

Energieffektivisering av tidig 1800-talsbyggnad

- Att tilläggsisolera ett skiftesverkshus



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg- och miljöteknologi/Byggnadsfysik

Examensarbete:
Andreas Månsson

© Copyright Andreas Månsson

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 2014

Sammanfattning

Det finns idag många gamla byggnader runt om i Sverige som ur olika aspekter är värda att bevara för framtiden. Det läggs också mycket fokus på att minimera byggnaders energianvändning. I denna teoretiska studie redovisas ett exempel på att dessa två aspekter är möjliga att kombinera utan att äventyra byggnadens fysiska välmående eller estetiska värde.

Huset som behandlas i rapporten är beläget i Vä, ett samhälle 8km sydväst om Kristianstad. Byggnaden uppfördes troligen i början av 1800-talet och är en skiftesverkskonstruktion. Ytterväggarna är reveterade med ett tjockt lager kalkputs på en reveteringsmatta av vass och hönsnät. Grunden är murad av natursten och är oventilerad. Taket har klätts med trekupigt taktegel, men har tidigare haft ett spåntak som fortfarande finns kvar under takpappen.

Huset är placerat längs en medeltida kullerstengata längs kyrkogårdsmuren till den medeltida Mariakyrkan. Det är önskvärt att inte ändra byggnadens yttre varför en tilläggsisolering helt måste ske inifrån. Målet med detta examensarbete är att lyckas klara kraven på energianvändning och byggnadens genomsnittliga U-värde som BBR20 ställer på moderna bostäder idag 2014.

De åtgärder som föreslås är isolering av mark under golvbjälklaget, isolering av ytterväggar samt vinden. Förslag ges också på hur en diffusionsspärr kan monteras och fuktproblematik som kan uppstå behandlas ytligt.

Resultatet visar att det kan vara möjligt att få en så pass gammal byggnad att klara kraven som ställs idag (2014) utan att äventyra dess fuktbalans eller estetiska värden.

Nyckelord: energieffektivisering, köldbrygga, Unorm, Isover energi, tilläggsisolering, gammal byggnad, ventilation, diffusionsspärr, fukt

Abstract

There are many old buildings in Sweden today that in many aspects are worth saving for the future. Much focus is also on how to reduce the energy use in buildings.

This theoretical study tries to give an example on that it is possible to combine these two parameters without risking the physical wellbeing or the aesthetic value of the building.

The house in this report is situated in Vä, a community located 8km southwest of Kristianstad. The building was probably built in the early nineteenth century and is a post-and-plank construction (skiftesverk). The outer walls are plastered with a thick lime plaster on a reef ring mat of reeds and chicken wire. The foundation is brick-built of natural stone and is unventilated. The roof has been covered with tiles but has previously had a wood shingled roof that still exists under the roofing felt.

The house is located along a medieval cobblestone street along the churchyard wall to the medieval church named “Mariakyrkan”. It is desirable not to change the building’s exterior why additional insulation must be done from the inside. The objective of this work is to successfully meet the requirements of energy consumption and the building’s average U-value Boverket place on modern buildings today 2014.

The proposed actions are insulation of the ground under the slab, insulation of external walls and the attic. Suggestions are also given on how a vapour barrier can be installed and moisture problems that can occur are treated superficially.

The result shows that it can be possible to get such an old building to meet the requirements set today (2014) without compromising its moisture balance or aesthetic values.

Keywords: energy efficiency, thermal bridge, Unorm, Isover energi, additional insulation, old building, ventilation, vapour barrier, moisture.

Förord

Följande examensarbete är författat av Andreas Månsson inom utbildningen Byggt teknik med arkitektur, tillhörande Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg. Arbetet är skrivet mot avdelningen för Byggnadsfysik på institutionen Bygg- och Miljöteknologi och omfattar 22,5 högskolepoäng.

Intresset att bevara äldre byggnader för framtiden är idag stort. Samtidigt läggs mycket vikt vid att minska energianvändningen för bostäder. Följande examensarbete presenterar en lösning för en specifik byggnad där hänsyn tas till båda dessa aspekter vilket gör detta examensarbete mycket aktuellt.

Ett stort tack till Vä-Skepparslövs kyrkliga samfällighet som låtit mig få tillgång till byggnaden som ligger till grund för detta examensarbete.

Ett stort tack riktas även till mina handledare Johan Stein, Susanne Heyden och Bertil Fredlund samt detta arbetes examinator Petter Wallentén.

Helsingborg, maj 2014

Andreas Månsson

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE	1
1.3 METOD.....	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR	2
2 BYGGNADEN I NUTID	3
2.1 ORIENTERING	3
2.2 RITNINGAR ÖVER BYGGNADEN	5
2.3 BYGGNADSDELAR.....	5
2.3.1 Grund.....	5
2.3.2 Golv.....	5
2.3.3 Väggar.....	6
2.3.4 Mellanbjälklag.....	7
2.3.5 Vind.....	8
2.3.6 Yttertak.....	9
2.3.7 Fönster.....	10
2.3.8 Dörrar.....	10
2.4 UPPVÄRMNING OCH VENTILATION.....	11
2.4.1 Installerade värmekällor.....	11
2.4.2 Ventilation.....	11
2.4.3 Gratisenergi.....	11
3 TYPEN AV BYGGNAD	13
3.1 HISTORIK.....	13
3.1.1 Skiftesverk.....	13
3.1.2 Uppmurad stengrund.....	13
3.1.3 Väggar.....	14
3.1.4 Tak.....	14
4 KRAV PÅ FUKT, ENERGI OCH ESTETIK	15
4.1 ENERGIKRAV I BBR.....	15
4.1.1 Krav på byggnaden i dagsläget.....	15
4.1.2 Eventuella krav på byggnaden i framtiden	16
4.1.3 Alternativa krav.....	16
4.2 FUKTKRAV.....	17
4.2.1 Allmänt om fukt.....	17
4.2.2 Gränsvärden för röta och mögelpåväxt.....	18
4.3 ESTETISKA KRAV	19
5 ENERGIEFFEKTIVISERING	21
5.1 DEFINITION AV KÖLDBRYGGOR	21
5.1.1 Unorm.....	22
5.1.2 Resultat av köldbryggeberäkningen.....	22
5.2 ENERGI BERÄKNING I ISOVER.....	26
5.2.1 Isover energi 3	26
5.2.2 Indata	26
5.2.3 Energiberäkning.....	27
5.2.4 U_m -beräkning	27
5.3 FÖRBÄTTRING AV BYGGNADEN.....	27
5.3.1 Utomhus	27
5.3.2 Isoleringsåtgärder.....	28
5.4 NYA KÖLDBRYGGOR.....	34
5.4.1 Grund-yttervägg.....	35

5.4.2 Hörna yttervägg	35
5.4.3 Vindbjälklag-yttervägg	36
5.4.4 Fönster-yttervägg	37
5.4.5 Dörr-yttervägg	37
5.5 VENTILATION OCH UPPVÄRMNING	37
5.5.1 Ventilation.....	37
5.5.2 Eldstadens inverkan på luftflödet	38
5.5.3 Ny uppvärmning.....	39
5.6 NY ENERGIBERÄKNING I ISOVER.....	39
5.6.1 Indata	39
5.6.2 Energiberäkning.....	39
5.6.3 U_m -beräkning	40
5.7 FUKTKONTROLL	40
6 DISKUSSION	45
7 SLUTSATS	49
8 REFERENSER.....	51
9 BILAGOR.....	53
9.1 BILAGAA KÖLDBRYGGOR FÖRE ISOLERING.....	53
9.1.1 Grund - yttervägg.....	53
9.1.2 Hörna yttervägg	54
9.1.3 Mellanbjälklag - yttervägg	55
9.1.4 Fönsterkarm/ dörrkarm - yttervägg	56
9.2 BILAGA B ENERGIBERÄKNING FÖRE ISOLERING	57
9.3 BILAGA C U_m -BERÄKNING FÖRE ISOLERING.....	61
9.4 BILAGA D KÖLDBRYGGOR EFTER ISOLERING.....	65
9.4.1 Grund - yttervägg.....	65
9.4.2 Hörna yttervägg	66
9.4.3 Mellanbjälklag - yttervägg	67
9.4.4 Fönster/ dörrkarm - yttervägg.....	68
9.5 BILAGA E ENERGIBERÄKNING EFTER ISOLERING	69
9.6 BILAGA F U_m -BERÄKNING EFTER ISOLERING.....	73

1 Inledning

Detta examensarbete har blivit till för att studera om man kan få en gammal byggnad från tidigt 1800-tal i skiftesverk med vass och puts, tegeltak och uppmurad grund att klara samma energikrav som ställs på dagens nybyggda villor.

1.1 Bakgrund

Vä-Skepparslövs kyrkliga samfällighet äger idag ett gathus utfört i skiftesverk med puts från början av 1800-talet. Huset är beläget i Vä, 8 km sydväst om Kristianstad och ligger mitt emot en medeltida kyrka samt jämte andra gathus som går i samma stil. Ett erbjudande har erhållits om att få ansluta byggnaden till Kristianstads fjärrvärmenät som dragits fram till gatan. Pastoratet vill nu utvärdera möjligheterna att göra om byggnaden till en bostad. För att detta ska vara ekonomiskt försvarbart måste byggnaden energieffektiviseras genom tilläggsisolering. Tilläggsisoleringen får dock inte påverka byggnadens yttre utan måste helt göras från husets insida på önskemål från pastoratet.

Byggnaden får heller inte ta skada efter tilläggsisoleringen i form av förhöjda fuktillstånd i någon konstruktionsdel. Metoden för energieffektiviseringen får heller inte vara för dyr, varför endast isolering kommer att användas för att få byggnaden mer energieffektiv. Det man har valt bort är bland annat dyra energiåtervinningssystem, solceller avfuktare och liknande. Målet är att byggnaden skall kunna mäta sig med dagens nybyggda villor, det vill säga klara samma krav på energianvändning och U-värde som boverkets byggregler (härefter förkortat BBR) ställer på nya bostäder idag.

1.2 Syfte

Arbetets syfte är att hitta en lösning för hur en energieffektivisering kan utföras för den specifika byggnaden så att den i stället kan användas som bostad. Den önskas klara samma krav som ställs på nybyggda villor idag. En enkel och relativt billig lösning skall användas, i detta fall isolering, och hänsyn skall även tas till fuktförhållanden i olika byggnadsdelar, hur ventilationen påverkas samt hur arkitekturen påverkas av de valda metoderna.

1.3 Metod

För att beräkna byggnadens energiläckage kommer den att mätas upp vad gäller ytor för golv, väggar och tak, tjocklek på befintliga byggnadsdelar, samt storlek på fönster och dörrar. En grundlig dokumentation kommer att göras

med bilder och anteckningar från besök på platsen. Med hjälp av Programmet Unorm kommer värden för byggnadens köldbryggor att räknas ut. Energiberäkningsprogrammet "Isover energi 3" kommer att användas för att beräkna byggnadens energianvändning och genomsnittliga U-värde. Val av isolertjocklekar kommer att motiveras utifrån en rad olika aspekter som kommer att diskuteras under arbetes gång. Under varje konstruktionsdel som isoleras kommer också ett kort resonemang föras kring hur byggnadens arkitektur påverkas av metoden samt hur den valda åtgärden kan tänkas påverka byggnadens fuktillstånd. Varje byggnadsdel och åtgärden för denna kommer att gås igenom för sig. Hela denna studie är teoretisk och byggnaden isoleras därmed ej i praktiken.

1.4 Avgränsningar

Tillvägagångssättet vid energieffektiviseringen kommer endast att motiveras utifrån vad som är bäst för byggnaden värme-, fukt-, ventilations- och utseendemässigt. Hänsyn kommer att tas till kostnaden för de olika metoderna så tillvida att man inte vill lägga pengar på dyra energiåtervinningssystem utan klara dessa funktionskrav endast med isolering och diffusionspärr. Byggnaden ska endast energieffektiviseras med hjälp av tilläggsisolering. I detta arbete kommer betydligt mer fokus riktas på energi än övriga ovan nämnda aspekter. Att tillräcklig ventilation finns efter dessa åtgärder kommer ej att säkerställas, dock kommenteras hur ventilationen tros bli påverkad av ovan nämnda åtgärder.

2 Byggnaden i nutid

2.1 Orientering

Byggnaden som behandlas i denna rapport ligger i det lilla samhället Vä, ca 8km sydväst om Kristianstad. Vä var tidigare stad men förlorade sina stadsrättigheter när Kristianstad grundlades 1614.

Huset ligger längs en medeltida kullerstensgata som löper längs muren till Mariakyrkan som uppfördes under 1100-talets mitt (svenska kyrkan) (se figur nedan).

Det har troligtvis funnits äldre hus tidigare på samma plats som dagens hus står på och det verkar som visst material från tidigare hus återanvänts vid uppförandet av detta hus.

Huset som idag ägs av Svenska kyrkan fungerar som förråd där huset är oinrett (se figur 2.3 nedan), samt tvättstuga i en del som är inredd. Byggnaden går i en stil som stämmer väl in med atmosfären för hela gatan och omgivningen runt omkring. Det är därför inte aktuellt att förändra byggnadens yttre utseende vid en energieffektivisering.

Ägaren, Vä-Skepparslövs kyrkliga samfällighet, har fått ett erbjudande om att ansluta sig på Kristianstads fjärrvärmenät då detta ska dras fram till gatan. Uppgiften i detta arbete är att undersöka om det går att energieffektivisera byggnaden så att det lönar sig att koppla på fjärrvärme och sedan behålla eller eventuellt sälja byggnaden. Den ska i båda fallen användas som bostad. Det är därför inte aktuellt att investera i dyra värmeåtervinningssystem då dessa pengar till största del endast fås igen om man väljer att behålla och använda byggnaden själv och inte säljer den. Fokus ska därför läggas på bra val av tilläggsisolering av byggnaden.

Byggnadens fasad har nyligen reparerats med ny kalkfärg och taket har lagts om.

Byggnaden är ett skiftesverkshus med reveteringsmatta av vass och hönsnät med puts utanpå. Mer detaljer om material och husets uppbyggnad går att läsa i kapitel 2.3. Husets yttre arkitektur och atmosfären i grannskapet åskådliggörs i figur 2.1 – 2.3.



Figur 2.1 (foto A.Månsson) Huset från södergaveln med Mariakyrkan i bakgrunden.



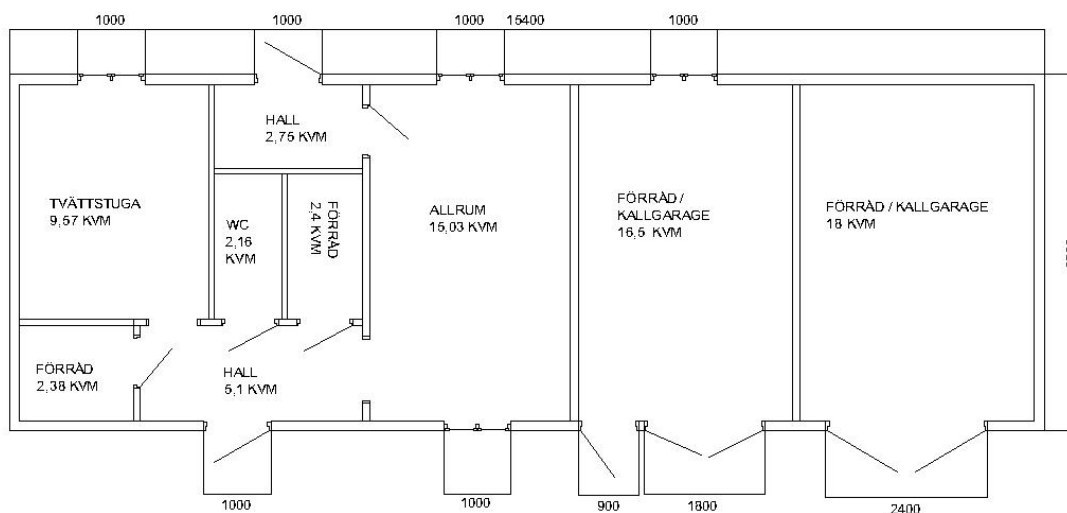
Figur 2.2 (Foto A.Månsson) Husets långsida mot väster och den medeltida gatan.



Figur 2.3 (Foto A.Månsson) Långsida mot öster. Denna del används som förråd och är oinredd.

2.2 Ritningar över byggnaden

I figur 2.4 redovisas en enklare ritning uppgjord över byggnaden. I framtiden är målet att de delar som idag är garage också ska användas som bostad. Husets totala inneryta inklusive garage och innervägar är i nuläget 75 m^2 .



Figur 2.4 Planlösning över byggnaden. Boyta + biyta = 75 m^2 . (A.Månsson)

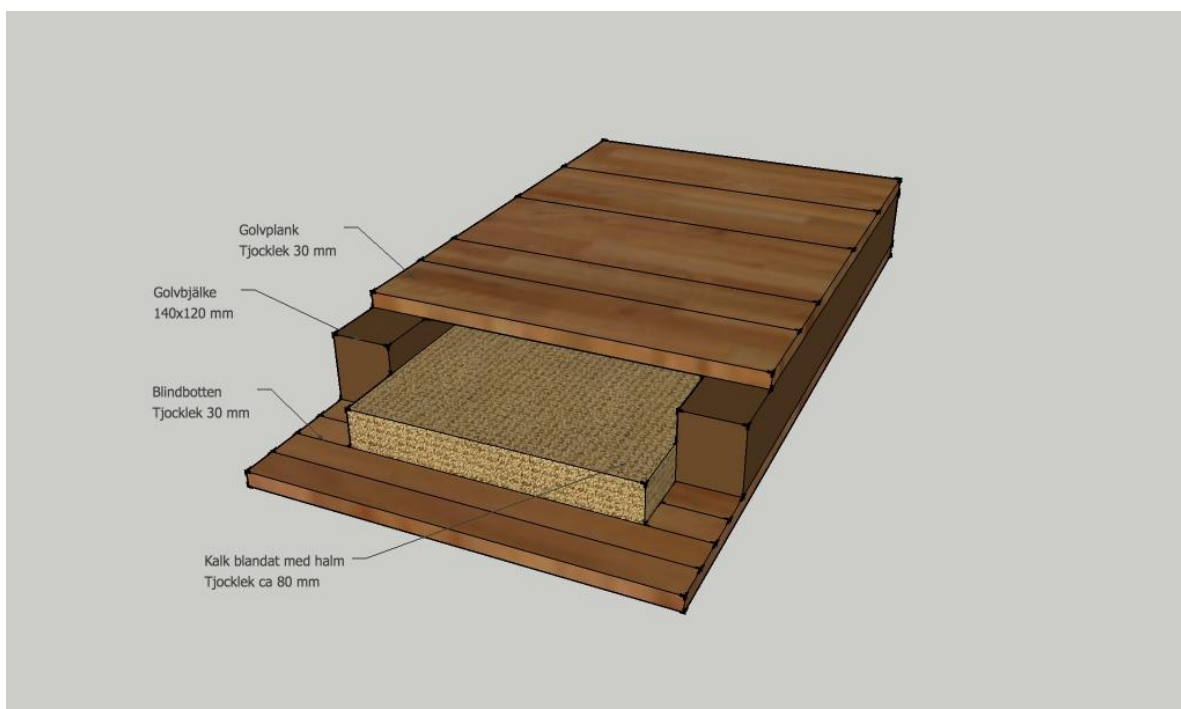
2.3 Byggnadsdelar

2.3.1 Grund

Grunden är uppmurad av stora gråstenar ca 300 mm breda. Stenarna är tätt fogade med kalkbruk och muren utåt är putsad. Hela grunden är helt oventilerad. Marken kring byggnaden är grusig sand.

2.3.2 Golv

Golven består av plank, 30 mm tjocka med varierande bredd, upplagda på golvbjälkar. Golvbjälkarna är laxade i syllén och hjälper till att hålla ihop huset. På bjälkarnas undersida finns en blindbotten av träplank vilken är fylld med ett lager kalk och halm. Golven i förråden har nyligen blivit utrivna på grund av röta. Här finns idag inget golv utan bara grus. Då dessa golv har blivit utrivna vet man alltså hur uppbyggnaden av de kvarvarande golven ser ut då det antas att samtliga golv har samma uppbyggnad. Golvens och grundens uppbyggnad åskådliggörs i figur 2.5.



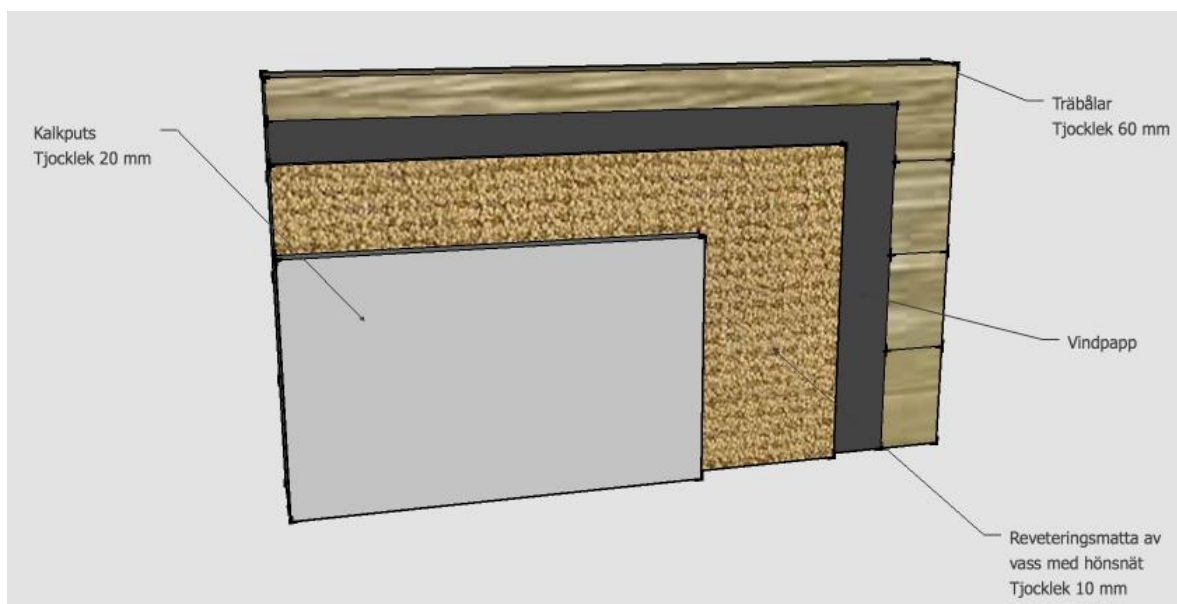
Figur 2.5 Golvbjälklagets uppbyggnad (A. Månsson)

2.3.3 Väggar

Väggarna är uppbyggda i skiftesverk. Detta var en vanlig metod att använda sig av i södra Sverige under 1800-talet när denna byggnad är uppförd, och lämpade sig väl om det inte fanns tillgång till så höga träd som krävs vid t.ex. hustimring. (Byggnadsvård, 2014)

I den oinredda delen av byggnaden går att se att man använt virke från en tidigare byggnad där virket tidigare haft en annan funktion då man kan finna tappar och sinkning som idag inte fyller någon funktion. Vissa stockar är även skråhuggna med yxa och har alltså varit avsedda att bära någon form av puts eller lerklining (Stockholms länsmuseum, 2014) Väggarna har en ungefärlig tjocklek på 60 mm och har invändigt en höjd på cirka 2,2 meter.

Utanpå väggarna finns en vindpapp, och därefter en reveteringsmatta av hönsnät och vass. Mattan är putsad med ett tjockt lager kalkbruk, och hela byggnaden är vitkalkad. Figur 2.6 och 2.7 visar hur väggen ser ut i dagsläget.



Figur 2.6 Ytterväggens uppbyggnad (A.Månsson)



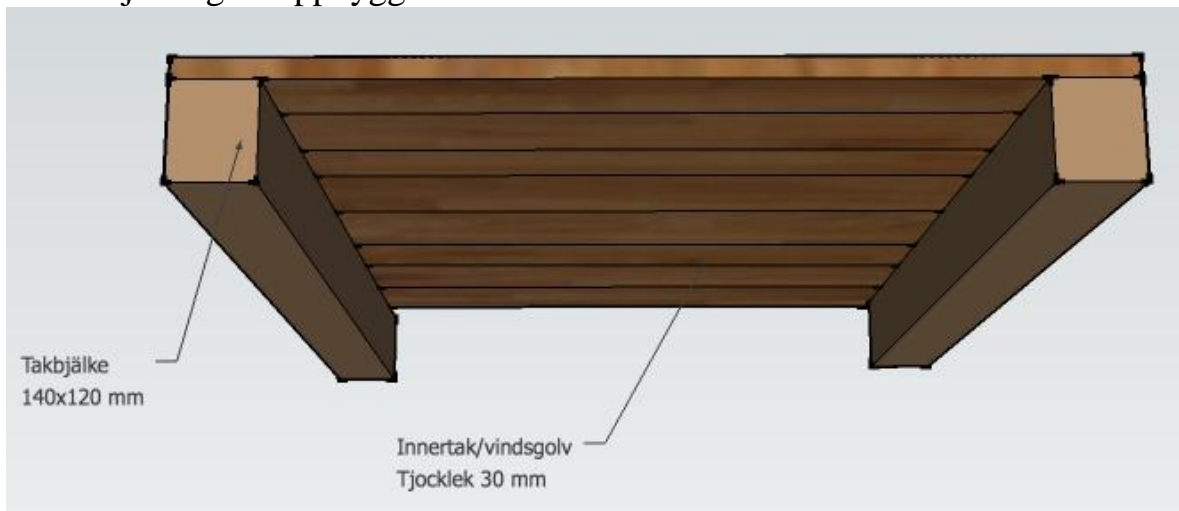
Figur 2.7 (Foto A.Månsson)

Skiftesverk av gammalt timmer. I taket syns stockar som fungerat som knuttimmer för någon tidigare byggnad. Lägg märke till takstockarnas råhuggna yta som gjordes för att de skulle kunna lerklinas och putsas.

2.3.4 Mellanbjälklag

Bjälklaget består av stockar med dimensionen (höjd x bredd) 180 x 140 mm på ett centrumavstånd på 1200 mm. Bjälklaget är belagt med plank som bildar ett innertak samt golvet till vinden ovanför. I den inredda delen finns dessutom ett tunt lager isolering (20 mm) och sedan en spikad råspont som innertak. Takhöjden är endast 2,2 meter varför tilläggsisolering måste ske ovanpå vindsbjälklaget för att rumshöjden inte ska sänkas ytterligare. I ena änden av byggnaden är takplanken spikade på balkarnas undersida i stället för på

ovansidan. Här finns alltså inget bra vindsgolv. Figur 2.8 och 2.9 visar mellanbjälklagets uppbyggnad.



Figur 2.8 Mellanbjälklagets uppbyggnad (A.Månsson)



Figur 2.9 (Foto A.Månsson) Innertaket med synliga takbalkar och råspont som innertak.

2.3.5 Vind

Vinden på byggnaden består endast av plank med varierande tjocklek (ca 30 mm) upplagda på mellanbjälklaget med centrumavstånd på ca 1200 mm. Ett medelvärde av plankens tjocklek kommer behöva antas vid energiberäkningarna och sätts till 30 mm (se figur 2.10). Det är inte aktuellt att vinden inreds då det är för lågt till tak. Däremot är det önskvärt med en spång ovanför isoleringen som kommer att läggas här, alternativt ett litet trägolv med plats till förvaring.



Figur 2.10 (Foto A.Månsson) Vindsgolvets plankor har en varierande tjocklek; ca30 mm.

2.3.6 Yttertak

Yttertaket består av taktegel med bär- och ströläkt monterat ovanpå en tjärpapp (åskådliggörs i figur 2.12). Taket har tidigare haft endast denna tjärpapp som täckning vilket vissa av grannhusen fortfarande har. Taktegellet är trekupigt och är bränt av lera från Kristianstadstrakten. Tidigare har huset haft ett spåntak vilket fortfarande finns under pappen. Taket är ett sadeltak med ungefärlig lutning 45° (se figur 2.11).



Figur 2.11 (Foto A.Månsson) Yttertaket sett inifrån vinden med takspånen som ligger spikade ovanpå en bärläkt.



Figur 2.12 (Foto A.Månsson) Yttertaket med sitt lite mer originella trekupiga tegel.

2.3.7 Fönster

Husets fönster består av tvåluftsfönster med enkelglas. Glaset är handblåst och har ett vackert ”skimmer” som är karaktäristiskt för handblåsta glas. Träet består troligtvis av fur och har hållit sig bra mot röta. Fönsterhakarna är av en äldre typ och linoljebrända (se figur 2.13). En nackdel med denna äldre typ av hake är att det är svårare att justera fönstrets inspanning vilket kan vara önskvärt om det till exempel har försetts med en tätningslist.



Figur 2.13 (Foto A.Månsson) Fönster sett inifrån.

2.3.8 Dörrar

Byggnadens båda ytterdörrar är av en mycket enkel och dåligt isolerad modell. De är dessutom inte särskilt inbrottssäkra jämfört med dagens nytillverkade dörrar. De stämmer heller inte in i byggnadens övriga arkitektur och ska därför bytas ut, trots önskemål från ägaren att inte ändra byggnadens yttre (se kapitel 4.3), mot att de ersätts av nya dörrblad i en tidsenlig stil.

2.4 Uppvärmning och ventilation

2.4.1 Installerade värmekällor

Murstocken är idag utrivnen och endast i den inredda delen av huset finns en uppvärmning bestående av en liten värmepump av typen luft/luft med COP-värde 4. Med COP-värde 4 menas att en värmepump som drar exempelvis 1kW ger fyra gånger så mycket, alltså 4kW på grund av att den utvinner energi ur utomhusluften. Även en stor varmvattenberedare på 2kW finns installerad.

2.4.2 Ventilation

Husets ventileras endast via självdragsventilation med tilluftsventiler i hallen och stora rummet, och frånluftsdon i taket i tvättstuga och wc. Luften går ut genom en skorstenshuv på taknocken. Troligtvis förekommer också ett stort ofrivilligt läckage till exempel i springor runt fönster och dörrar samt längs golvets och takets ytterkanter.

2.4.3 Gratisenergi

Gratisenergi är energi som avges från t.ex. människor, dusch, matlagning och vissa andra maskiner som finns i byggnaden och som får tillgodoräknas i energiberäkningen (Boverket, 2014).

I nuläget är byggnaden inte en bostad utan används bara som förråd och tvättstuga några få timmar i veckan. Därför blir det svårt att räkna dit någon gratisenergi som avges från personer som vistas i byggnaden. De enda maskiner som är igång är en tvättmaskin (ca 2 gånger i veckan) och ibland en torktumlare (ca 1 gång per månad). Samtidigt torkas mycket tvätt på tvättlinor genom naturlig lufttorkning (ingen varmluftsfläkt) vilket kräver energi från omgivningen då vatten dunstar (Nevander, Elmarsson, 2009).

Den totala gratisenergin utslaget på hela byggnaden i nuläget antas därför vara noll. Om byggnaden i framtiden skall användas som permanent bostad kan dock gratisvärme från boendet räknas med.

3 Typen av byggnad

3.1 Historik

3.1.1 Skiftesverk

Att uppföra en byggnad i skiftesverk var förr ett sätt att kunna spara in på virke och pengar. Ett skiftesverkshus består av stolpar med urkarvade rännor i sidorna, vari man lägger i ”bålarna” det vill säga det liggande timret som bildar väggen. Då skiften är indelade i olika fack behövde inte allt timmer ha samma höjd. Det viktiga var att det gick jämt upp på slutet. På så vis behövdes vid byggnationen endast den översta bålen klyvas för att få samma höjd på samtliga fack. På detta vis kunde därför timmer med olika bredd återanvändas från tidigare byggnader.

I detta fall består bålarna av före detta väggtimmer från ett knuttimrat hus. Timmerstockarna var ofta ca 120 mm tjocka. Dessa har sedan kapats på längden för att utvinna två bålar ur varje stock, därav den nuvarande väggjockleken på 60 mm. Att använda äldre trä underlättade även tätningen av springorna mellan timret då träet är något mjukare än färskt och sätter sig mer p.g.a. sin egentyngd. Om man hade möjlighet valdes gärna ett hårt träslag som ek p.g.a. bättre motståndskraft mot röta, speciellt om väggen skulle putsas. I detta fall antas att furu har använts utifrån vad som går att se samt att träet saknar den hårdhet och doft som ek har. (Byggnadsvård, 2014)

3.1.2 Uppmurad stengrund

Grundmuren på byggnaden som behandlas i rapporten är uppmurad av natursten vilket var ett vanligt sätt att bygga grund på förr. Bjälklaget hade ofta en blindbotten på vilken man lade ett isolerande material, t.ex. torv, mossa, halm eller liknande. Ibland lades en extra hög med isolering längs med grundmuren, en s.k. ”mullbänk”. Tyvärr har dessa ofta en god kapillär sugning och har orsakat många rötskador i golvbalkarnas ytterändor.

Principen för hur en sådan grund fungerar är att murstocken var kontinuerligt varm förr i världen då man eldade konstant för att laga mat och hålla värmen. Grunden torkade därför ut av den tillförda värmen som murstocken gav. (Torpargrund, 2014)

Det relativt oisolerade bjälklaget släppte dessutom ner ytterligare värme till utrymmet under golvet. Många hus med sådan grund används idag som sommarstugor och fritidshus, med resultat att man bara trivseldar då och då eller mest under ena halvan av året. Detta får till resultat att murstocken för det mesta är kall. Det tar också tid för den att värmas upp vilket gör att en kortvarig brasa knappast spelar in på murstockens uppvärmning av grunden. Detta har lett till många rötskador och en felaktig bild av att denna typ av grundkonstruktion redan från början skulle varit tekniskt dålig. Konstruktionen fungerade dock relativt bra ihop med det levnadssätt som

husets invånare hade förr i världen. Lösningen kan numera ses som tekniskt dålig då den inte fungerar i kombination med dagens sätt att värma upp och isolera byggnader.

3.1.3 Väggar

Husets väggar är putsade på en reveteringsmatta av vass och hönsnät. Denna metod blev vanlig under början av 1900-talet. Husets timmer är råhugget och skvallrar om att man tidigare putsat direkt på timret vilket ofta gjordes tidigare, ibland med tätt inslagna träpluggar i stockarna som extra fäste för putsen (Byggnadsvård, 2014). Det finns alltså ingen luftspalt som skiljer fasadputsen från väggtimret utan endast en tunn vindpapp. Det är tveksamt om denna papp klarar att stå emot all fukt som belastar väggen vid ett intensivt slagregn. Ett större problem kan vara fukt från insidan som kondenserar mot den tätare pappen.

3.1.4 Tak

Att använda spåntak var också vanligt för den tid som byggnaden uppfördes. Yttertakets kommer inte att påverka energiberäkningarna i denna rapport då vinden ej kommer inredas varför detta inte kommer att behandlas närmare. Dock har taket viss betydelse för fukttillståndet på vinden.

4 Krav på fukt, energi och estetik

4.1 Energikrav i BBR

BBR ställer krav på hur mycket energi olika byggnader får använda per tempererad golvyta; A_{temp} , som värms till mer än 10 °C (BBR 20, 2014). Det ställs olika krav beroende på byggnadens förutsättningar. Nedan listas några av de olika faktorer som spelar in.

1. Är huset en bostad eller övrig lokal?
2. Var i Sverige är huset placerat?
3. Är huset en nybyggnation eller ett gammalt hus som renoveras?
4. Kommer huset att klassas som eluppvärmt?

BBR ställer idag samma krav på ett gammalt hus som renoveras som på nya men med möjlighet för kompromisser för äldre byggnader om det är svårt att lyckas klara kraven utan att förvanska byggnaden. Syftet med detta arbete är dock att försöka bevisa att det är möjligt att energieffektivisera ett äldre hus så att det kan mäta sig med nybyggade hus. I denna rapport kommer därför kraven för nybyggade hus att i första hand eftersträvas.

4.1.1 Krav på byggnaden i dagsläget

I BBR20, 9:2 hittar man följande krav för byggnader som används som bostad. Nedan visas kraven som ställs på en bostad som värms med elvärme, vilket motsvarar dagens uppvärmningssätt för vår byggnad (BBR 20, 2014):

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning (kWh per $m^2 A_{temp}$ och år).	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning (kW) + tillägg då A_{temp} är större än $130m^2$	5,5 $0,035(A_{temp} - 130)$	5,0 $0,030(A_{temp} - 130)$	4,5 $0,025(A_{temp} - 130)$
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (W/m^2K)	0,4	0,4	0,4

Tabell 4.1 BBR:s krav på energianvändning för byggnader uppvärmda med elvärme.

Byggnaden som behandlas i rapporten tillhör klimatzon III då den ligger i södra Sverige. Om huset skulle byggts idag och värmts upp med elvärme skulle det ha behövt klara sig på en energianvändning under 55 kWh/ A_{temp} år. Under 9:2 *Allmänna råd* går att läsa att om ett hus har kulturhistoriskt motiverade begränsningar som gör det svårt att uppfylla kravet på specifik energianvändning bör dock inte värdena överskridas med mer än 20 %. I detta

fall skulle det vid en renovering av byggnaden kunna tillåtas att byggnaden använder $66 \text{ kWh}/A_{\text{temp}}$ år.

Under 9:12 *Definitioner* i BBR finns att läsa att en byggnad klassas som eluppvärmd om den installerade effekten är större än $10 \text{ W}/A_{\text{temp}}$. Detta gäller byggnader med de flesta typer av värmepumpar och direktverkande el. Många värmepumpar får ett mycket försämrat cop-värde vid sträng kyla och går då nästan helt eller till mycket stor del på direktverkande el varför de behöver ha en hög installerad effekt (Polarheat, 2014).

4.1.2 Eventuella krav på byggnaden i framtiden

Rent teoretiskt borde ett mycket litet hus med en värmepump med högt cop-värde kunna klassas som ej eluppvärmt då man kan hamna under $10 \text{ W}/A_{\text{temp}}$ installerad effekt. Detta är ofta orimligt att uppnå då det kräver att värmepumpens cop-värde inte får försämrats avsevärt vid sträng kyla. Däremot kan det nu bli aktuellt att byta ut luftvärmepumpen i den aktuella byggnaden och i stället använda fjärrvärme. Då gäller följande krav (BBR20, 2014):

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning ($\text{kWh per m}^2 A_{\text{temp}}$ och år).	130	110	90
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	0,4	0,4	0,4

Tabell 4.2 BBR:s krav på energianvändningen för bostäder med annat uppvärmningssätt än elvärme.

Byggnaden behöver då klara kravet $90 \text{ kWh}/A_{\text{temp}}$ år. Därutöver får värdet överskridas med maximalt 20 % eftersom det i detta fall rör sig om en gammal byggnad som renoveras. Detta skall dock undvikas så långt det går i försöket att energieffektivisera byggnaden.

4.1.3 Alternativa krav

I BBR 9:4 finns alternativa krav för byggnader som kan uppfyllas i stället om följande tre kriterier uppfylls:

- golvarean A_{temp} uppgår till högst 100 m^2 ,
- fönster- och dörrarean A_f uppgår till högst $0,20 A_{\text{temp}}$, och
- inget kylbehov finns

Då huset uppfyller samtliga kriterier kan följande U-värden på omslutande byggnadsdelar (A_{om}) användas:

U_i	Byggnad med annat uppvärmningssätt än elvärme	Byggnad med elvärme där A_{temp} är 51-100m ²
U_{tak}	0,13	0,08
$U_{vägg}$	0,18	0,1
U_{golv}	0,15	0,1
$U_{fönster}$	1,3	1,1
$U_{ytterdörr}$	1,3	1,1

Tabell 4.3 Krav från BBR på omslutande byggnadsdelars U-värde.

För den aktuella byggnaden kommer kolumnen till vänster att gälla om byggnaden värms med fjärrvärme.

Väggens U-värde kan vara svårt att klara då det krävs en stor mängd isolering för att uppnå detta värde. Detta skulle leda till att den befintliga väggen skulle bli betydligt kallare än den är idag, med risk för försämrade uttorkning av slagregn. Mer om detta kommenteras i kapitel 5.3.2.2.

4.2 Fuktkrav

I BBR 20 6:51 går att läsa att: ”Byggnader skall utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa”.

4.2.1 Allmänt om fukt

Då denna rapport huvudsakligen fokuserar på energieffektivisering (se avgränsningar) kommer inte fuktområdet att behandlas lika djupt. Fukt är dock en viktig aspekt att ta med när ett hus isoleras, inte minst när isoleringen görs inifrån vilket leder till att tidigare konstruktionsdelar blir kallare efter tilläggsisoleringen. Fuktk Problemen kommer att diskuteras mer specifikt under kapitel 5.3 för varje konstruktionsdel. Metoder för tilläggsisolering kommer att användas som anses beprövade och som tar hänsyn till fuktbelastningen på respektive byggnadsdel. En enkel fuktberäkning kommer dock göras för den relativa fuktigheten på bälarna i ytterväggen.

4.2.1.1 Relativ fuktighet

Fukt kan tillföras en byggnad på många sätt. Några exempel är: nederbörd, människor, matlagning, duschning, vatten i mark (både vätskefas och ångfas) och byggfukt.

Mycket av denna fukt kan transporteras som ånga i luften. Ju varmare luften är desto mer vattenånga kan den bära. Hur mycket fukt luften innehåller dividerat med vad den maximalt kan innehålla vid en given temperatur benämns *relativ fuktighet* (Sandin, 2010).

När vissa konstruktionsdelar i byggnaden isoleras kommer dessa att bli kallare då mindre värme transporteras ut till dessa delar. Om varm fuktig luft träffar

dessa delar kan luften kylas av och i värsta fall kondensera, det vill säga ge ifrån sig små vattendroppar som fastnar på materialets yta som fukten kondenserar mot. För obehandlat trä behöver fukten inte ens kondensera utan det räcker med att den relativa fuktigheten överstiger 70-80 % (se 4.2.2). Det är därför viktigt att så lite varm fuktig luft som möjligt kan nå dessa byggnadsdelar. Hur detta ska undvikas kommer att presenteras under respektive byggnadsdel i kapitel 5.3. Generellt kommer problemen med fuktkonvektion och diffusion att lösas med en tät diffusionsspärr i form av en 0,2 mm tjock åldersbeständig plastfilm.

4.2.2 Gränsvärden för röta och mögelpåväxt

Många material har en kritisk nivå för vilken högsta fuktighet de klarar av utan att deras avsedda funktion går förlorad eller att de drabbas av andra olägenheter. Detta kallas för materialets kritiska fuktillstånd. Olika material klarar av att exponeras för denna fuktighet under olika lång tid.

Nedan ges en översikt över riskerna för röt- och mögelangrepp som är exempel på olägenheter som kan drabba ett material. Röta kan också försämra ett materials avsedda funktion, t.ex. hållfasthet, då rötsvampen bryter ner vedcellerna hos träet. (Sandin, 2010)

	Ingen risk	Liten/måttlig risk	Stor risk
Röta			
Fuktkvot (vikts-%)	<16	16-25	>25
RF (%)	<75	75-90	>95
Mögel			
Fuktkvot (vikts-%)	<15	15-20	>20
RF (%)	<70	70-85	>85

Tabell 4.4 Gränsvärden för röta och mögelpåväx på trä. (Sandin, 2010)

I kapitel 5.7 kommer en beräkning göras för att studera relativa fuktigheten i ytterväggen för att se om risk föreligger för röta eller mögelpåväxt.

Gränsvärdena i tabellen ovan kommer då att användas. Det bör dock nämnas att risken för mögelpåväxt även är temperaturberoende och mögeltillväxten minskar med minskad temperatur.

4.3 Estetiska krav

Av 8 kap. 17 § i plan-och bygglagen framgår att ändring av byggnader ska utföras varsamt. Hänsyn skall tas till byggnadens karaktärsdrag och byggnadstekniska, historiska, miljömässiga och konstnärliga värden ska tas till vara. Enligt 8 kap. 13§ i plan-och bygglagen står också att om byggnaden är en särskilt värdefull byggnad får den inte förvanskas. Av 8 kap. 7§ i plan-och bygglagen samt 3 kap. 23 § i plan-och byggförordningen följer att hänsyn ska tas till detta vid tillämpningen av de tekniska egenskapskraven vid alla ändringar av byggnaden.

Byggnaden i fråga omfattas inte av något kulturskydd. Däremot är det som nämnts tidigare önskvärt från Vä-Skepparslövs kyrkliga samfällighet att byggnadens yttre förblir oförändrat. I dagsläget går husets yttre i harmoni med övriga hus som ligger längs gatan. Framför allt fönstren hos ett hus påverkar mycket hur huset upplevs. Vid en potentiell tilläggsisolering utifrån hade samtliga fönster hamnat längre in i fasaden. Detta gör att samtliga fönster ser mörkare ut utifrån då de inte kan spegla himlens färg. Eventuellt hade fönstren kunnat flyttas fram. Det går dock inte att göra detsamma med husets ytterdörrar (se längre ner) varför det kan se konstigt ut att bara flytta fram husets fönster. Tidstypiskt från denna tid är också att fönstret placerades i liv med fasaden (Gotland, 2010). Detta är det kanske starkaste argumentet till att en isolering inte bör göras utifrån.

Takets överhäng blir kortare om husets fasad flyttas fram ytterligare. Då takets överhäng fyller en viktig uppgift att delvis skydda fasaden från regn talar även detta för att en isolering inifrån är bättre. Takutskräpet hade heller inte kunnat förlängas ytterligare då dörrbladets ovankant på ytterdörrarna hade slagit i taköverhängen när dörren öppnas. Ytterdörrarna går precis fria så som de sitter monterade idag. Alla dessa potentiella ändringar hade förändrat husets karaktär alldeles för mycket. Ur arkitektonisk synvinkel är det alltså fördelaktigt att isolera byggnaden inifrån.

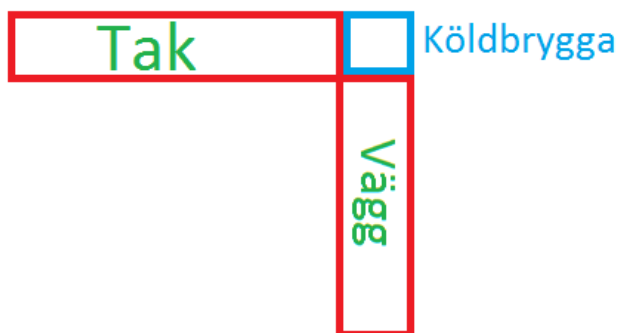
Invändigt får byggnaden däremot förses med nya ytskikt på ytterväggarna vilket anses nödvändigt för att huset ska bli beboeligt. Golvplanken skall dock bevaras. För att inte gå miste om atmosfären som de timrade väggarna ger kan innerväggarna som även de är uppförda av timmer, i något rum bevaras. Innerväggarna kan dock utgöra en köldbrygga om de är infästa i den ursprungliga ytterväggen. Mer om detta nämns i kapitel 5.3.2.6.

5 Energieffektivisering

5.1 Definition av köldbryggor

Husets energianvändning kommer att beräknas i energiberäkningsprogrammet ”Isover energi 3”. Vid beräkningarna kommer val av indata att motiveras. Innan detta kan göras behöver dock köldbryggorna i huset diskuteras.

När U-värden för olika byggnadsdelar räknas ut använder man innerarean av t.ex. en vägg eller ett tak. U-värdet är ett mått på den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av en konstruktion då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor av konstruktionen är en grad med enheten W/m^2K (Sandin, 2010). U_m -värdet som kommer beräknas för byggnaden är den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten för byggnadsdelar och köldbryggor. Anslutningen mellan dessa ytor som används vid U-värdesberäkning tas alltså inte med i beräkningen då den varken ingår i väggens eller takets yta, se figur 5.1 nedan.



Figur 5.1 Köldbrygga (A.Månsson)

Den blå rektangeln visar en köldbrygga. Ur fysikalisk synvinkel borde den kanske i stället kallas värmebrygga då det är värme som transporteras genom den. Man kan tänka sig en köldbrygga som en lång tunn linje som (i detta fall) löper längs anslutningen mellan väggen och taket. Köldbryggan har dock en stor area utåt. En sådan köldbrygga benämns två-dimensionell köldbrygga. Köldbryggornas psi-värde (ψ) måste räknas ut för sig och sedan multipliceras med köldbryggans längd för att få ett U-värde för densamma. Ju lägre psi-värdet är, desto mindre värme transporteras det genom köldbryggan. Enheten för köldbryggans psi-värde är således $W/m^{\circ}C$.

Förutom 2-dimensionella köldbryggor finns tredimensionella, t.ex. i hörn mellan två ytterväggar och golvbjälklaget. Dessutom kan en byggnad innehålla punktformiga köldbryggor, t.ex. genomgående bultar som använts

vid förstärkning av konstruktionen. Den aktuella byggnaden anses inte ha några nämnvärda punktformiga köldbryggor. De punktformiga köldbryggorna har enligt Boverket dessutom normalt en väldigt liten inverkan på ett mindre bostadshus och kan därför försummas (Boverket, 2014). I arbetet beräknas endast de två-dimensionella köldbryggorna.

Enligt Boverket motsvarar linjära köldbryggor i småhus oftast en ökning av husets U_m -värde med ca 15-20 % (Boverket 2010). Ett alternativt sätt att ta hänsyn till de linjära köldbryggornas inverkan är därför att göra ett påslag på ca 20 % på det framräknade U_m -värdet.

I Isover energi 3 finns inga förinlagda köldbryggor som liknar de som finns hos den aktuella byggnaden. I denna rapport kommer dock inte ett påslag att göras för samtliga köldbryggor. I stället kommer köldbryggorna att beräknas separat och sedan föras in i energiberäkningsprogrammet. I detta fall används programmet Unorm för beräkning av samtliga köldbryggor.

5.1.1 Unorm

Detta är ett program som finns att ladda ner gratis från nätet. I programmet ritas man upp sin konstruktion, t.ex. anslutning mellan vägg och takbjälklag. Man anger tjocklekar och λ -värden för de olika byggnadsdelarna, samt vilken temperatur de olika byggnadsdelarna gränsar mot. Programmet bygger i stort på att man har ett beräkningsfall och ett referensfall. I beräkningsfallet ska man försöka rita upp en så verklig modell som möjligt av det aktuella fallet. I referensfallet ritas man upp samma modell men tar bort de delarna som motsvarar köldbryggan man vill få ett psi-värde på. Dessa delar ersätts med luft. Programmet räknar sedan ut skillnaden mellan beräkningsfallet och referensfallet, och denna skillnad motsvarar alltså psi-värdet för köldbryggan. Resultatet går därefter att analysera i programmet och en bild med temperaturfördelningen kan fås fram där det är möjligt att avläsa temperaturen var man vill i konstruktionen. Detta gör att man enklare kan se var det kan löna sig att lägga till ytterligare ett isoleringsmaterial samt upptäcka risk för kondens. (Gadbyggnadsfysik, 2014)

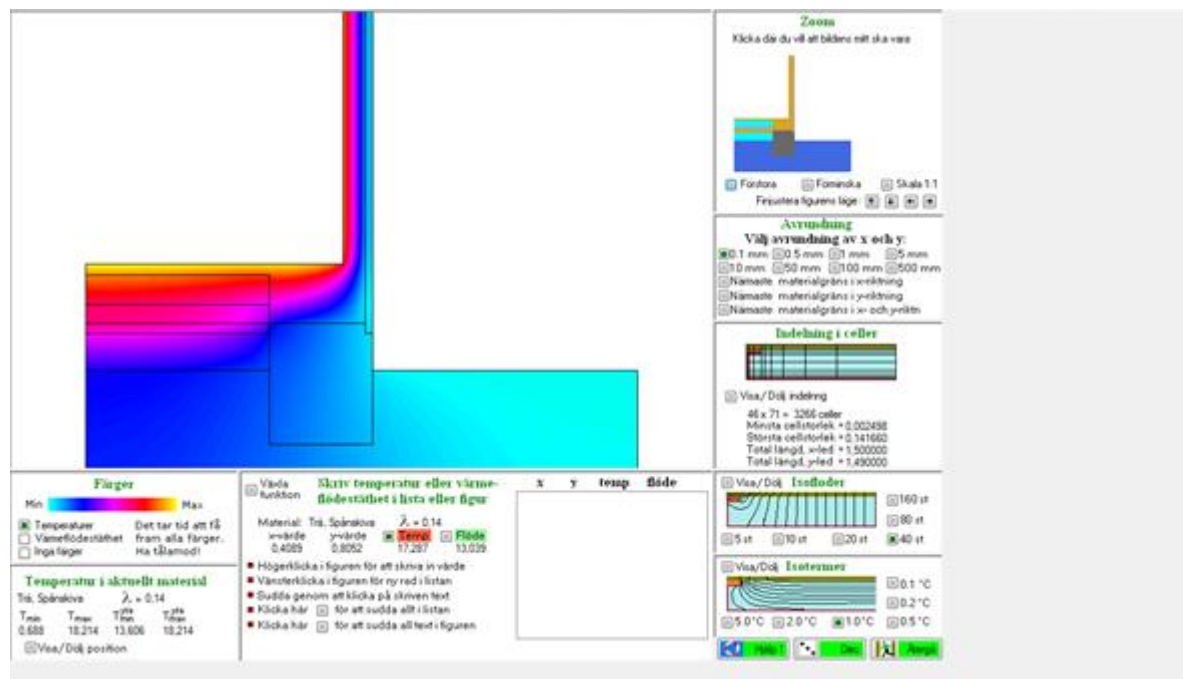
5.1.2 Resultat av köldbryggeberäkningen

Nedan presenteras resultatet av beräkningarna av köldbryggor för byggnaden i nuläget i form av print-screenbilder med en kort text till varje beräkning. Bilderna visar temperaturfördelningen i konstruktionen. För att även se de bilder som visar beräkningsfallet och referensfallet för respektive köldbrygga hänvisas till bilaga A där samtliga bilder från beräkningen finns redovisade.

De köldbryggor som studeras för denna byggnad är mötet mellan:

- Grund-yttervägg
- Hörn yttervägg
- Vindsbjälklag-yttervägg
- Fönster-yttervägg
- Ytterdörr-yttervägg

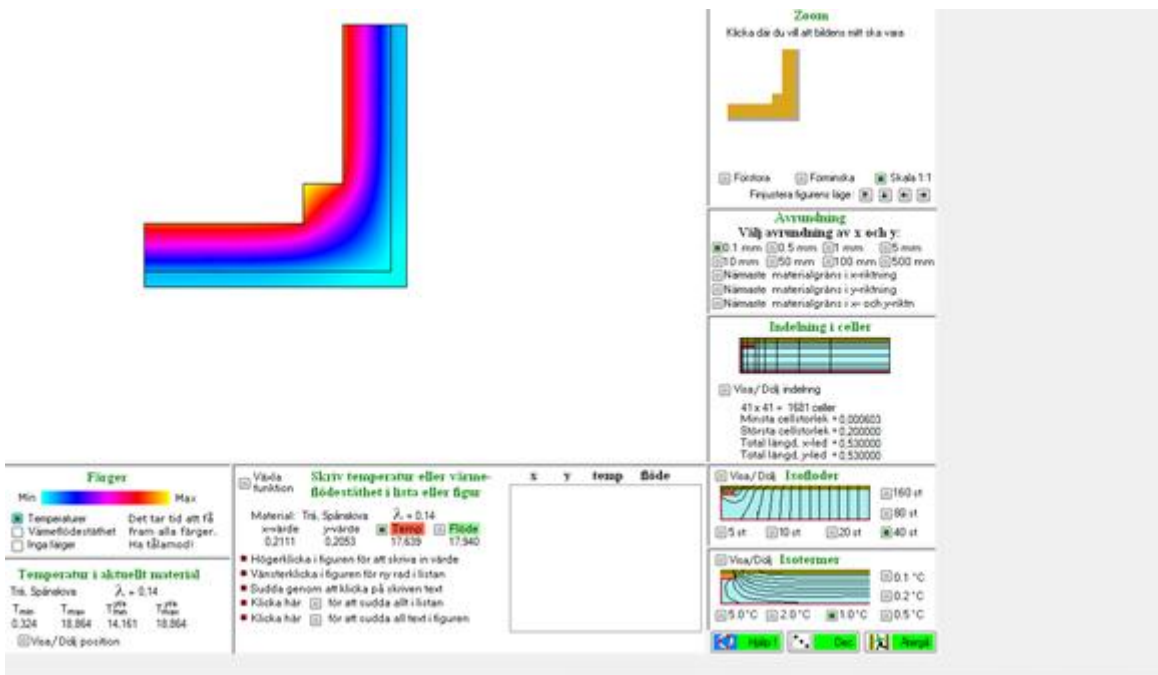
5.1.2.1 Grund-yttervägg



Figur 5.2 Temperaturfördelning, torpargrund, golv-yttervägg

Psi-värdet för anslutningen mellan grund och yttervägg blev 0,48 W/m°C. Det går att tydligt se i figur 5.2 hur temperaturen snabbt sjunker genom den 60 mm tjocka träväggen. Luftspalten i golvet mellan brädgolvet och blindbotten med sand och halm leder bort värme mycket effektivt. En eventuell mullbänk ute vid väggen hade kunnat höja temperaturen här något.

5.1.2.2 Hörna yttervägg

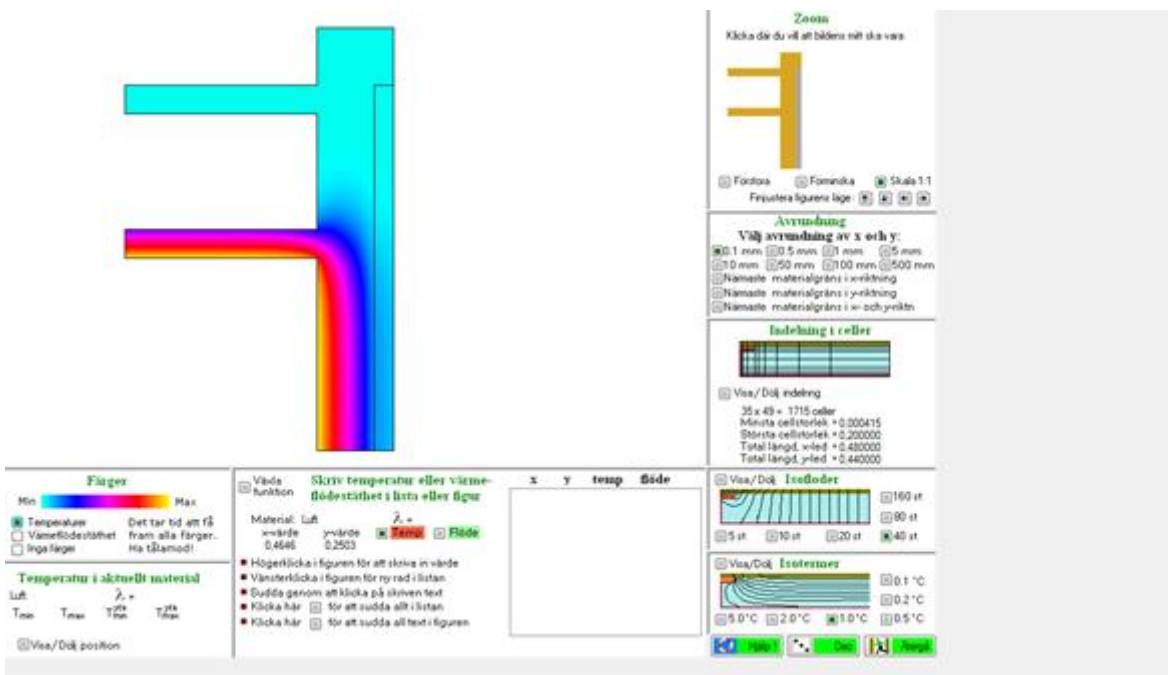


Figur 5.3 Temperaturfördelning, hörna yttervägg

Psi-värdet för en ytterväggshörna blev 0,023 W/m°C.

Man ser tydligt i figur 5.3 hur den stående urholkade stocken som håller bälarna på plats har en högre temperatur på innerytan än vad bälarna har, p.g.a. stockens större tjocklek. Den värms dessutom på två sidor.

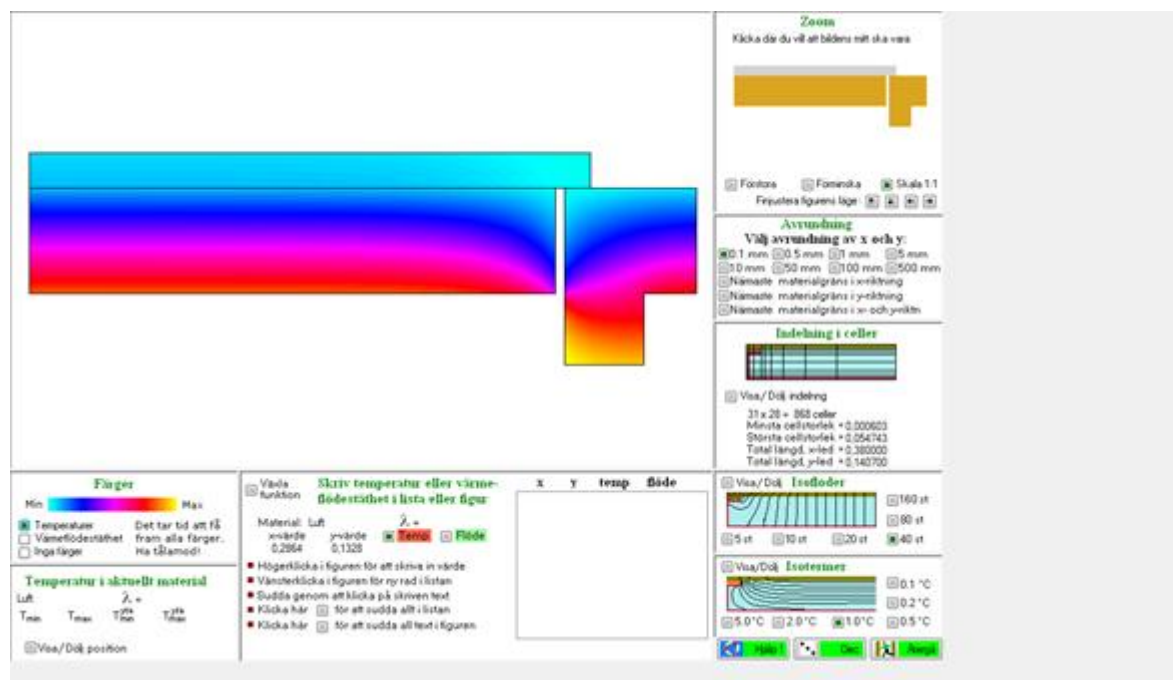
5.1.2.3 Vindsbjälklag-yttervägg



Figur 5.4 Temperaturfördelning, vindsbjälklag-yttervägg

Psi-värdet för anslutningen mellan yttervägg och bjälklag blev 0,042 W/m°C. Figur 5.4 visar vindsbjälklaget som endast består av två lager plank med luft emellan.

5.1.2.4 Fönster-yttervägg



Figur 5.5 Temperaturfördelning, fönster-yttervägg

Psi-värdet för anslutningen för fönsterkarm-yttervägg blev 0,202 W/m°C. I figur 5.5 utgör den smala oisolerade springan mellan vägg och fönsterkarm (ställmättet) samt karmen och bågen i sig en köldbrygga. U-värdet för enkelglas läggs sedan till i nästa kapitel.

Att fönstret inte är drevat syns tydligt på temperaturfördelningen vid fönstrets infästning i väggen. Endast ett lager puts är framdraget en bit in på fönsterkarmen. Detta är en stor köldbrygga som skall försöka elimineras med bland annat drevning. Att täta runt samtliga fönster ger dock en reducerad ventilation.

5.1.2.5 Dörr-yttervägg

Samma köldbrygga används här som för fönstret (psi-värde 0,202 W/m°C) då dessa har samma uppbyggnad av karmen och är infästa likadant som ett fönster.

5.2 Energiberäkning i Isover

5.2.1 Isover energi 3

Efter att samtliga köldbryggor har beräknats förs all data in i Isovers energiberäkningsprogram och byggnadens energianvändning i dagsläget beräknas. Isover energi 3 är ett beräkningsprogram som är tillgängligt på ingenjörsutbildningen via licenser från skolan. Till skillnad från Unorm ritar man i Isover energi 3 inte upp någon konstruktion utan alla mått och materialtjocklekar förs in som siffervärden. Även brukarberoende data förs in. (Isover, 2014) Tillvägagångssätt samt motivering till vald indata kommer att presenteras nedan.

5.2.2 Indata

I nuläget bor ingen i byggnaden, varför indata för många faktorer kommer att bli noll.

Rumshöjden är i genomsnitt 2,2 m.

A_{temp} för byggnaden är ca 75 m² (se kommentar längre ner).

Den genomsnittliga innetemperaturen är antagen till 20°C.

Förråden är idag kallförråd men temperaturen sätts även här till 20°C, det vill säga det är intressant att se hur mycket energi som skulle behövas för att värma upp hela byggnaden så som den ser ut idag. Detta för att det ska vara lättare att jämföra den nuvarande energiåtgången med energiåtgången efter en tilläggsisolering då hela nedervåningen på byggnaden kommer vara inredd.

Därav blir A_{temp} för byggnaden 75 m².

I val av indata bortses även från det tunna lager isolering som finns i tvättstugan och i stället antas att hela byggnaden är oisolerad. Detta ger alltså ett värde på hur mycket energi som går åt att värma byggnaden när den är i sitt originalskick, så som den en gång uppfördes.

Infiltrationen som är ett mått på hur mycket luft byggnaden läcker är ofta mycket större i gamla otäta byggnader än i nya byggnader. Här sätts ett värde till 0,4 oms (Svenskt gastekniskt center, 2014).

Ventilationsflödet antas också vara ganska stort, här sätts det till 0,7 l/s per m² det vill säga dubbelt så mycket som lägsta kravet på bostäder idag. Detta är rimligt med tanke på alla stora springor som finns samt hur otäta samtliga dörrar och portar är.

Värmepumpen har en installerad el-effekt för drift på 2 kW. Den befintliga och stora varmvattenberedaren har även den en installerad el-effekt på 2 kW. Samtliga byggnadsdelar med värden för tjocklek, ytor och material läggs in i programmet. U-värdet för enkelglas ligger kring 6 W/m²K (Sandin 2010). Endast nedervåningen avses som uppvärmd yta. Det kommer inte att bli aktuellt att inreda vinden varför denna inte tas med i någon beräkning.

5.2.3 Energiberäkning

Hela energiberäkningen i isover energi hittas under bilaga B.

Byggnadens energianvändning hamnar på 250 kWh/A_{temp} år vilket är 354 % högre än BBR:s krav. Byggnaden läcker i nuläget energi genom alla ytor på klimatskalet. Hela klimatskärmen består egentligen av sådant som, om det förekommer i en modern byggnad, skulle kallas köldbrygga. De köldbryggor som räknats fram för byggnaden gör därför inte så stor skillnad för byggnadens energianvändning så länge resten av byggnaden är oisolerad.

5.2.4 U_m-beräkning

När all indata är vald kan även en U_m-beräkning göras. Denna beräkning kan ibland vara mer intressant att betrakta då den gör det lättare att jämföra två byggnader med varandra om man förutsätter samma typ av uppvärmning och levnadsvanor. I detta fall är det extra intressant då byggnaden i denna rapport uppfyller de tre kriterierna enligt BBR (se 4.1.3) som krävs för att i stället få lov att följa de alternativa kraven för ingående byggnadsdelars U-värden. Dessa värden kommer dessutom inte att förändras beroende på vem som bor i byggnaden eller hur den används. Givetvis kan en framtida ägare vilja sätta in ett extra fönster eller liknande, men detta spelar mindre roll jämfört med om personen i fråga vädrar huset varje dag. Husets isoleringstjocklek ändras inte beroende på de inneboendes levnadsvanor. Ändras den är det oftast till det bättre i form av en tilläggsisolering.

Um-beräkningen hittas i bilaga C.

Byggnadens beräknade U_m-värde blev 1,85 W/m²°C. Enligt resultatet når byggnaden inte heller upp till isoleringskraven för någon byggnadsdel. Framför allt fönstren som endast består av enkelglas har ett mycket högt U-värde (glasdelen: 5,8 W/m²°C) jämfört med dagens moderna fönster som kan ha ett U-värde en bit under 1 W/m²K.

5.3 Förbättring av byggnaden

5.3.1 Utomhus

Utanpå görs inga ändringar på själva byggnaden på grund av dess estetiska värde, bortsett från att ytterdörrarna byts ut, se kapitel 2.3.8. Däremot läggs en dräneringsslang ner runt byggnaden för att leda bort vatten från grunden. Detta får större betydelse nu när golvbjälklaget kommer att isoleras och marken under därmed blir kallare vilket kommer leda till att erforderligt grundläggningsdjup ökar (Sandin, 2010). Om marken är av frostkänslig karaktär är det viktigt med en god dränering för att minska risken för sättningar. I detta fall består marken av grusig sand vilket har relativt god dränerande förmåga i sig själv. Om byggnaden kommer bli till ett permanent

boende och vara varaktigt uppvärmd till 20°C så minskar i gengäld risken för sättningar då marken under byggnaden kommer tillföras viss värme som lyckas transporteras genom alla isolerskikt .

5.3.2 Isoleringsåtgärder

Byggnaden kommer att teoretiskt tilläggsisoleras för att få ett bättre U-värde (U_m).

Ur byggnadsfysikaliskt perspektiv är det nästan alltid mer effektivt att isolera en byggnad utifrån. De befintliga konstruktionsdelarna skulle då bli varmare. Samtidigt utgör inte innerväggar och annat som är infäst i ytterväggen en förstärkt köldbrygga. När isolering sker inifrån kommer t.ex. den befintliga ytterväggen att bli kallare. Detta kan vara negativt med avseende på uttorkningen från slagregn men även för den fukt som tar sig igenom diffusionsspärren genom diffusion eller ofrivillig konvektion. Nedan presenteras en tänkbar åtgärd för varje byggnadsdel med motivering till den föreslagna åtgärden.

5.3.2.1 Golvbjälklag

Då det inte längre finns en varm murstock som torkar ur grunden på byggnaden är det komplicerat att lyckas bra med denna konstruktion. Vid eventuell isolering av bjälklaget skulle utrymmet under detta bli ännu kallare och den relativa fuktigheten skulle öka. Ett sätt att få bort fuktig luft är att ventilerade krypgrunden. Detta kräver dock att ventilation endast sker när luften utanför är tillräckligt sval. Exempelvis är det svårt att ventilerade på sommarhalvåret då varm fuktig luft som förs in kommer kylas av och kondensera (Sandin, 2010). Det finns automatiserade ventilationssystem som kan känna av relativ fuktighet, liksom avfuktare avsedda för att sitta i en krypgrund. Båda dessa system kommer dock att öka energiförbrukningen, vilket vi inte är intresserade av i detta fall. Dyliga apparater medför dessutom en stor extra kostnad i inköp och installation. Dessutom kan det vara motiverat att ha en konstruktion vars hållbarhet inte påverkas även om ett längre strömavbrott skulle uppstå i form av en säkring som löser ut och som ingen upptäcker förrän efter en lång tid. Detta scenario kan vara möjligt för en sommarstuga som kanske inte ses över särskilt ofta under vissa perioder.

Att gjuta en platta på mark med ingjuten cellplast anses för otidsenligt och väljs därför bort. Kostnaden är dessutom betydligt högre att gjuta en platta än att enbart köpa in mineralull för tilläggsisolering. Man vill bevara känslan av de gamla trägolven och ljudet som blir när man går på planken. Detta hade inte gått om man t.ex. lagt ett flytande trägolv på en betongplatta.

Metoden som väljs är att isolera marken under bjälklaget.

Först rivs de uppruttnade golvbjälkarna ut och ersätts med nya. Innan detta görs märks golvplanken upp för att kunna läggas tillbaka senare. Från

bjälklagets underkant grävs jordmassor bort 450 mm ner. Ev. gjuts stengrundens kanter på om rasrisk föreligger.

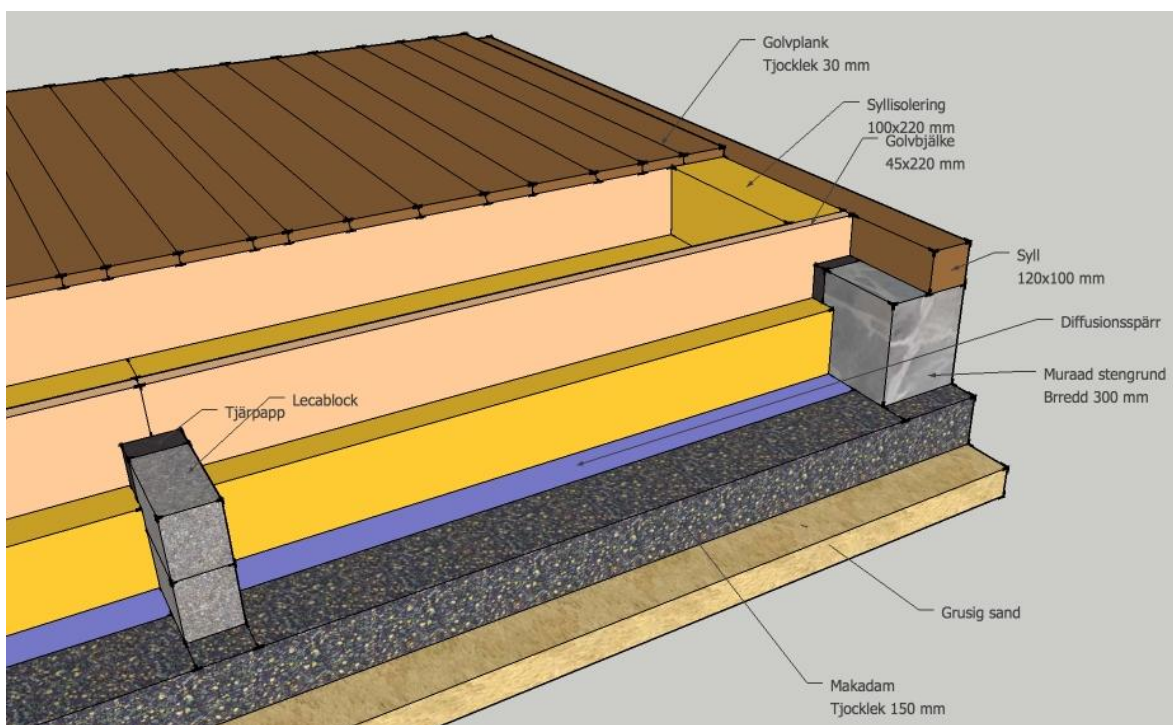
På marken läggs ett 150 mm tjockt lager dränerande makadam. På detta ställs eventuella stöd till bjälklaget ut (exempelvis lecablock). Sedan läggs en diffusionsspärr ut, t.ex. åldersbeständig plast 0,2 mm, som viks nedåt längs kanterna invid yttermuren för att eventuell kondens ska kunna rinna ner i marken (Sandin 2010). Ett överlapp görs på 500 mm vid alla skarvar av diffusionsspärren. Diffusionsspärrens uppgift är att hindra fukt från marken att ta sig upp i konstruktionen. På detta vis sänks RF i krypgrunden.

Ovanpå plasten läggs mineralull i lager med total tjocklek 300 mm. Valet av isoleringsmaterial beror på att mineralull lätt formar sig kring ojämna kanter och lecablock. Dessutom är stenull (om denna mineralullstyp väljs) bättre ur brandsynpunkt än exempelvis cellplast som helst bör gjutas in.

Själva bjälklaget i sig förblir tomt men ett lager mineralull läggs även längs med grundmurens insida nästintill ända upp till golvplanken för att minimera grundmurens inverkan som en köldbrygga. Brädgolvet läggs slutligen tillbaka ovanpå bjälklaget. På detta vis blir hela bjälklaget varmt jämfört med om isoleringen legat mellan golvbjälkarna. Genom att använda denna konstruktion minskar man risken för att den relativa fuktigheten blir för stor i bjälklaget. Varm fuktig luft som tar sig ner under golvplanken kommer inte att kylas av och kondensera mot vare sig golvplanken eller reglarna.

Anledningen till att just 300 mm isolering väljs är dels att det kräver mycket arbete att gräva ur golvet då man oftast inte kan få in en grävmaskin.

Samtidigt blir marken under isoleringen kallare vilket ställer högre krav på grundläggningen. Då det är svårt att ta reda på beskaffenheten hos grundläggningen väljs maximalt 300 mm isolering som är en vanlig tjocklek i många golv idag. Det åtgärdade bjälklaget och grunden åskådliggörs i figur 5.6.



Figur 5.6 Isolerad grund där golvbjälkarna ligger ovanför isoleringen (A.Månsson).

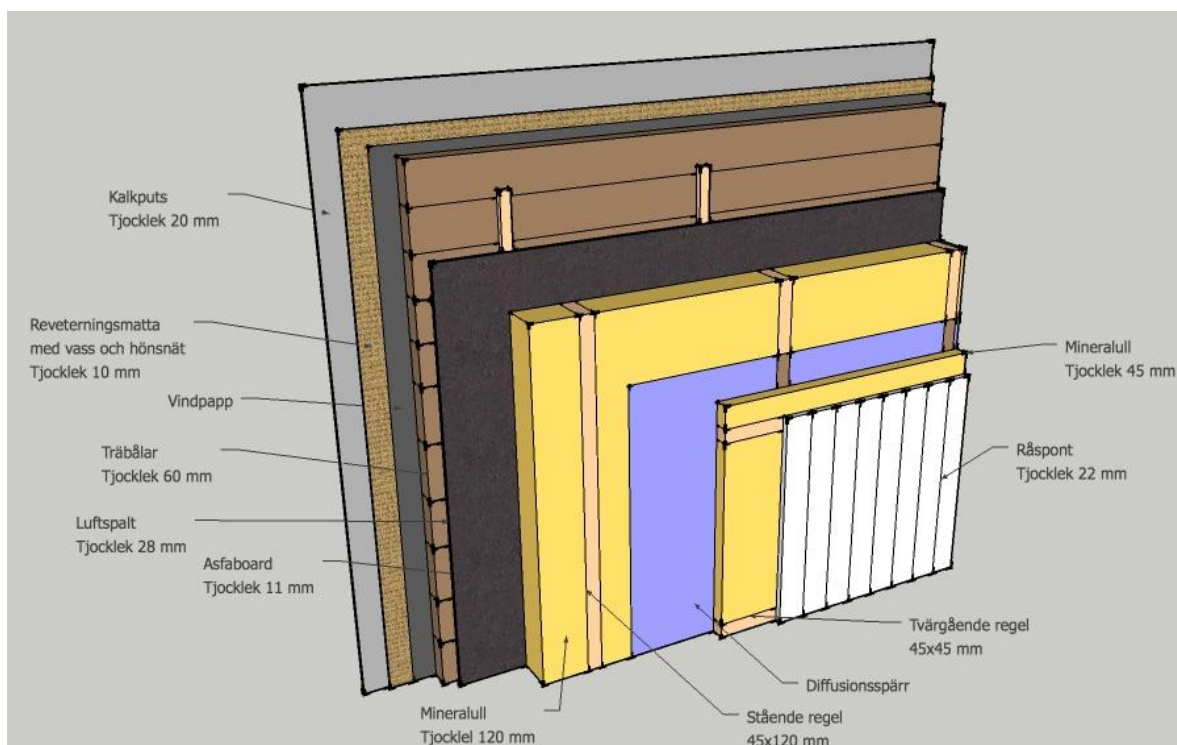
5.3.2.2 Yttervägg

Ytterväggen kan utsättas för slagregn och behöver kunna torka upp. Framför allt får inte den relativa fuktigheten på väggtimrets insida bli för hög. Då en allt för väl tilltagen tilläggsisolering inifrån hade sänkt temperaturen på timmerväggen kraftigt väljs i stället att kompensera genom att isolera kraftigt på vindsbjälklaget. Väggens får en relativt tunn isolering.

Närmst väggtimret bildas en luftspalt (oventilerad) med en vindtät skiva på tunn läkt. Väggens isoleras med 120 mm mineralull, diffusionsspärr och sedan 45 mm mineralull med tvärgående regler. För att det inte ska uppstå kondens inuti väggen får inte diffusionsspärren vara för djupt indragen i väggen.

Maximalt 1/4 av väggens totala isolertjocklek brukar rekommenderas.

Befintliga eldosor får heller inte byggas på då det kan bildas kondens i dessa (Nevander, Elmarsson, 2009). Nya eldosor installeras i stället i installationsskiktet. På så vis behöver inte heller hål göras i diffusionsspärren för slangar till kablar. Väggens kläs med råspont. Den färdiga konstruktionen visas i figur 5.7.



Figur 5.7 Isolerad yttervägg (A.Månsson)

Isolertjockleken är efter ett antal tester i Isover energi den minsta som går att ha för att byggnaden fortfarande ska kunna klara kraven från BBR på energianvändningen för ombyggda hus med en maximal överskridelse på 20 % av tillåtet gränsvärde (se kapitel 5.6.2).

Den ursprungliga ytterväggen blir trots allt kallare än tidigare. För att se hur valet av tjocklek på isolering påverkar fuktförhållandet i ytterväggen görs en beräkning på detta i kapitel 5.7.

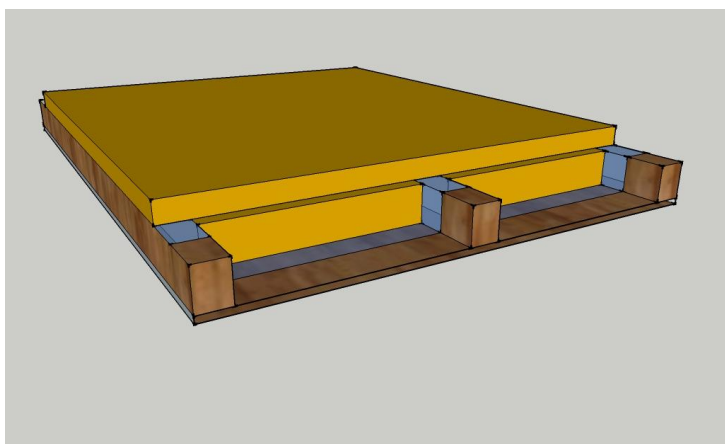
5.3.2.3 Tak

Rumshöjden i byggnaden är genomsnittligt 2,2 meter. Det är därför nödvändigt att vindsbjälklaget isoleras ovanifrån för att inte minska rumshöjden på nedervåningen ytterligare. En diffusionsspärr rullas ut på vindsgolvet. De yttersta planken längs takfoten och gavlarna tas bort för att diffusionsspärren ska kunna rullas ner till nedervåningen och ansluts med diffusionsspärren i väggen. Denna anslutning är mycket viktig att den blir tätt genomförd då vinden kommer bli kallare och fuktig luft annars kommer kunna ta sig upp och kondensera. Därefter läggs isolermattor i flera skikt omlott med total tjocklek 500 mm.

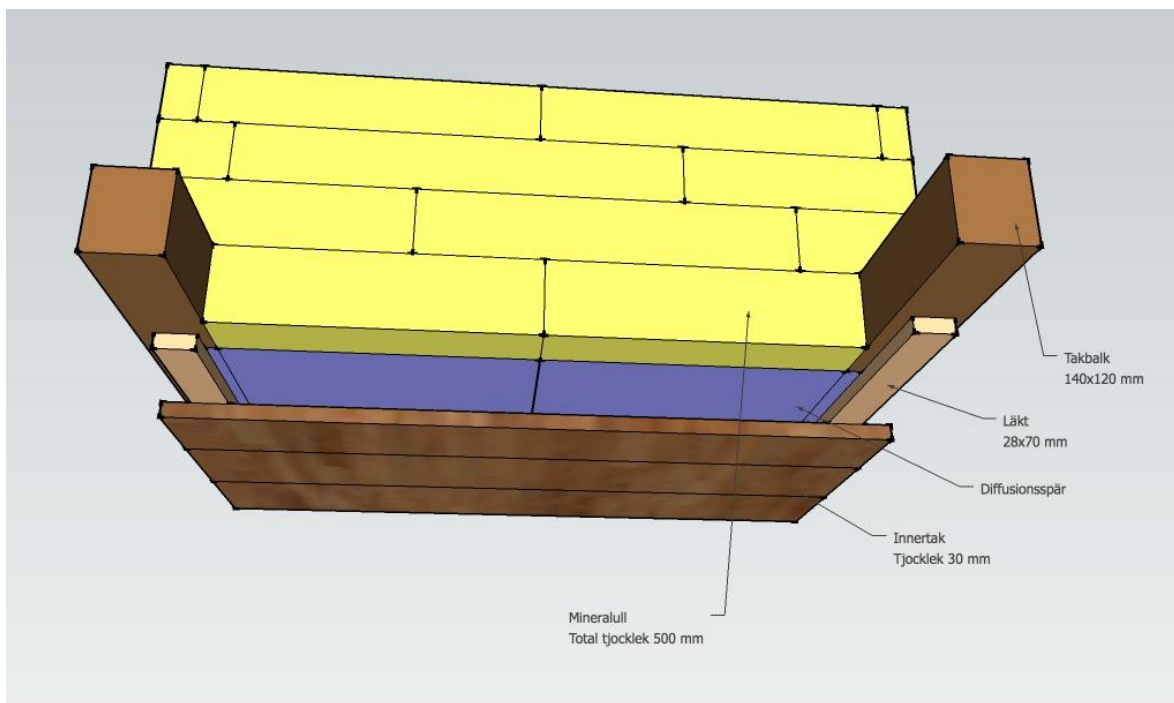
Valet av just 500 mm isolering beror på att man vill få plats med en liten inspektionsgång ovanför och eventuellt plats för en del förvaring.

På en del av byggnaden finns inget vindsgolv utan ett innertak är i stället spikat på vindsbjälkarnas undersida. Att lägga diffusionsspärr ovanifrån är här betydligt svårare på grund av takbjälkarna.

Att placera diffusionsspärren ovanpå innertaket och sedan dra den upp över balkarna och ner på andra sidan kan orsaka fuktproblem. Då takbjälkarna är så pass massiva kommer dessa att isolera bra. Detta får till följd att kondensation kan ske inuti bjälken uppe vid diffusionsspärren om bjälkens ovkant är tillräckligt kall. Diffusionsspärren hindrar sedan fukten från att ta sig vidare. Figur 5.8 visar en felaktigt dragen diffusionsspärr.



Figur 5.8 Bjälklag med felmonterad diffusionsspärr. (A.Månsson)



Figur 5.9 Bjälklag med rätt monterad diffusionsspärr. (A.Månsson)

Ett alternativ är att lägga ännu mer isolering ovanpå bjälkarna. Dock blir detta för högt för att man ska få plats med en inspektionsspång uppe på vinden.

Det gamla innertaket plockas därför varsamt ner, planken märks, en diffusionsspärr sätts upp på takbalkarnas undersida och en läkt monteras i balkarnas riktning. Därefter återmonteras det genuina innertaket igen. Innertaket spikas nu i läkten för att undvika en massa hål i diffusionsspärren. Alternativt kan ett nytt plankgolv läggas ovanpå bjälkarna på vilken diffusionsspärren sedan placeras på samma sätt som nämnts tidigare för det övriga mellanbjälklaget. Denna metod blir dock dyrare och väljs därför bort.

5.3.2.4 Fönster

Husets fönster har ett stort arkitektoniskt värde för atmosfären för huset såväl utvändigt som invändigt. Träet är dessutom av mycket bra kvalité. Om fönster på en byggnad byts ut är det viktigt att de ersätts med nya fönster i samma stil, liknande material, proportioner och samma indelning. Samtliga fönster behålls. På insidan av byggnaden fästs nya fönsterkarmar med tillhörande nya fönster precis framför den ursprungliga fönsterkarmen och dess fönster. De nya fönstren är utförda i gammaldags stil men med en treglas isolerruta där de båda spalterna är fyllda med argongas. Dessa fönsterrutor har ett mycket högre värmeövergångsmotstånd jämfört med de ursprungliga enkelglasen. Det ursprungliga fönstret blir nu kallare då det sitter utanför det nya fönstret. Därför är det viktigt att de nya fönsterbågarna ansluter tätt mot karmen de är fästa i så inte varmluft inifrån huset läcker ut mot de äldre nu betydligt kallare fönstren och bildar kondens.

Många nya fönster har idag lågemissionsskikt på ytan. Sammanlagt blir det alltså fyra glasrutor där det dessutom kommer att vara ett skikt på minst en glasruta. Därför kommer det nya fönstret att vara synbart mörkare än en enkel glasruta vilket kan vara en nackdel för de boende i huset.

Samtliga fönster drevas också noggrant. Diffusionsspärren dras ända fram till fönsterkarmen där den fästs med tätningsfog. Många moderna fönster kan idag ha ett U-värde en bra bit under $1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sandin, 2010).

Det görs dock inga ytterligare beräkningar där hänsyn tas till eventuella lågemissionsskikt. För att undvika att ett orimligt lågt värde för hela fönsterkonstruktionens U-värde skall användas i beräkningarna antas kombinationen av de gamla och nya fönstren ha ett sammanlagt U-värde på $1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.3.2.5 Dörrar

De otidsenliga dörrarna på husets båda långsidor byts ut mot moderna dörrar utförda i en tidsenlig stil. U-värdet för samtliga dörrar antas också till $1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Dörrarna drevas noggrant. Diffusionsspärren dras ända fram till dörrkarmen och fästs mot densamma med tätningsfog. De befintliga garageportarna tas bort och ersätts av vägg. En av portarna ersätts med ett mindre fönster.

5.3.2.6 Innerväggar

Innerväggarna består av timmer och är anslutna i de ursprungliga ytterväggarna. Om tilläggsisolering endast görs på varje sida om innerväggens infästning kommer innerväggen att bli en förstärkt köldbrygga. Innerväggarna kapas av motsvarande den nya väggens tjocklek så att den nya isolerade väggen precis får plats mellan ytterväggen och innerväggen. Innerväggen fästs sedan i den påbyggda och nu isolerade ytterväggen i dess tvärgående regler. Principen för hur innerväggar kan utgöra en förstärkt köldbrygga och inte visas i figur 5.9.

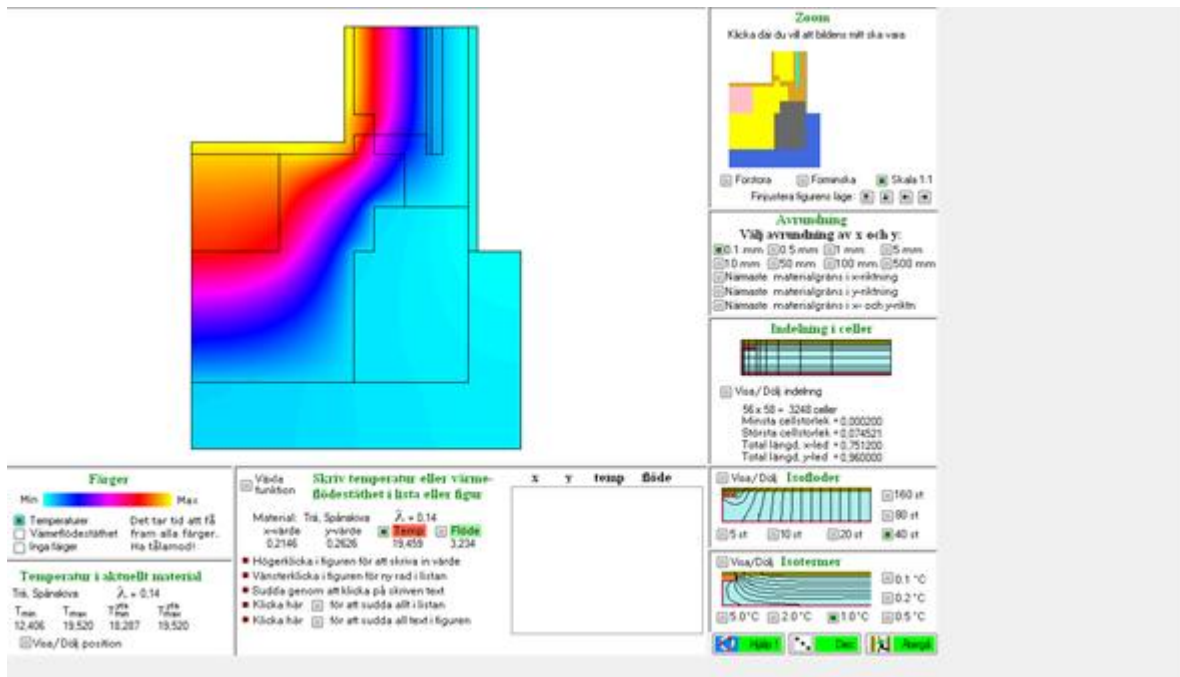


Figur 5.10 Innervägg ansluts till den nya väggen för att undvika en köldbrygga (A.Månsson).

5.4 Nya köldbryggor

Efter tilläggsisoleringen har förhoppningsvis köldbryggorna blivit mindre. De nya köldbryggornas psi-värden beräknas i U_{norm} . Nedan visas temperaturfördelningen för respektive konstruktion. Samtliga bilder finns under bilaga D.

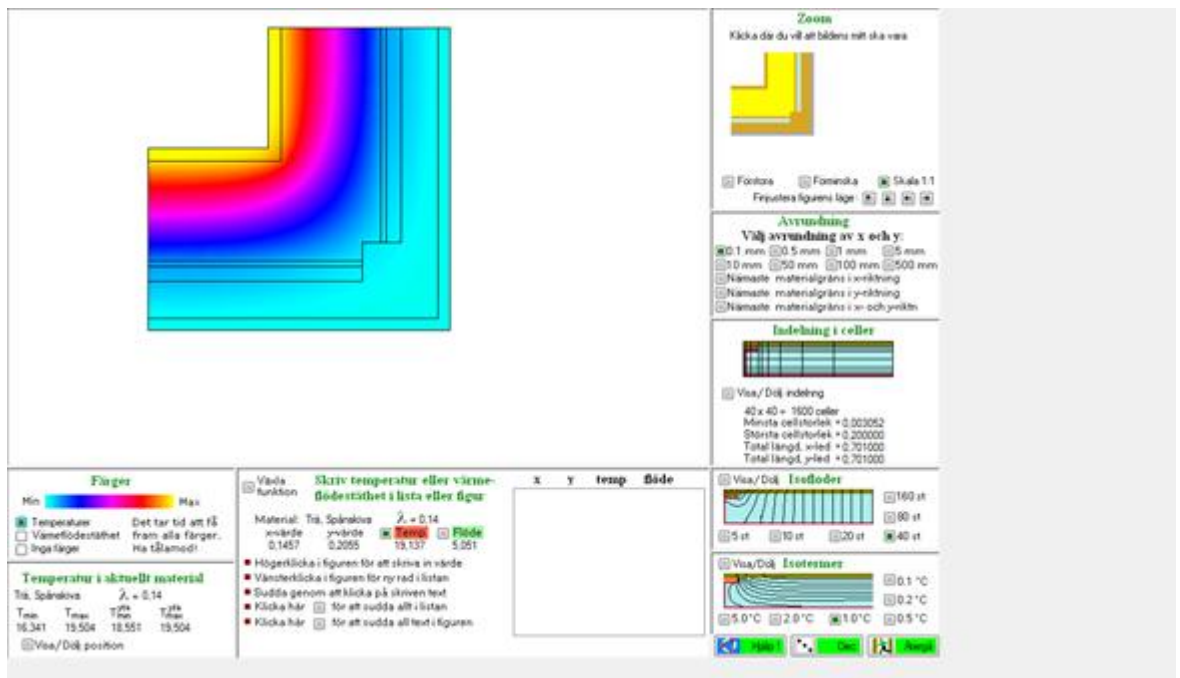
5.4.1 Grund-yttervägg



Figur 5.11 Temperaturfördelning, grund-yttervägg

Psi-värdet blir nu 0,09 W/m°C mot tidigare 0,48 W/m°C . I figur 5.10 syns hur alla ytorna har en betydligt högre temperatur än förut ända in i hörnan.

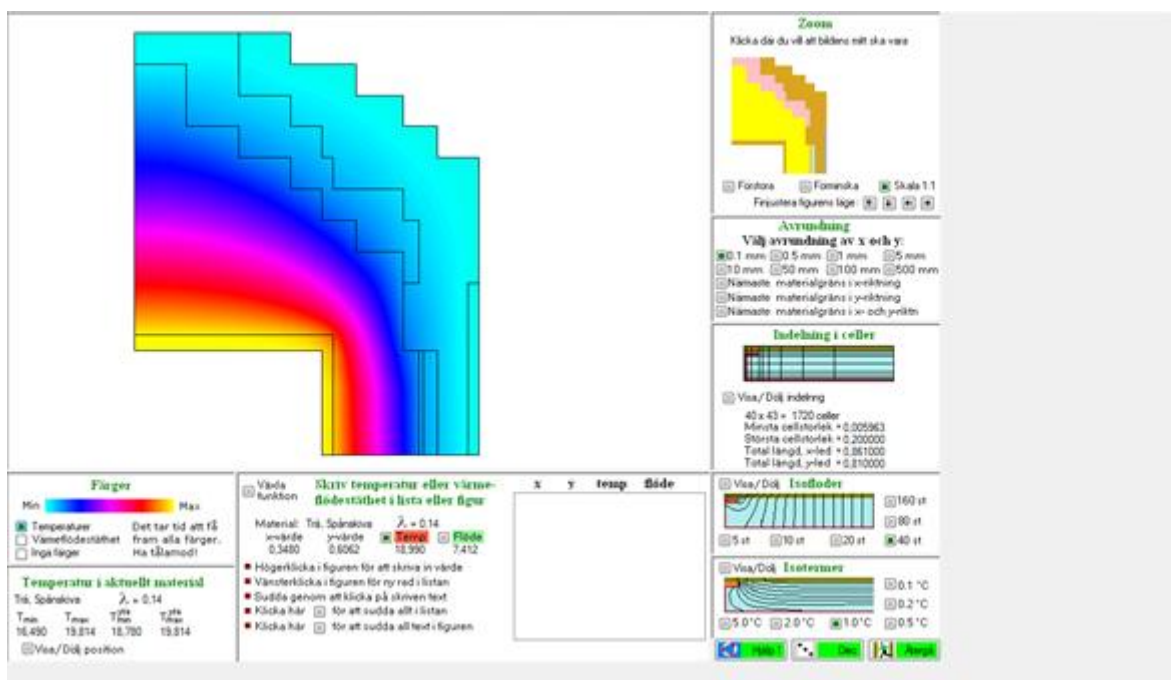
5.4.2 Hörna yttervägg



Figur 5.12 Temperaturfördelning, hörna yttervägg

Psi-värdet blir nu 0,024 W/m°C mot tidigare 0,023. Skillnaden här blir inte särskilt stor eftersom den ursprungliga köldbryggans psi-värde redan var lågt. Det beror förstås på att hörnstocken nästan har samma tjocklek som bålarna i resten av väggen och skillnaden blir därmed liten i värmemotståndet mellan bålarna och hörnstocken. I figur 5.11 syns hur väggens yttemperatur på insidan är mycket högre än tidigare. Observera att hela den ursprungliga ytterväggen har fått en lägre temperatur, jämför med *figur 5.3*.

5.4.3 Vindsbjälklag-yttervägg

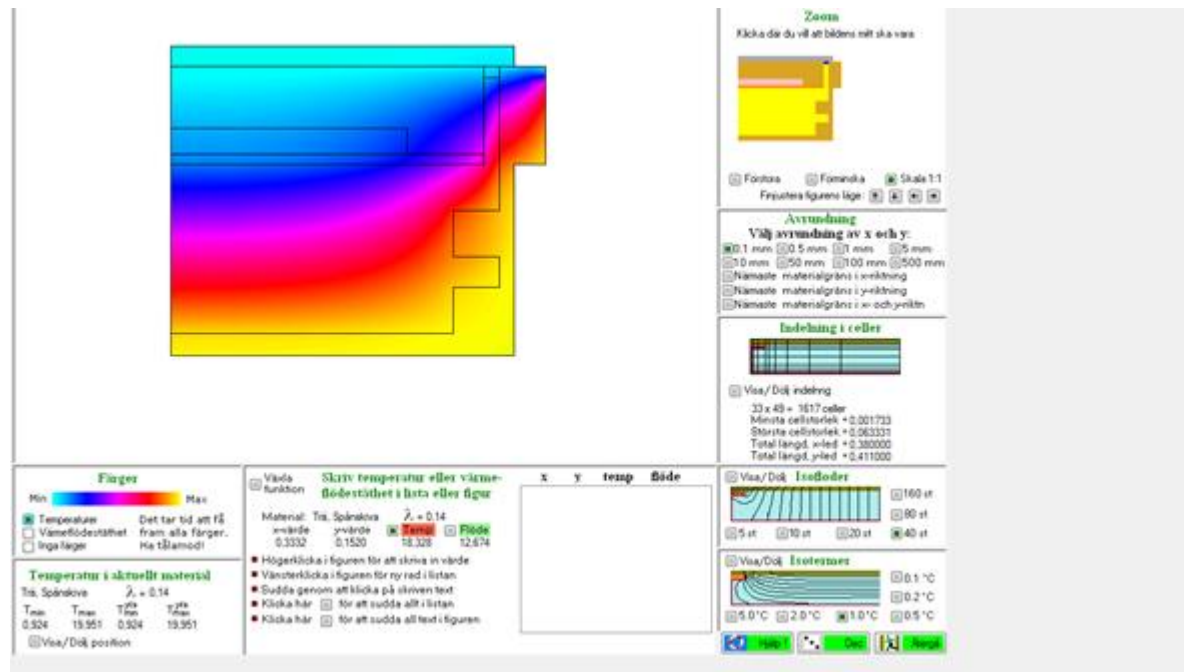


Figur 5.13 Temperaturfördelning, vindsbjälklag-yttervägg

Psi-värdet blir nu 0,033 W/m°C mot tidigare 0,042 W/m°C. Man ser tydligt på temperaturfördelningen i figur 5.12 hur takets lutning gör att man inte får plats med ett lika tjockt isolerlager vid takfoten som längre in på vindsbjälklaget.

Isoleringen är ritad i trappstergsform då programmet inte tillåter att sneda linjer ritas.

5.4.4 Fönster-yttervägg



Figur 5.14 Temperaturfördelning, fönster-yttervägg

Psi-värdet blir nu 0,064 W/m°C jämfört med tidigare 0,202 W/m°C. Fönstret är nu drevat och ytterligare mineralull är placerat framför drevningen. Reglarna är uppdelade med mineralull emellan för att minska köldbryggan. Detta åskådliggörs i figur 5.13.

5.4.5 Dörr-yttervägg

Samma psi-värden antas för dörrar som för fönster.

5.5 Ventilation och uppvärmning

5.5.1 Ventilation

Byggnaden har nu blivit mycket tät efter att en diffusionsspärr har monterats som ansluter tätt i skarvar samt mot dörr- och fönsterkarmar. Nya innerfönster med täta gummilister har också satts in. Detta medför att den ofrivilliga ventilationen har minskat avsevärt. På grund av detta kommer luftfuktigheten i bostaden som orsakas av människor, dusch och matlagning att öka. Denna fukt måste tas om hand och ventileras bort. Om fukten inte vädras ut kan det bli kritiskt vid eventuella otätheter i diffusionsspärrens anslutningar där fuktig luft kan ta sig ut, speciellt upp mot vinden då denna nu är kall och övertrycket är som störst uppe vid taket p.g.a. den termiska drivkraften (Sandin 2010).

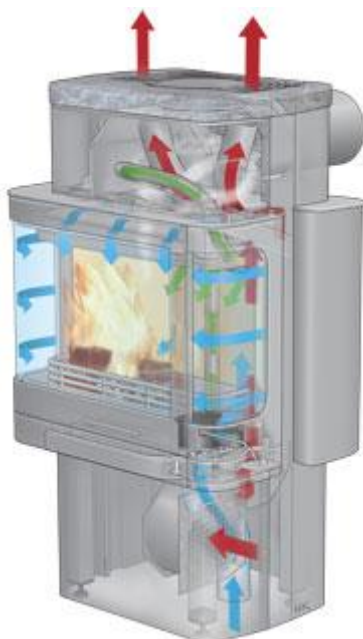
Nya tilluftsventiler placeras i de nyinredda rummen och ventilationsrör med större dimension monteras till självdragsventilationen i taket för att fukt ska kunna ventileras ut.

Kravet som BBR ställer på bostäder idag är ett ventilationsflöde på minst 0,35 l/s per m² då någon vistas i byggnaden (BBR20, 2014). Det är inte särskilt troligt att detta krav uppnås, speciellt inte under sommarhalvåret då den termiska drivkraften blir klen eftersom temperaturdifferensen mellan ute och inne blir liten. Ventilationssystemet kan behöva en fläkt även om detta från början inte varit önskvärt från pastoratets sida.

5.5.2 Eldstadens inverkan på luftflödet

Gamla eldstäder hjälpte också till att höja luftomsättningen i byggnaden då temperaturdifferensen blev mycket stor mellan eldstaden och utomhus vilket ledde till en stor termisk drivkraft. Då murstocken sedan länge är utriven (kapitel 2.4.1) finns inte längre denna möjlighet.

Att installera en ny kamin löser inte nödvändigtvis problemet då många moderna kaminer idag tar sin luft som krävs vid förbränningen direkt via en ventil utifrån. Detta beror på att uppvärmd inneluft inte ska behöva slösas på att syresätta förbränningen då det blir en onödig energiförlust (Boverket, 2014). Det finns dock moderna kaminer som fortfarande tar luft inifrån men som är mer effektiva än gamla kaminer. Beroende på om en kamin installeras och vilken sort, kan självdragsventilationen som nämnts tidigare eventuellt behöva kompletteras av en fläkt, åtminstone under sommarhalvåret då temperaturdifferensen mellan inne och ute är liten och den termiska drivkraften i självdragsventilationen blir klen. I figur 5.14 visas en kamin som tar sin förbränningsluft utifrån.



Figur 5.15 (handöl kaminer)

Kamin som använder utomhusluft för förbränning. Luften tas utifrån via ett rör nertill som kan gjutas in i grunden vid nybyggnation.

5.5.3 Ny uppvärmning

Frågan från Vä-Skepparslövs kyrkliga samfällighets sida är om det är rimligt att koppla in sig på Kristianstads fjärrvärmenät. I beräkningarna antas att denna typ av uppvärmning gäller. Inuti huset väljs vattenburna radiatorer för att distribuera värmen. Anledningen till att inte golvvärme väljs här är att ett ädlare träslag än fur oftast krävs för att trägolvet inte ska spricka av värmen. Trä isolerar även relativt bra vilket kräver en högre temperatur på vattnet i värmeslingorna (LK systems, 2014). Då golven består av just furu väljs alltså i stället vägghängda radiatorer.

5.6 Ny energiberäkning i Isover

5.6.1 Indata

I indata läggs nu två personer till som boende i huset. Valet av antalet personer beror på att huset har en relativt liten yta.

A_{temp} har nu minskat till $67,5 \text{ m}^2$. Detta beror givetvis på att hustes väggar har fått en betydligt större tjocklek och att dessa har isolerats inifrån.

Isover energi 3ger utifrån antalet inneboende rekommendationer på vissa värden, t.ex. för energianvändning för varmvatten och hushållsel. Här har dessa rekommenderade värden antagits. Dessa värden redovisas i beräkningsformulären.

Även värdena för infiltration och ventilationsflöde har nu antagits enligt Isovers rekommendation då de anses rimliga för denna byggnad.

När det gäller uppvärmningen antas nu enligt kapitel 5.5.3 att Vä-Skepparslövs kyrkliga samfällighet har beslutat sig för att koppla in sig på Kristianstads fjärrvärmenät. Detta uppvärmningssätt förs in i programmet.

5.6.2 Energiberäkning

Energiberäkningen i Isover energi återfinns i bilaga E.

Energianvändningen hamnar nu på 110 kWh/A_{temp} år. Det är 23 % högre än BBR:s krav, det vill säga kravet för renovering av äldre byggnader där värdet får överskridas med 20 % klaras nästan. Att öka isolertjockleken är som tidigare nämnts inte aktuellt för grund eller vind. Vad beträffar ytterväggen måste en fuktberäkning göras innan ställning kan tas till om mer isolering kan påföras denna konstruktion. En enkel lösning för att sänka energianvändningen markant hade varit att montera en värmeåtervinnare för frånluften på ventilationen trots pastoratets önskemål om att inte utföra en sådan åtgärd.

5.6.3 U_m -beräkning

Byggnaden uppfyller som nämnts innan kriterierna för att de alternativa kraven ska kunna ställas på U-värdet på byggnadens ingående byggnadsdelar. U_m -beräkningen hittas under bilaga F.

Byggnaden uppfyller alla kraven utom för väggen som har ett värde på 0,23 mot högst tillåtna 0,18 W/m² K. Som nämnts tidigare i kapitel 5.3.2.2 beror detta på att väggen inte har isolerats särskilt tjockt. Dock klarar byggnaden ändå kravet på byggnadens sammanlagda U-värde för samtliga byggnadsdelar; U_m som blir 0,2 W/m²K mot kravet som är 0,42 W/m²K. Det hade dock inte varit rimligt att minska isoleringen ytterligare i väggen och kompensera med mer isolering i en annan byggnadsdel då väggytan kan bli för kall och de boende kan uppleva dålig inomhuskomfort.

5.7 Fuktkontroll

Golvbjälklag och mellanbjälklag har båda hamnat på den varma sidan om tilläggsisoleringen och har därför blivit varmare efter denna åtgärd. Värre är det med ytterväggen vars bålar har hamnat på den kalla sidan om väggens isolerskikt och därmed blir känsligare för fukt. När väggen är som mest utsatt beror på årets klimatvariationer. Ånghalten utomhus är exempelvis lägre på vintern jämfört med sommaren, samtidigt som temperaturen också är betydligt lägre vilket leder till högre relativ fuktighet utomhus under vintern än på sommaren. Inomhus gäller det motsatta, det vill säga den relativa fuktigheten kommer vara lägre inomhus på vintern beroende på att temperaturen där hålls relativt konstant till ca 20°C.

Inomhus får luften dock ett tillskott på ånga som alstras av de inneboende och deras aktiviteter. Detta fukttillskott ligger för bostäder i intervallet 2-4 g/m³ (Sandin, 2010).

En stationär beräkning av fukttillskottet för ytterväggen kommer göras på månadsbasis för hand. I beräkningarna kommer fukttillskottet sättas till 3 g/m³ då byggnaden antas användas normalt och därmed borde hamna i mitten av ovan givna intervall.

Klimatdata väljs för närmsta ort till Vä som är Ronneby. Det kan vara önskvärt att låta det framräknade fukttillskottet anta något extrema värden för att erhålla en viss säkerhetsmarginal. Därför väljs 5 % fraktilen för temperatur och 50 % fraktilen för relativ fuktighet. Klimatdata som används i beräkningarna redovisas i tabell 5.1.

Månad	T (°C)	RF (%)
	5 % fraktil	50 % fraktil
Jan	-7,7	88
Feb	-7,2	85
Mars	-2,7	82
April	2,6	77
Maj	8,3	74
Jun	12,5	74
Jul	13,9	77
Aug	13,3	80
Sep	9,5	82
Okt	5,4	88
Nov	0,2	88
Dec	-4,3	90

Tabell 5.1 Klimatdata för fuktberäkning (Elmarsson, Nevander, 2009)

Det skikt i ytterväggen som kommer studeras är innerytan på bålarna, det vill säga vad den relativa fuktigheten blir precis vid ytan på träet. För att erhålla detta behöver ånghalten i detta gränssnitt räknas fram. Detta görs genom att ta reda på de ingående materialens ånggenomgångsmotstånd och därefter beräkna ånghalten för det aktuella snittet. Värden för ånggenomgångsmotstånd hämtas från (Elmarsson, Nevander, 2009). Ånghalten i det aktuella snittet kan beräknas med följande ekvation (Sandin, 2010).

$$(ekv.5.1) \quad v = v_i - \frac{z}{\sum Z}(v_i - v_u) \quad (kg/m^3)$$

där

v är ånghalten i snittet

v_u är ånghalten ute

v_i är ånghalten inne, det vill säga ånghalten ute + eventuellt fukttillskott

z är ånggenomgångsmotståndet fram till snittet

$\sum Z$ är summan av hela konstruktionens ånggenomgångsmotstånd

Temperaturen i snittet fås från U_{norm} där temperaturerna för utomhusluften de olika månaderna matas in och temperaturen på bålarnas yta avläses direkt ur modellen. Innetemperaturen hålls konstant till 20°C. Resultaten för RF-beräkningarna redovisas i tabell 5.2.

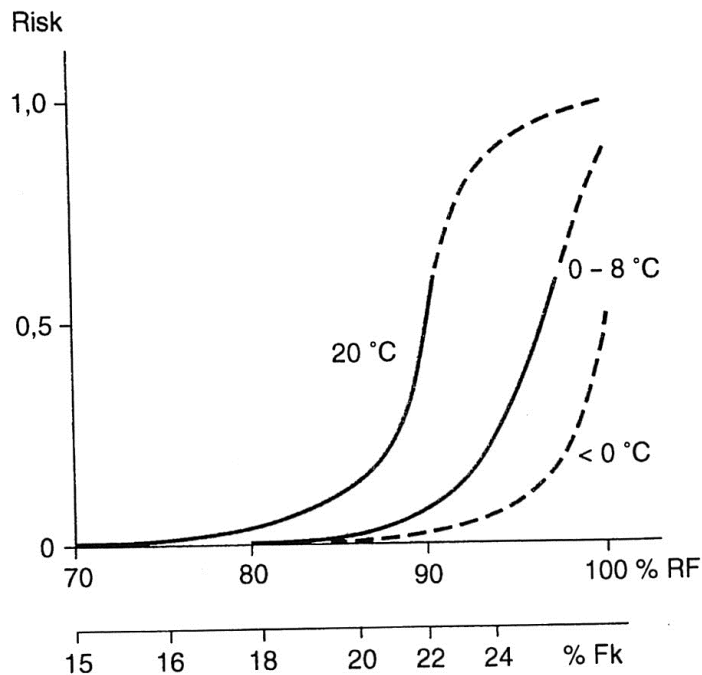
Månad	T _{träyta} (°C)	v _{träyta} (kg/m ³)	v _s (kg/m ³)	RF _{träyta} (%)
Jan	-4,8	2,37	3,30	72
Feb	-4,2	2,39	3,47	69
Mar	-0,3	3,29	4,74	69
Apr	4,4	4,54	6,54	69
Maj	9,3	6,33	9,00	70
Jun	13,2	8,23	11,49	72
Jul	14,4	9,33	12,37	77
Aug	14	9,29	12,07	80
Sep	10,6	7,49	9,77	77
Okt	6,9	6,24	7,71	81
Nov	2,3	4,42	5,68	78
Dec	-1,7	3,18	4,24	75

Tabell 5.2 Beräkningsformulär för relativ fuktighet

Beräkningarna visar att den relativa fuktigheten blir som störst under hösten men att ingen kondens bildas. Efter en jämförelse med tabell 4.4 konstateras att bålarna i februari-april inte utsätts för någon risk för mögel eller röta. Resten av året utsätts bålarna för en liten - måttlig risk för mögelpåväxt. Från juli till december utsätts bålarna för en liten - måttlig risk för röta. Observera att mögelpåväxten dessutom är temperaturberoende och minskar vid lägre temperaturer (Elmarsson, Nevander, 2009). Denna undersökning är alltså inte tillräcklig för att kunna bedöma den fullständiga risken för mögelpåväxt.

I figuren 5.15 tas hänsyn till mögelpåväxtens temperaturberoende. Enligt tabell 5.2 ovan överskrider aldrig 81 % RF hos träbålarna. Maximal temperatur på träytan överskrider inte 14 °C. Detta medför att risken för mögelpåväxt knappast överstiger 10% enligt figur 5.15 nedan.

Observera att undersökningar vid låga temperaturer är mycket ofullständiga och att kurvorna för lägre temperaturer därmed måste betraktas som osäkra.



Figur 5.16 (Elmarsson, Nevander, 2009)

Risk för mögelpåväxt vid olika fuktillstånd för virke som hanterats på ett omsorgsfullt sätt. Värdena för lägre temperaturer är mycket osäkra.

Det kan även vara av intresse att veta hur känsligt svaret på fuktanalysen är för en mindre ändring i väggens isolertjocklek. Därför utförs även en beräkning för väggen som nu antas ha fått ytterligare 50 mm mineralull adderat till den totala isolertjockleken. All isolering är fortfarande på väggens insida. I övrigt ändras inte ytterväggens utförande och beräkningar sker enligt samma steg som ovan. Den relativa fuktigheten blir nu högre hos träbålarna enligt tabell 5.3. Inte heller nu föreligger någon betydande ökad risk för mögelpåväxt enligt figur 5.6.

Månad	$T_{\text{träyta}} (\text{°C})$	$v_{\text{träyta}} (\text{kg/m}^3)$	$v_s (\text{kg/m}^3)$	$RF_{\text{träyta}} (\%)$
Jan	-5,9	2,32	3,02	77
Feb	-5,4	2,34	3,14	74
Mar	-1,2	3,25	4,41	74
Apr	3,7	4,5	6,24	73
Maj	9,0	6,29	8,83	71
Jun	12,9	8,18	11,28	73
Jul	14,2	9,30	12,22	76
Aug	13,7	9,24	11,85	78
Sep	10,1	7,44	9,47	79
Okt	6,3	6,20	7,41	83
Nov	1,4	4,39	5,34	82
Dec	-2,7	3,13	3,91	80

Tabell 5.3 Beräkningsformulär för relativ fuktighet med ytterligare 5 cm mineralull adderat till den totala isolertjockleken.

6 Diskussion

Syftet med detta arbete har varit att ta reda på om det är möjligt att med enkla medel isolera en gammal byggnad så pass att den klarar dagens energikrav som ställs på moderna hus utan att byggnaden tar skada av fukt eller minskar i estetiskt värde.

Energiberäkningarna visar att byggnaden precis skulle kunna klara BBR:s krav på energianvändningen som ställs vid reovering av äldre byggnader. Energianvändningen överstiger grundkravet med 23 % mot tillåtet 20 %. Då energianvändningen till stor del beror på vilka som bor i huset, samt hur ofta de är hemma gör det brukarna till en stor felkälla i beräkningen.

Det är viktigt att skilja på kraven från BBR och verkligt utfall.

De antaganden som gjorts för olika indata följer Isovers rekommendationer som i sin tur baseras på antaganden som anses rimliga från BBR. Detta innebär att data som förts in i Isover energi får anses rimliga när en jämförelse görs mot BBR:s krav eftersom kraven bygger på samma antaganden.

Det som är viktigt att veta vid tolkningen av en energiberäkning är att det verkliga utfallet kan bli annorlunda. Detta beror på att husets inneboende kan ge upphov till andra värden än vad som antagits som ”normalt av BBR”. Med det menas att energiåtgången kan variera mycket med de som bor i huset beroende på levnadsvanor och tradition. Vad som är rimligt är svårt att avgöra då alla lever olika. Exempelvis vädrar en del huset en kvart varje dag medan andra nästan aldrig gör det. Ett äldre par kanske inte duschar lika ofta som en familj med tre tonåringar. Byggnaden kan i verkligheten komma att dra mer energi men kan också komma att använda mindre än beräknat. Dock är det rimligt att använda Isovers rekommenderade värden när kontroll görs för att se om BBR:s krav kommer att klaras.

Förutom all brukarberoende indata spelar ventilationen en stor roll för husets totala energianvändning. På grund av hur brukarrelaterad indata väljs vad gäller vädring kan två helt olika konstruerade byggnader med olika mängd isolering ändå hamna på samma energianvändning.

Huset har blivit mycket tätare sedan nya karmar med tätningslister monterats för fönster och dörrar. Även diffusionsspärren har gjort huset betydligt tätare. Frågan om ventilationen (bortsett från vädring) verkligen blir tillräcklig är svår att besvara. Detta är något som behöver tittas närmare på om man vill säkerställa en god innemiljö och klara BBR:s krav på minsta tillåtna ventilationsflöde även under sommarhalvåret. Detta beror på att den termiska drivkraften, själva motorn för en självdragsventilation, blir mycket liten på

grund av små temperaturdifferenser mellan ute och inne under dessa varmare årstider.

U-värdena för byggnadsdelarna klaras mycket bra bortsett från ytterväggen som fortfarande har ett för högt värde. De övriga byggdelarna bidrar dock till att byggnadens totala U-värde; U_m blir $0,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ mot kravet som är $0,42 \text{ W/m}^2\text{°C}$ vilket får anses som mycket bra.

Resultatet på beräkningarna kan alltså ses som rimliga värden men som självklart kan skilja sig till viss del från den faktiska energianvändningen, men denna bör ändå hamna i närheten av dessa framräknade värden.

Om byggnadens verkliga U_m -värde ska kunna likna det beräknade krävs också att uppbyggnaden av konstruktionerna blir precis som i beräkningsprogrammen. Exempelvis har centrumavstånd, benämnt cc, 600 mm använts för de stående reglarna i väggen. Ett tätare cc-avstånd kommer leda till ett försämrat U-värde jämfört med det beräknade. Även innerväggarna har dragits in och utgör inga förstärkta köldbryggor. Om detta ej görs är ett betydligt sämre U-värde att vänta då köldbryggor spelar en stor roll för byggnads totala energianvändning enligt Boverket.

Fuktsäkerheten har generellt lösts med en diffusionsspärr som på olika sätt monterats i de olika konstruktionsdelarna. För att denna inte ska mista sin funktion krävs att den monteras med omsorg vilket ställer stora krav på entreprenören. Golvbjälklaget och mellanbjälklaget har båda blivit varmare efter tilläggsisoleringen. Den ursprungliga ytterväggen har dock hamnat på den kalla sidan av isoleringen och blir därmed känsligare för fukt.

En beräkning av den relativa fuktigheten på bålarnas insida visar att dessa under större delen av året ligger inom området för liten – måttlig risk för mögelpåväxt. Hur stor den faktiska mögelpåväxten skulle bli beror dock även på temperaturen då mögeltillväxten avstannar vid låg temperatur. En extra undersökning baserad på en enkel mögelmodell från ”Fukthandbok” (Elmarsson, Nevander, 2009) som beaktar mögelpåväxtens temperaturberoende visar dock att risken för mögelpåväxt inte överskrider 10 % någon gång under året. Att minska isolertjockleken ytterligare för att minimera risken för mögel ännu mer skulle leda till att väggarnas innerytor skulle bli kalla och därmed kunna ge upphov till att de boende upplever kalldrag. Vid ett tunnare isolerskikt hade inte heller metoden med en indragen diffusionsspärr kunnat utnyttjas, i alla fall inte på samma djup som nu är föreslaget. Detta kan leda till fler ofrivilliga läckage genom diffusionsspärren då den lättare perforeras av spik som slås genom väggen vilket i sin tur skulle öka fuktbelastningen på väggen.

Fukt i byggnadsdelar påverkar även värmetransporten även om detta har liten betydelse för en konstruktion trä. Uttorkning av ytterväggen kräver också energi som inte beaktas i denna rapport. Hur mycket fukten ökar och faktiskt påverkar byggnadens alla konstruktionsdelar är sammanfattningsvis en mycket komplex fråga som skulle kunna leda till ett separat examensarbete i sig.

Den valda byggtekniken med diffusionsspärr förutsätter att byggnaden verkligen kommer att värmas upp. Om huset renoveras men sedan inte används och står kallt kan detta leda till omvänd fukttransport med fuktskador som resultat.

I ett projekt där väldigt många mått ska tas på en byggnad föreligger det förstås en risk att vissa mått kan ha blivit felaktiga t.ex. på grund av slarvig avläsning.

Byggnaden är gammal, över 200 år, vilket innebär att husets mått varierar kraftigt vad gäller bredd, längd och höjd. Ingen standard finns heller på dimensioner hos det ursprungliga ingående materialet i byggnaden.

För att över huvud taget göra arbetet genomförbart under den korta tiden (15 veckor) har många medelvärden fått antas vad gäller rumshöjder, ytor och tjocklek på plank och brädor. Detta påverkar givetvis till viss del resultatet för de olika byggnadsdelarnas U-värden även om det kan diskuteras hur mycket.

Kostnader har inte beräknats för dessa isoleringsåtgärder. Målet var endast att klara energikraven endast med hjälp av tilläggsisolering och inte behöva använda dyra energiåtervinningssystem eller temperaturstyrda avfuktare som hade fördyrat projektet ytterligare.

Byggnadens synliga arkitektur har mestadels påverkats på ytterväggarnas insida i form av ny ytbeklädnad av råspont. Samtliga golv och innertak har bevarats samt innerväggarna. Samtliga fönster är bevarade och extra fönster är monterade på karmens insida. Dörrarna är utbyta vilket är positivt både för byggnadens arkitektur men också energimässigt då de äldre dörrarna hade sämre U-värden samt gick i en helt annan stil än resten av byggnaden.

7 Slutsats

Resultatet som fåtts fram genom detta arbete måste ses som ungefärligt då ett antal faktorer har uppskattats, främst i brukarberoende indata, och fuktens inverkan på byggnaden inte har studerats i detalj.

Resultaten visar dock att det är möjligt att genomföra en tilläggsisolering av byggnaden inifrån och att en standard uppnås som får anses uppfylla BBR:s krav på energianvändning samt fukt. Energianvändningen beräknas till 110 kWh/m² och år. Byggnadens genomsnittliga U-värde, U_m beräknas till 0,2 W/m² °C. För att uppnå bättre värden på energianvändningen skulle ett energiåtervinningssystem behövas.

De lösningar som gjorts har inneburit att en diffusionsspärr har monterats på olika sätt i respektive byggnadsdel samt att den ursprungliga ytterväggen inte har tillåtits bli lika kall som övriga byggnadsdelar genom att ett tunnare isoleringsskikt har tillförts denna. Risken för mögelpåväxt inuti ytterväggen är beroende av en mängd faktorer, bland annat relativ fuktighet och temperatur. Risken för mögelpåväxt konstateras aldrig överstiga 10 % och får därmed ses som liten. Övriga byggnadsdelar blir varmare efter tilläggsisoleringen och torde inte drabbas negativt av åtgärderna ur fuktsynpunkt.

Byggnadens atmosfär har bevarats utvändigt och till stor del invändigt genom att bevara några innerväggar samt alla golv och innertak. Denna avsevärda förbättring av byggnadens energieffektivitet har uppnåtts med relativt billiga medel, bortsett från nya innerfönster, jämfört med om det hade varit nödvändigt att köpa in RF-styrd avfuktare för krypgrund och installera ett återvinningssystem för ventilationen.

Ventilationen skulle förmodligen behöva en fläkt för att klara BBR:s krav på minsta tillåtna luftflöde, särskilt under sommarhalvåret då den termiska drivkraften som driver ventilationen blir liten. Detta beroende på en liten temperaturdifferens mellan ute och inne.

8 Referenser

Digitala källor

Boverket, BBR20 (2014-03-28)

http://www.boverket.se/Global/Lag_o_ratt/Dokument/Boverkets-Forfattningssamling/BBR-konsoliderad-BFS2011-6-tom-BFS2013-14.pdf

Boverket, Installera kamin eller kakelugn (2014-05-02)

http://www.boverket.se/global/om_boverket/dokument/nyhetsbrev/energieffektiva_atgarder/kamin.pdf

Boverket, Handbok för energihushållning (2014-05-16)

<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2012/Handbok-for-energiush%C3%A5llning-enligt-boverkets-byggregler.pdf>

Boverket, Krav på ventilation i bostäder (2014-05-02)

<http://www.boverket.se/Kontakta-oss/Fragor-och-svar/Boverkets-byggregler-BBR/Avsnitt-6-Hygien-halsa-och-miljo/Luft-och-ventilation/Vilka-regleringar-finns-det-av-inomhusluft-i-Sverige/>

Boverket, Gratisenergi (2014-05-07)

<http://www.boverket.se/Kontakta-oss/Fragor-och-svar/Boverkets-byggregler-BBR/Om-avsnitt-9-i-BBR/Energikrav/Tar-energikraven-hansyn-till-gratisvarme-sasom-varme-alstrad-av-personer-hushallsmaskiner-mm/>

Byggnadsvård, Skiftesverk (2014-03-06)

www.byggnadsvard.se/trä-och-snickerier/skiftesverk-när-var-hur

Gad byggnadsfysik, Unorm (2014-05-19)

<http://www.gadbyggnadsfysik.se/about1.html>

Gotland, Fönster - husets ögon (2014-04-27)

<http://www.gotland.se/37588>

Isover, Energiberäkningsprogrammet Isover (2014-05-19)

<http://www.isover.se/broschyror+och+hj%C3%A4lpmedel/ber%C3%A4kning+program>

LK Systems, Fungerar trägolv på golvvärme (2014-05-03)

<http://www.lksystems.se/sv/LK-Systems-Sverige/Golvvarme/FAQ-Golvvarme/>

Polarheat, COP-värde vid olika utetemperatur (2014-04-24)

<http://www.polarheat.se/hur-det-funkar/labptest-polar03rc-och-viktigt-om-cop-v%C3%A4rde-3021325>

Stockholms länsmuseum, Puts (2014-03-17)

<http://www.stockholmslansmuseum.se/faktabanken/puts-historik/>

Svenska kyrkan, Vä (2014-03-24)

<https://www.svenskakyrkan.se/default.aspx?id=641355>

Svenskt gastekniskt center, Infiltration (2014-04-27)

<http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC079.pdf>

Torpargrund, Torpargrundens utförande och funktion (2014-03-10)

www.torpargrund.com/

Artiklar

Byggnadsvård, Revetering (2014-03-20)

<http://www.byggnadsvard.se/byggnadskultur/material/g%C3%B6r-det-sj%C3%A4lv-revetering-f%C3%B6r-amat%C3%B6rer>

Litteratur

Nevander Lars Erik, Elmarsson Bengt, Fukthandbok

Tryck: Elanders Sverige AB, Mölnlycke 2009

ISBN 978-91-7333-156-2

Sandin Kenneth, Praktisk byggnadsfysik

Tryck: Elanders Hungary Kft, Hungary 2010

ISBN 978-91-44-05991-4

Bilder

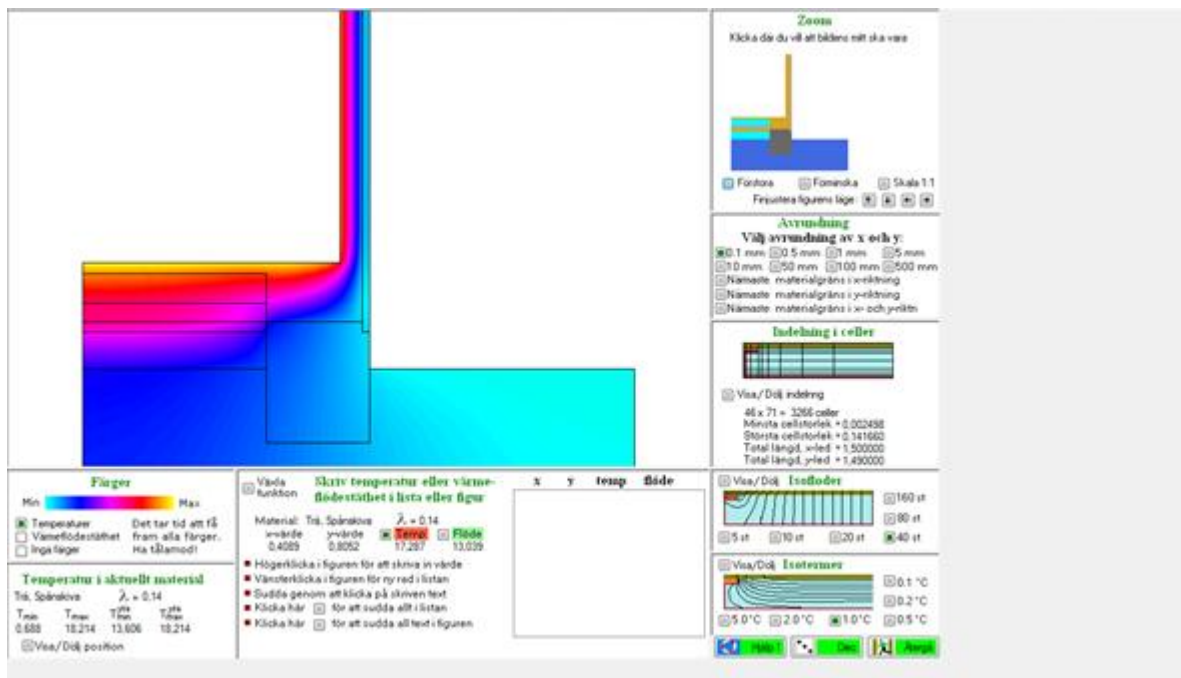
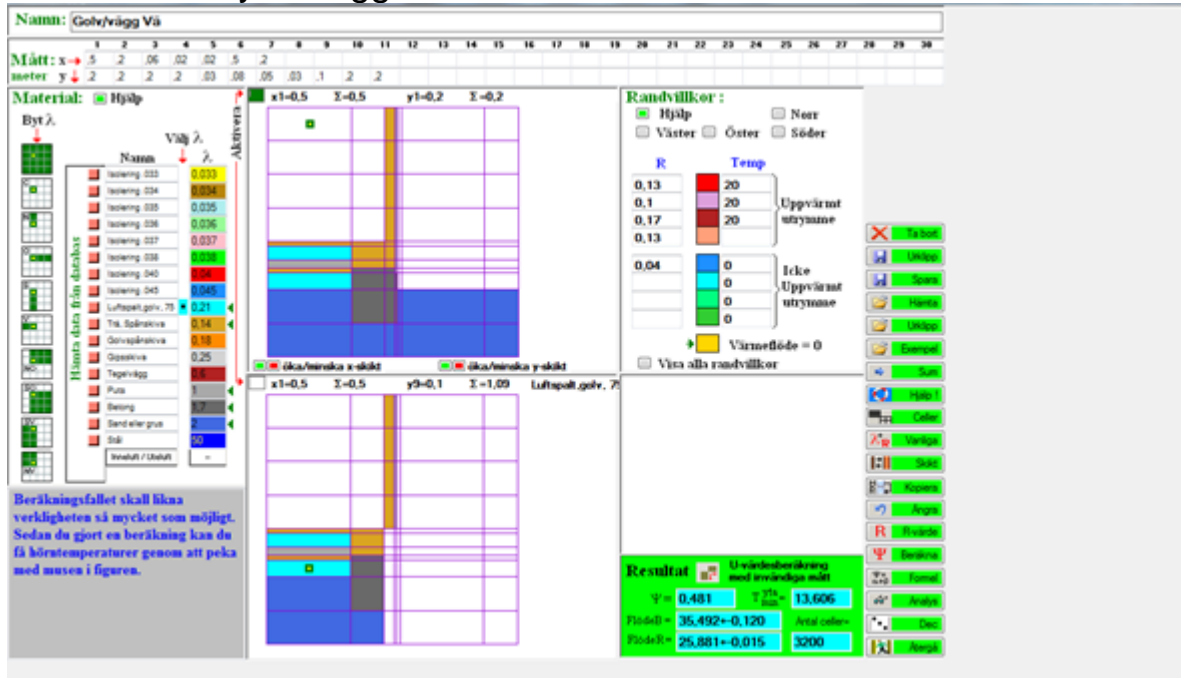
Figur 5.12 *Handöl kaminer* (2014-05-09)

http://handol.se/kaminer/kaminer_handol_20/taljstenskamin_handol_25t.asp?ID=TEKNIK&MENY=H25T

9 Bilagor

9.1 BilagaA Köldbryggor före isolering

9.1.1 Grund - yttervägg



9.1.2 Hörna yttervägg

Namn: _____

Mått: x → 2 .05 .06 .02 .2
meter y ↓ 2 .05 .06 .02 .2

Material: Hjälp

Byrå: Hjälp

Väggar: Hjälp

Återvänd: Hjälp

Materiallista (Hörna data från databas):

Namn	Väggar λ
Isolering 033	0.033
Isolering 034	0.034
Isolering 035	0.035
Isolering 036	0.036
Isolering 037	0.037
Isolering 038	0.038
Isolering 040	0.040
Isolering 045	0.045
Lättbetong	0.12
Tiå Spånklava	0.14
Gipsplåttack	0.18
Gipsvägg	0.25
Tegelvägg	0.25
Puts	1
Betsing	0.7
Rostfri stål	0.7
Stål	0.7
Stenull / Utluft	-

Återvänd: Hjälp

Öka/minska x-skikt Öka/minska y-skikt

Randvillkor:

Hjälp Neer
 Väster Öster Söder

R Temp

0.13	20
0.1	20
0.17	20

Uppvärt utrymme

0.04	0
	0
	0
	0

Icke Uppvärt utrymme

Värmedöde = 0

Visa alla randvillkor

Resultat: U-värdeberäkning med avrundade mått

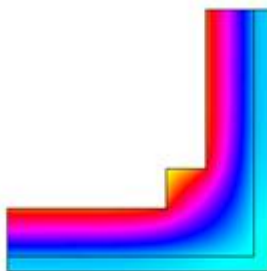
U = -0.023 $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ $T_{\text{in}} = 14.160$

Flöde 0 = 15.206 + 0.010 $\frac{m^3}{h}$ $A_{\text{total}} = 1600$

Flöde 1 = 16.166 + 0.000 $\frac{m^3}{h}$ $A_{\text{total}} = 1600$

Beräkningsfallet skall likas verkligheten så mycket som möjligt. Sedan du gjort en beräkning kan du få hörntemperaturer genom att peka med musen i figuren.

Hörntemperaturer i ruta (L,2)
Luft 18,864
15,794 14,161



Zoom

Klicka där du vill att bilden ska zoomas.

Faktora Formfaktora Skala 1:1

Förstora figurens höjd

Avrundning

Välj avrundning av x och y:

0.1 mm 0.5 mm 1 mm 5 mm
 10 mm 50 mm 100 mm 500 mm

Närmaste materialgräns i x-riktning
 Närmaste materialgräns i y-riktning
 Närmaste materialgräns i x- och y-riktning

Indelning i celler

Visa/Dölj indelning

41 x 41 = 1681 celler
 Minsta cellstorlek = 0.000603
 Största cellstorlek = 0.200000
 Total längd, x-led = 0.530000
 Total längd, y-led = 0.530000

Visa/Dölj Indelningar 160 st 80 st
 5 st 10 st 20 st 40 st

Visa/Dölj Isotermier 0.1 °C 0.2 °C
 0.5 °C 2.0 °C 1.0 °C 0.5 °C

Färger

Min Max

Temperatur Det tar tid att få fram alla färger. Ha tålamod!
 Värmedödstäthet
 Inga färger

Temperaturer i aktuellt material

Tiå Spånklava λ = 0.14

T_{max} T_{min} T_{avg} T_{hörn}

0.324 18.864 14.161 18.864

Visa/Dölj position

Visa SunMon

Sluttemperaturer eller värmedödstäthet i lista eller figur

Material: Tiå Spånklava λ = 0.14

x-värde	y-värde	Temperatur	Flöde
0.2111	0.2053	17.639	17.940

- Högerklicka i figuren för att skiva in värde
- Vänsterklicka i figuren för rp-rad i listan
- Sudda genom att klicka på sinnen text
- Klicka här för att sudda allt i listan
- Klicka här för att sudda all text i figuren

x y temp Söder

9.1.3 Mellanbjälklag - yttervägg

Mått: x: 2 06 02 2
meter y: 06 03 12 03 2

Material: **Hjälp**

Byt λ

Namn	Värde λ
Isolering 233	0.033
Isolering 234	0.024
Isolering 235	0.025
Isolering 236	0.036
Isolering 237	0.037
Isolering 238	0.038
Isolering 240	0.04
Isolering 242	0.045
Limskivning	0.12
Till. Spårskiva	0.14
Överlappskiva	0.18
Gipsskiva	0.25
Tegelkropp	0.26
Puts	1
Betong	0.7
Asfalt/Asfalt	0.7
Stål	0.7
Brickor / Utslut	-

Ändra

Öka/minska x-skikt Öka/minska y-skikt

x3=0.02 x=0.28 y2=0.03 x=-0.09 Puts

x2=0.06 x=-0.26 y1=0.06 x=-0.06

Randvillkor:

Hjälp Natt
 Väster Öster Söder

R Temp

0,13 20
0,1 20
0,17 20
0,13 20

Uppvärmot utrymme

0,04 0 Icke Uppvärmot utrymme

0 0
0 0
0 0

Värmebåde = 0

Visa alla randvillkor

Resultat

Uvärderingsberäkning med avvikande mått

$\Psi = 0,042$ $\Psi_{\text{max}} = 12,688$

Flöde = $6,991 + 0,012$ Area utvärdering =

Flöde = $16,470 + 0,000$ 1600

Beräkningsfaktorn skall likas verkligheten så mycket som möjligt. Sedan du gjort en beräkning kan du få brustemperatur genom att peka med musen i figuren.

Färger

Min Max

Temperatur Det tar tid att få
 Värmeledningsförmåga fram alla färger.
 Inga färger Ha tillräckligt!

Temperatur i aktuellt material

Luft $\lambda =$

T_{min} T_{max} T_{med} T_{yt}

Visa/Dölj position

Värde Slutvärde eller värmeledningsförmåga i lista eller figur

Material: Luft

x-värde y-värde **Temperatur** **Flöde**

0,4646 0,2503

- Högerklicka i figuren för att skriva in värde
- Vänsterklicka i figuren för ny rad i listan
- Dubblett klicka för att skriva på skivan text
- Klicka här för att sudda allt i listan
- Klicka här för att sudda all text i figuren

x y temp Sida

Zoom

Klicka där du vill att bilden ska vara

Förstora Förmindra Skala 1:1

Frys hela figuren läge

Avvickling

Välj avvickling av x och y:

0,1 mm 0,5 mm 1 mm 5 mm

10 mm 20 mm 100 mm 500 mm

Näraaste materialgräns i x-riktning

Näraaste materialgräns i y-riktning

Näraaste materialgräns i x- och y-riktning

Indelning i celler

Visa/Dölj indelning

25 x 43 = 1715 celler

Minsta cellstorlek = 0,000415

Största cellstorlek = 0,200000

Total längd x-led = 0,420000

Total längd y-led = 0,440000

Visa/Dölj Isedödar

160 st 80 st

5 st 10 st 20 st 40 st

Visa/Dölj Isotermier

0,1 °C 0,2 °C

0,5 °C 1,0 °C 0,5 °C

Visa/Dölj

9.1.4 Fönsterkarm/ dörrkarm - yttervägg

Mått: x → 0.005 0.015 0.03 0.03
 meter y ↓ 0.0007 0.02 0.06 0.04

Material: Hjälps

Byt λ Väg λ

Namn	λ
0.033	
0.034	
0.035	
0.036	
0.037	
0.038	
0.039	
0.040	
0.041	
0.042	
0.043	
0.044	
0.045	
0.046	
0.047	
0.048	
0.049	
0.050	
0.051	
0.052	
0.053	
0.054	
0.055	
0.056	
0.057	
0.058	
0.059	
0.060	

Hämta data från databas

Klicka här för att aktivera insättning av material till beräkningsfallet. Först när denna ruta är grön kan du flytta cursorn med piltagarna.

Randvillkor:

- Hjälps
- Nära
- Väster
- Öster
- Söder

R **Temp**

0.13	20
0.1	20
0.17	20
0.13	20

Uppvärmat utrymme

0.04	0
	0
	0
	0

Icke Uppvärmat utrymme

Värmeled = 0

Visa alla randvillkor

Beräkningsfall **Modell**

Flägen visar källbyggen. Inskapas inte i väggens sektioner.

Referensfall

Resultat: U-värdeberäkning med användbara mått

U =	0.202	T _{int} =	27.7	T _{ext} =	9.532
Flöde H =	10.549	Flöde G =	-0.049	Arbet ute =	-
Flöde Q =	0.700	Flöde R =	-0.000	800	-

Zoom
 Klicka där du vill att bilden ska vara

Förstora Förmindra Skala 1:1

Frejules figuren ligger

Avrundning
 Välj avrundning av x och y

<input checked="" type="checkbox"/> 1 mm	<input type="checkbox"/> 0.5 mm	<input type="checkbox"/> 7 mm	<input type="checkbox"/> 5 mm
<input type="checkbox"/> 0 mm	<input type="checkbox"/> 20 mm	<input type="checkbox"/> 100 mm	<input type="checkbox"/> 500 mm

Namn på materialgräns i x-riktning
 Namn på materialgräns i y-riktning
 Namn på materialgräns i x-och-y-riktning

Indelning i celler

Visa/Dölj indelning

31 x 20 = 622 celler
 Minsta cellstorlek = 0.000603
 Största cellstorlek = 0.054743
 Total längd, x-led = 0.280000
 Total längd, y-led = 0.140700

Visa/Dölj Isoföoder

<input type="checkbox"/> 160 st
<input type="checkbox"/> 80 st
<input type="checkbox"/> 5 st
<input type="checkbox"/> 10 st
<input type="checkbox"/> 20 st
<input type="checkbox"/> 40 st

Visa/Dölj Isoströmer

<input type="checkbox"/> 0.1 °C
<input type="checkbox"/> 0.2 °C
<input type="checkbox"/> 0.5 °C
<input type="checkbox"/> 1.0 °C
<input type="checkbox"/> 2.0 °C
<input type="checkbox"/> 5.0 °C

Visa funktion Skriv temperatur eller värmeledningskoefficient i lista eller figur

Flägen
 Min Max

Temperatur Det tar tid att färd från alla färger. Ha tillräckligt.
 Inga flägen

Temperatur i aktuellt material

Luft $\lambda =$

T _{min}	T _{max}	T _{med}	T _{ext}
------------------	------------------	------------------	------------------

Visa/Dölj position

Material: Luft

x-värde	y-värde	$\lambda =$	Flöde
0.2864	0.1328	0.0264	0.1328

■ Högerklicka i figuren för att skriva in värde
 ■ Västerklicka i figuren för rgr rad i lista
 ■ Sudda genom att klicka på skriven text
 ■ Klicka här för att sudda allt i lista
 ■ Klicka här för att sudda allt text i figuren

x Y temp Sida

9.2 Bilaga B Energiberäkning före isolering



Resultat från energiberäkning

2014-04-11 10:39

Objekt: Vä exjobb
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet
Beräkning enligt BBR 2012.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige
Närmaste ort: Lund Län: Skåne län
Atemp bostad: 75,0 Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 250 kWh/m².år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 55 kWh/m².år

BBR rekommenderar att använda säkerhetsmarginaler så att kraven på specifik energianvändning verkligen uppfylls när byggnaden tagits i bruk.

Summa installerad eleffekt för uppvärmning: 4,0 kW
BBR:s maximalt tillåten installerad eleffekt för uppvärmning: 4,5 kW (innehåller ett tillägg om Atemp är större än 130 m² och/eller q är större än 0,35 l/s per m²)

BBR klassar byggnaden som eluppvärmd.

Klaras kraven?

Den beräknade specifika energianvändningen är 354% högre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Om det inte är möjligt att installera värmepump och inga andra uppvärmningsformer som fjärrvärme eller biobränsle är möjliga eller om kravet på specifik energianvändning inte är möjligt att uppfylla av kulturhistoriskt motiverade begränsningar accepteras ett överskridande på maximalt 20% för byggnadens användning av el-energi och el-effekt.

Den beräknade specifika energianvändningen är högre än det tillåtna överskridandet på 20%

Byggnadens energistatus bör förbättras.

Begreppsförklaringar till värmebalansen nästa sida

Förluster

Trans	Transmissionsförluster
Vent	Ventilation och luftläckage
Vatten	Vattenförluster - antas vara lika med energi till varmvattenuppvärmning

Tillskott

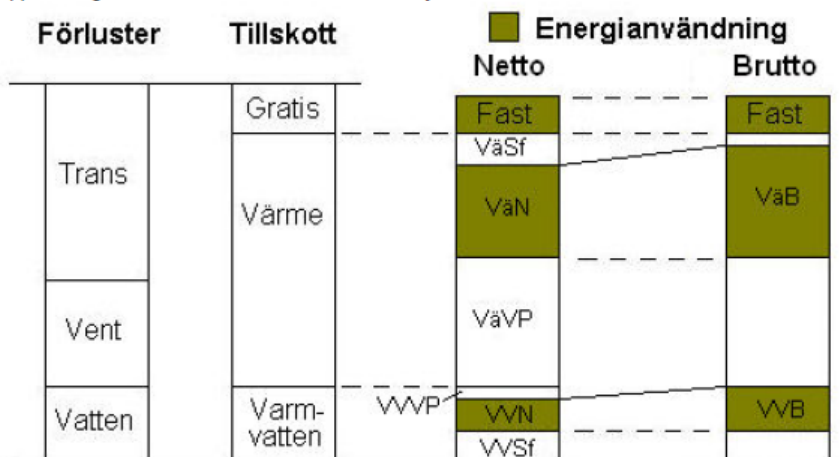
Gratis	Utnyttjbar del av personvärme, hushållsel eller verksamhetsel, fastighetsel samt infallande solenergi genom fönster
Värme	Energi till byggnadens uppvärmning
Varmvatten	Energi till varmvattenuppvärmning

Energianvändning

Fast	Fastighetsel
VaSf	Energi från solfångare till värme
VVSf	Energi från solfångare till varmvatten
VäVP	Värmebesparing med värmepump
VVP	Varmvattenbesparing med värmepump
nVa	Värmesystemets verkningsgrad för värme
nVV	Värmesystemets verkningsgrad för varmvatten
VaN	Värme Netto = Värme - VaSf - VäVP
VVN	Varmvatten Netto = Varmvatten - VVSf - VVP
VaB	Värme Brutto = VaN / nVa
VVB	Varmvatten Brutto = VVN / nVV

Principfigur

Staplarnas storlek stämmer inte med tabellvärdena. Specifik energianvändning är energianvändning under ett normalår per m² uppvärmd golvarea. Det är bruttovärdet som ska jämföras med BBR:s krav.



BOSTAD

Värmebalans, kWh

Månad	Förluster			Tillskott			Energianv. Brutto		
	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VäB + VVB	Kyla
Jan	6537	1252	0	16	7773	0	0	2591	0
Feb	6081	1165	0	20	7226	0	0	2409	0
Mar	5818	1114	0	33	6899	0	0	2300	0
Apr	4554	872	0	56	5370	0	0	1790	0
Maj	2915	558	0	62	3411	0	0	1137	0
Jun	1807	346	0	53	2100	0	0	700	0
Jul	1205	231	0	47	1389	0	0	463	0
Aug	1359	260	0	43	1576	0	0	525	0
Sep	2289	438	0	37	2690	0	0	897	0
Okt	3824	732	0	28	4528	0	0	1509	0
Nov	4936	945	0	21	5860	0	0	1953	0
Dec	6177	1183	0	16	7344	0	0	2448	0
Totalt	47502	9096	0	432	56166	0	0	18722	0

Indata

	Bostad	Lokal
Genomsnittlig rumshöjd, m	2,2	0
Genomsnittlig innetemperatur, °C	20	0
Infiltration inkl. fönstervädring, oms/h	0,4	0
Ventilationsflöde, l/s per m ²	0,7	-
Ventilationsflöde q-medel	-	0
Ventilationsflöde q (endast då lokal klassas som elvärm�)	-	0
Värmeväxling, verkningsgrad, %	0	0
Installerad el-effekt för ventilation, kW	0	0
Hushållsenergi, kWh/år	0	0
Fastighetsenergi, kWh/år	0	0
Antal personer, genomsnitt, st	0,2	0
Årsvärmefaktor	4	0
Dimensionerad för x% av varmvattenbehovet, %	0	0
Dimensionerad för y% av husuppvärmningen, %	100	0
Installerad el-effekt för drift av värmepump, kW	2	0
Verkningsgrad Värme, %	75	0
Verkningsgrad Varmvatten, %	100	0
Installerad el-effekt för uppvärmning, kW	0	0
Solfångare för varmvatten, kWh/år	0	0
Solfångare för värme, kWh/år	0	0
Varmvattenberedning, brutto, kWh/år	0	0
Installerad el-effekt för varmvattenberedning, kW	2	0
Komfortkyla, elektriska kylmaskiner, kWh	0	0
Komfortkyla, övrigt, kWh	0	0

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1
Globalstrålning (kWh/m ²)	14	26	57	114	152	155	166	129	78	43	21	10

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta, m²: 75,0

Volym, m³: 165,00

Yta	Area,m ²	U, W/m ² ,°C	Orientering, °
Krypgrund	75,0	0,67	
Långsida Väster	29,9	1,84	270
Fönster	1,1	3,23	
Ytterdörr	2,0	1,80	
Långsida Öster	31,0	1,84	90
Ytterdörr	2,0	1,80	
Norrgavel	11,0	1,84	0
Södergavel	11,0	1,84	180
Tak	75,0	2,82	

Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
Grund/yttervägg	40,00	0,04
Vindsbjälklag/yttervägg	40,00	0,04



Fönster och dörr- yttervägg	51,80	0,20
Hörn yttervägg	8,80	0,02

9.3 Bilaga C U_m -beräkning före isolering



Resultat från U_m -beräkning

2014-04-11 10:42

Objekt: Vä exjobb, Bostad - Utomhus

Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U \cdot A + \text{Summa } \Psi \cdot L) / A_{om} = 1,85 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

$U_m \text{ krav} = 0,40 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Byggnaden uppfyller ej kraven på värmeisolering.

Yta	U (W/m ² , °C)	A (m ²)	U*A
1. Norrgavel	1,85	11,0	20,30
2. Södergavel	1,85	11,0	20,30
3. Långsida Väster	1,85	29,9	55,17
4. Fönster	3,23	1,1	3,55
5. Ytterdörr	1,80	2,0	3,60
6. Långsida Öster	1,85	31,0	57,20
7. Ytterdörr	1,80	2,0	3,60
8. Tak	2,82	75,0	211,73
9. Krypgrund	0,67	75,0	50,25
Aom & Summa U*A		238,00	425,68

Köldbrygga	Ψ (W/m, °C)	L (m)	Ψ*L
Grund/yttervägg	0,04	40,00	1,60
Vindsbjälklag/yttervägg	0,04	40,00	1,60
Fönster och dörr- yttervägg	0,20	51,80	10,36
Hörn yttervägg	0,02	8,80	0,18
Längd köldbrygga & Summa Ψ*L		140,60	13,74

Använda konstruktioner

Typ 1.

Golvkonstruktion

Värmeövergångsmotstånd inne Rsi: 0,17 m²,°C/W

Värmeövergångsmotstånd ute Rse: 0,04 m²,°C/W

U-värde: 0,670 W/m²,°C

Typ 2.

Mellanbjälklag

	(mm)	(W/m,°C)	(%)	(W/m,°C)
Trä	30	0,14		
Vindsutrymme	1500			

Värmeövergångsmotstånd inne Rsi: 0,10 m²,°C/W

Värmeövergångsmotstånd ute Rse: 0,04 m²,°C/W

U-värde: 2,823 W/m²,°C

Typ 3.

Yttervägg

	(mm)	(W/m,°C)	(%)	(W/m,°C)
Trä	50	0,14		
Underlagspapp	2			
Puts	15	1		

Värmeövergångsmotstånd inne Rsi: 0,13 m²,°C/W

Värmeövergångsmotstånd ute Rse: 0,04 m²,°C/W

U-värde: 1,845 W/m²,°C

Använda fönstertyper

Typ 4.

Stort fönster

Totalarea: 1,1 m²

Glasarea: 0,6 m²

U-värde glasdel (Ug): 5,80 W/m²,°C

U-värde karmdel (Uk): 0,14 W/m²,°C

Använda dörrtyper

Typ 5.

Ytterdörr

U-värde: 1,800 W/m²,K

Byggnadsytor - Bostad

Yta 1.

Norrgavel

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 0°

Nettoarea: 11,0 m²

Yta 2.

Södergavel

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 180°

Nettoarea: 11,0 m²

Yta 3.

Långsida Väster

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 270°

Nettoarea: 29,9 m²

Yta 4.

Fönster

Konstruktion: Stort fönster

Orientering: 270°

Nettoarea: 1,1 m²

Yta 5.

Ytterdörr

Konstruktion: Ytterdörr

Orientering: 270°

Nettoarea: 2,0 m²

Yta 6.

Långsida Öster

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 90°

Nettoarea: 31,0 m²

Yta 7.

Ytterdörr

Konstruktion: Ytterdörr

Orientering: 90°

Nettoarea: 2,0 m²

Yta 8.

Tak

Konstruktion: Mellanbjälklag

Orientering: 0°

Nettoarea: 75,0 m²

Yta 9.

Krypgrund

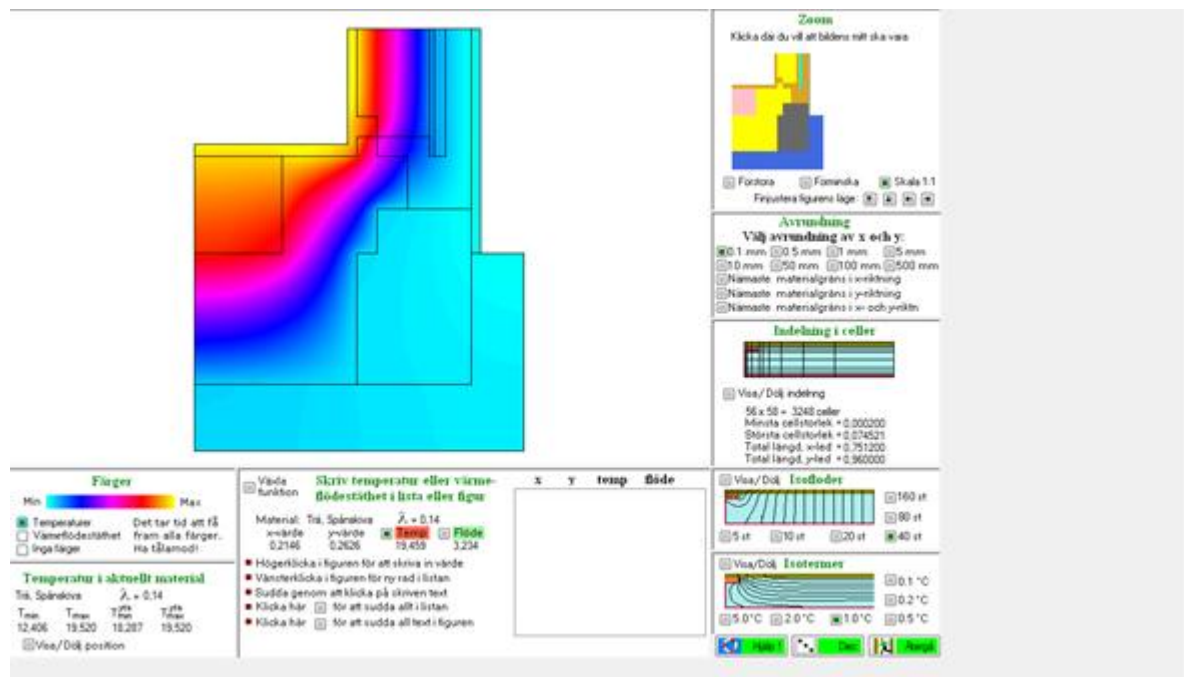
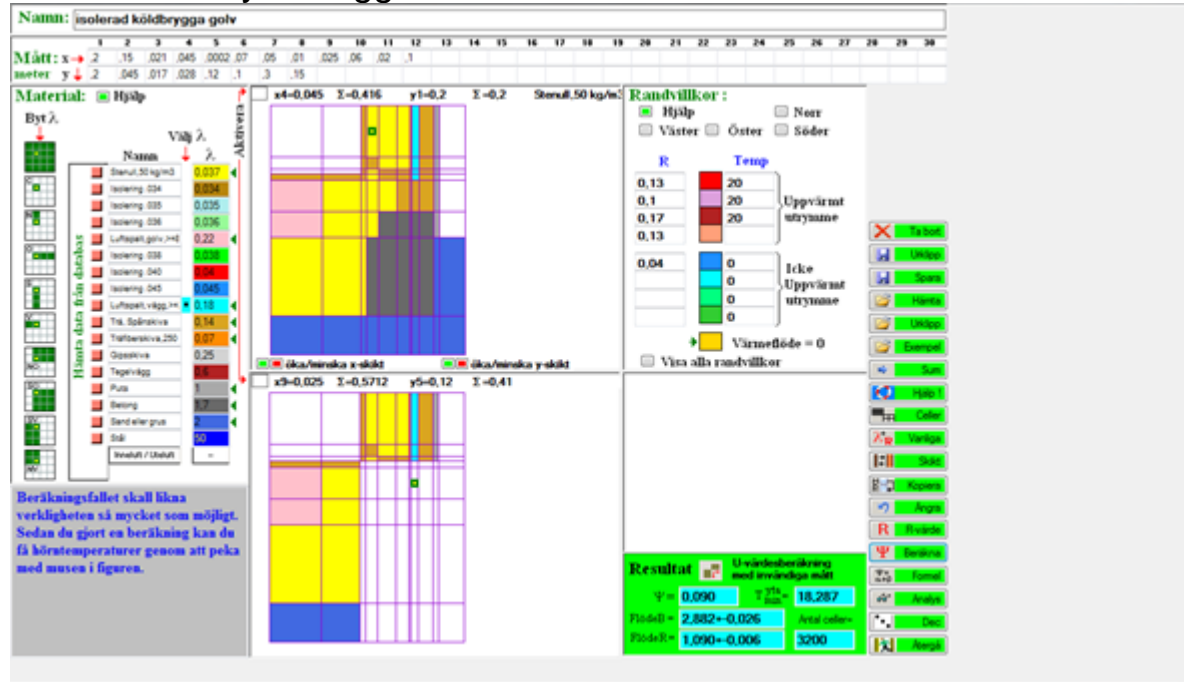
Konstruktion: Golvkonstruktion

Orientering: 0°

Nettoarea: 75,0 m²

9.4 Bilaga D Köldbryggor efter isolering

9.4.1 Grund - yttervägg



9.4.2 Hörna yttervägg

Namn: Hörn före, Vä

Mått: x → 2 .021 .045 .09 .03 .01 .025 .06 .02 2
 meter y ↓ 2 .021 .045 .09 .03 .01 .025 .06 .02 2

Material: Hjälp

Byt λ

Namn	Vägg λ	Aktivitet
Stenut.Sj.igrid	0.037	
Isolering 034	0.034	
Luftspalt.vägg.1	0.18	
Isolering 036	0.036	
Isolering 037	0.037	
Isolering 038	0.038	
Isolering 040	0.040	
Isolering 043	0.043	
Lättbetong	0.12	
Tiä. Spånbevis	0.14	
Trottoarbalk.250	0.07	
Oppslut	0.25	
Tegelvägg	0.2	
Puts	0.02	
Betong	0.17	
Rostfri stå	0.01	
Så	0.0	
Invalvt / Utvalvt	-	

Klicka här för att aktivera insättning av material till beräkningsfallet. Först när denna ruta är grön kan du flytta cursorn med piltangenterna.

Randvillkor:

Hjälp Närr
 Väster Öster Söder

R Temp

0.13 20
 0.1 20
 0.17 20

Uppvärmat utrymme

0.04 0
 0 0
 0 0

Icke Uppvärmat utrymme

Wärmeledning = 0

Visa alla randvillkor

Resultat

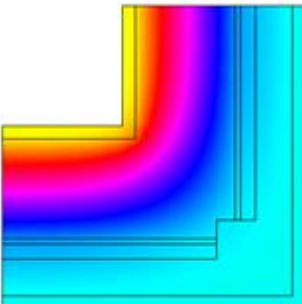
U-värdeberäkning med invalda mått

U = 0.024 W/m²·K

Flöde I = 1.937 + 0.004 W/m²

Flöde II = 1.452 + 0.000 W/m²

18.551
 1600



Zoom

Klicka där du vill att bildens mitt ska vara

Förstora Förminska Skala 1:1

Frirottera figurens läge

Avrundning

Välj avrundning av x och y:

0.1 mm 0.5 mm 1 mm 5 mm
 10 mm 50 mm 100 mm 500 mm

Namn på materialgräns i x-riktning
 Namn på materialgräns i y-riktning
 Namn på materialgräns i x-y-planet

Indelning i celler

Visa/Dölj indelning

40 x 40 = 1600 celler
 Minsta cellstorlek = 0.000002
 Största cellstorlek = 0.200000
 Totalt längd, x-rikt = 0.701000
 Totalt längd, y-rikt = 0.701000

Visa/Dölj Iseländor

160 st 80 st
 5 st 10 st 20 st 40 st

Visa/Dölj Isotermier

0.1 °C 0.2 °C
 0.5 °C 1.0 °C 2.0 °C 5.0 °C

Flägar

Min Max

Temperatur Det tar tid att få fram alla flägar. Ha tillräckligt!
 Värmeförlust
 Inga flägar

Välj funktion

Skriv temperatur eller värmeförlust i lista eller figur

Material: Tiä. Spånbevis λ = 0.14
 ovärde värde 0.1457
 värde 0.2055
 flöde 13.137
 flöde 5.051

• Högerklicka i figuren för att skriva in värde.
 • Västerklicka i figuren för rader i lista.
 • Sudda genom att klicka på skriven text.
 • Klicka här för att sudda allt i lista.
 • Klicka här för att sudda allt text i figuren.

x y temp både

Temperatur i aktuellt material

Tiä. Spånbevis λ = 0.14

T_{in} T_{max} T_{min} T_{out}
 16.341 18.504 18.551 18.504

Visa/Dölj position

9.4.3 Mellanbjälklag - yttervägg

Namn: takkot efter

Mått: x: .1 .1 .1 .06 .021 .045 .09 .03 .01 .025 .06 .02 2
 meter y: .06 .06 .06 .06 .06 .06 .06 .06 .03 .07 .03 2

Material: Hjulp

Byt λ

Namn	λ
Stenull 50 kg/m ³	0.037
Isolering 034	0.034
Luftspelt vägg 11	0.18
Isolering 038	0.036
Luftspelt tak 1112	0.08
Isolering 038	0.036
Isolering 040	0.040
Isolering 040	0.040
Ljällbetong	0.12
Trä Spånplatta	0.14
Tjälfserviva 250	0.07
Gipskiva	0.25
Tegelvägg	0.6
Puts	0.02
Betong	0.7
Alucobal skil	0.02
Skil	0.02
Inneluft / Utluft	-

Randvillkor:

Hjulp Neer
 Väster Öster Söder

R Temp

R	Temp
0.13	20
0.1	20
0.17	20
0.13	20
0.04	0
	0
	0
	0

Uppvärmat utrymme
Icke Uppvärmat utrymme
Värmeledning = 0
 Visa alla randvillkor

Resultat U-värdeberäkning med användbar mått

U = 0.033 W/m²K
 Produkt = 1.972 + 0.010
 Produkt = 1.312 + 0.001

U-värde 0.033
U-värde 1.972 + 0.010
U-värde 1.312 + 0.001

U-värde 0.033
U-värde 1.972 + 0.010
U-värde 1.312 + 0.001

Klicka här för att aktivera insättning av material till beräkningsfältet. Först när denna ruta är grön kan du flytta cursorn med piltangentera.

Färger

Min █ █ █ █ █ █ █ █ █ Max

Temperatur Det tar tid att få fram alla färger.
 Värmeledningsförmåga
 Inga färger. Ha tillägg!

Temperatur i aktuellt material

Trä, Spånplatta $\lambda = 0.14$

T _{min}	T _{max}	T _{med}	T _{eff}
18.490	13.514	18.790	13.514

Visa/Dölj position

Värde funktion

Material: Trä, Spånplatta $\lambda = 0.14$

värde	värde	värde	värde
0.3480	0.6962	1.0443	1.3905

• Högerklicka i figuren för att skiva in värde
 • Vänterklippa i figuren för ny rad i lista
 • Sudda genom att klicka på skiven text
 • Klicka här för att sudda allt i lista
 • Klicka här för att sudda all text i figuren

x y temp färd

Avrundning

Välj avrundning av x och y:

0.1 mm 0.5 mm 1 mm 5 mm
 10 mm 50 mm 100 mm 500 mm

Namnade materialgräns i x-riktning
 Namnade materialgräns i y-riktning
 Namnade materialgräns i x- och y-riktning

Indelning i celler

Visa/Dölj indelning

40 x 43 = 1720 celler
 Minsta cellstorlek = 0.005963
 Största cellstorlek = 0.200000
 Total längd, x-led = 0.061000
 Total längd, y-led = 0.210000

Visa/Dölj Isenhet

160 st 80 st
 5 st 10 st 20 st 40 st

Visa/Dölj Estimerat

0.1 °C 0.2 °C
 5.0 °C 2.0 °C 1.0 °C 0.5 °C

Visa/Dölj Del Ange

9.4.4 Fönster/ dörrkarm - yttervägg

Namn: Fönster isolerat

Mått: x → 2 03 045 03 015 015 015 015
 meter y ↓ 02 02 01 05 025 01 045 045 03 045 021 045 045

Material: Hjälp

Byt λ:

Namn	λ
Stenull 50 kg/m ³	0,037
Isolering 034	0,034
Isolering 035	0,035
Isolering 036	0,036
Luftspett vägg 74	0,18
Isolering 038	0,038
Isolering 040	0,04
Isolering 045	0,045
Lättbetong	0,12
Tri. Spånarkiva	0,14
Tävlingskiva 250	0,07
Spånarkiva	0,25
Tegelvägg	1
Betong	1
Rostfritt stål	0,01
Neopren	0,005
Isolat / Utluft	-

Klicka här för att aktivera insättning av material till beräkningsfallet. Först när denna ruta är grön kan du flytta cursorn med piltangentera.

Randvillkor: Hjälp, Väster, Öster, Söder, Norr

R: 0,13, 0,1, 0,17
 Temp: 20, 20, 20
 Uppvärmat utrymme
 Icke Uppvärmat utrymme
 Värmeled = 0

Resultat: U-värdeberäkning med användbara mått
 U = 0,064
 Flöde H = 4,753 + 0,097
 Flöde E = 3,475 + 0,062

Färger: Min, Max. Temperatur Det tar tid att få fram alla färger. Inga lager. Ha tillämpligt!

Temperatur i aktuellt material: Tri. Spånarkiva λ = 0,14
 T_max = 19,951 T_min = 0,924
 T_max = 19,951 T_min = 0,924

Välj skivbotten Skriv temperatur eller värmeledningsförmåga i lista eller figur
 Material: Tri. Spånarkiva λ = 0,14
 x-värde = 0,3332 y-värde = 0,1520 z-värde = 18,328
 Flöde = 12,874

Zoom: Klicka där du vill att bilden ska zoomas

Avsnittning: Välj avsnittning av x och y: 10 mm, 20 mm, 50 mm, 100 mm, 500 mm

Indelning i celler: Visa/Dölj indelning 33 x 49 = 1617 celler

Visa/Dölj Isofödder: 160 st, 80 st, 40 st, 20 st, 10 st

Visa/Dölj Ecotermeter: 0,1 °C, 0,2 °C, 0,5 °C, 1,0 °C, 2,0 °C, 5,0 °C

9.5 Bilaga E Energiberäkning efter isolering



Resultat från energiberäkning

2014-04-30 11:43

Objekt: Vä exjobb efter
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet
Beräkning enligt BBR 2012.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige
Närmaste ort: Lund Län: Skåne län
Atemp bostad: 67,2 Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 110 kWh/m².år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 90 kWh/m².år

BBR rekommenderar att använda säkerhetsmarginaler så att kraven på specifik energianvändning verkligen uppfylls när byggnaden tagits i bruk.

Summa installerad eleffekt för uppvärmning: 0,0 kW

BBR klassar byggnaden som ej eluppvärmd.

Klaras kraven?

Den beräknade specifika energianvändningen är 23% högre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Begreppsförklaringar till värmebalansen nästa sida

Förluster

Trans	Transmissionsförluster
Vent	Ventilation och luftläckage
Vatten	Vattenförluster - antas vara lika med energi till varmvattenuppvärmning

Tillskott

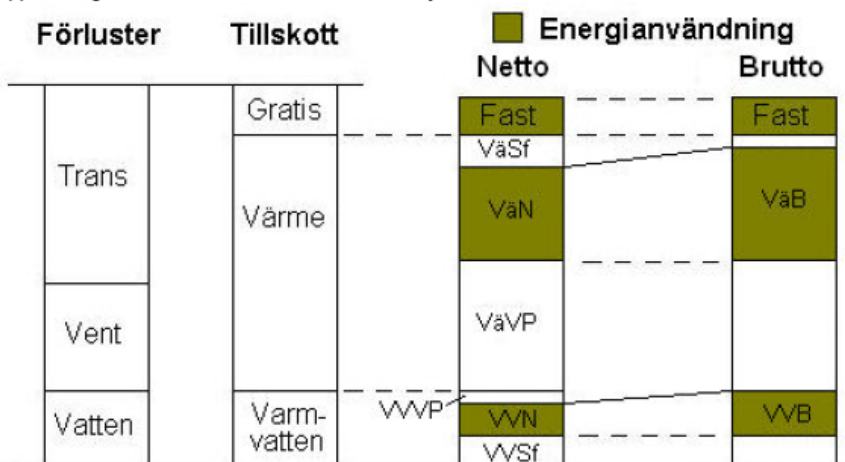
Gratis	Utnyttjbar del av personvärme, hushållsel eller verksamhetsel, fastighetsel samt infallande solenergi genom fönster
Värme	Energi till byggnadens uppvärmning
Varmvatten	Energi till varmvattenuppvärmning

Energianvändning

Fast	Fastighetsel
VaSf	Energi från solfångare till värme
VVSf	Energi från solfångare till varmvatten
VäVP	Värmebesparing med värmepump
VVP	Varmvattenbesparing med värmepump
nVä	Värmesystemets verkningsgrad för värme
nVV	Värmesystemets verkningsgrad för varmvatten
VaN	Värme Netto = Värme - VaSf - VäVP
VVN	Varmvatten Netto = Varmvatten - VVSf - VVP
VäB	Värme Brutto = VaN / nVä
VVB	Varmvatten Brutto = VVN / nVV

Principfigur

Staplarnas storlek stämmer inte med tabellvärdena. Specifik energianvändning är energianvändning under ett normalår per m² uppvärmd golvarea. Det är bruttovärdet som ska jämföras med BBR:s krav.



BOSTAD

Värmebalans, kWh

Månad	Förluster			Tillskott			Energiinv. Brutto		
	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VaB + VVB	Kyla
Jan	653	525	170	421	757	170	127	946	0
Feb	608	488	153	420	676	153	115	846	0
Mar	582	467	170	513	536	170	127	720	0
Apr	455	366	164	566	255	164	123	428	0
Maj	291	234	170	436	89	170	127	264	0
Jun	181	145	164	299	27	164	123	195	0
Jul	120	97	170	206	11	170	127	185	0
Aug	136	109	170	233	12	170	127	186	0
Sep	229	184	164	362	51	164	123	220	0
Okt	382	307	170	450	239	170	127	417	0
Nov	493	396	164	441	448	164	123	625	0
Dec	617	496	170	415	698	170	127	886	0
Totalt	4747	3814	2000	4762	3799	2000	1500	5917	0

Indata	Bostad	Lokal
Genomsnittlig rumshöjd, m	2,2	0
Genomsnittlig innetemperatur, °C	20	0
Infiltration inkl. fönstervädring, oms/h	0,15	0
Ventilationsflöde, l/s per m ²	0,35	-
Ventilationsflöde q-medel	-	0
Ventilationsflöde q (endast då lokal klassas som elvärm)	-	0
Värmeväxling, verkningsgrad, %	0	0
Installerad el-effekt för ventilation, kW	0	0
Hushållsenergi, kWh/år	2500	0
Fastighetsenergi, kWh/år	1500	0
Antal personer, genomsnitt, st	2	0
Årsvärmefaktor	1	0
Dimensionerad för x% av varmvattenbehovet, %	0	0
Dimensionerad för y% av husuppvärmningen, %	0	0
Installerad el-effekt för drift av värmepump, kW	0	0
Verkningsgrad Värme, %	98	0
Verkningsgrad Varmvatten, %	98	0
Installerad el-effekt för uppvärmning, kW	0	0
Solfångare för varmvatten, kWh/år	0	0
Solfångare för värme, kWh/år	0	0
Varmvattenberedning, brutto, kWh/år	2000	0
Installerad el-effekt för varmvattenberedning, kW	0	0
Komfortkyla, elektriska kylmaskiner, kWh	0	0
Komfortkyla, övrigt, kWh	0	0

Klimatdata	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1
Globalstrålning (kWh/m ²)	14	26	57	114	152	155	166	129	78	43	21	10

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta, m²: 67,2

Volym, m³: 147,84

Yta	Area,m ²	U, W/m ² ,°C	Orientering, °
Golv	67,0	0,09	
Längsida väster	25,4	0,23	270
Fönster	2,7	1,00	
Ytterdörr	2,0	1,00	
Längsida öster	24,5	0,23	90
Fönster	3,6	1,00	
Ytterdörr	2,0	1,00	
Norrgavel	10,1	0,23	0
Södergavel	10,1	0,23	180
Vindsbjälklag	67,0	0,07	

Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
Grund-yttervägg	38,40	0,09



Vindsbjälklag-yttervägg	38,40	0,03
Fönster-yttervägg	38,00	0,06
Hörna yttervägg	8,80	0,02

9.6 Bilaga F U_m -beräkning efter isolering



Resultat från U_m -beräkning

2014-04-30 11:44

Objekt: Vä exjobb efter, Bostad - Utomhus

Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U * A + \text{Summa } \Psi * L) / A_{om} = 0,20 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

$U_m \text{ krav} = 0,40 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Byggnaden uppfyller kraven på värmeisolering.

Yta	U (W/m ² , °C)	A (m ²)	U*A
1. Norrgavel	0,23	10,1	2,32
2. Södergavel	0,23	10,1	2,32
3. Långsida öster	0,23	24,5	5,64
4. Fönster	1,00	3,6	3,60
5. Ytterdörr	1,00	2,0	2,00
6. Långsida väster	0,23	25,4	5,84
7. Fönster	1,00	2,7	2,70
8. Ytterdörr	1,00	2,0	2,00
9. Vindsbjälklag	0,07	67,0	4,69
10. Golv	0,09	67,0	5,70
Aom & Summa U*A		214,40	36,81

Köldbrygga	Psi (W/m, °C)	L (m)	Psi*L
Grund-yttervägg	0,09	38,40	3,46
Vindsbjälklag-yttervägg	0,03	38,40	1,15
Fönster-yttervägg	0,06	38,00	2,28
Hörm ytttervägg	0,02	8,80	0,18
Längd köldbrygga & Summa Psi*L		123,60	7,06

Använda konstruktioner

Typ 1.

Golv med kryppgrund

Bjälklag

	(mm)	(W/m, °C)	(%)	(W/m, °C)
Trä	28	0,14	7,5	0,14

Markisolering

	(mm)	(W/m, °C)	(%)	(W/m, °C)
Isover Bjälklagsskiva 3	300	0,036		

Värmeövergångsmotstånd inne Rsi: 0,17 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd ute Rse: 0,04 m², °C/W

U-värde: 0,085 W/m², °C

Typ 2.

Vindsbjälklag

	(mm)	(W/m, °C)	(%)	(W/m, °C)
Trä	30	0,14	11	0,14
Isover Plastfolie	0			
Isover Bjälklagsskiva 3	500	0,036		
Vindsutrymme	1700			

Värmeövergångsmotstånd inne Rsi: 0,10 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd ute Rse: 0,04 m², °C/W

U-värde: 0,070 W/m², °C

Typ 3.

Yttervägg

	(mm)	(W/m, °C)	(%)	(W/m, °C)
Trä	21	0,14		
Väggisoler	45	0,037	10	0,14
Isover Plastfolie	0			
Väggisoler	120	0,037	7,5	0,14
Isover Vindskydd	10			
Luftspalt, svagt ventile	28			
Trä	60	0,14		
Puts	20	1		

Värmeövergångsmotstånd inne Rsi: 0,13 m², °C/WVärmeövergångsmotstånd ute Rse: 0,04 m², °C/WU-värde: 0,230 W/m², °C**Använda fönstertyper**

Typ 4.

Fönster

U-värde: 1,000 W/m²,K**Använda dörrtyper**

Typ 5.

Ytterdörr

U-värde: 1,000 W/m²,K

Byggnadsytor - Bostad

Yta 1.

Norrgavel

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 0°

Nettoarea: 10,1 m²

Yta 2.

Södergavel

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 180°

Nettoarea: 10,1 m²

Yta 3.

Långsida öster

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 90°

Nettoarea: 24,5 m²

Yta 4.

Fönster

Konstruktion: Fönster

Orientering: 90°

Nettoarea: 3,6 m²

Yta 5.

Ytterdörr

Konstruktion: Ytterdörr

Orientering: 90°

Nettoarea: 2,0 m²

Yta 6.

Långsida väster

Konstruktion: Yttervägg

Orientering: 270°

Nettoarea: 25,4 m²



Yta 7.

Fönster

Konstruktion: Fönster

Orientering: 270°

Nettoarea: 2,7 m²

Yta 8.

Ytterdörr

Konstruktion: Ytterdörr

Orientering: 270°

Nettoarea: 2,0 m²

Yta 9.

Vindsbjälklag

Konstruktion: Vindsbjälklag

Orientering: 0°

Nettoarea: 67,0 m²

Yta 10.

Golv

Konstruktion: Golv med kryppgrund

Orientering: 0°

Nettoarea: 67,0 m²