

Köldbryggor och energiförluster

– En studie om energiförluster genom balkonginfästningar och deras betydelse för byggnadens totala energibehov.



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg och Miljöteknologi/Byggnadsfysik

Examensarbete:
Andrés Leyton

© Copyright Andrés Leyton

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

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

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds Universitet
Lund 2009

Sammanfattning

I denna rapport har balkonginfästningar för en fastighet på Bo01-området i Malmö studerats. Fastigheten som heter Vitruvius innehåller fyra byggnader där två av dem har utkragande balkonger med intermittert infästning. Intermittert infästning innebär att den 50 mm köldbryggebrytande isoleringen som balkongerna är utrustade med, bryts regelbundet av en 300 mm betongklack. Armeringsjärnet som spänner upp själva balkongen passerar igenom denna betongklack.

Första steget i denna studie var att påvisa existensen av köldbryggor i balkonginfästningen. Detta gjordes genom att mäta temperaturen för balkongplattorna med hjälp av en värmekamera. Termograferingen visade att genomsnittstemperaturen i balkongplattorna var $3,4^{\circ}\text{C}$ då uteluftstemperaturen var $-1,2^{\circ}\text{C}$.

Vid beräkningen av energiflödet genom balkongernas infästning, med värmeberäkningsprogrammet HEAT2, konstaterades att den specifika energiförlusten var $88,0 \text{ W/K}$, där betongklacken orsakade mer än hälften av förlusterna, närmare bestämt 56 W/K .

För att kunna minska energiförlusterna vid infästningen av balkongerna studeras en alternativ lösning, *balkonginfästning HIT*. Denna lösning är hämtad från HALFEN-DEHA AB och åstadkommer en obruten köldbryggebrytande isolering. Enligt beräkningarna genomförda med värmeberäkningsprogrammet HEAT2 konstaterades att transmissionsförlusterna vid balkonginfästningarna minskade med 84 % vid användning av en sådan konstruktionslösning.

Med hjälp av energiberäkningsprogrammet VIP+ studerades hur stor betydelse ovan nämnda energiförluster har för byggnadens totala energibehov. Simuleringarna i programmet visade att fastighetens totala energianvändning ökade med $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{år})$, vilket innebär en ökning av energibehovet på 2,6 % på grund av energiförlusterna i balkonginfästningen.

Nyckelord: Köldbryggor, energianvändning, energieffektivisering, energisimulering, energiförlust, balkonginfästning, värmefflöde, Vip+, HEAT2.

Abstract

In this report the balconies' abutments for a property in Bo01-area in Malmö has been studied. The property which is called Vitruvius contains four buildings where two of them have corbelling balconies with intermittent abutments. With intermittent abutment means that the 50 mm thermal bridge insulation that the balconies is equipped with, is broken regularly by a 300 mm concrete heel. The reinforcement bar that holds the balcony runs through this heel.

The first step in this study was to prove the existence of thermal bridges in the balcony abutment. This was done through measuring the temperature of the balconies with a thermal camera. The thermographic picture showed that the average temperature in the balcony was 3.4°C with an outdoor temperature of -1.2°C .

Then when the energy losses through the balcony abutments were calculated, with the heat calculation programme HEAT2, it was established that the energy loss was 88.0 W/K, where the concrete heel caused more than half of the losses, about 56 W/K.

In this report an alternative solution is also studied in order to decrease the energy losses at the abutment of the balconies. This solution made by HALFEN-DEHA AB called *balkonginfästning HIT* achieves an unbroken thermal bridge insulation. According to the calculation implemented with the heat calculation programme HEAT2, it was established that the transmissions losses decreased with 84 % by use of such a construction solution.

Further, it has been shown by the energy calculation programme VIP +, what impact these losses have on the total energy need of the buildings. Simulations showed that the energy need increased by $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{years})$, an increase of 2.6% , caused by energy losses in the balcony abutment.

Keywords: Thermal bridges, energy use, energy efficiency, energy simulation, energy losses, balcony abutment, heat transmittance, Vip+, HEAT2

Förord

Under min utbildning har mina nyförvärvade kunskaper inom byggt teknik och energieffektivisering av bostäder starkt påverkat mitt beslut beträffande inriktningen på mitt examensarbete.

Under våren 2007 tog jag kontakt med professor Jesper Arfvidsson vid avdelningen för byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola och förklarade mitt önskemål. Tillsammans började vi skissa på vad som slutligen skulle bli detta examensarbete.

Under utformningen av detta arbete har jag haft svårigheter att få fram den information som behövdes. Anledning till detta upptäcktes vara att många är trötta på den stora uppmärksamhet som Bo01 projektet har väckt bland studenter. De ansvariga förefaller inte längre ha tid eller motivation för att ställa upp och svara på alla intervjuer, enkäter och studier som ständigt pågår i detta område. Därför har arbeten under resans gång ändrats i sin utformning men budskapet är fortfarande detsamma.

Jag vill först rikta ett stort tack till min handledare, professor Jesper Arfvidsson för sin entusiastiska mottagning och stöd under genomförandet av detta arbete. Jag vill också tacka min examinator Katja Fridh.

Jag vill även rikta ett stort tack till Stephen Burke, doktorand vid avdelningen för byggnadsfysik som tillbringade många timmar med mig för att hjälpa mig att komma igång med energiberäkningsprogrammen.

Vidare vill jag tacka alla som hjälpte till och bidrog med betydelsefull information som gjorde det möjligt att genomföra mitt arbete.

Jag tackar också min fru Anna för hennes uppmuntran och tålamod.

Helsingborg, augusti 2007-08-09
Andrés Leyton

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	2
1.1 BAKGRUND.....	2
1.2 SYFTE.....	3
1.3 METOD.....	3
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	4
2 ENERGILÄGET I SVERIGE 2006	5
2.1 SVERIGES ENERGIANVÄNDNING I BOSTADSSEKTORN.....	5
2.2 BOVERKETS NYA BYGGREGLER FÖR ENERGIHUSHÅLLNING	6
2.2.1 <i>EU-direktiv 2002/91/EG</i>	8
3 ENERGIBERÄKNINGAR I BOSTADSHUS	9
3.1 BYGGNADENS ENERGIBALANS.....	10
3.2 KÖLDBRYGGOR	13
4 BERÄKNINGSPROGRAM	15
4.1 VAL AV BERÄKNINGSPROGRAM.....	15
4.1.1 <i>HEAT</i>	16
4.1.2 <i>Vip+</i>	16
5 VITRUVIUS I VÄSTRA HAMNEN	18
5.1 BYGGNADSBEKRIVNING	19
5.2 BALKONGERNAS KONSTRUKTIONSDETALJERNA	21
5.3 TERMOGRAFERING	24
5.3.1 <i>Resultat</i>	25
5.4 ALTERNATIV LÖSNING FÖR BALKONGINFÄSTNINGAR	27
6 SIMULERING OCH RESULTAT	29
6.1 SIMULERING MED HEAT.....	29
6.1.1 <i>Resultat</i>	30
6.2 SIMULERING MED VIP+	31
6.2.1 <i>Resultat</i>	32
7 FELKÄLLOR	35
8 DISKUSSION OCH SLUTSATS	36
9 REFERENSER	38
9.1 TRYCKTA KÄLLOR	38
9.2 ELEKTRONISKA KÄLLOR.....	39
9.3 DATA PROGRAM KÄLLOR.....	40
9.4 MUNTliga KÄLLOR.....	40
9.5 ÖVRIGA KÄLLOR	40

10 BILAGOR	41
10.1 BILAGA 1: BEGREPP OCH SYMBOLER	41
10.2 BILAGA 2: BYGGNADENS ENERGIBERÄKNING.....	42
10.3 BILAGA 3: VITRUVIUS:s SITUATIONSPLAN	47
10.4 BILAGA 4: HEAT3 SIMULERING	48
10.5 BILAGA 5: VITRUVIUS:s SAMTLIGA BALKONGER.....	49
10.6 BILAGA 6: HEAT2 SIMULERINGSMODELLER	52
10.7 BILAGA 7: HEAT2 ALTERNATIV LÖSNINGS SIMULERINGSMODELLER	57
10.8 BILAGA 8: SAMMANSTÄLLNING AV SIMULERINGARNAS RESULTAT GENOMFÖRT MED HEAT2.....	60
10.9 BILAGA 9: SAMMANSTÄLLNING AV SIMULERINGARNAS RESULTAT GENOMFÖRT MED VIP+.....	63

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Till bomässan Bo01 byggdes ett område i Västra hamnen i Malmö. Det gamla varvs- och industriområdet omvandlades till en modern stadsdel med bostäder och verksamheter. Temat för bomässan var ”Framtidsstaden i det ekologiskt hållbara informations- och välfärdssamhället”. För att kunna säkerställa de höga målen om en hållbar stadsdel upprättade Malmö Stad i samarbete med Bo01 och byggherrerepresentanter ett kvalitetsprogram där det bestämdes att den totala energianvändningen för fastigheterna i detta område inte fick överstiga 105 kWh/(m²BRA, år). Detta inkluderar all fastighetsanknuten energi. Energi som produceras eller återvinns inom fastigheten var också inkluderad¹.

För att Bo01 skulle bli ett internationellt ledande exempel på miljöanpassning av tät stadsbebyggelse och där området skulle fungera som en motor i Malmös omställning till ekologisk hållbarhet bidrog staten med nästan 250 miljoner kronor för åtgärder som bland annat syftade till bättre byggteknik för att säkra en låg energianvändning².

I en licentiatavhandling gjord av Annika Nilsson vid avdelningen för Byggnadsfysik, LTH med titeln *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*, har energiförbrukningen för tio av Bo01:s byggnader undersökts och ingen av dessa byggnader klarade energikravet som ställdes i kvalitetsprogrammet. I rapportsammanfattningen står: ”De flesta fastigheter har felmarginaler på 40-60 % av beräknat energibehov, vilket bör ses som alldeles för stor. Det finns klara indikationer på att beräknat energibehov är för lågt...” En slutsats var att orsaken till de stora energiförlusterna kan bland annat bero på en underskattning av effekten av köldbryggorna. Det kan konstateras att vid mer än hälften av de undersökta byggnaderna har det inte angivits något mått på transmissionsförlusterna på grund av köldbryggorna.

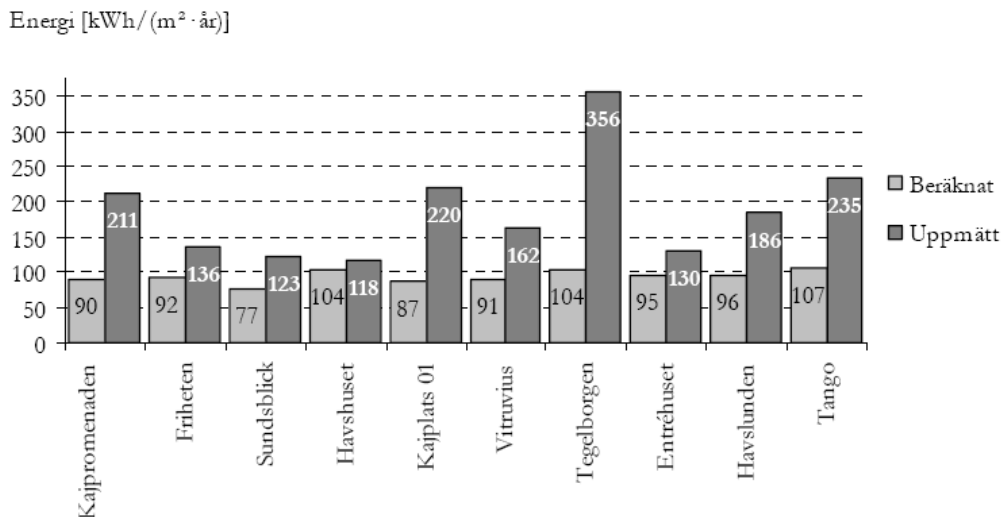
Nilssons rapport väcker frågeställningen om vilken roll köldbryggorna spelar vid energiberäkning. Kunde det vara så att en underskattning av effekten av transmissionsförlusterna vid energiberäkningarna gjort att det beräknade energibehovet för byggnaderna inte stämte med det uppmätta?

¹Byggherrarnas och deras konsulter, (2002). *Kvalitetsprogram dp 4537 – 2002-03-15*.

http://www.ekostaden.com/pdf/kvalitetsprogram_rev_bo01_sv.pdf

²Välkommen till Ekostaden Malmö på nätet. *LIP Bo01*. Internet (2007/07/20)

http://www.ekostaden.com/lip_klimp/ekostaden_tpl_01.aspx?pageID=53&parentID=140§ionID=3&level=4&introID=132



Figur 1.1 Figuren visar en sammanställning av energianvändningen för samtliga fastigheter som ingick i Nilssons studie. Diagrammet visar skillnaden mellan det beräknade energibehovet framtaget av byggherrarna och det uppmätta värdet enligt Nilssons undersökning.³

1.2 Syfte

Under de senaste åren har medvetenheten om miljöpåverkan och energiresursernas ändlighet ökat. Den globala uppvärmningen och väderförändringar har tvingat oss att bli mer medvetna om vårt eget ansvar. Prognoserna förefaller inte lovande om vi inte skrider till handling nu. I linje med att bygga ett ekologiskt hållbart samhälle med bland annat energieffektiva byggnader, är det viktigt att veta var de stora energiförlusterna finns, för att kunna åtgärda dem i god tid.

Syftet med detta examensarbete är att fastställa hur stor del av det totala energiförlusterna sker genom balkonginfästningen och därmed svara på frågan om hur stor inverkan av dessa köldbryggor är på byggnadens totala energibehov.

Utöver detta görs också en generell beskrivning av byggnadens energiberäkning som syftar till att ge läsaren en överskådlig bild av hur en byggnads energibehov förhåller sig till dess prestanda och användarens vanor.

1.3 Metod

Till Bo01 presenterades många olika konstruktioner där varje byggnad har ett unikt koncept med egna lösningar. För att kunna dra mer generella slutsatser

³ Diagrammet är hämtad från Annika Nilssons rapport med titel "Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö". (2003) Lund. s.56

har denna studie valt en byggnadskonstruktion från Bo01 som inte i någon större omfattning avviker från ett vanligt flerbostadshus.

För att kunna påvisa värmeutstrålning från byggnaden och därmed eventuella köldbryggor i balkongen har en värmekamera använts.

För beräkning av köldbryggornas omfattning vid balkonginfästningarna har flera simuleringsmodeller gjorts i värmeberäkningsprogrammen HEAT2 och HEAT3. Därefter har den information som HEAT-programmet gett, använts vid bestämning av köldbryggornas påverkan på byggnadens totala uppvärmningsbehov. För beräkning av byggnadens uppvärmningsbehov användes energiberäkningsprogrammet Vip+.

Som stöd för beräkningarna användes det material som avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskolan disponerar om den valda byggnaden, samt insamlat material från Malmös stadsarkiv, Conbytec AB, Arkitekt Magasinet AB och E.ON Sverige.

Större delen av litteraturmaterialet som använts i denna studie utgörs av kurslitteratur och andra examensarbeten. Dessutom har offentligt material från statliga och kommunala organisationer också använts.

1.4 Avgränsningar

Denna studie avgränsas till att enbart beräkna värmeflödet genom balkonginfästningarna för att därmed uppskatta inverkan av dessa köldbryggor på byggnadens totala energibehov. Byggnadens övriga köldbryggor eller fukt och dess inverkan på värmetransporten behandlas inte i denna studie även om dessa är lika viktiga vid bestämningen av byggnadens energiförluster.

Konstruktionslösningarna som studerats i detta arbete berör bara den utvalda byggnaden. Övriga balkongkonstruktioner som hittas i Bo01-området behandlas inte i denna studie.

Undersökningen utfördes helt utan hänsyn till ekonomiska perspektiv, det vill säga att inga livscykelkostnadsanalyser eller kostnadskalkyler har gjorts vid förslag av en mer energieffektiv konstruktionslösning för balkonginfästningarna.

2 Energiläget i Sverige 2006

I kapitlet ges först en sammanfattad beskrivning av Sveriges energianvändning inom bostadssektorn och därefter beskrivs kraven som de nya direktiven om byggnadernas energiprestanda ställer på byggnadernas energihushållning.

2.1 Sveriges energianvändning i bostadssektorn

Uppgifterna som redovisas i denna kapitel är hämtade från en rapport av statens Energimyndighet som presenterades år 2006 med titel "Energiläget 2006".

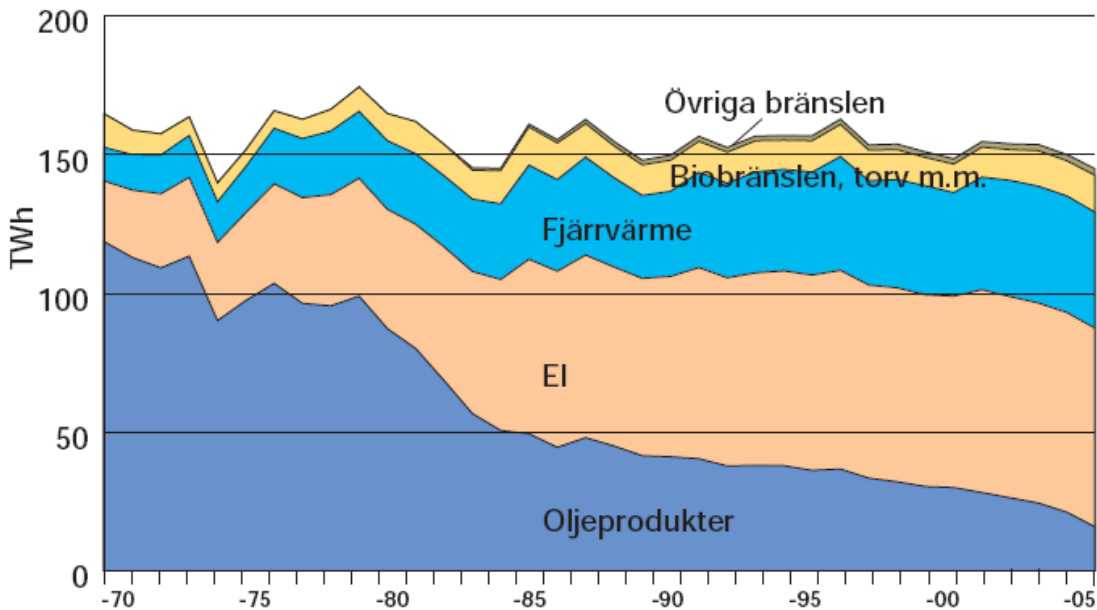
Under perioden 1970 till 2005 har antalet bostäder i landet ökat med nästan 40 % till ca 4,4 miljoner bostäder. Under 2005 påbörjades byggandet av 31 100 bostäder, vilket är en ökning med 14 % jämfört med föregående år. Trots detta har användning av fossila bränslen i sektorn bostäder och service⁴ inte ökat. Orsaken till nedgången beror till stor del på att uppvärmning allt oftare sker med fjärrvärme, el eller biobränslen än med olja. I figur 2.1 syns det tydligt hur oljeanvändningen inom sektorn dalat de senaste åren. En viktig orsak till det är höga oljepriser.

Energianvändningen i sektorn bostäder och service uppgick år 2005 till 145 TWh, vilket motsvarar ca 36 % av Sveriges totala energianvändning. Detta är ca 5,8 TWh mindre än året innan.

Inom sektorn bostäder och service sker den största delen av energianvändningen, 87 %, i bostäder och lokaler. Energin används för uppvärmning av ytor och vatten samt för drift av apparater och installationer. Dryg 60 % av den totala energianvändningen inom denna sektor går till uppvärmning och varmvatten. Totalt användes i Sverige under 2005, enbart i bostäder och lokaler, 85,3 TWh för uppvärmning inklusive varmvatten.

I flerbostadshusen är fjärrvärme det vanligaste uppvärmningsalternativet. Under 2005 värmdes ca 77 % av ytorna i lägenheter med enbart fjärrvärme. Enbart oljeuppvärmning förekom för 2 % av lägenhetsytorna. Enbart elvärme förekom på 3 %. Övrig yta värmdes med kombinationer av olika uppvärmningskällor eller med gas eller biobränsle.

⁴ **Sektorn bostäder och service består av:** bostäder, lokaler exklusive industrilokaler, fritidshus, areella näringar och service, vilket inkluderar byggsektor, gatu- och vägbelysning, avlopps- och reningsverk, el- och vattenverk.



Figur 2.1 Slutlig energianvändning inom sektorn bostäder och service 1970-2005⁵

Som figur 2.1 visar har energianvändning inom sektorn minskat de senaste åren. Orsaken till detta beror på flera faktorer. En är temperaturförhållandena, en kall vinter ger ett stort uppvärmningsbehov. Exempel på kalla år är 1996 och 1997, medan 1999 och 2000 är exempel på varma år. Efter år 1987 har alla år utom 1996 varit varmare än normalt. Detta slår igenom i det faktiska uppvärmningsbehovet. Dessutom har energieffektivisering i befintliga hus, samt faktum att nya hus har mindre uppvärmningsbehov än gamla, gjort att den genomsnittliga energianvändningen minskat. Andra faktorer, som också har bidragit till en minskning av energianvändning till uppvärmning under de senaste åren, är en ökad användning av värmepumpar och mer energieffektiva apparater och installationer vilket gör att elanvändning inte ökar trots allt fler apparater och installationer i hemmet och på arbetsplatserna.

2.2 Boverkets nya byggregler för energihushållning

Boverket är den nationella myndigheten som har ansvaret för samhällsplanering, stads- och bebyggelseutveckling, byggande och förvaltning samt bostadsfrågor. Dessutom ansvarar Boverket för administrationen av statliga bostadsstöd i form av bidrag eller stöd till finansiering av bostäder⁶.

Som regeringens expertmyndighet handhar Boverket reglerna för byggnader och konstruktioner, vilka samlas i *Boverkets byggregler* (BBR) och *Boverkets konstruktionsregler* (BKR).

⁵ Energiläget 2006, s29. <http://www.vok.lth.se/~eep/courses/em/Energilaget2006.pdf>

⁶ Boverket. *Om Boverket*. www.boverket.se (2007-06-13)

I Boverkets nuvarande byggregler för energihushållning ställs främst krav på byggnadens energiförluster där enligt den allmänna beskrivningen byggnaderna ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning⁷. För att kunna styra mot detta mål har Boverket gjort flera ändringar i BBR:s kapitel 9 och ställt nya krav på byggnadens specifika energianvändning under ett normalt år.

Byggnadens energianvändning definieras enligt BBR som ”den energi som, vid normalt brukande under ett år, behöver levereras till byggnaden (ofta benämnd köpt energi) för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar, etc.) och övrig fastighetsel”.

Därutav kan den specifika energianvändningen förenklas till följande definition:

$$\frac{\text{Byggnadens energianvändning under ett normalår (kWh/år)}}{\text{Golvarean } A_{temp} \text{ (m}^2\text{)}}$$

Enligt de nya reglerna som trädde i kraft den 1 juli 2006 anges i BBR, kapitel 9, avsnitt 9.2, att bostadsbyggnadens specifika energianvändning högst får uppgå till 110 kWh per m² golvarean (A_{temp}) och år i klimatzon söder och 130 kWh per m² golvarean (A_{temp}) och år i klimatzon norr. Dessutom är motsvarande krav för en- och tvåbostadshus med direktverkande elvärme som huvudsaklig uppvärmningskällan, 75 kWh per m² golvarean (A_{temp}) och år i klimatzon söder och 95 kWh per m² golvarean (A_{temp}) och år i klimatzon norr. Utöver detta anger också avsnittet att garage inte ska medräknas i golvarean (A_{temp}) och att byggnadens specifika energianvändning får reduceras med energi från solfångare och solceller som finns installerade i byggnaden. I energianvändningen ingår inte bostädens hushållsel och lokalers verksamhetsel.

Förutom krav på specifik energianvändning ska byggnaden även uppfylla krav på klimatskärmens isolering där BBR kräver att den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m)⁸ får för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) inte överskrida 0,50 W/m²K.

⁷ Boverket. *Boverkets byggregler*. Kap. 9 www.boverket.se (2007-07-05)

⁸ För definition av U_m se bilaga 1

2.2.1 EU-direktiv 2002/91/EG

Inom EU har antagits ett direktiv om krav på byggnaders energiprestanda (Europaparlamentets och Rådets direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002). Syftet med direktivet är att effektivisera energianvändningen i bebyggelser och därigenom minska miljöbelastning i form av växthusgaser.

Enligt direktivet är fastighetsägare skyldiga att, med hjälp av en energiexpert, upprätta en energideklaration när en byggnad ska uppföras, innan en byggnad säljs, när en bostad/lokal ska hyras ut eller när en bostadsrätt ska överlåtas. Dessutom ska alla byggnader större än 1 000 m² med offentlig verksamhet energideklareras.

I det nu beslutade direktivet finns också under artikel 7 krav på så kallad energicertifikat⁹. Här åläggs medlemsstaterna att tillse att en fastighetsägare tillhandahåller en presumtiv köpare eller hyresgäst ett certifikat när en fastighet säljs eller hyrs ut. Undantag från kravet görs i artikel 4 beträffande bostadshus som är avsedda för användning mindre än fyra månader per år och för fristående byggnader med en total användbar golvyta på mindre än 50 m².

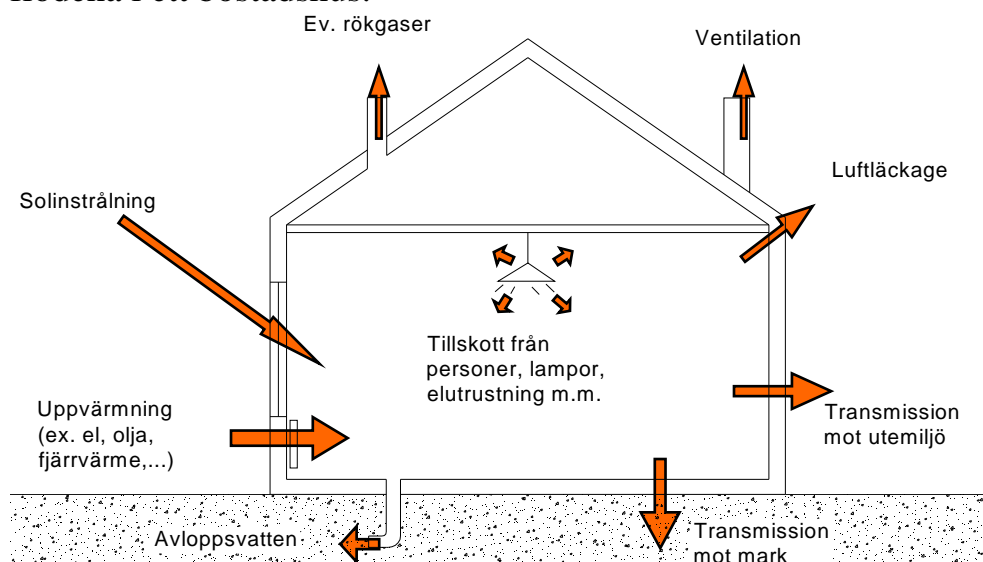
⁹ Regerings proposition 2005/06/:145. *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*. Harpsund, 2006/03/16. <http://www.regeringen.se/content/1/c6/06/07/62/1c4206aa.pdf>

3 Energiberäkningar i bostadshus

I detta kapitel ges först en överskådlig bild av energiflödena i ett bostadshus och därmed en generell beskrivning av byggnadens energibalans och dess delposter. Syftet med kapitlet är att ge ett större förståelse om de bakomliggande parametrar som energiberäkningar för ett bostadshus utgörs av¹⁰.

I Sverige är det under större delen av året kallare utomhus än vad som är önskvärt inomhus. Därför är förhindrandet av värmetransport ut ur byggnaden en viktig teknisk fråga. Utöver detta ställs också flera funktionskrav på en byggnad som t ex att inomhustemperaturen ska hållas på önskad nivå, tillräcklig med friskluft ska finnas, apparater och belysning ska fungera och att varmvatten ska vara tillgängligt. För att kunna uppnå dessa krav är det nödvändig med en konstant energiförsörjning till byggnaden. Denna sker via byggnadens värme- och varmvattensystem, via el till belysning och apparater, genom solinstrålning och personvärme. Den energimängd som tillförs byggnaden är i sin tur starkt beroende av den energi som lämnar den, vilken i huvudsak sker genom klimatskalet (alla väggar, tak, grund, fönster och anslutningar som omsluter byggnaden), genom den varma luft som ventileras ut och genom det ljumma avloppsvattnet. Genom återvinning kan dock en del av energiförlusterna från ventilationen och avloppsvattnet återföras till systemet.

För att kunna uppnå en komfortabel inomhusmiljö i bostaden är det viktig att hålla energiflödena i bra balans. Figur 3 visar en schematisk bild över energiflödena i ett bostadshus.



Figur 3 Energiflöden i ett bostadshus

¹⁰ Underlaget som användes i detta kapitel är till största del hämtade, om inget annat anges, från en rapport gjort av J. Svensson och A. Westberg med namn "Köldbryggors inverkan på energianvändningen" Lund, 2006. Samt diverse kursmaterial.

3.1 Byggnadens energibalans

Energibalansen för en byggnad kan definieras på olika sätt, men i grund och botten innebär det att lika mycket energi som byggnaden förlorar, genom att värmen oavsiktligt försvinner ut genom klimatskalen, måste tillföras för att uppnå balans. På så sätt kan en konstant inomhustemperatur erhållas. Se Ekvation 3.1.

$$\text{Ekvation 3.1} \quad E_{in} = E_{ut} \quad [\text{Wh}]$$

E_{in} = Energi som måste tillföras för att erhålla balans
 E_{ut} = Energimängd som oavsiktligt försvinner ut ur byggnaden

Den energi som tillförs byggnaden för att kunna uppnå önskat inneklimat kan beskrivas med sambandet enligt Ekvation 3.2.

$$\text{Ekvation 3.2} \quad E_{in} = E_{tillskott} + E_{köpt} \quad [\text{Wh}]$$

$E_{tillskott}$ = Energi från solinstrålning, personer och processer [Wh]
 $E_{köpt}$ = Energi som tillförs byggnaden och dess installationer. [Wh]

Tillskottsvärme utgörs av personvärme, solinstrålning och processenergi (värmespill). Dessa parametrar är starkt beroende av brukarnas vanor samt byggnadens konstruktion, vilket gör det svårt att uppskatta dem eftersom det inte finns några konstanta värden att använda sig av.

Tillskottsvärme kan vara både positiv som negativ. Solen, människor, lampor och apparater genererar värme som kommer tillgodo under uppvärmningssången. Men under den varma perioden kan värmertilskottet orsaka övertemperaturer som måste vädras ut eller i sämsta fall mekaniskt kylas ner för att kunna erhålla ett gott inomhusklimat.

Tillskott av solvärme sker framför allt genom fönstren. Soltillskottet är starkt beroende av fönstret väderstreck och kan beräknas som en funktion av väderstreck, solinstrålning, soltransmission och glasarea. Hur tillskottsvärme definieras visas i bilaga 2, Ekvation 3.5.

Köpt energi kan definieras som ” den uppmätta energi som under ett år i genomsnitt, per kvm (BRA), måste tillföras byggnaden och dess installationer för uppvärmning, tappvarmvatten, kylning, driftel, verksamhetsel och hushållsel –

*t ex den el som avläses från mätaren, mängden olja som går åt, mängden fjärrvärme som växlas i byggnaden, mängden bioenergi som förbrukas”.*¹¹

Mängden av köpt energi beror huvudsakligen av samspelen mellan teknik, klimat och brukarbeteende. Familjesammansättning och storlek, krav på inomhustemperaturer, användning av tappvarmvatten samt skötsel och tillsyn av installationer påverkar behovet av köpt energi. Därför är det nästan omöjligt att garantera en specifik familjs årliga behov av köpt energi. Det finns flera studier som påvisar förändringar i energianvändningen med $\pm 50\%$ då ett hus byter ägare. På samma sätt är det omöjligt för en brukare att avgöra och styrka om huset har allvarliga tekniska brister genom att bara titta på storleken av den köpta energin.¹²

I Boverkets energibalans ingår inte den köpta hushållselen i beräkningarna.¹³ Detta motiveras med att brukaren ofta själv står för kostnaderna och att denna post är svår för fastighetsägaren att påverka.

Den energimängd som oavsiktligt försvinner ut ur byggnaden kan beskrivas med sambandet i Ekvation 3.3.

$$\text{Ekvation 3.3} \quad E_{ut} = Q_{tot} \cdot G_T \quad [\text{Wh}]$$

Q_{tot}	= Totala specifika värmeeffektförlost	[W/K]
G_T	= Gradtimmar	[Kh]

Byggnadens specifika värmeeffektförlost är det summerade värdet av transmissions-, ventilations- och läckageförlost och definieras enligt Ekvation 3.4.¹⁴

Transmissionsförlost avser värmeflödet genom olika byggnadsdelar, till exempel väggar, tak och fönster. Den är linjärt beroende av temperaturdifferensen innanför och utanför klimatskalet, klimatskalets yta i förhållande till golvyta samt värmemotståndet i klimatskalet. Till transmissionsförlost räknas även köldbryggor vilket behandlas vidare i kapitel 3.2. Den specifika transmissionsförlosten redovisas i Ekvation 3.9¹⁵.

¹¹ Nilsson, Annika (2003). *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. Lund

¹² Bagge, Hans, Elmroth, Arne, Lindström, Lotti (2004). *Energianvändning och inneklimat i två energieffektiva småhus i Västra Hamnen i Malmö*. Lund

¹³ Boverket. Boverkets byggregler. Kap. 9:2

¹⁴ Se bilaga 2

¹⁵ Se bilaga 2

Ventilationsförluster är den värme som går förlorad när man ventilerar ut den varma inneluften. Ventilationsförlusterna kan inte på samma sätt som övriga förluster minskas genom att ”täppa till” och förhindra flödet eftersom en god ventilation är nödvändig för att ge ett bra inneklimat. För att en balans ska uppstå måste den varma luften som lämnar huset genom ventilation eller ofrivilligt läckage ersättas med ny luft. Den kalla luften måste således värmas upp till inomhustemperatur. Detta kan göras genom att återvinna värmeenergiinnehållet från frånluften (luften som ventileras ut) med hjälp av en värmeväxlare eller värmepump. Vid beräkning av den specifika ventilationsförlusten med återvinningsaggregat används Ekvation 3.12.¹⁶

Läckageförluster kan beskrivas som förluster på grund av ofrivilligt läckage genom klimatskalet där även vädringstillskottet inkluderas i denna post. De beräknas analogt med ventilationsförluster enligt Ekvation 3.14¹⁷. Det ofrivilliga luftläckaget är väldigt komplext att uppskatta korrekt då det dels beror på konvektion¹⁸ genom och i materialen, men även den konvektion som uppstår i otätheter där olika byggnadsmaterial möter varandra. Läckage mellan materialen beror i högsta grad på noggrannheten vid utförandet. Genom provmätningar av det färdiga huset kan det ofrivilliga luftläckaget kontrolleras.

Enligt de nya byggnormerna får det genomsnittliga luftläckaget vid ± 50 Pa tryckskillnad inte överskrida $0,6 \text{ l/s m}^2$ (arean A_{om} skall användas).¹⁹

Gradtimmor betecknas G_t , tidigare användes begreppet graddagar. Gradtimmor används för att överslagsmässigt beräkna en byggnads specifika värmeenergibehov. Gradtimmorna kan beskrivas som ”den summerade temperaturskillnaden mellan inne och uteluft multiplicerad med den tiden under vilken skillnaden råder”²⁰ och definieras enligt Ekvation 3.6.²¹

¹⁶ Se bilaga 2

¹⁷ Se bilaga 2

¹⁸ Konvektion kan sägas vara värmetransport på grund av luft- och vätskerörelse. Konvektion kan vara påtvingat eller så kallad egenkonvektion. Egenkonvektion beror på de luftrörelser som uppstår på grund av temperatur differenser mellan ytan och omgivande luft. -Lars Erik Nevander, Bengt Elmarsson (2001) *FUKT handbok* AB Svensk Byggtjänst. Stockholm.

¹⁹ Boverket. *BBR 12*. Kap. 9

²⁰ Warfvinge, Catarina (2003). *Installationsteknik AK för V*. Lund. s 6:44

²¹ Se bilaga 2

3.2 Köldbryggor

Informationen som användes i detta kapitel är hämtad, om inget annat anges, från examensarbetet "KÖLDBRYGGORS INVERKAN PÅ ENERGIANVÄNDNINGEN. En studie av två bostadshus med betongstomme" av J. Svensson och A. Westberg.

Köldbryggan är en lokal försvagning av klimatskärmen där värmeflödet ut ur byggnaden är större än övriga delar av klimatskärmen. Köldbryggorna utgörs ofta av material som har god värmeledningsförmåga som stål eller betong men även trä i en träkonstruktion kan vara en köldbrygga. Köldbryggor kan finnas till exempel vid anslutning mellan betongbjälklag, utkragande balkongplattor, runt fönster, metalliska infästningar (kramlor), reglar i regelväggar, etc.

Då risken för kondens, höga fuktillstånd eller nedsmutsning är stor i de områden där köldbryggorna finns kan köldbryggorna leda till ökade underhållskostnader. Stora temperaturdifferenser på väggens insida kan ge känsla av drag, så kallat strålningsdrag, som gör det obehagligt att vistas i rummet. Dessutom kan man även få stora temperaturrelaterade exempelvis vid invändigt isolerade betongväggar som medför sprickbildning och omtapetsering.²² Köldbryggor kan göra att väggens utsida lokalt blir lite varmare och torrare än väggens insida. Sådana köldbryggor gör att fasaden får en ojämn uttorkning som yttrar sig i form av tillfälliga nyansskillnader.

Tidigare har beaktning av köldbryggor syftat till att undvika hygieniska olägenheter eftersom mögel och smuts kan bildas på de kalla partierna som köldbryggorna utgör men även stigande underhållskostnader och minskad boendetrivsel har också fångat intresset för förbättring av byggnadsteknik och minskning av köldbryggor.

Nu för tiden har köldbryggornas problematik fått en mer energimässig karaktär. Det nya direktivet om energieffektivisering ställer stora krav på nya byggnaders energiförbrukning. Detta innebär att värmeförlusterna genom köldbryggorna måste noggrant beräknas och dimensioneras för att kunna säkerställa direktivens krav.

Vid bestämning av köldbryggorna beräknas ett psi-värde, Ψ (W/mK), på den extra förlust som uppstår på grund av den sämre konstruktionen. För att få bidraget från köldbryggan uttryckt som specifik förlust multipliceras psi-värdet med köldbryggans längd. Den specifika förlusten genom köldbryggor bestäms enligt Ekvation 3.13.

²² Larsson, L-E (1990). *Värmeisolering av byggnader*. Chalmers Tekniska Högskola, Avdelningen för husbyggnadsteknik. Nr 123

Ekvation 3.13 $Q_{kbr} = \Psi \cdot l_{kbr}$ [W/K]

Ψ =värmeförlustkoefficient för köldbryggor [W/mK]
 l_{kbr} =köldbryggans längd [m]

Den specifika förlusten genom köldbryggor kan beräknas som en procentsats av den övriga transmissionen, eller som en funktion av linjära och punktformiga köldbryggor. Ofta beräknas en genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för hela byggnadens klimatskal (U_m), där även köldbryggorna ingår.²³

För att kunna bestämma den linjära värmeförlustkoefficienten, Ψ , behövs två- eller tredimensionella värmeflödesanalyser göras. Program som kan användas för sådana simuleringar är bland annat HEAT²⁴. Isover, Isolerguiden och Norges byggforskningsinstitut, Byggforsk, har också tagit fram värden på köldbryggor utifrån givna konstruktionsdetaljer. Dock är man begränsad till deras detaljlösningar.

Vid komplicerade konstruktionslösningar med flerdimensionell värmeströmning lämpar det sig bättre använda värmeberäkningsprogrammet HEAT, vilket har gjorts i denna studie och behandlas i kapitel 4.1.1.

²³ Boverket. *Boverkets Byggregler*. Kap. 9

²⁴ Blomberg, Thomas (1996). *HEAT CONDUCTION IN TWO AND THREE DIMENSIONS. Computer Modelling of Building Physics Applications*. Lund Universitet. ISBN 91-88722-05-8

4 Beräkningsprogram

4.1 Val av beräkningsprogram

För de som vill planera ett energieffektivt boende finns det numera en mängd olika användarvänliga beräkningsprogram som kan hjälpa dem att uppskatta byggnadens energibehov. Programmen utför olika simuleringar baserat på de indata som angivits. Att utföra beräkningar, som till största del är jämförelser mellan olika alternativ, kan variera mycket i tillvägagångssätt och tid beroende på hur avancerat beräkningsprogrammet är.

Att jämföra ett energiberäkningsprogram med ett annat kan vara vilseledande eftersom de är konstruerade med olika egenskaper och jobbar efter olika beräkningsmodeller. Det kan hända att det ena programmet tar hänsyn till parametrar som det andra inte gör vilket påverkar beräkningarnas noggrannhet. Detta kan innebära att vid jämförelse av två olika program erhålls två olika svar, där båda svaren kan vara rätt beroende på programmets huvuduppgift.

Utbudet av energiberäkningsprogram är stort och alla leverantörer hävdar att deras program räknar rätt. Därför är det viktigt att vara påläst så att det program man väljer fungerar för de speciella förhållanden som rör det aktuella projektet.

Här nedan följer en lista av några energiberäkningsprogram indelat efter deras beräkningsmodeller.²⁵

Steady-state

- BKL-metoden
- ENORM
- NESA-Bilaz tool (enl. EN 832)
- GF-Norm
- Enloss (SMH)
- Isover Energi

Dynamiska

- Derob-LTH/ParaSol
- IDA
- BV²
- VIP+
- Bsim200
- TRNSYS
- ESP-R
- EnergyPlus

För de som är intresserade att skaffa ett energiberäkningsprogram har staten i samarbete med näringslivet gjort en studie om de viktigaste beräkningsprogrammen på den nordiska marknaden. Samarbetsprojektet heter EFFEKTIV

²⁵Bülow-Hübe, Helena (2007). *Föreläsning nr 7, Utformning av energieffektiva byggnader 2007*.

och i sin projektrapport 2001:03²⁶ får man en överblick över de olika beräkningsprogrammets möjligheter och begränsningar.

Under genomförandet av denna studie har två beräkningsprogram används, HEAT och Vip+. HEAT har använts för att simulera värmeförlusterna genom köldbryggorna. Vip+ har använts för att räkna ut byggnadens värmeenergiebehov.

4.1.1 HEAT

HEAT-programmen som utges av *Blocon* ger möjligheten att kunna simulera olika värmeledningsproblem på ett mycket överskådligt sätt. För denna rapport har HEAT2 version 7.0 och HEAT3 version 5.0 använts med studentlicens.

HEAT2 är ett tvådimensionellt värmeberäkningsprogram som räknar ut värmeflödet genom en byggnadsdel. Efter att ha modellerat geometrin av byggnadsdelen anges värmeledningsförmåga och specifik värmekapacitet för de ingående materialen samt randvillkor där man definierar inne- och utetemperatur. Därefter beräknar programmet ett stationärt värmeflöde för modellen.

HEAT3 är ett tredimensionellt värmeberäkningsprogram som i tillvägagångssättet är väldigt likt HEAT2. HEAT3 lämpar sig bäst till mer komplicerade simuleringar av flerdimensionell värmeströmning.

4.1.2 Vip+

Vip+ är framtaget av Structural Design Software In Europé AB, Sverige. Under utförande av detta arbete har Vip+ 4.1 används med studentlicens. Programmet som kontinuerligt uppdateras för att hålla sig aktuellt beräknar energiförbrukningen i byggnader med hänsyn till kända och mätbara delenergiflöden. Förutom den aktuella byggnaden beräknar programmet och jämför energibehovet mot ett referenshus som utformas enligt kraven i BBR utifrån indata för det aktuella huset. Vip+ är uppbyggt kring en dynamisk beräkningsmodell med tidsvisa beräkningar av byggnadens värmebalans. Programmet är konstruerat enbart för beräkning av årsenergianvändning och kan ej användas för dimensionering av värme- eller kylsystem²⁷.

²⁶Bergsten, Bengt (2001). *Energiberäkningsprogram för byggnader – en jämförelse utifrån funktion- och användaraspekter*. Effektiv, Rapport 2001:03

²⁷ Structural Design Software (2006): *Vip+ Manual Version 4.1.0 Svensk*.

Programmet behandlar olika parametrar i sina beräkningsmodeller och kan delas i två grupper, yttre och inre faktorer.

De yttre faktorerna innefattar uteklimatet samt byggnadens omgivning. Uteklimatet behandlas timvis i form av utetemperatur, vindhastighet och solstrålning mot horisontell yta. Vip+ innehåller klimatdata för flera orter i Sverige, men det finns också möjlighet att lägga till andra klimatdata i programmet om det behövs. Vindhastigheten används i programmet för bestämning av luftläckage där byggnadens orientering i de olika väderstrecken måste anges samt en reducerande faktor för vinden som beror på omgivningens utformning. Infallande solstrålning mot byggnaden beaktas genom att ange en solabsorptionskoefficient för ytterväggar och tak samt fönstrens transmissionskoefficient samt andelen transmitterad energi som sker genom strålning. Andel markreflektion måste också anges.

Parametrarna som behandlas i de inre faktorerna är framför allt temperaturen och ventilationen. För dem kan användaren lägga ett eget driftsschema indelat i olika tidsintervaller för hela veckan. Temperaturen anges som medeltemperatur och dess variationer begränsas till lägsta och högsta tillåtna temperaturer. Vid simulering av ventilationssystemet anges luftflöden (oms/h), temperatur på tilluften, tryckhöjning på till- och frånluftsfläkt samt fläktarnas verkningsgrad.

Vip+ behandlar även i sina beräkningsmodeller värmelagring i stommen samt luftläckage över klimatskalen som bland annat påverkas av obalans mellan till- och frånluftflöden i ventilationssystem och vindtryck. För att detta program ska kunna utföra dessa beräkningar anges för de olika väggkonstruktionerna dess ytor, värmekapacitet och placeringen i förhållande till marknivån.²⁸

²⁸ Structural Design Software (2006): *Vip+ Manual Version 4.1.0 Svensk*.

5 Vitruvius i Västra Hamnen

Vitruvius består av fyra huskroppar: Kajhuset med 14 stycken bostadsrätter, Torghuset som är tre stycken radhus med ägandeträtt, Gårdshuset med förråd och Grändhuset med infart till det underjordiska garaget. Grändhuset fungerar även som samlingslokal. Lägenheterna i Kajhuset varierar i storlek från två till fem rum och kök med en boyta på 57 till 170 m². Byggnaderna ligger grupperade kring en rektangulär innergård²⁹. Kvarteret Vitruvius totala yta är 3 366 m².

Huvudman är JM Byggnads AB (Torghuset) och JM:s helägda dotterbolag Seniorgården AB (Kajhuset). Seniorgården AB är ett företag i JM-koncernen som är inriktat på att uppföra bostäder för äldre, dvs. över 55 år. I en tidigare publicerad rapport med titel *Hållbar Arkitektur?*³⁰ påpekas att Vitruvius är genom sin storlek och sin tvåplanslösning inte representativ för Seniorgårdens bostadsproduktion. I rapporten beskrivs Vitruvius som en typisk ”masslägenhet”, där man satsar på det spektakulära och anslående. Dessutom belyser författaren att flera av de spekulanter som visat det starkaste intresse för lägenheterna har varit yngre än 55 år, vilket strider mot Seniorgårdens marknads-policy, nämligen att bygga bostäder för målgruppen 55+³¹.

Husen är ritade av Anders Bergkrantz, Jonas Björkman och Lasse Vretblad från Arkitekt Magasinet.



Figur 5.1 Kajhuset. Vänstra bilden visar fasaden som vetter mot väst. Bilden till höger visar fasaden som vetter mot öst samt ingången till garaget.

²⁹ Se bilaga 3

³⁰ Laurell, Charlotte (2002). *HÅLLBAR ARKITEKTUR? En analys av sex Bo01-bostäder enligt Ola Nylanders m fl definitioner*. Malmö stad, stadsbyggnadskontoret

³¹ SENIORGÅRDEN. *Om Seniorgården*. Internet (2007/07/20)

<http://bostad.jm.se/templates/Seniorgarden/Page.aspx?id=3331>



Figur 5.2 Torghuset. Bilden till vänster visar fasaden som vetter mot norr och del av fasaden som vetter mot öst. Bilden till höger visar fasaden som vetter till söder samt del av Gårdhuset (förråd).

5.1 Byggnadsbeskrivning

Vid ett personligt möte med CONBYTEC:s VD Lars-Erik Holmberg som ansvarar för Vitruvius konstruktionsritningar framkom det att de från början hade ritat ett annat hus med bättre konstruktionslösningar än de aktuella, men att detta inte blivit godkänt eftersom det ansågs för dyrt att bygga. Han förklarade också att kommunen var försenad med sitt beslut vilket gjorde att hela projektet senare fick en stressad start. Därför fick konstruktörerna förlita sig på gamla erfarenheter vid val av konstruktionslösningarna.

Grunden är av typ platta på mark av 250 mm armerad betongplatta. Grundkonstruktionen, förutom golvplattan i garaget, är isolerad med 100 mm cellplast. Väggarna är delvis isolerade med 230 mm cellplast och med 70 mm mineralull.

Stommen består av 270 mm betongbjälklag med 150 och 200 mm bärande betongväggar.

Ytterväggen består av utfackningsväggar som är utvändigt klädda till största del med ljusgult tegel. Värmegenomgångskoefficienten för ytterväggen är $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. På Kajhusets femte våning har det gula teglet på fasaderna som vetter mot söder, norr och öst ersatts med slättplåt. Husets två torn är också utvändigt klädda i plåt. Plåtytterväggens värmegenomgångskoefficient varierar på grund av olika konstruktionslösningar. Medelvärde är dock ca $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Balkongerna som levererades av Sollebrunns Betongelement AB är av typen halvprefabricerade balkongplattor. De lyfts upp och spänns fast mot de plats-

gjutna bjälklagen, därefter gjuts armeringsjärnen som håller fast plattorna. Plattorna förses med 50 mm köldbryggebrytande isolering.

Fönstren som valdes för Vitruvius har levererat av Velfac AB. Fönstersystemet heter Velfac 200. Dessa är tvåglasfönster med argongas som isolerande medium mellan rutorna. U-värdet för fönstret var 1,2 W/(m²K) inklusive karm³² enligt byggherren. Vid LIP-ansökan (bidragsgivande lokalt investeringsprogram för ekologisk omställning och utveckling) bestämdes i första hand ett U-värde för fönstren på 1,0 W/(m²K) som senare ändrades till 1,3 W/(m²K).³³

Vid ett telefonsamtal med Jakob Molin från Velfac AB Malmö i maj 2007, förklarade han att de tidigare U-värdena för fönsterpartierna som levererades till Vitruvius inte längre är aktuella. Värmegenomgångskoefficienten för glaset var 1,15 W/(m²K) och för hela fönster med karm kunde denna vara så hög som 1,56 W/(m²K) beroende på fönsterstorleken,. Till beräkningarna i denna rapport användes en genomsnittlig värmegenomgångskoefficient på 1,4 W/(m²K) för alla fönster.

Vitruvius har ett låglutande tak med 500 mm isolering. Värmegenomgångskoefficienten för taket är i genomsnitt 0,07 W/(m²·K).

På Kajhuset sitter två stycken solfångare av typen ”vakuumsolfångare” där ett flytande medium cirkulerar inne i ett vakuumrör. Solen värmer upp vätskan som i sin tur avger värmeenergi då den kyls ner.

Bostadsrättsföreningens ordförande berättade att solfångaren har varit sönder i mer än tre år, och eftersom elbolaget inte är intresserat av att åtgärda felet funderar styrelsen på att plocka ner den. Det är nämligen så att elbolaget E.ON Sverige (tidigare Sydkraft AB) äger solfångaren och därmed värmen som denna producerar vilken går direkt ut på fjärrvärmenätet då fastigheten inte behöver den. Däremot får fastigheten ersättning för den el som går åt för att hålla solfångaren i drift.³⁴

Enligt Li Lövehed från E.ON:s affärsutveckling för Malmöregionen är vakuumsolfångaranläggningen inte i drift på grund av läckage. Hon berättade att diskussioner med leverantörer pågår men vid det tillfället (11 augusti 2007) kunde hon inte svara på när problemet skulle komma att åtgärdas. Li Lövehed förklarade också att E.ON:s intention är att solfångaren ska finnas kvar.

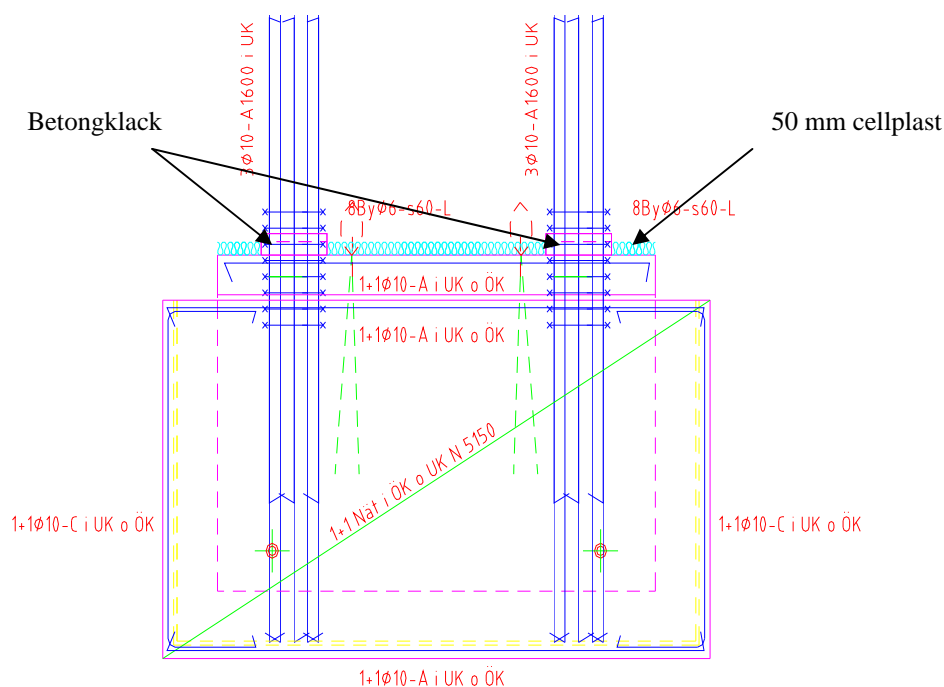
³² Nilsson, Annika (2003). *Energianvändningen i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. Lund

³³ Ibid. s 45

³⁴ Ibid. s 94

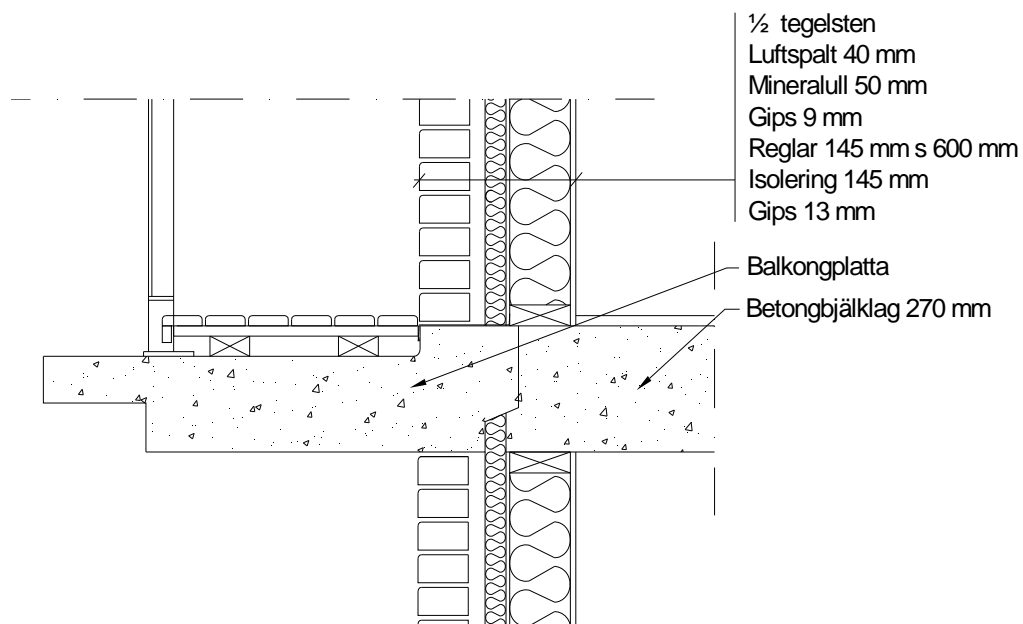
5.2 Balkongernas konstruktionsdetaljerna

Byggnaden har utkragande balkonger med intermittenta infästningar, vilket innebär att det i varje balkong finns flera betongklackar där armeringsjärnet går igenom. Utöver det så förekommer det också att skalmuren på vissa ställen vilar på balkongen och på andra ställen är det glaspartierna som är monterad på balkongen. På grund av detta har det varit nödvändigt att genomföra olika simuleringar för att på så sätt kunna räkna ut det totala energiflödet för varje balkongplatta. Figur 5.2 visar ett exempel på en balkongplatta med intermittent inspänning. Vitruvius samtliga balkonger finns i bilaga 5.

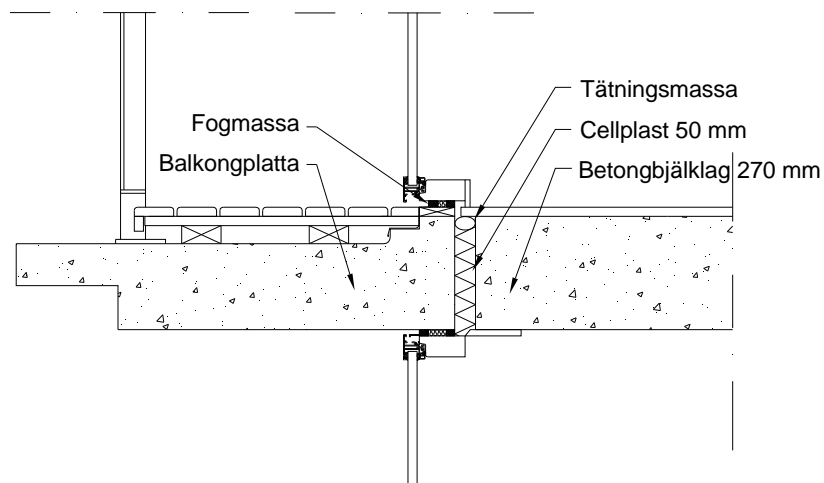


Figur 5.2 Cad-ritning av Vitruvius balkongplattan 201. Figuren visar armeringen som går igenom betongklacken och spänner upp plattan då den gjuts på bjälklagen.

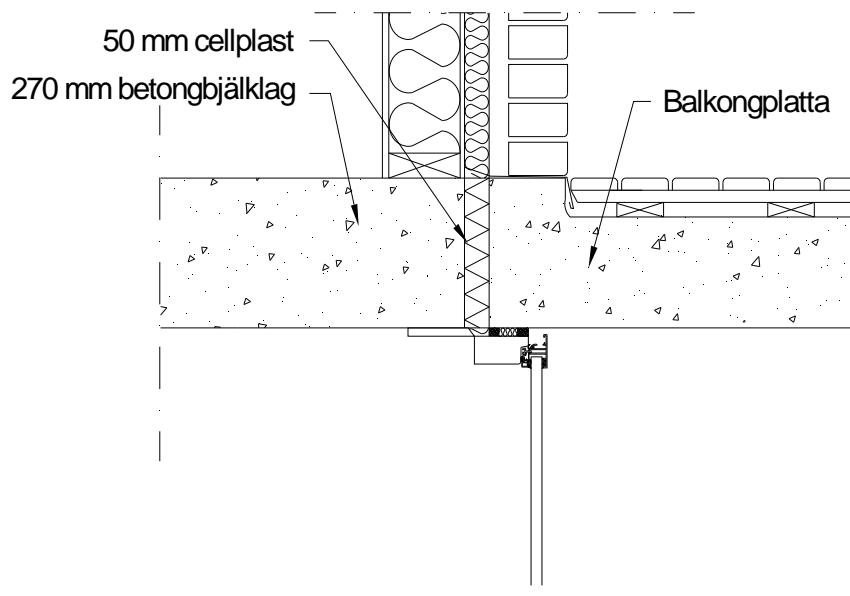
Figur 5.3 – 5.7 illustrerar konstruktionsdetaljerna för Vitruvius balkonger. Detaljerna är hämtade från bygghandlingarna och illustrerar några av de olika studerade fallen. Balkongernas längd och kombination av dörr, fönster och vägg varierar beroende på byggnadens utformning. Varje studerat fall har indelats i *a*, *b* och *c*. Där *a* står för oavbruten isolering, *b* står för betongklack och *c* står för Hit-modul. Den sistnämnda redovisas längre fram i kapitel 5.4.



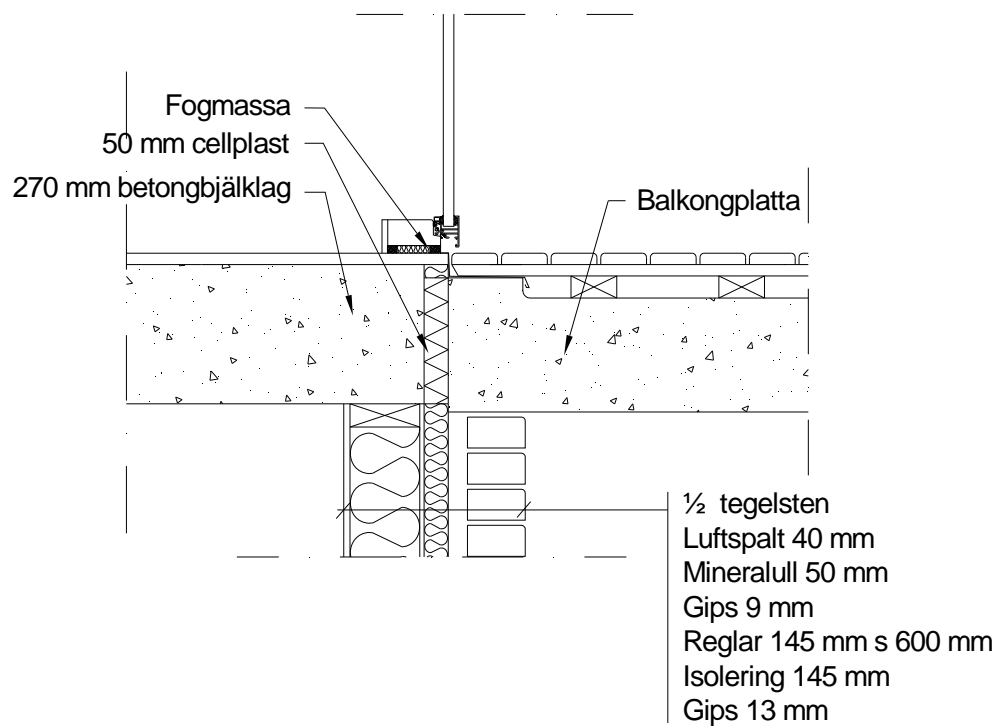
Figur 5.3 Fall 1b. Figuren illustrerar balkongplattans infästning på bjälklagen där köldbryggebrytande isolering avbryts. Frekvensen av denna 300 mm betongklack beror på plattans längd, vikt och form. I de studerade balkongerna varierade dessa från två i de små balkongplattor och upp till sex stycken i de största. .



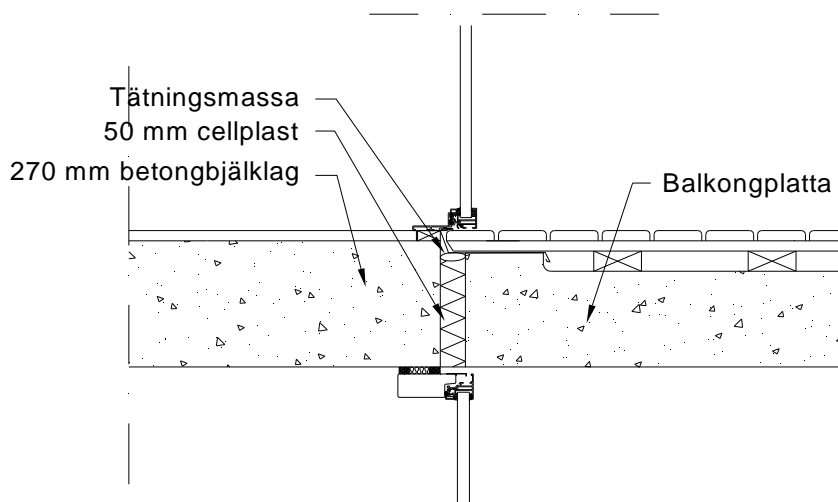
Figur 5.4 Fall 2a. Utkragande balkong med 50 mm köldbryggebrytande isolering.



Figur 5.5 Fall 3a. Figuren illustrerar anslutningen av balkongplattan till bjälklaget med en oavbruten köldbryggebrytande isolering, fönsterpartiet är kopplat till balkongens undersida.



Figur 5.6 Fall 4a. Figuren visar fallet då fönstret är monterat på bjälklagen .



Figur 5.7 Fall 5a. Figuren illustrerar en annan variant av de studerade fallen.

5.3 Termografering

För att kunna påvisa eventuella köldbryggor har en värmekamera använts. Kameran heter ThermaCAMTM och kommer från FLIR System. Den använder sig av olika elektromagnetiska spektrum av våglängder för att detektera temperaturskillnader på objekt i form av strålning.

Termograferingen kan utföras både ute och inne. Inne detekterar man kalla partier medan man ute ser var i byggnaden värme stålar ut. Figur 5.9 visar en bild av värmekameran som användes vid undersökningen.

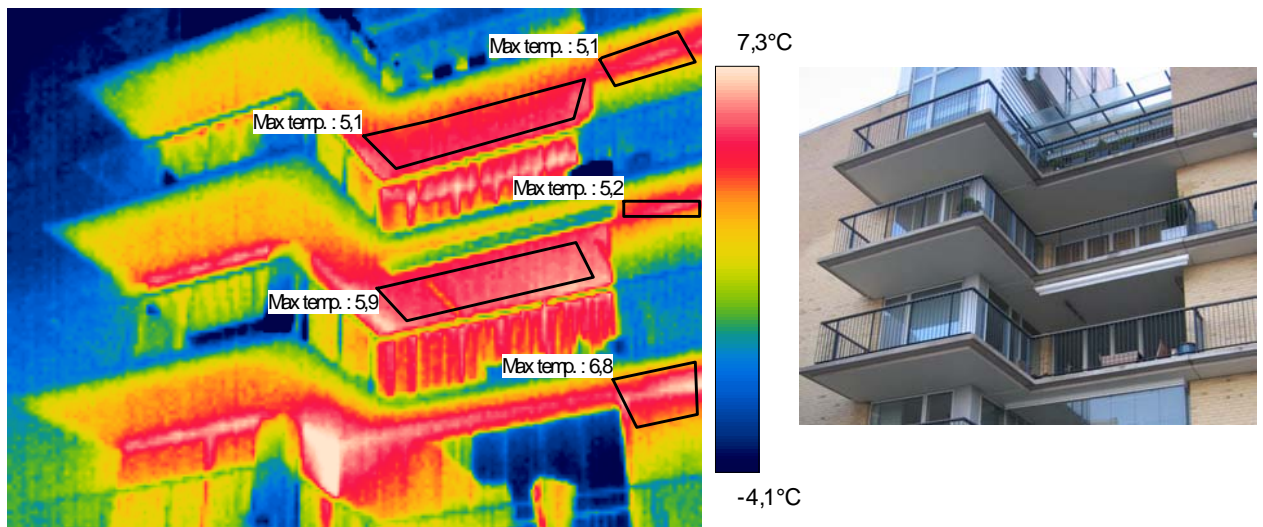


Figur 5.9 FLIR Systems' ThermaCAM Model E2 from 2002

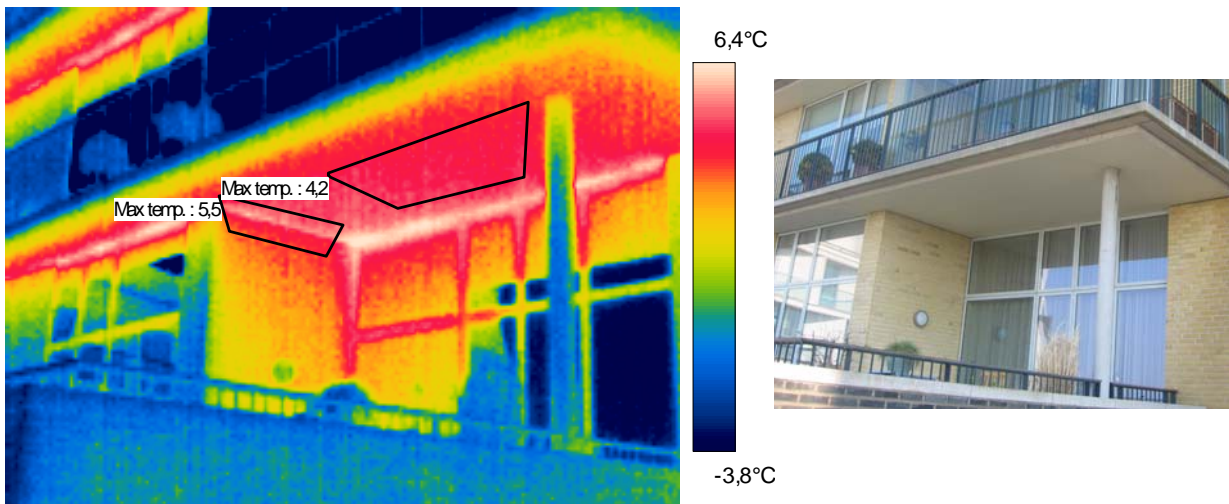
5.3.1 Resultat

Mina ambitioner var att fotografera både inne och ute i byggnaden men eftersom jag inte fick komma in och fotografera i lägenheterna kan jag inte redovisa några kalla partier inomhus utan endast värmestrålning från byggnaden.

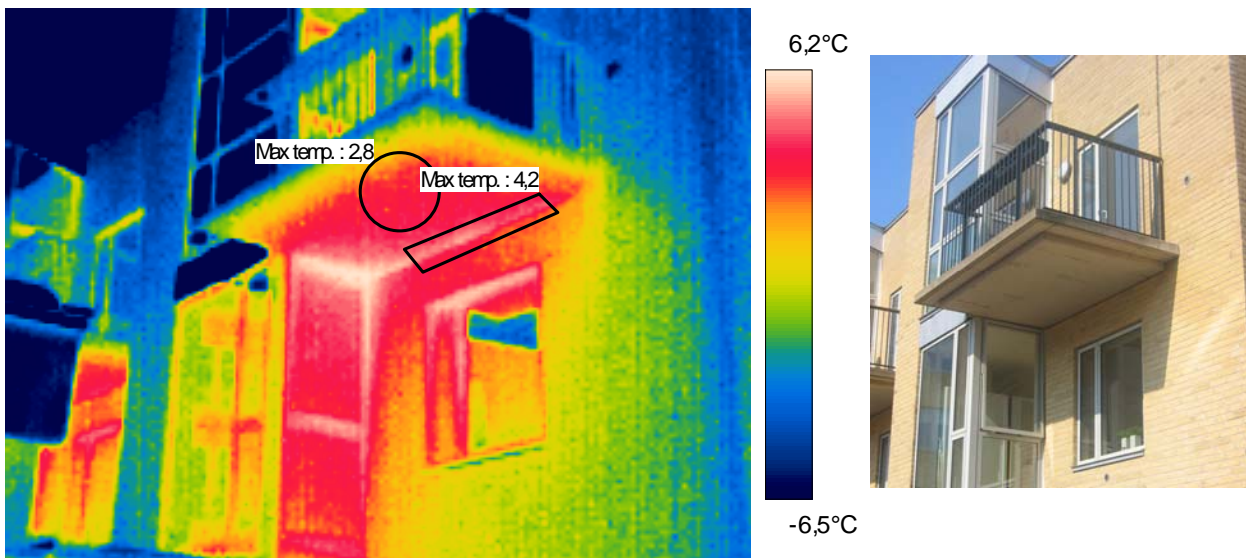
Termograferingen genomfördes den 4 april 2007, mellan kl. 06.40 och kl. 08:00. Utluftstemperaturen var $-1,2^{\circ}\text{C}$, himlen var klar och vinden var stilla. Undersökningen visade att genomsnitt temperaturen i balkongplattorna var $3,4^{\circ}\text{C}$. Vid anslutning av fönsterpartierna till balkongplattorna kunde max temperaturen vara så hög som $6,6^{\circ}\text{C}$. Maxtemperaturen vid anslutningen av ytterväggen till balkongerna kunde på vissa ställen vara så hög som $5,8^{\circ}\text{C}$. Figurerna 5.10 – 5.12 består av några utvalda bilder som tydligt visar var i byggnaden värmen strålar ut.



Figur 5.10 Kajhuset. Bilden till vänster visar termograferingen av fasaden mot väst. Med hjälp av färgskalan kan temperaturen i bilden uppskattas. Högsta yttemperaturen i bilden är $7,3^{\circ}\text{C}$ och markeras med vitfärg. I bilden visas den högsta temperaturen i de markerade områdena. Bilden till höger är tagen med en vanlig kamera och motsvarar den fasaddel som termograferats. Utluftstemperaturen var $-1,2^{\circ}\text{C}$.



Figur 5.11 Kajhuset. Bilden till vänster visar termograferingen av fasaden mot väst. Med hjälp av färgskalan kan temperaturen i bilden uppskattas. Högsta yttemperaturen i bilden är $6,4^{\circ}\text{C}$ och markeras med vitt. De långa vita strecken utgörs av fönsterkarmen där det högsta värme flödet sker. I det markerade området av balkongen är högsta temperaturen $4,2^{\circ}\text{C}$. Anslutningen mellan balkongen och ytterväggen har maxtemperatur $5,5^{\circ}\text{C}$. Bilden till höger är tagen med en vanlig kamera och motsvarar bilden till vänster. Uteluftstemperaturen är $-1,2^{\circ}\text{C}$.



Figur 5.12 Torghuset. Bilden till vänster visar termograferingen av fasaden mot söder. Med hjälp av färgskalan kan temperaturen i bilden uppskattas. Högsta yttemperaturen i bilden är $6,2^{\circ}\text{C}$ och markeras med vitt. Rektangeln markerar anslutningen mellan balkongen och ytterväggen där maxtemperaturen är $4,2^{\circ}\text{C}$. Cirkeln visar maxtemperaturen i ett område i balkongplattan där maxtemperaturen är $2,8^{\circ}\text{C}$. Bilden till höger är tagen med en vanlig kamera och motsvarar vänstra bilden. Uteluftstemperaturen är $-1,2^{\circ}\text{C}$.

5.4 Alternativ lösning för balkonginfästningar

Under ett möte med CONBYTEC:s VD Lars-Erik Holmberg som ansvarar för Vitruvius konstruktionsritningar nämndes en alternativ lösning som skulle kunna ha minskat köldbryggorna i balkongen, nämligen HALFEN balkonginfästning HIT³⁵. Fördelen med denna lösning var förutom energibesparingen att arkitektens önskemål beträffande fasadens utseende skulle ha uppfyllts. Figur 5.13 visar ett exempel på HIT-modulens utseende samt en bild av modulens tillämpning.

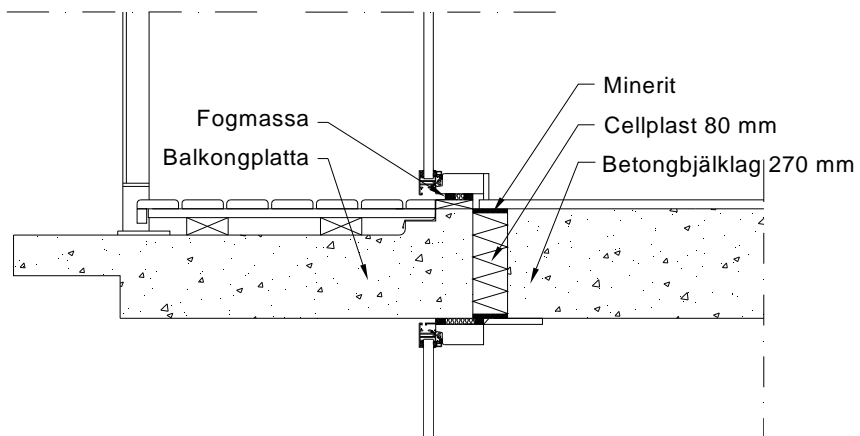


Figur 5.13 Till vänster visas infästningsmodulen HIT, som kan sågas till önskade längder på plats. Till höger visas en fritt utkragande balkong som är försatt med HIT-moduler för inspänning till bjälklag (bilderna är hämtade från HALFEN-DEHA AB:s hemsida).

Balkonginfästning HIT åstadkommer en obruten isolering över fasaden där de tidigare betongklackarna ersätts med HIT-moduler. HIT är en infästningsmodul som byggs in i betongkonstruktioner och överför krafterna genom isolerade konstruktioner med minimal värmeförlust.

HIT-modulerna levereras i höjden från 160-250 mm. Den består av ett minerskikt både på ovan- och undersidan, 80 mm cellplast med genomföringar av syrafast stål som har ett värmeledningstal på 15 W/mK. HIT-modulernas standardlängd är en meter. Figur 5.14 illustrerar hur HIT-modulen kan tillämpas i ett av de studerade fallen.

³⁵ HALFEN-DEHA. Internet (2008/09/13)
http://www.halfen-deha.se/?id=7682&id_lc=116



Figur 5.14 Fall 2c. Figuren illustrerar den alternativa lösningen för balkonginfästning. Den traditionella metoden av intermittent inspänning ersätts av en HIT-modul som åstadkommer en obruten köldbryggeisolering.

6 Simulering och resultat

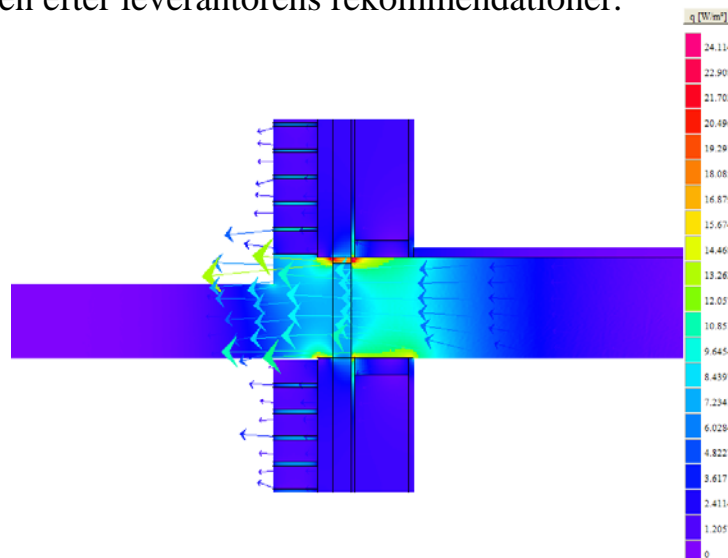
6.1 Simulering med HEAT

Vid beräkning av energiflödet genom balkonginfästningen i programmet HEAT2 har flera olika simuleringsmodeller skapats för att kunna undersöka alla förekommande fall i varje balkongplatta. Utöver detta har det för varje simuleringsmodell skapats ett motsvarande utgångsfall där energiflödet genom balkongen är hejdad. Genom att beräkna skillnaden av värmeflödet mellan modellerna har storleken på köldbryggorna räknats ut. Energiflödet redovisas som ett Ψ -värde per meter byggnadsdel.

För att kunna uppskatta inverkan av armeringsjärnen på energiflödet har programmet HEAT3 (tredimensionell värmeflödesberäkning) använts. Dessa simuleringar har visat att energiflödena ökade på grund av armeringsjärnen med drygt 6 % (0,812 W/m).³⁶

Sex procent kan verka lite i förhållande till betongklackens totala energiflöde, men ändå motsvarar det nästan hälften av energiflödet då köldbryggebrytande isolering finns. Figur 6.1 visar ett exempel av de modellerna som skapades i Heat2. Övriga modellerna finns i bilaga 6.

Byggnadsmaterial som används vid simuleringar i HEAT2 och HEAT3 tas från programmets datafil. När det sökta materialet inte hittades i datafilen användes värden efter leverantörens rekommendationer.

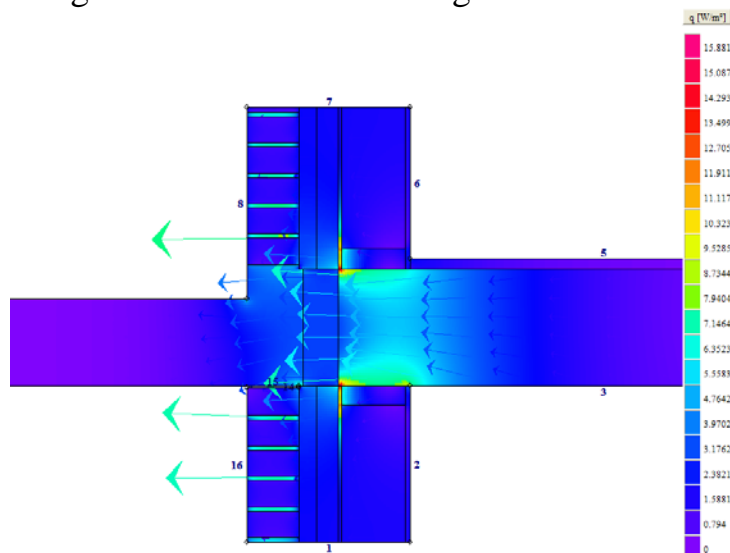


Figur 6.1 Fall 1.a. Bilden illustrerar energiflödena genom balkonginfästningen. Pilarna visar energiflödenas riktning mot den kalla sidan. Utetemperaturen är 8 °C och innetemperaturen är 21 °C. Med hjälp av färgskalan kan energiflödet studeras. I detta fall utgör syllen, som enligt bygghandlingar är direkt monterad på betongbjälklaget, den största köldbryggan. Tätningssmassan utgör också en stor köldbrygga. De totala energiflödena, enbart genom balkonginfästning, beräknas till $\Psi = 2,10$ W/m .

³⁶ Se bilaga 4

Simulering med en alternativ konstruktionslösning

Här visas en av de simuleringsmodellerna som skapades i HEAT2 för bestämning av energiflödet genom HIT infästningsmodulen från HALFEN-DEHA AB. Övriga modellerna finns i bilaga 7.



Figur 6.2 Fall 1.c. Simulering av energiflöde med HIT-modul som balkonginfästning. Pilarna visar riktning av energiflödet. Det totala energiflödet, enbart genom infästningen, är i detta fall $\Psi = 0,60 \text{ W/m}$, vilket är dryg 68 % mindre än föregående motsvarande fall 1.a.

6.1.1 Resultat

För varje balkong uppträdde olika typer av köldbryggor beroende på byggnadens utformning. Därför har det varit nödvändigt att genomföra olika simuleringar för att kunna täcka upp alla typer av energiflöde som uppstår i varje balkong. Utöver detta, för att se om värmetransporten kunde minskas, har även en alternativ konstruktionslösning undersökt för varje studerat fall. Nedanstående tabell redovisar det sammanlagda resultatet av simuleringarna genomförda med HEAT2. I bilaga 8 finns en mer utförlig redovisning av simuleringarnas resultat för samtliga balkonger.

				Alternativ konstruktionslösning	
Balkongplatta	Antal [st]	Q_{ψ} [W/K]	ΣQ_{ψ} [W/K]	Q_{ψ} [W/K]	ΣQ_{ψ} [W/K]
TORGHUSET					
201	3	0,88	2,64	0,10	0,30
202	3	1,48	4,44	0,15	0,45
summa			7,08	summa	0,75
KAJHUSET					
213	4	2,00	8,00	0,09	0,36
214	4	3,63	14,52	0,92	3,68
215	8	2,19	17,52	0,15	1,20
216	4	3,80	15,20	0,79	3,16
217	4	3,22	12,88	0,70	2,80
218	4	1,64	6,56	0,27	1,08
219	4	1,64	6,56	0,27	1,08
summa			81,24	summa	13,36

Tabell 6.1.1 Sammanlagda resultat av energiberäkningarna genomfört med HEAT2. Tabellen redovisar energiflödena genom balkongernas infästningar och även resultaten av simuleringarna för en alternativ lösning.

Totalt blir den specifika energiförlusten orsakade av balkongernas infästningar drygt 88,0 W/K. Mer än hälften är orsakat av betongklacken, ca 56 W/K.³⁷ Den specifika energiförlusten med den alternativa lösningen blir 14 W/K, vilken är 84 % mindre än den valda lösningen.

6.2 Simulering med Vip+

Vid beräkningen av Kajhusets energiförbrukning har alla invändiga varma ytor räknats in utom garaget. Anledningen är att detta utrymme är uppvärmt med spillvärme från frånluftsystemet som håller garaget med en konstant temperatur på 16°C. Transmissionsförlusterna genom garagets golv och väggar har av samma orsak inte heller räknats med.

Energien som solfångaren producerar är inte medräknad vid simuleringen. Detta på grund av att solfångaren har varit ur funktion en längre tid. Detta innebär att i de senaste uppmätningarna är tillskottsvärmen från solfångaren inte medräknad.

Vid en tidigare undersökning av tre av Vitruvius lägenheter har det framgått att medelvärdet av innetemperaturen legat kring 21°C och lufttäthetens medel-

³⁷ Se bilaga 8

värde kring $1 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})^{38}$. Därför användes dessa värden vid simuleringarna. Som utetemperatur användes årets medelvärde som uppskattades till 8°C .³⁹

Värmegenomgångskoefficient för ytterväggen sattes till $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ för tegelväggen och för plåtväggen till $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. För fönstren användes ett U-värdet på $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ där karmen också ingick.

Som ingångsdata för ventilationen valdes ett konstant schema för alla dagar i veckan där luftflöde för till- och frånluften sattes till $0,50 \text{ oms/h}$. Trycket i frånluftsfläkten bestämdes till 200 Pa och verkningsgraden till 60% .

För att kunna beräkna effekten av värmeförlusterna genom balkongerna användes värdena som simuleringarna i programmet HEAT2 gav. Dessa värden användes för att skapa ett material med ett U-värde som skulle ge ett motsvarande energiflöde (köldbrygga) vid simulering med Vip+. På samma sätt användes resultatvärdena som fåtts vid simuleringarna med den alternativa konstruktionslösningen med HIT-modulen. På så sätt kunde en jämförelse mellan den befintliga konstruktionen med en alternativ lösning göras.

6.2.1 Resultat

Simuleringarna visar att Kajhusets energibehov för uppvärmning är $119 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$. När transmissionsförlusterna genom balkonginfästningarna inkluderades i beräkningarna ökar uppvärmningsbehovet med $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$. Vid användning av den alternativa konstruktionslösningen för balkonginfästningarna, HIT-modulen, blir energiförlusterna bara $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$. Köldbryggornas effekt reducerades med 80% . Se tabell 6.2.1.

Torghusets uppvärmningsbehov beräknades till drygt $110 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$. När balkongens köldbryggor inkluderades i beräkningen ökade uppvärmningsbehovet med drygt $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$.

När den alternativa konstruktionslösningen för balkonginfästningarna användes blev värmeförlusterna knappt $0,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$.⁴⁰

Den sammanlagda värmeförsörjningsbehovet för fastigheten Vitruvius ökade på grund av energiförlusterna genom balkongernas infästningar med $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$, motsvarande drygt 3% . Se tabell 6.2.1.

³⁸ Nilsson, Annika (2003). *Energianvändningen i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. Lund s 95

³⁹ Uppskattningen av utetemperaturen baseras på tidigare erfarenheter och laborationer gjorda under kursen "Utformning av energieffektiva byggnader". Avd. för Energi och Byggnadsdesign, Lund Tekniska Högskola, 2007. Kursansvarig, Helena Bülow Hübe.

⁴⁰ Se bilaga 9, tabell 10.9.1

Den specifika energianvändningen enligt BBR 12 blir 118 kWh/(m²·år) utan inverkan av köldbryggorna i balkonginfästningarna och 123 kWh/(m²·år) med dessa inkluderade. Detta innebär en ökning med 4 %. Se tabell 6.2.2

Det sammanlagda energibehovet för byggnaderna blir, utan hänsyn till energiförlusterna genom balkonginfästningen, 157 kWh/(m²·år) och 161 kWh/(m²·år) med dessa inkluderade i beräkningarna. Det totala energibehovet ökade med 4 kWh/(m²·år), alltså 2,5 %. Se tabell 6.2.3.

Byggnadens värmeförsörjningsbehov [kWh/(m ² ·år)]			
Byggnad	Utan energiförluster pga. balkonginfästning	Med energiförluster pga. balkonginfästning	Alternativ konstruktionslösning
Kajhus	119	124	120
Torghus	110	111	110
TOTAL	117	121	118

Tabell 6.2.1 Sammanställning av värmeförsörjningsbehov för fastigheten Vitruvius. Beräkningarna är genomförda med energiberäkningsprogram Vip+ och i posterna ingår ventilation, värmesystem och tappvarmvatten.

Specifik energianvändning [kWh/(m ² ·år)]			
Byggnad	Utan energiförluster pga. balkonginfästning	Med energiförluster pga. balkonginfästning	Alternativ konstruktionslösning
Kajhus	120	125	121
Torghus	111	113	112
TOTAL	118	123	119

Tabell 6.2.2 Sammanställning av specifika energianvändning enligt BBR 12 för fastigheten Vitruvius. Beräkningarna är genomförda med energiberäkningsprogram Vip+ och i posterna ingår värme- och elförsörjning.

Totala energibehov [kWh/(m ² år)]			
Byggnad	Utan energiförluster pga. balkonginfästning	Med energiförluster pga. balkonginfästning	Alternativ konstruk- tionslösning
Kajhus	160	165	161
Torghus	148	149	148
TOTAL	157	161	158

Tabell 6.2.3 Sammanställning av det totala energibehovet för fastigheten Vitruvius. Beräkningarna är genomförda med energiberäkningsprogram Vip+. I beräkning ingår följande parametrar: värmeförsörjning, elförsörjning och processenergi (processenergi behandlas i Vip+ som den energi som tillförs byggnaden från verksamheten utan hänsyn till klimatkrav. Det kan vara belysning maskiner, hushållsel mm.).

7 Felkällor

Vid inmatning av fönstren i Vip+ programmet var det nödvändigt att reducera antalet fönster i Kajhuset från 67 till 33 stycken på grund av programmets begränsade kapacitet. Samma sak gjordes med uteluftsventilerna som också fick sättas ihop för att reducera dess antal. Enligt manualen ligger begränsningen vid 500 fönster och ventiler, men i verkligheten är det bara 50 stycken, vilket verkar tyda på en bugg i programmet. Teknikerna från StruSoft som ansvarar för Vip+ licenserna föreföll skeptiska när problemet anmälades men de kunde ändå inte neka till möjligheten.

För att kunna minska antalet fönster har flera mindre fönster satts ihop och bildar på så sett ett stort fönster där parametrar som till exempel skuggning, solinstrålning och placering har uppskattats. Värmegenomgångskoefficienten för fönstren är inte heller exakt utan är approximativ. Som det förklarades i kapitel 5.1, har U-värdet för fönstren ändrats vid flera tillfällen. På grund av detta samt p.g.a. leverantörens rekommendationer, har U-värdet för fönster med karm uppskattats till $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

På de ritningar som var tillgängliga saknades kompletterande information såsom vägg-, dörr- och fönsterförteckning. Materialindelning och tjocklek för till exempel innerväggar och andra konstruktionsdetaljer fanns inte med i ritningarna. Allt detta har inneburit att simuleringarna i Vip+ baseras på många antaganden, dock har jag strävat efter att göra så välavvägda sådana som möjligt.

Beräkningarna genomförda i Vip+ innehåller bara den specifika energiförlusten för de studerade köldbryggorna vid balkonginfästningarna. Övriga köldbryggor som till exempel punktköldbryggor, eller de som inträffar vid vägg- och bjälklagsanslutning är inte med i beräkningarna.

Värmegenomgångskoefficienten för HIT-modulerna varierar mycket beroende på dess storlek samt på balkongernas dimension och inspänningshöjder. Därför är det inte lätt att bestämma modulernas exakta värmegenomgångskoefficient. Därför användes det sämsta värdet ($0,249 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$), så att beräkningarna gjordes på säkra sidan.

8 Diskussion och slutsats

Vid utförandet av denna studie har energiförlusterna genom balkonginfästningen för en fastighet från Bo01-området i Malmö undersökts. Fastigheten Vitruvius innehåller fyra huskroppar där två av dem är byggda med balkonger, Kajhuset och Torghuset. Byggnaderna har utkragande balkonger med intermittent infästning på betongbjälklaget. Studien har visat att energiförlusterna genom balkonginfästningen är sammanlagt 9068 kWh/år⁴¹, vilket står för 2,6 % av fastighetens totala energibehov. Det innebär att av fastighetens totala energibehov är drygt 4 kWh/(m²·år) direkt orsakat av balkonginfästningarna.

En mer energieffektiv lösning för balkonginfästning, nämligen HIT-moduler från HALFEN-DEHA AB har studerats. Undersökningen visade att det valda alternativet kan spara 3 kWh/(m²·år), vilket är 75 % av energiförlusten på grund av balkonginfästningarna. Alternativlösningen verkar mycket lovande, eftersom den fungerar både som formsättning vid gjutning mot bjälklaget och dessutom åstadkommer en stor procentuell energibesparing, vilket innebär att det inte bara sparas energi utan också tid vid användning av ett sådant alternativ. Eftersom energiförlusterna genom balkonginfästningen i de studerade fallen inte var så stora, närmare bestämt 2,6 % av det totala energibehovet så kan man ju alltid diskutera vad man menar med lönsamma förbättringar. Men det ska också påpekas att byggnadernas övriga köldbryggor inte är med i de utförda beräkningarna och deras inverkan är troligtvis inte försumbar.

I de tidigare normerna uppmanades att ta köldbryggor i beaktande. Detta var dock ej ett krav utan en rekommendation. Tolkningen av detta gjorde att många husproducenter inte kände sig tvungna till att räkna med köldbryggornas inverkan vid uppskattningen av byggandens energibehov. På det viset kunde de redovisa gynnsamma energiberäkningar som kunde innehålla stora osäkerhetsmarginaler. Däremot i de nya byggnormerna ställs särskilda krav på en genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för byggnadens klimatskärm. Vid beräkning av U_m , vilket inte får överskrida 0,50 W/(m²·K), är energiförlusterna på grund av köldbryggorna inkluderade. Detta uppmanar till förbättrande åtgärder.

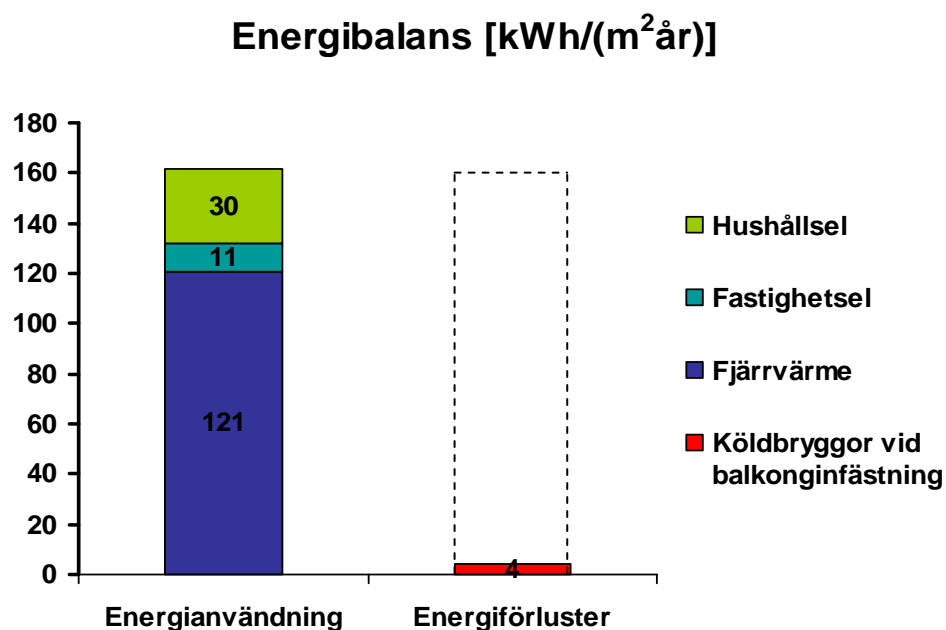
Att det i kvalitetsprogrammet för Bo01-området ej ställdes krav för reducering av transmissionsförlusterna är beklagligt, särskilt då planerna för detta område var att bygga ”ett ekologiskt hållbar informations- och välfärdssamhälle”⁴² Tyvärr är det brukarna som får ta konsekvenserna av att byggnaderna har ett

⁴¹ Se bilaga 9, tabell 10.9.3.

⁴² Byggherrarnas och deras konsulter, (2002). *Kvalitetsprogram dp 4537 – 2002-03-15*.
http://www.ekostaden.com/pdf/kvalitetsprogram_rev_bo01_sv.pdf

större energibehov än vad som utlovades för detta område, nämligen att det ej skulle överstiga 105 kWh/(m² BRA, år), eftersom det är de som nu måste betala de högre energikostnaderna. Detta är ingen ovanlig företeelse i byggbranschen men förhoppningsvis kommer det att minska tack vare det nya direktivet.

Med hjälp av nedanstående diagram och med definitionen för byggnadens energibalans i åtanke som säger ”lika mycket energi som byggnaden förlorar genom att värmen oavsiktligt försvinner ut genom klimatskalen måste tillföras för att uppnå balans”, vill jag avslutningsvis jämföra på ett mer överskådligt sett storleken av energiförlusterna genom balkonginfästningarna gentemot fastighetens totala energibehov. Diagrammet är dessvärre inte färdigt eftersom det behöver kompletteras med mer information om byggnadernas övriga energiförluster och köldbryggor. Trots det kan diagrammet ses som en fingervisning av köldbryggornas betydelse för en byggnads energibehov.



Figur 8 Diagrammet illustrerar Vitruvius energianvändning, vilken har uppmätts till 162 kWh/(m²år)⁴³. Energiförluster därav illustrerar byggnadens totala energiförluster där det röda fältet enbart motsvarar förlusterna som uppstår p.g.a. balkonginfästningarna, vilka i denna studie har beräknats till 4 kWh/(m²år).

⁴³ Nilsson, Annika (2003). *Energianvändningen i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. Lund s.56

9 Referenser

9.1 Tryckta Källor

Anger, Ylva och Ohlsson, Håkan (2004). *Sänkta boendekostnader genom energieffektivisering. Balans mellan livscykel- och investeringskostnader i nyproducerade flerbostadshus*. Avdelning för installationsteknik. Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lund Tekniska Högskola. Rapport TVIT--04/5002

Bagge, Hans; Elmroth, Arne; Lindstri, Lotti (2004). *Energianvändning och inneklimat i två energieffektiva småhus i Västra Hamnen i Malmö*. Avdelning för byggnadsfysik, Lund Tekniska Högskolan. Rapport TVBH-3048

Bergsten, Bengt (2001). *Energiberäkningsprogram för byggnader – en jämförelse utifrån funktions och användaraspekter*. Effektiv, Rapport 2001:03. ISBN 91-7848-851-6

Bülow-Hübe, Helena (2007). *Föreläsning nr 7: Utformning av energieffektiva byggnader*. Kursmaterial, Avd. för Energi och Byggnadsdesign, Lund Tekniska Högskola.

Larsson, L-E (1990). *Värmeisolering av byggnader*. Chalmers Tekniska Högskola, Avdelning för husbyggnadsteknik. Nr 123

Laurell, Charlotte (2002). *HÅLLBAR ARKITEKTUR? En analys av sex Bo01-bostäder enligt Ola Nylanders m fl definitioner*. Malmö stad, stadsbyggnadskontoret

Lindell, Åsa (2005). *Hantering av variationer i energiberäkningar för bostadshus*. Avdelning för installationsteknik. Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lund Tekniska Högskola. Rapport TVIT--05/5007

Nevander, Lars Erik och Bent Elmarsson (2001). *FUKTHANDBOK*. AB SVENSK BYGGTJÄNST. ISBN 91-7332-716-6

Nilsson, Annika (2003). *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-område i Malmö*. Lund Tekniska Högskola. Rapport TVBH-3045. ISBN 91-88722-30-9

Sandin, Kenneth (1996): *Värme och fukt. Kompendium i byggnadsfysik*. Student litteratur.

Svensson, Jimmy och Westberg, Andreas (2006). *Köldbryggors inverkan på energianvändningen*. Institutionen för arkitektur och byggd miljö, Lund Tekniska Högskola. Rapport EBD-R--06/12

Warfvinge, Catarina (2003). *Installationsteknik AK för V*. Avdelning för installationsteknik. Institutionen för byggnad och arkitektur. Lund Universitet 2002. Rapport TABK 94/7016

9.2 Elektroniska källor

Boverket. *Om Boverket*.

<http://www.boverket.se/templates/Page.aspx?id=119&epslanguage=SV>.
2007-06-13

Boverket. *Boverkets byggregler*. Kap. 9

http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/Boverkets%20byggregler/bbr12/Avsnitt_9%20Energihushallning.pdf. 2007-07-05

Byggherrarnas och deras konsulter, (2002). *Kvalitetsprogram dp 4537 – 2002-03-15. Kvalitetsprogram för området väster om Västra Varvsgatan*.

http://www.ekostaden.com/pdf/kvalitetsprogram_rev_bo01_sv.pdf
2007-05-25

HALFEN-DEHA. HALFEN Balkonginfästning HIT http://www.halfen-deha.se/?id=7682&id_lc=116 2008/09/13.

Regerings proposition 2005/06/:145. *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*. Harpsund, 2006/03/16.

<http://www.regeringen.se/content/1/c6/06/07/62/1c4206aa.pdf> 2007-07-12

SENIORGÅRDEN. *Om Seniorsgården*.

<http://bostad.jm.se/templates/Seniorgarden/Page.aspx?id=3331> 2007-07-12

Statens energimyndighet (2006): *Energiläget 2006*, Edita Västra Aros, Västerås. ET 2006:43

<http://www.vok.lth.se/~eep/courses/em/Energilaget2006.pdf>. 2008/09/13

Välkommen till Ekostaden Malmö på nätet. *LIP Bo01*.

http://www.ekostaden.com/lip_klimp/ekostaden_tmpl_01.aspx?pageID=53&parentID=140§ionID=3&level=4&introID=132. 2007-07-20

9.3 Data program källor

Blomberg, Thomas (1996). *HEAT CONDUCTION IN TWO AND THREE DIMENSIONS. Computer Modelling of Building Physics Applications*. Lund Universitet. ISBN 91-88722-05-8

Structural Design Software (2006): *Vip+*. Manual Version 4.1.0 Svensk.

9.4 Muntliga källor

Holmberg, Lars-Erik, Conbytec. Personlig kommunikation. 2007-04-11

Ljungberg, Martin, HALFEN-DEHA AB. Telefonkontakt, maj 2007

Molin, Jakob, VELFAC. Telefonkontakt, maj 2007

Rasmusson, Mats Ola, StruSoft. Telefonkontakt. 2007-06-26

Persson, Per-Gunnar, Vitruvius bostadsrättsförening. Telefonkontakt, juni 2007

9.5 Övriga källor

Höglander, Börje, E.ON Sverige. Mailkontakt, juni 2007

Lövehed, Li, E.ON Värme Sverige AB. Mailkontakt, augusti 2007

10 BILAGOR

10.1 BILAGA 1: BEGREPP OCH SYMBOLER

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient U_m :

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor (W/m^2K) bestämd enligt prEN ISO 13789 och SS 02 42 30 samt beräknad enligt nedanstående formel,

$$U_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j \right)}{A_{om}}$$

U_i	Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel i (W/m^2K)
A_i	Arean för byggnadsdelens i yta mot uppvärmd inneluft (m^2). För fönster, dörrar, portar och dylikt beräknas A_i med karmyttermått.
ψ_k	Värmegenomgångskoefficient för den linjära köldbryggan k (W/mK).
l_k	Längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan k (m).
χ_j	Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j (W/K).
A_{om}	Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft (m^2). Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.
A_{temp}	Golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedd att värmas till mer än $10^\circ C$ begränsade av klimatskärmens insida (m^2).

10.2 BILAGA 2: BYGGNADENS ENERGIBERÄKNING

Informationen som användes i detta kapitel är till största del hämtade, om inget annat anges, från en rapport gjort av J. Svensson och A. Westberg med namn "Köldbryggors inverkan på energianvändningen" Lund, 2006. Samt diverse kursmaterial.

Specifika värmeeffektförlusten

$$\text{Ekvation 3.4} \quad Q_{tot} = Q_{trans} + Q_{vent} + Q_{läck} \quad [\text{W/K}]$$

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

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

$$Q_{läck} = \text{specifik läckageförluster} \quad [\text{W/K}]$$

Tillskottsvärme

$$\text{Ekvation 3.5} \quad E_{tillskott} = E_{sol} + E_{process} + E_{person} \quad [\text{Wh}]$$

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

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

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

Tillskott av solvärme sker framför allt genom fönstren. Soltillskottet är starkt beroende av fönstret väderstreck och kan beräknas som en funktion av väderstreck, solinstrålning, soltransmission och glasarea.

All värme som avges av apparater som används till andra ändamål än att värma byggnaden kallas för processenergi. Dessa kan vara kyl/frys, diskmaskiner, datorer, belysning, med mera.

Med personenergi menas den värme som kroppen producerar, vilket varierar beroende på ålder, kön och kroppens aktivitet.

Gradtimmor

Gradtimmorna är direkt relaterade till byggnadens totala energiförluster och definieras enligt Ekvation 3.6.

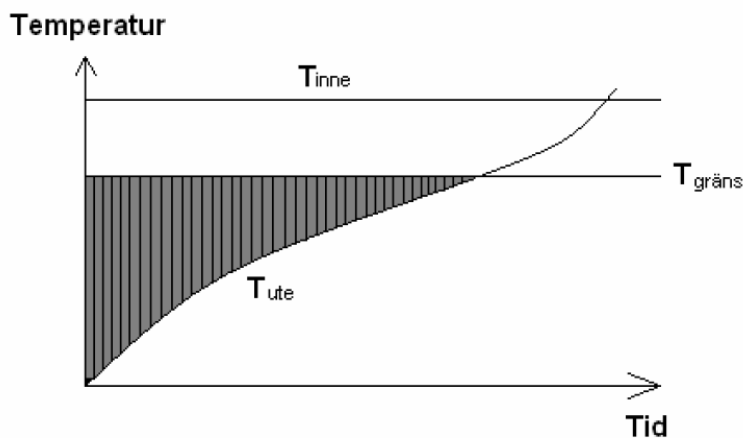
$$\text{Ekvation 3.6} \quad G_t = \int_{\text{året}} (T_{gräns} - T_{ut}) dt \quad [^{\circ}\text{Ch}]$$

Med hänsynstagande av tillskottsenergi $E_{tillskott}$ kan en gränstemperatur $T_{gräns}$ för byggnaden beräknas enligt Ekvation 3.7.

$$\text{Ekvation 3.7} \quad T_{gräns} = T_{inne} - \frac{E_{tillskott}}{Q_{tot}} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Gränstemperatur kan definieras som ”den utetemperatur under vilken aktiv uppvärmning av byggnaden krävs”.⁴⁴ Resterande uppvärmning till önskad inomhustemperatur erhålls från internlasterna.

För beräkning av energibehov för en byggnad kan antingen ett varaktighetsdiagram användas för den ort där byggnaden befinner sig eller så används tabellerade värden i så kallade gradtimmetabeller. Ett varaktighetsdiagram för värmebehovsberäkningar utformas genom att sortera årets alla temperaturer, vanligen timmedelvärden, i stigande ordning för en ort och rita en kurva av temperaturen som funktion av tiden. Därefter kompletteras detta med kurvorna för innetemperatur och gränstemperatur, enligt Figur 3.1. Med hjälp av detta kan Ekvation 3.6 läsas.



Figur 3.1 Varaktighetsdiagram för utetemperatur, innetemperatur och gränstemperatur som funktion av tiden under ett år. Den streckade området motsvara gradtimmarna.⁴⁵

Transmissionsförluster⁴⁶

Med transmissionsförluster (Q_{trans}) avses värmeflöden genom olika byggnadsdelar, till exempel väggar, tak och fönster. Den är linjär beroende av temperaturdifferensen innanför och utanför klimatskalet, klimatskalets yta i förhållande till golvyta samt värmemotståndet i klimatskalet. Till transmissionsförluster

⁴⁴ Svensson, Jimmy och Westberg, Andreas (2006). *Köldbryggors inverkan på energianvändningen*, Lund.

⁴⁵ Ibid.

⁴⁶ Lindell, Åsa (2005). *Hantering av variationer i energiberäkningar för bostadshus*. Lund. s 22

räknas även köldbryggor vilket behandlas vidare i kapitel 3.1.4. Den specifika transmissionsförlusten redovisas i Ekvation 3.9.

$$\text{Ekvation 3.9} \quad Q_{trans} = Q_{kbr} + \sum_j U_j \cdot A_j \quad [\text{W/K}]$$

Q_{kbr}	= specifik förlust genom köldbryggor	[W/K]
U_j	= värmegenomgångskoefficient för yta j	[W/(K·m ²)]
A_j	= area för yta j	[m ²]

Vid beräkning av transmissionsförlusterna räknas en värmegenomgångskoefficient (U-värdet) ut. Denna definieras som ”den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av väggen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor av väggen är en grad”⁴⁷.

Vid bestämning av U-värdet för en byggnad behöver man veta samtliga materials värmeövergångsmotstånd, R , som beror på materialens tjocklek, d (m), och värmekonduktiviteten, λ (W/mK). Med dessa data kända kan värmeövergångsmotstånd beräknas enligt Ekvationen 3.10 och där efter värmegenomgångskoefficient för konstruktionsdelar enligt Ekvation 3.11.

$$\text{Ekvation 3.10} \quad R = \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$\text{Ekvation 3.11} \quad U = \frac{1}{\sum R} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

Vid beräkning av U-värden ska man enligt Boverkets byggregler räkna med ett extra värmeövergångsmotstånd som finns både på in- respektive utsida i kontaktytorna mellan luft och byggnadsdel. Värmeövergångsmotståndet på in sidan heter R_{si} och sätts till 0,13 (m²K/W) och på utsidan heter det R_{se} och sätts till 0,04 (m²K/W). Ekvationen 3.11 gäller bara då materialskikten ligger parallell med varandra och vinkelrätt mot värmeflödet. Bestämning av U-värdet för byggnadsdelar kan innebära långa och komplicerade beräkningar och därför används vanligen datoriserade beräkningsprogram eller tillverkarens färdiga informationsmaterial med rekommenderade värden.

Ventilationsförluster

$$\text{Ekvation 3.12} \quad Q_{vent} = \rho \cdot c_p \cdot q_{vent} \cdot (1-v) \cdot d \quad [\text{W/K}]$$

⁴⁷ Sandin, Kenneth (1996): *Värme och fukt. Kompendium i byggnadsfysik*. Lund. s 18

ρ	= luftens densitet	[kg/m ³]
c_p	= luftens specifika värmekapacitet	[J/kgK]
q_{vent}	= ventilationsflöde	[m ³ /s]
v	= verkningsgrad för värmeåtervinning	
d	= relativ drifttid för ventilationsaggregat	

Läckageförluster

Ekvation 3.14 $Q_{läck} = \rho \cdot c_p \cdot q_{läck}$ [W/K]

$q_{läck}$ = läckageluftflöde [m³/s]

Uppvärmningsbehov⁴⁸

Byggnadens uppvärmningsbehov $E_{uppvärmning}$, kan beräknas enligt Ekvation 3.15 I denna inkluderas även uppvärmning av varmvatten. Med denna ekvation kan den årliga energianvändningen räknas ut och därtill optimera byggnadens installationssystem för både värme- och kylsystem.

Ekvation 3.15 $E_{uppvärmning} = E_{ut} - E_{tillskott} + E_{varmvatten}$ [Wh]

$E_{uppvärmning}$ = Energi som måste tillföras byggnaden [Wh]

$E_{varmvatten}$ = Energi för uppvärmning av varmvatten [Wh]

Varmvattenbehov

Värmebehovet till varmvatten är starkt beroende av varmvattenanvändningen och temperaturdifferensen mellan det varma vattnet och vattnet före uppvärmningen. Men även rörförluster och beredarförluster spelar in. Enligt BBR skall det lägsta tappvarmvattnet temperatur efter tappstället vara 50°C, samt att det stillastående tappvarmvattnet ej får understiga 60°C, vilket innebär att installationerna ska utformas så att energiförlusterna från dessa minimeras.

Ofta används schablonsiffror som utgångspunkt vid beräkning av energibehovet för varmvattenproduktion. Varmvattenbehovet för dagligt bruk beräknas utifrån antalet boende i bostäderna. Detta flöde ger den energimängd som krävs för att värma upp kallvatten från inloppstemperatur till lämplig temperatur. Denna energimängd beräknas enligt Ekvation 3.16.⁴⁹

⁴⁸ Svensson, Jimmy och Westberg, Andreas (2006). *Köldbryggors inverkan på energianvändningen*, Lund.

⁴⁹ Ibid.

Ekvation 3.16
$$E_{\text{varmvatten}} = V \cdot \left(\frac{C_p \cdot \rho}{3600} \right) \cdot (T_{\text{ut}} - T_{\text{in}}) + E_{\text{vvb}} + E_{\text{rör}} \quad [\text{Wh}]$$

V	= volymen vatten som skall värmas	[m ³]
C_p	= vattnets specifika värmekapacitet	[J/kgK]
ρ	= vattnets densitet	[kg/m ³]
T_{ut}	= utgående varmvattentemperatur	[°C]
T_{in}	= kallvattnets inloppstemperatur	[°C]
E_{vvb}	= tomgångsförluster i varmvattenberedare	[Wh]
$E_{\text{rör}}$	= rörförluster	[Wh]

Köpt energi

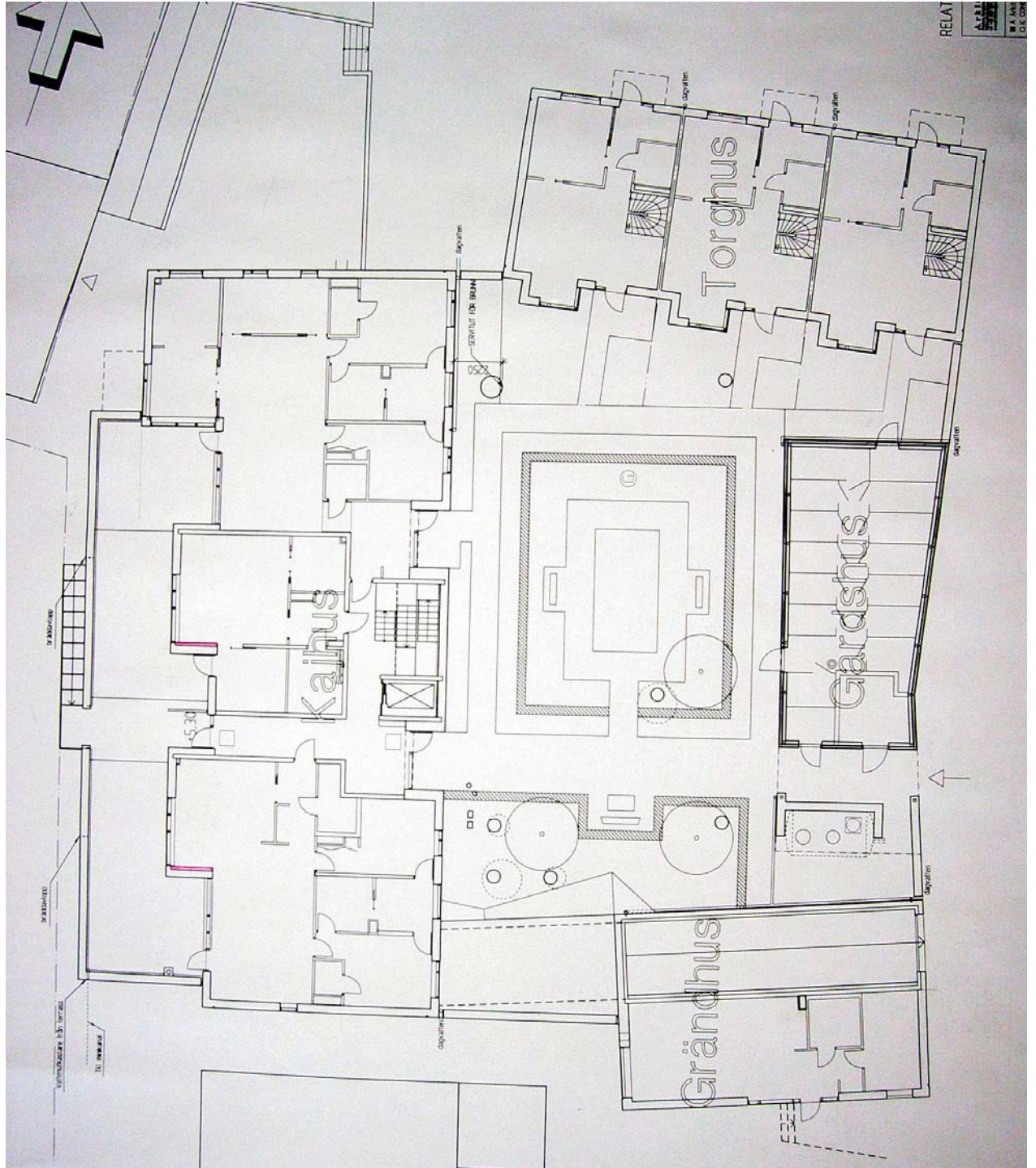
För att kunna uppskatta byggnadens behov av köpt energi kan man med hjälp av verkningsgraden för uppvärmningssystemet räkna ut ett approximativ värde. Verkningsgraden är en omvandlingsfaktor som anger kvoten av energimängden som kan tas till vara efter omvandlingen. Ju större verkningsgrader desto mindre är energiförlusten vid omvandling. Verkningsgraden beror bland annat på energibärarens typ och på hur omvandlingen sker. En gammal oljepanna till exempel har stora värmeförluster vid omvandling av energi och därmed låg verkningsgrad. En markvärmepump har en verkningsgrad högre än 1 (värmefaktor) vilket innebär att mängden köpt energi är mindre än byggnadens värmebehov.

Normalt ligger verkningsgraden för vanliga system mellan 70 – 95 %, undantaget värmepumpar. Då det är denna energi som kunden betalar för är det viktigt att installationerna som finns i byggnaden optimeras så att förlusterna blir minimala. För beräkning av köpt energi använd Ekvation 3.17.

Ekvation 3.17
$$E_{\text{köpt}} = \frac{E_{\text{uppvärmning}}}{\eta} \quad [\text{Wh}]$$

η = verkningsgrad för uppvärmningssystem [%]

10.3 BILAGA 3: VITRUVIUS:s SITUATIONSPLAN



10.4 BILAGA 4: HEAT3 SIMULERING

Vid simulering av betongklacken med genomgående armeringsjärn visade sig att armeringens påverkan på transmissionsförlusterna inte var så stor, nämligen 0,244W ($\Psi = 0,812 \text{ W/m}$). Tabellerna nedan visar värdena från simulering med värmeberäkningsprogrammet Heat3.

Simulering utan armering

Set	Q[W]	q[W/m ²]	Tmin	Tmax
1	1.6578	17.599	16.789	18.721
5	0.3563	11.532	16.891	20.685
7	0.1499	8.329	17.492	20.346
11	1.6576	6.7217	18.095	20.73
14	-2.6831	-20.703	8.4416	10.731
17	-0.8689	-38.619	9.2754	10.399
20	-0.5018	-33.456	9.3382	9.4175
23	-1.0341	-3.8301	8.0003	9.3648
26	-1.8029	-17.369	8.427	10.071
30	-1.7287	-7.9373	8.0052	10.094
32	-0.0045	-0.1501	8.0053	8.0065
36	-0.0027	-0.0365	8.0003	8.0057
37	1.5109	17.61	16.631	18.721
42	0.3786	14.023	17.87	20.433
43	0.1978	10.987	18.139	19.946
48	2.7181	10.864	17.808	20.444
49	-0.0002	-0.0071	8.0003	8.0003
Sum int Q=	0.0031	W		

Heat flow through surfaces of BC type:
 2: **8.6271 W** 2: T=21°C, R=0.13 m²·K/W
 3: **-8.627 W** 3: T=8°C, R=0.04 m²·K/W

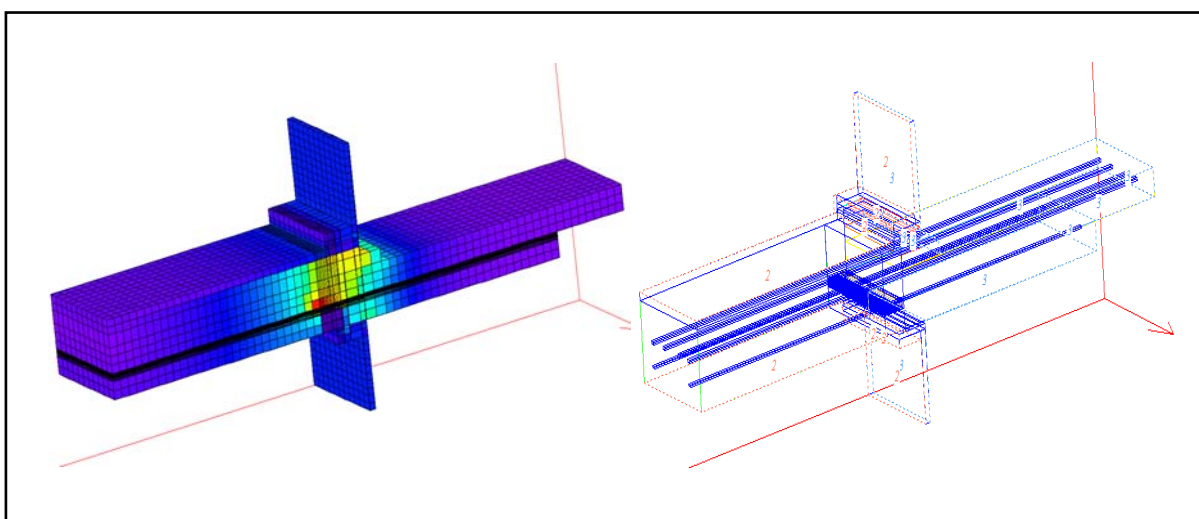
Net heat flow through sets = 4E-5 W

Simulering med armering

Set	Q[W]	q[W/m ²]	Tmin	Tmax
1	1.6578	17.599	16.784	18.721
5	0.3565	11.538	16.842	20.684
8	-2.6847	-20.715	8.4416	10.746
11	-0.8835	-39.266	9.2972	10.722
14	-0.5125	-34.17	9.3611	9.4836
17	-1.1395	-4.2344	8.0005	9.4226
20	-1.8068	-17.407	8.4282	10.133
24	-1.8329	-8.4269	8.0065	10.154
26	-0.0059	-0.1979	8.0069	8.0089
30	-0.0039	-0.052	8.0004	8.0085
31	-0.0004	-0.0122	8.0005	8.0005
32	1.5109	17.61	16.633	18.721
37	0.3769	13.958	16.685	20.437
38	0.1504	8.3537	17.413	20.345
42	1.7293	7.0125	18.009	20.699
44	0.1967	10.926	18.065	19.953
49	2.8924	11.56	17.65	20.379
Sum int Q=	0.0069	W		

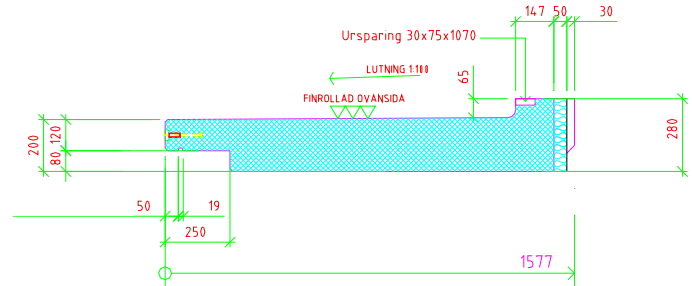
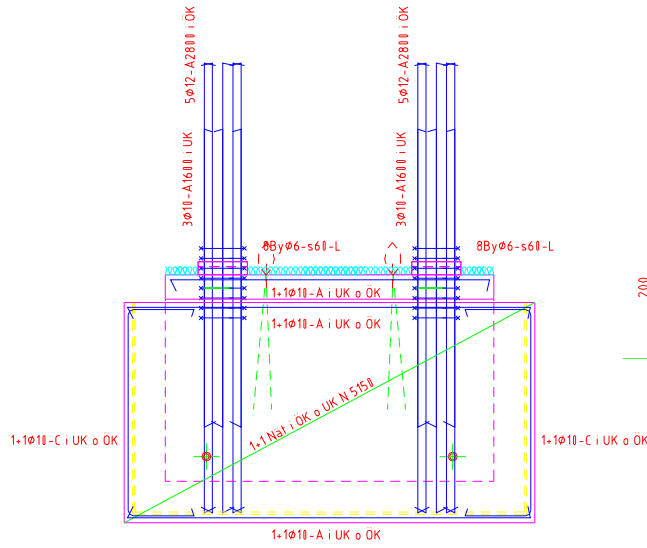
Heat flow through surfaces of BC type:
 2: **8.8708 W** 2: T=21°C, R=0.13 m²·K/W
 3: **-8.87 W** 3: T=8°C, R=0.04 m²·K/W

Net heat flow through sets = 0.0008 W

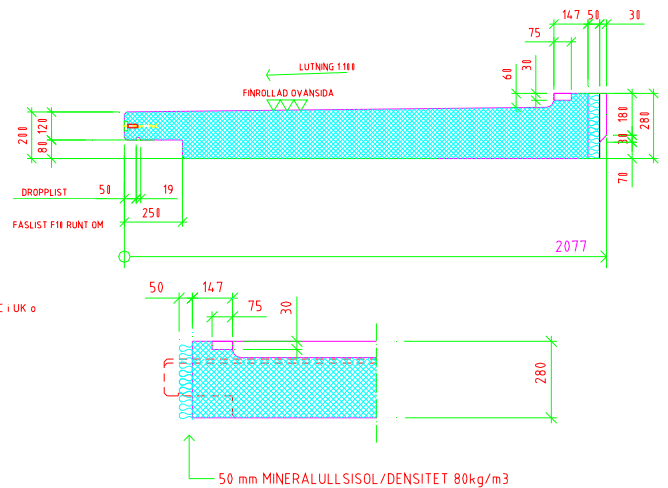
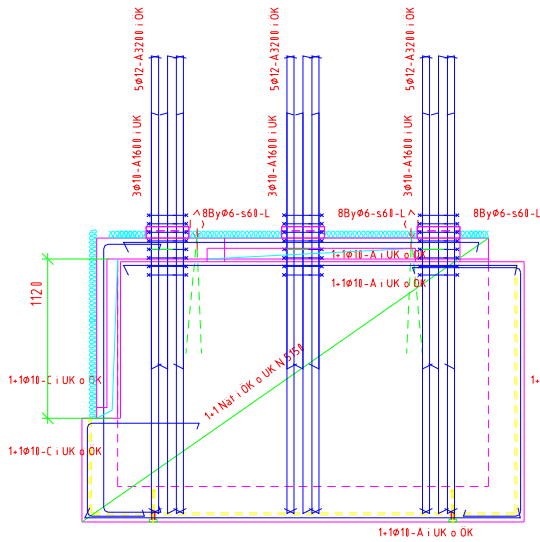


Figur 10.4.1 Bilden på vänster sida visar energiflöde genom betongklacken vid balkonginfästningen (bredden är 300 mm). Figuren på höger sida visar placering av armeringsjärnen i simuleringssmodellen.

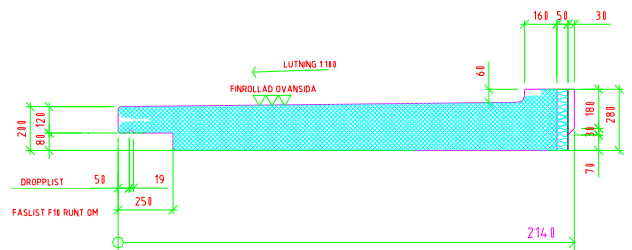
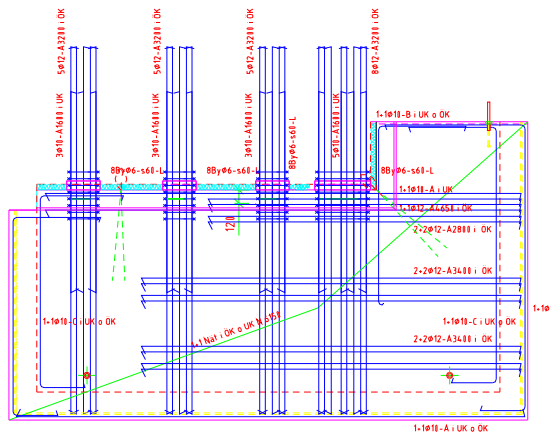
10.5 BILAGA 5: VITRUVIUS:s SAMTLIGA BALKONGER



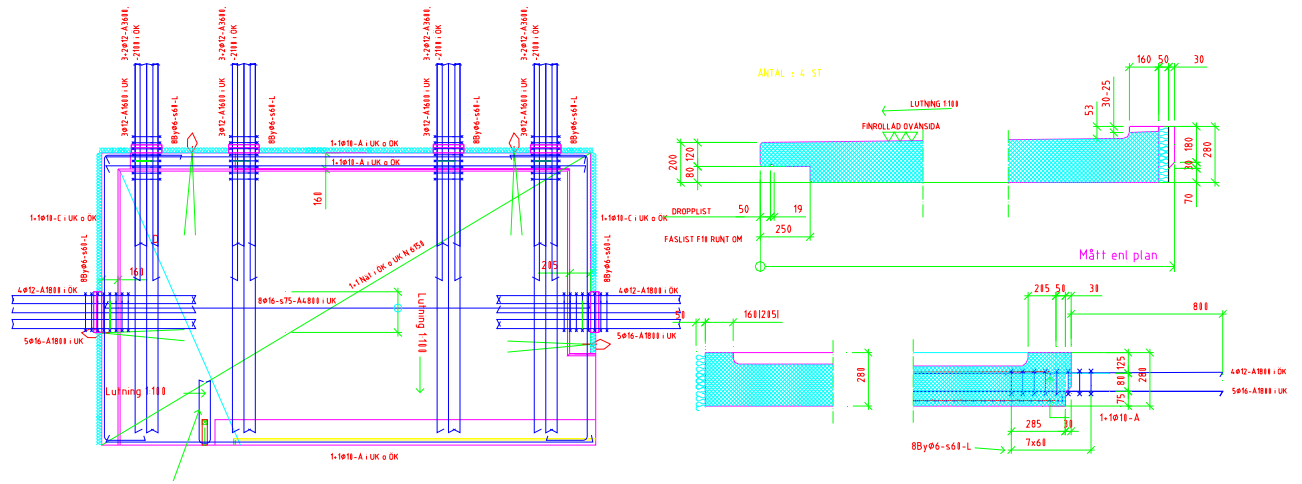
BP 201



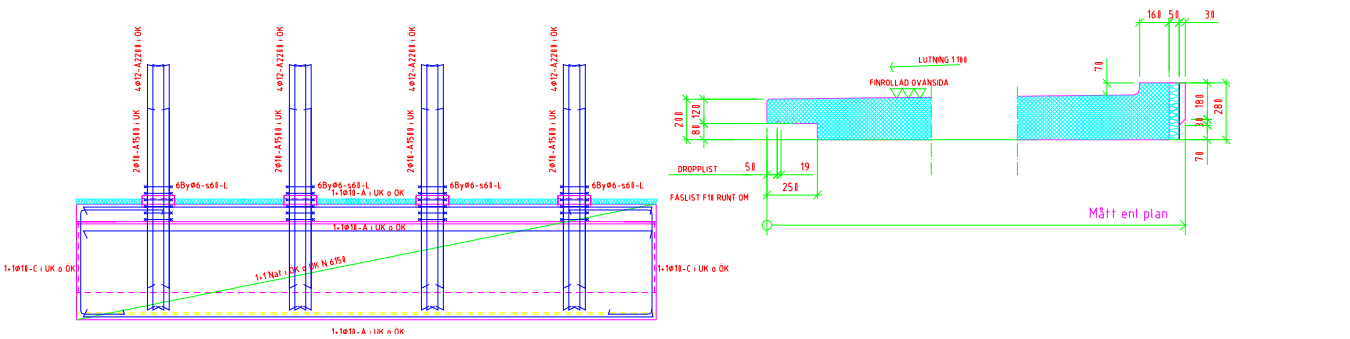
BP 202



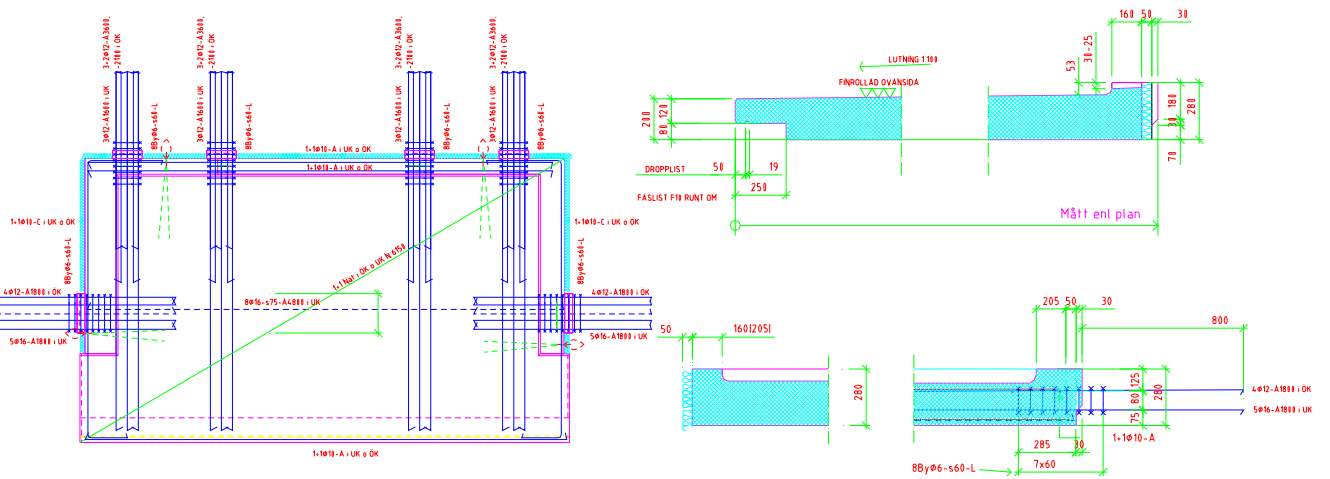
BP 213



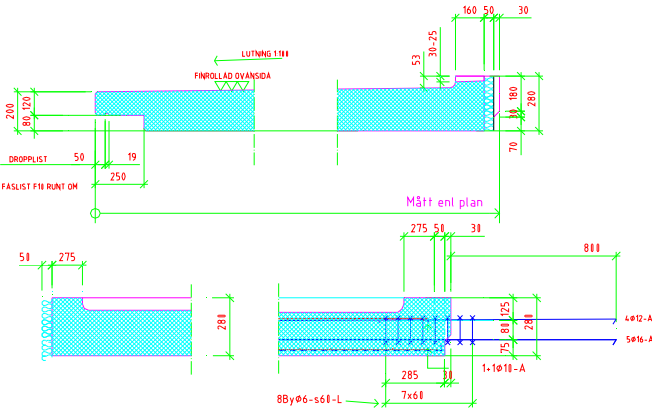
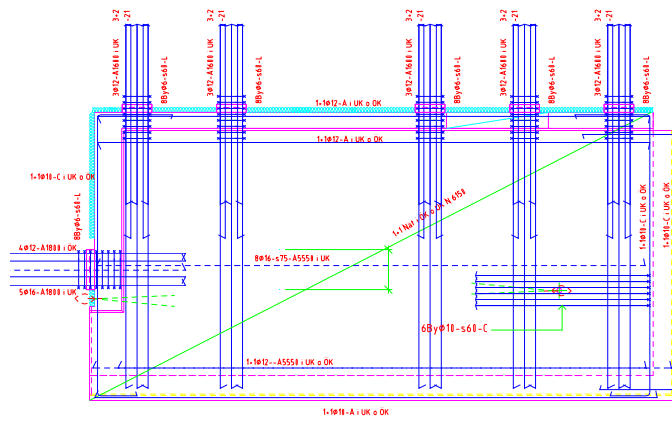
BP 214



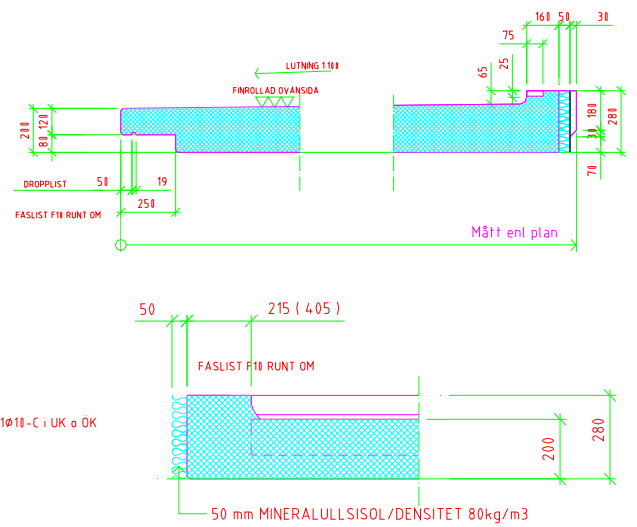
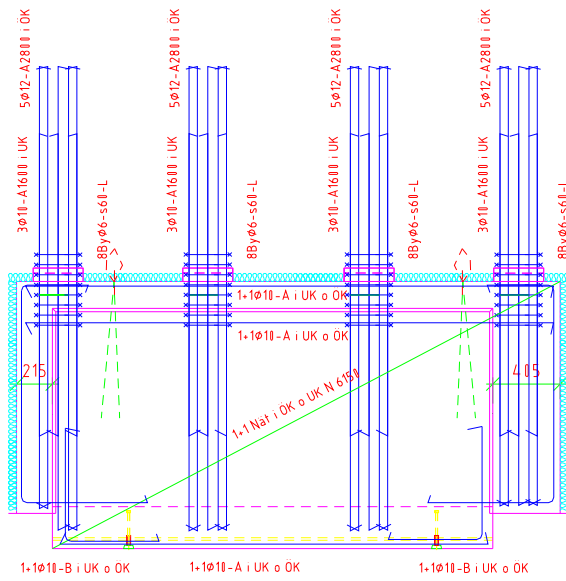
BP 215



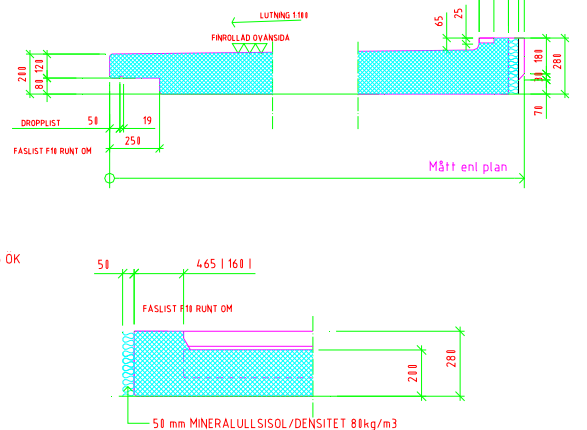
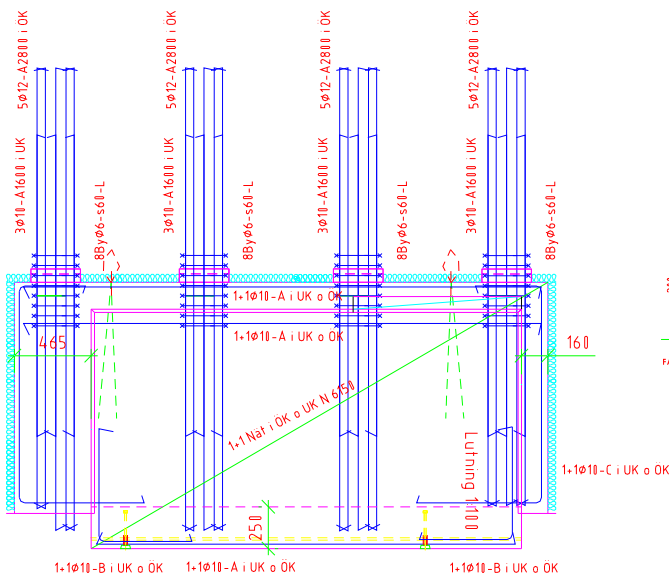
BP 216



BP 217

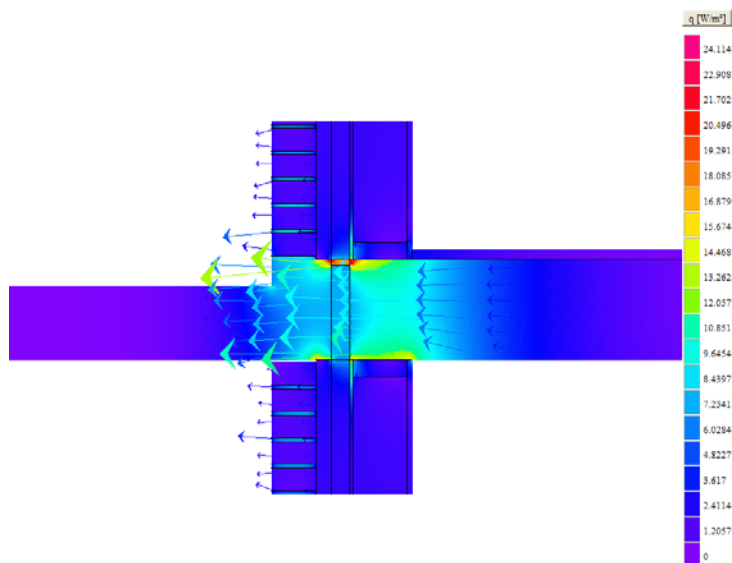


BP 218

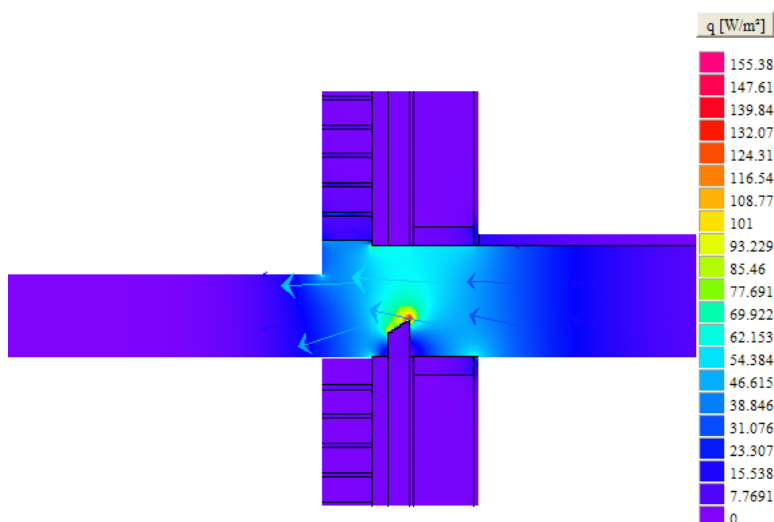


BP 219

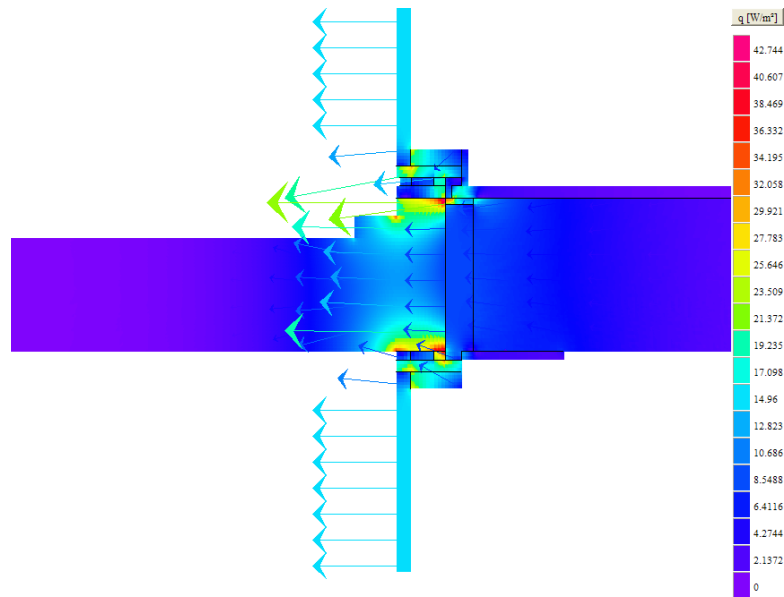
10.6 BILAGA 6: HEAT2 SIMULERINGSMODELLER



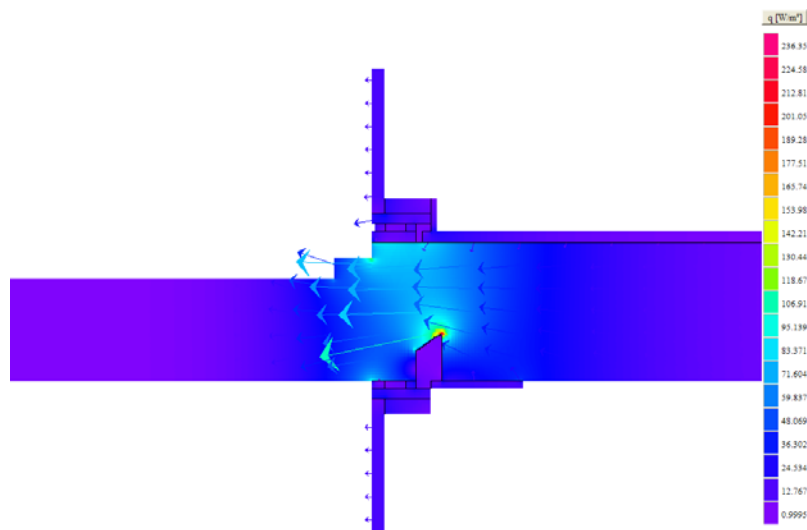
Figur 10.6.1 Fall 1a. Bilden illustrerar energiflödena genom balkonginfästningen. Pilarna visar energiflödenas riktning mot den kalla sidan. Utetemperaturen är 8°C och innetemperaturen är 21°C . Med hjälp av färgskalan kan energiflödet studeras. I detta fall utgör syllan, som enligt bygghandlingar är direkt monterad på betongbjälklaget, den största köldbrygga. Tätningssmassan utgör också en stor köldbrygga. De totala energiflödena, enbart genom balkonginfästning, beräknas till $\Psi = 2,10 \text{ W/m}$.



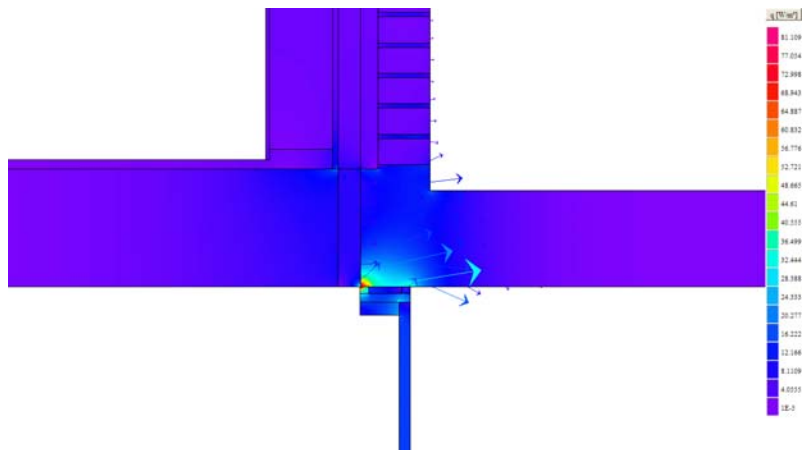
Figur 10.6.2 Fall 1b. Simulering av energiflöde vid betongklacken. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att värmen leds obehindrat ut genom balkonginfästningen till den yttre miljön. Energiflödena, enbart vid infästningen, beräknas till $\Psi = 13,3 \text{ W/m}$.



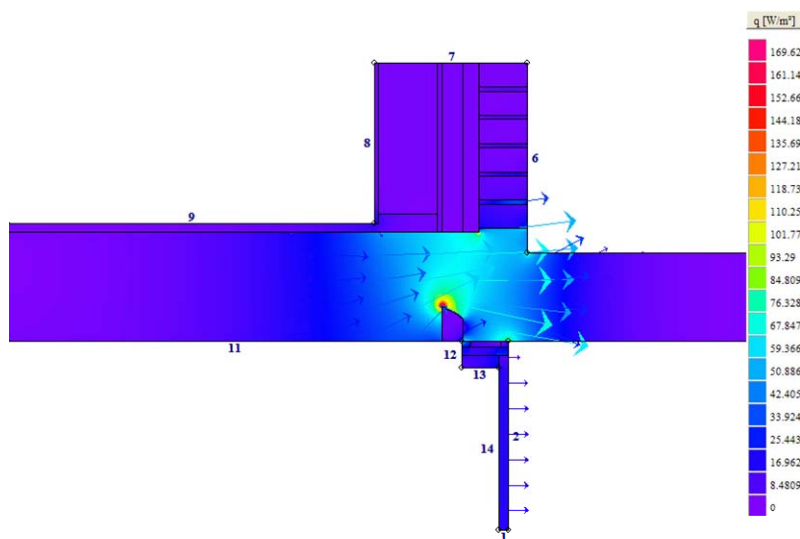
Figur 10.6.3 Fall 2a. Simulering av energiflöde genom 50 mm köldbryggebrytande cellplast. Pilarna visar energiflödets riktning. Observera att i detta fall leds värmen till fönsterkarmen och glaslet där tätningssmassan utgör en stor köldbrygga. Värmegenomgångskoefficienten för fönster med karm är $1,4 W/(m^2K)$ och värmegenomgångskoefficient för tätningssmassan är $4,4 W/(m^2K)$. Energiflödet, enbart genom den köldbryggebrytande isoleringen, beräknas till $\Psi = 3,0 W/m$.



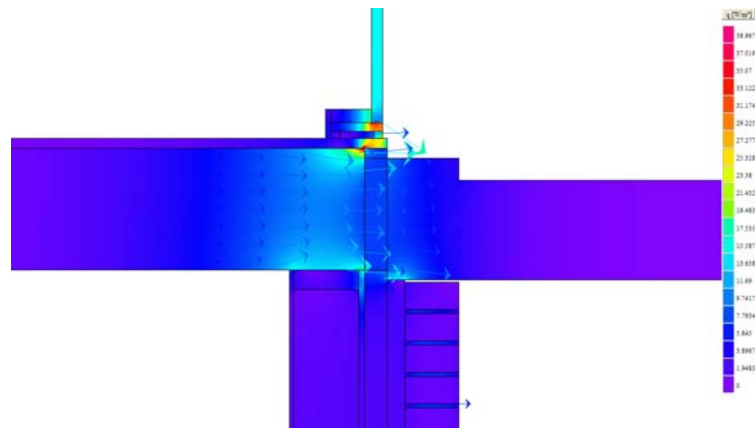
Figur 10.6.4 Fall 2b. Simulering av energiflödena genom betongklacken. Pilarna visar energiflödernas riktning. Observera att värmen leds obehindrat ut genom balkonginfästningen. Värmegenomgångskoefficienten för fönster med karm är $1,4 W/(m^2K)$. Energiflödena, enbart genom infästningen, beräknas till $\Psi = 14,8 W/m$.



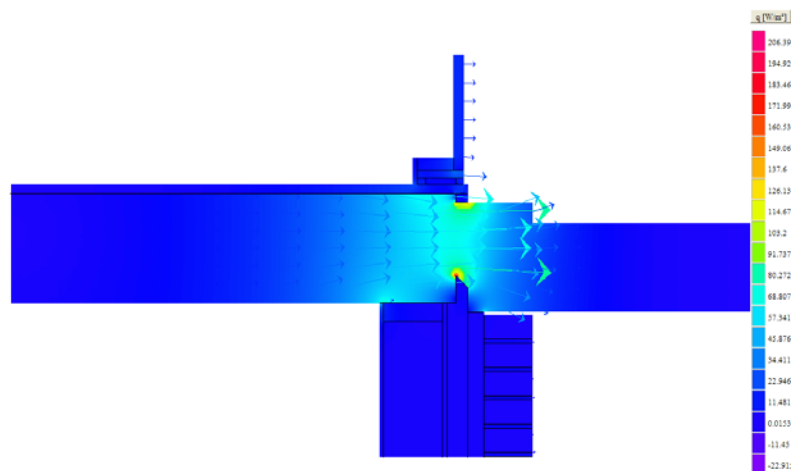
Figur 10.6.5 Fall 3a. Simulering av energiflöde genom balkonginfästningen. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att fönsterkarmen utgör en stor köldbrygga. Energiflödena, enbart genom köldbryggebrytande isoleringen, beräknas till $\Psi = 2,8 \text{ W/m}$.



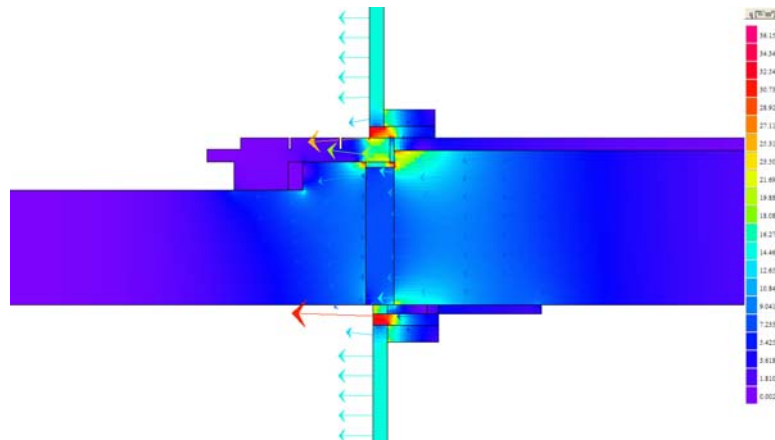
Figur 10.6.6 Fall 3b. Simulering av energiflöde vid betongklacken. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att värmen leds obehindrat ut genom balkonginfästningen. Energiflödet, enbart genom balkonginfästningen, beräknas till $\Psi = 14,8 \text{ W/m}$.



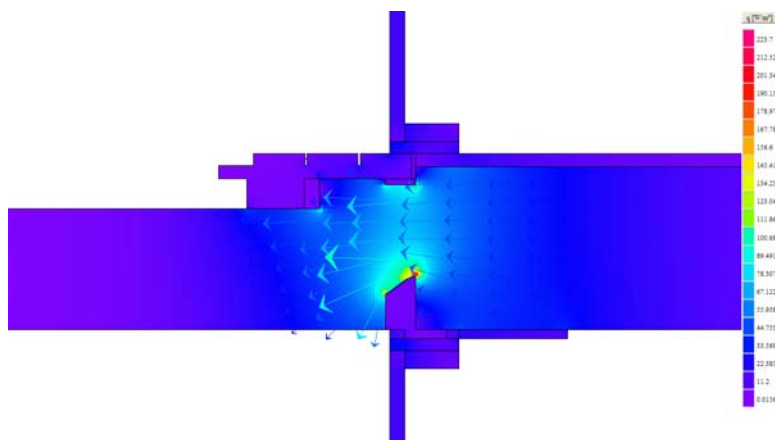
Figur 10.6.7 Fall 4a. Simulering av energiflöde vid balkonginfästning. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att i detta fall är en balkongdörr med glas som sitter på bjälklaget där det största energiflödet sker genom golvbeläggningen och dörrkarmen. Syllen och yttergips utgör också en stor köldbrygga. Energiflödet, anbart genom köldbryggebrytande isolering, beräknas till $\Psi = 2,1$ W/m.



Figur 10.6.8 Fall 4b Simulering av energiflöde vid betongklacken. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att värmen leds obehindrat ut genom balkonginfästningen till yttre miljön. Energiflödet, enbart genom balkonginfästningen, beräknas till $\Psi = 15,4$ W/m.

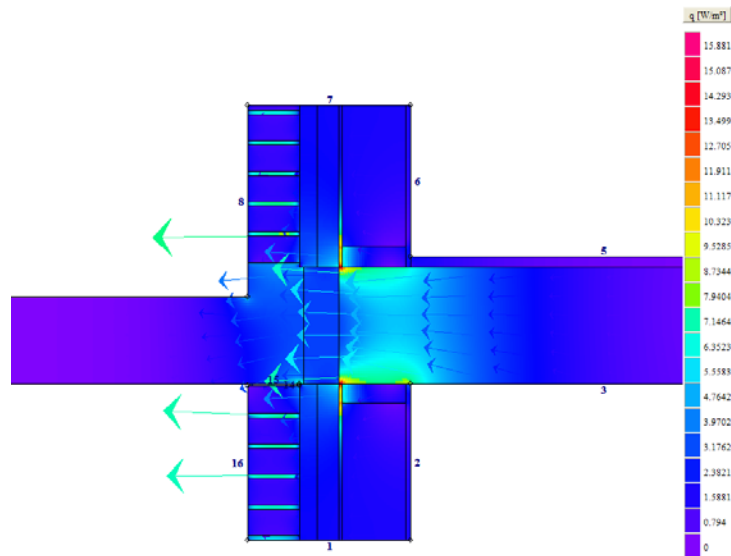


Figur 10.6.9 Fall 5a. Simulering av energiflöde vid balkonginfästning. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att i detta fall, till skillnad med fall 2, är skjutsfönstret monterat dels på balkongens trallgolv och dels på bjälklaget. Detta utgör en stor köldbrygga. Fönstret på under sidan är monterat på bjälklaget. Energiflödet, enbart genom köldbryggebrytande isolering, beräknas till $\Psi = 2,4 \text{ W/m}$.

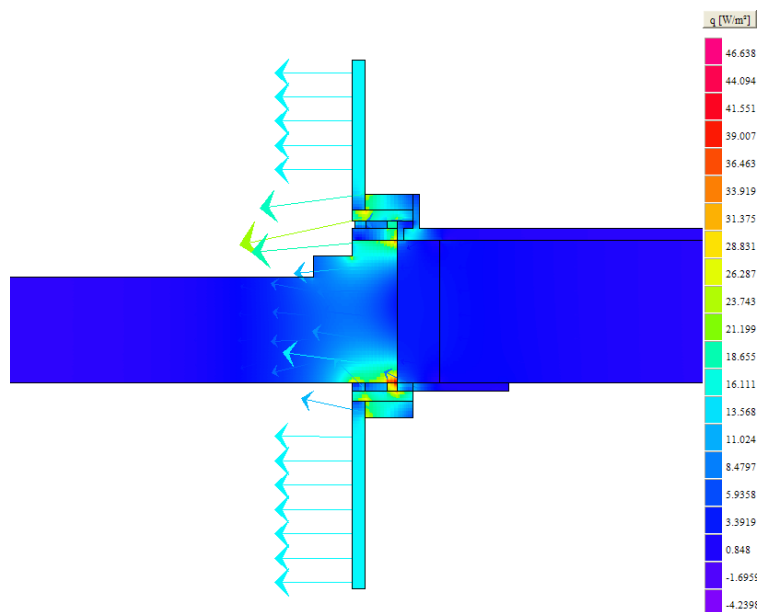


Figur 10.6.10 Fall 5b Simulering av energiflöde vid betongklacken. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att värmen leds obehindrat ut genom balkonginfästningen. Energiflödet, enbart genom balkonginfästningen, beräknas till $\Psi = 13,8 \text{ W/m}$.

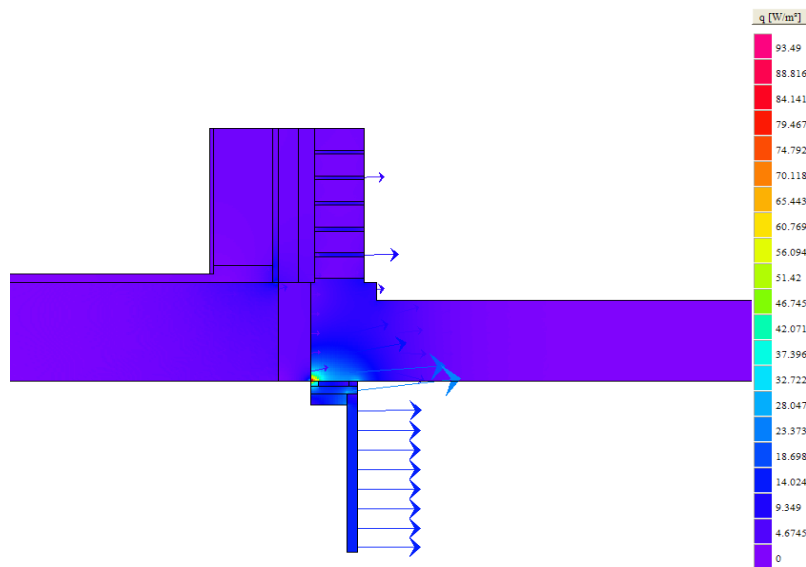
10.7 BILAGA 7: HEAT2 ALTERNATIV LÖSNINGS SIMULERINGSMODELLER



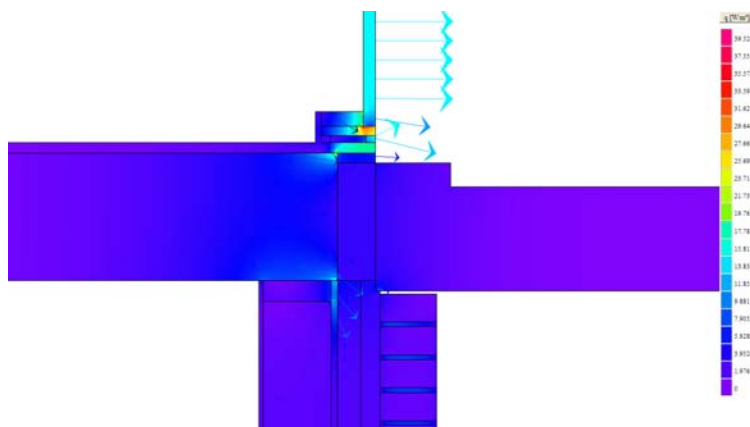
Figur 10.7.1 Fall 1.c. Simulering av energiflöde med HIT-modul som balkonginfästning. Pilarna visar riktning av energiflödet. Det totala energiflödet, enbart genom infästningen, är i detta fall $\Psi = 0,60 \text{ W/m}$, vilket är dryg 68 % mindre än motsvarande fall 1.a.



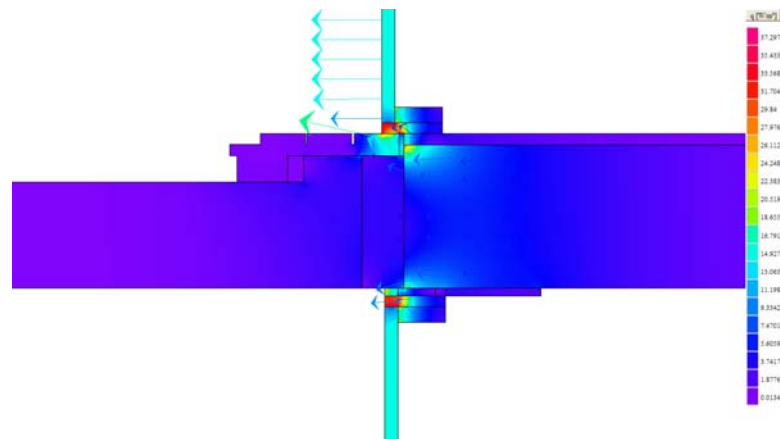
Figur 10.7.2 Fall 2c. Simulering av energiflöde genom balkonginfästningen. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att den största värmeförlusten sker genom glaset och fönsterkarmen som är monterat på balkongplattan. U-värdet för fönster med karm är $1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Energiflödet, enbart genom HIT-modulen, beräknas till $\Psi = 0,2 \text{ W/m}$.



Figur 10.7.3 Fall 3c. Simulering av energiflöde genom balkonginfästningen. Pilarna visar riktning av energiflödet. Beräknade energiflödet, enbart genom HIT-modulen är $\Psi = 1,6 \text{ W/m}$.



Figur 10.7.4 Fall 4c. Simulering av energiflöde genom balkonginfästning. Pilarna visar riktning av energiflödet. Observera att i detta fall sker värmetransporten mellan bjälklaget och yttergips och på ovansidan sker det största värme transport mellan bjälklaget och golvbeläggning samt glaset och dörrkarmen. Energiflödet, enbart genom HIT-modulen, beräknas till $\Psi = 0,7 \text{ W/m}$.



Figur 10.7.5 Fall 5c. Simulering av energiflöde genom balkonginfästningen. Pilarna visar riktning av energiflödet. Det största värmetransport sker mellan balkongens golvtrall och skjutsfönstrets karmen. På bjälklaget undersidan är det tätningsmassan och fönsterkarmen samt glaset som utgör det största energiförlusten. Beräknade energiflödet, enbart genom HIT-modulen är $\Psi = 1,2 \text{ W/m}$.

10.8 BILAGA 8: SAMMANSTÄLLNING AV SIMULERING- ARNAS RESULTAT GENOMFÖRT MED HEAT2

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 201	1a	13	0,63	2,10	0,10
	1b	13	0,30	13,33	0,31
	4a	13	0,77	2,06	0,12
	4b	13	0,30	15,40	0,35
				summa	0,88
Alternativ lösning	1c	13	0,93	0,60	0,04
	4c	13	1,07	0,70	0,06
				Summa	0,10

Tabell 10.8.1 Balkongplatta 201, Torghuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 202	1a	13	0,52	2,10	0,08
	1b	13	0,60	13,33	0,61
	2a	13	1,12	3,00	0,26
	4a	13	1,14	2,06	0,18
	4b	13	0,30	15,40	0,35
				summa	1,48
Alternativ lösning	1c	13	1,12	0,60	0,05
	2c	13	1,12	0,20	0,02
	4c	13	1,44	0,70	0,08
				Summa	0,15

Tabell 10.8.2 Balkongplatta 202, Torghuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 213	1a	13	0,61	2,10	0,10
	1b	13	0,50	13,33	0,51
	2a	13	1,55	3,00	0,36
	2b	13	0,90	14,80	1,02
				summa	1,99
Alternativ lösning	1c	13	1,11	0,6	0,05
	2c	13	2,45	0,2	0,04
				Summa	0,09

Tabell 10.8.3 Balkongplatta 213, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 214	1a	13	2,08	2,10	0,34
	1b	13	0,40	13,33	0,41
	3a	13	2,39	2,80	0,51
	3b	13	0,90	14,82	1,03
	5a	13	3,19	2,43	0,60
	5b	13	0,70	13,81	0,74
				summa	3,63
Alternativ lösning	1c	13	2,48	0,60	0,11
	3c	13	3,29	1,63	0,41
	5c	13	3,89	1,24	0,40
				Summa	0,92

Tabell 10.8.4 Balkongplatta 214, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 215	1a	13	1,80	2,10	0,30
	1b	13	0,30	13,33	0,31
	2a	13	2,23	3,00	0,56
	2b	13	0,90	14,80	1,02
				summa	2,19
Alternativ lösning	1c	13	2,08	0,60	0,10
	2c	13	3,13	0,2	0,05
				Summa	0,15

Tabell 10.8.5 Balkongplatta 215, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta		ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 216	1a	13	3,10	2,10	0,50
	1b	13	0,80	13,33	0,82
	3a	13	2,70	2,80	0,58
	3b	13	1,20	14,82	1,37
	5a	13	1,00	2,43	0,20
	5b	13	0,30	13,81	0,32
				summa	3,80
Alternativ lösning	1c	13	3,90	0,60	0,18
	3c	13	3,90	1,63	0,49
	5c	13	1,30	1,24	0,12
				Summa	0,79

Tabell 10.8.6 Balkongplatta 216, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 217	1a	13	2,20	2,10	0,35
	1b	13	0,70	13,33	0,72
	2a	13	0,73	3,00	0,17
	2b	13	0,30	14,80	0,34
	3a	13	2,83	2,80	0,61
	3b	13	0,90	14,82	1,03
				summa	
Alternativ lösning	1c	13	2,90	0,60	0,13
	2c	13	1,03	0,20	0,10
	3c	13	3,73	1,63	0,47
				Summa	

Tabell 10.8.7 Balkongplatta 216, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 218	1a	13	2,76	2,10	0,44
	4a	13	1,86	2,06	0,30
	4b	13	0,75	15,40	0,90
				summa	
Alternativlösning	1c	13	2,76	0,60	0,13
	4c	13	2,61	0,70	0,14
				Summa	

Tabell 10.8.8 Balkongplatta 218, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

Balkongplatta	Fall	ΔT [K]	l [m]	Ψ [W/m]	$Q_{\Psi} = (\Psi l) / \Delta T$ [W/K]
BP 219	1a	13	2,76	2,10	0,44
	4a	13	1,84	2,06	0,30
	4b	13	0,75	15,40	0,90
				summa	
Alternativ lösning	1c	13	2,76	0,60	0,13
	4c	13	2,61	0,70	0,14
				Summa	

Tabell 10.8.9 Balkongplatta 219, Kajhuset. (index a står för köldbryggebrytande isolering, b står för betongklack och c står för HIT-modul)

10.9 BILAGA 9: SAMMANSTÄLLNING AV SIMULERING- ARNAS RESULTAT GENOMFÖRT MED VIP+

Byggnadens värmeförsörjningsbehov				
Byggnad	Yta [m ²]	Utan energiförluster pga. balkonginfästning [kWh/år]	Med energiförluster pga. balkonginfästning [kWh/år]	Alternativ konstruk- tionslösning [kWh/år]
Kajhus	1747,4	207451	215910	209219
Torghus	447	49207	49770	49276
SUMMA	2194,4	256658	265680	258495

Tabell 10.9.1 Tabellen redovisar byggnadernas värmeförsörjningsbehov enligt energiberäkningar genomförda med Vip+.

Specifik energianvändning [kWh/år]				
Byggnad	Yta [m ²]	Utan energiförluster pga. balkonginfästning	Med energiförluster pga. balkonginfästning	Alternativ konstruk- tionslösning
Kajhus	1747,4	209919	218421	211697
Torghus	447	49753	50319	49823
SUMMA	2194,4	259672	268740	261520

Tabell 10.9.2 Sammanställning av specifik energianvändning enligt BBR 12 för fastigheten Vitruvius. Beräkningarna är genomförda med värmeberäkningsprogram Vip+.

Total energibehov [kWh/år]				
Byggnad	Yta [m ²]	Utan energiförluster pga. balkonginfästning	Med energiförluster pga. balkonginfästning	Alternativ konstruk- tionslösning
Kajhus	1747,4	279123	287625	280901
Torghus	447	66178	66744	66247
SUMMA	2194,4	345301	354369	347148

Tabell 10.9.3 Sammanställning av specifik energianvändning enligt BBR 12 för fastigheten Vitruvius. Beräkningarna är genomförda med värmeberäkningsprogram Vip+.

Info ?	Referenshus Referensdrift		Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift	
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	VÄRMEFÖRSÖRJNING	162 642	93.08	193 217	110.57	207 451
Ventilation	60 246	34.48	60 246	34.48	60 246	34.48
Värmesystem	45 875	26.25	76 450	43.75	90 684	51.90
Tappvarmvatten	56 521	32.35	56 521	32.35	56 521	32.35
ELFÖRSÖRJNING	231	0.13	2 397	1.37	2 469	1.41
Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tilluftsfläktar	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Frånluftsfläktar	0	0.00	2 013	1.15	2 013	1.15
Cirk.pump värme	231	0.13	384	0.22	456	0.26
Cirk.pump solf	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ELFÖRSÖRJNING+ PROCESSENERGI	69 434	39.74	71 601	40.98	71 672	41.02
ENERGIFÖRSÖRJNING	162 872	93.21	195 615	111.95	209 919	120.13
PROCESSENERGI+ ENERGIFÖRSÖRJNING	232 076	132.81	264 818	151.55	279 123	159.74
FÖRÅNGARKYLA						
KONDENSÖRVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
VENTILATIONSSYSTEM	60 246	34.48	62 259	35.63	62 259	35.63
VÄRMESYSTEM	46 105	26.39	76 835	43.97	91 139	52.16
TAPPVARMVATTEN	56 521	32.35	56 521	32.35	56 521	32.35

Figur 10.9.4 Kajhuset, specifikation av energiflöden. Köldbryggor i balkonginfästningen ej medräknade. Vip+

BBR 10	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	Tillåtet värde	W/m ² C kWh/år
	Fs-värde	0.357	0.380	
Energibehov för uppvärmning (Värmeförsörjning EI till värmepump EI till fläktar EI till pumpar)	195 615	209 919	162 872	
Tillåtet Fs-värde är 130% av Referenshusets medel: 0.267				
BBR 12	Aktuellt hus Planerad drift	Tillåtet värde	Verksamhetstyp: Bostad Klimatzon: Söder	
U-värde	0.491	0.500	W/m ² C	
Specifik energianvändning (Värmeförsörjning EI till Värmepump EI till kylmaskin EI till fläktar EI till pumpar)	120	110	kWh/m ² ,år	

Figur 10.9.5 Kajhuset, kontroll mot Boverkets byggregler. Köldbryggor i balkonginfästningen ej medräknade. Vip+

Info ?	Referenshus Referensdrift		Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift	
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	Avbryt					
VÄRMEFÖRSÖRJNING	156 559	89.60	200 936	114.99	215 910	123.56
Ventilation	60 246	34.48	60 246	34.48	60 246	34.48
Värmeystem	39 792	22.77	84 168	48.17	99 143	56.74
Tappvarmvatten	56 521	32.35	56 521	32.35	56 521	32.35
ELFÖRSÖRJNING	200	0.11	2 436	1.39	2 511	1.44
Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tilluftsfläktar	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Frånluftsfläktar	0	0.00	2 013	1.15	2 013	1.15
Cirk.pump värme	200	0.11	423	0.24	498	0.29
Cirk.pump solf	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ELFÖRSÖRJNING+ PROCESSENERGI	69 404	39.72	71 640	41.00	71 715	41.04
ENERGIFÖRSÖRJNING	156 759	89.71	203 371	116.39	218 421	125.00
PROCESSENERGI+ ENERGIFÖRSÖRJNING	225 963	129.31	272 575	155.99	287 625	164.60
FÖRÅNGARKYLA						
KONDENSORVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmeystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmeystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
VENTILATIONSSYSTEM	60 246	34.48	62 259	35.63	62 259	35.63
VÄRMESYSTEM	39 992	22.89	84 591	48.41	99 641	57.02
TAPPVÄRMVATTEN	56 521	32.35	56 521	32.35	56 521	32.35

Figur 10.9.6 Kajhuset, specifikation av energiflöden. Köldbryggor i balkonginfästningen medräknade. Vip+

BBR 10	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	Tillåtet värde	W/m ² °C kWh/år
	Avbryt			
Fs-värde	0.393	0.418	0.347	
Energibehov för uppvärmning (Värmeförsörjning EI till värmepump EI till fläktar EI till pumpar)	203 371	218421	156 759	
				Tillåtet Fs-värde är 130% av Referenshusets medel: 0.267
BBR 12	Aktuellt hus Planerad drift	Tillåtet värde	W/m ² °C kWh/m ² ,år	
	Verksamhetstyp: Bostad Klimatzon: Söder			
U-värde	0.526	0.500		
Specifik energianvändning (Värmeförsörjning EI till värmepump EI till kylmaskin EI till fläktar EI till pumpar)	125	110		

Figur 10.9.7 Kajhuset, kontroll mot Boverkets byggregler. Köldbryggor i balkonginfästningen medräknade. Vip+

Info ?	Referenshus Referensdrift		Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift		Avbryt
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	
	VÄRMEFÖRSÖRJNING	162 916	93.23	194 830	111.50	209 219	
Ventilation	60 246	34.48	60 246	34.48	60 246	34.48	
Värmesystem	46 149	26.41	78 063	44.67	92 452	52.91	
Tappvarmvatten	56 521	32.35	56 521	32.35	56 521	32.35	
ELFÖRSÖRJNING	232	0.13	2 405	1.38	2 478	1.42	
Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Tilluftsfläktar	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Frånluftsfläktar	0	0.00	2 013	1.15	2 013	1.15	
Cirk.pump värme	232	0.13	392	0.22	465	0.27	
Cirk.pump solf	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
ELFÖRSÖRJNING+ PROCESSENERGI	69 436	39.74	71 609	40.98	71 681	41.02	
ENERGIFÖRSÖRJNING	163 148	93.37	197 235	112.87	211 697	121.15	
PROCESSENERGI+ ENERGIFÖRSÖRJNING	232 352	132.97	266 439	152.48	280 901	160.75	
FÖRÅNGARKYLA							
KONDENSÖRVARME	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
SOLFÅNGARVARME	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
VENTILATIONSSYSTEM	60 246	34.48	62 259	35.63	62 259	35.63	
VÄRMESYSTEM	46 381	26.54	78 455	44.90	92 917	53.17	
TAPPVARMVATTEN	56 521	32.35	56 521	32.35	56 521	32.35	

Figur 10.9.8 Kajhuset, specifikation av energiflöden. Beräkning med alternativ konstruktionslösning. Vip+

BBR 10	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	Tillåtet värde	Avbryt
	Fs-värde	0.364	0.388	
Energibehov för uppvärmning (Värmeförsörjning EI till värmepump EI till fläktar EI till pumpar)	197 235	211697	163 148	kWh/år
				Tillåtet Fs-värde är 130% av Referenshusets medel: 0.267
BBR 12	Aktuellt hus Planerad drift	Tillåtet värde	Verksamhetstyp: Bostad Klimatzon: Söder	
U-värde	0.498	0.500	W/m ² °C	
Specifik energianvändning (Värmeförsörjning EI till Värmepump EI till kylmaskin EI till fläktar EI till pumpar)	121	110	kWh/m ² ·år	

Figur 10.9.9 Kajhuset, kontroll mot Boverkets byggregler. Beräkning med alternativ konstruktionslösning. Vip+

Info ?	Referenshus Referensdrift		Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift	
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	Avbryt					
VÄRMEFÖRSÖRJNING	42 822	95.80	46 663	104.39	49 207	110.08
Ventilation	19 983	44.70	19 983	44.70	19 983	44.70
Värmeystem	9 424	21.08	13 266	29.68	15 810	35.37
Tappvarmvatten	13 415	30.01	13 415	30.01	13 415	30.01
ELFÖRSÖRJNING	47	0.11	533	1.19	546	1.22
Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tilluftsfläktar	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Frånluftsfläktar	0	0.00	466	1.04	466	1.04
Cirk.pump värme	47	0.11	67	0.15	79	0.18
Cirk.pump solf	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ELFÖRSÖRJNING+ PROCESSENERGI	16 472	36.85	16 958	37.94	16 971	37.97
ENERGIFÖRSÖRJNING	42 869	95.90	47 196	105.58	49 753	111.30
PROCESSENERGI+ ENERGIFÖRSÖRJNING	59 294	132.65	63 621	142.33	66 178	148.05
FÖRÅNGARKYLA						
KONDENSÖRVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmeystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
SOLFÅNGÄRVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmeystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
VENTILATIONSSYSTEM	19 983	44.70	20 449	45.75	20 449	45.75
VÄRMESYSTEM	9 472	21.19	13 332	29.83	15 889	35.55
TAPPVÄRMVATTEN	13 415	30.01	13 415	30.01	13 415	30.01

Figur 10.9.10 Torghuset, specifikation av energiflöden. Köldbryggor i balkonginfästningen ej medräknade. Vip+

Info ?	Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift		Tillåtet värde
Avbryt					
BBR 10					
Fs-värde	0.285	0.301	0.313	W/m ² °C	
Energiebehov för uppvärmning (Värmeförsörjning El till värmepump El till fläktar El till pumpar)	47 196	49 753	42 869	kWh/år	
					Tillåtet Fs-värde är 130% av Referenshusets medel: 0.241
BBR 12					
U-värde	0.365	0.500	W/m ² °C		Verksamhetstyp: Bostad
Specifik energianvändning (Värmeförsörjning El till Värmepump El till kylmaskin EL till fläktar El till pumpar)	111	110	kWh/m ² .år		Klimatzon: Söder

Figur 10.9.11 Torghuset, kontroll mot Boverkets byggregler. Köldbryggor i balkonginfästningen ej medräknade. Vip+

Info ?	Referenshus Referensdrift		Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift	
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	Avbryt					
VÄRMEFÖRSÖRJNING	42 816	95.78	47 165	105.51	49 770	111.34
Ventilation	19 983	44.70	19 983	44.70	19 983	44.70
Värmeystem	9 418	21.07	13 768	30.80	16 373	36.63
Tappvarmvatten	13 415	30.01	13 415	30.01	13 415	30.01
ELFÖRSÖRJNING	47	0.11	536	1.20	549	1.23
Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tilluftsfäktar	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Frånluftsfäktar	0	0.00	466	1.04	466	1.04
Cirk.pump värme	47	0.11	69	0.15	82	0.18
Cirk.pump solf	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ELFÖRSÖRJNING+ PROCESSENERGI	16 472	36.85	16 960	37.94	16 973	37.97
ENERGIFÖRSÖRJNING	42 863	95.89	47 701	106.71	50 319	112.57
PROCESSENERGI+ ENERGIFÖRSÖRJNING	59 288	132.63	64 125	143.46	66 744	149.31
FÖRÅNGARKYLA						
KONDENSÖRVARME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmeystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmeystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
VENTILATIONSSYSTEM	19 983	44.70	20 449	45.75	20 449	45.75
VÄRMESYSTEM	9 466	21.18	13 837	30.95	16 455	36.81
TAPPVÄRMVATTEN	13 415	30.01	13 415	30.01	13 415	30.01

Figur 10.9.12 Torghuset, specifikation av energiflöden. Köldbryggor i balkonginfästningen medräknade. Vip+

Info ?			
BBR 10	Aktuellt hus Referensdrift	Aktuellt hus Aktuell drift	Tillåtet värde
Fs-värde	0.294	0.310	0.313 W/m ² C
Energibehov för uppvärmning (Värmeförsörjning EI till värmepump EI till fläktar EI till pumpar)	47 701	50319	42 863 kWh/år
			Tillåtet Fs-värde är 130% av Referenshusets medel: 0.241
BBR 12	Aktuellt hus Planerad drift	Tillåtet värde	Verksamhetstyp: Bostad Klimatzon: Söder
U-värde	0.373	0.500 W/m ² C	
Specifik energianvändning (Värmeförsörjning EI till Värmepump EI till kylmaskin EL till fläktar EI till pumpar)	113	110 kWh/m ² .år	

Figur 10.9.13 Torghuset, kontroll mot Boverkets byggregler. Köldbryggor i balkonginfästningen medräknade. Vip+

Info ?	Referenshus Referensdrift		Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift	
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	VÄRMEFÖRSÖRJNING	42 808	95.77	46 724	104.53	49 276
Ventilation	19 983	44.70	19 983	44.70	19 983	44.70
Värmesystem	9 411	21.05	13 326	29.81	15 879	35.52
Tappvarmvatten	13 415	30.01	13 415	30.01	13 415	30.01
ELFÖRSÖRJNING	47	0.11	533	1.19	546	1.22
Värmepump	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tilluftsfläktar	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Frånluftsfläktar	0	0.00	466	1.04	466	1.04
Cirk.pump värme	47	0.11	67	0.15	80	0.18
Cirk.pump solf	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Cirk.pump kyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Kylmaskin komfortkyla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ELFÖRSÖRJNING+ PROCESSENERGI	16 472	36.85	16 958	37.94	16 971	37.97
ENERGIFÖRSÖRJNING	42 856	95.87	47 257	105.72	49 823	111.46
PROCESSENERGI+ ENERGIFÖRSÖRJNING	59 280	132.62	63 682	142.47	66 247	148.20
FÖRÅNGARKYLA						
KONDENSORVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Ventilation	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Värmesystem	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tappvarmvatten	0	0.00	0	0.00	0	0.00
VENTILATIONSSYSTEM	19 983	44.70	20 449	45.75	20 449	45.75
VÄRMESYSTEM	9 458	21.16	13 393	29.96	15 959	35.70
TAPPVARMVATTEN	13 415	30.01	13 415	30.01	13 415	30.01

Figur 10.9.14 Torghuset, specifikation av energiflöden. Beräkning med alternativ konstruktionslösning. Vip+

Info ?	Aktuellt hus Referensdrift		Aktuellt hus Aktuell drift		Tillåtet värde
BBR 10					
Fs-värde	0.286	0.302	0.313	W/m ² C	
Energibehov för uppvärmning (Värmeförsörjning)	47 257	49823	42 856	kWh/år	
El till värmepump					Tillåtet Fs-värde är 130% av Referenshusets medel: 0.241
El till fläktar					
El till pumpar)					
BBR 12					
U-värde	0.365	0.500	0.500	W/m ² C	Verksamhetstyp: Bostad
Specifik energianvändning (Värmeförsörjning)	112	110	110	kWh/m ² ,år	Klimatzon: Söder
El till Värmepump					
El till kylmaskin					
EL till fläktar					
El till pumpar)					

Figur 10.9.15 Torghuset, kontroll mot Boverkets byggregler. Beräkning med alternativ konstruktionslösning. Vip+