Loglock används.

### **3.2 Kvalitativ- och kvantitativdata**

Kvalitativ data innebär att den informationen som har samlats in utgörs av detaljerade ord och beskrivningar (Höst et al., 2006 s.30). Syftet med att använda kvalitativ data till mitt examensarbete är för att jag vill få ut meningsfull informationen som berör just mitt ämne. De kvalitativa studierna består av litteraturstudier och intervjuer.

Kvantitativ data lämpar sig bättre i studier där forskaren vill tydliggöra något genom att dra slutsatser från stora urval av värden som kan mätas (Höst et al., 2006 s.30). Kvantitativ data har använts i studien när energiberäkningar utfördes.

### **3.3 Litteraturstudier**

Jag har använt mig av litteraturstudier för att få en djupare förståelse för de ämnen som berör mitt examensarbete. Framst har information hämtas från böcker men jag har även använt mig av studier från webbsidor och från broschyrer. De databaser som jag har använt mig av är energimyndigheten.se och boverket.se. Google.com är den sökmotor jag har använt och de sökord jag har använt mig av är ord som attefallshus, solfångare, solceller, energieffektivisering och massivträ. Vid litteraturstudier är det viktigt att vara uppmärksam på vart ifrån studierna kommer, ofta är studierna framtagna i ett annat syfte än vad som föreligger den aktuella studien vilket innebär att informationen kan vara ensidig och inte heltäckande (Björklund, M. & Paulsson, U. 2003 s.67). Det har jag haft med mig när jag genomfört litteraturstudier och jag har i största möjliga mån försökt använda mig av källor som nyligen publicerats för att få aktuella siffror och information till min studie.

### **3.4 Deduktion**

Deduktion betyder att en logisk slutsats har gjorts. Vid en deduktion dras en slutsats utifrån teorierna, efter det följs slutsatsen upp av insamlad fakta. Därefter kan det visa sig att den logiska slutsatsen är felaktig. Därav bör jag vara lite på min vakt om jag väljer att använda slutsatser dragna på deduktion (Björklund, M. & Paulsson, U. 2003 s.62).

Beräkningar på alla massivtréväggar har gjorts utefter ett resultat på en u-värdesmätning för väggen som är 140 mm. Jag har utefter den mätningen räknat ut lambdavärdet för 140 mm väggen och sedan applicerat det lambdavärdet på de övriga två väggarna för att kunna räkna ut u-värdet för dem.

### **3.5 Validitet**

Validitet handlar om att man verkligen mäter det man avser att mäta. Genom att studera en studie med olika perspektiv kan validiteten ökas (Höst et al., 2006 s.42). För att försäkra mig om att mitt examensarbete har hög validitet har jag genom intervjuer diskuterat min metod med erfarna branskmänniskor.

### 3.6 Reliabilitet

Reliabilitet visar graden av tillförlitlighet på mätningar. För god reliabilitet ska resultatet av mätningarna vara desamma oavsett hur många gånger mätningarna utförs, resultatet ska också vara oberoende av vem som har utfört mätningarna (Björklund, M. & Paulsson, U. 2003 s.59-61). För att försäkra mig om att mina uträkningar håller god reliabilitet har jag utfört kontrollberäkningar på mina formler i excelbladet genom att föra in redan uträknad data från boken *Tillämpad Byggnadsfysik* (Petersson, 2011 s.141-142) och analyserat svaren av det.

### 3.7 Generaliserbarhet

Generalisering innebär att min studie kan gälla under bredare villkor (Björklund, M. & Paulsson, U. 2003 s.122). Jag anser att min studie är generaliserbar då jag använt mig av energiberäkningar som går att applicera på alla typer av byggnader.

### 3.8 Intervjuer

För att få riktlinjer och svar på frågor angående mitt examensarbete har jag genomfört intervjuer. De intervjuer jag har genomfört har varit både halvstrukturerade och öppett riktade. Med halvstrukturerade intervjuer innebär det att jag som intervjuer har en samling frågor som stöd under min intervju men frågorna kan komma i varierande ordning och formuleras om, ifall intervjun får en annan riktning än vad som var tänkt från början (Höst et al., 2006 s.34). I en öppet riktad intervju får den som intervjuas styra över vad som tas upp i intervjun under förutsättningar att den intervjuade person håller sig till det ämne som är sagt (Höst et al., 2006 s.34). All data som samlas in under intervjuer ska dokumenteras så att det går att gå tillbaka till dem i efterhand och analysera (Höst et al., 2006 s.35).

Att välja den öppenriktade intervjuemetoden när jag var i starten av mitt examensarbete föll bra ut eftersom jag fick riktlinjer åt vilket håll jag borde gå och därmed hjälp att avgränsa mitt examensarbete. Att intervjuas med en halvstrukturerad metod föll bättre ut när jag hade kommit en bit in i mitt examensarbete eftersom jag då var mera insatt i mitt ämne och hade tydligare mål med vad jag ville få ut av intervjun. Svårigheten med dessa intervjuemetoder har varit att bedöma erfarenhetsnivån hos de intervjuade personerna.

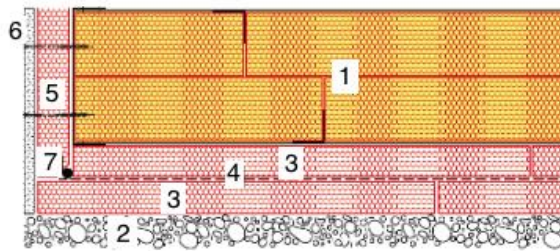
De personer som jag har intervjuat är Måns Björklund på Foamglas, Martin Andersson på Jämtkraft, Jonas Sjöström på Polarpumpar samt Tomas Adolfsson på Svenskt Bränsle. Alla utom Tomas Adolfsson har varit telefonintervjuer och intervjuerna har dokumenterats skriftligt.

# 4. Resultat

## 4.1 Konstruktion

### 4.1.1 Grund

Grunden kommer att bestå av koljernelement, fördelen med att använda dessa element är att de har ett lågt u-värde och att de är enkla att demontera eftersom de skruvas ihop. Nedan följer en bild på hur grunden byggs upp.



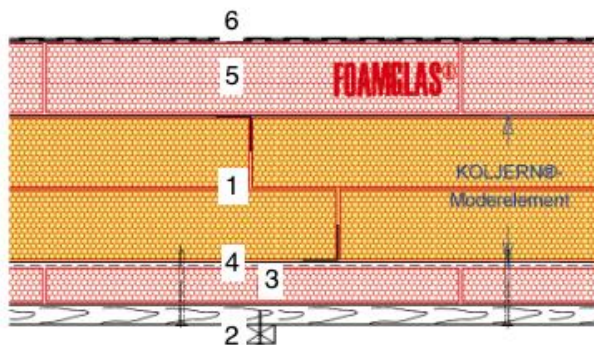
Figur 5. Grundkonstruktion (Koljern, u,å.)

1. Koljern - moderelement tjocklek 208 mm, ståltjocklek 1,5 mm
2. 50- 100 mm singel, kornstorlek 2-8 mm.
3. Foamglas floorboard 100 mm
4. Radonduk med aluminium
5. Foamglas floorboard 100 mm
6. Fibercementskiva
7. Buttfog

Grunden har ett u-värde på 0.12 W/m<sup>2</sup>K (Koljern, u,å.). Byggelementen skruvas fast i varandra och är därför lätt att demontera vid behov.

### 4.1.2 Tak

Taket kommer precis som grunden att bestå av koljernelement. Hela takkonstruktionen förutom tätskiktet (lager 6) skruvas ihop. Lutningen på taket är 15 grader och taket är precis som grunden demonterbar.



Figur 6. Takkonstruktion (Koljern, u,å.)

1. Koljern - moderelementtjocklek 210 mm, ståltjocklek 2 mm
2. 22X95 mm distansregel, 28X70 spikregel
3. Foamglasskiva T4 50 mm
4. Lufttäthetsväv
5. Foamglasskiva T4 150 mm
6. Tätskikt

Taket har ett u-värde på 0,14 W/m<sup>2</sup>K (Koljern, u.å.). Brottlast 9 kN/m<sup>2</sup> för element som är upp till 4500 mm (Koljern, u.å.)

För att försäkra att taket kommer att klara både lasten från snön och lasten från solcellerna/solfångarna så har en kontroll av takets konstruktion gjorts:

Grundvärde för Östersund = 2-3,5 kN/m<sup>2</sup>, Takets lutning 0-30° →  $\mu = 0,8$ , normal topografi →  $C_e = 1,0$ ,  $C_t = 1,0$ . (Isaksson & Mårtensson, 2010)

Snölast =  $\mu * C_e * C_t * S_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 3,5 = 2,8$  kN/m<sup>2</sup>.

Solfångare: 0,2 kN/m<sup>2</sup>

610a:  $Q_d = 0,91 * 1,35 * 0,2 + 0,91 * 1,5 * 0,8 * 2,8 = 3,30$  kN/m<sup>2</sup>

610b:  $Q_d = 0,91 * 1,2 * 0,2 + 0,91 * 1,5 * 2,8 = 4,04$  kN/m<sup>2</sup>

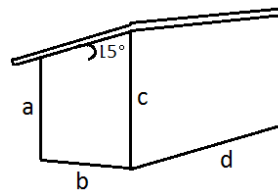
4,04 kN/m<sup>2</sup> < 9 kN/m<sup>2</sup> → OK

## 4.2 Energiberäkningar

$$Q_{\text{energi}} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{\text{tvv}} + Q_{\text{dr,el}} - Q_{\text{vå}} - Q_{\text{tillskott}}$$

Mått på attefallshuset:

a	2,40 m
b	4,25 m
c	3,54 m
d	5,89 m



Figur 7. Mått på attefallshust



Figur 8. 3D-Bild, Entré attefallshuset



Figur 9. 3D-Bild, Fönster attefallshuset

Köldbryggor fönster och dörrar

$\Psi_k = 0,02$  W/mK

Köldbrygga vägg till tak

$$\Psi_k = 0,02 \text{ W/mK}$$

$l_k$  = längden av den linjära köldbryggan (m)

(Pettersson, 2013 s.279-280)

Enligt Anders Lundström på Glulam och Måns Mård på Foamglas så kan köldbryggorna försummas eftersom byggnaden är konstruerad på ett sådant sätt att den inte ska ge upphov till några köldbryggor.

#### 4.2.1 Transmissionsförluster med 140 mm vägg

Här nedan följer beräkningar av transmissionsförluster genom klimatskalet när ytterväggen har måttet 140 mm.

$$Q_t = U_m * A_{om} * G_t = \quad \quad \quad \mathbf{6750,02} \quad \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 1)

#### 4.2.2 Transmissionsförluster med 165 mm vägg

Här nedan följer beräkningar av transmissionsförluster genom klimatskalet när ytterväggen har måttet 165 mm.

$$Q_t = U_m * A_{om} * G_t = \quad \quad \quad \mathbf{6098,70} \quad \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 2)

#### 4.2.3 Transmissionsförluster med 190 mm vägg

Här nedan följer beräkningar av transmissionsförluster genom klimatskalet när ytterväggen har måttet 190 mm.

$$Q_t = U_m * A_{om} * G_t = \quad \quad \quad \mathbf{5528,88} \quad \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 3)

#### 4.2.4 Beräkning av ventilationsförluster

$$Q_v = U_{tel} \text{luftflöde}_{vent} * A_{temp} * c_{\rho \text{ luft}} * G_t = \quad \quad \quad \mathbf{1203,02} \quad \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 4)

#### 4.2.5 Beräkning av luftläckage genom klimatskalet

Värmeförluster på grund av luftläckning genom klimatskalet

$$Q_l = 4\% * \text{luftläckage } 50\text{pa} * A_{om} * c_{\rho \text{ luft}} * G_t = \quad \quad \quad \mathbf{608,63} \quad \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 5)

#### 4.2.6 Beräkning av uppvärmning för tappvarmvatten med schablonvärde

$$Q_{tvv} \text{ (för en person)} = \quad \quad \quad \mathbf{700} \quad \quad [\text{kWh/år}]$$

Energimyndigheten har schablonvärden på vattenanvändning för både flerfamiljshus och för småhus. Värdet för småhus ligger mellan 500- och 1800kWh/år. Beroende på om förbrukning är sparsam eller hög

(Energimyndigheten, 2011). Jag har valt att räkna på 700 kWh/år och då är det utan hänseende till tvätt, eftersom tvättstuga inte kommer att finnas i attefallshuset. En varmvattenberedare kommer förse attefallshuset med varmvatten.

#### 4.2.7 Beräkningar av fastighetsel

$$Q_{dr,el} = Q_{dr,el, \text{ hushåll}} + Q_{dr,el, \text{ värmepump}} = \mathbf{3036,18} \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 6)

#### 4.2.8 Beräkningar av värme som tillgodogörs från värmepump, solceller och solinstrålning

$$Q_{vå} = Q_{vå, \text{ solceller}} + Q_{vå, \text{ värmepump}} + Q_{vå, \text{ solinstrålning}} = \mathbf{13\,772,33} \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 7)

#### 4.2.9 Beräkningar av värmekost

$$Q_{tillskott} = Q_{tillskott, \text{ personv.}} + Q_{tillskott, \text{ hushållsel}} + Q_{tillskott, \text{ varmv.}} = \mathbf{1183,44} \quad [\text{kWh/år}]$$

(Fullständiga uträkningar se bilaga 8)

#### 4.2.10 Sammanställning av beräkningar

$$Q_{\text{energi}} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{tvv} + Q_{dr,el} - Q_{vå} - Q_{tillskott}$$

$$Q_{\text{energi}} \text{ för } 140 \text{ mm} = \mathbf{-467,91} \quad [\text{kWh/år}]$$

$$Q_{\text{energi}} \text{ för } 165 \text{ mm} = \mathbf{-1119,23} \quad [\text{kWh/år}]$$

$$Q_{\text{energi}} \text{ för } 190 \text{ mm} = \mathbf{-1689,14} \quad [\text{kWh/år}]$$

$$Q_{dr,el} = 3036,18 \quad [\text{kWh/år}] \rightarrow \text{Måste utvinnas från solceller.}$$

$$Q_{tvv} = 700 \quad [\text{kWh/år}] \rightarrow \text{Måste utvinnas från solceller/solfångare.}$$

## 4.3 Resultat för solenergiinvesteringar

### 4.3.1 Solceller

För att täcka årsbehovet av elförbrukningen för attefallshuset behövs 24 m<sup>2</sup> solceller, får ut ca 150 kWh/m<sup>2</sup>. Kostnaden är 2708: -/m<sup>2</sup>. Vilket betyder att det kostar 65 000: - att köpa den mängd solceller attefallshuset är behov av hos Jämtkraft. 65 000 - 20% i installationsbidrag = 52 000: -. Säljer tillbaka ⅓ av elproduktion till Jämtkraft eftersom solceller kommer producera ett överskott under sommarmånaderna (Andersson, 2015).

Investering för solceller som ger 3500 kWh/år	65 000: -
20 % bidrag	13 000: -
Producera el för (per år)	3 500: -
Skattereduktion på ⅓ av produktionen. 60 öre per kWh/per år	2 333*0,6 = 1 400: -
<b>Nollpunkt: (65 000-13 000)/(3 500+1 400) =</b>	<b>11 år</b>

### 4.3.2 Solfångare

Vägg

Investering för solfångare vägg täcker ⅓ av årsbehovet på tappvarmvatten	29 900: -
Tjänar per år	466: -
<b>Nollpunkt:</b>	<b>64 år</b>

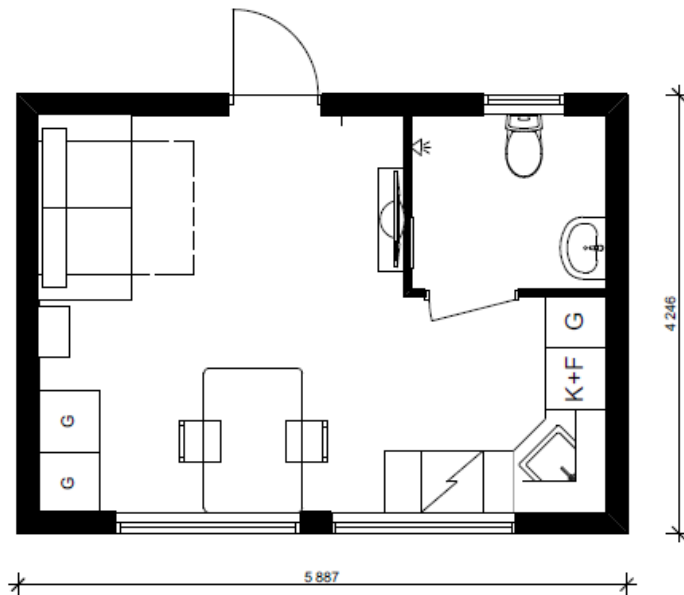
Tak

Investering för solfångare tak täcker 50 % av årsbehovet på tappvarmvatten	11 025: -
Tjänar per år	350: -
<b>Nollpunkt</b>	<b>32 år</b>

## 4.4 Resultat tillgänglighet

Enligt Tomas Fuchs VD för a4campus AB så krävs det bygglov för att uppföra ett attefallshus på campus i Östersund. När bygglov krävs måste tillgänglighetskraven uppfyllas för byggnaden.

För att tillgänglighetskraven ska uppfyllas kombineras soffa och säng med hjälp av en bäddsoffa och matbordet fyller även funktionen som arbetsplats.



Plan 1 (1)  
1:50

Figur 10. Planlösning över attefallshuset

## 5. Diskussion

Väggarna har ett högre u-värde än vad som är önskvärt för en energieffektiv byggnad (Boverket, 2015). Men det går att klassa attefallshuset som ett plusenergihus med samtliga väggjocklear enligt energimyndighetens definition av plusenergihus. Ett plusenergihus är ett hus som producerar mer energi än vad det gör av med under ett år. (Energimyndigheten, 2010). Att det är möjligt att klassa attefallshuset som ett plusenergihus trots höga u-värden var för att det var möjligt att installera solceller som klarade av att producera den el som behövdes för att klara energihushållningen för uppvärmningen av attefallshuset.

Att solfångare bara placerades på 2,4 m<sup>2</sup> av takets cirka 33 m<sup>2</sup> beror på att attefallshuset endast projekteras för en person. Solfångare är betydligt mer effektiva att installera i hushåll där tappvarmvattenförbrukningen utgör en större del av den totala energianvändningen. Hade det däremot varit ekonomiskt försvarbart att koppla upp attefallshuset på fjärrvärmenätet och sälja tillbaka överproduktion från solfångarna hade situationen kanske sett annorlunda ut. Att ansluta till det lokala fjärrvärmenätet kostar 3950 kronor per år bara i fasta avgifter (Andersson, 2015), vilket är betydligt mer än vad elen för en varmvattenberedare kostar på ett år (Energimyndigheten, 2011).

U-värdesberäkningarna för väggarna på 165- och 190 mm gjordes utefter resultatet på en u-värdesmätning för väggen på 140 mm, som i skrivande stund inte är publicerad. Därför är använda u-värden på massivträväggarna i denna rapport inte 100 procent tillförlitliga. Dock kommer en justering på u-värdena inte påverka resultatet nämnvärt.

För att attefallshuset ska få ställas upp på campus i Östersund krävs bygglov (Fuchs, 2015), vilket innebär att huset måste uppfylla tillgänglighetskraven för studentboende. Att uppfylla dessa krav på endast 21 kvadratmeter är möjligt men ger ett kompakt boende så om huset skulle uppföras på Campus permanent hade attefallshuset med fördel kunnat projekteras större. Nackdelen då är att det då inte kan demonteras och säljas vidare för att sättas upp på någon ny plats utan att bygglov krävs.

Jag valde att sätta elpriset till en krona per kWh genom hela den här studien. Anledningen till det är för att de elprognoser jag tog del av inte kändes tillförlitliga då jag redan idag kan se att dessa prognoser inte gäller. Troligen kommer elpriset att stiga i framtiden men i vilken hastighet är svårt att avgöra. Stigande elpris skulle betyda att nollpunkten för solfångarna och solcellerna skulle uppnås snabbare än vad som är beräknat i denna studie.

## 6. Slutsatser

$Q_{\text{energi}}$ för 140 mm =	- 467,91	[kWh/år]
$Q_{\text{energi}}$ för 165 mm =	- 1119,23	[kWh/år]
$Q_{\text{energi}}$ för 190 mm =	- 1689,14	[kWh/år]

Efter genomförda beräkningar har jag kommit fram till att det går att klassa attefallshuset som ett plusenergihus med samtliga vägg tjocklekar. Att installera en luft-luftvärmepump blir ett effektivt sätt att värma attefallshuset på. Att detta uppvärmningssätt valts har framförallt med två faktorer att göra, storleken på huset och önskan om att huset ska vara lätt att demontera. Att räkna på hur mycket energi en luft-luftvärmepump exakt förbrukar är svårt, eftersom utomhusklimatet spelar en betydande roll. Vid en kall vinter förbrukar en luft-luftvärmepump mer energi än vid en mild vinter. I denna rapport valde jag att räkna på att luft-luftvärmepumpen ger fyra gånger den energi som den förbrukar. Hade jag istället räknat på att luft-luftvärmepumpen gav tre gånger tillbaka hade attefallshuset inte uppfyllt kriterierna för att bli ett plusenergihus.

Solceller står för den övergripande energiförsörjning då det snabbt visade sig att solfångare är mera lämpligt att installera i flerfamiljshus där tappvarmvattenförbrukning utgör en större del av den totala förbrukningen. Att värma huset med hjälp av solfångare valdes bort eftersom uppvärmningsbehovet av attefallshuset är för litet under den period då solfångarna är som mest effektiva samt av attefallshuset inte blir lika lätt att demontera om vattenburen golvvärme eller vattendrivna radiatorer installeras.

För att huset ska få ställas upp på campus krävs enligt Tomas Fuchs bygglov. För bygglov är det viktigt att tillgänglighetskraven uppfylls för den tänkta byggnaden. Attefallshuset uppfyller tillgänglighetskraven för studentboende om attefallshuset placeras så att tvättstuga och förråd finns tillgängligt i en intilliggande byggnad.

Attefallshusets tak och grund konstrueras med foamglas och väggarna av massivträ byggt enligt Loglocks systemet. Detta innebär att hela huset förutom det tunna taksiktet skruvas ihop. Huset är därmed lätt att både montera och demontera. Ingen torktid för byggfukt behövs.

Eftersom taket installeras med solceller och solfångare har en kontrollberäkning utförts för att se att takkonstruktionen av foamglas håller för de laster den kommer utsättas för. Lasten som taket utsätts för är 4,04 kN/m<sup>2</sup> och det har kapacitet för 9 kN/m<sup>2</sup>, vilket innebär att det inte är några problem att installera solenergianläggningen på taket. Av takets totala area på 33 m<sup>2</sup> placeras solceller på 24 m<sup>2</sup> och solfångare på 2,4 m<sup>2</sup>.

Investering för solcellerna betalar tillbaka sig på 11 år och investeringen för den mest gynnsamma solfångaranläggningen betalar tillbaka sig på 32 år.

Båda investeringarna uppnår nollpunkten betydligt tidigare än husets livslängd och därmed är de båda lönsamma att genomföra.

## **7. Förslag till vidare forskning.**

Att tillföra energi till ett hus kan ske på andra sätt än att ta till vara på solenergi, det går att utvinna energi även från vind och vatten. I detta fall kan vatten helt uteslutas eftersom huset inte kommer stå i närheten av något vattendrag. Däremot skulle det vara möjligt att installera ett litet vindkraftverk på taket. Ett förslag till vidare forskning är att se över vilken utvinning av energi ett vindkraftverk skulle ge. Ytligare ett förslag till fortsatta studier är att byta ut massivträväggarna till foamglas och se vilken energiåtgång attefallshuset då skulle få.

# 8. Referenser

## 8.1 Artikel

Danielski, I. & Fröling, M. (in press). *Diagnosis of buildings' thermal performance - a quantitative method using thermography under non-steady state heat flow.*

## 8.2 Böcker

Andrén, L. (2011). *Solenergi Praktiska tillämpningar i bebyggelse*, upplaga 4:2, Stockholm, AB Svensk Byggtjänst.

Areskoug, M. & Eliasson, P. (2012). *Energi för hållbar utveckling Ett historiskt och naturvetenskapligt perspektiv*, upplaga 2:1, Lund, Studentlitteratur AB.

Björklund, M. & Paulsson, U. (2003). *Seminarieboken - att skriva, presentera och opponera*, upplaga 1:9, Lund, Studentlitteratur AB.

Eliasson, B. & Norelid, C. (2005). *Projekt kalkylen - praktisk handbok i projektekonomi*, Malmö, Liber AB

Höst, M., Regnell, B., Reuneson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*, upplaga 1:6, Lund, Studentlitteratur AB.

Petersson, B-Å (2013). *Tillämpad Byggnadsfysik*, upplaga 5:1, Lund, Studentlitteratur AB.

## 8.3 Examensarbete

Hansson, G. & Strandberg, J. (2014). *Plusenergihus- Investeringskalkyl av Sveriges första flerbostadshus upprättat med plusenergi*, Examensarbete inom bygg- och fastighetsprogrammet, Halmstad: Högsolan  
<http://www.uppsatser.se/uppsats/aabb0a42c2/> (Hämtad 2015-05-11).

## 8.4 Figurer

Lundea, u.å. *Värmesystem*,  
<http://www.lundea.se/?cat=10> (Hämtad (2015-05-07)).

Thermia, u.å. *Så här fungerar luftvärmepumpen*,  
<http://www.thermia.se/varmepump/sa-har-fungerar-en-varmepump.asp>  
(Hämtad 2015-05-04).

## 8.5 Handbok

Foamglas Nordic AB, u.å. *Cellglasisolering i byggnader*, Foamglas Nordic AB

Gross, H. (2007). *Limträguiden*, utgåva 4, Stockholm, Svenskt Limträ AB

## 8.6 Intervjuer

Andersson, Martin; Jämtkraft (2015). Telefonsamtal 2015-04-28.

Adolfsson, Tomas; Svenskt Bränsle (2015). Intervju 2015-04-20.

Björklund, Måns; Foamglas (2015). Telefonsamtal 2015-04-14.

Fuchs, Thomas; VD A4 Campus (2015). Telefonsamtal 2015-05-07.

Sjöström, Jonas; Polarpumpar (2015) Telefonsamtal 2015-05-08.

## 8.7 Webbsidor

Avstånden, U,Å.

[Http://Www.Avstanden.Com/Avstand-Fran-Ostersund-Till-Umea](http://Www.Avstanden.Com/Avstand-Fran-Ostersund-Till-Umea) (Hämtad 2015-04-27).

Boverket, 2015. *Detta Gäller För Attefallshus,*

[Http://Www.Boverket.Se/Sv/Byggande/Bygga-Nytt-Om-Eller-Till/Bygga-Utan-Bygglav/Attefallshus/](http://Www.Boverket.Se/Sv/Byggande/Bygga-Nytt-Om-Eller-Till/Bygga-Utan-Bygglav/Attefallshus/)

(Hämtad 2015-05-07).

Boverket, 2015. *3:2 Bostadsutformning,*

[Http://Www.Boverket.Se/Sv/PBL-Kunskapsbanken/Bbr/Avsnitt-3/3-2-Bostadsutformning/](http://Www.Boverket.Se/Sv/PBL-Kunskapsbanken/Bbr/Avsnitt-3/3-2-Bostadsutformning/)

(Hämtad 2015-05-07).

Boverket, 2015. *Avsnitt 9 energihushållning*

<http://www.boverket.se/globalassets/vagledning/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-9> (Hämtad 2015-05-11).

Byggportalen, u,å. *Fönster som spar energi,*

<http://www.byggportalen.se/byggguiden/foenster-1572.asp> (Hämtad 2015-04-30).

Emrahus, u,å. *Nollenergihus/Plusenergihus,*

<http://www.emrahus.se/plushus-nollhus-nollenergihus-plusenergihus/>

(Hämtad 2015-05-11).

Energimyndigheten, 2012. *Luftvärme,*

[Http://Www.Energimyndigheten.Se/Hushall/Din-Uppvarmning/Varmepump/Luftvarme/](http://Www.Energimyndigheten.Se/Hushall/Din-Uppvarmning/Varmepump/Luftvarme/) (Hämtad 2015-05-04).

Energimyndigheten, 2015. *Stöd Till Solceller,*

[Https://Energimyndigheten.Se/Hushall/Aktuella-Bidrag-Och-Stod-Du-Kan-Soka/Stod-Till-Solceller](https://Energimyndigheten.Se/Hushall/Aktuella-Bidrag-Och-Stod-Du-Kan-Soka/Stod-Till-Solceller) (Hämtad 2015-04-27).

Energimyndigheten, 2011. *Kallt Och Varmt Vatten,*

[Http://Www.Energimyndigheten.Se/Hushall/Varmvatten-Och-Ventilation/Vatten-Och-Varmvattenberedare/](http://Www.Energimyndigheten.Se/Hushall/Varmvatten-Och-Ventilation/Vatten-Och-Varmvattenberedare/) (Hämtad 2015-04-17).

Energimyndigheten, 2010. *För dig som bor i lägenhet*,  
<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/For-dig-i-lagenhet/> (Hämtad 2015-04-20).

Energimyndigheten, 2011. *Energieffektiva flerbostadshus*,  
<http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivt-byggande/Lokaler-och-flerbostadshus/Bygga-och-renovera/Energieffektiva-flerbostadshus/>  
(Hämtad 2015-05-11).

Energimyndigheten, 2010. *Energimyndigheten satsar på att förändra byggprocessen*,  
<http://www.energimyndigheten.se/Press/Pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2010/Energimyndigheten-satsar-pa-att-forandra-byggprocessen/> (Hämtad 2015-05-11).

Eu-upplysningen, 2015. *Klimatmål för att stoppa global uppvärmning*,  
<http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Vad-EU-gor/Miljopolitik-i-EU/Klimatmal-for-att-stoppa-global-uppvarmning/> (Hämtad 2015-05-11).

Glulam, u.å. *Loglock - traditionellt byggande med moderna metoder*,  
<http://www.glulam.se/loglock/#> (Hämtad 2015-04-27).

Koljern, u.å. *Dimensionering, tekniska data och rapporter*,  
[http://www.koljern.se/se/koljern/mainnavigation/teknik\\_och\\_miljoe/dimensionering\\_tekniska\\_data\\_och\\_rapporter/](http://www.koljern.se/se/koljern/mainnavigation/teknik_och_miljoe/dimensionering_tekniska_data_och_rapporter/) (Hämtad 2015-05-12).

Koljern, u.å. *Om koljern tekniken*,  
<http://se.koljern.com/se/koljern/> (Hämtad 2015-04-22).

Koljern, u.å. *PM laster Koljernelement*,  
[http://www.koljern.se/\\_/frontend/handler/document.php?id=112&type=42](http://www.koljern.se/_/frontend/handler/document.php?id=112&type=42)

Polarpumpen, u.å. *Fujitsu 09 LM Slim*, <http://www.polarpumpen.se/luft-luft-varmepump/varumarken/fujitsu-arctic/fujitsu-09-lm-slim> (Hämtad 2015-04-27).

Skatteverket, u.å. *Skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el*,  
<http://www.skatteverket.se/privat/fastigheterbostad/mikroproduktionavfornybarel/skattereduktionformikroproduktionavfornybarel.4.12815e4f14a62bc048f4220.html> (Hämtad 2015-04-27).

Ssolar, u.å. *Solinstrålning*,  
<http://www.ssolar.com/Solenergi2010/EnergifaktaDEL1brSolenFramtidensbase/nergi/Solinstralning/tabid/608/Default.aspx> (Hämtad 2015-04-30).

Sveby, 2009. *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*,

[http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/brukarindata\\_bostader.pdf](http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/brukarindata_bostader.pdf)

Träguiden, 2014. *Tak - form, material och konstruktion*,  
<http://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomkomplettering/tak/form-material-och-konstruktion/> (Hämtad 2015-04-30).

Weber, u.å. *Tec Superflex 10, En vattentät lösning för källarytterväggar*,  
[http://www.weber.se/uploads/media/tec\\_superflex\\_10.pdf](http://www.weber.se/uploads/media/tec_superflex_10.pdf) (Hämtad 2015-04-20).

# Bilaga 1

$$Q_t = U_m * A_{om} * G_t = \quad \quad \quad 6750,02 \quad \quad [kWh/\text{år}]$$

$$U_m = (\sum U * A + \sum I_k * \Psi_k + \sum x_j) / A_{om} = \quad \quad \quad 0,43 \quad \quad [W/m^2K]$$

$$A_{om} = \quad \quad \quad 117,06 \quad \quad [m^2]$$

$$G_t \text{ för Östesund vid } 20^\circ \text{ (Petersson, 2013 s.475)} = \quad \quad \quad 135400 \quad \quad [^\circ CH]$$

U-värde för 140 mm = 0,63 → R = 1,41 → λ = 0,10

U-värdet för 140 mm väggen är taget från en forskningsrapport som Danielski & Fröling i skrivande stund arbetar med, vilket betyder att värdet inte är säkerställt.

Byggnadsdel	[m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U*A
Vägg (kortsidorna)	20,36	0,63	12,83
Vägg (kortsidorna triangel)	4,83	0,63	3,04
Vägg (långsidorna)	34,93	0,63	22,01
Golv	25,00	0,12	2,90
Tak	25,88	0,14	3,49
Fönster	3,98	1,00	3,98
Dörr	2,07	0,77	1,59
<b>Summa</b>	<b>117,06</b>		<b>49,85</b>

# Bilaga 2

$$Q_t = U_m \cdot A_{om} \cdot G_t = 6098,70 \quad [\text{kWh}/\text{år}]$$

$$U_m = (\sum U \cdot A + \sum l_k \cdot \Psi_k + \sum x_j) / A_{om} = 0,38 \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

$$A_{om} = 117,06 \quad [\text{m}^2]$$

$$G_t \text{ för Östesund vid } 20^\circ \text{ (Pettersson, 2013 s.475)} = 135400 \quad [^\circ\text{CH}]$$

U-värde för 140 mm = 0,63  $\rightarrow$  R = 1,41  $\rightarrow$   $\lambda$  = 0,10 (för massivträ)  $\rightarrow$

$R_T$  (165 mm) = 0,13 + (0,165 /  $\lambda$ ) + 0,04 = 1,83

$U = 1/R_T \rightarrow U$  för 165 mm = 0,55

Byggnadsdel	m <sup>2</sup>	U [W/m <sup>2</sup> K]	U * A
Vägg (kortsidorna)	20,36	0,55	11,20
Vägg (kortsidorna triangel)	4,83	0,55	2,66
Vägg (långsidorna)	34,93	0,55	19,21
Golv	25,00	0,12	2,90
Tak	25,88	0,14	3,49
Fönster	3,98	1,00	3,98
Dörr	2,07	0,77	1,59
<b>Summa</b>	<b>117,06</b>		<b>45,04</b>

# Bilaga 3

$$Q_t = U_m \cdot A_{om} \cdot G_t = 5528,88 \quad [\text{kWh/år}]$$

$$U_m = (\sum U \cdot A + \sum l_k \cdot \Psi_k + \sum x_j) / A_{om} = 0,35 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$A_{om} = 117,06 \quad [\text{m}^2]$$

$$G_t \text{ för Östesund vid } 20^\circ \text{ (Petersson, 2013 s.475)} = 135400 \quad [^\circ\text{CH}]$$

U-värde för 140 mm = 0,63  $\rightarrow$  R = 1,41  $\rightarrow$   $\lambda$  = 0,10 (för massivträ)  $\rightarrow$

R<sub>T</sub> (190 mm) = 0,13 + 0,190 /  $\lambda$  + 0,04 = 2,08

U = 1/R<sub>T</sub>  $\rightarrow$  U för 190 mm = 0,48

Byggnadsdel	m <sup>2</sup>	U [W/m <sup>2</sup> K]	U*A
Vägg (kortsidorna)	20,36	0,48	9,77
Vägg (kortsidorna triangel)	4,83	0,48	2,32
Vägg (långsidorna)	34,93	0,48	16,77
Golv	25,00	0,12	2,90
Tak	25,88	0,14	3,49
Fönster	3,98	1,00	3,98
Dörr	2,07	0,77	1,59
<b>Summa</b>	<b>117,06</b>		<b>40,83</b>

# Bilaga 4

$Q_v = U_{\text{teluftflödevent}} * A_{\text{temp}} * c\rho_{\text{luft}} * G_t =$	<b>1203,02</b>	[kWh/år]
$U_{\text{teluftflödevent}} =$	0,35	[l/sm <sup>2</sup> ]
$c\rho$ (luftens värmekapacitet) = (Petersen, 2013 s.141-142)	1200	[Ws/m <sup>3</sup> K]
$A_{\text{temp}}$ (25 m <sup>2</sup> minus 195 mm vägg) =	21,20	[m <sup>2</sup> ]
$G_t$ för Östesund vid 20° (Petersson, 2013 s.475) =	135400	[°CH]

# Bilaga 5

$Q_l = 4\% \cdot \text{luftläckage } 50\text{pa} \cdot A_{\text{om}} \cdot c\rho_{\text{luft}} \cdot G_t =$	<b>608,63</b>	[kWh/år]
Luftläckage 50pa =	0,80	[l/sm <sup>2</sup> ]
$A_{\text{om}} =$	117,06	[m <sup>2</sup> ]
$c\rho$ (luftens värmekapacitet) = (Pettersson, 2013 s.141-142)	1200	[Ws/m <sup>3</sup> K]

# Bilaga 6

$$Q_{dr,el} = Q_{dr,el, \text{ hushäll}} + Q_{dr,el, \text{ värmepump}} = 3036,18 \quad [\text{kWh/år}]$$

$$Q_{dr,el} \text{ hushäll} = 846,184 \quad [\text{kWh/år}]$$

40 kWh per m<sup>2</sup> och år (Energimyndigheten, 2010).

$$Q_{dr,el} \text{ värmepump} = 2190 \quad [\text{kWh/år}]$$

Räknar på lägsta förbrukning för luft-luftvärmepumpen eftersom det är mindre än 25 m<sup>2</sup> som ska värmas (Sjöström, 2015).

## Bilaga 7

$Q_{v\grave{a}} = Q_{v\grave{a}, \text{ solceller}} + Q_{v\grave{a}, \text{ v\ddot{a}rmepump}} + Q_{v\grave{a}, \text{ solinstr\ddot{a}lning}} =$	<b>13 772,33</b>	[kWh/år]
$Q_{v\grave{a}} \text{ solceller} = \text{Utvinning av } 24 \text{ m}^2 \text{ solceller} =$	3500	[kWh/år]
$Q_{v\grave{a}} \text{ v\ddot{a}rmepump} = Q_{\text{dr,el}} \text{ v\ddot{a}rmepump} * 4 =$ (Räknar med en besparing på 40 procent)	8760	[kWh/år]
$Q_{v\grave{a}} \text{ solinstr\ddot{a}lning} = (\text{se utr\ddot{a}kning direkt nedan}) =$	1512,33	[kWh/år]
Solinstrålning = 2 kW/m <sup>2</sup> /dag → 730 kw/m <sup>2</sup> /år (Ssolar, u.å.)	379,6	[kW/m <sup>2</sup> år]
Fönster bör släppa igenom 52 procent av solinstrålningen (Byggportalen, u.å.)		

## Bilaga 8

$Q_{\text{tillskott}} = Q_{\text{tillskott, personv.}} + Q_{\text{tillskott, hush\ddot{a}llsel}} + Q_{\text{tillskott, varmv.}} =$	<b>1183,44</b>	[kWh/år]
$Q_{\text{tillskott}} \text{ personv\ddot{a}rme: } 80 * n * 14 * 365 =$ n = antal personer → 1 stycken 14 = Närvarotid per dygn och person (Sveby, 2009)	408,8	[kWh/år]
$Q_{\text{tillskott}} \text{ v\ddot{a}rme fr\ddot{a}n hush\ddot{a}llsel ca } 75 \% =$ (Byggfysik s.136)	634,64	[kWh/år]
$Q_{\text{tillskott}} \text{ v\ddot{a}rme fr\ddot{a}n varmvatten ca } 20 \% =$ (Byggfysik s.136)	140	[kWh/år]