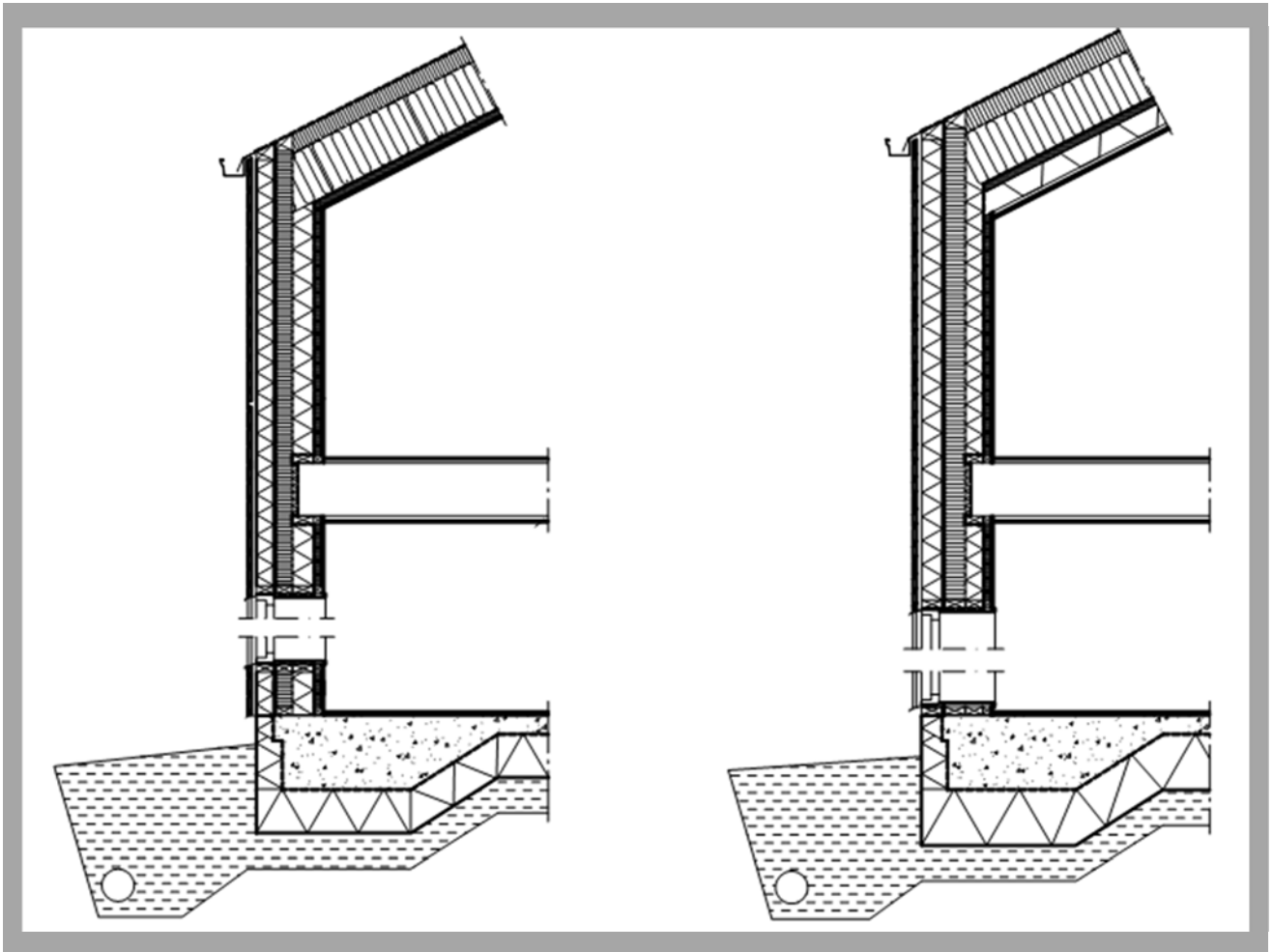




CHALMERS



Lågenergihusdetaljer

Två olika alternativ för energiförbrukning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

SIMA MUZDBAR

Lågenergihus

Två olika alternativ för energiförbrukning

SIMA MUZDBAR

Avdelning Byggnad
Institutionen för arkitektur and samhällsbyggnadsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2018

Lowenergi house

SIMA MUZDBAR, 1964

Division Building design
Department of Architecture and Civil Engineering
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Sammandrag

Idag energiförbrukning är en viktig miljöfråga i vårt samhälle. Vad kan man göra för att sänka energiförbrukning. När gäller det bostäder vi vet att en stor del av energiförbrukning går till uppvärmning men man kan sänka denna betydligt med hjälp av passivhuskonceptet.

Syftet med detta examensarbete är att ta fram enkla lösningar i husets detaljer för att sänka U-värdet ännu mer än som finns i passivhus.

För att nå mitt mål har jag använt passivhuskonceptet och undersökning hur dessa hus fungerar, möte med de som var inblandade att bygga sånt passivhus och handberäkningar med olika metoder.

Slutsatsen som har jag kommit fram är att med väldigt noggrannhet inom tätning och väl isolering i husets detaljer och att välja rätt material, kan man faktiskt bygga lågenergi hus för att sänka energiförbrukningen ännu mer.

Nyckelord: Passiv hus, U-värde, lågenergi hus och energiförbrukning

Abstract

Today energy consumption is an important environmental issue in our society. What can you do to reduce energy consumption?

As regards the housing we know that a large part of energy consumption goes on heating homes but you could reduce this considerably by using the passive house concept.

The aim of this thesis is to produce simple solutions in the building's details to lower the U-value even more than that found in the passive house.

To reach my goal, I have been using the passive house concept and study how these building works, meeting with those involved to build things like passive houses and hand calculations with different methods.

The conclusion which I have reached is that with great accuracy within the seal and well insulation in housing details and selecting the right materials, you can actually build low energy buildings to reduce energy consumption even more.

Keywords: Passive House, U-value, low-energy houses and energy consumption

Förord

Detta examensarbete ingår i utbildningen Byggingenjörsprogrammet, TIBYL 180p på Chalmers. Arbetet handlar om lågenergiförbrukning hus i form av passivhus. Arbetet påbörjade 2007. En del uppgifter som har utrett, inkluderar sedan dess.

Ett stort tack till Magnus Persson min examinator och handledare på Chalmers som har stött mig hela vägen och till alla andra som jag fick prata med på Peab och Efem Arkitektkontor.

Innehållsförteckning

Sammandrag	I
Abstract.....	II
Förord	III
Innehållsförteckning	IV
1. Inledning	1
1.1. Bakgrund.....	1
1.1.1. Syfte, avgränsningar	1
2. Litteratur och teori	2
3. Metod	3
4. Energiförlust	4
4.1. Isolering	5
4.1.1. Isolering i passivhus.....	5
4.1.2. Isolering i alternativ 1 (110Wh/m ² C)	6
4.1.3. Isolering i alternativ 2 (90Wh/m ² C)	6
4.2. Lufttäthet.....	6
4.2.1. Lufttäthet i passivhus	7
4.2.2. Lufttäthet i lågenergihus alternativ 1 och 2	7
4.3. Köldbryggor.....	7
4.3.1. Köldbryggor i passivhus	8
4.3.2. Köldbryggor i lågenergihus, alternativ 1 och 2	8
4.3.4. Lufttätheten mellanbjälklag och ytterväggen.....	10
4.3.5. Lufttäthet tak och yttervägg.....	11
5. Byggnadsdelar	13
5.1. Grund	13
5.2. Yttervägg	15
5.3. Mellanbjälklag	16
5.4. Tak	16
6. Resultat	18
7. Diskussion.....	19
8. Slutsatser	20
9. Referenser	21
9.1. Litteratur	21
9.2. Elektroniska källor	21
9.3. Muntliga källor	21
Bilaga.....	

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Att minska energianvändning i byggnader är en viktig klimatfråga just nu då den totala energianvändning för bebyggelse i Sverige idag ligger på samma nivå som på 1980-talet. Av den totala energianvändningen går nästan 25 % till att värma bostäder och varmvatten. Med passivhus kan man sänka husets energiförbrukning betydligt (ett passivhus är ett hus utan separat värmesystem, huset värms med ventilation vilket betyder att huset måste byggas noggrant avseende klimatskalets isolering och täthet). Utifrån dessa exempel kan man bygga bostäder enligt nya BBR kravet som kräver en energiförbrukning med max 110kWh/m² och år.

1.1.1. Syfte, avgränsningar

Syftet med arbete är hitta enkla lösningar inom byggnadsdetaljer för att sänka energiförbrukning. För detta har 3 exemplar tagits fram:

- Passivhus
- Dagens minimikrav 110kWh/m²
- Morgondags minimikrav 90kWh/m²

2. Litteratur och teori

Lågenergi hus är just nu efter frågan hos många länder bland annat Sverige, sedan många år man lyckades med sånt hus i Tyskland i 1990-talet sen dess i många andra länder man började bygga såna hus mer och mer som i Österrike och Schweiz. I Sverige kom radhusen i Lindås först byggda 2001.

Tanken bakom att bygga såna hus var att minska energianvändning i ett hus så mycket som möjligt med hänsyn klimatförändringar som påverkar både miljön och människor. Med välisolerade täta väggar, tak och golv samt energieffektiva fönster och väl genomtänkta installationslösningar nådde man målet med dessa hus. Dessutom alla ända goda egenskaper hos denna typ av hus. På grund av låga driftkostnader och längre livslängd är passivhus lönsammare att bygga än konventionella i långsiktigt.

”Passivhus – Energieffektiva bostäder i Sverige”.

Forskningsprojekt i samarbete med byggbranschen- finansierat av Statens Energimyndighet.

<http://www.igpassivhus.se/passivhuset/vad-ar-ett-passivhus>

”Passivhus – studie om miljövänliga och energisnåla bostäder”

Examensarbete av Anders Karring på Lund tekniska högskola.

Examensarbetet utgår ifrån denna typ av hus och tar fram lösningar för ännu lägre energiförbrukning och uppfyller framtida krav för energisnåla hus.

3. Metod

Examensarbete utgick ifrån radhusen i Lindås Park som referens då dessa radhus har klarat Boverkets krav för passivhus. Utifrån dessa hus har tjockleken på klimatskärmen ändrats och undersöks en annan typ av takkonstruktion. Olika U-värde på fönster används.

Jag har valt två olika energiförbrukningsmängder för två radhus med samma area och samma läge.

Alternativ 1 (110kWh/m²):

Radhus med 250 mm golvisolering, 360 mm ytterväggisolering och 445 mm isolering med Z-plåtreglar för takkonstruktion. Fönstren för detta hus har en U-värde med 1,3 W/m²C och luftläckage tagits med 0,3 l/sm².

Alternativ 2 (90kWh/m²):

Tjockare isolering valdes för detta hus: 320mm isolering för golvet, 385 mm isolering för yttervägg och 465mm isolering med undertakplåt för takkonstruktion, en annan typ av fönster tagits för detta hus med en U-värde på 0,85 W/m²C, men luftläckage blev detsamma som alternativ 1.

För att ta fram U-värden för olika delar av husen används olika program liksom Bv2 och LCC-beräkningar och samt handberäkning se bilaga.

Både hus är ett typ radhus med 72 m² BTA i markplan i två våningar.

Taken lutar 27 grader och en area med 72 m² i första alternativ och 72.3 m² i andra.

Totalarean för fönster och dörrar räknas med 16 m².

Solfångare placeras på taket och en area med 5 m².

Fasadskivorna skall vara träpanel, puts eller fibercementskiva.

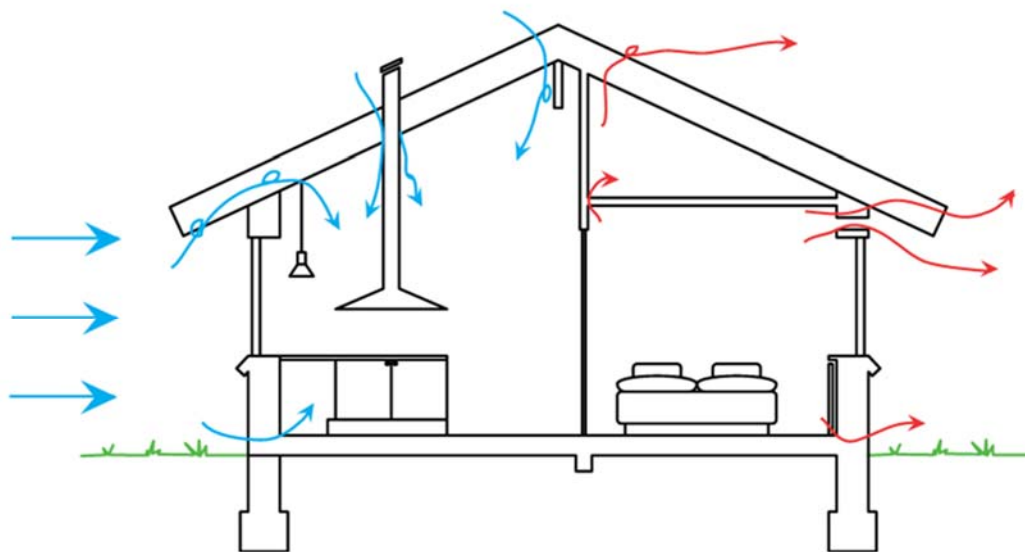
Luftläckage räknas med 0.3 l/sm² i båda husen.

4. Energiförlust

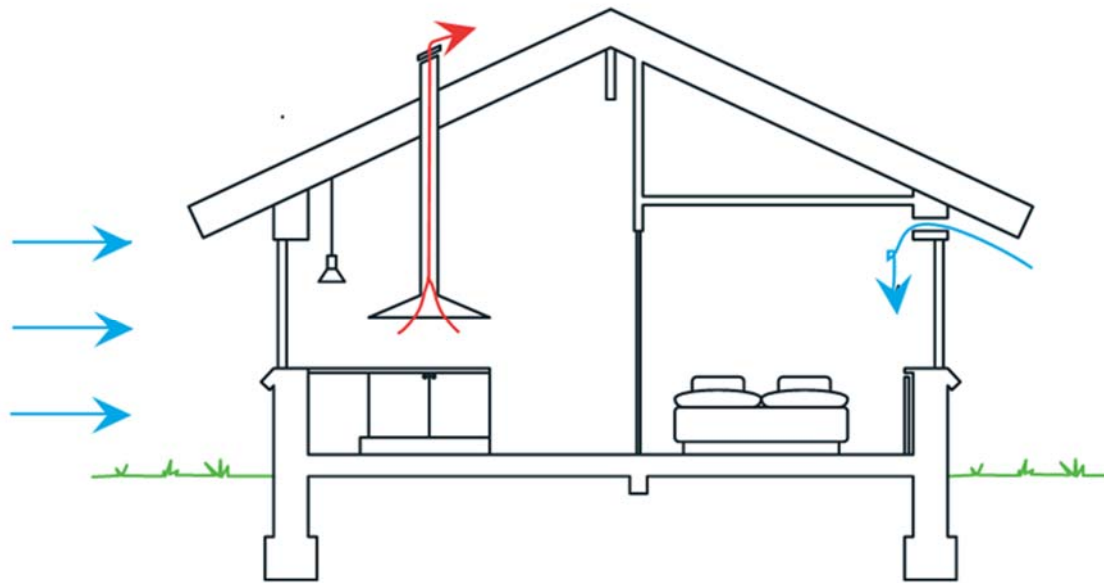
Eftersom examensarbete utgick ifrån passivhus, vill jag kort förklara detta begrepp. Ett passivhus (hus utan värmesystem) är ett hus där uppvärmningssystem ersätts med värmeväxlare, där tilluften värms av frånluften i en värmeväxlare. Resten av värmebehovet täcks av värme från människor, apparater och belysning. Huset har extra välisolerad klimatskärm för mindre energianvändning. Solfångaren på taket kan värma tappvattnet. Ackumulatortanken är utrustad med elpatron för att värma resten. Huset utformas för att få ett behagligt inomhusklimat med minimal energianvändning, Luften i passivhus är bättre än i normalbyggandet. I Passivhuset finns det en mekanisk ventilation med värmeväxlare som, med bra filter, effektivt filtrerar bort pollen och damm från den inkommande luften och som säkerställer att dålig luft inomhus ventileras bort.

Fasaden med stora fönstren åt söder har att ta tillvara solvärmen. Balkonger och takutsprång skyddar mot för mycket solljus under sommaren.

Lufttäthet har en stor betydelse för dessa hus. Luftläckage genom klimatskärmen kan i ett otätt hus vara 7 gånger högre än i ett tätt hus, vilket ökar energianvändningen radikalt. Luftläckage är också negativt för både byggnadskonstruktion och boendes komfort. Jag kommer att förklara lufttäthet för mina hus senare i kapitel 4.2.2.



Luftström i ett otätt hus.



Luftström i ett tätt hus.

För att sänka energiförlusten i huset ska man undvika köldbryggor så mycket som möjligt. Med en köldbrygga menas att en konstruktionsdetalj i en byggnad har kontakt med den kallare utsidan, och kan det leda att ta värme ifrån den varma sidan. Vid höga temperaturskillnader kan kondens uppstå i och på material vid köldbryggan och leda till mögel som är farlig för boende. Om hur kan man förebygga köldbryggor beskrivs i köldbryggor i mitt arbete.

En annan orsak för energiförlust är fönster. Värmeförlusterna genom fönster sker när rumsvärmen strålar genom glas, karm och båge.

Ett energimärkt fönster har egenskaper för att förebygga dessa förlusten genom att ha ett lägre U-värde. I arbetet har tagits fönsterna med en U-värde på 1,3 W/m² C respektive 0.85 W/m²k U-värde.

4.1. Isolering

Bland det viktigaste för att vi nå lågenergiförbrukning är isoleringen. Med välisolerade byggnadsdelar man får lägre U-värde vilket leder till mindre energianvändning för huset. Isolerings tjockleken spelar stor roll för energisparandet, detta är en framtidsinvestering att isolera mer då man tjänar igen detta under hela byggnadens livslängd i form av minskade energikostnader.

4.1.1. Isolering i passivhus

Ett bra exempel på dessa hus är radhusen i Lindås Park där husen är extremt välisolerade. Radhuset är placerat på en betongplatta som är 100mm. Isolering under platta är totalt 250mm cellplast med mellanliggande plastfolie. Beräknade U-värde för

golvet ligger på $0,09 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. Ytterväggarna har en isolering med 435mm som ger en U-värde på $0,10 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. För yttertak använde man 500mm höga masonitbalkar med fyra lager isolering, sammanlagt 480mm, U-värde för denna takkonstruktion blev $0,08 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. Treglasfönster med mycket låg U-värde lika med $0,85 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ valdes för husen.

4.1.2. Isolering i alternativ 1 ($110 \text{ Wh/m}^2 \text{ C}$)

För att få ett lågt U-värde för detta hus tog jag 360mm isolering med både vertikal och horisontala trä regler för yttervägg, av dessa fick jag en U-värde lika med $0,10 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. Golvisolering beräknades med 250mm cellplast som placerades på en betongplatta med 100mm tjocklek. U-värde för golvkonstruktion blev $0,095 \text{ W/m}^2 \text{ C}$.

Takkonstruktion på båda alternativ blev lite annorlunda jämfört med passivhuset. Varmt tak togs för båda husen men för första huset har tagits takkonstruktionen med Z plåt regler placerade in i 300mm isolering med c-c 600mm avstånd, 45mm isolering för invändiga och 100mm isolering för utvändigt tak har tagits. U-värde beräkningar för denna takkonstruktion gav en U-värde med $0,105 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. Fönstren för denna konstruktion tagits med en U-värde på $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ C}$.

4.1.3. Isolering i alternativ 2 ($90 \text{ Wh/m}^2 \text{ C}$)

Isolerings tjocklek är lite mer för detta alternativ, ytterväggars isolering är 385mm med träreglar som har $0,098 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ U-värde. 320mm cellplast isolering och 100mm betongplatta för golvkonstruktion med U-värde lika med $0,08 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. För taket används typ plåttak med 300mm mineralull plus 120mm cellplast, ventilerat yttertak av panel plus papp hat tagits för utvändigt tak och plåt plus gips skiva för invändigt. U-värde för ett sånt tak blev $0,087 \text{ W/m}^2 \text{ C}$. Fönstren för detta alternativ tagits med lite mindre U-värde lika med $0,85 \text{ W/m}^2 \text{ C}$

4.2. Lufttäthet

Ett annat viktigt faktum för byggnadens energibesparing är lufttäthet i klimatskärmen. Vi vet att den flesta energiförluster går genom golv, tak, yttervägg, dörr och fönster. För att förebygga dessa värmeläckage behövs en väl lufttäthet omkring dessa punkter. Boverkets byggregler, BBR, har lufttäthetskrav med avseende på energianvändning för nyproducerade byggnader. Kraven skiljer sig åt för bostäder och övriga byggnader. För bostäder för luftläckage vara maximal 0,8 liter per sekund och m^2 omslutningsarea medan luftläckagekrav för övriga är angivet till det dubbla, det vill säga 1,6 liter per sekund och m^2 omslutningsarea. Luftläckaget gäller vid 50Pa tryckfall över klimatskalet i samband med tryckprovning. Omslutningsarea avser den sammanlagda area som begränsar byggnadens uppvärmda del mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmt utrymme.

4.2.1. Lufttätet i passivhus

Luftläckaget för dessa hus är 0,3 liter per sekund och m² omslutningsarea. Alla genomföringar för el har samlats till ett ställe för att kunna tätas lättare. Fönstren för dessa hus valdes med 0.85 W/m² K U-värde för en mindre energianvändning.

4.2.2. Lufttätet i lågenergihus alternativ 1 och 2

Luftläckagemängden för lågenergihus är lika mycket som BBR kravet, det vill säga 0,3 liter per sekund och m². Ångspärren placerades 45 mm in i isolering med separat horisontell uppregling och gips.

På takkonstruktionen i första alternativ placerades ångspärren efter isolering med Z-reglar, det vill säga direkt på den 45mm isolering för att taket skall vara så tät som möjligt. I andra alternativet gjorde man på samma sätt, men den enda skillnaden var att denna gång lades ångspärren direkt på plåten.

Fönster och dörrar för första alternativ valdes med vanliga normer, vilket betyder att det tagits med 1,3 W/m²k U-värde. Men med en ny beräkning av energiförbrukning visade sig att man kan spara mycket mer energi genom att man använder låg U-värde fönster. För att sänka energianvändning tills 90 kw/m² och år valde jag fönster med 0.85 W/m²k U-värde.

4.3. Köldbryggor

En köldbrygga är ett dåligt isolerande material som helt eller delvis går igenom ett isoleringsskikt. Stora värmemängder kan gå förlorade och temperaturen på köldbryggans insida kan bli låg med risk för kondensutfällning.

Köldbryggor uppstår vanligtvis vid balkonginfästningar, mellan våningsplan, i takfoten och i ytterhörn på klimatskalet. Köldbryggan orsakar värmeförluster och kalla ytor inomhus som på sin tur orsakar mögel på väggen. Köldbryggor finns även vid dörrar och fönster, beroende av att karmen har ett sämre U-värde än konstruktionen i övrigt.



Figur 4.1. köldbrygga med tydlig mögelskada i vinkel där vägg möter vägg

För att komma ifrån köldbryggor kräver en väl genomtänkt och rätt dimensionerade konstruktionslösning och en noggrann utförande. Vad det gäller t ex. kalla fönsterytor finns det redan idag teknik för väl värmeisolerande glaspartier och fönster.

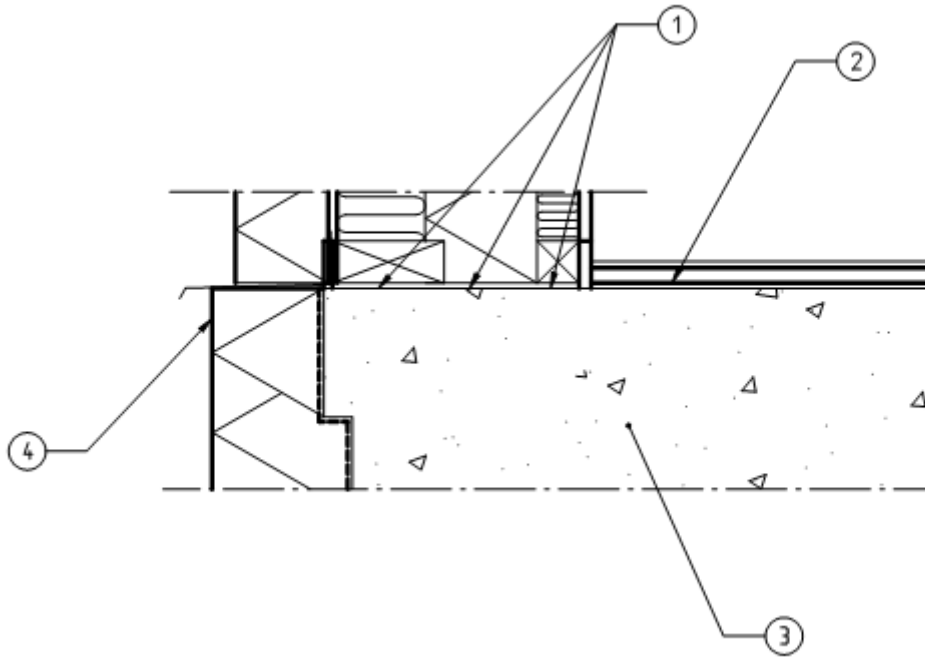
4.3.1. Köldbryggor i passivhus

Passivhuset byggdes med hög täthet vid köldbryggor. Isolering var 43cm i vägg och 48cm i tak. Med masonitbalkar, reglarna i väggen och obrutna cellplast utanpå förebyggde man köldbryggor. Fuktsparren var en viktig punkt i byggandet, man använde plastfolie inne i väggarna också för att förebygga kondensen av den varma inneluften i väggen. Fönstren valdes med 0,85 U-värde för att förebygga energiförlust vid fönsterytor.

4.3.2. Köldbryggor i lågenergihus, alternativ 1 och 2

Som referens av passivhus försökte jag undvika köldbryggor i husen så mycket som möjligt

Lufttätning för den delen av byggnaden utgörs av en platsfolieklädd mineralullremsa. Denna typ av luft tätning fungerar bra vid ett avjämnat och underlag. Förutsättning är dock att syllan blir belastad över hela dess längd, se figuren nedan

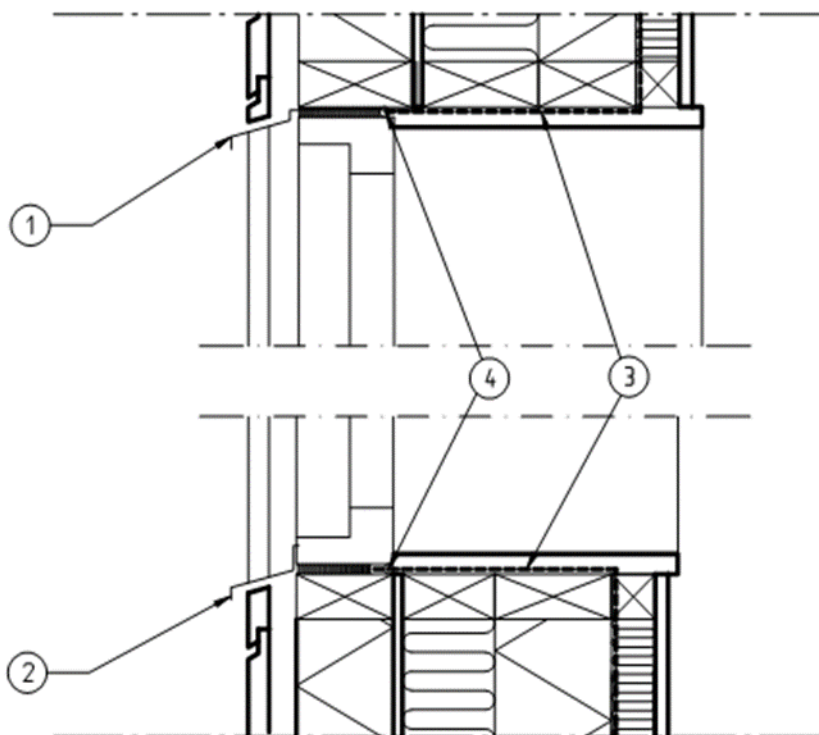


Figur 4.2. Ett vertikalt snitt genom platta på mark och yttervägg.

1. Sylltätning
2. Golvbeläggning
3. Betongplatta
4. Kantelement

4.3.3. Anslutning fönster och vägg

Vid lufttätning runt ett fönster, insatt i en träregelstomme, appliceras först fogmassa mot botteningslista. Fogmassa appliceras även i skarven mellan reglerna, i fönsters hörn därefter skärs ångspärren av runt karmen. Fogmassan läggs mellan ångspärr och träreglar. Ångspärren och fogmassan kläms mot träregelstommen med hjälp av väggens ytskikt. Se figuren



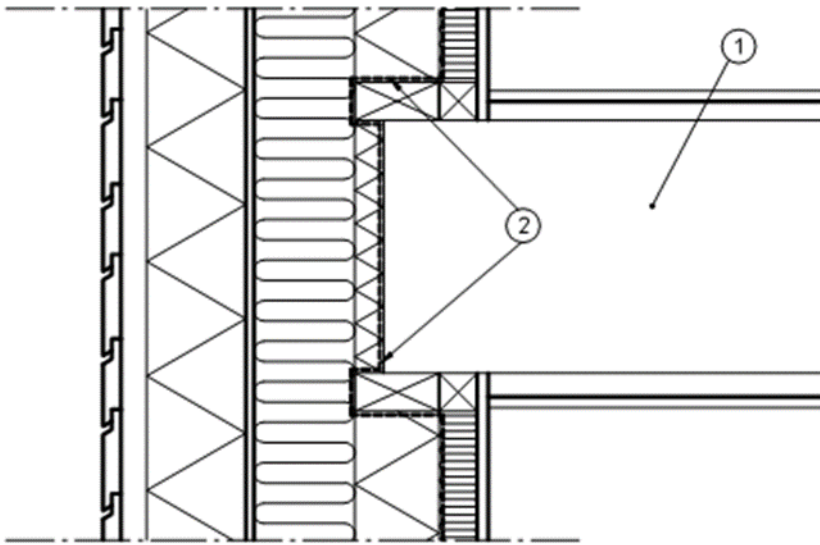
Figur 4.3. Ett vertikalt snitt genom fönster och vägg.

Konstruktionsdelar

1. Plåtbeslag
2. Fönsterbleck
3. Folien viks ut smygen och kompletteras vid hörn
4. fogmassa

4.3.4. Lufttäteten mellanbjälklag och ytterväggen

Här placeras en extra remsa av ångspärr runt bjälklagskanten. Ångspärren i bjälklaget kläs sedan tillsammans med under- och ovanförliggande ångspärr mot respektive hammarband /syll.



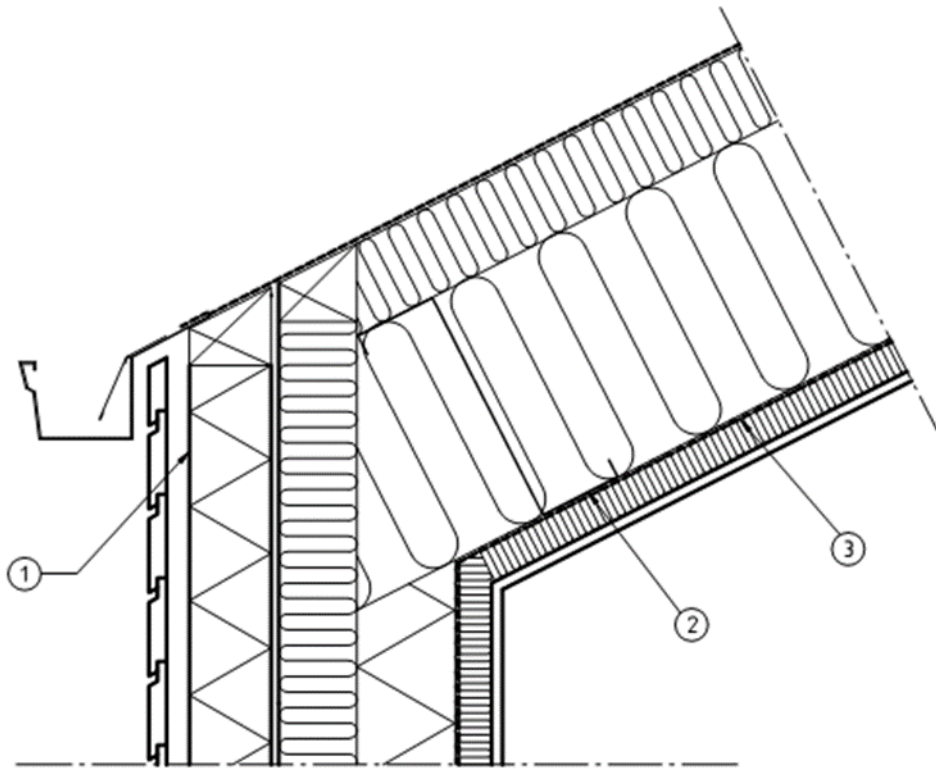
Figur 4.4. Ett vertikalt snitt genom mellanbjälklag och vägg.

Konstruktionsdelar

1. Mellanbjälklag
2. Ångspärr

4.3.5. Lufttätning tak och yttervägg

För att förebygga köldbryggan på takkonstruktionen har ytterväggen dragits upp till yttertaket på det sättet man har lufttätning särskilt i trapetsplåtvarianten. (Z plåt drar ner U-värde). Se figuren.



Figur 4.5. Ett vertikal snitt genom tak och vägg.

Konstruktionsdelar

1. Yttervägg som har dragits till yttertak
2. Z-plåt
3. Ångspärr

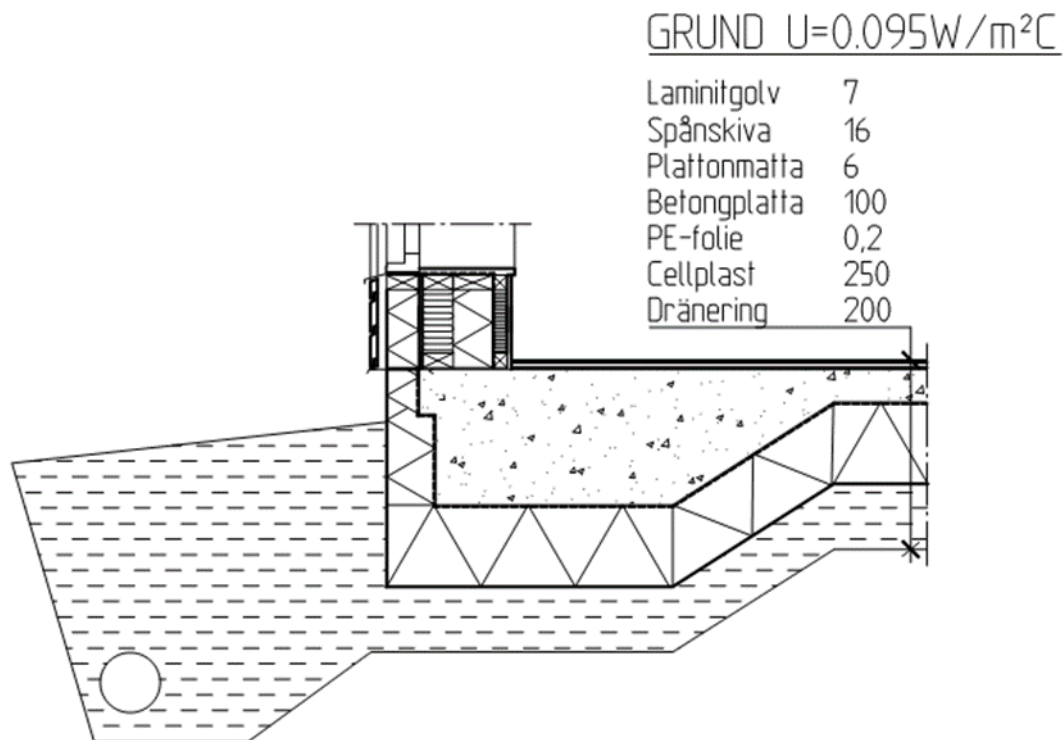
5. Byggnadsdelar

Byggnaden består av 5 olika byggnadsdelar; grund, yttervägg, mellanbjälklag, tak och fönster. På det här kapitlet förklaras dess uppbyggt för de här två alternativen.

5.1.Grund

Första alternativhus (110kwh/m2 och år)

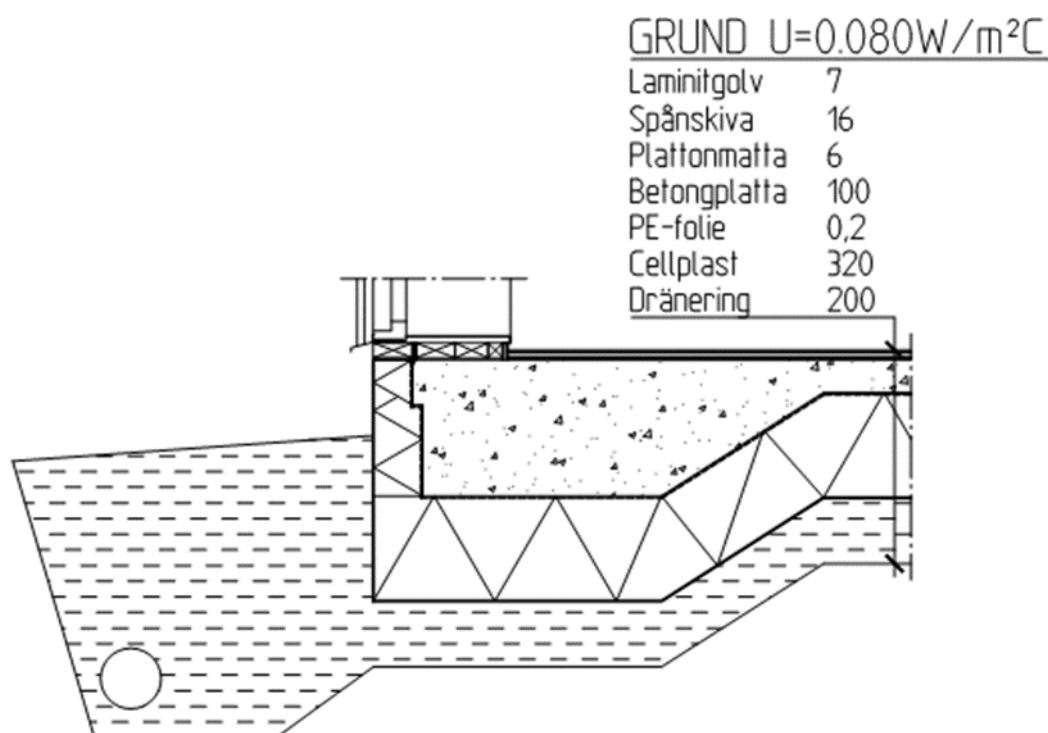
Grunden är typen av platta på mark med betong och en värmeisolering av cellplast under betongplattan, för täthet används plastfolie på cellplasten under betongplattan liksom mot marken.



Figur 5.1. Platta på mark första alternativ.

Andra alternativhus (90kwh/m2 och år)

Konstruktionen är nästan likadana som på första alternativet, den enda skillnaden är att i första alternativet har isolering har en tjocklek med 250mm, men på andra alternativet dess tjocklek valdes med 320mm, vilket gavs lägre U-värde.

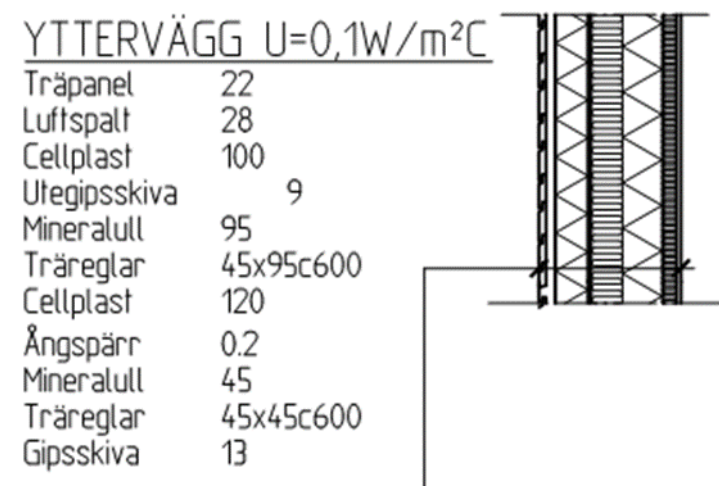


Figur 5.2. Platta på mark andra alternativ

5.2. Yttervägg

Första alternativhus (110kwh/m² och år)

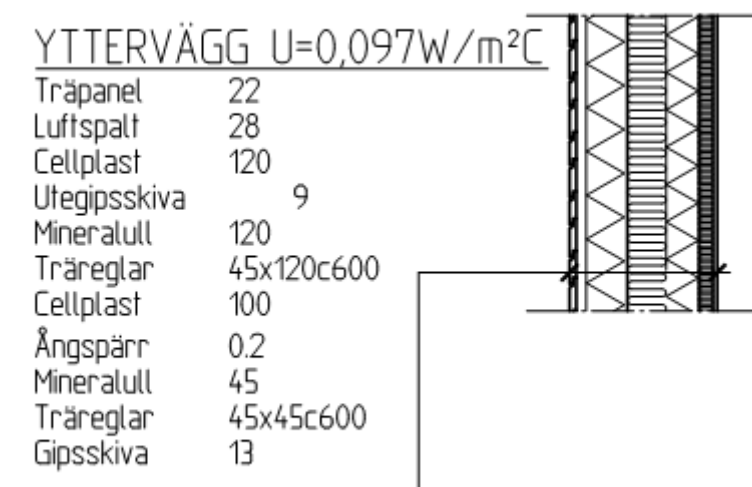
Huset är träregelstomme med fyra skikt isolering med både vertikal och horisontella träreglar. Tre olika fasadskikt; träpanel, puts fibercementskiva och tegel har undersökts, men för ex-jobbet valdes träpanel för fasadskikt. Luftläckagen enligt 2.2.2. U-värde för denna konstruktion blev 0,1W/m²C.



Figur 5.3. Yttervägg första alternativ.

Andra alternativhus (90kwh/m² och år)

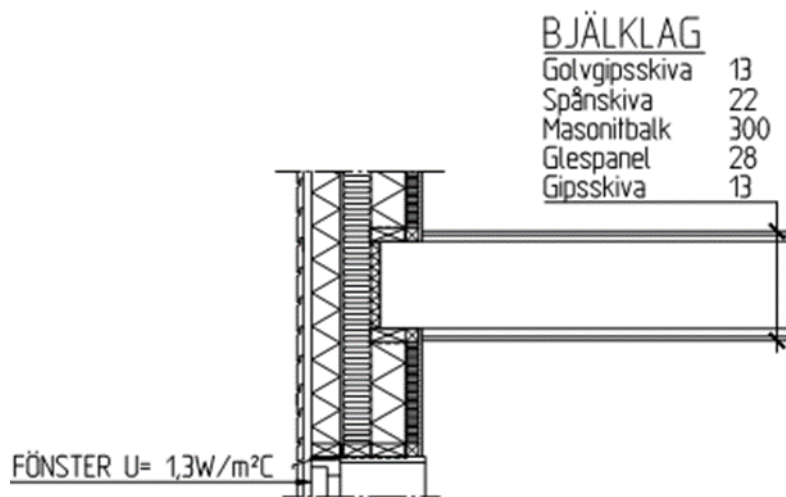
Träregelstomme är detta huset också. För detta hus som i första alternativet valdes både vertikal och horisontella träreglar men isolerings tjocklek är lite mer än andra vilket gav en lägre U-värde= 0.097W/m²C. Fasadskivan är samma som i första huset.



Figur 5.4. Yttervägg andra alternativ.

5.3. Mellanbjälklag

Mellanbjälklaget har samma konstruktion på både alternativ. Det är alltså av masonitbalk, och glespanel, spånskiva och golvgipsskiva. Tätheten i anslutning mellan mellanbjälklag och yttervägg förklarades i 2.3.2.

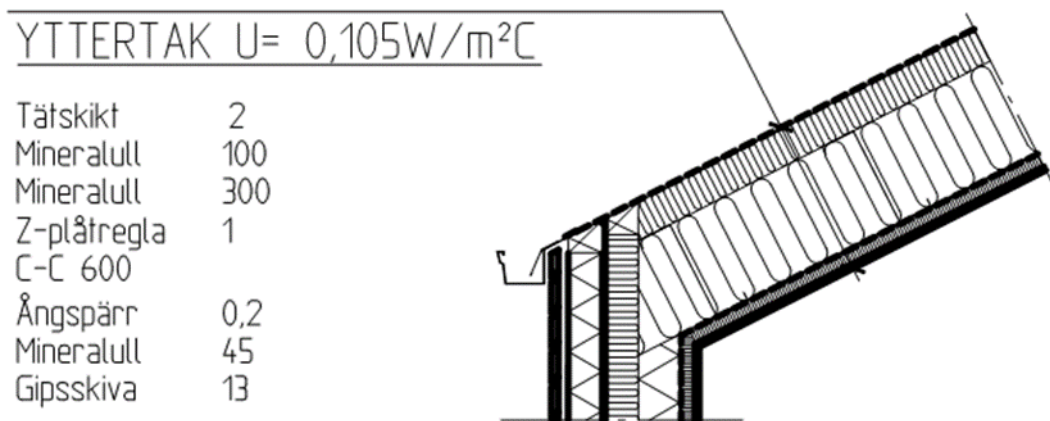


Figur 5.5. Mellanbjälklagskonstruktion

5.4. Tak

Första alternativhus (110kwh/m² och år)

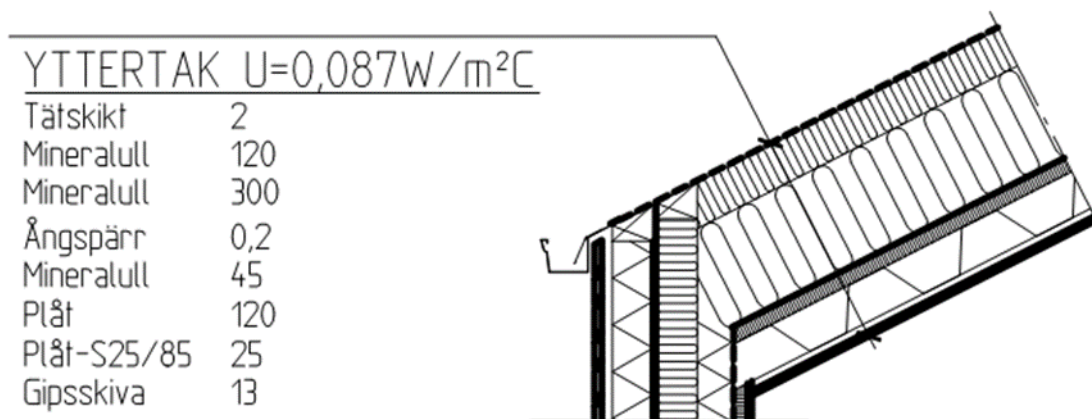
Takkonstruktionen består av tre skikt isolering, i andra skiktet placerades Z-plåt regler med c- avstånd 600mm. Plåtens tjocklek är bara 1mm. Utvändigt består av 2mm papp skiva. U-värde för denna konstruktion blev 0,105W/m²C



Figur 5.6. Takkonstruktion första alternativ

Andra alternativhus (90kwh/m2 och år)

Takkonstruktionen här är väldigt enkelt, typ industritak, består av isolering och plåtskiva på invändigt tak. För att man kunna uppföra el i taket man kan skruva ihop plåtskivan med en skiva av plåt- S25/85, gipsskiva kommer läggas efteråt. Samma som i första alternativet en pappskiva skyddar taket utifrån. Beräknade U-värde för detta tak blev $0,087W/m^2C$



Figur 5.6. Takkonstruktion andra alternativ

6. Resultat

Idag vet vi att kan man spara upp till 30% energi i ett passivhus jämför med ett vanlig traditionellt hus (enligt undersökning för dessa hus och framför allt husen i Lindås park i Sverige), men det kräver väldigt noggrannhet för byggandet, särskild tätheten i klimatskärmen eftersom uppvärmning i huset skapas av hushållsapparater och människor, minsta slarv med tätheten medför stora energiförluster.

Tack vara såna typer av hus får man en behaglig luft inomhus och detta för sin tur minskar hälsorisker bland annat astma, allergi och mm.

Med följande byggnation av sådan typ hus man kan med enkla lösningar i husets detaljer (golv, vägg, tak och fönster) spara ännu mer energi.

Förutom extra isolering i klimatskärmen, används varmt tak i dessa hus som medför mindre köldbryggor i taket och dessutom är enkelt att bygga.

Huset kräver lite mer investering i början men efter några år får man tillbaks investeringen genom att spara på drift kostnader.

7. Diskussion

Arbetet diskuteras tillsammans med Peab och de här synpunkterna har kommit fram:

När det gäller vägg konstruktion för andra alternativet finns det knäck risk för 90mm regler och svårt att undvika det.

Takkonstruktion med papp; papp är väldigt känslig material och man ska vara mycket försiktig när man lägger den på taket. Brytpunkterna med sättning av dess material medför rörelse i tak papp och taket vilket gör taket instabilt.

Lösning på detta problem kan vara att man lägger in en bäddskiva.

Generellt vill man gärna bygga takkonstruktionen med takstolar.

Z-plåtar i takkonstruktionen ger lite sämre U-värde och blir dyrare men det är ganska enkelt att bygga.

I Danmark bygger man väldigt ofta tak utan takstolar men i Sverige är detta ganska okänd takkonstruktion och man köper inte gärna såna hus för att man ska känna sig tryggt så marknadsmässigt såna konstruktioner är olönsamma.

Marknaden kommer före tekniken tyvärr.

Efter diskussionen om varm takkonstruktion undersökte jag detta tak typ vidare.

Nya studier genom dessa typer tak har visat att tak utan ventilation spalt kan vara faktiskt riskfri från vatten och luftläckage.

Enligt forskning vid SP (Sveriges tekniska Forskningsinstitut) , en välisolerad takkonstruktion, d v s, såväl vattentät, ångtät och lufttät har ventilationen ett problem och det är ventilationsluften vid klara och kalla nätter tillför kondens inne i taket men däremot ett oventilerat tak är torrare än ventilerat tak och tillför inte något kondens.

Orsaken till kondensen är att det väl värmeisolering i taket inte låter luftspalten värms inifrån.

Forskning inom det visade samma resultat i Tyskland, Finland och Danmark.

Ur från ”tak utan ventilationsspalt –en riskkonstruktion?” Bygg och teknik

8. Slutsatser

Klimatförändringar kräver mer och mer energisparande i vårt samhälle; ett av de effektivare sätten att spara energi är att bygga passivhus. I Sverige är det inte länge sen som man började bygga passivhus men nu är de efterfrågade och tekniken utvecklar sig mer och mer inom byggnadsbranschen.

På grund av de goda egenskaperna för energisparande hos passivhus, är de inte bara lönsammare långsiktigt än ett vanligt hus utan att låg energiförbrukning ger lägre faktiska energikostnader vid prishöjningar på energi.

I mitt arbete kom jag fram att man kan med enkla lösningar i husets detaljer och med väldigt noggrannhet i byggandet (särskilt väl täthet i känsliga område i huset), spara mer energi genom sänka U-värden i huset.

Jag kom också fram till att kalltak (tak utan luftspalt) kan vara tätt mot båda vatten och luftläckage och är lättare att bygga. Detta redovisas som ”takalternativ 1” i mitt arbete.

Att välja rätt material är mycket viktig faktor hos sådant hus, t ex fönster.

De nya typer av fönster som nu finns det i marknaden är mycket energieffektivare än tidigare.

Jag ser att det finns möjligheter att bygga energisnåla hus även om i byggnader som kontor, fabriker och gymnastikhallar här i Sverige. I Tyskland har man kommit längst med, även andra länder som Österrike, Schweiz och Nederländerna har man lyckades med såna byggnader.

9. Referenser

Examensarbete: Fyra passivhus- En jämförelse av kravlistor och konstruktion. (2006)

Examensarbete: Koncept Passivhus till industribyggnad. (2006)

Examensarbete. Varsam förnyelse av ett gammalt hus. (2006)

9.1.Litteratur

Tak-väggkatalogen 2002, Handboken för Lindabs tak- och väggsystem.

System för lufttäthet och fuktsäkerhet. Isover.

”Passiv hus kräver aktiva byggare och brukare” artikel från Bygg och Teknik 60

9.2.Elektroniska källor

<https://www.isover.se>

<http://www.lindab.com>

<https://www.traguiden.se>

<https://www.paroc>

<http://www.energisnalahus.se>

<https://fof.se/tidning/2008/3/passivhus>

<http://www.igpassivhus.se/passivhuset/vad-ar-ett-passivhus>

<http://alvstranden.com>

9.3.Muntliga källor

Möte på Älvstrand utveckling AB om LCC beräkningar (Life Cycle Cost)

Möte på Efem Arkitekt kontor i Göteborg om Passiv hus i Lindås samt möte med min handläggare Lennart Rohman på Peab.

Bilaga

Beräkning av energiförbrukning

Nya byggregler för energiförbrukning enligt BBR kommer att gälla från 1 juli 2007 för hela Sverige, då ska man minska energiförbrukning för bostäder och lokaler. Eftersom Sverige har olika klimatzon energiförbrukning varierar mellan orter, för en bättre syn på dessa man delade Sverige på två olika klimatzoner; klimatzon norr och klimatzon syd. Den specifika energianvändningen är delvis anpassad efter klimatfördelningen till en nordlig klimatzon från Norrbottens län ned till Värmlands län, och en sydlig klimatzon för övriga län därunder.

Sådana gränsvärden är sammanställda för olika byggnadstyper och olika klimatzoner i följande tabell.

Typ av byggnader	Maximal specifik energianvändning 110 kwh/m ² år	
	Klimatzon söder	Klimatzon norr
Bostäder	110	130
En- och tvåbostadshus med direktverkande el-värme	75	95
Lokaler	100	120

En byggnads energiförbrukning

En byggnads energianvändning är den levererade eller ”köpta” energin för normalt brukade under ett normalår och som täcker behoven för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar, etc) och övrig fastighetsdel. Man ska ha hänsyn till all värmeeffekter från spisar, lampor, maskiner, etc. Byggnadens energianvändning Q_{energi} energi (kWh/år) kan beskrivas i följande termer:

$$Q_{\text{energi}} = Q_{t+} + Q_{v+} + Q_{l+} + Q_{tvv+} + Q_{dr,el} - Q_{v-} - Q_{\text{tillskott}}$$

Q^t = transmissionsförluster inkl. köldbryggor

Q_v = ventilationsförluster

Q_l = luftläckageförluster (otätheter i klimatskärmen, vädring)

Q_{tvv} = uppvärmning tappvarmvatten

$Q_{dr,el}$ = distributions- och reglerförluster, elenergibehov för pumpar och fläktar, Värmepumpar och klimatkylmaskiner, fastighetsel, etc.

$Q_{vå}$ = värme som tillgodsgörs från värmeväxlare, värmepumpar, solfångare och Solceller, etc.

$Q_{tillskott}$ = värme som tillgodsgörs från personer, belysning, hushållsmaskiner, Tappvarmvatten, etc.

Beräkningen av Q_{energi} görs normalårstemperaturer utomhus och avsedd temperatur inomhus samt för normalt brukade av tappvarmvatten och vädring.

Vid senare verifiering av energianvändningen genom exempelvis mätningar görs normalårskorrigerigering av aktuella utomhustemperaturer samt korrigerigering för onormal tappvarmvattenanvändning och vädring för att få ett normenligt jämförelsevärde.

Specifik energianvändning – normens krav

Specifik energianvändning definierar en byggnads maximalt tillåtna energianvändning per uppvärmd golvarea under ett normalår enligt sambandet

$$Q_{\text{specifik energi}} = Q_{\text{energi}} \text{ kWh/m}^2\text{år} / A_{\text{temp}}$$

Q_{energi} = byggnadens energianvändning enligt ovan

A_{temp} = golvarea i utrymmen som uppvärmas till mer än 10 °C
(garage i byggnaden medräknas normalt inte i denna area)

Omvänt begränsar den specifika energianvändning en aktuell byggnads energianvändning Q_{energi} till maximalt tillåten energianvändning enligt

$$Q_{\text{energi}} = Q_{\text{specifik energi}} \times A_{\text{temp}} \text{ kWh/m}^2\text{år}$$

Värmeisolering

Klimatskärmens värmeisolering bestäms utifrån att termen för transmissionsförluster inkl. köldbryggor Q_t begränsas av den maximalt tillåtna energianvändningen ovan och uttrycks som ett högsta tillåten värde på den

A_{om} = totalt omslutande area som gränsas mot uppvärmd inneluft

ΔT_m = antalet gradtimmar under årets uppvärmningssäsong

Där den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten U_m (W/m² K) definieras av

$$U_m = \sum U_{korr,i} X A_i + \sum \Psi_k I_k + \sum X_j / A_{om}$$

$U_{korr,i}$ = värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelen i (W/m²K)

A_i = genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten U_m (W/m² K) för byggnadens olika delar inkl. köldbryggor på följande sätt:

$$U_m \leq Q_t X / A_{om} 1 / t \Delta T_m$$

Q_t = erhålls ur sambandet för byggnaders energianvändning ovan area för byggnadsdelens i yta mot uppvärmd inneluft (m²)

(för fönster, dörrar, portar etc. beräknas A_i med karmyttermått)

Ψ_k = värmegenomgångskoefficient för den linjärt köldbryggan k (W/m K)

I_k = längden av den linjärt köldbryggan k mot uppvärmd inneluft (m)

X_j = värmegenomgångskoefficient för den punktformiga köldbryggan j (W/K)

Som ett allmänt gränsvärde gäller att U_m aldrig får överstiga 0,50 W/m²K för bostäder och 0,70 W/m²K för lokaler.

Mindre byggnaders värmeisolering

För mindre byggnader med golv arean högst 100 m² och med fönsterarean begränsad till 0,2 A_{temp} samt där kylbehov saknas får som alternativ till ovanstående beräknade U_m -värden nedanstående tabellerade gränsvärden används för byggnaders värmeisolering.

För mindre byggnader gäller då att luftläckage ska begränsas till maximalt 0,6-1/(s m²) vid +50 Pa tryckskillnad och att ventilationsvärmeåtervinning ska finnas då golv arean överstiger 60 m².

	Maximal värmegenomgångskoefficient U_i W/m²K	
	Bostäder och lokaler	En- och tvåbostadshus med direktverkande el
U_{tak}	0,13	0,08
$U_{vägg}$	0,18	0,10
U_{golv}	0,15	0,10
$U_{fönster\ och\ }U_{ytterdörr}$	1,3	1,1

Beräkning av energiförbrukning av radhusen

Förutsättningar för radhusen

Både hus är ett typ radhus med 72 m² BTA i markplan i två våningar.
Taken slutar 27 grader och en area med 72 m² i första alternativ och 72.3 m² i andra.
Total arean för fönster och dörrar räknas med 16 m².
Solfångare placeras på taket och en area med 5 m².
Fasadskivorna skall vara träpanel, puts eller fibercementskiva.
Luftläckage räknas med 0.3 l/sm² i både hus.

Energiförbrukning alternativ 1

U- Värdeberäkning

Platta på mark

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{si} = 0,13$$

Mark

200 mm dränering

$$\lambda = 1$$

$$R = 2,3$$

250 mm cellplast

$$\lambda = 0,033$$

$$R = 0,2$$

0.2 mm PE- folio

$$\lambda = 0$$

$$R = 0$$

100 mm betongplatta

$$\lambda = 1,7$$

$$R = 0$$

6 mm plattomatta

$$\lambda = 0,11$$

$$R = 0$$

7 mm laminatgolv

$$\lambda = 0,13$$

$$R = 0$$

$$R_{tot} = 0,04 + 2,3 + 0,2 + 0,25/0,033 + 0,1/1,7 + 0,006/0,11 + 0,016/0,14 + 0,007/0,13 + 0,13$$

$$R_{tot} = 10,567$$

$$U = 1/R_{tot}$$

$$U = 1/10,567$$

$$U = 0,095 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

Väggkonstruktion

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{si} = 0,13$$

13 mm gipsskiva	$\lambda = 0,22$	$R = 0$
45x45x600 träreglar	$\lambda = 0,14$	$R = 0$
45 mm mineralull	$\lambda = 0,039$	$R = 0$
0,2 mm ångspärr		$R = 0$
120 mm cellplast	$\lambda = 0,036$	$R = 0$
45x95x600 träreglar	$\lambda = 0,14$	$R = 0$
95 mm mineralull	$\lambda = 0,039$	$R = 0$
9 mm utegipsskiva	$\lambda = 0,22$	$R = 0$
100 mm cellplast	$\lambda = 0,036$	$R = 0$
28 mm luftspalt	$\lambda = 0$	$R = 0,20$
22 mm träpanel	$\lambda = 0$	$R = 0,20$

λ - metoden

$$\lambda_{iso-trä} = 45/600 \times 0,14 + 555/600 \times 0,039 = 0,047 \text{ w/mk}$$

$$R^{\lambda T} = 0,13 + 0,013/0,22 + 0,045/0,047 + 0,12/0,036 + 0,095/0,047 + 0,1/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R^{\lambda T} = 9.559 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

U- värdemetoden

Snitt genom både värmeisoleringskikten

$$R^{u t, iso} =$$

$$0,13 + 0,013/0,22 + 0,045/0,039 + 0,12/0,036 + 0,095/0,039 + 0,1/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R^{u t, iso} = 10.170 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

Snitt genom vertikala träreglar och horisontella träreglar

$$R^{u t, trä} =$$

$$0,13 + 0,013/0,22 + 0,045/0,14 + 0,12/0,036 + 0,095/0,14 + 0,1/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R^{u t, trä} = 7.581 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

Snitt genom värmeisolering och horisontella träreglar

$$R^{u t, iso} =$$

$$0,13 + 0,013/0,22 + 0,045/0,14 + 0,095/0,039 + 0,02/0,036 + 0,1/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R^{u t, iso} = 9.338 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

Snitt genom värmeisolering och vertikala träreglar

$$R^{u t, iso} =$$

$$0,13+0.013/0,22+0,045/0,039+0.2/0,036+0,0095/0,14+0,1/0,036+0,2+0,04+0,04$$

$$R^{u t, iso} = 8.413 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

$$1/R_{ut} = 5552/6002 \times 10,170^{-1} + 45 \text{ 2}/6002 \times 2 \times 7,581^{-1} + 555 \times 45/6002 \times 9.338^{-1} + 555 \times 45/6002 \times 8.413^{-1}$$

$$1/R_{ut} = 0,084132251 + 1,483973091 \times 10^{-3} + 7,429321054 \times 10^{-3} + 8.246166647 \times 10^{-3}$$

$$1/R_{ut} = 0.10129711 \quad R^{ut} = 9,872 \text{ k/w} \quad R^{tot} = 9,872 + 9,559/2 = 9,716 \text{ k/w}$$

$$U_{vägg} = 1/R_{tot}$$

$$U_{vägg} = 0,103 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

Takkonstruktion

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{si} = 0,13$$

13 mm gipsskiva

$$\lambda = 0,22 \quad R = 0,06$$

45 mm mineralull

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

0,2 ångspärr

Z-plåtar c-c 600

300 mm mineralull

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

100 mm mineralull

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

2 mm pappskikt

$$R = 0,2$$

U-värde

$$R_{tot} = 0,04+0.02+0,1/0.039+0.3/0.039+0,045/0,039+0.06+0.13$$

$$R_{tot} = 11,660$$

$$U = 1/R_{tot}$$

$$U = 1/11.660$$

$$U = 0,086$$

Takkonstruktion med Z reglar och 445 mm isolering gav en U-värde med 0,105

$$U_{tak} = 0,105 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

$$U_{fönster} = 1,3 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

För att beräkna energianvändning i huset man måste räkna ut klimatskärmens värmeisoleringskoefficienter
 Och därefter räkna ut Q_t transmissionsförluster inkl. köldbryggor.
 Genomsnittliga värmegenomgångskoefficienter U_m (W/m² K) definieras av:

$$U_m = \frac{\sum U_{korri} \times A_i + \sum \Psi_k I_k + \sum X_j / A_{om}}{A_{om}}$$

$A_{i \text{ golv}} = 11,568 \times 5,568 = 64,4 \text{ m}^2$	$U = 0,095$
$A_{i \text{ vägg}} = 2 \times (11,568 + 5,568) \times 4,8 = 164,5 \text{ m}^2$	$U = 0,100$
$A_{i \text{ tak}} = 32 / \cos 270 \times 2 = 72,3 \text{ m}^2$	$U = 1,105$
$A_{i \text{ fönster och dörr}} = 1,5 \times 2,3 + 6 \times (1,2) + 0,6 \times 1 = 16 \text{ m}^2$	$U = 1,300$
$A_{om} = 64,4 + 164,5 + 72,3 = 301,2 \text{ m}^2$	

$$\sum U_{korri} \times A_i = U_{golv} \times A_{i \text{ golv}} + U_{vägg} \times A_{i \text{ vägg}} + U_{tak} \times A_{i \text{ tak}} + U_{fön.} \times A_{i \text{ fön.}}$$

$$\sum U_{korri} \times A_i = 0,095 \times 64,4 + 164,5 \times 0,1 + 72,3 \times 0,105 + 16 \times 1,3$$

$$\sum U_{korri} \times A_i = 51 \qquad U_m = 51/301,2 \qquad U_m = 0.17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$U_m \leq Q_t / A_{om} \times 1 / t \Delta T_m \qquad U_m \times A_{om} \times t \times \Delta T_m / 1000 = Q_t$$

Innetemp. = 22°C
 Gradtimmar = 97328 kh/år
 t = 5088h (oktober-april)
 T_m = 2,87°C
 ΔT_m = 19,13
 C_p = 1200 ws/m³k
 n = 0,35 l / (sxm²golvA)
 Q_t = U_m × A_{om} × t × ΔT_m / 1000

$$Q_t = 0,17 \times 301,2 \times 5088 \times 19,13 / 1000 = 4983$$

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

$$A_{\text{temp.}} = 12 \times 6 = 72\text{m}^2$$

$$\text{Rumshöjd} = 2,4\text{m}$$

$$V = 72 \times 2,4 = 172,8\text{m}^3$$

$$Q_v = 0,35/1000 \times 72 \times 1200 \times 97328/1000 = 2943 \text{ Kwh/år}$$

$$Q_l = 0,04 \times 0,8/1000 \times 301,2 \times 1200 \times 97328/1000 = 1125$$

$$Q_{\text{tw}} = 3000 \text{ Kwh/år}$$

$$Q_{\text{dr,el}} + Q_{\text{va}} + Q_{\text{skott}} = 2500 \text{ Kwh/år}$$

$$Q_{\text{energi}} = 4938 + 2943 + 1125 + 3000 + 2500 - 2500 - 4100$$

$$Q_{\text{energi}} = 7906 \text{ Kwh/år}$$

$$Q_{\text{specifik energi}} = Q_{\text{energi}} / A_{\text{temp}} = 7906/72$$

$$Q_{\text{specifik energi}} = 109 \text{ Kwh/m}^2 \text{ och år}$$

Energiförbrukning alternativ 2

U- Värdeberäkning

Platta på mark

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{si} = 0,13$$

Mark

200 mm dränering

320 mm cellplast

0.2 mm PE- folie

100 mm betongplatta

6 mm plattomatta

7 mm laminatgolv

$$\lambda = 1 \quad R = 2,3$$

$$\lambda = 0,033 \quad R = 0,2$$

$$\lambda = 0 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0 \quad R = 0$$

$$\lambda = 1,7 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,11 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,13 \quad R = 0$$

$$R_{tot} = 0,04 + 2,3 + 0,2 + 0,32/0,033 + 0,1/1,7 + 0,006/0,11 + 0,016/0,14 + 0,007/0,13 + 0,13$$

$$R_{tot} = 12,818$$

$$U = 1/R_{tot}$$

$$U = 1/12,818$$

$$U = 0,08 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

Väggkonstruktion

Ventilerad fasadskiva av trä

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{si} = 0,13$$

13 mm gipsskiva

45x45c600 träreglar

45 mm mineralull

0,2 mm ångspärr

100 mm cellplast

45x120c600 träreglar

120 mm mineralull

9 mm utegipsskiva

120 mm cellplast

28 mm luftspalt

22 mm träpanel

$$\lambda = 0,22 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,14 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,036 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,14 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,22 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0,036 \quad R = 0$$

$$\lambda = 0 \quad R = 0,20$$

$$\lambda = 0 \quad R = 0,20$$

λ- metoden

$$\lambda_{\text{iso-trä}} = 45/600 \times 0,14 + 555/600 \times 0,039 = 0,047 \text{ w/mk}$$

$$R^{\lambda T} = 0,13 + 0,006 + 0,045/0,047 + 0,10/0,036 + 0,012/0,047 + 0,12/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R^{\lambda T} = 10,092 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

U- värdemetoden

Snitt genom olika värmeisoleringsskikt

$$R_{u,t,\text{iso}} = 0,13 + 0,06 + 0,045/0,039 + 0,1/0,036 + 0,12/0,039 + 0,12/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R_{u,t,\text{iso}} = 10,812 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

Snitt genom vertikala träreglar och horisontella träreglar

$$R_{u,t,\text{trä}} = 0,13 + 0,06 + 0,045/0,14 + 0,1/0,036 + 0,12/0,14 + 0,12/0,036 + 0,2 + 0,04$$

$$R_{u,t,\text{trä}} = 7,760 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

Snitt genom värmeisolering och horisontella träreglar

$$R_{u,t,\text{iso}} = 0,13 + 0,06 + 0,045/0,14 + 0,1/0,036 + 0,012/0,039 + 0,12/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R_{u,t,\text{iso}} = 9,979 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

Snitt genom värmeisolering och vertikala träreglar

$$R_{u,t,\text{iso}} = 0,13 + 0,06 + 0,045/0,039 + 0,1/0,036 + 0,12/0,14 + 0,12/0,036 + 0,2 + 0,04 + 0,04$$

$$R_{u,t,\text{iso}} = 8,592 \text{ m}^2 \text{ k/w}$$

$$1/R^{\text{ut}} = 555/600 \times 10,812^{-1} + 45/600 \times 2 \times 7,760^{-1} + 555 \times 45/600 \times 9,979^{-1} + 555 \times 45/600 \times 8,592^{-1}$$

$$1/R^{\text{ut}} = 0,079136607 + 1,449742268 \times 10^{-3} + 6,952099409 \times 10^{-3} + 8,74371508 \times 10^{-3}$$

$$1/R^{\text{ut}} = 0,09561282 \quad R^{\text{ut}} = 10,459 \text{ k/w} \quad R^{\text{tot}} = 10,459 + 10,092/2 = 10,276$$

$$U_{\text{vägg}} = 1/R_{\text{to}}$$

$$U_{\text{vägg}} = 0,097 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

Takkonstruktion

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{si} = 0,13$$

13 mm gipsskiva

25mm plåt-s25/85

120mm plåt

45 mm mineralull

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

0,2 ångspärr

300 mm mineralull

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

120 mm mineralull

$$\lambda = 0,039 \quad R = 0$$

2 mm pappskikt

$$R = 0,2$$

U-värde

$$R_{tot} = 0,04 + 0,02 + 0,12/0,039 + 0,3/0,039 + 0,045/0,039 + 0,06 + 0,13$$

$$R_{tot} = 12,173$$

$$U = 1/R_{tot}$$

$$U = 1/12,173$$

$$U = 0,082$$

Takkonstruktion med plåt under tak och 465 mm isolering gav en U-värde med 0,105

$$U_{tak} = 0,087 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

$$U_{fönster} = 0,85 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

För att beräkna energianvändning i huset man måste räkna ut klimatskärmens värmeisolering

Och därefter räkna ut Q_t transmissionsförluster inkl. köldbryggor.

Genomsnittliga värmegenomgångskoefficienter U_m (W/m² K) definieras av:

$$U_m = \sum U_{korri} \times A_i + \sum \Psi_k I_k + \sum X_j / A_{om}$$

$$U_m \leq Q_t / A_{om} \times 1 / t \Delta T_m$$

$$\begin{aligned}
A_{i \text{ golv}} &= 11,543 \times 5,543 = 64,0 \text{m}^2 & U &= 0,080 \\
A_{i \text{ vägg}} &= 2 \times (11,543 + 5,543) \times 4,8 = 164,0 \text{m}^2 & U &= 0,097 \\
A_{i \text{ tak}} &= 32 / \cos 270 \times 2 = 72,3 \text{m}^2 & U &= 1,087 \\
A_{i \text{ fönster och dörr}} &= 1,5 \times 2,3 + 6 \times (1,2) + 0,6 \times 1 = 16 \text{m}^2 & U &= 0,085 \\
A_{om} &= 64 + 164 + 72 = 300 \text{m}^2
\end{aligned}$$

$$\sum U_{korri} \times A_i = U_{golv} + A_{i \text{ golv}} + U_{vägg} + A_{i \text{ vägg}} + U_{tak} + A_{i \text{ tak}} + U_{fön.} + A_{i \text{ fön.}}$$

$$\sum U_{korri} \times A_i = 0,08 \times 64 + 164 \times 0,097 + 72 \times 1,087 + 16 \times 0,85$$

$$\sum U_{korri} \times A_i = 40,892 \quad U_m = 40,892 / 300 \quad U_m = 0,136 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$U_m \leq Q_t / A_{om} \times 1 / t \Delta T_m \quad U_m \times A_{om} \times t \times \Delta T_m / 1000 = Q_t$$

$$\begin{aligned}
\text{Inne temp.} &= 20^0\text{C} \\
\text{Gradtimmar} &= 97328 \text{ kh/år} \\
t &= 5088 \text{ h (oktober-april)} \\
T_m &= 2,87^0\text{C} \\
\Delta T_m &= 17,13
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_p &= 1200 \text{ ws/m}^3\text{k} \\
n &= 0,35 \text{ l/ (sxm}^2\text{golvA)} \\
Q_t &= U_m \times A_{om} \times t \times \Delta T_m / 1000 \\
Q_t &= 0,134 \times 300 \times 5088 \times 17,13 / 1000 = 3504
\end{aligned}$$

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

$$A_{\text{temp.}} = 12 \times 6 = 72 \text{m}^2 \quad \text{Rumshöjd} = 2,4 \text{m} \quad V = 72 \times 2,4 = 172,8 \text{m}^3$$

$$\begin{aligned}
Q_v &= 2943 \text{ Kwh/år} \\
Q_l &= 1052 \\
Q_{\text{tw}} &= 3000 \text{ Kwh/år} \\
Q_{\text{dr,el}} &= 2500 \text{ Kwh/år} \\
Q_{\text{vå}} &= 2500 \text{ Kwh/år} \\
Q_{\text{tillskott}} &= 4100 \text{ Kwh/år}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{energi}} &= 3504 + 2943 + 1052 + 3000 + 2500 - 2500 - 4100 \\
Q_{\text{energi}} &= 6399 \text{ Kwh/år}
\end{aligned}$$

$$Q_{\text{specifik energi}} = Q_{\text{energi}} / A_{\text{temp}} = 6399 / 72$$

$$Q_{\text{specifik energi}} = 89 \text{ Kwh/m}^2 \text{ och år}$$

