

Energieffektivisering av miljonprogrammet

– Fallstudie av renoveringsobjekt Kv. Adjunkten 1 i Kristianstad



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggnadsvetenskap

Examensarbete:
Mustafa Al Hamami

© Copyright Mustafa Al Hamami

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

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

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2010

Sammanfattning

Kring 1960-talet upplevde Sverige en omfattande bostadsbrist. Regeringens lösning på detta problem var att under tioårsperioden 1965-1975 bygga en miljon bostäder - därav namnet ”miljonprogrammet”. För att klara av att bebygga landet med en miljon bostäder var byggbranschen tvungen att rationalisera och effektivisera byggprocessen. Under miljonprogrammet byggdes 25 % av Sveriges nuvarande bostadsbestånd.

I Sverige står bostadssektorn för ungefär 36 % av den totala energianvändningen i samhället. En stor del av bostadssektorns energiförbrukning upptas av miljonprogrammets bebyggelse som ur energisynpunkt är väldigt undermålig, saknar tillräckligt täta klimatskal och har dåligt reglerade ventilationssystem. Det finns därför stora energisparpotentialer i miljonprogramsbostäderna då man renoverar. Det finns en hel del energieffektiviserande åtgärder som både är enkla att utföra och lönsamma att vidta.

I denna rapport har ett loftgångshus från miljonprogrammet som genomgår renovering studerats. Loftgångshuset är byggt kring mitten av 1970-talet och beläget i Österäng, en förort till Kristianstad, och renoveringen handhas av byggtreprenören Thage Anderssons Byggnads AB. I samband med renoveringen tilläggsisolerar loftgångshuset med 50 mm Västkustskiva.

I rapporten undersöks byggnadens specifika energibehov, simuleringar av köldbryggor vid konstruktionsanslutningar och handberäkning av relativa fuktigheter i ytterväggen. Beräkningar görs både före och efter renovering.

Mina studier av loftgångshuset innan renovering pekar på stora problem med köldbryggor, särskilt vid balkonger, loftgångar och L-stödsförankringar. Även vid fönsterinfästningar, med fönsterglas med U-värde $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, uppkommer stora värmeförluster. Dessutom visar resultaten att husen inte är täta, att klimatskärmen saknar tillräcklig värmeisolering och att ytterväggskonstruktionen innehar kritiska fukthalter.

Efter renovering uppnås god värmeisolering, ytterväggarna upplever acceptabla fukthalter och energiförbrukningen sjunker kraftigt. Men en del betydande köldbryggor, särskilt kring L-stöden och loftgångarna, kvarstår och hade kunnat förhindras utan större ingrepp eller kostnader.

Nyckelord: Miljonprogrammet, energieffektivisering, energianvändning, renovering, loftgångshus, tilläggsisolering, köldbrygga, relativ fuktighet.

Abstract

Around the 1960s, Sweden experienced a major shortage of housing. The government's solution to this problem was to build one million homes during the years 1965-1975, hence the name "the million programme". To be able to colonize the country with one million dwellings the construction industry had to rationalize and streamline the construction process. During the million programme 25 % of Sweden's current housing stock was built.

In Sweden, the housing sector stands for about 36 % of the total energy consumption in the society. A large part of the housing sector's energy consumption is taken up by the houses from the million programme which are very substandard from the energy viewpoint, lack sufficiently tight climate screens and have poorly controlled ventilation systems. There is therefore great potential for energy savings in the homes from the million programme when renovating. There are a lot of energy efficiency measures that are both easy to perform and profitable to take.

In this report a house with external galleries from the million programme, undergoing renovation, is studied. This house is built around the mid 1970s and located in Österäng, a suburb of Kristianstad, and the renovation is managed by the construction company Thage Anderssons Byggnads AB. In connection with the renovation the house is insulated with 50 mm *Västkustskiva*.

In this report the building's specific energy consumption, simulation of thermal bridges in the construction design and hand calculation of relative humidities in the outer wall are investigated. Calculations are made both before and after renovation.

My studies of the house before renovation are pointing to significant problems with thermal bridges, especially at the balconies, external galleries and L-support anchorages. Even at the window anchorages, with window glass with the U-value $3.0 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$, considerable heat loss occurs. In addition, the results show that the houses are not tight, that the climate screen lacks sufficient thermal insulation and that the outer wall design holds critical moisture levels.

After renovation, the house achieves good thermal insulation, external walls experience acceptable moisture levels and energy consumption plummets. But some significant thermal bridges, especially around the L-supports and external galleries, remain and could have been prevented without big operations or costs.

Keywords: The million programme, energy efficiency, energy consumption, renovation, house with external galleries, additional insulation, thermal bridges, relative humidity.

Förord

Denna rapport är ett examensarbete utfört på högskoleingenjörsutbildningen Byggt teknik med arkitektur på Campus Helsingborg, Lunds Universitet. Examensarbetet omfattar 22,5 högskolepoäng och utgör den avslutande delen av högskoleingenjörsutbildningen. Rapporten har utförts under vårterminen 2010 på avdelningen för Byggnadsvetenskap i samarbete med byggtreprenören Thage Anderssons Byggnads AB i Kristianstad.

Till att börja med vill jag rikta ett stort tack till mina kära vänner Evert Lindhe och Kerstin Nilsson som gjort detta examensarbete möjligt. Jag vill även tacka min examinator, professor Lars Sentler, som bidragit med mycket hjälp och kunskap. Jag tackar också mina handledare Magnus Claesson och Benny Eklund på Thage Anderssons Byggnads AB som med glädje låtit mig ta del av företagets projekt. Jag är även tacksam för Lars Göran Larssons hjälp, då han försett mig med HEAT 2-programmet som varit aktuellt i denna rapport.

Avslutningsvis vill jag tacka min familj, speciellt min mamma som visat stort engagemang.

Helsingborg i maj 2010

Mustafa Al Hamami

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Krav och regler	2
1.1.1.1 Definitioner för BBR 2008	3
1.1.1.2 BBR 2008.....	4
1.1.1.3 EU:s direktiv	5
1.2 Syfte och problemformulering	6
1.3 Metod	6
1.4 Avgränsningar	7
2 Historik	8
2.1 Miljonprogrammet	8
2.1.1 Allmänt.....	8
2.1.2 Byggnadsteknik	10
2.2 Österäng, Kristianstad	11
2.2.1 Loftgångshusen	12
3 Teori	13
3.1 Värmeteori	13
3.2 Fuktteori	14
3.2.1 Allmänt om fukt.....	14
3.2.2 Luftfukt	14
3.2.3 Fukt i material	15
3.2.3.1 Trä.....	17
3.2.3.2 Tegel	17
3.2.3.3 Betong.....	17
3.2.3.4 Mineralull.....	17
3.2.3.5 Gips	17
3.2.3.6 Cellplast	18
3.3 Lufttäthet	18
3.4 Köldbryggor	19
4 Byggnadsteknisk analys	20
4.1 Byggnadsteknisk analys av loftgångshusen innan renovering	20
4.1.1 Tak.....	22
4.1.2 Tak över balkong	22
4.1.3 Gavel	22
4.1.4 Bärande mellanväggar	22
4.1.5 Fönster.....	22
4.1.6 Yttervägg på entréfasaden	23
4.1.7 Yttervägg på loftgångshusens baksida	23
4.1.8 Yttervägg vid balkong	24

4.1.9 Våningsbjälklag	24
4.1.10 Balkonger	24
4.1.11 Loftgång	25
4.1.12 Grund	25
4.2 Byggnadsteknisk analys av loftgångshusen efter renovering	26
4.2.1 Tak	27
4.2.2 Yttervägg på entréfasaden	28
4.2.2.1 Marklägenheterna	28
4.2.2.2 Våning 2-3.....	29
4.2.3 Yttervägg på loftgångshusens baksida.....	30
4.2.4 Gavel.....	30
4.2.5 Balkonger	31
4.2.6 Fönster	32
4.2.7 Loftgång	32
4.2.8 Grund	32
5 Problematik kring loftgångshusen på Österäng.....	33
5.1 Tak.....	33
5.2 Ytterväggar	34
5.3 Badrum	35
5.4 Balkonger och loftgångar	36
5.5 Fönster och dörrar	36
5.6 Grund	36
6 Åtgärder vid renovering ur energisynpunkt.....	37
6.1 Tak.....	39
6.2 Ytterväggar	39
6.3 Badrum	39
6.4 Balkonger och loftgångar	39
6.5 Fönster.....	40
6.6 Grund	40
6.7 Övrigt	41
6.7.1 Uppvärmning.....	41
6.7.2 Ventilationssystem	41
7 Besparing vid genomförda åtgärder	42
8 Beräkningsdel.....	46
8.1 Mått.....	46
8.2 Formler och definitioner	47
8.2.1 Energiberäkning.....	47
8.2.2 U-värdesberäkning.....	49
8.3 Materialdata.....	50
8.4 Energiberäkningar	51
8.4.1 Beräkningsprogram.....	51

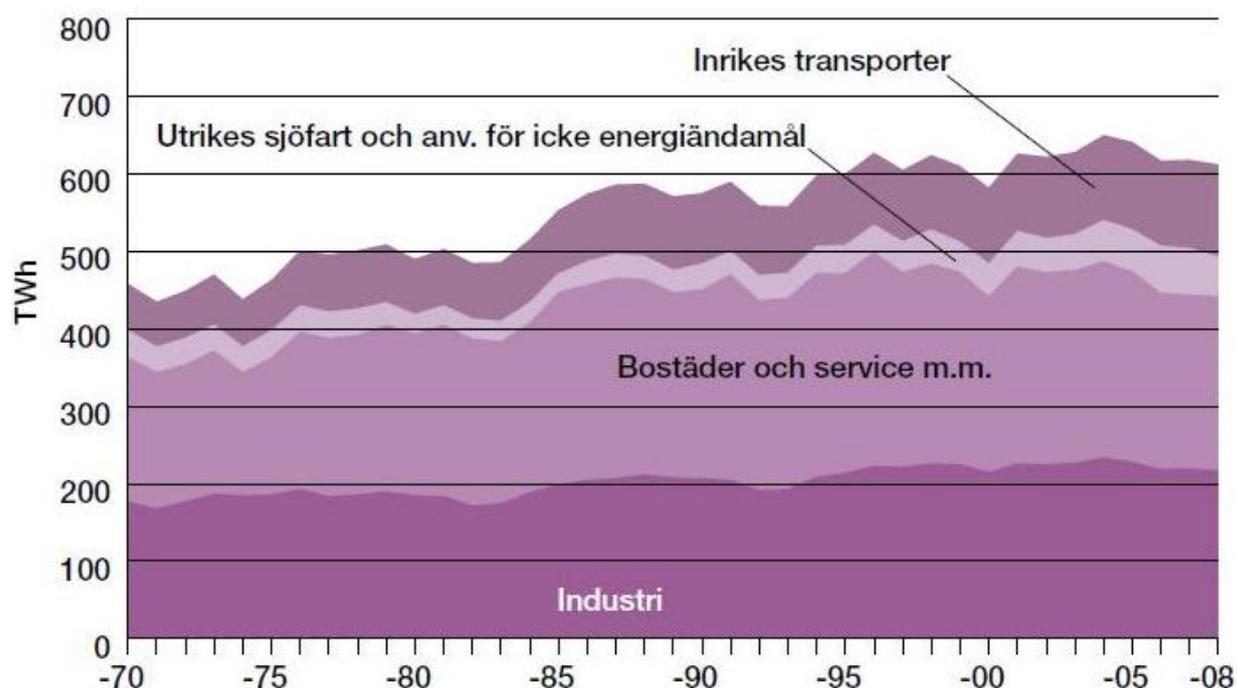
8.4.1.1 HEAT 2 version 7.1	51
8.4.1.2 Isover Energi 3	51
8.4.2 Förutsättningar och avgränsningar	51
8.4.3 U-värdesberäkning	52
8.4.3.1 Slutsats	55
8.4.4 Isover Energi 3	56
8.4.4.1 Referensvärde E _{pref} för flerbostadshus	56
8.4.4.2 Indata	57
8.4.4.3 Resultat från Isover -beräkningarna	58
8.4.4.4 Slutsats efter Isover Energi-beräkning	60
8.4.5 Beräkning av relativ fuktighet i väggsikt	61
8.4.5.1 Resultat från beräkningarna	62
8.4.5.2 Slutsats efter RF-beräkning	68
8.4.6 Köldbryggor på HEAT 2	70
8.4.6.1 Köldbryggor innan renovering	70
8.4.6.2 Resultat av simulering på HEAT 2	76
8.4.6.3 Slutsats efter HEAT 2-simulering	90
Källförteckning	92
Elektroniska källor	92
Tryckta källor	94
Intervjuer	94
Bilaga 1 – Isover-beräkning för orenoverat hus	95
Bilaga 2 – Isover-beräkning för renoverat hus + 50 mm	98
Bilaga 3 – Isover-beräkning för renoverat hus + 80 mm	101
Bilaga 4 – RF-beräkning innan renovering	104
Bilaga 5 – RF-beräkning efter tilläggsisolering på 50 mm	108
Bilaga 6 – RF-beräkning efter tilläggsisolering på 80 mm	112

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sveriges totala energianvändning uppgick till 612 TWh år 2008. Bostadssektorn står för en stor del av den totala energianvändningen och beräknas utgöra 36 % av energibehovet i samhället, se figur 1.¹

I dagens läge är det många faktorer som gynnas av att energieffektivisera byggnader och bostadsbebyggelse. Detta eftersom energipriserna har stigit en hel del på senare år, klimatdebatten har blivit en nyckelfråga i dagens samhälle och miljonprogrammets bebyggelse står inför en tid då bostäderna har passerat sitt bäst-före datum. Bostäderna måste därför antingen rivras helt eller renoveras så att de uppfyller rådande krav och regler.

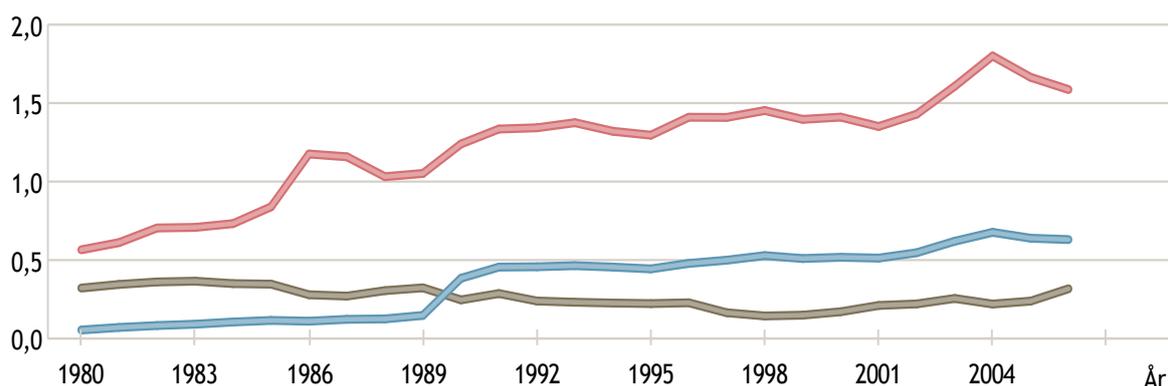


Figur 1. Den totala energianvändningen uppdelad på sektorer år 1970-2008. (Bilden är hämtad från: Energiläget 2009, Energimyndigheten)

¹ Energiläget 2009, Energimyndigheten

Hushållens energikostnader

Kronor per kilowattimme, 2006 års priser



Källa: SCB, Energimyndigheten och Riksbanken

* Avser hushållens totala energikostnader för bostaden inklusive skatter, råvarukostnader och handelns påslag.

Hämtat: 2010-03-15

ekonomifakta

Totalt* Råvarukostnad Skatter och moms

Figur 2. Enerprisens förändring sedan 1980. (Bilden är hämtad från: <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energikostnader/Hushallens-energikostnader/>)

Enerpriserna har stigit markant på senare år, från 0,56 öre per kWh år 1980 till 1,58 öre per kWh år 2006, se figur 2. Idag består större delen av hushållens energikostnader av skatter, medan råvaran i sig har varit konstant genom åren.²

Den billiga energikostnaden under miljonprogrammets framfart resulterade bl.a. i att man inte koncentrerade sig på att utforma byggnader efter energiförbrukning och därför kom bostäder från denna tid att bli mycket energislösande. Byggnader konstruerades bl.a. med otillräckliga klimatskärmar och dåliga ventilationssystem vilket gjorde att de bokstavligen talat läckte ut värme.³

Inom bostadssektorn utgör bostäder och lokaler 86 % av energianvändningen och 61 % av energin inom sektorn går åt till uppvärmning och varmvatten.

1.1.1 Krav och regler

Klimatdebatten om hållbart byggande har resulterat i allt strängare riktlinjer och krav angående energianvändning inom bostäder och lokaler. Detta medför att renovering av de undermåliga bostäderna från miljonprogrammet kommer att vara omfattande då bebyggelsen från denna epok har ordentliga brister.

² <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energikostnader/Hushallens-energikostnader/>

³ Samtal med Lars Sentler.

Det finns två huvudsakliga direktiv att följa: dels Boverket och deras byggregler (BBR 2008) och dels EU:s miljö- och energidirektiv.

1.1.1.1 Definitioner för BBR 2008

Hämtat ur BBR 2008.

A_{temp}	golvarea i temperaturreglerade utrymmen som är avsedd att värmas upp till mer än 10 °C och som är begränsad till klimatskärmens insida, exklusive garage.
U_m	genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor som anger kravet på en byggnads värmeisolering.
A_{om}	byggnadens omslutande area mot uppvärmd inneluft. Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.
Byggnadens energianvändning	den till byggnaden under ett normalår levererade energin (vanligen benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, varmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Hushållsenergi, energi från solceller och solfångare och verksamhetsenergi ingår inte i en byggnads energianvändning.
Komfortkyla	den kyla som används för att sänka byggnaders inomhustemperatur för människors komfort.

1.1.1.2 BBR 2008

Boverket är en svensk förvaltningsmyndighet som ansvarar för frågor om byggd miljö och hushållning med mark- och vattenområden, för fysisk planering, byggande och förvaltning av bebyggelsen och för boendefrågor.⁴

BBR (Boverkets byggregler) är en regelsamling över hur byggnader ska uppföras efter specifika, uppsatta krav. BBR omfattar ett antal avsnitt med allt från buller- och brandskydd till bärförmåga och energihushållning.

I denna rapport studeras enbart avsnitt 9- Energihushållning. Jag har valt att bara ta med kraven om specifik energianvändning och om värmeisolering ur avsnitt 9. Kraven gäller vid renovering, tillbyggnad och nybyggnad.

Ur BBR- avsnitt 9 Energihushållning, Byggnaders specifika energianvändning:

”Reglerna ställer krav på en byggnads specifika energianvändning för bostäder respektive lokaler och anges som maximalt tillåten energimängd per golvarea och år (kWh/m², år).”

Krav på specifik energianvändning bestäms efter de olika klimatzonerna I,II och III, byggnadstyp (t.ex. om det är en lokal eller bostad) och om elvärme används.

Ur BBR- 9:2 Bostäder (supplement februari 2009):

”Bostäder ska vara utformade så att byggnadens specifika energianvändning högst uppgår till 150 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon I, 130 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon II och 110 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon III.”

Ur BBR- 9:3 Lokaler (supplement februari 2009):

”Lokaler ska vara utformade så att byggnadens specifika energianvändning högst uppgår till 140 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon I, 120 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon II och 100 kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon III. För lokaler med uteluftsflöde över 0,35 l/s, m² får ett tillägg göras motsvarande 110($q-0,35$) kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon I, 90($q-0,35$) kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon II och 70($q-0,35$) kWh per m² golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon III, där q är det genomsnittliga uteluftsflödet under hela uppvärmningssäsongen (l/s, m²). (BFS 2006:12).”

Ur BBR- avsnitt 9 Energihushållning, Värmeisolering:

”Kravet på byggnadens värmeisolering ställs som genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för byggnaden, inklusive köldbryggor.”

⁴ www.boverket.se - Om Boverket

Ur BBR- 9:2 Bostäder

”Den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m) får för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) inte överskrida $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$. För byggnader som innehåller både bostäder och lokaler viktas kraven i proportion till golvarean (A_{temp}). (BFS 2006:12).”

Ur BBR- 9:3 Lokaler

”Den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m) får för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) inte överskrida $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. För byggnader som innehåller både bostäder och lokaler viktas kraven i proportion till golvarean (A_{temp}). (BFS 2006:12).”

Byggnader som inte uppfyller kraven som är ställda i BBR 9:2 och 9:3 bör genomgå undersökning för att se över vilka åtgärder som är aktuella att vidta med tanke på byggnadens byggnadstekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden. Dessutom så har regeringen fattat beslutet att flerbostadshus och lokaler skall ha energideklareras senast vid utgången av år 2008. Energideklaration av byggnader är en skyldighet för fastighetsägaren och får inte vara äldre än 10 år. Deklarationen skall genomföras av en oberoende sakkunnig, enligt regeringens nya beslut.⁵

1.1.1.3 EU:s direktiv

EU:s direktiv för att minska medlemstaternas energianvändning, koldioxidutsläpp och primärenergianvändning sammanfattas i Direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002 om byggnaders energiprestanda. EU:s direktiv har lagt grunden för regeringens proposition 2005/06:145- *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*.

Direktiven avser följande:

- beräkningsmetodik för byggnaders integrerade energiprestanda
- minimikrav på nya byggnaders energiprestanda
- minimikrav på energiprestanda i befintliga stora byggnader (golvyta större än 1000 m^2) som genomgår större renoveringar
- energicertifiering av byggnader
- regelbundna kontroller av värmepannor och luftkonditioneringsystem i byggnader samt en bedömning av värmeanläggningen om värmepannorna i den är äldre än 15 år.⁶

⁵ Regeringens proposition 2005/06:145- *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*.

⁶ Direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002 - om byggnaders energiprestanda.

1.2 Syfte och problemformulering

Syftet med denna rapport är att studera hur renovering av miljonprogrammets bebyggelse, i synnerhet de loftgångshus som är belägna på Österäng, ser ut ur energisynpunkt. Rapporten skall kunna tjäna som underlag vid projektering av liknande ombyggnationer och kommande renoveringsobjekt på samma område för att förbättra huskonstruktionen, då det återstår fyra loftgångshus på Österäng som fortfarande inte har renoverats.

Jag kommer att undersöka de vidtagna åtgärderna från Thage Anderssons Byggnads AB och analysera om de är tillräckliga. Jag kommer att studera renoveringsobjektet och kontrollera om energibehovet uppfyller BBR:s krav, om det finns kritiska relativa fuktigheter som överskrids i ytterväggskonstruktionen och om påtagliga köldbryggor i konstruktionsdelar och bjälklagsanslutningar kvarstår efter renovering.

En jämförelse ur energisynpunkt mellan orenoverat och renoverat loftgångshus kommer att utföras för att påvisa den energieffektivisering som åstadkoms i samband renovering.

1.3 Metod

Inledningsvis kommer en större litteratursökning på både internet och biblioteket på Campus Helsingborg att göras om miljonprogrammet och energieffektivisering.

För att kunna utföra energiberäkningarna i denna rapport kommer Arkitekt- och Konstruktionshandlingar från Thage Anderssons Byggnads AB att studeras. I avsaknad av originalritningar på loftgångshuset innan renovering kommer data dels hämtas från litteratur om loftgångshus från miljonprogrammet och dels från Thage Anderssons Byggnads AB:s Arkitekt- och Konstruktionshandlingar.

Även personliga intervjuer kommer att utföras, med bland annat platschef och arbetsledare på Thage Anderssons Byggnads AB och driftansvarig på AB Kristianstadsbyggen, i den mån det dyker upp frågor under arbetets gång.

Beräkning av energibehov och krav på värmeisolering kommer att utföras på Isover Energi 3, simulering av köldbryggor på HEAT 2-programmet och U-värdesberäkningar på Rockwools hemsida. Beräkning av relativ fuktighet i väggskikt kommer att utföras för hand. Beräkningarna grundas på tre fall där fall 1 är orenoverat loftgångshus, fall 2 består av 50 mm tilläggsisolering och fall 3 av 80 mm tilläggsisolering.

En fotodokumentation kommer även att göras på byggarbetsplatsen.

1.4 Avgränsningar

Alla beräkningar och antaganden är baserade på loftgångshusen som är byggda på Österäng i Kristianstad, om inget annat anges. Därför bör mina resultat tolkas med hänsyn till detta. Klimatdata för Kristianstad används i beräkningarna, vilket betyder att endast byggnader i Kristianstad eller i närliggande områden beaktas.

Beräkning av relativa fuktigheter i ytterväggskonstruktionen kommer endast att genomföras för träregelsnittet. Dessutom sätts fuktillskottet till 4 g/m^3 , vilket kan kännas som ett högt värde men för att ta med de sämsta förutsättningarna blir det ett dimensionerande fuktillskott.

I Isover-beräkningarna används antagna värden på infiltration och ventilationsflöde då jag saknar uppmätta värden.

Samtliga beräkningar kommer att utföras för alla tre fall (orenoverad byggnad, 50 mm tilläggsisolering och 80 mm tilläggsisolering), med undantag för HEAT 2-simuleringarna som endast avser fall 1 och fall 2. Temperaturer i inglasade balkonger och loftgångar sätts till $+10 \text{ }^\circ\text{C}$.

På Österäng har man utöver renoveringen av gamla byggnader strukturerat om innergårdar och utemiljöer, grönområden, anordnat dagvattenhantering och byggt upp källsorteringsanläggningar i samband med renoveringsarbetet.

I denna rapport har jag enbart tagit hänsyn till den byggnadstekniska upprustningen på Österäng och avsett från de sociala och ekologiska förbättringarna som skett på området. Ingen större ekonomisk analys av renoveringen tas upp i rapporten.

2 Historik

2.1 Miljonprogrammet

2.1.1 Allmänt

Fakta i det här avsnittet är hämtat ur "HEJ BOSTAD- om bostadsbyggande i Storstockholm 1961-75" och "http://sv.wikipedia.org/wiki/Miljonprogrammet".

Under tidigt 1960-tal upplevde Sverige en stor bostadsbrist som följde av stora barnkullar, invandring och stora folkströmmar som flyttade in till städerna från landsbygden, se figur 4. Utöver bristen på tak över huvudet så var den befintliga standarden på bostäderna väldigt låg.

Då, år 1965, fattade regeringen beslutet att satsa på en storskalig bostadspolitik, i vardaglig benämning "miljonprogrammet", vilket i praktiken innebar att man skulle bygga bort bostadsbristen. Detta skulle förverkligas genom att bebygga landet med en miljon bostäder under en tioårsperiod och samtidigt höja bostadsstandarden. Tanken var att gemene man skulle ha rätt till en god och funktionell bostad.

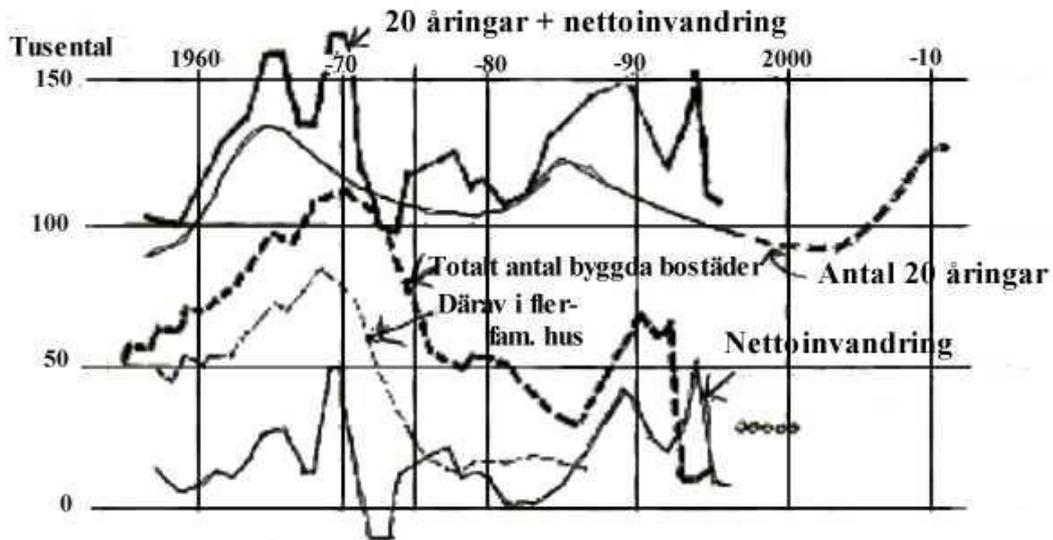
I Bostadsstyrelsens normsamling "God Bostad", som delades ut mellan åren 1964-76, sammanfattades de åtgärder som skulle vidtas för att åstadkomma högre standard på boendemiljön. I samlingen berörs varje del av bostaden såsom måttregler för såväl rumsytor som hygienutrymmen, standard för skåp, garderober, välplanerade kök, fasader och utemiljö.

För att klara av miljonprogrammets mål var man tvungen att rationalisera och mekanisera byggprocessen. För att det rationaliserade byggandet skulle få fart på riktigt infördes ekonomiska reformer och man lät byggbolagen ha totalentreprenad. På så sätt sjönk byggkostnaderna och byggnadstiderna förkortades.

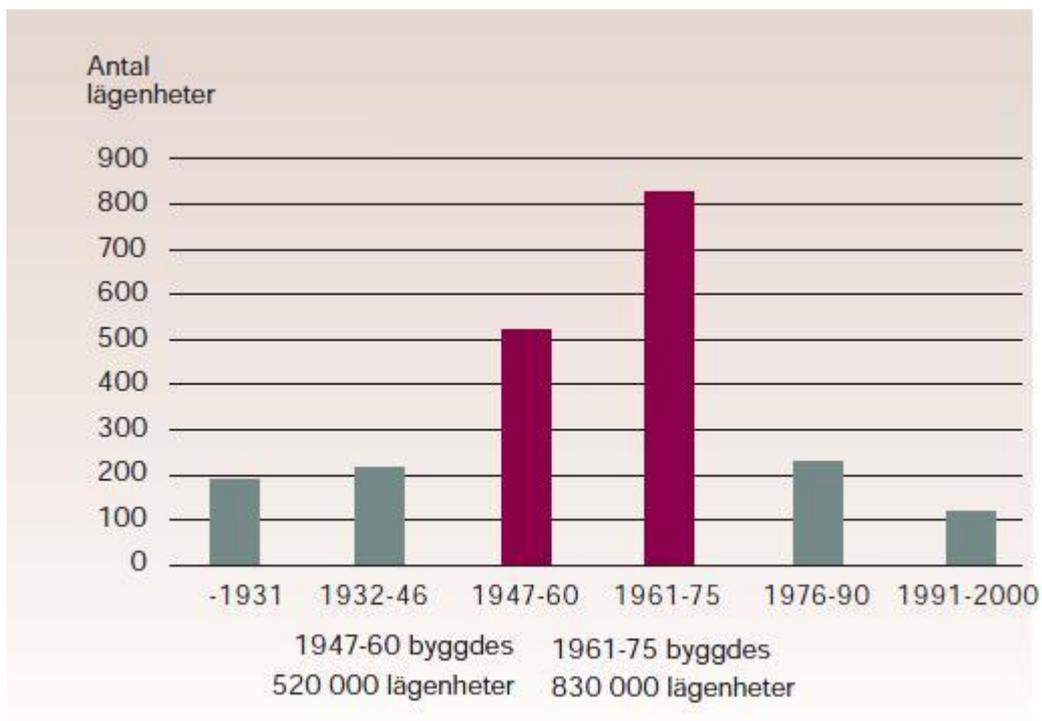
Under perioden 1965-1975 uppfördes 25 % av Sveriges nuvarande bostadsbestånd vilket kom att prägla den svenska stadsmiljön. Detta kom att förändra bebyggelsen estetiskt, byggnadstekniskt och ekonomiskt.



Figur 3. Din bild av det gråa, trista miljonprogrammet? (Bilden är hämtad från: HEJ BOSTAD- om bostadsbyggande i Storstockholm 1961-75, s.23)



Figur 4. Ungdomskullar, invandring och bostadsbyggande. (Bilden är hämtad från: *En miljon bostäder*, Arkitekturmuseets årsbok 1996, s. 41)



Figur 5. Statistik över bostadsbebyggelsen genom åren. (Bild är hämtad från: *Här renoveras... flerbostadshus byggda 1950-1975. Klart 2015?*)

2.1.2 Byggnadsteknik

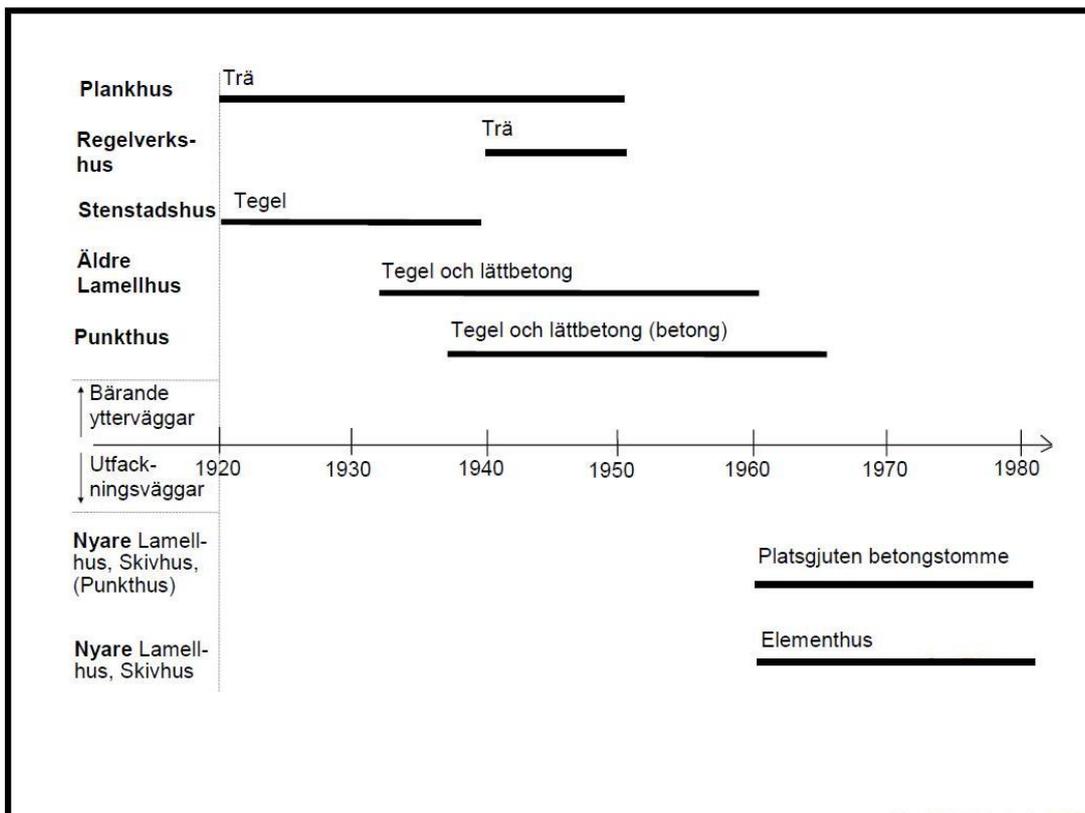
Fakta i det här avsnittet är hämtat ur ” Så byggdes husen 1880-2000” och ”<http://sv.wikipedia.org/wiki/Miljonprogrammet>”.

Det rationaliserade byggandet innebar att man började bygga med prefabricerade och platsgjutna betongelement i allt större grad vilket kom att ersätta den traditionella byggtekniken. Detta medförde att hantverkarna tappade sin roll till förmån för de tekniska system med montageanvisningar som kom att användas på byggarbetsplatsen.

Prefabricering gick ut på att förtillverka betongelement, t.ex. väggar och bjälklag, för att sedan montera fast de på plats med hjälp av lyftkranar.

Bokhyllestommen blev den vanligast förekommande formen av platsgjutna stommar. Denna metod betydde att gavlar och tvärgående väggar var bärande och ingjutna i bjälklagen och att fasaderna utgjordes av icke bärande utfackningskonstruktioner.

Den nya byggtekniken innebar kortare byggnadstid, var ekonomiskt lönsam och industrialiserade byggandet. Nackdelen med denna rationaliserade teknik ur energisynpunkt är att undermåliga byggnader med stora värmeläckage producerades.



Figur 6. Byggnadsteknik mellan åren 1920-1980. (Bilden är hämtad från: ”Utformning av klimatskärm”, Helena Bülow – Hübe, Energi och ByggnadsDesign)

2.2 Österäng, Kristianstad

Fakta i det här avsnittet är hämtat ur "Ett framåtsyftande experiment- ABK under 60- och 70-talet" och "Dyr renovering räddar rivningsmoget område" från tidningen Arkitekten.

Området som jag har baserat mina studier på heter Österäng och är en förort i Kristianstad. Thage Anderssons Byggnads AB, som jag gör mitt examensarbete hos, genomför i dagsläget ombyggnation av två loftgångshus på Kv. Adjunkten 1 på Hjalmar Söderbergs väg 11-12.

Stadsdelen byggdes bokstavligen upp under miljonprogrammets framfart då Österäng innan dess bara bestod av oexploaterad mark. Förslaget att bebygga Österäng bestreds av förståliga skäl av många på grund av de dåliga grundförhållandena. Området ligger igenomsnitt minus två meter under havsytan och bestod av sumpmark på gammal sjöbotten (Österäng hade varit en del av Nosabysjön, som torrlades på 1860-talet).

Bostadsstyrelsen i kommunen ville ha ett område tillräckligt nära Kristianstad centrum och valet föll då på Österäng. Trots oenigheterna kring och protester mot uppbyggnaden av Österäng byggdes 1200 lägenheter upp under perioden 1972-78, fördelade på 28 loftgångshus och 18 åttavånings punkthus, på området. Beställare för projektet var fastighetsbolaget AB Kristianstadsbyggen (ABK).

År 1975 hade man knappt byggt hälften av de tänkta husen eftersom efterfrågan på hyreslägenheterna i området minskade drastiskt. Detta resulterade i att man struntade i att bygga tre punkthus som man egentligen skulle genomföra. Fler problem, i form av sociala problem, kom tidigt att kopplas ihop med Österäng då området beboddes till största delen av invandrare och ensamstående föräldrar.

På Österäng utförs sedan 1996 en omfattande renovering av miljonprogrammets bebyggelse i etapper där slutresultatet är en ansiktslyftning för hela området. Efter renoveringen av de två loftgångshus som just nu genomförs återstår tre punkthus och fyra loftgångshus innan samtliga hus är upprustade. Renoveringen av punkthusen är inte lika omfattande som loftgångshusen och består endast av en mindre upprustning.

Kostnaden för renovering av loftgångshusen beräknas ligga på cirka en miljon kronor per lägenhet.

2.2.1 Loftgångshusen

Fakta i det här avsnittet är hämtat ur "En prototyp för det fortsatta miljöarbetet - ABK under 90-talet" och "Dyr renovering räddar rivningsmoget område" från tidningen Arkitekten.

Loftgångshusen på Österäng har dubbelsidiga lägenheter med entrédörrar ut mot en gemensam korridor, loftgång, och har tre våningar. Loftgångshusen är ett rationaliserat alternativ med tanke på att trapphuset betjänar ett större antal lägenheter än de traditionella trapphusen. Loftgångshusen blev en allt vanligare hustyp mot slutet av miljonprogrammet. Loftgångshusen placerades parallellt med varandra med en entrégård mellan huskropparna .

Loftgångshusen på Österäng (se figur 7) visade sig ha stora byggnadstekniska brister och fel såsom läckage i de flacka taken med invändig avvattnings, olämplig betong i balkonger och loftgångar, dåligt isolerade fönster och dörrar, fuktskador i grunden, inget tätskikt i badrummen, röta, mögel m.m.

Utöver konstruktionsfelen så klagade hyresgäster på allergier och dålig inomhusluft, något som man senare kunde relatera till de använda kemikalier och emissioner från byggmaterialen. Man hade bl.a. använt PCB, asbest, kaseinhaltigt flytspackel och lim vilket äventyrade de boendes hälsa. Husen kom senare att anses vara "sjuka hus".



Figur 7. Loftgångshus på Österäng.

3 Teori

De tre byggnadstekniska faktorerna som spelar in på en byggnads energianvändning är fuktsäkerhet, lufttäthet och köldbryggornas inverkan. Klimatskärmen ska vara välisolerad, lufttät och inneha minimala köldbryggor. Det gäller att ta hänsyn till samtliga faktorer vid bebyggelse för att uppnå god energibalans i en byggnad.

3.1 Värmeteori

Fakta i det här avsnittet är hämtat ur ” Byggteknik - Del B: Byggnadsfysik ” av Gösta Hamrin.

En byggnad förlorar värme på följande sätt; genom transmission som innebär att värme transporteras genom ett material och genom ventilation som innebär att varm luft transporteras genom ventiler och otätheter. Orsaken till värmetransport är temperaturskillnad mellan inomhus- och utomhusklimat. För att förhindra att allt för stora värmeflöden läcker ut genom en byggnad, transmitteras, förses man konstruktionen med värmeisolering.

Transmissionsförlusterna beräknas med hjälp av ett materials värmeisoleringsförmåga, även kallad värmegenomgångskoefficient, och kallas U-värde. U-värdet anges som *den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av väggen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor om väggen är en grad*. Beräkning av U-värde tas upp i ekvation 8.12 och 8.14.

Värmetransport i ett material sker med hjälp av tre processer; ledning, strålning och konvektion.

Ledning sker huvudsakligen i fasta material och hur bra ett material leder värme beror på vilket material det handlar om. Ioporösa material som betong och stål transporteras värmen främst genom ledning.

Strålning innebär att värme överförs från varma till kalla material. Står man vid ett dåligt isolerat fönster eller vägg så känner man en kylande effekt och detta beror i själva verket på att människokroppen strålar värme till den betydligt kallare ytan.

Konvektion innebär värmeöverföring genom luften och kan te sig på två sätt; egenkonvektion som innebär att varm luft stiger och påtvingad konvektion som orsakas av vindrörelser.

Som mått på hur bra värmeisoleringsegenskaper ett material har anges värmeledningsförmågan (värmekonduktivitet) som betecknas λ -värde (lambda-värde) och definieras som *den värmemängd som per sekund passerar genom en m^2 av ett material med en meters tjocklek då skillnaden i lufttemperatur är en grad*. λ -värdet inkluderar samtliga värmetransporter genom ledning, strålning och konvektion.

3.2 Fuktteori

Fakta i det här avsnittet är hämtat ur "Fukthandbok - Praktik och teori" av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson, om inget annat anges.

3.2.1 Allmänt om fukt

I denna rapport berörs inte det kemiskt bundna vattnet utan det är det fysikaliskt bundna vattnet som studeras och benämns som fukt.

En byggnadsingenjörs tveklöst största fiende är fuktpåverkan. Fukt är vatten i aggregationsformerna vattenånga, vätska eller is. Vatten avdunstar till ånga och ånga kondenserar till vatten.

Fukt kan orsaka skador på byggnadsdelar om det förekommer i stora mängder eller dyker upp på olämpliga ställen. Fuktskador kommer i olika former såsom fula fläckar, korrosion, röta, mögel, emissioner från material, försämrade värmeisolering då värmeledningsförmåga ökar när material blir fuktigare, frostsprängning m.m. Dessa fuktskador resulterar i bl.a. hälsorisker, ökat energibehov, försämrade hållfasthet och estetiska problem.

I flerbostadshus förekommer mest fuktskador på fönsterinfästningar, våtrum, balkonger och fasader. I småhus är grunderna de mest olycksdrabbade.

Fukt tillförs en konstruktion genom nederbörd, luftfukt, byggfukt, markfukt och läckage från installationer.

Fukttransport sker genom följande processer:

- Konvektion dvs. att vattenånga transporteras med strömmande luft
- Diffusion dvs. att vattenånga transporteras pga. skillnader i ånghalt
- Kapillärsugning dvs. att vätska transporteras pga. kapillära krafter
- Tyngdkraft dvs. att vätska transporteras pga. gravitation

Diffusion innebär i praktiken att ånga transporteras genom ett material. Ånggenomgångsmotståndet (Z) bestämmer hur mycket ånga som går igenom ett material.

Konvektion sker däremot genom porösa material, otätheter, spalter och hål. Sker lufttransport inifrån en bostad och ut finns stor risk för att den fuktigare inomhusluften kondenserar på en kall yta i sin väg ut genom t.ex. ett väggsnitt. Ofta betyder konvektion mycket större fuktrisk än diffusion.

Kapillärsugning innebär i praktiken att vatten sugas upp i ett material. Material med finare porer har större kapillära krafter än material med grova porer.

3.2.2 Luftfukt

Luftfukt är vattenånga i luften och anges som ånghalt v (g/m^3).

Luftfuktigheten i en bostad beror på uteluftens fuktighet, inneluftens temperatur och ventilationen i bostaden. Våra vardagssysslor som innefattar

aktiviteter som att laga mat, duscha, tvätta och diska gör att det är fuktigare inomhus än ute. Denna skillnad mellan fukt inne och ute benämns fuktillskott.

Temperaturen är den styrande faktorn när det gäller luftens kapacitet att transportera vattenånga. Luftens maximala innehåll av vattenånga vid en viss temperatur benämns mättnadsånghalt $v_s(g/m^3)$ och stiger med ökande temperatur.

Den relativa fuktigheten (RF) är kvoten mellan ånghalten och mättnadsånghalten och anges i procent. Relativ fuktighet är ett mått på hur mycket vattenånga luften innehåller i jämförelse med luftens maximala fuktinnehåll vid en viss temperatur. Vid 100 % relativ fuktighet är luften mättad och överstigs denna gräns så uppstår kondens.

Olika material har olika kritiska fuktillstånd (se tabell 1), som i denna rapport är det värde på relativ fuktighet som inte får överstigas för att man ska bibehålla godtagbar funktion under hela den tid materialet kan exponeras för fuktillståndet. Överstigs det kritiska fuktillståndet hos t.ex. trä kan röta - och mögelskador uppstå.

$$\text{Relativ fuktighet}(\%) = \frac{\text{ånghalt } v(g/m^3)}{\text{mättnadsånghalt } v_s(g/m^3)}$$

3.2.3 Fukt i material

Olika material uppför sig olika vid fuktpåverkan. En del material tar upp och lagrar mer fukt från omgivningens luft än andra, och då brukar man säga att de är mer hygroskopiska. Ett materials uppbyggnad och struktur är avgörande när det gäller hur det reagerar med fukt.

Fina, små porer i ett material (t.ex. betong, gips och trä) lagrar mer fukt än porösare material som t.ex. mineralull och tegel. Fuktmängden i ett material brukar anges som fukthalt eller fuktkvot.

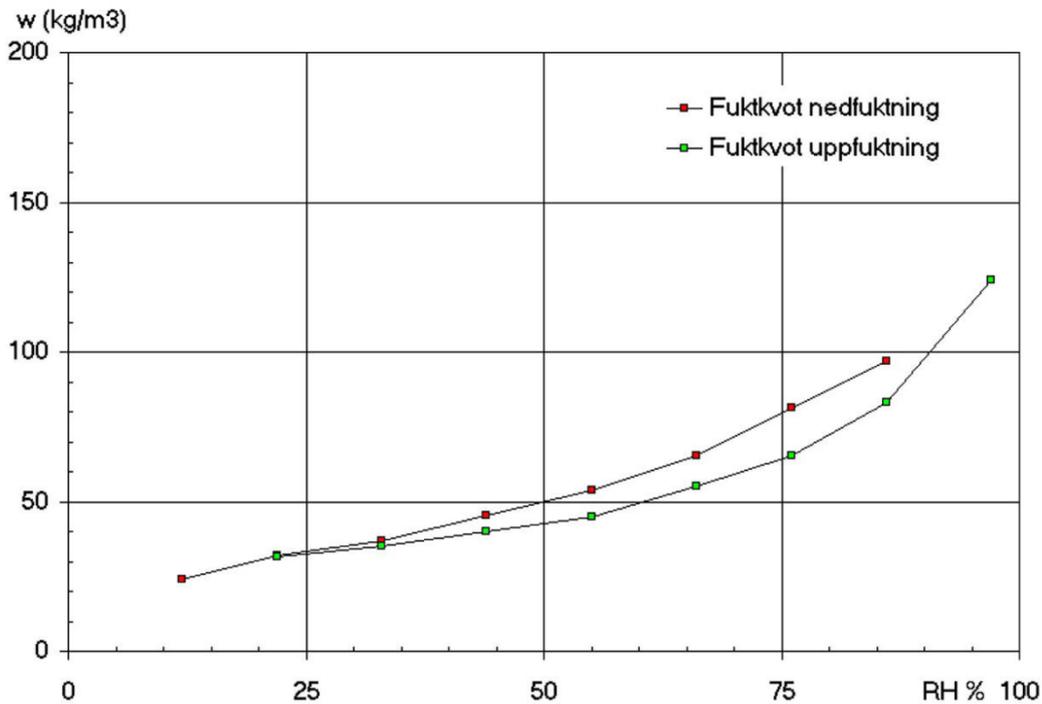
Fukthalten beskriver förhållandet mellan vattnets (fuktens) vikt och ett materials volym och anges i kg/m^3 . Fuktkvot är benämning på vattnets vikt dividerat med det torra materialets vikt och anges oftast i procent.⁷

$$\text{Fukthalt } w \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{vattnets vikt}(kg)}{\text{materialets volym}(m^3)}$$

$$\text{Fuktkvot } u(\%) = \frac{\text{vattnets vikt}(kg)}{\text{materialets torra vikt}(kg)}$$

⁷ www.isover.se, Sök: Fukt

Fukthalten och fuktkvoten i ett material är beroende av den omgivande luftens relativa fuktighet. Ett torrt material som ställs i ett fuktigt rum kommer så småningom att anta samma relativa fuktighet som luften har i rummet. Detta samband brukar beskrivas med sorptionskurvor, se figur 8.



Figur 8. Sorptionskurva för furu. (Bilden är hämtad från: [http://www-v2.sp.se/energy/ffi/fukt.asp](http://www.v2.sp.se/energy/ffi/fukt.asp))

Kritiska fukttillstånd	RF(%)
Trä och träbaserade material	75-80
Gipsskivor med papp	80-85
Betong	90-95
Mineralull	90-95

Tabell 1. Kritiska fukttillstånd för olika material.

3.2.3.1 Trä

Trä är ett anisotropt material, det vill säga att trä har olika egenskaper i olika riktningar. Fukttransport sker långsamt vinkelrätt mot fiberriktning och snabbare i träets fiberriktning. Trä har hög hygroskopisk fukthalt, vilket innebär att förmågan att binda till sig fukt från omgivande luft är stor (Vid RF 80 % har trä en fukthalt på cirka 90 kg/m³). Fukt medför stora rörelser i träet, särskilt vinkelrätt mot fiberriktningen och de fuktbetingade rörelserna innebär svällning och krympning av träet. Konsekvenserna av fuktpåverkan på trämaterial består främst av röta, mögel och insektsangrepp.

Rötsvampar bryter ned träet och tillväxten av mögelsvampar avger obehaglig lukt. Tryckimpregnerat trä skyddar mot röta men inte mot mögel.

3.2.3.2 Tegel

Tegel är ett poröst material med snabb kapillärsugning och hög ånggenomsläpplighet (vilket medför snabb uttorkningstid). Tegel binder lite fukt från omgivande luft (svagt hygroskopiskt). De fuktbetingade rörelserna (svällning och krympning) är små. Däremot är tegel utsatt för frostsprängning och saltutslag. Tegel som är utsatt för nederbörd ska frostskyddas.

3.2.3.3 Betong

Betong är uppbyggt av små, fina porer vilket innebär långsam kapillärsugning, låg ånggenomsläpplighet och hög hygroskopisk förmåga. Uttorkningstiden för betong är lång och uttorkningen medför krympning av betongen.

Vidare kan betong svälla och krympa vid fuktändringar vilket man ibland måste se över.

3.2.3.4 Mineralull

Mineralull (stenull, glasull, lösull) är ett mycket poröst material (porositet 90-98 %) och har därmed hög ånggenomsläpplighet och nästintill obefintlig kapillärsugning. De stora porerna gör även att materialet binder mycket lite fukt från luften (svagt hygroskopiskt). De fuktbetingade rörelserna är oväsentliga när det gäller mineralull då materialet är mjukt. Däremot får mineralullen försämrade värmeisoleringsförmåga då värmeledningsförmågan ökar när mineralullen blir fuktigare.

3.2.3.5 Gips

Gipsskivor som används i byggnader består av ett sandwichelement med gips i mitten och papp på sidorna. Dessa gipsskivor har relativt hög ånggenomsläpplighet men med små fuktbetingade rörelser.

Invändiga gipsskivor är inte utsatta för större fuktpåverkan medan skivor som är avsedda att användas utvändigt (som till exempel vindskydd) måste förses med vattenavvisande medel.

3.2.3.6 Cellplast

Cellplast förekommer i olika fabrikat, XPS (extruderad) eller EPS (expanderad) polystyrencellplast, och har därmed olika egenskaper. XPS har låg genomsläpplighet för vatten, luft och ånga medan EPS har högre genomsläpplighet. Ånggenomsläppligheten för EPS är likvärdig med betongens medan XPS har 1/3 av detta värde. Cellplast har obetydlig kapillärsugning och låg hygroskopicitet, däremot förekommer krympning.

3.3 Lufttäthet

Fakta i det här avsnittet är hämtat från www.isover.se, Sök: Lufttäthet.

Otättheter i byggnader kan resultera i ökat energibehov, fuktskador och rubba ventilationen inomhus. Om klimatskärmen inte är tillräckligt lufttät kan detta ge avtryck i de boendes ekonomi i form av höga elräkningar och dessutom försämra komforten inomhus.

Otättheter gör att byggnaden kommer att påverkas i allt högre grad av väderförhållandet utomhus till skillnad från ett tätt hus. Vind som blåser mot byggnaden eller skillnader i temperatur mellan inomhus och utomhus medför tryckskillnader som orsakar kallras, svårigheter med reglering av ventilation och luftläckage. Otäta byggnader kan i vissa fall läcka sju gånger mer luft än täta hus.

En otät byggnad kan medföra att inomhustemperaturen behöver höjas ytterligare, isoleringsförmågan i isoleringen försämras, energiförluster i samband med försämrade ventilation och att mögel uppkommer i byggnadsdelar som resultat av att varm inomhusluft ”trycks” ut och kondenserar i t.ex. en ytterväggskonstruktion i sin väg ut genom byggnaden. Därför är tätheten en viktig parameter att beakta när man bygger hus.

De delar i en byggnad som är viktigast att beakta ur täthetssynpunkt:

- ångspärrskarvar
- fönster och dörrfogar
- anslutningen mellan yttervägg och fönster/dörrar
- fönster och dörrars underkant
- genomföringar
- anslutningen tak/vägg och vägg/golv
- skorstenar
- invändiga vindsluckor
- syll och hammarband

3.4 Köldbryggor

Fakta i det här avsnittet är hämtat från "Värme och Fukt" av Kenneth Sandin.

En köldbrygga innebär ett värmeläckage genom klimatskalet i anslutande byggnadsdelar och uppstår då ingående material som t.ex. stål eller betong med hög värmeledning inte bryts av värmeisolering och därmed leder värme genom konstruktionen. Värmeströmningen sker två- och tredimensionellt.

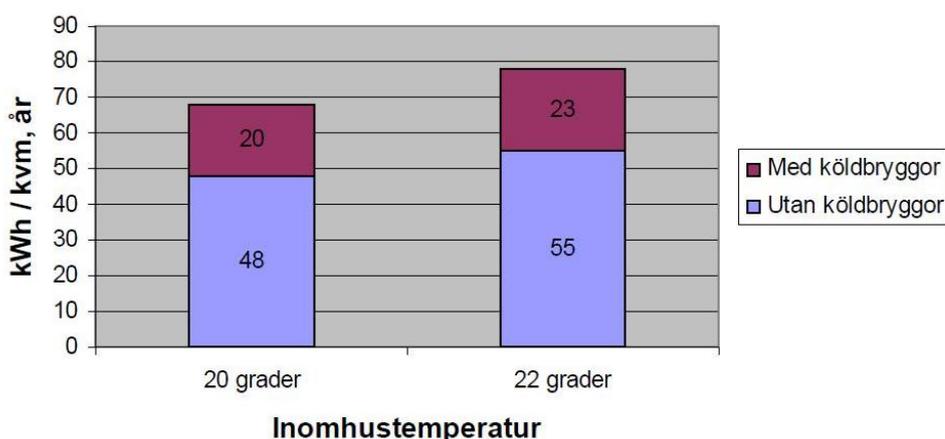
Köldbryggors inverkan har en betydande roll på energiåtgången och ska tas med i energiberäkningarna och byggnaders totala energianvändning, se figur 9. I byggnader med påtagliga köldbryggor kan uppvärmningsbehovet ge märkbara effekter på boendekvaliteten i form av drag och kostsam inverkan på ekonomin.

Andra konsekvenser som köldbryggor orsakar är lokal nedsmutsning och sänkning av temperaturen i t.ex. ett väggsnitt med kondensation och mögel som påföljd.

De konstruktionsdetaljer som är viktigast att ta hänsyn till när det gäller köldbryggor är:

- anslutning mellan tak och yttervägg
- anslutning mellan våningsbjälklag och yttervägg
- anslutning mellan yttervägg och grund
- anslutning mellan dörrar/fönster och yttervägg
- infästning av balkong och loftgång
- kramlor i tegelvägg
- stålpelare i yttervägg

Uttrycket "köldbrygga" kan kännas vilseledande då det är värmeläckage som uppstår i konstruktionen och inte kyla.



Figur 9. Köldbryggornas inverkan på en byggnads energianvändning. (Bilden är hämtad från: "Utformning av klimatskärm", Helena Bülow – Hübe, Energi och ByggnadsDesign)

4 Byggnadsteknisk analys

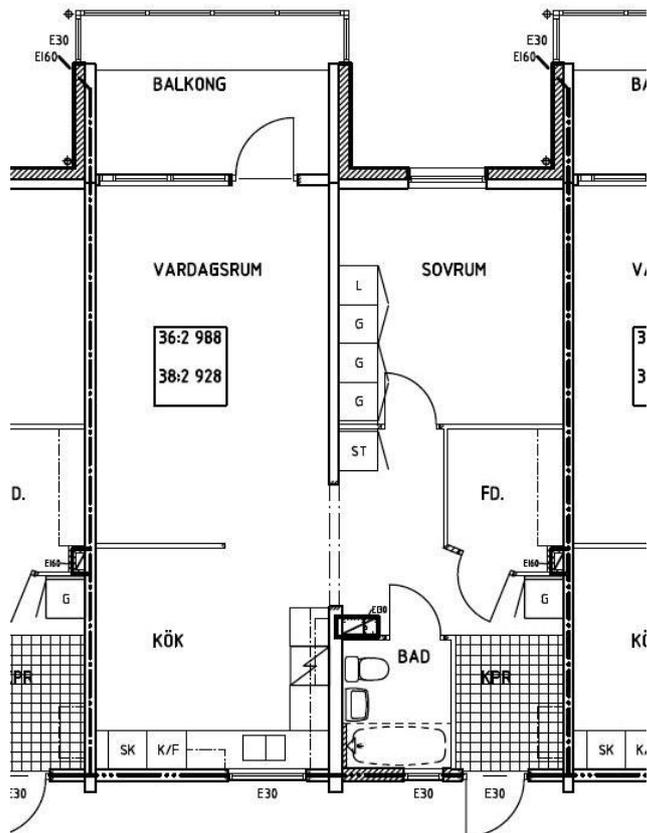
Uppgifter och data i det här avsnittet är hämtat från Thage Anderssons Byggnads AB, AB Kristianstadsbyggen och "Så byggdes husen 1880-2000".

4.1 Byggnadsteknisk analys av loftgångshuset innan reovering

I avsaknad av Arkitekt- och Konstruktionshandlingar på loftgångshuset innan reovering har fakta och värden delvis tagits från "Så byggdes husen 1880-2000" och Thage Anderssons Byggnads AB. Foton har jag tagit själv och bilder i det här avsnittet är tagna från "Så byggdes husen 1880-2000", om inget annat anges.

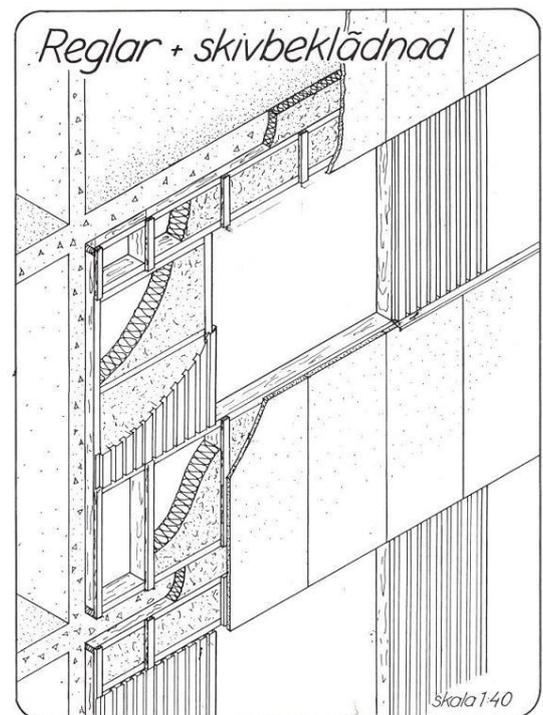


Övre fotot visar framsidan som vetter mot entrégården och nedre fotot baksidan på loftgångshuset.



Figur 10. Planlösningen i en lägenhet (planlösningen ändras inte avsevärt efter renovering).

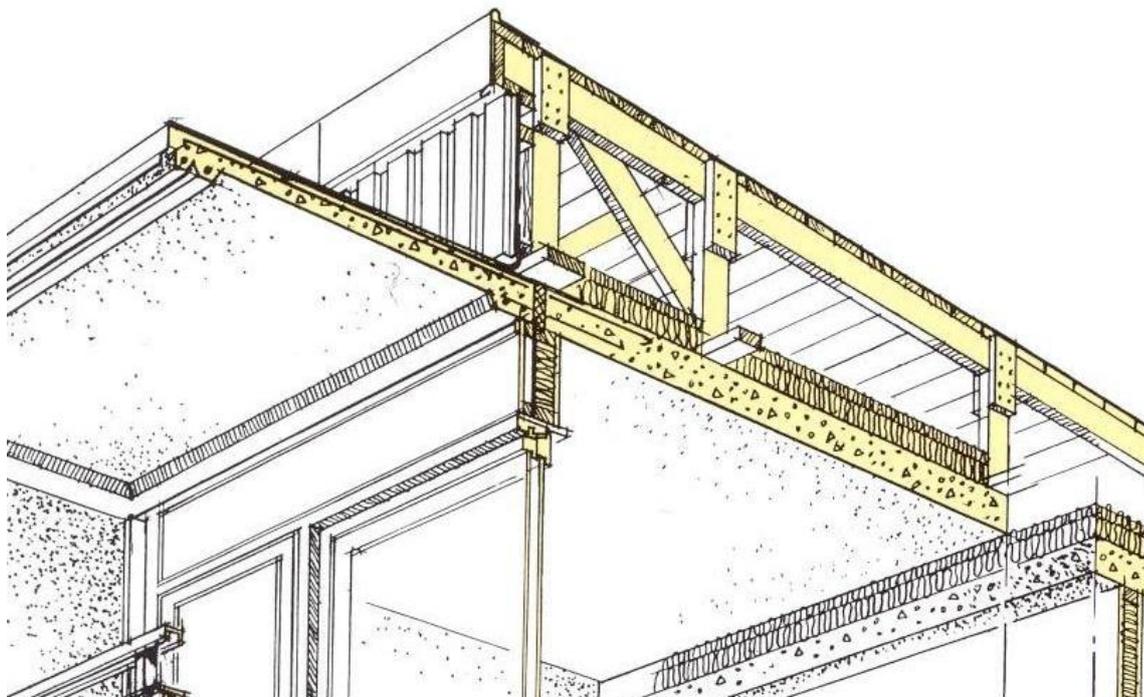
Loftgångshusen är gjorda enligt bokhyllsystemet dvs. att de har betongstomme och ytterväggar av träregelstomme som utgör icke bärande utfackningsväggar. Betongstommen består av bärande lägenhetsskiljande mellanväggar och platsgjutna gavlar. Figur 11 visar hur loftgångshusens träregelstomme utförts i betongstommen.



Figur 11. Träregelstomme i betongstomkonstruktion för loftgångshusen på Österäng.

4.1.1 Tak

Loftgångshusen har platt tak med svagt fall inåt och invändig takavvattning. Det platta taket hölls uppe av takstegar uppreglade på vindsbjälklaget. Takbeklädnaden utgörs av helklistrad takpapp. Vindsbjälklaget består av 120 mm betong med ovanpåliggande 100 mm isolering. Vattenavledande plåtbeslag är förankrade i ytterväggens krön. (Se figur 12.)



Figur 12. Takkonstruktion för loftgångshusen på Österäng.

4.1.2 Tak över balkong

Tak över balkonger består av prefabricerade betongplattor upplagda på sidostyckena.

4.1.3 Gavel

Gaveln (inifrån och ut) består av 150 mm betong, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 22 mm läkt och fasadbeklädnad av 12 mm korrugerad plåt.

4.1.4 Bärande mellanväggar

Tvärgående och bärande mellanväggar av 150 mm betong med höjden 2,5 m.

4.1.5 Fönster

Kopplade tvåglasfönster med U-värde= 3,0 W/m²K och separat ventilationsbåge på insidan. Fönster på baksidan av loftgångshusen har separat gallerförsedd ventilationsbåge.

4.1.6 Yttervägg på entréfasaden

Ytterväggen (inifrån och ut) består av 13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips och fasadbeklädnad av stående träpanel uppford med 19 mm bottenbräda och 19 mm lockbräda. (Se foto 1.)



Foto 1. Fasadbeklädnad av stående träpanel i entréfasaden.

4.1.7 Yttervägg på loftgångshusens baksida

Ytterväggen (inifrån och ut) består av 13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 22 mm läkt och fasadbeklädnad av 12 mm korrugerad plåt. (Se foto 2.)



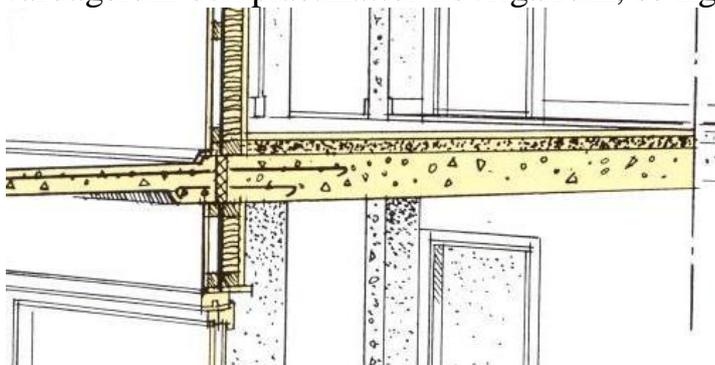
Foto 2. Fasadbeklädnad av korrugerad plåt på baksidan av loftgångshusen.

4.1.8 Yttervägg vid balkong

Ytterväggen (inifrån och ut) består av 13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips och fasadbeklädnad av stående träpanel uppförd med 19 mm bottenbräda och 19 mm lockbräda.

4.1.9 Våningsbjälklag

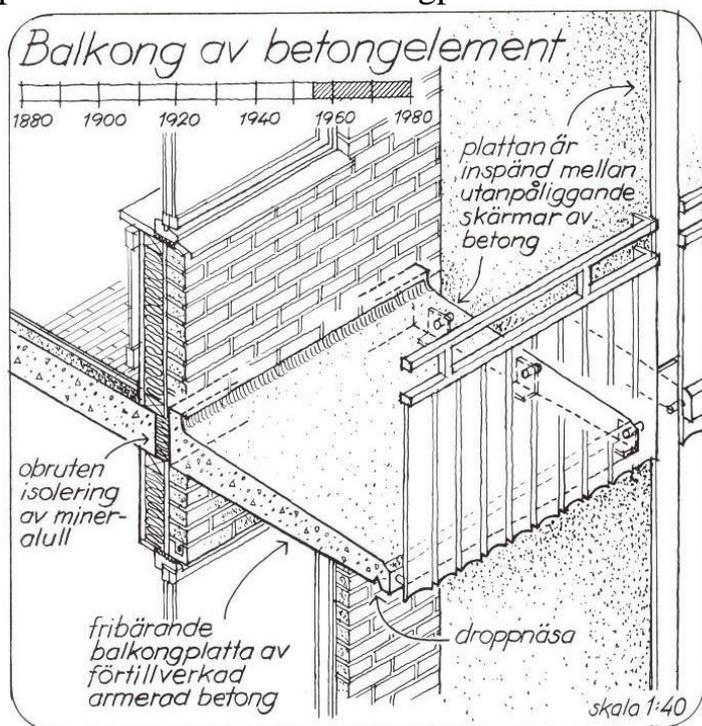
Våningsbjälklaget består av 200 mm betong med golvsikt av parkett i vardagsrum och plastmattor i övriga rum, se figur 13.



Figur 13. Våningsbjälklag i loftgångshuset på Österäng.

4.1.10 Balkonger

Utanpåliggande balkonger av 100 mm prefabricerat betongbjälklag med 40 mm isolering och ingjutet i våningsbjälklaget och med sidostycken i 160 mm betong. Balkongplattan har satts fast med två rostfria beslag på vardera sidan av sidostycket. Sidostyckena är 2,5 m höga och förankrade i bärande mellanväggar med ingjutna armeringsjärn. Balkongfronten är av korrugerad plåt som förankrats i balkongplattans framkant. (Se figur 14.)



Figur 14. Balkonginfästningen i loftgångshuset.

4.1.11 Loftgång

Loftgångsbjälklag är av 120 mm prefabricerad betong med förstyvade kanter och upplagda på L-stöd med c/c 3 m. L-stöden, som är de element som håller upp loftgångarna, är förankrade i bjälklaget med utstickande armering som är ingjutna och förankrade i de bärande, lägenhetsskiljande väggarna.

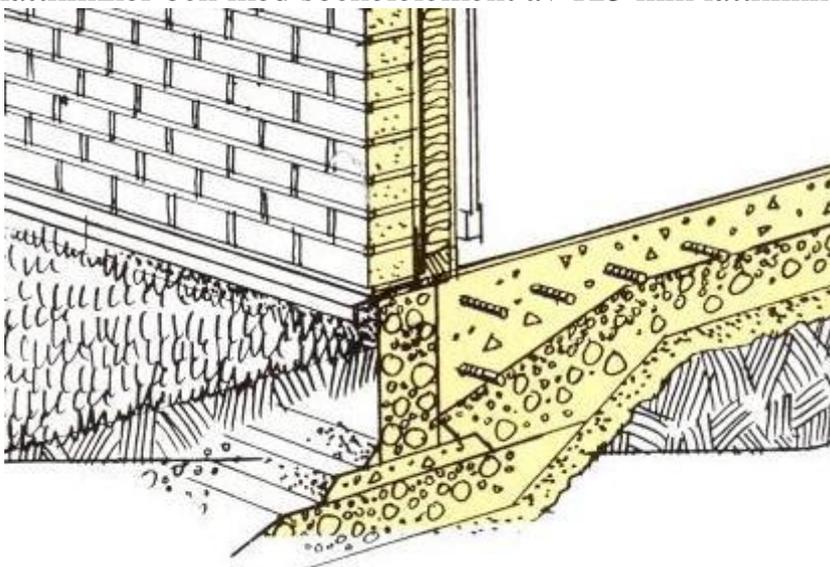
Loftgångsfront är av korrugererad plåt som förankrats i loftgångsplattans framkant. (Se foto 3.)



Foto 3. Loftgång innan renovering.

4.1.12 Grund

Armerad grundplatta av 150 mm betong på ett underlag av 150-200 mm lättklinker och med sockelelement av 125 mm lättklinker, se figur 15.



Figur 15. Grundkonstruktionen i loftgångshusen.

4.2 Byggnadsteknisk analys av loftgångshuset efter renovering

Foton har jag tagit själv och ritningar i det här avsnittet är tagna ur Arkitekt- och Konstruktionshandlingar från Thage Anderssons Byggnads AB, om inget annat anges.

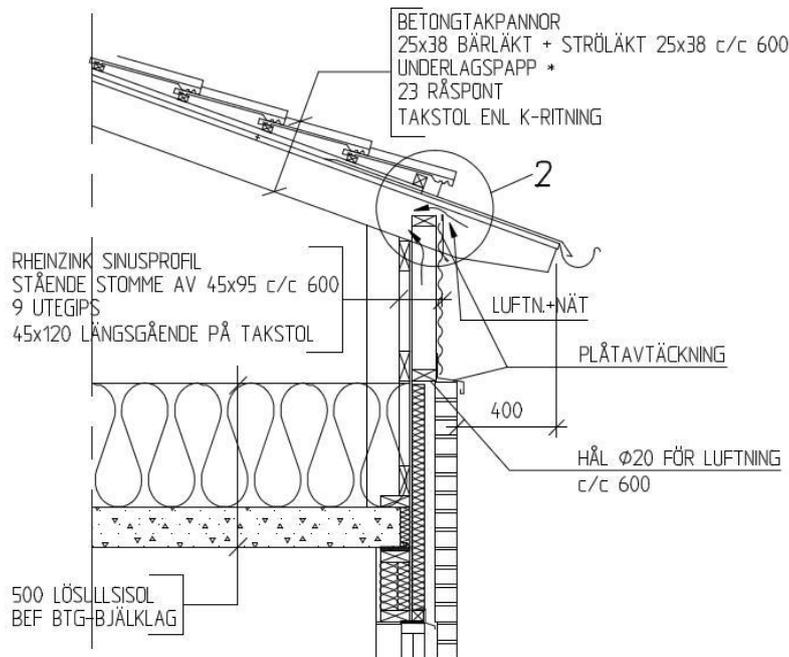
I samband med renovering rivs allt förutom betongstommen och delar av utfackningsväggarna. Hiss installeras i loftgångshuset och inglasning av loftgångar och balkonger utförs. Marklägenheterna på entréfasaden glasas inte in utan det är endast våning 2 och 3 som blir inglasade. Tilläggsisoleringen består av 50 mm Västkustskiva. Gammal fasadbeklädnad rivs och ersätts med tegel på baksidan och på gaveln och fibercementskivor på loftgångssidan.



Övre fotot visar framsidan som vetter mot entrégården och nedre fotot baksidan på loftgångshuset.

4.2.1 Tak

Det gamla flacka taket ersätts med ett sadeltak med 20° lutning och vindsutrymme som bl.a. ska rymma fläktrum. Befintligt vindsbjälklag av betong behålls men 500 mm lösullsisolering tillkommer. Det lutande taksiktet (inifrån och ut) består av takstol, 23 mm råspont, underlagspapp, 25x38 mm ströläkt, 25x38 mm bärläkt och betongtakpannor. (Se figur 16 och foto 4.)



Figur 16. Takkonstruktion i loftgångshusen efter renovering.

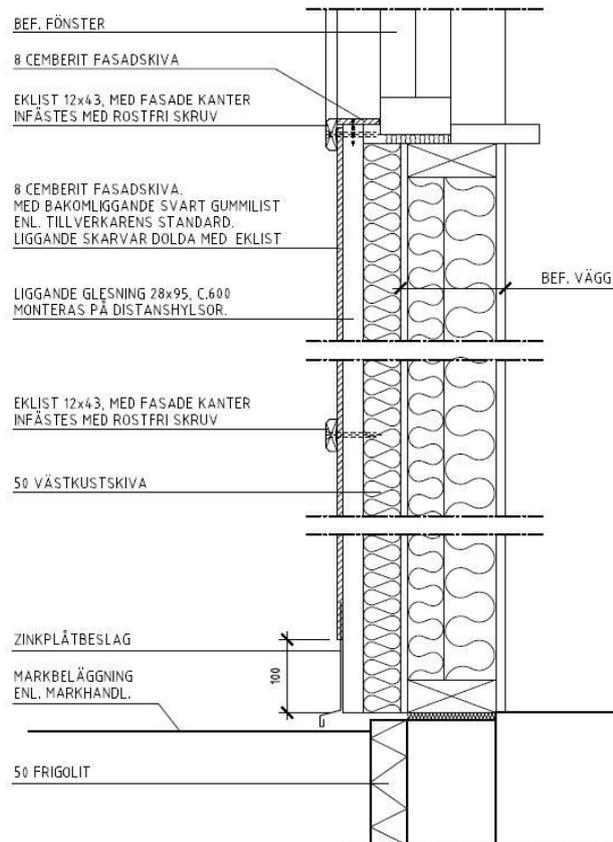


Foto 4. Ny takkonstruktion med fläktrumsutrymme till vänster i fotot.

4.2.2 Yttervägg på entréfasaden

4.2.2.1 Marklägenheterna

Ytterväggen (inifrån och ut) består av 13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkostskiva), stående läkt och fasadbeklädnad av 8 mm fibercementskiva (Cemberit fasadskiva). (Se figur 17 och foto 5.)



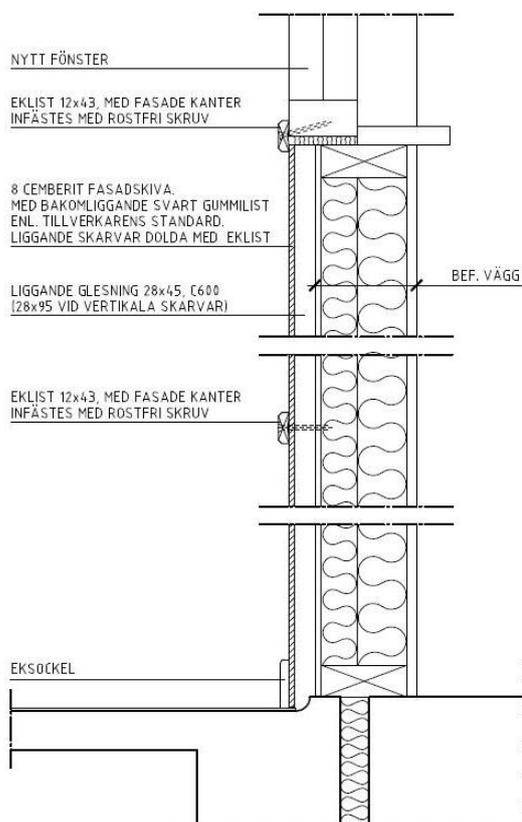
Figur 17. Ytterväggskonstruktion i loftgångshusens marklägenheter.



Foto 5. Fasadbeklädnad av vita fibercementskivor i marklägenheterna.

4.2.2.2 Våning 2-3

Ytterväggen (inifrån och ut) består av 13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, stående läkt och fasadbeklädnad av 8 mm fibercementskiva (Cemberit fasadskiva). Observera att ingen tilläggsisolering utförs på våning 2 och 3 som är inglasade. (Se figur 18 och foto 6.)



Figur 18. Ytterväggskonstruktion på våning 2 och 3.

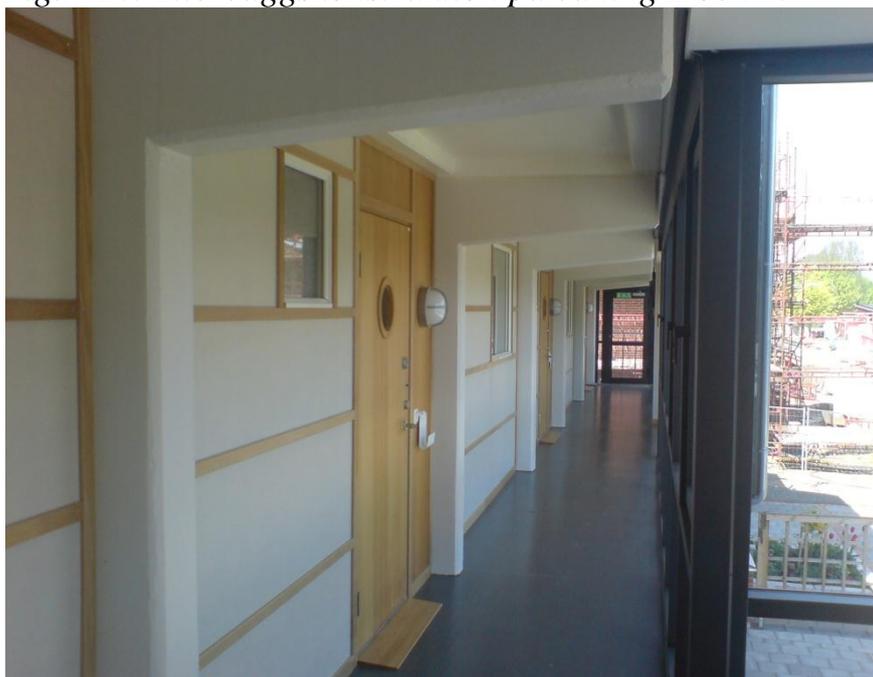
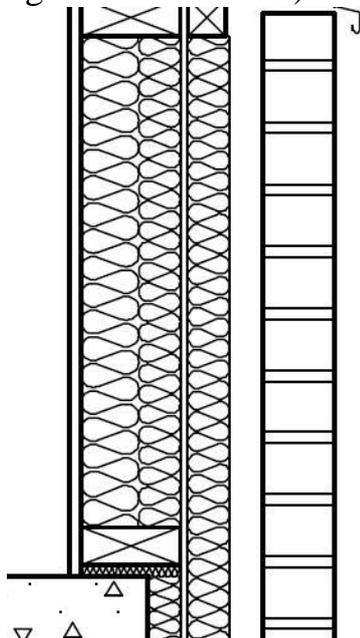


Foto 6. Fasadbeklädnad av vita fibercementskivor på våning 2 och 3.

4.2.3 Yttervägg på loftgångshusens baksida

Ytterväggen (inifrån och ut) består av 13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel. (Se figur 19 och foto 7.)



Figur 19. Ytterväggskonstruktion på baksidan.



Foto 7. Fasadbeklädnad av tegel på baksidan.

4.2.4 Gavel

Gaveln (inifrån och ut) består av 150 mm betong, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.

4.2.5 Balkonger

Balkonger glasas in på samtliga våningar (till skillnad från loftgångarna som bara får våning 2 och 3 inglasade) och förlängs med prefabricerade betongplattor som förankras i sidostyckena och gjuts in i befintligt balkongbjälklag. Sidostyckena får också en ny fasadbeklädnad med 120 mm isolering + 45x120 mm träreglar, vindtät papp, 28x95 mm stående läkt och 8 mm fibercementskiva (Cemberit fasadskiva). (Se foto 8.)



Foto 8. Övre fotot visar de prefabricerade betongplattorna som förlänger balkongen och nedan en färdigbyggd balkong.

4.2.6 Fönster

Nya fönster är antingen 2+1 eller 3 glas med antingen U-värde= 1,3 W/m²K eller 1,8 W/m²K och lågemissionskikt. Vissa befintliga fönster behålls, bl.a. i marklägenheterna och i balkongerna. Träpartier byts ut mot aluminium.

4.2.7 Loftgång

Loftgångarna förses med ny golvbeläggning, glasas in på våning 2 och 3 och byggs ut så att alkover skapas framför lägenhetsdörrarna. Alkoverna byggs upp av träbjälklag som förankras i den befintliga loftgången. (Se foto 9.)



Foto 9. Inglasad loftgång.

4.2.8 Grund

I och med att man haft platta på mark som grundläggningsteknik på loftgångshusen går det inte att utföra en ombyggnation av grunden. Grunden för tillbyggnader som t.ex. marklägenheternas balkonger (se foto 10) och alkoverna får nygjuten armerad grund, nytt grundsystem, tjälisolering och sockelelement av cellplast (Siroc sockelelement).



Foto 10. Ny grundläggning för balkongerna.

5 Problematik kring loftgångshusen på Österäng

Loftgångshusen är som sagt i stort behov av renovering och det ur såväl utseende-, hälso- och konstruktionsmässiga aspekter. Husen ser nergångna ut, är så kallade "sjuka hus" och konstruktionen innehåller allvarliga fel och brister med värmeläckage, dålig ventilation och röta och mögel på sina ställen. I denna rapport tas endast hänsyn till de byggnadstekniska defekterna.

5.1 Tak

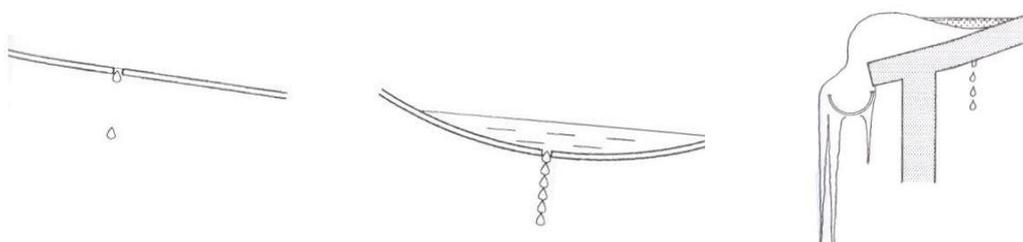
Takkonstruktionen i loftgångshusen försågs med otillräcklig isolering bestående av 100 mm mineralull vilket kom att ge stora värmeläckageproblem.

Det flacka taket med invändig takavvattning hade dessutom allvarliga brister. Taket uppvisade vattenläckage, som i sin tur orsakade mögelpåväxt och röta i konstruktionen.

Problematiken med ett flackt tak är att vatten kan bli stående och därför måste taket vara vattentätt och tåla vattentrycket som då uppstår. Detta medför att stor vikt måste läggas på att se till så att papptäckningen är korrekt genomförd och överlappningen inte uppvisar otätheter så att de klarar nederbörd och vind, och särskilt då dessa väderförhållanden samspelar.

Anledningen till att vatten kan bli stillastående på det flacka taket är bl.a. ojämnheter i taket, nedböjningar av egenvikt och snölast, uppdämning av snö och is, igensatta avlopp (löv, kvistar m.m.). Dessa faktorer resulterar senare i att stora mängder vatten kan tränga igenom tätskiktet då ett vattentryck skapats genom att en "sjö" av vatten bildats på taket.

Snö som lagt sig på taket och börjat smälta kan ge upphov till uppdämning av snö och is. Den smältande snön suger upp smältvattnet och får högre densitet och övergår till is. Denna företeelse medför sedan att avloppsbrunnarna täpps igen av den bildade isen. Risken för detta är större vid genomföringar såsom takluckor, ventilationskanaler, skorstenar och brandventilationer då lokal avsmältning uppkommer pga. värmeläckaget som finns vid dessa konstruktioner.⁸ (Se figur 20.)



Figur 20. Obetydlig inverkan av otätheter på lutande tak(bild t.v.) medan läckaget är större på taket med stillastående vatten (mitten). Isdämning med smältvatten som läcker in i huset(bild t.h.). (Bilderna är hämtade från

⁸ "Fukthandbok - Praktik och teori", av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson.

”Fukthandbok - Praktik och teori” av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson).

5.2 Ytterväggar

Ytterväggarna, som är enskiktsväggar, består endast av 120 mm isolering vilket ger fler glipor och större köldbryggor än tvåskiktsväggar. Detta resulterar i sin tur i stora värmeläckage och hög energiförbrukning.

Gavelsidan är dessutom drabbad av allvarlig fuktskada, till följd av den dåliga konstruktionslösning som uppförts på bygget.

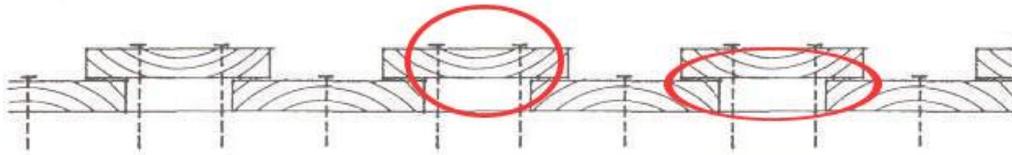


Foto 11. Fuktskadade träreglar i gaveln på loftgångshuset.

Foto 11 visar hur träreglarna i husgaveln har skadats ordentligt. Reglarna ligger i direkt anslutning mot betongbjälklagen och loftgångarnas L-stöd vilket i samband med eventuellt läckage eller direkt nederbörd gett upphov till fuktskadorna.

I entréfasaden med fasadbeklädnad av stående träpanel, uppförd med 19 mm bottenbräda och 19 mm lockbräda, finns fuktskaderisken kring spikarna och sprickor i träet samt överlappningen mellan bottenbräda och lockbräda, se figur 21. Dåligt genomförd konstruktion kan rötskadas och innehålla höga fuktkvoter⁹.

⁹ ”Fukthandbok - Praktik och teori”, av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson.

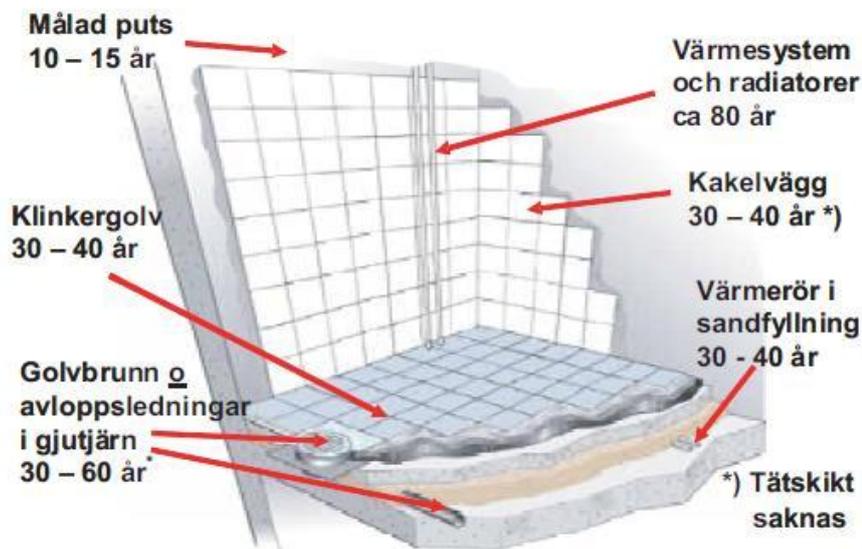


Figur 21. Kritiska punkter (inringade) ur fuktperspektiv i en lockbrädapanel. (Bilden är hämtad från "Fukthandbok - Praktik och teori" s.137, av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson).

5.3 Badrum

Badrummen saknar tätskikt och är uppbyggda (inifrån och ut för yttervägg i badrum) med kakel, ångspärr, 120 mm isolering + 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips och fasadbeklädnad. Denna vägg är ordentligt fuktskadad och rivs helt och hållet i samband med renovering. Klämringar i golvbrunnarna hade i vissa fall lossnat och orsakat vattensador och de ingjutna PVC-rören var inte tillräckligt tåliga utan hade gått sönder.

Ur figur 22 kan man dra slutsatsen att de flesta materialen i badrum från miljonprogrammet idag har förbrukat sin livslängd och därmed behöver ersättas.

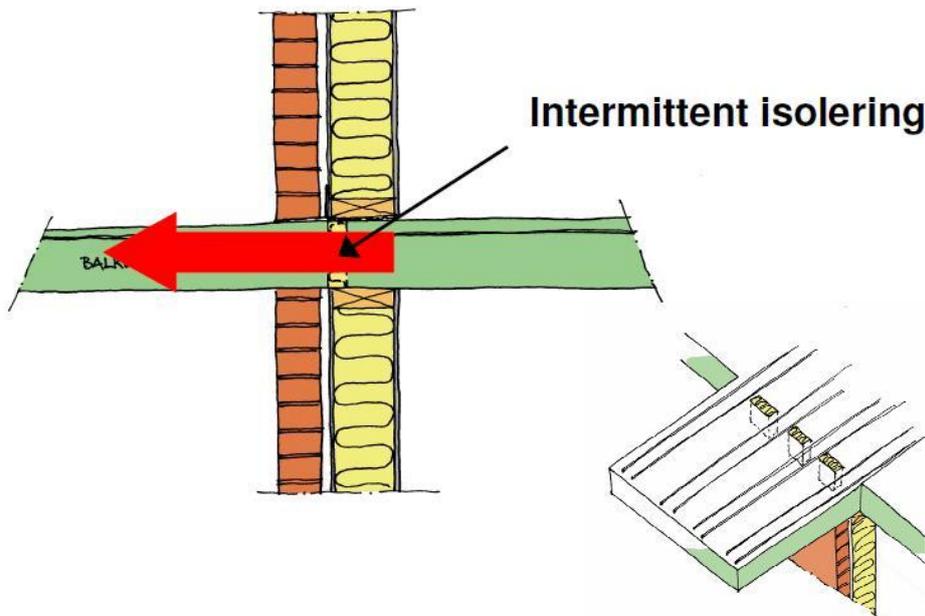


* Avloppsrör av PVC installerade mellan åren 1963 och 1973 har dålig hållfasthet och kan karakteriseras som förbrukade.

Figur 22. Livslängder på olika material i ett badrum. (Bild hämtad från: Här renoveras... flerbostadshus byggda 1950-1975. Klart 2015?)

5.4 Balkonger och loftgångar

Balkonger och loftgångar är utförda i betong med dålig kvalitet. Den otillräckliga isoleringstjockleken, som bestod av 40 mm mineralull, i kombination med den intermittenta isoleringstekniken i de utkragade balkongerna och loftgångarna (se figur 23) gör att stora köldbryggor uppstår. Detta är en ytterligare faktor till den höga energianvändningen i loftgångshusen. Dessa byggnadsdelar är dessutom fritt exponerade för väderlek vilket förvärrar värmeförlusterna under vinterhalvåret.



Figur 23. Värmeläckage vid balkonginfästning med intermittenta isolering. (Bilden är hämtad från: "Utformning av klimatskärm", Helena Bülow – Hübe, Energi och ByggnadsDesign)

5.5 Fönster och dörrar

Fönster och dörrar är dåligt isolerade och otäta. Det dåliga U-värdet på fönsterglasen ($U\text{-värde} = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) medför att dessa utgör en stor köldbrygga. Fönsterglasen resulterar i påtagligt värmeläckage och kallras i loftgångshusen. Den kallare inomhusmiljön orsakad av den dåliga fönsterkvaliteten och otätheten i huset leder till att de boende behöver höja inomhustemperaturen, vilket ökar energiförbrukning. Det förekommer även ruttna fönster i loftgångshusen.

5.6 Grund

I och med att Österäng ligger på sank mark på gammal sjöbotten och att grundläggningen är dåligt isolerad (bl.a. har sockelelementet av lättklinker i grunden dålig värmeisoleringsförmåga med ett λ - värde på $0,205 \text{ W/mK}$ att jämföra med cellplast som har ett λ - värde på $0,03\text{-}0,04 \text{ W/mK}$) uppstod stora fuktskador på loftgångshusens grunder. Betongplatta på mark innehåller hög relativ fuktighet samt har hög halt av 2-etylhexanol.

6 Åtgärder vid renovering ur energisynpunkt

Fakta i det här avsnittet är taget ur projekteringsunderlag från Thage Anderssons Byggnads AB dvs. att presenterade åtgärder i detta avsnitt är vad företaget utfört i samband med renovering enligt beställaren AB Kristianstadsbyggens direktiv.

Energianalys- listan nedan är framtagen för renovering av ett miljonprogramobjekt och innehåller tänkbara åtgärder för energieffektivisering. Den har besvarats av AB Kristianstadsbyggens driftchef Jim Fäldth och Thage Anderssons Byggnads AB:s arbetsledare Benny Eklund.

Tabell 2. Energianalys-lista vid renovering.

Energieffektiviseringsåtgärd	Åtgärd genomförd?
1. Tilläggsisolering av vindsbjälklag	Ja
2. Tilläggsisolering av fasad	Ja
3. Tilläggsisolering av grund	Nej
4. Byte eller uppgradering till lågenergifönster	Delvis
5. Tätning av fönster (nya tätningslister och ny drevning)	Ja
6. Byte av glaspartier i entrédörr	Ja
7. Modernisering av värmedistributionssystemet (nya styrdon värmeväxlare m.m.)	Ja, konvertering till fjärrvärme
8. Sänkning av varmvattentemperatur	Ja, injustering till 55 °C
9. Stopp av cirkulationspump sommartid	Ja, vid 16°C
10. Tidsstyrning av varmvattencirkulationen	Nej
11. Nattsänkning av värmen	Ja
12. Ventilera med uteluft nattetid (i byggnader med komfortkyla)	-
13. Sänk temperaturen i utrymmen som förråd och trapphus till 10-17°C.	-
14. Ny fuktspärr	Ja
15. Installation av snålspolande toaletter och vattenarmaturer	Ja
16. Byggande av inglasningar (gäller framförallt balkonger)	Ja
17. Installation av radiatortermostater	Ja
18. Installation av frånluftsvärmepump	Ja
19. Driftoptimering – injustering av värme- och ventilationssystem	Ja

20. Boendeinformation/ kampanjer/samråd	-
21. Byte till luftburen värme	Nej
22. Installation av behovsstyrning av ventilation (t.ex. årstidsanpassning av ventilationen)	Ja
23. Individuell energimätning värme (energimätare i varje lägenhet)	Nej
24. Individuell mätning av varmvatten	Ja, allt varmvatten, ingår inget vatten alls
25. Individuell mätning av kallvatten	Ja, som ovan
26. Byt gammal dusch mot ny med termostatblandare eller engreppsblandare och vattensnålt munstycke.	Nya blandare, inställt flöde i blandaren
27. Isolera rör med hög yttemperatur > 50 °C.	Ja
28. Eleffektivisering av ventilation (byte av fläktar till moderna eleffektiva fläktar, lågt SFP-värde)	Ja
29. Eleffektivisering av trapphus- och hissbelysning (lågenergilampor)	Ja
30. Eleffektivisering av tvättstuga (framförallt byte av tvättmaskiner och torkutrustning)	Ja
31. Eleffektivisering av hushållsutrustning(framförallt byte av kyl/frys)	Delvis, beror på åldern
32. Lågflödesblandare	Nya blandare, inställt flöde i blandaren
33. Flödesbegränsare (i t.ex. blandare vid tvättställ och diskho)	Nya blandare, flöde i blandaren
34. Användning av filter med lågt tryckfall	Ja
35. Korta ned intervallet för byte av filter till ett eller ett halvt år	Ja, halvt år
36. Tidur till ventilationssystem (t ex sänkning av flödet nattetid och helger till ett lägre grundflöde)	Efter utetemperatur och tryck
37. Justera drifttiden på befintliga tidur för ventilationssystem efter behovet av ventilation	-
38. Komplettering av fläktventilation med värmeåtervinning	Ja
39. Installation av takintegrerade solfångare (3 m ² /lägenhet) för tappvarmvatten	Nej

40. Installation av solceller	Nej
41. Installation av datoriserat styr- och driftövervakningssystem	Ja
42. IT-anpassning – ”intelligenta hus”	Nej
43. Måla i ljusa färger vid ommålning (ger bättre belysningsgrad)	Nej

6.1 Tak

I och med att vindsbjälklaget isoleras med ett tjockt lager isolering bestående av 500 mm lösull och att bättre luftning konstrueras kommer ett minskat värmeläckage och minskad fuktkonvektionsrisk genom takkonstruktionen att uppnås. Sadeltaket med 20° lutning medför att rinnande vatten inte kan bli stående och på så sätt reduceras risken för vattenskador i taket. Nytt vattenavledningssystem med hängrännor och rör uppförs.

6.2 Ytterväggar

Ytterväggarna tilläggsisoleras till tvåskiktsväggar med ny fasadbeklädnad och mindre köldbryggor och otätheter. Fuktskadad gavelkonstruktion rivs och ersätts med ny. Tjockare isolering bestående av totalt 170 mm isolering reducerar värmeläckaget genom husen och håller energibehovet nere.

6.3 Badrum

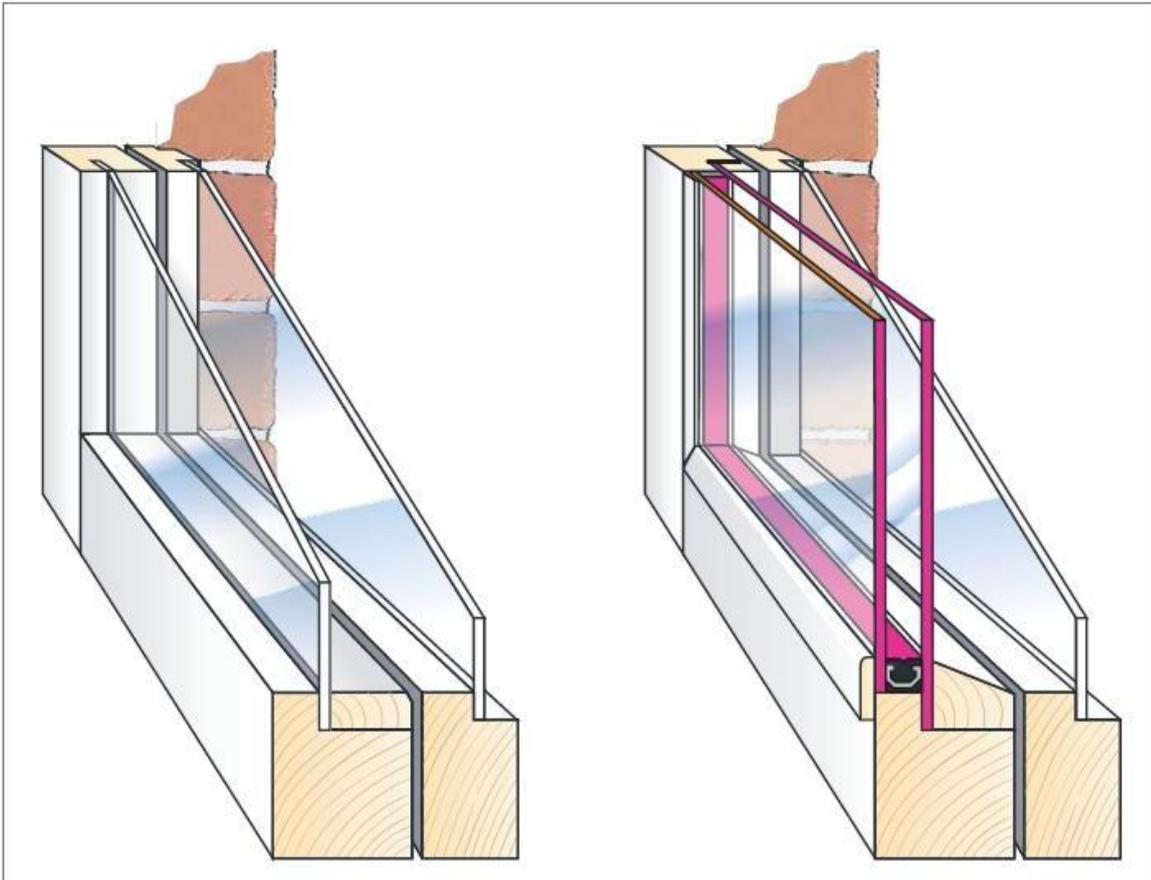
Väggarna rivs och isoleras bättre, och nya installationer och godkända material används i uppbyggnaden av badrum vilket minskar fuktskaderisken. Gamla golvbrunnar byts ut och rörledningssystemet demonteras och nya tappvatten- och värmeledningar installeras. Golvytan under klinkerplattor i badrum spärras med tätskikt. Golvmattor rivs samt golv blåstras ner till ren betong. Kakel och gipsskivor på vägg rivs. Gipsskiva rivs på befintlig innerväggyta som klädes med kakel inom duschplats. Ny skiva av typ Minerit våtrumsskiva monteras upp till tak. Köldbryggeisolering av betongvägg mot kök återställs med isolering och Minerit våtrumsskiva.

6.4 Balkonger och loftgångar

Balkonger och loftgångar kommer att byggas in och förses med isolering och införlivas med de uppvärmda bostäderna vilket kommer att minska köldbryggorna. Glasfasad till balkonger och loftgångar utförs av aluminiumprofiler med isolerrutor och bruten köldbrygga. Glasfaser konstrueras med härdat enkelglas och lamellglas.

6.5 Fönster

Nya fönster är antingen 2+1 eller 3 glas med antingen U-värde= $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ eller $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ och lågemissionskikt (en del befintliga fönster behålls, som i t.ex. marklägenheter och balkonger). Glasrutor med lågemissionskikt tar tillvara gratisenergin från solen. På så sätt nyttjas solenergi till att värma upp bostaden. Dessutom tillkommer ny drevning och tätning av fönstren. Dessa fönster kommer att isolera bättre och ge minskat kallras inomhus, till skillnad från de gamla fönstren med U-värde på $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. (Se figur 24.)



Figur 24. Vid renovering av gammalt tvåglasfönster (bild t.v.) byts det inre glaset mot en tvåglas isolerruta med lågemissionskikt (bild t.h.) vilket ger förbättrat U-värde. (Bilden är hämtad från: "Mycket energi att spara i miljonprogrammet!" av Catarina Warfvinge.

6.6 Grund

Befintlig platta på mark kan ej åtgärdas och förblir därför orenoverad. Balkongbottenbjälklag och bottenbjälklag i tillbyggnader i bottenplan isoleras med 100 mm isolerskiva på kapillärbrytande skikt och förses även med tjälisolering. Sanering av undergolv utförs genom blästring ner till ren betong.

6.7 Övrigt

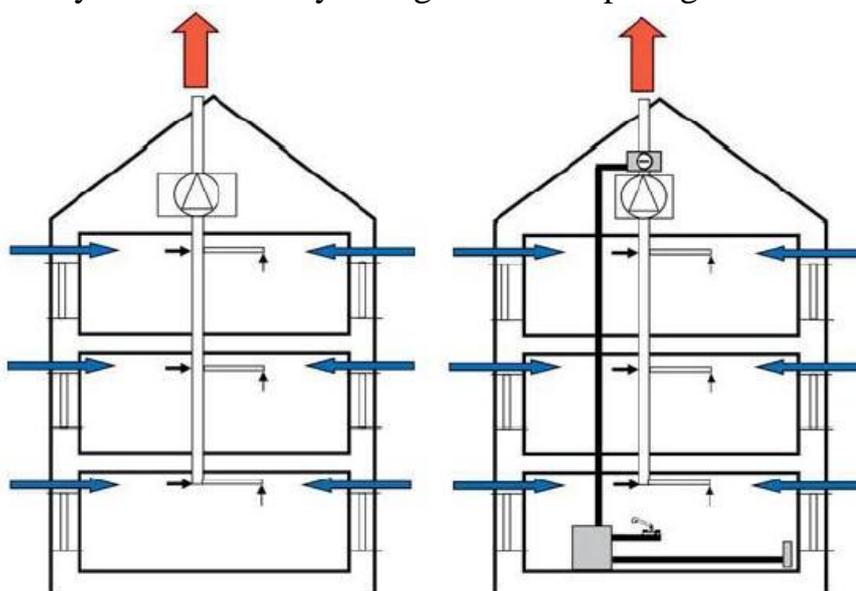
6.7.1 Uppvärmning

Uppvärmningen för loftgångshusen innan renovering sker genom direktverkande el men konverteras till vattenburen fjärrvärme efter renovering.



6.7.2 Ventilationssystem

Komplettering av befintligt mekaniskt frånluftssystem med en frånluftsvärmepump, se figur 25. På så sätt tar man tillvara frånluftens värmeinnehåll och återanvänder värmen för att värma vattnet till radiatorsystemet. Detta system ger stora besparingar.



Figur 25. Ett frånluftssystem (bild t.v.) som kompletteras med frånluftsvärmepump (bild t.h.). (Bilden är hämtad från: Här renoveras... flerbostadshus byggda 1950-1975. Klart 2015?)

7 Besparing vid genomförda åtgärder

Fakta i det här avsnittet är taget från dokumentet "Lönsamma sätt att spara energi" som är utfört av Energikontoret Skåne, om inget annat anges.

Tabell 3. Besparing i samband med åtgärd.

Energieffektiviseringsåtgärd	Besparing	Kostnad	Payoff
Tilläggsisolering av vindsbjälklag med 500 mm isolering på vinden	Cirka 3 % av energibehovet för uppvärmning.	Cirka 170 kr/m ³	Mer än 5 år
Tilläggsisolering av fasad	Stor besparing (varierande siffror)	Svårbedömd (varierande siffror)	20-30 år
Byte eller uppgradering till lågenergifönster	Energibesparing på cirka 3-4 % av uppvärmningsbehovet.	Cirka 500 kr/fönster	Cirka 40 år
Tätning av fönster (nya tätningslister och ny drevning)	Energibesparing på cirka 5 % av uppvärmningsbehovet vid tätning och ytterligare några procent vid drevning.	25 kr/löpmeter för tätning och 45 kr/löpmeter för drevning	Mellan 2-4 år
Modernisering av värmedistributionssystemet (konvertering till fjärrvärme)	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Sänkning av varmvattentemperatur	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Stopp av cirkulationspump sommartid	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Nattsänkning av värmen	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Installation av snålspolande toaletter och vattenarmaturer	Vattenbesparing på ca 5 % av den totala vattenanvändningen i ett bostadshus.	Cirka 3000 kr/toalett	Mer än 5 år
Installation av radiatortermostater	Energibesparing cirka 5 %	Cirka 200 kr/termostat-ventil	Mer än 5 år

¹⁰ Installation av frånluftsvärmepump	Ca 8500-9500 kWh/år	Ca 25 000-40 000 kr utan installation.	Uppgift saknas
Driftoptimering – injustering av värme- och ventilationssystem	Värmeenergibespar. 5 % för varje grad den genomsnittliga inomhustemperaturen sänks.	20-40 kr/m ²	Mer än 5 år
Installation av behovsstyrning av ventilation (t.ex. årstidsanpassning av ventilationen)	Elenergibesparing runt 5 kWh/(m ³ /s) för varje kortad drifttimme. Värmeenergibespar. ca 5-10 kWh/(m ³ /s) för varje kortad drifttimme utan värmeåtervinning (genomsnitt över året) 1-2 kWh/(m ³ /s) för varje kortad drifttimme med värmeåtervinning (genomsnitt över året).	Mindre än 1000 kr	Mindre än 1 år
Individuell mätning av varmvatten	Varmvattenbesparing upp till 30 %	Från 3000 kr/lgh	Mindre än 4 år
Individuell mätning av kallvatten	-	-	-
Byt gammal dusch mot ny med termostatblandare eller engreppsblandare och vattensnålt munstycke.	Vattenbesparing upp till 50 % och 30-40 % energibesparing.	Mindre än 1500 kr/blandare	Mindre än 3 år
Isolera rör med hög yttemperatur > 50 °C.	Svårbedömd	125-300 kr/meter	Mindre än 2 år
Eleffektivisering av ventilation (byte av fläktar till moderna eleffektiva fläktar)	Elenergibesparing upp till 75 % av fläktelen och värmeenergibespar. ca 20 %.	25 000- 70 000 kr/fläkt	Mindre än 4 år

¹⁰ http://www.sundsvall.se/download/18.491c977d11383cf88a280001423/Faktablad_Franluftvp_dec06.pdf

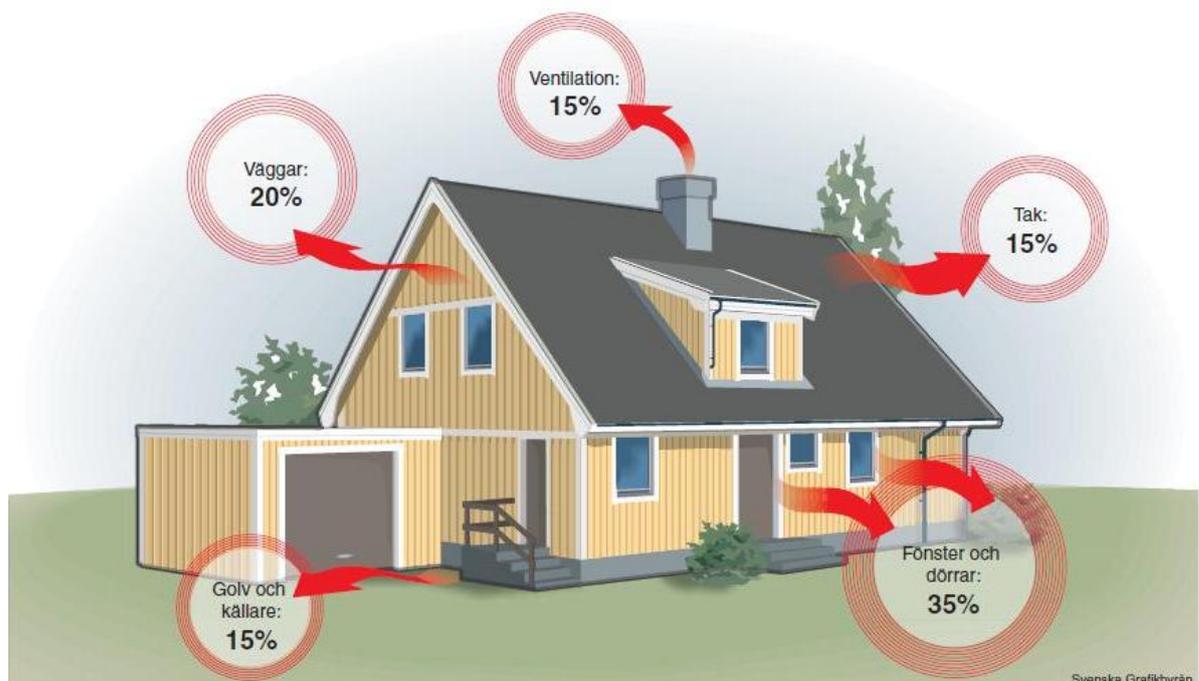
Eleffektivisering av trapphus- och hissbelysning (lågenergilampor)	Elenergibesparing upp till 50 % lägre elanvändning.	ca 200-1000 kr/armatur	Mindre än 2 år
Eleffektivisering av tvättstuga (framförallt byte av tvättmaskiner och torkutrustning)	Vattenbesparing upp till 65 % och energibesparing upp till 75 %.	Cirka 35000 kr/maskin	Cirka 6 år vid 6 starter per dag
Eleffektivisering av hushållsutrustning (framförallt byte av kyl/frys)	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Flödesbegränsare (i t.ex. blandare vid tvättställ, diskho)	Vattenbesparing cirka 20-25 %	Mindre än 200 kr/blandare	Mindre än 1 år
Användning av filter med lågt tryckfall samt korta ned intervallet för byte av filter till ett eller ett halvt år	Upp till 30 % reducerad kostnad för fläktel. En minskning av tryckfallet med 100 Pa ger en sänkning av fläktelen med ca 2000 kWh/(m ³ /s) vid konstant drift.	Ingen extra kostnad	Mindre än 1 år
Tidur till ventilationssystem (t.ex. sänkning av flödet nattetid och helger till ett lägre grundflöde)	Elenergibesparing upp till 5 kWh/(m ³ /s) för varje kortad drifttimme. Värmeenergibespar. ca 5-10 kWh/(m ³ /s) för varje kortad drifttimme utan värmeåtervinning (genomsnitt över året) 1-2 kWh/(m ³ /s) för varje kortad drifttimme med värmeåtervinning (genomsnitt över året).	Mer än 5000 kr	Mindre än 1 år
Komplettering av fläktventilation med värmeåtervinning	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Installation av datoriserat styr- och driftövervakningssystem	Energibesparing 20-25 %	Svårbedömd	Mer än 5 år

Vid genomförande av en åtgärd strävar man efter lönsamhet. Om en åtgärd har en Payoff-tid (återbetalningstid) på fyra år innebär det att åtgärden är lönsam om den används i mer än fyra år.

Ur tabell 3 kan man fastslå att de flesta åtgärderna är lönsamma att vidta då de kräver kort avbetalningstid men varar länge. Som exempel kan tilläggsisolering på tak nämnas, som är en relativt billig åtgärd och har en återbetalningstid på cirka fem år men en livslängd på mer än 50 år.

Vid renovering av en byggnad tas stor hänsyn till lönsamheten då byggnaden är ämnad att användas längre än avskrivningstiden. Vid beräkning av lönsamheten brukar en livscykelkostnadsanalys (LCC) tillämpas. LCC-beräkning utförs med tanke på hela kostnaden; det vill säga kostnader för investering, drift och underhåll under investeringens totala livslängd. De faktorer som styr en livscykelkostnadsanalys är energikostnader under produktens livslängd, investeringskostnader för produkten och underhållskostnader under hela livslängden. Vid renovering upptas den största delen av kostnaden av själva investeringen medan driftkostnaderna kommer att sjunka kraftigt och dessutom så höjs oftast hyrorna efter en renovering.

Det finns stora energisparpotentialer i åtgärder som både är enkla och lönsamma såsom lösullsisolering på vinden. Figur 26 visar hur mycket värme som försvinner genom en byggnads olika delar och man kan då dra slutsatsen att förbättringar genom t.ex. att tilläggsisolera ytterväggar och effektivisera ventilationssystemet ger stora besparingar.



Figur 26. Värmeförluster i en bostad. (Bilden är hämtad från: http://www.energimyndigheten.se/Global/Hush%c3%a5ll/bilaga_edeklaration.pdf)

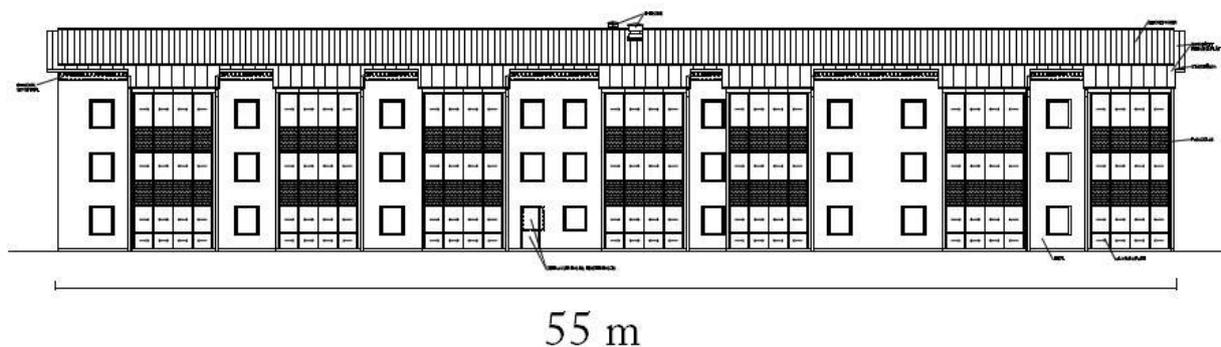
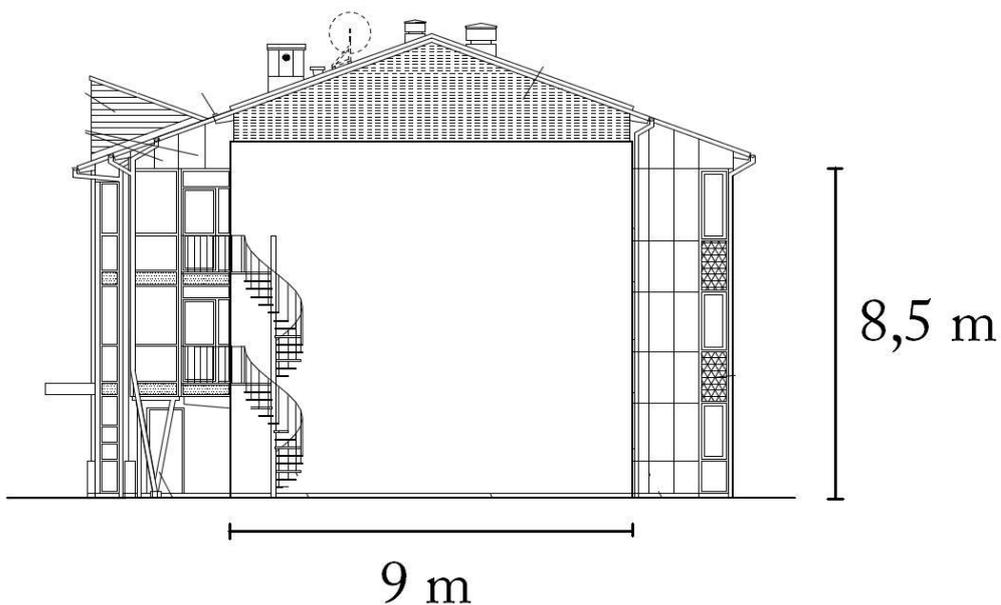
8 Beräkningsdel

8.1 Mått

Samma dimensioner på huset används i mina beräkningar både före och efter renovering. Längden är 55 meter, bredden 9 meter och höjden 8,5 meter.

Den totala tempererade golvarean som är avsedd att värmas till mer än 10 °C (exklusive trapphus, apparatrum och förråd) uppgår till 1 437,8 m².

Inglasade balkonger och loftgångar hamnar inte innanför klimatskärmen och tas därför inte med i A_{temp} .



8.2 Formler och definitioner

Fakta i det här avsnittet är hämtat från "Värme och Fukt" av Kenneth Sandin och "Installationsteknik AK för V" av Catarina Warfvinge, om inget annat anges.

8.2.1 Energiberäkning

En byggnads totala energibehov styrs av nedanstående parametrar. Den energi som tillförs en byggnad är energi för uppvärmning och gratisvärme från personer, elektronikapparater och solvärme. Den energi som försvinner från en byggnad sker genom transmission, ventilationssystemet eller genom oavsiktligt läckage genom t.ex. otätheter och glipor.

En byggnads totala värmeenergiebehov beskrivs med följande formel:

$$E_{tot} = E_{trans} + E_v + E_{ov} - E_{uppv} - E_{gratis} \quad (\text{Wh}) \quad (\text{ekv 8.1})$$

där

$E_{trans} = Q_{trans} * G_t = \text{transmissionsförluster}$

$E_v = Q_v * G_t = \text{ventilationsförluster}$

$E_{ov} = Q_{ov} * G_t = \text{förluster genom oavsiktligt läckage}$

$E_{uppv} = \text{energi för uppvärmning}$

$E_{gratis} = \text{gratisvärme från personer, apparater och sol}$

En byggnads totala energibehov:

$$Q_{tot} = Q_{trans} + Q_v + Q_{ov} \quad (\text{W/K}) \quad (\text{ekv 8.2})$$

$Q_{trans} = \text{transmissionsförluster} \quad (\text{W/K})$

$Q_v = \text{ventilationsförluster} \quad (\text{W/K})$

$Q_{ov} = \text{läckageförluster} \quad (\text{W/K})$

Transmissionsförluster:

$$Q_{trans} = Q_{köldbryggor} * \sum U_i * A_i \quad (\text{W/K}) \quad (\text{ekv 8.3})$$

där

$Q_{köldbryggor} = \text{förluster genom köldbryggor} \quad (\text{W/K})$

$U_i = \text{värmeövergångsmotstånd för byggnadsdel } i \quad (\text{W/m}^2\text{K})$

$A_i = \text{arean för ytan } i \quad (\text{m}^2)$

Ventilationsförluster:

$$Q_v = \rho c q_v (1 - v) \quad (\text{W/K}) \quad (\text{ekv 8.4})$$

där

$$\begin{aligned} \rho &= \text{luftens densitet} && (\text{kg/m}^3) \\ c &= \text{luftens värmekapacitet} && (\text{J/kgK}) \\ q_v &= \text{uteluftsflöde} && (\text{m}^3/\text{s}) \\ v &= \text{verkningsgrad för värmeåtervinning} && (-) \end{aligned}$$

Läckageförluster:

$$Q_{ov} = \rho c q_{\text{läckage}} \quad (\text{W/K}) \quad (\text{ekv 8.5})$$

där

$$\begin{aligned} \rho &= \text{luftens densitet} && (\text{kg/m}^3) \\ c &= \text{luftens värmekapacitet} && (\text{J/kgK}) \\ q_{\text{läckage}} &= \text{läckageluftsflöde} && (\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

Gratisvärmestillskott från personer, apparater och solinstrålning räknas enligt:

$$P_{\text{gratis}} = E_{\text{gratis}}/8760 \quad (\text{W}) \quad (\text{ekv 8.6})$$

Gränstemperaturen, som är den temperatur under vilken aktiv uppvärmning från värmesystemet krävs, beräknas enligt:

$$T_{\text{gräns}} = T_i - P_{\text{gratis}}/Q_{\text{tot}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (\text{ekv 8.7})$$

Aktuellt värmeeffektbehov:

$$P = Q_{\text{tot}} * (T_{\text{gräns}} - T_{\text{ute}}) \quad (\text{W}) \quad (\text{ekv 8.8})$$

Totalt värmeenergibehov:

$$E_{\text{tot}} = Q_{\text{tot}} * G_t \quad (\text{Wh}) \quad (\text{ekv 8.9})$$

Gradtimmar G_t är summan av temperaturskillnaden för varje timme under året och räknas ut enligt:

$$G_t = \int (T_{\text{gräns}} - T_{\text{ute}}) dt \quad (^\circ\text{Ch}) \quad (\text{ekv 8.10})$$

¹¹Referensvärde E_{Pref} (kWh/m² år) för flerbostadshus:

$$E_{Pref} = (75 * X_{\text{ålder}} * X_{\text{kommun}} * X_{\text{byggnadstyp}} + 25) * X_{\text{värmekälla}} + 20$$

(ekv 8.11)

där

$X_{\text{ålder}}$ = justering för ålder

X_{kommun} = justering för kommun

$X_{\text{byggnadstyp}}$ = justering för byggnadstyp

$X_{\text{värmekälla}}$ = justering för värmekälla

$$\text{Undre intervallgräns} = 0,9 * E_{Pref}$$

$$\text{Övre intervallgräns} = 1,1 * E_{Pref}$$

8.2.2 U-värdesberäkning

U-värdet (som också benämns värmegenomgångskoefficienten) är ett mått på hur välisolerad en konstruktion är och definieras som *den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av väggen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor om väggen är en grad* dvs. det värmeflöde som uppstår genom en vägg vid en grads temperaturskillnad mellan ute och inne.

För en byggnadsdel beräknas U-värdet med följande formel:

$$U = 1 / R_{tot} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (\text{ekv 8.12})$$

R_{tot} = totalt värmeövergångsmotstånd för ett skikt inkl. R_{si} och R_{se}

där R_{si} = 0,13 m²K /W och R_{se} = 0,04 m²K /W.

Värmeövergångsmotståndet beräknas enligt:

$$R = d / \lambda \quad (\text{m}^2\text{K} / \text{W}) \quad (\text{ekv 8.13})$$

där

d = skiktjocklek (m)

λ = värmeledningsförmåga (W/mK)

¹¹ Energideklarering av byggnader Del 1a av Samuel A Berg.

För en hel byggnads U-värde gäller nedanstående formel:

$$U_m = \frac{\sum U_i * A_i + \sum P_{si} * L_i}{A_{om}} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \text{ (ekv 8.14)}$$

där

U_i = värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel i (W/m²K)

A_i = arean för ytan i (m²)

P_{si} = värmegenomgångskoefficient för köldbrygga i (W/K)

L_i = längd köldbrygga i (m)

A_{om} = omslutande area (m²)

8.3 Materialdata

I detta avsnitt presenteras de materialvärden på värmeledningsförmåga som använts i mina beräkningar för U-värde, HEAT 2-beräkningarna och beräkningar av relativ fuktighet i väggskikt. Materialdata är hämtad från "Fukthandbok - Praktik och teori" av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson.

Tabell 4. Värmeledningsförmåga λ för olika material.

Material	λ (W/mK)
Betong	1,7
Trä	0,14
Mineralull	0,037
Tegel	0,6
Gips	0,22
Fibercement	0,4
Fasadplåt	50
Lättklinker	0,205
Lösull på tak	0,042
Västkustskiva	0,035
Cellplast, EPS	0,036
Cellplast, XPS	0,033
Polyetenfolie	-

8.4 Energiberäkningar

8.4.1 Beräkningsprogram

I denna rapport har jag tagit hjälp av två datorberäkningsprogram då jag utfört mina energiberäkningar. Jag har använt HEAT 2 version 7.1 och Isover Energi version 3. Isover Energi finns förinstallerad på skolans datorer på Campus Helsingborg medan jag fått studentlicens på HEAT 2 från Lunds Universitet med hjälp av Lars Göran Larsson, tekniker på Campus Helsingborg.

8.4.1.1 HEAT 2 version 7.1

I HEAT 2 beräknar jag köldbryggor tvådimensionellt då programmet bland annat simulerar värmeflöden och temperaturskillnader i en konstruktion.

Programmet ger även användaren bilder i färgskala som visar var riskerna och felen är som störst ur fuktperspektiv. I detta program ska jag jämföra skillnader i köldbryggor för loftgångshuset innan respektive efter renovering.

8.4.1.2 Isover Energi 3

Isover Energi 3 är den senaste versionen av Isovers datorberäkningsprogram och är ett program som beräknar energiförbrukning för en byggnad med tanke på ingående konstruktiondelars uppbyggnad och köldbryggornas inverkan.

I programmet kan t.ex. olika väggsnitt väljas med varierande isoleringstjocklekar och material. I detta program ska jag bland annat jämföra skillnader i energibehov och värmeisoleringsförmåga vid olika isoleringstjocklekar för loftgångshuset innan respektive efter renovering.

8.4.2 Förutsättningar och avgränsningar

Mina beräkningar grundar sig på 3 fall:

1. Renoverat dvs. loftgångshuset innan renovering
2. Renoverat med 50 mm Västkustskiva dvs. nuvarande renovering
3. Renoverat med 80 mm Västkustskiva som jag själv antagit för att studera skillnader i energibehov och fuktpåverkan i väggsnitt.

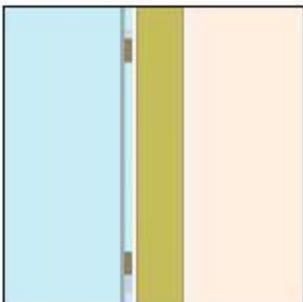
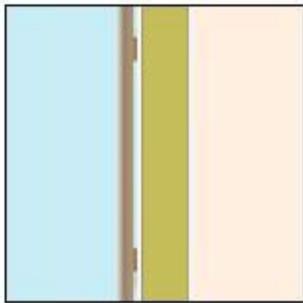
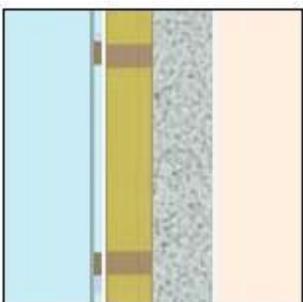
Fall 3 kommer inte att studeras i köldbryggeberäkningarna i HEAT 2 eftersom detta fall inte skiljer sig avsevärt i jämförelse med fall 2 och därmed inte kommer uppvisa några större skillnader i simuleringen av värmeflöde och temperaturskillnader. Följande beräkningar är aktuella i min rapport:

- U-värdesberäkning för samtliga 3 fall.
- Isover Energi 3: energiförbrukning inkl. köldbryggor och klimatskärmens värmeisoleringsförmåga för samtliga 3 fall.
- Relativ fuktighet i väggsnitt för samtliga 3 fall.
- Köldbryggor på HEAT 2 i anslutningar mellan olika konstruktionsdelar för fall 1 och 2.

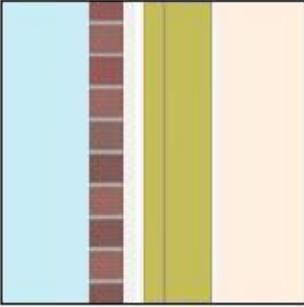
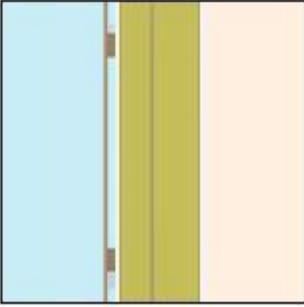
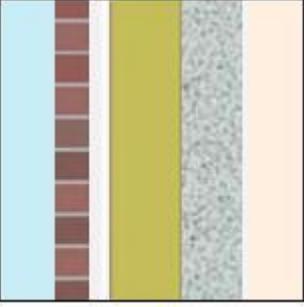
8.4.3 U-värdesberäkning

Följande U-värdesberäkningar är utförda på Rockwools hemsida;
www.rockwool.se. Är man registrerad på hemsidan finns tjänsten online.

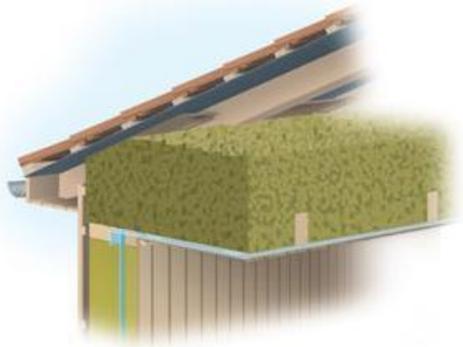
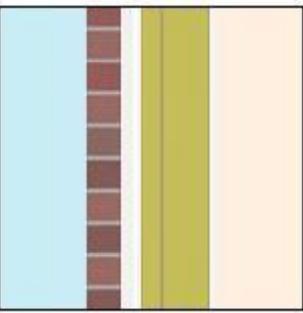
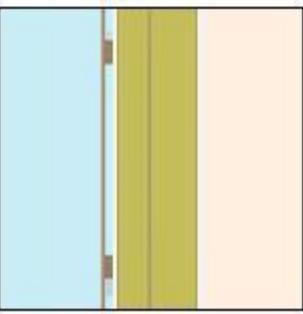
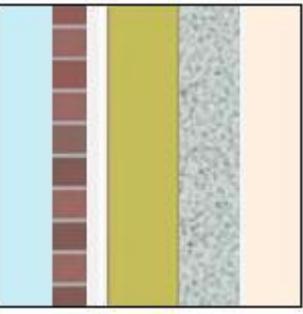
Fall 1. Loftgångshus innan renovering.

Konstruktionsdel	Teknisk beskrivning	U-värde (W/m ² K)
Tak 	Uppstolpat tak med vindsbjälklag av 120 mm betong med ovanpåliggande 100 mm isolering	0,345
Yttervägg baksida 	13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 22 mm läkt och fasadbeklädnad av 12 mm korrugerad plåt.	0,341
Yttervägg entrefasad 	13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips och fasadbeklädnad av stående träpanel uppförd med 19 mm bottenbräda och 19 mm lockbräda.	0,333
Gavel 	150 mm betong, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 22 mm läkt och fasadbeklädnad av 12 mm korrugerad plåt.	0,330
Grund	Platta på mark 150 mm betong+ sockel av 125 mm lättklinker	0,355

Fall 2. Loftgångshus efter renovering med 50 mm Västkustskiva.

Konstruktionsdel	Teknisk beskrivning	U-värde (W/m²K)
<p>Tak</p> 	<p>Vindsbjälklag av 120 mm betong med 500 mm lösull+ sadeltak med takstol, 23 mm råspont, underlagspapp, 25x38 mm ströläkt, 25x38 mm bärläkt och betongtakpannor.</p>	<p>0,083</p>
<p>Yttervägg baksida</p> 	<p>13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.</p>	<p>0,229</p>
<p>Yttervägg entrefasad</p> 	<p>13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), stående läkt och fasadbeklädnad av 8 mm fibercementskiva (Cemberit fasadskiva).</p>	<p>0,229</p>
<p>Gavel</p> 	<p>150 mm betong, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.</p>	<p>0,248</p>
<p>Grund (oförändrad)</p>	<p>Platta på mark 150 mm betong+ sockel av 125 mm lättklinker</p>	<p>0,355</p>

Fall 3. Loftgångshus efter renovering med 80 mm Västkustskiva.

Konstruktionsdel	Teknisk beskrivning	U-värde (W/m ² K)
<p>Tak (oförändrat)</p> 	<p>Vindsbjälklag av 120 mm betong med 500 mm lösull+ sadeltak med takstol, 23 mm råspons, underlagspapp, 25x38 mm ströläkt, 25x38 mm bärläkt och betongtakpannor.</p>	<p>0,083</p>
<p>Yttervägg baksida</p> 	<p>13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 80 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.</p>	<p>0,191</p>
<p>Yttervägg entrefasad</p> 	<p>13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 80 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), stående läkt och fasadbeklädnad av 8 mm fibercementskiva (Cemberit fasadskiva).</p>	<p>0,191</p>
<p>Gavel</p> 	<p>150 mm betong, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 80 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.</p>	<p>0,215</p>
<p>Grund (oförändrad)</p>	<p>Platta på mark 150 mm betong+ sockel av 125 mm lättklinker</p>	<p>0,355</p>

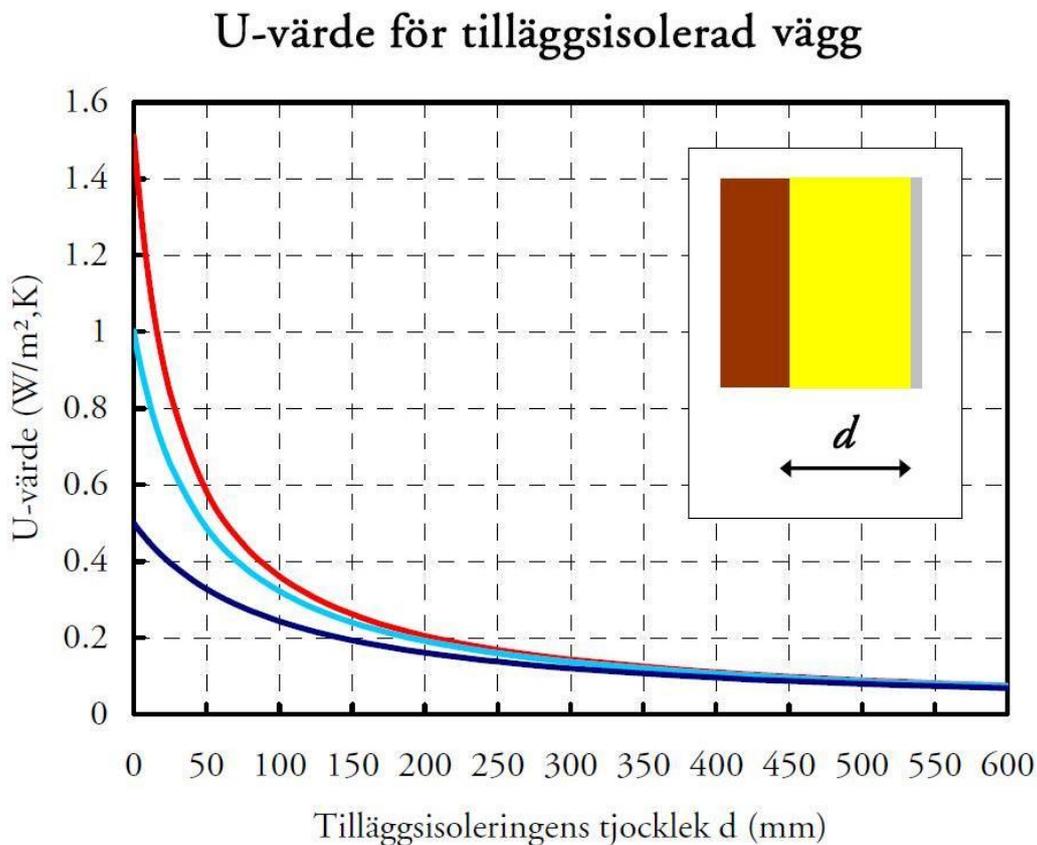
8.4.3.1 Slutsats

Loftgångshusens undermåliga värmeisolering innan renovering visar sig tydligt i U-värdesberäkningen och ligger på ungefär $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ för ytterväggar och tak. Grunden har ett U-värde på $0,355 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Genom att tilläggsisolera byggnaden med 50 mm Västkostskiva uppnås en märkbar sänkning av U-värdet, för ytterväggar blir U-värdet ca $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ och för tak blir U-värdet $0,083 \text{ W/m}^2\text{K}$, vilket medför avsevärt förbättrade egenskaper i klimatskärmen. Med en tilläggsisolering på 80 mm Västkostskiva förbättras U-värdet för ytterväggarna ytterligare och hamnar på $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (U-värde för taket förblir som vid 50 mm Västkostskiva).

Tyvär så har loftgångshusens grund inte kunnat förbättras då en tilläggsisolering av grunden är en omöjlighet eftersom grundläggningstekniken som använts varit platta på mark.

U-värdet skiljer sig inte mycket mellan tilläggsisolering med 50 mm respektive 80 mm isolertjocklek, vilket kan förklaras med bilden som redovisas i figur 27. Av figur 27 att döma sker den största sänkningen av U-värdet vid de första 50 mm tilläggsisolering och därefter slätas kurvan ut i takt med ökad tilläggsisolering. Vid till exempel 300 mm tilläggsisolering uppnås i princip samma U-värde som vid dubbelt så tjockt isoleringslager dvs. 600 mm.



Figur 27. Samband mellan U-värde och olika tjocklekar på tilläggsisolering. (Bilden är hämtad från: "Utformning av klimatskärm", Helena Bülow – Hübe, Energi och ByggnadsDesign).

8.4.4 Isover Energi 3

Följande två krav kontrolleras i samband med energiberäkningarna på Isover Energi 3 (enligt BBR:s krav 2008 supplement februari 2009):

1. Specifik energianvändning får inte överstiga 110 kWh/m²år (för klimatzon III).
2. Krav på värmeisolering får inte överstiga $U_m = 0,50$ W/m²K (för klimatzon III).

På Österäng har de loftgångshus jag studerar i denna rapport renoverats i etapper där ett antal liknande renoverade loftgångshus har förvaltats i ett par år nu och därför har jag kunnat ta del av siffror på energianvändningen och kunnat göra en jämförelse.

AB Kristianstadsbyggen har försett mig med uppmätta värden på energiförbrukning i loftgångshusen både före och efter renovering. Före ombyggnad var energiförbrukningen för värme och varmvatten 190 kwh/m²år i de hus som just nu byggs om. Efter ombyggnad av likadant hus i tidigare etapp inom samma kvarter så är energiförbrukningen för värme och varmvatten 115 kwh/m²år¹².

Den uppmätta energianvändningen efter renovering överstiger alltså BBR:s krav på 110 kWh/m²år, om än inte med mycket, och orsaken till överskridandet kan bero på hur lufttätt huset är och hur ventilationen i bostäderna ser ut. En jämförelse mellan uppmätt värde och beräknat värde på specifik energianvändning kommer därför också att göras i detta avsnitt.

8.4.4.1 Referensvärde *E_{pref}* för flerbostadshus

Vid energideklaration av en byggnad skall ett referensvärde räknas ut för att fastställa om det uppmätta energibehovet ligger inom ramen för vad liknande hus med hänsyn på de olika faktorer som presenteras i ekvation 8.11 har.

Vid beräkning enligt ekvation 8.11 fås följande värden:

- Loftgångshuset innan renovering med uppmätt värde på 190 kwh/m²år ligger över referensvärdet på 125,6-153,5 kwh/m²år. Därför bör energieffektiviserande åtgärder vidtas.
- Loftgångshuset efter renovering med uppmätt värde på 115 kwh/m²år ligger mellan referensvärdet på 101,3- 123,8 kwh/m²år. Energiförbrukningen är därmed fullt normal för de renoverade loftgångshusen i jämförelse med liknande hus med samma förutsättningar.

¹² Intervju med Jim Fäldth, driftchef på AB Kristianstadsbyggen

8.4.4.2 Indata

U-värden för konstruktionsdelarna är tagna ur U-värdesberäkningarna i föregående avsnitt.

U-värde för fönster är 1,3 W/m²K och 1,8 W/m²K.

U-värde för dörrar är 5 W/m²K.

Konstanta värden:

Rumshöjd= 2,4 m

$A_{temp}=1\ 437,8\ m^2$

Värmeväxling= 60 %

Hushållsenergi= 3000 kWh/år

Fastighetsenergi= 0 kWh/år

Installerad effekt för ventilation= 0 kW

Antal personer i genomsnitt= 2 st

Årsvärmefaktor= 1,0

Varmvattenberedning= 3000 kWh/år

Ort: Lund, Skåne län (närmaste ort till Kristianstad)

Areor:

Vägg entréfasad (Väst)= 467,5 m²

Vägg baksida (Öst)= 259,3 m²

Vägg gavel 1(Nord)= 76,5 m²

Vägg gavel 2 (Syd)= 76,5 m²

Vägg balkonger (Öst)= 208,5 m²

Tak= 495 m²

Platta på mark= 495 m²

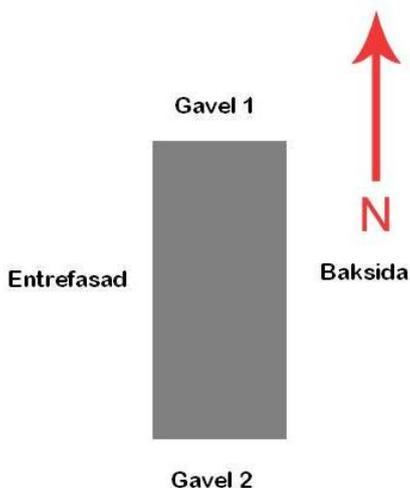
Fönster-/dörrareor:

Gavlar är fönsterfria.

Fönster entréfasad (Väst)= 42,3 m²

Dörrar entréfasad (Väst)= 43,7 m²

Fönster baksida (Öst)= 159,6 m²



Husets orientering.

8.4.4.3 Resultat från Isover -beräkningarna

Fall 1. Orenoverat

Beräkningarna redovisas i bilaga 1.

Med indata enligt följande:

Innetemperatur= 22 °C

Infiltration= 0,4 oms/h

Ventilationsflöde= 1,0 l/s per m²

Verkningsgrad värme= 100 % (direktverkande el innan renovering)

Verkningsgrad varmvatten= 100 % (direktverkande el innan renovering)

Krav 1

Den beräknade specifika energianvändningen uppgår till 185 kWh/m²år vilket är 68 % högre än BBR:s krav på 110 kWh/ m²år. Huset uppfyller alltså inte kravet på specifik energianvändning.

Krav 2

Kravet på värmeisolering uppfylls inte. $U_m = 0,75$ W/m²K för loftgångshuset innan renovering att jämföra med BBR:s krav på värmeisolering som ligger på $U_m = 0,50$ W/m²K.

Utvärdering

U_m -värdet för loftgångshuset är fullt normalt för hus från miljonprogrammet och uppvisar stor brist på god värmeisolering och detsamma gäller energiförbrukningen som också visar höga värden. Sammanfattar man dessa siffror är slutsatsen den att loftgångshuset innan renovering är undermåliga och saknar tillräcklig värmeisolering och god lufttätet.

När det gäller skillnaden i specifik energianvändning mellan det uppmätta värdet som ligger på 190 kWh/m²år och det beräknade värdet på 185 kWh/m²år kan en trolig orsak till differensen vara ventilationsflödet Q_v och det ofrivilliga ventilationsflödet Q_{ov} . Eftersom ventilationsflödet och luftläckageflödet är okända i detta fall kan en exakt beräkning inte göras utan resultatet kommer att avvika en aning från det uppmätta värdet beroende på vilka antagna värden som använts. Det behövs endast små ändringar av infiltrations- och/eller ventilationsflödet för att beräkningarna ska påvisa tydliga skillnader i resultat. (Se bilaga 1.)

Fall 2. Renoverat med 50 mm

Beräkningarna redovisas i bilaga 2.

Med indata enligt följande:

Innetemperatur= 21 °C (sänkning av temperaturen med 1 °C)

Infiltration= 0,3 oms/h

Ventilationsflöde= 0,6 l/s per m²

Verkningsgrad värme= 98 % (fjärrvärme efter renovering)

Verkningsgrad varmvatten= 98 % (fjärrvärme efter renovering)

Krav 1

Den beräknade specifika energianvändningen uppgår till 105 kWh/m²år vilket är 4 % lägre än BBR:s krav på 110 kWh/ m²år. Huset uppfyller alltså kravet på specifik energianvändning.

Krav 2

Kravet på värmeisolering uppfylls. $U_m = 0,48$ W/m²K efter renovering med 50 mm Västskustskiva är en drastisk minskning för loftgångshuset som har $U_m = 0,75$ W/m²K innan renovering.

Utvärdering

Förbättringen i specifik energianvändning och värmeisolering beror framförallt på den tjockare isoleringen och att man glasat in balkonger och loftgångar vilket resulterat i färre köldbryggor i ytterhörn, i synnerhet vid loftgångarnas L-stöd på våning 2 och 3.

Kravet på värmeisolering uppfylls men är nära gränsvärdet på $U_m = 0,50$ W/m²K, dock är detta U_m - värde generöst satt och därför är $U_m = 0,48$ W/m²K ett helt acceptabelt värde.

När det gäller skillnaden i specifik energianvändning mellan det uppmätta värdet som ligger på 115 kWh/m²år och det beräknade värdet på 105 kWh/m²år kan en trolig orsak till differensen vara ventilationsflödet Q_v och det ofrivilliga ventilationsflödet Q_{ov} . Eftersom ventilationsflödet och luftläckageflödet är okända i detta fall kan en exakt beräkning inte göras utan resultatet kommer att avvika en aning från det uppmätta värdet beroende på vilka antagna värden som används. Det behövs endast små ändringar av infiltrations- och/eller ventilationsflödet för att beräkningarna ska påvisa tydliga skillnader i resultat. (Se bilaga 2.)

Fall 3. Renoverat med 80 mm

Beräkningarna redovisas i bilaga 3.

Med indata enligt följande:

Innetemperatur= 21 °C

Infiltration= 0,3 oms/h

Ventilationsflöde= 0,6 l/s per m²

Verkningsgrad värme= 98 % (fjärrvärme efter renovering)

Verkningsgrad varmvatten= 98 % (fjärrvärme efter renovering)

Krav 1

Den beräknade specifika energianvändningen uppgår till 103 kWh/m²år vilket är 7 % lägre än BBR:s krav på 110 kWh/ m²år. Huset uppfyller alltså kravet på specifik energianvändning.

Krav 2

Kravet på värmeisolering uppfylls. $U_m = 0,46$ W/m²K efter renovering med 80 mm Västkustskiva är ytterligare en minskning till skillnad från det ursprungliga värdet på $U_m = 0,75$ W/m²K.

Utvärdering

Förbättringen i specifik energianvändning och värmeisolering beror självklart på den ökade värmeisoleringstjockleken men den är inte lika påtaglig som skillnaden mellan fall 1 och fall 2.

När det gäller skillnaden i specifik energianvändning och U_m - värde mellan fall 2 och fall 3 kan man konstatera att differensen mellan de olika fallen inte är så stor, vilket bäst förklaras med figur 27 där U-värdet efter tilläggsisolering med tjocklekar mer än 50 mm inte förbättrar U-värdet lika häftigt som de första 50 mm tilläggsisolering. (Se bilaga 3.)

8.4.4.4 Slutsats efter Isover Energi-beräkning

Slutsatsen efter beräkning med Isover Energi är att loftgångshuset innan renovering är väldigt undermåliga ur både värmeisolerings- och lufttäthetssynpunkt och kravet på energianvändning ligger långt över BBR:s maxvärde på 110 kWh/ m²år.

Efter renovering med 50 mm respektive 80 mm Västkustskiva, sänkning av inomhustemperaturen med 1 °C, reglerad ventilation och förbättrad täthet i byggnaden förbättras klimatskärmens egenskaper avsevärt och hamnar på acceptabla nivåer vad gäller energianvändning och värmeisolering.

Lufttätheten är minst lika viktigt som isoleringen i en byggnad och spelar stor roll i byggnadens slutgiltiga energianvändning.

Thage Anderssons Byggnads AB:s renovering på 50 mm tilläggsisolering är tillräckligt bra för att ge bostäderna god energibalans och komfortabel inomhusmiljö. Därmed kan min antagna tilläggsisolering på 80 mm Västkustskiva ses som icke nödvändig.

8.4.5 Beräkning av relativ fuktighet i väggskikt

Beräkning av den relativa fuktigheten (RF) i väggarna kommer att göras för hela året. Beräkningarna kommer bara att utföras i träregelsnittet (därmed utesluts mineralullskiktet) för att de riktiga problemen uppträder i träet som är känsligare för fuktpåverkan än mineralullen och att trä blir det dimensionerande materialet i och med den sämre värmeisoleringsförmågan. Mineralullen i sig skadas inte av fukt utan fukten i mineralull kan i värsta fall skada omgivande material som ansluter till isoleringen, vilken inte tas hänsyn till i denna rapport.

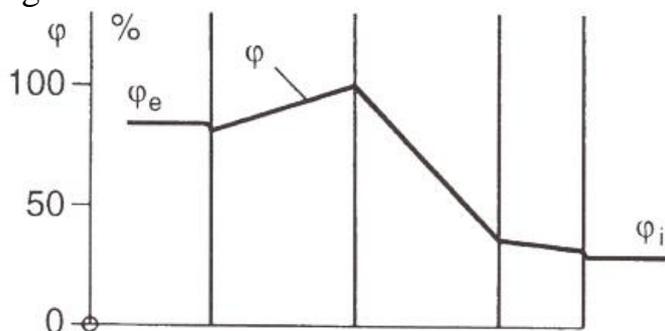
Fukttillskottet kommer att vara konstant och antas till 4 g/m^3 . Detta värde är högt satt, vilket kanske inte stämmer med verkligheten, men för att ta med de sämsta förutsättningarna blir det ett dimensionerande fukttillskott.

Syftet med denna beräkning är att kontrollera så att den beräknade relativa fuktigheten i träreglarna inte överstiger den kritiska relativa fuktigheten för trä och att kondensrisk i ytterväggen inte föreligger.

Risken för tillväxt av röta och mögel på trämaterial börjar vid RF 75 % vilket alltså betyder att den relativa fuktigheten i träreglarna inte får vara högre. Vid fuktteknisk bedömning kontrolleras den kritiska relativa fuktigheten med avseende på temperaturen. Hög relativ fuktighet vid höga temperaturer (i denna rapport antas temperaturer mellan ca $10\text{-}20 \text{ }^\circ\text{C}$ vara höga temperaturer) är mer riskabelt än hög relativ fuktighet vid låga temperaturer. Om kondens uppstår (dvs. RF överstiger 100 %) i ett skikt är det viktigt att se till så att kondensatet kan dräneras bort, annars kan fuktskador uppkomma i konstruktionen.

Stationärt tillstånd antas i mina beräkningar. RF beräknas i övergången mellan olika materialskikt och inte i mitten av ett skikt. För att räkna fram relativ fuktighet mitt i ett material antas linjär fördelning, se figur 28.

Klimatdata för Kristianstad är hämtat ur "Klimatdata" av Statens Råd för Byggnadsforskning (1972). I beräkningarna har en väggskiktstyp använts, det vill säga att fasaden har bestått av korrugerad plåt i det orenoverade fallet och tegel i de renoverade fallen.



Figur 28. Figuren visar exempel på hur RF (som betecknas φ) kan variera i ett väggskikt. Observera att φ_e är RF ute och att φ_i är RF inomhus. Övergången mellan material representeras av de lodräta linjerna. (Bilden är hämtad från "Fukthandbok - Praktik och teori" av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson).

8.4.5.1 Resultat från beräkningarna

Observera att riskbedömningen har grundats på nedanstående faktorer och beräkningsförutsättningarna.

För att mögel- och rötskador ska uppstå i organiska material (träet) så ska följande faktorer uppfyllas:

- Kritisk RF > 75 % överskrids (i vissa fall kan RF ligga på 70 % vid tillräckligt hög temperatur för att gynnsamma förhållanden för skador skall uppfyllas)
- Hög RF vid höga temperaturer (RF högre än 75 % vid temperaturer högre än +10 °C).
- Tidsaspekten: kontrollera fuktillståndets varaktighet dvs. för att fuktskador ska uppstå vid RF 75 % så ska förhållandet pågå under en längre tid medan skador uppvisas snabbare vid högre RF (85-90 %).

Fall 1. Orenoverat

Beräkningarna redovisas i bilaga 4.

Konstruktion (inifrån och ut):

13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 22 mm läkt och fasadbeklädnad av 12 mm korrugerad plåt.

Januari: Kritisk RF överskrids. RF= 76,3 % på träreglarnas yttersida men däremot är T= 0,75 °C. Minimal risk för fuktskador.

Februari: Kritisk RF överskrids ej. RF= 74,5 % på träreglarnas yttersida vid T= 0,75 °C. Ingen risk för fuktskador.

Mars: Kritisk RF överskrids ej. RF= 74,2 % på träreglarnas yttersida vid T= 2,70 °C. Ingen risk för fuktskador.

April: Kritisk RF överskrids ej. RF=71,4 % på träreglarnas yttersida vid T= 7,06 °C. Ingen risk för fuktskador.

Maj: Kritisk RF överskrids ej. RF= 69,6 % på träreglarnas yttersida vid T=11,88 °C. Liten risk för fuktskador.

Juni: Kritisk RF överskrids ej. RF= 71,7 % på träreglarnas yttersida vid T=15,69 °C . Liten risk för fuktskador.

Juli: Kritisk RF överskrids. RF= 76,6 % på träreglarnas yttersida vid T= 17,73 °C. Måttlig risk för fuktskador.

Augusti: Kritisk RF överskrids. RF= 78,1% på träreglarnas yttersida vid T= 16,90 °C. Måttlig risk för fuktskador.

September: Kritisk RF överskrids. RF= 81,6 % på träreglarnas yttersida vid T= 13,56 °C. Måttlig risk för fuktskador.

Oktober: Kritisk RF överskrids. RF= 81,6 % på träreglarnas yttersida vid T= 9,29 °C. Måttlig risk för fuktskador.

November: Kritisk RF överskrids. RF= 82,0 % på träreglarnas yttersida men däremot är T= 5,76 °C. Minimal risk för fuktskador.

December: Kritisk RF överskrids. RF= 79,7 % på träreglarnas yttersida men däremot är T= 3,07 °C. Minimal risk för fuktskador.

Utvärdering

Av resultaten ovan att döma innehar loftgångshusens yttervägg generellt sätt väldigt höga relativa fuktigheter och där träregelns yttersida i genomsnitt ligger på RF 76,4 %, dock så föreligger aldrig någon kondensrisk i ytterväggskonstruktionen, se bilaga 4.

Träreglarnas insida upplever betydligt lägre relativa fuktigheter och hamnar inte i riskzonen för fuktskador. Den kritiska perioden börjar vid maj månad och slutar vid oktober, då det råder gynnsamma förhållanden för mögelpåväxt och röta på träreglarnas yttersida. Under dessa månader är även temperaturen hög och detta bidrar till ännu bättre förutsättningar för mögel- och rötskador. Under vinterhalvåret överskrids också den relativa fuktigheten men då är temperaturen låg vilket minskar risken för fuktskador. (Se bilaga 4.)

Utegipsen är den del av ytterväggskonstruktionen, vid sidan av träreglarna, som också är utsatt och innehar höga relativa fuktigheter som ligger mellan 70-85 % året runt (se bilaga 4), och då utan att ta hänsyn till eventuellt inläckande nederbörd. Däremot är utegipsen beständigare mot mögelpåväxt och har en kritisk relativ fuktighet som börjar vid 80 %. De höga fukthalterna kan under särskilda månader ge upphov till mikrobiell tillväxt på gipsskivorna.

I ytterväggen får plastfoliens (ångspärren) insida högre relativ fuktighet än inomhusluften men detta är oväsentligt då kondens inte uppstår. Skador undviks förutsatt att plastfolien förblir helt tät och att till exempel elinstallationer eller uppspikning av tavlor inte utförs. Idag placeras plastfolien en bit in i väggen för att ge fritt utrymme för montage av elinstallationer och dylikt men under miljonprogrammet gjordes inte detta utan loftgångshuset har plastfolien placerad i ett väldigt utsatt läge och ligger direkt bakom innegipsen. Problematiken som uppstår då man monterar elinstallationer och genomföringar är att dessa kräver håltagning i plastfolien vilket bäddar för lokala fuktflöden och förhöjda fuktförhållanden vid håltagningarna och

otätheterna. Plastfoliens uppgift är att förhindra ångtransport genom en konstruktion och plastfolien svarar för nästan 100 % av väggens ångmotstånd. En otät plastfolie skulle kunna orsaka stora fuktskador och i detta fall leda till att även träregelns insida fuktskadas. Problemen kan förvärras i samband med placering av till exempel en bokhylla eller annan inredning som då sänker temperaturen vid plastfoliens insida och i sin tur ger ännu högre relativa fuktigheter, som i värsta fall resulterar i att kondens fälls ut i väggsnittet och orsakar fuktskador.

En annan faktor att ta hänsyn till ur fuktperspektiv är huruvida det finns otätheter och glipor i fasadbeklädnaden (fasadplåten eller träpanelen) som då skulle leda till att direkt nederbörd i form av slagregn tränger igenom konstruktionen. Vid detta scenario kommer utegipsen, som under miljonprogrammet saknade vattenavvisande skikt, att suga åt sig regnvattnet och transportera det till träreglarna med fuktskador som påföljd. Det är därför ytterst viktigt att se till så utförandet går rätt till och att man inte slarvar med detaljer vid byggnation.

Fall 2. Renoverat med 50 mm

I denna del av beräkningen utsluts tegelskiktets värmemotstånd därför att luftspalten bakom, som är väl ventilerad, får samma fuktillstånd som uteluften. Beräkningarna redovisas i bilaga 5.

Konstruktion (inifrån och ut):

13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 50 mm tilläggsisolering (Västkustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.

Januari: Kritisk RF överskrids ej. RF= 36,5 % på träreglarnas yttersida vid T=12,03 °C. Ingen risk för fuktskador.

Februari: Kritisk RF överskrids ej. RF= 35,6 % på träreglarnas yttersida vid T=12,03 °C. Ingen risk för fuktskador.

Mars: Kritisk RF överskrids ej. RF= 38,4 % på träreglarnas yttersida vid T=12,89 °C. Ingen risk för fuktskador.

April: Kritisk RF överskrids ej. RF= 43,9 % på träreglarnas yttersida vid T=14,82 °C. Ingen risk för fuktskador.

Maj: Kritisk RF överskrids ej. RF= 51,0 % på träreglarnas yttersida vid T=16,95°C. Ingen risk för fuktskador.

Juni: Kritisk RF överskrids ej. RF= 60,2 % på träreglarnas yttersida vid T=18,63 °C. Ingen risk för fuktskador.

Juli: Kritisk RF överskrids ej. RF= 68,9 % på träreglarnas yttersida vid T=19,53 °C. Ingen risk för fuktskador.

Augusti: Kritisk RF överskrids ej. RF= 68,4% på träreglarnas yttersida vid T=19,16 °C. Ingen risk för fuktskador.

September: Kritisk RF överskrids ej. RF= 63,6 % på träreglarnas yttersida vid T=17,68 °C. Ingen risk för fuktskador.

Oktober: Kritisk RF överskrids ej. RF= 54,6 % på träreglarnas yttersida vid T=15,80 °C. Ingen risk för fuktskador.

November: Kritisk RF överskrids ej. RF= 47,9 % på träreglarnas yttersida vid T=14,25 °C. Ingen risk för fuktskador.

December: Kritisk RF överskrids ej. RF= 41,9 % på träreglarnas yttersida vid T=13,06 °C. Ingen risk för fuktskador.

Utvärdering

Efter tilläggsisolering med 50 mm Västskustskiva elimineras fuktskaderiskerna. Ytterväggen får lägre relativa fuktigheter under hela året och träreglarnas yttersida ligger i genomsnitt på RF 50,9 % (se bilaga 5) vilket alltså är en sänkning med mer än 25 procentenheter till skillnad från fall 1. Hela ytterväggen får märkbart sänkta relativa fuktigheter. Anledningen till de sänkta relativa fuktigheterna i konstruktionen är att tilläggsisoleringen gör hela ytterväggskonstruktionen varmare och detta medför i sin tur till lägre RF.

Jämför man temperaturfördelningen i ytterväggskiktet innan renovering och efter tilläggsisolering så har temperaturgränsen förflyttats från träregelns insida (innan renovering) till Västskustskivans insida (efter renovering), se bilaga 5.

De enda riskmånaderna under året är juli och augusti som hamnar i gråzonen med RF på cirka 70 % och väldigt höga temperaturer. Dessa månader överskrider aldrig några kritiska fuktillstånd men är värda att beakta.

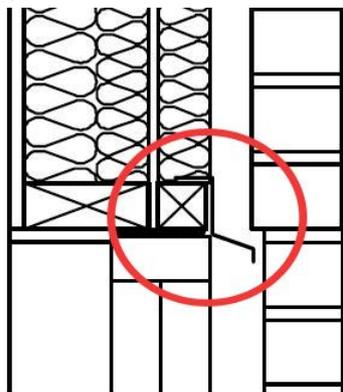
Vid särskilda tillstånd då till exempel läckage av direkt slagregn inträffar eller att plastfolien inte är tillräckligt tät kan kritiska relativa fuktigheter uppnås.

Efter renovering med 50 mm Västskustskiva elimineras även skaderisken hos utegipsen som då upplever avsevärt lägre relativa fuktigheter som aldrig överstiger RF 70 %, se bilaga 5.

I ytterväggen (tegelväggen) är det viktigt att se till så att utförandet av tegelmurningen och vattenavledningen blir rätt. Tegel är ett poröst material

med en bra förmåga att suga åt sig vatten kapillärt och vid nederbörd absorberas allt regnvatten. Vid häftigare slagregn bildas en vattenfilm på teglets yttersida som kan tränga in genom håligheter och sprickor i tegelstenar eller murbruk. Vid murning kan murtungor av murbruk bildas vilka har en betydande inverkan på tegelkonstruktionens egenskaper. Vid slagregn kan då det genomträngande regnvattnet ledas med hjälp av murtungorna över till Västskustskivan, som har obefintlig kapillärsugning, för att rinna av nedåt. Om vattnet rinner ned och däms upp på anslutande trämaterial, som till exempel fönsteravväxling eller syll, kan detta ge påtagliga konsekvenser.

Med rätt vattenavledning och att murtungor undviks förhindras dessa problem. Figur 29 från Thage Anderssons Byggnads AB:s Konstruktionshandlingar visar korrekt genomförd vattenavledning vid fönsteravväxling. Det vatten som rinner på ytan av Västskustskivan dräneras bort och kommer på så sätt inte i kontakt med träet. Liknande vattenavledning är konstruerad vid syllan.



Figur 29. Korrekt genomförd vattenavledning vid fönsteravväxling (inringat).

Fall 3. Renoverat med 80 mm

I denna del av beräkningen utesluts tegelskiktets värmemotstånd därför att luftspalten bakom, som är väl ventilerad, får samma fuktillstånd som uteluften. Beräkningarna redovisas i bilaga 6.

Konstruktion (inifrån och ut):

13 mm gips, plastfolie, 120 mm isolering+ 45x120 mm träreglar, 9 mm utegips, 80 mm tilläggsisolering (Västskustskiva), 40 mm luftspalt och fasadbeklädnad av 87 mm tegel.

Januari: Kritisk RF överskrids ej. RF= 31,7 % på träreglarnas yttersida vid T=14,29 °C. Ingen risk för fuktskador.

Februari: Kritisk RF överskrids ej. RF= 31,0 % på träreglarnas yttersida vid T=14,29 °C. Ingen risk för fuktskador.

Mars: Kritisk RF överskrids ej. RF= 33,9 % på träreglarnas yttersida vid T=14,93 °C. Ingen risk för fuktskador.

April: Kritisk RF överskrids ej. RF= 40,0 % på träreglarnas yttersida vid T=16,37 °C. Ingen risk för fuktskador.

Maj: Kritisk RF överskrids ej. RF= 48,0 % på träreglarnas yttersida vid T= 17,97 °C. Ingen risk för fuktskador.

Juni: Kritisk RF överskrids ej. RF= 58,2 % på träreglarnas yttersida vid T=19,22 °C. Ingen risk för fuktskador.

Juli: Kritisk RF överskrids ej. RF= 67,4 % på träreglarnas yttersida vid T= 19,90 °C. Ingen risk för fuktskador.

Augusti: Kritisk RF överskrids ej. RF= 66,6 % på träreglarnas yttersida vid T= 19,62 °C. Ingen risk för fuktskador.

September: Kritisk RF överskrids ej. RF= 60,6 % på träreglarnas yttersida vid T=18,52 °C. Ingen risk för fuktskador.

Oktober: Kritisk RF överskrids ej. RF= 50,5 % på träreglarnas yttersida vid T= 17,11 °C. Ingen risk för fuktskador.

November: Kritisk RF överskrids ej. RF= 43,2 % på träreglarnas yttersida vid T=15,94 °C. Ingen risk för fuktskador.

December: Kritisk RF överskrids ej. RF= 37,1% på träreglarnas yttersida vid T= 15,05 °C. Ingen risk för fuktskador.

Utvärdering

Efter tilläggsisolering med 80 mm Västkustskiva elimineras fuktskaderiskerna helt och hållet. Ytterväggen får självfallet ännu lägre relativa fuktigheter under hela året än fall 2 och träreglarnas yttersida ligger i genomsnitt på RF 47 %, vilket alltså är en sänkning med nästan 30 procentenheter i jämförelse med fall 1. Hela ytterväggen får som i fall 2 tydligt sänkta relativa fuktigheter.

En jämförelse mellan fall 2 och fall 3 av temperaturfördelningen i ytterväggen ger utfallet att fall 3 är cirka 1-2 °C varmare vid Västkustskivans insida och överlag någon grad varmare i hela ytterväggskonstruktionen. Fall 3 ger plastfoliens insida någon procentenhet lägre relativ fuktighet än fall 2. (Se bilaga 6.)

8.4.5.2 Slutsats efter RF-beräkning

Beräkningen ger en tydlig översikt över hur fuktillståndet varierar under ett helt år i Kristianstad i ytterväggen både innan och efter renovering.

Slutsatsen efter beräkningarna blir att loftgångshusens ytterväggskonstruktion innan renovering är undermålig ur fuktaspekt och påvisar väldigt höga relativa fuktigheter på träreglarnas yttersida under hela året. Träreglarnas yttersida har hög fuktskaderisk med ett årsgenomsnitt på RF 76,4 %. Ytterväggskonstruktionen innan renovering är väldigt riskabel under hela året och har optimala förhållanden för fuktskador, med undantag för vinterhalvåret då RF fortfarande är hög men då temperaturen är låg vilket medför att fuktskador minimeras. Även utegipsen visar på höga fukthalter som kan leda till mikrobiell tillväxt på gipsskivorna. (Se bilaga 4.)

Efter renovering enligt fall 2 och fall 3 elimineras fuktskaderiskerna och ytterväggen får acceptabla nivåer på relativa fuktigheter. I samband med renovering blir även väggskiktet varmare och temperaturgränsen flyttas från träregelns insida innan renovering till Västkustskivans insida efter renovering. (Se bilaga 5 och bilaga 6.)

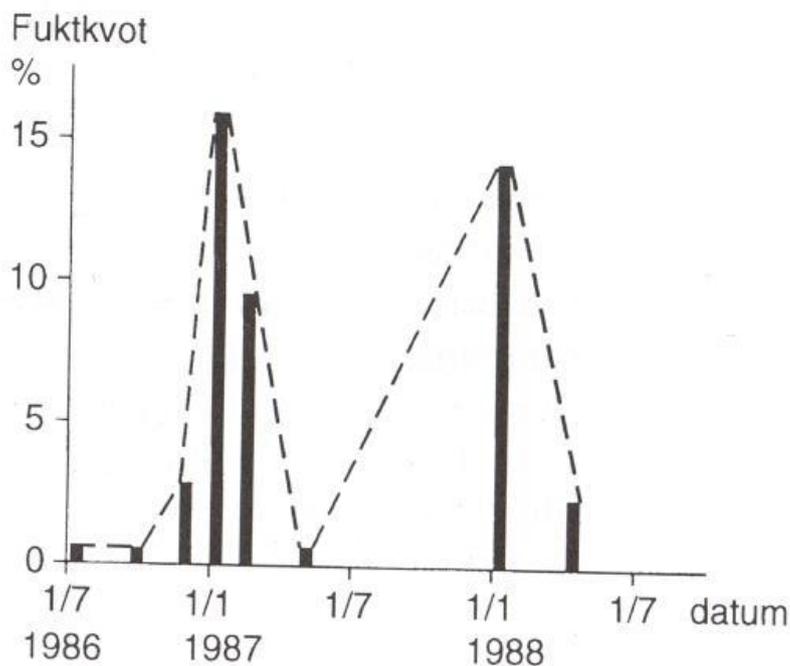
En annan slutsats som kan dras är att plastfolien, som är en ångspärr i konstruktionen, måste vara tät vilket är enormt viktig för fuktillståndet i en yttervägg därför att det krävs endast små defekter på plasten för att påtagliga konsekvenser skall påträffas då lokala fuktströmmar vid hål och otätheter kan orsaka kondens och förhöjda fukthalter. Plastfolien står för nästan hela väggens ångmotstånd och skall utföras på ett sådant sätt att genomföringar och installationer som kräver håltagning i plastfolien måste tätas ordentligt för att eventuella fuktskador skall undvikas.

Dessutom utsätts en yttervägg för ytterligare fuktskaderisker vid direkt nederbörd som kan läcka in bakom fasadbeklädnaden genom otätheter, sprickor och dåligt genomförda konstruktionsdetaljer. Vid överlappningar (särskilt vid sidoöverlappning och fönsterprofilering) och fästdon i fasadplåten, som helt saknar kapillärsugning, finns största risken för att slagregn tränger genom plåten. Vattnet rinner då på ytan av fasadplåten och läcker in genom otätheterna för att sedan absorberas av utegipsen. Utegipsen blir blöt och kan då transportera vattnet till bakomliggande träreglar med i värsta fall fuktskador som påföljd.

Vid en uppmurad tegelfasad förekommer vanligtvis sprickor och hål i murbruk och tegelstenar som slagregn kan penetrera genom då det bildas en vattenfilm på ytan av tegelfasaden. Regnvattnet kan sedan transporteras vidare till anslutande byggnadsdelar och dämmas upp på anslutande fuktkänsliga material såsom trä eller gipsskivor. Denna process fullbordas endast om murtungor av murbruk finns och därför är det viktigt att förhindra uppkomsten av dessa genom att se till så att arbetsmomenten utförs korrekt och att man inte slarvar med detaljer vid byggnation. En annan faktor att ta med är att vid nederbörd blir tegelfasaden blöt då den absorberar allt regnvatten och uppnår

då 100 % RF. Uttorkningen kan ta lång tid (se figur 30) och kan komma att påverka fuktförhållandena i ytterväggen. Vid soliga dagar värms tegelfasaden upp och temperaturen stiger vilket kan resultera till problematisk fukttransport med kondens på anslutande byggnadsmaterial som påföljd, så kallad sommarkondens. Detta förhindras bäst genom en välventilerad luftspalt bakom tegelskiktet (i Thage Anderssons Byggnads AB:s fall finns här en luftspalt på 40 mm vilken bör vara tillräcklig). Det är viktigt att se till så att luftöppningar som är avsedda för ventilation av luftspalten inte täpps igen.

Efter RF-beräkningarna kan man konstatera att Thage Anderssons Byggnads AB:s renovering på 50 mm tilläggsisolering är tillräckligt bra för att reducera fuktskaderisken och ge torrare ytterväggskonstruktion. Dessutom, av Konstruktionshandlingarna att utläsa, har stor noggrannhet lagts på vattenavledningssystemet så att inträngande vatten lätt kan dräneras bort. Dock kvarstår frågan om tegelfasaden är helt felfri och saknar murtungor, vilket endast kan besvaras av involverade murare. Om denna fråga bortses från är renoveringen oklanderlig och därmed kan min antagna tilläggsisolering på 80 mm Västkustskiva ses som icke nödvändig då resultaten från fall 3 inte skiljer sig märkbart från fall 2.



Figur 30. Exempel på uppmätta fuktkvoter i en tegelfasad. (Bilden är hämtad från "Fukthandbok - Praktik och teori" av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson).

8.4.6 Köldbryggor på HEAT 2

8.4.6.1 Köldbryggor innan renovering

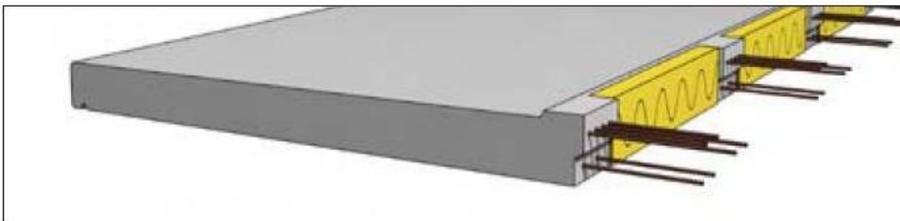
Köldbryggor i en byggnad kan uppstå av geometriska skäl, till exempel vid hörn, eller vid ingående material med god värmeledningsförmåga i konstruktionsdelar, som t.ex. stålpelare, betongelement eller träreglar. Värmeförluster till följd av köldbryggor spelar en betydande roll på en byggnads energianvändning och uppgår till cirka 20 % av det totala energibehovet för flerbostadshus.

Loftgångshusen har enorma köldbryggor i balkong- och loftgångsinfästningar som saknar tillräcklig isolering. Dessa byggnadsdelar är dessutom fritt exponerade för väder och vind vilket förvärrar situationen vid kallare klimat då temperaturskillnaderna mellan ute och inne är stora.

Dessutom är balkong- och loftgångsbjälklagen förankrade i mellanbjälklaget med intermitternt isolering vilket innebär att stora värmeläckageförluster uppstår mellan isoleringen, se figur 31.

En annan stor köldbrygga återfinns vid L-stöden, som bär upp loftgångarna, då dessa är direkt anslutna till de bärande, lägenhetsskiljande mellanväggarna. Här är mellanväggarna förlängda ut till utemiljön genom L-stöden och på så sätt flödar mycket värme ut genom byggnaden.

Vid anslutning mellan sidostycken i balkonger och ytterväggen uppkommer köldbryggor i hörnen som då bildas, precis som på gavelnsidan som läcker värme i gavelhörnen.



Figur 31. Bjälklag med intermitternt isolering. Notera de oisolerade delarna vid armeringsjärnen som utgör stora köldbryggor. (Bilden är hämtad från: <http://www.lkb.se/broschyror/pdf/balkong.pdf>).

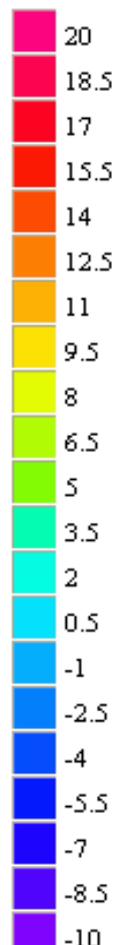
De köldbryggor som är aktuella i min rapport och som gäller för loftgångshusen är:

- anslutning mellan tak och yttervägg
- anslutning mellan mellanbjälklag och yttervägg
- anslutning mellan grund och yttervägg
- anslutning mellan fönster och yttervägg
- balkonginfästning
- loftgångsinfästning
- anslutning vid L-stöd
- anslutning mellan sidostycken och yttervägg

Simuleringarna på HEAT 2-programmet kommer att göras för loftgångshuset innan respektive efter renovering och endast för fall 1(orenoverat) och fall 2 (renoverat med 50 mm Väst kustskiva). Innetemperaturen är satt till +20 °C och utetemperaturen till -10 °C. I inglasade loftgångar och balkonger har temperaturen antagits vara +10 °C. Simuleringarna kommer att visas i färgskala med färgen indigo som lägst och rosa som högst temperatur (T, °C)/värmeflöde (q, W/m²). Observera att temperaturskalan är konstant (se figur 32) medan värmeflödesskalan skiftar i min- och maxvärde. Färgskalan i värmeflödessimuleringarna kan då vara vilseledande och därför har jag valt att redovisa värmeflödesvärdena i text under respektive köldbryggesimulering.

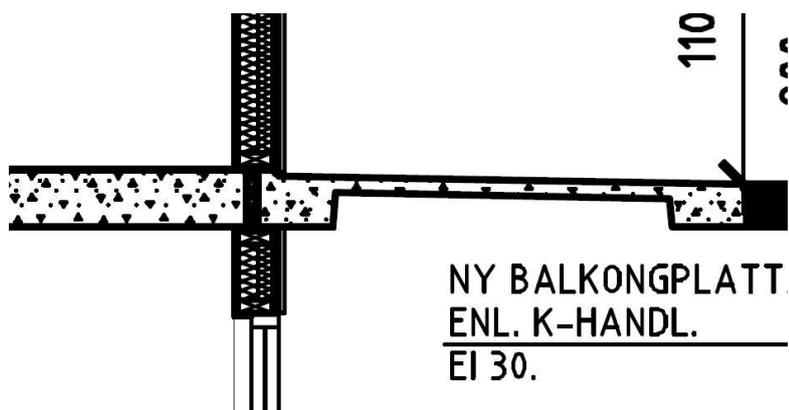
Syftet med simuleringarna i detta avsnitt är att presentera köldbryggorna visuellt, därför bör värmeflödesvärdena inte ses som beräkningsmässigt korrekta utan dessa värden är endast till för jämförelse mellan loftgångshuset innan respektive efter renovering.

De använda konstruktionerna och ritningarna är hämtade från Arkitekt- och Konstruktionshandlingarna från Thage Anderssons Byggnads AB. Vid simulering av konstruktioner för fall 1(orenoverat) redigeras Arkitekt- och Konstruktionshandlingarna till ej tilläggsisolerad konstruktionsuppbyggnad, då jag saknar originalritningar.

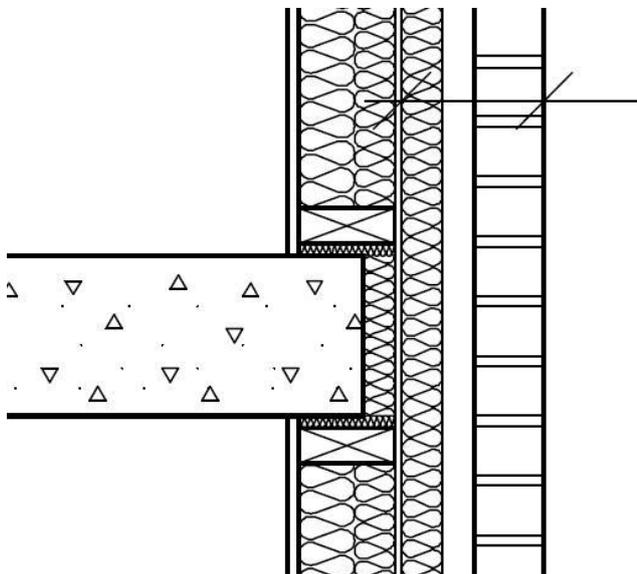


Figur 32. Temperaturskalan i HEAT 2-programmet.

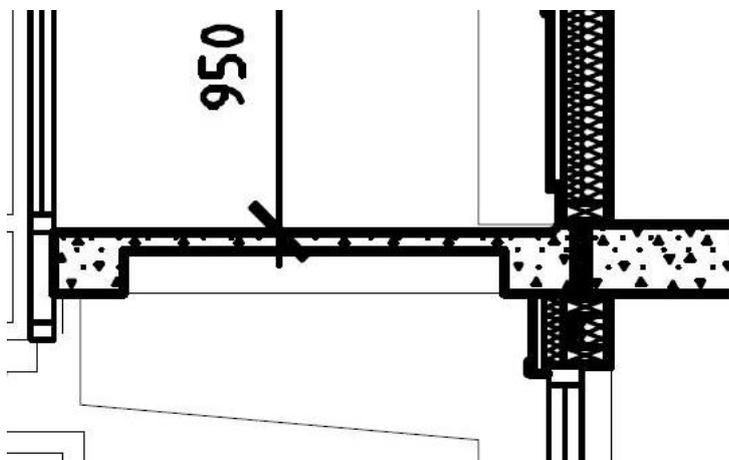
Följande konstruktioner används i programmet HEAT 2:



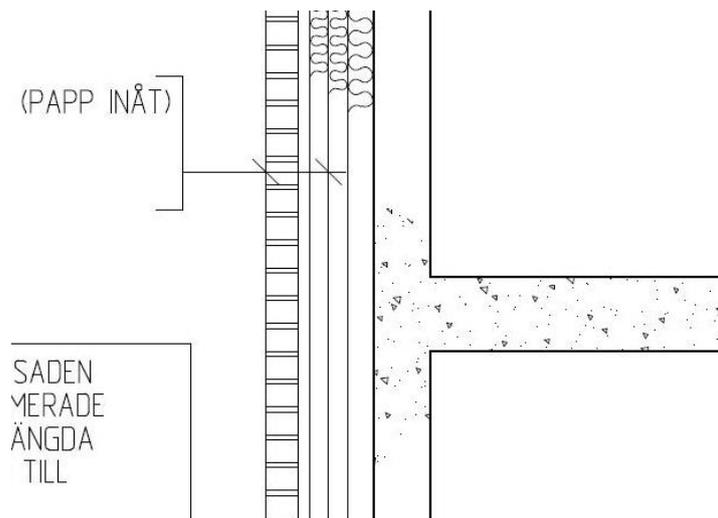
Balkonginfästning.



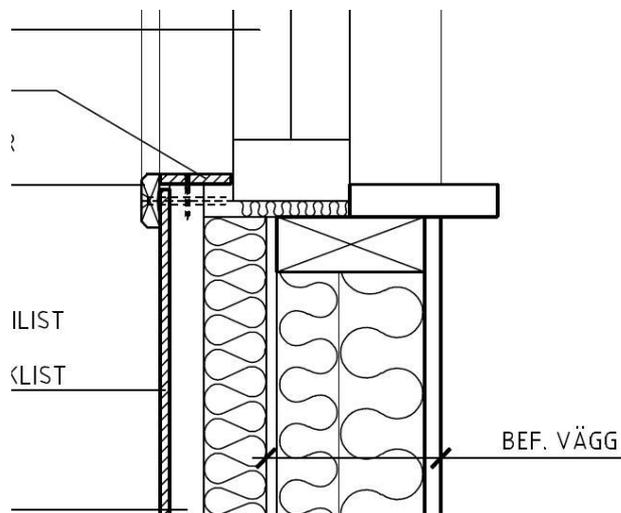
Anslutning mellanbjälklag - yttervägg.



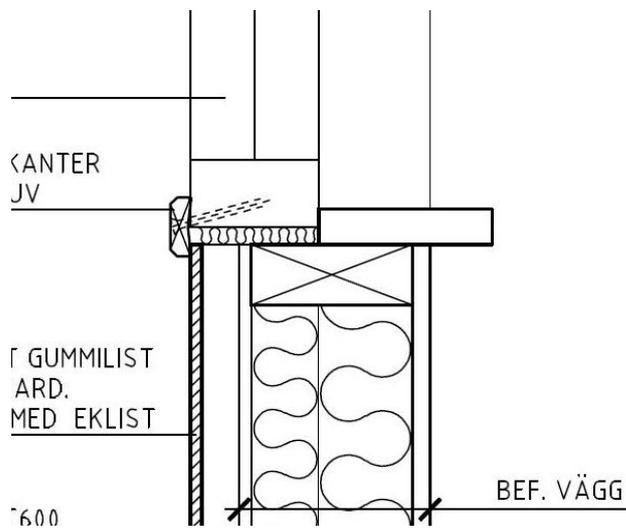
Loftgångsanslutning.



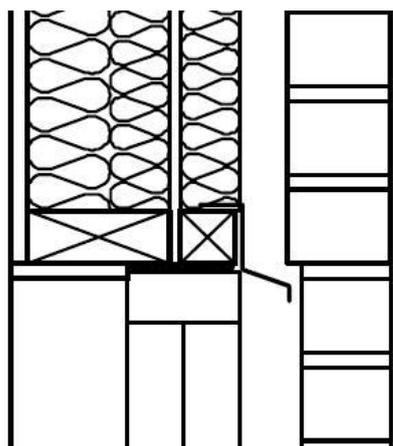
Gavlar.



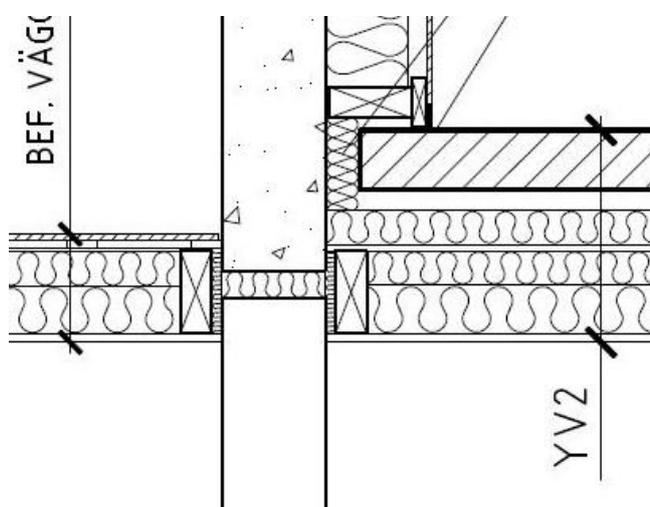
Fönsteranslutning i yttervägg för marklägenheterna (på entrésidan).



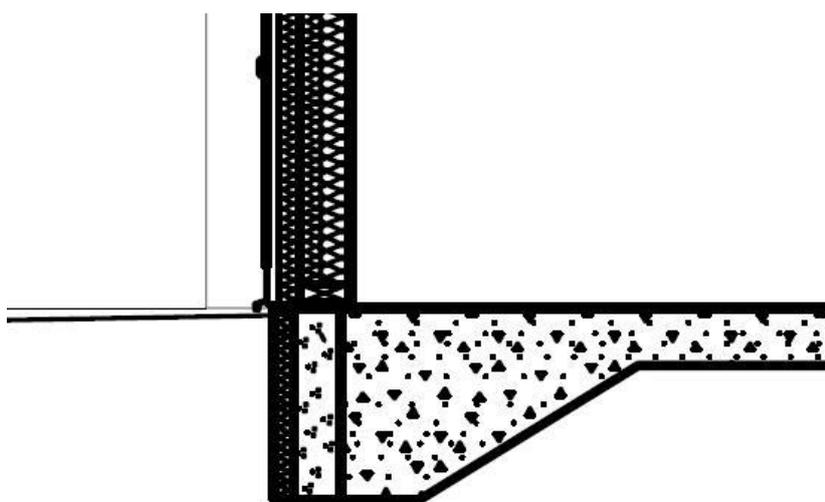
Fönsteranslutning i yttervägg för våning 2 och 3 (med inglasade loftgångar).



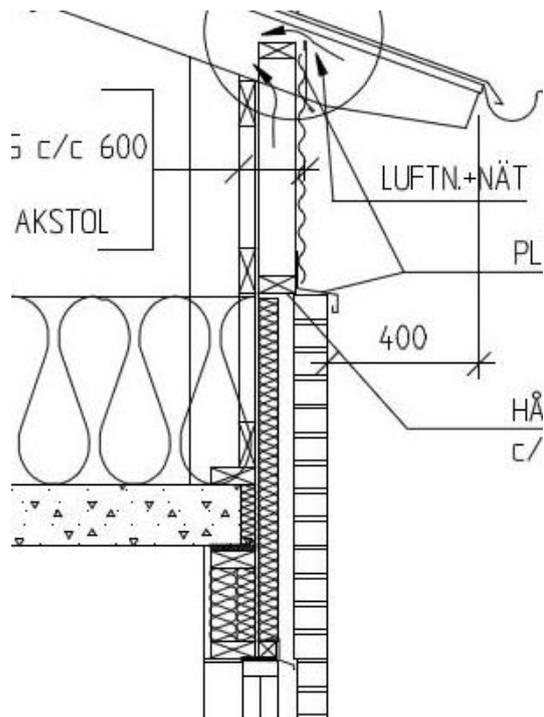
Fönsteranslutning i yttervägg på baksidan.



Anslutning sidostycken – yttervägg.



Grunden.

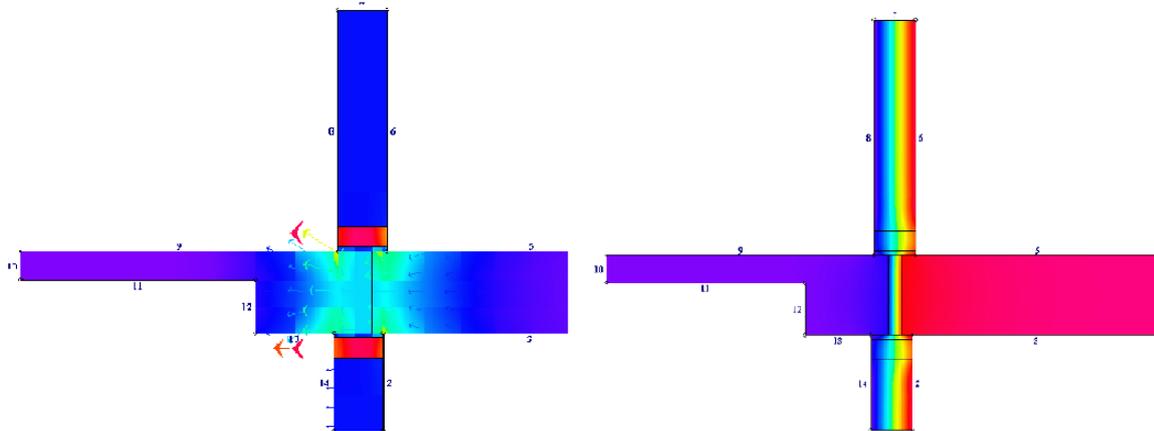


Takanslutning i yttervägg.

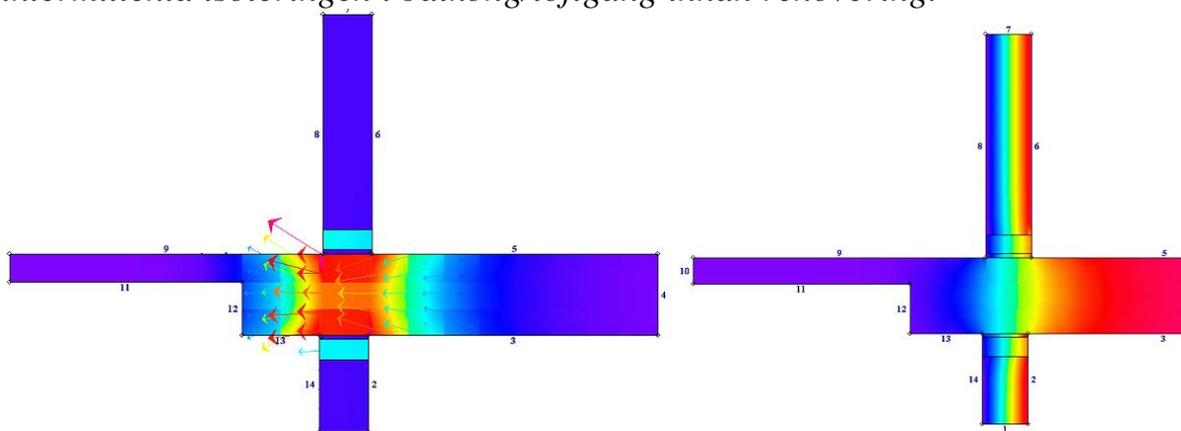
8.4.6.2 Resultat av simulering på HEAT 2

Balkong - och loftgångsfästning innan renovering.

Balkonger och loftgångar har likadan infästning i bjälklagen med en intermittent isolering på 40 mm mineralull.



Figur 33. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) genom den intermittenta isoleringen i balkong/loftgång innan renovering.



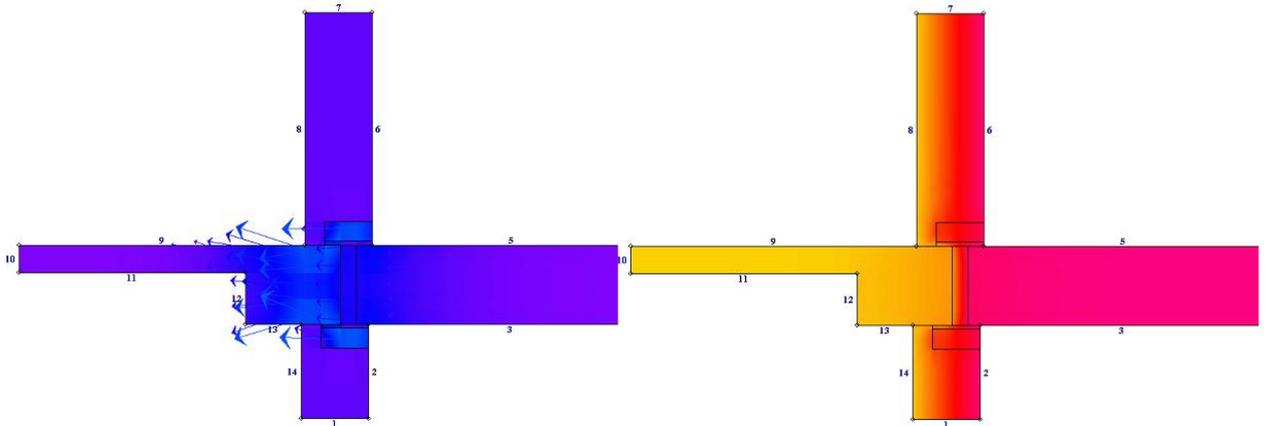
Figur 34. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) mellan den intermittenta isoleringen i balkong/loftgång innan renovering.

Figur 33 och figur 34 redovisar tydligt de dåligt utförda balkong- och loftgångskonstruktionerna. Värmefflödet genom den intermittenta isoleringen uppgår till ca 25 W/m². Mellan isoleringen flödar värme i princip rakt igenom konstruktionen och värmefflödet hamnar kring 140-150 W/m². Träreglarna i båda fallen har ett värmefflöde på ca 65 W/m².

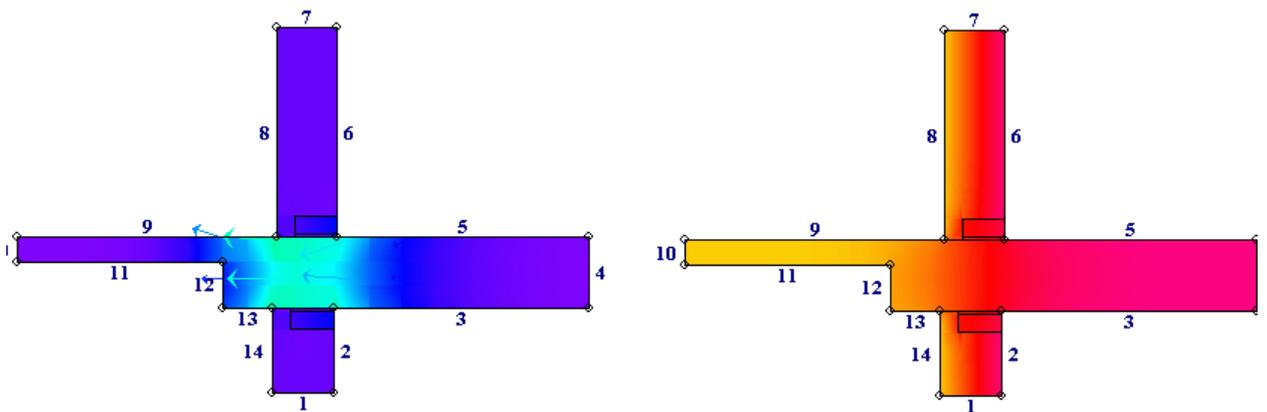
Temperaturfördelningen vid infästningen i det intermittenta isoleringsnittet avslöjar väldigt höga temperaturer på insida mineralull och väldigt låga på utsida mineralull. Mellan den intermittenta isoleringen ligger temperaturen kring 2 °C och inomhus, närmast infästningen, ger detta kalla golv med temperaturer på mellan 10-17 °C. Ytterväggen blir en kall konstruktion på grund av den bristande isoleringen vilket inte gynnar träreglarna i ytterväggen ur fuktperspektiv. (Se figur 33 och figur 34.)

Balkong - och loftgångsfästning efter renovering.

Notera att temperaturen i inglasad balkong/loftgång är satt till +10 °C.



Figur 35. Värmeflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) genom den intermittenta isoleringen i balkong/loftgång efter renovering.

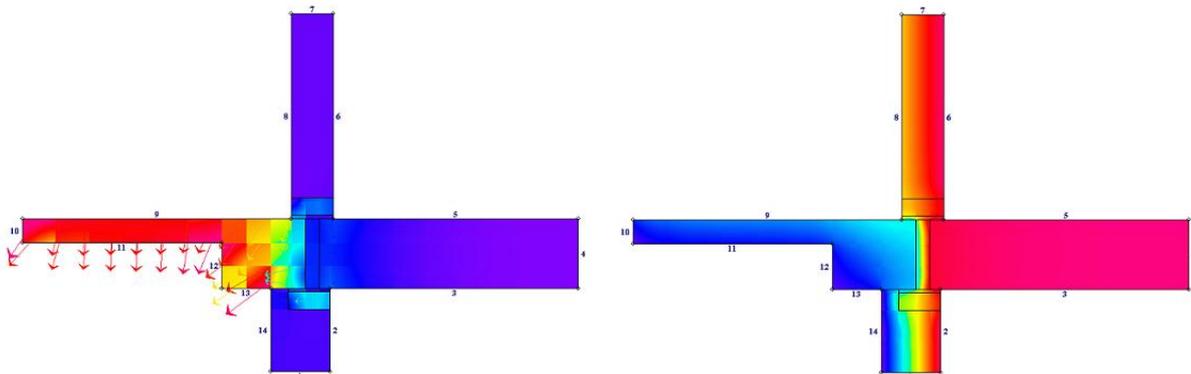


Figur 36. Värmeflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) mellan den intermittenta isoleringen i balkong/loftgång efter renovering.

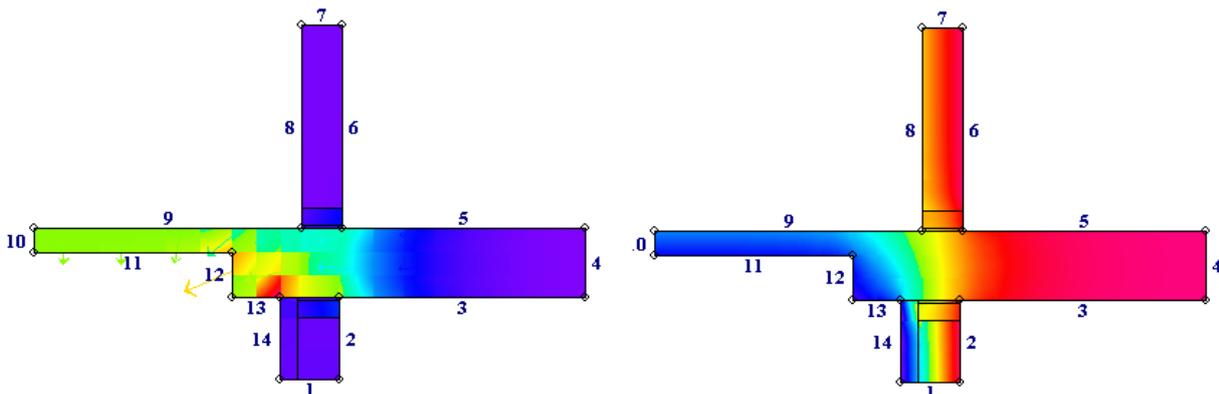
Vid tilläggsisolering och inglasning av balkonger och loftgångar minskar köldbryggorna. Man får varmare temperaturfördelning och värmeläcket minskar avsevärt i konstruktionen. Mellan isoleringen hamnar värmeläcket på 35 W/m² och genom den intermittenta isoleringen på 7 W/m². I och med att sidostyckena isoleras vid renovering kommer värmeläcket att hållas inom balkongutrymmet och på så sätt värma upp balkongerna. (Se figur 35 och figur 36.)

En viktig köldbrygga att beakta är den som återfinns vid loftgångsunderkanten mellan marklägenheterna och våning 2, se figur 37 och figur 38. Här är nämligen konstruktionen inte inglasad och därför kommer denna del att vara mer utsatt än de inglasade delarna.

Värmeläckaget här uppgår till ca 100-120 W/m² i infästningen, med en lokal värmeförlust på 150 W/m² precis på loftgångsunderkanten, att jämföra med en inglasad konstruktion som då skulle inneha ett värmefflöde kring 10 W/m². Mellan den intermittenta isoleringen sker ett stort värmeläckageflöde från bostaden och loftgången till utemiljön.

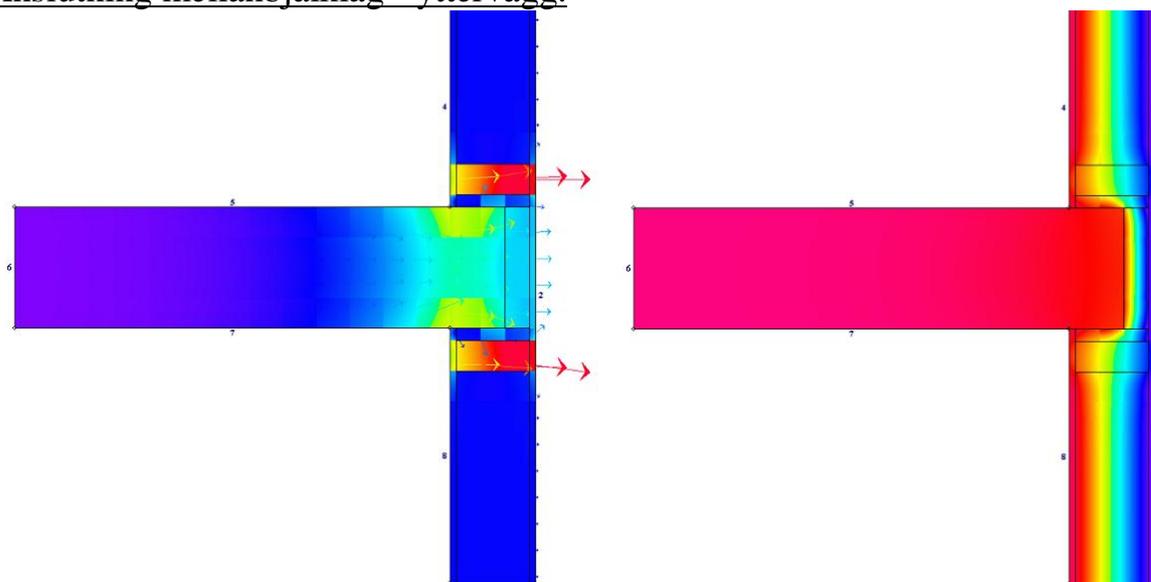


Figur 37. Värmeflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i loftgångsunderkanten genom den intermittenta isoleringen efter renovering. Den röda färgen i värmeflödessimuleringen representerar en värmeförlust på ca 100 W/m².

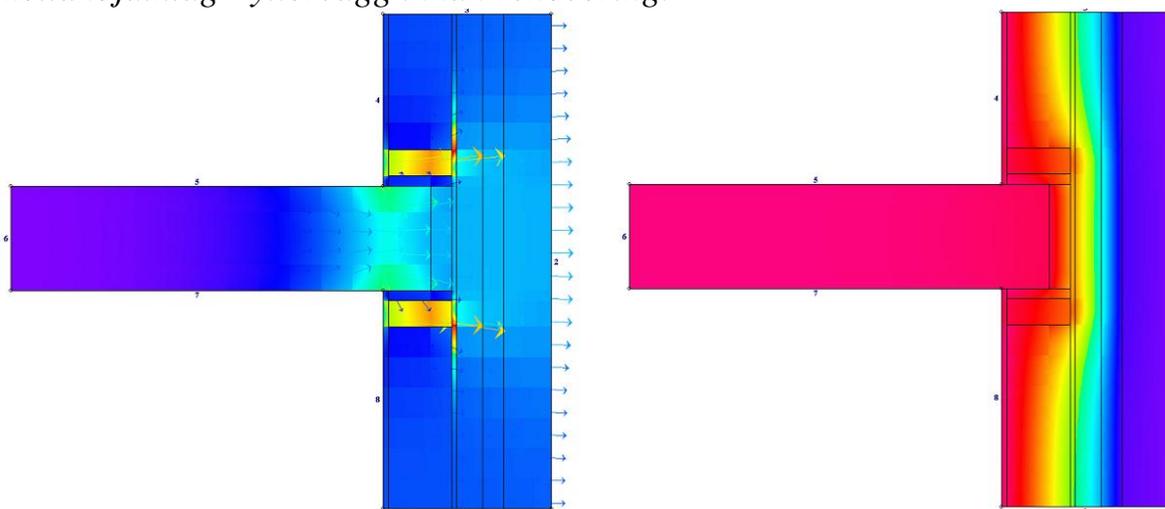


Figur 38. Värmeflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i loftgångsunderkanten mellan den intermittenta isoleringen efter renovering. Det röda området i värmeflödessimuleringen visar på koncentrerad värmeförlust kring 150 W/m² precis vid loftgångsunderkantens möte med ytterväggen.

Anslutning mellanbjälklag - yttervägg.



Figur 39. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i anslutningen mellanbjälklag - yttervägg innan renovering.

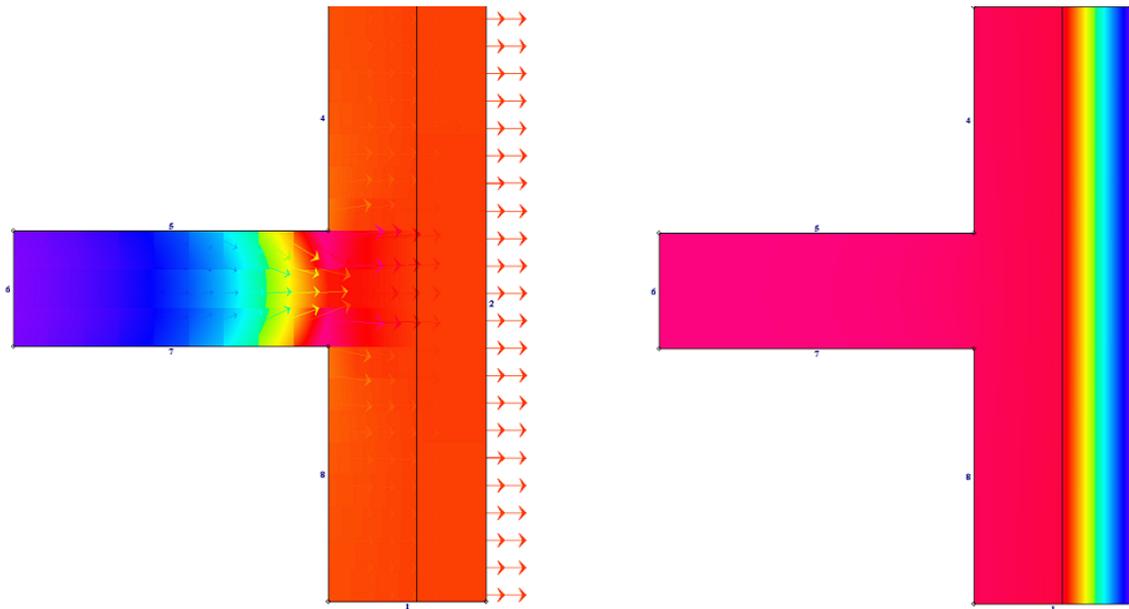


Figur 40. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i anslutningen mellanbjälklag - yttervägg efter renovering.

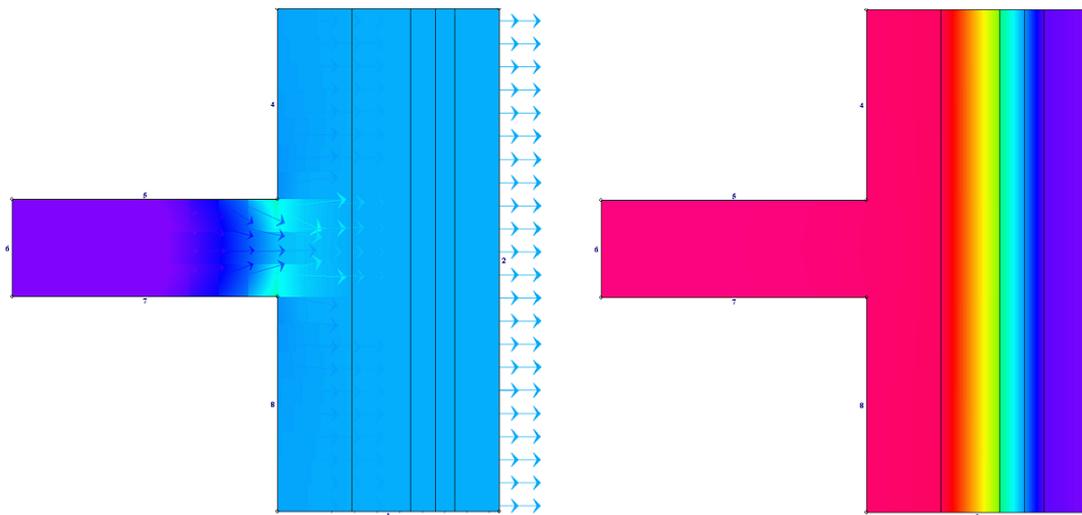
I fallet innan renovering sker ett värmefflöde genom ytterväggen på ca 25 W/m² och genom träreglarna 60 W/m². Efter renovering sjunker värmefflödet genom ytterväggen till 6 W/m² och värmeläckaget genom träreglarna är inte av någon större betydelse eftersom ytterväggen tilläggsisolerats med 50 mm Västskustskiva.

Temperaturfördelningen i anslutningen mellan mellanbjälklag och yttervägg påvisar kall ytterväggskonstruktion med en temperaturgräns vid mitten av träregel - och mineralullsskiktet innan renovering. I samband med renovering blir ytterväggen varmare och temperaturgränsen flyttas till Västskustskivans insida, precis som RF-beräkningarna i kapitel 8.4.5 visade, vilket gynnar träregelstommen i ytterväggen. (Se figur 39 och figur 40.)

Gavel.



Figur 41. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i gavelkonstruktionen innan renovering.

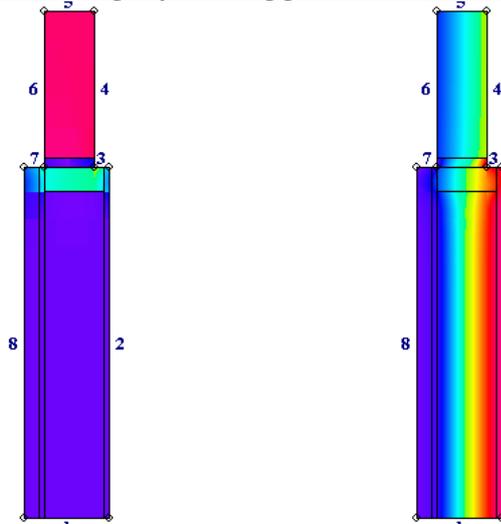


Figur 42. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i gavelkonstruktionen efter renovering.

I fallet innan renovering sker ett värmefflöde genom ytterväggen på ca 10 W/m². Efter renovering halveras värmefflödet genom ytterväggen till 5 W/m².

Temperaturfördelningen i gavelkonstruktionen påvisar kall konstruktion innan renovering men ytterväggen blir varm från Västkustskivans insida och inåt efter renovering vilket gynnar träregelstommen i ytterväggen. (Se figur 41 och figur 42.)

Fönsteranslutning i yttervägg innan renovering.



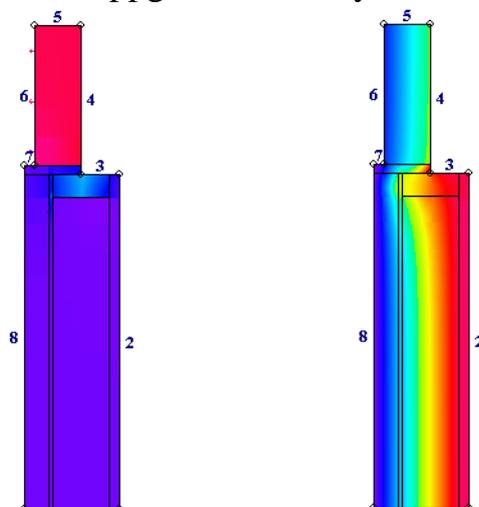
Figur 43. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid fönsterinfästning innan renovering.

Simulering av fönsterinfästningen innan renovering visar tydligt hur stora köldbryggor själva fönsterglasen utgör (till följd av fönster med dåligt U-värde) med ett värmeläckage genom glaset på 110 W/m^2 . Även träregeln vid fönstersmygen är en stor köldbrygga och värmeläckageförlusterna hamnar kring 40 W/m^2 .

Temperaturfördelningen i fönsterglasen ligger på väldigt låga temperaturer och på insida fönsterglas ligger temperaturen kring $5 \text{ }^\circ\text{C}$ vilket orsakar enorma kallrasproblem inomhus. (Se figur 43.)

Fönsteranslutning i yttervägg efter renovering.

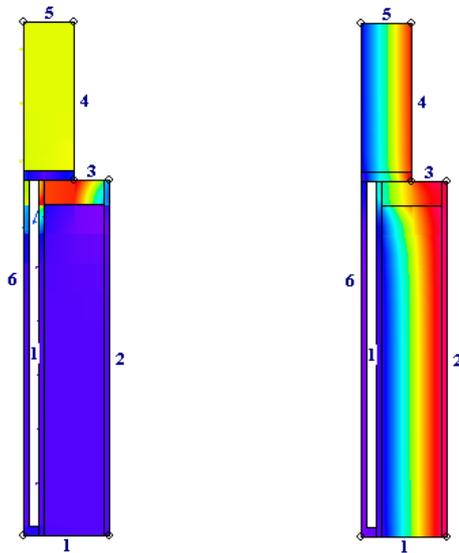
Efter renovering kommer fönsteranslutningarna i olika versioner. Några befintliga fönster behålls, i till exempel marklägenheterna på loftgångssidan, men de flesta uppgraderas till nya, bättre fönster med lägre U-värde.



Figur 44. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid fönsterinfästning i marklägenheterna efter renovering.

I marklägenheternas fönster kvarstår givetvis köldbryggan och kallrasproblemen i fönsterglasen eftersom byte av fönster inte gjorts. Värmeförluster genom fönsterglaset uppgår till 110 W/m².

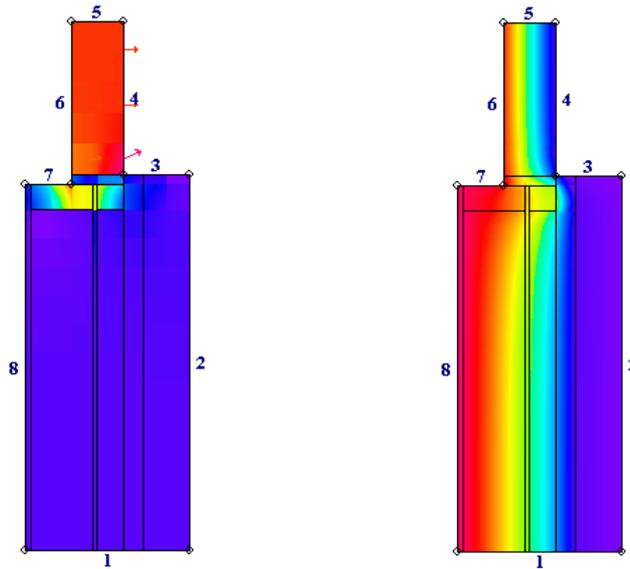
Det enda som förändras är att träregeln vid fönstersmygen inte uppvisar större värmeförluster då man tilläggsisolerar ytterväggsfasaden. (Se figur 44.)



Figur 45. Värmeflöde(t.v.) och temperaturfördelning(t.h.) vid fönsterinfästning i ytterväggarna på våning 2 och 3 efter renovering.

På våning 2 och 3 på loftgångssidan, som är inglasade, byts fönstren ut och ersätts med nya, bättre fönster. Men här är ytterväggarna, som vetter mot de inglasade loftgångarna, inte tilläggsisolerade. Simuleringen visar genast förbättrade värmeisoleringssegenskaper hos fönsterglaset (fönster med U-värde 1,3 W/m²K) på våning 2 och 3.

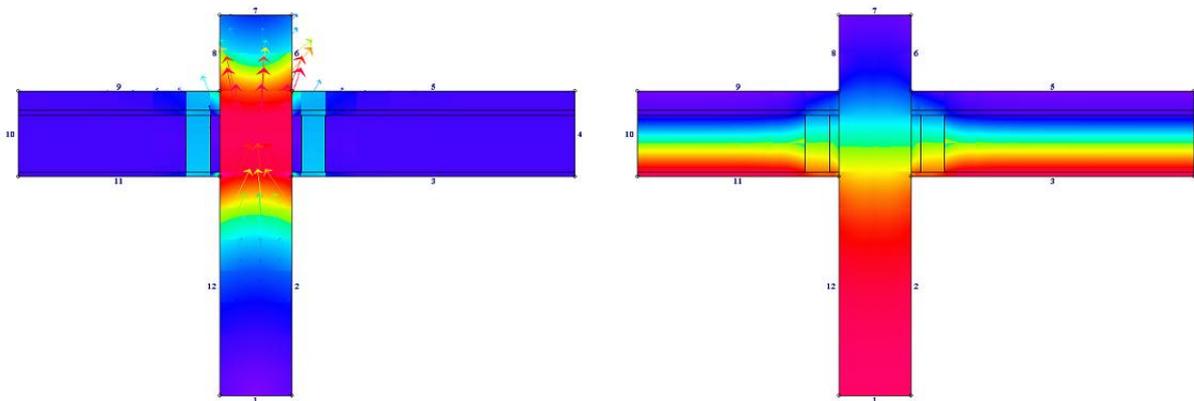
Värmeflödet genom fönsterglaset hålls lågt, ca 10 W/m², och temperaturen på insida fönsterglas hamnar kring 18 °C vilket eliminerar kallraset inomhus. Däremot finns problematik med värmeförluster vid träregeln på 45 W/m² där man inte tilläggsisolerat med Västkustskiva. Vid temperaturer i den inglasade loftgången lägre än den antagna på +10°C kan detta medföra betydande köldbryggor. (Se figur 45.)



Figur 46. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid fönsterinfästning i ytterväggarna på tegelfasaden efter reovering.

På baksidan av loftgångshusen som har ytterväggskonstruktion med tegelfasad finns den bästa konstruktionslösningen för fönsterinfästning. Här har man bytt till fönster med lågt U-värde och dessutom tilläggsisolerat ytterväggen. Ingen större problematik med kallras uppkommer och värmeförluster genom träregeln vid fönstersmyg hindras med tilläggsisoleringen på 50 mm Västkustskiva. (Se figur 46.)

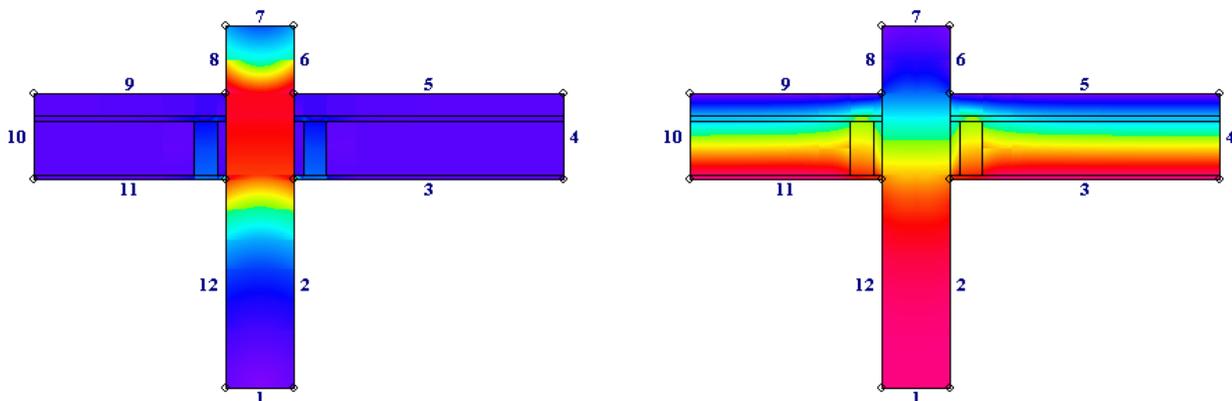
L-stödsinfästning innan renovering.



Figur 47. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid L-stödsinfästning i yttervägg innan renovering.

L-stödsinfästningarna utgör enorma köldbryggor i loftgångshusen. Det syns tydligt hur stora värmeförluster som är koncentrerade kring L-stödsinfästningarna, med ett värmefflöde som hamnar kring 140 W/m². Även vid träreglarna sker ett stort värmefflöde på 40 W/m². (Se figur 47.)

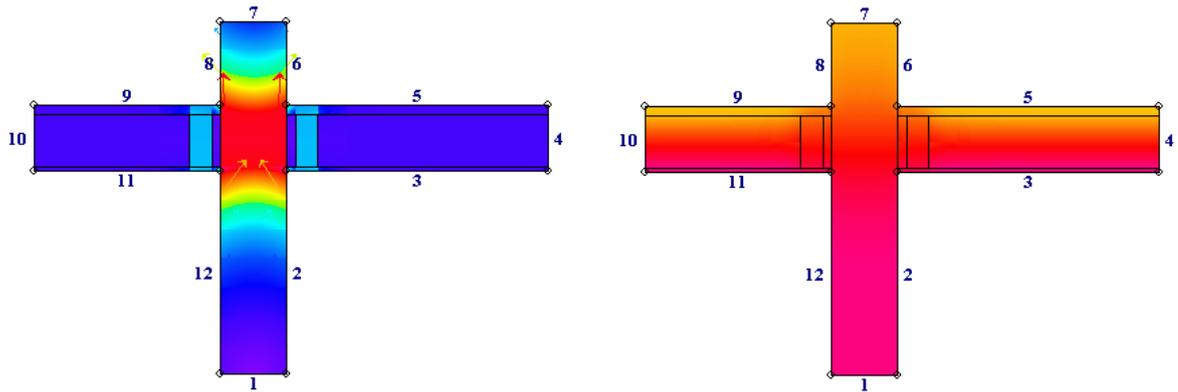
L-stödsinfästning efter renovering.



Figur 48. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid L-stödsinfästning i marklägenheternas yttervägg efter renovering.

I marklägenheternas L-stödsinfästningar, som inte glasas in, får man fortsätta köldbryggeproblem. Värmeläckaget genom L-stödsförankringen förblir detsamma på 140 W/m².

Det enda som förbättras är att värmefflödet genom träreglarna minskar i samband med tilläggsisolering av fasaden. (Se figur 48.)

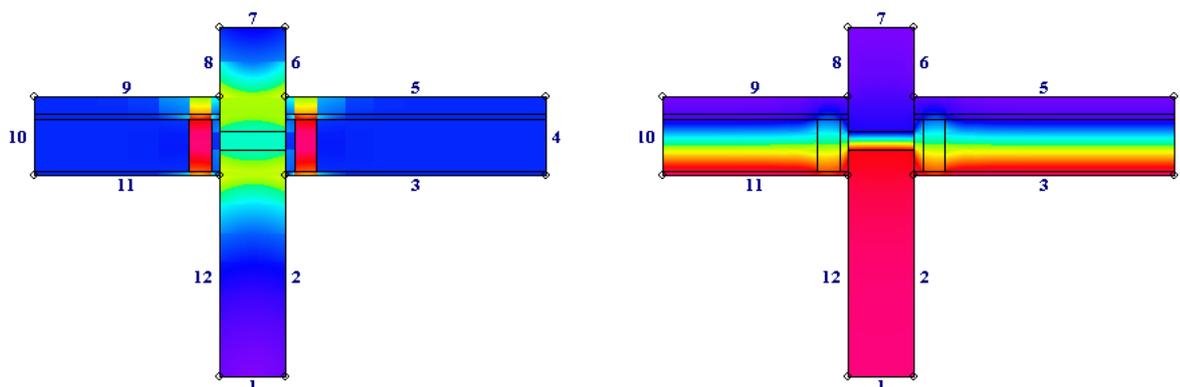


Figur 49. Värmefflöde (t.v.) och temperaturfördelning (t.h.) vid L-stödsinfästning i yttervägg på våning 2 och 3, som är inglasade, efter renovering.

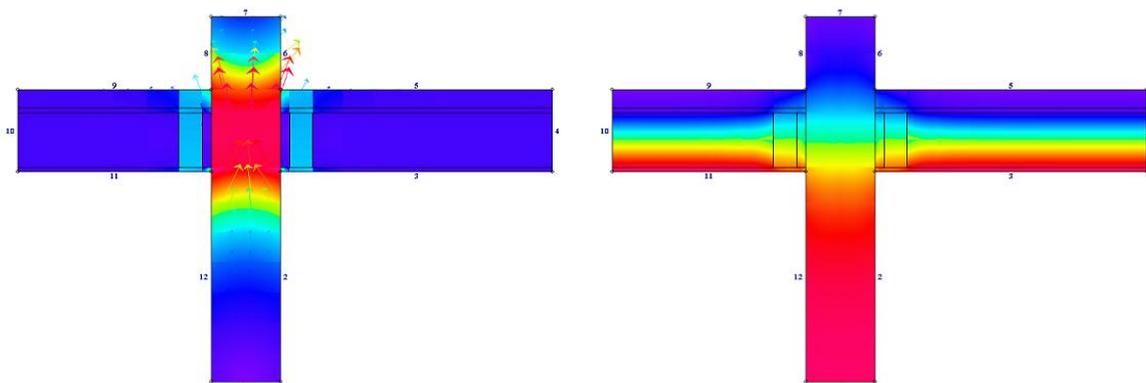
På våning 2 och 3 som glasas in förbättras situationen och värmefflödet vid L-stödsinfästningen sjunker till 40 W/m^2 , en sänkning med 100 W/m^2 till skillnad från en ej inglasad loftgång.

Vid temperaturer i den inglasade loftgången lägre än den antagna på $+10^\circ\text{C}$ kan detta medföra betydande köldbryggor vid både loftgångsinfästningen och vid träreglarna. (Se figur 49.)

Anslutning sidostycken - yttervägg innan renovering.



Figur 50. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid anslutningen sidostycke - yttervägg genom den intermittenta isoleringen innan renovering.



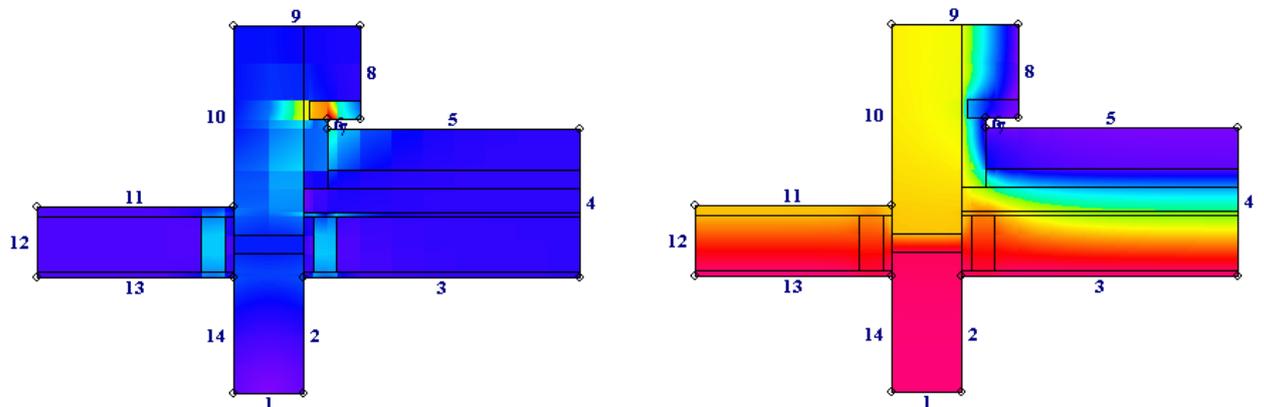
Figur 51. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid anslutningen sidostycke - yttervägg mellan den intermittenta isoleringen innan renovering.

Anslutningen mellan sidostycken och yttervägg utgör stora köldbrygglor i loftgångshuset, liknande de som återfinns vid L-stöden innan renovering.

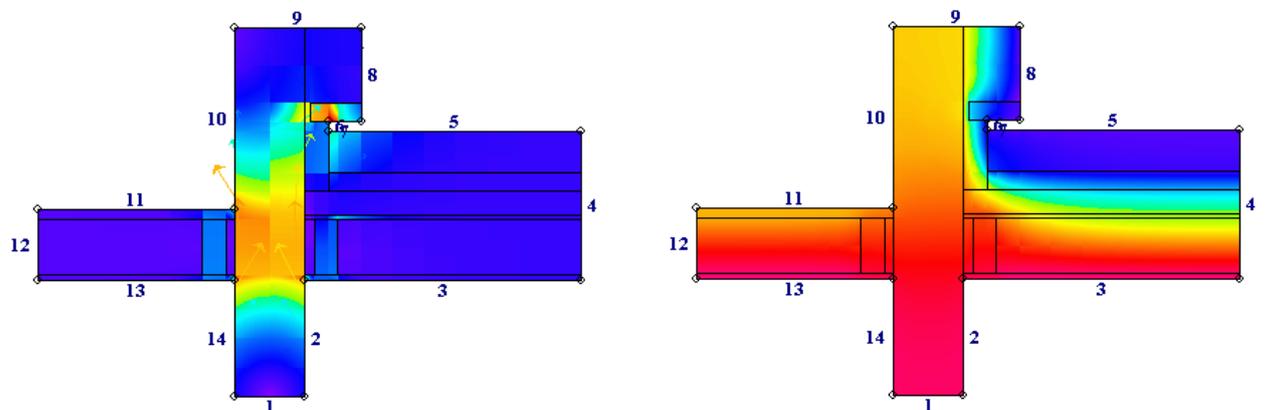
Det visar sig tydligt i simuleringarna, särskilt mellan den intermittenta isoleringen, hur stora värmeförluster som är koncentrerade kring infästningen av sidostycken i ytterväggen, där värmeflödet hamnar kring 140 W/m^2 och vid träreglarna sker ett värmeflöde på 40 W/m^2 . (Se figur 50 och figur 51.)

Anslutning sidostycken - yttervägg efter renovering.

Sidostycket isoleras med 50 mm köldbryggeisolering på utsidan i hörnen.



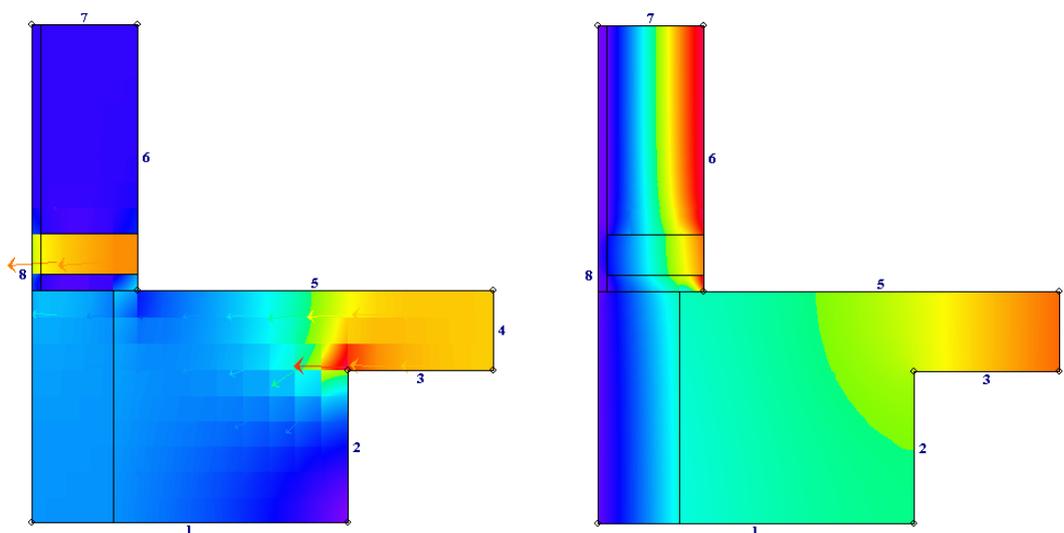
Figur 52. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid anslutningen sidostycke - yttervägg genom den intermittenta isoleringen efter renovering.



Figur 53. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) vid anslutningen sidostycke - yttervägg mellan den intermittenta isoleringen efter renovering.

Simuleringen påvisar att anslutningen mellan sidostycken och yttervägg efter renovering inte har någon större köldbryggeproblematik. Det värmeläckage som sker genom betongen, mellan den intermittenta isoleringen i sidostycket, kommer att flöda åt rätt riktning, det vill säga in till den inglasade balkongen, och på så sätt ge en uppvärmande effekt. (Se figur 52 och figur 53.)

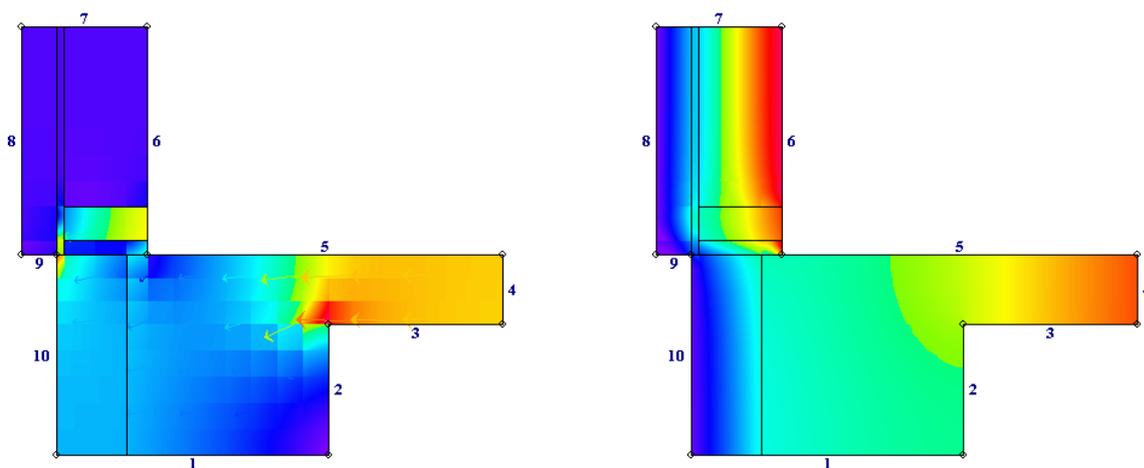
Grunden (oförändrad efter reovering).



Figur 54. Värmefföde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i grunden.

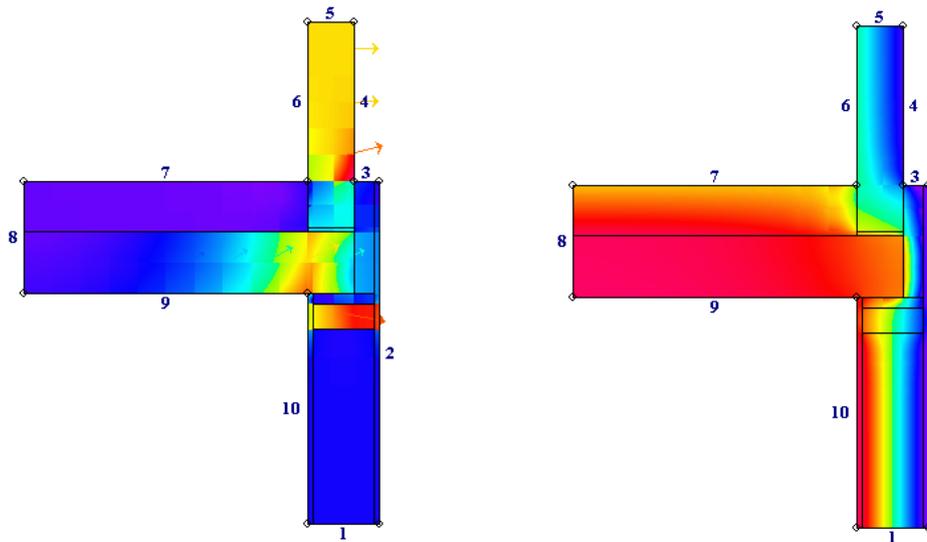
Grunden har sockelelement av lättklinkerblock vilket inte ger tillräckligt bra värmeisolering. Innan tilläggsisolering av anslutande yttervägg sker ett stort värmeläckage genom syllen på ca 45 W/m². Efter tilläggsisolering minskar värmeförlusterna genom syllen till 6 W/m². Värmeförlusterna genom grundens sockelelement uppgår till 20 W/m², att jämföra med ett sockelelement av cellplast som hade läckt 9 W/m². Ett stort värmeläckage uppstår från grunden till underliggande mark på 30-40 W/m² till följd av brist på markisolering.

Temperaturfördelningen i grunden visar på kallt golv inomhus med väldigt låga temperaturer på 3-4 °C i utrymmet närmast anslutningen mellan grund och yttervägg. (Se figur 54 och figur 55.)



Figur 55. Värmefföde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i grunden efter tilläggsisolering av anslutande yttervägg. Notera att förhållandena bara ändras vid syllen och inte i själva grunden.

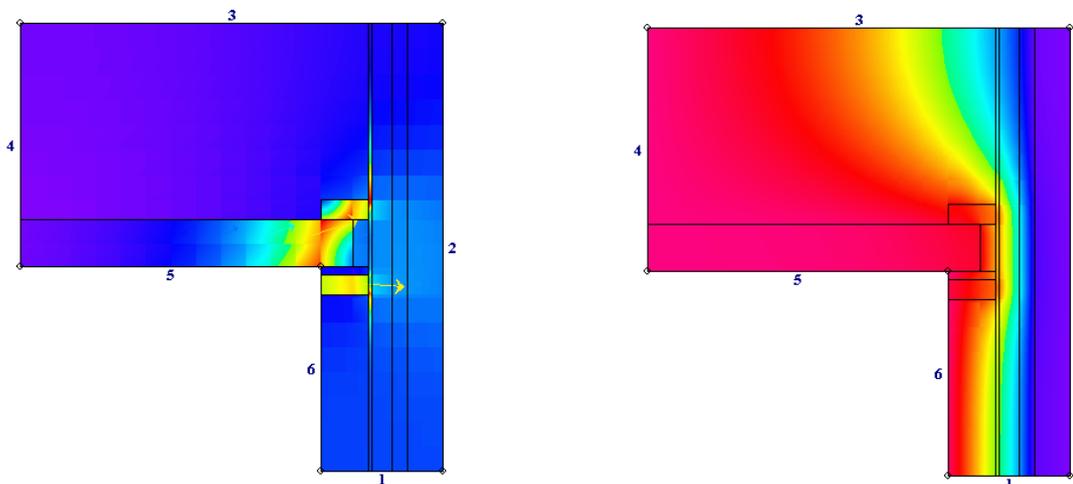
Takanslutning innan renovering.



Figur 57. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i takanslutning innan renovering.

Det uppstolpade taket har problem vid takstegarna och vid hammarbandet, där läckageförlusterna uppgår till ca 60 W/m². Dessutom sker även ett värmefflöde på 20 W/m² genom vindsbjälklaget av betong och vidare ut genom fasaden.

Takanslutning efter renovering.



Figur 57. Värmefflöde(t.v.)och temperaturfördelning(t.h.) i takanslutning innan renovering.

Efter renovering av taket med 500 mm lösull på vinden och tilläggsisolering av ytterväggen elimineras köldbryggorna i takanslutningen. Köldbryggorna vid vindsbjälklaget och kring träreglarna kontrolleras och hindras från att läcka ut genom klimatskärmen, tack vare omgivande isolering. (Se figur 56 och figur 57.)

8.4.6.3 Slutsats efter HEAT 2-simulering

Efter simulering på HEAT 2 bekräftas köldbryggeproblematiken och dess omfattning. Köldbryggorna är som mest påtagliga under vinterhalvåret. I framförallt loftgångshusen innan renovering konstateras enorma problem med köldbryggor vid bland annat balkong- och loftgångsinfästningar, mellanbjälklagsanslutning i yttervägg, fönsterinfästningar, L-stödsinfästningar, anslutningen mellan sidostycken och yttervägg och takanslutning i yttervägg.

Övergripande gäller att träregelstommen i ytterväggskonstruktionen innan renovering i sig utgör en köldbrygga utöver de ovannämnda anslutningarna.

I balkong- och loftgångsinfästningar återfinns de största köldbryggorna mellan den intermittenta isoleringen men även genom den otillräckliga intermittenta isoleringen, som endast består av 40 mm mineralull.

Mellanbjälklagen är förankrade en bra bit in i ytterväggen och isoleringen på bjälklagsutsidan utgörs även här av endast 40 mm mineralull vilket medför att väsentliga mängder värme läcker ut.

Fönsterinfästningarna har köldbryggor kring träreglarna vid fönstersmygen och genom själva fönsterglasen uppstår enorma värmeläckageförluster till följd av det dåliga U-värdet som fönsterglasen innehar. De undermåliga fönsterglasen orsakar enorma kallras inomhus eftersom fönsterglasets insida får väldigt låga temperaturer.

L-stödsförankringen i ytterväggen och anslutningen mellan sidostyckena och ytterväggen visar på samma problematik som vid balkong- och loftgångsinfästningarna med enorma köldbryggor mellan den intermittenta isoleringen, mycket på grund av att alla dessa byggnadsdelar är exponerade för utomhusklimatet.

Även takanslutningen i ytterväggen underkänns ur köldbryggesynpunkt, liksom grundkonstruktionen (vilken förblir orenoverad) som ger kalla golv inomhus närmast anslutningen mellan grund och yttervägg.

Efter renovering kan man konstatera att en del köldbryggor försvinner helt medan andra kvarstår men inte i samma grad som i det orenoverade fallet, med undantag för loftgångsundersidan mellan marklägenheterna och våning 2 och L-stödsinfästningen på marklägenheterna som har samma köldbryggor som innan renovering. Dessa köldbryggor kvarstår på grund av utebliven inglasning av marklägenheterna på loftgångssidan oberoende av att ytterväggen tilläggsisoleras.

Inglasade loftgångar, L-stöd som ligger inom inglasad area och inglasade balkonger får kraftigt reducerade köldbryggor tack vare den höjda temperaturen som fås i ett inglasat utrymme.

Problem med värmeförluster vid mellanbjälklagsanslutning i ytterväggen, takanslutning och sidostycken elimineras i princip helt och hållet då man tilläggsisoleras dessa konstruktionsdelar väl.

I samband med tilläggsisolering av fasaden med 50 mm Västskistkiva elimineras dessutom alla köldbryggor vid träreglarna i träregelstommen.

När det gäller fönsteranslutningarna efter renovering finns det både bra och mindre bra konstruktionslösningar. I marklägenheterna har man valt att behålla befintliga fönster och tilläggsisolerat fasaden. Motsatsen har utförts på ytterväggarna som vetter mot de inglasade loftgångarna det vill säga att man uppgraderat till bättre fönster men inte tilläggsisolerat ytterväggen. Detta ger i båda fallen problematiska konstruktioner med kallrasproblem i marklägenheterna och värmeläckage genom träreglarna i ytterväggarna som vetter mot inglasad loftgång. Den lämpligaste fönsterkonstruktionen finns i ytterväggarna med tegelfasad som både är tilläggsisolerade och har bra fönsterglas. Detta resulterar i att bekymmer med kallras inte uppkommer och att värmeförluster genom träreglarna hindras.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att den mest optimala konstruktionen ur köldbryggeperspektiv hade uppnåtts om man hade glasat in marklägenheterna på entrésidan och samtidigt försett dessa bostäder med nyare fönster (befintliga fönster har behållits vid renovering), tilläggsisolerat våning 2 och 3 på entrésidan (som endast består av 120 mm isolering) och köldbryggeisolerat kring samtliga L-stöd.

En inglasning av marklägenheterna skulle betyda att värmeförlustförhållandena vid loftgångsundersidan mellan marklägenheterna och våning 2 skulle förbättras och dessutom att värmeläckage vid L-stödsinfästningarna skulle begränsas. Problem med kallras i marklägenheterna undviks i samband med byte av fönsterglas.

På våning 2 och 3 har man inte tilläggsisolerat ytterväggen på grund av att inglasningen av loftgångarna ansetts vara tillräcklig, vilket inte är helt sant då påtagliga köldbryggor uppvisas i ytterväggskonstruktionen vid kallare perioder. Köldbryggorna uppträder kring träreglarna i hela träregelstommen på våning 2 och 3 och hade förhindrats ifall en 50 mm Västkustskiva monterats på ytterväggen.

Allmänt gäller att L-stöden utgör en stor köldbrygga i loftgångshuset, även om problemen minskar i samband med inglasning av loftgångarna så återstår de i så pass hög grad att det är värt att beakta dessa köldbryggor, särskilt under vinterhalvåret. Därför bör en köldbryggeisolering av samtliga L-stöd utföras för att försäkra sig om att dessa köldbryggor begränsas till stabila nivåer. En lösning hade varit att isolera L-stöden med 50 mm isolering, precis som vid sidostyckena. Men till skillnad från sidostyckena så behöver L-stöden isolering på båda sidor och som dessutom omsluter hela L-stödselementet.

Källförteckning

Elektroniska källor

AB Kristianstadsbyggen (2009), *En prototyp för det fortsatta miljöarbetet - ABK under 90-talet.*

<http://www.abk.se/CM/Templates/Article/general.aspx?cmguid=67c48bee-033f-406a-878b-5086af78c746>, 2010-02-10

AB Kristianstadsbyggen (2009), *Ett framåtsyftande experiment - ABK under 60- och 70-talet.*

<http://www.abk.se/CM/Templates/Article/general.aspx?cmguid=08f296d7-5447-4839-bfd4-cb4c5f0c69a9>, 2010-02-10

Arkitekten (2008), *Dyr renovering räddar rivningsmoget område.*

<http://www.arkitekt.se/s33561>, 2010-03-02

Bengt Dahlgren AB (2008), *Mycket energi att spara i miljonprogrammet!*

http://eprints.sparaochbevara.se/487/1/Miljonprogrammet_VVSForum_april_08.pdf, 2010-03-14

Boverket (2009), *Om Boverket.*

<http://boverket.se/Om-Boverket/>, 2010-02-24

Boverket (2008; supplement februari 2009). *Regelsamling för byggande.*

http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/BBR_15/BBR_regelsamling_for_byggande_BBR_2008_NY%20hela.pdf, 2010-02-24

Ekonomifakta (2009), *Hushållens energikostnader.*

<http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energikostnader/Hushallens-energikostnader/>, 2010-02-11

Energikontoret i Skåne (2000), *Lönsamma sätt att spara energi.*

<http://www.sparkraft.nu/infobase/document/4767.pdf>, 2010-03-17

Energimyndigheten (2009), *Energiläget 2009.*

<http://webbshop.cm.se/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&cat=/Broschyror&id=ed9bb60f6de5404eab158575fd2c1aee>, 2010-02-24

Europaparlamentet (2002), *Direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002-om byggnaders energiprestanda.*

<http://www.buildup.eu/publications/1147>, 2010-02-17

Helena Bülow – Hübe, *Utformning av klimatskärmen*.

<http://www.google.se/#hl=sv&ei=qQbwS4jML86hOKH25JkI&sa=X&oi=spel&resnum=1&ct=result&cd=1&ved=0CBwQBSgA&q=Microsoft+PowerPoint+-+TNA265-F6+Klimatsk%C3%A4rmen&spell=1&fp=ab9a320e8dba167b>, 2010-03-20

Isover (2010), *Fukt*.

<http://www.isover.se/byggkonstruktioner+och+tekn+installationer/bbr/fukt>, 2010-03-08

Isover (2010), *Lufttäthet och ventilation*.

<http://www.isover.se/byggkonstruktioner+och+tekn+installationer/bbr/luft%C3%A4thet+och+ventilation>, 2010-03-08

Regeringens proposition 2005/06:145 (2006), *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*.

<http://www.regeringen.se/content/1/c6/06/07/62/1c4206aa.pdf>, 2010-02-17

Riksantikvarieämbetet, *Hej bostad - om bostadsbyggande i Storstockholm 1961-1975*.

http://www.ab.lst.se/upload/dokument/publikationer/M/Miljo_ovrigt/lowres_HEJBOSTAD_2004.pdf, 2010-03-02

SP Borås (2006), *Fakta om fukt*.

<http://www-v2.sp.se/energy/ffi/fukt.asp>, 2010-03-11

Sundsvalls Kommun (2006), *Frånluftsvärmepumpar*.

http://www.sundsvall.se/download/18.491c977d11383cf88a280001423/Faktablad_Franluftvp_dec06.pdf, 2010-03-20

VVS Företagen och Svensk Ventilation (2008), *Här renoveras... flerbostadshus byggda 1950-1975. Klart 2015?*

<http://www.vvsforetagen.se/download/3838/Här%20renoveras.pdf>, 2010-03-14

Wikipedia (2010), *Miljonprogrammet*.

<http://sv.wikipedia.org/wiki/Miljonprogrammet>, 2010-03-02

Tryckta källor

Berg A S, 2007. *Energideklarering av byggnader - Del 1a*. Lärnöförlaget Lärnö AB, Stockholm.

Björk C, Kallstenius P och Reppen L, 2003. *Så byggdes husen 1880-2000*. Formans, Stockholm.

Hamrin G, 1996. *Byggteknik - Del B: Byggnadsfysik*. KFS i Lund AB, Göteborg.

Nevander L E och Elmarsson B, 2006. *Fukthandbok - Praktik och teori*. Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Sandin K, 1996. *Värme och Fukt*. KFS i Lund AB, Lund.

Statens Råd för Byggnadsforskning, 1972. *Klimatdata*.

Warfvinge C, 2003. *Installationsteknik AK för V*. KFS i Lund AB, Lund.

Intervjuer

Eklund, Benny. Arbetsledare, Thage Anderssons Byggnads AB.

Fäldth, Jim. Driftchef, AB Kristianstadsbyggen.

Sentler, Lars. Professor i byggnadskonstruktion, Lunds Universitet.

Bilaga 1 – Isover-beräkning för orenoverat hus



Resultat från energiberäkning

2010-04-21 14:08

Objekt: Loftgångshus innan renovering
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet
Beräkning enligt BBR 2008. Supplement februari 2009.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige
Närmaste ort: Lund Län: Skåne län
Atemp bostad: 1437,8 Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 185 kWh/m².år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 110 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 68% högre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Byggnadens energistatus bör förbättras.

BOSTAD

Värmebalans, kWh

Månad	Förluster			Tillskott			Energianv. Brutto		
	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VäB + VVB	Kyla
Jan	25360	18640	255	2141	41859	255	0	42114	0
Feb	23527	17293	230	3394	37426	230	0	37656	0
Mar	22821	16774	255	6501	33094	255	0	33349	0
Apr	18292	13445	247	11651	20086	247	0	20333	0
Maj	12570	9239	255	11014	10795	255	0	11050	0
Jun	8514	6258	247	8411	6361	247	0	6608	0
Jul	6291	4624	255	6782	4133	255	0	4388	0
Aug	6895	5068	255	6663	5300	255	0	5555	0
Sep	10278	7554	247	6649	11183	247	0	11430	0
Okt	15790	11606	255	5156	22240	255	0	22495	0
Nov	19637	14433	247	3564	30506	247	0	30753	0
Dec	24090	17706	255	2035	39761	255	0	40016	0
Totalt	194065	142640	3000	73961	262744	3000	0	265744	0

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta, m²: 1437,8

Volym, m³: 3450,72

Yta	Area, m ²	U, W/m ² , °C	Orientering, °
Balkonger	208,5	0,33	270
Gavel 1	76,5	0,33	0
Gavel 2	76,5	0,33	180
Platta på mark	495,0	0,36	
Tak	495,0	0,35	
Vägg Väster: Träpanel	381,5	0,33	90
Fönster Väster	42,3	3,00	
Dörrar Väster	43,7	5,00	
Vägg Öster: Plåtfasad	99,7	0,34	270
Fönster Öster	159,6	3,00	

Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
Fönster och dörrar med infästning i träre	791,76	0,02
Platta på mark - L-element	128,00	0,15
Yttervägg trä / mellanbjälklag btg	256,00	0,18
Ytterhörn / Innerhörn / Takvinkel	263,50	0,02
Yttervägg trä / Vindsbjälklag betong	128,00	0,10

Resultat från Um-beräkning

2010-04-21 14:09

Objekt: Loftgångshus innan renovering, Bostad - Utomhus
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U \cdot A + \text{Summa } \Psi \cdot L) / A_{om} = 0,75 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

$U_m \text{ krav} = 0,50 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Byggnaden uppfyller ej kraven på värmeisolering.

Yta	U (W/m ² , °C)	A (m ²)	U*A
1. Vägg Öster: Plåtfasad	0,34	99,7	34,00
2. Fönster Öster	3,00	159,6	478,80
3. Gavel 1	0,33	76,5	25,25
4. Gavel 2	0,33	76,5	25,25
5. Vägg Väster: Träpanel	0,33	381,5	127,04
6. Fönster Väster	3,00	42,3	126,90
7. Dörrar Väster	5,00	43,7	218,50
8. Balkonger	0,33	208,5	69,43
9. Tak	0,35	495,0	170,78
10. Platta på mark	0,36	495,0	175,73
Aom & Summa U*A		2078,30	1451,66

Köldbrygga	Psi (W/m, °C)	L (m)	Psi*L
Fönster och dörrar med infästning i träregel	0,02	791,76	16,37
Platta på mark - L-element	0,15	128,00	19,29
Yttervägg trä / mellanbjälklag btg	0,18	256,00	44,91
Ytterhörn / Innerhörn / Takvinkel	0,02	263,50	4,04
Yttervägg trä / Vindsbjälklag betong	0,10	128,00	12,99
Längd köldbrygga & Summa Psi*L		1567,26	97,61

Bilaga 2 – Isover-beräkning för renoverat hus + 50 mm



Resultat från energiberäkning

2010-04-21 14:17

Objekt: Loftgångshus efter renovering+50 mm

Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Beräkning enligt BBR 2008. Supplement februari 2009.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige

Närmaste ort: Lund Län: Skåne län

Atemp bostad: 1437,8 Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 105 kWh/m².år

BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 110 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 4% lägre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Denna marginal kan vara för liten.

BOSTAD

Värmebalans, kWh

Månad	Förluster			Tillskott			Energianv. Brutto		
	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VäB + VVB	Kyla
Jan	15500	11743	255	2116	25127	255	0	25900	0
Feb	14397	10908	230	3274	22031	230	0	22715	0
Mar	13875	10512	255	5979	18408	255	0	19044	0
Apr	10998	8333	247	9870	9461	247	0	9906	0
Maj	7314	5541	255	7824	5031	255	0	5394	0
Jun	4759	3605	247	5540	2824	247	0	3133	0
Jul	3361	2546	255	4096	1811	255	0	2108	0
Aug	3730	2826	255	4250	2306	255	0	2613	0
Sep	5873	4450	247	5095	5228	247	0	5586	0
Okt	9372	7101	255	4528	11945	255	0	12449	0
Nov	11859	8985	247	3370	17474	247	0	18082	0
Dec	14686	11127	255	1983	23830	255	0	24576	0
Totalt	115724	87677	3000	57925	145476	3000	0	151506	0

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta, m²: 1437,8

Volym, m³: 3450,72

Yta	Area, m ²	U, W/m ² , °C	Orientering, °
Balkonger	208,5	0,23	270
Gavel 1	76,5	0,25	0
Gavel 2	76,5	0,25	180
Platta på mark	495,0	0,36	
Tak	495,0	0,08	
Vägg Väster: Fibercement	381,5	0,23	90
Fönster Väster	42,3	1,80	
Dörrar Väster	43,7	5,00	
Vägg Öster: Tegelfasad	99,7	0,23	270
Fönster Öster	159,6	1,30	

Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
Fönster och dörrar med infästning i träre	791,76	0,02
Platta på mark - L-element	128,00	0,15
Yttervägg trä / Vindsbjälklag betong	128,00	0,11
Yttervägg trä / mellanbjälklag btg	256,00	0,10
Ytterhörn / Innerhörn / Takvinkel	177,00	0,02

Resultat från Um-beräkning

2010-04-21 14:17

Objekt: Loftgångshus efter renovering+50 mm, Bostad - Utomhus

Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U \cdot A + \text{Summa } \Psi \cdot L) / A_{om} = 0,48 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

$U_m \text{ krav} = 0,50 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Byggnaden uppfyller kraven på värmeisolering.

Yta	U (W/m ² , °C)	A (m ²)	U*A
1. Vägg Öster: Tegelfasad	0,23	99,7	22,83
2. Fönster Öster	1,30	159,6	207,48
3. Gavel 1	0,25	76,5	18,97
4. Gavel 2	0,25	76,5	18,97
5. Vägg Väster: Fibercement	0,23	381,5	87,36
6. Fönster Väster	1,80	42,3	76,14
7. Dörrar Väster	5,00	43,7	218,50
8. Balkonger	0,23	208,5	47,75
9. Tak	0,08	495,0	41,09
10. Platta på mark	0,36	495,0	175,73
Aom & Summa U*A		2078,30	914,82

Köldbrygga	Psi (W/m, °C)	L (m)	Psi*L
Fönster och dörrar med infästning i träregel	0,02	791,76	16,37
Platta på mark - L-element	0,15	128,00	19,29
Yttervägg trä / Vindsbjälklag betong	0,11	128,00	14,35
Yttervägg trä / mellanbjälklag btg	0,10	256,00	24,45
Ytterhörn / Innerhörn / Takvinkel	0,02	177,00	2,71
Längd köldbrygga & Summa Psi*L		1480,76	77,18

Bilaga 3 – Isover-beräkning för renoverat hus + 80 mm



Resultat från energiberäkning

2010-04-21 14:25

Objekt: Loftgångshus efter renovering+80 mm

Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Beräkning enligt BBR 2008. Supplement februari 2009.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige

Närmaste ort: Lund

Län: Skåne län

Atemp bostad: 1437,8

Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 103 kWh/m².år

BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 110 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 7% lägre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Denna marginal kan vara för liten.

BOSTAD

Värmebalans, kWh

Månad	Förluster			Tillskott			Energianv. Brutto		
	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VäB + VVB	Kyla
Jan	14928	11743	255	2115	24556	255	0	25317	0
Feb	13866	10908	230	3268	21506	230	0	22180	0
Mar	13362	10512	255	5955	17919	255	0	18545	0
Apr	10592	8333	247	9768	9157	247	0	9595	0
Maj	7044	5541	255	7708	4877	255	0	5237	0
Jun	4583	3605	247	5456	2732	247	0	3039	0
Jul	3237	2546	255	4025	1758	255	0	2054	0
Aug	3592	2826	255	4176	2242	255	0	2548	0
Sep	5656	4450	247	5048	5058	247	0	5413	0
Okt	9026	7101	255	4499	11628	255	0	12125	0
Nov	11421	8985	247	3360	17046	247	0	17645	0
Dec	14144	11127	255	1980	23291	255	0	24026	0
Totalt	111451	87677	3000	57358	141770	3000	0	147724	0

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta, m²: 1437,8

Volym, m³: 3450,72

Yta	Area, m ²	U, W/m ² , °C	Orientering, °
Balkonger	208,5	0,19	270
Gavel 1	76,5	0,22	0
Gavel 2	76,5	0,22	180
Platta på mark	495,0	0,36	
Tak	495,0	0,08	
Vägg Väster: Fibercement	381,5	0,19	90
Fönster Väster	42,3	1,80	
Dörrar Väster	43,7	5,00	
Vägg Öster: Tegelfasad	99,7	0,19	270
Fönster Öster	159,6	1,30	



Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
Platta på mark - L-element	128,00	0,15
Yttervägg trä / Vindsbjälklag betong	128,00	0,11
Yttervägg trä / mellanbjälklag btg	256,00	0,07
Fönster och dörrar med infästning i träre	791,76	0,02
Ytterhörn / Innerhörn / Takvinkel	177,00	0,02



Resultat från Um-beräkning

2010-04-21 14:26

Objekt: Loftgångshus efter renovering+80 mm, Bostad - Utomhus
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U \cdot A + \text{Summa } \Psi \cdot L) / A_{om} = 0,46 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Um krav = 0,50 W/m²,°C

Byggnaden uppfyller kraven på värmeisolering.

Yta	U (W/m ² ,°C)	A (m ²)	U*A
1. Vägg Öster: Tegelfasad	0,19	99,7	19,04
2. Fönster Öster	1,30	159,6	207,48
3. Gavel 1	0,22	76,5	16,45
4. Gavel 2	0,22	76,5	16,45
5. Vägg Väster: Fibercement	0,19	381,5	72,87
6. Fönster Väster	1,80	42,3	76,14
7. Dörrar Väster	5,00	43,7	218,50
8. Balkonger	0,19	208,5	39,82
9. Tak	0,08	495,0	41,09
10. Platta på mark	0,36	495,0	175,73
Aom & Summa U*A		2078,30	883,56

Köldbrygga	Psi (W/m,°C)	L (m)	Psi*L
Platta på mark - L-element	0,15	128,00	19,29
Yttervägg trä / Vindsbjälklag betong	0,11	128,00	14,35
Yttervägg trä / mellanbjälklag btg	0,07	256,00	19,10
Fönster och dörrar med infästning i träregel	0,02	791,76	16,37
Ytterhörn / Innerhörn / Takvinkel	0,02	177,00	2,71
Längd köldbrygga & Summa Psi*L		1480,76	71,82

Bilaga 4 – RF-beräkning innan renovering

Ti	22	Orenoverat																		
Tu	-0,9	Januari, Kristianstad																		
RF ute	86	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	7,89							-0,9	4,52			3,890	86							
vu	3,89	Ute, Rse				0,04	0,81				300	0,00038665								
								-0,087	4,83			3,890	80,5							
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,0049					0	0								
								-0,083	4,83			3,890	80,5							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,83					3000	0,00386648								
								0,75	5,11			3,894	76,3							
		Trärege	0,12	0,14	0,86	17,41					1,25E-06	96000	0,12372728							
								18,16	15,51			4,018	25,9							
		Plastfolie	0,002	—	—		0,00				3000000	3,86647764								
								18,16	15,51			7,884	50,8							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	1,20					4000	0,0051553								
								19,36	16,65			7,890	47,4							
		Inne, Rsi				0,13	2,64				300	0,00038665								
								22,00	19,41			7,890	40,6							
						ΣR	1,13													
										ΣZ	3103600									

Ti	22	Orenoverat																		
Tu	-0,9	Februari, Kristianstad																		
RF ute	84	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	7,8							-0,9	4,52			3,800	84							
vu	3,8	Ute, Rse				0,04	0,81				300	0,00038665								
								-0,087	4,83			3,800	78,7							
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00					0	0								
								-0,083	4,83			3,800	78,7							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,83					3000	0,00386648								
								0,75	5,11			3,804	74,5							
		Trärege	0,12	0,14	0,86	17,41					1,25E-06	96000	0,12372728							
								18,16	15,51			3,928	25,3							
		Plastfolie	0,002	—	—		0,00				3000000	3,86647764								
								18,16	15,51			7,794	50,2							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	1,20					4000	0,0051553								
								19,36	16,65			7,800	46,8							
		Inne, Rsi				0,13	2,64				300	0,00038665								
								22,00	19,41			7,800	40,2							
						ΣR	1,13													
										ΣZ	3103600									

Ti	22	Orenoverat																		
Tu	1,2	Mars, Kristianstad																		
RF ute	82	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	8,32							1,2	5,27			4,320	82							
vu	4,32	Ute, Rse				0,04	0,74				300	0,00038665								
								1,94	5,54			4,320	78,0							
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00					0	0								
								1,94	5,54			4,320	78,0							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,75					3000	0,00386648								
								2,70	5,83			4,324	74,2							
		Trärege	0,12	0,14	0,86	15,81					1,25E-06	96000	0,12372728							
								18,51	15,83			4,448	28,1							
		Plastfolie	0,002	—	—		0,00				3000000	3,86647764								
								18,51	15,83			8,314	52,5							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	1,09					4000	0,0051553								
								19,60	16,88			8,320	49,3							
		Inne, Rsi				0,13	2,40				300	0,00038665								
								22,00	19,41			8,320	42,9							
						ΣR	1,13													
										ΣZ	3103600									

Ti	22	Orenoverat																		
Tu	5,9	April, Kristianstad																		
RF ute	77	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	9,56							5,9	7,22			5,560	77							
vu	5,56	Ute, Rse				0,04	0,57			300	0,00038665									
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00		6,47	7,495		0	0	5,560	74,2						
								6,47	7,495				5,560	74,2						
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,58				3000	0,00386648									
								7,06	7,79				5,564	71,4						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	12,24				1,25E-06	96000	0,12372728								
								19,30	16,59				5,688	34,3						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,86647764									
								19,30	16,59				9,554	57,6						
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,84				4000	0,0051553									
								20,14	17,42				9,560	54,9						
		Inne, Rsi				0,13	1,86			300	0,00038665									
								22,00	19,41				9,560	49,3						
						ΣR	1,13					ΣZ	3103600							

Ti	22	Orenoverat																		
Tu	11,1	Maj, Kristianstad																		
RF ute	73	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	11,36							11,1	10,08			7,360	73							
vu	7,36	Ute, Rse				0,04	0,39			300	0,00038665									
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00		11,49	10,34		0	0	7,360	71,2						
								11,49	10,34				7,360	71,2						
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,40				3000	0,00386648									
								11,88	10,59				7,364	69,6						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	8,29				1,25E-06	96000	0,12372728								
								20,17	17,45				7,488	42,9						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,86647764									
								20,17	17,45				11,354	65,1						
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,57				4000	0,0051553									
								20,74	18,04				11,360	63,0						
		Inne, Rsi				0,13	1,26			300	0,00038665									
								22,00	19,41				11,360	58,5						
						ΣR	1,13					ΣZ	3103600							

Ti	22	Orenoverat																		
Tu	15,2	Juni, Kristianstad																		
RF ute	74	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	13,6							15,2	12,99			9,600	74							
vu	9,6	Ute, Rse				0,04	0,24			300	0,00038665									
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00		15,44	13,18		0	0	9,600	72,8						
								15,44	13,18				9,600	72,8						
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,25				3000	0,00386648									
								15,69	13,39				9,604	71,7						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	5,17				1,25E-06	96000	0,12372728								
								20,86	18,17				9,728	53,5						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,86647764									
								20,86	18,17				13,594	74,8						
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,36				4000	0,0051553									
								21,22	18,55				13,600	73,3						
		Inne, Rsi				0,13	0,78			300	0,00038665									
								22,00	19,41				13,600	70,1						
						ΣR	1,13					ΣZ	3103600							

Ti	22	Orenoverat																
Tu	17,4	Juli, Kristianstad																
RF ute	78	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)					
vi	15,57						17,4	14,83				11,570	78					
vu	11,57	Ute, Rse				0,04	0,16				300	0,00038665						
							17,56	14,96				11,570	77,3					
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00					0	0						
							17,56	14,96				11,570	77,3					
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,17				3000	0,00386648							
							17,73	15,12				11,574	76,6					
		Trärege	0,12	0,14	0,86	3,50			1,25E-06	96000	0,12372728							
							21,23	18,55				11,698	63,1					
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,86647764							
							21,23	18,55				15,564	83,9					
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,24				4000	0,0051553							
							21,47	18,82				15,570	82,7					
		Inne, Rsi				0,13	0,53				300	0,00038665						
							22,00	19,41				15,570	80,2					
			ΣR		1,13				ΣZ	3103600								

Ti	22	Orenoverat															
Tu	16,5	Augusti, Kristianstad															
RF ute	80	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)				
vi	15,24						16,5	14,05				11,240	80				
vu	11,24	Ute, Rse				0,04	0,20				300	0,00038665					
							16,70	14,22				11,240	79,0				
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00					0	0					
							16,70	14,22				11,240	79,0				
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,20				3000	0,00386648						
							16,90	14,39				11,244	78,1				
		Trärege	0,12	0,14	0,86	4,18			1,25E-06	96000	0,12372728						
							21,08	18,40				11,368	61,8				
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,86647764						
							21,08	18,40				15,234	82,8				
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,29				4000	0,0051553						
							21,37	18,72				15,240	81,4				
		Inne, Rsi				0,13	0,63				300	0,00038665					
							22,00	19,41				15,240	78,5				
			ΣR		1,13				ΣZ	3103600							

Ti	22	Orenoverat															
Tu	12,9	September, Kristianstad															
RF ute	85	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)				
vi	13,59						12,9	11,28				9,590	85				
vu	9,59	Ute, Rse				0,04	0,32				300	0,00038665					
							13,22	11,50				9,590	83,4				
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00					0	0					
							13,22	11,50				9,590	83,4				
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,33				3000	0,00386648						
							13,56	11,75				9,594	81,6				
		Trärege	0,12	0,14	0,86	6,92			1,25E-06	96000	0,12372728						
							20,47	17,76				9,718	54,7				
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,86647764						
							20,47	17,76				13,584	76,5				
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,48				4000	0,0051553						
							20,95	18,27				13,590	74,4				
		Inne, Rsi				0,13	1,05				300	0,00038665					
							22,00	19,41				13,590	70,0				
			ΣR		1,13				ΣZ	3103600							

Ti	22	Orenoverat																				
Tu	8,3	Oktober, Kristianstad																				
RF ute	87	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)									
vi	11,34							8,3	8,44			7,340	87									
vu	7,34	Ute, Rse				0,04	0,49				300	0,00038665										
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00		8,79	8,71		0	0	7,340	84,3								
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,50		8,79	8,71				7,340	84,3								
		Trärege	0,12	0,14	0,86	10,42		9,29	9,00				7,344	81,6								
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00		19,70	16,98				7,468	44,0								
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,72		19,70	16,98		3000000	3,86647764	11,334	66,8								
		Inne, Rsi				0,13	1,58	20,42	17,71		4000	0,0051553	11,340	64,0								
								22,00	19,41		300	0,00038665	11,340	58,4								
						ΣR	1,13				ΣZ	3103600										

Ti	22	Orenoverat																				
Tu	4,5	November, Kristianstad																				
RF ute	89	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)									
vi	9,86							4,5	6,58			5,860	89									
vu	5,86	Ute, Rse				0,04	0,62				300	0,00038665										
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00		5,12	6,86		0	0	5,860	85,4								
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,64		5,12	6,86				5,860	85,4								
		Trärege	0,12	0,14	0,86	13,31		5,76	7,15				5,864	82,0								
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00		19,06	16,35				5,988	36,6								
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,92		19,06	16,35		3000000	3,86647764	9,854	60,3								
		Inne, Rsi				0,13	2,02	19,98	17,28		4000	0,0051553	9,860	57,1								
								22,00	19,41		300	0,00038665	9,860	50,8								
						ΣR	1,13				ΣZ	3103600										

Ti	22	Orenoverat																				
Tu	1,6	December, Kristianstad																				
RF ute	88	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)									
vi	8,76							1,6	5,41			4,760	88									
vu	4,76	Ute, Rse				0,04	0,72				300	0,00038665										
		Fasadplåt	0,012	50	0,00024	0,00		2,32	5,7		0	0	4,760	83,5								
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,74		2,33	5,7				4,760	83,5								
		Trärege	0,12	0,14	0,86	15,51		3,07	5,98				4,764	79,7								
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00		18,58	15,9				4,888	30,7								
		Innegips	0,013	0,22	0,059	1,07		18,58	15,9		3000000	3,86647764	8,754	55,1								
		Inne, Rsi				0,13	2,35	19,65	16,93		4000	0,0051553	8,760	51,7								
								22,00	19,41		300	0,00038665	8,760	45,1								
						ΣR	1,13				ΣZ	3103600										

Bilaga 5 – RF-beräkning efter tilläggsisolering på 50 mm

Ti	21	Renoverat + 50 mm													
Tu	-0,9	Januari, Kristianstad													
RF ute	86	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m³)	δ (m²/s)	Z (s/m)	Δv (g/m³)	v (g/m³)	RF (%)		
vi	7,89							-0,90	4,52			3,890	86		
vu	3,89	Ute, Rse				0,04	0,34				300	0,0003863			
								-0,56	4,65			3,890	83,7		
		Västkustskiva	0,05	0,035	1,43	12,24	11,68	10,46			3000	0,0038627	3,894	37,2	
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,35	12,03	10,69			3000	0,0038627	3,898	36,5	
		Träregel	0,12	0,14	0,86	7,34	19,38	16,67	1,25E-06	96000	0,1236078	4,022	24,1		
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00	19,38	16,67		3000000	3,8627438	7,884	47,3		
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,51	19,38	16,67		4000	0,0051503	7,890	45,9		
		Inne, Rsi				0,13	1,11				300	0,0003863			
							21,00	18,32				7,890	43,1		
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600			

Ti	21	Renoverat + 50 mm													
Tu	-0,9	Februari, Kristianstad													
RF ute	84	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m³)	δ (m²/s)	Z (s/m)	Δv (g/m³)	v (g/m³)	RF (%)		
vi	7,8							-0,90	4,52			3,800	84		
vu	3,8	Ute, Rse				0,04	0,34				300	0,0003863			
								-0,56	4,65			3,800	81,7		
		Västkustskiva	0,05	0,035	1,43	12,24	11,68	10,46			3000	0,0038627	3,804	36,4	
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,35	12,03	10,69			3000	0,0038627	3,808	35,6	
		Träregel	0,12	0,14	0,86	7,34	19,38	16,67	1,25E-06	96000	0,1236078	3,932	23,6		
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00	19,38	16,67		3000000	3,8627438	7,794	46,8		
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,51	19,38	16,67		4000	0,0051503	7,800	45,4		
		Inne, Rsi				0,13	1,11				300	0,0003863			
							21,00	18,32				7,800	42,6		
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600			

Ti	21	Renoverat + 50 mm													
Tu	1,2	Mars, Kristianstad													
RF ute	82	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m³)	δ (m²/s)	Z (s/m)	Δv (g/m³)	v (g/m³)	RF (%)		
vi	8,32							1,20	5,27			4,320	82		
vu	4,32	Ute, Rse				0,04	0,31				300	0,0003863			
								1,51	5,37			4,320	80,5		
		Västkustskiva	0,05	0,035	1,43	11,07	12,58	11,06			3000	0,0038627	4,324	39,1	
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,32	12,89	11,28			3000	0,0038627	4,328	38,4	
		Träregel	0,12	0,14	0,86	6,64	19,54	16,74	1,25E-06	96000	0,1236078	4,452	26,6		
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00	19,54	16,74		3000000	3,8627438	8,314	49,7		
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,46	19,54	16,74		4000	0,0051503	8,320	48,1		
		Inne, Rsi				0,13	1,01				300	0,0003863			
							21,00	18,32				8,320	45,4		
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600			

Ti	21	Renoverat + 50 mm																	
Tu	5,9	April, Kristianstad																	
RF ute	77	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m³)	δ (m²/s)	Z (s/m)	Δv (g/m³)	v (g/m³)	RF (%)						
vi	9,56							5,9	7,22			5,560	77						
vu	5,56	Ute, Rse				0,04	0,24				300	0,0003863							
								6,14	7,33			5,560	75,9						
		Västkustskiva	0,05	0,035	1,43	8,44				3000	0,0038627		5,564	44,5					
								14,58	12,51			5,564	44,5						
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,24				3000	0,0038627		5,568	43,9					
								14,82	12,69			5,568	43,9						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	5,06				1,25E-06	96000	0,1236078	5,692	33,1					
								19,88	17,17			5,692	33,1						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8627438		9,554	55,6					
								19,88	17,17			9,554	55,6						
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,35				4000	0,0051503		9,560	54,6					
								20,23	17,51			9,560	54,6						
		Inne, Rsi				0,13	0,77				300	0,0003863		9,560	54,6				
								21,00	18,32			9,560	52,2						
												9,560	52,2						
					ΣR	2,56					ΣZ	3106600							

Ti	21	Renoverat + 50 mm																	
Tu	11,1	Maj, Kristianstad																	
RF ute	73	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m³)	δ (m²/s)	Z (s/m)	Δv (g/m³)	v (g/m³)	RF (%)						
vi	11,36							11,1	10,08			7,360	73						
vu	7,36	Ute, Rse				0,04	0,15				300	0,0003863		7,360	72,3				
								11,25	10,18			7,360	72,3						
		Västkustskiva	0,05	0,035	1,43	5,53				3000	0,0038627		7,364	51,5					
								16,79	14,30			7,364	51,5						
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,16				3000	0,0038627		7,368	51,0					
								16,95	14,44			7,368	51,0						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	3,32				1,25E-06	96000	0,1236078	7,492	42,7					
								20,27	17,56			7,492	42,7						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8627438		11,354	64,7					
								20,27	17,56			11,354	64,7						
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,23				4000	0,0051503		11,360	63,9					
								20,50	17,79			11,360	63,9						
		Inne, Rsi				0,13	0,50				300	0,0003863		11,360	62,0				
								21,00	18,32			11,360	62,0						
					ΣR	2,56					ΣZ	3106600							

Ti	21	Renoverat + 50 mm																	
Tu	15,2	Juni, Kristianstad																	
RF ute	74	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m²K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m³)	δ (m²/s)	Z (s/m)	Δv (g/m³)	v (g/m³)	RF (%)						
vi	13,6							15,2	12,99			9,600	74						
vu	9,6	Ute, Rse				0,04	0,09				300	0,0003863		9,600	73,5				
								15,29	13,07			9,600	73,5						
		Västkustskiva	0,05	0,035	1,43	3,24				3000	0,0038627		9,604	60,6					
								18,53	15,86			9,604	60,6						
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,09				3000	0,0038627		9,608	60,2					
								18,63	15,95			9,608	60,2						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	1,95				1,25E-06	96000	0,1236078	9,732	54,5					
								20,57	17,87			9,732	54,5						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8627438		13,594	76,1					
								20,57	17,87			13,594	76,1						
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,13				4000	0,0051503		13,600	75,6					
								20,70	18,00			13,600	75,6						
		Inne, Rsi				0,13	0,30				300	0,0003863		13,600	74,2				
								21,00	18,32			13,600	74,2						
					ΣR	2,56					ΣZ	3106600							

Ti	21	Renoverat + 50 mm																		
Tu	17,4	Juli, Kristianstad																		
RF ute	78	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	15,57						17,40	14,83				11,570	78							
vu	11,57	Ute, Rse				0,04	0,06				300	0,0003863								
							17,46	14,97				11,570	77,3							
		Västskustskiva	0,05	0,035	1,43	2,01					3000	0,0038627								
							19,47	16,76				11,574	69,1							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,06					3000	0,0038627								
							19,53	16,81				11,578	68,9							
		Träregel	0,12	0,14	0,86	1,21			1,25E-06	96000	0,1236078									
							20,73	18,04				11,702	64,9							
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8627438									
							20,73	18,04				15,564	86,3							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,08					4000	0,0051503								
							20,82	18,10				15,570	86,0							
		Inne, Rsi				0,13	0,18				300	0,0003863								
							21,00	18,32				15,570	85,0							
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600								

Ti	21	Renoverat + 50 mm																		
Tu	16,5	Augusti, Kristianstad																		
RF ute	80	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	15,24						16,50	14,05				11,240	80							
vu	11,24	Ute, Rse				0,04	0,07				300	0,0003863								
							16,57	14,10				11,240	79,7							
		Västskustskiva	0,05	0,035	1,43	2,52					3000	0,0038627								
							19,09	16,39				11,244	68,6							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,07					3000	0,0038627								
							19,16	16,45				11,248	68,4							
		Träregel	0,12	0,14	0,86	1,51			1,25E-06	96000	0,1236078									
							20,67	17,97				11,372	63,3							
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8627438									
							20,67	17,97				15,234	84,8							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,10					4000	0,0051503								
							20,77	18,07				15,240	84,3							
		Inne, Rsi				0,13	0,23				300	0,0003863								
							21,00	18,32				15,240	83,2							
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600								

Ti	21	Renoverat + 50 mm																		
Tu	12,9	September, Kristianstad																		
RF ute	85	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	vs (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	13,59						12,90	11,28				9,590	85							
vu	9,59	Ute, Rse				0,04	0,13				300	0,0003863								
							13,03	11,37				9,590	84,3							
		Västskustskiva	0,05	0,035	1,43	4,53					3000	0,0038627								
							17,55	14,96				9,594	64,1							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,13					3000	0,0038627								
							17,68	15,08				9,598	63,6							
		Träregel	0,12	0,14	0,86	2,72			1,25E-06	96000	0,1236078									
							20,40	17,69				9,722	55,0							
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8627438									
							20,40	17,69				13,584	76,8							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,19					4000	0,0051503								
							20,59	17,90				13,590	75,9							
		Inne, Rsi				0,13	0,41				300	0,0003863								
							21,00	18,32				13,590	74,2							
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600								

Ti	21	Renoverat + 50 mm																		
Tu	8,3	Oktober, Kristianstad																		
RF ute	87	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	11,34							8,30	8,44			7,340	87							
vu	7,34	Ute, Rse				0,04	0,20				300	0,0003863								
								8,50	8,55			7,340	85,9							
		Västku	0,05	0,035	1,43	7,10					3000	0,0038627								
								15,60	13,31			7,344	55,2							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,20					3000	0,0038627								
								15,80	13,47			7,348	54,6							
		Träregel	0,12	0,14	0,86	4,26				1,25E-06	96000	0,1236078								
								20,06	17,34			7,472	43,1							
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00					3000000	3,8627438								
								20,06	17,34			11,334	65,4							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,29					4000	0,0051503								
								20,35	18,70			11,340	60,6							
		Inne, Rsi				0,13	0,65				300	0,0003863								
								21,00	18,32			11,340	61,9							
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600								

Ti	21	Renoverat + 50 mm																		
Tu	4,5	November, Kristianstad																		
RF ute	89	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	9,86							4,50	6,58			5,860	89							
vu	5,86	Ute, Rse				0,04	0,26				300	0,0003863								
								4,76	6,69			5,860	87,6							
		Västku	0,05	0,035	1,43	9,22					3000	0,0038627								
								13,98	12,07			5,864	48,6							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,26					3000	0,0038627								
								14,25	12,26			5,868	47,9							
		Träregel	0,12	0,14	0,86	5,53				1,25E-06	96000	0,1236078								
								19,78	17,06			5,992	35,1							
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00					3000000	3,8627438								
								19,78	17,06			9,854	57,8							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,38					4000	0,0051503								
								20,16	17,44			9,860	56,5							
		Inne, Rsi				0,13	0,84				300	0,0003863								
								21,00	18,32			9,860	53,8							
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600								

Ti	21	Renoverat + 50 mm																		
Tu	1,6	December, Kristianstad																		
RF ute	88	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	8,76							1,60	5,41			4,760	88							
vu	4,76	Ute, Rse				0,04	0,30				300	0,0003863								
								1,90	5,52			4,760	86,2							
		Västku	0,05	0,035	1,43	10,84					3000	0,0038627								
								12,75	11,18			4,764	42,6							
		Utegips	0,009	0,22	0,041	0,31					3000	0,0038627								
								13,06	11,39			4,768	41,9							
		Träregel	0,12	0,14	0,86	6,51				1,25E-06	96000	0,1236078								
								19,56	16,84			4,892	29,0							
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00					3000000	3,8627438								
								19,56	16,84			8,754	52,0							
		Innegips	0,013	0,22	0,059	0,45					4000	0,0051503								
								20,01	17,28			8,760	50,7							
		Inne, Rsi				0,13	0,99				300	0,0003863								
								21,00	18,32			8,760	47,8							
						ΣR	2,56				ΣZ	3106600								

Bilaga 6 – RF-beräkning efter tilläggsisolering på 80 mm

Ti	21	Renoverat + 80 mm																						
Tu	-0,9	Januari, Kristianstad																						
RF ute	86	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)											
vi	7,89						-0,90	4,52				3,890	86											
vu	3,89	Ute, Rse				0,04	0,26				300	0,0003860												
							-0,64	4,61				3,890	84,4											
		Västskustskiva	0,08	0,035	2,29	14,67				5000	0,0064338													
							14,02	12,09				3,897	32,2											
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,26				3000	0,0038603													
							14,29	12,29				3,901	31,7											
		Träregel	0,12	0,14	0,86	5,50			1,25E-06	96000	0,1235283													
							19,79	17,08				4,024	23,6											
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8602586													
							19,79	17,08				7,884	46,2											
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,38				4000	0,0051470													
							20,17	17,46				7,890	45,2											
		Inne, Rsi				0,13	0,83				300	0,0003860												
							21,00	18,32				7,890	43,1											
													ΣR	3,41										
													ΣZ	3108600										

Ti	21	Renoverat + 80 mm																						
Tu	-0,9	Februari, Kristianstad																						
RF ute	84	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)											
vi	7,8						-0,90	4,52				3,800	84											
vu	3,8	Ute, Rse				0,04	0,26				300	0,0003860												
							-0,64	4,61				3,800	82,4											
		Västskustskiva	0,08	0,035	2,29	14,67				5000	0,0064338													
							14,02	12,09				3,807	31,5											
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,26				3000	0,0038603													
							14,29	12,29				3,811	31,0											
		Träregel	0,12	0,14	0,86	5,50			1,25E-06	96000	0,1235283													
							19,79	17,08				3,934	23,0											
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8602586													
							19,79	17,08				7,794	45,6											
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,38				4000	0,0051470													
							20,17	17,46				7,800	44,7											
		Inne, Rsi				0,13	0,83				300	0,0003860												
							21,00	18,32				7,800	42,6											
													ΣR	3,41										
													ΣZ	3108600										

Ti	21	Renoverat + 80 mm																						
Tu	1,2	Mars, Kristianstad																						
RF ute	82	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)											
vi	8,32						1,20	4,52				4,320	82											
vu	4,32	Ute, Rse				0,04	0,23				300	0,0003860												
							1,43	5,35				4,320	80,8											
		Västskustskiva	0,08	0,035	2,29	13,26				5000	0,0064338													
							14,69	12,60				4,327	34,3											
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,24				3000	0,0038603													
							14,93	12,77				4,331	33,9											
		Träregel	0,12	0,14	0,86	4,97			1,25E-06	96000	0,1235283													
							19,90	17,18				4,454	25,9											
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8602586													
							19,90	17,18				8,314	48,4											
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,34				4000	0,0051470													
							20,25	17,54				8,320	47,4											
		Inne, Rsi				0,13	0,75				300	0,0003860												
							21,00	18,32				8,320	45,4											
													ΣR	3,41										
													ΣZ	3108600										

Ti	21	Renoverat + 80 mm															
Tu	5,9	April, Kristianstad															
RF ute	77	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)				
vi	9,56							5,90	7,22			5,560	77				
vu	5,56	Ute, Rse			0,04	0,18					300	0,0003860					
		Västku	0,08	0,035	2,29	10,11		6,08	7,30			5,560	76,2				
								16,19	13,80		5000	0,0064338					
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,18					3000	0,0038603					
								16,37	13,94			5,571	40,0				
		Träregel	0,12	0,14	0,86	3,79				1,25E-06	96000	0,1235283					
								20,16	17,46			5,694	32,6				
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00					3000000	3,8602586					
								20,16	17,46			9,554	54,7				
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,26					4000	0,0051470					
								20,42	17,71			9,560	54,0				
		Inne, Rsi			0,13	0,58					300	0,0003860					
								21,00	18,32			9,560	52,2				
					ΣR	3,41					ΣZ	3108600					

Ti	21	Renoverat + 80 mm															
Tu	11,1	Maj, Kristianstad															
RF ute	73	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)				
vi	11,36							11,10	10,08			7,360	73				
vu	7,36	Ute, Rse			0,04	0,12					300	0,0003860					
		Västku	0,08	0,035	2,29	6,63		11,22	10,16			7,360	72,4				
								17,85	15,23		5000	0,0064338					
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,12					3000	0,0038603					
								17,97	15,34			7,371	48,0				
		Träregel	0,12	0,14	0,86	2,49				1,25E-06	96000	0,1235283					
								20,45	17,74			7,494	42,2				
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00					3000000	3,8602586					
								20,45	17,74			11,354	64,0				
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,17					4000	0,0051470					
								20,62	17,92			11,360	63,4				
		Inne, Rsi			0,13	0,38					300	0,0003860					
								21,00	18,32			11,360	62,0				
					ΣR	3,41					ΣZ	3108600					

Ti	21	Renoverat + 80 mm															
Tu	15,2	Juni, Kristianstad															
RF ute	74	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)				
vi	13,6							15,20	12,99			9,600	74				
vu	9,6	Ute, Rse			0,04	0,07					300	0,0003860					
		Västku	0,08	0,035	2,29	3,88		15,27	13,05			9,600	73,6				
								19,15	16,44		5000	0,0064338					
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,07					3000	0,0038603					
								19,22	16,51			9,611	58,2				
		Träregel	0,12	0,14	0,86	1,46				1,25E-06	96000	0,1235283					
								20,68	17,98			9,734	54,1				
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00					3000000	3,8602586					
								20,68	17,98			13,594	75,6				
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,10					4000	0,0051470					
								20,78	18,09			13,600	75,2				
		Inne, Rsi			0,13	0,22					300	0,0003860					
								21,00	18,32			13,600	74,2				
					ΣR	3,41					ΣZ	3108600					

Ti	21	Renoverat + 80 mm																		
Tu	17,4	Juli, Kristianstad																		
RF ute	78	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	15,57						17,40	14,83				11,570	78							
vu	11,57	Ute, Rse				0,04	0,04				300	0,0003860								
		Väst kustskiva	0,08	0,035	2,29	2,41	17,44	14,85			5000	0,0064338	11,570	77,9						
		Ute gips	0,009	0,22	0,04	0,04	19,85	17,13			3000	0,0038603	11,577	67,6						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	0,90	19,90	17,18					11,581	67,4						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00	20,80	18,11	1,25E-06	96000	0,1235283	11,704	64,6							
		Inne gips	0,013	0,22	0,06	0,06	20,80	18,11			4000	0,0051470	15,564	85,9						
		Inne, Rsi				0,13	20,86	18,17			300	0,0003860	15,570	85,7						
							21,00	18,32				15,570	85,0							
						ΣR	3,41				ΣZ	3108600								

Ti	21	Renoverat + 80 mm																		
Tu	16,5	Augusti, Kristianstad																		
RF ute	80	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	15,24						16,50	14,05				11,240	80							
vu	11,24	Ute, Rse				0,04	0,05				300	0,0003860								
		Väst kustskiva	0,08	0,035	2,29	3,01	16,55	14,09			5000	0,0064338	11,240	79,8						
		Ute gips	0,009	0,22	0,04	0,05	19,57	16,85			3000	0,0038603	11,247	66,7						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	1,13	19,62	16,90					11,251	66,6						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00	20,75	18,06	1,25E-06	96000	0,1235283	11,374	63,0							
		Inne gips	0,013	0,22	0,06	0,08	20,75	18,06			4000	0,0051470	15,234	84,4						
		Inne, Rsi				0,13	20,83	18,14			300	0,0003860	15,240	84,0						
							21,00	18,32				15,240	83,2							
						ΣR	3,41				ΣZ	3108600								

Ti	21	Renoverat + 80 mm																		
Tu	12,9	September, Kristianstad																		
RF ute	85	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)							
vi	13,59						12,90	11,28				9,590	85							
vu	9,59	Ute, Rse				0,04	0,09				300	0,0003860								
		Väst kustskiva	0,08	0,035	2,29	5,42	12,99	11,35			5000	0,0064338	9,590	84,5						
		Ute gips	0,009	0,22	0,04	0,10	18,42	15,75			3000	0,0038603	9,597	60,9						
		Träregel	0,12	0,14	0,86	2,03	18,52	15,85					9,601	60,6						
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00	20,55	17,85	1,25E-06	96000	0,1235283	9,724	54,5							
		Inne gips	0,013	0,22	0,06	0,14	20,55	17,85			4000	0,0051470	13,584	76,1						
		Inne, Rsi				0,13	20,69	17,99			300	0,0003860	13,590	75,5						
							21,00	18,32				13,590	74,2							
						ΣR	3,41				ΣZ	3108600								

Ti	21	Renoverat + 80 mm																
Tu	8,3	Oktober, Kristianstad																
RF ute	87	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)					
vi	11,34						8,30	8,44				7,340	87					
vu	7,34	Ute, Rse				0,04	0,15			300	0,0003860							
		Västskustskiva	0,08	0,035	2,29	8,51	8,45	8,52			5000	0,0064338						
							16,95	14,44				7,347	50,9					
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,15				3000	0,0038603							
							17,11	14,56				7,351	50,5					
		Träregel	0,12	0,14	0,86	3,19			1,25E-06	96000	0,1235283							
							20,30	17,59				7,474	42,5					
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8602586							
							20,30	17,59				11,334	64,4					
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,22				4000	0,0051470							
							20,52	17,81				11,340	63,7					
		Inne, Rsi				0,13	0,48			300	0,0003860							
							21,00	18,32				11,340	61,9					
						ΣR	3,41				ΣZ	3108600						

Ti	21	Renoverat + 80 mm																
Tu	4,5	November, Kristianstad																
RF ute	89	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)					
vi	9,86						4,50	6,58				5,860	89					
vu	5,86	Ute, Rse				0,04	0,19			300	0,0003860							
		Västskustskiva	0,08	0,035	2,29	11,05	4,69	6,67			5000	0,0064338						
							15,74	13,42				5,867	43,7					
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,20				3000	0,0038603							
							15,94	13,58				5,871	43,2					
		Träregel	0,12	0,14	0,86	4,14			1,25E-06	96000	0,1235283							
							20,09	17,37				5,994	34,5					
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8602586							
							20,09	17,37				9,854	56,7					
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,29				4000	0,0051470							
							20,37	17,66				9,860	55,8					
		Inne, Rsi				0,13	0,63			300	0,0003860							
							21,00	18,32				9,860	53,8					
						ΣR	3,41				ΣZ	3108600						

Ti	21	Renoverat + 80 mm																
Tu	1,6	December, Kristianstad																
RF ute	88	Skikt	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ΔT (°C)	T (°C)	v_s (g/m ³)	δ (m ² /s)	Z (s/m)	Δv (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)					
vi	8,76						1,60	5,41				4,760	88					
vu	4,76	Ute, Rse				0,04	0,23			300	0,0003860							
		Västskustskiva	0,08	0,035	2,29	12,99	1,83	5,50			5000	0,0064338						
							14,82	12,69				4,767	37,6					
		Utegips	0,009	0,22	0,04	0,23				3000	0,0038603							
							15,05	12,87				4,771	37,1					
		Träregel	0,12	0,14	0,86	4,87			1,25E-06	96000	0,1235283							
							19,93	17,21				4,894	28,4					
		Plastfolie	0,002	—	—	0,00				3000000	3,8602586							
							19,93	17,21				8,754	50,9					
		Innegips	0,013	0,22	0,06	0,34				4000	0,0051470							
							20,26	17,55				8,760	49,9					
		Inne, Rsi				0,13	0,74			300	0,0003860							
							21,00	18,32				8,760	47,8					
						ΣR	3,41				ΣZ	3108600						