

Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH-5058

Lund 2008

Energieffektivisering av flerbostadshus från 1940-talet

- En fallstudie av Ribevägen 1 i Malmö

Lena Johansson



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Energieffektivisering av flerbostadshus från 1940-talet

- En fallstudie av Ribevägen 1 i Malmö

Lena Johansson

Avdelningen för Byggnadsfysik
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige

ISRN LUTVDG/TVBH--08/5058--SE(102)
©2008 Lena Johansson

Förord

Detta examensarbete är gjort under höstterminen 2008 på avdelningen för byggnadsfysik på Lunds tekniska högskola. Anledningen till att jag valde att studera just detta ämne är att jag är väldigt intresserad av gamla hus, även om ett hus byggt på 1940-talet inte är så gammalt. Jag tycker även att det är viktigt att försöka minska på energianvändningen i dagens samhälle för att inte påfresta miljön mer än nödvändigt. Därför kändes det passande att skriva om hur man bäst förbättrar äldre hus ur energianvändningssynpunkt.

Det är speciellt några personer som jag vill tacka för hjälpen med genomförandet av mitt examensarbete.

Lars-Erik Harderup, avdelningen för byggnadsfysik på LTH, som varit min handledare och hjälpt mig genom hela processen.

Dessutom vill jag tacka Stephen Burke och Agneta Ohlsson för hjälp med mina mätningar, men även resten av avdelningen för att de svarat på mina frågor och hjälpt mig i övrigt.

Jag vill tacka Monika Bermsten, ordförande för bostadsrättsföreningen Ringsted i Malmö, för att jag fick göra mätningar på Ringsteds hus och dessutom Monikas egen lägenhet.

Jag vill tacka Pia Laike och Birgitta Lilja på stadsbyggnadskontoren i Lund och Malmö för att de ställde upp på att bli intervjuade av mig, och kom med många bra upplysningar.

Jag vill dessutom tacka Annika Nilsson på HSB för hjälp med energidata och annan information angående Ribevägen 1.

Lund, december 2008

Lena Johansson

Sammanfattning

Under 1940-talet rådde i Sverige en stor bostadsbrist på grund av en stor inflyttning till städerna, och de befintliga bostäderna var små och överbefolkade. Flerbostadshusen som uppfördes på 1940-talet har ofta en stor potential för energieffektivisering eftersom de ofta är byggda av massivt tegel eller lättbetong utan isolering, vilket på den tiden var helt enligt normerna. Idag finns ett från EU utfärdat direktiv att medlemsländerna ska minska sin energianvändning med 20 % fram till år 2020, och eftersom 42 % av Sveriges energi går till bostäder finns det mycket att göra. I denna rapport undersöks möjligheter för energieffektivisering av Ribevägen 1 i Malmö som är ett flerbostadshus uppfört i massivt tegel 1946. De energieffektiviseringsåtgärder som undersöktes var inre och yttre tilläggsisolering med 70 mm och 120 mm isolering, fönsterbyte och tätning av klimatskalet.

Vid en stor förändring av en befintlig byggnad måste förändringen enligt Plan- och bygglagen utföras varsamt och får inte förstöra byggnadens olika värden. Två intervjuer med bygglovsarkitekter genomfördes och i deras arbete använder de sig av Plan- och bygglagen, detaljplaner och kommunernas olika bevaringsprogram, men de använder sig även av sin erfarenhet och ibland konsulterar de stadsarkitekter och antikvarier. I fallet med den undersökta byggnaden hade troligtvis en yttre tilläggsisolering varit tillåten eftersom byggnaden blivit betydligt förändrad på 1980-talet.

Tre typer av mätningar gjordes på byggnaden; mätning med loggar av RF och temperatur ute och inne i två lägenheter, tryckprovning av en lägenhet samt i samband med det även en termografering. Mätningarna visade att byggnaden var relativt tät, men läckte lite vid bjälklagsanslutningen och mellan fönsterbåge och – karm. Termograferingen visade att de största köldbryggorna var vid bjälklagsanslutningen mot ytterväggen och genom fönsterkarmarna.

Temperaturen och den relativa fuktigheten i väggen beräknades med de olika tilläggsisoleringarna, och det visades att det i inga fall uppstod en relativ fuktighet på över 100 % vilket innebär att risken för kondensering av vatten i konstruktionen är liten. Dock blev den relativa fuktigheten på många ställen betydligt högre än 70 % vilket kan leda till mögelpåväxt på trädetaljer. Beräkningsprogrammet HEAT2 användes och visade att de största köldbryggorna uppstod vid anslutningar mot ytterväggen vid inre tilläggsisolering. Även beräkningsprogrammet VIP+ användes för att beräkna byggnadens energianvändning vid de olika åtgärderna, och det visade sig att alla de olika undersökta tilläggsisoleringarna skulle minska energianvändningen så mycket att den skulle klara dagens nybyggnadskrav på 110 kW/m² och år.

Slutsatsen efter beräkningarna är att en yttre tilläggsisolering hade varit den effektivaste energibesparingsåtgärden, och eftersom byggnaden redan är betydligt förändrad från ursprunget skulle detta troligtvis inte vara ett problem att genomföra. Även en inre tilläggsisolering hade minskat energianvändningen betydligt, men allvarliga köldbryggor hade uppstått vilket skulle kunna leda till olika problem. Fönsterbyte och tätning av klimatskalet hade hjälpt något, men inte alls i samma utsträckning som de olika tilläggsisoleringarna.

Nyckelord

Energieffektivisering samhet	1940-talet Ombyggnad	Flerbostadshus 2006/32/EG	Tilläggsisolering Var- Bygglov
---------------------------------	-------------------------	------------------------------	-----------------------------------



Abstract

During the 1940's there was a severe lack of dwellings in Sweden due to a massive migration to the cities, and the existing dwellings were small and overcrowded. The apartment blocks that were built during the 1940's often have a great potential for energy efficiency because they're often constructed in massive brick or light concrete without insulation. Today there is a directive from the EU saying that the member-states shall reduce their energy use by 20 % by the year 2020, and because 42 % of Sweden's energy use is for the buildings there is a lot to do. In this report the possibilities for energy efficiency are studied for Ribevägen 1 in Malmö, which is an apartment block built in massive brick in 1946. The energy efficiency measures that were studied were inner and outer additional insulation of 70 mm and 120 mm, changing of windows and sealing of the walls.

At a larger change of an existing building the change, according to Plan- och bygglagen, has to be gentle and can't destroy the different values of the building. Two interviews with building permit-architects were made and in their work they use Plan- och bygglagen, local plans and different plans for preservation made by the commune, but they also use their experience and sometimes they consult city architects and antiquarians. In the case of the studied building it is probable that an outer additional insulation had been permitted because it was considerably altered during the 1980's.

Three types of measurements were made on the building; measuring with loggers of RH and temperature outside and inside two apartments, determination of air permeability of one apartment and in connection to it a thermography. The measurements showed that the building was relatively tight, but was leaking a little at the connection between the floor and the outer walls, and between the window frame and the rest of the window. The thermography showed that the largest thermal bridges were at the connection between the floor and the outer wall through the window frames.

The temperature and the relative humidity in the wall were calculated with the different additional insulations, and it was shown that it never occurred that the relative humidity was above 100 % which mean that the risk for condensation of water in the construction is small. However, the relative humidity was well above 70 % in many places which can lead to mold growing on wooden details. The program HEAT2 was used and showed that the largest thermal bridges were at the connection between the floor and the outer walls with inner additional insulation. The program VIP+ was used to calculate the buildings energy use with the different measures, and it showed that all of the studied additional insulations would reduce the energy use enough to make it pass the requirements for new buildings of 110 kW/m² and year.

The conclusion after the calculations is that an outer additional insulation had been the most efficient way to reduce the energy use, and since the building already is considerably altered from its original this wouldn't be a problem to realize. An inner additional insulation had reduced the energy use too, but serious thermal bridges had occurred which could lead to different problems. A change of windows or sealing of the walls had helped a little, but not as much as the additional insulations.

Keywords:

Energy efficiency 1940's Apartment block Additional insulation Re-
construction Gentleness 2006/32/EG Building permit

Innehållsförteckning

Förord	i
Sammanfattning	iii
Abstract	v
Innehållsförteckning	vi
1 Inledning	1
1.1 Syfte och mål	1
1.2 Metod	2
1.3 Begränsningar	2
2 Flerbostadshus från 1940-talet	3
2.1 Bakgrund	3
2.1.1 1910- och 1920-tal	3
2.1.2 1930-tal	3
2.1.3 1940-tal	4
2.1.4 1950-tal och senare	4
2.2 Generell uppbyggnad av 1940-talshus	5
2.2.1 Storlek och placering	5
2.2.2 Lamellhus	5
2.2.3 Punkthus	5
2.2.4 Tegelhus	6
2.2.5 Gasbetonghus	6
2.2.6 Övrigt	7
2.3 Ribevägen 1 i Malmö	7
2.3.1 Uppbyggnad	9
2.3.2 Energianvändning	11
2.3.3 Vilka byggregler gällde vid uppförandet?	11
3 Energieffektivisering	13
3.1 Allmänt om bakgrund till energieffektivisering i Sverige	13
3.2 Aktuella energieffektiviseringsåtgärder	14
3.2.1 Yttre tilläggsisolering	14
3.2.2 Inre tilläggsisolering	15
3.2.3 Tätning av klimatskal	15
3.2.4 Byte av fönster	16
4 Hänsynstagande till äldre bebyggelse vid ombyggnad	17
4.1 Introduktion	17
4.2 Kulturhistorisk värdering av bebyggelse	17
4.3 Vad säger lagen?	18
4.4 Intervjuer angående bygglov	19
4.4.1 Intervju med Birgitta Lilja, bygglovsarkitekt Malmö stad	20
4.4.2 Intervju med Pia Laike, bygglovsarkitekt Lunds kommun	21
4.5 Sammanfattande slutsats	22
5 Mätningar	25
5.1 Loggrar	25
5.1.1 Teori	25
5.1.2 Utförande	25
5.1.3 Resultat	26
5.2 Tryckprovning	29
5.2.1 Teori	29
5.2.2 Utförande	29
5.2.3 Resultat	31
5.3 Termografering	32
5.3.1 Teori	32
5.3.2 Utförande	33

5.3.3	Resultat	34
6	Beräkningar	37
6.1	Teori	37
6.1.1	Värme	37
6.1.2	Fukt i luft	40
6.2	Beräkning av U-värden för Ribevägen 1	42
6.3	Fuktighet inne i väggen	44
6.3.1	Resultat	45
6.4	Beräkningar med HEAT	48
6.4.1	Resultat	48
6.5	Beräkning med VIP+	52
6.5.1	Indata	53
6.5.2	Resultat	53
6.6	Sammanfattade resultat av beräkningarna	54
6.7	Slutsats och diskussion	55
6.7.1	Lämpliga energieffektiviseringsmetoder i detta fall	55
6.7.2	Vilka material är lämpliga/olämpliga?	55
6.7.3	Generella slutsatser för den här typen av bebyggelse	56
7	Slutsats	59
	Referenser	61
	Skriftliga källor	61
	Elektroniska källor	63
	Muntliga källor	64
	Bilagor	a
	Bilaga A. Detaljritningar	a
	Bilaga B. Energistatistik för brf Ringsted	c
	Bilaga C. Fastigheterna i brf Ringsted	i
	Bilaga D. Beräkning av energianvändning	j
	Bilaga E. Beräkning av U-värde	l
	Bilaga F. Beräkning av luftläckage	m
	Bilaga G. Beräkning av relativ fuktighet	n
	Bilaga H. Detaljer i HEAT2-beräkningarna	x
	Bilaga I. Diagram från VIP+	å



1 Inledning

Idag talas det mer och mer om hur vi måste spara på jordens resurser och använda oss av mindre energi. En stor del av dagens byggnadsbestånd uppfördes på 1940-talet och det finns för dessa byggnader en stor potential för energibesparing. Det är därför intressant att undersöka vilka möjligheter för att spara denna energi som finns. I detta fall görs det genom en fallstudie av en byggnad uppförd på 1940-talet. Det intressanta är att undersöka vilka effekter en åtgärd kan ha på energianvändningen, men även vilka konsekvenser detta får för byggnaden vad gäller fuktigheten i materialen och konsekvenserna för byggnadens utseende.

Rapporten börjar med en allmän beskrivning av byggnader uppförda på 1940-talet, hur de såg ut och varför de såg ut som de gjorde. Därefter kommer en beskrivning av det specifika hus som mätningarna i denna rapport är utförda på, och en sammanfattning av vilka byggnadsregler som gällde vid tidpunkten för uppförandet. Efter det behandlas energieffektivisering och olika sätt att göra det på. Därefter kommer ett kapitel om vad som är viktigt att tänka på vid en ombyggnad av ett gammalt hus, vad som gäller enligt lag och hur en bygglovsansökan angående detta behandlas. Sedan följer en beskrivning av de mätningar som utförts, beräkningarna i vilka de använts och resultaten som de lett fram till. Slutligen diskuteras alla resultat och sätts ihop till en slutsats om lämpligt sätt att energieffektivisera den undersökta byggnaden, och även vad som kan göras på liknande byggnader.

Om ingen källa är angiven i slutet av ett textstycke i denna rapport innebär det att det är min egen text.

1.1 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att identifiera lämpliga energieffektiviseringsåtgärder för flerbostadshus uppförda på 1940-talet genom att utföra en fallstudie med mätningar. Dessa mätningar ska sedan ligga till grund för olika beräkningar av energibesparing, relativ fuktighet i väggen och värmeförlust genom väggen, beräkningarna ska i sin tur leda till rekommendationer angående energieffektivisering av dessa byggnader.

Denna rapport ska även sammanfatta vilka lagar och regler som gäller vid ombyggnad och förändring av en byggnads utseende, och hur en bedömning av en bygglovsansökan går till. Därtill sammanfattas bakgrundsinformation av byggnader uppförda på 1940-talet för att underlätta förståelsen för de värden som finns i äldre bebyggelse som kan vara värda att bevara vid en ombyggnad. Utifrån detta är målet att komma fram till olika slutsatser som ska kunna användas vid beslut angående energieffektivisering av hus byggda på 1940-talet i allmänhet och det undersökta huset i synnerhet. Slutsatserna gäller vilka metoder som är lämpliga att använda för att spara så mycket energi som möjligt, men även vilka material som är lämpliga att använda, och hur detta påverkar den befintliga byggnadens olika värden. Resultaten ska generaliseras även till andra liknande byggnader.

1.2 Metod

Det finns många sätt att utföra undersökningar och forskning på, i detta fall genomfördes undersökningarna som en fallstudie av ett HSB-hus i Malmö. Litteraturstudier gjordes för att få fram bakgrund om byggnadstypen och tiden då den byggdes. Litteraturstudier gjordes även för fakta om energieffektivisering och vilka lagar och regler som gäller vid ombyggnad. Mätningar utfördes på byggnaden, hur dessa gick till beskrivs utförligt under kapitlet "Mätningar". Mätningarna utfördes med loggar, tryckprovningssutrustning och värmekamera. I beräkningarna som sedan genomfördes användes resultaten från mätningarna tillsammans med ritningar och energianvändningsstatistik för den aktuella byggnaden, olika beräkningsprogram och litteratur. Energianvändningsstatistiken hämtades från HSB. De program som användes vid beräkningarna var HEAT2, VIP+ och Microsoft Excel. Beräkningarna beskrivs i kapitlet "Beräkningar". Dessutom gjordes två intervjuer med bygglovsarkitekter för att komplettera litteraturstudierna angående ombyggnad.

1.3 Begränsningar

Denna rapport handlar om flerbostadshus uppförda på 1940-talet, inga andra typer av byggnader undersöks.

Vid undersökningar av energieffektiviseringar undersöks endast förändringar i form av tilläggsisolering av ytterväggarna, byte av fönster och tätning av klimatskalet. Inga andra förändringar undersöks. Dessutom undersöktes endast några få olika material att använda vid tilläggsisolering.

Endast en byggnadstyp har undersökts, d.v.s. den typ som den aktuella byggnaden tillhör. Detta innebär att de resultat som framkommer endast gäller exakt för den typen av byggnader och inte alltid kan antas gälla även alla andra byggnader, men det förekommer i många fall stora likheter som gör det möjligt att dra generella slutsatser.

Den ekonomiska aspekten beaktas över huvud taget inte i rapporten, dels för att rapporten inte ska bli för omfattande, dels för att kostnader ändras hela tiden och inte är relevanta under särskilt lång tid.

Begränsningar och antaganden som görs i samband med beräkningarna presenteras vid respektive beräkning.

2 Flerbostadshus från 1940-talet

2.1 Bakgrund

2.1.1 1910- och 1920-tal

Under 1910- och 1920-talen hade ett intresse för att förbättra bostadssituationen börjat växa fram i Sverige eftersom den tidens bostäder var mörka, små och överbefolkade. Det gjordes beräkningar och förslag på hur bostäder borde se ut för att innehålla allt nödvändigt och ändå vara billigt nog för de flesta att ha råd med. Resultatet blev att en lägenhet inte borde vara större än 30-40 m² för att en familj skulle ha råd med den. Denna storlek gjorde att det blev möjligt att istället för bara ett rum och kök även få in ett litet matrum. Även om lägenheterna i och med detta fick fler rum, var ytan fortfarande ganska liten för en hel familj. Det var vanligt förekommande med sovplatser både i vardagsrummet och i matrummet. Ibland var det till och med så att vardagsrummet bara användes när familjen hade gäster (Engfors, 1987).

2.1.2 1930-tal

I svenska städer i början av 1930-talet var bostäderna så små att över hälften av dem bestod av ett rum och kök eller mindre (Engfors, 1987). Det fanns alltså ett stort behov av bättre och större bostäder samtidigt som en större medvetenhet om problemet hade börjat växa fram. Undersökningar av hur människor bodde och använde sina lägenheter genomfördes. Ett exempel på sådana undersökningar är de ganska välkända köksstudierna, genomförda av Hemmets Forskningsinstitut, som senare ledde till en svensk standard för köksinredningar. Vid slutet av 1930-talet byggdes många nya hus, men på grund av en lågkonjunktur var det inte många som hade råd att flytta in i de nya lägenheterna (Björk et al. 2003). Bostadsbyggandet inriktades på att skapa en inre kvalitet med hög utrustningsstandard, och vad gäller den yttre miljön byggdes husen friliggande i landskapet (Antell, 1987), se bild 1 för smalhus byggda på 1930-talet. Planering för en stor bostadsutbyggnad startade i slutet av 1930-talet och med det en diskussion om smalhus eller tjockhus var lämpligast att bygga. Smalhus ansågs bra eftersom lägenheterna blev genomgående och ljusa medan trapphusen i tjockhusen kunde betjäna fler lägenheter, och på det sättet blev mer ekonomiska (Björk et al. 2003).



Bild 1 visar ett smalhusområde uppfört på 1930-talet (bild från Björk et al. 2003).

2.1.3 1940-tal

I och med andra världskrigets utbrott avstannade bostadsbyggandet i Sverige till viss del, när kriget tog slut skedde en kraftig inflyttning till storstäderna som ledde till en allvarlig bostadsbrist (Björk et al. 2003). Under andra världskriget byggdes mest smålägenheter, men efter kriget började även fler större lägenheter byggas. Trots detta var lägenheterna i Sverige under 1940-talet fortfarande mindre än i många andra länder i Europa. Under kriget, och även åren strax efter, var det stora problem att få fram byggnadsmaterial till uppförandet av de nya byggnaderna. Vissa material fick ersättas med nya oprövade, och ibland mindre lämpliga, material. T.ex. var det problem att få tag i beslag, elledningar och sanitetsporcelain (Lundevall, 1994).

Under kriget vände sig folk vid materialbristen och de lärde sig att hushålla med de resurser som fanns. Denna attityd fanns kvar ända in på 1950-talet, då bostäderna byggdes efter höga krav med begränsade resurser. Sättet att bygga bostäder utifrån människors behov, med grund i funktionsstudier, blev uppmärksammat även utomlands. Många arkitekter från framförallt England gjorde studiebesök och Sverige kom att bli en förebild för bostadsbyggandet i Europa. Sverige var ett föredöme både vad gällde själva bostädernas utformning, och även bostadspolitiskt. Under 1940- och 1950-talen återslöt bebyggelsen till den mera slutna stadsbebyggelsen och de nya bostadsområdena planerades som grannskap (Engfors, 1987), där parker och annan natur blev viktiga inslag mellan husen. Dessutom planerades områdena med tillhörande skola och butiker. Husen som byggdes under 1940-talet var till stor del lamellhus som placerades relativt friliggande, parallellt eller vinkelrätt mot varandra (Antell, 1987), men även lägre punkthus började byggas (Björk et al. 2003). Lamellhus var långa och smala hus, ofta med genomgående lägenheter, och punkthus var mer kvadratiska byggnader med lägenheter i hörnen. Det ansågs vara en social rättighet med välplanerade och bra lägenheter. Socialt engagerade arkitekter och allmännyttiga bostadsbolag ledde till att bostäderna blev välplanerade och funktionella (Antell, 1987).

Boendekostnader för nybyggda lägenheter sjönk mycket under 1940-talet samtidigt som standarden ökade. Den bostadssociala utredningen hade satt som mål att hyran för en familjebostad inte skulle kosta mer än en femtedel av lönen efter skatt. Detta mål uppnåddes under 1940-talet, om en tvåa räknades som familjebostad (Lundevall, 1994).

2.1.4 1950-tal och senare

Under 1950-talet sattes husen ihop med varandra och bildade större gårdar. Husen hade dessutom lite fler och annorlunda former än tidigare, de vanligaste av dessa nya var stjärnhusen. Husen blev då dessutom högre med upp mot 10 våningar. Bostadsbyggandet vidareutvecklades under 1960-talets miljonprogram då större och högre hus uppfördes, då byggdes dock husen mer utifrån ett produktionstekniskt perspektiv, där t.ex. avstånden mellan husen avgjordes av kranarnas räckvidd (Björk et al. 2003).

2.2 Generell uppbyggnad av 1940-talshus

2.2.1 Storlek och placering

Generellt kan flerbostadshusen som byggdes under 1940-talet delas in i två olika kategorier; lamellhus och punkthus. Lamellhusen placerades parallellt eller vinkelrätt mot varandra, och tjockleken på dem hade stabiliserats till 8-9 m i Göteborg, 10-11 m i Stockholm och 12 m i Malmö. I Göteborg och Malmö accepterades upp till fyra våningar utan hiss, längre upp i landet endast tre (Björk et al. 2003). Huskropparna placerades fritt och den omgivande miljön och naturen behölls så mycket som möjligt. Byggnaderna skulle vara tydligt framträdande och dominera landskapet (Antell, 1987). Under 1940-talet började områden byggas där husen sattes ihop i längre slingor och bröt det strikta mönstret med parallella och vinkelräta hus, och på några ställen började även stjärnhus byggas under mitten av 1940-talet. Det blev viktigt att byggnaderna skapade en rumslighet och områden med trafikdifferentiering började byggas. Detta innebar att husen placerades runt gröna, skyddade gårdar där trafiken endast kom åt utsidan (Engfors, 1987). Vägar tänkta för gångtrafik skildes från körbanorna och mindre parkeringsplatser byggdes i utkanterna av området, det planerades dock inte för någon större bilanvändning (Björk et al. 2003).

2.2.2 Lamellhus

Lamellhusen byggdes vanligtvis av antingen tegel eller gasbetong. Gasbetongen blev vanligare under senare delen av 1940-talet. Lamellhusen var vanligtvis tre våningar höga, med bottenvåningen en halv trappa upp. Trapplanen gick till två genomgående lägenheter, och ibland även till en enkelsidig. Lägenheter som hade tre rum byggdes ofta med ett sovrum avskilt, med ingång direkt från entrén så att det lätt skulle kunna hyras ut (Björk et al. 2003).

2.2.3 Punkthus

Punkthusen byggdes även de av antingen tegel eller gasbetong. Gasbetongen ersatte användandet av tegel mer och mer under 1930- och 1940-talet, till stor del eftersom det var lättare att arbeta med. Punkthusen byggdes ofta i områden tillsammans med lamellhus, och var speciellt lämpade för kuperad terräng på grund av den relativt lilla basytan. I början byggdes punkthusen ganska låga, tre till fem våningar, beroende på att de saknade hiss och reglerna för hur många våningar det var tillåtet för varierade över landet. Senare byggdes husen högre och innehöll då hiss, för att hissen skulle vara lönsam gjordes husen sex till åtta våningar höga. I punkthus fanns det oftast fyra hörnlägenheter per plan, men det förekom även upp till åtta lägenheter per plan. I de fall det fanns fler än fyra lägenheter blev vissa av dem enkelsidiga (Björk et al. 2003). På bild 2 visas ett typiskt putsat punkthus från 1940-talet.



Bild 2 visar ett typiskt putsat punkthus från 1940-talet (bild från Björk et al. 2003).

2.2.4 Tegelhus

I tegelhusen gjordes källarmuren och grundsulorna av armerad betong, även bjälklagen gjordes av armerad betong som sedan belades med uppreglade golv fyllda med koksaska. Ytterväggarna var tillsammans med en hjärtvägg bärande, i de lägre husen var väggarna av 1-stens tegel, i de högre 1½-stens tegel, och väggarna var ofta murade av modifierat tegel. Det var ett tegel som var porösare och hade lägre densitet än vanligt tegel och tillverkades genom att sågspån blandades i leran och sedan brann upp under bränningen. Anledningen till att modifierat tegel användes var att kraven på värmeisolering hade höjts i och med kriget då det p.g.a. ransonering och liknande var svårare att värma bostäderna. Även kraven på lufttätet ökade och löstes genom att tunna träullsplattor ibland sattes upp på insidan av väggarna och både in- och utsida putsades med kalkcementputs. Vindsbjälklagen bestod av ett lager bärande armerad betong, ett lager koksaska och sedan ytterligare ett lager betong. Taken var oftast sadeltak av tegel och takstolen var en vanlig svensk trätakstol (Björk et al. 2003).

2.2.5 Gasbetonghus

Användningen av gasbetong satte igång ordentligt efter krigsslutet. Gasbetongen hade många fördelar jämfört med tegel eftersom det hade en mycket lägre densitet. Detta gjorde att materialet var mycket lättare att arbeta med och hade dessutom mycket bättre värmeisolerande egenskaper. Grundplintarna, källarmuren och bjälklagen gjordes dock fortfarande av betong. Mellanbjälklagen isolerades med koksaska under uppreglade golv och vindsbjälklaget isolerades dessutom med kutterspån. Inre bärande väggar murades av antingen betongblock eller tegel. I punkthusen var det oftast lägenheternas planlösning som avgjorde husets form och var

hjärtväggarna skulle placeras. Gasbetonghusens väggar var oftast putsade och målade i olika färger, även insidan av väggarna slätputsades. (Björk et al. 2003). Ända fram till 1950-talet var kalkfärger det vanligaste ytskiktet på putsade ytterväggar (Antell, 1987). Husen målades ofta i olika färger för att områdena inte skulle uppfattas som så kompakta, men även för att ge de olika gårdarna sina egna identiteter. När det var hus i större områden var det vanligt att balkongerna målades i en annan färg än väggarna som en arkitektonisk detalj. Oftast målades putsen med en utanpåliggande färg, men det förekom även genomfärgad puts (Kidder Smith, 1957).

2.2.6 Övrigt

Ända fram på 1950-talet byggdes husen mycket hantverksmässigt i gedigna material, ofta var t.ex. köken speciellt måttanpassade (Antell, 1987). Även mycket av murningen i tegel, som t.ex. utformningen av hjärtväggarna med alla deras vindlingar, ventilationskanaler, skorstenar och liknande krävde stor hantverksskicklighet (Björk et al. 2003). Utrustningsstandarden i nybyggda lägenheter höjdes dessutom kraftigt under 1940-talet. 1944 ingick badrum i 75 % av alla nya lägenheter (Lundevall, 1994).

Balkonger blev inte vanliga förrän på 1930-talet, då de flesta lägenheter fick en. Balkongerna användes ofta som arkitektoniska element och i funkisarkitekturen var det ett viktigt sätt att smycka husen på (Antell, 1987). Balkongplattorna bestod av utkragande delar av bjälklagen och fronten på balkongerna var vanligtvis korrugerad plåt (Björk et al. 2003).

1990 då senaste bostadsräkningen i Sverige ägde rum var 24 % av alla byggnader i storstadsområdena uppförda under perioden 1941-1960. 30 % av flerbostadshusen i dessa områden var byggda under denna period (Statistiska centralbyrån, 2008).

2.3 Ribevägen 1 i Malmö

1946 byggdes totalt 58 000 bostäder i Sverige, 41 500 av dessa i tätorter. Av bostäderna i tätorter byggde HSB 12,5 %. Samma år uppförde HSB 648 färdiga bostäder i Malmö. Av storstäderna var det faktiskt i Malmö som HSB uppförde flest bostäder under 1940-talet (Lundevall, 1994). En stor del av dessa bostäder var i bostadsrättsföreningen Ringsted, där den undersökta byggnaden Ribevägen 1 ligger, som det året tillförde Malmö 273 lägenheter (Bostadsrättsföreningen Ringsteds hemsida). På bild 3 visas Ribevägen 1 som det ser ut idag.



Bild 3 visar Ribevägen 1 som det ser ut idag.

Ribevägen 1 valdes till undersökningarna för att den på ett bra sätt representerade de byggnader som uppfördes under 1940-talet i Sverige, och de förändringar de genomgått under åren. Dessutom fanns det tillgång till ritningar och energianvändningsstatistik som underlättade mätningar och beräkningar.

Ringsted ligger i kvarteret Odense i bostadsområdet Kronborg i Malmö, uppkallat efter det danska slottet med samma namn, se bild 4. Innan dagens flerbostadshus byggdes på 1940- och 1950-talen användes marken främst som jordbruksmark. 1943 upprättades en ny stadsplan för Malmö av Erik Bürlow-Hübe som då var stadsingenjör. Området Kronborg skulle bebyggas med lamellhus, tre till fem våningar höga. I området finns totalt 1287 bostäder och 2001 bodde där knappt 1800 personer, till största delen pensionärer (Tykesson, 2001).

Hela bostadsområdet är i Malmö stads översiktsplan utpekad som en särskilt kulturhistoriskt värdefull bebyggelsemiljö enligt Plan och bygglagen (Tykesson, 2001).



Bild 4 visar bostadsområdet kronborg, med Ribevägen 1 markerad med en pil (bild från Tykesson, 2001).

2.3.1 Uppbyggnad

Bostadsrättsföreningen Ringsted ligger vid Pildammsparken i Malmö och består av sju byggnader. Av dessa är fem likadana med undantag för att en av byggnaderna har bullerisolerande fönster. De andra två byggnaderna är mindre. Byggnaderna ligger med en sluten fasad ut mot gatan och öppna gårdar mot Pildammsparken, se bild 5.

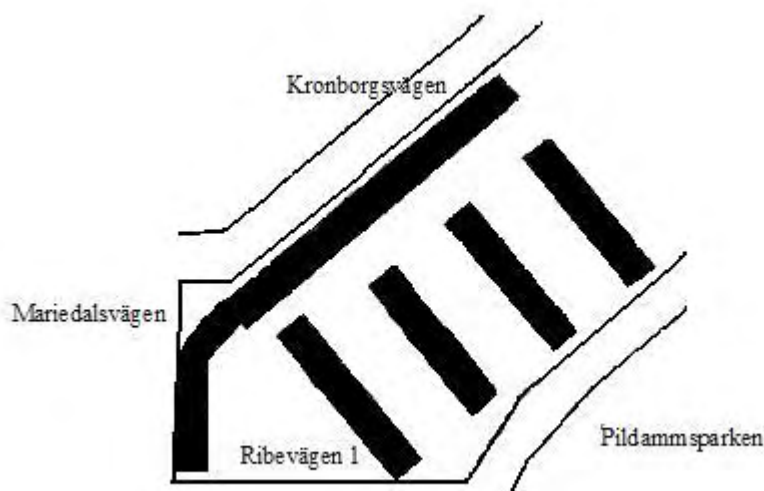


Bild 5 visar hur byggnaderna ligger med en sluten fasad mot gatan och öppna gårdar mot Pildammsparken.

Byggnaden som ska användas i mätningarna är den fjärde byggnaden, d.v.s. Ribevägen 1. Denna byggnad ritades av Sven Grönqvist och Torsten Roos på HSB:s arkitektkontor i Malmö, och uppfördes 1946 (Tykesson, 2001). Byggnaden är ett lamellhus med en tjocklek på 13,5 m. Den är fyra våningar hög, med källare under hela, och har fyra trappuppgångar, och totalt innehåller den 44 lägenheter. Huset är byggt av rött tegel och taket är ett sadeltak belagt med rött taktegel. När byggnaden uppfördes fick inte alla lägenheter balkong, detta ändrades under 1987 och 1988 då alla lägenheter fick stora inglasade balkonger. Samtidigt byttes alla fönster ut till stora 2-glas isolerfönster. Tidigare hade huset 2- och 3-lufts-fönster, men vid bytet blev det till största delen 1-lufts-fönster. Dessa förändringar har betydligt förändrat området utseende och karaktär. En mindre tillbyggnad har även gjorts på ena gaveln och innehåller vaktmästeri och kontor. Denna tillbyggnad är dock gjord ovanpå en befintlig källare. Förutom dessa förändringar är husets klimatskal i originalskick, d.v.s. inga större energibesparande åtgärder har genomförts.

Ytterväggarna består av 1½-stens tegelmur, murad med kalkbruk, under fönstren är väggen dock endast 1 sten bred. Under fönstren där väggen är tunnare är det dessutom infällt en "Arkimatta" mitt i väggen. En Arkimatta tillverkades, enligt ganska osäkra källor, av sjögräs, och det är oklart om något ytterligare material blandades in, men det är troligtvis rätt att anta att den hade en viss isolerande förmåga. I övrigt är ytterväggarna oisolerade. Källarväggen består av 450 mm armerad betong och bjälklagen består av armerad betong med uppreglat trägolv. Vindsbjälklaget är även det av betong fast med 85 mm "cellbetong" ovanpå som isolerar lite. Denna cellbetong antas vara någon form av lättbetong med relativt hög värmeledningsförmåga jämfört med dagens lättbetonger. Detaljritningar på dessa konstruktionsdelar finns i bilaga A. Byggnaden är 13,5 m bred och 73 m lång och i huvudsak rektangulär.

2.3.2 Energianvändning

Hela föreningen har en energianvändning på 2661193 kWh/år från fjärrvärme. Detta är ett genomsnittligt normalårskorrigerat värde för åren 2004-2007, se bilaga B. Normalårskorrigerat innebär att värdet är anpassat till väderfaktorer och liknande för att underlätta en jämförelse mellan olika år. Den undersökta byggnaden har en BOA på 2496 m², se bilaga C, vilket omräknat till A_{temp} m.h.a. boverkets omräkningsfaktorer (Boverkets hemsida) blir 3120 m². BOA är den area som används för boende, d.v.s. inte den yta som trapphus, källare eller innerväggar upptar, och A_{temp} är den area innanför klimatskalet som värms upp till minst 10° C, och den area som används i dagens normer. Byggnaden är 15,1 % av föreningens totala area, och antas därför använda 15,1 % av den totala energin, detta antagande anses riktigt eftersom de övriga byggnaderna har liknande storlek, konstruktion och byggår. Uträknat i energianvändning per A_{temp} blir det 128,8 kWh/m² och år från fjärrvärme, se bilaga D. Till denna energianvändning tillkommer en elförbrukning för hela föreningen på cirka 60 000 kWh/år, detta blir cirka 2,9 kWh/m² A_{temp} och år.

Byggnaden har förbättrats något ur energisynpunkt sedan den uppfördes genom att fönstren byttes ut 1987 och 1988. Troligtvis hade de äldre fönstren högre U-värde och släppte ut mer värme. Dessutom har alla balkonger glasats in vilket innebär en något förbättrad isolering på de väggar som hamnar innanför balkongen. I övrigt är klimatskalet oförändrat sedan byggnaden uppfördes.

2.3.3 Vilka byggregler gällde vid uppförandet?

1931 kom en ny byggnadslagstiftning i Sverige. Denna var uppdelad i stadsplanelagen, som innehöll regler om stadsbildning, tomtindelning och liknande, och byggnadsstadgan som innehöll regler om hur byggnaderna fick uppföras. Byggnadsstadgans anvisningar var väldigt allmänt hållna och hänvisade till stor del till den byggnadsordning som varje stad skulle upprätta (Forssman, 1932).

Den senaste byggnadsordningen som jag lyckats hitta för Malmö kom 1935. I byggnadsordningen gavs mer detaljerade regler för hur det var tillåtet att bygga, med mått på t.ex. hur långt en balkong fick sticka ut, hur djupt en grundmur skulle gå och hur bred en trappa skulle vara. Dessutom angavs det att takbeläggningmaterialet skulle vara av taktegel, skiffer, plåt eller annat liknande material som inte kunde antändas av flygande gnistor. Även de väggar som var bärande skulle tillverkas av brandsäkert material, och en tegelvägg som bar belastning av tre eller fler våningar skulle vara minst 38 cm tjock, d.v.s. 1½-stens tegelmur. Bjälklag över källaren skulle av brandsäkerhetsskäl tillverkas av betong (Länsstyrelsen i Malmöhus län, 1936).

Rummen inomhus skulle vara utformade på ett ur hälsovårdssynpunkt bra sätt, med en golvyta på minst 6 m², och minst 2,1 m i takhöjd. Dessutom skulle alla rum ha fönster som kunde öppnas för vädring. Alla rum skulle utformas så att de blev bra ventilerade med uteluftsintag i de flesta rum, och frånluftsventilation i badrum, kök, skafferier och trapphus. I övrigt fanns det inte angivet några bestämmelser som gällde hur husen skulle isoleras eller hållas varma, bara att det skulle vara tillfredställande gjort (Länsstyrelsen i Malmöhus län, 1936).

Den hälsostadga som fanns vid tiden kom ut redan 1919 men gällde fortfarande, med vissa mindre ändringar, vid tiden för uppförandet av byggnaderna i bostadsrättsföreningen Ringsted. I stadgan fanns vissa paragrafer om hur bostäder skulle vara, men de reglerna var

väldigt allmänt hållna och gick i princip ut på att det skulle vara hälsosamt att bo i dem (Florén, 1945).

Den 7:e december 1945 kom nya anvisningar till byggnadsstadgan från byggnadsstyrelsen. Detta innebär att de gällde när den undersökta byggnaden uppfördes men inte när den projekterades, så det är svårt att säga om den är byggd efter anvisningarna eller inte. I dessa anvisningar fanns angivet högsta tillåtna värmegenomgångstal för väggar, tak och golv. Detta värmegenomgångstal angavs i $\text{kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C h}$, och var olika beroende på vilken utformning och vilket material konstruktionen hade och även var den låg i landet. För en massiv tegelvägg, som i detta fall, tilläts ett värmegenomgångstal på högst $1,1 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C h}$ (Kungl. Byggnadsstyrelsens anvisningar 1946:1). Vid en omräkning till dagens enheter motsvarar detta ett U-värde på cirka $0,86 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. För dessa uträkningar se bilaga E. Dessutom angavs värden för minsta tvärsnittsarea på ventilationsledningar, minsta tillåtna rumsstorlek och andra liknande saker (Kungl. Byggnadsstyrelsen, 1946).

Från och med den 30:e juni 1947 började en ny byggnadslagstiftning gälla i Sverige. Denna behövdes främst för att det fanns en hel del brister i den tidigare lagstiftningen, t.ex. saknades det där anvisningar om var stadsbildning fick ske. Som komplement till denna lag fanns byggnadsstyrelsens anvisningar som mer detaljerat föreskrev hur byggnader skulle utföras (Bexelius et al. 1948).

3 Energieffektivisering

3.1 Allmänt om bakgrund till energieffektivisering i Sverige

2006 använde flerbostadshusen i Sverige 19 000 TJ el, detta motsvarar 0,53 GWh. 80 % av flerbostadshusen byggda under perioden 1941-1960 värmdes då med fjärrvärme, och de använde totalt 176 kWh/m^2 (Statistiska centralbyrån, 2008). Sverige använder mycket energi per invånare vid jämförelse med resten av Europa. Detta beror dels på att Sverige har ett ganska kallt klimat och är glest befolkat vilket kräver mycket uppvärmning och transporter, men det beror även på att Sverige har industrier som kräver mycket energi (SOU 2008:25). Vid nybyggnad idag får en byggnad avsedd som bostad inte ha en specifik energianvändning över $110 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och är i södra Sverige. Vad gäller byggnaders täthet ska de, om de är mindre än 100 m^2 , vara så täta att luftläckaget vid $+50 \text{ Pa}$ tryckskillnad inte överstiger $0,6 \text{ l/s m}^2$. För större byggnader finns inget specifikt krav på täthet (Boverket, 2006b), men detta värde kommer att användas för jämförelser i de vidare beräkningarna.

Den femte april 2006 införde Europaparlamentet ett direktiv som heter 2006/32/EG. Enligt detta direktiv ska medlemsstaterna utarbeta handlingsplaner för energieffektivisering. Målet är att medlemsstaterna ska spara 20 % primär energi, jämfört med den genomsnittliga förbrukningen under perioden 2001-2005, fram till år 2020. Primär energi är all energi som används från bränslekällan till slutprodukten. För Sveriges del innebär det en besparing på 41,1 TWh. Ett delmål är dessutom en besparing på minst 6,5 % till år 2010, d.v.s. 30 TWh. Beräkningar som utförts för staten visade att Sverige har en besparingspotential på totalt cirka 65 TWh primär energi (SOU 2008:25).

I Sverige står bostäder och service för ca 42 % av den nationella energianvändningen. Under perioden 2001-2005 motsvarar det i genomsnitt 190 TWh i primär energi. Denna sektor består av ca 590 miljoner m^2 byggnader, 165 miljoner av dessa är flerbostadshus. Energi-användningen i bostäderna har varit i princip konstant under de senaste 20 åren. Energin till uppvärmningen och varmvattnet har minskat medan elanvändningen har ökat (SOU 2008:25).

Inom en period på tio år kommer en stor del av Sveriges byggnadsbestånd, cirka 60 %, att behöva renoveras. Detta innefattar alla hus som byggdes under miljonprogrammet och under 1940- och 1950-talet, det är då bra att samtidigt försöka göra byggnaden energieffektivare (SOU 2008:25). Det finns även krav på att byggnader större än 1000 m^2 efter ombyggnad ska uppfylla minimikraven för energianvändning om det är tekniskt, funktionellt och ekonomiskt genomförbart (Schultz, 2003).

Ett led i att minska energianvändningen är energideklarationen som ska vara utförd på alla byggnader som hyrs ut innan årsskiftet 2008/2009. Dessutom ska alla byggnader som byggs eller säljs efter 1 januari 2009 energideklaras. En energideklaration är giltig i 10 år, och ska därefter uppdateras. Energideklarationen redogör för hur mycket energi en byggnad använder och hur bra den är ur energisynpunkt jämfört med andra byggnader av samma typ, men den är på inget sätt tvingande till några åtgärder eller konsekvenser (Boverkets hemsida).

3.2 Aktuella energieffektiviseringsåtgärder

Värmeförluster från ett hus sker till största delen på två sätt. Dels sker det genom transmission, d.v.s. värmeledning, genom husets klimatskal, och dels genom luftväxling mellan husets varma luft och omgivningens kalla. Det är därför viktigt att minska på dessa förluster för att kunna minska på energianvändningen (Sandin, 1996).

Det var inte förrän på 1930-talet som det blev vanligt med någon form av åtgärd för värmeisolerering i ytterväggarna i hus i Sverige. I början bestod isoleringen dock endast av modifierat tegel, d.v.s. tegel som var lite porösare än vanligt p.g.a. inblandat sågspån som brann upp vid bränningen och lämnade tomrum efter sig. På 1940-talet tillkom även ofta en träullsplatta på ca 5 cm på väggens insida, och då var isoleringen en följd av energibristen under andra världskriget. Senare började lättbetong användas som byggnadsmaterial, och den var p.g.a. sin porösa struktur ganska isolerande, och kompletterades därför inte med annan isolering på 1950-talet. Det var inte förrän på 1960- och 1970-talen som det blev vanligt förekommande med mineralull som isolering i väggarna, och då var det främst i träregelväggar som tjockare lager förekom. Och det dröjde ända in på 1980-talet innan mineralullstjockleken översteg 10 cm (Björk et al. 2003). Detta var då en följd av den byggnorm som utarbetades efter oljekrisen på 1970-talet. Denna norm var den första som fick stor betydelse för byggnaders energianvändning (Elmroth, 2007).

Energieffektivisering av en byggnad kan utföras på många olika sätt. Endast några få metoder tas upp i denna rapport, nämligen inre och yttre tilläggsisolering, tätning av klimatskalet och byte av fönster. Alla dessa förändringar har som syfte att minska mängden värme som går ut genom byggnadens klimatskal. Andra sätt att göra en byggnad energieffektivare kan vara att ställa in installationer bättre så att de blir effektivare, installera olika apparater för värmeåtervinning, ändra uppvärmningssystem eller att byta ut vissa konstruktionsdelar. Det är även möjligt att minska energianvändningen genom att ändra brukarnas vanor genom att t.ex. sänka inomhustemperaturen, minska användningen av vatten och släcka lamporna efter sig. Människor har dock ofta ganska svårt för att ändra sina vanor.

Här nedan presenteras fyra olika sätt att göra en byggnad energieffektivare, och de olika möjligheterna att utföra dem på det undersökta huset.

3.2.1 Yttre tilläggsisolering

En yttre tilläggsisolering innebär att en isolering, vanligtvis av cellplast eller mineralull, placeras utanpå fasaden och förses med ett nytt ytskikt. Detta nya ytskikt kan vara likt det befintliga eller helt annorlunda. Det vanligaste är att isoleringen putsas eller kläs med plåt eller annan fasadskiva, men det förekommer även träfasader eller skalmurar av tegel. Dessa nya ytskikt skyddar isoleringen och hindrar regnvatten från att tränga in i väggen. Genom att placera isoleringen utanpå väggen kommer den befintliga väggen att bli varmare och därmed torrare, vilket innebär att fuktförhållandena för väggen kommer att förbättras (Nevander & Elmarsson, 1994). Det är viktigt att materialet som hamnar utanför isoleringen är okänsligt för fukt (Nilsson, 2007).

Vid en tilläggsisolering blir väggen tjockare, och speciellt vid en yttre tilläggsisolering kommer detta att synas tydligt. Detta innebär att det finns stor risk för att byggnadens karaktär

och egenheter i utseendet kommer att förändras eller helt försvinna, och nya lösningar runt fönster, dörrar, vid takfot och vid grund kommer att behövas.

En yttre tilläggsisolering skulle kunna vara aktuell i detta fall, och hade troligtvis minskat byggnadens energianvändning betydligt. Hur mycket det hade påverkat undersöks i beräkningar senare i rapporten för två olika isolertjocklekar.

3.2.2 Inre tilläggsisolering

En invändig tilläggsisolering innebär att isolering sätts på den del av insidan av ytterväggen som går att komma åt. Detta görs vanligtvis med mineralull mellan träreglar, men även stålreglar förekommer (Nevander & Elmarsson, 1994). Det är viktigt att även sätta en ångspärr på isoleringen för att förhindra vattenånga att tränga ut i väggen där den kan kondensera och skapa fuktproblem (Anderlind & Stadler, 2004).

När en isolering sätts på insidan av en vägg innebär det att den befintliga väggen kommer att bli kallare efter isoleringen, och detta leder i sin tur till att den får en högre fukthalt. Detta är oftast inget problem annat än om byggnaden utsätts för mycket slagregn. Fasaden kan då skadas genom frostsprängning när inträngt vatten expanderar i samband med frysning. Risken för fuktskador ökar även på bjälkar upplagda i ytterväggen och på regler mot ytterväggen (Nevander & Elmarsson, 1994).

Ett annat viktigt problem med en inre tilläggsisolering är att på de ställen det inte finns plats för isolering kommer det att finnas risk för kondensbildning eller köldbryggor. Kondens kan uppstå i fönstersmygar och eldosor om dessa inte flyttas med ut i väggen (Nevander & Elmarsson, 1994). Köldbryggor kommer att uppstå på alla ställen där det inte går att täcka hela väggen med isolering, t.ex. där väggar och bjälklag ansluter mot väggen och i hörn. En köldbrygga är en del i en konstruktion med sämre isoleringsegenskaper än dess omgivning. Detta innebär att det går ut mycket mer värme där än genom omgivningen. En köldbrygga leder till ökad värmeförlust och en sänkning av yttemperaturen på väggens insida, som i sin tur kan leda till kondensation och nedsmutsning (Sandin, 1996). Dessutom minskar golvytan som kan användas inne i lägenheten när väggarna blir tjockare inåt.

En inre tilläggsisolering skulle mycket väl kunna vara aktuellt i detta fall då byggnadens utseende skulle vilja bevaras. Beräkningar utförs senare i rapporten för att ta reda på effekten av inre tilläggsisolering med två olika tjocklekar på isoleringen.

Ett annat alternativ för isolering skulle kunna vara att tilläggsisolera taket. Ofta finns det outnyttjat utrymme på vinden där det är möjligt att lägga isolering, det är dessutom effektivt eftersom varm luft stiger och försvinner ut genom taket. Detta skulle mycket väl kunna fungera bra i detta fall, men det görs inga beräkningar på det i denna rapport.

3.2.3 Tätning av klimatskal

Om klimatskalet på en byggnad är otätt finns det risk för att den varma luften inifrån läcker ut genom väggen och leder till stora värmeförluster, men det kan även leda till fuktskador om fuktig luft läcker ut inifrån till konstruktionen och sedan kondenserar. Luftläckage kan dessutom orsaka obehagligt drag om kall luft läcker in i en byggnad, (Anderlind & Stadler,

2004). Om en byggnad är otät kan mycket energi sparas genom en tätning. Sättet som denna tätning utförs på beror på var läckaget finns, hur stort det är och i vilket material som det finns. I samband med tätning av en byggnad är det viktigt att se till så att ventilationen fortfarande fungerar som den ska. Otätheterna i klimatskalet kan förbättra en dålig ventilation till byggnaden, och efter en tätning kommer ventilationen då att bli så dålig att den behöver åtgärdas. En byggnads täthet är även viktig om byggnaden har värmeåtervinning av frånluften, eftersom täthet krävs för att den ska vara effektiv.

Den undersökta byggnadens täthet mäts och därefter undersöks vilka effekter en tätning skulle kunna ge i detta fall, detta beskrivs senare i rapporten.

3.2.4 Byte av fönster

Beroende på fönstrens utformning kan det vara stor skillnad på hur mycket värme de släpper ut. Det som påverkar detta är främst hur många glas som fönstret har och hur de är kopplade till varandra. Vid byte till isolerfönster kan därmed mycket energi sparas.

I detta fall byttes fönstren för 20 år sedan och skulle kunna hålla länge än, vilket kan göra det svårt att motivera ett fönsterbyte. Effekten ett byte skulle ha undersöks ändå. Det är dessutom möjligt att ett fönsterbyte skulle göra byggnaden tätare och även på det sättet minska energianvändningen.

Idag har de flesta fönster ett U-värde på 1,2, men det finns fönster med så lågt som 0,9. Fönster med s.k. isolerrutor är det vanligaste, det innebär att två glas monteras ihop med en gas som är dålig på att leda värme emellan, ofta är det luft mellan glasen men det förekommer även Argon och Krypton. Det förekommer även lågemissionsfönster där en tunn metallfolie sätts på glaset för att öka reflektionen av den långvågiga värmestrålningen så att den inte tar sig ut så lätt. De metaller som oftast används är tennoxid, indiumoxid, koppar, guld och silver (SP, 2008).

Senare i rapporten redovisas beräkningar för de effekter ett fönsterbyte skulle ha på byggnadens energianvändning.

4 Hänsynstagande till äldre bebyggelse vid ombyggnad

4.1 Introduktion

Vid varje ombyggnad av ett hus bör hänsyn tas till hur den kommer att förändra upplevelsen av huset. Alla förändringar bör ske med varsamhet och respekt för det befintliga. Varsamheten ska dock inte vara ett hinder för förbättring av en byggnad, utan är till för att kvaliteter ska tas till vara för framtiden. Det är viktigt att före en ombyggnad göra en inventering av byggnaden för att identifiera de delar som är viktiga att vara rädd om (Antell, 1987). Hur en byggnad har blivit värderad har varierat mycket under historien, även en byggnads ålder påverkar hur människor värderar den. Oftast tenderar människor att vara minst rädda om det som ligger närmast dem själv i tiden.

Vårt kulturarv består till stor del av de miljöer och byggnader som människor skapat åt sig under historiens gång. Byggnaderna visar på människors behov, sociala förhållanden och ideal, men även på deras hantverkskicklighet och materialkänedom. Under början av 1900-talet var ambitionen att både enskilda byggnader och hela bebyggelsemiljöer skulle bevaras, men det var i första hand speciellt märkliga byggnader som blev uppmärksammade. Efter andra världskriget började ett bredare synsätt få fäste och nu ska bevarandet spegla hela samhällets historia. (Unnerbäck, 2003).

4.2 Kulturhistorisk värdering av bebyggelse

Riksantikvarieämbetet har utarbetat en metod för kulturhistorisk värdering av byggnader. Denna metod är till för att underlätta för framförallt människor som genom sitt arbete kommer i kontakt med äldre bebyggelse och som på något sätt kan behöva riktlinjer för vård och underhåll av dem. Metoden är även en hjälp vid tillämpningen av Plan- och bygglagen och Kulturminneslagen (Unnerbäck, 2003).

I Sverige har det vuxit fram ett synsätt inom byggnadsvården om vilka byggnader som ska bevaras och hur detta ska göras. Kulturhistoriska kvaliteter ska tas tillvara och vara en tillgång för de personer som lever med dem. Bevarandet ska visa på alla generationers arbete, och hela samhällets historia. Motiveringen till bevarandet ska vara tydlig och vara en grund för den framtida hanteringen av byggnaden. Byggnader före 1900 ska bevaras om de är relativt oförändrade, och byggnader från medeltiden eller renässansen ska bevaras även om de är mycket förändrade. Byggnader från efter 1900 ska bevaras om de har ett klart definierbart värde. En byggnad kan skyddas som byggnadsminne även om den bara är viktig för att upprätthålla en viss miljö. Vid bevarandet ska utgångspunkten vara att hela byggnaden, med alla dess lager och förändringar, ska bevaras om det inte finns ett väldigt starkt skäl att betona en viss tid. Vid bevarandet är det dessutom viktigt att se till hela bygganden, från miljön den befinner sig i till varje liten detalj i konstruktionen (Unnerbäck, 2003).

Riksantikvarieämbetets metod består av tre steg; identifikation, bearbetning och sammanfattande värdering. I det första steget handlar det om att identifiera vilket grundmotiv som gör byggnaden värd att bevara. Grundmotiven kan vara flera, men olika viktiga, och sorteras i två olika grupper; dokumentvärde och upplevelsevärde. Dokumentvärde handlar om byggnadens objektiva egenskaper, det vill säga historiska egenskaper. Exempel på dessa egenskaper kan vara byggnadstekniskt historiskt värde, patina, arkitekturhistoriskt värde, samhällshistoriskt värde, mm. Upplevelsevärdena handlar mer om hur människor uppfattar byggnaden, det kan

vara konstnärliga värden, miljöskapande värden eller identitetsvärden. I det andra steget görs en sammanfattning och jämförande bedömning av den grundläggande värderingen. Därefter bedöms hur autentisk, och/eller ovanlig byggnaden är. Om en byggnad är gammal är det t.ex. viktigt att bevara alla dess detaljer. Är byggnaden däremot relativt ny och en del av ett större bestånd är det viktigt att bevara det som är representativt för beståndet. Denna bedömning leder fram till slutsatser om vad det är som är viktigast att bevara för framtiden, och slutligen en sammanfattande kulturhistorisk värdering. Denna sammanfattande värdering är det sista steget och i den ska det tydligt framgå vad som är viktigt att bevara och varför. Bara för att en värdering är gjord betyder det inte att den är slutgiltig, den kan behöva kompletteras och fördjupas med tiden, t.ex. vid en större restaurering. Vid vård och eventuell förändring av en byggnad är det dessutom viktigt med respekt för materialet och de byggnadstekniker som använts. Alla eventuella ändringar som görs ska vara lätt utbytbara och göras i syfte att förlänga byggnadens livslängd (Unnerbäck, 2003).

4.3 Vad säger lagen?

I Sverige finns idag två sätt att enligt lag skydda en byggnad, enligt Kulturminneslagen eller enligt Plan- och bygglagen. I Plan- och bygglagen 3 kap 10 § står ”Ändringar av byggnad skall utföras varsamt så att byggnadens karaktärsdrag och dess byggnadstekniska, historiska, miljömässiga och konstnärliga värden tas till vara.” (Plan- och bygglag, (1987:10)). Detta gäller för alla byggnader oavsett om de har något ytterligare skydd eller inte. Det innebär alltså att en ändring av en byggnad alltid ska utföras varsamt även om det inte krävs bygglov för att göra förändringen. Det är byggnadsnämndens uppgift att se till att kraven efterlevs (Boverket, 2006a).

I Plan- och Bygglagen 3 kap 12 § står dessutom ”Byggnader, som är särskilt värdefulla från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt eller som ingår i ett bebyggelseområde av denna karaktär, får inte förvanskas” (Plan- och bygglag, (1987:10)). Dessa speciellt värdefulla byggnader bör vara angivna i den kommunala detalj- eller översiktsplanen. Där är det även möjligt att precisera varsamhetsbestämmelser och om byggnader är så värdefulla att förbudet mot förvanskning gäller för dem. Kommunerna kan dessutom bestämma att det kan behövas bygglov för mindre ändringar, som vanligtvis inte kräver det. Det är viktigt att poängtera att förvanskningsförbudet inte är det samma som ett förbud mot att förändra. En förändring kan vara tillåten om den kan motiveras och utförs på ett sätt som passar ihop med byggnaden och inte förstör de befintliga värdena (Boverket, 2006a).

Byggnadsnämnden ska se till att en tilltalande stads- och landskapsmiljö upprätthålls och varje förändring ska ske med utgångspunkt i att tillföra helhetsbilden något positivt. Kommunen ska se till att detta uppfylls genom bygglov och inspektioner (Boverket, 2006a).

Kulturminneslagen gäller för byggnader som blivit utsedda till byggnadsminnen. Det är oftast länsstyrelsen som utser dem, men vem som helst kan ge förslag. I Sverige finns det dessutom strax över 260 statliga byggnadsminnen, dessa byggnadsminnesförklaras av regeringen och riksantikvarieämbetet är ansvariga för tillsynen av dem (Riksantikvarieämbetets hemsida). Det är dessutom staten som äger de statliga byggnadsminnena (Förordning (1988:1229) om statliga byggnadsminnen m.m.). När en byggnad blir byggnadsminne ska länsstyrelsen dessutom ange skyddsbestämmelser för hur den ska vårdas och på vilka sätt den inte får ändras (Lag (1988:950) om kulturminnen m.m.). Kulturminneslagen säger att

värdefull bebyggelse ska bevaras och skyddas långsiktigt, men den säger inget om på vilket sätt detta ska åstadkommas. För att underlätta för rätt behandling av en byggnad krävs därför att motivet till bevarandet är tydligt beskrivet och lätt att förstå. Det är viktigt att det tydligt framgår vilka delar som är viktigast att bevara så att de inte försvinner vid en ombyggnad (Unnerbäck, 2003). Om det finns speciella skäl eller omständigheter får dock länsstyrelsen ge tillstånd till en förändring som strider mot skyddsbestämmelserna. En byggnadsminnesförklaring kan även hävas om det t.ex. kostar alldeles för mycket att underhålla byggnaden i jämförelse med dess betydelse. Straffet för att bryta mot bestämmelserna som gäller för ett byggnadsminne, t.ex. genom att riva det, kan högst bli böter (Lag (1988:950) om kulturminnen m.m.).

För byggnader som inte har något speciellt skydd är det ändå viktigt att vara varsam och ta till vara de resurser som finns. Byggnadens egen karaktär bör vara utgångspunkten vid all ombyggnad, ingreppen bör begränsas och fungerande delar återanvändas i så stor utsträckning som möjligt. Vid tillägg på en byggnad bör dessa göras så att de passar ihop med den övriga byggnaden och lösningar och material ska underlätta för ett långsiktigt bevarande. När en byggnad ska förändras invändigt krävs det oftast en antikvarisk förundersökning. De enda tillfällen det inte behövs är om byggnadsnämnden redan är väl insatta i projektet och utifrån det kan avgöra om ombyggnaden är varsam eller inte. Antikvarisk undersökning behövs inte heller om ombyggnaden gäller en enklare byggnad, t.ex. ett garage. Kravet på varsamhet kan dock inte användas för att hindra att viktiga tekniska egenskaper uppfylls, men kan avgöra sättet som det görs på. Det är alltså inte tillåtet att hänvisa till varsamhetskravet som en anledning till låg standard vid ombyggnad (Boverket, 2006a).

Vid ombyggnad gäller ofta samma krav som vid nybyggnad, sättet dessa krav uppnås på kan dock vara helt annorlunda. Vid en omfattande ombyggnad bör BBR:s termiska inomhusklimat och värmeeffektbehov eftersträvas oavsett om ombyggnaden är en tilläggsisolering, ändring av installationer eller annat. Om det inte är möjligt att uppnå kraven bör strålningsdrag som beror på dåligt isolerade väggar och fönster minskas så att det genomsnittliga U-värdet för ett rum är mindre än $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ingen del av klimatskärmen bör ha ett U-värde som överstiger $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Om byggnaden inte uppfyller BBR:s krav på energianvändning bör en genomgång av byggnaden göras för att se vad som kan göras utan att för den skull förändra byggnadens olika värden. Ändringar av väggarna i en byggnad t.ex. genom en tilläggsisolering kan leda till ett förändrat fuktillstånd i konstruktionen. För att förhindra allvarliga följder av detta bör en fuktbedömning göras före varje sådan förändring. (Boverket, 2006a).

4.4 Intervjuer angående bygglov

För att få bättre information om hur det går till vid beslut om tillstånd för ombyggnad av ett äldre hus genomfördes två intervjuer med bygglovsarkitekter. Målet med dessa intervjuer var att de skulle kunna ge svar på hur resonemanget går till och vilka lagar, regler och anvisningar som tillståndet utgår ifrån vid en bygglovsansökan.

De bygglovsarkitekter som intervjuades kom från stadskontoren i Malmö stad och Lunds kommun. Två olika kommuner valdes för att skillnader och likheter lättare skulle kunna identifieras.

Intervjuerna genomfördes i oktober 2008 under cirka en halvtimme vardera på respektive arkitekts arbetsplats.

4.4.1 Intervju med Birgitta Lilja, bygglovsarkitekt Malmö stad

Följande framkom vid en intervju med Birgitta Lilja, bygglovsarkitekt på Malmö stad, som utfördes måndagen den 6:e oktober 2008 (Lilja, 2008).

Vid en ansökan om bygglov för ombyggnad utgår bedömningen alltid ifrån det befintliga huset. Bedömningen görs med utgångspunkt i vad Plan- och bygglagen säger om bevarande och varsamhet vid ombyggnad. Detta gäller de olika arkitektoniska, tekniska, upplevelsemässiga, och andra värden en byggnad kan ha. En bedömning av vad som är värt att bevara görs i varje enskilt fall och ofta inspekteras byggnaden på plats i verkligheten innan ett beslut fattas. I övrigt finns detaljplanen att utgå ifrån vid bedömningen. I första hand ger den ett svar på var byggnaden får placeras och vilken utsträckning den får ha för att inte överskrida fastighetsgränsen, detta kan ibland hindra en yttre tilläggsisolering om den innebär att fasaden blir tjockare och därmed överskrider fastighetsgränsen. Men detaljplanen kan även innehålla andra regler för hur de olika byggnaderna får hanteras. Enklaste regeln är att en byggnad inte får lov att rivas, men att det i övrigt inte finns några speciella anvisningar för den. Det finns även byggnader som enligt detaljplanen ska ha t.ex. en viss fasad, exempelvis kan det anges att en byggnad ska vara putsad och det kan då vara möjligt att få bygglov för en ny fasad så länge även den blir putsad. Men detaljplanen kan även innehålla mycket mer detaljerade regler om de olika byggnaderna som måste följas vid en ombyggnad. I övrigt finns inga direkta regler för hur bedömningen ska göras, vad som är värt att bevara eller inte. Om osäkerhet uppstår skickas en remiss till Malmö kulturmiljö, och deras åsikt tas sedan i beaktande vid beslutet, men den är på inget sätt helt avgörande i frågan. Mycket av bedömningen bygger på kunskap och erfarenhet och det viktigaste är att bevara helhetsintrycket och att andan ska leva kvar i huset. I vissa fall kan en tidigare väldigt värdefull byggnad ha förlorat alla sina betydelsefulla värden p.g.a. stora, vårdslösa ombyggnader. I de fall kanske det inte finns så mycket kvar att bevara och en rivning kan bli godkänd.

Om ingen är emot ett bygglov, och det enligt stadsbyggnadskontorets borde godkännas, blir det godkänt. Om någon däremot erinrar mot byggnadsförändringen som det är sökt lov för, skickas fallet vidare till byggnadsnämnden som tar beslutet. Om bygglovsansökan däremot avslås, är det möjligt för den sökande att överklaga och få fallet bedömt i byggnadsnämnden.

En bygglovsansökan behandlar endast byggnadens placering och dess utvändiga utseende, och behandlar inte insidan av byggnaden alls, utan detta sker i den byggnadsanmälan som följer senare. I praktiken finns det en dialog mellan de olika avdelningarna på stadsbyggnadskontoret, så att det är möjligt att meddela den sökande om att det kan bli problem senare vid byggnadsanmälan, redan vid kontakten i bygglovsskedet. En bygglovsansökan som gäller t.ex. en yttre tilläggsisolering av en byggnad för att förbättra energianvändningen bedöms alltid utifrån hur den kommer att påverka byggnadens utseende. Om byggnaden har ett väldigt speciellt utseende får energieffektiviseringen backa, eller utföras på ett annat sätt. I den typen av fall är det alltid viktigast att bevara byggnadens ursprungliga värden.

Generellt rekommenderas en dialog mellan projektör och stadsbyggnadskontoret som påbörjas tidigt för att uppnå ett så bra resultat som möjligt. I Malmö ger de gärna underhandsbesked, d.v.s. svarar på tidiga frågor utifrån skissartade handlingar, för att underlätta och redan tidigt ge uppgifter om hur fallet kommer att bedömas när det blir en bygglovsansökning.

Vad gäller byggnaden som behandlas i denna rapport, Ribevägen 1, är det troligt att en yttre tilläggsisolering hade varit tillåten. Detta beror dock på hur detaljer och anslutningar utformas

så att tillägget passar ihop med det befintliga på ett lämpligt sätt. Detta handlar till största delen om anslutningen mot grund, takfot, fönster och balkonger. Det hade antagligen varit större problem att få igenom en yttre förändring idag om huset inte redan hade blivit så förändrat. De balkonger och fönster som ändrades 1987 och 1988 förändrade byggnadens uttryck ganska betydligt, och det är dessutom tveksamt om en sådan ombyggnad hade varit tillåten idag. Stora inglasade balkonger undviks så långt det är möjligt, ofta genom någon form av kompromiss, t.ex. större balkonger, men inte inglasade. Bytet av fönstren hamnar mer i en gråzon för när bygglov krävs. Det är inte alltid människor söker bygglov för fönsterbyte, och därför är det svårt att kontrollera de förändringar av en byggnad som det medför.

Det viktigaste är att bevara det yttre utseendet och byggnadens olika värden, och först därefter kommer energianvändningen att beaktas.

4.4.2 Intervju med Pia Laike, bygglovsarkitekt Lunds kommun

Följande framkom vid en intervju med Pia Laike, bygglovsarkitekt på Lunds kommun, som utfördes fredagen den 17:e oktober 2008 (Laike, 2008).

Vid beslut av bygglov gäller i första hand Plan- och bygglagen som vägledande, i stora drag. Därefter används detaljplanen för området, där det ofta anges vad som är viktigt att bevara för de enskilda byggnaderna. Ibland står det bara angivet att en byggnad inte får rivras, men det finns även fall där hela fasaden är detaljerat beskriven och det står angivet vad som ska skyddas. Om det bara står att en byggnad inte får rivras gäller det endast byggnadens stomme och skyddar inte det yttre utseendet och brukar därför kompletteras med mer detaljerade anvisningar. I detaljplanen är det viktigt att skilja på om en detalj ska bevaras eller om bara dess värden ska bevaras. Om en detalj ska bevaras innebär det att just den saken ska vara kvar och vårdas, men om det bara är värdet som är viktigt att bevara är det möjligt att ersätta detaljen med en ny så länge den är likadan. Detta förekommer ofta när det gäller fönster, och då kan det vara angivet färg, material och bredd på olika fönsterdelar i detaljplanen. I detaljplanen finns ett system med färgkodning, om en byggnad är rödmarkerad innebär det att den är viktig i sig själv, om den är svartmarkerad är den bara viktig för helheten och det sammanhang som den befinner sig i.

Det händer ibland att detaljplanen inte har blivit uppdaterad på länge om det inte har skett någon större ombyggnad i just det kvarteret, och det upptäcks då inte förrän någon vill göra en. Då tas beslut utifrån hur detaljplanen ser ut för liknande områden, och det förekommer ofta att beslutsfattaren åker ut och tittar på byggnaden i verkligheten.

Förutom Plan- och bygglagen och detaljplaner finns för Lunds innerstad bevaringsprogram som kommunen har fastställt. I dessa bevaringsprogram står bl.a. när byggnaden är uppförd, vem som ritade den och hur den ser ut. Bevaringsprogrammen är på inget sätt juridiskt bindande, men de används ofta som utgångspunkt vid bygglovsbeslut. Även Malmö stad har liknande handlingsprogram för hur byggnaders yttre kan och bör behandlas vid ombyggnad.

Om det ändå kvarstår frågor om hur bedömningen av ett fall ska göras skickas en remiss till stadsarkitekten på kulturen som får komma med ett utlåtande. Detta är inte bindande, och en bygglovsansökan kan bifallas mot stadsarkitektens åsikt direkt av bygglovshandläggarna utan att ta vägen om byggnadsnämnden. I de fallen får byggnadsnämnden inte ens reda på att stadsarkitekten har varit mot ombyggnaden. Oftast är dock stadsbyggnadskontoret överens med stadsarkitekten.

Ett stort problem är fönsterbyte på en byggnad, eftersom lagen är lite otydlig är det inte alltid som fönsterbyte anses lovpliktigt, d.v.s. det krävs inte alltid bygglov för att göra förändringen. I de fall det görs en stor förändring av fönstren är det upp till stadsbyggnadskontoret att visa att det innebär en väsentlig förändring av fasaden. Det har förekommit fall i domstol där det inte ansågs vara det och alltså var tillåtet utan bygglov. Målet är att behålla husets karaktär som till stor del påverkas av vilka fönster den har utan att för den del hindra att bättre fönster sätts in, de nya fönstren bör dock se ut som de gamla gjorde.

Yttre tilläggsisoleringar kan ofta göras på ett bra sätt som inte påverkar intrycket från en byggnad allt för mycket. Om ett putsat hus tilläggsisoleras är det lätt att behålla fasadens utseende genom att putsa på isoleringen och måla i samma färg som tidigare. Det viktiga är då att fönsternischerna inte blir för djupa och helt klädda med plåt vilket ser ganska fult ut. Det är därför svårare om huset har en tegelfasad eftersom väggen blir betydligt tjockare om en ny fasad muras upp utanpå isoleringen.

Vad gäller Ribevägen 1 som behandlas i detta arbete hade det troligtvis varit tillåtet att utföra en yttre tilläggsisolering eftersom byggnaden redan är så förändrad. Det är däremot tveksamt om det idag hade getts tillstånd för de ombyggnader som genomfördes för 20 år sedan med fönsterbyte och tillbyggnad och inglasning av balkongerna. Idag undviks till stor del lov för inglasning av balkonger på det sättet, och det förespråkas snyggare och diskretare lösningar. Inglasningar av balkonger hindras ibland genom att det förbjuds i detaljplanen.

Men vissa sorters ombyggnader är svåra att hindra. Ibland blir något väldigt populärt och det utförs många ombyggnader av samma typ innan någon hinner införa en åtgärd emot det. Under vissa perioder har staten gett bidrag för vissa förändringar, som energieffektiviseringar, och då har det lett till att den typen av förändringar blivit genomförda i större utsträckning än de annars hade blivit.

Det är alltid det yttre utseendet av en byggnad som är det viktigaste att bevara, om det innebär att en energibesparande åtgärd inte kan genomföras får det vara så.

4.5 Sammanfattande slutsats

De lagar som styr en ombyggnad är Plan- och bygglagen och kulturminneslagen för de byggnader som är kulturminnesmärkta. Utöver detta har stadsbyggnadskontoren detaljplaner och olika kommunala bevaringsprogram till sin hjälp vid bedömningen av en bygglovsansökan. Det finns dessutom alltid en stadsarkitekt eller liknande sakkunnig på äldre bebyggelse som kan hjälpa till vid svårare fall.

Vid intervjuerna framkom det att det är lite olika i de olika kommunerna hur stort inflytande byggnadsnämnden har över ansökningarna. I Malmö blandas byggnadsnämnden in om någon är emot ombyggnaden, i Lund kan den bli godkänd direkt ändå. På båda ställena är man dock helt överens om att det viktigaste vid förändring av en byggnad är att de värden som den har bevaras åt framtiden, och om detta blir på bekostnad av energianvändningen spelar det ingen roll.

En detalj som är svår vid ombyggnad är fönstren. Ett fönsterbyte hamnar lätt i en gråzon för vad bygglov behöver sökas för. Om de nya fönstren är likadana som de gamla är det oftast

inga problem, men om fönstren är helt annorlunda kan det förändra intrycket en byggnad ger betydligt.

Både i Malmö och i Lund var de väldigt överens om att det troligtvis inte hade blivit några större problem att få igenom en yttre tilläggsisolering på Ribevägen 1 förutsatt att anslutningarna mot det befintliga hade utförts på ett bra sätt. De var dessutom överens om att den förändring som gjordes för 20 år sedan med fönsterbyte och balkonginglasning troligtvis inte hade varit tillåten idag.

Till slut bör det dock nämnas att det alltid handlar om ett avgörande av vad som är ovanligt och viktigt att bevara, och vad en varsam eller förvanskande ombyggnad innebär. Eftersom det finns så många olika sorters byggnader och ombyggnader av dessa är det inte möjligt att sätta några generella regler för vad som gäller, utan det är upp till de inblandade att använda sin kunskap och erfarenhet för att avgöra det.

5 Mätningar

För att kunna göra de beräkningar som krävdes för att undersöka energieffektiviseringspotentialen hos byggnaden genomfördes tre olika typer av mätningar; mätning med loggrar, en tryckprovning och en termografering. Här nedan presenteras de olika mätningarna, hur de genomfördes och vilka resultat de gav.

5.1 Loggrar

5.1.1 Teori

Loggrar är små mätare som sätts upp i en byggnad under en längre tid, i detta fall mäter de temperatur och relativ fuktighet. De kan anpassas och ställas in för hur ofta de ska mäta. Vid mätning sätts alltid en logger upp utomhus för att det ska vara möjligt att se t.ex. hur stor fuktproduktion som finns inomhus, och hur mycket av fukten i luften som kommer utifrån. Loggrar kopplas till en dator där mätvärdena fås i tabellform.

De loggrar som används i följande mätningar är av typen HOBO U12, se bild 6. De har kapacitet att lagra upp till 43 000 mätvärden och kan mäta temperaturer mellan -20° och $+70^{\circ}\text{C}$, och RF mellan 5 % och 95 %. Noggrannheten vid temperaturmätning är $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ och vid RF $\pm 2,5$ %.



Bild 6 visar en av de loggrar som användes vid mätningarna.

5.1.2 Utförande

Loggrarna placerades ut fredagen den 26:e september och plockades ner den 29:e oktober. De ställdes in på att mäta med tio minuters mellanrum, vilket resulterade i cirka 4600 mätvärden av varje slag på varje logger. Totalt placerades åtta loggrar ut. Två lägenheter mättes med tre loggrar i varje, en gavellägenhet och en lägenhet mitt i huset. Dessutom placerades en logger i trapphuset och en placerades utomhus som referens.

Efter mätningarna användes Microsoft Excel för att reda ut och sammanfatta resultaten i olika diagram. I beräkningarna är hänsyn inte tagen till volymförändring av luften p.g.a.

temperaturskillnader inne och ute. Skillnaden det hade gjort för resultatet är marginell eftersom skillnaden i temperatur är väldigt liten.

5.1.3 Resultat

Mätningarna sammanfattades och ritades upp i diagram för att bli mer överskådliga. Resultaten delades upp så att alla uppmätta temperaturer finns i ett diagram, diagram 1, och alla uppmätta relativa fuktigheter finns i ett, diagram 2. Dessutom finns det två diagram, diagram 3 och diagram 4, som visar fuktillskottet i de två undersökta lägenheterna.

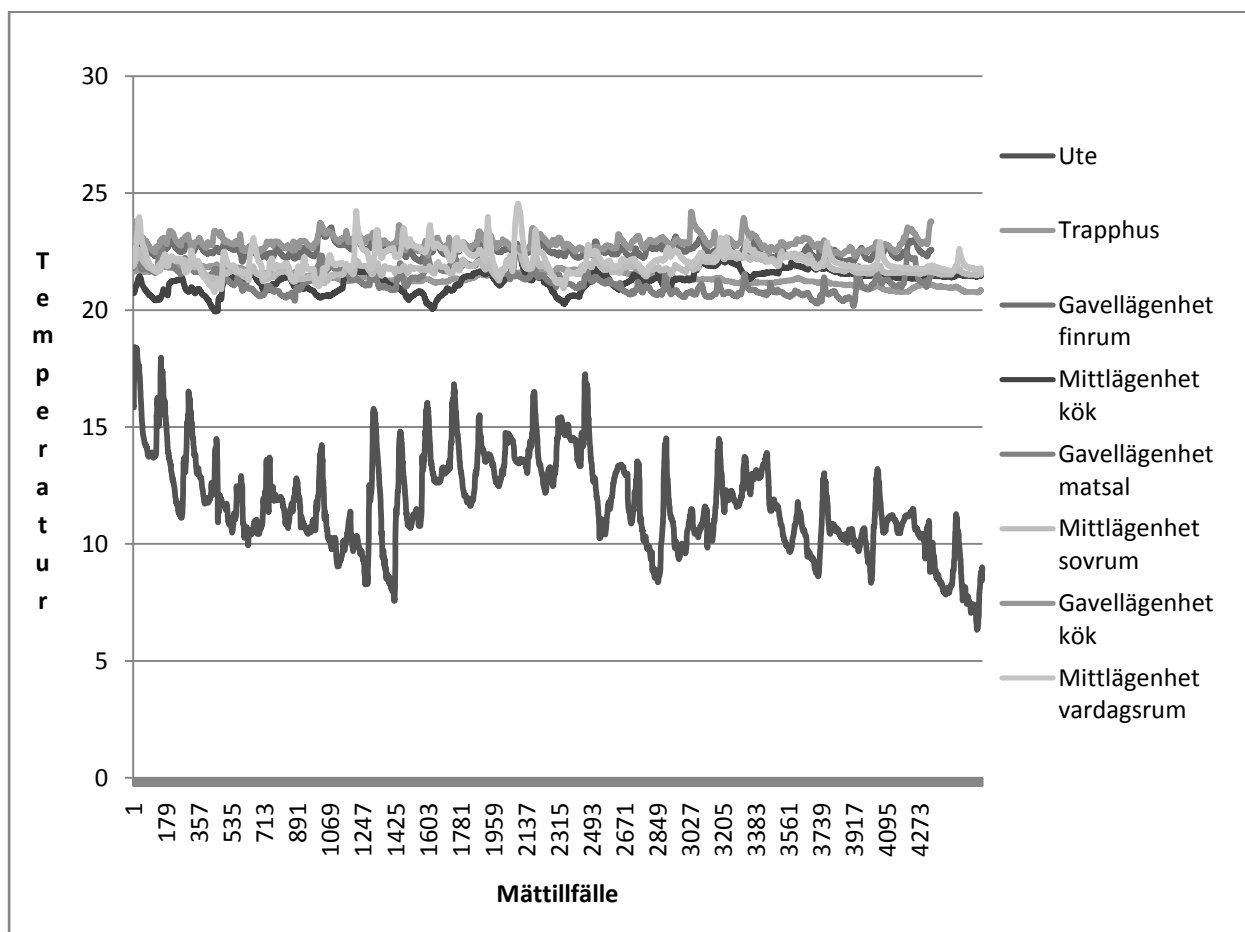


Diagram 1 visar de olika temperaturerna inne och ute.

Diagram 1 ovan visar de uppmätta temperaturerna ute och inne under mätperioden. I diagrammet syns tydligt hur utomhustemperaturen varierar över dygnet med varmare dagar och kallare nätter, och att det dessutom blir kallare under den senare delen av mätperioden. Även inomhustemperaturen varierar över dygnet med något högre temperaturer på dagarna, men variationerna är ganska små och varierar inte totalt över perioden. Temperaturen var dock något olika i de två lägenheterna, i gavellägenheten var medeltemperaturen $22,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, och i mittlägenheten var medeltemperaturen $21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. En möjlig förklaring till detta kan vara att gavellägenheten är placerad på byggnadens södra gavel och därför får en större andel solinstrålning än mittlägenheten, en annan förklaring kan vara att de boende vill ha olika varmt i sina lägenheter.

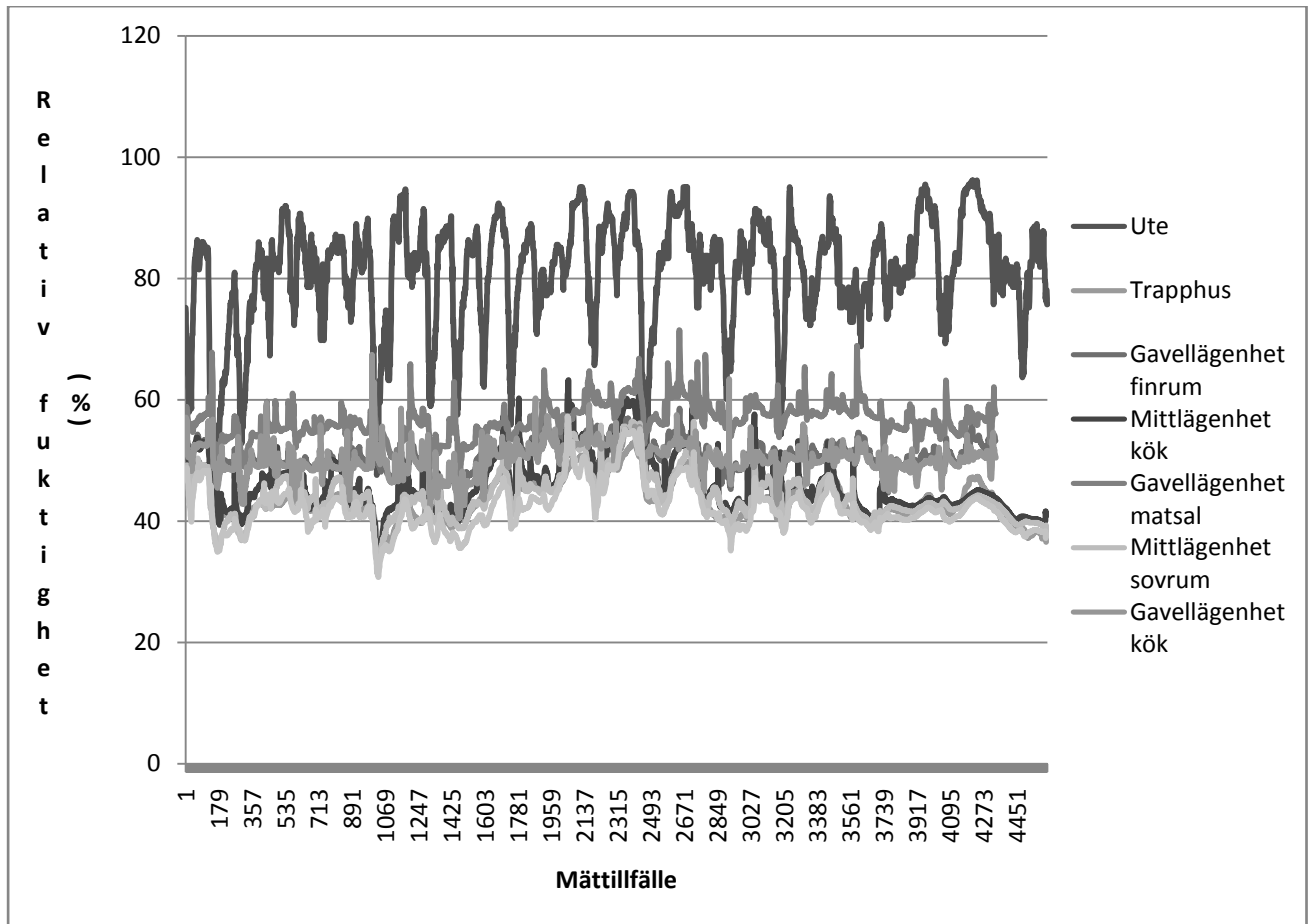


Diagram 2 visar den relativa fuktigheten inne och ute.

Diagram 2 visar den relativa fuktigheten inne och ute under mätperioden. Den relativa fuktigheten utomhus var i princip alltid högre än den inomhus vilket förklaras av att temperaturen ute är lägre vilket gör att luften inte kan innehålla lika mycket vatten. Generellt kan sägas att den relativa fuktigheten inne följer den där ute bra i mittlägenheten, medan det inte går att uttyda något generellt samband för gavellägenheten. I gavellägenheten var den genomsnittliga relativa fuktigheten 52,6 % och i mittlägenheten 44,0 %.

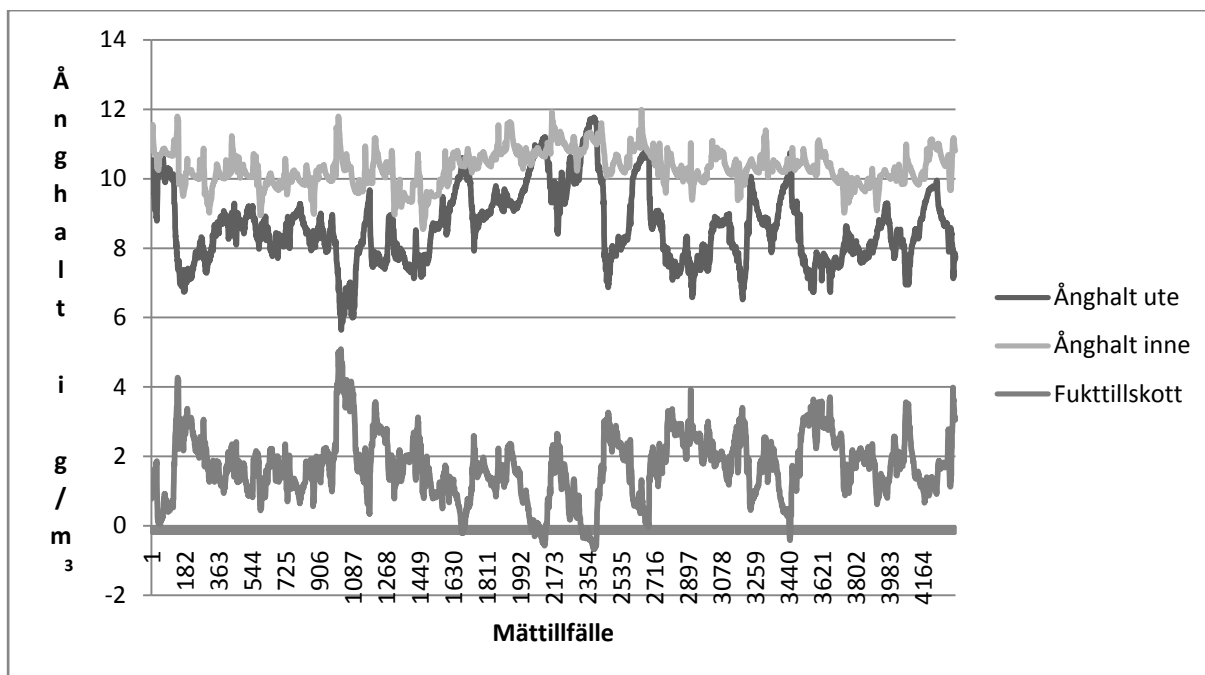


Diagram 3 visar ånghalten inne och ute och fukttillskottet i gavellägenheten.

I diagram 3 visas ånghalten inne i gavellägenheten och utomhus, och dessutom det fukttillskott som det innebär. Ur diagrammet kan utläsas att ånghalten utomhus nästan alltid var lägre än ånghalten inne, vilket innebär att det tillfördes fukt inne i lägenheten. Den fukt som tillfördes är lika med skillnaden mellan kurvorna och visas i den nedre kurvan, medelvärdet för detta fukttillskott var $1,7 \text{ g/m}^3$.

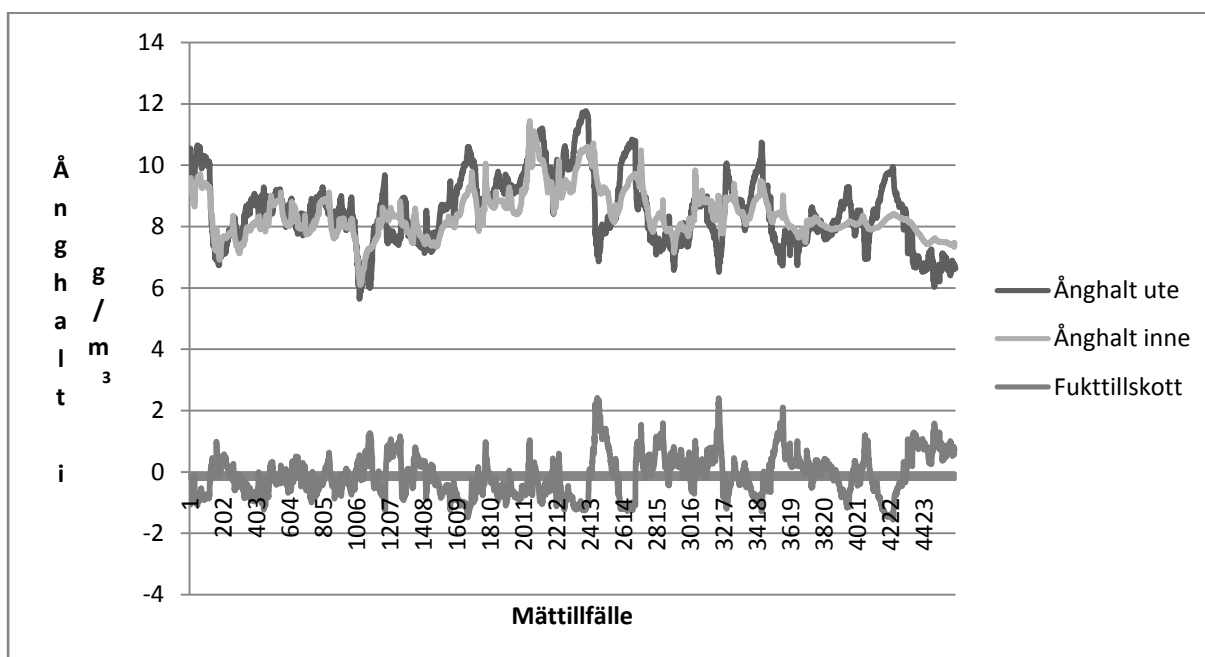


Diagram 4 visar ånghalten inne och ute och fukttillskottet i mittlägenheten.

I diagram 4 visas ånghalten ute och inne i mittlägenheten, och dessutom det fuktillskott som skillnaden mellan kurvorna innebär. Eftersom kurvorna för ånghalt ligger väldigt nära varandra innebär det att ånghalten inne i mittlägenheten var nästan samma som utomhus, vilket i sin tur ger ett väldigt litet fuktillskott. Det genomsnittliga fuktillskottet under mätperioden var faktiskt negativt, $-0,1 \text{ g/m}^3$, d.v.s. luften utomhus hade högre fukthalt än luften inne. Detta kan kanske bero på att det inte förekommer speciellt mycket fuktalstrande verksamhet i lägenheten eller att den fukt som faktiskt alstras där snabbt suges ut genom ventilationen och därför inte hinner spridas till luften i resen av lägenheten.

Sammanfattningsvis kan sägas att i gavellägenheten var det varmare än i mittlägenheten, och den relativa fuktigheten var dessutom större där. Fuktillskottet i gavellägenheten var $1,7 \text{ g/m}^3$, vilket är ganska normalt. I mittlägenheten däremot var det något kallare och den relativa fuktigheten var lägre, och fuktillskottet var dessutom negativt. I de fortsatta beräkningarna kommer värdet på fuktillskott från gavellägenheten att användas, eftersom det var det mest normala.

5.2 Tryckprovning

5.2.1 Teori

Vanligtvis utförs en tryckprovning vid nybyggnad för att kontrollera att byggnaden uppfyller uppsatta krav på täthet. En tryckprovning kan även göras för att undersöka om en byggnad är otät och därmed släpper ut värme genom läckage i klimatskalet. Vid en tryckprovning används i Sverige oftast en mätapparat som sätts i dörren in till huset eller lägenheten. Denna mätapparat innehåller en fläkt som skapar en tryckskillnad mellan inne och ute. Med hjälp av detta kan ett luftflöde genom klimatskalet beräknas.

För att ingen luft ska försvinna genom ventiler eller fönster och störa resultatet är det viktigt att alla öppningar täpps igen ordentligt innan provningen startar. En tryckprovning fungerar bäst om temperaturskillnaden mellan inne och ute inte är för stor, och om det blåser så lite som möjligt. Resultatet blir dessutom mer exakt om tryckskillnaden mellan inne och ute är så stor som möjligt. Om en tryckprovning görs i samband med en termografering av byggnadens insida är det möjligt att se var det läcker in luft på grund av temperaturskillnaden mellan den inläckande luften och resten av byggnaden, i detta fall är det dock fördelaktigt med så stor temperaturskillnad mellan ute och inne som möjligt (SS-EN 13829).

Vid nybyggnad idag krävs att byggnaden är så tät att luftläckaget vid $+50 \text{ Pa}$ tryckskillnad inte överstiger $0,6 \text{ l/s m}^2$ om byggnaden är mindre än 100 m^2 , detta värde används vid jämförelser här eftersom det inte finns några liknande riktlinjer för större byggnader.

5.2.2 Utförande

En tryckprovning gjordes av en lägenhet i byggnaden Ribevägen 1 onsdagen den 29:e oktober 2008, i samband med en termografering. Tryckprovningen utfördes med en tryckprovningstrustning av typen Minneapolis Blower Door från the Energy Conservatory.

Provningsen gjordes på en lägenhet på andra våningen mitt i byggnaden Ribevägen 1. Lägenheten är genomgående, d.v.s. den har yttervägg åt byggnadens båda håll, och är 59 m² stor uppdelad på två rum och kök. Vid mätningstillfället var vädret halvmulet, med mycket svag vind och temperaturen ute låg på ca 7 °C.

Innan själva provningen startade täpptes alla ventiler och luftintag till. Det visade sig inte vara speciellt svårt i just den undersökta lägenheten eftersom den helt saknade ventilation i köket, och i sovrummet var luftintaget redan stängt. Så de enda ventiler som behövde stängas var frånluftsdonet i badrummet och luftintaget i vardagsrummet.

Vid provningen monterades utrustningen i lägenhetens ytterdörr, se bild 7 och 8, och därefter gjordes två mätningar av luftläckaget vid tryckskillnader mellan 25 Pa och 60 Pa med steg om 5 Pa, vid varje tryck gjordes 100 mätningar av luftläckaget. Mätningen gjordes både med undertryck och övertryck inne i lägenheten.



Bild 7 och 8 visar tryckprovningensutrustningen innan fläkten monterades in i hålet i underkant och sedan fläkten monterad.

5.2.3 Resultat

Resultaten från de båda mätningarna redovisas i diagram 5, med undertryck inne, och diagram 6, med övertryck inne. Utifrån de båda kurvorna räknades luftflödet vid 50 Pa ut i l/s m² för att lättare kunna jämföras med de värden som finns i normerna.

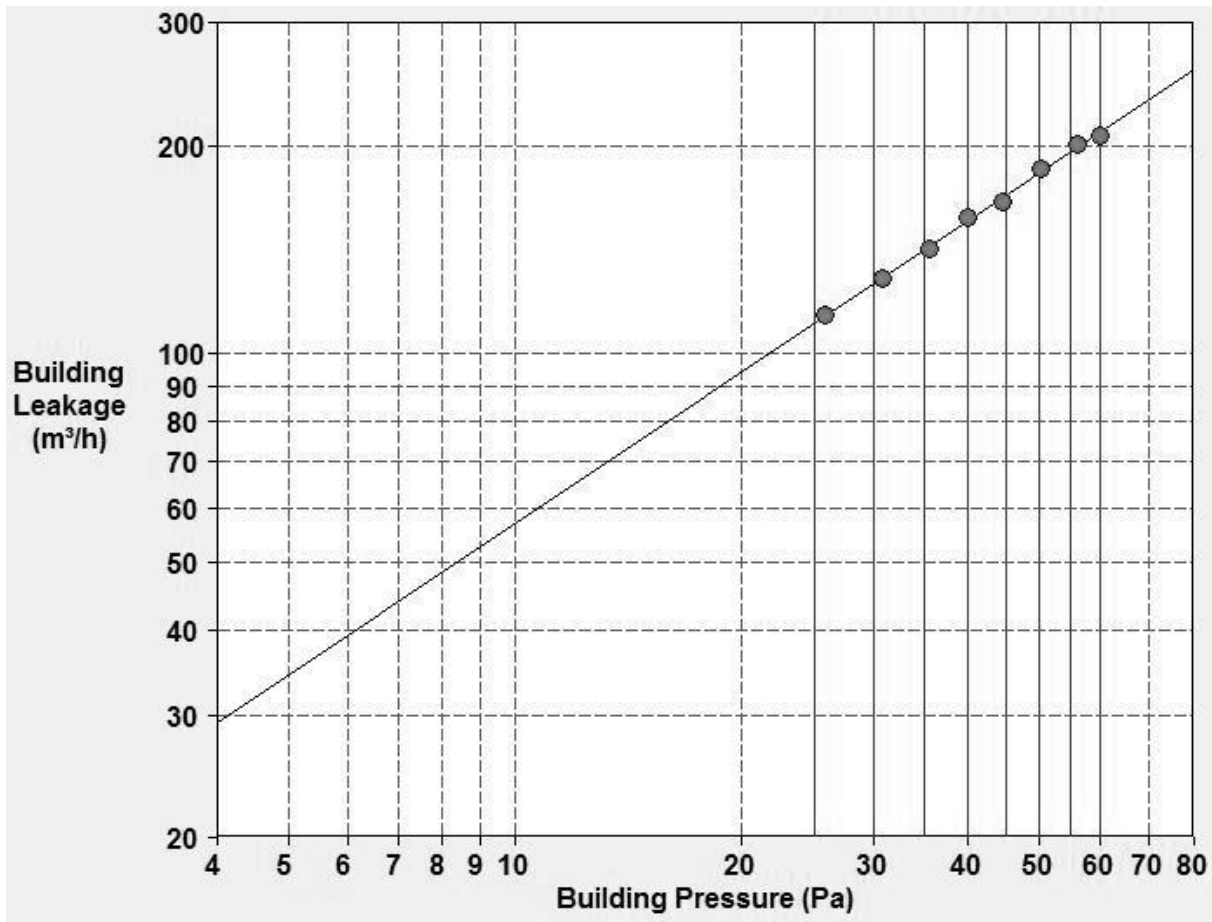


Diagram 5 visar luftläckaget som funktion av trycket i lägenheten vid undertryck inomhus.

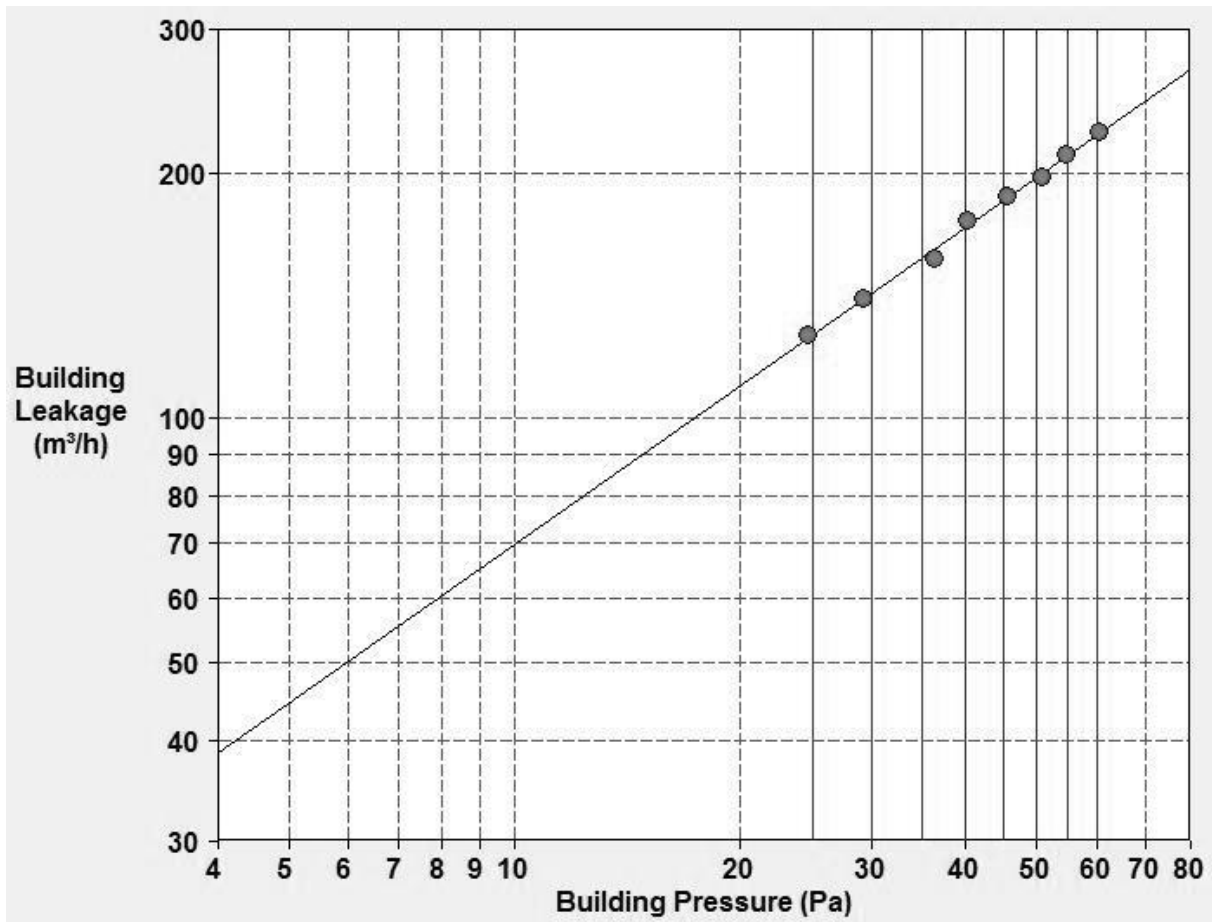


Diagram 6 visar luftläckaget som funktion av trycket i lägenheten vid övertryck inomhus.

Datorprogrammet som användes vid mätningen räknade utifrån mätresultaten ut en linje som på ett bra sätt representerade mätningen. De två linjerna för undertryck och övertryck ritades upp i samma graf och medelvärde av de båda linjerna vid 50 Pa beräknades för att få det genomsnittliga luftläckaget för lägenheten. Det genomsnittliga luftläckaget för lägenheten blev då $190,3 \text{ m}^3/\text{h}$, vilket omräknat för att stämma överens med normerna blev $0,23 \text{ l/s m}^2$, för beräkningarna av detta se bilaga F. Detta innebär att byggnaden lätt klarar av dagens krav på $0,6 \text{ l/s m}^2$ för mindre byggnader, och är alltså ganska tät.

Men eftersom det var en lägenhet som testades och inte hela huset blir värdena inte helt tillförlitliga, eftersom läckage genom innerväggar inte påverkar energiförbrukningen på samma sätt som läckage genom ytterväggarna. Om läckaget räknas genom endast ytterväggarna och inte hela omslutningsarean blir det betydligt större nämligen $1,45 \text{ l/s m}^2$, vilket är ganska högt. Beräkningar av det finns även det i bilaga F.

5.3 Termografering

5.3.1 Teori

Termografering, eller värmefotografering som det också kallas, utförs m.h.a. en kamera som mäter värmestrålning, infraröd strålning, från en yta, se bild 9. Därefter görs detta om till en

bild där olika färger motsvarar olika temperaturer. Det är då möjligt att se var det läcker värme genom en fasad, speciellt om undersökningen görs i samband med en tryckprovning.

För att mätningen ska fungera krävs att väggen som ska undersökas inte finns i direkt solljus, och temperaturskillnaden mellan inne och ute bör vara minst 10°C, för att bilderna ska bli lätta att tyda. Vinden bör vara svag och inte variera speciellt mycket, och de olika temperaturerna bör vara konstanta under mätningen. Dessutom bör möbler och tavlor som ligger an mot väggen flyttas. Det bör inte heller finnas en inre värmekälla i konstruktionen (SS-EN 13187).

Luftläckage i byggnader uppstår ofta i anslutningar mellan olika delar och material. Vid en termografering visas detta luftläckage som oregelbundna former med ojämna kanter och stora temperaturskillnader. Om det på något ställe i konstruktionen saknas isolering jämfört med omgivningen syns detta som en väldefinierad form med ganska jämn temperatur. Termograferingen kan även visa fukt som finns i en konstruktion, detta syns då som ett diffust mönster utan stora temperaturskillnader (SS-EN 13187).



Bild 9 visar den värmekamera som användes vid undersökningen.

5.3.2 Utförande

En termografering utfördes på insidan av en lägenhet i byggnaden Ribevägen 1 i samband med en tryckprovning den 29:e oktober 2008. Termograferingen utfördes med en värmekamera av typen Thermacam från FLIR systems.

Först undersöktes utsidan av byggnaden med värmekamera utan tryckprovningsutrustningen för att se var fasaden var varmast, d.v.s. var den mesta värmen kom ut.

Vid undersökningen i samband med tryckprovningen undersöktes ytterväggarna inifrån med värmekameran först innan tryckprovningsapparaten startades, och sedan under tiden den var igång för att se var det läckte in luft. Denna undersökning gjordes med ett undertryck inne som ledde till att kall luft utifrån trängde in i lägenheten genom olika otätheter i klimatskalet.

5.3.3 Resultat

Mätningar med värmekamera gjordes på byggnadens utsida innan tryckprovningen startade för att se var fasaden var kall och var den var varm. Bild 10, 11, 12 och 13 visar hur utsidan med och utan värmekamera ser ut. På bilderna från värmekameran syns att fönsterbågarna, fönstren och balkongerna är varmast, dessutom kan bjälklagsanslutningen anas vilket innebär att den bildar en köldbrygga. Det syns dessutom att väggen under fönstren är kallare än den omgivande väggen. Under fönstren är väggen mycket tunnare än i övrigt och dessutom finns där en radiator som värmer inifrån, dock finns det i väggen under fönstren 25 mm Arkimatta som isolerar. Uppenbarligen fungerar denna isolering ganska bra eftersom ytemperaturen på utsidan under fönstren är cirka 2 °C kallare än resten av väggen. Väggen var på det kallaste undersökta stället cirka 7 °C, och på de varmaste ställena på fönsterkarmen var det 11 °C varmt.



Bild 10 och 11 visar utsidan fotograferat med balkonger utan och med värmekamera.



Bild 12 och 13 visar utsidan fotograferat utan och med värmekamera.

De mätningar som gjordes i samband med tryckprovningen visade var klimatskalet var otätt och släppte in eller ut luft. Bilderna från innan tryckprovningen startade visade att anslutningarna av ytterväggen till övriga väggar och bjälklag var kallare än resten av klimatskalet, dessutom var det kallare i springorna mellan fönsterkarm och fönsterbåge, se bild 14.



Bild 14 visar att anslutningen mellan innervägg och yttervägg är kallare än resten av väggarna, och dessutom att anslutningen mellan fönsterkarmen och fönsterbågen är kallare än omgivningen.

Mätningarna som gjordes under tiden tryckprovningsapparaten var igång och skapade ett undertryck inomhus visade att det var på samma ställen fasaden var otät. Framförallt syntes det att det läckte in luft i anslutningen mellan ytterväggen och bjälklaget, se bild 15 och 16 och där balkongdörren ansluter till karmen, se bild 17.

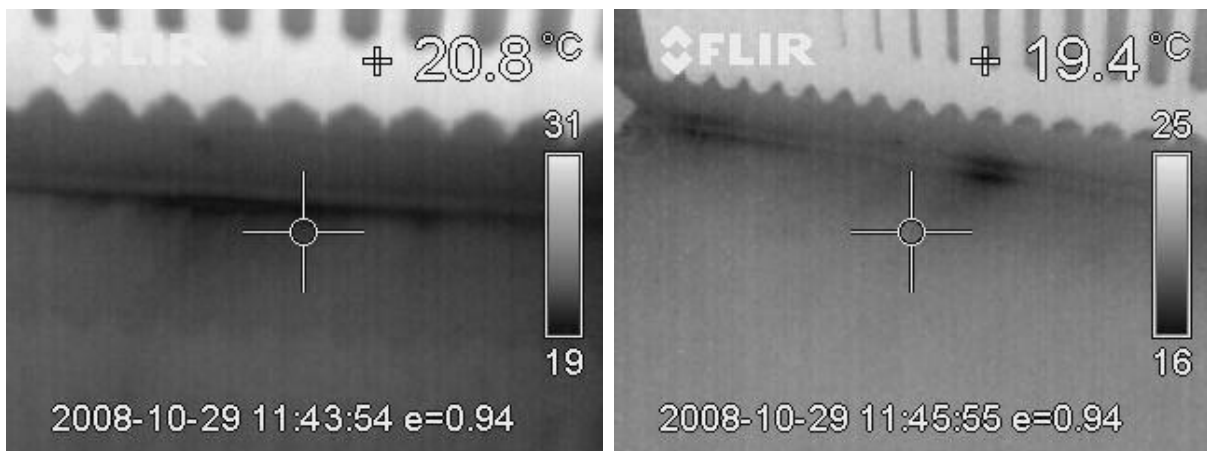


Bild 15 och 16 visar hur luft läcker in i anslutningen mellan bjälklag och yttervägg under ett fönster.



Bild 17 visar hur luft läcker in där balkongdörren ansluter till dörrkarmen.

Sammanfattningsvis kan alltså sägas att sett utifrån var ytterväggen kallast under fönstren, och fönsterkarmarna var varmast. Inifrån i samband med tryckprovningen visade det sig att kall luft läckte in i anslutningarna mellan de olika byggnadsdelarna, främst mellan bjälklaget och ytterväggen, men även i anslutningarna mellan fönster och dörrar och deras respektive karmar.

6 Beräkningar

6.1 Teori

6.1.1 Värme

Värme transporteras på i huvudsak tre olika sätt; ledning, strålning och konvektion. I fasta, oporösa material transporteras värme genom ledning. Om materialet är genomskinligt kan värmen dessutom transporteras igenom det genom strålning. Strålning förekommer dessutom alltid mellan ytor med olika temperatur. I gaser och vätskor transporteras värmen genom konvektion när ämnet rör sig och tar värmen med sig. I praktiken är värmetransporten genom en byggnad en kombination av alla tre (Sandin, 1996).

6.1.1.1 Ledning

Värmeledning i ett material som är homogent och ogenomskinligt sker genom energiöverföring mellan molekyler i materialet. För att jämföra olika materials värmeledningsförmåga används oftast λ , värmekonduktivitet, som definieras som ”den värmemängd som per sekund passerar genom en m^2 av ett material med en meters tjocklek då temperaturdifferensen är en grad” (Sandin, 1996). Värmekonduktiviteten har enheten $W/m K$, och om ett material har ett lågt λ -värde är det dåligt på att leda värme och alltså bra på att isolera. För byggnader betecknas värmeledningsförmågan ofta med ett U-värde. Beräkning av en byggnadsdels U-värde utförs enligt ekvationer nedan.

$$U = \frac{1}{\sum R} \quad [W/m^2K]$$

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2K/W]$$

$$\sum R = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

R_{si} = värmeövergångsmotstånd på insidan, för väggar = 0,13

R_{se} = värmeövergångsmotstånd på utsidan, oftast = 0,04

d = materialets tjocklek

λ = materialets värmeledningsförmåga

Ofta består en byggnadsdel av mer än ett material, då läggs det bara till fler R i ekvationen för de materialen (Sandin, 1996).

Värmeflödet på grund av ledning genom en homogen vägg kan räknas ut genom följande uttryck där indexen 1 och 2 betyder väggens in- respektive utsida:

$$q = \lambda \cdot \frac{T_1 - T_2}{d} \quad [W/m^2]$$

Detta förutsätter konstanta yttemperaturer som inte ändras med tiden. Temperaturen i en valfri punkt inne i väggen blir då:

$$T(x) = T_1 - \frac{x}{d}(T_1 - T_2) \quad [^\circ\text{C}]$$

Om väggen har flera olika skikt blir flödet istället:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}} \quad [W/m^2]$$

Temperaturen i en godtycklig punkt blir då:

$$T(x) = T_1 - \frac{R(x)}{\sum R}(T_1 - T_2) \quad [^\circ\text{C}]$$

Där punkt 1 och 2 är väggens in- och utsida, och x är mätpunkten. $R(x)$ är det totala värmemotståndet mellan väggens insida och mätpunkten. Vid beräkningar av värmetransport genom väggar bör även R_{si} och R_{se} enligt ovan räknas med. För beräkningar av mer komplicerade fall, som t.ex. varierande yttemperaturer eller beräkning i flera dimensioner, behövs olika datorprogram (Sandin, 1996). Detta har här gjorts för två dimensioner med beräkningsprogrammet HEAT2 och redovisas senare i rapporten.

6.1.1.2 Strålning

Värmestrålning från ett material sker i form av elektromagnetisk strålning med våglängder på 10^{-5} - 10^{-8} m, även synligt ljus faller inom en mindre del av detta spann. Alla material avger viss strålning, och alla material kan även absorbera värme från strålning. Strålning från solen är ljus och kortvågig eftersom källan för strålningen har mycket hög temperatur. Strålning mellan materialytor vid normala temperaturer är mörk och långvågig (Sandin, 1996).

Kortvågig strålning från solen tillför värme till en byggnad på grund av att den absorberas av det material den träffar. Den värmeeffekt som absorberas av ytan kan beskrivas med följande ekvation:

$$q = \alpha_{ks} \cdot I_o \cdot \cos\varphi \quad [W/m^2]$$

α_{ks} = absorptansen för kortvågig strålning för den träffade ytan, finns i tabeller

I_o = solarkonstanten = 1090 W/m^2

φ = vinkeln mellan ytans normal och solstrålningsriktningen

Effekten som solinstrålningen ger beror på vilken tid på dagen och året det är, och även på om det finns några moln eller annat som skymmer den. Medelsolinstrålningen i Malmö mot fasader visas i bild 18.

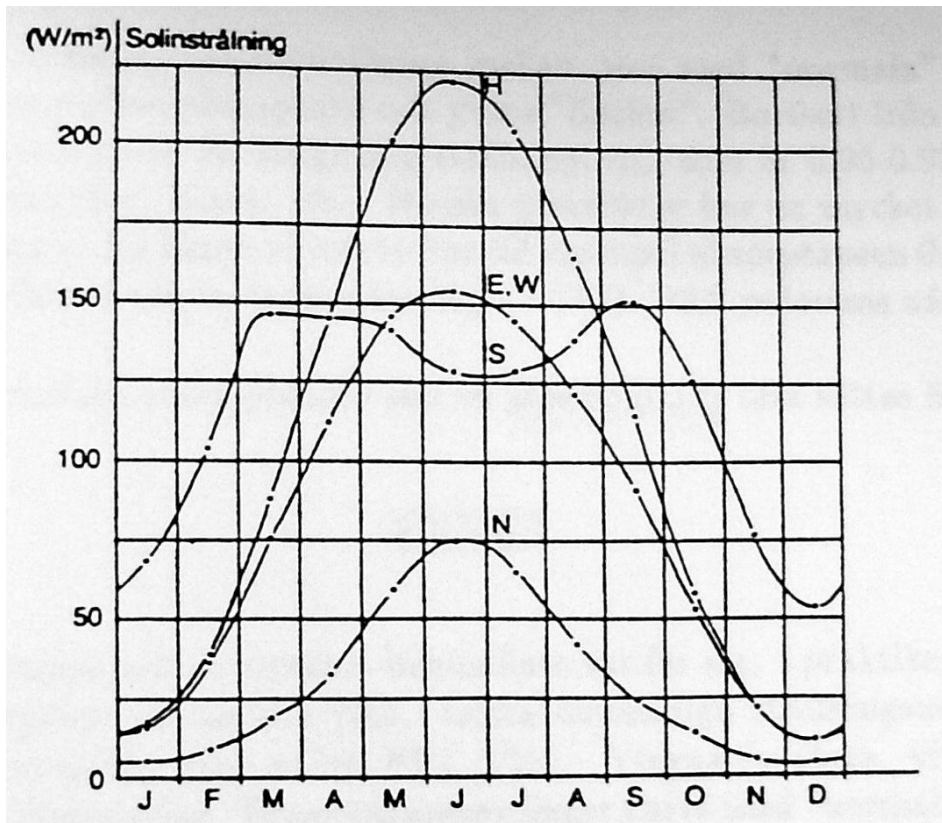


Bild 18 visar medelsolinstrålningen i Malmö mot fasader med olika orientering (bild från Sandin, 1996).

Vid långvågig värmestrålning, d.v.s. värmestrålning vid normala temperaturer mellan två ytor, har de flesta en absorptans, α_{1s} , på 0,90–0,95. Detta gäller de flesta ytor oberoende av deras färg eller genomskinlighet, dock har oftast blanka metallytor en mycket låg absorptans för långvågig strålning. I byggnadstekniska sammanhang är absorptansen och emittansen, d.v.s. avgivningen av strålning, oftast lika. Om värme strålar från yta 1 till yta 2 och dessa ytor är parallella fås nettostrålningen genom följande uttryck:

$$q_s = \alpha_s(T_1 - T_2) \quad [W/m^2]$$

$$\alpha_s = \frac{\varepsilon_{12} \cdot \sigma_s}{T_1 - T_2} (T_1^4 - T_2^4) \quad [W/m^2 \cdot K]$$

$$\frac{1}{\varepsilon_{12}} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1$$

ε = ytornas emittans, finns i tabeller

T = ytornas temperatur i Kelvin

$\sigma_s = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

(Sandin, 1996)

6.1.1.3 Konvektion

Konvektion innebär att en vätska eller gas som strömmar mellan ytor tar med sig värme från den varma ytan och lämnar över det till den kalla. När det gäller byggnader och deras isolerande förmåga är det oftast luft som transporterar värmen. Strömningen av luften kan vara naturlig, s.k. egenkonvektion, eller påtvingad. Den naturliga strömningen uppkommer p.g.a. densitetsskillnader i luften, eftersom kall luft är tyngre än varm. Luftströmning kan även orsakas av vind eller fläktar som kan tvinga luften att hamna där den kanske inte hade hamnat på ett naturligt sätt. Redan 1701 beskrev Newton värmetransporten från en yta till luft med följande ekvation:

$$q_k = \alpha_k \cdot (T_o - T_l) \quad [W/m^2]$$

$$\begin{aligned} \alpha_k &= \text{värmeöverföringskoefficient p.g.a. konvektion} \\ T_o &= \text{yttemperatur} \\ T_l &= \text{lufttemperatur} \end{aligned}$$

Vid påtvingad konvektion, där u är lufthastigheten, används följande samband för värmeöverföringskoefficienten:

$$\begin{aligned} \alpha_k &= 6 + 4 \cdot u \quad [W/m^2 \cdot K] \quad u \leq 5 \text{ m/s} \\ \alpha_k &= 7,41 \cdot u^{0,78} \quad [W/m^2 \cdot K] \quad u \geq 5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Om en fasadyta är utsatt för en vindhastighet u m/s används:

$$\begin{aligned} \alpha_k &= 5 + 4,5 \cdot u - 0,14 \cdot u^2 \quad [W/m^2 \cdot K] \text{ för lovartsida och } u \leq 10 \text{ m/s} \\ \alpha_k &= 5 + 1,5 \cdot u \quad [W/m^2 \cdot K] \text{ för läsida och } u \leq 8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

För egenkonvektion vid innerytor används:

$$\alpha_k = 2 \cdot |T_l - T_o|^{1/4} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

(Sandin, 1996).

6.1.2 Fukt i luft

Fukt i byggnader kan komma från många olika ställen, t.ex. kan den finnas i luften som kommer in utifrån via ventilation eller luftläckage, byggas in genom att de material som används innehåller fukt, eller så kan fukten komma från olika aktiviteter som pågår i byggnaden.

Luft innehåller alltid en viss mängd vatten. Hur mycket vatten luften kan innehålla beror på vilken temperatur den har, varm luft kan innehålla mycket mer vatten än vad kall luft kan. Vanligtvis mäts luftfuktigheten som relativ fuktighet, d.v.s. hur mycket vatten luften innehåller i förhållande till hur mycket den maximalt kan innehålla vid den givna

temperaturen. Om den relativa fuktigheten överstiger 100 % kommer vatten att fällas ut som fritt vatten, d.v.s. kondensera. Inomhus tillförs luften hela tiden fukt från mänsklig aktivitet, fukttillskott, t.ex. frigörs fukt vid matlagning, rengöring och avdunstning direkt från människor. Normalt ligger fukttillskottet i bostäder på 2-4 g/m³ (Sandin, 1996). Värdet på mätnadsånghalt, v_s , hämtas oftast ur tabeller, men det finns även ekvationer för att beräkna dem:

$$p_s(T) = a \cdot \left(b + \frac{T}{100}\right)^n \quad [\text{Pa}]$$

$$\begin{aligned} 0 \leq T \leq 30 & \quad a = 288,68 \text{ Pa} \quad b = 1,098 \quad n = 8,02 \\ -20 \leq T < 0 & \quad a = 4,689 \text{ Pa} \quad b = 1,486 \quad n = 12,3 \end{aligned}$$

$$v_s(T) = p_s(T) \cdot \frac{M_v}{R \cdot (273,15 + T)} \quad [\text{g/m}^3]$$

$M_v =$ vattens molekylvikt = 18,02 kg/kmol

$R =$ allmänna gaskonstanten = 8314,3 J/(kmol * K)

$T =$ temperaturen vid vilken v_s söks

På detta sätt kan ånghalten lätt fås ur mätningar av relativ fuktighet och temperatur (Nevander & Elmarsson, 1994).

Fukt transporteras på i huvudsak två olika sätt, i ångfas och i vätskefas. I ångfas kan den transporteras genom diffusion där vattenmolekylerna rör sig för att jämna ut koncentrationen, alltså från en hög koncentration till en låg. Vattenångan kan även transporteras genom fukt-konvektion som innebär att vattenmolekylerna följer med luft som rör på sig. I vätskefas beror transporten på vad som driver den. Det kan vara tyngdkraften, vattenövertryck, vindtryck eller kapillära krafter som flyttar på vattnet (Nevander & Elmarsson, 1994). För att beräkna fuktflödet i ångfas genom en massiv vägg används följande ekvation:

$$g = \frac{v_2 - v_1}{Z_v} \quad [\text{g/m}^2\text{s}]$$

$$Z_v = \frac{L}{\delta_v} \quad [\text{s/m}]$$

$L =$ väggens tjocklek (m)

$\delta_v =$ ånggenomsläpplighet (m²/s), finns i tabeller

v_1 och v_2 är ånghalter på in – respektive utsidan av väggen

Om väggen består av flera skikt blir ekvationen istället:

$$g = \frac{v_i - v_e}{\sum Z} \quad [\text{g/m}^2\text{s}]$$

$$\sum Z = Z_i + Z_e + \text{övriga } Z \text{ för de olika skikten i konstruktionen}$$

Z_i och Z_e försummas oftast eftersom summan av dem är mindre än 1000 s/m
Indexen i och e betyder insida och utsida.

Ånghalten i ett speciellt skikt i en konstruktion med flera skikt kan beräknas enligt:

$$v_j = v_{j-1} + \frac{Z_{j-1}}{\sum Z} (v_i - v_e) \quad [\text{g/m}^3]$$

där Z_{j-1} är motstånd för skiktet före aktuellt skikt, och v_{j-1} är ånghalten i skiktet före aktuellt skikt.

(Nevander & Elmarsson, 1994)

6.2 Beräkning av U-värden för Ribevägen 1

U-värdet för en vägg anger hur mycket värme den släpper igenom. Ju lägre U-värde en vägg har desto bättre isolerar den. Nedan är U-värdet beräknat för den befintliga väggen på det undersökta huset och för samma vägg med tillagt 70 mm eller 120 mm isolering. Vid beräkningarna är träreglar använda eftersom det ofta är det material som används, men det förekommer även regler av metall.

$$\lambda_{tegelmurverk} = 0,6 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$\lambda_{puts} = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$\lambda_{isolering} = 0,033 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$\lambda_{trä} = 0,13 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Träreglarna antas vara 50 mm breda, och sitta på ett centrumavstånd på 600 mm vilket innebär att reglarna upptar cirka 8 % av ytan och isoleringen upptar resten. I beräkningarna har en värmekonduktivitet på 0,033 för isoleringen använts, detta varierar dock i verkligheten beroende på vilken typ av isolering som används (Isovers hemsida). Beräkningarna är dessutom utförda utan en inre gipsskiva eftersom detta endast tillkommer vid invändig isolering.

Befintlig vägg:

Den befintliga väggen består av 38 cm tegel och 2 cm puts på insidan.

$$R = 0,04 + 0,13 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,02}{1} = 0,8233$$

$$U = \frac{1}{R} = 1,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Detta visar att U-värdet för den befintliga väggen motsvarar det för ett vanligt modernt fönster. Det klarar dessutom inte de krav som kom året efter huset byggdes, som omräknat till dagens U-värde låg på 0,86 W/m² K. Beräkningarna på den tiden gjordes dock på ett lite

annorlunda sätt, t.ex. med andra värden på λ , R_{si} och R_{se} , vilket innebär att den klarar sig ändå, nedan visas beräkningarna enligt tidens byggnadsordning (Länsstyrelsen i Malmöhus län, 1936):

$k =$ väggens värmegenomgångstal, ska vara under $1,1 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{h}$
för att klara normerna

$m_i + m_u =$ övergångsmotståndet för konstruktionens båda ytor $= 0,2$

$d =$ skiktets tjocklek

$\lambda_{murverk \text{ av tegel i kalkbruk}} =$ värmeledningstal $= 0,51 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{h}$

$\lambda_{puts} = 0,90 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{h}$

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + \frac{d_{tegel}}{\lambda_{tegel}} + \frac{d_{puts}}{\lambda_{puts}} = 0,2 + \frac{0,38}{0,51} + \frac{0,02}{0,9} = 0,967$$

$$\Rightarrow k = 1,03 < 1,1 \text{ OK!}$$

Befintlig vägg +70 mm isolering:

$$R = 0,92 \cdot \left(0,04 + 0,13 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,07}{0,033} \right) + 0,08$$

$$\cdot \left(0,04 + 0,13 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,07}{0,13} \right) = 2,818$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Befintlig vägg +120 mm isolering:

$$R = 0,92 \cdot \left(0,04 + 0,13 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,12}{0,033} \right) + 0,08$$

$$\cdot \left(0,04 + 0,13 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,12}{0,13} \right) = 4,243$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Sammanfattat:

Väggens U-värde förbättras betydligt genom en tilläggsisolering, även med endast 70 mm isolering minskas väggens U-värde till nästan en tredjedel, se tabell 1. Beräknat med de metoder som användes vid tiden för byggnadens uppförande klarade huset den tidens krav på värmeisolering.

Tabell 1 visar U-värden för väggen med olika mycket isolering.

	Befintlig vägg	Befintlig vägg + 70mm isolering	Befintlig vägg + 120mm isolering
U-värde	1,21	0,35	0,24

6.3 Fuktighet inne i väggen

Med hjälp av Excel, tidigare angivna formler och diverse tabeller beräknades temperaturen och den relativa fuktigheten på olika djup i väggen. Detta gjordes för fem olika fall; inre tilläggsisolering med 70 respektive 120 mm isolering, yttre tilläggsisolering med 70 respektive 120 mm isolering och även fallet med väggen så som den ser ut idag. Dessa beräkningar är 1-dimensionella och säger därför inget om hur det ser ut vid anslutningar av innerväggar, tak eller hörn.

Beräkningarna med Excel redovisas i bilaga G. Vid beräkningarna användes klimatdata för Sturup som ligger väldigt nära Malmö, och därför kan antas ha samma klimat. De värden som användes var 50 % -fraktilen för månaden, både vad gäller temperatur och ånghalt. Beräkningarna gjordes för varje månad för varje isoleringstyp. Värden på de olika materialparametrarna finns i (Sandin, 1996) och (Nevander & Elmarsson, 1994). Vid beräkningarna användes ett fuktillskott på $1,7 \text{ g/m}^3$ som uppmättes i gavellägenheten, se avsnitt 5.1.3, och en temperatur på $22 \text{ }^\circ\text{C}$ som är ett medelvärde av de uppmätta temperaturerna inomhus. Vid beräkningarna användes ett konstant värde på λ , även om detta i verkligheten varierar något med materialets fuktighet.

6.3.1 Resultat

Resultaten av beräkningarna visas sammanfattat i tabell 2, för inre tilläggsisolering, och tabell 3, för yttre tilläggsisolering, dessutom finns tabellerna sammanfattade i diagram 7 och 8. Alla värden i tabellen är i den yttre delen av det redovisade skiktet.

Tabell 2 visar resultaten av beräkningarna för befintlig vägg och väggen med en inre tilläggsisolering.

Månad	Högsta RF i befintlig vägg	Temperatur i detta skikt	Högsta RF i teglet med 70mm isolering	Temperatur i detta skikt	Högsta RF i teglet med 120 mm isolering	Temperatur i detta skikt
Januari	89,9	-0,2	88,0	0,1	88,6	0,0
Februari	88,2	-0,6	86,2	-0,3	86,9	-0,4
Mars	83,3	1,9	81,6	2,2	82,2	2,1
April	74,0	5,2	72,8	5,4	73,2	5,4
Maj	70,3	10,9	69,6	11,1	69,8	11,0
Juni	71,1	14,6	70,6	14,7	70,8	14,7
Juli	76,3	16,0	75,9	16,1	76,0	16,1
Augusti	76,2	15,7	75,8	15,8	75,9	15,8
September	81,5	12,2	80,7	12,3	81,0	12,3
Oktober	86,6	8,7	85,6	8,9	85,9	8,8
November	90,5	4,1	89,0	4,4	89,5	4,3
December	92,4	1,6	90,6	1,9	91,1	1,8

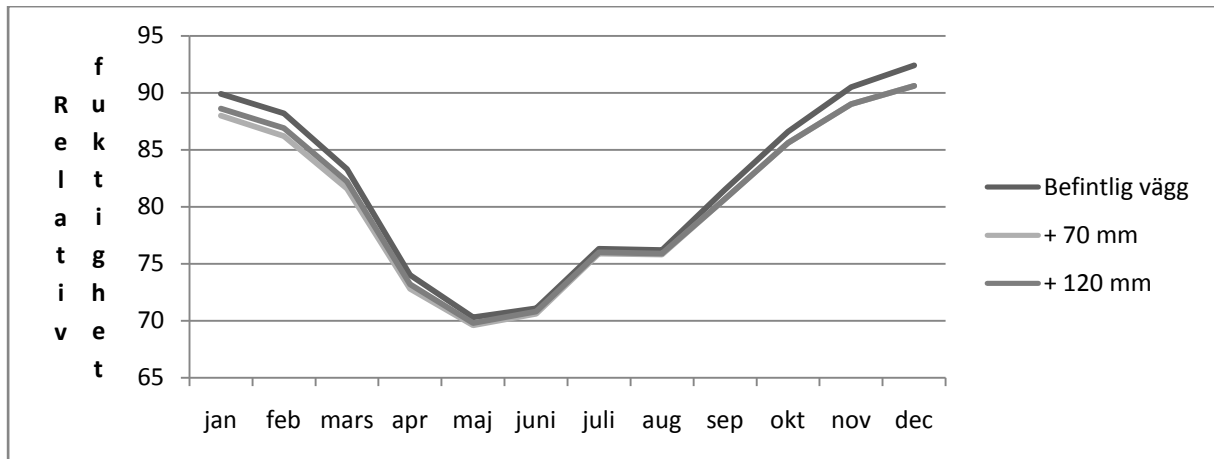


Diagram 7 visar hur den relativa fuktigheten varierar över året i tegelskiktet vid inre tilläggsisolering.

Vid inre tilläggsisolering av tegelväggen på Ribevägen 1 uppstår den högsta relativa fuktigheten i tegelmuren där det kan utgöra en risk för frostsprängning. Tegel absorberar dock vanligtvis ganska lite vatten i gasform, vilket innebär att risk för frostsprängning inte anses föreligga om inte vatten kondenserar i teglet. I den befintliga väggens yttersta del är RF och temperatur i princip samma som uteklimatet, med inre tilläggsisolering blir det mindre förändringar. Den relativa fuktigheten i väggen blir dock aldrig så hög att vatten kondenserar vid normalt klimat, då den högsta framräknade relativa fuktigheten är strax över 90 %, därför anses risken för frostsprängning vara väldigt liten i detta fall. Beräkningarna visar dock att den relativa fuktigheten i väggen ökar vid tjockare isolering. Anledningen till att väggen blir torrare med en inre tilläggsisolering än utan är att muren som den är i dagsläget inte har någon ångspärr vilket den får i samband med en inre isolering.

Temperaturskillnaden över tegelmuren är betydligt större i den befintliga väggen än i väggen med tilläggsisolering, detta syns tydligt i beräkningarna i bilaga G. I den befintliga väggen går nästan hela temperaturskillnaden mellan inne och ute över tegelmuren, medan skillnaden över tegelmuren endast är några få grader med inre isolering, vilket innebär att en större del av väggen hamnar i ett kallare och fuktigare klimat om väggen tilläggsisoleras på insidan.

Tabell 3 visar resultaten av beräkningarna för befintlig vägg och väggen med en yttre tilläggsisolering.

Månad	Högsta RF i befintlig vägg	Temperatur i detta skikt	Högsta RF i mineralullen med 70mm isolering	Temperatur i detta skikt	Högsta RF i mineralullen med 120 mm isolering	Temperatur i detta skikt
Januari	89,9	-0,2	91,0	0,3	91,9	0,1
Februari	88,2	-0,6	89,3	-0,1	90,2	-0,3
Mars	83,3	1,9	84,3	2,3	85,0	2,2
April	74,0	5,2	75,0	5,5	75,5	5,4
Maj	70,3	10,9	71,2	11,1	71,5	11,1
Juni	71,1	14,6	71,9	14,8	72,1	14,7
Juli	76,3	16,0	77,1	16,1	77,3	16,1
Augusti	76,2	15,7	77,0	15,8	77,2	15,8
September	81,5	12,2	82,2	12,4	82,5	12,3
Oktober	86,6	8,7	87,3	9,0	87,7	8,9
November	90,5	4,1	91,2	4,5	91,9	4,3
December	92,4	1,6	93,2	2,0	90,0	2,5

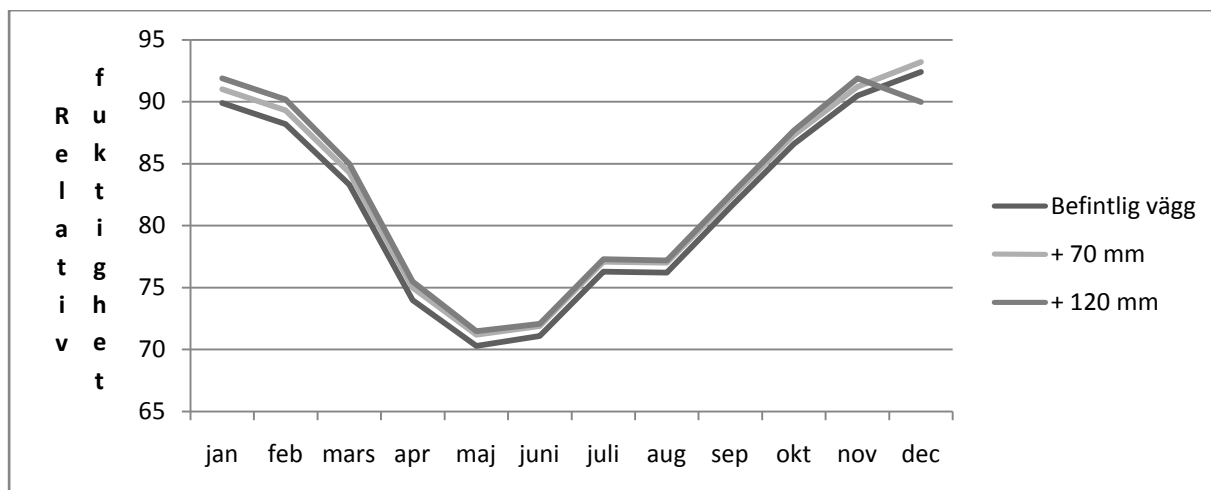


Diagram 7 visar hur den relativa fuktigheten varierar över året i isoleringsskiktet vid yttre tilläggsisolering.

Vid en yttre tilläggsisolering av Ribevägen 1 uppstår den högsta relativa fuktigheten i isoleringsskiktet. I detta skikt finns ofta, men inte alltid, även reglar som används för att hålla fast både isoleringen och det fasadmateriell som används. Om reglarna är av trä kan det finnas risk för mögel och röta om den relativa fuktigheten blir för hög. Enligt beräkningarna leder en yttre tilläggsisolering till att de högsta relativa fuktigheterna som uppstår i isoleringen ligger på strax över 90 %. Högre relativa fuktigheter kan uppstå under kortare tider vid extremt väder. Eftersom värdena ovan är beräknade med ett relativt lågt fuktillskott finns risken att högre fuktighet uppstår i väggen i en annan lägenhet där fuktillskottet är betydligt större. Vid yttre tilläggsisolering är den största temperaturdifferensen över isoleringen, och tegelmuren ligger i ett ganska stabilt torrt och varmt klimat.

6.4 Beräkningar med HEAT

Temperaturer och värmeflöden genom olika delar av konstruktionen beräknades och jämfördes. Beräkningar av hur byggnaden ser ut idag och med olika typer av åtgärder i form av tilläggsisolering gjordes och jämfördes med datorprogrammet HEAT2 (Hemsida för HEAT2).

Vid användandet av datorprogrammet HEAT2 byggs en konstruktionsdel upp, de olika materialerna i konstruktionen anges med respektive λ -värde och liknande materialegenskaper. Därefter räknar programmet ut värmeflödet genom konstruktionen och temperaturer på olika ställen i den.

6.4.1 Resultat

Resultaten från beräkningarna av värmeflödet m.h.a. HEAT2 sammanfattas i tabeller nedan. Alla detaljer som testats har för enkelhets skull fått en siffra enligt följande:

1. Endast yttervägg

2. Anslutning yttervägg mot bjälklag
3. Anslutning yttervägg över och under fönster mot bjälklag
4. Anslutning innervägg mot yttervägg
5. Hörn

Hur dessa detaljer såg ut och modellerades i HEAT2 visas i bilaga H.

Vid beräkningarna användes en innetemperatur på 22 °C, och en utetemperatur på 7,6 °C respektive -9,9 °C. Den varmare temperaturen är 50 % -fraktilen för årsmedelvärdet i Sturup, och ger ett resultat som motsvarar årsmedelvärdet. Den kallare temperaturen är 1 % -fraktilen för ett dygn i januari, och det är alltså inte alltför ovanligt att en så låg temperatur inträffar. I beräkningarna är mineralull med $\lambda=0,33$ använt, olika isoleringsmaterial har något olika värden, men resultatet hade blivit i princip samma eftersom det är väldigt lite som λ -värdena skiljer sig åt.

Nedan är resultaten uppdelade på befintlig konstruktion, konstruktionen med inre tilläggsisolering och konstruktionen med yttre tilläggsisolering där värmeflödet och yttemperaturer finns redovisade. Yttemperaturerna som redovisas är de varmaste på konstruktionens utsida och de kallaste på konstruktionens insida, och uppstår där konstruktionen släpper igenom mest värme. Dessutom finns en tabell där alla värmeflöden för de olika konstruktionerna finns presenterade sida vid sida för att underlätta jämförelse mellan dem.

6.4.1.1 Befintlig konstruktion

I tabell 4 presenteras resultaten för HEAT2-beräkningarna av olika detaljer på den befintliga konstruktionen. Av tabellen syns att det högsta värmeflödet uppstår vid anslutningen mellan ytterväggen och bjälklaget och i hörnet, och det lägsta uppstår i anslutningen mellan yttervägg och innervägg. Den lägsta yttemperaturen på insidan uppstår dock i hörnet, och den högsta yttemperaturen på utsidan uppstår vid anslutningen mellan ytterväggen och bjälklaget under fönstren. Vid riktigt kalla vintrar kan yttemperaturen på insidan av hörnet bli så låg som 15 °C.

Tabell 4 visar värmeflöde och yttemperaturer på detaljer i den befintliga konstruktionen.

Befintlig konstruktion					
	Utomhustemp. = 7,6°C			Utomhustemp. = -9,9°C	
	q (W/m ²)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)
1	14,09	21,4	9,6	20,7	-5,5
2	15,43	21,2	9,8	20,2	-4,7
3	13,9	21	10	19,8	-4,1
4	13,66	21,1	9,5	20,3	-5,7
5	15,56	18,8	8,3	15	-8

6.4.1.2 Med inre tilläggsisolering

I tabell 5 och 6 presenteras värmeflöden och ytemperaturer för den befintliga konstruktionen med en inre tilläggsisolering av 70 mm respektive 120 mm mineralull. Vid 70 mm inre tilläggsisolering uppstår det högsta värmeflödet vid bjälklagsanslutningen under fönstren, och de lägsta värmeflödena uppstår vid den vanliga bjälklagsanslutningen. Den lägsta inre ytemperaturen finns vid anslutningen av bjälklaget under fönstren, och den högsta yttre ytemperaturen finns på samma ställe. Med 120 mm invändig isolering uppstår det högsta värmeflödet där bjälklaget ansluter mot ytterväggen, och det lägsta värmeflödet i hörnet och mitt på ytterväggen. Den högsta ytemperaturen på utsidan och den lägsta på insidan uppstår på samma ställe, nämligen där bjälklaget ansluter mot ytterväggen över och under fönstren. Dessutom sjunker vissa av ytemperaturerna på insidan vid inre isolering jämfört med temperaturerna utan isolering.

Tabell 5 visar värmeflöden och ytemperaturer för den befintliga väggen med 70 mm inre tilläggsisolering.

Befintlig konstruktion + 70 inre					
Utomhustemp. = 7,6°C				Utomhustemp. = -9,9°C	
	q (W/m ²)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)
1	4,58	21,7	8,2	20,5	-8,5
2	10,47	21,8	8,6	21,6	-7,8
3	9,6	19,7	9,5	17,1	-5,6
4	7,06	20,6	8,7	18,7	-7,4
5	4,83	20,2	7,8	18,9	-9,3

Tabell 6 visar värmeflöden och ytemperaturer för den befintliga väggen med 120 mm inre tilläggsisolering.

Befintlig konstruktion + 120 inre					
Utomhustemp. = 7,6°C				Utomhustemp. = -9,9°C	
	q (W/m ²)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)
1	3,09	21,5	8	20,8	-9
2	9,44	20,2	9,1	20,2	-6,5
3	8,72	19,8	9,3	19,1	-5,9
4	6,19	20,8	8,6	19,1	-7,7
5	3,29	19,7	7,7	16,6	-9,6

6.4.1.3 Med yttre tilläggsisolering

I tabell 7 och 8 visas värmeflödet och yttemperaturerna för detaljerna med yttre tilläggsisolering. Vid 70 mm yttre tilläggsisolering, tabell 7, uppstår det största värmeflödet i hörnet, resten av detaljerna har något lägre värmeflöden, där anslutningen mellan innervägg och yttervägg har lägst. Den lägsta yttemperaturen på insidan inträffar i hörnet, och den högsta på utsidan där innerväggen ansluter mot ytterväggen. Vid 120 mm yttre tilläggsisolering, tabell 8, är mönstret exakt det samma vad gäller värmeflödet som vid 70 mm isolering. I det fallet uppstår dock den lägsta yttemperaturen på insidan i hörnet och den högsta på utsidan där innerväggen ansluter mot ytterväggen.

Tabell 7 visar värmeflöden och yttemperaturer för den befintliga väggen med 70 mm yttre tilläggsisolering.

Befintlig konstruktion +70 yttre					
Utomhustemp. = 7,6°C			Utomhustemp. = -9,9°C		
	q (W/m ²)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)
1	4,58	21,8	8,8	21,6	-7,2
2	4,74	21,8	8,7	21,4	-7,4
3	4,53	21,7	8,7	21,3	-8,3
4	4,5	21,7	9,2	21,5	-8
5	5,78	20,6	8,2	18,9	-8,6

Tabell 8 visar värmeflöden och yttemperaturer för den befintliga väggen med 120 mm yttre tilläggsisolering.

Befintlig konstruktion +120 yttre					
Utomhustemp. = 7,6°C			Utomhustemp. = -9,9°C		
	q (W/m ²)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)	kallast yttemp, inne (°C)	varmast yttemp, ute (°C)
1	3,09	21,9	8,2	21,7	-8,6
2	3,16	21,8	8,6	21,6	-7,8
3	3,07	21,8	8,6	21,4	-8,6
4	3,04	21,8	8,67	21,8	-8,7
5	4,05	21	8,9	19,8	-8

6.4.1.4 Sammanfattning

Värmeflödena för de olika detaljerna med olika mycket isolering på olika ställen sammanfattas i tabell 9 och diagram 9. Från detta kan utläsas att oavsett vilken åtgärd som utförs blir värmeflödet betydligt lägre än vad det är med den befintliga konstruktionen. Vid en yttre tilläggsisolering blir värmeflödet dessutom nästan det samma för alla de olika detaljerna, medan skillnaden blir mycket stor vid en inre tilläggsisolering. Vid en yttre tilläggsisolering är det hörnen som utgör de största köldbryggorna, medan det vid en inre isolering är de olika anslutningarna som leder ut den mesta värmen. Utifrån dessa beräkningar är det dessutom

enkelt att konstatera att en yttre tilläggsisolering är det som minskar värmeflödet mest och skapar minst antal köldbryggor.

Tabell 9 visar de olika värmeflödena sammanfattade.

Värmeflöde genom konstruktionen (W/m^2)					
del	bef. Konstruktion	+ 70 inre	+ 120 inre	+ 70 yttre	+ 120 yttre
1	14,09	4,58	3,09	4,58	3,09
2	15,43	10,47	9,44	4,74	3,16
3	13,9	9,6	8,72	4,53	3,07
4	13,66	7,06	6,19	4,5	3,04
5	15,56	4,83	3,29	5,78	4,05

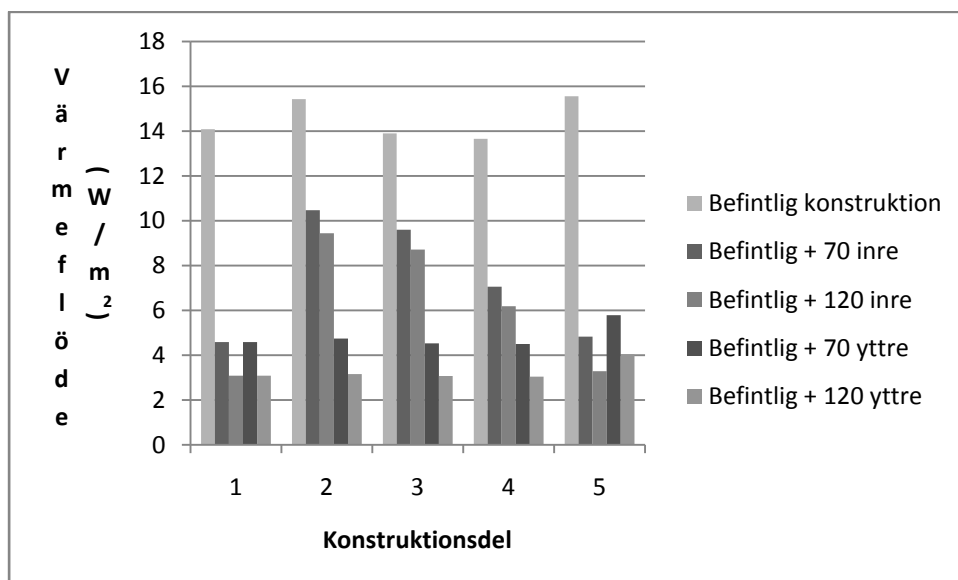


Diagram 9 visar värmeflödet genom de olika konstruktionsdelarna med olika mycket isolering.

6.5 Beräkning med VIP+

Vid beräkningar av energiförbrukning användes datorprogrammet VIP+ (Hemsida för VIP+). I programmet läggs alla data om huset in, vilka material det består av, hur stor area som finns av de olika materialen, vilken typ av fönster som finns och hur huset ventileras. Vid beräkning fås den energianvändning som huset har, uppdelat på olika poster som uppvärmning och varmvatten, dessutom visas den energin som tillförs huset genom t.ex. solinstrålning. Först modellerades det befintliga huset upp och beräknades, därefter ändrades olika detaljer som isoleringstjocklek och fönster för att undersöka vilken skillnad i energianvändning det innebär.

6.5.1 Indata

I VIP+ lades först och främst de olika konstruktionstyperna in; väggar, tak, källarväggar och källargolv med respektive material, och även med den uppmätta otätheten på $0,23 \text{ l/s m}^2$ vid tryckskillnaden 50 Pa. Dessutom lades fönster och dörrar in, fönstrens U-värde antogs vara 2,0 baserat på värden för liknande fönster hos olika tillverkare. Byggnadens olika köldbryggor modellerades och värmegenomgången beräknades av programmet. Byggnaden ligger snett i nordväst-sydostlig riktning, och ganska fritt vad gäller solinstrålningen. Vad gäller vindutsatthet är den däremot ganska skyddad, så ett värde på 50 % av den verkliga vindhastigheten användes i beräkningarna. Dessutom inprogrammerades ventilationsvolym, golvarea och drifftall. Ventilationen i byggnaden är ett frånluftssystem utan värmeåtervinning, och ventilationen är alltid lika stor. Därefter programmerades ytan för de olika konstruktionsdelarna och längden av de olika köldbryggorna, och slutligen beräknade programmet energianvändningen. Först beräknades energianvändningen för den befintliga byggnaden och därefter gjordes förändringar på konstruktionen. De förändringar som gjordes var att inre och yttre tilläggsisolering av 70 mm respektive 120 mm sattes på väggarna, fönstren byttes till fönster med U-värde på 1,2 och byggnaden tätades till att endast släppa ut $0,1 \text{ l/s m}^2$.

Det fanns en viss osäkerhet i indatan eftersom måtten uppmättes på pappersritningar vilket inte gav exakta resultat.

6.5.2 Resultat

Resultaten av beräkningarna i VIP+ fås dels som diagram och dels som tabeller med siffror. Vid beräkningarna är de framräknade värdena dessutom jämförda med motsvarande värden beräknade för ett referenshus som är beräknat enligt BBR:s regler. I tabell 10 visas resultaten av beräkningarna för energibesparing vid förändringar av den befintliga byggnaden. I tabellen syns att den framräknade energianvändningen med den befintliga konstruktionen är något lägre än vad den är i verkligheten, detta innebär att de övriga beräknade energianvändningarna ligger lite lägre än vad de skulle göra i verkligheten. Beräkningarna visar att alla de undersökta typerna av tilläggsisolering får ner energianvändningen under normkravet på 110 kWh/m^2 och år, de andra åtgärderna leder inte till så stora energibesparingar. Fönsterbytet ger inte så stor energibesparing eftersom fönstren byttes för endast 20 år sedan och därmed isolerar ganska bra som de är, och tätningen av byggnaden skulle inte ge så mycket besparing eftersom byggnaden är tät som den är, energibesparingen skulle dock bli något större om det stora värdet på läckage användes.

Tabell 10 visar den beräknade totala energianvändningen vid olika åtgärder.

Åtgärd	Total energianvändning	% av befintlig konstruktion
<i>Befintlig konstruktion</i>	128 kWh/år m ² A _{temp}	100,0
<i>Befintlig konstruktion + 70 mm inre tilläggsisolering</i>	107 kWh/år m ² A _{temp}	83,6
<i>Befintlig konstruktion + 120 mm inre tilläggsisolering</i>	105 kWh/år m ² A _{temp}	82,0
<i>Befintlig konstruktion + 70 mm yttre tilläggsisolering</i>	103 kWh/år m ² A _{temp}	80,5
<i>Befintlig konstruktion + 120 mm yttre tilläggsisolering</i>	100 kWh/år m ² A _{temp}	78,1
<i>Befintlig konstruktion som fått bättre fönster</i>	118 kWh/år m ² A _{temp}	92,2
<i>Befintlig konstruktion som tätats</i>	127 kWh/år m ² A _{temp}	99,2

Diagram som visar hur energianvändningen delas upp på olika poster visas i bilaga I. Dessa diagram visar att den största delen av energin går åt till att värma upp huset, som dock får en hel del gratisvärme via solinstrålning på sommaren. En hel del av den tillförda energin lämnar dessutom huset genom spillvatten och ventilation.

6.6 Sammanfattade resultat av beräkningarna

Det totala resultatet av alla beräkningarna visar att väggens U-värde sänks betydligt med den undersökta isoleringen, från 1,21 för den befintliga väggen till 0,36 med 70 mm isolering och 0,23 med 120 mm isolering.

Den relativa fuktigheten på olika djup i väggen blir enligt beräkningarna aldrig över 100 % vid normalt väder, därmed är risken för kondens inne i konstruktionen väldigt liten. Det finns dock risk för mögel och röta vid yttre tilläggsisolering, speciellt om träreglar skulle användas eftersom RF där alltid överstiger 70 %, det är dock inte så vanligt att träreglar används på det sättet.

Beräkningarna med HEAT2 visade att värmeflödena genom konstruktionen minskade betydligt vid tilläggsisolering. Den yttre tilläggsisoleringen bidrog till att värmeflödet vid anslutningarna minskade betydligt, medan den inre tilläggsisoleringen lämnade betydande köldbryggor. Vid yttre tilläggsisolering blev värmeflödet störst i hörnen, vid inre blev värmeflödet störst vid någon av anslutningarna i konstruktionen eftersom det där bildades en oisolerad köldbrygga.

VIP+ -beräkningarna visade att det gick att få ner energianvändningen ganska mycket med de undersökta åtgärderna. Den största energibesparingen uppnåddes med 120 mm yttre tilläggsisolering, över 20 %, men de andra tre tilläggsisoleringstyperna sparades nästan lika mycket energi. Både fönsterbyte och tätning hjälpte, men ledde inte till lika stora besparingar.

6.7 Slutsats och diskussion

6.7.1 Lämpliga energieffektiviseringsmetoder i detta fall

Utifrån beräkningarna är en yttre tilläggsisolering lämpligast för att spara mycket energi i den undersökta byggnaden. Även den tunnare isoleringen gav i beräkningarna en stor energibesparing. Den inre tilläggsisoleringen fick även den ner energianvändningen betydligt, men fönsterbyte och tätning av klimatskalet bidrog inte speciellt mycket.

6.7.2 Vilka material är lämpliga/olämpliga?

Beroende på i vilket klimat ett isoleringsmaterial placeras är det viktigt att ta hänsyn till de olika förutsättningarna som finns för materialet. Om ett material är fuktkänsligt är det t.ex. oklokt att placera det i en fuktig miljö. Och just fukt är det som är det största problemet för material. Dels kan fukt leda till att ett material bryts ner, och dels kan det leda till mögeltillväxt och emissioner som skapar olika hälsorisker, men fukt kan även skapa många andra problem med hållfasthet och liknande (Nevander & Elmarsson, 1994). För att mögel och bakterier ska kunna växa krävs en fuktkvot på över 15 % och en RF på över 75 %, exakt hur mycket som behövs beror på vilket material det handlar om. Dessutom beror tillväxten till stor del på under hur lång tid materialet har tillräckligt hög fuktighet, och vid vilken temperatur det befinner sig (Nilsson, 2007).

Nedan presenteras ett antal material och deras förutsättningar diskuteras, det finns många fler isoleringsmaterial på marknaden, men det är endast de material som presenteras nedan som undersöks i denna rapport.

6.7.2.1 Mineralull och cellplast

Mineralull finns i två varianter; glasull och stenull. De består till minst 90 % av glas eller sten som smälts och spinns till ull. Fibrerna i denna ull binds sedan samman med ett bindemedel som till stor del består av fenolformaldehydharts (Isovers hemsida). Mineralull absorberar inte vatten och innehåller vanligtvis mindre än 0,5 % av totalvikten vatten (Paroc's hemsida). P.g.a. det låga fukttillhålllet i mineralull är det oftast inga problem med mögeltillväxt där, men det kan förekomma. För att mineralull ska mögla krävs en relativ fuktighet på minst 90-95 % (Bok, 2008).

Cellplastskivor för isolering finns av två olika huvudtyper; expanderad styrencellplast och extruderad styrencellplast. Den expanderade typen tillverkas genom att små plastkuler expanderas m.h.a. vattenånga och bildar block bestående av luftfyllda celler. Dessa block är tätare än mineralull, och har viss absorptionsförmåga, dock absorberas mindre än 3 volym-% vatten (Paroc's hemsida). Den extruderade typen tillverkas genom att smält plast pressas genom ett

munstycke och bildar ett skum som formas till block. Dessa block är helt täta och absorberar därför ingen fukt, men släpper heller inte igenom någon fukt (Isovers hemsida). Cellplast möglar vanligtvis inte, men det kan förekomma vid RF högre än 90-95% (Bok, 2008).

Vid en inre tilläggsisolering är det nästan ingen risk att mineralullen eller cellplasten uppnår tillräckligt hög relativ fuktighet för att kunna mögla. Vid yttre tilläggsisolering finns dock en risk att den relativa fuktigheten överstiger 90 %, men endast med väldigt lite. Därför kan risken att mineralullen eller cellplasten möglar anses vara liten. Eftersom cellplasten är tät kan det dock vara en risk att sätta den på utsidan av konstruktionen eftersom vatten då kan ansamlas innanför den och skapa problem. På insidan monteras ett ångtätt skikt ändå in, och täthet är önskvärt, och cellplast kan därför vara lämpligare att använda vid en inre tilläggsisolering.

6.7.2.2 Termoträ

Termoträ är en isoleringsprodukt som består av cirka 95 % träfibrer framställda ur pappersmassa. Fibrerna är sedan behandlade med olika kemikalier för att förhindra mögeltillväxt och brand. Träet har ungefär samma risk för mögel som annat trä i en konstruktion, d.v.s. möglar inte reglarna som omger isoleringen möglar inte heller själva isoleringen. Termoträ finns endast som lösull som sprutas in där det ska vara, men fungerar lika bra i väggar som på vindar (Termoträs hemsida). Trä och träbaserade material möglar vid en relativ fuktighet på 75-80% (Bok, 2008). Förutom termoträ finns även andra träbaserade isoleringsprodukter med ungefär samma fuktegenskaper.

Eftersom de träbaserade isoleringsmaterialen har ungefär samma känslighet för fukt som trä i övrigt är det enligt beräkningarna direkt olämpligt att använda det för utvändig isolering av byggnaden. Där uppstår enligt beräkningarna nämligen ofta relativa fuktigheter över 75 %, vilket innebär en risk för mögel och röta. Dessutom skulle det troligtvis vara lite problem att få en utvändig isolering med lösull bra. De träbaserade materialen fungerar däremot bra att använda på insidan av konstruktionen där det är torrare, speciellt om väggen tätas med en ångspärr.

6.7.3 Generella slutsatser för den här typen av bebyggelse

Det finns många sätt att göra en byggnad energieffektivare. Ofta är en bra möjlighet någon form av tilläggsisolering för att förhindra att så mycket värme försvinner ut genom klimatskalet. En vanlig metod är att tilläggsisolera taket, vilket kan vara en bra idé eftersom luft stiger och det därför ofta är varmt vid taket. Denna åtgärd är dock inte undersökt i denna rapport.

De flesta slutsatser som dragits av mätningarna och beräkningarna i denna rapport gäller för de flesta byggnader av samma typ som Ribevägen 1, d.v.s. flerbostadshus uppförda på 1940-talet av tegel utan isolering. Många av slutsatserna gäller även för byggnader av olika typer av lättbetong. Lättbetonghus har dock något andra egenskaper än hus byggda av tegel eftersom lättbetong isolerar bättre och har annan täthet, så beräkningarna av fuktighet på olika djup i konstruktionen gäller inte lättbetonghus. Principerna är dock de samma vad gäller skillnad mellan inre och yttre tilläggsisolering, och till viss del även den procentuella energibesparingen vid de olika åtgärderna.

Den generella slutsatsen är alltså att för byggnader av denna typ är det helt klart effektivast att göra en yttre tilläggsisolering, dock inte med ett träbaserat isoleringsmaterial. Även inre tilläggsisolering ger en stor energibesparing, men leder till allvarliga köldbryggor och en del kalla ytor inomhus som kan vålla problem. Om de befintliga fönstren inte är extremt dåliga sparas en mindre andel energi genom att byta till bättre.

Vid en yttre tilläggsisolering uppstår dock andra saker att tänka på, nämligen hur isoleringen påverkar byggnadens utseende.

7 Slutsats

Vid en energieffektivisering med omfattande ombyggnad av en äldre byggnad finns det många viktiga saker att tänka på. Dels hur ombyggnaden kommer att påverka inomhusklimatet och klimatet för den befintliga stommen och dels hur det kommer att påverka byggnadens utseende och hur det i sin tur påverkar intrycket ett område ger.

Vid en renodlad energieffektivisering är målet oftast att få ner energianvändningen så mycket som möjligt, dock brukar kostnaden för åtgärden påverka hur det görs. För stadskontoren och antikvarier är det allra viktigaste att byggnadens utseende och andra värden bevaras intakta för kommande generationer det allra viktigaste. Ofta kolliderar dessa mål med varandra, när det ena målet direkt motverkar det andra. Det är därför viktigt att föra en dialog i varje enskilt fall om vad som är viktigast i just det fallet, och hur det är möjligt att kompromissa för att åstadkomma så mycket som möjligt för varje sida.

I fallet med byggnaden i denna rapport är den mest effektiva av de undersökta energieffektiviseringsåtgärderna en yttre tilläggsisolering. Denna åtgärd sparar mest energi, minskar köldbryggorna och placerar den befintliga konstruktionen i ett bra klimat. Alla av de olika tilläggsisoleringarna skulle enligt beräkningarna få ner energianvändningen till den nivå som idag krävs vid nybyggnad. En yttre tilläggsisolering leder dock till ett förändrat utseende av byggnaden, med mycket tjockare väggar, speciellt om utseendet med tegelfasad ska behållas. Dessutom bildas djupa nischer vid fönsteranslutningar, och anslutningen mot grunden och taket kräver omarbetning för att inte se konstiga ut. Byggnadens utseende är dock redan ganska betydligt förändrat vid ombyggnaden på 1980-talet med de nya fönstren och de stora inglasade balkongerna, så det finns inte så mycket av den ursprungliga känslan kvar i huset. Därför skulle det inte göra så mycket att genomföra en yttre tilläggsisolering, det skulle dessutom inte behövas så tjock isolering för att få ner energianvändningen under de krav som finns i normerna.

För flerbostadshus byggda på 1940-talet i övrigt ger de olika åtgärderna liknande effekter som de framräknade om konstruktionen är liknande den på Ribevägen 1. I de fall byggnadens utsida inte har förändrats så mycket är det troligt att en inre tilläggsisolering blir lättare att få igenom än en yttre. Problemet med en inre tilläggsisolering är att den inre användbara golvytan minskar, betydande köldbryggor uppstår där innerväggar och bjälklag ansluter till ytterväggen, och det finns även risk för problem med den befintliga ytterväggskonstruktionen om den blir för kall och fuktig. Tegelfasaden i detta fall klarar sig dock bra mot frostsprängning enligt beräkningarna, och därför borde även andra liknande konstruktioner klara sig bra. Det finns dock en något större risk hos byggnader med högre fuktillskott än det som använts i beräkningarna i denna rapport.

Vid en yttre tilläggsisolering skulle det vara lämpligast att använda cellplast eller mineralull som klarar av ganska höga fuktigheter, dock får isoleringen inte vara för tät, vilket innebär att mineralull skulle vara det absolut bästa. Vid inre tilläggsisolering skulle alla av de undersökta materialen fungera utmärkt.

Det viktigaste vid en ombyggnad för energieffektivisering är att hitta en bra kompromiss mellan att bevara det gamla och förbättra klimatskalet på ett bra sätt.



Referenser

Skriftliga källor

Anderlind G och Stadler C-G, 2004. *Isolerguiden 04. En vägledning till Boverkets byggregler om energihushållning och värmeisolering*. Swedisol, Värning.

Antell O, 1987. *Bostadsförbättring med varsam hand*, Riksantikvarieämbetet, Statens Planverk och Bostadsstyrelsen, Borås.

Bexelius A, Nordenstam A och Aurén N, 1948. *Byggnadslagstiftningen (Byggnadslagen, Byggnadsstadgan)*, Kungl. Boktryckeriet, P.A. Norstedt & söners förlag, Stockholm.

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

Boverket, 2006a. *Allmänna råd om ändring av byggnad, BÅR*. Boverket, Karlskrona. Tillgänglig:
<http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2007/allmanna_rad_om_andring_av_byggnad_BAR.pdf> (läst 2008-09-02)

Boverket, 2006b. *Regelsamling för byggande - Boverkets byggregler, BBR*. Boverket, Karlskrona. Tillgänglig:
<http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/Boverkets%20byggregler/bbr13/Regelsamling_bbr_maj_2007.pdf> (läst 2008-09-16)

Ekholm, Fränkel, Hörbeck, Ivarsson och Schale, 1999. *Formler och Tabeller i Fysik, Matematik och Kemi för gymnasieskolan*, Konvergenta HB, Göteborg.

Elmroth A, 2007. *Energihushållning och värmeisolering, byggvägledning 8. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler*. Svensk byggtjänst, Stockholm.

Engfors C, 1987. *Folkhemmets bostäder 1940-1960*. Arkitekturmuseet, Stockholm.

Florén G, 1945. *Hälsovårdsstadgan med flera författningar rörande allmän hälsovård allmän djurvård arbetarskydd m.m.* Svenska landskommunernas förbund, Stockholm.

Forssman H, 1932. *Stadsplanelagen jämte byggnadsstadgan*. Kungl. Boktryckeriet, P.A. Norstedt söner förlag, Stockholm.

Kidder Smith G.E, 1957. *Sweden builds*, Reinhold publishing corporation, New York.

Kungl. Byggnadsstyrelsen, 1947. *Anvisningar till byggnadsstadgan. Kungl. Byggnadsstyrelsens anvisningar 1946:1*. Stockholm.

Lundevall Owe, 1994. *HSB och bostadspolitiken, 1940-talet*, HSBs riksförbund, Stockholm.

Länsstyrelsen i Malmöhus län, 1936. *Byggnadsordning för Malmö av länsstyrelsen i Malmöhus län fastställd den 14 juni 1935*, Malmö.

Nevander L E och Elmarsson B, 1994. *Fukthandbok. Praktik och teori*. Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Nilsson, 2007. *Fukt, byggvägledning 9. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler*. Svensk byggtjänst, Stockholm.

Unnerbäck A, 2003. *Kulturhistorisk värdering av bebyggelse*, Riksantikvarieämbetet, Uppsala.

Sandin K, 1996. *Värme och fukt*, Lunds tekniska högskola, institutionen för byggnadsteknik, byggnadsfysik, Lund.

Schultz L, 2003. *Energicertifiering, EFFEKTIV*, Borås. Tillgänglig: <http://www.effektiv.org/pdf_filer/Rapport%202003-02.pdf> (läst 2008-09-22)

SOU 2008:25. *Ett energieffektivare Sverige. Delbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen*, 2008. Statens offentliga utredningar, Stockholm. Tillgänglig: <<http://www.regeringen.se/content/1/c6/10/01/76/9e6cf104.pdf>> (läst 2008-09-10)

SS-EN 13187. *Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method*, 1998. Svensk standard SS-EN 13187. European committee for standardization, Brussels.

SS-EN 13829. *Thermal performance of building – Determination of air permeability in buildings – Fan pressurization method*, 2000. Svensk standard SS-EN 13829. European committee for standardization, Brussels.

Statistiska centralbyrån, 2008. *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2008*, Statistiska centralbyrån, Örebro. Tillgänglig:

<http://www.scb.se/statistik/_publikationer/BO0801_2008A01_BR_BO01BR0801.pdf> (läst 2008-09-08)

Tykesson T, 2001. *Bostadsmiljöer i Malmö, inventering del 1: 1945-1955*. Malmö kulturmiljö, Länsstyrelsen Skåne län, Malmö.

Elektroniska källor

Bostadsrättsföreningen Ringsted, hemsida. Tillgänglig: <<http://hsb.se/hsb/jsp/polopoly.jsp?d=11363>> (läst 2008-09-22)

Boverkets hemsida. *Tempererad area*,. Tillgänglig: <<http://www.boverket.se/templates/Page.aspx?id=2933&epslanguage=SV>> (läst 2008-10-01)

SP, 2008. *Fönster, fukt och innemiljö*, Borås. Tillgänglig: <<http://www-v2.sp.se/energy/ffi/default.asp>> (läst 2008-09-26)

Förordning (1988:1229) om statliga byggnadsminnen m.m. Svensk författningssamling. Tillgänglig: <<http://www.riksdagen.se/webbnav/index.aspx?nid=3911&bet=1988:1229>> (läst 2008-09-03)

Hemsida för HEAT2. Tillgänglig: <<http://www.buildingphysics.com/>> (läst 2008-11-05)

Hemsida för VIP+. Tillgänglig: <<http://www.vip.strusoft.com/>> (läst 2008-11-05)

Isovers hemsida. Tillgänglig: <<http://isover.se>> (läst 2008-09-25)

K-märkt, Riksantikvarieämbetets hemsida. Tillgänglig: <http://www.raa.se/cms/extern/kulturarv/byggnader/k_markt.html> (läst 2008-09-03)

Lag (1988:950) om kulturminnen m.m. Tillgänglig: <<http://notisum.se/rnp/sls/LAG/19880950.htm>> (läst 2008-09-03)

Paroc's hemsida. Tillgänglig: <<http://paroc.se>> (läst 2008-09-25)

Plan- och Bygglag (1987:10). Tillgänglig: <<http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19870010.HTM>> (läst 2008-09-10)

Termoträs hemsida. Tillgänglig: <<http://www.termotra.se>> (läst 2008-09-25)

Muntliga källor

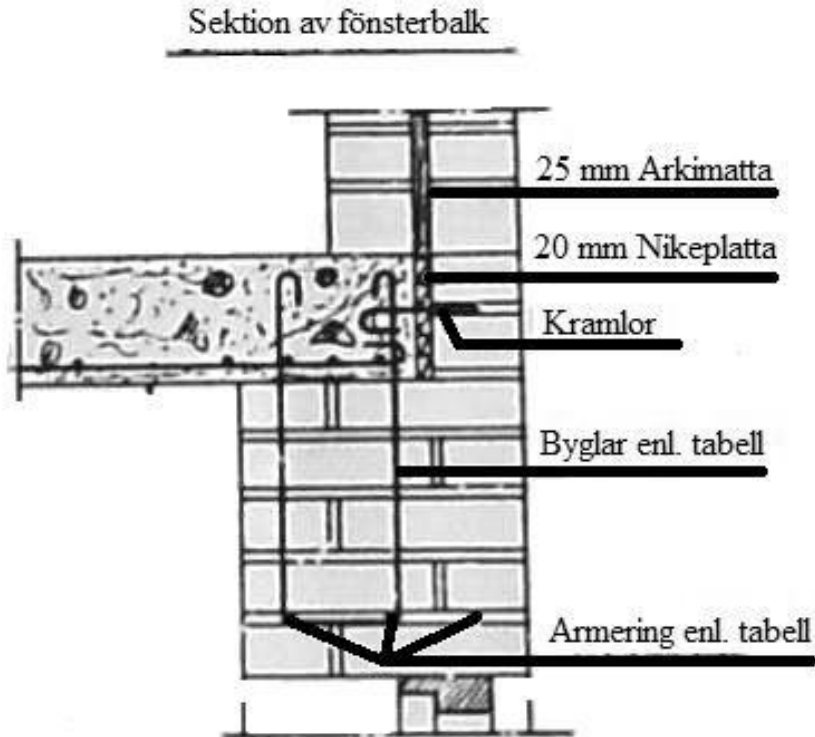
Bok G, 2008. Föreläsning ”*Mögel och röta*” i kursen Byggnadsteknik – komplexa byggnader, VBF 045, 2008-02-07, Lund

Laike P, 2008. Intervju 2008-10-17, Lund

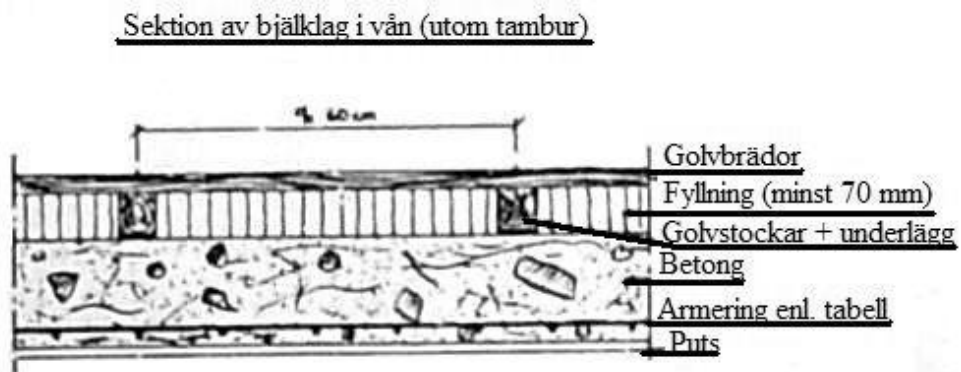
Lilja B, 2008. Intervju 2008-10-06, Malmö.

Bilagor

Bilaga A. Detaljritningar

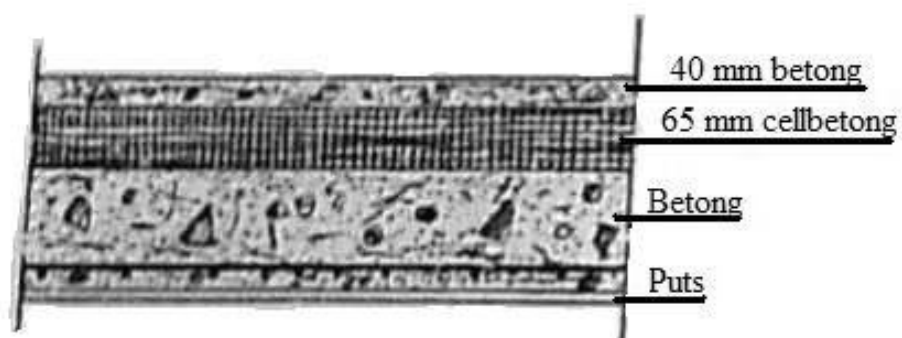


Detaljritning av vägg över och under fönster.



Detaljritning av vanligt bjälklag.

Sektion av vindsbjälklag



Detaljritning av vindsbjälklaget.

Bilaga B. Energistatistik för brf Ringsted

Energianvändning för brf Ringsted uppdelad på fjärrvärme, vatten, övrig el och varmvatten presenteras i tabeller och diagram nedan. Användningen är dessutom uppdelad på varje månad och redovisad för de senaste åren och uppritad i diagram för att underlätta jämförelser. Tabellerna och diagrammen nedan kommer direkt från HSB:s energisamordnare och är inte förändrade.

HSB Malmö

2008-09-22

Ägare, HSB Malmö, med avtal, Ringsted, Ribevägen 1,

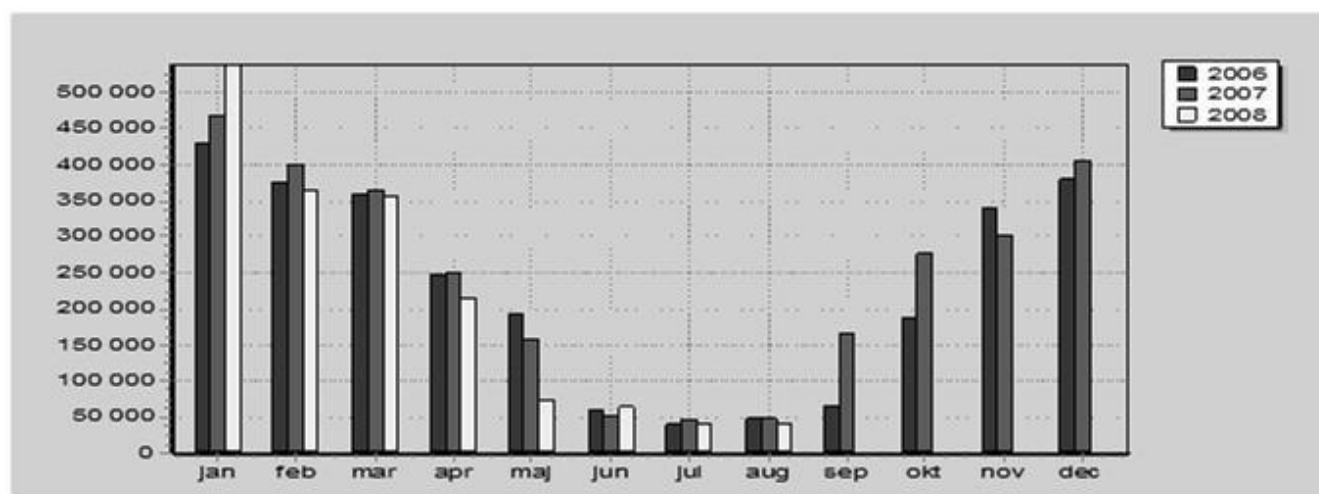
Ribevägen 1

Fjärrvärme (MWh) /

Normalårskorrigerad förbrukning (kWh)

	2004	2005	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	45 682	435 639	430 455	468 130	539 135	+15%	+9%
feb	369 984	380 528	374 728	399 403	363 154	-9%	+6%
mar	353 372	346 174	359 395	366 009	357 819	-2%	+6%
apr	214 328	233 545	247 361	249 680	216 943	-13%	+5%
maj	149 635	126 728	193 578	156 744	74 948	-52%	+3%
jun	71 645	67 781	60 901	51 830	65 054	+26%	+4%
jul	64 029	45 930	39 522	45 720	42 925	-6%	+3%
aug	60 205	45 928	49 063	48 160	42 660	-11%	+3%
sep	70 090	73 673	66 178	165 499		0%	0%
okt	221 932	209 942	188 094	276 148		0%	0%
nov	314 700	288 578	339 748	300 880		0%	0%
dec	393 681	398 360	379 761	405 696		0%	0%
Summa:	2 329 285	2 652 807	2 728 782	2 933 898	1 702 639		
Ackum.:	1 328 881	1 682 254	1 755 002	1 785 676	1 702 639	-5%	

Normalårskorrigerad förbrukning (kWh)



Utfall, inklusive moms (kronor)

	2004	2005	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0	0	242 936	197 281	245 526	+24%	+10%
feb	0	0	202 867	203 681	167 972	-18%	+7%
mar	0	0	220 017	157 236	183 617	+17%	+14%
apr	0	0	132 936	107 253	109 016	+2%	+17%
maj	0	0	75 984	65 601	41 153	-37%	+16%
jun	0	0	31 973	28 135	35 720	+27%	+17%
jul	0	0	20 749	24 818	23 570	-5%	+16%
aug	0	0	25 758	26 143	23 424	-10%	+16%
sep	0	0	32 943	67 234	0%	0%	
okt	0	0	74 810	155 808	0%	0%	
nov	0	0	147 208	158 872	0%	0%	
dec	0	0	150 696	198 965	0%	0%	
Summa:	0	0	1 358 877	1 391 027	829 996		
Ackum.:	0	0	953 219	810 148	829 996	+2%	

Sida 1 av
4

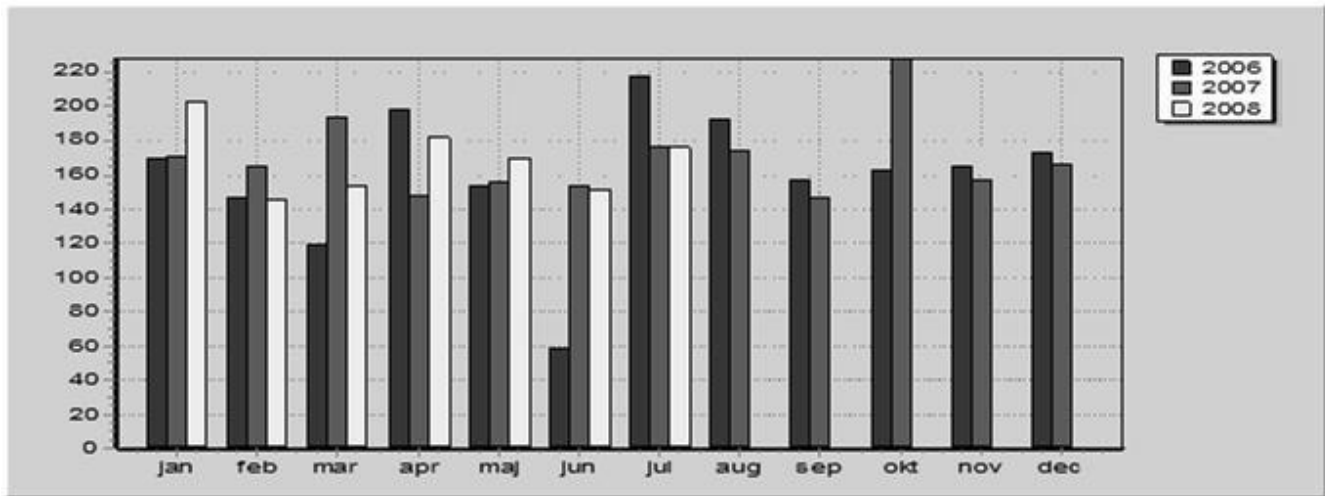
HSB Malmö**2008-09-22**

Ägare, HSB Malmö, med avtal, Ringsted, Ribevägen 1,

Ribevägen 1**Vatten (m3) /****Förbrukning (m3)**

	2004	2005	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	180	192	170	171	202	+18%	+8%
feb	169	175	147	165	145	-12%	+6%
mar	207	194	119	193	154	-20%	+0%
apr	170	188	198	148	182	+23%	+4%
maj	176	182	153	156	170	+9%	+5%
jun	158	176	58	154	151	-2%	-0%
jul	180	180	218	177	176	-1%	+2%
aug	185	190	192	174	0%	0%	
sep	179	180	157	146	0%	0%	
okt	175	191	163	228	0%	0%	
nov	192	177	165	157	0%	0%	
dec	193	163	173	166	0%	0%	
Summa:	2 164	2 187	1 914	2 034	1 179		
Ackum.:	1 240	1 286	1 063	1 163	1 179	+1%	

Förbrukning (m3)



Utfall, inklusive moms (kronor)

	2004	2005	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0	0	0	0	0	0 0%	0%
feb	0	0	0	0	0	0 0%	0%
mar	0	0	0	0	0	0 0%	0%
apr	0	0	0	0	0	0 0%	0%
maj	0	0	0	0	0	0 0%	0%
jun	0	0	0	0	0	0 0%	0%
jul	0	0	0	0	0	0 0%	0%
aug	0	0	0	0	0	0 0%	0%
sep	0	0	0	0	0	0 0%	0%
okt	0	0	0	0	0	0 0%	0%
nov	0	0	0	0	0	0 0%	0%
dec	0	0	0	0	0	0 0%	0%
Summa:	0	0	0	0	0		
Ackum.:	0	0	0	0	0	0 0%	

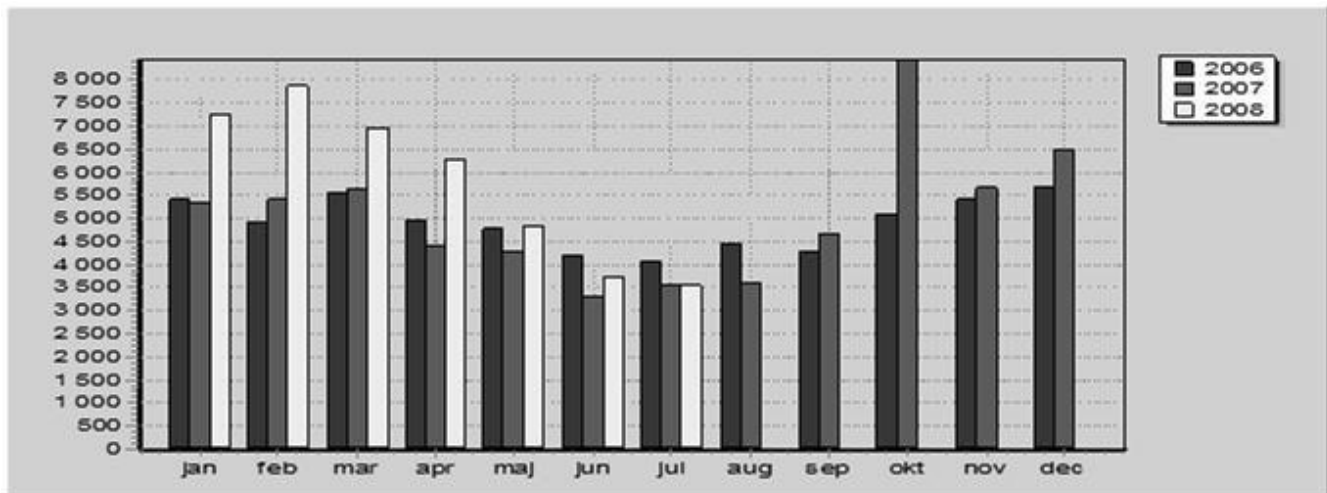
2008-09-22

HSB Malmö

Ägare, HSB Malmö, med avtal, Ringsted, Ribevägen 1,

Ribevägen 1**El övrig, enkel (kWh) /****Förbrukning (kWh)**

	2005	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan		5 418	5 347	7 259	+36%	+7%
feb		4 928	5 400	7 875	+46%	+10%
mar		5 555	5 640	6 978	+24%	+12%
apr		4 988	4 440	6 277	+41%	+17%
maj		4 778	4 320	4 856	+12%	+18%
jun		4 213	3 300	3 729	+13%	+21%
jul		4 076	3 593	3 536	-2%	+22%
aug		4 451	3 597		0%	0%
sep		4 288	4 702		0%	0%
okt		5 091	8 456		0%	0%
nov	478	5 400	5 668		0%	0%
dec	5 016	5 692	6 506		0%	0%
Summa:	5 494	58 879	60 970	40 509		
Ackum.:		33 957	32 041	40 509	+26%	

Förbrukning (kWh)

Utfall, inklusive moms (kronor)

	2005	2006	2007	2008	Diff/period	Diff/år
jan		0	0	0	0%	0%
feb		0	0	0	0%	0%
mar		0	0	0	0%	0%
apr		0	0	0	0%	0%
maj		0	0	0	0%	0%
jun		0	0	0	0%	0%
jul		0	0	0	0%	0%
aug		0	0		0%	0%
sep		0	0		0%	0%
okt		0	0		0%	0%
nov	0	0	0		0%	0%
dec	0	0	0		0%	0%
Summa:	0	0	0	0		
Ackum.:		0	0	0	0%	

Sida 3 av
4

HSB Malmö

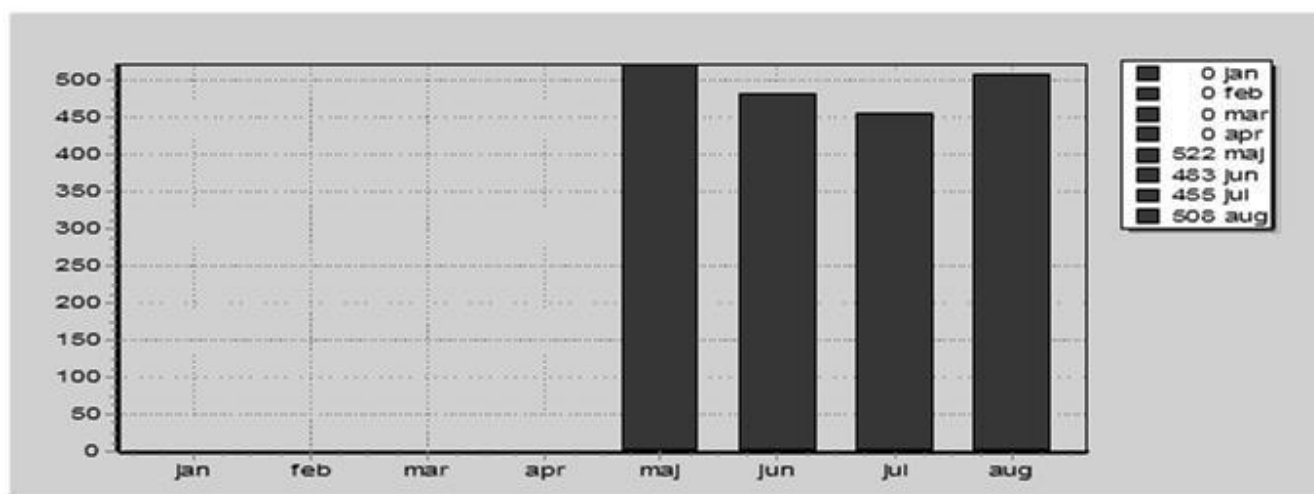
2008-09-22

Ägare, HSB Malmö, med avtal, Ringsted, Ribevägen 1,

Ribevägen 1**varmvatten (m3) varmvatten/001534884400:1****Förbrukning (m3)**

	2008	Diff/period	Diff/år
jan	0%	0%	
feb	0%	0%	
mar	0%	0%	
apr	0%	0%	
maj	522	0%	0%
jun	483	-7%	0%
jul	455	-6%	0%
aug	508	+12%	0%
sep	0%	0%	
okt	0%	0%	
nov	0%	0%	
dec	0%	0%	
Summa:	1 967		
Ackum.:		0%	

Förbrukning (m3)



Utfall, inklusive moms (kronor)

	2008	Diff/period	Diff/år
jan		0%	0%
feb		0%	0%
mar		0%	0%
apr		0%	0%
maj	0	0%	0%
jun	0	0%	0%
jul	0	0%	0%
aug	0	0%	0%
sep		0%	0%
okt		0%	0%
nov		0%	0%
dec		0%	0%
Summa:	0		
Ackum.:	0%		

Bilaga C. Fastigheterna i brf Ringsted

Sammanfattning av de olika fastigheterna i bostadsrättsföreningen Ringsted, hur stora de olika husen är och hur de används.

Företag: HSB Malmö

Sida 1 (1)

Byggnad, lista bostäder

UL21EI - 2007-10-04 10:32:26

Urval: Företag.Företag = 1
Objekt.Objekt = 2040

Byggnad	Byggn. år/Ombyggn. år	BOA	LOA	UBA	Antal lgh.	Antal lokal
<i>Företag</i>						
1 - HSB Malmö						
<i>Objekt</i>						
2040 BRF RINGSTED 2007						
B01	ROSKILDEVÄGEN 25 A-D	1947/1987	2 496,0	100,0	2 596,0	43
B02	ROSKILDEVÄGEN 27 A-E	1947/1987	2 500,0		2 500,0	40
B03	ROSKILDEVÄGEN 29 A-D	1947/1987	2 496,0		2 496,0	44
B04	RIBEVÄGEN 1 A-D	1947/1987	2 496,0		2 496,0	44
B05	MARIEDALSVÄGEN 60 A-B	1947/1987	888,0	34,0	922,0	12
B06	KRONBORGSVÄGEN 20 A-D	1947/1987	2 292,0		2 292,0	43
B07	KRONBORGSVÄGEN 18 A-D	1947/1987	2 373,0		2 373,0	47
B08	BAGERI/RESTAURANG	1947		658,0	658,0	
B09	TRYCKERI/FRISÖR	1947		198,0	198,0	
B10	VAKTMÄSTERI	1987				
B11	CONTAINERHUS-RIBEVÄGEN	1987				
B12	CONTAINERHUS-KRONBORGSV.	1987				
Summa:			15 541,0	990,0	16 531,0	273
						6

Bilaga D. Beräkning av energianvändning

Beräkning av energianvändningen för Ringsted, omräknat till elanvändning/ A_{remp} och år för de olika posterna.

Detta gäller för hela bostadsföreningen, dvs alla 7 husen.

normalårskorrigerade värden

BOA+LOA= 16531

fjärrvärme	kWh					totalt	genom. / år	/m2 & mån./år
	2004	2005	2006	2007	2008			
jan	45 682	435 639	430 455	468 130	539 135	1 919 041	383808,2	23,21748231
feb	369 984	380 528	374 728	399 403	363 154	1 887 797	377559,4	22,83947735
mar	353 372	346 174	359 395	366 009	357 819	1 782 769	356553,8	21,56879802
apr	214 328	233 545	247 361	249 680	216 943	1 161 857	232371,4	14,05670558
maj	149 635	126 728	193 578	156 744	74 948	701 633	140326,6	8,488693969
jun	71 645	67 781	60 901	51 830	65 054	317 211	63442,2	3,83777146
jul	64 029	45 930	39 522	45 720	42 925	238 126	47625,2	2,880963039
aug	60 205	45 928	49 063	48 160	42 660	246 016	49203,2	2,976420059
sep	70 090	73 673	66 178	165 499		375 440	93860	5,677817434
okt	221 932	209 942	188 094	276 148		896 116	224029	13,55205372
nov	314 700	288 578	339 748	300 880		1 243 906	310976,5	18,81171738
dec	393 681	398 360	379 761	405 696		1 577 498	394374,5	23,85666324
Summa:	2 329 285	2 652 807	2 728 782	2 933 898	1 702 639		2661193	160,9819733

Vatten (m3) /

Förbrukning (m3)

	2004	2005	2006	2007	2008	totalt	genomsnitt per år	per m2 och år
	jan	180	192	170	171			
feb	169	175	147	165	145	801	160,2	0,009690884
mar	207	194	119	193	154	867	173,4	0,010489384
apr	170	188	198	148	182	886	177,2	0,010719255
maj	176	182	153	156	170	837	167,4	0,010126429
jun	158	176	58	154	151	697	139,4	0,008432642
jul	180	180	218	177	176	931	186,2	0,011263686
aug	185	190	192	174		741	185,25	0,011206219
sep	179	180	157	146		662	165,5	0,010011494
okt	175	191	163	228		757	189,25	0,011448188
nov	192	177	165	157		691	172,75	0,010450064
dec	193	163	173	166		695	173,75	0,010510556
Summa:	2 164	2 187	1 914	2 034	1 179		2074,75	0,125506624

El övrig, enkel (kWh) /

Förbrukning (kWh)

	2005	2006	2007	2008	totalt	genomsnitt per år	per m2 och år
jan		5 418	5 347	7 259	18024	6008	0,36343839
feb		4 928	5 400	7 875	18203	6067,6667	0,36704777
mar		5 555	5 640	6 978	18173	6057,6667	0,36644284
apr		4 988	4 440	6 277	15705	5235	0,31667776
maj		4 778	4 320	4 856	13954	4651,3333	0,28137035
jun		4 213	3 300	3 729	11242	3747,3333	0,22668522
jul		4 076	3 593	3 536	11205	3735	0,22593914
aug		4 451	3 597		8048	4024	0,24342145
sep		4 288	4 702		8990	4495	0,27191337
okt		5 091	8 456		13547	6773,5	0,40974533
nov	478	5 400	5 668		11546	3848,6667	0,23281512
dec	5 016	5 692	6 506		17214	5738	0,34710544
Summa:	5 494	58 879	60 970	40 509		59924,5	3,62497732

totalt för föreningen: 16531 m2 BOA+LOA
 Ribev. 1 2496 m2 BOA, ingen LOA
 dvs 15,10% av all area
 genomsnittlig energiförbr. / år 2661193 kWh
 energiförbrukning Ribev. 1 $0,151 * 2661193 = 401811$ kWh

$$A_{temp} = 1,25 * (BOA + LOA) = 1,25 * 2496 = 3120 \text{ m}^2$$

energiförbrukning för Ribev. 1 per Atemp och år
 $401811 / 3120 = 128,8$ kWh/m² och år

Bilaga E. Beräkning av U-värde

Beräkning av motsvarande U-värde till 1947 års värmegenomgångstal:

Värmegenomgångstal k [$\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C h}$] (Kungl. Byggnadsstyrelsens anvisningar 1946:1)

U-värde U [$\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$] (Sandin 1996)

$1\text{J} = 2,77778 \cdot 10^{-7} \text{ kWh} = 2,38846 \cdot 10^{-4} \text{ kcal}$ (Ekholm et al. 1999)

$$\begin{aligned} k &= \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}} = \frac{2,77778 \cdot 10^{-7}}{2,38846 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}} = 0,001163 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}} = 1,163 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}} \\ &= 1,163 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} = 1,163 \cdot U \end{aligned}$$

$$k = 1,1 \Leftrightarrow U = \frac{1,1}{1,163} = 0,86$$

Bilaga F. Beräkning av luftläckage

Beräkning av luftläckage utifrån mätvärden från tryckprovning.

Övertryck inne:

$$q = 15,7 \cdot \Delta p^{0,648} \quad \text{vid } 50 \text{ Pa} \rightarrow q = 198,076 \text{ m}^3/\text{h}$$

Undertryck inne:

$$q = 10,7 \cdot \Delta p^{0,725} \quad \text{vid } 50 \text{ Pa} \rightarrow q = 182,447 \text{ m}^3/\text{h}$$

Medelläckage vid 50 Pa:

$$\frac{198,076 + 182,447}{2} = 190,2615 \text{ m}^3/\text{h}$$

Omräkning till l/s:

$$190,3 \text{ m}^3/\text{h} = 190,3 \cdot 10^3 \text{ l/h} = \frac{190,3 \cdot 10^3}{3600} \text{ l/s} = 52,86 \text{ l/s}$$

Lägenhetens omslutningsarea = 231,7 m²

$$\rightarrow \frac{52,86}{231,7} = 0,23 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$$

Alltså; lägenhetens läckage vid 50 Pa över/undertryck är 0,23 l/s m².

Om endast arean för ytterväggarna räknas med:

Omslutningsarea=36,4 m²

$$\rightarrow \frac{52,86}{36,4} = 1,45 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$$

Alltså; lägenhetens läckage vid 50 Pa över/undertryck är 1,45 l/s m² om endast ytterväggarna räknas med.

Bilaga G. Beräkning av relativ fuktighet

Beräkning av relativ fuktighet på olika djup i väggen med tillhörande temperaturer.

månad	Januari	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	4,3		
T _{ut} =	-0,2	n=	8,02	v _{inn} =	6		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	-0,2	4,7812	4,3	89,9
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	4,7812	4,3	89,9
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	18,779	5,746	30,6
tapet	1				1500	0	19,405	5,999	30,9
inne				0,13	300	22	19,41	6	30,9
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	Maj	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	7		
T _{ut} =	10,9	n=	8,02	v _{inn} =	8,7		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	10,9	9,9596	7	70,2
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	9,9600	6	70,2
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	19,092	4	44,2
tapet	1				1500	0	19,407	5	44,8
inne				0,13	300	22	19,41	8,7	44,8
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	Februari	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	4,1		
T _{ut} =	-0,6	n=	8,02	v _{inn} =	5,8		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	-0,6	4,6499	4,1	88,1
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	4,6503	4,1	88,1
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	18,768	5,546	29,5
tapet	1				1500	0	19,404	5,799	29,8
inne				0,13	300	22	19,41	5,8	29,8
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	Juni	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	8,9		
T _{ut} =	14,6	n=	8,02	v _{inn} =	10,6		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	14,6	12,525	4	8,9
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	12,525	7	71,0
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	19,197	6	53,8
tapet	1				1500	0	19,408	3	54,6
inne				0,13	300	22	19,41	10,6	54,6
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	Mars	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	4,6		
T _{ut} =	1,9	n=	8,02	v _{inn} =	6,3		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	1,9	5,5248	4,6	83,2
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	5,5253	4,6	83,2
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	18,838	6,046	32,0
tapet	1				1500	0	19,405	6,299	32,4
inne				0,13	300	22	19,41	6,3	32,4
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	Juli	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	10,4		
T _{ut} =	16	n=	8,02	v _{inn} =	12,1		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	16	13,635	2	10,4
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	13,635	5	76,2
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	19,237	7	61,5
tapet	1				1500	0	19,408	6	62,3
inne				0,13	300	22	19,41	12,1	62,3
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	April	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	5,1		
T _{ut} =	5,2	n=	8,02	v _{inn} =	6,8		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	5,2	6,8952	5,1	73,9
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	6,8957	4	73,9
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	18,931	6,546	34,5
tapet	1				1500	0	19,406	6,799	35,0
inne				0,13	300	22	19,41	6,8	35,0
summ					9E+0				
a				650,17	7				

månad	Augusti	a=	288,7	M _i =	18,02	fuktt	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	10,2		
T _{ut} =	15,7	n=	8,02	v _{inn} =	11,9		

befintlig yttervägg									
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	15,7	13,390	5	10,2
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	8E+0	7	13,390	8	76,1
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	1E+0	7	19,229	2	60,5
tapet	1				1500	0	19,408	6	61,3
inne				0,13	300	22	19,41	11,9	61,3
summ					9E+0				
a				650,17	7				

Septembe				fuktt	
månad	r	a=	288,7	$M_i=$	18,02
T_{inn}	=	22	b=	1,098	$v_{sat}=$
T_{utt}	=	12,2	n=	8,02	$v_{inn}=$
					10,5
					1,7

Novembe				fuktt	
månad	r	a=	288,7	$M_i=$	18,02
T_{inn}	=	22	b=	1,098	$v_{sat}=$
T_{utt}	=	4,1	n=	8,02	$v_{inn}=$
					7,5
					1,7

befintlig yttervägg

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m^2/s)	R (m^2K/W)	Z (s/m)	T ($^{\circ}C$)	v_s (g/m^3)	v (g/m^3)	RF (%)
ute				0,04	300	12,2	10,803	7	81,4
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	7	12,2	10,804	1	81,4
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	7	21,7	19,129	4	53,5
tapet	1				1500	0	19,407	8	54,1
inne				0,13	300	22	19,41	10,5	54,1
summ				650,17	9E+0	7			

befintlig yttervägg

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m^2/s)	R (m^2K/W)	Z (s/m)	T ($^{\circ}C$)	v_s (g/m^3)	v (g/m^3)	RF (%)
ute				0,04	300	4,1	6,4090	6	5,8
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	7	4,1	6,4095	3	5,8
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	7	21,5	18,900	1	38,3
tapet	1				1500	0	19,406	7	38,6
inne				0,13	300	22	19,41	7,5	38,6
summ				650,17	9E+0	7			4

Oktober				fuktt	
månad	r	a=	288,7	$M_i=$	18,02
T_{inn}	=	22	b=	1,098	$v_{sat}=$
T_{utt}	=	8,7	n=	8,02	$v_{inn}=$
					9,2
					1,7

December				fuktt	
månad	r	a=	288,7	$M_i=$	18,02
T_{inn}	=	22	b=	1,098	$v_{sat}=$
T_{utt}	=	1,6	n=	8,02	$v_{inn}=$
					6,7
					1,7

befintlig yttervägg

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m^2/s)	R (m^2K/W)	Z (s/m)	T ($^{\circ}C$)	v_s (g/m^3)	v (g/m^3)	RF (%)
ute				0,04	300	8,7	8,6606	2	86,6
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	7	8,7	8,6610	7	86,5
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	7	21,7	19,03	8,946	47,0
tapet	1				1500	0	19,407	7	47,4
inne				0,13	300	22	19,41	9,2	47,4
summ				650,17	9E+0	7			

befintlig yttervägg

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m^2/s)	R (m^2K/W)	Z (s/m)	T ($^{\circ}C$)	v_s (g/m^3)	v (g/m^3)	RF (%)
ute				0,04	300	1,6	5,4128	7	5
tegel	380	0,6	5E-06	633,333	7	1,6	5,4133	3	5
puts	20	1,2	2E-06	16,6667	7	21,5	18,829	8	34,2
tapet	1				1500	0	19,405	6,699	34,5
inne				0,13	300	22	19,41	6,7	34,5
summ				650,17	9E+0	7			2

Bilagor

månad	September	a=	288,68	M _i =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inne} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	8,8		
T _{ut} =	12,2	n=	8,02	v _{inne} =	10,5		

månad	November	a=	288,68	M _i =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inne} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	5,8		
T _{ut} =	4,1	n=	8,02	v _{inne} =	7,5		

yttervägg +70mm inre tilläggisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	12,2	10,8037	8,8	81,45
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	12,34	10,8987	8,8005	80,75
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	14,57	12,5024	8,9283	71,41
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	14,63	12,5472	8,9508	71,34
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	21,29	18,629	8,9555	48,07
gips	0,013	1,3		0,01	3000	21,51	18,8671	10,469	55,49
tapet	0,001				15000	21,54	18,9054	8,9555	47,37
inne				0,13	300	22	19,41	10,5	54,1
summa				2,784392	1E+06				

yttervägg +70mm inre tilläggisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	4,1	6,40906	5,8	90,5
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	4,357	6,51998	5,8005	88,97
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	8,429	8,51104	5,9283	69,65
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	8,536	8,56983	5,9508	69,44
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	20,7	18,0041	5,9555	33,08
gips	0,013	1,3		0,01	3000	21,1	18,4283	7,4692	40,53
tapet	0,001				15000	21,16	18,497	5,9555	32,2
inne				0,13	300	22	19,41	7,5	38,64
summa				2,784392	1E+06				

månad	Oktober	a=	288,68	M _i =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inne} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	7,5		
T _{ut} =	8,7	n=	8,02	v _{inne} =	9,2		

månad	December	a=	288,68	M _i =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inne} =	22	b=	1,098	v _{ut} =	5		
T _{ut} =	1,6	n=	8,02	v _{inne} =	6,7		

yttervägg +70mm inre tilläggisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	8,7	8,66062	7,5	86,6
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	8,891	8,7673	7,5005	85,55
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	11,92	10,6144	7,6283	71,87
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	12	10,6672	7,6508	71,72
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	21,03	18,3567	7,6555	41,7
gips	0,013	1,3		0,01	3000	21,33	18,6764	9,1692	49,1
tapet	0,001				15000	21,38	18,728	7,6555	40,88
inne				0,13	300	22	19,41	9,2	47,4
summa				2,784392	1E+06				

yttervägg +70mm inre tilläggisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	1,6	5,41287	5	92,37
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	1,893	5,52224	5,0005	90,55
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	6,533	7,52702	5,1283	68,13
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	6,655	7,58731	5,1508	67,89
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	20,52	17,8149	5,1555	28,94
gips	0,013	1,3		0,01	3000	20,97	18,2947	6,6692	36,45
tapet	0,001				15000	21,05	18,3724	5,1555	28,06
inne				0,13	300	22	19,41	6,7	34,52
summa				2,784392	1E+06				

Bilagor

månad	September	a=	288,68	M _v =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	V _{ut} =	8,8		
T _{ut} =	12,2	n=	8,02	V _{inn} =	10,5		

yttervägg +120mm inre tilläggsisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ²)	v (g/m ²)	RF (%)
ute				0,04	300	12,2	10,8037	8,8	81,45
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	12,3	10,8676	8,8005	80,98
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	14,1	12,151	8,9281	73,48
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,243243	4800	13,8	11,9526	8,9505	74,88
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	21,5	18,8811	8,9585	47,45
gips	0,013	1,3		0,01	3000	21,7	19,043	10,469	54,98
tapet	0,001				15000	21,7	19,069	8,9585	46,98
inne				0,13	300	22	19,41	10,5	54,1
summa				4,135743	1E+06				

månad	Oktober	a=	288,68	M _v =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	V _{ut} =	7,5		
T _{ut} =	8,7	n=	8,02	V _{inn} =	9,2		

yttervägg +120mm inre tilläggsisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ²)	v (g/m ²)	RF (%)
ute				0,04	300	8,7	8,66062	7,5	86,6
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	8,83	8,73232	7,5005	85,89
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	10,9	9,93794	7,6281	76,76
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,243243	4800	10,9	9,97151	7,6505	76,72
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	21,3	18,6953	7,6585	40,96
gips	0,013	1,3		0,01	3000	8,25	8,41366	9,1693	109
tapet	0,001				15000	21,6	18,9485	7,6585	40,42
inne				0,13	300	22	19,41	9,2	47,4
summa				4,135743	1E+06				

månad	November	a=	288,68	M _v =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	V _{ut} =	5,8		
T _{ut} =	4,1	n=	8,02	V _{inn} =	7,5		

yttervägg +120mm inre tilläggsisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ²)	v (g/m ²)	RF (%)
ute				0,04	300	4,1	6,40906	5,8	90,5
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	4,27	6,48356	5,8005	89,46
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	7,01	7,76694	5,9281	76,32
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,243243	4800	7,09	7,80348	5,9505	76,25
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	21,1	18,4534	5,9585	32,29
gips	0,013	1,3		0,01	3000	21,4	18,7442	7,4693	39,85
tapet	0,001				15000	21,4	18,7911	5,9585	31,71
inne				0,13	300	22	19,41	7,5	38,64
summa				4,135743	1E+06				

månad	December	a=	288,68	M _v =	18,02	fuktt.	1,7
T _{inn} =	22	b=	1,098	V _{ut} =	5		
T _{ut} =	1,6	n=	8,02	V _{inn} =	6,7		

yttervägg +120mm inre tilläggsisolering

skikt	L (m)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _s (g/m ²)	v (g/m ²)	RF (%)
ute				0,04	300	1,6	5,41287	5	92,37
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	1,8	5,48629	5,0005	91,15
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	4,92	6,76916	5,1281	75,76
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,243243	4800	5	6,80615	5,1505	75,67
PVC-folie	0,01	0,16		0,0625	9E+05	21	18,3231	5,1585	28,15
gips	0,013	1,3		0,01	3000	21,3	18,6528	6,6693	35,75
tapet	0,001				15000	21,4	18,706	5,1585	27,58
inne				0,13	300	22	19,41	6,7	34,52
summa				4,135743	1E+06				

Bilagor

månad	Oktober	a=	288,68	M ₁ =	18,02	fuktt.	1,7
T _{int} =	22	b=	1,098	v _{int} =	7,5		
T _{ext} =	8,7	n=	8,02	v _{ext} =	9,2		

yttervägg + 70mm yttre tilläggsisolering

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _i (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	8,7	8,66062	7,5	86,6
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	8,89	8,7695	7,5042	85,57
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	8,98	8,81521	7,6914	87,25
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	18,2	15,549	7,7308	49,72
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	21,3	18,6266	8,7979	47,23
tapet	0,001				15000	21,4	18,7142	8,9852	48,01
inne				0,13	300	22	19,41	9,2	47,4
summa				2,728559	1E+05				

månad	November	a=	288,68	M ₁ =	18,02	fuktt.	1,7
T _{int} =	22	b=	1,098	v _{int} =	5,8		
T _{ext} =	4,1	n=	8,02	v _{ext} =	7,5		

yttervägg + 70mm yttre tilläggsisolering

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _i (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	4,1	6,40906	5,8	90,5
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	4,36	6,52227	5,8042	88,99
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	4,47	6,56995	5,9914	91,19
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	16,9	14,378	6,0308	41,94
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	21	18,3621	7,0979	38,66
tapet	0,001				15000	21,1	18,4787	7,2852	39,42
inne				0,13	300	22	19,41	7,5	38,64
summa				2,728559	1E+05				

månad	December	a=	288,68	M ₁ =	18,02	fuktt.	1,7
T _{int} =	22	b=	1,098	v _{int} =	5		
T _{ext} =	1,6	n=	8,02	v _{ext} =	6,7		

yttervägg + 70mm yttre tilläggsisolering

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _i (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	1,6	5,41287	5	92,37
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	1,9	5,5245	5,0042	90,58
mineralull	0,07	0,037	3E-05	1,891892	2800	2,02	5,57159	5,1914	93,18
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,633333	76000	16,2	13,7742	5,2308	37,97
puts	0,02	1,2	2E-06	0,016667	13333	20,9	18,2197	6,2979	34,57
tapet	0,001				15000	21	18,3517	6,4852	35,34
inne				0,13	300	22	19,41	6,7	34,52
summa				2,728559	1E+05				

Bilagor

månad	Oktober	a=	288,68	M _v =	18	fuktt.	1,7
T _{innre} =	22	b=	1,098	v _{innre} =	7,5		
T _{utre} =	8,7	n=	8,02	v _{utre} =	9,2		

yttervägg + 120mm yttre tilläggsisolering

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _i (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	8,7	8,6606	7,5	86,6
puts	0,02	1,2	2E-06	0,01667	13333	8,83	8,7333	7,5041	85,93
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,24324	4800	8,88	8,7637	7,6883	87,73
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,63333	###	19,5	16,747	7,7546	46,31
puts	0,02	1,2	2E-06	0,01667	13333	21,5	18,883	8,8045	46,63
tapet	0,001				15000	21,6	18,942	8,9887	47,45
inne				0,13	300	22	19,41	9,2	47,4
summa				4,07991	1E+05				

månad	November	a=	288,68	M _v =	18	fuktt.	1,7
T _{innre} =	22	b=	1,098	v _{innre} =	5,8		
T _{utre} =	4,1	n=	8,02	v _{utre} =	7,5		

yttervägg + 120mm yttre tilläggsisolering

skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _i (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	4,1	6,4091	5,8	90,5
puts	0,02	1,2	2E-06	0,01667	13333	4,28	6,4846	5,8041	89,51
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,24324	4800	4,35	6,5163	5,9883	91,9
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,63333	###	18,6	15,902	6,0546	38,07
puts	0,02	1,2	2E-06	0,01667	13333	21,4	18,704	7,1045	37,98
tapet	0,001				15000	21,4	18,783	7,2887	38,81
inne				0,13	300	22	19,41	7,5	38,64
summa				4,07991	1E+05				

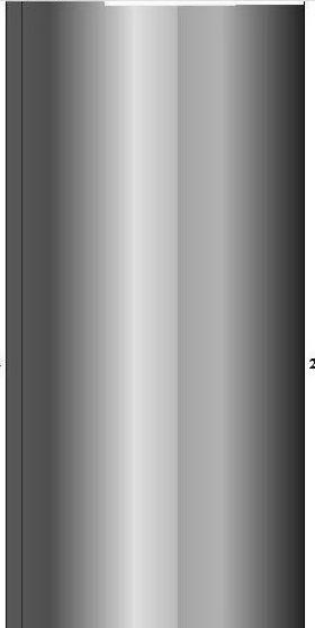
månad	December	a=	288,68	M _v =	18	fuktt.	1,7
T _{innre} =	22	b=	1,098	v _{innre} =	5		
T _{utre} =	1,6	n=	8,02	v _{utre} =	6,7		

yttervägg + 120mm yttre tilläggsisolering

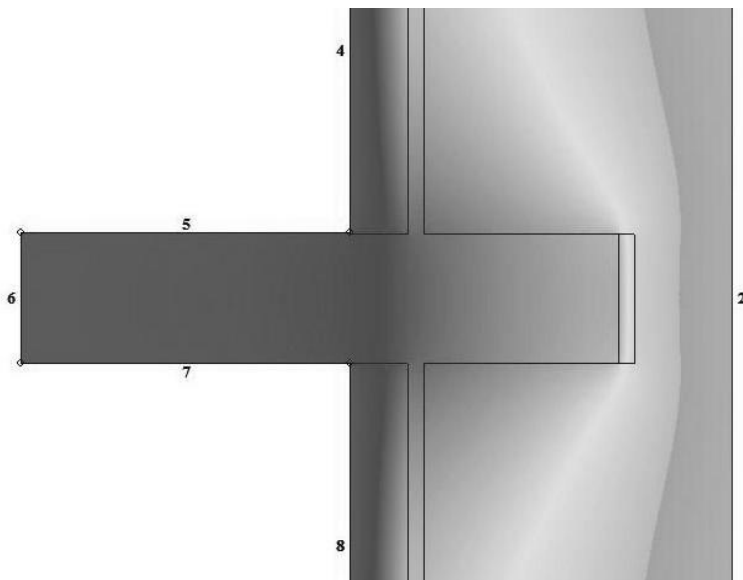
skikt	L (mm)	λ (W/mK)	δ (m ² /s)	R (m ² K/W)	Z (s/m)	T (°C)	v _i (g/m ³)	v (g/m ³)	RF (%)
ute				0,04	300	1,6	5,4129	5	92,37
puts	0,02	1,2	2E-06	0,01667	13333	1,8	5,4873	5,0041	91,19
mineralull	0,12	0,037	3E-05	3,24324	4800	2,53	5,7679	5,1883	89,95
tegel	0,38	0,6	5E-06	0,63333	###	18,1	15,459	5,2546	33,99
puts	0,02	1,2	2E-06	0,01667	13333	21,9	19,317	6,3045	32,64
tapet	0,001				15000	21,3	18,697	6,4887	34,71
inne				0,13	300	22	19,41	6,7	34,52
summa				4,07991	1E+05				

Bilaga H. Detaljer i HEAT2-beräkningarna

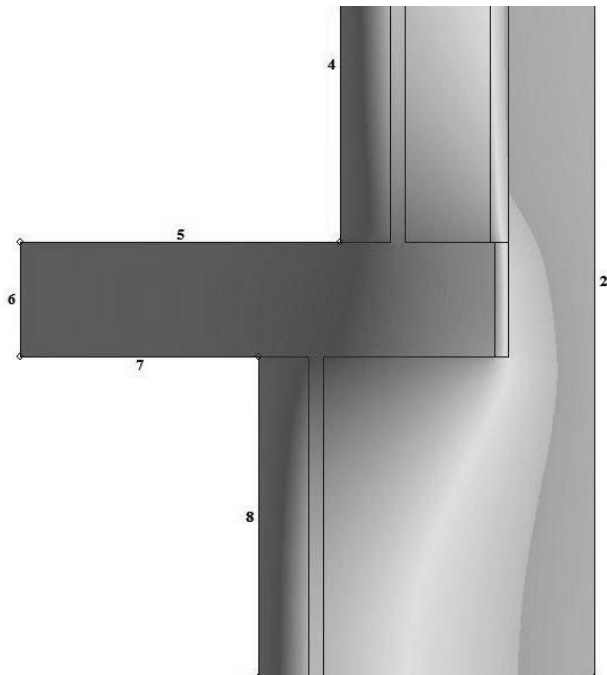
Nedan presenteras de olika detaljer som är undersökta med HEAT2. Dock visas inte alla detaljerna här, utan endast en av varje typ, på de andra förekom isoleringen på andra ställen eller av annan tjocklek.



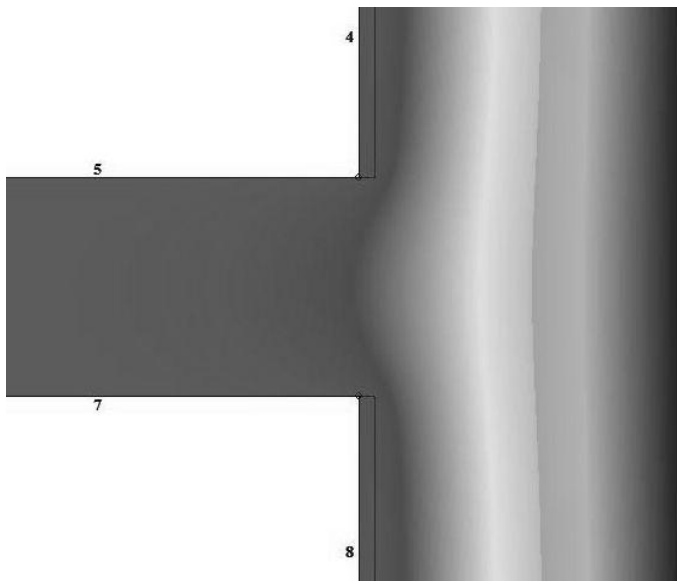
Detalj: Endast vägg.



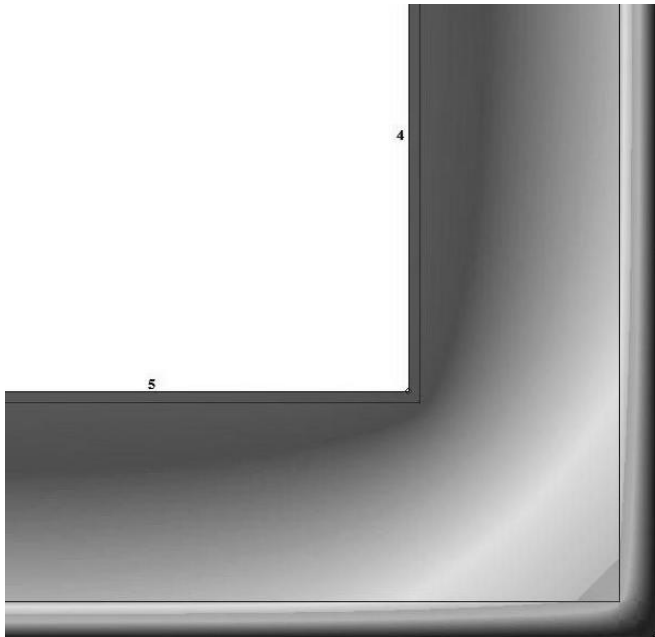
Detalj: Anslutning yttervägg mot bjälklag.



Detalj: Anslutning yttervägg över och under fönster mot bjälklag.



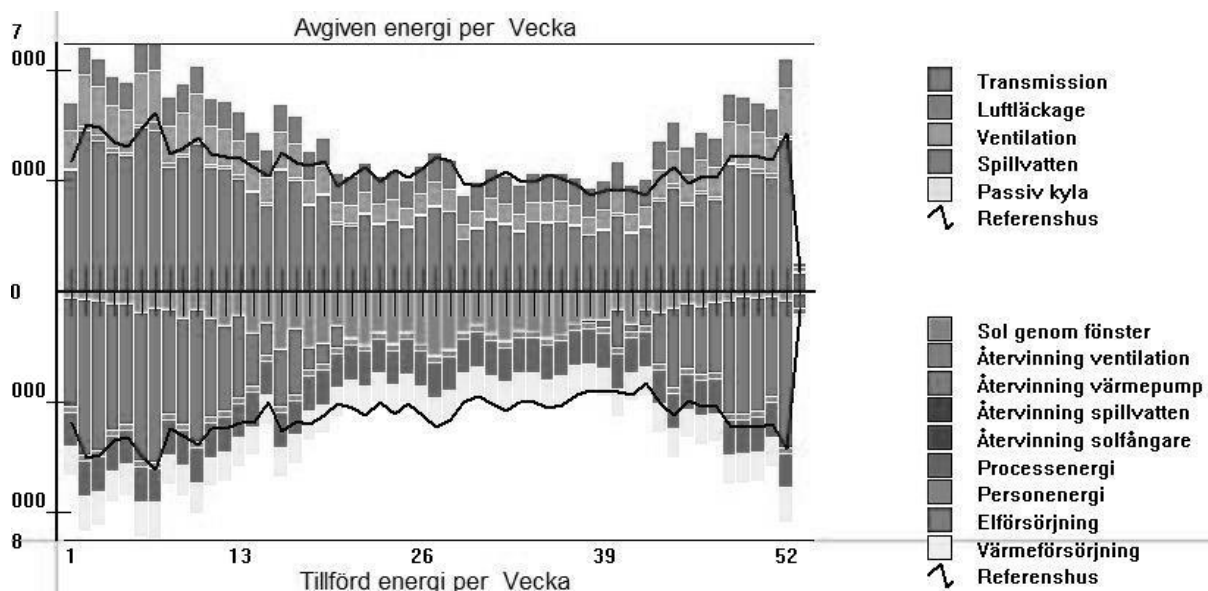
Detalj: Anslutning innervägg mot yttervägg.



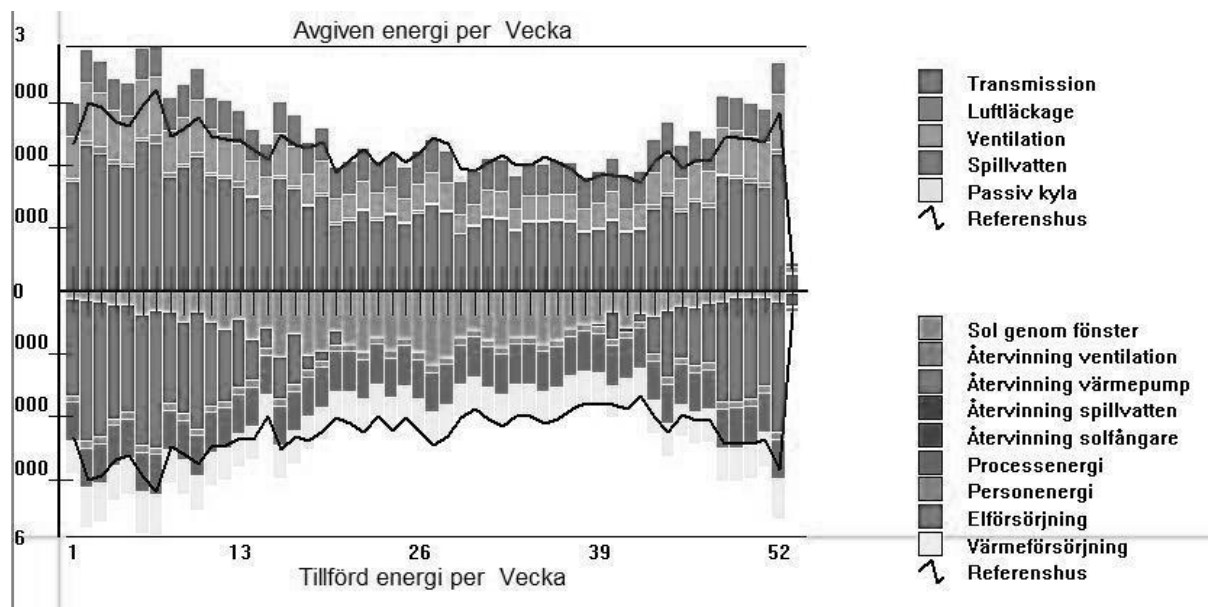
Detalj: Hörn.

Bilaga I. Diagram från VIP+

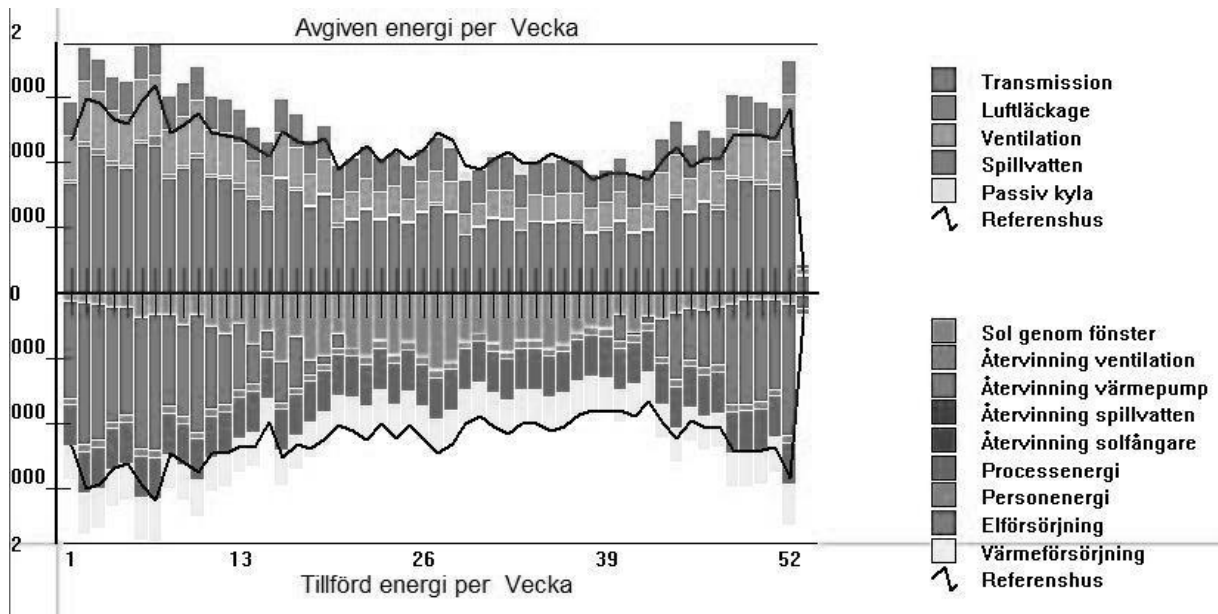
Diagrammen nedan visar fördelningen av den använda energin på de olika posterna under ett år. Diagram finns för de olika förändringarna med yttre och inre tilläggsisolering, fönsterbyte och tätning av klimatskalet. Dessutom visas beräkningarna för den befintliga byggnaden som referens. Den heldragna svarta linjen i diagrammen visar referenshuset beräknad med konstruktion och ventilation enligt BBR.



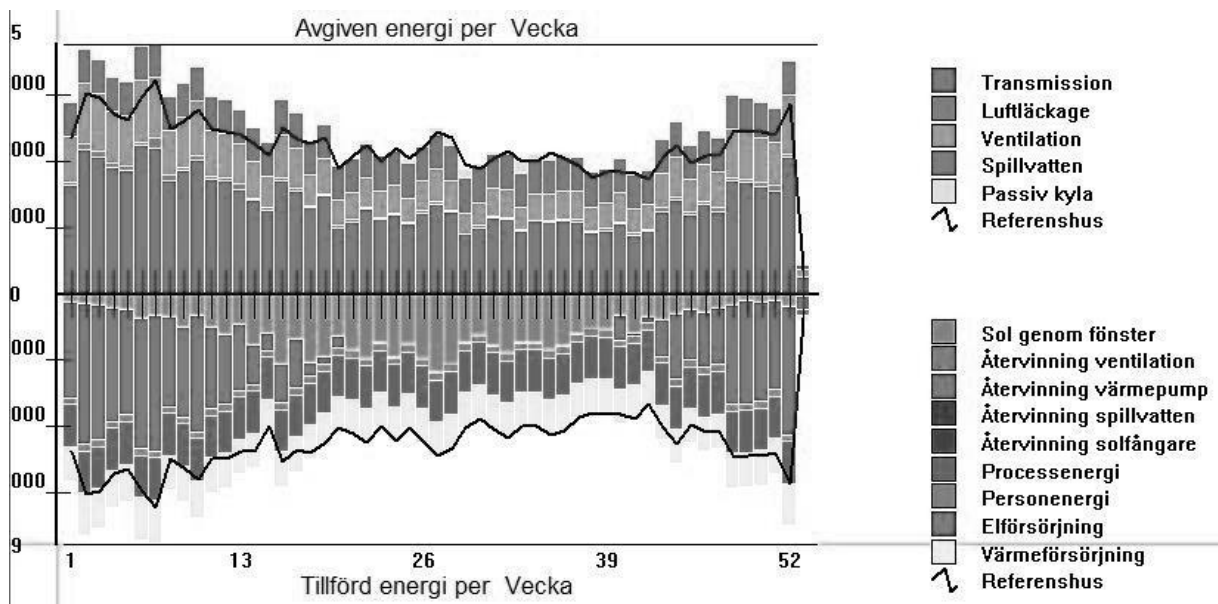
Energianvändningen för den befintliga konstruktionen.



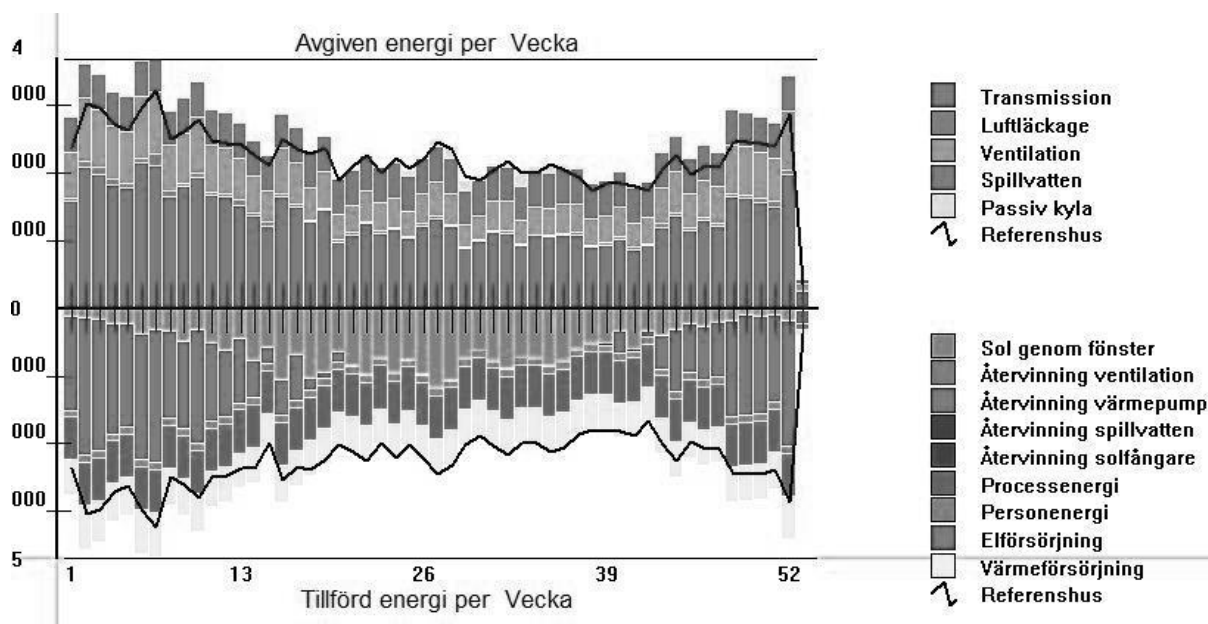
Energianvändningen för den befintliga konstruktionen med 70 mm inre tilläggsisolering.



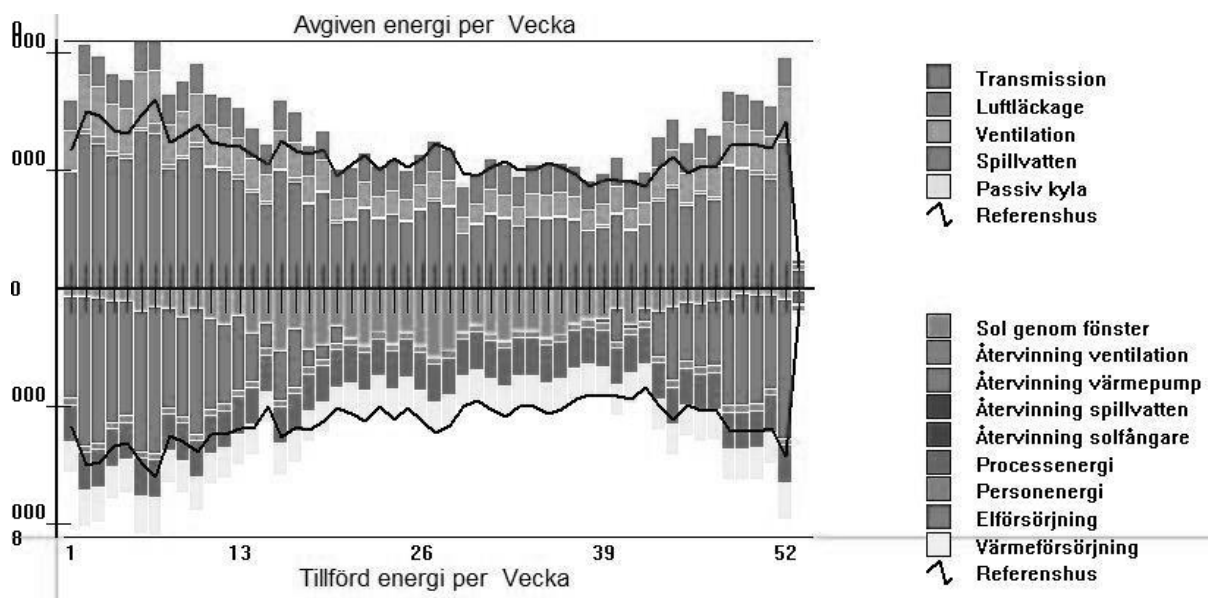
Energianvändningen för den befintliga konstruktionen med 120 mm inre tilläggsisolering.



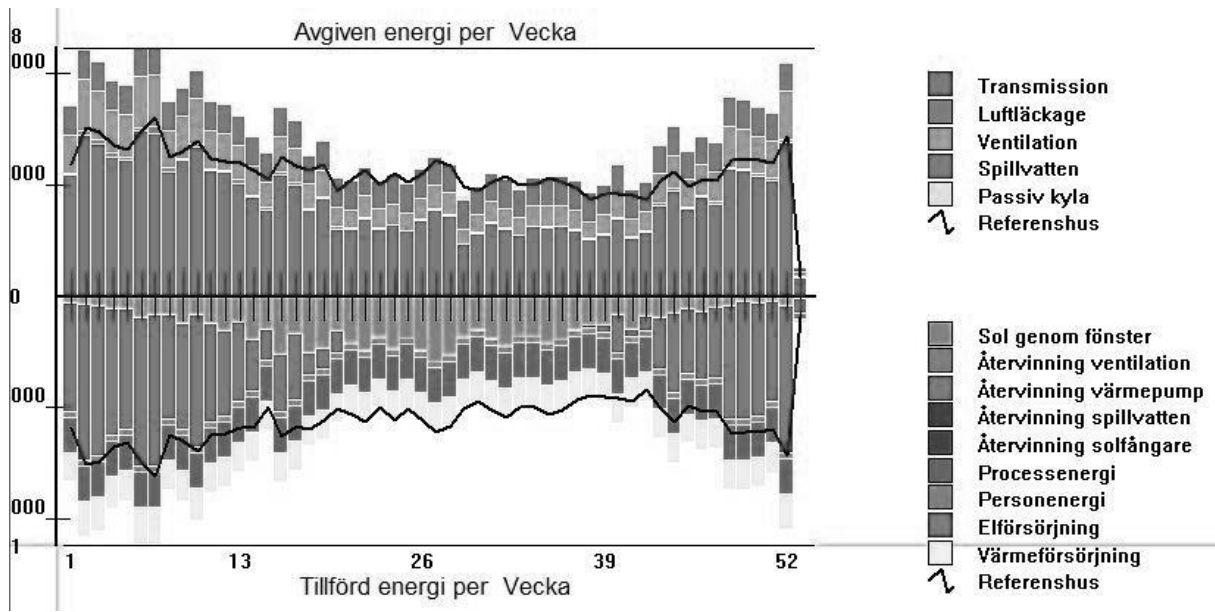
Energianvändningen för den befintliga konstruktionen med 70 mm yttre tilläggsisolering.



Energianvändningen för den befintliga konstruktionen med 120 mm yttre tilläggsisolering.



Energianvändningen för den befintliga byggnaden fast med fönster med U-värde på 1,2.



Energianvändningen för den befintliga konstruktionen efter klimatskalet gjorts tätare.