

# Passivhus i lättbetong

- En analys av konstruktionsdetaljer



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete:  
Niclas Hackfelt

© Copyright Niclas Hackfelt

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

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

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2010

## Sammanfattning

- Titel:** Passivhus i lättbetong – En analys av konstruktions detaljer
- Författare:** Niclas Hackfelt, högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik med arkitektur, Lunds tekniska högskola.
- Handledare:** Mats Dahlblom, Universitetsadjunkt, installations- och klimatiseringslära, Institutionen för Installationsteknik, Lunds tekniska högskola.
- Tomas Gustavsson, Tomas Gustavsson konstruktioner AB i Lund.
- Urban Skogmar, Arkitekt på Metro Arkitekter i Malmö.
- Examinator:** Jesper Arfvidsson, Professor, Avdelningsföreståndare för Byggnadsfysik, Lunds tekniska högskola.
- Syfte:** Syftet är att förse Metro Arkitekter med en rapport om möjligheterna för uppförandet av ett småhus med lättbetongstomme som uppfyller kraven enligt FEBY kravspecifikation för passivhus. Arbetet syftar även till att belysa olika för- och nackdelar för några olika konstruktionsalternativ samt göra inblandade aktörer uppmärksamma på problem som kan uppstå med en lättbetongstomme.
- Metod:** Till ett passivhusprojekt som Metro Arkitekter projekterar har till att börja med projektets förutsättningar med avseende på klimat, placering och tänkta konstruktionsdetaljer tagits fram och studerats. Därefter har alternativa konstruktionsdetaljer arbetats fram för att i ett första skede jämföras ur ett energianvändnings- och effektbehovsperspektiv i simuleringsprogrammet VIP-Energy. I ett andra skede har detaljlösningarna analyserats ur ett konstruktions- och byggnadsfysikaliskt perspektiv för att slutligen presenteras i en helhetslösning som grundar sig på resultatet av de båda analyserna.

**Slutsatser:**

Resultaten av simuleringarna visar på att kraven ej kommer att uppnås varken med de tilltänkta eller de alternativa konstruktionsdetaljerna. Dock visar simuleringar att husets effektbehov kan minskas genom olika åtgärder så som mindre fönsterytor mot norr och bättre isolerade väggar. Simuleringarna visar även på att energianvändningen är starkt beroende av brukarens beteende och att installation av en värmepump skulle göra mycket för energianvändningen. Då skillnaden mellan de olika konstruktionsalternativen rent energimässigt kan ses som obefintliga bör fokus vid val av konstruktionsdetaljer istället ligga på konstruktionsmässiga och byggnadsfysikaliska aspekter. Den tilltänkta grundkonstruktionen anses vara för riskfull och bör av försiktighetsskäl ej användas. Studien visar även på att alternativ till takstolskonstruktionen ger en betydligt mer säker och tryggare takkonstruktion till huset.

**Nyckelord:**

Passivhus, Lättbetongstomme, VIP-Energy, köldbryggor, konstruktionsdetaljer, energianvändning, effektbehov, energisimuleringar

## **Abstract**

**Title:** Passive house in Autoclaved aerated concrete – An analysis of construction details.

**Authors:** Niclas Hackfelt, Bachelor of Science in construction engineering and architecture, Lund Institute of Technology.

**Supervisors:** Mats Dahlblom, University Lecturer, Department of Building Services Engineering, Lund Institute of Technology.

Tomas Gustavsson, Tomas Gustavsson konstruktioner AB in Lund.

Urban Skogmar, Architect Metro Arkitekter in Malmö.

**Examiner:** Jesper Arfvidsson, Professor, Department Heads of Building Physics, Lund Institute of Technology.

**Aim:** The Purpose is to provide Metro Arkitekter with a report on the possibilities for the construction of a house with Autoclaved aerated concrete structure which complies to the specifications of the Passiv house standard from FEBY. The work also aims to highlight the various advantages and disadvantages of some different construction details and make the involved companies aware of the problems that can occur with a heavy Autoclaved aerated concrete structure.

**Method:** For a passive house project, that Metro Arkitekter are involved in planning, the conditions in terms of climate and location have been studied and the proposed construction details have been developed. Alternative construction details were developed to, in the first instance, be compared from a energy use and power demand perspective in the simulation program VIP Energy. The second phase was to analyze the detail solutions from a construction and building physical perspective and finally to present a final solution based on the results of the analysis.

**Conclusion:**

The results of the simulations show that the requirements will not be met with either the proposed or the developed construction details. However, simulations show that the house power demand can be reduced through various measures such as smaller windows to the north and better insulated wall. The simulations also show that the energy use is highly dependent on user behavior but that an installation of a heat pump would make a lot of difference to the energy use. The difference in power and energy use between the various construction details can be seen as non existing. In this case focus on choosing construction details should be on the construction and building physical aspects instead of power and energy use. The report also shows features that the alternative roof construction gives a much safer and more secure roof.

**Keywords:**

Passive house, Autoclaved aerated concrete, VIP-Energy, Thermal bridges, Construction details, Energy use, Power demand, Energy simulation

## Förord

Detta examensarbete på 22,5 högskolepoäng har utförts under våren 2010 på Avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds tekniska högskola i samarbete med Metro Arkitekter i Malmö.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare *Mats Dahlblom*, på avdelningen för Installationsteknik LTH, *Tomas Gustavsson*, på Tomas Gustavsson konstruktioner AB, och *Urban Skogmar*, på Metro Arkitekter, för deras engagemang och vägledning under arbetets gång.

Vill även tacka *Markus Nilsson* på Haaks Stenhus för att han har gett mig viktig information och upplysningar om deras passivhusprojekt samt *Andreas Rosvall* för flertalet givande diskussioner.

Slutligen vill jag passa på att även tacka min familj och mina vänner som hela tiden har stöttat mig vid sidan om mitt arbete.

Lund, Maj 2010

Niclas Hackfelt

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 Syfte</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3 Frågeställningar</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b> .....	<b>11</b>
<b>1.5 Metod</b> .....	<b>12</b>
<b>2 Teori</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Energi – mål och krav</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 EUs energimål .....	13
2.1.2 Svenska energimål .....	13
2.1.3 Svenska regelverk och krav för byggbranschen .....	14
2.1.3.1 PBL .....	14
2.1.3.2 BBR .....	15
<b>2.2 Värme och ventilation</b> .....	<b>15</b>
2.2.1 Värmebalans .....	15
2.2.2 Energiförluster, $E_{ut}$ .....	16
2.2.2.1 Transmissionsförluster .....	16
2.2.2.2 Köldbryggor .....	17
2.2.2.3 Ventilationsförluster .....	18
2.2.3 Energitillförsel, $E_{in}$ .....	18
2.2.3.1 Tillskottsvärme .....	18
2.2.3.2 Köpt energi .....	19
2.2.4 Gradtimmar .....	19
<b>2.3 Passivhus</b> .....	<b>21</b>
2.3.1 FEBY Kravspecifikation för Passivhus .....	22
2.3.1.1 Krav enligt FEBY .....	22
2.3.1.2 Råd enligt FEBY .....	24
2.3.2 Värmesystem .....	25
2.3.2.1 FTX-system .....	26
2.3.2.2 Solfångare för tappvarmvatten .....	27
2.3.2.3 Övrig energitillförsel .....	27
<b>2.4 Energi- och effektberäkningar</b> .....	<b>27</b>
2.4.1 Beräkning av effektkravet enligt FEBY .....	27
2.4.2 Beräkning av energibehov enligt FEBY .....	30
2.4.2.1 Typdata för bostäder .....	31
<b>2.5 Simuleringsprogram VIP-energy</b> .....	<b>32</b>
<b>2.6 Lättbetong</b> .....	<b>33</b>
2.6.1 Tillverkning .....	34
2.6.2 Egenskaper .....	35
2.6.2.1 Kvalitetsgrupper .....	35



2.6.2.2	<i>Luftläckage</i> .....	35
2.6.2.3	<i>Fukt</i> .....	35
2.6.2.4	<i>Bearbetbarhet</i> .....	36
2.6.2.5	<i>Brand</i> .....	36
2.6.2.6	<i>Energiegenskaper</i> .....	36
<b>2.7</b>	<b>Grundläggning för byggnader med tung stomme</b> .....	<b>37</b>
2.7.1	Platta på mark.....	37
2.7.1.1	<i>Räkneexempel</i> .....	38
2.7.1.2	<i>Krypdeformationer i cellplast</i> .....	40
<b>3</b>	<b>Objektbeskrivning</b> .....	<b>42</b>
<b>3.1</b>	<b>Placering</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Arkitektur</b> .....	<b>44</b>
<b>3.3</b>	<b>Tänkt konstruktion</b> .....	<b>46</b>
3.3.1	Tak.....	46
3.3.2	Vägg .....	46
3.3.3	Grund.....	46
3.3.4	Fönster.....	47
3.3.5	Dörrar.....	47
<b>3.4</b>	<b>Tänkt värme- och ventilationssystem</b> .....	<b>47</b>
<b>3.5</b>	<b>Tidigare genomgörd energiberäkning</b> .....	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>Simuleringar</b> .....	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Detaljer</b> .....	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>Indata VIP-energi</b> .....	<b>53</b>
4.2.1	Energiberäkning.....	53
4.2.2	Effektbehovsberäkning.....	55
<b>4.3</b>	<b>Antaganden och felkällor</b> .....	<b>57</b>
<b>4.4</b>	<b>Simuleringsschema</b> .....	<b>58</b>
<b>4.5</b>	<b>Känslighetsanalys</b> .....	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>Simuleringsresultat</b> .....	<b>66</b>
<b>5.1</b>	<b>Energisimuleringar</b> .....	<b>66</b>
5.1.1	Känslighetsanalys .....	67
<b>5.2</b>	<b>Effektbehovssimuleringar</b> .....	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>Konstruktionsanalys</b> .....	<b>70</b>
6.1.1	Detaljer .....	70
6.1.2	Energi – och effektsimulering .....	77
<b>7</b>	<b>Diskussion och Slutsatser</b> .....	<b>79</b>
<b>Referenser</b>	.....	<b>81</b>
Tryckta källor	.....	<b>81</b>
Elektroniska källor	.....	<b>82</b>
Muntliga källor	.....	<b>82</b>
<b>BILAGA 2</b>	.....	<b>85</b>

<b>BILAGA 3</b> .....	<b>86</b>
<b>BILAGA 4</b> .....	<b>87</b>
<b>BILAGA 5</b> .....	<b>88</b>
<b>BILAGA 6</b> .....	<b>89</b>
<b>BILAGA 7</b> .....	<b>90</b>
<b>BILAGA 8</b> .....	<b>91</b>
<b>BILAGA 9</b> .....	<b>92</b>
<b>BILAGA 10</b> .....	<b>93</b>
<b>BILAGA 11</b> .....	<b>94</b>
<b>BILAGA 12</b> .....	<b>95</b>
<b>BILAGA 13</b> .....	<b>96</b>
<b>BILAGA 14</b> .....	<b>97</b>
<b>BILAGA 15</b> .....	<b>98</b>
<b>BILAGA 15</b> .....	<b>98</b>
<b>BILAGA 16</b> .....	<b>99</b>
<b>BILAGA 17</b> .....	<b>100</b>
<b>BILAGA 18</b> .....	<b>101</b>
<b>BILAGA 20</b> .....	<b>103</b>
<b>BILAGA 21</b> .....	<b>104</b>
<b>BILAGA 22</b> .....	<b>105</b>
<b>BILAGA 23</b> .....	<b>106</b>
<b>BILAGA 24</b> .....	<b>107</b>
<b>BILAGA 25</b> .....	<b>108</b>
<b>BILAGA 26</b> .....	<b>109</b>
<b>BILAGA 27</b> .....	<b>110</b>
<b>BILAGA 28</b> .....	<b>111</b>
<b>BILAGA 29</b> .....	<b>112</b>
<b>BILAGA 30</b> .....	<b>113</b>
<b>BILAGA 31</b> .....	<b>114</b>
<b>BILAGA 32</b> .....	<b>115</b>
<b>BILAGA 33</b> .....	<b>116</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Metro Arkitekter i Malmö planerar våren 2010 att i samarbete med lättbetongleverantören H+H i Malmö och Haaks Stenhus i Ängelholm bygga 2 fristående enfamiljshus med massiva lättbetongväggar i Lomma, Skåne. Ambitionen är att husen skall uppnå kraven för ett verifierat Passivhus enligt FEBY (Forum för energieffektiva byggnader). Det som gör dessa två passivhus speciella är att man kommer att använda sig av 500mm tjocka massiva lättbetongväggar. Massiva lättbetongväggar är ett väl beprövat byggsystem, men aldrig tidigare har det använts i ett passivhusprojekt i Sverige.

## 1.2 Syfte

Detta arbete har som syfte att studera möjligheterna för uppförandet av småhus med lättbetongstomme enligt passivhusstandard på en specifik plats. Arbetet syftar även till att belysa olika för- och nackdelar för några olika konstruktionsalternativ samt att göra inblandade aktörer uppmärksamma på problem som kan uppstå vid val en lättbetongstomme.

Metro Arkitekter skall i slutänden förses med en rapport som ger en antydan till om FEBY krav för passivhus är rimliga att uppnå för deras husprojekt samt ge viss vägledning om hur olika konstruktionsdetaljer kan utformas.

## 1.3 Frågeställningar

- Kan husprojektet nå kraven för Passivhusstandard enligt FEBY?
- Vilka för- och nackdelar har de olika alternativen av konstruktionsdetalj inom arbetets avgränsningar?
- Hur pass mycket spelar brukarens vanor in på husets energianvändning och vilka åtgärder kan man vidta för att minska husets energianvändning?
- Vilken kombination av konstruktionsdetaljer bör man använda för att nå bästa möjliga resultat inom arbetets avgränsningar?

## 1.4 Avgränsningar

Konstruktionsdetaljerna kommer endast att bedömas utifrån deras påverkan på byggnadens energianvändning och effektbehov samt deras för- och nackdelar ur ett konstruktionsperspektiv. Aspekter som kostnad och tid på arbetet för de olika konstruktionsdetaljerna kommer ej att tas upp i detta arbete.

## 1.5 Metod

Som ett första steg i arbetet kontaktades inblandade aktörer för att kunna skapa sig en god kännedom över projektet. Arkitekten *Urban Skogmar* från *Metro Arkitekter* och konstruktören *Markus Nilsson* från *Haaks Stenhus*, som kommer stå för konstruktionen av byggnaderna, tillhandahöll mig med all fakta och ritningar som fram tills dess var framtagna. Då man endast befann sig i ett inledande skede av projektet fanns endast ritningar för grundkonstruktion, vägg- och fönsterdetaljer framtagna. Dock hade man diskuterat övriga detaljlösningar och hade en ganska klar bild om hur dessa skulle utformas. Med hjälp av diskussioner med arkitekten och konstruktören och med ritningar från tidigare liknande projekt togs ritningar fram för hur dessa detaljer ungefär var tänkta att utformas. Tillsammans med *Tomas Gustavsson*, på *Tomas Gustavsson Konstruktioner AB*, togs sedan alternativa lösningar till de tilltänkta detaljkonstruktionerna fram. Materialen för konstruktionsdetaljerna definierades och materialdata sammanställdes för att enkelt kunna tas fram vid behov under arbetet. Med hjälp av energisimuleringsprogrammet *VIP-Energy* utfördes simuleringar på olika kombinationer av konstruktionsdetaljer för huset för att ta fram energianvändningen samt effektbehovet. Resultaten för de olika konstruktionskombinationerna sammanställdes därefter för att se vilken kombination som gav bäst resultat på energianvändningen och på effektbehovet. I samband med detta gjordes även en känslighetsanalys för att se hur brukarens vanor och andra åtgärder som att installera en värmepump kom att påverka resultaten av simuleringarna.

För- och nackdelar för de olika konstruktionsdetaljerna togs fram för att sedan sammanfattas till en helhetslösning ur ett konstruktionsperspektiv. Mycket tyngd lades i denna fråga på grund- och takkonstruktionen. Resultat från de båda analyserna jämfördes och vägdes slutligen ihop till en slutgiltig helhetslösning för byggnadens detaljer.

Parallellt med de olika arbetsmomenten har kompletterande litteraturstudier hela tiden gjorts under arbetets gång. Detta för att hela tiden kunna tillgodogöra sig de framtagna resultaten och för att förstå dess innebörd på bästa sätt.

## 2 Teori

### 2.1 Energi – mål och krav

Människans slöseri med energi är en stor bidragande orsak till klimatförändringen. En effektivisering av vår energianvändning är därför en viktig del för att minska den negativa utvecklingen av klimatändringen. Siffror visar på att uppvärmning och ventilation till byggnader idag står för ca 40 % av den totala elförbrukningen i EU och globalt<sup>1</sup>. Vilket gör våra byggnader till en av de absolut största energislukarna i vårt samhälle

#### 2.1.1 EUs energimål

I Mars, 2010, presenterade EU-kommissionen den nya 2020-strategin som fokuserar på fem mätbara mål från den tidigare Lissabonstrategin. Ett av dessa mål behandlar klimat och energi och bekräftar att de tidigare 20/20/20-målen skall nås.<sup>2</sup>

20/20/20-målen innebär att EU fram till år 2020:

- Skall minska sina växthusutsläpp med 20 procent.
- Skall uppnå en 20 procentig energieffektiviseringen.
- Skall öka sin användning av förnybara energi till 20 procent

#### 2.1.2 Svenska energimål

Riksdagen har satt upp sexton nationella mål som beskriver den situation som man vill uppnå för Sveriges miljö, natur- och kulturreсурser fram till år 2020. Man har även tagit fram sjuttiofyra delmål för att precisera tillvägagångssättet för att nå de sexton miljömålen.<sup>3</sup> Mål nummer femton, ”*God bebyggd miljö*”, är det mål som beskriver hur städer, tätorter och annan bebyggd miljö skall bidra till en mer hållbar regional och global miljö. Under detta miljömål finner man delmålet, ”*Energianvändning m. m. i byggnader (2020/2050)*”, som anger Sveriges mål angående energianvändning i byggindustrin:

<sup>1</sup> Passivhuscentrum (2009), *Vad är ett passivhus?*

<sup>2</sup> Energimyndigheten. (2010), *Energi viktig del i EU:s nya 2020-strategi*

<sup>3</sup> Miljömålsrådet. (2010), *Om miljömålen*

*”Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler minskar. Minskningen bör vara 20 procent till år 2020 och 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Till år 2020 skall beroendet av fossila bränslen för energianvändningen i bebyggelsesektorn vara brutet, samtidigt som andelen förnybar energi ökar kontinuerligt.”<sup>4</sup>*

Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder bör alltså minska med 20 procent till år 2020 och med 50 procent till år 2050 i jämförelse med vad användningen var år 1995. För att klara dessa uppsatta mål till 2020 och 2050 krävs stora ansträngningar från samhället och det är viktigt att försöka hitta nya tekniska lösningar för att åstadkomma detta. Varje svenskt miljömål har en ansvarig myndighet. För *”God bebyggd miljö”* ansvarar Boverket som tillsammans med organisationer och företag i branschen skall utveckla lämpliga vägvisningar för miljömålsarbetet. Boverket utarbetar därför bland annat regelsamlingar med krav för branschen. I Boverkets Byggregler, BBR, finns det därför ett kapitel innehållande föreskrifter och allmänna råd angående energihushållning (avsnitt 9, Energihushållning).

### 2.1.3 Svenska regelverk och krav för byggbranschen

I Sverige finns det en del viktiga regelverk med krav som skall följas vid uppförande av byggnader.

- **PBL** (Plan och Bygglagen)
- **BBR** (Boverkets Byggregler)
- **BKR** (Boverkets Konstruktionsregler)

#### 2.1.3.1 PBL

Denna lag innehåller bland annat bestämmelser om planläggning av mark och vatten och om byggande. Bestämmelserna syftar till att med beaktande av den enskilda människans frihet främja en samhällsutveckling med jämlika och goda sociala levnadsförhållanden och en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Miljömålsrådet. (2010), *Energianvändning m. m. i byggnader (2020/2050)*

<sup>5</sup> Plan- och bygglag (1987:10)

### 2.1.3.2 BBR

Boverkets Byggregler, BBR, innehåller bland annat specifika regler och krav på en byggnads energihushållning. Dessa regler och krav finner man i avsnitt 9; Energihushållning. Krav ställs här på byggnadens energianvändning, minst godtagbar värmeisolering för byggnaden, krav på värme-, kyl- och luftbehandlingsinstallationer, effektiv elanvändning och på installation av mätsystem för uppföljning av byggnadens energianvändning.

## 2.2 Värme och ventilation

Siffror visar på att uppvärmning och ventilation av byggnader står för ca 40 % av den totala elförbrukningen i EU och är därför ett av de områden man bör se över för att nå fram till de uppsatta miljömålen<sup>6</sup>. I det följande kommer en genomgång av en byggnads olika uppvärmnings- och ventilationsparametrar<sup>7</sup>.

### 2.2.1 Värmebalans

För att hålla önskad temperatur i en byggnad krävs att en värmebalans erhålls i byggnaden. Med detta menas att lika mycket energi som går förlorad genom att värme oavsiktligt försvinner ut genom byggnadens klimatskal,  $E_{ut}$ , måste ersättas,  $E_{in}$ , för att en konstant temperatur skall erhållas i byggnaden. Enkelt kan detta uttryckas med *Ekvation 1*.

$$\text{Ekvation 1.} \quad E_{ut} = E_{in} \quad [\text{Wh}]$$

Detta går även att uttrycka i effekt. Se *Ekvation 2*.

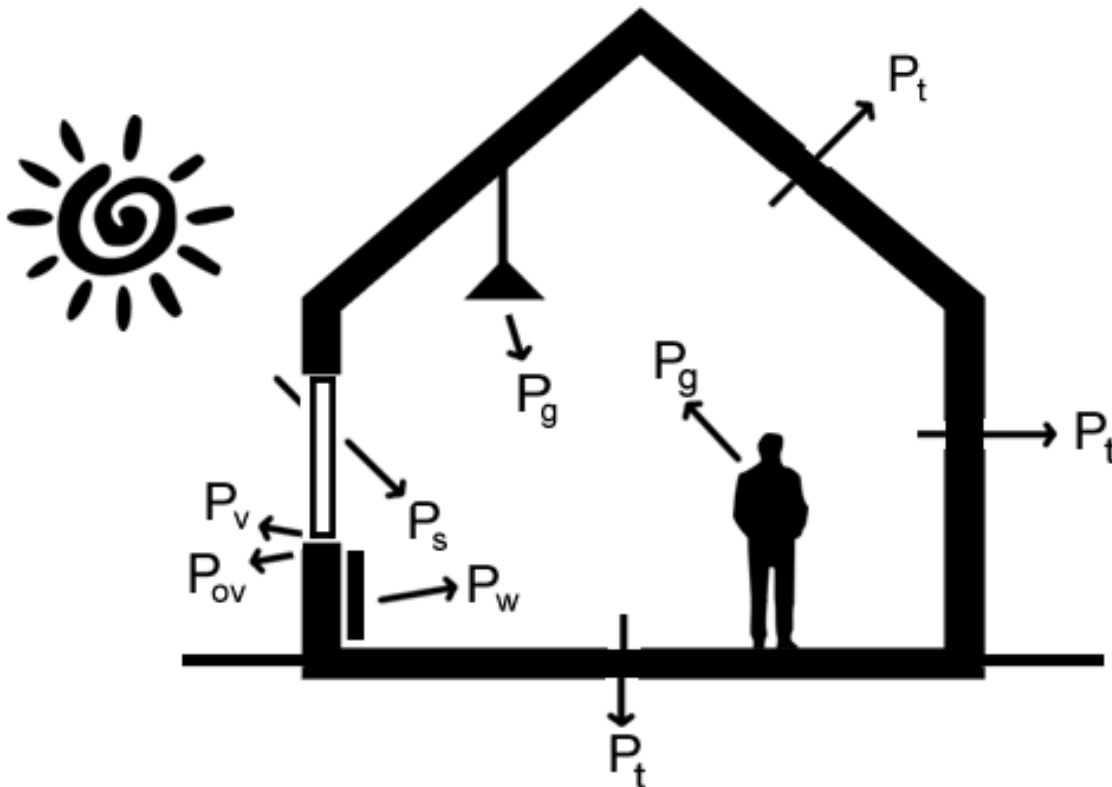
$$\text{Ekvation 2.} \quad P_{ut} = P_{in} \quad [\text{W}]$$

Den effekt som går förlorad genom byggnadens klimatskal är främst ventilationsförluster (kontrollerad och okontrollerad),  $P_v$  och  $P_{ov}$ , samt transmissionsförluster,  $P_t$ . Effekt som tillförs byggnaden kommer främst från solinstrålningen,  $P_s$ , gratisvärmens från aktiviteter i byggnaden,  $P_g$ , och värmeeffekten från värmesystemet,  $P_w$ . Detta ger värmebalansekvationen, *Ekvation 3*.

$$\text{Ekvation 3.} \quad P_t + P_{ov} + P_v = P_w + P_s + P_g \quad [\text{W}]$$

<sup>6</sup> Passivhuscentrum (2009), *Vad är ett passivhus?*

<sup>7</sup> Warfvinge C. (2008), *Installationsteknik AK för V*



Figur 1. En byggnads värmebalans när temperaturen är högre inne än ute.

### 2.2.2 Energiförluster, $E_{ut}$

De oavsiktliga energiförlusterna som försvinner ut ur byggnadens klimatskal kan beskrivas med *Ekvation 4*.

**Ekvation 4.** 
$$E_{ut} = Q_{tot} \cdot G_T \quad [\text{Wh}]$$

$Q_{tot}$  = Totala transmissions- och ventilationsförluster  $[\text{W/K}]$

$G_T$  = Gradtimmar (Se avsnitt om Gradtimmar)  $[\text{Kh}]$

De totala transmissions- och ventilationsförlusterna kan vidare beskrivas med *Ekvation 5*.

**Ekvation 5.** 
$$Q_{tot} = Q_{trans} + Q_{\psi} + Q_{vent} \quad [\text{W/K}]$$

$Q_{trans}$  = Specifika transmissionsförluster  $[\text{W/K}]$

$Q_{\psi}$  = Specifika förluster genom köldbryggor  $[\text{W/K}]$

$Q_{vent}$  = Specifika ventilationsförluster  $[\text{W/K}]$

#### 2.2.2.1 Transmissionsförluster

I transmissionsförlusterna ingår de energiförluster som sker genom materialen i en konstruktion (T.ex. grund, väggar, fönster, dörrar och tak) på grund av



värmeledning, konvektion och strålning. För att kunna räkna ut transmissionsförlusterna för en byggnad måste man veta U-värdena för alla dess delar. U-värdet är en konstruktionsdel eller ett materials värmeomgångskoefficient och är ett mått på hur god isolerande förmåga denna har. Hur man räknar fram en konstruktionsdel eller ett materials U-värde framgår av *Ekvation 6*.

$$\text{Ekvation 6.} \quad U = 1/\Sigma R_i = 1/\Sigma(d_i/\lambda_i) \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$R_i = \text{Värmeövergångsmotstånd för materialet } i \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$d_i = \text{Tjocklek för materialet } i \quad [\text{m}]$$

$$\lambda_i = \text{Värmekonduktiviteten för materialet } i \quad [\text{W/mK}]$$

Vidare beräknas byggnadens totala värmeförlustkoefficient  $F_s$  för de konstruktionsdelars ytor som gränsar mot inneluft. Se *Ekvation 7*.

$$\text{Ekvation 7.} \quad F_s = \Sigma (U_i \cdot A_i)/A_{om} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$U_i = \text{U-värdet hos konstruktionsdel } i \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$A_i = \text{Arean hos konstruktionsdel } i \quad [\text{m}^2]$$

$$A_{om} = \text{Omslutande area} \quad [\text{m}^2]$$

Det går nu att räkna fram byggnadens transmissionsförluster enligt *Ekvation 8*.

$$\text{Ekvation 8.} \quad Q_t = F_s \cdot A_{om} \quad [\text{W/K}]$$

$$F_s = \text{Värmeförlustkoefficient för byggnaden} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$A_{om} = \text{Omslutningsarea} \quad [\text{m}^2]$$

#### 2.2.2.2 Köldbryggor

En köldbrygga är en konstruktionsdetalj eller en del av en konstruktion där värmeflödet är sämre än i övriga delar av klimatskalet. Exempel på köldbryggor är anslutningar mellan grund-vägg, vägg- fönster, vägg- tak, hörn och infästningar mm. Då köldbryggors transmissionsförluster är komplicerade att räkna på görs detta enklast via ett datorsimuleringsprogram.

Programmet tar då fram en linjär värmeomgångskoefficient,  $\Psi$ , för köldbryggan som sedan används i *Ekvation 9* för att räkna ut värmeflödet ur köldbryggan.

$$\text{Ekvation 9.} \quad Q_\psi = \Psi \cdot l \quad [\text{W/K}]$$

$$\Psi = \text{Linjära värmeomgångskoefficienten} \quad [\text{W/mK}]$$

$$l = \text{Köldbryggans längd} \quad [\text{m}]$$

### 2.2.2.3 Ventilationsförluster

Vid den nödvändiga ventilationen av en byggnad byts den uppvärmda luften innanför klimatskalet ut mot ny fräsch luft utifrån. Då ingen värmeåtervinning sker kommer mycket energi som gått åt för att värma upp luften i byggnaden försvinna ut med ventilationen,  $Q_v$ . Även genom otätheter i klimatskalet (ofrivillig ventilation,  $Q_{ov}$ ) går mycket av denna energi förlorad. Dessa energiförluster går under namnet ventilationsförluster. Dessa förluster måste alltså ersättas med ny energi för att värma upp den kalla nya luften utifrån. För att minska dessa ventilationsförluster kan man dock använda sig av någon form av värmeåtervinning. Ett vanligt exempel på detta är ett FTX-system. Mer om FTX-system kan du läsa under kapitlet om passivhus. För att beräkna ventilationsförlusterna storlek för en byggnad används *Ekvation 10*.

**Ekvation 10.** 
$$Q_{vent} = Q_v + Q_{ov} = (n_{störd} \cdot (1 - v) + n_{läck}) \cdot V \cdot \rho \cdot C_p \quad [\text{W/K}]$$

$n_{störd}$  = Luftomsättningen per volymenhet [oms/h]

$n_{läck}$  = Luftomsättningen per volymenhet [oms/h]

$v$  = Verkningsgrad för värmeåtervinning [%]

$V$  = Volym [m<sup>3</sup>]

$\rho$  = Luftens densitet [kg/m<sup>3</sup>]

$C_p$  = Luftens specifika värmekapacitet [J/kgK]

### 2.2.3 Energitillförsel, $E_{in}$

Tillförseln av värme till en byggnad kan delas upp i två kategorier, passiv uppvärmning och aktiv uppvärmning. Passiv uppvärmning är sådan uppvärmning som sker oundvikligt och brukar kallas för gratisvärme. Hit hör uppvärmning genom solinstrålning och genom de aktiviteter, så som personvärme och processvärme, som pågår i byggnaden,  $E_{tillskott}$ . Genom att utforma huset och dess konstruktion på ett lämpligt sätt kan denna så kallade gratisenergi utnyttjas för till stor del ersätta den köpta energin (Läs mer i kapitlet 2.3 *Passivhus*). Men då denna så kallade gratisenergin oftast inte räcker till för att väga upp för energiförlusterna i byggnaden krävs ett tillskott av köpt energi,  $E_{köpt}$ . Det är denna värmeförsel som går under kategorin aktiv uppvärmning. Den energi som tillförs byggnaden kan beskrivas enligt *Ekvation 11*.

**Ekvation 11.** 
$$E_{in} = E_{tillskott} + E_{köpt} \quad [\text{Wh}]$$

#### 2.2.3.1 Tillskottsvärme

Till tillskottsvärmen tillhör den så kallade gratisvärmen som kommer från solinstrålning genom fönster, personvärme från personer i byggnaden samt

processenergin. Se *Ekvation 12*. Med Processenergin menas den värme som alstras från apparater i byggnaden så som belysning, kyl/frys och spis och som inte har som huvudsyfte att värma byggnaden.

$$\text{Ekvation 12.} \quad E_{\text{tillskott}} = E_{\text{sol}} + E_{\text{process}} + E_{\text{person}} \quad [\text{Wh}]$$

$$E_{\text{sol}} = \text{Solinstrålning} \quad [\text{Wh}]$$

$$E_{\text{process}} = \text{Processenergi} \quad [\text{Wh}]$$

$$E_{\text{person}} = \text{Personenergi} \quad [\text{Wh}]$$

Då det in finns några schablonvärden för dessa enskilda parametrar är de ganska svåra att uppskatta i projekteringsfasen. Detta beror på att dessa värden helt skiljer sig från byggnad till byggnad och är helt beroende på brukarens vanor, energiklass på apparater och på husets orientering och fönsterareor. Dock finns det formler för uppskattning av dessa värden. Läs mer om detta under kapitlet 2.4 *Energi- och effektberäkningar*.

### 2.2.3.2 Köpt energi

För att väga upp för energiförlusterna från byggnaden som gratisenergin inte klarar av att stå för krävs ett tillskott av värme i form av köpt energi. Vid en energiberäkning är det denna post ur värmebalansen som i slutändan är av störst intresse och den post man strävar efter att få så låg som möjligt för byggnaden. Läs mer under kapitlet 2.4 *Energi- och effektberäkningar*. Vid uträkning av den köpta energin är det viktigt att beakta värmesystemets verkningsgrad. Med detta menas att man skall ta hänsyn till de värmeförluster som sker längst distributionsnätet till rummen som skall värmas upp. Görs inte detta utan man endast tillför byggnaden den, enligt energiberäkningen, framräknade behovet av köpt energi, så kommer man inte att täcka byggnadens energibehov. För att räkna fram en byggnads verkliga behov av köpt energi används *Ekvation 13*.

$$\text{Ekvation 13.} \quad E_{\text{köpt}} = E_{\text{uppvärmning}} / \eta \quad [\text{Wh}]$$

$$\eta = \text{Verkningsgrad för uppvärmningssystemet} \quad [\%]$$

### 2.2.4 Gradtimmar

En byggnad behöver under stora delar av året ingen tillförsel av köpt energi då inga energiförluster genom klimatskalet sker. Detta inträffar när temperaturen utomhus är högre än inomhus. För att kompensera för detta i beräkningen av energiförluster använder man sig av något som kallas gradtimmar. För att ta fram gradtimmar för en byggnad behöver man först ta fram en gräns för utomhustemperaturen där tillförsel av köpt energi till byggnaden blir nödvändig. Då gratisenergin från solinstrålning, personer och apparater

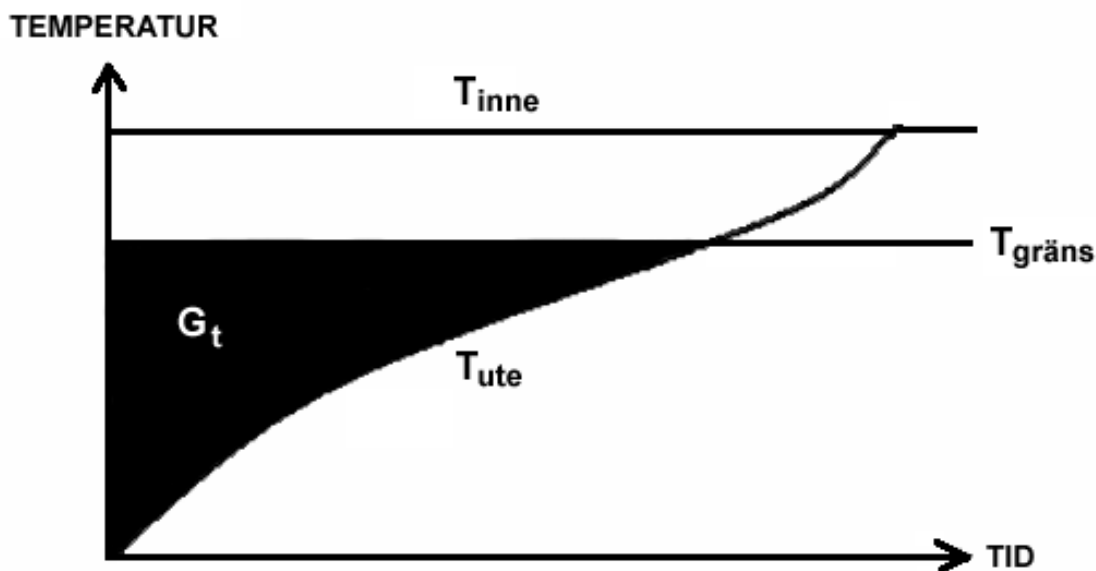
medverkar till att värma inomhustemperaturen kan denna temperaturgräns beräknas enligt *Ekvation 14*.

$$\text{Ekvation 14.} \quad T_{\text{gräns}} = T_{\text{inne}} - E_{\text{tillskott}} / (8760 \cdot Q_{\text{tot}}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Gradtimmor definieras därefter enligt *Ekvation 15*.

$$\text{Ekvation 15.} \quad G_T = \int (T_{\text{gräns}} - T_{\text{ute}}) dt \quad [^{\circ}\text{Ch}]$$

Ekvationen kan beskrivas så som summan av antal grader som utomhustemperaturen understiger den gränstemperatur då man måste tillföra uppvärmningsenergi till byggnaden multiplicerat med den tid under vilken dessa förhållanden råder. Detta kan även åskådliggöras med *figur 2* där den markerade ytan motsvarar gradtimmer



*Figur 2. Utetemperatur, Innetemperatur och gränstemperaturen under ett år. Svart yta motsvarar gradtimmer.*

Då tiden under vilket dessa förhållanden råder är starkt beroende av byggnadens geografiska läge och årliga temperatursvängningar finns  $G_T$  tabellerat. Det tas därför enkelt fram vid projekteringen av en byggnad.

## 2.3 Passivhus

Passivhus kan komma att vara den hustyp som i framtiden bidrar till att uppnå de ställda klimatmålen för byggsektorn och som hjälper till att bromsa den negativa klimatförändringen. Huset är konstruerat för att så långt om möjligt eliminera alla värmeförluster ur klimatskalet och på så sätt göra behovet av radiatorer obefintligt. Detta betyder att huset måste vara oerhört välisolerat och ha få köldbryggor för att minimera transmissionsförlusterna genom väggar, golv, tak, dörrar och fönster. I Passivhuscentrums broschyr kan man läsa följande riktvärden för ett passivhus:<sup>8</sup>

**Fönster, dörrar:** U-värde  $< 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Golv, tak, väggar:** U-värde  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Huset måste även vara så pass tätt att värmen i luften inomhus skall kunna återvinnas och värma upp den inkommande ventilationsluften. Detta åstadkoms enklast med en värmeväxlare i t.ex. ett FTX-system. För att kompensera för de kvarvarande transmissions- och ventilationsförlusterna från huset skall det då räcka med värmen från i huvudsak solinstrålningen genom fönster, människor, hushållsapparater, hemelektronik och belysning. Allt som allt cirka 1300 kWh per år. För uppvärmning av varmvatten använder man sig vanligt vis av solfångare.<sup>8</sup> Det är även viktigt att titta på husets form. Man bör bygga ett passivhus enligt en kub för att skapa maximalt med golvarea jämfört med väggarean då man vill hålla nere areor där energiförlusterna är som störst men samtidigt skapa en stor och rymlig bostad. Denna form är även bra då den ej har lika många hörn som en komplicerad huskropp och därav färre köldbryggor. Fönsters storlek och orientering har också stor betydelse för att skapa ett optimalt passivhus. Samtidigt som man vill eftersträva så små fönsterareor som möjligt för att minska transmissionsförlusterna från dessa vill man ha stora fönsterareor för att tillgodogöra sig så mycket av solinstrålning som möjligt då denna är en av husets primära värmekällor. Man bör därför i Sverige sträva efter små fönsterareor i husets fasader mot norr och söder men större fönsterareor i fasader mot öster och väster. Av denna anledning bör utrymmen med mindre behov av fönsterpartier så som sovrum, klädkammare, badrum och tvättrum placeras mot norr och rum med större behov av fönsterpartier så som kök och vardagsrum mot öster och väster.<sup>9</sup> Ett passivhus kan alltså sammanfattas som ett hus med god komfort, utan drag och kallras och med minimala ventilations- och transmissionsförluster.

<sup>8</sup> Passivhuscentrum (2010), *Vad är ett passivhus?*

<sup>9</sup> Karringer A. (2008), *Passivhus – studie om miljövänliga och energisnåla bostäder.*

### 2.3.1 FEBY Kravspecifikation för Passivhus

Forum för Energieffektiva Byggnader, FEBY, har tillsammans med branschen på uppdrag av Styrgruppen för Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus tagit fram en kravspecifikation för Passivhus i Sverige. Första versionen kom ut 2007 och har sedan dess reviderat till en ny version 2008 och nu senast 2009. Den senare är en mer omfattande sådan. Denna kravspecifikation anger de grundläggande krav som måste uppfyllas av en byggnad för att få klassas som ett Passivhus.<sup>10</sup>

#### 2.3.1.1 Krav enligt FEBY

Nedan följer de krav från FEBY Kravspecifikation för Passivhus som kan anses vara av intresse för denna rapport. För övriga krav på t.ex. större bostäder alt. offentliga byggnader så som skolor mm. hänvisas till ”*Kravspecifikation för Passivhus i Sverige version 2009*”

#### **Övergripande krav:**

Utöver de krav som anges här gäller minst krav enligt Boverkets Byggregler, för närvarande BBR 16 (BFS 2008:20).

#### **Uppvärmning**

Effektbehov för värme vid dimensionerande utetemperatur.

#### **Krav:**

Effektkrav för mindre en- och tvåfamiljshus < 200 m<sup>2</sup>/bostad:

zon III	$P_{max} = 12 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$
zon II	$P_{max} = 13 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$
zon I	$P_{max} = 14 \text{ W/m}^2 A_{temp+garage}$

*Kommentar: Effektkravet avser utgående effekt på värmedistributionssystemet, inte t.ex. ingående eleffekt till en värmepump.*

*Zonerna motsvarar klimatzon enligt BBR 16 (BFS 2008:20).*

*Med  $A_{temp}$  avses golvarean i ”...temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida ( $m_2$ )”, dvs på så sätt som den är definierad i BBR 16 (BFS 2008:20) samt golvarean för garage innanför klimatskärmen. Inga avdrag för snedtak skall göras så som görs vid mätning av bruksarean (BOA)<sup>10</sup>*

<sup>10</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

**Ljud:**

Ljud från ventilationssystemet skall klara minst ljudklass B i sovrum, enligt SS 02 52 67 och i undervisningsrum klara minst ljudklass B, enligt SS 02 52 68.

**Termisk komfort:**

Tillufttemperatur efter eftervärmare ska uppgå till högst 52 grader i respektive tilluftsdon när tilluftssystemet används som värmebärare.

**Luftläckning:**

Uppmätt luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,30 l/s m<sup>2</sup> vid en tryckdifferens på 50 Pa (dvs medelvärdet av över och undertryck), enligt SS-EN 13829 eller enligt förenklade metoder beskrivna i denna standard.

**Fönster:**

Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier ska vara högst 0,90 W/m<sup>2</sup> K.

U-värden skall vara mätt av ackrediterat provningslaboratorium enligt standard SS-EN ISO 12567-1 för ett representativt fönster exempelvis 12x12M, dvs. inklusive karm, båge och glas. För övriga storlekar på glaspartier kan beräkningar göras enligt SS-EN ISO 10077-1.

*Kommentar: Ambitionen är att vid en senare revidering av kriterierna höja kravet på fönsters U-värde till 0.8 W/m<sup>2</sup> K.*

**Mätning:**

För att i efterhand kunna verifiera byggnadens energitekniska egenskaper ska energianvändningen på minst månadsbasis kunna avläsas för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi var för sig. Notera att i fastighetsel ingår inte el till tvättstuga. Större delposter av hushållsel och fastighetsel som inte används innanför klimatskalet bör kunna mätas separat (el till extern avisning, belysning av gångstigar, motorvärmarruttag, etc) då dessa inte ger spillvärme. Därutöver mäts vattenvolym till varmvattenberedning och antal boende noteras.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

### 2.3.1.2 Råd enligt FEBY

Nedan följer de råd från FEBY Kravspecifikation för Passivhus som kan anses vara av intresse för denna rapport. För övriga krav på t.ex. större bostäder alt. offentliga byggnader som skolor mm. hänvisas till ”FEBY Kravspecifikation för Passivhus i Sverige version 2009”

#### Uppvärmning:

Ventilationssystemet bör ha en ventilationsvärmeväxling som vid dimensionerande utetemperatur reducerar ventilationens systemförluster med minst 70 % jämfört med ett rent frånluftssystem utan värmeåtervinning. Högre värden kan krävas, främst i zon I och zon II.

#### Varmvatten:

För att minska energibehovet rekommenderas att:

- betalningsincitament genom fördelningsmätning finns
- resurseffektiva ettgreppsblandare installeras

#### Fastighetsel:

Ventilationssystemet bör ha ett SFP-värde på högst 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).

Fastighetselen för småhus bör normalt vara mindre än 5 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp+garage</sub>

#### Köpt energi

Följande förenklade rekommendation för köpt oviktad energi kan användas för energiförsörjningsmässigt renodlade systemlösningar för bostäder, skolor och förskolor:

##### zon III

$$E_{\text{köpt}} \leq 50 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$$

för icke elvärmda byggnader

$$E_{\text{köpt}} \leq 30 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$$

för elvärmda byggnader

##### zon II

$$E_{\text{köpt}} \leq 54 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$$

för icke elvärmda byggnader

$$E_{\text{köpt}} \leq 32 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$$

för elvärmda byggnader

##### zon I

$$E_{\text{köpt}} \leq 58 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$$

för icke elvärmda byggnader

$$E_{\text{köpt}} \leq 34 \text{ kWh}_{\text{köpt}}/\text{m}^2 A_{\text{temp+garage}}$$

för elvärmda byggnader



**Termisk komfort:**

Innetemperatur under perioden april – september bör inte överstiga 26 grader mer än högst 10% av tiden i det mest utsatta rummet (eller den mest utsatta delen i byggnaden). Vid större glasade partier bör operativ temperatur vid DUT beräknas för att säkra en bra termisk komfort. Även val av lågt U-värde på fönster har då betydelse.<sup>12</sup>

### 2.3.2 Värmesystem

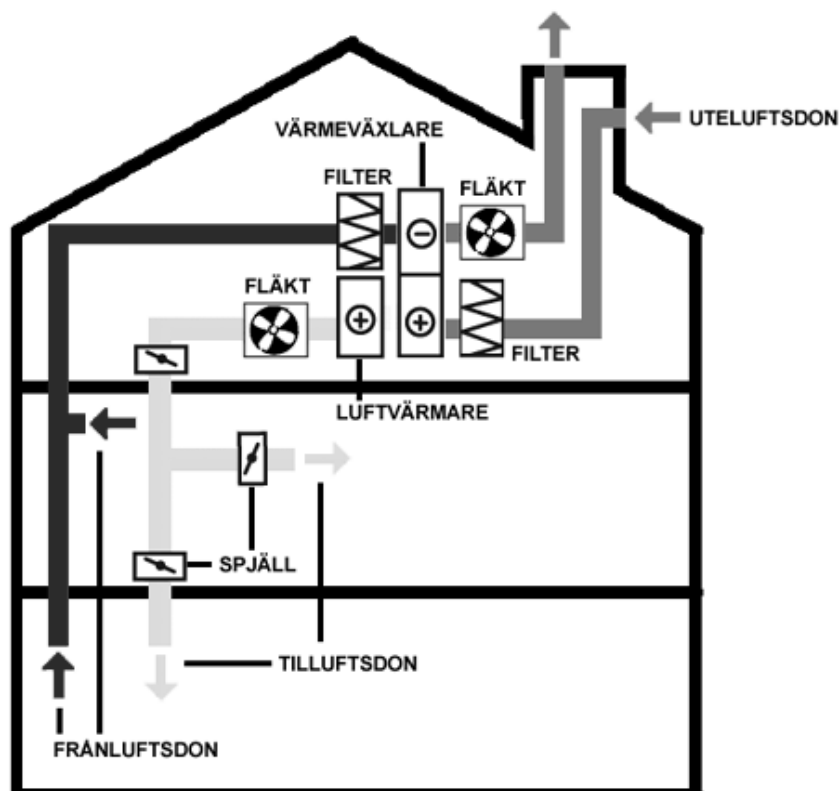
Ett värmesystem har till uppgift att uppfylla de temperatur- och komfortkrav som ställs på en byggnad. Det skall alltså se till att inomhustemperaturen hålls konstant genom att ersätta värmeförlusterna från huset med rätt mängd värme.<sup>13</sup> I ett Passivhus skall som nämnts tidigare nämnts inget behov av radiatorer eller golvvärme finnas. Detta åstadkoms bl.a. genom utnyttjandet av gratisenergi och en tät byggnad där värmen i den redan uppvärmda inomhusluften återvinns i så stor utsträckning som möjligt när den byts ut mot ny fräsch luft utifrån. Denna återvinning av värme blir möjlig med hjälp av ett s.k. FTX-system.

<sup>12</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

<sup>13</sup> Warfvinge C. (2008), *Installationsteknik AK för V*

### 2.3.2.1 FTX-system

Ett FTX-system (F står för frånluft, T för tilluft och X för värmeväxling) bygger på ett vanligt FT-system där uteluft tas in till ett aggregat där luften filtreras och värms upp till önskad tilluftstemperatur. En fläkt transporterar sedan den uppvärmda luften till olika vistelsezoner i byggnaden. Tilluftsflödet är 10-15% mindre än frånluftsflödet för att skapa ett undertryck i byggnaden och undvika att varm och fuktig rumsluft trycks ut i konstruktionen med risk fuktproblem som följd. Det som skiljer FTX-systemet från ett traditionellt FT-system är uppvärmningen av tilluften. I ett FTX-system passerar den varma frånluften en värmeväxlare där värmen från denna överförs till den nya fräscha tilluften. Detta för att minska energibehovet för uppvärmning av tilluften som annars är mycket energikrävande. Värmeväxlingen kan ske på ett antal olika sätt men de vanligaste är roterande värmeväxling, batterivärmeväxlare, plattvärmeväxlare och värmepump. Vissa av dessa värmeväxlare finns idag med upp till 85 % temperaturåtervinning.<sup>14</sup>



Figur 3. Ett exempel på ett FTX-system.

<sup>14</sup> Warfvinge C. (2008), *Installationsteknik AK för V*

### 2.3.2.2 Solfångare för tappvarmvatten

Solen kan under ca 4-6 månader, beroende på geografiskt läge och förbrukningsmönster, leverera värme och varmvatten till en bostad (ca 2000 kwh/år). Solfångare är därför ett bra sätt att ytterligare täcka in passivhusets energibehov. Oftast används dessa för att täcka energibehovet för uppvärmningen av husets tappvarmvatten. Enkelt kan ett solvärmesystem uppbyggnad beskrivas som en krets med förbindelserör som sammanbinder 3 olika komponenter; solfångare, värmelager och ett drivpaket. Solens strålar värmer via en absorbator upp ett medium i solfångarna som oftast är placerade på taket. En pump i drivpaketet cirkulerar mediet i kretsen. När detta når värmelagret (systemtanken) sker en värmeväxling till t.ex. husets tappvarmvattensystem.<sup>15</sup>

### 2.3.2.3 Övrig energitillförsel

Då gratisenergin ej klarar av att stå för hela energibehovet för en bostad under årets alla månader krävs tillförsel av en mindre mängd köpt energi till byggnaden. Detta sker oftast via ventilationen då byggnaden ofta saknar både radiator- och golvvärmesystem. Årets kallaste dagar räcker det dock med en lätt uppvärmning av tilluften med ett värmeelement (t.ex. el, pellets eller fjärrvärme). Detta värmeelement placeras efter värmeväxlaren där tilluften tillgodosett sig upp till 85 % av värmen från frånluften.<sup>17</sup>

## 2.4 Energi- och effektberäkningar

För dimensionering av värmesystem och för kontroll av att krav på inomhusklimatet följs görs i projekteringsskedet effekt- och energi-beräkningar. Då osäkerheten i att bestämma olika faktorer är stor i dessa beräkningar finns det förenklade modeller för att lättare kunna uppskatta dessa energi- och effektbehov.<sup>18</sup> I ”FEBY Kravspecifikation för Passivhus” finns anvisningar om hur dessa beräkningar skall utföras vid projektering av Passivhus.

### 2.4.1 Beräkning av effektkravet enligt FEBY

Denna beräkning kan göras för hand eller med hjälp av ett datorprogram. Dock måste då programmet vara anpassat efter kravspecifikationens ekvationer.

<sup>15</sup> Energimyndigheten (2009), *Solklart – solvärme!*

<sup>16</sup> Passivhuscentrum (2010), *Vad är ett passivhus?*

<sup>17</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus.*

Beräkningen av effektkravet grundar sig på den tidigare nämnda värmebalansen (Se kapitlet 2.2 *Värme och ventilation*). Dock med vissa antaganden om försumning. Generellt kan beräkningen beskrivas som "... summan av byggnadens värmeförluster via transmission och ventilation vid dimensionerande utetemperatur, efter avdrag för givet schablonvärde för intern spillvärme, ... I detta förlusttal ingår även ventilationens värmeeffektörluster. Vädringsbeteende antas ge försumbara förluster vid  $DUT_{20}$  liksom solinstrålning antas ge försumbart bidrag."<sup>19</sup> Detta ger Ekvation 16. Vidare anger kravspecifikationen även vissa förutsättningar för beräkningen. Den dimensionerande inomhustemperaturen skall vara 20°C och den dimensionerande utetemperaturen skall bestämmas enligt svensk standard.

**Ekvation 16**[W/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>]

$$P_{byggnad} = ((\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \Psi_k) + (q_{läck} + q_{vent} \cdot (1 - v)) \cdot \rho \cdot c) \cdot (20 - DUT_{20}) + \sum (U_m \cdot A_m) \cdot (20 - T_{mark}) - P_{intern}) / A_{temp}$$

$\sum (U_j \cdot A_j)$	Summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, $A_j$ , mot uppvärmd luft, [W/K], dock exklusive $U_m \cdot A_m$ .
$\sum (U_m \cdot A_m)$	Summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan mark, $A_m$ , och markens temperatur, $T_{mark}$ , mot uppvärmd luft, [W/K].
$\sum (l_k \cdot \Psi_k)$	Värmeeffektörluster pga av linjära köldbryggor, [W/K].
$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$	Värmeeffektörluster pga. luftläckning, $q_{läck}$ [l/s], luftens densitet, $\rho$ , och värmekapacitet $c$ [W/K].
$\rho \cdot c \cdot q_{vent} \cdot (1 - v) \cdot d$	värmeeffektörluster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, $v$ , densitet, $\rho$ , värmekapacitet, $c$ , och relativ driftstid, $d$ [W/K].
$T_{mark}$	Marktemperaturen, bestäms enligt tabellvärde från kravspecifikationen.
$P_{intern}$	Intern spillvärme. Vid beräkningen får spillvärme från apparater och personer på max 4 W/m <sup>2</sup> bostadsarea (BOA) inkluderas för bostaden. <sup>20</sup>

<sup>18</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

Luftläckningen,  $q_{läck}$ , för ett FTX-system beräknas enligt Ekvation 17.

**Ekvation 17**  $q_{läck} = q_{50} \cdot e / (1 + f/e ((q_{sup} - q_{ex})/ q_{50})^2)$  [l/s]

$q_{sup} - q_{ex}$  Luftöverskottet mellan tilluft,  $q_{sup}$ , och frånluft,  $q_{ex}$ , [l/s].

$q_{50}$  Läckflödet vid 50 Pa tryckskillnad mellan inne och ute [l/s].

e och f Vindskyddskoefficienter enligt tabell nedan.<sup>20</sup>

Tabell Vindskyddskoefficienter enligt EN ISO 13790:2004.

Vindskyddskoefficienter e och f	Flera sidor exponerade	En sida exponerad
Koefficient e för avskärmningsklass		
<b>Ingen avskärmning.</b> Öppet landskap eller höga byggnader i staden	0,10	0,03
<b>Måttlig avskärmning.</b> Förortsmiljö, landskap med träd och andra byggnader.	0,07	0,02
<b>Kraftig avskärmning.</b> Byggnad i skog eller med genomsnittshöjd i city	0,04	0,01
Koefficient f	15	20

Tidskonstanten,  $\tau_b$ , är ett mått på den tid det tar för byggnadens innetemperatur att svara på hastiga temperaturförändringar t.ex. vid stora temperatursvängningar utomhus eller om ett avbrott i värmeförseln skulle ske.<sup>21</sup> I beräkning av effektbehov används denna för att kunna bestämma dimensionerande vinterutetemperatur enligt  $DUT_{20}$ . Se Ekvation 18.

<sup>19</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

<sup>20</sup> Warfvinge C. (2008), *Installationsteknik AK för V*

**Ekvation 18**

[s]

$$\tau_b = \sum(m_i \cdot c_i) / (\sum(U_j \cdot A_j) + \sum(l_k \cdot \Psi_k) + \rho \cdot c \cdot q_{vent} \cdot (1 - v) \cdot d + \rho \cdot c \cdot q_{läck})$$

$\sum(m_i \cdot c_i)$	Byggnadsdelarnas värmekapacitet, för alla skikt som ligger innanför isoleringsskiktet, inklusive inneväggar och bjälklag upp till 10 cm [J/K]
$\sum(U_j \cdot A_j)$	Summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, $A_j$ , mot uppvärmd luft, [W/K]
$\sum(l_k \cdot \Psi_k)$	Värmeeffektörluster pga. av linjära köldbryggor, [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{vent} \cdot (1 - v) \cdot d$	värmeeffektörluster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, $v$ , och relativ driftstid, $d$ , [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$	värmeeffektörluster pga. luftläckning, [W/K] <sup>22</sup>

Dock kan i projekteringskedet ett schablonvärde för tidskonstanten användas.

Lätt byggnad:	80 h	(lätt konstruktion och krypgrund)
Halvlätt byggnad:	150 h	(lätt konstruktion, betongplatta på mark)
Halvtung byggnad:	300 h	(tung konstruktion, bjälklag av betong, lätta utfackningsväggar) <sup>23</sup>

#### 2.4.2 Beräkning av energibehov enligt FEBY

Beräkningen av en byggnads energibehov är betydligt mer komplicerat än att beräkna effektbehovet. Detta görs enklast med ett datorprogram (Se kapitel 2.5 *Simuleringsprogram VIP-Energy*). Energit behovet beräknas som summan av byggnadens köpta energi för uppvärmning, varmvatten och driftsel. Hänsyn skall tas till såväl solenergi, som spillvärme från personer och apparater. Vidare förutsätts att aktuellt utomhusklimat för byggnadsorten används och att innetemperaturen sätts till 22°C.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

### 2.4.2.1 Typdata för bostäder

Kravspecifikationen anger ekvationer och tabellvärden för framtagning av schablonvärden på viss typdata som kan användas i energiberäkningen eller i simuleringsprogrammet. Nedan följer några utdrag ur ”*FEBY Kravspecifikation för Passivhus*” för typvärdena som anses vara av intresse för denna rapport. För övriga typvärden hänvisas till kravspecifikationen.<sup>23</sup>

#### **Personvärme**

För beteenderelaterade indata för såväl småhus som flerbostadshus kan följande värden användas i projekteringskedet:

$$Personantal = BOA/41 \quad [personer]$$

För bedömning av värmeavgivning som dygnsmedel i bostäder från personer skall följande värde användas: 47 W/person

#### **Varmvatten**

För beräkning av årlig varmvattenanvändning,  $V_{VV}$ , ska följande ekvation användas:

$$V_{VV} = 18 \text{ m}^3/person \quad [m^3]$$

För beräkning av årsenergi för varmvatten ska följande ekvation användas:

$$E_{VV} = V_{VV} \cdot 55/A_{temp} \quad [kWh/m^2]$$

Med betalningsincitament genom fördelningsmätning antas den personbaserade varmvattenvolymen bli 20% lägre.

Med energieffektiva blandare antas den personbaserade varmvattenvolymen bli 20% lägre, eller 36% lägre i kombination med fördelningsmätning.

#### **Spillvärme från apparater**

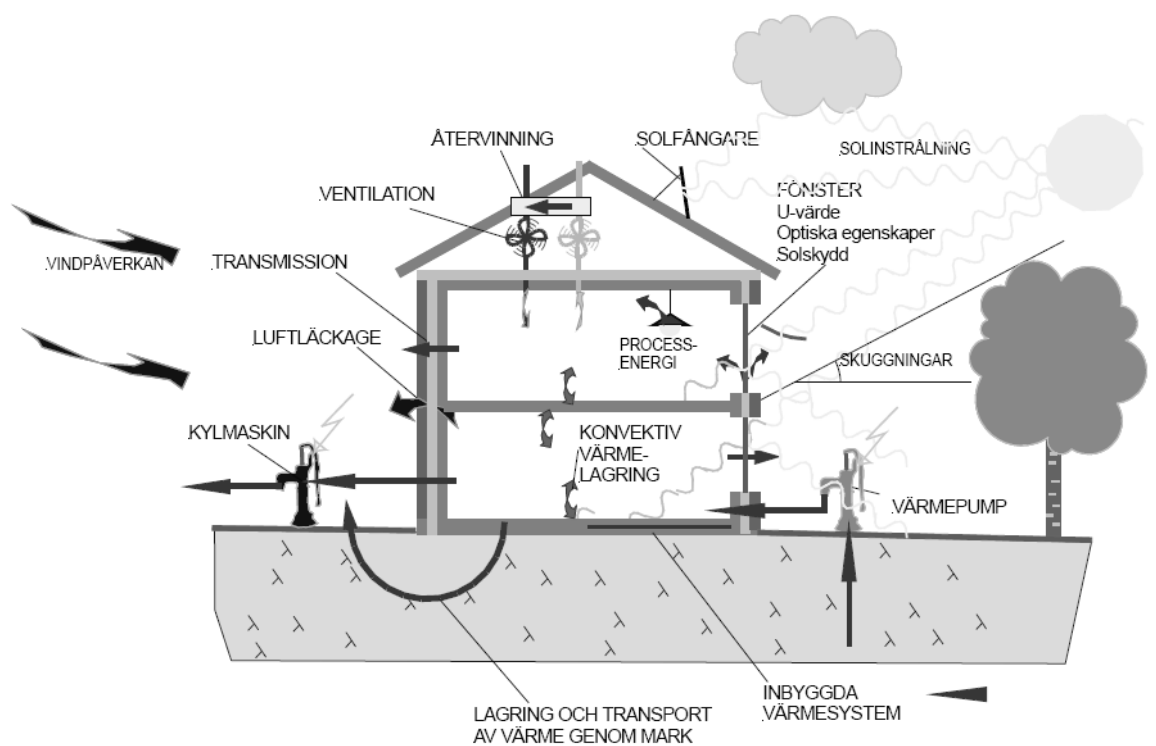
Hushållsel för en nyproducerad energieffektiv byggnad med energieffektiva hushållsapparater (minst A+ för kyl och frys), beräknas enligt följande schabloner. I dessa ingår inte el till fläktar, pumpar eller belysning på fasad eller i trädgård och inte heller till motorvärmare:

- Flerbostadshus: 1040 kWh/(år, hushåll) + 300 kWh/(år, person)
- Småhus: 1400 kWh/(år, hushåll) + 400 kWh/(år, person)<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

## 2.5 Simuleringsprogram VIP-energy

Structural Design Software In Europe AB, Sverige, har tagit fram energiberäkningsprogrammet VIP-energy. Detta är en uppföljare till tidigare VIP+ och är ett program för beräkning av energiförbrukningen i byggnader. Energiberäkningsprogrammet tar hänsyn till kända och mätbara faktorer för delenergiflöden. Det innehåller i huvudsak två beräkningsmodeller; Modellen för värmelagring i byggnadsstommen samt modellen för beräkning av luftflöden genom ventilationssystem och läckage. Beräkningsmodellerna är dynamiska vilket innebär att beräkningarna av temperaturer i luft, materialval och material upprepas timme för timme under ett år. Även kortare tidintervaller än ett år kan beräknas. Vidare jämför programmet huset i beräkningen med gällande energihushållningsregler enligt BBR 16.<sup>24</sup>



Figur 4. Faktorer som bidrar till simuleringen i VIP-Energy.  
Källa: VIP-Energy Manual

<sup>23</sup> StruSoft (2009), *VIP-Energy MANUAL VERSION 1.0.0*.



Beräkningarna styrs av en mängd olika kända och mätbara faktorer. Dessa matas in som indata i programmet och styr sedan beräkningarna. Exempel på indata som styr beräkningar är:

**Yttre faktorer:** Klimatdata, solinstrålning, orientering, geologiska förutsättningar och vegetation. I programmet finns klimatfiler för olika orter i Sverige med tillhörande värden på t.ex. vindstyrkor, temperatur och soltimmar för orten. Det finns även möjlighet att ställa in byggnadens orientering som påverkar värdet på solstrålningen. Solinstrålning och vindstyrkor påverkas även av rådande vegetation så som träd mm. Även solinstrålningens infallsvinkel mot fönster och väggar och markreflektionen beaktas i beräkningarna.<sup>25</sup>

**Inre faktorer:** Alla material och byggnadsdetaljer för byggnaden som har betydelse för energiberäkningen går att definiera i programmet. Man definierar bl.a. materialdata, konstruktion, och storlek på grunden, väggar, tak, dörrar och fönster och alla köldbryggor så som t.ex. anslutningar och infästningar. Även deras orientering anges. Allt för att programmet skall kunna ta hänsyn till värmelagringsförmåga, konvektion, transmission och värmekapacitet.<sup>25</sup>

**Ventilationssystemet och värmesystem:** Luftläckage definieras för varje konstruktionsdel i byggnaden för att kunna ta hänsyn till byggnadens ventilationsförluster. Installations- och ventilationssystem så som värmepumpar, solfångare och aggregat definieras. Det går även att ställa in driftschema för temp/processenergi och ventilation.<sup>25</sup>

## 2.6 Lättbetong

Lättbetongen uppfanns på 1920-talet av den svenska tekn. dr Axel Eriksson D och kallades till en början för ”ånghärdad gasbetong”. Den består av finmald sand eller sandsten med cement och kalk som vid högtrycksånghärdning bildar denna porösa produkt som vi idag kallar lättbetong. Produkten är idag vida känd och används och produceras över hela världen. Dess olika tekniska och fysikaliska egenskaper gör det till ett mycket intressant byggnadsmaterial.<sup>26</sup>

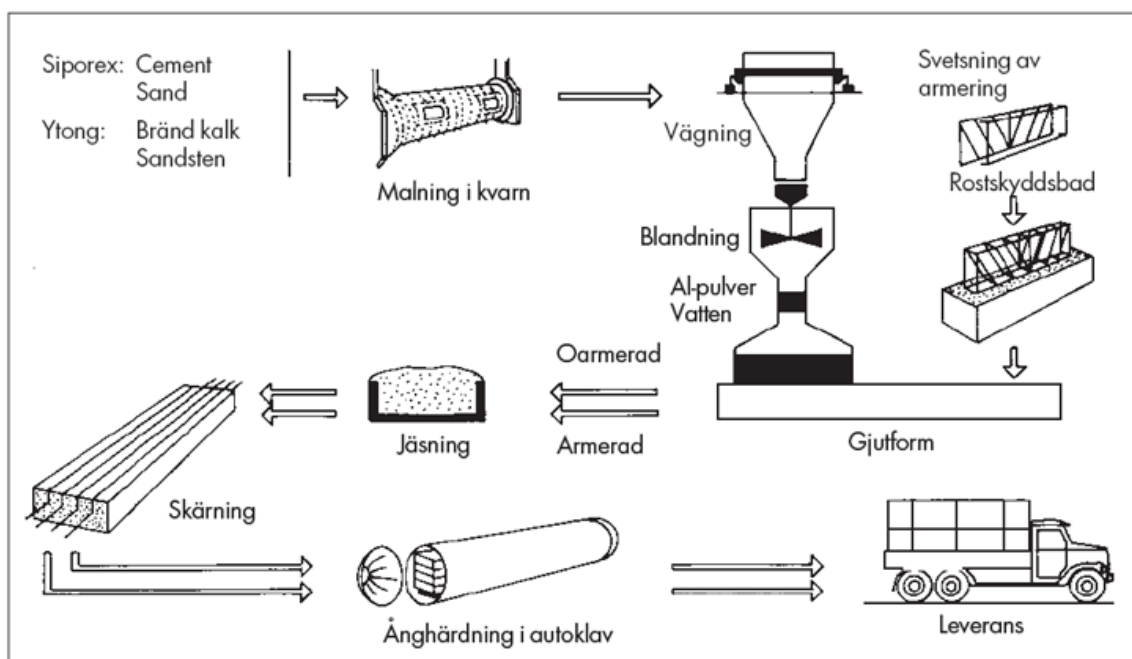
<sup>24</sup> StruSoft (2009), *VIP-Energy MANUAL VERSION 1.0.0*.

<sup>25</sup> Ytong (1993), *Lättbetonghandboken*.

### 2.6.1 Tillverkning

Lättbetong tillverkas med cement och kalk (alt. bränd kalk) som bindemedel och finmald sand. Den för lättbetong så karakteristiska porositeten erhålls genom tillsats av aluminiumpulver som verkar som jäsningsmedel vid processen. I processen tillsätter man även små mängden kemikalier för de kemiska förloppen.<sup>27</sup>

Materialen blandas med vatten till en massa för att sedan tappas upp i formar där produkten jäser upp och styvnar. När den har nått önskad styvhet skivas den till rätt dimensioner av en maskin med hjälp av tunna ståltrådar. Här sker även övrig mekanisk bearbetning så som fasning, not och fjäder. ”Blocken” placeras därefter i autoklaver med mättad vattenånga under högt tryck för att härda. Det är under denna härdning som lättbetongen erhåller dess höga tryckhållfasthet och volymbeständighet och efter denna process sker det inte några större förändringar av lättbetongens egenskaper. Vid önskemål om armering placeras denna efter rostskyddsbehandling i formen före gjutning.<sup>27</sup>



Figur 5. Tillverkningsprocessen för lättbetong.

<sup>26</sup> Ytong (1993), *Lättbetonghandboken*.

## 2.6.2 Egenskaper

Lättbetong är ett material med många goda tekniska och fysikaliska egenskaper (t.ex. hållfasthet, mögel, bearbetning, brand, värmekapacitet, ljud mm.) som man kan och bör dra nytta av när det används som byggmaterial. Nedan följer en rad egenskaper och fakta om lättbetong som kan vara nyttigt att känna till.<sup>28</sup> För mer information avseende lättbetongens egenskaper än nedan redovisat hänvisas till "Lättbetonghandboken".

### 2.6.2.1 Kvalitetsgrupper

Lättbetong tillverkas i olika kvalitetsgrupper t.ex. 300, 400, 450, 500 och 600 osv. Siffrorna för kvalitetsgrupperna anger respektive materials ungefärliga densitet i  $\text{kg/m}^3$  i uttorkat tillstånd. Generellt kan man säga att de låga kvalitetsgrupperna är de kvalitéer som väger minst, har bästa värmeisoleringsförmågan men lägsta hållfastheten. För de högre kvalitetsgrupperna gäller att de väger mest, har sämsta värmeisoleringsförmågan men högsta hållfastheten.<sup>28</sup>

### 2.6.2.2 Luftläckage

Vid användning av lättbetong som byggnadsmaterial är det relativt enkelt att uppnå en lufttät konstruktion. Lättbetong kan i princip klassas som ett lufttät material och luftläckaget genom lättbetongen kan i denna rapport försummas. Som tidigare nämnt i kapitlet om passivhus är just lufttäteten ett av de viktigaste momenten vid uppförandet av ett passivhus. I en konstruktion bestående av massiv lättbetong är det fogarnas utformning som helt bestämmer konstruktionens luftgenomsläpplighet.<sup>28</sup>

### 2.6.2.3 Fukt

Då vatten används i stor utsträckning i tillverkningsprocessen av lättbetong innehåller materialet efter tillverkningen upp till ca 160 kg fukt per  $\text{m}^3$ . Detta fuktinnehåll brukar vanligtvis uttryckas som en fuktkvot där fuktmängden i procent av materialets vikt i uttorkat tillstånd. Fuktjämvikt med omgivande luft inträffar normalt när lättbetongens fuktkvot når 3-6%. Detta brukar i normalt utförda och uppvärmda byggnader inträda inom något år. Detta måste beaktas då detta har betydelse de flesta av materialets egenskaper. Bland annat så kommer lättbetongen att ha betydligt högre densitet till en början än vad kvalitetsgruppen anger med en högre egentynd som följd. Det kommer även ha betydelse för energiförbrukningen för byggnaden då värmelagrings- och värmeledningsförmågan förändras till det sämre vid högre fuktkvot. Även risken för frostsador ökar väsentligt vid högre fuktkvoter.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> Ytong (1993), *Lättbetonghandboken*.

Lättbetong är ett oorganiskt material vilket gör att materialet ej kan mögla. Dock kan fukten i lättbetongen skada andra material som applicerats på fel sätt mot lättbetongen. Trä så som t.ex. takstolar, köksinredning och innerväggar med träreglar måste skyddas mot direktkontakt med lättbetongen för att hindra fuktskador på träet. Metalldetaljer som appliceras direkt i lättbetongen måste rostskyddas då lättbetong ej ger något korrosionsskydd för stål som t.ex. betong.<sup>29</sup>

### 2.6.2.4 Bearbetbarhet

En annan egenskap som gör lättbetong till ett lättanvänt byggmaterial är att det enkelt bearbetas med såg, yxa, spårskrapa, borr etc. för att nå önskat resultat.<sup>29</sup>

### 2.6.2.5 Brand

Lättbetong är ett obrännbart stenmaterial som tål de höga temperaturer som förekommer vid brand. Detta gör att lättbetong utgör ett gott skydd mot spridning av brand. Dock kan problem med sprickor i lättbetongkonstruktionen förekomma om fukthalten i lättbetongen är hög när den utsätts för de extremt höga temperaturerna som förekommer vid brand. Detta beror på att kemiskt bundet vatten drivs bort, varvid materialet krymper.<sup>29</sup>

### 2.6.2.6 Energiegenskaper

Lättbetongen har en rad egenskaper som gör materialet extra intressant ur energihushållningsperspektiv. Lättbetongens goda värmekapacitet hjälper t.ex. till att hålla en jämnare inomhustemperatur genom att dämpa temperatursvängningarna mellan dag och natt. Under den varma årstiden bidrar materialet till att magasinera värmen utifrån vilket skapar en fördröjning av temperaturhöjningen på konstruktionens insida med ca 8-11 timmar från det att maximal solstrålningseffekt rådde. Efter detta har solens strålningseffekt reducerats och konstruktionen kommer istället att avge sin magasinerade värme till den nu kallare omgivande utomhusluften. Tätheten på en byggnad är som tidigare nämnt oerhört viktig ur energi- och komfortsynpunkt. Energiförlusterna kan bli väldigt stora vid en byggnad med ett otätt skal. Extra viktigt blir det att bygga ett lufttät hus när man använder sig av en FTX-fläkt, då denna bygger på att så mycket av den uppvärmda luften i huset skall återvinnas i värmeväxlaren och inte försvinna ut genom otätheter i klimatskalet. Detta är en av lättbetongens stora fördelar. Det är relativt enkelt att med lättbetongens massiva konstruktion och enkla foglösningar skapa ett tätt klimat skal utan extra åtgärder.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Ytong (1993), *Lättbetonghandboken*.

## 2.7 Grundläggning för byggnader med tung stomme

Byggnader med så kallad tung stomme (t.ex. betong, lättbetong och murade väggar) har de senaste åren fått ett stort uppsving på byggmarknaden. Detta beror bl.a. på de stora problemen med fuktskadade fasader i den s.k. enstegstättade ”puts på isolering”-konstruktionen och att man insett murverkskonstruktionens många fördelar. Då byggnader med tung stomme ger upphov till betydligt högre belastningar på grundkonstruktionen än med lätt stomme måste dessa byggnader ha en grundkonstruktion som klarar av detta. Det är alltså inte bara att ersätta en väggkonstruktion mot en annan utan att tänka på konsekvenserna i övriga byggnadsdelar. Tyvärr finns det dock tecken på att detta sker då det nu rapporterats om problem med t.ex. spruckna fasader orsakade av sättningar i grunden. Detta har uppstått i samband med att grundkonstruktioner utvecklade för lätta stomkonstruktioner fortsatt att användas trots att den lätta stommen byts ut mot en tung.<sup>30</sup>

### 2.7.1 Platta på mark

Den i dag absolut vanligaste grundläggningsmetoden för småhus är den s.k. platta på mark, där man använder sig av underliggande cellplast under en kantförstyvad betongplatta. Detta är ett typiskt exempel på en grundkonstruktion utvecklad för lätta stomkonstruktioner så som träregelstommen. Belastningen på grunden blir då normalt förhållandevis liten vid denna typ av stomme och sättningar blir därför oftast ej något problem vid korrekt utförd grundläggning då väggarna har en förmåga att klara av små deformationer. Det är när tyngre stomkonstruktioner så som putsade massiva lättbetong-, betong-, eller murverksväggar placeras på denna typ av grundläggningsmetod som problem med sättningar kan uppstå. Då grunden är svår och kostsam att åtgärda vid fel bör man alltid eftersträva en konstruktion med långsiktig hållbarhet och med pålitliga material. Då organiska material som t.ex. cellplast bryts ner med tidens gång bör man så långt som möjligt undvika det i grundkonstruktionen, särskilt under den bärande kantbalken. Men då det saknas jämbördiga material med avseende på värmeisolerande förmåga i förhållande till tjocklek blir det dock svårt att helt utesluta cellplast i en ”platta på mark”- konstruktion. Nedan följer några exempel på olika cellplastkvaliteter som brukar användas vid denna typ av grundläggning.<sup>30</sup>

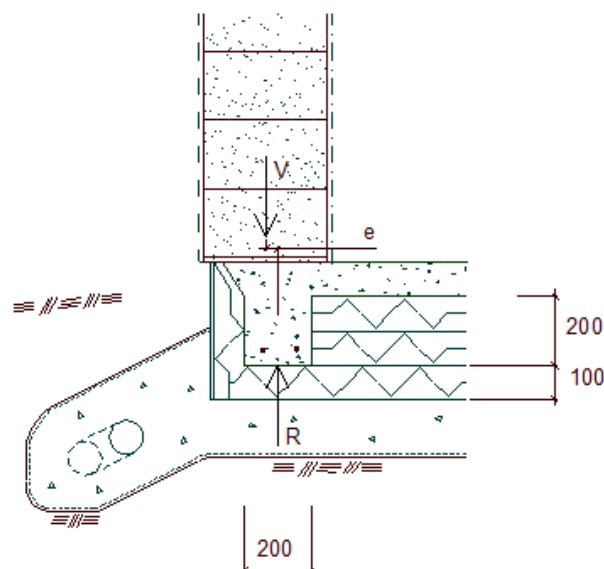
<sup>29</sup> Molnár M. och Gustavsson T. (2010), *L-element problematisk grundläggning för murade väggar*

Beteckning	Karakteristisk tryckhållfasthet, korttidsbelastning (kPa)	Karakteristisk tryckhållfasthet, långtidsbelastning (kPa)	Tillåten långtidslast, 2% krypdeformation (kPa)
S100	100	60	30
S150	150	80	45
S200MX	200	120	60

Då det i grundkonstruktionen alltid handlar om långtidslaster blir i praktiken den karakteristiska tryckhållfastheten för korttidslast aldrig aktuell. Vid stomme med murade väggar bör grunden dimensioneras efter maximalt 2 % krypdeformation då dessa är betydligt känsligare för deformationer.<sup>31</sup>

### 2.7.1.1 Räkneexempel

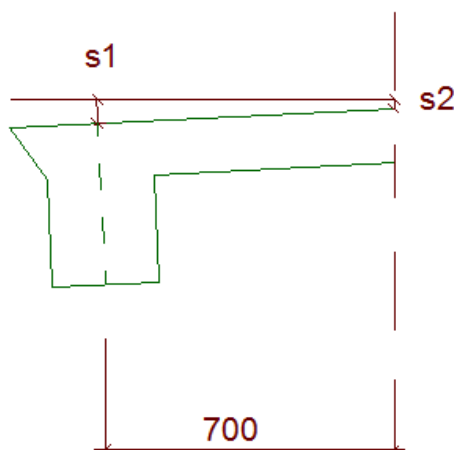
I en artikel i *Bygg&Teknik* har författaren *Tomas Gustavsson* redovisar ett beräkningsexempel för att belysa problemet med ”platta på mark”-konstruktionen vid hus med tung stomme. Exemplet utförs på en grundkonstruktion uppbyggd enligt bilden nedan och som väl stämmer in på hur en grundanslutning kan se ut idag. Beräkningen är utförd med en finita elementbaserad beräkning med programmet Ansys för att ta fram spänning och deformation för grundsnittet. Kraften,  $V$ , är satt till 16,5kN/m (egentyngd från 5,5m hög murad tegel vägg) och betong c28/35 i plattan. Kvaliteten på cellplasten under kantförstyvningen varierades mellan S100 och S150.<sup>31</sup>



Figur 6. Grundläggningslösning som används i räkneexemplet.

<sup>30</sup> Molnár M. och Gustavsson T. (2010), *L-element problematisk grundläggning för murade väggar*

Beräkningarna visar på att tyngden från väggen ger upphov till en krypdeformation i cellplasten som utbildas successivt över lång tid. Krypdeformationen blir större under betongplattans kantförstyvning än längre in i plattan vilket ger upphov till en differens mellan plattans kant och en bit in på plattan enligt bilden nedan. I fallet med cellplastkvalitet S100 blir differensen så pass stor att plattan spricker.<sup>32</sup>



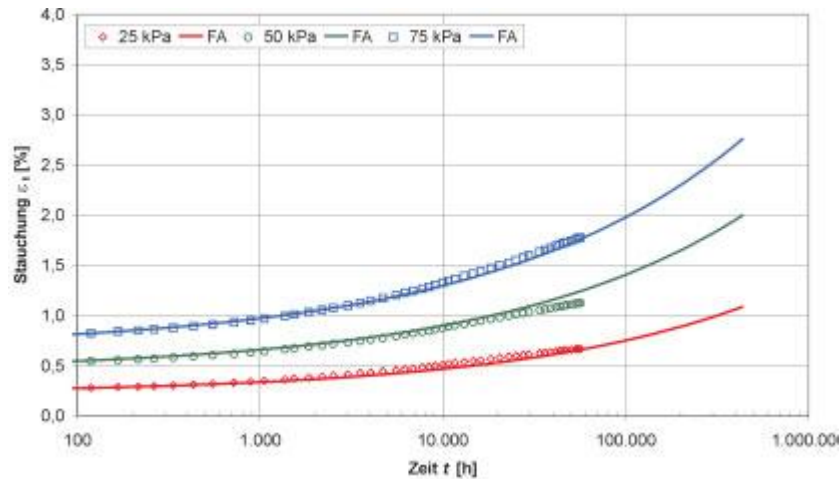
Figur 7. Krypdeformationen blir större under betongplattans kantförstyvning än längre in i plattan.

Differensen orsakar en vinkeländring i anslutningen mellan vägg och grundplatta som i sin tur ger upphov till att ett tvångsmoment påförs den murade väggen. Klarar väggen då ej, som i detta fall, att ta upp detta böjmoment kommer problem så som sprickor i fasaden att uppstå.<sup>32</sup> Dock skriver författaren att "Beräkningar i enighet med de här redovisade bör ses som känslighetsanalyser, eftersom det finns ett antal osäkra parametrar."<sup>32</sup> Till dessa osäkra parametrar hör det faktum att uppsprickning inte alltid behöver ske vid överstigande av karakteristiska hållfastheten och att beräkningarna är gjorda på en 5,5 m hög vägg vilket i de flesta 1 till 1,5 plans hus är något högt. Men samtidigt belastas grunden i vanliga fall av betydligt fler laster än bara väggens egentyngd. Grunden skall även klara av att ta upp laster från bjälklag, tak, nyttig last, snölast och spänningskoncentrationer vid öppningar i väggen.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Molnár M. och Gustavsson T. (2010), *L-element problematisk grundläggning för murade väggar*

### 2.7.1.2 Krypdeformationer i cellplast

I bilden nedan redovisas N. Krollmanns mätningar av krypdeformationen i cellplast, med densiteten  $25 \text{ kg/m}^3$ , för tre olika tryckspänningar, 25, 50 samt 75 kPa.



Figur 8. Cellplast krypdeformation under olika tryckspänningar som funktion av tiden.

I figur 8 ser man att den tryckspänning (75kPa) som resulterat i en krypdeformation på 2 % efter 100 000h ser ut att fortsätta sin krypning ytterligare och kan t.o.m. antas fortsätta efter 50 år (438 000 h). Tilläggas bör även att den vanligtvis dimensionerande krypdeformationen på 2 % kan anses vara ett mycket högt värde för t.ex. putsade väggar med homogena murblock p.g.a. av det böjmoment som det ger upphov till. Man bör därför iaktta stor försiktighet vid användning av cellplastkvaliteter, i synnerhet i de lägre hållfasthetsklasserna, när man grundlägger på detta sätt för putsade, homogena murverkskonstruktioner. Krypdeformationen i cellplasten bör då dimensioneras för byggnadens förväntade livslängd och för att inte bli så stor att horisontell sprickbildning sker i den utvändiga putsen.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Molnár M. och Gustavsson T. (2010), *L-element problematisk grundläggning för murade väggar*





### 3 Objektbeskrivning

Dagens passivhus består nästan uteslutande av hus med komplicerade väggkonstruktioner. Väggkonstruktionen är uppbyggda av flertalet skikt med bl.a. träreglar, gipsskivor, plastfilm och extremt tjocka lager isolering för att skapa den täthet och isoleringsgrad som krävs för att uppnå passivhusstandard. Det är bl.a. denna komplicerade konstruktion som är en av de största riskerna och nackdelarna vid byggandet av ett passivhus. Det blir nämligen oerhört viktigt att arbetsutförandet sker med största noggrannhet (t.ex. applicering av plastfolie). Blir inte huset tillräckligt lufttät kommer hela tanken med värmeåtervinning i ventilationen att gå förlorad och huset ödsla stora mängder energi i uppvärmningsskedet av byggnaden. Dålig lufttäthet kan rent av göra så att värmesystemet i Passivhuset ej räcker till för att värma byggnaden till önskad nivå. Vidare utgör en komplicerad flerskikts konstruktion en större risk för fuktskador med allvarliga konsekvenser som följd.

Metro Arkitekter i Malmö planerar till våren 2010 att i samarbete med H+H i Malmö och Haaks Stenhus i Ängelholm bygga två fristående enfamiljshus i passivhusstandard. Till skillnad från tidigare passivhusprojekt kommer man dock att använda sig av massiva lättbetongväggar istället för den tidigare så vanliga och mer komplicerade flerskiktskonstruktionen. Man kommer därför att kunna tillgodogöra sig alla de positiva egenskaper som en byggnad med en tung stomme av lättbetong ger. En lättbetongvägg är bl.a. lufttät, men tillåter fuktvandring genom väggen utan att materialet drabbas av röta. Man får även en konstruktion som är mindre känslig för temperatursvängningar och gör inomhusklimatet behagligare t.ex. på sommaren. Mer om lättbetongens egenskaper går att läsa i kapitlet *2.6 Lättbetong*.

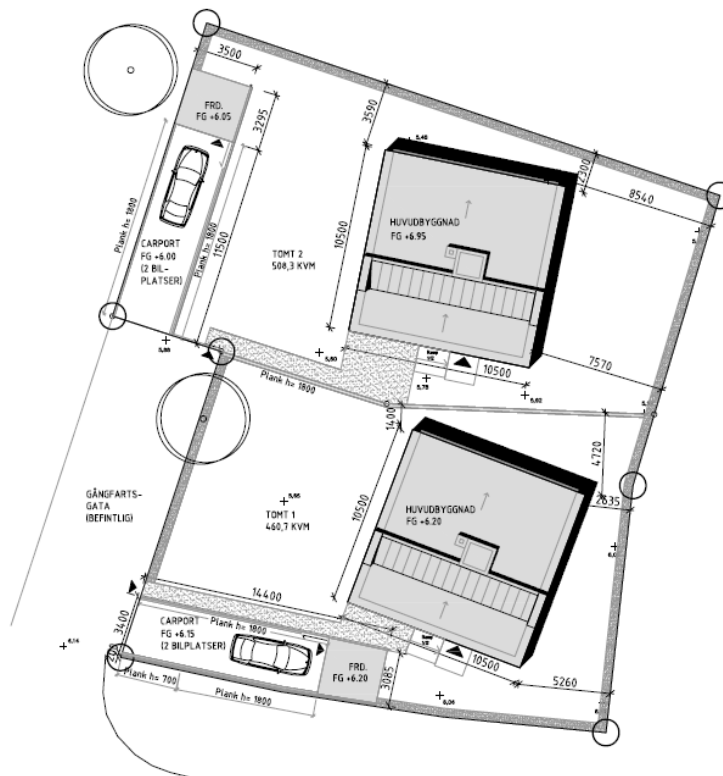
### 3.1 Placering

Husen är planerade att uppföras på Lerviksområdet i Lomma, ca 1 mil norr om Malmö, Skåne.



Figur 9. Områdeskarta med tomtmarkering.

Lervik – Östervångsområdet i utkanten av Lommas östra delar består idag av ca 200 bostäder och är i slutskedet av sitt uppförande. Tomterna för passivhusen är på ca 400 m<sup>2</sup> och blir de sista att bebyggas i området.



Figur 10. Husets placering på tomten.

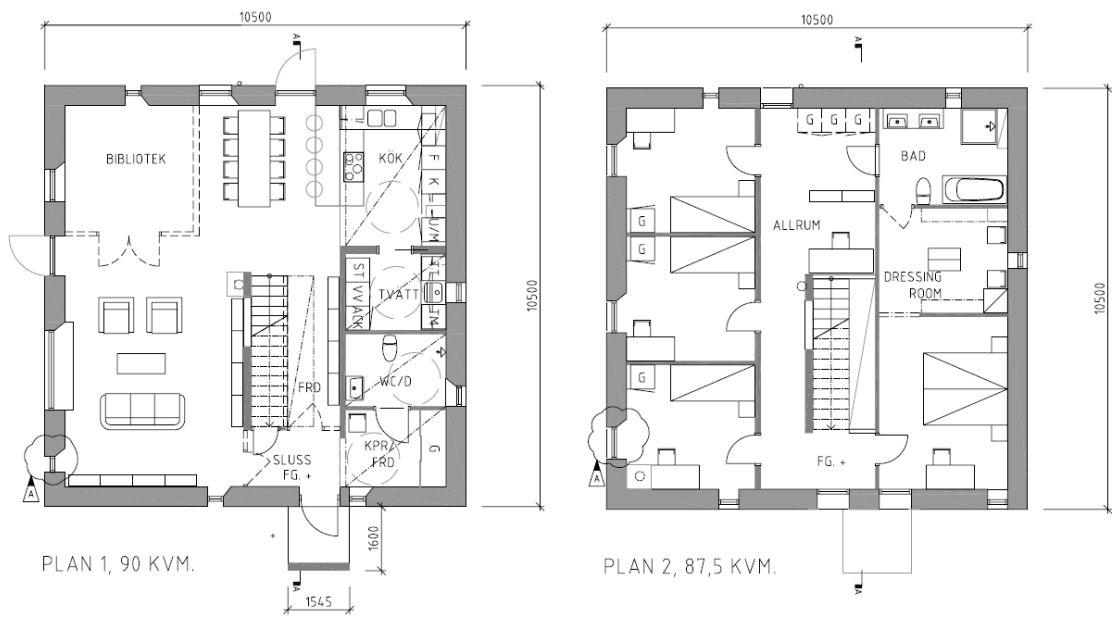
## 3.2 Arkitektur



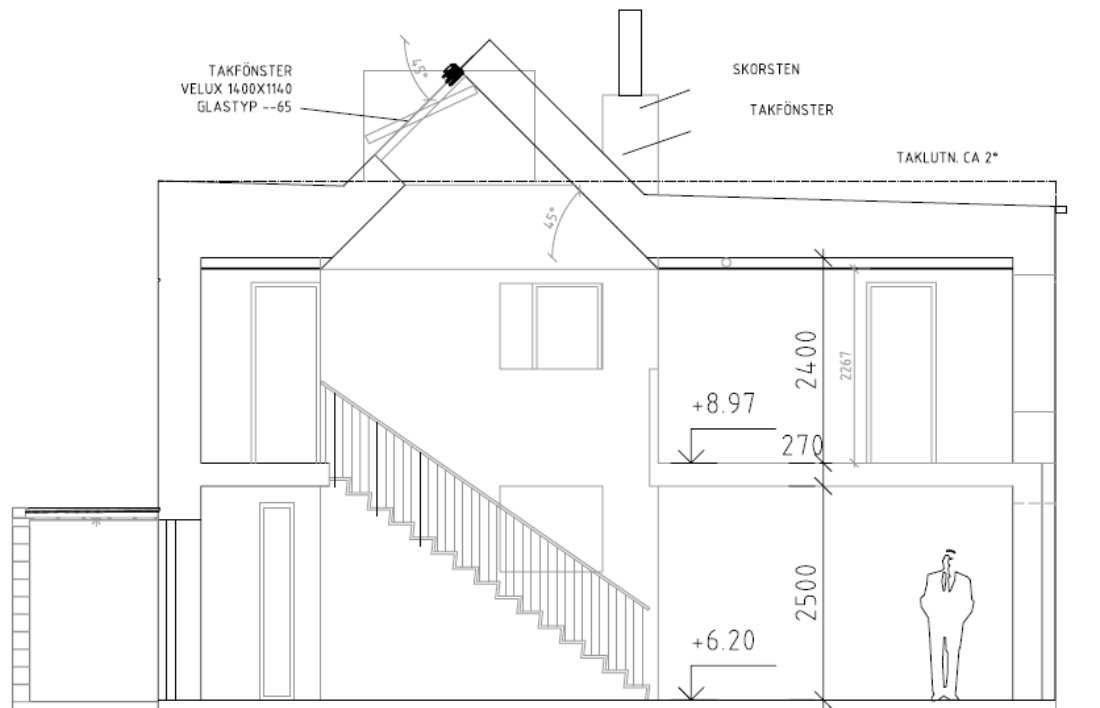
Figur 11. Illustration och fasader.

Husen består av ca 178 kvm BOA vilka är fördelade över 2 plan. Husen har en för ett lågenergiprofilshus så klassisk kvadratisk form. De är ritade av arkitekt Urban Skogmark på Metro Arkitekter och har ett modernt formspråk där man istället för att dölja dess konstruktion med tung stomme snarare försökt framhäva detta: ”- Förutsättningen här är att vi har femtio centimeter tjocka stenväggar. Jag såg ingen anledning att dölja att det är ett stort och gediget hus. Jag har valt att ge ett intryck av stora stenblock som är staplade på varandra. Det ska kännas som något nytt, inte nyfunkis som vi har sett så mycket av de senaste åren.”<sup>34</sup>. På fasadpartiet under fönstren har ett glasparti applicerats för att förstärka känslan av staplade block och skapa en illusion om att fönstren på under- och övervåning ”överlappar” varandra längs en siktlinje. Fönstersmygarna vinklas för att ge maximal ljusinstrålning och ge ett intressant ljusspel i huset. De två planen sammanbinds av ett trapphus med ett takfönster som både skapar en ”ljusbrunn” och kan användas för att vädra ut överskottsvärme under årets varmare månader.

<sup>33</sup> Jönsson Karl G. (2010) *Världens första Passivhus i lättbetong byggs i Skåne*



Figur 12. Planlösning plan 1 och 2.



Figur 13. Sektion med takfönster och trapphus.

### 3.3 Tänkt konstruktion

Då projekteringen av huset endast befinner sig i ett inledande skede när denna rapport skrivs är detaljlösningar för de olika delarna av huset under diskussion och ej fastställda. Nedan följer en redovisning om vilka lösningar man tänker sig för de olika detaljerna.

#### 3.3.1 Tak

Taket kommer att vara ett låglutande tak, 3°, utan utstickande takfot. I ett inledande skede pratas man om att använda sig av ett tak med takstolar av trä, lösull och takpappstäckning. Det har även i ett senare skede diskuterats om användning av tak av lättbetongselement med ovanliggande isolering och takpappstäckning. Då man ej hade några ritningar på hur dessa tak skulle utformas har man gett mig ritningar på två olika takstolskonstruktioner där en kombination av dessa skulle kunna komma att användas vid val av denna lösning. En enkel ritning ritades upp för takstolstaket och lättbetongstaket som senare godkändes av Haaks konstruktör för att användas i rapporten. För vidare information om dessa takkonstruktioner och anslutning till vägg se:

<b>Takstolskonstruktion</b>	Detalj 13, bilaga 24
	Detalj 14, bilaga 25
	Detalj 15, bilaga 26
	Detalj 16, bilaga 27
<b>Lättbetongskonstruktion</b>	Detalj 17, bilaga 28
	Detalj 18, bilaga 29
	Detalj 19, bilaga 30

#### 3.3.2 Vägg

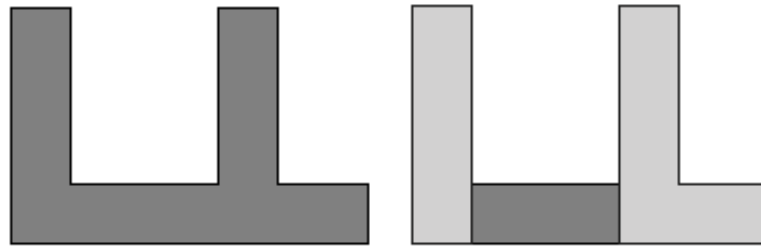
Väggarna kommer som tidigare nämnts att bestå av 500 millimeter lättbetong med putsad in och utsida. Lättbetongen, som tillverkas av H+H, har en mycket låg densitet, 275 kg/m<sup>2</sup>. Den innehåller alltså en hög andel luft. Då luft är isolerande får vägen ett lågt U-värde, 0,17 W/m<sup>2</sup>K, vilket betyder att vägen har stor isolerande förmåga. Detta är en förutsättning, men ej ett krav, för att nå upp till passivhusstandard. För vidare information om väggkonstruktionen se:

<b>Väggkonstruktion</b>	Detalj 4, bilaga 16
	Detalj 5, bilaga 16

#### 3.3.3 Grund

Grunden projekteras för att bestå av en ”platta på mark”- konstruktion med underliggande isolering. Man kommer att använda sig av specialbeställda kantbalkselement, skurna i rätt dimensioner. Dock funderar man även på att

kanske använda sig av en specialtillverkat F- element där man använde sig av två olika kvaliteter på cellplasten, se *figur 14*. Detta för att få en cellplastkvalitet med bättre isoleringsförmåga på de ställen där krav på hållfasthet var mindre.



*Figur 14. Kantelements alternativ*

För vidare information om grundkonstruktion och dess anslutning till vägg se:

#### **Grundkonstruktion**

Detalj 1A, bilaga 1  
Detalj 1-1A, bilaga 2  
Detalj 1B, bilaga 3  
Detalj 1-1B, bilaga 4

#### **3.3.4 Fönster**

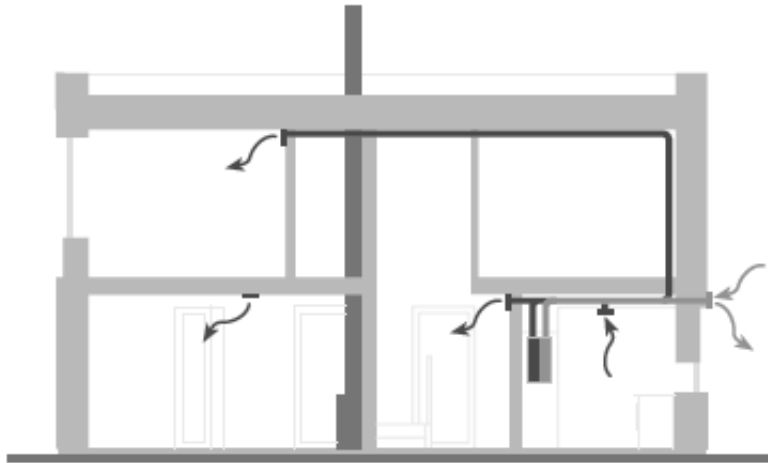
Fönstertypen som diskuteras att användas i projektet är från företaget *NorDan*. De har utvecklat fönstermodellen *NTech Passiv* med det i dagens mått mycket låga U-värdet  $0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  för hela fönstret.

#### **3.3.5 Dörrar**

Ingen specifik dörrleverantör har hitintills lyfts fram under projekteringen. Dock har det nämnts dörrar med ett U-värde på  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Då inget annat värde nämnts kommer detta ligga till grund för effekt- och energiberäkningarna i denna rapport.

### **3.4 Tänkt värme- och ventilationssystem**

Då husen är passivhus saknar de ett traditionellt värmesystem med radiatorer och/eller värmegolv. Man har till detta projekt valt att använda sig av ett FTX-system för uppvärmning av inomhusklimatet och  $6 \text{ m}^2$  solfångare på taket för uppvärmning av varmvattnet.



Figur 15. Illustration över husets FTX-system.

### 3.5 Tidigare genomförd energiberäkning

I ett tidigt skede gjordes det en enkel energiberäkning för att se om husen hade en möjlighet att nå upp till passivhusstandard och om det var värt att jobba vidare med projektet. Denna beräkning utfördes av företaget *Sunda Hus Rådgivning* i energisimuleringsprogrammet *VIP-energy*. Beräkningen var väldigt enkel och användes endast för att uppskatta energibehovet för byggnaderna. Man tog t.ex. ej hänsyn till vissa viktiga parametrar för beräkningen så som köldbryggor andra konstruktionsdetaljer. Konstruktioner så som tak, grund och innerväggar definierades endast efter standardiserade konstruktioner som fanns förinställda i programmet.

Resultat av energiberäkningen såg ut som följande:

#### Effektbehov

*U-värde fönster: 0,9*

Effekt för värmesystem och ventilation uppgår till 2,2 kW.

*U-värde fönster: 0,8*

Effekt för värmesystem och ventilation uppgår till 2,1 kW.

Specifikt effektbehov  $2100/180 = 11,7 \text{ W/m}^2$ .

#### Energibehov

*U-värde fönster: 0,9*

Beräknat energibehov är med normalt Malmöklimat  $41 \text{ kWh/m}^2$ .

*U-värde fönster: 0,8*

Beräknat energibehov är med normalt Malmöklimat  $40 \text{ kWh/m}^2$ .<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Sunda Hus Rådgivning (2009), *Passivhus Lomma x2*.



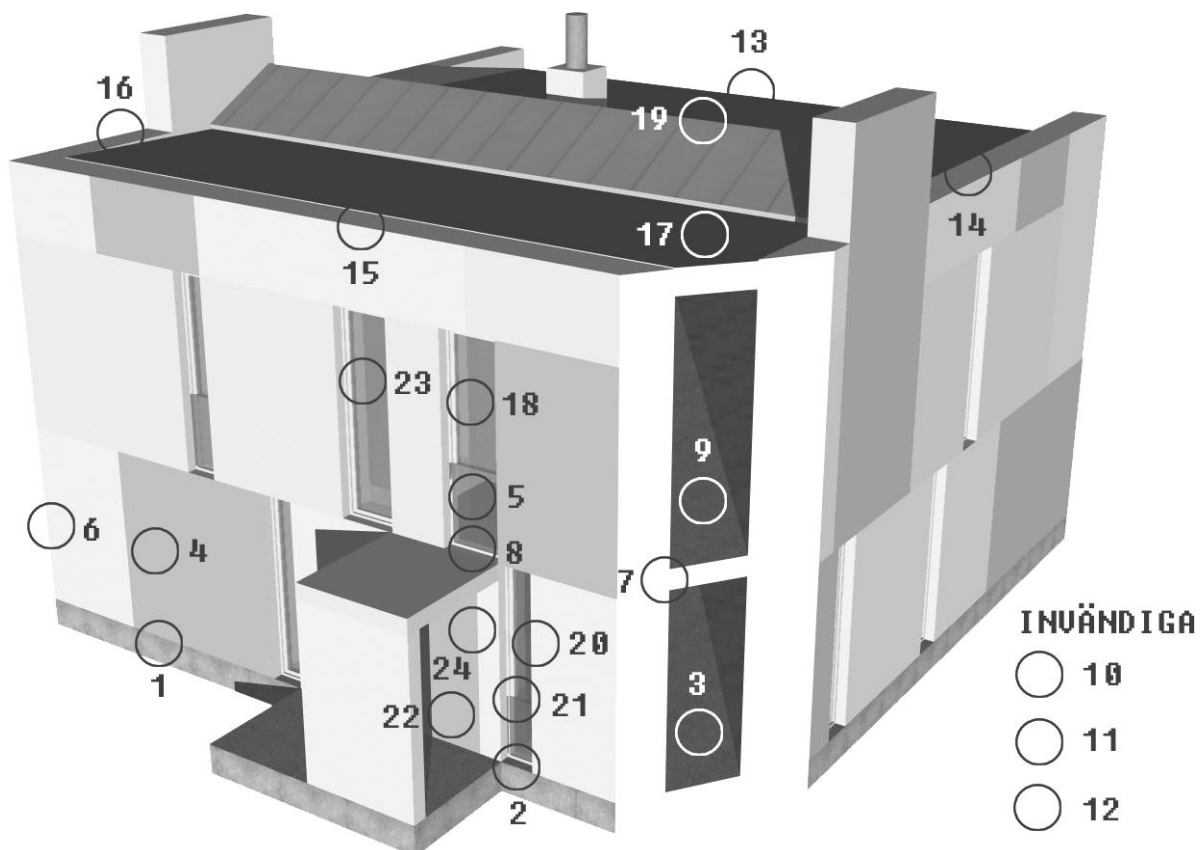


## 4 Simuleringar

Vid simuleringarna i detta arbete har hänsyn till alla, för projektet kända, energiflöden, detaljlösningar och för platsens gällande klimat tagits. Vissa av dessa parametrar har uppskattats då det i dåvarande projekteringskede ej var kända. Vissa detaljkonstruktioner som konstruktionsmässigt ej var fastställda har varierats mellan olika alternativ i simuleringarna för att se hur det påverkar den totala energianvändningen för byggnaden.

### 4.1 Detaljer

Nedan följer de detaljer som har valts att studeras i simuleringarna.



Figur 16. Översikt detaljer

#### 1. Anslutning grund/vägg 1

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	1A	PHL KANTBALK 1a	1
2	1B	PHL KANTBALK 1b	3
3	1C	PHL KANTBALK 1c	5
4	1D	PHL KANTBALK 1d	7
5	2A	PHL KANTBALK 2a	9
6	2B	PHL KANTBALK 2b	11
7	2C	PHL KANTBALK 2c	13

**2. Anslutning grund/vägg 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	1-1A	PHL KANTBALK 11a	2
2	1-1B	PHL KANTBALK 11b	4
3	1-1C	PHL KANTBALK 11c	6
4	1-1D	PHL KANTBALK 11d	8
5	2-1A	PHL KANTBALK 21a	10
6	2-1B	PHL KANTBALK 21b	12
7	2-1C	PHL KANTBALK 21c	14

**3. Grundplatta**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	3	PHL PLATTA	15

**4. Yttervägg 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	4	PHL YTTERVÄGG 1	16

**5. Yttervägg 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	5	PHL YTTERVÄGG 2	16

**6. Ytterväggshörn**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	6	PHL VÄGGHÖRN	17

**7. Bjälklagsanslutning 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	7A	PHL BJÄLKLAG 1a	18
2	7B	PHL BJÄLKLAG 1b	19

**8. Bjälklagsanslutning 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	8A	PHL BJÄLKLAG 2a	20
2	8B	PHL BJÄLKLAG 2b	21

**9. Bjälklag**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	9	PHL BJÄLKLAG	22

**10. Innervägg 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	10	PHL INNERVÄGG 1	22

**11. Innervägg 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	11	PHL INNERVÄGG 2	23

**12. Innervägg 3**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	12	PHL INNERVÄGG 3	23

**13. Takanslutning norr**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	13	PHL TAK1 ANSL. NORR	24
2	18	PHL TAK2 ANSL. NORR	29

**14. Takanslutning öster**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	14	PHL TAK1 ANSL. GAVEL	25
2	17	PHL TAK2 ANSL. GAVEL	28

**15. Takanslutning söder**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	15	PHL TAK1 ANSL. SÖDER	26
2	17	PHL TAK2 ANSL. SÖDER	28

**16. Takanslutning väster**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	14	PHL TAK1 ANSL. GAVEL	25
2	17	PHL TAK2 ANSL. GAVEL	28

**17. Tak**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	16	PHL TAK1	27
2	19	PHL TAK2	30

**18. Fönster 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	20	PHL FÖNSTER 1	30

**19. Fönster 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	21	PHL FÖNSTER 2	30

**20. Fönstersmyg 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	24	PHL FÖNSTERSMYG 1A	31
2	25	PHL FÖNSTERSMYG 1B	32

**21. Fönstersmyg 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	26	PHL FÖNSTERSMYG 2	32

**22. Dörr 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	22	PHL DÖRR 1	31

**23. Dörr 2**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	23	PHL DÖRR 1	31

**24. Dörrsmyg 1**

Alternativ	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
1	27	PHL DÖRRSMYG 1	33

## 4.2 Indata VIP-energi

Vid energi- och effekt simuleringar i VIP-Energy har följande indata använts.

### 4.2.1 Energiberäkning

#### *Allmänt*

Beräkningsperiod	1-365
Klimatdata	Malmö
Latitud	55.6 grader
Klimatzon BBR12	Söder
Solreflektion från mark	20.00 %
Vinhastighet	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:95 NO:95 O:95 SO:95 %
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:15 SV:15 V:15 NV:15 N:15 NO:15 O:15 SO:15 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.20
Vridning av byggnad	10°
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	1
Ventilationsvolym	0.0 m <sup>3</sup>
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	178,0 m <sup>2</sup>
Markegenskap Värmeledningstal: Lera, dränerad sand, dränerad grus.	1.4 W/(m·K)

#### *Driftdata*

Driftfallsbenämning	Verksamhets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhets-energi rumsluft W/lgh	Verksamhets-energi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>
PHL Energisimulering	2,01	0	0	0	0
Driftfallsbenämning	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägst rumstemp °C
PHL Energisimulering	1,15	1,63	0	27	22

#### *Kommentar:*

Värdena är baserade på Ekvationer enligt från FEBY kravspecifikation som tidigare har redovisats i rapporten.

**Verksamhetsenergi**

$1400 \text{ kWh}/(\text{år, hushåll}) + 400 \text{ kWh}/(\text{år, person}) \Rightarrow 1 \text{ år och } 4,34 \text{ personer} \Rightarrow$   
 $1400 + 400 \cdot 4,34 = 3136 \text{ kWh}/\text{år}$

Fördelat på  $178 \text{ m}^2$  och  $8760$  timmar  $\Rightarrow VE = 3136000 / (178 \cdot 8760) = 2,01 \text{ W}/\text{m}^2$

**Personvärme:**

$$E_p = 47 \text{ W} \cdot \text{person}$$

$$\text{Personantal} = BOA/41 \Rightarrow 178/41 = 4,34$$

$$E_p = 47 \text{ W} \cdot 4,34 = 204 \text{ W} \Rightarrow \text{Fördelat på } 178 \text{ m}^2 \Rightarrow PV = 1,15 \text{ W}/\text{m}^2$$

**Tappvarmvatten:**

$$E_{VV} = V_{VV} \cdot 55 / A_{temp} \quad [\text{kWh}/\text{m}^2]$$

För småhus över  $120 \text{ m}^2$  är  $V_{vv}$   $18 \text{ m}^3$  per person. Personantal skall sättas till 4.

$$E_{vv} = 18 \cdot 4 \cdot 55 = 3960 \text{ kWh}/\text{år}.$$

Fördelat på  $178 \text{ m}^2$  och  $8760$  timmar  $\Rightarrow$

TVV:  $2,54 \text{ W}/\text{m}^2 \Rightarrow$  energieffektiva blandare och fördelningsmätning  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow 2,54 \cdot 0,64 = 1,63 \text{ W}/\text{m}^2$

**Drifttider**

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
PHL Energisim	MÅND-SÖND	1-365	1-24

**Ventilationsaggregat**

Aggregat-benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %
PHL FTX	200,0	60,0	150,0	60,0	80,0
Aggregat-benämning	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
PHL FTX	18,0	-20,0	100	20,0	100

**Ventilationsaggregat – Drifttider och flöden**

Aggregat-benämning	Veckodagar	Tilluft l/s	Frånluft l/s	Startdag-Slutdag	Startid-Sluttid
PHL FTX	MÅND-SÖND	63,18	63,18	1 - 365	0 - 24

*Solfångare*

Solfångararea	6,0 m <sup>2</sup>
Absorbtionsfaktor	0,72 %
Värmeförlustfaktor 1	2,5 W/m <sup>2</sup> K
Värmeförlustfaktor 2	0,035 W/m <sup>2</sup> K
Södervinkel	0,0 °
Lutning	45,0 °
Akkumulatorvolym	0,5 m <sup>3</sup>
Lägsta arbetstemperatur	20,0 °C
Högsta arbetstemperatur	90,0 °C
Solenergi till uppvärmning av rum	Nej
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja

## 4.2.2 Effektbehovsberäkning

*Allmänt*

Beräkningsperiod	1-365
Klimatdata	Malmö Effektbehov
Latitud	55.6 grader
Klimatzon BBR12	Söder
Solreflektion från mark	20.00 %
Vinhastighet	S:70 SV:70 V:70 NV:70 N:95 NO:95 O:95 SO:95 %
Luftryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:15 SV:15 V:15 NV:15 N:15 NO:15 O:15 SO:15 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.20
Vridning av byggnad	10°
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	1
Ventilationsvolym	0.0 m <sup>3</sup>
Uppvärmd bruksarea enl SS021052	178,0 m <sup>2</sup>
Markegenskap Värmeledningstal: Lera, dränerad sand, dränerad grus.	1.4 W/(m·K)

*Kommentar:*

Vid en effektbehovsberäkning antas vädringsbeteende ge försumbara förluster liksom solinstrålningen antas ge ett försumbart bidrag.<sup>36</sup> En klimatfil har skapats och modifierats så att solinstrålningsparametrarna är satta till noll för att på så sätt uppfylla kriterierna och ej bidra till effektbehovsberäkningen. Klimatfilens utetemperaturdata är satt efter de senaste 20 årens medelvärde timme för timme i Malmöregionen.<sup>37</sup> Detta för att så bra som möjligt åter spegla DUT<sub>20</sub> för regionen. Effektbehovet läses av vid extremvärdet för det simulerade året.

*Driftdata*

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>
PHL Effektsimulering	3	0	0	0	0
Driftfallsbenämning	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägsta rumstemp °C
PHL Effektsimulering	1	0	0	27	20

*Kommentar:**Verksamhetsenergi och personvärme*

Vid en effektbehovsberäkning får man enligt FEBY Kravspecifikation max inkludera 4W/m<sup>2</sup> för spillvärme från apparater och personer. Hur man fördelar dessa 4W/m<sup>2</sup> mellan verksamhetsenergi och personvärme spelar ingen roll för beräkningen.

**Tappvarmvatten**

Skall ej inkluderas i en effektbehovsberäkning. Därför är den satt till 0.

**Temperatur**

Skall enligt FEBY sättas till 20°C

*Drifttider*

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
PHL Effektsimulering	MÅND-SÖND	1-365	1-24

<sup>35</sup> Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

<sup>36</sup> Rasmusson M-O., Våren 2010



**Ventilationsaggregat**

Aggregat-benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Verkn.gr återvinning %
PHL FTX	200,0	60,0	150,0	60,0	80,0

Aggregat-benämning	Lägsta tilluftstemp °C	Utetemp Driftp. L °C	Flöde Driftp. L %	Utetemp Driftp. H °C	Flöde Driftp. H %
PHL FTX	18,0	- 20,0	100	20,0	100

**Ventilationsaggregat – Drifttider och flöden**

Aggregat-benämning	Veckodagar	Tilluft l/s	Frånluft l/s	Startdag-Slutdag	Startid-Sluttid
PHL FTX	MÅND-SÖND	63,18	63,18	1 - 365	0 - 24

**Solfångare**

Solfångararea	6,0 m <sup>2</sup>
Absorbtionsfaktor	0,72 %
Värmeförlustfaktor 1	2,5 W/m <sup>2</sup> K
Värmeförlustfaktor 2	0,035 W/m <sup>2</sup> K
Södervinkel	0,0 °
Lutning	45,0 °
Akkumulatorvolym	0,5 m <sup>3</sup>
Lägsta arbetstemperatur	20,0 °C
Högsta arbetstemperatur	90,0 °C
Solenergi till uppvärmning av rum	Nej
Solenergi till uppvärmning av tilluft	Nej
Solenergi till uppvärmning av tappvarmvatten	Ja

**4.3 Antaganden och felkällor**

Då projektet vid rapportens skrivande endast var i ett inledande skede fanns många osäkerheter kring val av konstruktion samt värme- och ventilations-system. Många värden har därför uppskattas med så stor noggrannhet som ansetts nödvändigt. Detta bidrar till att resultaten i rapporten bör ses med en viss försiktighet och ej helt användas för projektering utan mer ses som ett riktmärke för vilka värden man i slutänden kommer att hamna på vid val av redovisade konstruktionsalternativ. En annan felkälla som kommer att spela roll för de verkliga resultaten är utformningen av takkupan. Då denna konstruktions utseende ej var framarbetad har takkupan förenklats till ett vanligt takfönster .

## 4.4 Simuleringschema

Nedan följer en redovisning om simuleringsförloppet där man kan se vilka byggdetaljer som använts i de olika simuleringarna.

### *Simulering 1*

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	1A	PHL KANTBALK 1a	1
Anslutning grund/vägg 2	1-1A	PHL KANTBALK 11a	2
Grundplatta	3	PHL PLATTA	15
Yttervägg 1	4	PHL YTTERVÄGG 1	16
Yttervägg 2	5	PHL YTTERVÄGG 2	16
Ytterväggshörn	6	PHL VÄGGHÖRN	17
Bjälklagsanslutning 1	7A	PHL BJÄLKLAG 1a	18
Bjälklagsanslutning 2	8A	PHL BJÄLKLAG 2a	20
Bjälklag	9	PHL BJÄLKLAG	22
Innervägg 1	10	PHL INNERVÄGG 1	22
Innervägg 2	11	PHL INNERVÄGG 2	23
Innervägg 3	12	PHL INNERVÄGG 3	23
Takanslutning norr	13	PHL TAK1 ANSL. NORR	24
Takanslutning öster	14	PHL TAK1 ANSL. GAVEL	25
Takanslutning söder	15	PHL TAK1 ANSL. SÖDER	26
Takanslutning väster	14	PHL TAK1 ANSL. GAVEL	25
Tak	16	PHL TAK1	27
Fönster 1	20	PHL FÖNSTER 1	30
Fönster 2	21	PHL FÖNSTER 2	30
Fönstersmyg 1	24	PHL FÖNSTERSMYG 1A	31
Fönstersmyg 2	26	PHL FÖNSTERSMYG 2	32
Dörr 1	22	PHL DÖRR 1	31
Dörr 2	23	PHL DÖRR 2	31
Dörrsmyg 1	27	PHL DÖRRSMYG 1	33

### *Simulering 2*

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	1B	PHL KANTBALK 1b	3
Anslutning grund/vägg 2	1-1B	PHL KANTBALK 11b	4

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

### *Simulering 3*

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	1C	PHL KANTBALK 1c	5
Anslutning grund/vägg 2	1-1C	PHL KANTBALK 11c	6

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 4**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	2A	PHL KANTBALK 2a	7
Anslutning grund/vägg 2	2-1A	PHL KANTBALK 21a	8

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 5**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	2B	PHL KANTBALK 2b	9
Anslutning grund/vägg 2	2-1B	PHL KANTBALK 21b	10

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 6**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	2C	PHL KANTBALK 2c	11
Anslutning grund/vägg 2	2-1C	PHL KANTBALK 21c	12

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 7**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	2D	PHL KANTBALK 2d	13
Anslutning grund/vägg 2	2-1D	PHL KANTBALK 21d	14

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 8**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	-	Simulering 1-7	-
Anslutning grund/vägg 2	-	Simulering 1-7	-
Bjälklagsanslutning 1	7B	PHL BJÄLKLAG 1b	19
Bjälklagsanslutning 2	8B	PHL BJÄLKLAG 2b	21

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 9**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	-	Simulering 1-7	-
Anslutning grund/vägg 2	-	Simulering 1-7	-
Bjälklagsanslutning 1	-	Simulering 1-7 alt. 8	-
Bjälklagsanslutning 2	-	Simulering 1-7 alt. 8	-
Takanslutning norr	18	PHL TAK2 ANSL. NORR	29
Takanslutning öster	17	PHL TAK2 ANSL. GAVEL	28
Takanslutning söder	17	PHL TAK2 ANSL. SÖDER	28
Takanslutning väster	17	PHL TAK2 ANSL. GAVEL	28
Tak	19	PHL TAK2	30

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**Simulering 10**

Byggdela	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	-	Simulering 1-7	-
Anslutning grund/vägg 2	-	Simulering 1-7	-
Bjälklagsanslutning 1	-	Simulering 1-7 alt. 8	-
Bjälklagsanslutning 2	-	Simulering 1-7 alt. 8	-
Takanslutning norr	-	Simulering 1-8 alt. 9	-
Takanslutning öster	-	Simulering 1-8 alt. 9	-
Takanslutning söder	-	Simulering 1-8 alt. 9	-
Takanslutning väster	-	Simulering 1-8 alt. 9	-
Tak	-	Simulering 1-8 alt. 9	-
Fönstersmyg 1	25	PHL FÖNSTERSMYG 1B	32

Övriga byggdelar är samma som i simulering 1.

**4.5 Känslighetsanalys**

Olika människor duschar, lagar mat, använder belysning och vistas inomhus i olika stor utsträckning, vilket gör att energikonsumtionen varierar från familj till familj. Då energianvändningen, och framtagning av förutsättningar för den, ej är ett krav från FEBY utan endast ett råd är det intressant att titta på vad som händer om förutsättningarna för simuleringen ändras. En känslighetsanalys görs därför för att se hur energianvändningen påverkas av ändringar av driftfallen med verksamhetsenergin, personvärme och tappvarmvattenbehovet. Detta för att dessa parametrar är starkt relaterade till användarens beteende och ofta ej går att förutse i projekteringen. För dessa simuleringar användes kombinationen av byggdelar från *simulering 1*. Det är viktigt att ha i åtanke att dessa värden helt är satta efter en fiktiv familjs beteende.

**Simulering A**

Lägsta temperaturen har här sänkts till 20°C i jämförelse från tidigare energisimuleringar där den låg på 22°C (Råd FEBY kravspecifikation).

**Driftdata**

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>
PHL ENERGIB. 2	2,01	0	0	0	0
Driftfallsbenämning	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägsta rumstemp °C
PHL ENERGIB. 2	1,15	1,63	0	27	20

**Drifttider**

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
PHL ENERGIB. 2	MÅND-SÖND	1-365	1-24

**Simulering B**

I denna simulering har driftfallen delats upp efter olika perioder av dygnet och även efter vardag och helg. Periodernas parametrar är satta till att återspegla en familjs vardagsliv med mer aktivitet under morgnar, eftermiddagar/kväll och helger.

**Driftdata**

Driftfallsbenämning	Verksamhets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhets-energi rumsluft W/lgh	Verksamhets-energi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>
PHL VARD. MORG.	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL VARD. DAG	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL VARD. KVÄLL	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL VARD. NATT	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL HELG DAG	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL HELG KVÄLL	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL HELG NATT	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Driftfallsbenämning	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägsta rumstemp °C
PHL VARD. MORG.	1,15	1,63	0,00	27,00	22,00
PHL VARD. DAG	0,00	0,00	0,00	27,00	22,00
PHL VARD. KVÄLL	1,15	1,63	0,00	27,00	22,00
PHL VARD. NATT	1,15	0,00	0,00	27,00	22,00
PHL HELG DAG	1,15	1,63	0,00	27,00	22,00
PHL HELG KVÄLL	1,15	1,63	0,00	27,00	22,00
PHL HELG NATT	1,15	0,00	0,00	27,00	22,00

**Drifttider**

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
PHL VARD. NATT	MÅND-FRED	1 - 365	0 - 6
PHL VARD. MORG.	MÅND-FRED	1 - 365	6 - 9
PHL VARD. DAG	MÅND-FRED	1 - 365	9 - 16
PHL VARD. KVÄLL	MÅND-FRED	1 - 365	16 - 23
PHL VARD. NATT	MÅND-FRED	1 - 365	23 - 24
PHL HELG NATT	LÖRD-SÖND	1 - 365	0 - 8
PHL HELG DAG	LÖRD-SÖND	1 - 365	8 - 17
PHL HELG KVÄLL	LÖRD-SÖND	1 - 365	17-23
PHL HELG NATT	LÖRD-SÖND	1 - 365	23 - 24

### Simulering C

I denna simulering är driftfallen uppdelade och de beteenderelaterade parametrarna satta till samma som i simulering B. Dock är lägsta rumstemperatur satt efter en annans familjs behov där närvaro av personer och efter personernas aktivitet (vaken/sömn) spelat in.

#### Driftdata

Driftfallsbenämning	Verksamhets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhets-energi rumsluft W/lgh	Verksamhets-energi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighets-energi rumsluft W/m <sup>2</sup>
PHL VARD. MORG.	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL VARD. DAG	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL VARD. KVÄLL	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL VARD. NATT	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL HELG DAG	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL HELG KVÄLL	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PHL HELG NATT	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Driftfallsbenämning	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägsta rumstemp °C
PHL VARD. MORG.	1,15	1,63	0,00	27,00	20,00
PHL VARD. DAG	0,00	0,00	0,00	27,00	18,00
PHL VARD. KVÄLL	1,15	1,63	0,00	27,00	20,00
PHL VARD. NATT	1,15	0,00	0,00	27,00	18,00
PHL HELG DAG	1,15	1,63	0,00	27,00	20,00
PHL HELG KVÄLL	1,15	1,63	0,00	27,00	20,00
PHL HELG NATT	1,15	0,00	0,00	27,00	18,00

#### Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
PHL VARD. MORG.	MÅND-FRED	1 - 365	6 - 9
PHL VARD. DAG	MÅND-FRED	1 - 365	9 - 16
PHL VARD. KVÄLL	MÅND-FRED	1 - 365	16 - 23
PHL VARD. NATT	MÅND-FRED	1 - 365	23 - 24
PHL VARD. NATT	MÅND-FRED	1 - 365	0 - 6
PHL HELG NATT	LÖRD-SÖND	1 - 365	0 - 8
PHL HELG DAG	LÖRD-SÖND	1 - 365	8 - 17
PHL HELG KVÄLL 2	LÖRD-SÖND	1 - 365	17-23
PHL HELG NATT	LÖRD-SÖND	1 - 365	23 - 24

### Simulering D

Till simulering D har även där hänsyn till en familjs dygnsrytm tagits. Till skillnad från simuleringar B och C är dock de olika parametrarna varierade än mer mellan olika perioder på dygnet. Till exempel kan vissa aktiviteter så som apparater, tappvarmvatten oftast antas vara större i en familj under vardagens kvällstimmar än under övriga tider på dygnet. Hänsyn har även tagits till att vissa apparater, så som kyl/frys, bidrar till energibalansen oavsett närvaro av människor i huset (*Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh*). Precis som i simulering B är olika behov på rumstemperatur satta under dygnets perioder.

### Driftdata

Driftfallsbenämning	Verksamhetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Verksamhetsenergi rumsluft W/lgh	Verksamhetsenergi extern W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>	Fastighetsenergi rumsluft W/m <sup>2</sup>
PHL VARD. MORG. 2	3,00	350	0	0	0
PHL VARD. DAG 2	0	350	0	0	0
PHL VARD. KVÄLL 2	4,00	350	0	0	0
PHL VARD. NATT 2	0	350	0	0	0
PHL HELG DAG 2	3,00	350	0	0	0
PHL HELG KVÄLL 2	4,00	350	0	0	0
PHL HELG NATT 2	0	350	0	0	0
Driftfallsbenämning	Personvärme W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/m <sup>2</sup>	Tappvarmvatten W/lgh	Högsta rumstemp °C	Lägsta rumstemp °C
PHL VARD. MORG. 2	1,20	2,60	0	27	20
PHL VARD. DAG 2	0	0	0	27	18
PHL VARD. KVÄLL 2	1,00	1,60	0	27	20
PHL VARD. NATT 2	1,00	0	0	27	18
PHL HELG DAG 2	1,20	2,00	0	27	20
PHL HELG KVÄLL 2	1,00	1,60	0	27	20
PHL HELG NATT 2	1,00	0	0	27	18

### Drifttider

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid
PHL VARD. NATT 2	MÅND-FRED	1 - 365	0 - 6
PHL VARD. MORG. 2	MÅND-FRED	1 - 365	6 - 9
PHL VARD. DAG 2	MÅND-FRED	1 - 365	9 - 16
PHL VARD. KVÄLL 2	MÅND-FRED	1 - 365	16 - 23
PHL VARD. NATT 2	MÅND-FRED	1 - 365	23 - 24
PHL HELG NATT 2	LÖRD-SÖND	1 - 365	0 - 8
PHL HELG DAG 2	LÖRD-SÖND	1 - 365	8 - 17
PHL HELG KVÄLL 2	LÖRD-SÖND	1 - 365	17-23
PHL HELG NATT 2	LÖRD-SÖND	1 - 365	23 - 24

### **Simulering E**

I simulering E har en värmepump för uppvärmning av rum lagts till. Övriga indata är samma som i *Simulering 1*.

#### ***Värmepump***

	<b>Driftpunkt 1</b>	<b>Driftpunkt 2</b>
<b>Utetemperatur</b>	- 20 °C	10 °C
<b>Kondensoreffekt</b>	10000 W	11000 W
<b>Värmefaktor värmesystem</b>	3	4





## 5 Simuleringsresultat

### 5.1 Energisimuleringar

Simulering	Energianvändning (kWh/kvm/år)	Rekommenderat FEBY (kWh/kvm/år)	Krav BBR (kWh/kvm/år)
1	32,4	50/30*	110/55*
2	32,4	50/30*	110/55*
3	32,4	50/30*	110/55*
4	32,4	50/30*	110/55*
5	32,5	50/30*	110/55*
6	32,6	50/30*	110/55*
7	32,5	50/30*	110/55*
8	32,5	50/30*	110/55*
9	33,3	50/30*	110/55*
10	32,6	50/30*	110/55*

\* *Ej eluppvärmda bostäder/Eluppvärmda bostäder. Klimatzon III.*

#### **Kommentarer:**

Då energianvändningen endast ändras marginellt mellan simuleringarna kan man dra slutsatsen att de olika alternativen på konstruktionsdetaljer ej har någon större inverkan på den specifika energianvändningen. Detta kan bero på att både de tänkta konstruktionsdetaljerna och de för rapporten framtagna alternativen är bra ur energisynpunkt. Simuleringarna visar också att huset endast når upp den rekommenderade energianvändningen från FEBY kravspecifikation för passivhus om man väljer ett uppvärmningssystem utan el. För eluppvärmda bostäder når man ej upp till rekommenderat värde. Detta kan bero på ett antal olika faktorer. En av anledningarna kan vara att huset har stora fönsterareor mot norr. Tittar man på de dominerande konstruktionernas U-värde och jämför det med rekommendationer från FEBY ser man att väggkonstruktionen kan vara den konstruktion som bidrar mest till den ”höga” energianvändningen.

	U-värde ( $W/m^2K$ )	
	Aktuellt hus	Rekommenderat FEBY
Grundplatta	0,117	0,10
Vägg	0,170	0,10
Tak 1	0,070	0,10
Tak 2	0,085	0,10
Fönster	0,700	< 0,90
Dörrar	0,600	< 0,90

Tre nya simuleringar görs där förutsättningarna för huset ändras för att se om detta påverkar resultatet på energianvändningen.

**Simulering 1B**

**Förutsättningar:** Samma indata som i *simulering 1* förutom att yttervägg 1 och yttervägg 2 modifieras för att ge ett U-värde på ca 0,10 W/m<sup>2</sup>K.

**Simulering 1C**

**Förutsättningar:** Samma indata som i *simulering 1* förutom att fönsterytor (och fönstersmygar) mot norr tas bort helt och hållet.

**Simulering 1D**

**Förutsättningar:** Förutsättningarna för *simulering 1B* och *1C* kombineras.

**Resultat:**

Simulering	Energianvändning (kWh/kvm/år)	Rekommenderat FEBY (kWh/kvm/år)	Krav BBR (kWh/kvm/år)
<b>1B</b>	29,0	50/30*	110/55*
<b>1C</b>	29,0	50/30*	110/55*
<b>1D</b>	25,6	50/30*	110/55*

\* Ej eluppvärmda bostäder/Eluppvärmda bostäder. Klimatzon III.

**Kommentar:**

Dessa ändringar i konstruktionen ger bättre värde på energianvändningen och blir tillräckliga för att nå upp till rekommendationen på energianvändning från FEBY för eluppvärmda bostäder. Tilläggas bör även att övriga konstruktionsdetaljer i *Sim. 1B* och *1D* hade ändrats och då haft en ännu positivare inverkan på resultatet, dock endast marginell.

## 5.1.1 Känslighetsanalys

Simulering	Energianvändning (kWh/kvm/år)	Rekommenderat FEBY (kWh/kvm/år)
<b>A</b>	26,7	50/30*
<b>B</b>	30,7	50/30*
<b>C</b>	23,0	50/30*
<b>D</b>	18,0	50/30*
<b>E</b>	12,6	50/30*

**Kommentarer:**

Dessa resultat visar på att energianvändningen är starkt beroende av

användarens beteende. Värt att notera är att då man ökar aktiviteten i huset (*Sim. C* -> *Sim. D*) minskar den resulterande specifika energianvändningen avsevärt. Men detta beror till största del på större användningen av apparater/lampor, längre/ fler duschar, apparater med sämre energiklassning mm, d.v.s. hushållsel. Alltså ger en brukare med ett sämre ”energitänkande” beteende ett bättre värde på den uppmätta specifika energianvändningen i ett hus. Dock kommer den brukaren att få högre total energianvändning och därmed en avsevärt högre elräkning på grund av sitt större användande av energiförbrukande processer. Hushållsel används då som uppvärmning vilket alltså bör undvikas. Det kan även konstateras att en brukare med lägre krav på inomhustemperaturen får en avsevärt lägre energianvändning. En sänkning med två grader från 22°C till 20°C minskar energianvändningen i huset med 17,6 % från 32,4 kWh/m<sup>2</sup>/år till 26,7 kWh/m<sup>2</sup>/år. Absolut största minskningen på husets energianvändning får man om man som i *Simulering E* installerar en värmepump. Denna åtgärd sänker behovet av köpt energi till huset med 61 % från 32,4 kWh/m<sup>2</sup>/år till 12,6 kWh/m<sup>2</sup>/år. Själva huset har dock ej blivit bättre av denna åtgärd.

## 5.2 Effektbehovssimuleringar

Simulering	Effektbehov (W/m <sup>2</sup> )	Krav FEBY (W/m <sup>2</sup> )
1	15,89	12
2	15,89	12
3	15,88	12
4	15,88	12
5	15,91	12
6	15,94	12
7	15,90	12
8	15,90	12
9	16,18	12
10	16,03	12

### *Kommentarer:*

För att klara kravspecifikationens krav skall effektbehovet för huset vara mindre än 12W/m<sup>2</sup>. Av resultaten från effektbehovssimuleringarna ser man tydligt att kravet ej kommer att uppnås i något av simuleringsfallen för de projekterade husen med rådande förutsättningar. Då effektbehovet, precis som energianvändningen, endast ändras marginellt mellan simuleringarna kan man även här dra slutsatsen att de olika alternativen på konstruktionsdetaljer ej har någon större inverkan på byggnadens effektbehov. Detta kan bero på att både de tänkta konstruktionsdetaljerna och de för rapporten framtagna alternativen är likvärdiga. Precis som i energisimuleringarna kan anledningarna till att huset ej når upp till de ställda kraven vara att huset har stora fönsterareor mot

norr eller att väggkonstruktionens U-värde ligger över de från FEBY rekommenderade värdet. För att se på effekterna av detta utförs även här några simuleringar med förnyade förutsättningar.

### ***Simulering 1B***

**Förutsättningar:** Samma indata som i *simulering 1* förutom att yttervägg 1 och yttervägg 2 modifieras för att ge ett U-värde på ca 0,10 W/m<sup>2</sup>K.

### ***Simulering 1C***

**Förutsättningar:** Samma indata som i *simulering 1* förutom att fönsterytor (och fönstersmygar) mot norr tas bort helt och hållet.

### ***Simulering 1D***

**Förutsättningar:** Förutsättningarna för *simulering 1B* och *1C* kombineras.

### ***Resultat:***

<b>Simulering</b>	<b>Effektbehov (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Krav FEBY (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>1B</b>	14,68	12
<b>1C</b>	14,41	12
<b>1D</b>	13,20	12

### ***Kommentar:***

Ändringar i konstruktionen gör att byggnadens effektbehov förbättras men ej tillräckligt för att nå upp till FEBYs krav. Tilläggas bör det dock att övriga konstruktionsdetaljer i *Sim. 1B* och *1D* hade ändrats och då haft en positiv inverkan på resultatet, dock endast marginell.

## 6 Konstruktionsanalys

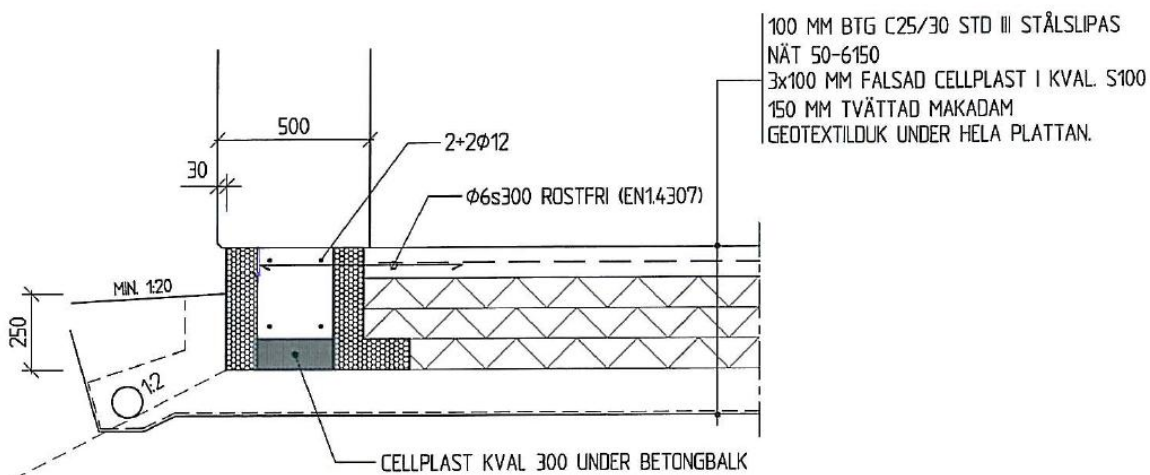
De olika alternativen för grund- och takkonstruktionsdetaljer kommer i detta avsnitt att analyseras för att ta fram den helhetskonstruktion för byggnaden som enligt mig är bäst med avseende på konstruktionstekniska och byggnadsfysikaliska krav. Därefter görs en energianalys av denna för att jämföras med den helhetslösning som togs fram ur ett energiperspektiv i föregående kapitel.

### 6.1.1 Detaljer

#### Grundkonstruktion

Två huvudalternativ är framtagna för byggnadens grundkonstruktion, en tänkt konstruktion och ett alternativ till denna. Till dessa två huvudalternativ har även några alternativlösningar tagits fram med några små modifieringar.

#### Grundläggning alternativ 1



Figur 17. *Tänkt grundläggningskonstruktion.*

*Källa: Haaks Stenhus*

Ovanstående ”platta på mark”-konstruktion påminner i stora delar om den typ av grundläggning som togs upp i avsnitt 2.7 där krypdeformation i cellplast och risk för rotation kring knutpunkten mellan vägg och golv finns beskrivet. Dock med vissa väsentliga skillnader. Då kantbalken ej är sammanbunden med plattan på samma sätt utan endast sammanbinds av armeringsjärn minskas risken för rotation i knutpunkten<sup>38</sup>. Men då plattan här ej kommer att hjälpa till att fördela ner krafterna från väggen till marken så koncentreras dessa helt till cellplasten under kantbalken vilket medför hög tryckspänning och därmed förvärrar krypdeformationen<sup>38</sup>.

<sup>37</sup> Gustavsson T., Våren 2010

I projekteringsstadiet har man dimensionerat för 30,1kN/m i brottslast och 23,5kN/m i brukslast vilket ger upphov till ett tryck på 120,4 kPa på cellplasten under kantbalken. Jämför man dessa värden med de karakteristiska tryckhållfasthetsvärdena för cellplast i kvaliteten S300 ser man att det ligger över tillåten långtidslast vid 2 % krypdeformation vilket är det enda rimliga dimensioneringskriteriet för cellplast som konstruktionsmaterial. Cellplasten är alltså ej tillräcklig för de laster den kommer att utsättas för och bör därför ej användas om man eftersträvar en konstruktion med långsiktig hållbarhet. Dock kan man göra betongtvärsnittet under lättbetongväggen så pass bred att lasten ej överstiger 90 kPa vilket då kommer medföra att grundsnittets egenskaper vad avser energiflödet kommer att påverkas till det sämre på grund av köldbryggeeffekten.

Beteckning	Karakteristisk tryckhållfasthet, korttidsbelastning (kPa)	Karakteristisk tryckhållfasthet, långtidsbelastning (kPa)	Tillåten långtidslast, 2% krypdeformation (kPa)
S300MX	300 <sup>39</sup>	165 <sup>39</sup>	90 <sup>39</sup>

Vidare kommer väggen, på grund av husets fasadglasdetaljer (se detalj 1-1A bilaga 2), på vissa ställen fördela ner kraften från huset excentriskt till kantbalken i grunden vilket kan orsaka en rotation i knutpunkten likt grundläggningslösningen i avsnitt 2.7 och då orsaka sprickor i fasaden. Man bör även vara noggrann med att kontrollera konsekvenserna av att en liten bit av väggen enligt projekteringsritningen står uppställd på betongplattan. Detta kan t.ex. leda till problem så som sättningar och rotation i grunden<sup>40</sup>.

#### *Kantelement med cellplastkvalitet S300 Detalj 1A, Bilaga 1*

Kantelementet (F-elementet) sågas/skärs vanligtvis ut i ett stycke och består då av en och samma cellplastkvalitet. Detta gör att elementet bli enkelt att montera och det blir inga onödiga skarvar i elementet.

#### *Kantelement med cell plastkvalitet S300/S100 Detalj 1B, Bilaga 3*

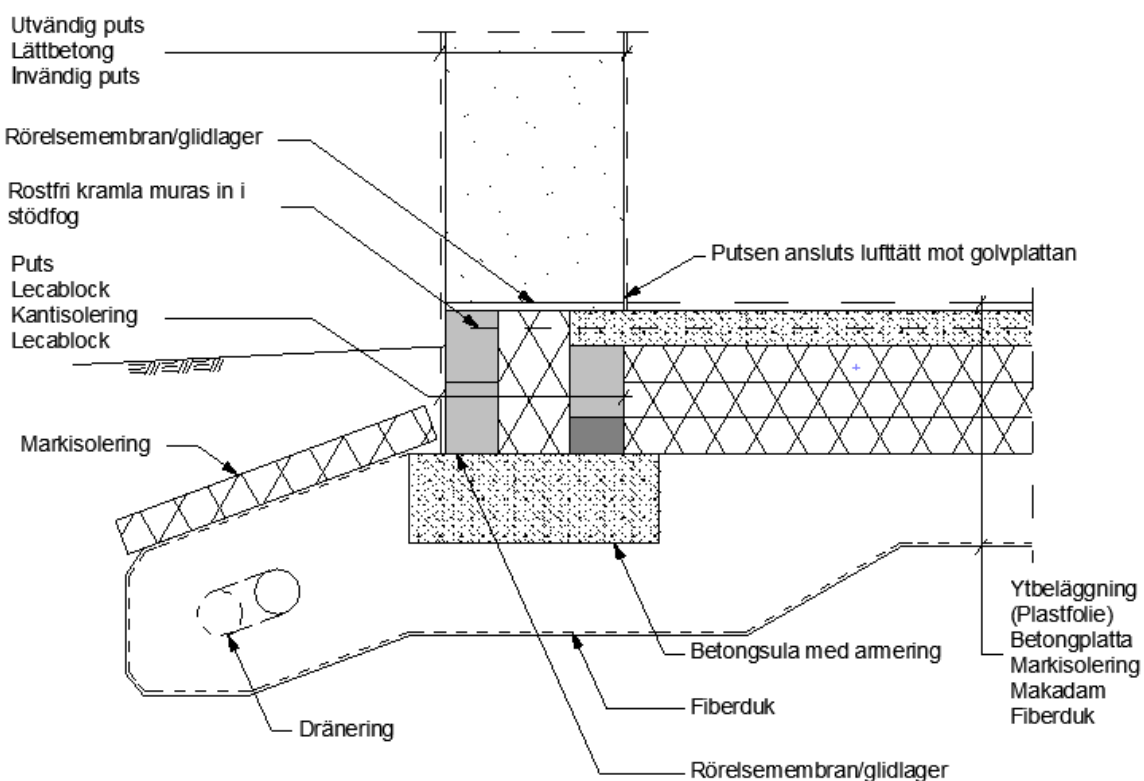
Då man vid val av detta alternativ får en skarv mellan de olika cellplastkvaliteterna i F-elementet som kan leda till problem bör man ej överväga denna lösning vidare. Argumentet för detta förstärks ytterligare av att ingen större skillnad i energianvändningen eller effektbehovet påvisades av simuleringarna.

<sup>38</sup> Hemsida: Sundolitt

<sup>39</sup> Gustavsson T., Våren 2010

*Tjälisolering Detalj 1C och D, Bilaga 5 och 7*

Då grundläggningskonstruktionen är mycket välisolerad blir värmeförlusterna från plattan ut i marken väldigt små. Vid tjälfarlig mark kan detta orsaka problem i form av tjällyftning. Tjällyftning uppkommer när vatten i marken fryser och expanderar vilket då kan orsaka skador på huset. Ett sätt att undvika tjällyftning är att gräva bort den tjälfarliga jordarten ner till tjälfritt djup och ersätta den med en icke tjälfarlig jordart. Är detta ej möjligt måste man istället välja att tjälisolera. Isoleringen hindrar då tjälen från att krypa längre ner i marken runt huset och risken för tjällyftning elimineras <sup>41</sup>.

*Grundläggning alternativ 2*

Figur 18. Alternativ grundkonstruktion

Denna grundläggningsmetod är sedan tidigare en väl beprövad lösning för byggnader med tung stomme. Lasterna från byggnaden förs här ner och fördelas ut i marken via de två lecablocksmurarna och den underliggande betongsulan. Detta i kombination med att betongplattan läggs upp på den innersta lecablocksmuren, vilket fixerar knutpunkten i horisontalled, får man en grundsula som ej kommer orsaka problem med rotation i knutpunkten mellan vägg och golv. <sup>42</sup>

<sup>40</sup> Isover. (2010), *Tjälisolering kring platta på mark*

<sup>41</sup> Gustavsson T. (2008), *Moderna tegeldetaljer – med teglets materialitet som utgångspunkt*



Då grundläggningen även saknar cellplast i bärande delar minimerar man konsekvenserna av deformation i cellplasten. Dock används cellplast mellan de två lecablocksmurarna och under plattan för att minska värmeflödet genom konstruktionen. Men man bör vara medveten om att organiska material som cellplast bryts ner med tidens gång och därför inte borde finnas i en grundkonstruktion. Avsaknaden av alternativ gör dock att annat ej är möjligt i dagsläget. Men genom att använda sig av grundläggningslösningar som ovan utan cellplast i grunden under bärande väggar och pelare får man en konstruktion med betydligt långsiktigare hållbarhet.<sup>43</sup>

### *Kantelement med foamglas Detalj 2A, Bilaga 9*

För att minska värmeflödet ytterligare kan man i den inre lecablocksmuren byta ut ett lecablock mot ett material med bättre isoleringsförmåga för att bryta den köldbrygga som annars uppstår. I denna rapport har ett material som kallas foamglas valt att användas. Foamglas består av glasceller och är ett material med en isoleringsförmåga jämförbar med cellplast. Vid val av detta material är det mycket viktigt att se till så materialet klarar av de laster som lecamuren har till uppgift att fördela ner i grundsulan. Man bör även titta på materialets förmåga att hantera långtidslaster för att inte få samma problem med rotation i knutpunkten som grundläggning med underliggande cellplast kan ge upphov till. Foamglas har en tryckhållfasthet på 600 kPa (korttidsbelastning) och är därför mycket tryckhållfast, även under långvarig belastning, 400 kPa.<sup>44</sup> Detta gör att problem med krypdeformationer och rotation i knutpunkten mellan vägg och golv ej kommer att uppstå med denna konstruktionslösning.

### *Tjälisolering Detalj 2C, Bilaga 13*

Då grundläggningskonstruktionen är mycket välisolerad blir värmeförlusterna från plattan ut i marken väldigt små. Vid tjälfarlig mark kan detta orsaka problem i form av tjällyftning. Tjällyftning uppkommer när vatten i marken fryser och expanderar vilket då kan orsaka skador på huset. Ett sätt att undvika tjällyftning är att gräva bort den tjälfarliga jordarten ner till tjälfritt djup och ersätta den med en icke tjälfarlig jordart. Är detta ej möjligt måste man istället välja att tjälisolera. Isoleringen hindrar då tjälen från att krypa längre ner i marken runt huset och risken för tjällyftning elimineras.<sup>45</sup>

---

<sup>42</sup> Gustavsson T. (2008), *Moderna tegeldetaljer – med teglets materialitet som utgångspunkt*

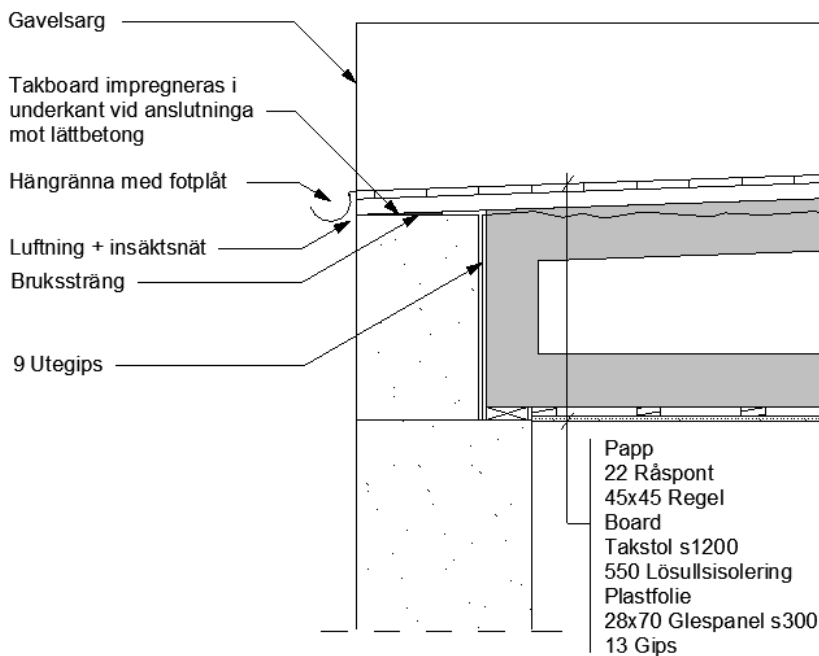
<sup>43</sup> Pittsburgh Corning Scandinavia AB (2010), *Produktöversikt 2010*

<sup>44</sup> Isover. (2010), *Tjälisolering kring platta på mark*

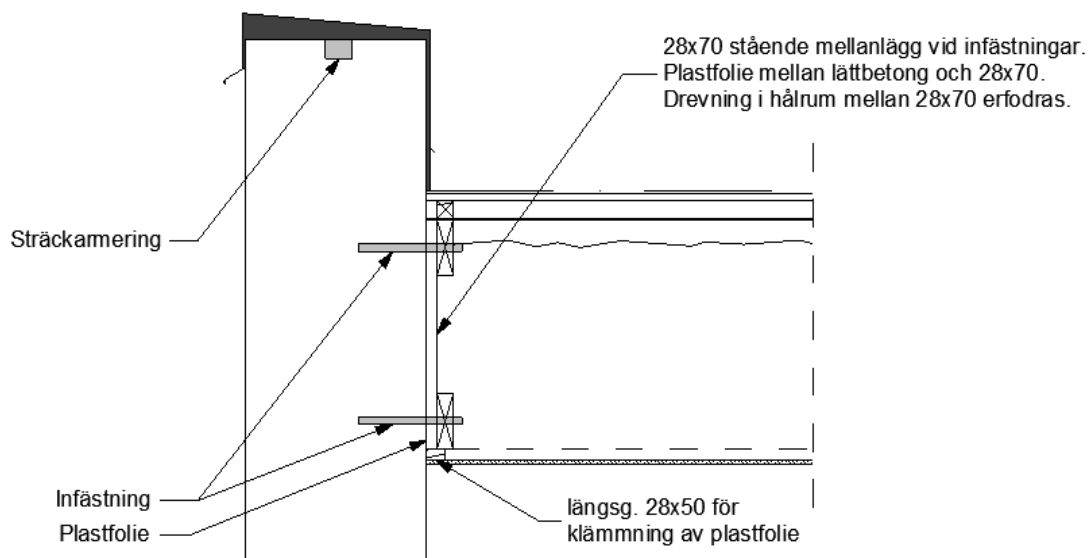
## Tak

Till takkonstruktionen har även där tagits fram två alternativ på tak med tillhörande anslutningar.

### Alternativ 1



Figur 19. Tänkta takstolskonstruktion i trä. Orientering: norr.

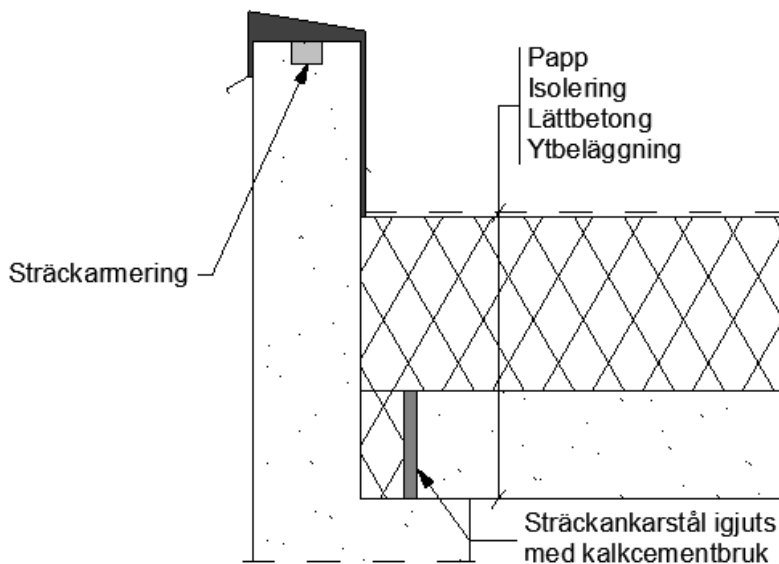


Figur 20. Tänkta takstolskonstruktion i trä. Orientering: öster/väster.

Denna konstruktion är en vanlig och ofta använd takkonstruktion av Haaks Stenhus som ofta använder sig av takstolar av trä till sina stenhus. Dock är det en nackdel att använda sig av organiska fuktkänsliga material som trä tillsammans med lättbetong med hög fukthalt. Det är därför mycket viktigt att fuktsäkra alla trädelar som ligger mot lättbetongen med förslagsvis plastfolie

för att undvika fuktskador så som mögel och röta. Vidare måste man få konstruktionen lufttät vilket är en förutsättning för att klara kraven för Passivhusstandard. Då konstruktionen innehåller många detaljer krävs stor noggrannhet vid utförandet för att uppnå detta. Avsaknaden av utrymme kan vidare försvåra för underhållsarbete inuti takkonstruktionen. Dock kommer utrymmet mellan lösull och takbeklädnad vara större i husets södra riktning på grund av takets lutning. Detta kan i ett så pass väl isolerat tak leda till att luften i utrymmet kondenserar på kalla klara nätter då inget värmeläckage inifrån huset sker och då orsaka skador på det fuktkänsliga takmaterialet<sup>46</sup>. Desto mer luft mellan takbeklädnad och isolering desto större risk för kondensation. Taket kommer dock bli stabilt och man kan röra sig fritt på taket utan att riskera att skada takpappen.

### Alternativ 2



Figur 21. Alternativ takkonstruktion i lättbetong. Orientering öster/väster.

Med denna konstruktion blir byggnaden helt utan fuktkänsliga material så som trä. Detta gör att risken för fuktskador minskar drastiskt. Man drar även nytta av lättbetongens goda tekniska och fysikaliska egenskaper så som att konstruktionen är lätt att få lufttät och dess förmåga att dämpa temperatursvängningarna vilket leder till en jämnare inomhustemperatur.

<sup>45</sup> Gustavsson T., Våren 2010

Lättbetongtaket täcks av papp. Dock måste en mineralullsboard placeras mellan pappen och cellplasten för att klara flygbransprovet och asfaltsklistring. Vid val av lättbetongtak med utvändig isolering är det även viktigt att man hindrar byggfukten från att avdunsta uppåt. Byggfukten kan nämligen då kondensera mot pappen och droppa tillbaka genom fogarna. Detta hindras genom att konstruktionen förses med en ångspärr, förslagsvis plastfolie, på översidan av lättbetongen. Det är mycket viktigt att plastfolien här blir helt tät och stor omsorg bör därför läggas på plastfoliens anslutningar. Taket måste efter denna åtgärd torka ut nedåt och takets undersida får därför ej behandlas med någon diffusionstät färg.<sup>47</sup> Vidare kan taket bli något känsligt för beträdning i framförallt vid skarvar mellan vägg och tak. Extra noggrannhet bör därför tas vid denna applicering. Ett sätt att eliminera problemet kan vara att gjuta en 80mm tjock betongplatta som man låter vila på lättbetongsargarna längs huset förutsatt de klarar lasten från betongplattan. Detta gör även att man ej behöver förankra takets lättbetongskivor i ytterväggarna. Dock kan lösningen behöva en vis bearbetning arkitektoniskt.

### **Sammanfattning**

Då det visat sig att grundläggningsmetoder enligt alternativ 1 kan orsaka problem på hus med tung stomme bör man iaktta stor försiktighet vid val av detta konstruktionsalternativ. I synnerhet när man i detta projekt använder sig av betydligt tjockare och därmed tyngre lättbetongblock i ytterväggen än i tidigare husprojekt. Grundläggningsalternativ 2 är därför ett betydligt mer pålitlig konstruktion för en byggnad med denna stomtyp. Som takkonstruktion är alternativ 2 att föredra ur ett konstruktionsperspektiv då man ej blandar in fuktkänsliga trädelar i en konstruktion med hög fukthalt och att lufttätningen i konstruktionsalternativ 1 försvåras av att den innehåller betydligt fler komponenter och arbetsmoment som kan ge upphov till fel. I alternativ 2 kan man även tillgodogöra sig de goda egenskaper som lättbetong ger en byggnad. Dock är det viktigt att man utför detta alternativ fuktsäkert med en diffusionsspärr mellan lättbetongen och cellplasten för att undvika kondensation under pappen. Vid val av denna takkonstruktion kommer ännu högre kvar att ställas på grundkonstruktionens förmåga att ta upp lasten från byggnadsstommen då detta tak blir betydligt tyngre än takstolskonstruktionen. Därav än större anledning att välja grundläggningsalternativ 2.

Konstruktion	Val av konstruktion
Grund	Alternativ 2
Tak	Alternativ 2

<sup>46</sup> Nevander L. E., Elmarsson B., (2006) *Fukthandbok, Praktik och teori*

### 6.1.2 Energi – och effektsimulering

På den kombination av detaljer som är bäst ur ett konstruktionsperspektiv görs en simulering för att se skillnaden på energianvändning och effektbehov jämfört med den helhetslösning som är bäst ur ett energiperspektiv.

#### *Simulering 11*

Till denna simulering har samma indata används som i simulering 1 till 10 och följande detaljer:

Bygghet	Detalj nr	VIP-ENERGI-benämning	Bilaga nr
Anslutning grund/vägg 1	2A	PHL KANTBALK 2a	9
Anslutning grund/vägg 2	2-1A	PHL KANTBALK 21a	10
Grundplatta	3	PHL PLATTA	15
Yttervägg 1	4	PHL YTTERVÄGG 1	16
Yttervägg 2	5	PHL YTTERVÄGG 2	16
Ytterväggshörn	6	PHL VÄGGHÖRN	17
Bjälklagsanslutning 1	7A	PHL BJÄLKLAG 1a	18
Bjälklagsanslutning 2	8A	PHL BJÄLKLAG 2a	20
Bjälklag	9	PHL BJÄLKLAG	22
Innervägg 1	10	PHL INNERVÄGG 1	22
Innervägg 2	11	PHL INNERVÄGG 2	23
Innervägg 3	12	PHL INNERVÄGG 3	23
Takanslutning norr	18	PHL TAK2 ANSL. NORR	29
Takanslutning öster	17	PHL TAK2 ANSL. GAVEL	28
Takanslutning söder	17	PHL TAK2 ANSL. SÖDER	28
Takanslutning väster	17	PHL TAK2 ANSL. GAVEL	28
Tak	19	PHL TAK2	30
Fönster 1	20	PHL FÖNSTER 1	30
Fönster 2	21	PHL FÖNSTER 2	30
Fönstersmyg 1	24	PHL FÖNSTERSMYG 1A	31
Fönstersmyg 2	26	PHL FÖNSTERSMYG 2	32
Dörr 1	22	PHL DÖRR 1	31
Dörr 2	23	PHL DÖRR 2	31
Dörrsmyg 1	27	PHL DÖRRSMYG 1	33

**Resultat**

Simulering	Energianvändning (kWh/kvm/år)	Effektbehov (W/m <sup>2</sup> )
1	32,4	15,89
11	33,3	16,19

**Kommentar:**

Resultaten visar på att det vid val av konstruktionsalternativ ur ett konstruktionsperspektiv endast ger en marginellt sämre energianvändning och effektbehov för byggnaden jämfört med resultatet av analysen ur ett energi- och effektperspektiv. Ingen av simuleringsalternativen når upp till kraven och rekommendationerna från FEBY när det gäller effektbehov och energianvändning. Dock kan det påpekas att värdena på *Simulering 1* antagligen hade försämrats avsevärt om tvärsnittet på dess betongkantbalk hade dimensionerats rätt och kantelementets isolering därav minskat.

## 7 Diskussion och Slutsatser

Arbetet syftade till att förse Metro Arkitekter med svar på om möjligheterna för uppförandet av ett småhus med lättbetongstomme som uppfyller kraven enligt FEBY kravspecifikation för passivhus. Resultaten av energi- och effektsimuleringarna för huset i VIP-Energy, med rådande indata, visar på att kraven ej kommer att uppnås med de tilltänkta konstruktionsdetaljerna och ej heller med de för rapporten framställda alternativen till konstruktionsdetaljer. De mycket små förändringarna i resultatet av energi- och effektsimuleringarna vid de olika konstruktionsalternativen tyder även på att en vidareutveckling av dessa detaljer ej kommer att ha tillräcklig stor inverkan på resultaten för att klara de ställda kraven.

Eftersom skillnaden mellan de olika konstruktionsalternativ rent energimässigt kan anses vara obefintliga bör man vid val av konstruktionslösning i största möjliga grad beakta de konstruktionsmässiga och byggnadsfysikaliska aspekterna i första hand. Man bör alltid eftersträva stomkonstruktioner med långsiktig hållbarhet och med en livslängd likvärdig resterande konstruktioner i stommen. Stor försiktighet bör därför iakttas vid val av den tilltänkta grundkonstruktionen ”platta på mark” med underliggande isolering under kantbalken då det visat sig att denna grundläggningsmetod kan orsaka stora problem, i synnerhet på hus med tung stomme. Cellplast som konstruktionsmaterial och dess långsiktiga hållbarhet måste här ifrågasättas. Inte bara vid hus med tung stomme utan även vid andra typer av stomkonstruktioner. Vidare undersökningar bör göras i denna fråga då större utredningar av detta problem saknas. Kanske är denna problematik ett utmärkt ämne för kommande examensarbetare att undersöka vidare.

Vad gäller takkonstruktionen bör även där en varnig utfärdas för takstolskonstruktionen i trä då dess komplexa uppbyggnad och fuktkänslighet kan ge upphov till flertalet fel och skador. En takkonstruktion av lättbetong kan därför starkt rekommenderas för detta projekt.

För att få ner husets energianvändning och effektbehov för aktuella konstruktioner har en rad olika åtgärder på huset simulerats. Bland annat har, fönsterareor minskats, väggar tilläggsisolerats och värmepumpar installerats. Av störst intresse är dessa åtgärders inverkan på husets effektbehov då endast detta värde är ett krav från FEBY. Bäst inverkan får man när man kombinerar en minskning av fönsterareorna mot norr och modifierar väggen för ett bättre U-värde. Dock klarar man inte kravet för effektbehovet på  $12 \text{ W/m}^2$  men man hamnar så passa nära,  $13,2 \text{ W/m}^2$ , att man med ytterliga effektiviserande åtgärder bör kunna hamna under detta värde.

För att få ner husets energianvändning föreslås först och främst en installation av en värmepump då denna relativt enkla installation får ner

energianvändningen med uppemot 60 % och som då hamnar under det rekommenderade värdet från FEBY på 50/30kWh/m<sup>2</sup>/år.

I övrigt kan även slutsatsen dras att energianvändningen är starkt beroende av brukarens beteende. En brukare med lägre krav på inomhustemperatur kommer t.ex. minska sin energianvändning avsevärt. En minskning med 2°C från 22°C till 20°C minskar energianvändningen för huset med ca 18 %.



## Referenser

### Tryckta källor

Energimyndigheten (2009), *Solklart – solvärme!*, Informationsbroschyr.

Forum för Energieffektiva Byggnader (2009), *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*.

Gustavsson T. (2008), *Moderna tegeldetaljer – med teglets materialitet som utgångspunkt*.

Jönsson Karl G. (2010) *Världens första Passivhus i lättbetong byggs i Skåne*, Artikel i Sydsvenska Dagbladet 100228.

Karringer A. (2008), *Passivhus – studie om miljövänliga och energisnåla bostäder*. Examensarbete, ingenjörsprogrammet byggt teknik med arkitektur, Lunds tekniska högskola.

Molnár M. och Gustavsson T. (2010), *L-element problematisk grundläggning för murade väggar*, Artikel i Bygg&Teknik nr. 2, 2010.

Nevander L. E., Elmarsson B., (2006) *Fukthandbok, Praktik och teori*, tredje utgåvan, Svensk Byggtjänst.

Passivhuscentrum (2009), *Vad är ett passivhus?* Informationsbroschyr .

Pittsburgh Corning Scandinavia AB (2010), *Produktöversikt 2010*.

StruSoft (2009), *VIP-Energy MANUAL VERSION 1.0.0*.

Sunda Hus Rådgivning (2009), *Passivhus Lomma x2*, Sammanfattning energisimuleringar.

Warfvinge C. (2008), *Installationsteknik AK för V*, Tredje upplagan andra tryckningen, Avd. för Installationsteknik, Lunds tekniska högskola.

Ytong (1993), *Lättbetonghandboken*.

## Elektroniska källor

Energimyndigheten. (2010), *Energi viktig del i EU:s nya 2020-strategi*,  
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Press/Nyheter/Energi-viktig-del-i-EUs-nya-2020-strategi/>, hämtat 2010-03-09

Hemsida: Sundolitt.

<http://www.sundolitt.se/default.asp?menu=156>, hämtat 2010-04-12

Miljömålsrådet. (2010), *Om miljömålen*,

<http://www.miljomal.se/Om-miljomalen/>, hämtat 2010-03-09

Miljömålsrådet. (2010), *Energianvändning m. m. i byggnader (2020/2050)*,

<http://www.miljomal.se/15-God-bebyggd-miljo/Delmal/Energianvandning-m-m-i-byggnader-20202050/>, hämtat 2010-03-09

Isover. (2010), *Tjälisolering kring platta på mark*,

<http://www.isover.se/byggkonstruktioner+och+tekn+installationer/bbr/tj%C3%A4lisolering>, hämtat 2010-04-12

Plan- och bygglag (1987:10),

<http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19870010.HTM>, hämtat 2010-03-09

## Muntliga källor

Gustavsson T, Våren 2010, Tomas Gustavsson konstruktioner AB i Lund.

Rasmusson M-O., Våren 2010, StruSoft AB i Malmö.

## Bildkällor

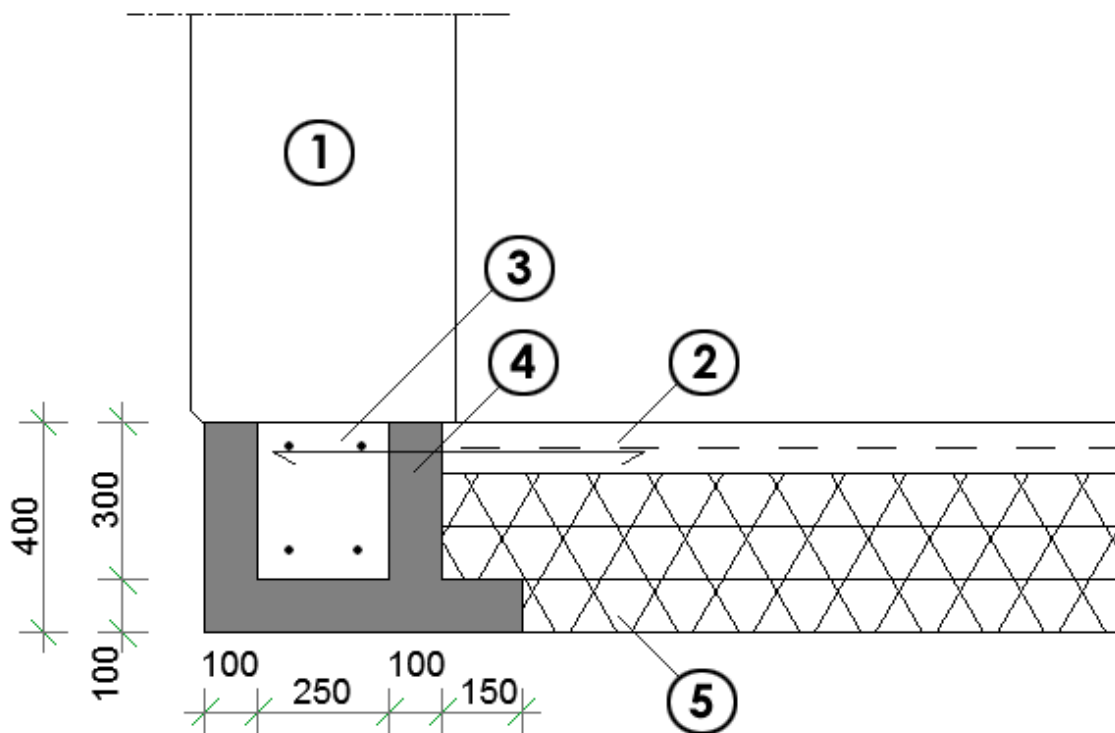
- Figur*
1. Hackfelt N.
  2. Hackfelt N.
  3. Hackfelt N.
  4. StruSoft AB
  5. Lättbetonghandboken
  6. Molnár M. och Gustavsson T.
  7. Molnár M. och Gustavsson T.
  8. Krollmanns N.
  9. Hackfelt N.
  10. MetroArkitekter
  11. MetroArkitekter
  12. MetroArkitekter
  13. MetroArkitekter
  14. Hackfelt N.
  15. H+H
  16. Hackfelt N.
  17. Haaks Stenhus
  18. Hackfelt N.
  19. Hackfelt N.
  20. Hackfelt N.
  21. Hackfelt N.

## BILAGA 1

Nedanstående detaljer är ritningar på hur detaljerna är inlagda i VIP-Energy.

### DETALJ 1A

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1A)



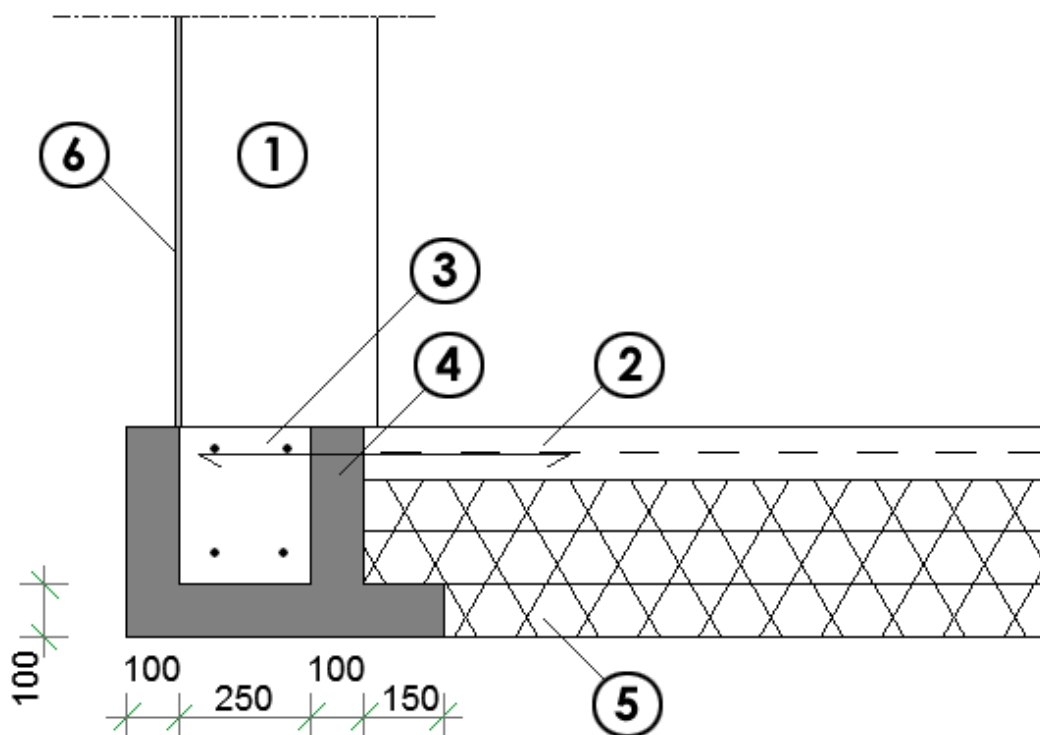
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,033	25	1400

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 2A	PPM 0-1 m	36,6 m	0	0,3

## BILAGA 2

### DETALJ 2-1A

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1-1A)



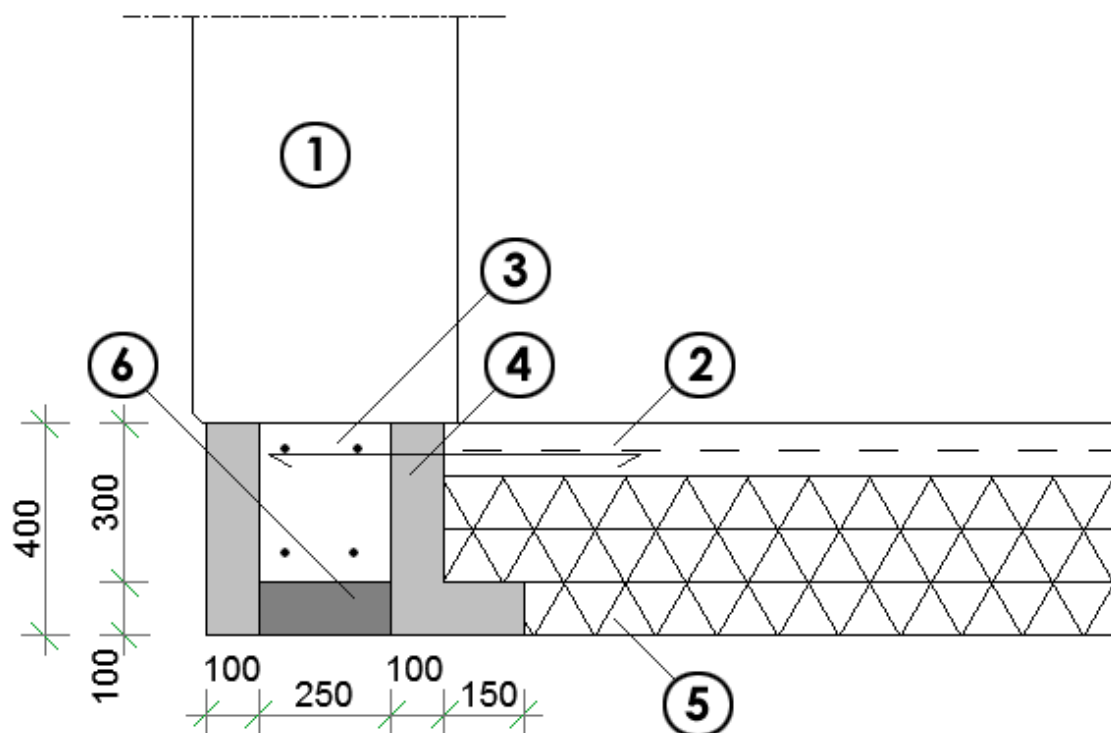
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,033	25	1400
6 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 21A	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

## BILAGA 3

### DETALJ 1B

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1b)



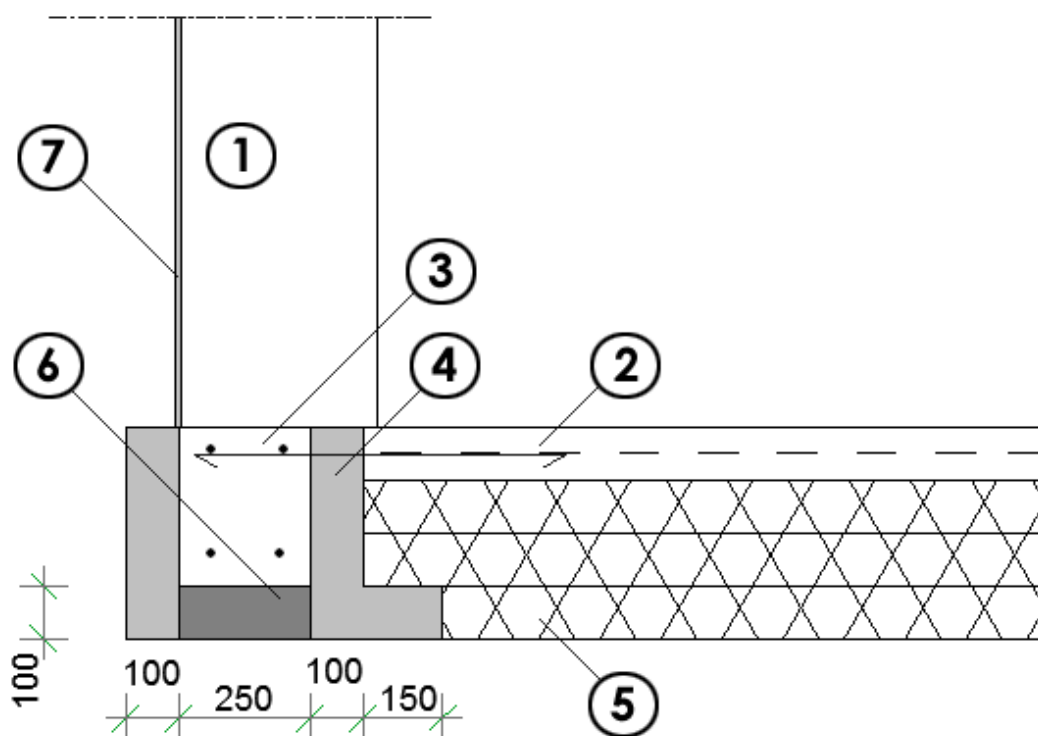
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,036	25	1400
6 Cellplast	100	0,033	25	1400

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 2B	PPM 0-1 m	36,6 m	0	0,3

## BILAGA 4

### DETALJ 1-1B

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1-1B)



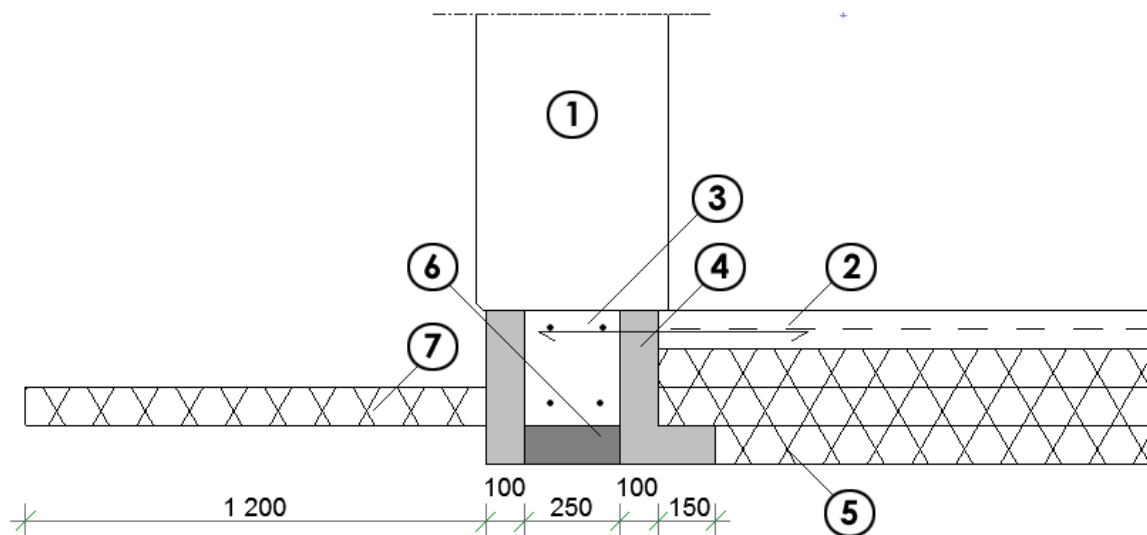
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,036	25	1400
6 Cellplast	100	0,033	25	1400
7 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 21B	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

## BILAGA 5

### DETALJ 1C

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1C)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,036	25	1400
6 Cellplast	100	0,033	25	1400
7 Cellplast	100	0,036	25	1400

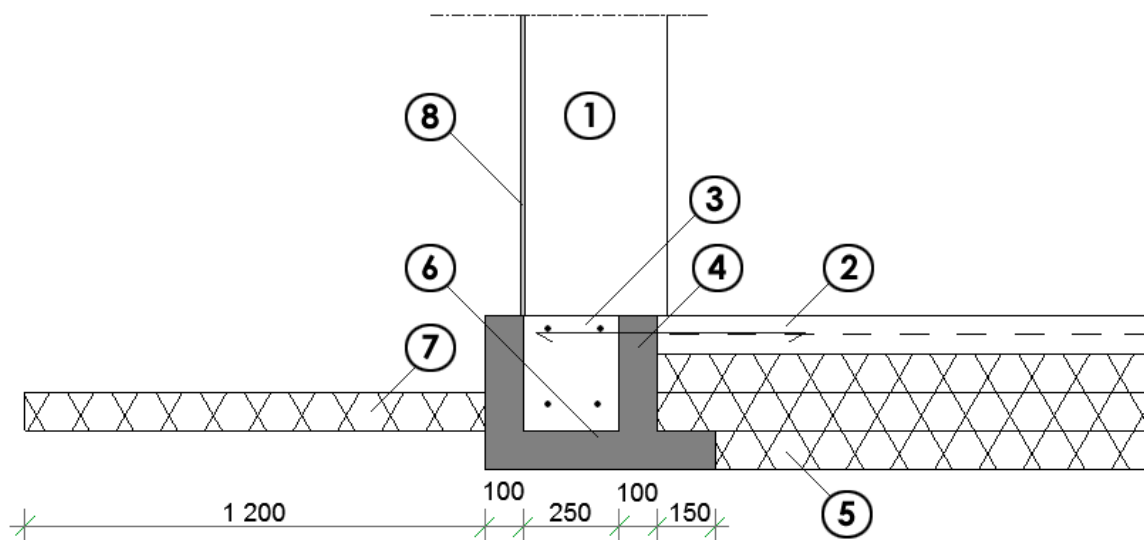
BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 2C	PPM 0-1 m	36,6 m	0	0,3



## BILAGA 6

### DETALJ 1-1C

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1-1C)



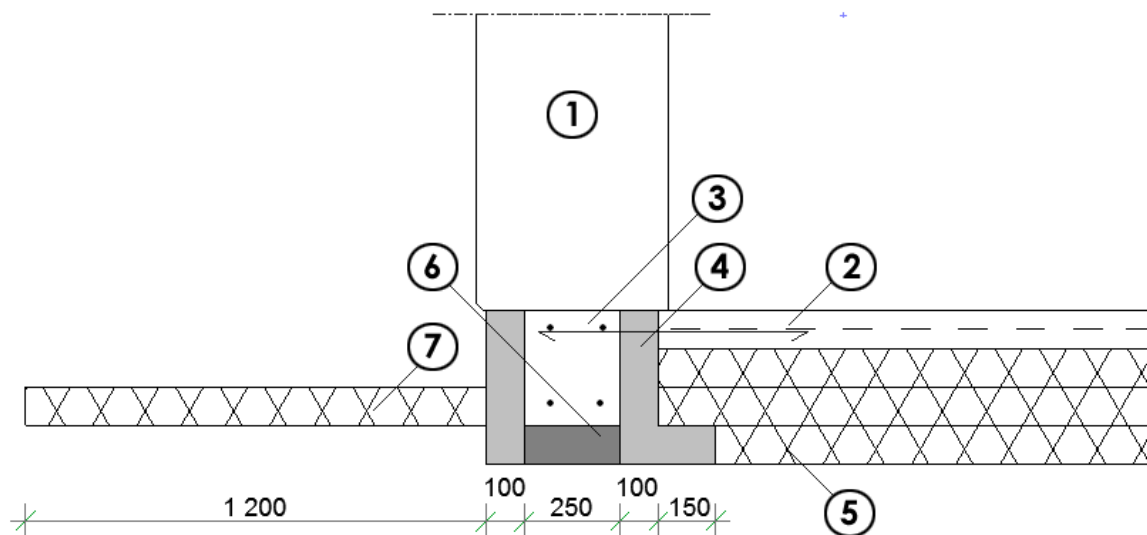
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,036	25	1400
6 Cellplast	100	0,033	25	1400
7 Cellplast	100	0,036	25	1400
8 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 21C	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

## BILAGA 7

### DETALJ 1D

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1D)



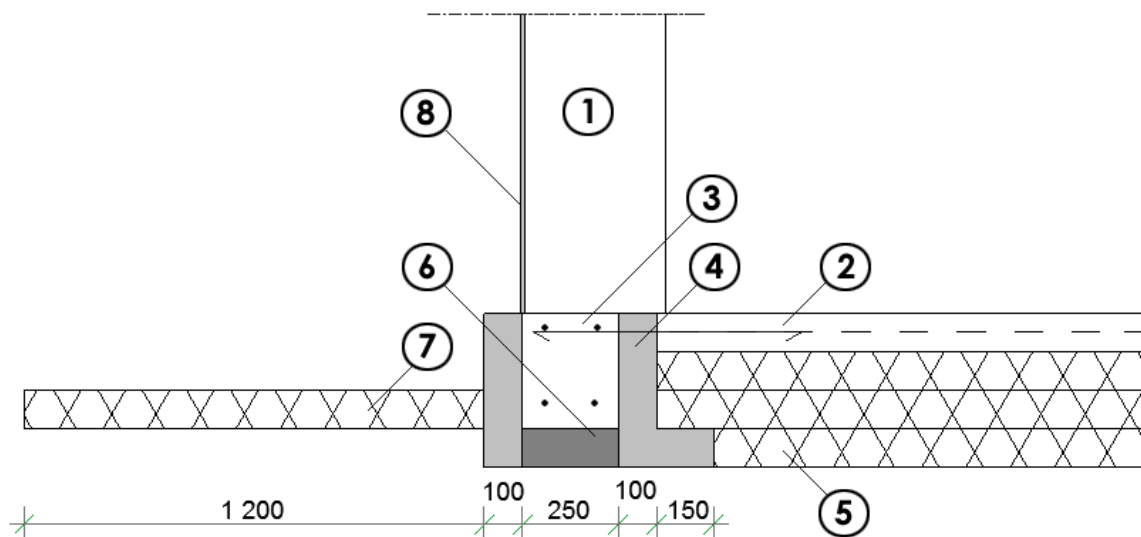
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,036	25	1400
6 Cellplast	100	0,033	25	1400
7 Cellplast	100	0,036	25	1400

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 2D	PPM 0-1 m	36,6 m	0	0,3

## BILAGA 8

### DETALJ 1-1D

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 1-1D)



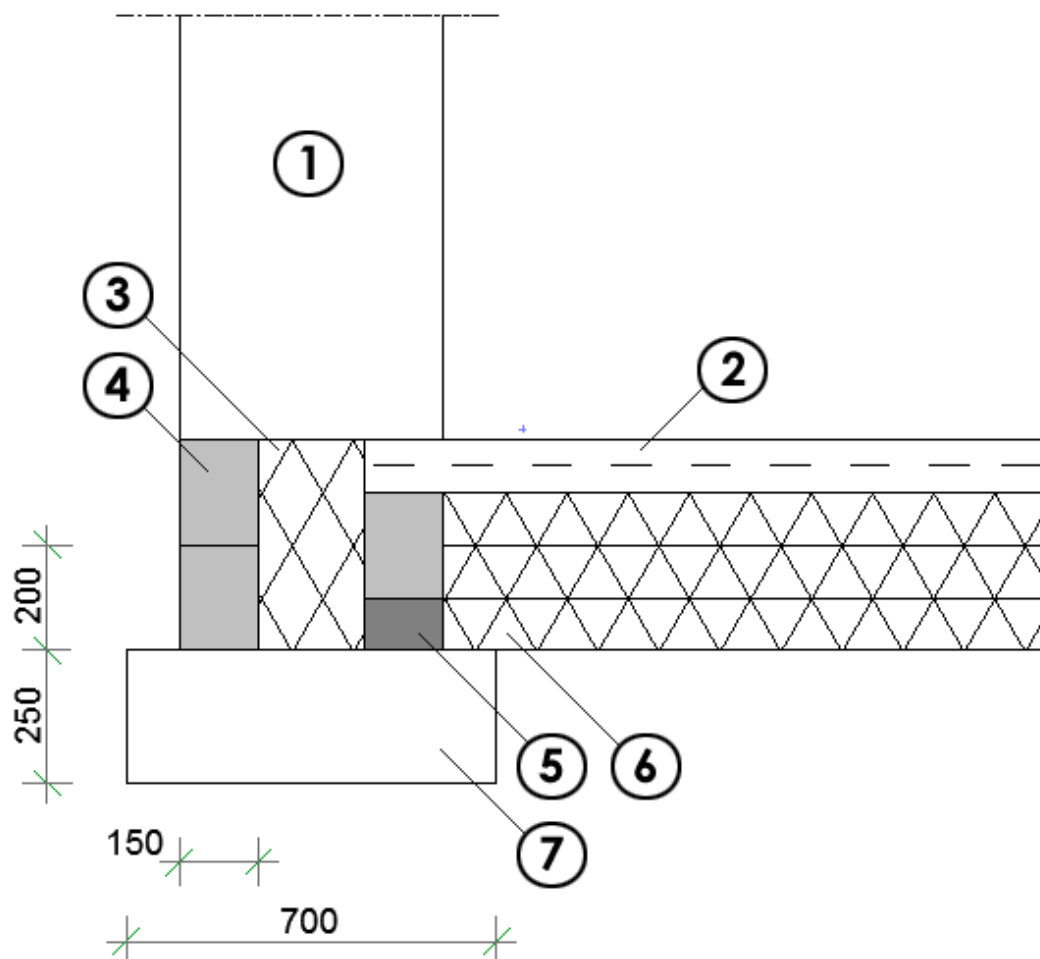
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Betong	250	1,700	2300	800
4 Cellplast	100	0,036	25	1400
5 Cellplast	300	0,036	25	1400
6 Cellplast	100	0,033	25	1400
7 Cellplast	100	0,036	25	1400
8 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 21D	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

## BILAGA 9

### DETALJ 2A

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 2A)



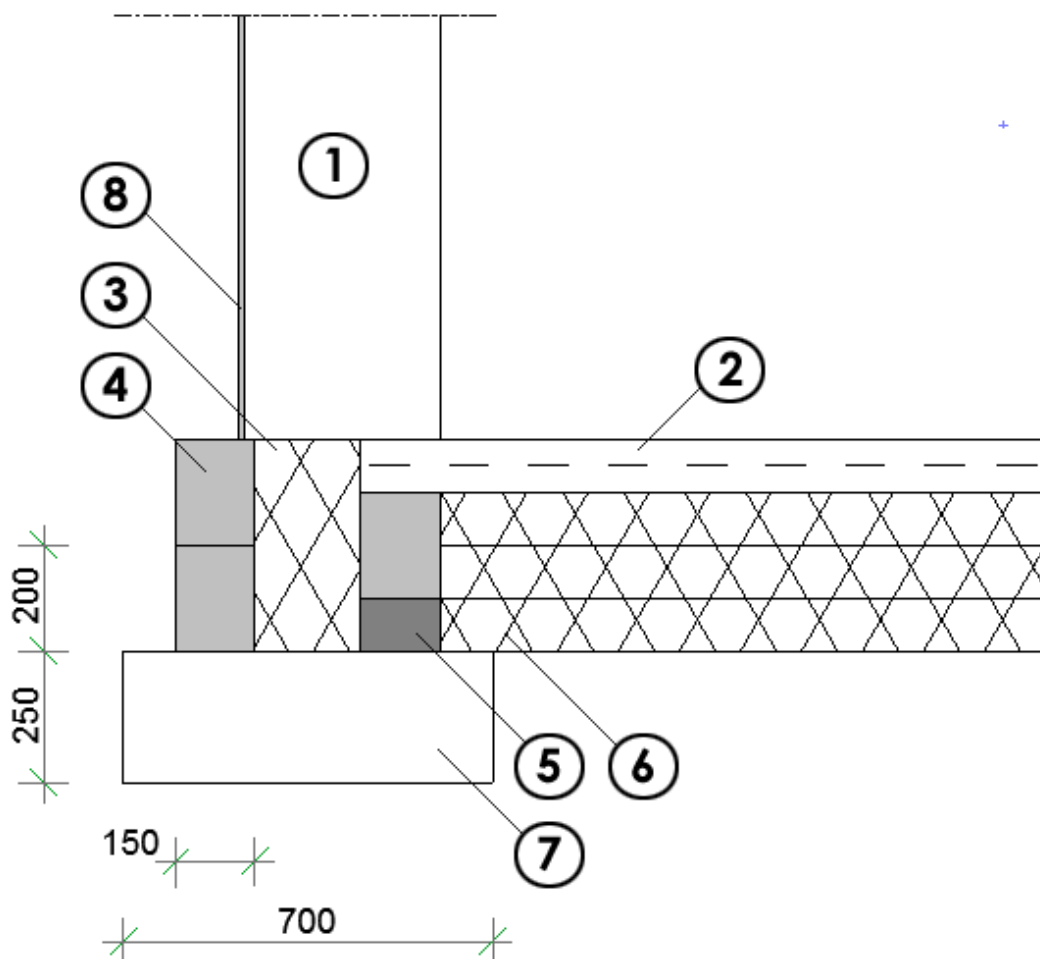
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Cellplast	200	0,036	25	1400
4 Lecablock	200	0,130	330	880
5 Foamglas	100	0,041	120	1400
6 Cellplast	300	0,036	25	1400
7 Betong	100	1,700	2300	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 1A	PPM 0-1 m	36,3 m	0	0,3

## BILAGA 10

### DETALJ 2-1A

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 2-1A)



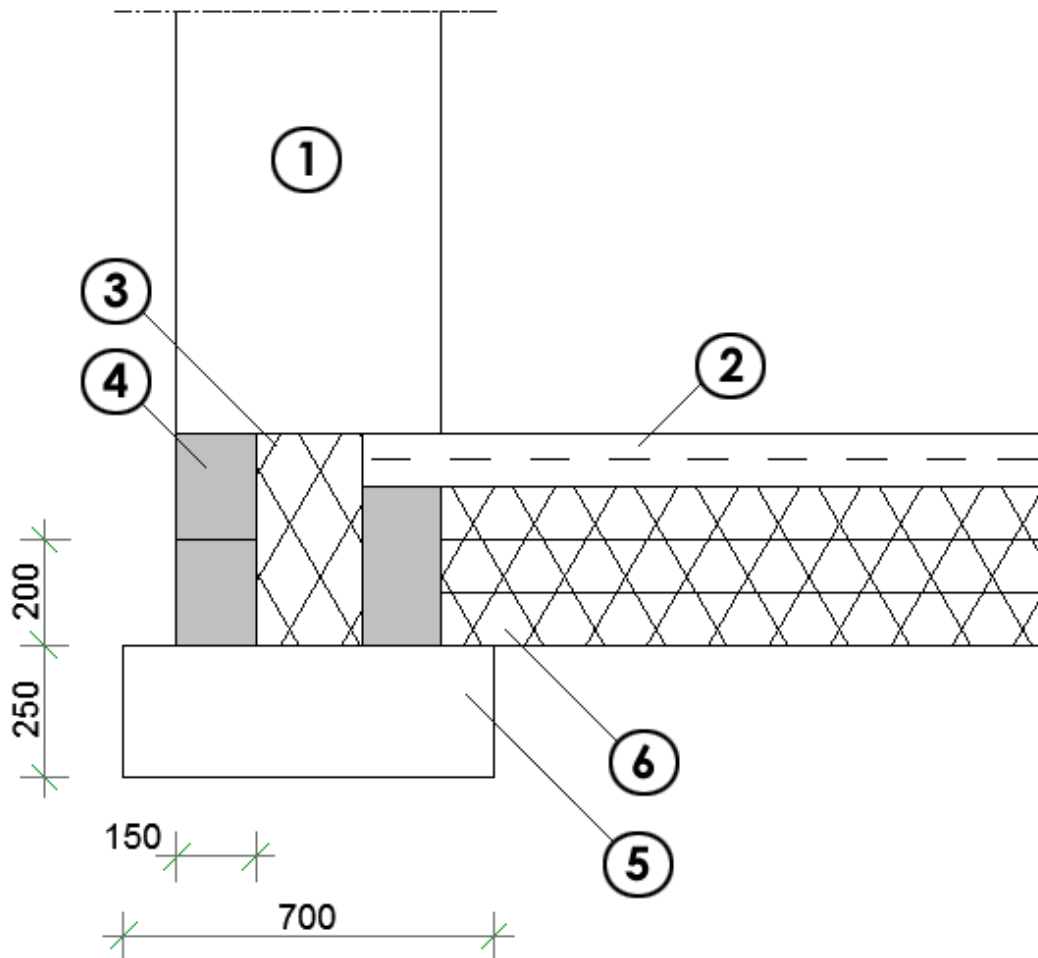
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Cellplast	200	0,036	25	1400
4 Lecablock	200	0,130	330	880
5 Foamglas	100	0,041	120	1400
6 Cellplast	300	0,036	25	1400
7 Betong	100	1,700	2300	800
8 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 11A	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

## BILAGA 11

### DETALJ 2B

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 2B)



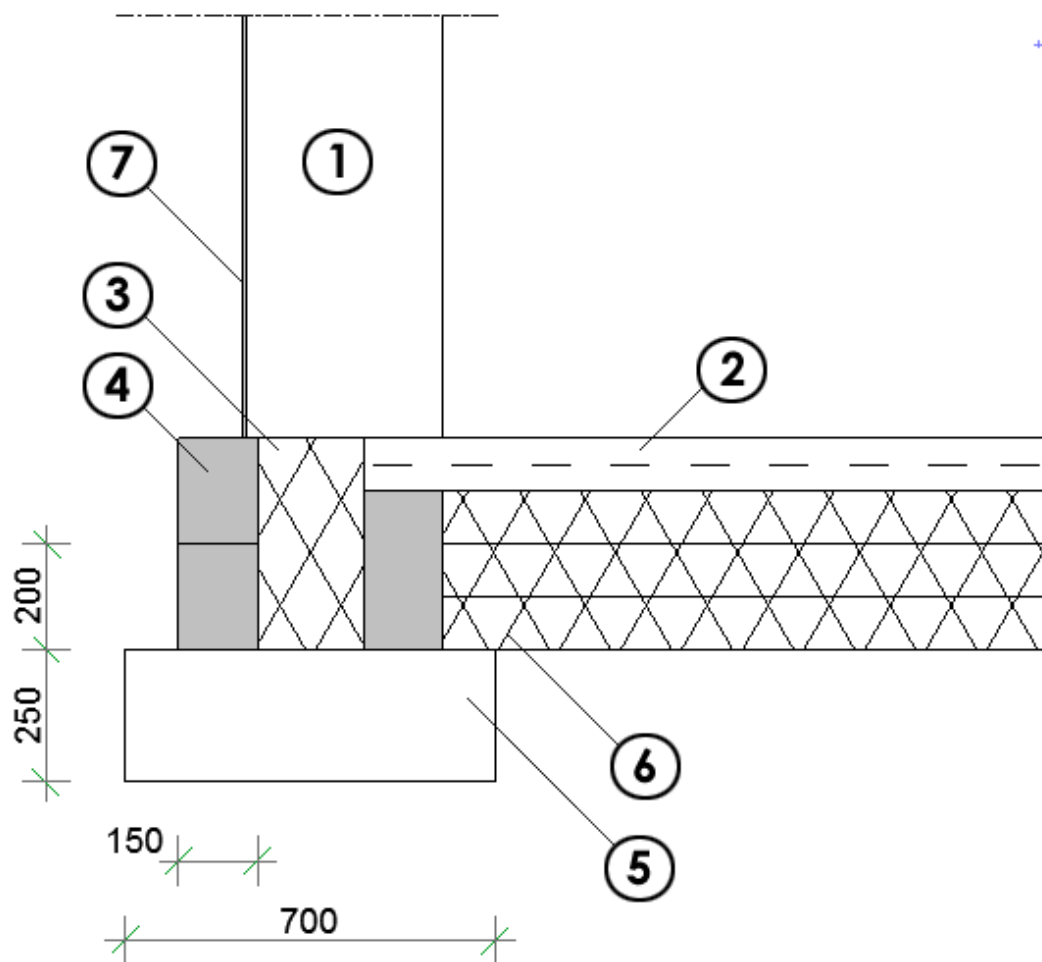
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Cellplast	200	0,036	25	1400
4 Lecablock	200	0,130	330	880
2 Betong	100	1,700	2300	800
6 Cellplast	300	0,036	25	1400

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 1B	PPM 0-1 m	36,3 m	0	0,3

## BILAGA 12

### DETALJ 2-1B

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 2-1A)



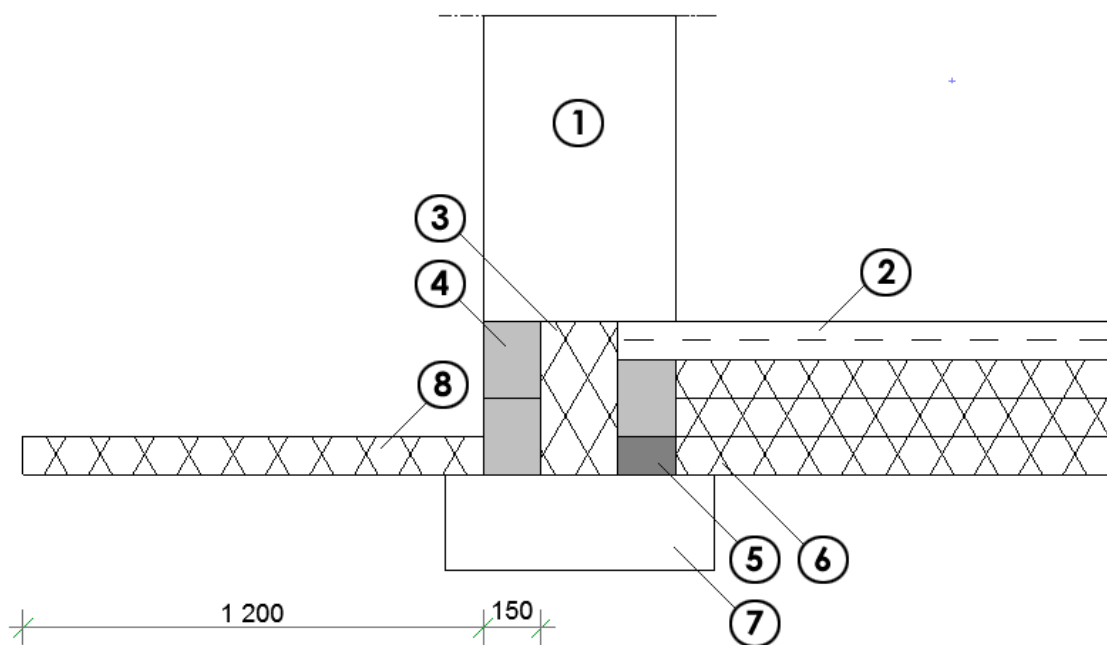
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Cellplast	200	0,036	25	1400
4 Lecablock	200	0,130	330	880
2 Betong	100	1,700	2300	800
6 Cellplast	300	0,036	25	1400
8 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 11B	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

## BILAGA 13

### DETALJ 2C

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 2C)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Cellplast	200	0,036	25	1400
4 Lecablock	200	0,130	330	880
5 Foamglas	100	0,041	120	1400
6 Cellplast	300	0,036	25	1400
7 Betong	100	1,700	2300	800
8 Cellplast	300	0,036	25	1400

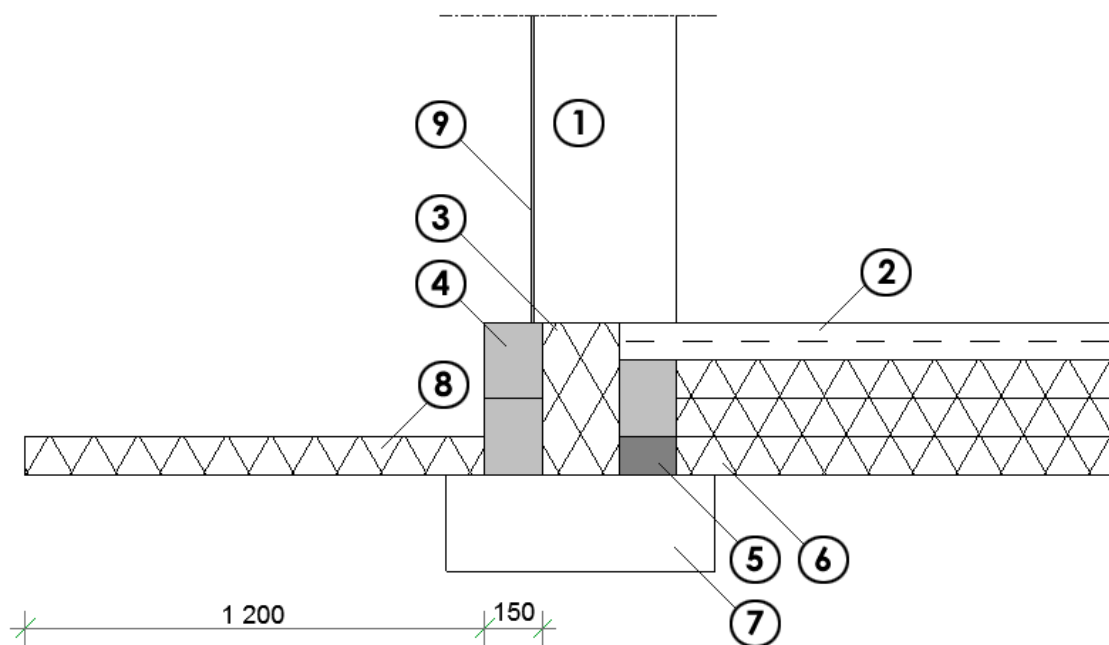
BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 1C	PPM 0-1 m	36,3 m	0	0,3



## BILAGA 14

### DETALJ 2-1C

(GRUNDSOCKEL ALTERNATIV 2-1C)

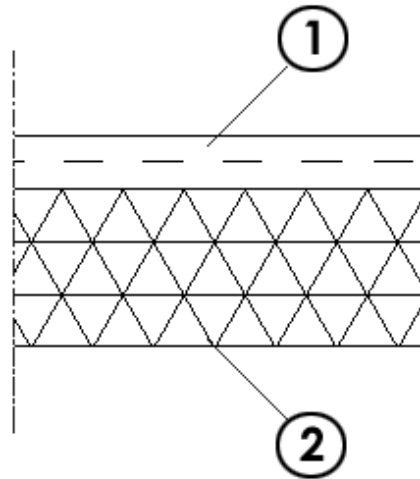


MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Betong	100	1,700	2300	800
3 Cellplast	200	0,036	25	1400
4 Lecablock	200	0,130	330	880
5 Foamglas	100	0,041	120	1400
6 Cellplast	300	0,036	25	1400
7 Betong	100	1,700	2300	800
8 Cellplast	300	0,036	25	1400
9 Fasadglas	10	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL KANTBALK 11C	PPM 0-1 m	5,7 m	0	0,3

**BILAGA 15****DETALJ 3**

(GRUNDPLATTA)



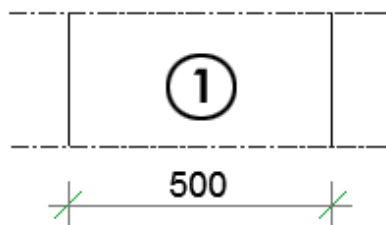
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Betong	100	1,700	2300	800
2 Cellplast	300	0,036	25	1400

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL PLATTA	PPM 1-6 m	72,25 m <sup>2</sup>	0	0,3

## BILAGA 16

### DETALJ 4

(YTTERVÄGG 1)

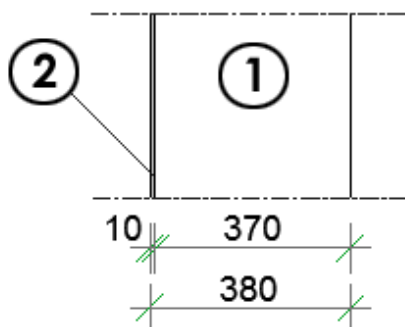


MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL YTTERVÄGG 1	NORR	26.53 m <sup>2</sup>	70	0,3
PHL YTTERVÄGG 1	ÖSTER	37.16 m <sup>2</sup>	70	0,3
PHL YTTERVÄGG 1	SÖDER	28.76 m <sup>2</sup>	70	0,3
PHL YTTERVÄGG 1	VÄSTER	24.70 m <sup>2</sup>	70	0,3

### DETALJ 5

(YTTERVÄGG 2)



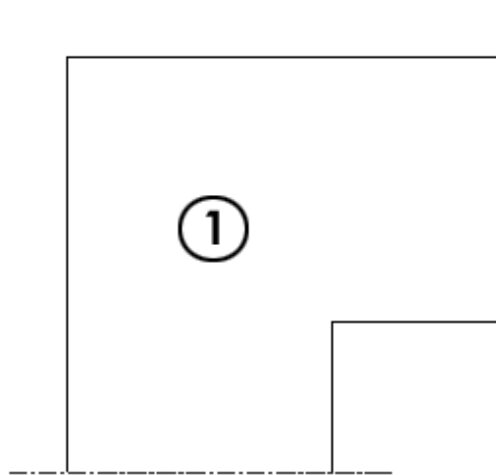
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370	0,076	300	1050
2 Fasadglas	130	0,700	2500	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL YTTERVÄGG 2	NORR	1,06 m <sup>2</sup>	70	0,3
PHL YTTERVÄGG 2	ÖSTER	2,25 m <sup>2</sup>	70	0,3
PHL YTTERVÄGG 2	SÖDER	1,23 m <sup>2</sup>	70	0,3
PHL YTTERVÄGG 2	VÄSTER	2,33 m <sup>2</sup>	70	0,3

## BILAGA 17

### DETALJ 6

(YTTERVÄGGS HÖRN)



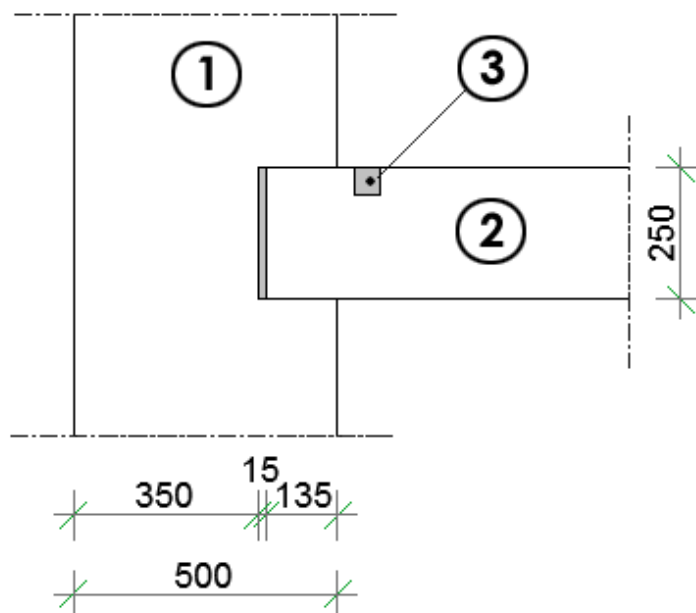
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL VÄGGHÖRN	NORR	4.10 m	70	0,3
PHL VÄGGHÖRN	ÖSTER	4.10 m	70	0,3
PHL VÄGGHÖRN	SÖDER	4.10 m	70	0,3
PHL VÄGGHÖRN	VÄSTER	4.10 m	70	0,3

## BILAGA 18

### DETALJ 7A

(BJÄLKLANSANSLUTNING 1 ALTERNATIV 1)



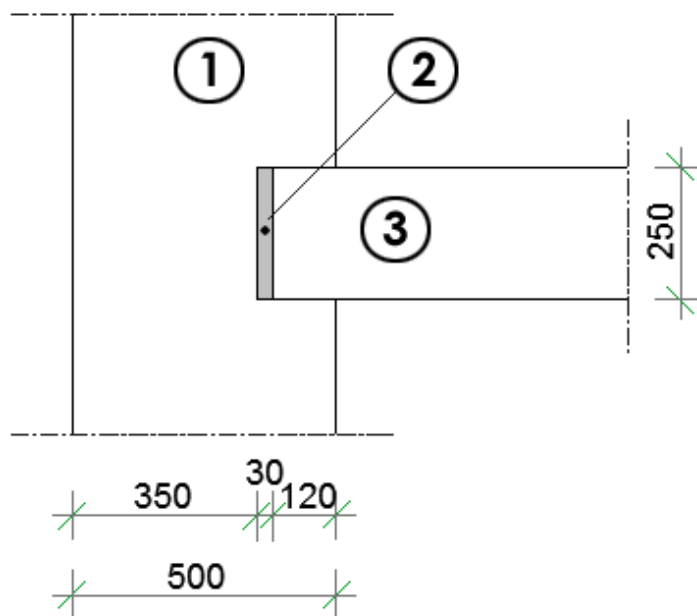
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500 / 350	0,076	300	1050
2 Betong	30	1,700	2300	800
3 Lättbetong	250	0,110	450	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL BJÄLKLAG 1b	NORR	8,4 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 1b	ÖSTER	9,9 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 1b	SÖDER	7,5 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 1b	VÄSTER	7,8 m	70	0,3

## BILAGA 19

### DETALJ 7B

(BJÄLKLAGSANSLUTNING 1 ALTERNATIV 2)



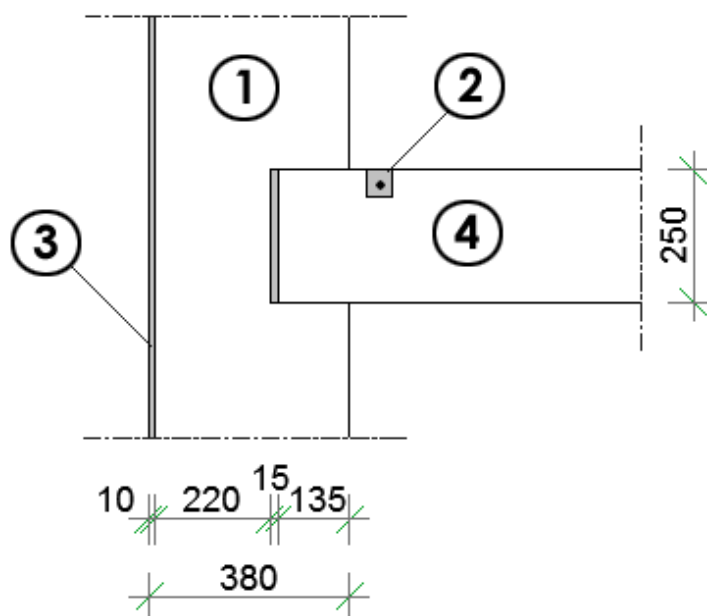
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500 / 350	0,076	300	1050
2 Lättbetong	250	0,110	450	1050
3 Betong	15	1,700	2300	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL BJÄLKLAG 1a	NORR	8,4 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 1a	ÖSTER	9,9 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 1a	SÖDER	7,5 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 1a	VÄSTER	7,8 m	70	0,3

## BILAGA 20

## DETALJ 8A

(BJÄLKLANSANSLUTNING 2 ALTERNATIV 1)



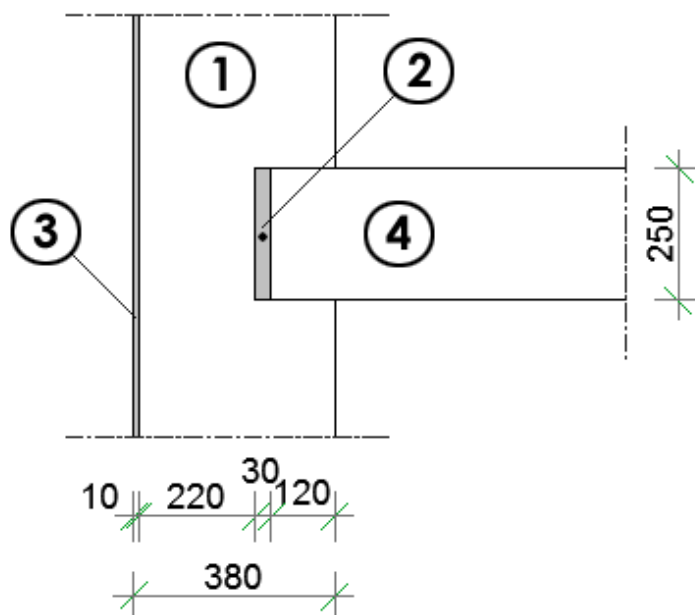
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370 / 220	0,076	300	1050
2 Betong	15	1,700	2300	800
3 Fasadglas	130	0,700	2500	800
4 Lättbetong	250	0,110	450	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL BJÄLKLANS 2a	NORR	2,1 m	70	0,3
PHL BJÄLKLANS 2a	ÖSTER	0,6 m	70	0,3
PHL BJÄLKLANS 2a	SÖDER	3,0 m	70	0,3
PHL BJÄLKLANS 2a	VÄSTER	2,7 m	70	0,3

## BILAGA 21

### DETALJ 8B

(BJÄLKLANSANSLUTNING 2 ALTERNATIV 2)



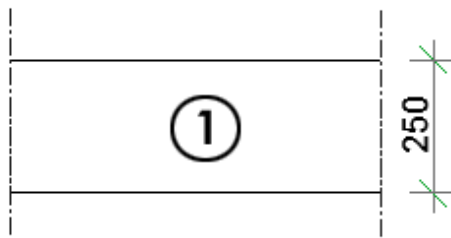
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	370 / 225	0,076	300	1050
2 Betong	75	1,700	2300	800
3 Fasadglas	130	0,700	2500	800
4 Lättbetong	250	0,110	450	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL BJÄLKLAG 2b	NORR	2,1 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 2b	ÖSTER	0,6 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 2b	SÖDER	3,0 m	70	0,3
PHL BJÄLKLAG 2b	VÄSTER	2,7 m	70	0,3



## BILAGA 22

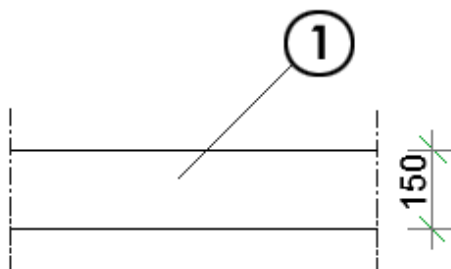
### DETALJ 9 (BJÄLKLAG)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	250	0,110	450	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL BJÄLKLAG	INNER	168,9 m <sup>2</sup>	0	0,5

### DETALJ 10 (INNERVÄGG 1)



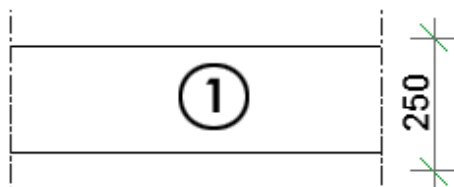
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	150	0,140	550	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL INNERVÄGG 1	INNER	73,62 m <sup>2</sup>	0	0,5

## BILAGA 23

### DETALJ 11

(INNERVÄGG 2)

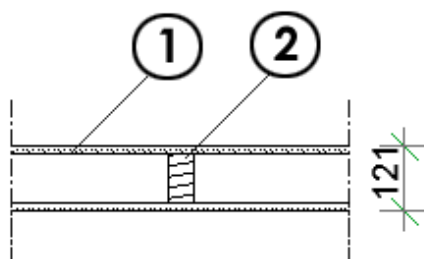


MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	200	0,140	550	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL INNERVÄGG 2	INNER	54,28 m <sup>2</sup>	0	0,5

### DETALJ 12

(INNERVÄGG 3)



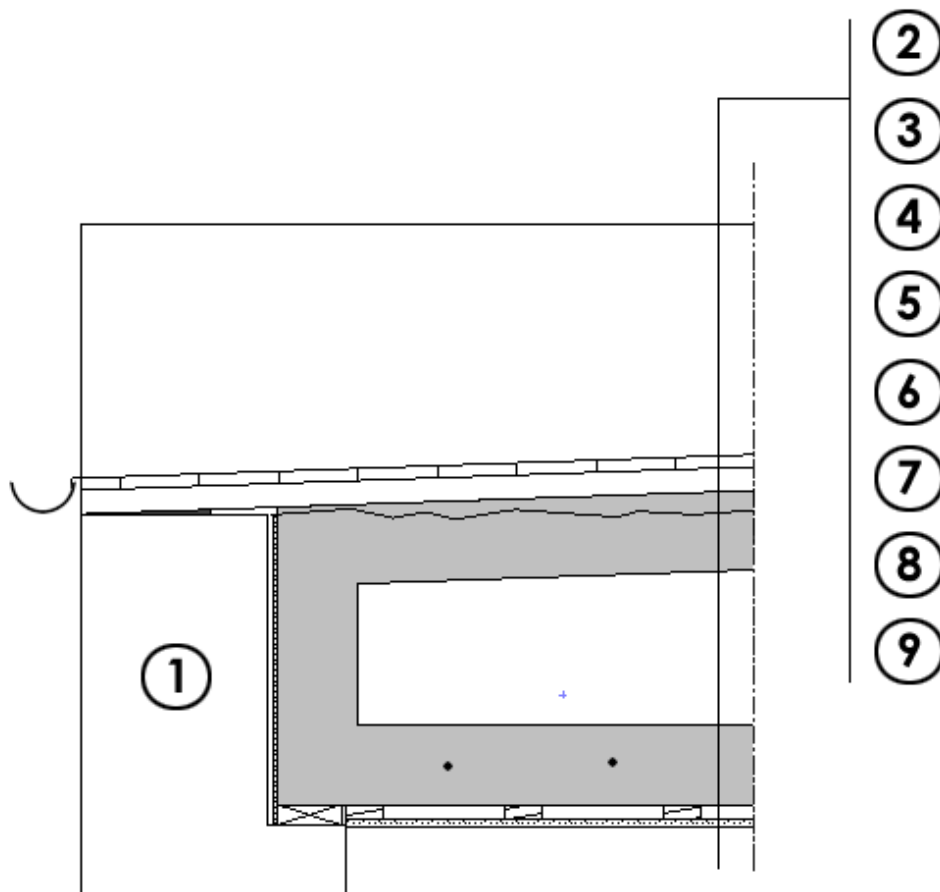
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Gips	13	0,220	900	1100
2 Träregel	95	0,041	55	845

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION(%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL INNERVÄGG 3	INNER	150,81 m <sup>2</sup>	0	0,5

## BILAGA 24

### DETALJ 13

(TAK1 TAKANSLUTNING NORR)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500 / 250	0,076	300	1050
2 Papp*	-	-	-	-
3 Råspont*	22	-	-	-
4 Regel	45	0,041	55	845
5 Board*	3	-	-	-
6 Takstol	150	0,041	55	845
7 Lösull	550	0,042	50	750
8 Plastfolie*	-	-	-	-
9 Glespanel*	28	-	-	-
10 Gips	13	0,220	900	1100

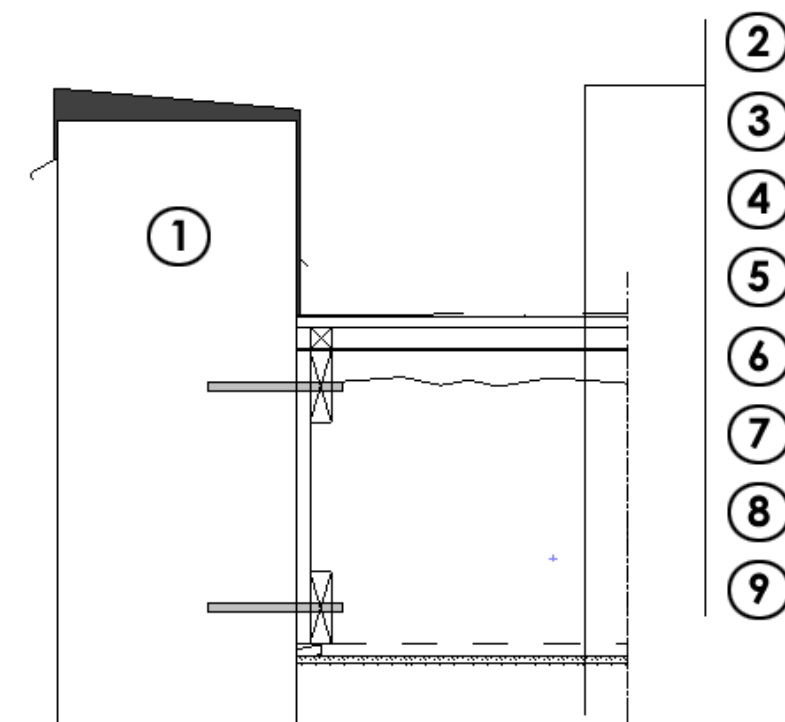
\*Är ej med i VIP-Energy modellen

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK1 ANSL. NORR	NORR	10,5 m	90	0,3

## BILAGA 25

## DETALJ 13

(TAK1 TAKANSLUTNING GAVEL)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050
2 Papp*	-	-	-	-
3 Råspont*	22	-	-	-
4 Regel	45	0,041	55	845
5 Board*	3	-	-	-
6 Takstol	150	0,041	55	845
7 Lösuull	550	0,042	50	750
8 Plastfolie*	-	-	-	-
9 Glespanel*	28	-	-	-
10 Gips	13	0,220	900	1100

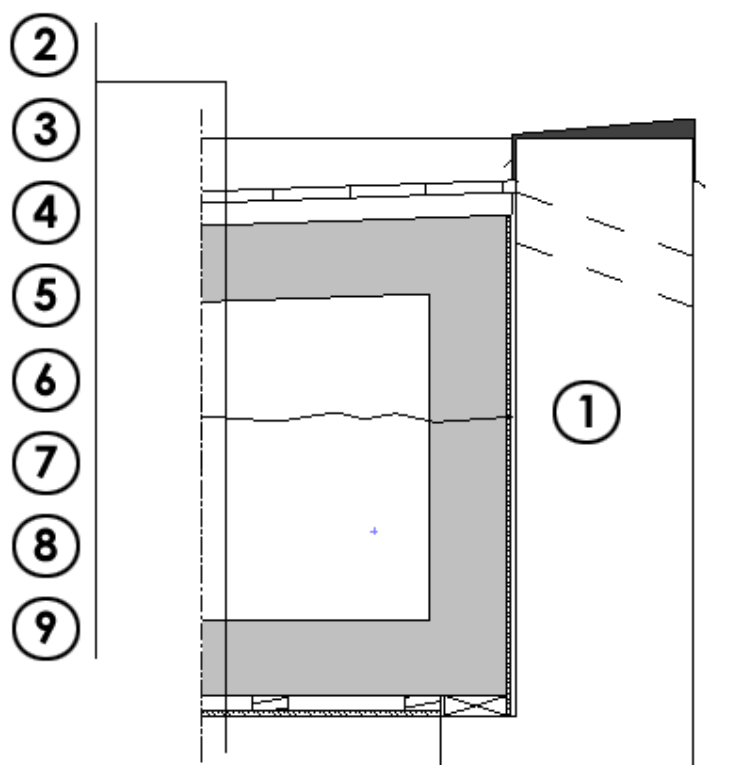
\*Är ej med i VIP-Energy modellen

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK1 ANSL. GAVEL	ÖSTER	10,5 m	90	0,3
PHL TAK1 ANSL. GAVEL	VÄSTER	10,5 m	90	0,3

## BILAGA 26

## DETALJ 15

(TAK1 TAKANSLUTNING SÖDER)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500 / 250	0,076	300	1050
2 Papp*	-	-	-	-
3 Råspont*	22	-	-	-
4 Regel	45	0,041	55	845
5 Board	3	-	-	-
6 Takstol	150	0,041	55	845
7 Lösull	550	0,042	50	750
8 Plastfolie*	-	-	-	-
9 Glespanel*	28	-	-	-
10 Gips	13	0,220	900	1100

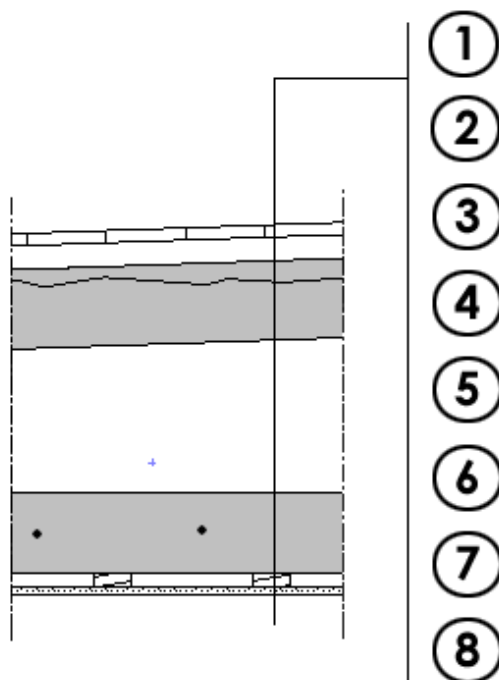
*\*Är ej med i VIP-Energy modellen*

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK1 ANSL. SÖDER	SÖDER	10,5 m	90	0,3

## BILAGA 27

## DETALJ 16

(TAK1 TAK)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Papp*	-	-	-	-
2 Råspont*	22	-	-	-
3 Regel	45	0,041	55	845
4 Board	3	-	-	-
5 Takstol	150	0,041	55	845
6 Lösull	550	0,042	50	750
7 Plastfolie*	-	-	-	-
8 Glespanel*	28	-	-	-
9 Gips	13	0,220	900	1100

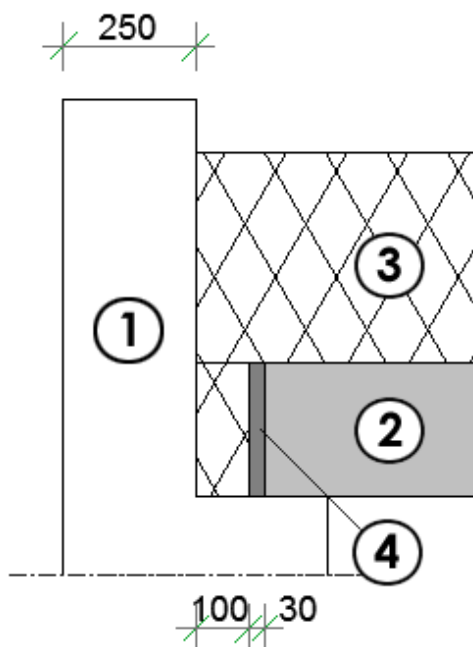
\*Är ej med i VIP-Energy modellen

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK1	TAK	72,96 m <sup>2</sup>	90	0,3

## BILAGA 28

### DETALJ 17

(TAK2 TAKANSLUTNING SÖDER/GAVEL)



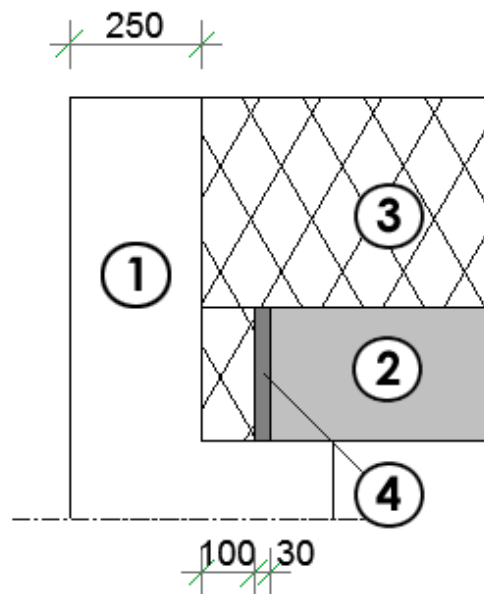
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500 / 250	0,076	300	1050
2 Lättbetong	250	0,110	450	1050
3 Cellplast	300	0,036	25	1400
4 Betong	15	1,700	2300	800

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK2 ANSL. SÖDER	NORR	10,5 m	90	0,3
PHL TAK2 ANSL. GAVEL	ÖSTER	10,5 m	90	0,3
PHL TAK2 ANSL. GAVEL	VÄSTER	10,5 m	90	0,3

## BILAGA 29

### DETALJ 18

(TAK2 TAKANSLUTNING NORR)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500/250	0,076	300	1050
2 Lättbetong	250	0,110	450	1050
3 Cellplast	300	0,036	25	1400
3 Betong	15	1,700	2300	800

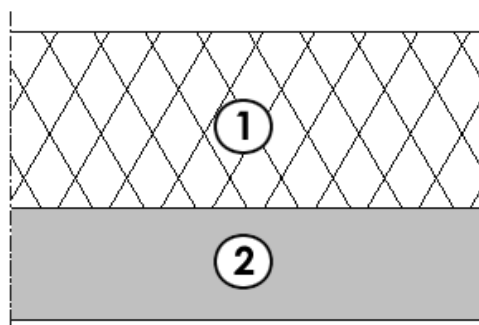
BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORPTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK2 ANSL. NORR	NORR	10,5 m	90	0,3



## BILAGA 30

### DETALJ 19

(TAK2 TAK)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Cellplast	300	0,036	25	1400
2 Lättbetong	250	0,110	450	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL TAK2	TAK	72,96 m <sup>2</sup>	90	0,3

### DETALJ 20

(FÖNSTER 1)

BETECKNING	GLASANDEL (%)	SOLTRANS. TOTAL (%)	SOLTRANS. DIREKT (%)	U-VÄRDE W/m <sup>2</sup> K	LÄCKFLÖDE l/s,m <sup>2</sup>
PHL FÖNSTER 1	80	53,2	42,56	0,7	0,3

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD
PHL FÖNSTER 1	NORR	10,80 m <sup>2</sup>
PHL FÖNSTER 1	ÖSTER	1,56 m <sup>2</sup>
PHL FÖNSTER 1	SÖDER	5,76 m <sup>2</sup>
PHL FÖNSTER 1	VÄSTER	11,34 m <sup>2</sup>

### DETALJ 21

(FÖNSTER 2)

BETECKNING	GLASANDEL (%)	SOLTRANS. TOTAL (%)	SOLTRANS. DIREKT (%)	U-VÄRDE W/m <sup>2</sup> K	LÄCKFLÖDE l/s,m <sup>2</sup>
PHL FÖNSTER 2	80	53,2	42,56	0,7	0,3

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD
PHL FÖNSTER 2	NORR	1,6 m <sup>2</sup>

## BILAGA 31

### DETALJ 22

(DÖRR 1)

BETECKNING	GLASANDEL (%)	SOLTRANS. TOTAL (%)	SOLTRANS. DIREKT (%)	U-VÄRDE W/m <sup>2</sup> K	LÄCKFLÖDE l/s,m <sup>2</sup>
PHL DÖRR 1	0	0	0	0,6	0,3

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD
PHL DÖRR 1	SÖDER	2,86 m <sup>2</sup>

### DETALJ 23

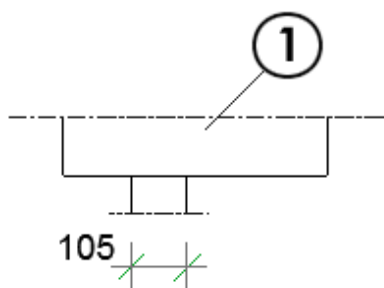
(DÖRR 2)

BETECKNING	GLASANDEL (%)	SOLTRANS. TOTAL (%)	SOLTRANS. DIREKT (%)	U-VÄRDE W/m <sup>2</sup> K	LÄCKFLÖDE l/s,m <sup>2</sup>
PHL DÖRR 2	80	53,2	42,56	0,7	0,3

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD
PHL DÖRR 2	SÖDER	2,30 m <sup>2</sup>
PHL DÖRR 2	VÄSTER	1,98 m <sup>2</sup>

### DETALJ 24

(FÖNSTERSMYG 1 ALTERNATIV 1)



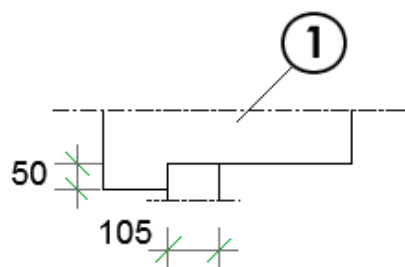
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL F. SMYG 1	NORR	30,3 m	70	0,3
PHL F. SMYG 1	ÖSTER	6,4 m	70	0,3
PHL F. SMYG 1	SÖDER	20,9 m	70	0,3
PHL F. SMYG 1	VÄSTER	28,5 m	70	0,3

## BILAGA 32

### DETALJ 25

(FÖNSTERSMYG 1 ALTERNATIV 2)

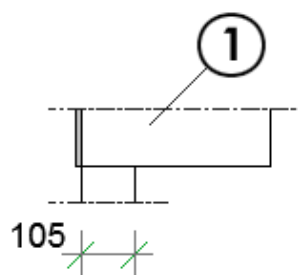


MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL F. SMYG 1	NORR	30,3 m	70	0,3
PHL F. SMYG 1	ÖSTER	6,4 m	70	0,3
PHL F. SMYG 1	SÖDER	20,9 m	70	0,3
PHL F. SMYG 1	VÄSTER	28,5 m	70	0,3

### DETALJ 26

(FÖNSTERSMYG 2)



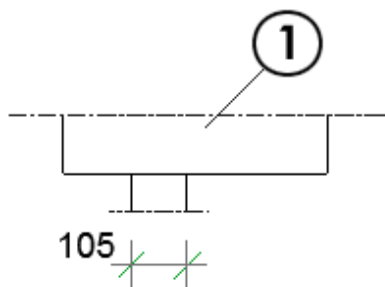
MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	380	0,076	300	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL F. SMYG 2	NORR	3,9 m	70	0,3
PHL F. SMYG 2	ÖSTER	2,4 m	70	0,3
PHL F. SMYG 2	SÖDER	2,7 m	70	0,3
PHL F. SMYG 2	VÄSTER	4,8 m	70	0,3

## BILAGA 33

### DETALJ 27

(DÖRRSMYG 1)



MATERIAL	TJOCKLEK (MM)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/kgK)
1 Lättbetong	500	0,076	300	1050

BYGGDEL	ORIENTERING	MÄNGD	SOLABSORBTION (%)	LÄCKFLÖDE (l/s,m <sup>2</sup> )
PHL D. SMYG 1	SÖDER	11,9 m	70	0,3
PHL D. SMYG 1	VÄSTER	5,6 m	70	0,3