LUND UNIVERSITY

Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö

Nilsson, Annika

2003

Link to publication

Citation for published version (APA):
Nilsson, A. (2003). *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. [Licentiatavhandling, Avdelningen för Byggnadsfysik]. Byggnadsfysik LTH, Lunds Tekniska Högskola.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö

Annika Nilsson

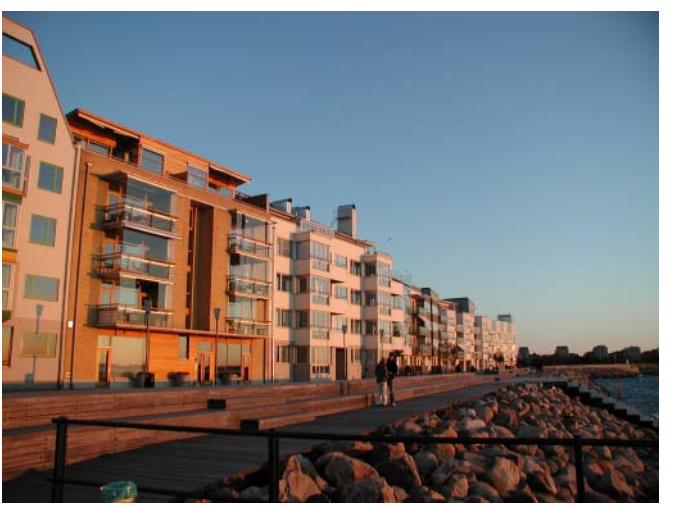
Rapport TVBH-3045 Lund 2003
Avdelningen för Byggnadsfysik

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö

Annika Nilsson

Licentiatavhandling



Avdelningen för Byggnadsfysik
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige

ISRN LUTVDG/TVBH--03/3045--SE(125)
ISSN 0349-4950
ISBN 91-88722-30-9
©2003 Annika Nilsson
Andra, reviderade utgåvan (januari 2004)

FÖRORD

Denna licentiatavhandling är en första del i forskningsprojektet *Utvärdering av energitillförsel och –användning samt inneklimat i Bo01-husen.* Det ingår som en del i det av Malmö stad framtagna utvärderingsprogram som inbegriper alla miljösatsningar som har gjorts på Bo01-området inom ramen för det lokala investeringsprogrammet. I Miljödepartementets beslut om stöd till Bo01-området framhöll man speciellt vikten av att följa upp de satsningar som har gjorts.

Malmö stad är en av de kommuner som ingår i Miljödepartementets Bygga/Bo-dialog. I dialogens mål och strategier för fortsatt arbete är förnybar energi och effektivare energianvändning centrala insatsområden. Det är därför viktigt både ur regionalt och nationellt intresse att erfarenheter från en genomgripande utvärdering av förnybar energi och effektivare energianvändning kan komma andra kommuner och aktörer tillgodo.

Denna första del omfattar uppföljning av energianvändningen i tio fastigheter på Bo01-området. Jämförelser med energiberäkningar för respektive fastighet görs. Indikationer och hypoteser bakom orsaker till avvikelser mellan beräknad och uppmätt energianvändning presenteras.

Som delaktiga finansiärer vill jag tacka Malmö stad, och där speciellt Per-Arne Nilsson, Jon Andersson och Eva Dalman för gott samarbete.

På Sydkraft AB, som står för utvärderingen av energitillförseln, vill jag främst tacka Li Lövehed för gott och effektivt samarbete. Tack också för hjälp med energidata: Mia Kempe, Thomas Pehrsson, Torsten Olsson och killarna på helpdesken för Energidialog™.

Ett stort tack till min handledare professor Arne Elmroth, för alla diskussioner vi har haft kring energi och byggsektorn, men även för din förståelse när livet inte alltid leker.

Tack alla hjälpsamma och trevliga kollegor på avdelningen för Byggnadsfysik. Speciellt Hans, för att du med entusiasm har hjälpt mig den sista tiden. Att ha någon att diskutera sitt projekt med på detaljnivå har varit mycket givande!

Tack till Egon Lange för många långa, innehållsrika, humoristiska samtal kring energi, effekt, byggsektorn och dansk hygge.

Jag vill tacka Ann för att det var du som tipsade mig om doktorandtjänsten. Madde, du är en klippa som förstår mig eftersom du själv är doktorand och inte blir uttråkad av att prata skrivregler och stadier man går igenom som doktorand.

Forskning kan också ge nya vänner. Anna och Eva, utsökta middagar och energisnack, vem har sagt att man inte kan kombinera nytta med nöje?

Tack Cecilia, för coaching och hjälp till insikter om min egen energieffektivitet.

Tack mor och far, Teresia och Henrik, för att ni ALLTID ställer upp och hjälper till. Det känns tryggt.

Till sist vill jag rikta ett tack till min kæreste Magnus som ständigt distraherat mig med diverse äventyr för att hävda vikten av fritid och hur man laddar sina batterier.

Lund i november 2003

Annika Nilsson

SAMMANFATTNING

Området i Västra hamnen byggdes till bomässan Bo01. För att säkerhetsställa de höga målen om att det skulle bli en hållbar stadsdel tog Malmö stad, i samarbete med Bo01 och byggherrerepresentanter, fram ett kvalitetsprogram. I avsnittet med kvalitetskrav på energi står det att energianvändningen inte får överstiger 105 kWh/(m^2 BRA, år).

Ett års mätningar av energianvändning (fjärrvärme, fastighets- och hushållsel) visar om man lyckats med att bygga energieffektiva fastigheter med god komfort. För alla hus har respektive byggherre redovisat energiberäkningar med uppskattat energibehov. Uppmätt fjärrvärmeanvändning har normalårskorrigerats enligt effektsignaturmetoden för att kunna jämföras med beräknade värden. Indikationer och hypoteser bakom orsaker till avvikelser mellan beräknat finns, men utvärderas noggrannare i nästa del av forskningsprojektet.

Fastigheterna klarar inte energikravet på 105 kWh/(m^2 BRA, år) och det är framför allt värmeanvändningen som ligger för högt. Snittet för normalårskorrigerad energianvändning ligger på 186 kWh/(m^2 · år) för fastigheter utan värmeåtervinning och kring 127 kWh/(m^2 · år) för fastigheter med värmeåtervinning.

I kvalitetsprogrammet står det också att fastigheterna inte får bli energieffektiva på bekostnad av komforten. De boendes upplevda komfort har studerats genom en enkätundersökning. Resultat från enkäten visar att det finns problem med att få god värmekomfort trots att värmeanvändningen blivit hög.

De flesta fastigheter har felmarginaler på 40-60 % av beräknat energibehov, vilket bör ses som alldeles för stort. Det finns klara indikationer på att beräknat energibehov är för lågt främst på grund av att det energiberäkningsprogram som använts, Enorm, överskattar utnyttjandet av tillskottsenergi. En del indata så som för låg innetemperatur och hänsyn till effekten av köldbryggor är också bidragande till att beräknat värmebehovet blir för lågt. Noggrannare energiberäkningar med realistiska indata kunde ha gett bättre uppskattningar av energibehov, vilket kunde ha lett till att högt värmebehov hade upptäcks under projekteringsstadiet.

Kunskapen om hur man får byggnader att bli energieffektiva måste både finnas samt prioriteras hos alla aktörer i byggsektorn. Bygga/Bo-dialogen, Byggsektorns Kretsloppsråds Miljöprogram 2003, de 15 svenska miljömålen – alla är framarbetade visioner som pekar på vikten av energieffektivitet för att uppnå ett hållbart samhälle. Om man vill att dessa visioner ska förverkligas måste kraven som ställs från myndigheter göras tydligare och framför allt följas upp. Rationella och normaliserade metoder bör tas fram, som även kan vara till hjälp när EU-direktivet om energicertifiering ska implementeras senast januari 2006.

ABSTRACT

The buildings in Västra hamnen (the Western harbour) in Malmö were built in connection with the building exhibition Bo01 in 2001. One of the aims with the buildings of a new area was to create a sustainable district in this part of Malmö. In order to secure these high ambitions, Malmö municipality, the Bo01 secretariat and the developers' representatives developed a quality program. In this quality program, it was decided that the average of the annual energy use should not exceed 105 kWh/(m^2 UFA, year).

Based on one year of measured energy use (district heating, domestic and common electricity) it has in this study been possible to see if the houses have been able to meet the goal of being energy efficient and to offer good comfort. Energy calculations with predicted energy use for each house made by the developers have been compared with measured energy use. The measured use of district heating has been normalized to annual consumption according to the effect signature method. In the study some indications of deviations are reported and some tentative hypotheses with the aim to explain these deviations are developed.

The results reported in this study show that the houses have not met goal of the energy limit of 105 kWh/(m^2 UFA, year). It is mainly the heat consumption that has been too high. In average, the normalized annual consumption for houses without heat recovery has been 186 kWh/($m^2 \cdot$ year), whereas for houses with heat recovery about 127 kWh/($m^2 \cdot$ year).

According to the quality program, the houses were not allowed to become energy efficient at expense of the comfort. The inhabitants' experienced comfort has been studied in a questionnaire. The results from the questionnaire show that there have been problems with achieving good heat comfort in spite of high heat consumption.

Most of the houses reported about 40-60 % higher use of energy than the prediction made by the developers. The results from this study show clear indications that the program that has been used for energy calculations, Enorm, has overestimated the use of solar gains. In addition, it is clear that some input data, e.g., estimations of a too low indoor temperature and no effects of thermal bridges have also contributed to an underestimation of the energy use. Thus, as a result of the study it is maintained that more precise calculation programs together with realistic input data could have resulted in better predictions. Then the developers could have realized earlier that the buildings would not manage the energy goal.

Based on the results from this study the author of this study suggests that all actors in the building sector need to enhance their knowledge about energy efficient construction and they also need to prioritize it. Many national policy strategies, e.g., the Bill 'Swedish Environmental Quality Goals', the Build/Live-dialogue, the Ecocycle Council for the Building Sector and its Environmental Program 2003, highlight energy efficiency as an important aspect in the process of reaching a sustainable society. To realize the visions set up in the policy strategies, the authorities need to give clear directives, and which, in turn, have to be followed up with evaluations. In this process it will be important to develop rational and standardized methods, since such methods can also be supportive in the implementation of the EU-directive on energy certification and which should be in operation at the latest in January 2006.

Keywords: energy efficient houses, energy use, effect signature, energy calculations, Enorm, energy data, comfort.

BEGREPP OCH SYMBOLER

BRA	Bruksarea. Enligt svensk standard SS 02 10 53: ”Area av nyttjandeenhet eller annan grupp av sammanhörande mätvärda utrymmen, begränsade av omslutande byggnadsdelars insida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning.” Här ingår bostäder, förråd, trapphus, driftsutrymmen, lokalarea.
Energianvändning	Här tolkas energianvändningen som köpt energi. ”Med ’köpt energi’ menas den uppmätta energi som under ett år i genomsnitt, per kvm (BRA), måste tillföras byggnaden och dess installationer för uppvärmning, tappvarmvatten, kylning, driftsel, verksamhetsel och hushållsel – t.ex. den el som avläses från mätare, mängden olja som går åt, mängden fjärrvärme som växlas i byggnaden, mängden bioenergi som förbrukas.”[1]
Energibehov	Energibehovet är beräknat i en energibalans och är det teoretiska värdet på behovet av köpt energi.
Fastighet	I denna studie används begreppet fastighet för alla hus på samma tomt. Detta anknyter till begrepp i kvalitetsprogrammet, se bilaga A.
Tillskottsvärme	Det är värme som alstras från människor, värmeförluster från apparater samt värme från solinstrålning som tillgodogörs.

[1] Byggsektorns Kretsloppsråd. Byggsektorns Miljöprogram 2003. http://www.kretsloppsradet.com/miljoprogramMP2003.shtml

A	area	m^2
Q_{avlopp}	avloppsförluster	Wh
$Q_{köldbryggor}$	energiförluster genom köldbryggor	Wh
$Q_{tillskottsvärme}$	energi från tillskottsvärme	Wh
Q_{transm}	transmissionsförluster	Wh
$Q_{uppvärmning+vv}$	energi till uppvärmning och varmvatten	Wh
$Q_{vent+läck}$	ventilationsförluster inklusive luftläckning	Wh
$Q_{återvinning}$	värmeåtervinning	Wh
t	tid	h
T_{balans}	balanstemperatur, anger över vilken utetemperatur fjärrvärme inte används till uppvärmning utan då fjärrvärme antas endast gå till varmvatten	°C
T_i	innetemperatur	°C
T_u	utetemperatur	°C
U	värmegenomgångskoefficient	$W/(m^2 \cdot K)$
$U_{m,\ krav}$	högsta tillåtna genomsnittliga U-värde enligt BBR 99 avsnitt 9:2112.	$W/(m^2 \cdot K)$
$U_{m,\ akt}$	klimatskärmens medel U-värde	$W/(m^2 \cdot K)$
V	volym	m^3
y_1	motsvarar värmeeffekt vid utetemperatur lägre än T_{balans}	°C
y_2	motsvarar varmvattenanvändningen vid utetemperatur högre än T_{balans}	°C

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD **1**

SAMMANFATTNING **3**

ABSTRACT **4**

BEGREPP OCH SYMBOLER **6**

1 BAKGRUND **11**

1.1 SYFTE 12
1.2 METODIK 13
1.2.1 Energibalans *14*
1.2.2 Hypotes om samband mellan värmeeffekt och utetemperatur *16*
1.3 AVGRÄNSNINGAR 18

2 UNDERSÖKNINGENS UPPLÄGGNING OCH GENOMFÖRANDE **18**

2.1 URVAL AV FASTIGHETER 18
2.2 ENERGIDATA 19
2.3 KLIMATDATA 19
2.4 METOD FÖR ANALYS AV ENERGIDATA 20
2.4.1 Presentation av rådata *20*
2.4.2 Metoder för normalårskorrigering *21*
2.4.3 Tillämpning av effektsignaturmetoden *24*
2.4.4 Jämförelser mellan beräknade och uppmätta värden *26*
2.4.5 Fördelning mellan el och värme *28*
2.5 ENKÄT FÖR ATT GRANSKA UPPLEVD KOMFORT 29
2.6 INNEKLIMATMÄTNINGAR 30
2.6.1 Operativ temperatur *30*
2.6.2 Luftflöde i frånluftsdon *31*
2.6.3 Tryckprovning *31*
2.6.4 Termografering *32*
2.6.5 Temperaturmätning *32*

3 BESKRIVNING AV 10 FASTIGHETER **33**

3.1 KAJPROMENADEN 34
3.2 FRIHETEN 36
3.3 SUNDSBLICK 38
3.4 HAVSHUSET 40
3.5 KAJPLATS 01 42
3.6 VITRUVIUS 44
3.7 TEGELBORGEN 46
3.8 ENTRÉHUSET 48
3.9 HAVSLUNDEN 50
3.10 TANGO 52
3.11 SAMMANSTÄLLNING AV DATA 54

4 RESULTAT 55

4.1 SKILLNAD MELLAN BERÄKNADE OCH UPPMÄTTA VÄRDEN 55
4.2 RESULTAT FRÅN ENKÄTUNDERSÖKNINGEN 57
4.3 KAJPROMENADEN 58
4.4 FRIHETEN 62
4.5 SUNDSBLICK 65
4.6 HAVSHUSET 69
4.7 KAJPLATS 01 73
4.8 VITRUVIUS 76
4.9 TEGELBORGEN 80
4.10 ENTRÉHUSET 84
4.11 HAVSLUNDEN 88
4.12 TANGO 91
4.13 EL TILL SOLFÅNGARE 94
4.14 INNEKLIMATMÄTNINGAR 95
4.14.1 Operativ temperatur 95
4.14.2 Luftflöde 95
4.14.3 Tryckprovning 96
4.14.4 Termografering 97
4.14.5 Temperaturmätning 100

5 ANALYS AV RESULTAT 101

5.1 VÄRMEANVÄNDNING 102
5.2 ELANVÄNDNING 109
5.3 KOMFORT 111
5.4 KOMMENTARER OM ENERGIKRAV 112

6 SLUTSATSER 115

7 FORTSATT ARBETE 117

BILAGA A: UTDRAG UR KVALITETSPROGRAMMET 118

BILAGA B: EXEMPEL PÅ UTSKRIFT FRÅN ENORM 120

1 BAKGRUND

Området i Västra hamnen byggdes 2001 till bomässan Bo01. Planerna visade en stadsdel som skulle bli ”den bästa stadsdel som byggts 2001”[2]. Det skulle byggas ”ett ekologiskt hållbart informations- och välfärdssamhälle”. För att säkerhetsställa de höga målen tog Malmö stad, i samarbete med Bo01 och byggherrerepresentanter, fram ett kvalitetsprogram. Däri fanns en kvalitetsnivå definierad som krävdes av dem som deltog i anläggnings- och byggprocessen. Flera områden behandlades, såsom kretslopp, biologisk mångfald, energi, trafik, arkitektur, och tillsammans skapade de en helhetssyn där alla områden var tvungna att accepteras av medverkande byggherrar.

I avsnittet med kvalitetskraven på energi står det att ”Målet är att energiförbrukningen i fastigheterna genomsnittligt ej överstiger 105 kWh/kvm BRA, år”[3]. Sydkraft AB har uppfört ett energitillförselsystem för detta område som är baserat på förnybar energi. Det ska råda balans mellan producerad förnybar energi och använd energi. Eftersom produktion av förnybar energi fortfarande är kostsam, har det varit extra viktigt att byggnaderna använder mindre energi än andra nybyggda hus. I ett större perspektiv handlar det inte om att sänka de boendes energikostnader utan primärt om att minska ***miljöpåverkan*** av energianvändningen. Koldioxidutsläppen har den största inverkan på klimatförändringarna i världen. Det är FN:s klimatpanel enig om[4]. För att ändra denna utveckling måste vi hushålla mer med fossila bränslen. Eftersom 40 % av energianvändningen går till byggnader, har därför byggsektorn ett ansvar för att minska denna andel.

Till Bo01-området bidrog staten med nästan 250 miljoner kronor från Lokala Investeringsprogrammet (LIP-programmet)[5] för åtgärder som bland annat syftade till bättre byggteknik för att säkra låg energianvändning. Byggherrarnas LIP-ansökningarna har granskats och angivna besparingar har jämförts med andra undersökningar, vilket finns dokumenterade i en arbetsrapport[6]. Litteraturstudien omfattar de tio vanligaste åtgärderna byggherrarna valt för att minska energianvändningen.

Särskilt för Malmö stad är uppföljningen och utvärderingen intressant för att få indikationer på om kvalitetsprogrammet fungerat eller bör ändras för att det ska

---

[2] Eva Dalman (projektledare), Kvalitetsprogram Bo01 Framtidsstaden, 1999
[3] Hela avsnittet finns i bilaga A.
[4] http://www.naturvardsverket.se 2003-07-25
[5] http://www.ekostaden.com/lip_klimp/ekostaden_tmpl_01.aspx?pageID=53&parentID=140&sectionID=3&level=4&introID=132
[6] Nilsson, Annika. 2002. Analys av energieffektiva flerbostadshus i Västra hamnen. TVBH-7222, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lund.

följas. Denna uppföljning och datainsamling kan också ge kunskap och bakgrund till hur EU-direktivet om energiperformance som ska tillämpas senast år 2006 kan utformas. Det behöver utarbetas krav och regler som är tydliga att följa och samtidigt också enkla att granska. Förhoppningsvis kan denna studie bidra med hur man förutsäger byggnaders energibehov och hur man sen kan kontrollera den verkliga energianvändningen.

1.1 SYFTE

Huvudsyftet är att följa upp energianvändningen i tio fastigheter på Bo01-området i Malmö.

Följande frågeställningar finns till stöd för att nå fram till intressanta insikter:

- Är energiberäkningarna som byggherrarna låtit göras realistiska?

Om flertalet av de inlämnade energiberäkningarna inte visar sig överensstämma med utfallet, bör man då se över kravformuleringarna? Är förutsättningarna i beräkningarna realistiska eller leder antaganden till för stora felmarginaler?

- Hur ser fördelningen ut mellan värme- och elanvändning i fastigheterna?

Sydkraft AB har dimensionerat energisystemet efter att fastigheterna bör använda 70 kWh/(m^2, BRA år) värme och 35 kWh/(m^2, BRA år) el, därför är det intressant att se om förhållandet stämmer med utfallet. Varje fastighets energianvändning ska också jämföras med förhållandet i dess energiberäkning.

- Kan kraven på låg energianvändning och god komfort samtidigt uppfyllas?

Låg energianvändning får inte enligt kvalitetsprogrammet ske på bekostnad av god komfort.

- Finns det exempel som bör lyftas fram till lärdom för framtida projekt?

Ett års mätningar av energianvändning kommer att ge en bild över hur man lyckats med att bygga energieffektiva fastigheter med god komfort. Tanken är att se om det finns goda systemlösningar, där byggnad och installationer samverkar på ett effektivt sätt. Eftersom det kan finnas många orsaker bakom skillnader i olika fastigheters energibehov, som inte kan fastställas i denna studie, behövs det göras detaljanalyser med kompletterande beräkningar och mätningar. Resultaten från denna licentiatavhandling kommer att ge förslag till fortsatta studier och visa på var man behöver göra fördjupade studier. Syftet med denna första etapp är att beskriva energianvändningen medan nästa etapp analyserar orsakerna till energianvändningen.

1.2 METODIK

Den övergripande frågan är hur mycket energi de olika fastigheterna använder. För alla hus har respektive byggherre redovisat energiberäkningar med uppskattat energibehov. Dessa värden jämförs med uppmätta värden på fjärrvärme och el. Under drygt ett år har fjärrvärmeanvändning, vilket inkluderar energi till uppvärmning och varmvatten, och elanvändning mätts. Sydkraft AB har monterat alla mätpunkter på området från vilka jag har tillgång till timvärden via Internet. När det gäller fjärrvärme finns det ett värde för varje fastighet, det vill säga den sammanlagda fjärrvärmeanvändningen för alla hus på samma tomt.

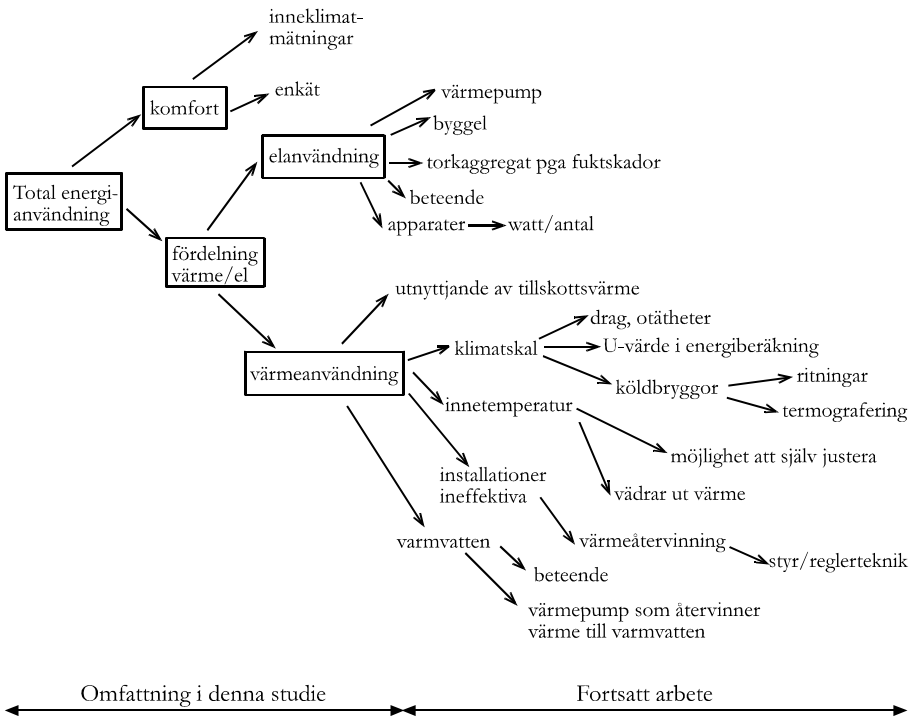
För att det ska vara möjligt att jämföra beräknade och uppmätta värden, normalårskorrigeras de uppmätta värdena. Här jämförs årsbehovet av värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel med de uppmätta värdena.

Upplevd komfort erhålls genom en enkätundersökning som delats ut till de boende i de valda fastigheterna. Det är en etablerad och validerad enkät som kan användas som ett komplement till byggtekniska undersökningar. Inneklimatmätningar har utförts i två hus för att kontrollera om BBRs krav på termiskt klimat och god komfort uppfylls.

Indikationer och hypoteser om orsaker bakom fastigheternas energianvändning och upplevd komfort diskuteras. En kausalmodell[7] har utarbetas med hypoteser till orsaker som kan bli underlag till fortsatt forskning med mer riktade och djupare undersökningar. En sådan modell över orsaker bakom värme-, el- och varmvattenanvändningen kan användas för att förtydliga och systematisera verkliga förhållanden. I modellen kan man lyfta fram det som verkar vara väsentligt och effektivisera fortsatta undersökningar. Urvalet av variabler sker efter tidigare erfarenheter, teoretiska förutsättningar eller nya hypoteser.

I figur 1:1 kan man se att om exempelvis värmeanvändningen är högre än beräknat kan det bero på olika saker. Klimatskalet kanske inte är lika bra som man angett i beräkningar. Om man inte har tagit hänsyn till effekten av köldbryggor underskattas beräknade transmissionsförluster. För att kontrollera inverkan av köldbryggor kan man exempelvis studera ritningar över konstruktionsdetaljer samt termografera klimatskalet.

[7] Holme, Idar Magne och Bernt Krohn Solvang. 1997. Forskningsmetodik. Kvalitativ och kvantitativ metod. Studentlitteratur, Lund.



Figur 1:1 Kausalmodell över möjliga orsaker bakom energianvändningen för husen på Bo01-området. I denna studie presenteras energianvändningen och resultat från enkätundersökning om upplevt inneklimat. Orsakerna bakom energianvändningen utreds närmare i fortsatt arbete.

1.2.1 Energibalans

Ett hus energibehov beräknas genom att göra en energibalans över energi som flödar in och ut genom byggnadens klimatskal, se figur 1:2. Värme lämnar byggnaden genom transmission, ventilation, luftläckage och avlopp. För att kompensera dessa förluster tillförs värme via ett uppvärmningssystem. Dessutom tillförs energi för att värma varmvattnet. En del värme kan återvinnas ur frånluften och användas för uppvärmning eller värma varmvatten. Elenergi tillförs apparater som i sin tur alstrar värme. Huset kan också tillgodogöra sig värme från människor och solinstrålning. Värme från apparater, människor och solinstrålning definieras här som tillskottsvärme.

$$Q_{uppvärmn+vv} = Q_{transm} + Q_{vent+läck} + Q_{avlopp} - Q_{tillskottsvärme} - Q_{återvinning} \text{ [Wh]} \qquad (1)$$

Transmissionsförlusterna beror på klimatskalets isoleringsförmåga samt temperaturskillnaden mellan ute och inne. Om väggarna har stor andel fönster, blir husets medelvärde av U-värdet något sämre. Samma sak gäller om

detaljlösningar inte är noga projekterade eller om byggarbetet in är noga utfört, att större eller mindre värmetransport sker på grund av köldbryggor. Ju fler hörn, balkonger och burspråk etcetera, ett hus har desto fler köldbryggor förekommer. Dessutom ökar den omslutande arean som innebär större transmissionsförluster.

$$Q_{transm} = \sum (U \cdot A) \cdot (T_i - T_u) \cdot t + Q_{köldbryggor} \qquad \text{[Wh]} \tag{2}$$

Storleken på ventilationsförlusterna beror på hur mycket och hur ofta varm luft ventileras ut. Siffran 0,33 i ekvation (3) kommer från att det går åt 0,33 Wh att värma upp 1 m^3 luft 1 °C vid en viss fuktighet. En del luft försvinner också genom otätheter där mängden beror på klimatskalets täthet och lufttrycksskillnad mellan ute och inne. Ett bra underhåll av ventilationssystem där filter kontrolleras och bytas kan sänka förlusterna. Typen av ventilation, styrsystem och dess injustering spelar också in. Ventilationsförlusterna kan minskas genom olika typer av värmeåtervinning, så som värmeväxlare och frånluftsvärmepump.

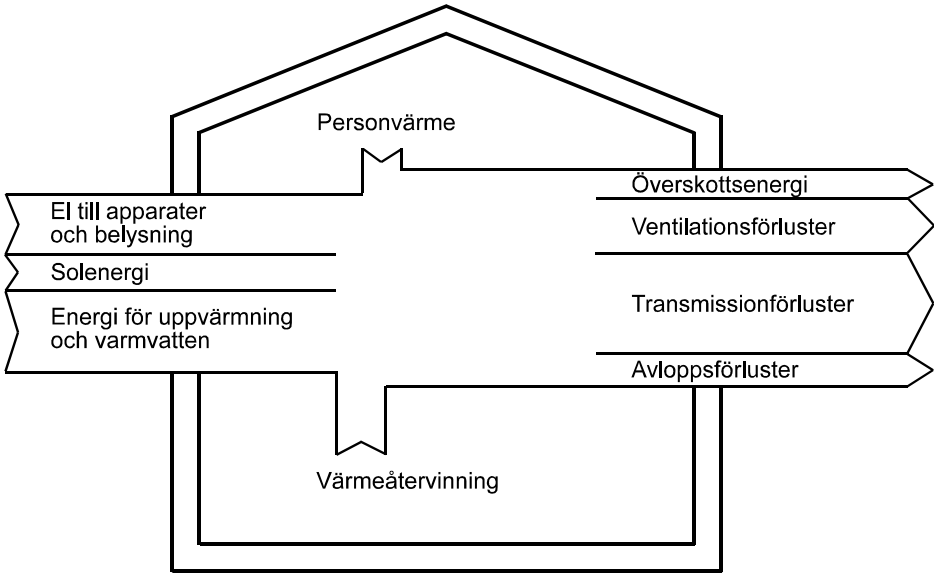
$$Q_{vent+läck} = 0{,}33 \cdot n \cdot V \cdot (T_i - T_u) \cdot t - Q_{återvinning} \qquad \text{[Wh]} \tag{3}$$

Avloppsförlusterna kommer från varmt vatten som lämnar byggnaden. Användningen av varmvatten beror på de boendes beteende och antalet boende. Enligt undersökningar varierar varmvattenanvändningen kraftigt[8]. Förvisso inverkar det också om det är snålspolande armaturer.

Andelen fönster, vilken typ av glas, fönstrens placering, fönsterstorleken samt solskydd påverkar hur mycket solvärme som kan komma in i huset. Värme från solinstrålning kan tillgodogöras om ett behov finns, dock beror det på om värmesystemet kan svara tillräckligt snabbt eller om värmen kan lagras och utnyttjas senare på grund av husets värmekapacitet. Solenergin kan höja innetemperaturen vilket leder till ökade transmissionsförluster. Om innetemperaturen blir för hög enligt de boendes önskan, leder det till överskottsenergi och värmen ventileras ut exempelvis genom fönstervädring.

Förutom solvärme tillförs värme från personer och apparater i tillskottsvärmen. Personvärmen beror på antalet personer, deras aktivitet och tid i bostaden. Värme som alstras från apparater, belysning, pumpar och fläktar beror på deras effektivitet och effekt samt hur ofta och länge de används. De boendes beteende spelar till stor del in när det gäller belysning och hushållsapparater. Hur mycket värme från pumpar och fläktar som huset kan utnyttja beror på var i byggnaden de sitter placerade.

[8] Berntsson, Lennart. 2003. Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus – en lägesrapport. 2003-03-31. Projekt P11835-2. Statens energimyndighet.

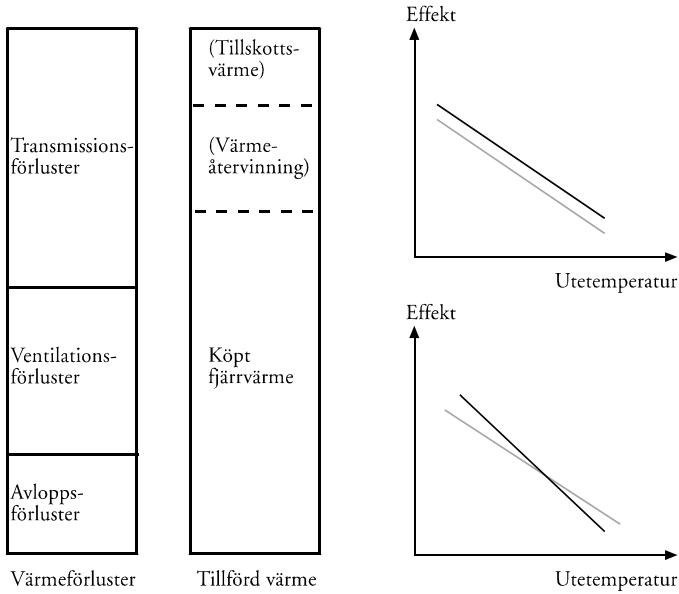


Figur 1:2 Schematisk bild över energibalansen för ett bostadshus.

1.2.2 Hypotes om samband mellan värmeeffekt och utetemperatur

Det är många faktorer som påverkar energibehovet i ett hus. Oftast är resurserna begränsade för att kunna mäta inverkan av alla faktorer. I denna studie är tillförd värme och el uppmätt. Det betyder att vi mäter på tillförselsidan medan vi önskar kunna analysera de faktorer som påverkar energibehovet. Klimatet, främst inne- och utetemperatur, antas har störst betydelse för värmebehovet. Här används hypotesen att transmissions- och ventilationsförlusterna är de stora delarna i energibalansen. Det bör därför bli ett linjärt samband mellan uppmätt värmeanvändning och temperaturförhållanden. Genom att redovisa värmeeffekten som en linjär funktion av utetemperaturen kan man få fram en ekvation för en byggnads värmebehov. Denna metod benämns dock ofta som energisignatur i texter, men detta blir ju egentligen felaktigt om sambandet är mellan effekt och temperatur. Därför kommer jag i denna avhandling att kalla modellen *effektsignatur*. Läs mer om metoden i kapitel 2.4.2–2.4.4.

I figur 1:3 visas två staplar som representerar värmeförluster och tillförd värme. Genom att plotta uppmätt värmeeffekt mot utetemperaturen tillsammans med beräknade värmeförlusteffekter, kan det ge en bild över hur väl energiberäkningen stämmer med utfallet. Att sen tolka vad som är orsaken bakom skillnaden mellan de två linjerna är inte alltid tydligt. Det krävs oftast extra mätningar för att verifiera teorier om orsakerna.



Figur 1:3 Hypotesen är att det finns ett linjärt samband mellan värmeeffekt och utetemperatur. Värmeenergi ska tillföras för att täcka förlusterna genom klimatskalet. Tillskottsvärme och värmeåtervinning utnyttjas inte i alla fastigheter, därför står dessa inom parantes. Om de beräknade förlusterna stämmer med utfallet kommer kurvorna att ligga nära varandra. Om det finns en parallellförskjutning är innetemperaturen annan än beräknat eller så tillgodogör huset inte så mycket tillskottsvärme som beräknat. Om lutningen på uppmätt värmeeffekt skiljer sig kan det bero på annorlunda indata vad gäller U-värde, luftomsättningar eller värmeåtervinning.

Om innetemperaturen är annan än antagen i energiberäkningen blir ändringen förhållandevis lika stor för transmissionsförlusterna och ventilationsförlusterna vilket parallellförflyttar linjen för effektsignaturen. Om linjen för uppmätt värmeeffekt hamnar under förlustlinjen och man vet innetemperaturen, kan man anta att skillnaden upp till förlustkurvan visar hur mycket tillskottsvärme fastigheten tillgodogör. Uppmätt värmeeffekt bör också ligga under förlusteffekterna om fastigheten har någon form av återvinning. Den teoretiska delen som är återvinning borde läggas till förlustsidan för att se om den uppmätta värmeeffekten stämmer med energiberäkningen. Tyvärr är det svårt att utläsa hur stor återvinningen är per månad i energiberäkningarnas resultatutskrifter, varför återvinning inte är medtagen i förlusteffekterna. Om däremot exempelvis luftomsättningen är annorlunda, är det endast värdet på ventilationsförlusterna som påverkas och lutningen på linjen påverkas. En annan orsak till att lutningen för värmeeffekten ändras kan vara att U-värdena är annorlunda och/eller om man inte räknat med inverkan av köldbryggor.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Analysen av energianvändningen i de olika husen kommer att vara på fastighetsnivå. Anledningen till att studien är på fastighetsnivå är att fjärrvärmen mäts endast på ett ställe för alla husen på samma tomt. Därför går det inte att urskilja energianvändning för respektive flerbostadshus och radhus som kan finnas på samma tomt.

Innetemperatur är endast mätt i två fastigheter varför det inte går att kontrollera antagen innetemperatur i alla energiberäkningar.

Komforten får inte bli bristfällig för att kravet på effektiv energianvändning ska uppfyllas. I kvalitetsprogrammet finns ingen definition på komfort. Inneklimatet kan delas in i termiskt, hygieniskt, visuellt och akustiskt klimat. I denna studie avgränsas analysen till att omfatta det termiska klimatet eftersom det i hög är grad relaterat till värmebehovet. Inneklimatmätningar har begränsats till två fastigheter. Det anses mer effektivt att kartlägga vilka lägenheter som bör undersökas efter resultat från enkätundersökning och uppmätt energianvändning.

De boendes beteende anses ha stor betydelse för fastigheters energianvändning, men undersöks inte i denna studie. Här undersöks först hur mycket energianvändningen påverkas av fastigheternas isoleringsgrad och hur väl installationssystemen verkar. Därefter kan man leta efter indikationer på om de boendes beteende har inverkan på de tio utvalda fastigheternas energianvändning.

2 UNDERSÖKNINGENS UPPLÄGGNING OCH GENOMFÖRANDE

I detta kapitel beskrivs metoderna för hur studien har gjorts. Först klarläggs det vilka fastigheter som undersöks och vilken data jag har att tillgå vad gäller både energi och klimat. Därefter presenteras upplägget för hur energidata korrigeras för att bli jämförbara med beräknat energibehov för respektive fastighet.

2.1 URVAL AV FASTIGHETER

Det finns 14 fastigheter med flerbostadshus på det aktuella området, varav två fastigheter är helt obebodda. Två fastigheter har boende som är inflyttade främst under 2003 varför det inte finns mätdata för ett helt år med boende än. Dessa fastigheter är därför uteslutna från studien. Bostadsrättsföreningar eller beställare för de utvalda 10 fastigheterna kontaktades med brev för att få tillstånd till att

använda energidata via Sydkrafts portal[9] Energidialog™. Dessa fastigheter finns markerade i figur 2:1.

Bild 2:1 Inringade fastigheter på karta över Bo01-området är med i studien. Streckad ring visar var Sydkrafts värmecentral ligger, där mätare av utetemperatur sitter. Källa: karta från LIP-kansliet.

2.2 ENERGIDATA

För de 10 utvalda fastigheterna finns tillgång till energidata. Det finns timvärden över fjärrvärmeanvändning och fastighetsel på fastighetsnivå samt timvärden över elanvändning på lägenhetsnivå. Värmedata har jämförts och verifierats med debiterade värden[10]. Värdena på eldata på lägenhetsnivå kontrollerades sommaren 2002 mot debiterade värden[11].

2.3 KLIMATDATA

Via Energidialog™ finns det värden på utetemperaturen från två ställen, från Kajpromenaden och från Sydkrafts värmecentral. När värmeeffekten plottas mot utetemperaturen, är det värden på utetemperaturen från mätaren som sitter på Sydkrafts värmecentral som jag använder. Byggnaden finns markerad i figur 2:1.

SMHI har dagliga normalmedeltemperaturer för Malmö som baseras på åren 1961-1990.

[9] http://www.energidialog.com
[10] Enligt skriftlig kontakt med Mia Kempe, ansvarig för uppbyggnaden av Energidialog™
[11] Enligt skriftlig kontakt med Thomas Pehrsson, delprocessansvarig för mätinsamling på Sydkraft Nät AB.

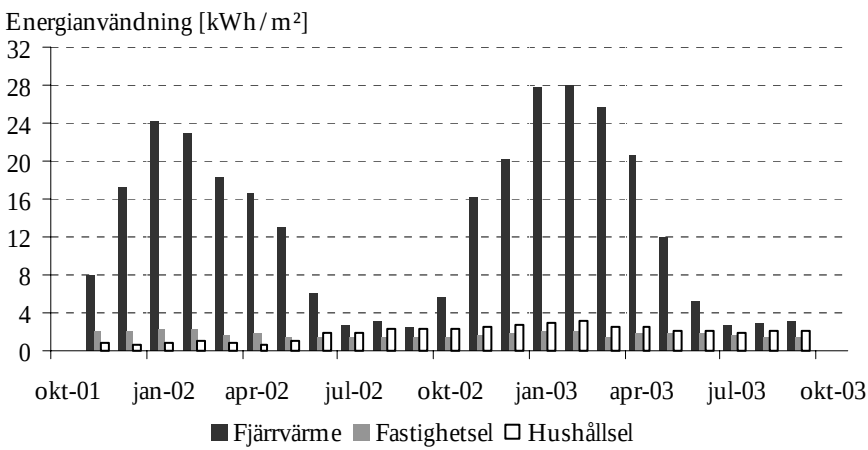
2.4 METOD FÖR ANALYS AV ENERGIDATA

2.4.1 Presentation av rådata

Rådata, det vill säga obehandlad data, redovisas i diagram som månadsvärden på fjärrvärme (inklusive varmvattenanvändning), hushållsel och fastighetsel, per kvadratmeter golvarea. Denna area är densamma som i energiberäkningarna som byggherrarna låtit göras.

För många av fastigheterna finns data från oktober 2001 fram till oktober 2003. I diagram över rådata (figur 2:2) för de olika fastigheterna visas energianvändning för två årscykler vilket gör att det kan vara möjligt att se variationer som kan bero på vakansgrad, klimats samt reglering av installationssystem.

I denna studie beräknas ett årsmedelvärde för hushållsel och fastighetsel utifrån summan av värdena för perioden oktober 2002 till oktober 2003. I diagram över rådata kan man följa hur elanvändningen ser ut varje månad. I figur 2:2 ser man att värmeanvändningen varierar betydligt mer än elanvändningen. Därför anses elanvändningens beroende av utetemperaturen här vara försumbar. I ett projekt där man bland annat mätt hushållselen under tre år syns det att hushållselen och dess användning varierar över året[12]. Under vintern är man mer inomhus vilket leder till att belysningen ökar, apparater används mer och så vidare. Men variansen är fortfarande liten i förhållande till värmeanvändningens variationer.



Figur 2:2 Exempel på en fastighets uppmätta månadsvärden över fjärrvärme- och elanvändning.

[12] Lange, Egon. 1990. Radhus i Valdemarsro, Malmö. En energi- och inneklimatanalys. R1:1990, Byggforskningsrådet, Stockholm.

2.4.2 Metoder för normalårskorrigering

För att kunna jämföra uppmätt energianvändning med kravet på 105 kWh/(m^2 BRA, år) behöver man korrigera uppmätta värdena för olikheter i klimatet. I Sverige används två olika metoder för normalårskorrigering av energianvändning, *graddagsmetoden* och *effektsignaturmetoden*. När det gäller graddagsmetoden så skapar man en korrektionsfaktor mellan normalt antal graddagar[13] och verkligt antal graddagar under en viss period, exempelvis en månad. Därefter reviderar man den del av energianvändningen som är klimatberoende, vilket främst är uppvärmningsenergin, enligt ekvation (8).

Med hjälp av effektsignaturmetoden kan man beskriva hur byggnaden beter sig värmetekniskt. I effektsignaturmetoden plottas uppmätt medeleffekt mot utetemperatur i ett diagram. Sambandet mellan byggnadens egenskaper och klimatet fås oftast genom linjär regression[14]. Ekvationen för den räta linjen används sen tillsammans med normalårets utetemperatur för att korrigera till energianvändning för ett normalår.

I ett projekt[15] som utrett förutsättningar för att använda de båda metoderna finner författaren att det inte är någon större skillnad på metoderna på årsbasis. När man tittar på månadsbasis kan skillnaderna vara större mellan de båda metoderna. Enligt SMHIs[16] definition på hur man beräknar graddagar antar man att värmesystemet ska värma upp till en utetemperatur på 17 °C, resten ska täckas av sol, personer och apparater. Under månaderna april-oktober anses inverkan av solinstrålningen stor vilket gör att man inte ökar graddagssumman när dygnsmedeltemperaturen överstiger nedan angivna gränser. För exempelvis en dag i april med dygnsmedeltemperaturen +10 °C blir graddagstillskottet 7 medan det vid dygnsmedeltemperaturen 14 °C blir 0.

Månad	**Dygnsmedeltemperatur**
april	12
maj, juni, juli	10
augusti	11
september	12
oktober	13

[13] För varje dag i månaden beräknas skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och balanstemperaturen (den utetemperatur då ingen värme behöver tillföras byggnaden för att hålla önskad innetemperatur). Denna differens summeras sedan, varvid månadens graddagstal erhålls.
[14] Se kapitel 1.3.2 för förklaring.
[15] Schultz, Linda. 2003. Normalårskorrigering av energianvändningen i byggnader – en jämförelse av två metoder. Rapport Effektiv 2003:1, Borås.
[16] http://www.smhi.se/sgn0104/energi/graddag/beraknas.htm, 2003-07-25

Om utnyttjandet av tillskottsvärme inte fungerar enligt SMHIs metod för graddagar blir det felaktigt att korrigera på det sättet.

$$Q_{korrigerad} = Q_{ko} + (Q_{totalt} - Q_{ko}) \cdot \frac{GD_{normal}}{GD_{aktuell}} \quad \text{[kWh]} \qquad (8)$$

$Q_{korrigerad}$ = normalårskorrigerad energianvändning	[kWh]
Q_{ko} = den klimatoberoende delen av energianvändningen	[kWh]
Q_{totalt} = den totala energianvändningen	[kWh]
GD_{normal}= antal graddagar under ett normalt år/en normal månad	[°C·dagar]
$GD_{aktuell}$ = antalet graddagar under aktuellt år/en aktuell månad	[°C·dagar]

Om man ska korrigera en månad med graddagsmetoden kan den månatliga energianvändningen bli för hög om det är en varmare månad än normalt. Anledningen är att kvoten $GD_{normal}/GD_{aktuell}$ blir stor om temperaturen den aktuella månaden har många fler dagar över dygnsmedeltemperaturen än månaden från ett normalt år. Då ger effektsignaturmetoden ett mer korrekt värde enligt Schultz. En annan fördel med effektsignaturmetoden är att avvikelser som kan bero på felavläsning syns tydligt i diagrammen.

I graddagsmetoden räknas tappvarmvattnet som klimatoberoende och uppskattas enligt Schultz' rapport oftast som 20-30 % av värmeenergin om det inte finns mätningar på varmvattenanvändningen. I effektsignaturen kan man anta att när utetemperaturen exempelvis över 20 °C går värmen endast till att värma varmvatten. Det gör att man får en mer korrekt uppfattning om mängden varmvatten. Varmvattenanvändningen under sommaren är dock oftast något lägre än under resten av året eftersom det är semesterperiod och de boende kan vara bortresta under en längre tid[17]. Dessutom kallvattnet som ska värmas också något varmare.

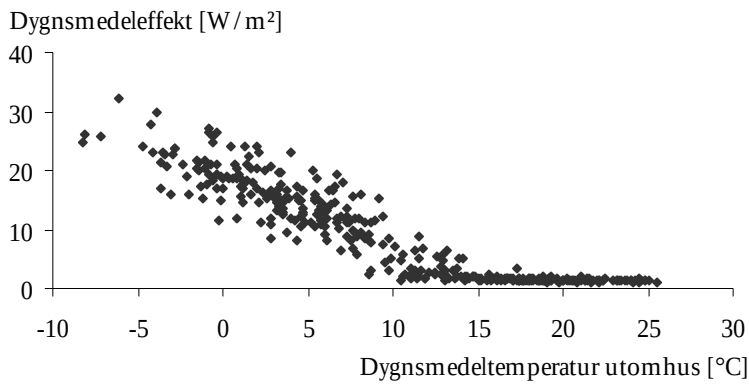
Eftersom effektsignaturen är oberoende av tiden är det möjligt med valfritt medelvärde på utetemperaturen. Enligt Schulz bör effektsignaturerna göras med tillräckligt långa tidssteg med hänsyn till dynamiska förlopp för att exempelvis varianser på grund av värmelagring ska kunna försummas. Det rekommenderas att man använder veckodata för att utjämna dessa effekter.

Ytterligare en fördel är att det egentligen inte är nödvändigt med mätningar från ett helt år för att ta fram en effektsignatur. Mätvärden från en period med

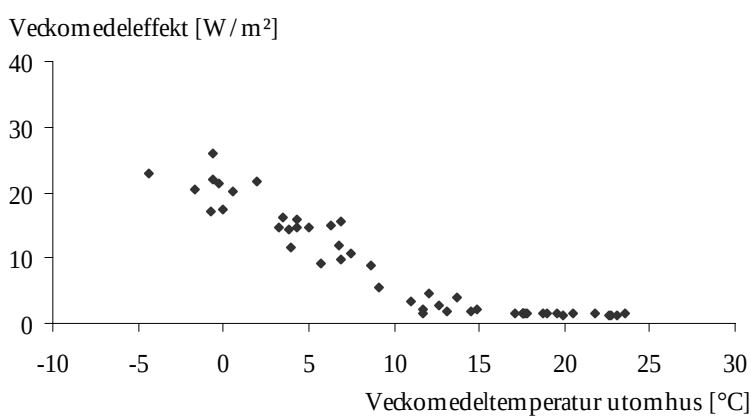
[17] Lange, Egon. 1990. Radhus i Valdemarsro, Malmö. En energi- och inneklimatanalys. R1:1990, Byggforskningsrådet, Stockholm

tillräckligt stora variationer i utetemperaturen kan räcka för att uppskatta effektsignaturen och göra goda prognoser för framtida värmebehov.

En annan fördel med effektsignaturmetoden är att man kan jämföra byggnadens energianvändning mellan olika perioder, exempelvis om ekvationen för effektsignaturen ändrar sig från år till år. Jag finner att effektsignaturen är en lämplig metod för normalårskorrigering och att den är en användbar metod för denna studie.



Figur 2:3 Effektsignatur med dygnsmedeleffekt för en fastighet.



Figur 2:4 Effektsignatur med veckomedeleffekt för en fastighet.

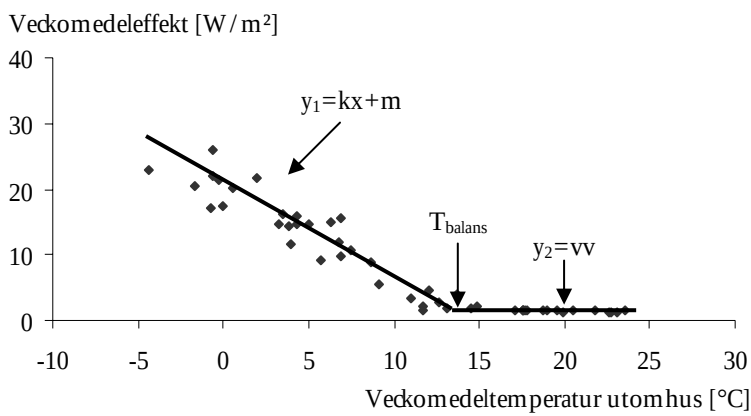
I en jämförelse mellan dygnsmedeleffekt och veckomedeleffekt i figur 2:3 och 2:4 syns det att spridningen blir mindre när tidssteget är längre. I denna studie väljer jag att använda veckomedeleffekt för effektsignaturerna.

2.4.3 Tillämpning av effektsignaturmetoden

Effektsignaturen baseras på uppmätta värden från oktober 2002 till oktober 2003. För en del fastigheter finns data längre tillbaka. Genom att endast ta data från senaste året anses störningar av vakansgrad och reglering av installationssystem vara mindre.

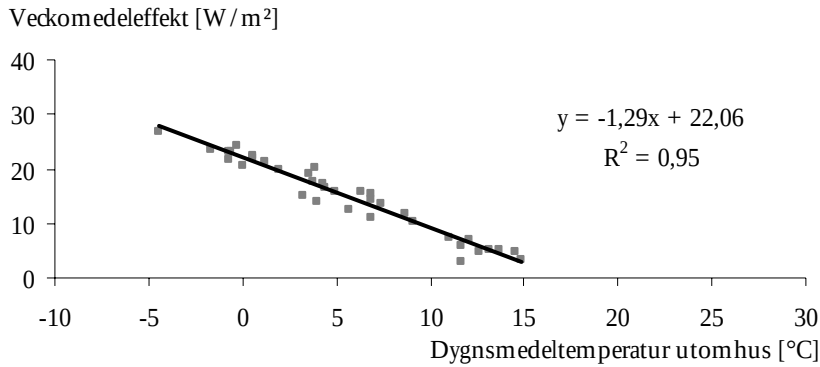
I steg 1 plottas fastighetens uppmätta fjärrvärmeeffekt mot periodens uppmätta veckomedeltemperatur utomhus. Genom linjär regression får man en ekvation för ett samband i temperaturintervallet fram till T_{balans}, där uppmätt värmeeffekt viker av. Värdet på T_{balans} anger över vilken utetemperatur som fjärrvärme inte antas användas till uppvärmning utan endast till varmvatten. Värmeeffektbehovet vid olika utetemperaturer blir alltså: $y_1=kx+m$ och gäller för $T<T_{balans}$

I steg 2 beräknas värdet för energi till uppvärmning av varmvatten, som antas vara konstant under hela året. Varmvattenanvändningen (vv) beräknas som ett medelvärde från data över fjärrvärmeeffekten under sommaren. Efter att studerat effektsignaturerna för de olika fastigheterna bör värden över 20 °C med stor säkerhet endast motsvara varmvattenanvändning. För beräkning av årets varmvattenanvändning används följande samband: $y_2=vv$ och gäller för $T>T_{balans}$

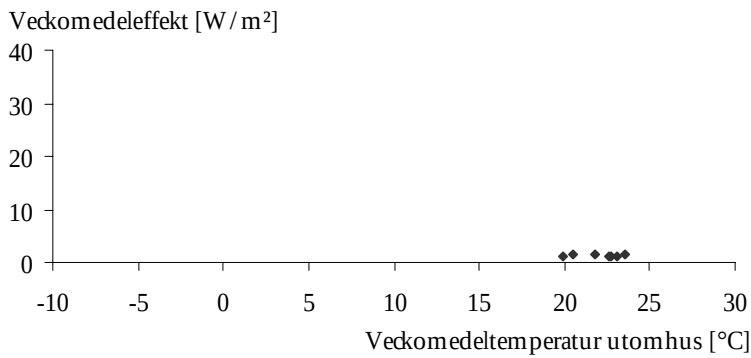


Figur 2:4 Exempel på en effektsignatur för en fastighet. Faktorn y_1, anger värmeeffektbehovet och y_2 motsvarar varmvattenanvändningen. Balanstemperaturen T_{balans} anger över vilken temperatur värmeenergin endast går till varmvatten.

För att få ett mått på hur väl regressionslinjen anpassat sig till mätvärdena beräknas residualvariansen R^2. Ju närmare 1,0 desto bättre anpassning.



Figur 2:5 Linjär regression görs i intervallet fram till lämplig gräns innan T_{balans} för att få fram ekvationen för y_1. Residualvariansen R^2 anger hur väl regressionslinjen anpassas till mätvärdena.



Figur 2:6 Värdet på varmvatten (vv) fås genom att ta ett medelvärde på värmedata över 20 °C.

I energiberäkningsprogrammet Enorm[18], med vilket alla tio fastigheters energiberäkningar är gjorda med, sänks värmebehovet om tillskottsvärmen från solen tas tillgodo. I Högskoleprojektet II, där energisparåtgärder studerades i en landsomfattande studie 1982-86, testades en modell där även solen togs i beaktning med en fönsterfaktor[19]. Ingen nämnvärd skillnad hittades. Detta förklarades dels med att veckovis solinstrålning och utetemperatur korrelerade med varandra, dels med att mätningarna utfördes när solinstrålningen hade liten inverkan på energianvändningen. I en tidigare rapport som skrevs parallellt med Högskoleprojektet II, ansåg man att hänsyn bör tas till solinstrålning[20]. Här

[18] http://www.equa.se/enorm/index.html
[19] Elmroth, Arne, Christer Hjalmarsson, Urban Norlén, Conny Rolén et al. 1989. Effekter av energisparåtgärder i bostadshus. R107:1989, Byggforskningsrådet, Gävle.
[20] Norlén, Urban. 1985. Energiförbrukning i byggnader, Delrapport 5: Statistiska metoder. M85:7, Statens Institut för Byggnadsforskning, Gävle.

adderas en fönsterfaktor i effektsignaturen som tillsammans med effekten av solinstrålningen reducerar värmeeffektbehovet. Det påpekas också att vid mätningar mindre än 13 veckor är effektsignatur utan solfaktor anmärkningsvärt stabil. I denna studie kommer solens inverkan inte att undersökas.

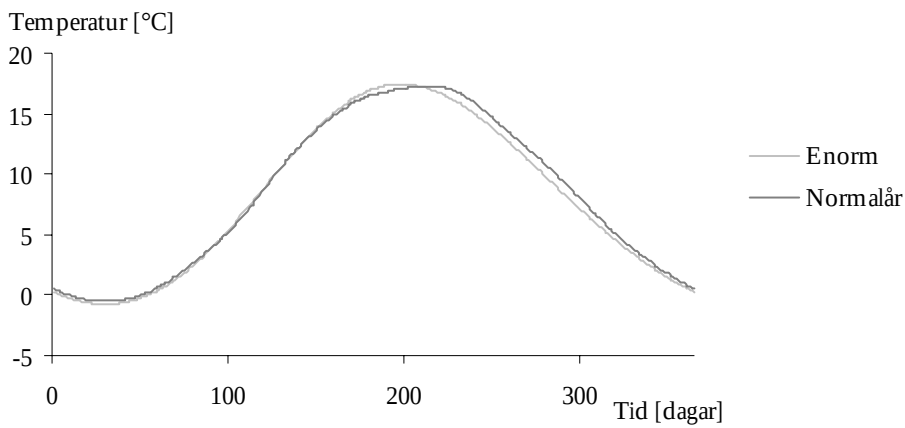
2.4.4 Jämförelser mellan beräknade och uppmätta värden

För att det ska vara möjligt att jämföra de beräknade värdena på värmeanvändning med de uppmätta värdena måste samma utetemperaturer användas. Eftersom alla beräknade värden är framtagna med energiberäkningsprogrammet Enorm, bör energianvändningen korrigeras till temperaturer använda i Enorm. Utetemperaturen i Enorm beräknas med en formel[21], se ekvation (9), som ger en sinusfunktion över året.

Årsmedeltemperaturen är 8,0 °C och amplituden 8,6 °C för Malmö. Amplituden beräknas med ekvationen $T_{årstemp} - (T_{jan} + T_{febr})/2$. För Malmö beräknas dygnstemperaturerna enligt ekvation (9).

$$T_{Malmö} = 8{,}0 + 8{,}6 \cdot 1{,}048 \cdot \sin((dygn\ nr - 113{,}5) \cdot 2\pi / 365) + 8{,}6 \cdot 0{,}084 \cdot \sin((dygn\ nr - 129{,}5) \cdot 4\pi / 365) \quad (9)$$

Dagliga normalmedeltemperaturer för Malmö från SMHI är i stort sett den samma som den simulerade i Enorm. Se figur 2:7.

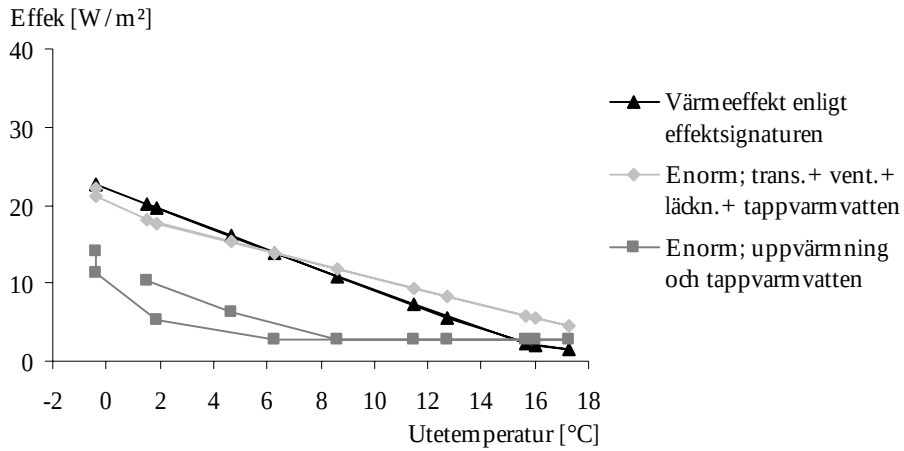


Figur 2:7 Jämförelse mellan temperatur simulerad i Enorm och normalåret för Malmö.

I steg 1 plockar man fram den energiberäkning som respektive byggherre har lämnat in[22]. I resultatutskriften (se exempel i bilaga B) från

[21] Svenska Byggtjänst. 1999. Manual för Enorm 1000.
[22] Finns i Stadsbyggnadskontorets arkiv i tillsammans med bygglov.

energiberäkningsprogrammet Enorm finns fastighetens beräknade värmeförluster som månadsvärden. Månadsvärden på förluster (transmissionsförluster + ventilationsförluster + luftläckage + varmvatten) samt uppvärmning och varmvatten görs om till månadsmedeleffekter. Dessa plottas i diagram mot Enorms månadsmedeltemperatur.



Figur 2:8 *Ett exempel på en fastighets beräknade förluster samt värme till uppvärmning och varmvatten. Inlagt finns också fastighetens värmeeffekt enligt effektsignaturen.*

I steg 2 beräknar man fastighetens värmeeffekt för samma utetemperatur som för energiberäkningen. För varje dygnstemperatur enligt Enorm beräknas fastighetens värmeeffekt enligt ekvationen från effektsignaturen. Då utetemperaturen är högre än T_{balans} motsvarar dygnseffekten endast varmvatten. Värdena summeras för varje månad och plottas i samma diagram som beräknade värden. I ett diagram enligt figur 2:8 är det sedan möjligt att tolka skillnader mellan beräknade och uppmätta värden.

I figur 2:8 syns det att Enorm räknar med att mycket stor andel av förlusterna ska täckas av tillskottsvärme (skillnaden mellan förlustkurvan och värmekurvan). En anledning är att programmet endast har dygnsupplösning (beräknar energibehov för varje dygn) och överskattar därigenom utnyttjandet av tillskottsvärme och då speciellt utnyttjandet av solinstrålning. I manualen står det att programmet inte bör användas för byggnader med extrema glasytor eftersom värden på instrålad solenergi då inte är giltig. Dessutom beräknas inte effekter av ackumulerad värmekapacitet och temperaturvariationer under dygnet kan heller inte simuleras.

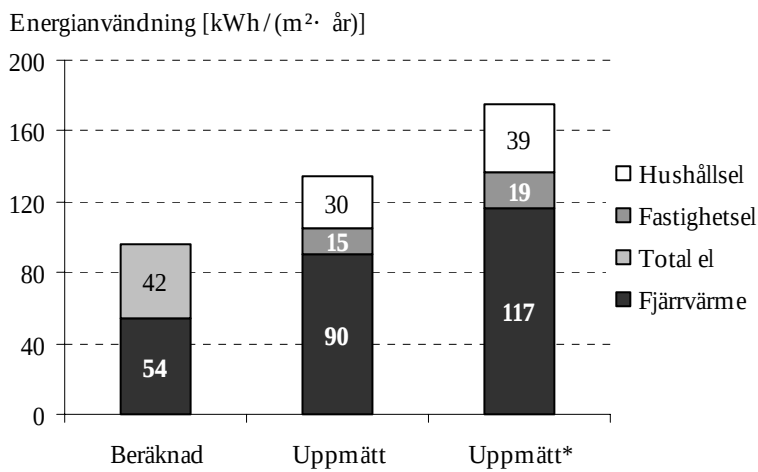
Den nedersta kurvan i figur 2:8, som representerar beräknad effekt för uppvärmning och varmvatten enligt Enorm, delar sig vid lägre temperaturer. Anledningen är att dessa är beroende av annat än bara utetemperaturen,

exempelvis solinstrålning. Vid cirka 2 °C finns två effekter angivna från mars respektive december. Effektbehovet är större i december eftersom solen lyser mer i mars och bidrar då enligt Enorm till lägre effektbehov även om medeltemperaturen är den samma.

Den nedersta kurvan i figur 2:8 planar ut redan vid utetemperaturen cirka 8 °C. Enligt Enorm används då värme endast till att göra varmvatten vid högre utetemperaturer. Uppvärmningen av rumsluften kommer då uteslutande från tillskottsenergi.

2.4.5 Fördelning mellan el och värme

Andelen el och värme ska både jämföras med Sydkrafts schablonvärde för bostädernas energianvändning (70 kWh/(m² BRA, år) värme och 35 kWh/(m² BRA, år) el) och med de beräknade fördelningarna enligt energiberäkningarna med Enorm.



Figur 2:9 Ett exempel på Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Sista stapeln, Uppmätt, visar hur stor energianvändningen bli när garagets area inte är medräknad. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.*

I figur 2:9 redovisas fjärrvärme, fastighetsel samt hushållsel i tre staplar i enheten kWh/(m²· år). Första stapeln visar värden från fastighetens energiberäkning som byggherren har redovisat. I resultatutskriften från Enorm finns det bara en summering av totalt elbehov varför ingen uppdelning i fastighetsel och hushållsel görs här.

Andra stapeln visar uppmätta värden, korrigerade till normalårets utetemperatur. Här har alltså värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknats för Malmös normalår. Denna har sen multiplicerats med årets timmar för att få enheten kWh. Elanvändningen är ett medelvärde av ett års uppmätta månadsvärden.

Den tredje stapeln visar hur stor energianvändningen bli när garagets area inte är medräknad. Eftersom en del byggherrar har inkluderat arean för garage när energiberäkningarna gjordes, blir det mer rättvist att jämföra värdena med lika förutsättningar. Garaget står oftast för en marginell del av fastighetens totala energianvändning, varför det kan uteslutas i energiberäkningar.

I resultatkapitlet redovisas fördelningen mellan el och värme för de tre olika fallen under stapeldiagrammet. Den beräknade och uppmätta varmvattenanvändningen ingår i fjärrvärmen, men redovisas separat i text, under stapeldiagrammet för respektive fastighet.

2.5 ENKÄT FÖR ATT GRANSKA UPPLEVD KOMFORT

För att undersöka hur de boende upplevde komforten i flerbostadshusen, används en enkät som de boende fick besvara. Eftersom komfort är något människor upplever bör en enkät ge en mer nyanserad bild än att endast göra olika inneklimatmätningar.

Det finns två vedertagna enkäter i Sverige som frågar om innemiljön i bostäder. Miljömedicinenkäten (MM-enkäten, Örebro) har ett frågeformulär på två sidor som resulterar i två rosdiagram över miljöfaktorer och besvär/symptom. Här gör man ingen multivariabel analys, utan det ger ett snabbt och överskådligt svar på om personerna i huset är besvärade av innemiljön.

Stockholms innemiljöenkät (SIEQ) är en enkät som bland annat används av Stockholms stad i sitt program för ekologiskt byggande. Enkäten har utvecklats sedan mitten på 80-talet av Karin Engvall [23]. Den har ett referensmaterial på 14 235 lägenheter i flerbostadshus. Det är möjligt att använda enkäten till både epidemiologiska studier och som komplement till byggnadstekniska undersökningar. Enkäten är framtagen ur ett sociologiskt perspektiv, vilket betyder att det inte bara fokuseras på medicinska symptom utan även på upplevt inneklimat, funktionen, användningen och underhållet av lägenheten. Det är de boendes attityd till hur väl de trivs i sin bostad som kommer fram. Eftersom

[23] Engvall, Karin. 2003. A Sociological Approach to Indoor Environment in Dwellings. Avhandling från Uppsala Universitet.

SIEQ-enkäten täcker inneklimatet och inte bara SBS-symptom[24], valde jag att använda denna i de tio utvalda flerbostadshusen.

Enkäten delades ut 3 gånger för att få tillräckligt hög svarsfrekvens. Då enkäten är skriven på svenska, fick endast hushåll med svenskar (och danskar) enkäten utdelad. På kuvertet adresserades det till kvinnan eller mannen i hushållet. Fördelningen av män och kvinnor gjordes jämn så gott det gick för varje fastighet.

Den statistiska bearbetningen av svaren har utförts av en anlitad konsult[25] som jobbat med detta enkätformulär tidigare och har på grund av erfarenhet effektivt tolkat svaren. Bedömning av anlitad konsult redovisas för varje fastighet samt i en sammanställning över de tio husen i kapitel 4.

2.6 INNEKLIMATMÄTNINGAR

Energieffektivitet ska enligt kvalitetsprogrammet uppnås utan att komforten i lägenheterna blir bristfällig. Mätningar av temperatur, luftflöde, lufttäthet samt termografering har gjorts för att bedöma om BBRs krav på termiskt klimat och god komfort uppfylls.

I Havshuset har 5 lägenheter undersökts och i Vitruvius 3 stycken. Havshuset valdes eftersom jag tidigare haft god kontakt med de boende och att de var intresserade av att få sina lägenheter undersökta. Anledningen till att jag kontaktade boende i Vitruvius var att lägenheterna såldes snabbt i det huset. Därför var det intressant att se om de attraktiva lägenheterna även fått bra inneklimat.

2.6.1 Operativ temperatur

Den operativa temperaturen är ett sätt att bedöma det termiska klimatet i en bostad. Med operativ temperatur menas den beräknade samlade inverkan av luftens och omgivande ytors temperatur (medelstrålningstemperatur).

För att uppskatta den operativa temperaturen i lägenheterna har en kubtermometer använts. Det är en liten kub som på varje sida har en tunn svartmålad kopparfolie som mäter värmeutbytet i sex olika riktningar.

Kubtermometern placerades där de boende oftast uppehöll sig i lägenheten. Instrumentet monterades på en ställning 1 meter framför ett fönster och på 0,6 meter ovanför golvet för att motsvara läget hos en sittande person.

---

[24] Sjukahussymptom
[25] BeteendePerspektiv K Engvall, Stockholm.

Kubtermometern anslöts till ett mikroprocessorbaserat mätinstrument TCAK 1100 som direkt gav ett värde på den operativa temperaturen. Yttemperaturen på golvet kring instrumentet mättes med en IR-pistol som anger temperaturen med hjälp av infraröd strålning.

Enligt BBR bör den operativa temperaturen inte vara lägre än 18 °C i vistelsezonen. Yttemperatur på golvet i vistelsezonen bör inte vara lägre än 16 °C. Enligt ISO 7730 bör den operativa temperaturen vara 20-24 °C och yttemperaturen på golvet 19-26 °C. Vertikaltemperaturgradienten bör inte vara högre än 3 °C. Resultaten finns i kapitel 4.14.1.

2.6.2 Luftflöde i frånluftsdon

En del av komforten består av att man som boende upplever god luftväxling vilket beror på hur ventilationssystemet fungerar. Alla undersökta lägenheter hade frånluftssystem. Här mättes luftflödet i alla frånluftsdon med en mätstos. Resultat i kapitel 4.14.2.

Enligt BBR ska frånluftsflödet i bad- eller duschrum vara minst 10 l/s. Högre krav ställs om arean överstiger 5 m^2. I kök ska flödet också vara 10 l/s och med en forceringsmöjlighet som upptar 75 % av luftföroreningarna.

Med en mätstos Alnor AM-600 och flödesmätare Velocicalc Plus TSI 8355 kunde flödet mätas i kök och bad där frånluftsdonen satt. I två av lägenheterna i Vitruvius fanns det även frånluftsdon i klädkammaren där luftflödet mättes.

2.6.3 Tryckprovning

Tryckprovning utfördes enligt blower-door-metoden för att kontrollera lufttätheten. Mätutrustningen var av märket Minnesota Blower Door. Enligt standarden SS 02 15 51 Byggnader – Bestämning av lufttäthet, beskriver den hur man går tillväga med tryckprovning. En reglerbar fläkt monteras i dörrkarmen in till lägenheten. Alla öppningar, som fönster, ventiler och don, skall vara stängda eller tejpas igen. Lägenhetens mätvolym bestäms. Utomhus- och inomhustemperatur mäts. Luftflödet mäts vid olika tryckdifferenser, både positiva och negativa. Därefter kan man räkna ut lägenhetens lufttäthet vi 50 Pa tryckdifferens.

Det finns dock en osäkerhet i att mäta enskilda lägenheter i flerbostadshus. Metoden fungerar bra för enfamiljshus där den läckande arean är väldefinierad som ytterväggar och tak. Men för mätningar i en lägenhet behöver man veta om det läcker mellan bjälklagen eller bara genom ytterväggarna. Resultat redovisas i kapitel 4.14.3.

2.6.4 Termografering

Med hjälp av en värmekamera kan man finna temperaturskillnader i klimatskärmen. Kameran känner av infraröd strålning och kan på så sätt göra en bild av temperaturfördelningen över klimatskärmen. Skillnader i yttemperatur kan bero på otillräcklig isolering, fukt eller luftrörelser i byggdelar. I denna studie användes en värmekamera från AGEMA, Termovision 900 sw.

Termografering är en kvalitativ metod som kan användas i hus enligt standard SS-EN 13187; provning med värmekamera för att kontrollera funktion av ny- eller ombyggnad samt förenklad provning med värmekamera i samband med undersökning av diagnoskaraktär. Standarden omfattar inte kvantitativ bestämning av konstruktionens värmemotstånd och täthet. Då måste kompletterande mätningar och bedömningar göras.

Vid termografering behöver temperaturfallet över klimatskärmen vara tillräckligt stort för att kunna se temperaturskillnader med värmekameran. Konstruktionen ska inte heller utsättas för direkt solljus eller att vinden varierar för mycket så att tryckskillnaden över klimatskärmen ändras. Minst 5 Pa tryckskillnad över klimatskärmen bör eftersträvas. Inne- och utetemperatur mäts.

För de olika lägenheterna placerades värmekameran så att en serie av bilder togs av klimatskärmen mot havet. Det var också den del som hade störst fönster, där det skulle kunna finnas otätheter som bidrog till upplevelse av drag. För att förstärka bilderna, togs de när lägenheten var under undertryck.

2.6.5 Temperaturmätning

I Havshuset placerades temperaturloggar (Onset HOBO H8) som varje timme samlade data på innetemperatur och relativ fukthalt. De satt uppe från sista halvan i december 2002 till april 2003. Temperaturloggarna hängdes på höjden 1,8 m för att motsvara huvudhöjd för en stående människa. Loggarna placerades på en innervägg, då ytterväggar kan vara något kallare än inneväggar. De var skyddade för direkt solljus.

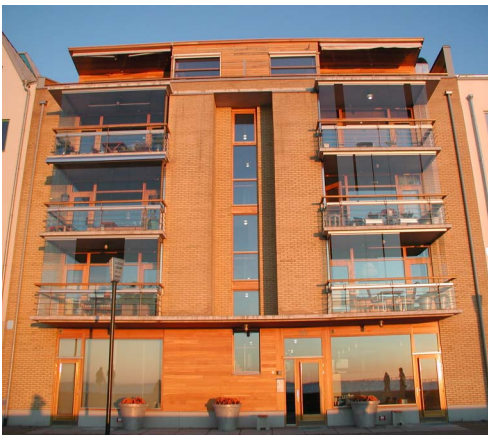
På grund av lägenhetsutformningen och att de inte skulle sitta för synligt för att genera de boende, placerades de i en liten hall mitt i lägenheten.

3 BESKRIVNING AV 10 FASTIGHETER

De tio fastigheterna beskrivs genom att presentera data från energiberäkningar som byggherrarna låtit göra. Varje fastighets installationssystem redovisas i en förenklad bild. Utdrag ur byggherrarnas LIP-ansökningar finns också med för att visa på vilka åtgärder man valt för att klara energikravet. Texten under *LIP-ansökan* är till största delen direkt tagen ur ansökningarna eller delvis förkortad men med ordval enligt ansökan så att innebörden blir densamma.

Beskrivningen av ytterväggarnas uppbyggnad tar endast med den isolerande delen och den bärande delen.

3.1 KAJPROMENADEN



Flerbostadshuset har 6 lägenheter. På gården finns ett radhus med 3 lägenheter.

Enligt ritningar består en del ytterväggar av 170 mm mineralull + 150 mm betong, andra av 120 mm tegel + 150 mm skalmursskiva + 108 mm fasadtegel.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,20 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,17 W/(m²·K)
Yttervägg	0,28 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,18 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,15 W/(m²·K)

Köldbryggor är angivet som 15 W/K för zonen med lägenheterna och 10 W/K för zonen med övrigt utrymme.

Innetemperaturen i lägenheterna är satt till 22 °C, 15 °C i övrigt utrymme.

Fönsterarean uppgår till 32 % av golvarean för zonen med lägenheter.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset och radhuset på 1513 m² beräknas energibehovet till 90 kWh/(m²· år). I denna area är garaget medräknat. Garaget uppskattas till 288 m² enligt planritning över källarplan. Utan garage blir arean 1225 m² och motsvarande energibehov 110 kWh/(m²· år).

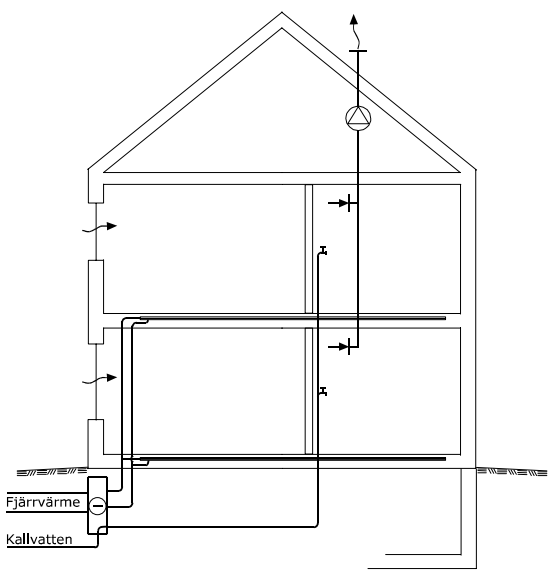
	area=1513 m²	area utan garage=1225 m²
Uppvärmning	32 kWh/(m²· år)	39 kWh/(m²· år)
Varmvatten	23 kWh/(m²· år)	28 kWh/(m²· år)
Total el	35 kWh/(m²· år)	43 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
2000-03-30: Övergripande målet är att elanvändningen ska understiga 35 kWh/(m²· år). För att uppnå det ska man ha energieffektiva vitvaror, energieffektiva pumpar och fläktar enligt ENEU94, energieffektiv belysning, största möjliga dagsljusinsläpp, datoriserad mätning, styrning och information för de boende. Totalt ska detta spara 14 200 kWh/år i elenergi.

Övergripande målet är att värmeanvändningen ska understiga 55 kWh/(m²· år). För att uppnå det ska man ha en värmeisolerande klimatskärm inklusive fönster, tung stomme för tillgodogörande av solvärme, individuell värmemätning, individuell styrning av uppvärmningssystem via ett visuellt och datoriserat system, behovsanpassad ventilation, typ hybridventilation, kvalitetssäkert byggande, driftstagning och driftsoptimering. Totalt ska detta spara 31 200 kWh/år i värmeenergi. Tabellen är hämtad från LIP-ansökan och visar U-värden för aktuell byggnad och referensbyggnad för olika byggdelar.

	aktuell	referens
Grund	0,18	0,20
Yttervägg	0,24	0,20
Tak	0,15	0,20
Fönster	1,0	1,20

Enligt slutrapport, 2002-02-16, har man installerat energieffektiva maskiner och utrustning. Eftersom alla hyresgäster ännu inte installerats i byggnaden är det för tidigt att säga hur väl byggnaden uppfyller de uppställda målen. Det finns dock inga indikationer som tyder på att miljömålen inte kommer att uppfyllas.



Huset har ett frånluftssystem där luft tas in genom spaltventiler i fönstren. Värme distribueras via golvvärme.

3.2 FRIHETEN

Flerbostadshuset har 9 lägenheter. På gården finns ett parhus med 2 lägenheter.

Enligt ritningar består en del ytterväggarna av 150 mm cellplast + 150 mm betong, andra har 70 mm cellplast + 95 mm reglar och mineralull.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,28 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,54 W/(m²·K)
Yttervägg	0,24 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,15 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,52 W/(m²·K)

Köldbryggor är angivet som 15 W/K för zonen med lägenheterna.

Innetemperaturen i lägenheterna är satt till 20 °C och 17 °C i källaren.

Fönsterarean uppgår till 27 % av golvarean.

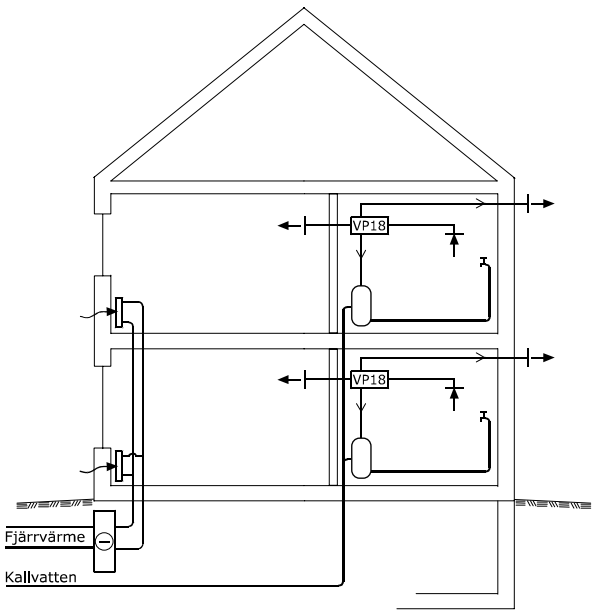
Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 1318 m² beräknas energibehovet till 90 kWh/(m²· år).
För parhuset på 252 m² beräknas energibehovet till 105 kWh/(m²· år).

Genomsnittligt energibehov beräknas till 92 kWh/(m²· år) och fördelas enligt följande:

Uppvärmning	15 kWh/(m²· år)
Varmvatten	30 kWh/(m²· år)
Total el	47 kWh/(m²· år)

Total area enligt energiberäkning är 1570 m². Garaget är inte medräknat i denna area.

LIP-ansökan:
200-05-23: Energianvändningen ska understiga 105 kWh/(m²· år) genom energieffektivt klimatskal, tung stomme med förbättrat U-värde, stora glaspartier med energiglas. Optimalt utnyttjande av dagsljus i vistelsezoner, förbättrad täthet, lägenhetsseparata system för ventilation och återvinning av värme till varmvatten. Konsekvent val av lågenergiprodukter för vitvaror, motorer, pumpar och belysning. ”Beräkningsmässigt synnerligen svårt att konkret redovisa effekter i absoluta tal. Dock räknar vi med en betydande minskning av emissionsutsläpp.” Man uppskattar spara 55 000 kWh/år på värmeenergi och 26 000 kWh/år på elenergin. I dokument från 2001-02-19 fasthåller byggherren att uppgifterna i tidigare ansökan kvarstår.



I varje lägenhet finns det en VP18[26] som är ett ventilationsaggregat med värmepump. Det är en totallösning för ventilation med värmeåtervinning och uppvärmning av tappvarmvatten. Det ska vara tillräckligt för att lägenheten ska vara självförsörjande med varmvatten. Tilluften förvärms men fastigheten är också uppkopplad mot fjärrvärmenätet för uppvärmning via vattenradiatorer.

[26] http://www.nilan.se alternativt http://www.nilan.dk

3.3 SUNDSBLICK

Flerbostadshuset har 8 lägenheter. På gården finns ett radhus med 3 lägenheter.

Enligt ritningar består en del ytterväggar av 150 mm betong + 150 mm cellplast + 50 mm putsbärande isolering. Ytterväggarna vid burspråken består av 170 mm reglar och mineralull + 100 mm putsbärande isolering.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,26 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,26 W/(m²·K)
Yttervägg	0,22 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,12 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,50 W/(m²·K)

Köldbryggor är angivet som 12 W/K för zonen med lägenheterna.

Innetemperaturen är satt till 20 °C.

Fönsterarean uppgår till 27 % av golvarean för zonen med lägenheter.

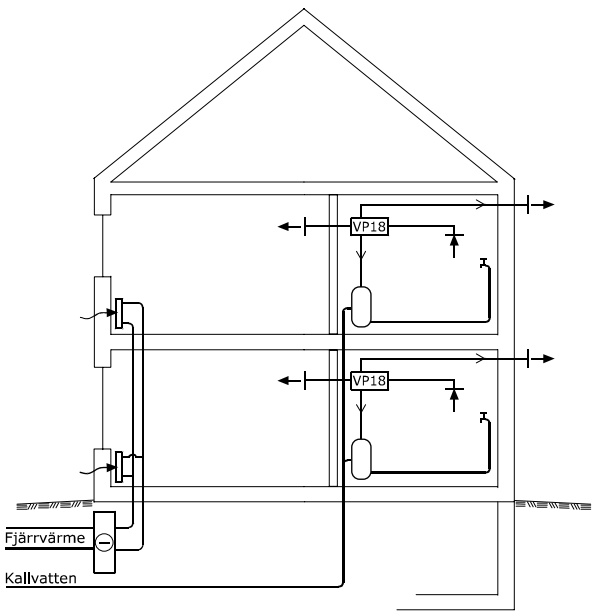
Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 1304 m² beräknas energibehovet till 78 kWh/(m²· år).
För radhuset på 435 m² beräknas energibehovet till 73 kWh/(m²· år).

Genomsnittligt energibehov beräknas till 77 kWh/(m²· år) och fördelas enligt följande:

Uppvärmning	4 kWh/(m²· år)
Varmvatten	28 kWh/(m²· år)
Total el	45 kWh/(m²· år)

Total area enligt energiberäkning är 1739 m². Garaget är inte medräknat i denna area.

LIP-ansökan:
2000: Energianvändningen ska understiga 105 kWh/(m²· år) genom installation av vitvaror EU-klass A, lågenergilampor, belysningsstyrning med närvarogivare i allmänna utrymmen, stora dagsljusinsläpp, energieffektiva pumpar och fläktar. Fönster ska ha U-värdet högst 1,0 och yttertak och ytterväggar 100 mm tjockare isolering än normalt. Tung stomme för tillgodogörande av solvärme. Individuell mätning via visuellt datoriserat system i varje lägenhet med möjlighet till individuell styrning och reglering. Totalt beräknas man spara 137 500 kWh för alla åtgärder. Normal energianvändning anges vara kWh/(m²· år). Enligt dokument från 2002-01-11: Installerar ett ventilations- och värmeåtervinningssystem kombinerat med varmlufts- och varmvattenproduktion i varje lägenhet istället för ett centralt system. Ytterligare besparing beräknas till 27 500 kWh. Enligt slutrapport juni 2003: Energianvändningen har uppmätts till 110,5 kWh/m² under år 2002. Total uppvärmd area 1711 m² exklusive garage.



I varje lägenhet finns det en VP18[27] som är ett ventilationsaggregat med värmepump. Det är en totallösning för ventilation med värmeåtervinning och uppvärmning av tappvarmvatten. Det ska vara tillräckligt för att lägenheten ska vara självförsörjande med varmvatten. Tilluften förvärms men fastigheten är också uppkopplad mot fjärrvärmenätet för uppvärmning via vattenradiatorer.

[27] http://www.nilan.se alternativt http://www.nilan.dk

3.4 HAVSHUSET

Flerbostadshuset har 16 lägenheter. På gården finns ett radhus med 5 lägenheter. Ett fristående hus. Ett gästhus finns också på tomten.

Enligt ritningar finns det två typer att ytterväggar, en regelvägg med 170+60 mm mineralull och en vägg med 160 mm betong + 160 mm mineralull.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,18 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,29 W/(m²·K)
Yttervägg	0,23 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,18 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,25 W/(m²·K)

Inga köldbryggor är medräknade.

Innetemperaturen är satt till 20 °C.

Fönsterarean uppgår till 28 % av golvarean för zonen med lägenheter.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 2728 m² beräknas energibehovet till 96 kWh/(m²· år).
För radhuset på 686 m² beräknas energibehovet till 127 kWh/(m²· år).
För gårdshuset på 91 m² beräknas energibehovet till 155 kWh/(m²· år).
För lilla huset + soprum på 40 m² beräknas energibehovet till 185 kWh/(m²· år).

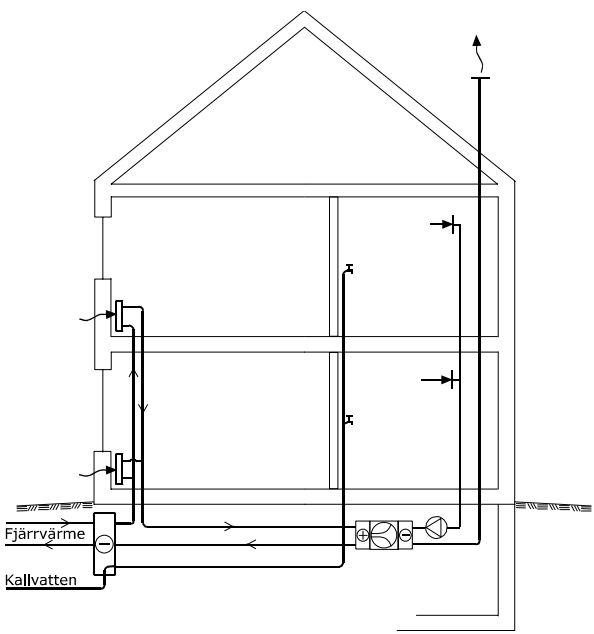
Genomsnittligt energibehov beräknas till 104 kWh/(m²· år) och fördelas enligt följande:

Uppvärmning	20 kWh/(m²· år)
Varmvatten	38 kWh/(m²· år)
Total el	46 kWh/(m²· år)

Total area enligt energiberäkning är 3546 m². Garaget är inte medräknat i denna area.

LIP-ansökan:
Byggherren har gjort en gemensam ansökan för alla projekt på området.

2000-08-31: Man ska uppnå energikravet genom tillvaratagande av dagsljus och solvärme. Värmeisoleringen ska utökas i tak och väggar, extra puts på fasader och lågenergifönster. Återvinning av värme ur frånluften, bostäderna ska ha individuell värmereglering, brukare ska själv kunna läsa av sin energianvändning, behovsstyrd belysningsautomatik i gemensamma utrymmen. Behovsstyrd mekanisk ventilation med givare för fukthalt och eventuella föroreningar i inomhusluften som aktiverar den mekaniska ventilationen. Inglasade balkonger som fungerar som en temperaturreglerande zon där överskottsvärme ska utnyttjas för uppvärmning av lägenhet. Manualer ska tas fram som bland annat behandlar energi. Totalt på cirka 100 lägenheter anser man spara 0,27 GWh/år på ökad värmeisolering, 0,24 GWh/år på värmeåtervinning, 0,31 GWh/år på behovsanpassning och 0,17 GWh/år på solenergi. Enligt slutrapport 2002-03-12: Behovsstyrd mekanisk ventilation är inte längre aktuell. Ingen uppmätt energianvändning är angiven utan man hänvisar till att kvantifierbara miljöeffekter först kan ses efter programtiden men hänvisar till tillförlitliga beräkningar. Inga negativa avvikelser finns att rapportera från de arkitektoniska kvaliteterna.



Huset har ett frånluftssystem med värmepump som återvinner värme enbart till uppvärmning. Luft tas in genom tilluftsdon i väggarna bakom radiatorerna.

3.5 KAJPLATS 01

Flerbostadshuset har 23 lägenheter.

Enligt ritningar består ytterväggarna av 400 mm lättbetong + 15 mm puts.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,30 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,14 W/(m²·K)
Yttervägg	0,27 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,14 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,15 W/(m²·K)

Köldbryggor är angivet som 282 W/K för zonen med lägenheterna.

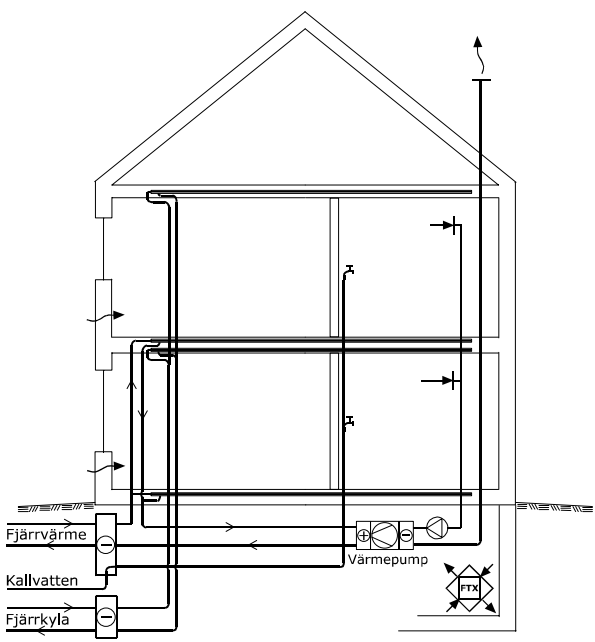
Innetemperaturen i lägenheterna är satt till 22 °C och till 8 °C i garaget.

Fönsterarean uppgår till 35 % av golvarean för zonen med lägenheter.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För huset på 5115 m² beräknas energibehovet till 87 kWh/(m²· år). I denna area är garaget medräknat. Garaget är angivet till 2000 m², vilket stämmer med planritning över källarplan. Utan garage blir arean 3115 m² och motsvarande energibehov 153 kWh/(m²· år).

	area=5115 m²	area utan garage=3115 m²
Uppvärmning	17 kWh/(m²· år)	28 kWh/(m²· år)
Varmvatten	19 kWh/(m²· år)	31 kWh/(m²· år)
Total el	57 kWh/(m²· år)	94 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
1999-10-08: Eleffektivisering ska uppnås genom vitvaror i bästa klass, tvättmaskin och diskmaskin kopplat till varmvatten, rörelsesensorer till allmänbelysning. Värmeeffektivisering ska uppnås genom fönster med U-värde 1,0 W/(m²·K), ventilationen sker genom att tilluften tas genom en stormsäkring i fasad. Frånluften forceras genom kökskåpan samt i bad och tvätt. Ventilationen är direktverkande och kan styras av brukaren vilket ger energibesparingar då inga värmeförluster för öppnande av fönster sker. Värmeåtervinning ur avluften för bostäder samt från kyl och frys till tappvarmvatten. Värmesystemet är prognosstyrt genom koppling till SMHI, golvslingor samt stengolv för jämn uppvärmning. Träjalusier i fönster för att minska solinstrålning och därmed behov av kyla. Ingjutna vattenrör i taket kan användas för kyla och därmed undvika att fönster öppnas med energiförluster till följd. Värmesystemet kompletteras med värmeslingor i smygar till de stora fönstren för att förhindra kallraseffekten. Detta kompletterande system styrs helt av brukaren då behov finns. Mätning av tappvatten till respektive lägenhet. Huset har en tung stomme som lagrar värme, med stora fönsterareor i huvudsak placerat mot sydväst, för mycket ljusinsläpp och därmed reduceras belysning inomhus. Totalt anses elanvändningen minskas med cirka 40 000 kWh/år och värmeanvändningen med 300 000 kWh/år. Enligt slutrapport 2002-01-11 är inga förändringar gjorda.



Huset har ett frånluftssystem med värmepump som återvinner värme enbart till uppvärmning. Värme distribueras via golvvärme. Luft tas in genom tilluftsdon i väggarna. I garaget finns ett FTX-system. I ett separat system ligger slingor i taken för kyla.

3.6 VITRUVIUS

Flerbostadshuset har 13 lägenheter. På gården finns ett radhus med 5 lägenheter.

Enligt ritningar består en del ytterväggar av 145 mm reglar och isolering + 50 isolering + 120 mm tegel med luftspalt. Andra består av 150 mm betong + 150 mm isolering + 120 mm tegel med luftspalt.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,18 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,19 W/(m²·K)
Yttervägg	0,19 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,07 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,20 W/(m²·K)

Inga köldbryggor är medräknade.

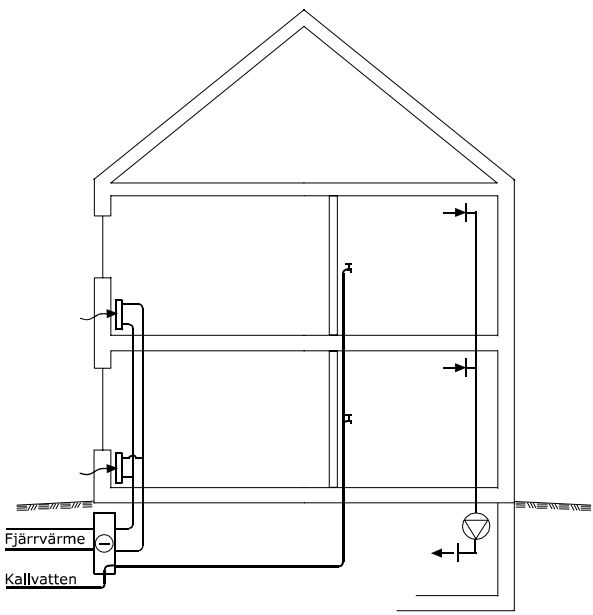
Innetemperaturen i lägenheterna är satt till 20 °C och till 16 °C i garaget.

Fönsterarean uppgår till 29 % av golvarean för zonen med lägenheter.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 2857 m² beräknas energibehovet till 91 kWh/m² och år. I denna area är garaget medräknat. Garaget är angivet till 572 m², vilket enligt planritning över källarplan är cirka 467 m². Utan garage blir arean 2390 m² och motsvarande energibehov 109 kWh/(m²· år).

	area=2857 m²	area utan garage=2390 m²
Uppvärmning	25 kWh/(m²· år)	30 kWh/(m²· år)
Varmvatten	25 kWh/(m²· år)	30 kWh/(m²· år)
Total el	41 kWh/(m²· år)	49 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
1999-10-25: Energikravet ska uppnås genom tung, värmetrög konstruktion där ytterväggar, mellanväggar och bjälklag är av betong. Behovsstyrd ventilation som ska anpassas till inneklimatet och till uteklimatet. Minimera risken för köldbryggor och utöka den ordinarie isolertjockleken. Fönstren ska ha ett U-värde på 1,0 W/(m²·K). En digital enhet ska visa aktuell användning av energi och vatten. Innetemperaturen ska också kunna ställas in här. Rörelsedetektor för belysning i allmänna utrymmen samt lågenergiarmaturer i lägenheter och allmänna utrymmen. Vitvarorna ska vara A-klassade. Uteluftsventilerade skafferier för att minska behovet av kylskåp. Enligt dokument från 2001-01-30: Behovsstyrd ventilation, rörelsedetektorer i allmänna utrymmer för belysning samt uteluftsventilerade skafferier har utgått. U-värdet på fönster ändrat från 1,0 till 1,3 W/(m²·K). Ett mekaniskt frånluftssystem valdes istället, där den i bostäderna uppvärmda frånluften används för uppvärmning av källarens garage, vilket leder till energivinster.



Huset har ett frånluftssystem där frånluften leds ner i garaget för att värma upp det. Luft tas in genom tilluftsdon bakom radiatorerna.

3.7 TEGELBORGEN

Flerbostadshuset har 21 lägenheter. På tomten finns också ett gårdshus.

Enligt ritningar består en del ytterväggar av 120 mm fasadtegel + 45 reglar och mineralull + 120 reglar och mineralull + 180 mm betong. Andra ytterväggar kan bestå av 120 mm fasadtegel + 145 mm reglar och mineralull + 45 mm reglar och mineralull.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,17 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,32 W/(m²·K)
Yttervägg	0,23 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,12 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,40 W/(m²·K)

Inga köldbryggor är medräknade.

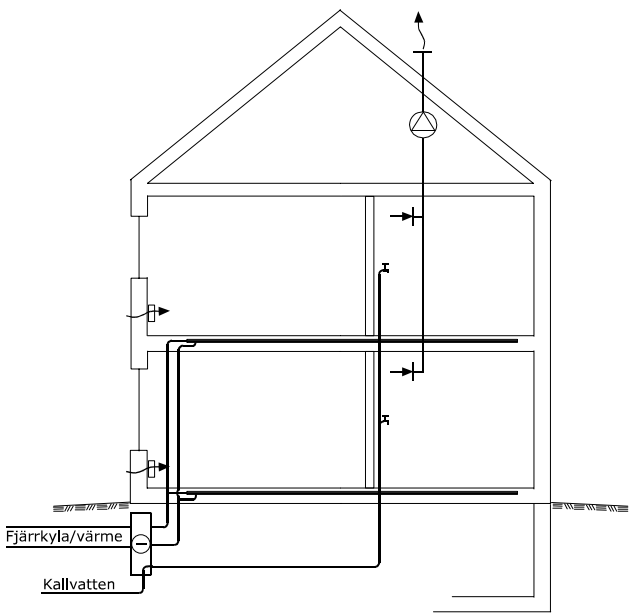
Innetemperaturen är satt till 20 °C.

Fönsterarean uppgår till 35 % av golvarean för zonen med lägenheter.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 2325 m² och gårdshuset 112 m² beräknas energibehovet till 104 kWh/m² och år. I gårdshusets area ingår cykelförråd på 40 m².

Uppvärmning	38 kWh/(m²· år)
Varmvatten	43 kWh/(m²· år)
Total el	23 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
1999-10-08: Eleffektivisering ska uppnås genom vitvaror i bästa klass, tvättmaskin och diskmaskin kopplat till varmvatten, rörelsesensorer till allmänbelysning, varvtalsreglering av pumpar och fläktar. Värmeeffektivisering ska uppnås genom fönster med U-värde 1,0 W/(m²·K), ventilationen sker genom att tilluften tas genom en springa (reglerbar) i vägg, där den förvärms. Frånluften forceras genom kökskåpan samt i bad och tvätt. Ventilationen är direktverkande och kan styras av brukaren vilket ger energibesparingar då inga värmeförluster för öppnande av fönster sker. Värmesystemet är prognosstyrt genom koppling till SMHI, golvslingor samt tegelgolv för jämn uppvärmning. Träjalusier i fönster för att minska solinstrålning och därmed behov av kyla. Sommartid kan golvslingorna användas för kyla och därmed undvika att fönster öppnas med energiförluster till följd. Värmesystemet kompletteras med radiatorer under de stora fönstren för att förhindra kallraseffekten. Detta kompletterande system styrs helt av brukaren då behov finns. Huset har en tung stomme som lagrar värme, med stora fönsterareor för mycket ljusinsläpp och därmed reduceras belysning inomhus. Totalt anses elanvändningen minskas med cirka 22 600 kWh/år och värmeanvändningen med 169 500 kWh/år. Enligt slutrapport 2002-01-11 är inga förändringar gjorda.



Huset har ett frånluftssystem. Värme distribueras via golvvärme. I samma system får man kyla under sommarmånaderna. Luft tas in genom tilluftsdon i väggarna. I de större lägenheterna som vetter ut mot havet finns en konvektor som förvärmer tilluften. I de mindre lägenheterna finns ingen förvärmning av tilluften. De boende kan själva ställa in önskad innetemperatur via en display.

3.8 ENTRÉHUSET

Flerbostadshusen har tillsammans 37 lägenheter och radhuset har 4 lägenheter.

Enligt ritningar består ytterväggarna består av 195 mm reglar och mineralull. En del gavlar har 120 mm reglar och mineralull + 120 mm betong.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,19 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,42 W/(m²·K)
Yttervägg	0,23 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,18 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,25 W/(m²·K)

Inga köldbryggor är medräknade.

Innetemperaturen är satt till 20 °C.

Fönsterarean uppgår till i snitt 24 % av golvarean.

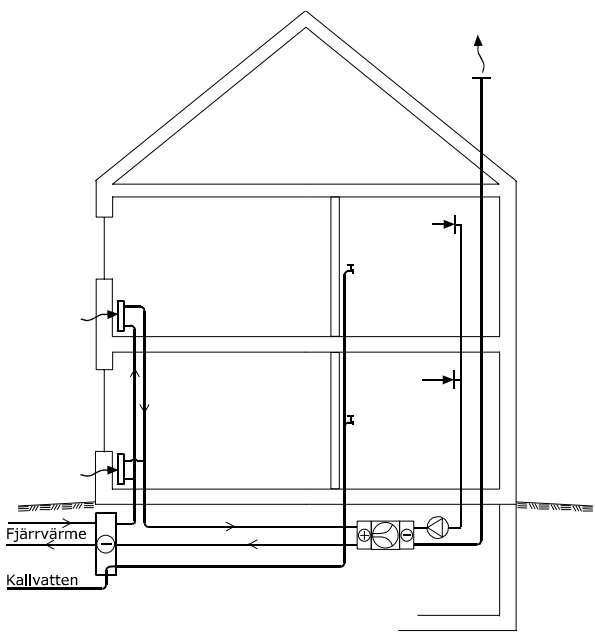
Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 2275 m² beräknas energibehovet till 89 kWh/m² och år.
För flerbostadshuset på 2531 m² beräknas energibehovet till 94 kWh/m² och år.
För radhuset på 657 m² beräknas energibehovet till 120 kWh/m² och år.

Genomsnittligt energibehov beräknas till 95 kWh/m² och år. Total area enligt energiberäkning är 5463 m². Garaget är inte medräknat i denna area.

Uppvärmning	22 kWh/(m²· år)
Varmvatten	28 kWh/(m²· år)
Total el	45 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
Byggherren har gjort en gemensam ansökan för alla projekt på området.

2000-08-31: Man ska uppnå energikravet genom tillvaratagande av dagsljus och solvärme. Värmeisoleringen ska utökas i tak och väggar, extra puts på fasader och lågenergifönster. Återvinning av värme ur frånluften, bostäderna ska ha individuell värmereglering, brukare ska själv kunna läsa av sin energianvändning, behovsstyrd belysningsautomatik i gemensamma utrymmen. Behovsstyrd mekanisk ventilation med givare för fukthalt och eventuella föroreningar i inomhusluften som aktiverar den mekaniska ventilationen. Inglasade balkonger som fungerar som en temperaturreglerande zon där överskottsvärme ska utnyttjas för uppvärmning av lägenhet. Manualer ska tas fram som bland annat behandlar energi. Totalt på cirka 100 lägenheter anser man spara 0,27 GWh/år på ökad värmeisolering, 0,24 GWh/år på värmeåtervinning, 0,31 GWh/år på behovsanpassning och 0,17 GWh/år på solenergi. Enligt slutrapport 2002-03-12: Behovsstyrd mekanisk ventilation är inte längre aktuell. Ingen uppmätt energianvändning är angiven utan man hänvisar till att kvantifierbara miljöeffekter först kan ses efter programtiden men hänvisar till tillförlitliga beräkningar. Inga negativa avvikelser finns att rapportera från de arkitektoniska kvaliteterna.



Huset har ett frånluftssystem med värmepump som återvinner värme enbart till uppvärmning. Luft tas in genom tilluftsdon i väggarna bakom radiatorerna.

3.9 HAVSLUNDEN

Flerbostads huset har 15 lägenheter samt att det finns 5 radhus på tomten.

Enligt ritningar består en del ytterväggar av 150 mm betong + 150 mm isolering + 120 mm tegel med luftspalt. Andra består av 145 mm reglar och isolering + 50 isolering + 120 mm tegel med luftspalt.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,18 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,27 W/(m²·K)
Yttervägg	0,19 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,07 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,20 W/(m²·K)

Inga köldbryggor är medräknade.

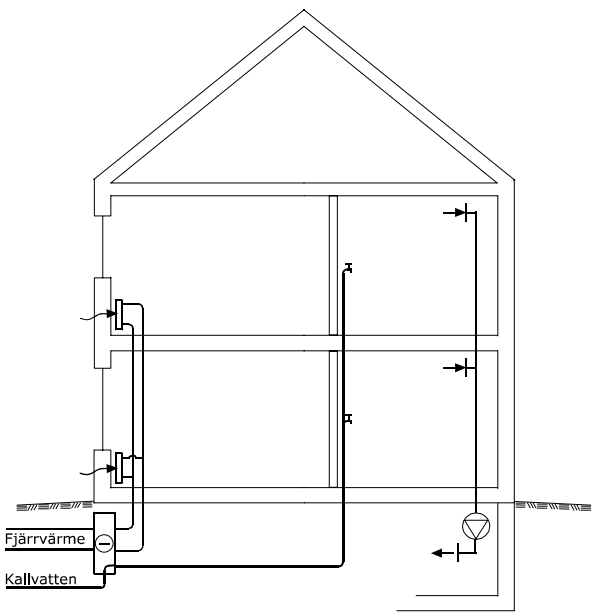
Innetemperaturen i lägenheterna är satt till 20 °C och till 16 °C i garaget.

Fönsterarean uppgår till 28 % av golvarean för zonen med lägenheter.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 3186 m² beräknas till 96 kWh/m² och år. I denna area är garaget medräknat. Garaget är angivet till 640 m², vilket enligt planritning över källarplan är cirka 563 m². Utan garage blir arean 2623 m² och motsvarande energibehov 116 kWh/(m²· år).

	area=3186 m²	area utan garage=2623 m²
Uppvärmning	30 kWh/(m²· år)	36 kWh/(m²· år)
Varmvatten	24 kWh/(m²· år)	29 kWh/(m²· år)
Total el	42 kWh/(m²· år)	51 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
1999-10-25: Energikravet ska uppnås genom tung, värmetrög konstruktion där ytterväggar, mellanväggar och bjälklag är av betong. Behovsstyrd ventilation som ska anpassas till inneklimatet och till uteklimatet. Minimera risken för köldbryggor och utöka den ordinarie isolertjockleken. Fönstren ska ha ett U-värde på 1,0 W/(m²·K). En digital enhet ska visa aktuell användning av energi och vatten. Innetemperaturen ska också kunna ställas in här. Rörelsedetektor för belysning i allmänna utrymmen samt lågenergiarmaturer i lägenheter och allmänna utrymmen. Vitvarorna ska vara A-klassade. Uteluftsventilerade skafferier för att minska behovet av kylskåp. Enligt dokument från 2001-01-30: Behovsstyrd ventilation, rörelsedetektorer i allmänna utrymmer för belysning samt uteluftsventilerade skafferier har utgått. U-värdet på fönster ändrat från 1,0 till 1,3 W/(m²·K). Ett mekaniskt frånluftssystem valdes istället, där den i bostäderna uppvärmda frånluften används för uppvärmning av källarens garage, vilket leder till energivinster.



Huset har ett frånluftssystem där frånluften leds ner i garaget för att värma upp det. Luft tas in genom tilluftsdon bakom radiatorerna.

3.10 TANGO

Flerbostadshuset har 27 lägenheter.

Enligt ritningar består ytterväggarna av 150 mm betong + 240 mm isolering + 120 mm profilerad betong.

Indata enligt byggherrens energiberäkning med Enorm:
Följande U-värden är beräknade av byggherren för flerbostadshuset:

Källargolv	0,20 W/(m²·K)
Källarytterväggar	0,23 W/(m²·K)
Yttervägg	0,24 W/(m²·K)
Vindsbjälklag	0,14 W/(m²·K)
Fönster med karm	1,30 W/(m²·K)

Inga köldbryggor är medräknade.

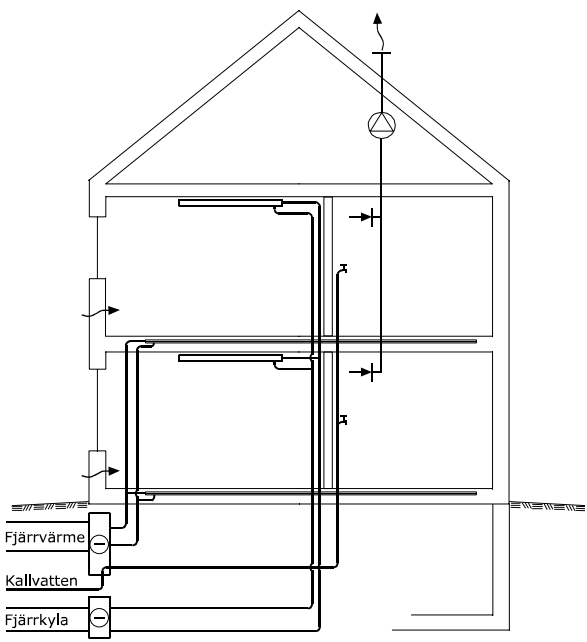
Innetemperaturen är satt till 20 °C.

Fönsterarean uppgår till 37 % av golvarean.

Beräknat energibehov enligt byggherren:
För flerbostadshuset på 3467 m² beräknas energibehovet till 107 kWh/m² och år. Garaget är inte medräknat i denna area.

Uppvärmning	48 kWh/(m²· år)
Varmvatten	35 kWh/(m²· år)
Total el	24 kWh/(m²· år)

LIP-ansökan:
Eleffektivisering ska uppnås genom vitvaror i bästa klass, tvättmaskin och diskmaskin kopplat till varmvatten, varvtalsreglerade pumpar och fläktar, rörelsesensorer till allmänbelysning, IT-baserad styrning av värme, kyla och ventilation i varje lägenhet. Värmeeffektivisering ska uppnås genom fönster med U-värde 1,0 W/(m²·K), förvärmning av uteluft via specialtillverkat fönster och tilluftsdon. Effektivt klimatskal för att minimera transmissions- och ventilationsförluster. Väggtjocklek 510 mm. Frånluften forceras genom kökskåpan samt i bad och tvätt. Två värmesystem som samverkar; ingjutna värmeslingor i tak (där kylvatten kan ledas om behov finns) som är prognosstyrt via SMHI samt strålningsvärmare i tak vid fönster som är snabba och stänger via elektroniska anslutna ventiler och rumsgivare vid hastiga förändringar i väderlek eller brukarbeteende. Då utetemperaturen är lägre än inne kyls byggnaden i första hand genom ökad luftomsättning därefter med aktiv kylning via fjärrkyla. Det leder till minskat kylbehov. Behovsanpassat ventilationssystem med CO_2-givare och fuktstyrning i badrum. Frånluftsfläkten är steglöst reglerbar och separat för varje lägenhet. Totalt anses elanvändningen minskas med cirka 27 300 kWh/år och värmeanvändningen med 204 500 kWh/år. Enligt slutrapport 2002-01-11 är inga förändringar gjorda.



Huset har ett frånluftssystem där luft tas in genom tilluftsdon i väggar. Värme distribueras via golvvärme och i det stora glasade partierna finns även värmeslingor i taket. I taket sitter konvektorer till kyla.

3.11 SAMMANSTÄLLNING AV DATA

Nedan visas en sammanställning av data för de tio fastigheterna som beskrivits i de tidigare kapitlen.

			U-värde, W/(m²·K)					köld-bryggor W/K
	lgh	radhus	källargolv	källar-yttervägg	ytterväggg	vinds-bjälklag	fönster	
Kajpromenaden	6	3	0,20	0,17	0,28	0,18	1,15	15
Friheten	9	2	0,28	0,54	0,24	0,15	1,52	15
Sundsblick	8	3	0,26	0,26	0,22	0,12	1,50	12
Havshuset	16	5+2	0,18	0,29	0,23	0,18	1,25	-
Kajplats 01	23	-	0,30	0,14	0,27	0,14	1,15	282
Vitruvius	13	5	0,18	0,19	0,19	0,07	1,20	-
Tegelborgen	21	1	0,17	0,32	0,23	0,12	1,40	-
Entréhuset	37	4	0,19	0,42	0,23	0,18	1,25	-
Havslunden	15	5	0,18	0,27	0,19	0,07	1,20	-
Tango	27	-	0,20	0,23	0,24	0,24	1,30	-

	inne-temp. ºC	fönster-area %	värme-system	ventilations-system	återvinning
Kajpromenaden	22	32	golvvärme	F-system	-
Friheten	20	27	radiatorer	FTX-system	VP18/värme+vv
Sundsblick	20	27	radiatorer	FTX-system	VP18/värme+vv
Havshuset	20	28	radiatorer	F-system	VP/värme
Kajplats 01	22	35	golvvärme	F-system	VP/värme
Vitruvius	20	39	radiatorer	F-system	(frånluft till garage)
Tegelborgen	20	35	golvvärme	F-system	-
Entréhuset	20	24	radiatorer	F-system	VP/värme
Havslunden	20	28	radiatorer	F-system	(frånluft till garage)
Tango	20	37	rad./golvv.	F-system	-

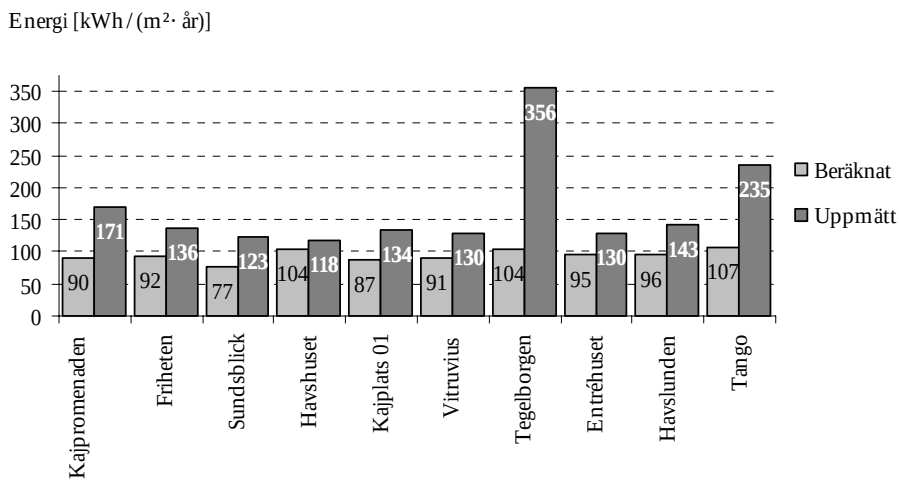
Figur 3:1 Sammanställning av data för de tio fastigheterna.

4 RESULTAT

I detta kapitel presenteras resultat över uppmätt energianvändning och hur den korrelerar med beräknat energibehov. Varje fastighets effektsignatur åskådliggörs i diagram liksom några diagram där man kan jämföra teoretiska och uppmätta värden. Resultat från enkätundersökningen återges exakt enligt den bedömning anlitad konsult gjort.

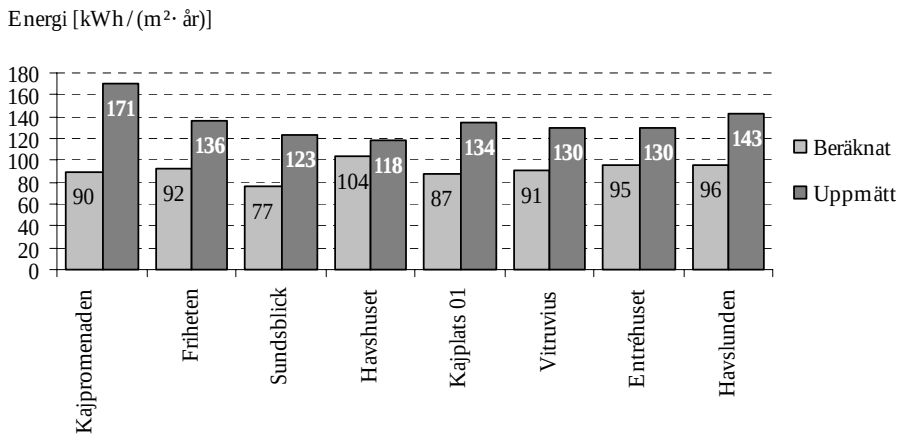
4.1 SKILLNAD MELLAN BERÄKNADE OCH UPPMÄTTA VÄRDEN

En översikt över hur väl beräknat energibehov stämmer med de uppmätta, normalårskorrigerade värdena visas i figur 4:1.



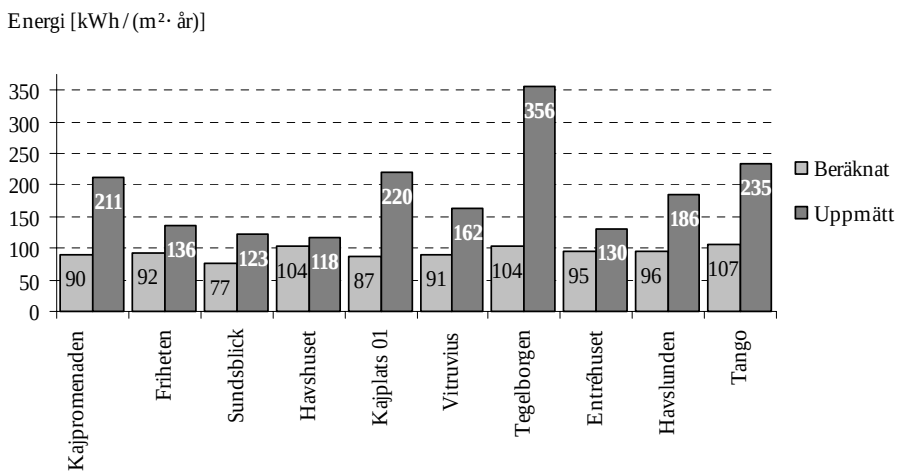
Figur 4:1 Sammanställning över beräknat energibehov för varje fastighet enligt byggherrarnas framtagna energiberäkningar med Enorm. De mörkare staplarna representerar uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning.

För att förtydliga bilden över fastigheternas energianvändning elimineras de två fastigheter ligger väsentligt över de andras uppmätta, normalårskorrigerade energianvändning. Se figur 4:2. De flesta fastigheters energianvändning ligger 40-60 % högre än beräknat. Utan att räkna med Tegelborgen och Tango ligger medelvärdet för energianvändningen kring 136 kWh/(m²· år).



Figur 4:2 Tegelborgen och Tango är borttagna för att få en tydligare bild över beräknat energibehov och uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning för de övriga fastigheterna.

För en mer rättvis jämförelse se figur 4:3 där garagets area är borträknad för de fyra fastigheter som inkluderat garaget i respektive energiberäkning. För fastigheter utan värmeåtervinning (Kajpromenaden, Vitruvius, Havslunden, Tango) ligger medelvärdet energianvändningen på 199 kWh/(m² · år). Tegelborgen är inte inkluderad. För fastigheter med värmeåtervinning (Friheten, Sundsblick, Havshuset, Kajplats 01, Entréhuset) blir medelvärdet 145 kWh/(m² · år).



Figur 4:3 Energianvändningen för Kajpromenaden, Kajplats 01, Vitruvius och Havslunden har dividerats med en area där garaget är borträknat. Energiberäkningar för övriga fastigheter har från början inte inkluderat garagearean.

4.2 RESULTAT FRÅN ENKÄTUNDERSÖKNINGEN

Enkäten delades endast ut till boende i flerbostadshusen eftersom den inte omfattar radhus eller enfamiljshus. Totalt är det 117 lägenheter i de tio flerbostadshusen. Efter att ha räknat bort de som bor utomlands vintertid, är evakuerade på grund av reparation eller är nyinflyttade med för kort boendetid ingår 109 lägenheter i undersökningen. Efter sista insamlingen hade 89 svarat vilket gav en svarsprocent för området på 82 %.

De flerbostadshus som inte fick svarsfrekvens över 75 % eller hade mindre än 10 lägenheter gav inte nog med statistiska underlag för att signifikanstestas mot den så kallade Stockholmsreferensen (genomsnitt för Stockholms flerbostadsbestånd). För dessa finns då endast en samanställning av svaren.

Följande bedömning av upplevt inomhusklimat har anlitad konsult gjort:

Åldersfördelningen bland de svarande är ganska jämn, här finns alla åldrar över 25 år representerade. Drygt hälften är män. 13 % av hushållen har barn och en fjärdedel av hushållen består av en person.

Värme/temperatur: En knapp tredjedel av de svarande tycker att värmekomforten är dålig vintertid, vilket är signifikant högre än referensen. De största problemen som de boende lyfter fram är drag, för kallt i något rum vintertid och kalla golv. I två tredjedelar av lägenheterna besväras man av drag. Det är främst i vardagsrum, sovrum och kök som drag upplevs. I 43 % av lägenheterna tycker man att det varit för kallt i något rum om vintern, vilket var vanligast i köken. I var tredje lägenhet tycker man att golven är kalla. I var fjärde lägenhet besväras man av ojämn temperatur, dvs att innetemperaturen varierar beroende på temperaturförändringar utomhus. Likaså i var fjärde lägenhet anser man att det inte finns några möjligheter att reglera värmen.

De redovisade besvärsnivåerna är signifikant högre än referensen för drag och ojämn temperatur. För övriga faktorer är skillnaderna inte signifikanta.[28] För alla aspekter av värmekomforten överstiger andelarna svarande som besväras WHO's rekommendationer om att högst 20 % av de boende ska uppleva besvär.

Ventilation/luftkvalitet: Luftkvaliteten i husen bedöms som bra, endast 4 % av de svarande är missnöjda med luftkvaliteten i sin bostad. Det finns dock ett visst missnöje med ventilationen, knappt en tredjedel av de svarande klagar över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning. Matos från grannarna noterades

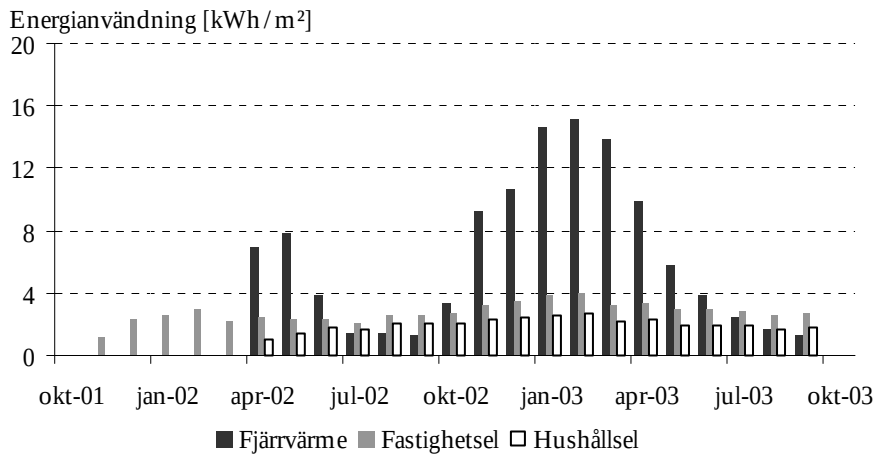
[28] Att resultatet inte är signifikant beror på svarsfrekvensen. Om fler hade besvarat enkäten kunde andelen besvärade ha varit några %-enheter högre och kanske lika hög som referensen.

däremot bara i några få lägenheter. Besvärande lukter förekommer i var tionde lägenhet, likaså torr luft. Få svarande besväras av fukt eller kondens.

Besvärsnivåerna är signifikant lägre än referensen för lukter, fukt och kondens. Andelen som besväras av det egna matoset överstiger WHO's rekommendation.

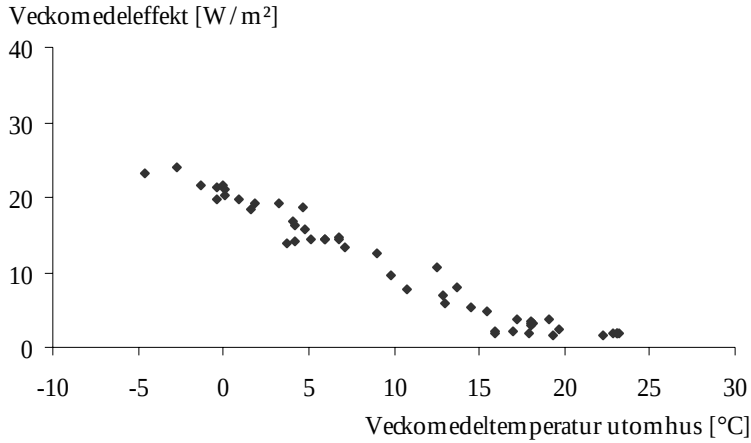
Ljud/ljus: Ljud- och ljusförhållandena upplevs som bra i bostäderna. Besvärsnivåerna är signifikant lägre än referensen.

4.3 KAJPROMENADEN



Figur 4:4 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Kajpromenaden.

Elanvändningen beräknas som ett genomsnitt över det gångna året, 1/9 2002 till 1/9 2003. För Kajpromenaden blir hushållselen 26 kWh/(m²· år) och fastighetselen 38 kWh/(m²· år).

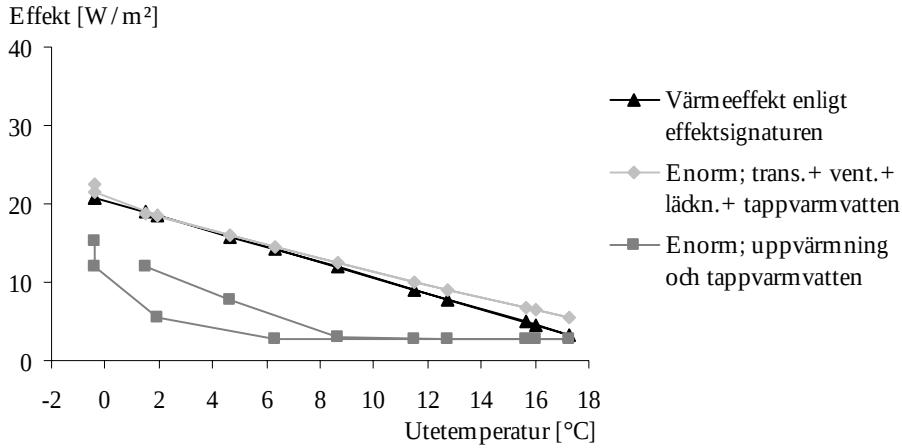


Figur 4:5 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Kajpromenaden, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

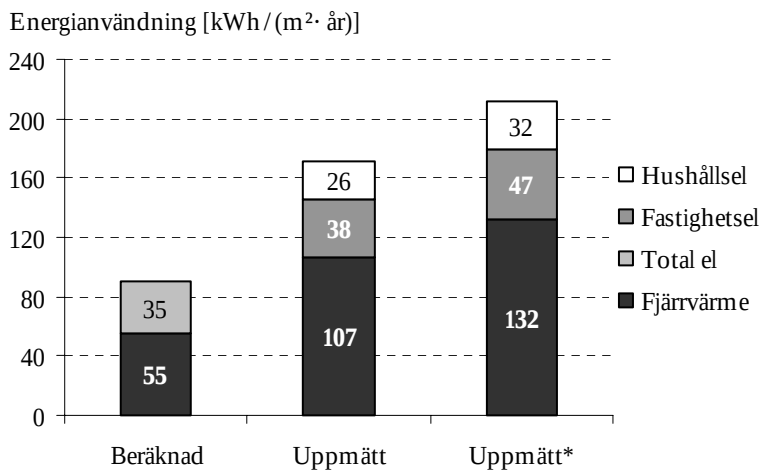
Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

$y_1=-1{,}0x+20{,}4$ $y_2=1{,}7$ W/m² $T_{balans}=18{,}9$ °C $R^2=0{,}94$

I figur 4:6 ser det ut som indata till förlusterna stämmer ganska bra med värmeeffekt enligt effektsignaturen. Innetemperaturen är satt till 22 °C, vilket figur 4:8 också visar är ett godtagbart värde för vinterhalvåret. Om andra indata också stämmer överens verkar tillgodogörande av solenergi vara försumbar. Enorms värde på värmeeffekt till uppvärmning och tappvarmvatten är alldeles för lågt beräknat.



Figur 4:6 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.



Figur 4:7 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Sista stapeln, Uppmätt, visar hur stor energianvändningen bli när garagets area inte är medräknad. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.*

Beräknad	90 kWh/(m²· år)	39 % el	61 % värme
Uppmätt	171 kWh/(m²· år)	38 % el	62 % värme
Uppmätt*	211 kWh/(m²· år)	37 % el	63 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 23 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 15 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

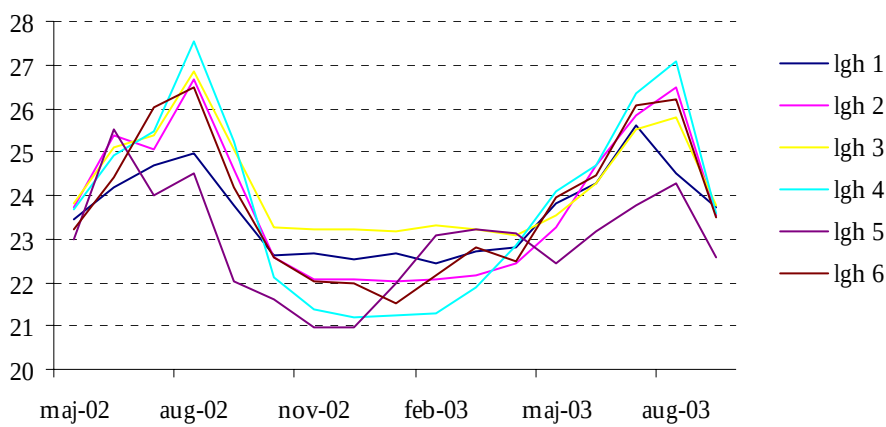
Svarsprocent: 100 % = 5 st. För få för att kunna göra statistisk analys.

5 av 5 upplever drag
3 av 5 ojämn temperatur
3 av 5 kallt i lägenhet vintertid
3 av 5 egen matos
3 av 5 dålig värmekomfort vinterhalvår
2 av 5 känner grannens matos
1 av 5 kalla golv

Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

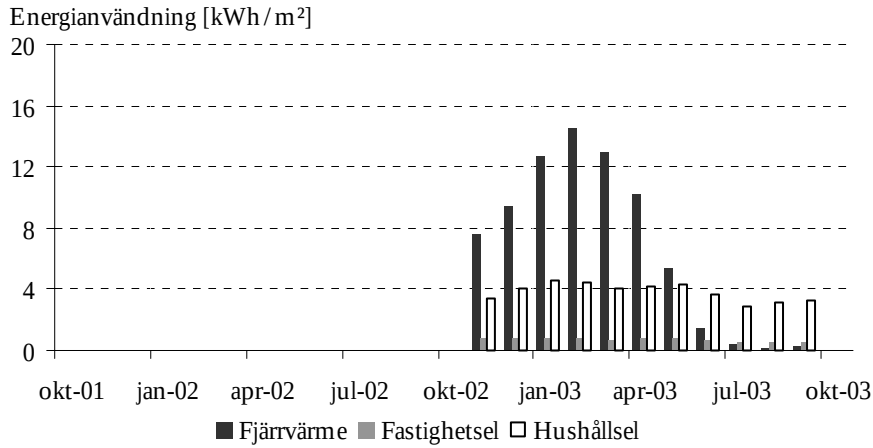
Övrigt

Nästan varje lägenhet har jacuzzi vilket kan vara en bidragande orsak till hög varmvattenanvändning. Golvvärmesystemet är underdimensionerat. Det är parkettgolv i lägenheterna vilket gjort att framledningstemperaturen kunnat högas utan att yttemperaturen på golven blivit för hög. Timvärden över innetemperatur i varje lägenhet finns tillgängliga i Energidialog™, se figur 4:8.



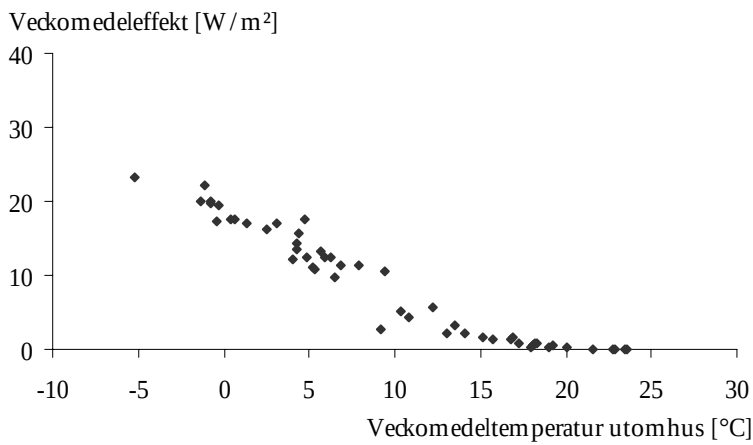
Figur 4:8 Innetemperaturer för lägenheter i flerbostadshuset för Kajpromenaden. Månadsmedelvärdena är hämtade från Energidialog™.

4.4 FRIHETEN



Figur 4:9 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Friheten.

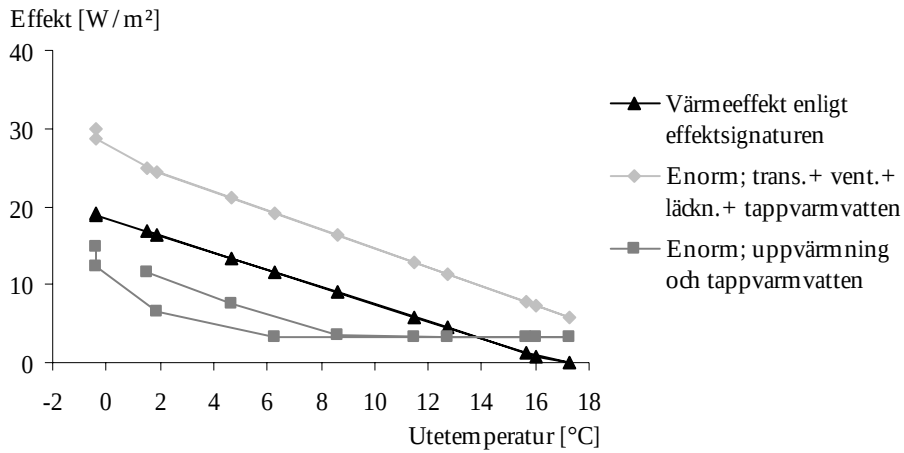
Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Friheten blir hushållselen 45 kWh/(m²· år) och fastighetselen 8 kWh/(m²· år).



Figur 4:10 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Friheten, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

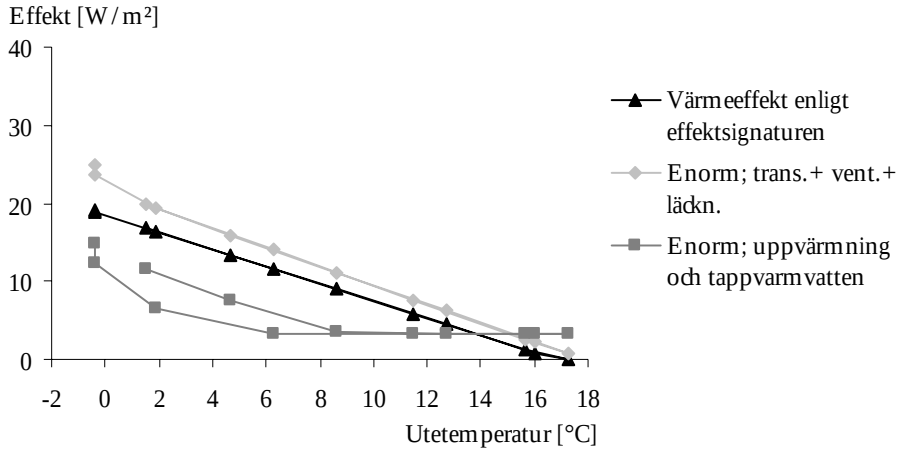
Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och ganska samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

y_1=-1,1x+18,6 y_2=0,08 W/m² T_{balans}=16,6 °C R^2=0,93

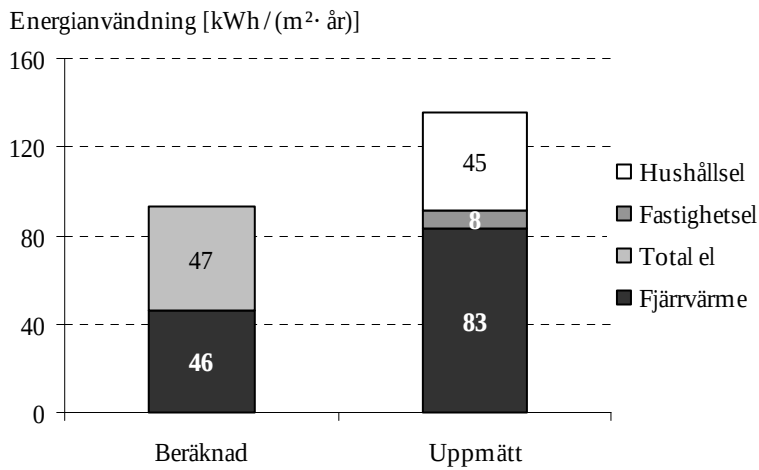


Figur 4:11 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

I figur 4:11 ligger värmeeffekt enligt effektsignaturen parallellt med beräknade förluster. I Enormberäkningen har man dock inte simulerat att varje lägenhet har ett aggregat för värmeåtervinning som producerar varmvatten. Man har lagt angett en värmepump som ger värme till varmvatten och ett FTX-system för hela byggnaden. Om man tar bort varmvatten från förlustkurvan, figur 4:12, ligger kurvorna närmare varandra vilket kan tyda på att indata till förlusterna kan stämma överens. Innetemperaturen är dock satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt. Möjligen kan tillskottsvärmen utnyttjas mer effektivt när varje lägenhet har ett eget aggregat för återvinning.



Figur 4:12 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning utan tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.



Figur 4:13 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.

Beräknad	92 kWh/(m²· år)	51 % el	49 % värme
Uppmätt	136 kWh/(m²· år)	39 % el	61 % värme

De boende producerar sitt eget varmvatten genom klimatanläggningen VP18.

Resultat från enkäten

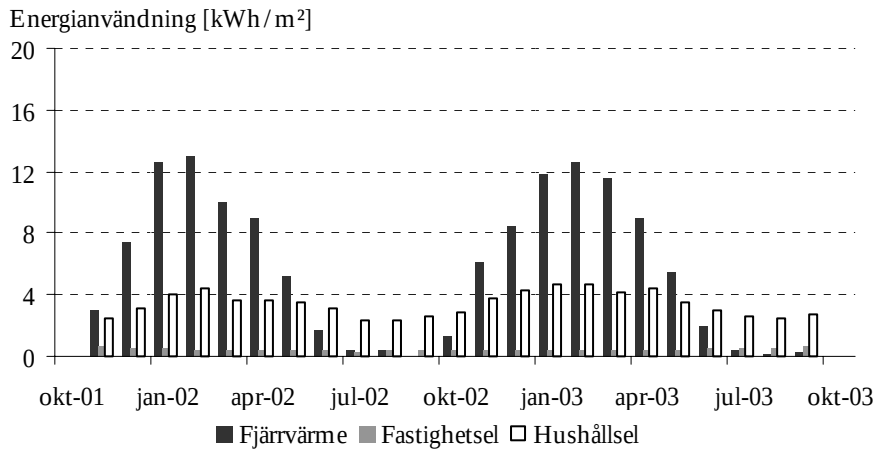
Svarsprocent: 75 % = 6 av 8 st. För få för att kunna göra statistisk analys.

2 av 6 upplever kalla golv och drag
1 av 6 kallt i lägenheter vintertid
0 av 6 ojämn temperatu
0 av 6 dåliga möjligheter att reglera värmen
0 av 6 dålig värmekomfort vinterhalvår

Luftkvaliteten upplevs som god.

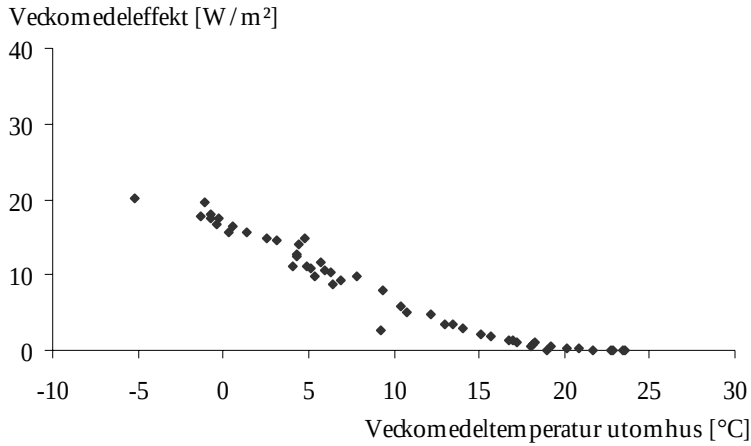
Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

4.5 SUNDSBLICK



Figur 4:14 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Sundsblick.

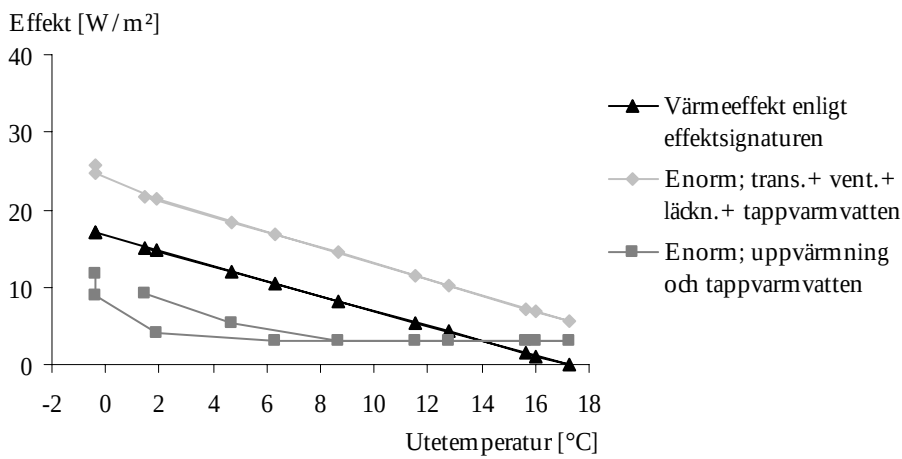
Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Sundsblick blir hushållselen 43 kWh/(m²· år) och fastighetselen 6 kWh/(m²· år).



Figur 4:15 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Sundsblick, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

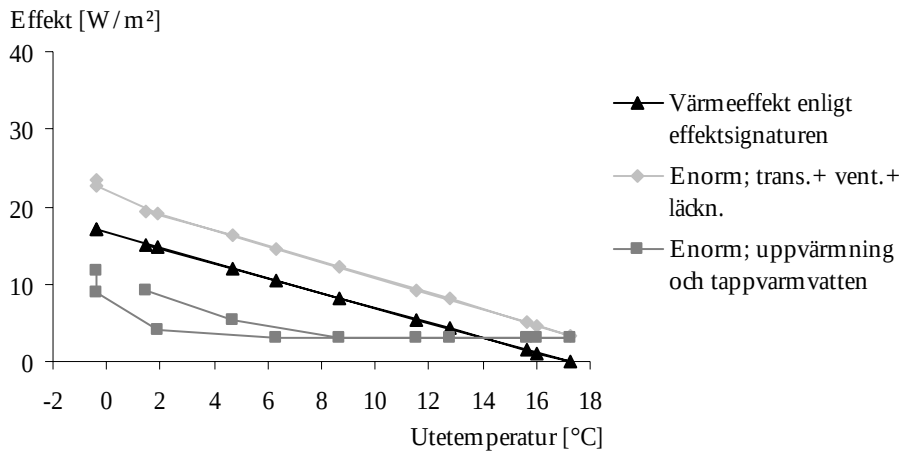
y_1=-1,0x+16,7 y_2=0,08 W/m² T_{balans}=17,0 °C R^2=0,95



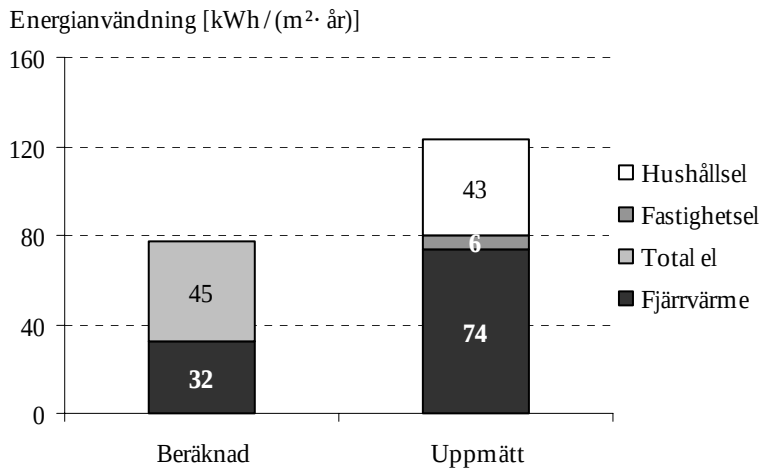
Figur 4:16 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och

plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

I figur 4:16 ligger värmeeffekt enligt effektsignaturen parallellt med beräknade förluster. Liksom för Friheten har man i Enormberäkningen inte simulerat att varje lägenhet har ett aggregat för värmeåtervinning som producerar varmvatten. Man har lagt angett en värmepump som ger värme till varmvatten och ett FTX-system för hela byggnaden. Om man tar bort varmvatten från förlustkurvan, figur 4:17, ligger kurvorna närmare varandra vilket kan tyda på att indata till förlusterna kan stämma överens. Innetemperaturen är satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt. Möjligen kan tillskottsvärmen utnyttjas mer effektivt när varje lägenhet har ett eget aggregat för återvinning. Skillnaden upp till förlustkurvan är här större än i Friheten. Vad det kan bero på går inte att säga, närmare undersökningar måste göras.



Figur 4:17 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning utan tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.



Figur 4:18 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.

Beräknad	77 kWh/(m²· år)	56 % el	44 % värme
Uppmätt	123 kWh/(m²· år)	40 % el	60 % värme

De boende producerar sitt eget varmvatten genom klimatanläggningen VP18.

Resultat från enkäten

Svarsprocent: 86 % = 6 av 7 st. För få för att kunna göra statistisk analys.

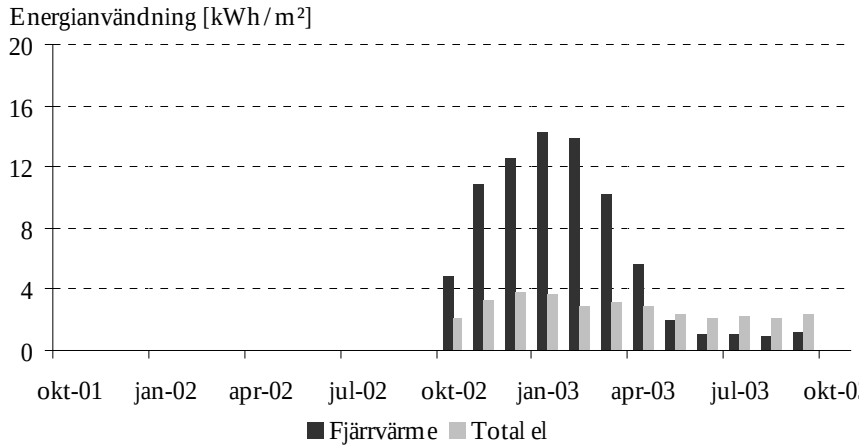
5 av 6 upplever drag
2 av 6 kalla golv
1 av 6 dålig värmekomfort vinterhalvår
1 av 6 kallt i lägenhet vintertid
1 av 6 ojämn temperatur
1 av 6 dåliga möjligheter att reglera värmen
1 av 6 eget matos
1 av 6 kondens

En boende besvärades av irriterad näsa och relaterade det till bostaden.

Övrigt

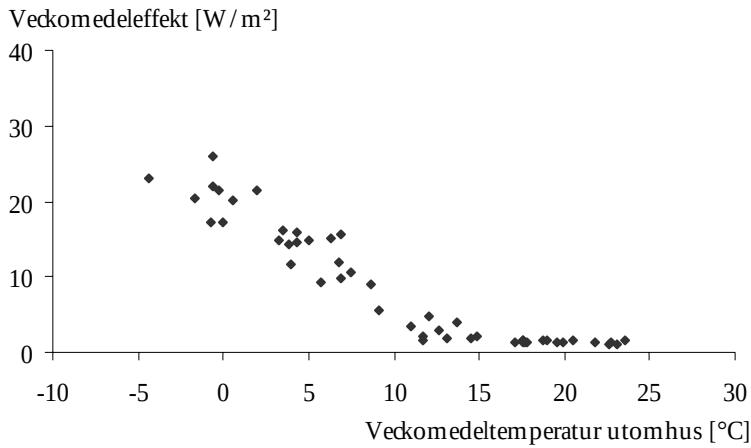
De boende sägs vara nöjda med VP18 efter att aggregaten blivit injusterade.

4.6 HAVSHUSET



Figur 4:19 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, total el för Havshuset.

För Havshuset finns endast data över total el. Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 12/10 2002 till 12/10 2003. För Havshuset blir den 33 kWh/(m²· år).

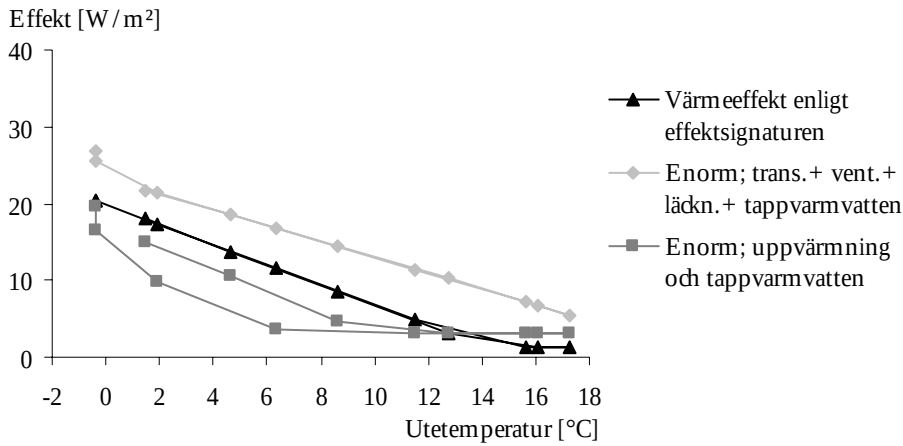


Figur 4:20 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Havshuset, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och något utspridd vid lika utetemperaturer, vilket värde på resudialvariansen anger. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

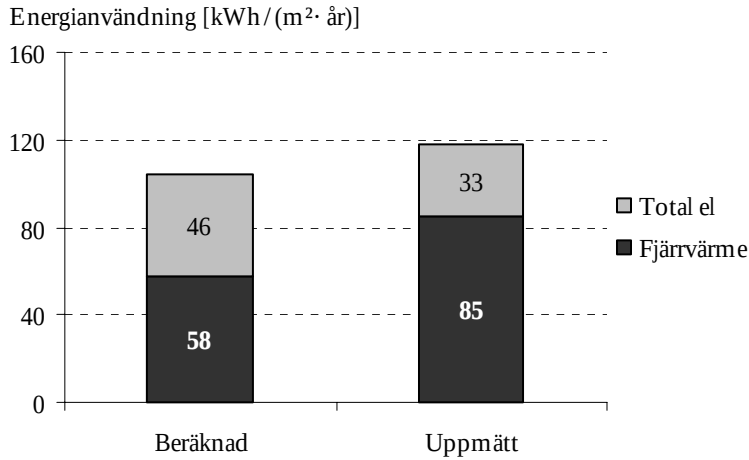
y_1=-1,3x+19,9 y_2=1,3 W/m² T_{balans}=14,2 °C R^2=0,90

Värde för 3 veckor är borttagna för att data saknas i dessa veckor.



Figur 4:21 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger under förlustkurvan till stor del på grund av värmeåtervinning. Innetemperaturen är inte 20 °C enligt energiberäkningen utan snarare 22-23 °C, se figur 4:56, vilket gör att kurvan för uppmätt värmeeffekt hamnar närmare förlustkurvan. Lutningen på skiljer sig något vilket kan bero på en annan luftomsättning, köldbryggor är inte medräknade, samt annan värmeåtervinning än man räknat med.



Figur 4:22 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.

Beräknad	104 kWh/(m²· år)	44 % el	56 % värme
Uppmätt	118 kWh/(m²· år)	28 % el	72 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 38 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 12 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

Svarsprocent: 100 % = 10 av 10 st.

9 av 10 för kallt i lägenheten vintertid
8 av 10 dålig värmekomfort vinterhalvåret
8 av 10 drag
7 av 10 egen matos
6 av 10 ojämn temperatur och kalla golv
3 av 10 torr luft

En person upplevde besvär av irriterad hals och näsa som relaterades till bostaden.

Alla svarande är mellan 35 och 65 år. 60 % är kvinnor. Ett hushåll har barn och ett av hushållen består av en person.

Värme/temperatur: Värmekomforten i huset upplevs som dålig i åtta av de tio lägenheterna. I alla lägenheter utom en tycker man att det varit för kallt i något

rum under vintern, vilket var vanligast i köken, men också i vardagsrummen. I åtta av lägenheterna besväras man av drag. Det är främst i köken och vardagsrummen som drag upplevs. I sex lägenheter tycker man att golven är kalla. I lika många lägenheter besväras man av ojämn temperatur, dvs innetemperaturen varierar beroende på temperaturförändringar utomhus. I varannan lägenhet anser man att möjligheterna att reglera värmen är dålig eller obefintlig.

De redovisade besvärsnivåerna är alla högre än referensen och skillnaden är signifikant för värmekomforten, temperatur vintertid och ojämn temperatur. De övriga skillnaderna är inte signifikanta. För alla aspekter av värmekomforten överstiger andelarna besvärade WHO's rekommendationer om att högst 20 % av de boende ska uppleva besvär.

Ventilation/luftkvalitet: Luftkvaliteten i huset bedöms av de flesta som bra, endast två lägenhetsrepresentanter är missnöjda med luftkvaliteten i sin bostad. Det finns dock ett visst missnöje med ventilationen, i sju lägenheter klarar man över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning. Matos från grannarna noteras däremot inte alls. I tre lägenheter besväras man av torr luft. Ingen besväras av lukter, fukt eller kondens.

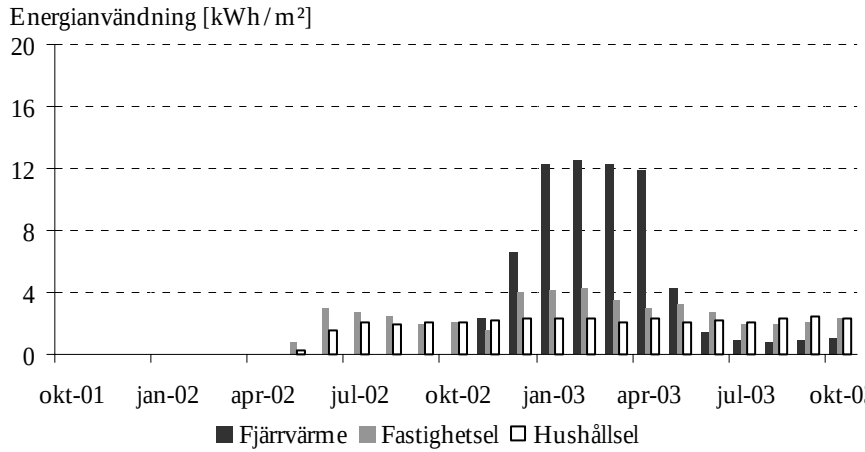
Besvärsnivån är signifikant högre än referensen för det egna matoset. Andelen besvärade överstigen WHO's rekommendationer för eget matos och torr luft.

Ljud/ljus: Ljud- och ljusförhållandena upplevs som bra i bostäderna. Besvärsnivåerna är lägre än referensen.

Övrigt

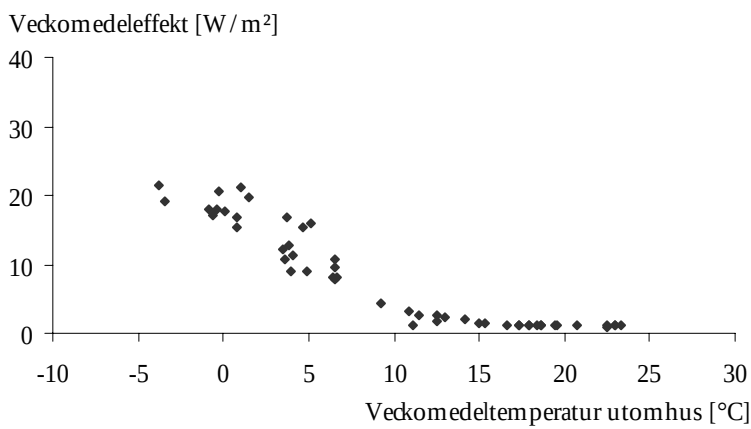
Fel på temperaturgivare till värmeväxlaren, fixat i början på 2003. Reglerutrustningen till frånluftsfläkten kopplades inte in förrän 2003. De boende har varit besvikna på inneklimat och en högre energianvändning än beräknat. Byggherren jobbar med att utreda orsakerna. Denna fastighet har dock den lägsta uppmätta, normalårskorrigerade energianvändningen bland de undersökta fastigheterna.

4.7 KAJPLATS 01



Figur 4:23 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Kajplats 01.

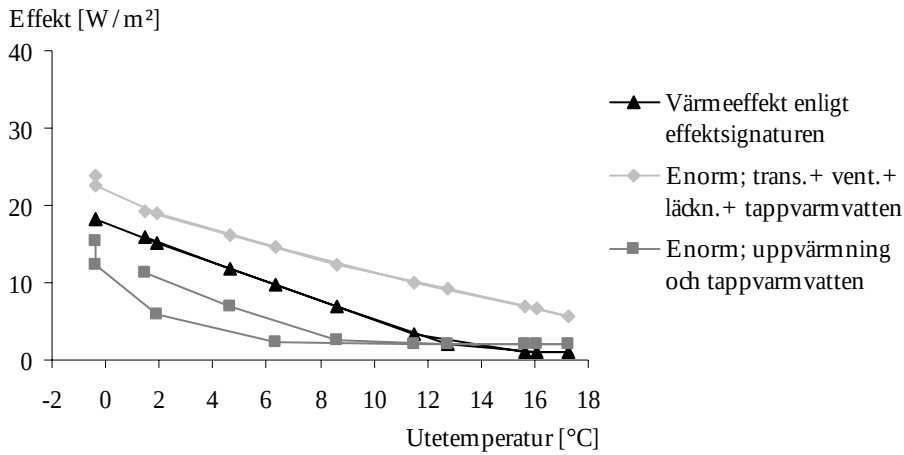
Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Kajplats 01 blir hushållselen 26 kWh/(m²· år) och fastighetselen 35 kWh/(m²· år).



Figur 4:24 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Kajplats 01, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

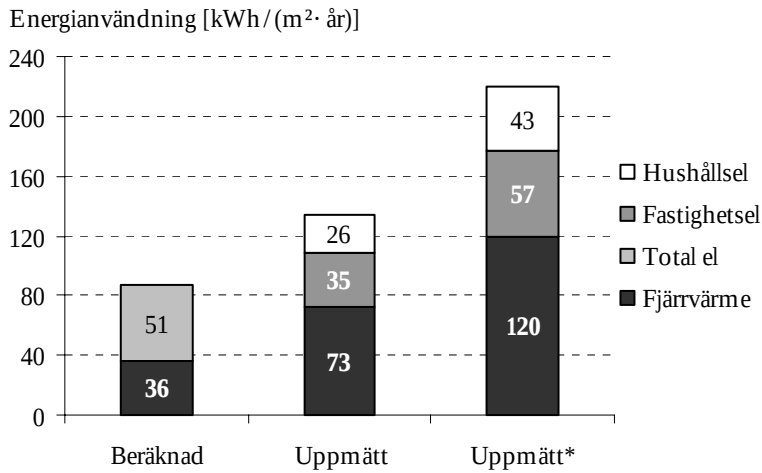
Den uppmätta värmeeffekten är relativt jämnt fördelad men inte speciellt samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger lägre värde på resudialvariansen. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

y_1=-1,3x+17,6 y_2=1,1 W/m² T_{balans}=13,2 °C R^2=0,88



Figur 4:25 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger under förlustkurvan till stor del på grund av värmeåtervinning. Lutningen på värmeeffekt skiljer sig något vilket kan bero på en annan luftomsättning och värmeåtervinning än man räknat med. Innetemperaturen är satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt. Köldbryggor är angivna i beräkningen, men har inte kontrollerats närmare för att se om det stämmer enligt ritningar.



Figur 4:26 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Sista stapeln, Uppmätt, visar hur stor energianvändningen bli när garagets area inte är medräknad. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.*

Beräknad	87 kWh/(m²· år)	59 % el	41 % värme
Uppmätt	134 kWh/(m²· år)	46 % el	54 % värme
Uppmätt*	220 kWh/(m²· år)	45 % el	55 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 19 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 9,5 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

Svarsprocent: 58 % = 7 av 12 st. För få för att kunna göra statistisk analys.

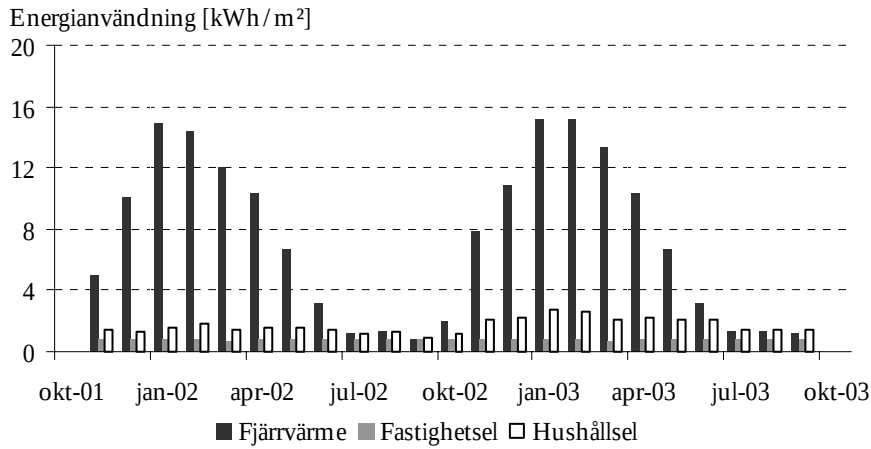
7 av 7 drag
6 av 7 dåliga möjligheter att påverka värmen
5 av 7 kalla golv
4 av 7 ojämn temperatur
4 av 7 dålig värmekomfort vinter
3 av 7 känner egen matos
2 av 7 lukter

Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

Övrigt

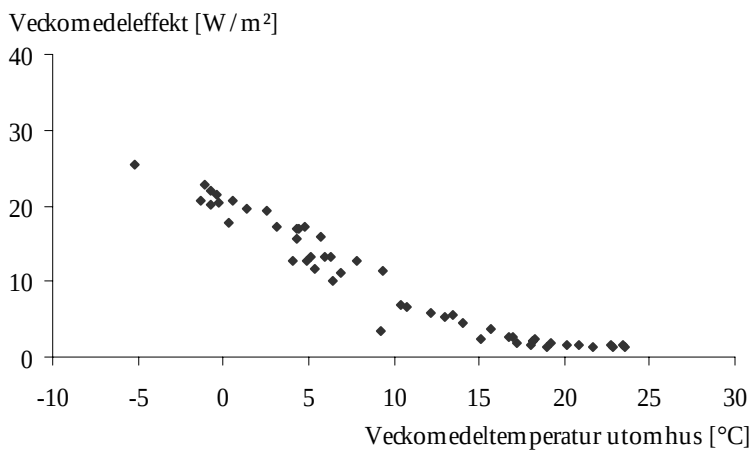
Denna fastighet har haft problem med att få tillräckligt varmt i vintras, speciellt i översta rummet som har tre glasväggar. En del renovering har förekommit på grund av problem kring takisolering och grundläggning.

4.8 VITRUVIUS



Figur 4:27 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Vitruvius.

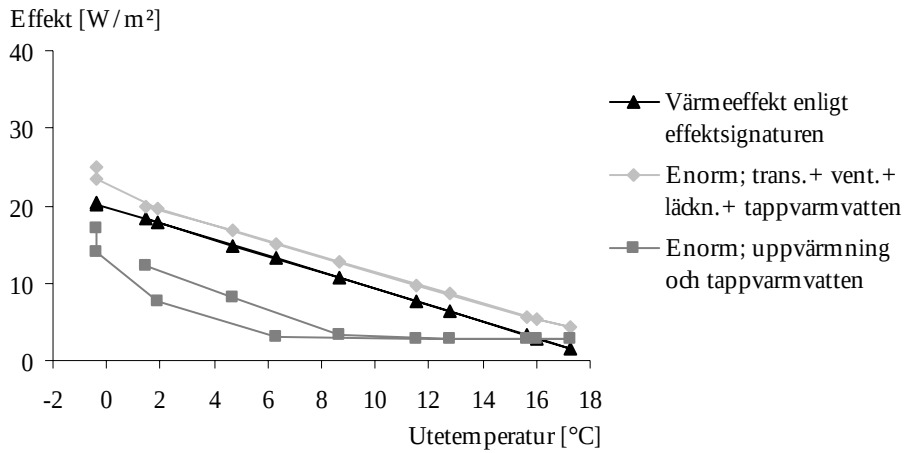
Uppmätt elanvändning finns endast för hushållsel. Hushållselen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003 och blir 24 kWh/(m²· år). Anläggningen för Vitruvius har en beräknad fastighetselanvändning på 26 250 kWh per år enligt mailkontakt med Thomas Pehrsson på Sydkraft Nät AB. Data över använd fastighetsel har först lagrats efter 27/10 2003. Dygnsvärdena ligger kring 50 kWh, den beräknade på 72 kWh. Än finns det för få värden för att extrapolera med säkerhet, varför hushållselen sätt som beräknat värde till 9 kWh/(m²· år).



Figur 4:28 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Vitruvius, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

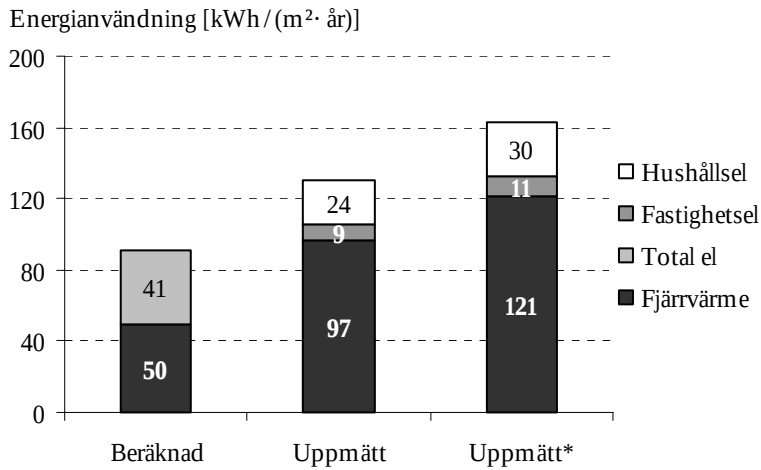
Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och ganska samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

y_1=-1,6x+19,8 y_2=1,5 W/m² T_{balans}=17,2 °C R^2=0,94



Figur 4:29 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger under förlustkurvan vilket kan bero på att fastigheten utnyttjar tillskottsvärme. Kurvorna är parallella vilket kan tyda på att indata stämmer med utfallet. Eftersom innetemperaturen är högre än 20 °C, se kapitel 4.14.1, ligger kurvan för uppmätt värmeeffekt högre än om det varit 20 °C. Detta kan tyda på att tillgodogörandet av tillskottsvärme är större än vad som syns i figuren.



Figur 4:30 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Sista stapeln, Uppmätt, visar hur stor energianvändningen bli när garagets area inte är medräknad. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.*

Beräknad	91 kWh/(m²· år)	45 % el	55 % värme
Uppmätt	130 kWh/(m²· år)	25 % el	75 % värme
Uppmätt*	162 kWh/(m²· år)	25 % el	75 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 25 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 13 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

Svarsprocent: 85 % = 11 av 13 st.

8 av 11 drag
5 av 11 känner egen matos
4 av 11 kallt i lägenheten vintertid
2 av 11 ojämn temperatur
2 av 11 kalla golv
1 av 11 dåliga möjligheter att påverka värmen
1 av 11 dålig värmekomfort vinter

Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

Medelåldern bland de svarande är hög, 90 % är 55+ varav 36 % är äldre än 64 år. 73 % är män. Inget av hushållen har barn och en dryg tredjedel av hushållen består av en person.

Värme/temperatur: Värmekomforten i huset upplevs som god. 9 % av de svarande tycker dock att den är dålig vintertid, vilket är lägre än referensen, men inte signifikant lägre. Det är ändå många svarande som upplever problem med värmen. I nästan två tredjedelar av lägenheterna besväras man av drag. Det är främst i köken som drag upplevs. I drygt en tredjedel av lägenheterna tycker man att det varit för kallt i något rum under vintern, vilket också var vanligast i köken. I var femte lägenhet tycker man att golven är kalla. Likaså i var femte lägenhet anser man att det inte finns några möjligheter att reglera värmen. I endast en lägenhet besväras man av ojämn temperatur, dvs att innetemperaturen varierar beroende på temperaturförändringar utomhus.

De redovisade besvärsnivåerna är högre än referensen för drag och ojämn temperatur och lägre för övriga faktorer med skillnaderna är inte signifikanta. Andelarna svarande som besväras av drag eller att det är för kallt vintertid i något rum överstiger WHO's rekommendationer om att högst 20 % av de boende ska uppleva besvär.

Ventilation/luftkvalitet: Även luftkvaliteten i huset bedöms som bra, en svarande är dock missnöjd med luftkvaliteten i sin bostad, vilken är lika som referensen. Det finns ändå ett visst missnöje med ventilationen, knappt hälften av de svarande klagar över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning. Matos från grannarna noteras däremot bara i var femte lägenhet. Besvärande lukter likaså i var femte lägenhet. Ingen av de svarande besvärades av torr luft, fukt eller kondens.

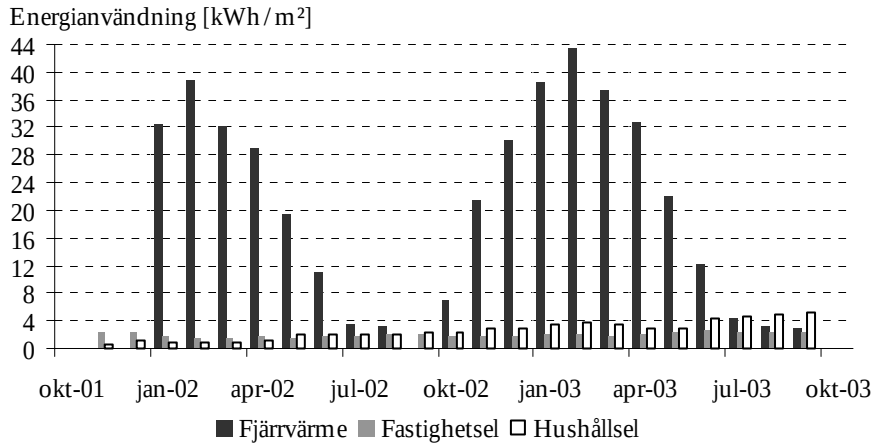
Besvärsnivåerna för matos är högre än referensen, men inte signifikant högre. Andelen som besväras av det egna matoset överstiger WHO's rekommendation.

Ljud/ljus: ljud- och ljusförhållandena upplevs som bra i detta hus. Andelen svarande som tycker att bostaden är ljudfylld är lika som referensen medan ingen anser att den är för mörk.

Övrigt

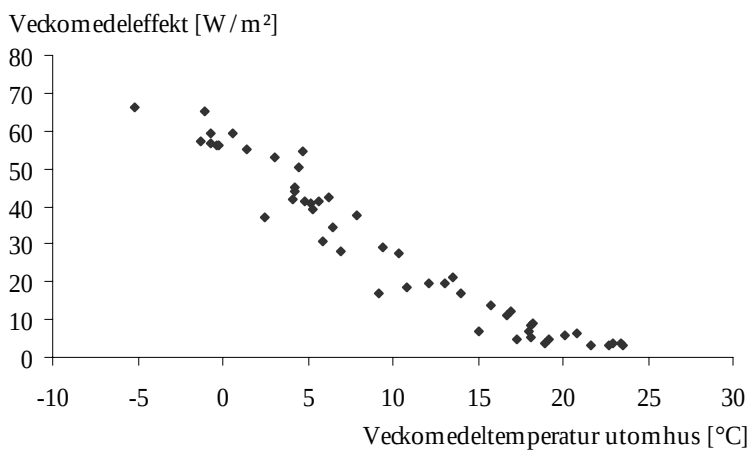
Enligt byggherren så vill de boende har varmare än normalt, men sägs också vara villiga att betala för det. Först var det problem med att avluften som drogs ner i källaren innehöll matos. Detta har åtgärdats genom att skilja bort avluft från köksfläktarna.

4.9 TEGELBORGEN



Figur 4:31 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Tegelborgen.

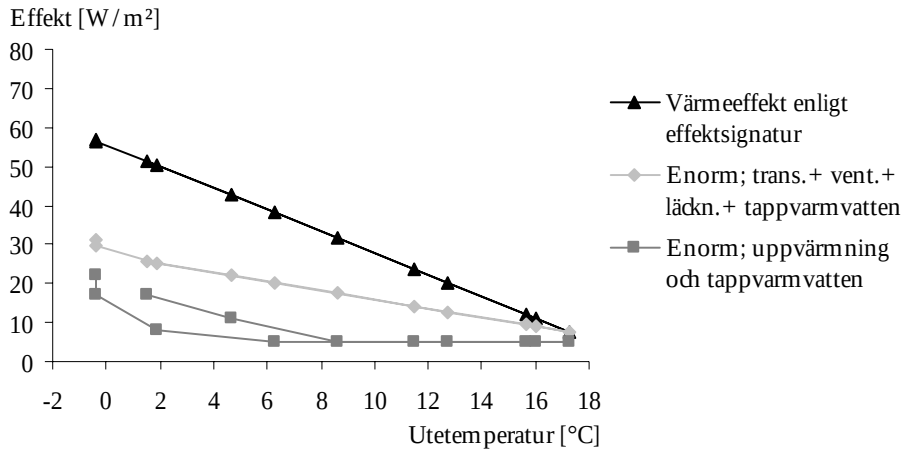
Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Tegelborgen blir hushållselen 46 kWh/(m²· år) och fastighetselen 25 kWh/(m²· år). El till restaurang är inte inkluderad här.



Figur 4:32 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Tegelborgen, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

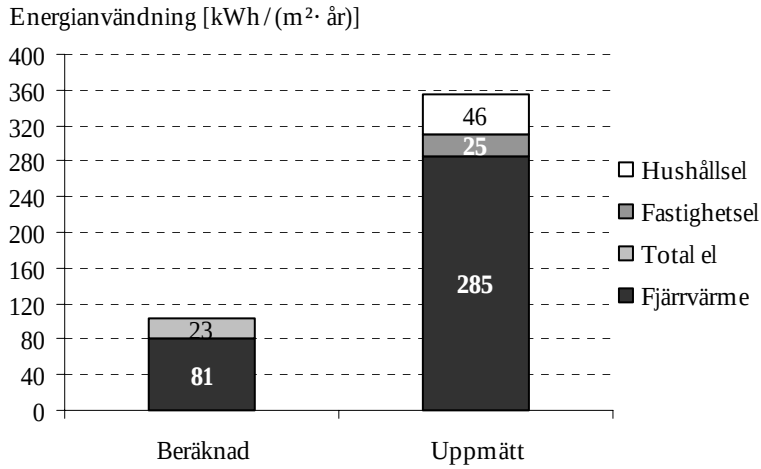
Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och ganska samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Observera att skalan på y-axeln är större än för övriga fastigheter. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

y_1=-2,8x+55,49 y_2=4,1 W/m² T_{balans}=18,8 °C R^2=0,93



Figur 4:33 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger klart över beräknade förluster. Mycket tyder på att det finns allvarliga systemfel i denna fastighet. Lutningen på uppmätt värmeeffekt skiljer sig också väsentligt vilket kan bero på en annan luftomsättning och att köldbryggor inte är medräknade. Innetemperaturen är satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt.



Figur 4:34 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.

Beräknad	104 kWh/(m²· år)	22 % el	78 % värme
Uppmätt	356 kWh/(m²· år)	20 % el	80 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 43 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 36 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

Svarsprocent: 85 % = 10 av 13 st.

5 av 10 drag
3 av 10 dålig värmekomfort vinterhalvår
3 av 10 kallt i lägenhet vintertid
3 av 10 kalla golv
1 av 10 känner egen matos

Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

Åldersfördelningen bland de svarande är ganska jämn. Hälften är under 45 år och hälften är mellan 45 och 64 år, ingen är äldre än 64 år. Hälften är kvinnor. 20 % av hushållen har barn och 60 % av hushållen består av en person.

Värme/temperatur: Värmekomforten i huset upplevs som god. 20 % av de svarande tycker dock att den är dålig vintertid, vilket är lika som referensen. Det

är ändå många svarande som upplever problem med värmen. I hälften av lägenheterna besväras man av drag. Det är främst i vardagsrummen och sovrummen som drag upplevs. I tre av de tio lägenheterna tycker man att det varit för kallt i något rum under vintern, vilket var vanligast i badrummen. I lika många lägenheter tycker man att golven är kalla. I tre av de tio lägenheterna besväras man av ojämn temperatur, dvs innetemperaturen varierar beroende på temperaturförändringar utomhus. I två av de tio lägenheterna anser man att det inte finns några möjligheter att reglera värmen.

De redovisade besvärsnivåerna är alla lägre än referensen utom för ojämn temperatur, men skillnaden är inte signifikant. Andelarna svarande som besväras av drag, för kallt i något rum vintertid, ojämn temperatur och kalla golv överstiger WHO's rekommendationer om att högst 20 % av de boende ska uppleva besvär.

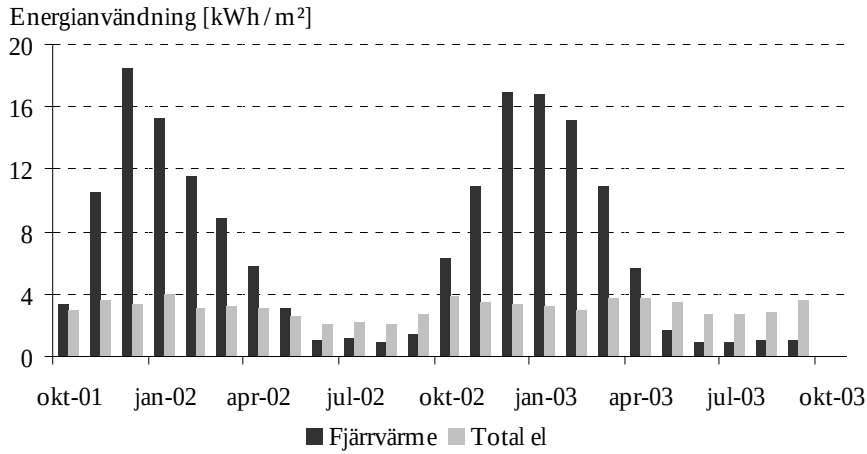
Ventilation/luftkvalitet: Även luftkvaliteten i huset bedöms som bra, ingen av de svarande är missnöjd med luftkvaliteten i sin bostad. Det är bara enstaka svarande som upplever problem med luften i sin lägenhet. En klagar över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning och två svarande besväras av torr luft.

Ljud/ljus: Ljud- och ljusförhållandena upplevs som bra i bostäderna.

Övrigt

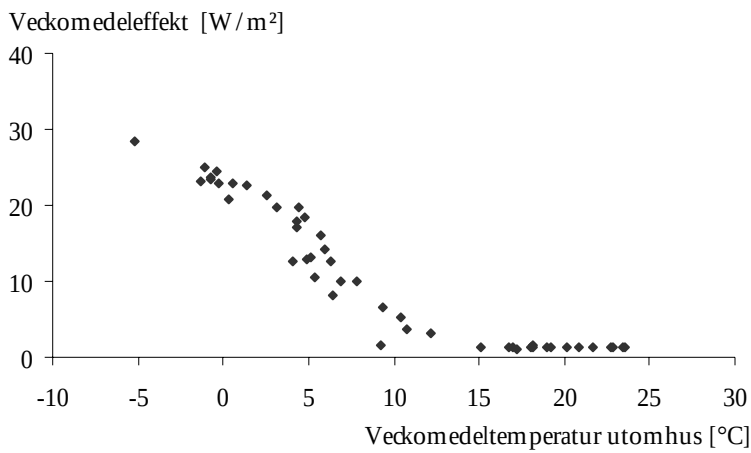
Denna fastighet har väldigt hög värmeanvändning. Tydligen sitter temperaturgivaren till värmesystemet vid tilluftsdonet. Det gör att ju kallare utetemperatur desto mer värme shuntas in i värmesystemet. De boende torde ha svårt för att sänka värmetillförseln eftersom systemet tror att det är samma innetemperatur som uteluftens. Detta fel planeras åtgärdas varpå temperaturgivarna ska placeras på en innervägg istället. Reglersystemet till värme/kyla som de boende själva ska sköta görs via en display. Hushållselen är hög i några lägenheter eftersom det stått torkaggregat igång på grund av fuktskador.

4.10 ENTRÉHUSET



Figur 4:35 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme och total el för Entréhuset.

För Entréhuset finns endast data över total el. Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Entréhuset blir den 37 kWh/(m²· år).

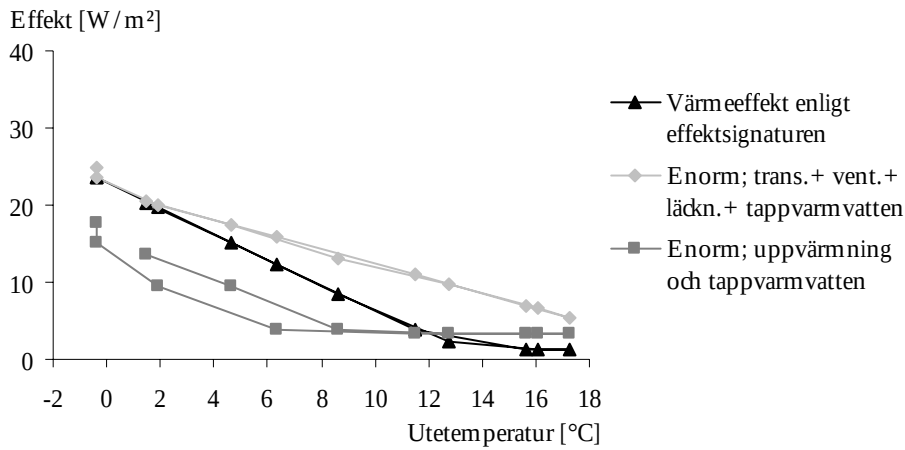


Figur 4:36 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Entréhuset, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

Den uppmätta värmeeffekten är ganska jämnt fördelad med inte lika samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger något lägre värde på resudialvariansen. Punkterna ser ut att börja av vid lägre temperaturer. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

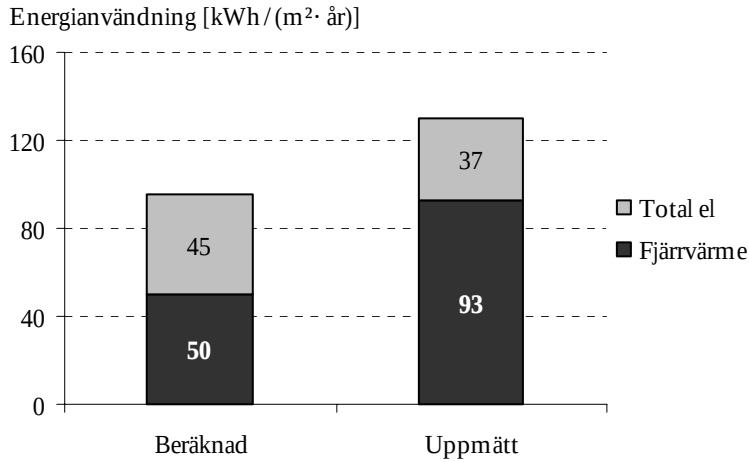
y_1=-1,7x+22,8 y_2=1,3 W/m² T_{balans}=12,7 °C R^2=0,90

Värde för 5 veckor är borttagna för att data saknas i dessa veckor.



Figur 4:37 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger övervägande under förlustkurvan till stor del på grund av värmeåtervinning. Lutningen på uppmätt värmeeffekt skiljer sig betydligt vilket kan bero på en annan luftomsättning, köldbryggor inte är medräknade, samt annan värmeåtervinning än man räknat med.
Innetemperaturen är satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt.



Figur 4:38 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.

Beräknad	95 kWh/(m²· år)	47 % el	52 % värme
Uppmätt	130 kWh/(m²· år)	28 % el	72 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 28 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 11 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

86 % = 19 av 22 st.

7 av 19 drag
4 av 19 känner egen matos
4 av 19 dålig värmekomfort vinter, för kallt vintertid, kalla golv
2 boende anser sig har irriterad hals och relaterar det till bostaden
1 av 19 dåliga möjligheter att reglera värmen i lägenheten

2 boende anser sig ha irriterad hals och relaterar det till bostaden.

Åldersfördelningen bland de svarande är ganska jämn, alla åldrar mellan 25 år och 64 år är representerade. 58 % är kvinnor. 16 % av hushållen har barn och 16 % av hushållen består av en person.

Värme/temperatur: Värmekomforten i husen upplevs som god. 21 % av de svarande tycker att den är dålig vintertid, vilket är lika som referensen. Det är ändå några svarande som upplever problem med värmen. I drygt en tredjedel av

lägenheterna besväras man av drag. Det är främst i vardagsrummen som drag upplevs. I var femte lägenhet tycker man att det varit för kallt i något rum under vintern, vilket var vanligast i badrummen. Likaså i var femte lägenhet tycker man att golven är kalla. I endast två lägenheter anser man att möjligheterna att reglera värmen är dåliga eller obefintliga och i en lägenhet besväras man av ojämn temperatur, dvs innetemperaturen varierar oberoende på temperaturförändringar utomhus.

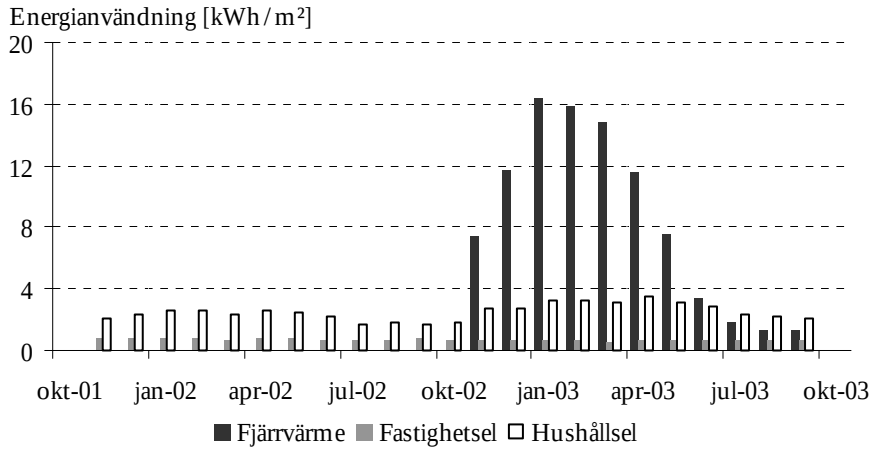
De redovisade besvärsnivåerna är alla lägre än referensen men skillnaderna är inte signifikanta. Andelarna svarande som besväras av drag överstiger WHO's rekommendationer om att högst 20 % av de boende ska uppleva besvär.

Ventilation/luftkvalitet: Även luftkvaliteten i husen bedöms som bra, ingen av de svarande är missnöjd med luftkvaliteten i sin bostad. Det är få svarande som upplever problem med inomhusluften. I var femte lägenhet klarar man över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning. Matos från grannarna noteras däremot inte alls. Besvärande lukter noteras i en lägenhet och torr luft i två. I en lägenhet uppges besvär med fukt i lägenheten.

Besvärsnivåerna är signifikant lägre än referensen för alla besvär utom grannars matos. Andelen besvärade överstiger inte WHO's rekommendation.

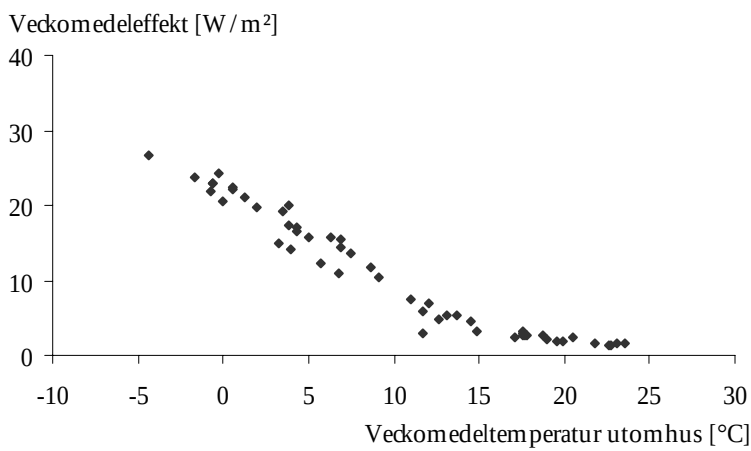
Ljud/ljus: Ljud- och ljusförhållandena upplevs som bra i bostäderna. Besvärsnivåerna är lägre än referensen, men inte signifikant lägre.

4.11 HAVSLUNDEN



Figur 4:39 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Havslunden.

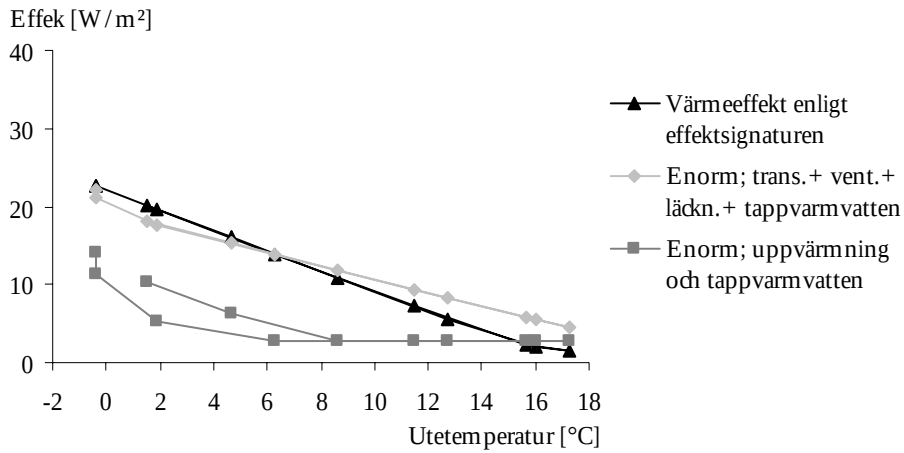
Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Havslunden blir hushållselen 34 kWh/(m²· år) och fastighetselen 10 kWh/(m²· år).



Figur 4:40 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Havslunden, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

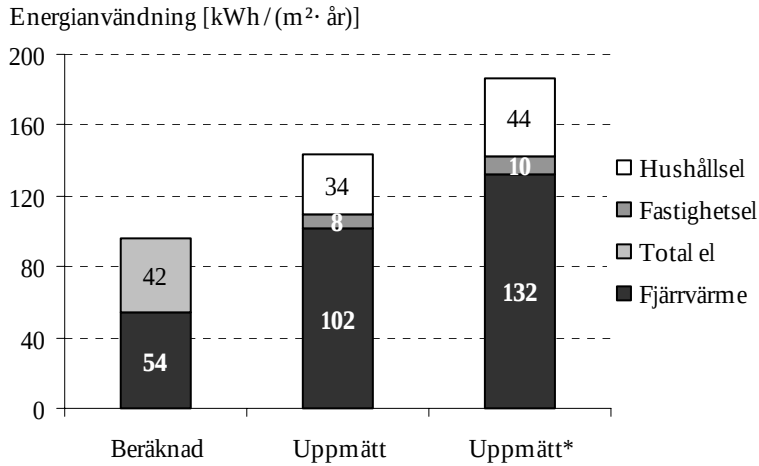
Den uppmätta värmeeffekten är jämnt fördelad och samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

y_1=-1,3x+22,1 y_2=1,6 W/m² T_{balans}=15,8 °C R^2=0,95



Figur 4:41 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger nästan jämnt med förlustkurvan. Lutningen på skiljer sig något vilket kan bero på en annan luftomsättning och att köldbryggor inte är medräknade. Innetemperaturen är satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt.



Figur 4:42 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Sista stapeln, Uppmätt, visar hur stor energianvändningen bli när garagets area inte är medräknad. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.*

Beräknad	96 kWh/(m²· år)	47 % el	52 % värme
Uppmätt	143 kWh/(m²· år)	29 % el	71 % värme
Uppmätt*	186 kWh/(m²· år)	29 % el	71 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 24 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 14 kWh/(m²· år).

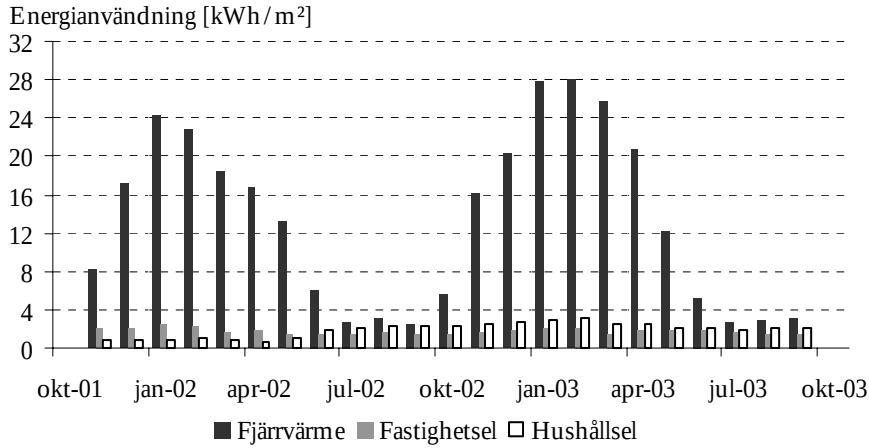
Resultat från enkäten

Svarsprocent: 58 % = 7 av 12 st.

4 av 7 drag
2 av 7 egen matos
1 av 7 kallt i lägenhet vintertid
1 av 7 dåliga möjligheter att påverka värmen
1 av 7 torr luft
1 av 7 för mycket ljud i bostaden
0 av 7 kalla golv

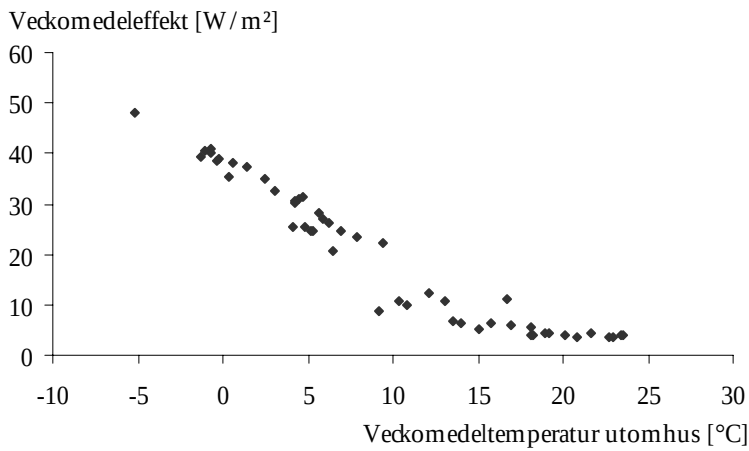
Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

4.12 TANGO



Figur 4:43 Månadsvärden på uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel för Tango.

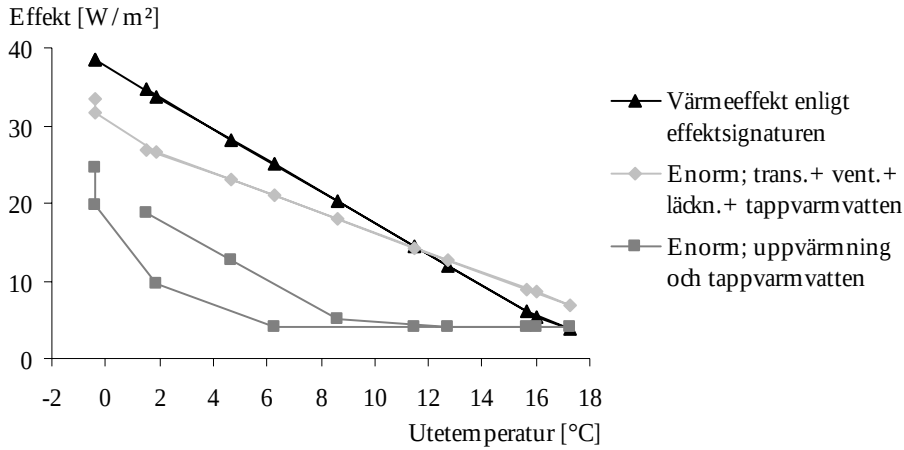
Elanvändningen väljs som ett genomsnitt över det gångna året, 1/10 2002 till 1/10 2003. För Tango blir hushållselen 29 kWh/(m²· år) och fastighetselen 22 kWh/(m²· år).



Figur 4:44 Effektsignatur på veckovärden över uppmätt värmeeffekt för Tango, plottad mot motsvarande uppmätt utetemperatur på Bo01-området.

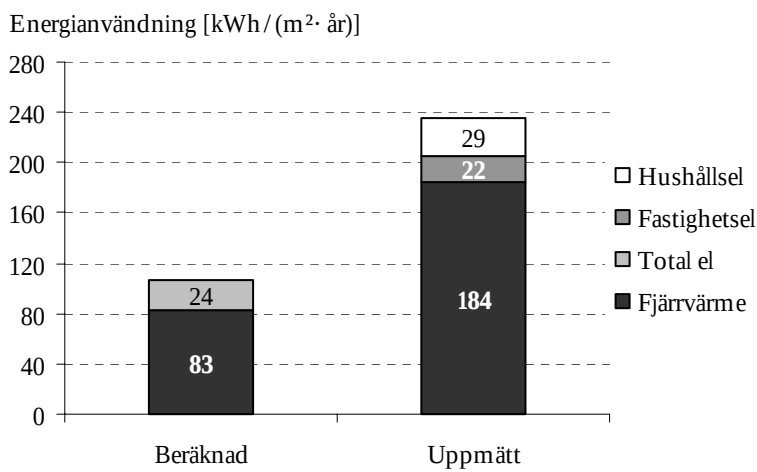
Den uppmätta värmeeffekten är relativt jämnt fördelad och samlad vid lika utetemperaturer, vilket ger högt värde på resudialvariansen. Observera att skalan på y-axeln är något större än för övriga fastigheter. Ekvationen för linjen y_1, varmvatten y_2, brytpunkten T_{balans} samt resudialvariansen R^2 blir:

y_1=-2,0x+37,6 y_2=3,8 W/m² T_{balans}=16,8 °C R^2=0,94



Figur 4:45 Med Enorm beräknade månadsvärden på energibehov, beräknas värmeeffekt till uppvärmning och varmvatten samt förluster (transmission, ventilation, läckning och tappvarmvatten) och plottas här mot Enorms utetemperatur. Värmeeffekt enligt effektsignaturen beräknas med Enorms ekvation för utetemperatur per dygn och läggs därefter in som månadsmedeleffekt i diagrammet.

Värmeeffekt enligt effektsignaturen ligger mestadels över förlustkurvan. Lutningen på uppmätt värmeeffekt är större vilket kan bero på en annan luftomsättning och att köldbryggor inte är medräknade. Innetemperaturen är satt till 20 °C, vilket brukar vara för lågt.



Figur 4:46 Beräknad och Uppmätt, normalårskorrigerad energianvändning redovisas. Värdena i staplarna förtydligar storleken på respektive energisort.

Beräknad	107 kWh/(m²· år)	22 % el	78 % värme
Uppmätt	235 kWh/(m²· år)	22 % el	78 % värme

Varmvattenanvändningen beräknades till 35 kWh/(m²· år) och är uppmätt till 34 kWh/(m²· år).

Resultat från enkäten

Svarsprocent: 80 % = 8 av 10 st.

8 av 8 drag
6 av 8 kalla golv
5 av 8 kallt i lägenhet vintertid
4 av 8 dålig värmekomfort om vintern
3 av 8 ojämn temperatur och svårt att påverka värmen

Ingen upplevde hälsobesvär relaterade till bostaden.

Sex av de åtta svarande är mellan 35 och 55 år och två är äldre än 54 år. Fem är män och tre kvinnor. Två hushåll har barn och två av hushållen består av en person.

Värme/temperatur: Värmekomforten i huset upplevs som dålig i fyra av de åtta lägenheterna som besvarat enkäten. I alla åtta lägenheterna besväras man av drag. Det är främst i vardagsrummen, i alla lägenheterna, som drag upplevs. I sex av lägenheterna tycker man att golven är kalla. I fem lägenheter tycker man att det varit för kallt i något rum under vintern, vilket var vanligast i vardagsrummen. I tre lägenheter besväras man av ojämn temperatur, det vill säga innetemperaturen varierar beroende på temperaturförändringar utomhus. I lika många lägenheter anser man att möjligheterna att reglera värmen är dålig eller obefintlig.

De redovisade besvärsnivåerna är alla högre än referensen och skillnaden är signifikant för värmekomforten vintertid, drag, kalla golv och ojämn temperatur. De övriga skillnaderna är inte signifikanta. För alla aspekter av värmekomforten överstiger andelarna besvärade WHO's rekommendationer om att högst 20 % av de boende ska uppleva besvär.

Ventilation/luftkvalitet: Luftkvaliteten i huset bedöms av alla svarande som bra. Det finns dock ett visst missnöje med ventilationen, i två lägenheter klagar man över att matoset sprids i lägenheten vid matlagning. Matos från grannarna noteras däremot inte alls. I en lägenhet besväras man av torr luft och likaså i en lägenhet av lukter. Ingen besväras av fukt eller kondens.

Ljud/ljus: Ljud- och ljusförhållandena upplevs som bra i bostäderna.

Övrigt

Denna fastighet har haft mycket problem med sina värmesystem. Den behovsstyrda ventilationen har inte heller fungerat. Ombyggnad av reglersystemet och ventilationen har gjorts under 2003.

4.13 EL TILL SOLFÅNGARE

På en del fastigheter finns det solfångare som ägs av Sydkraft AB. Producerad värme från dessa går först till fastigheten om behov finns, annars går det ut på fjärrvärmenätet. Elanvändning till solfångarna är inkluderad fastighetselen. Sydkraft AB ersätter varje fastighet för denna el. För 19 månaders drift, från juni 2001 till och med januari 2003, har följande elanvändning avlästs[29]:

Kajpromenaden	inga solfångare	
Friheten	3019 kWh	motsvarar cirka 1,4 kWh/(m²· år)
Sundsblick	inga solfångare	
Havshuset	går ej att redovisa, mätare var ur funktion under perioden	
Kajplats 01	inga solfångare	
Vitruvius	3004 kWh	motsvarar cirka 0,7 kWh/(m²· år)
Tegelborgen	4416 kWh	motsvarar cirka 1,2 kWh/(m²· år)
Entréhuset	5957 kWh	motsvarar cirka 0,7 kWh/(m²· år)
Havslunden	4805 kWh	motsvarar cirka 1,0 kWh/(m²· år)
Tango	12507 kWh	motsvarar cirka 2,3 kWh/(m²· år)

Dessa värden påverkar fastighetselen något, men inte nämnvärt. Elanvändningen till solfångarna på Tango är störst, troligen för att det är den näst största anläggningen. Entréhuset har en större anläggning men på Entréhuset finns bara solfångare med en vinkel på 0 grader, det vill säga de är horisontella. Tangos solfångare har vinklar på 10 respektive 22,5 grader från horisontalplanet vilket innebär att pumpar och annat går betydligt längre tider. Jämförelsen är inte helt rätt då Entréhuset faktiskt producerar mer energi. Anledningen till den stora elanvändningen kan vara att det finns två centraler i Tango. Det skulle kunna jämföras med (två centraler och nästan lika stora) Havshuset, men där saknas värde på elanvändningen på grund av mätarfel.

[29] Enligt mailkontakt med Ronny Andersson, Sydkraft Värme Syd AB, 2003-10-30.

4.14 INNEKLIMATMÄTNINGAR

I Havshuset gjordes mätningarna i en hörnlägenhet på andra våningen (4), en lägenhet i markplan (2), och tre mittlägenheter på andra respektive tredjevåningen (1, 3 och 5).

I Vitruvius gjordes mätningarna i en mittlägenhet på andra våningen (6) och i två hörnlägenheter på tredje våningen (7 och 8).

4.14.1 Operativ temperatur

I Havshuset utfördes två mätningar den 24 februari och tre mätningar den 25 februari 2003. I Vitruvius utfördes mätningarna den 28 februari 2003. Alla klarar kraven enligt BBR på 18 °C.

	datum	tid (h)	utetemp. (ºC)	innetemp. (ºC)	operativ temp. (ºC)	golvtemp. (ºC)
1	24 feb	10-12	2,2	20,6	19,8	19,3
2	24 feb	13-15	4,2	22,5	22,4	21,3
3	25 feb	9-11	-3,8	21,0	21,2	20,4
4	25 feb	11-13	-3,4	21,1	21,8	20,6
5	25 feb	13-15	-0,3	21,5	21,6	21,1
6	28 feb	9-11	-1,7	20,9	20,4	20,7
7	28 feb	11-13	-1,3	20,0	20,4	19,7
8	28 feb	13-15	-1,1	21,6	21,0	21,5

Figur 4:47 Datum och tid för mätning av operativ temperatur. Temperatur ute och inne under samma tid. Uppmätt operativ temperatur motsvarande en sittande person och golvtemperatur vid mätt område.

4.14.2 Luftflöde

I Havshuset redovisas uppmätt luftflöde enligt figur 4:46. De boende i den femte lägenheten kommenterade att det varit mycket lägre luftflöde tidigare, men att det blivit högre några få dagar innan mätningen, men orsaken var okänd.

	kök (l/s)	badrum (l/s)	toalett (l/s)
1	4,4	18,3	17,4
2	4,8	13,5	12,7
3	2,2	17,0	3,3
4	4,4	10,0	8,8
5	10,0	24,0	10,5

Figur 4:48 Luftflöde för frånluftsdon i olika rum i 5 lägenheter i Havshuset.

I Vitruvius blev uppmätt luftflöde enligt figur 4:49. Lägenhet 6 är mittlägenheten som endast hade ett badrum. Där det står ”gick ej”, fanns det inte tillräckligt utrymme för att få plats med mätstosen. Köksfläkten skulle visa 0 l/s eftersom åtgärder hade gjorts för att inte dra ner frånluften till garaget från denna kanal. Eftersom det fortfarande fanns ett flöde i köksfläkten i lägenheten 7, hade åtgärden inte lyckats fullt ut här.

Uppmätt luftflöde i badrum och i de flesta toaletter är tillräckliga enligt BBRs krav på 10 l/s. Däremot är det bara ett kök som har tillräckligt luftflöde enligt kraven på 10 l/s.

	kök (l/s)	köksfläkt (l/s)	badrum (l/s)	toalett (l/s)	klädkammare (l/s)
6	5,7	0	10,5	-	gick ej
7	6,7	3,4	12,3	13,2	gick ej
8	5,1	0	10,5	14,5	1,25

Figur 4:49 Luftflöde för frånluftsdon i olika rum i 3 lägenheter i Vitruvius. Det fanns inte tillräckligt med utrymme för mätning med mätstosen i klädkammare i lägenhet 6 och 7, ”gick ej”.

4.14.3 Tryckprovning

Resultatet av tryckprovningen redovisas i figur 4:50. I resultaten ingår eventuell läckning mellan bjälklag. Därför bör värdena som redovisas här inte tas som något definitivt resultat. BBRs krav på lufttäthet är 0,8 l/(m²· s).

	flöde vid 50 Pa (l/s)	ytterväggsarea (m²)	lufttäthet (l/(m²·s))
Lägenhet 1	111	58	1,9
Lägenhet 2	-	-	-
Lägenhet 3	44,5	58	0,8
Lägenhet 4	83	121	0,7
Lägenhet 5	118	58	2,0
Lägenhet 6	40	30	1,3
Lägenhet 7	100	108	0,9
Lägenhet 8	98	129	0,8

Figur 4:50 Redovisning av tryckprovning för 8 olika lägenheter. Läckande area antas här bara bestå av ytterväggar.

4.14.4 Termografering

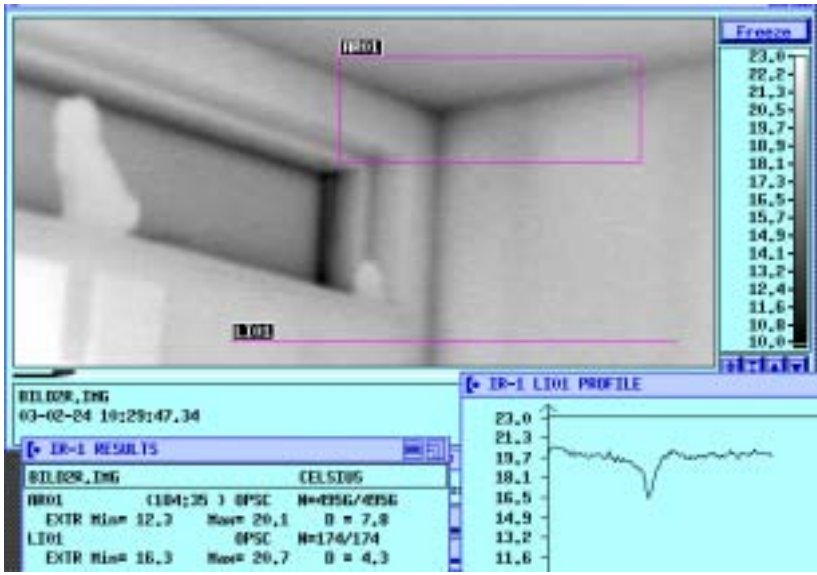
De flesta bilderna togs samtidigt med tryckprovningen då lägenheten var under 50 Pa undertryck. Ett fåtal bilder är utvalda från lägenhet 1 och 6 för att visa vad man kan utläsa ur en bild från en värmekamera. Det var vindstilla vid mättillfället och temperaturförhållanden finns redovisade i figur 4:47.

Figur 4:51 är tagen utan undertryck och kan jämföras med temperaturskillnaderna i figur 4:52 som är tagen med 50 Pa undertryck. Då temperaturskillnaden inte blir nämnvärt större, tyder det på att det är köldbryggor som syns och inte otätheter som ger luftläckning. Mer kall luft skulle ha sugits in vid undertryck vilket hade resulterat i att temperaturskillnaden hade blivit större.

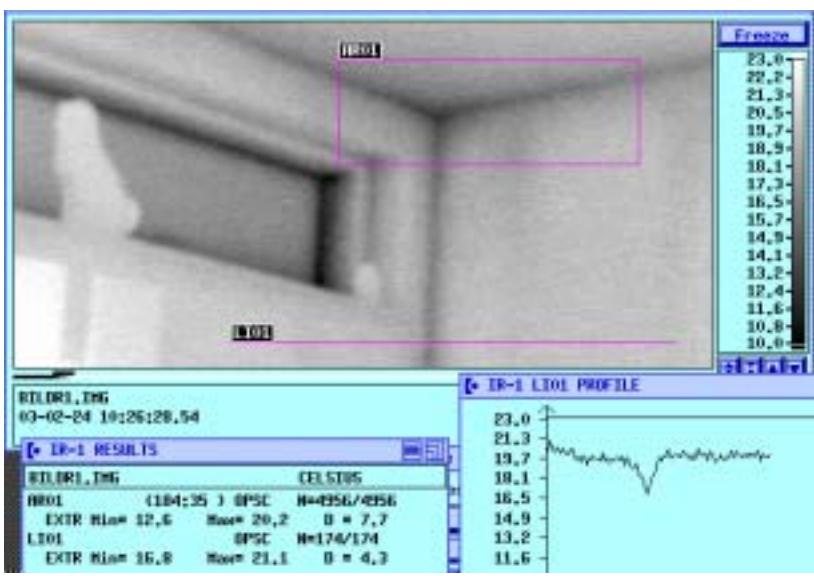
Termograferingen visar att temperaturskillnader mellan väggar och bjälklag är olika för Havshuset och Vitruvius. Eftersom temperaturskillnaden är mindre i Vitruvius kan man tro att man löst konstruktionsanslutningar på ett bättre sätt än i Havshuset. Vad det har för betydelse för energianvändningen är inte lika självklart. Det går alltså lätt att påvisa variationer i yttemperaturer och luftläckning, men för att bestämma storheten på dessa krävs kompletterande undersökningar.

När ritningar studerades över de båda fastigheternas konstruktionslösningar fanns det olikheter i både material och isolertjocklekar. Det går inte att uttyda vilken lösning som ger minst transmissionsförluster genom att bara se på ritningar. Ett sätt att jämföra konstruktionslösningarna kan vara att göra en flerdimensionell beräkning över värmeflödet.

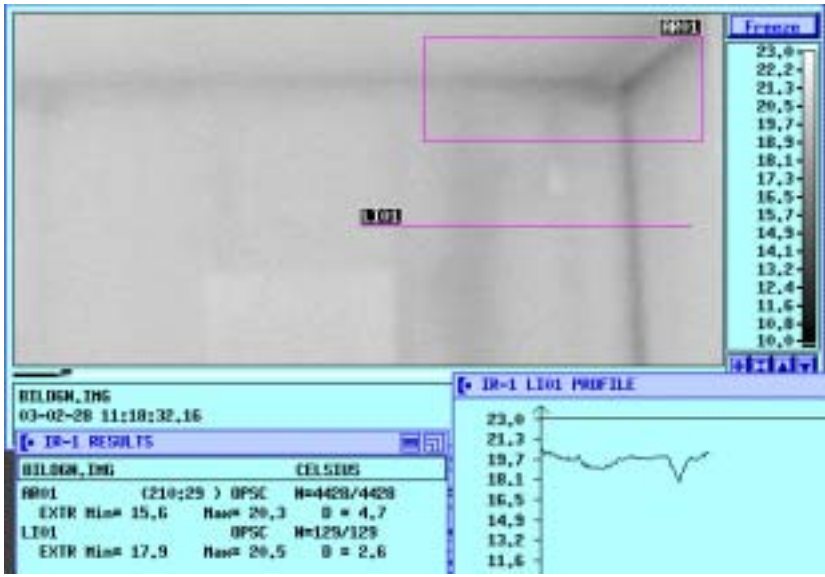
Bilden i figur 4:54 är tagen med 50 Pa undertryck i lägenhet 7. Radiatorn är inte påslagen, vilket kontrollerades vid mättillfället samt att i bilden har radiatorn samma yttemperatur som väggarna. Innetemperaturen är cirka 21 °C. Bakom radiatorn är yttemperaturen låg. Kall luft har kylt ner området kring tilluftsdonet och upplevs som obehag för de boende. När radiatorn inte är påslagen blir tilluften inte uppvärmd och kallras uppstår. Utetemperaturen var vid mättillfället -1,3 °C.



Figur 4:51 Låga yttemperaturer syns i hörn och anslutning mellan väggar och bjälklag samt vid infästningen av fönstret som kan tyda på köldbryggor. Bilden är tagen utan undertryck i lägenhet 1.



Figur 4:52 Samma bild som i figur 4:51 men med 50 Pa undertryck. Temperaturskillnaden blir inte speciellt större. Detta tyder på att det är köldbryggor som syns. Om det skulle vara luftläckning hade temperaturskillnaden blivit större vid undertryck då mer kall luft skulle tränga in genom otätheter.



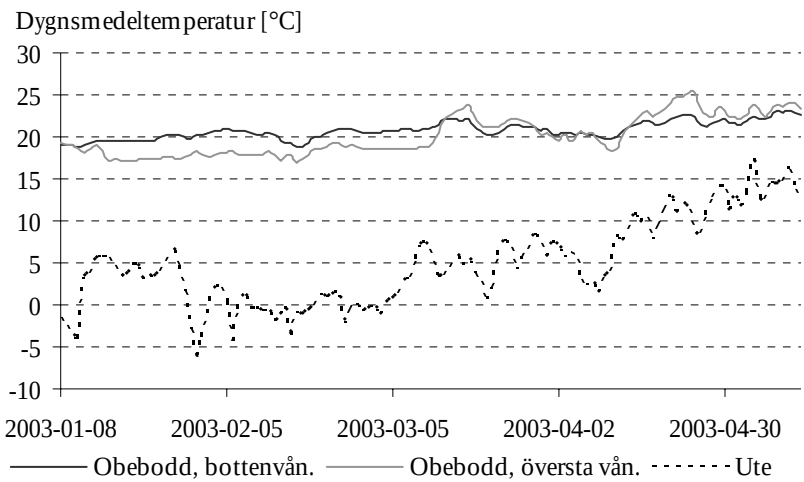
Figur 4:53 Temperaturskillnader syns i hörn och anslutning mellan väggar och bjälklag. Bilden är tagen med 50 Pa undertryck i lägenhet 7. Jämfört med figur 4:52 är temperaturskillnaderna inte lika stora i denna lägenhet.

Figur 4:54 Bilden är tagen med 50 Pa undertryck i lägenhet 7. Radiatorn är inte påslagen, har samma yttemperatur som väggarna. Bakom radiatorn är temperaturskillnaden stor. Kall luft har kylt ner området kring tilluftsdonet och upplevs som obehag för de boende.

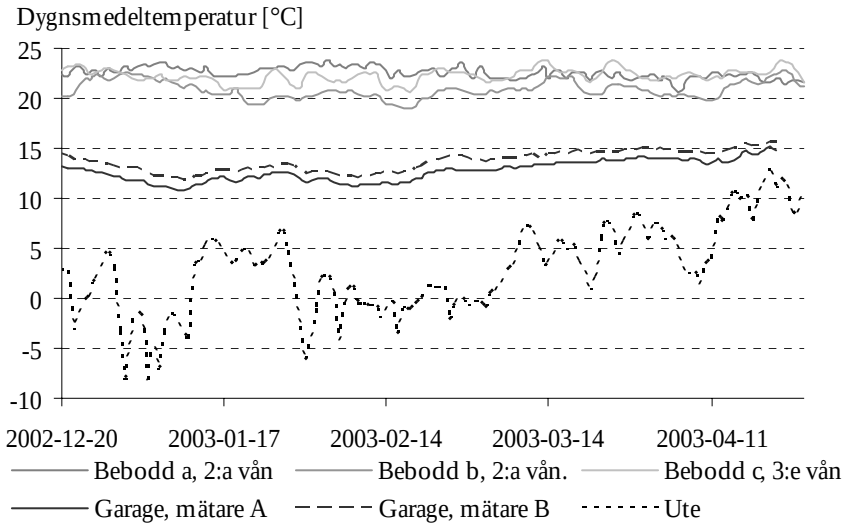
4.14.5 Temperaturmätning

I Havshuset har temperaturloggar suttit i olika lägenheter samt i garaget i flerbostadshuset för att mäta innetemperaturen varje timme från slutet av december 2002 till slutet av april 2003 eller början av januari 2003 till början av maj.

I figurerna nedan har några representativa lägenheter valts ut för att illustrera uppmätt innetemperatur. Innetemperaturen är ganska jämn (cirka 20-23 °C) i de bebodda lägenheterna i figur 4:56, medan man kan se att innetemperaturen i de obebodda lägenheterna fördelar sig på ett större intervall (cirka 17-25 °C). Den obebodda lägenheten på bottenvåningen har inte lika stora temperatursvängningar som den obebodda på översta våningen. Den översta lägenheten är i etage och har stora fönsterareor där solinstrålningen troligen påverkar innetemperaturen. Temperaturen i garaget håller en jämn nivå, se figur 4:56. Radiatorerna i garaget gav inte ifrån sig någon värme de gånger jag var där i december, januari och april.



Figur 4:55 Innetemperatur i två obebodda lägenheter i Havshuset, en på nedersta våningen och den andra på översta våningen. När det blir varmare ute, höjs innetemperaturen något, vilket kan bero på solinstrålning.



Figur 4:56 Innetemperatur för tre bebodda lägenheter i Havshuset. De ligger alla relativt jämnt mestadels kring 20-23 °C. Temperaturen i garaget ligger kring 11-12 °C och höjs något när det blir varmare ute.

5 ANALYS AV RESULTAT

I detta kapitel kommer resultat från de olika fastigheterna att sammanställas och analyseras. Först undersöks *värmeanvändningen* genom att redovisa jämförelser mellan beräknad och uppmätt, normalårskorrigerad värmeanvändning. För att försöka tyda om en hög värmeanvändning beror på fastigheternas genomsnittliga isoleringsförmåga jämförs den men BBRs krav. Energi till varmvatten ingår i uppmätt fjärrvärme. Därför är det intressant att se hur stor del som varmvattnet kan stå för. Sedan diskuteras det om effektsignaturmetoden anses ha kunnat ge en realistisk uppskattning av varmvattenanvändningen. Resultat från de tio fastigheternas effektsignaturer sammanställs och analyseras.

Elanvändningen jämförs med beräknade värden samt redovisas uppdelad på hushålls- och fastighetsel.

Upplevd *komfort* har analyserats med en enkätundersökning som givit mycket information. Det har också gjorts inneklimatmätningar i två fastigheter som analyserats tillsammans.

Till sist diskuteras *kvalitetsprogrammets krav* på 105 kWh/(m² BRA, år) och ställs mot andra nationella och internationella visioner och krav på energieffektivitet.

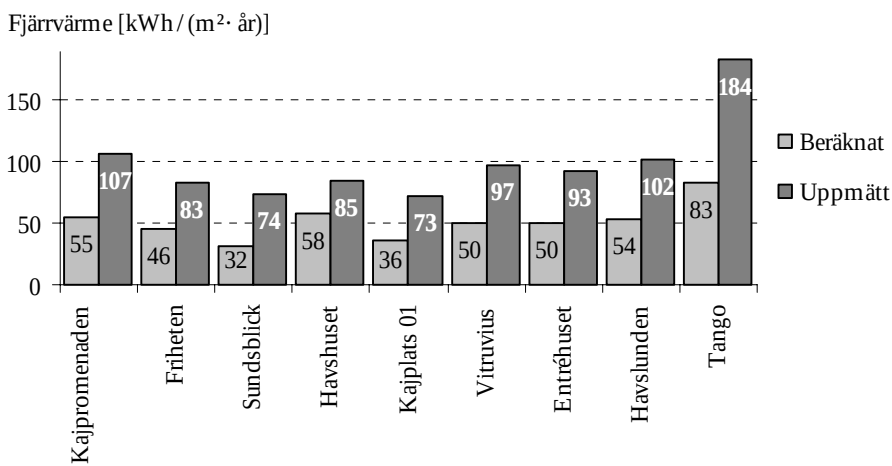
5.1 VÄRMEANVÄNDNING

Alla fastigheter använder mer värmeenergi än beräknat. I figur 5:1 går det att utläsa att värmeenergin för de flesta fastigheter är dubbelt så hög som beräknat. Tegelborgens värmeanvändning på 285 kWh/(m²· år) finns inte med i figuren då den är markant större än beräknat värde på 81 kWh/(m²· år). Om man väljer att redovisa fjärrvärmeanvändning för den verkliga bruksarean överstiger sex fastigheter inklusive Tegelborgen energikravet endast genom hög värmeanvändning. Se figur 5:2. Dessutom använder alla fastigheter mer värme än de 70 kWh/(m² BRA, år) som Sydkraft AB har projekterat för när de dimensionerade energiproduktionssystemet av förnybar energi.

Det finns flera indikationer till orsaker bakom att uppmätt fjärrvärme avviker från beräknad.

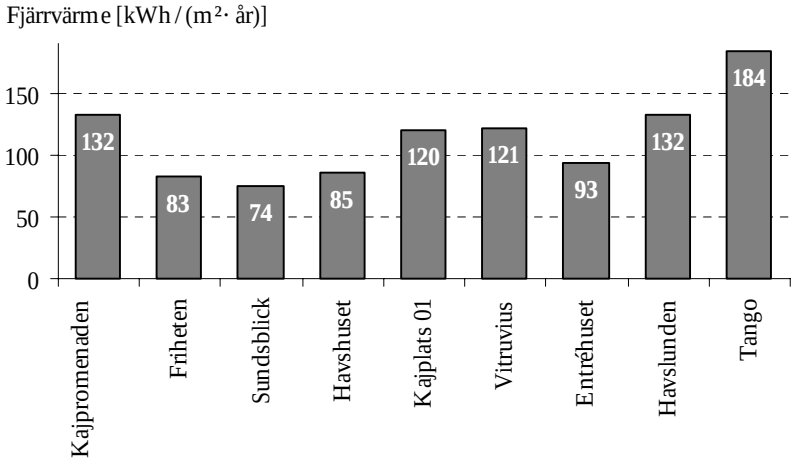
Innetemperatur

Innetemperaturen har uppmätts till cirka 22 °C i Kajpromenaden, Havshuset och i några lägenheter i Vitruvius. Andra undersökningar har också visat att snittet i flerbostadshus ligger på cirka 22 °C[30]. I alla energiberäkningarna, utom för Kajpromenaden och Kajplats 01, har man valt 20 °C som innetemperatur. En skillnad på två grader medför cirka 10 % ökning av transmissionsförlusterna vilket leder till ökat värmebehov.



Figur 5:1 Beräknad och uppmätt, normalårskorrigerad fjärrvärmeanvändning på basis av den area som är angiven i byggherrarnas inlämnade energiberäkningar.

[30] Boman, Carl Axel, Britt-Marie Jonsson, Stig Skogberg. 1993. Mätning av innetemperatur, ELIB-rapport nr 4, TN:39, Statens institut för byggforskning, Gävle.



Figur 5:2 Uppmätt, normalårskorrigerad fjärrvärmeanvändning där arean för garage är borträknad för de fastigheter som har inkluderat garaget i sina beräkningar.

Transmissionsförluster

Angivna U-värden på fönster är misstänkt låga i en del fastigheter. Velfac AB[31] har levererat fönster till många fastigheter på Bo01-området. På deras hemsida finns bilder över fastigheter i deras fotogalleri där levererad produkt anges. För Sundsblick, Havshuset, Vitruvius, Tegelborgen, Entréhuset, Havslunden och Tango har man valt fönstersystem Velfac 200. Enligt information om deras olika glas, är bästa U-värdet för glaset 1,1 W/(m²· K). Någon information om fönsters U-värde, inklusive karm, finns inte. Om angivna U-värden på fönster i energiberäkningarna är högre i verkligheten, skulle det leda till större transmissionsförluster vilket leder till ökat värmebehov. I fyra energiberäkningar är effekten av köldbryggor medtagen. Det har inte gjorts någon analys huruvida dessa värden stämmer. Om man inte tar hänsyn till effekten av köldbryggor leder det också till att värmebehovet underskattas.

BBRs krav på genomsnittligt U-värde

Enligt resultatutskrifterna från energiberäkningarna finns $U_{m,\,krav}$ och $U_{m,\,akt}$ angivna[32]. BBR ställer krav på det genomsnittliga värdet på värmeisolering för byggnadens hela klimatskärm. I figur 5:3 ser man att det är endast Vitruvius och Havslunden som ligger under $U_{m,\,krav}$. Dessa fastigheter har också de lägsta U-värdena för olika byggdelar jämfört med de andra fastigheterna, se figur 3:1. Enligt BBR är det tillåtet att överstiga $U_{m,\,krav}$ med 30 % om man i en omfördelningsberäkning kan visa att byggnaden använder mindre energi än referensbyggnaden. Exempelvis kan man kompensera något sämre isolering med

[31] http://www.velfac.se
[32] Enligt BBR 1999.

värmeåtervinning. Av de fastigheter som har återvinning (Friheten, Sundsblick, Havshuset, Kajplats 01 och Entréhuset) visar energiberäkningarna att husen använder mindre energi än referensbyggnaden, förutom för Kajplats 01 då resultatutskriften inte redovisar någon jämförelse här emellan. Av de fastigheter som inte har återvinning och ligger över $U_{m,\ krav}$ (Kajpromenaden, Tegelborgen och Tango) redovisas inte heller här någon jämförelse med referensbyggnaden. I Enorm väljer användaren själv om resultatutskriften ska innehålla en jämförelse med en referensbyggnad eller endast redovisa värden för aktuell byggnad. Det går alltså inte att se om energibehovet är lägre än för referensbyggnaden i nämnda tre fastigheter. För Vitruvius ligger värmebehovet högre än i referensbyggnaden trots $U_{m,\ akt}$ är lägre än $U_{m,\ krav}$. Havslundens värmebehov ligger precis under referensbyggnadens. Det bör dock påpekas att garaget är inkluderat i energiberäkningen för både Vitruvius och Havslunden. Om det beräknade värmebehovet för Kajpromenaden, Kajplats 01 och Tango inte är lägre än för referensbyggnaden, vilket kan anses ganska sannolikt, uppfyller dessa fastigheter inte kraven i BBR om energihushållning och värmeisolering.

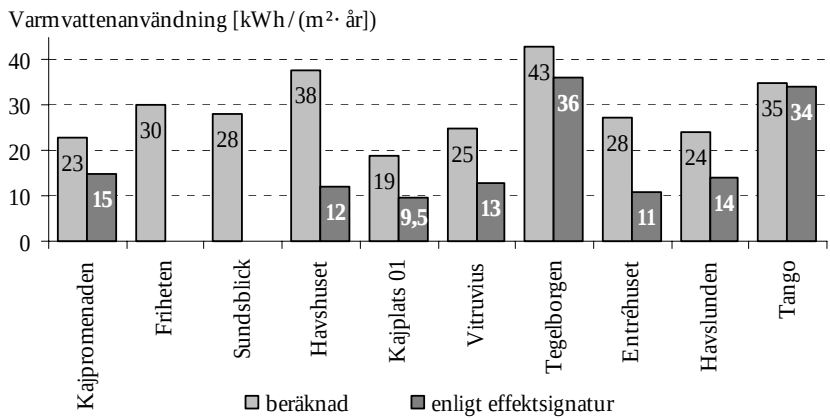
	Um, akt W/(m²·K)	Um, krav W/(m²·K)	värme-återvinning	referens-byggnad
Kajpromenaden	0,394*	0,323*		
Friheten	0,400	0,310	x	x
Sundsblick	0,288	0,279	x	x
Havshuset	0,328	0,287	x	x
Kajplats 01	0,289	0,274	x	
Vitruvius	***0,252***	***0,304***		x
Tegelborgen	0,373	0,309		
Entréhuset	0,308	0,289	x	x
Havslunden	***0,253***	***0,310***		x
Tango	0,374	0,290		

*Figur 5:3 Tabell över $U_{m,\ krav}$ och $U_{m,\ akt}$ enligt fastigheternas resultatutskrifter från Enorm. Kursiverade värden visar vilka fastigheter som klarar $U_{m,\ krav}$. Om fastigheterna har värmeåtervinning samt har redovisat energiberäkningen som en jämförelse med en referensbyggnad markeras det med ett x i tabellen. För fastigheter med mer än en byggnad anges här värdet från den största byggnaden. *) För Kajpromenaden saknas sidor i resultatutskriften för U_m-värdet. Från sida 1 i resultatutskriften (se exempel i bilaga B) har jag beräknat värdena för $U_{m,\ krav}$ och $U_{m,\ akt}$.*

Varmvattenanvändning

Uppskattad varmvattenanvändningen enligt effektsignaturmetoden är lägre än beräknat, se figur 5:4. I Enorm beräknas behovet av varmvatten med hjälp av följande formel: varmvattenbehov= 5· antal lgh+0,05· golvarea [kWh/dygn]. Om man väljer att lägga in samma värden som referensbyggnaden på varmvattenanvändning blir den 1800 kWh per lägenhet och år med ett tillägg på

18 kWh per m² uppvärmd golvarea och år[33]. Genom att ta ett medelvärde av värmeeffekt över 20 °C i effektdiagrammen och göra om till värmeenergi, kan risken finnas att uppskattningen blir för låg för resten av året. Dels kan de boende vara på semester, dels är kallvattnet varmare om sommaren och mindre energi går då åt till att värma upp varmvatten. Tegelborgen och Tango har relativt högre energiåtgång för varmvatten än de andra fastigheterna. I Tegelborgen finns en restaurang vars värmeanvändning, inklusive varmvatten, ingår i fastighetens totala värde. I Tango saknas teori om orsak. Mer studier behöver göras för att utröna huruvida variationer över året inverkar på metoden att anta ett medelvärde av sommarens uppskattade varmvattenanvändning. Eftersom varmvattenanvändningen i stort sett beror på beteende borde kanske ett mer lämpligt nyckeltal för varmvatten vara per person istället för per lägenhet eller per kvadratmeter.



Figur 5:4 Beräknad varmvattenanvändning enligt Enorm samt framtagen varmvattenanvändning enligt ett medelvärde av värmeeffekten över 20 °C i effektsignaturdiagrammen.

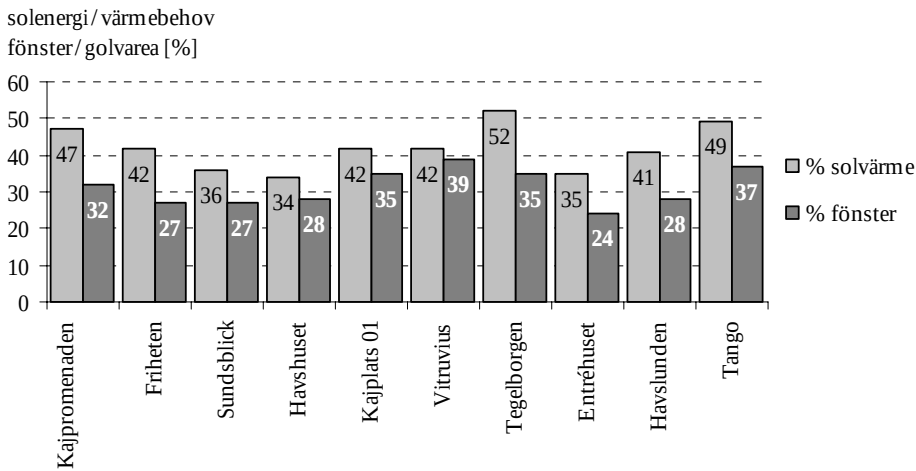
Solenergi

Utnyttjad tillskottsenergi överskattas i Enorm då andelen fönsterarea av uppvärmd golvarea är större än för traditionellt utformade byggnader[34]. Det finns ingen uppgift på vilket förhållande mellan fönsterarea och uppvärmd golvarea traditionellt utformade byggnader skulle motsvara. När fastigheternas fönsterareor på Bo01-området uppgår till mellan 24 % och 39 % torde detta

[33] Boverket. 1994. Byggnadens värmeenergibehov. Utgångspunkter för omfördelningsberäkning. Karlskrona.
[34] Svenska Byggtjänst. 1999. Manual för Enorm 1000.

räknas som större än för traditionellt utformade byggnader. På 1980-talet byggdes hus ofta med cirka 15 % fönsterarea av uppvärmd golvarea[35].

I effektsignaturdiagrammen i figur 5:6 och 5:7 ser man att Enorms beräknade värde på uppvärmning och tappvarmvatten ligger relativt mycket lägre än beräknade förluster och värmeeffekt enligt effektsignaturmetoden. Den största bidragande orsaken är att Enorm sannolikt överskattar utnyttjandet av tillskottsvärme och då främst värme från solinstrålning. Figur 5:5 förtydligar att utnyttjad solvärme[36] står för en betydande del av värmebehovet, som också har lika proportioner med andelen fönsterarea av uppvärmd golvarea.



Figur 5:5 För varje fastighet redovisas hur stor andel av värmebehovet som enligt Enorm beräknas täckas av solenergi enligt Enorm samt andelen fönsterarea av uppvärmd golvarea.

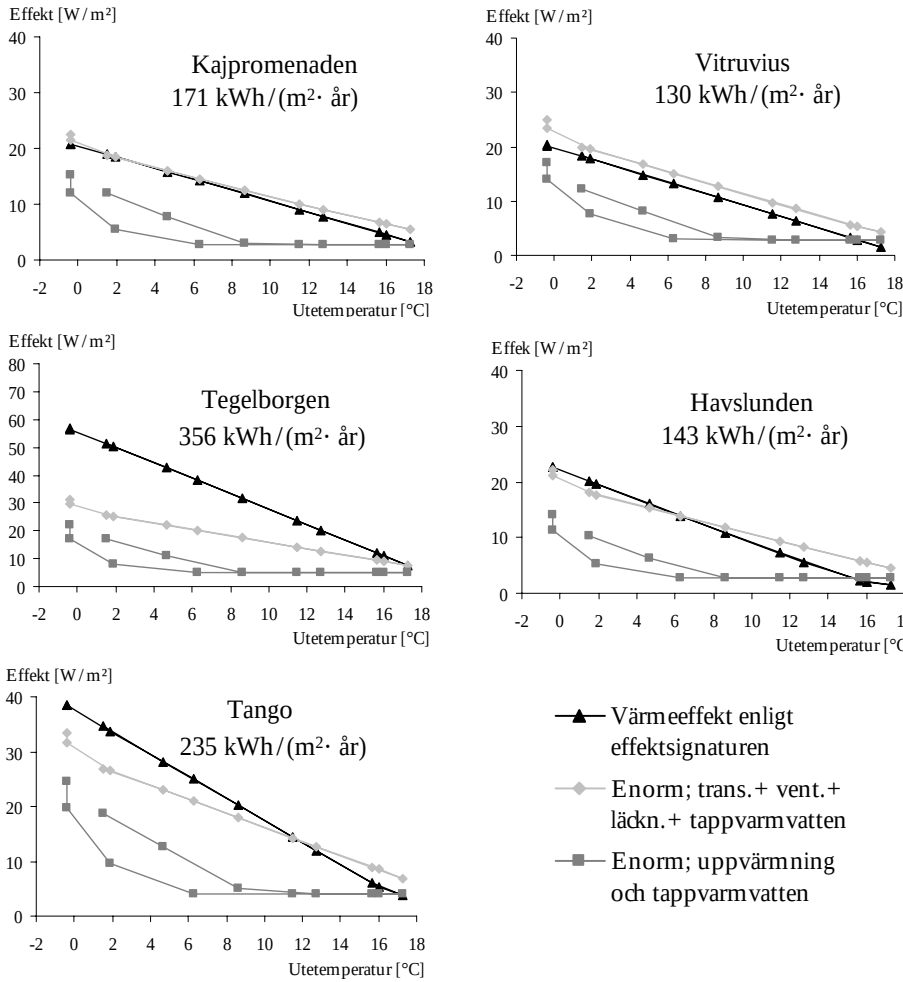
Effektsignaturer

Effektsignaturdiagrammen är grupperade efter om fastigheterna har värmeåtervinning eller ej. För fastigheter utan värmeåtervinning (figur 5:6) ligger värmeeffekten lika med beräknade förluster eller att värmeeffektkurvan har en större lutning som gör att den korsar förlustkurvan. Jämfört med fastigheter med värmeåtervinning (figur 5:7) ligger samtliga värmeeffekter enligt effektsignaturen under respektive fastighets beräknade förluster. Om fastigheterna har värmeåtervinning eller ej är det tydligaste sambandet man kan utläsa som går att utläsa i diagrammen i figur 5:6 och 5:7.

---

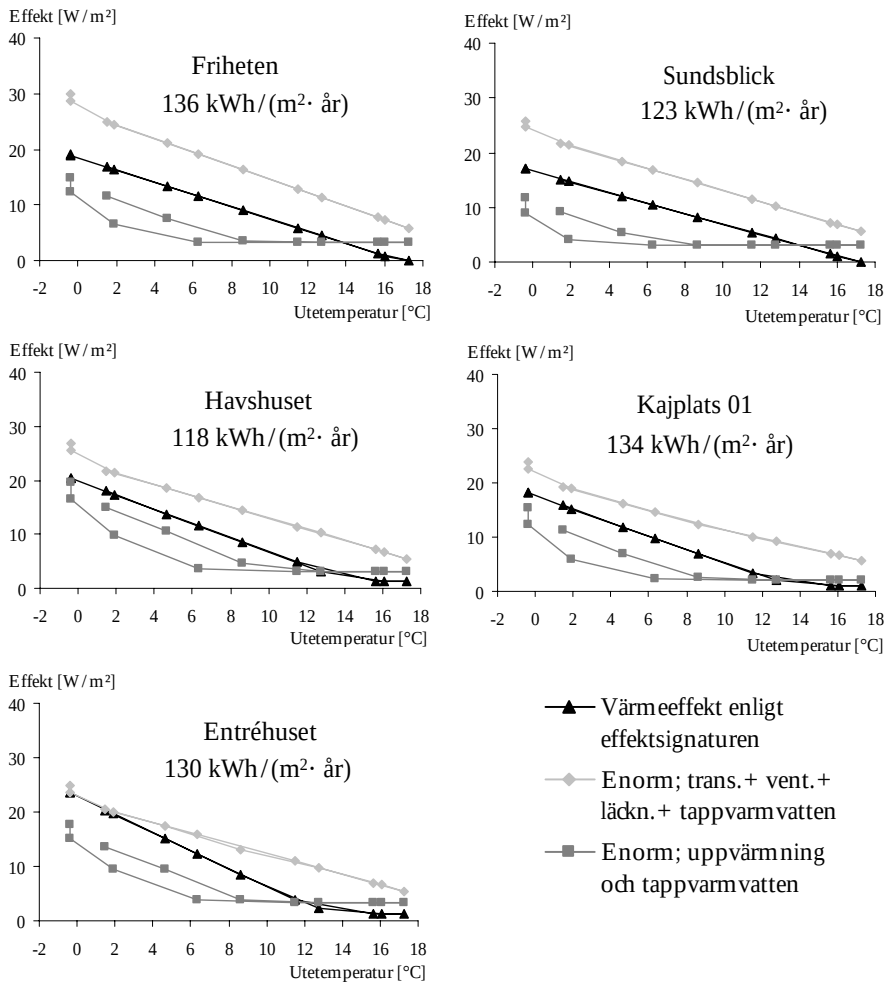
[35] Björk, Cecilia, Per Kallstenius, Laila Reppen. 2002. Så byggdes husen 1880-2000. T1:1984. Formas, Stockholm.
[36] Nilsson, Annika. 2002. Analys av energieffektiva flerbostadshus i Västra hamnen. TVBH-7222, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lund.

I figur 5:6 är en del lutningar av värmeeffekten annorlunda jämfört med beräknade förluster. Enligt hypotesen i kapitel 1.2.2 kan det bero det på 1) att U-värden, främst köldbryggor och fönster, kan vara andra än angivna i beräkningarna, och/eller 2) luftomsättningen är annan beroende på byggnadens täthet och/eller ventilationssystem. En parallellförflyttning av värmeeffektkurvan sker om innetemperaturen skiljer sig från den man har räknat med. Kajpromenaden har räknat med 22 °C vilket också är uppmätt. Vitruvius har räknat med 20 °C, men mätningar har visat att det är varmare i verkligheten.



Figur 5:6 Dessa fastigheter har inte något system för värmeåtervinning. Observera att skalan för effekt är dubbel för Tegelborgen.

I figur 5:7 över fastigheter med återvinning är det i princip bara Entréhuset som har en avvikande lutning på värmeeffektkurvan. Enligt hypotesen kan det bero det på 1) att U-värden, främst köldbryggor och fönster, kan vara andra än angivna i beräkningarna, 2) luftomsättningen är annan beroende på byggnadens täthet och/eller ventilationssystem, och/eller 3) värmefaktorn för värmeåtervinningen är annan än beräknad. En parallellförflyttning av värmeeffektkurvan sker om innetemperaturen skiljer sig från den man har räknat med. Havshuset har räknat med 20 °C, men enligt mätningar är det 22 °C i lägenheterna. De andra fastigheters innetemperatur är inte känd.



Figur 5:7 Dessa fastigheter har värmeåtervinning vilket bör bidra till att uppmätt värmeeffekt ligger under kurvan för Enorms förluster.

Om fastighetens värmeåtervinning har varit känd för varje månad hade det varit möjligt att lägga till den effekten till förlustkurvan. Om det därefter fortfarande hade varit ett avstånd upp till förlustkurva kan det tolkas som att fastigheten utnyttjar tillskottsenergi för att täcka en del av förlusterna. Därför är det svårt att se i figur 5:7 hur stor inverkan värmeåtervinning respektive tillskottsvärme kan ha för att täcka värmeförlusterna.

I figur 5:6 skulle det kunna vara så att Kajpromenaden som både räknat med 22 °C och har uppmätt den innetemperatur, inte utnyttjar någon tillskottsvärme eftersom förlustkurvan och värmeeffektkurvan i princip är lika. De andra fastigheterna utan värmeåtervinning ser inte heller ut att utnyttja så mycket tillskottsvärme, men här känner vi inte innetemperaturen som kan påverka värmeeffektkurvans parallellförskjutning.

Tegelborgens höga värmeanvändning beror nog mycket på att temperaturgivarna för värmesystemet är placerade på ytterväggar nära tilluftsdon. Det gör att ju kallare luft som kommer in desto mer värme shuntas in. Dessa givare ska nu flyttas varpå man kan förvänta sig att värmeanvändning kommer går ner och att värmeeffektkurvans lutning bli mindre. Genom att senare göra en ny effektsignatur kan man jämföra digram före och efter åtgärd och då härleda hur mycket temperaturgivarnas placering har att göra med den höga värmeanvändningen.

De fastigheter som har lägst balanstemperatur, T_{balans}, (Havshuset, Kajplats 01 och Entréhuset) är också bland dem som har lägst värmeanvändning, se figur 5:1. Om balanstemperaturen är låg antas det att värmesystemet inte tillför värme vid högre utetemperaturer utan fjärrvärmen går då bara till att värma varmvatten.

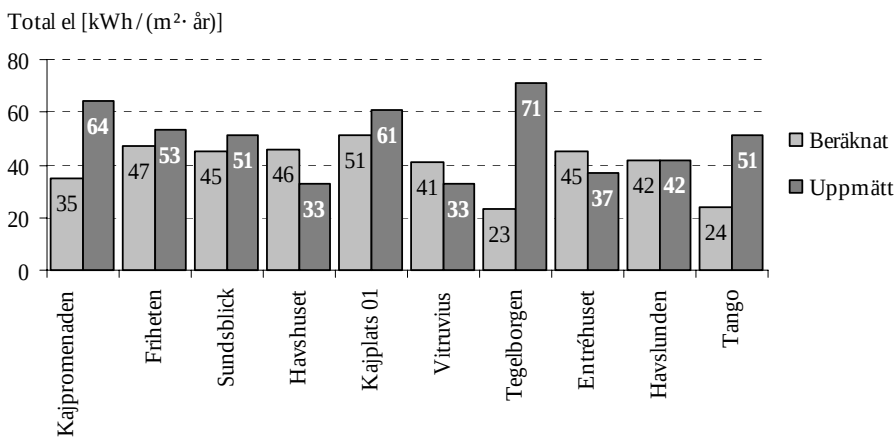
Värden på residualvariansen R^2 ligger mellan 0,90 och 0,95, medan för Kajplats 01 ligger R^2 på 0,88 vilket också är godtagbart. Även om fastigheternas värmeeffekt påverkas av många faktorer kan man säga att hypotesen om att förhållandet till utetemperaturen har störst betydelse stämmer bra för dessa tio fastigheter på Bo01-området.

5.2 ELANVÄNDNING

Den uppmätta elanvändningen skiljer sig inte så mycket från beräknat elbehov, se figur 5:8. Elbehovet beror på antal apparater, dess effekt samt hur ofta och mycket de används. I denna studie ligger fastigheternas elanvändning både över och under den beräknade.

I Tegelborgen ligger hushållselen högt för att man haft torkaggregat igång i några lägenheter med fuktskador. I Kajpromenaden ligger hushållselen också högre än

beräknat, utan att några tydliga tänkbara anledningar om varför finns. Möjligtvis inverkar det att de flesta boende har jacuzzi. Elanvändningen är relativt lågt beräknad i Tegelborgen och Tango jämfört med de andra fastigheterna. I energiberäkningen för Tegelborgen har man angett ett anmärkningsvärt lågt årsmedelbehov av fläkteffekt på 0,39 kW/m³/s där normalvärden för frånluftssystem ligger på 0,9 kW/m³/s enligt Enorm. El till processer (hushållsel och fastighetsel) är också avgiven som lägre än de schablonvärden som Enorm räknar med. I energiberäkningen för Tango är indata för el till fläktar 0,81 kW/m³/s. Processenergi är även här lägre än Enorms schablonvärden, vilket kanske kan vara lågt räknat när Tango är en fastighet med mer avancerade styrsystem än de andra fastigheterna. I Enorm beräknas behovet av processenergi med hjälp av följande formel: processenergi= 4,8· antal lgh+0,048· golvarea [kWh/dygn]. En kontroll av de andra fastigheters indata för processenergi och el till ventilationssystem följer schablonvärdena enligt Enorm, vilket gör att beräknade värden ligger högre än för Tegelborgen och Tango. Dessa schablonvärden verkar stämma ganska bra överens med den uppmätta elanvändningen.

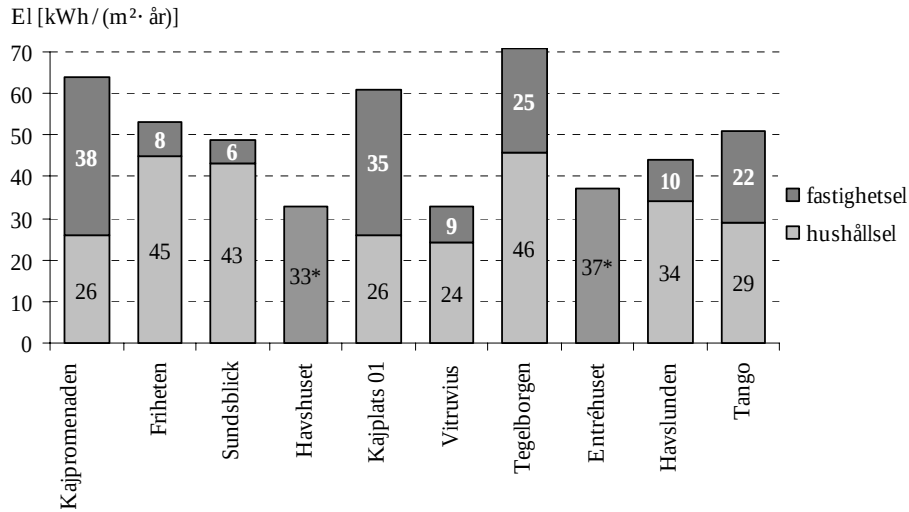


Figur 5:8 Beräknad och uppmätt elanvändning i de tio fastigheterna.

Fastighetselen för Friheten och Sundblick är låg, se figur 5:9, för att varje lägenhet har ett eget aggregat för värmeåtervinning och varmvattenberedning som belastar hushållselen, varför dessa värden ligger relativt högt.

Enligt kontakt med energikonsult Egon Lange har det varit en hel del problem med Kajplats 01, Tegelborgen och Tango. En del av den höga elanvändningen kan härledas till ombyggnadsarbete i alla tre fastigheter samt renovering av fuktskador i Tegelborgen. De olika installationssystemen har inte heller fungerat tillfredsställande vilket lett till hög värmeanvändning, men man arbetar med att

förbättra dem. Därför är redovisad energianvändning för dessa tre fastigheter inte för ”normal” drift. Efter förbättringarna och ombyggnad hoppas man att kunna sänka energianvändningen, men det är tveksam att man kommer sänka den så mycket att man klarar kravet.



Figur 5:9 Uppmätt hushållsel och fastighetsel för de tio fastigheterna. Värden för Havshuset och Entréhuset inkluderar både hushållsel och fastighetsel.

5.3 KOMFORT

Två metoder har använts för att undersöka upplevd komfort. Om man ska analysera värdet av information man kan få av enkätundersökningen respektive inneklimatmätningar, ger resultat från en enkätundersökning upplevd komfort under en längre tidsperiod än inneklimatmätningar som ger ett värde på förhållanden endast vid mättillfället. Däremot kompletterar dessa metoder varandra. Från en enkätundersökning kan man få mycket information som ger indikationer om var man upplever problem med sin komfort. Genom att plocka fram dessa lägenheter ur enkätmaterialet får man ett effektivare arbetssätt eftersom man då medvetet kan leta efter orsaker till specifika klagomål.

I enkäten kommer det fram en del klagomål på värmekomforten så som drag, liten möjlighet att påverka värmen under vinterhalvåret, kallt i lägenhet under vintern. En teori är att när man upplever drag och kallras försöker man kompensera för detta genom att sätta upp värmen på radiatorer eller golvvärme. Detta kan vara en anledning till att värmeanvändningen ligger högt, men också att drag och kallras kan upplevas på grund av otätheter och dålig isoleringsförmåga i klimatskärmen. Om man då ökar på tillförseln av värme, ökar samtidigt transmissionsförlusterna.

Drag kan också upplevas från tilluftsventiler om värme från radiatorn inte kan värma upp tilluften tillräckligt utan det blir kallt i närheten av donet. Samma förhållande gäller då det är tillräckligt varmt inomhus och radiatorerna är avstängda, se figur 4:52. Risken för att man ska uppleva drag från tilluftsdon torde också vara större när man har golvvärme eftersom luften då inte går förbi värmekällan.

Luftkvaliteten i fastigheterna bedöms som bra. En del klagar dock över att matos sprids i lägenheten vilket skulle kunna bero på en öppen planlösning mellan kök och vardagsrum och/eller otillräckligt luftflöde i köksfläkt. Enligt mätning i två fastigheter av luftflödet i köks frånluftsdon visade just att man inte uppfyllde kraven enligt BBR. Däremot var det tillräckligt luftflöde i badrum och på de flesta toaletter.

Resultaten från mätningar av den operativa temperaturen visade att den var inom intervallet för vad som anses som god termisk komfort enligt BBR och ISO 7730. Mätning av innetemperaturer verifierade vad andra mätningar visat, nämligen att innetemperaturen ligger kring 22 °C. Innetemperaturen i obebodda lägenheter varierade mer än i bebodda. Teorin är att de boende försöker ställa in termostaten för att uppnå behaglig innetemperatur och kanske öppnar fönster om det blir för varmt.

Tryckprovningen visade att tre av åtta lägenheter klarar kravet på lufttäthet enligt BBR då eventuell läckning mellan bjälklag ingår.

Termograferingen visade temperaturskillnader i hörn och anslutningar mellan väggar och bjälklag. Det tyder på köldbryggor. För att bestämma inverkan krävs kompletterande undersökningar. Eftersom temperaturskillnaden var lägre på bilder från Vitruvius än från Havshuset torde man kunna säga att där har man lyckats få en bättre konstruktionslösning. Dessutom var det lägre utetemperatur då bilderna togs i Vitruvius.

5.4 KOMMENTARER OM ENERGIKRAV

I kvalitetsprogrammet ställdes kravet att energianvändningen inte skulle överstiga 105 kWh/(m^2 BRA, år). Från början ville Malmö stad sätta ett lägre värde på energibehovet, men byggherrerepresentanterna tryckte på för att höja kravet på total energianvändning till 105 kWh/(m^2 BRA, år) som skulle vara möjligt att

uppnå. Senare har byggherrarna uttalat att energikravet i kvalitetsprogrammet inte skulle vara så svårt att uppnå[37], vilket det trots allt har visat sig vara.

Kunskapen om att bygga hus som inte använder mer energi än 105 kWh/(m^2 BRA, år) finns, både väl dokumenterad och tillämpad. Det har dock tydligt visats i denna studie att Enorm, så som programmet använts, inte varit ett energiberäkningsprogram som kunnat förutsäga energianvändningen i dessa fastigheter. Om man istället använt program med timupplösning skulle solenergin ha tagits i beaktning på ett mer realistiskt sätt. Då borde man redan på projekteringsstadiet ha insett att fastigheternas värmebehov skulle bli hög. En del av den höga värmeanvändningen kan bero på de boendes beteende, speciellt varmvatten, men störst orsak är ändå dåligt isolerad klimatskärm och ineffektiva installationssystem, något som de boende inte kan påverka.

Enligt tidigare analys är LIP-ansökningar för fastigheterna på Bo01-området inte direkt detaljerade vad gäller ingångsvärden och hänvisningar till hur angivna besparingar ska uppnås[38]. Många gånger har också besparingar från åtgärder adderats vilket som regel är felaktigt. Det kan till och med hända att vissa åtgärder kanske tar ut varandra. För att besparingar från många åtgärder ska infrias bör man under projekteringen se byggnaden och installationerna som ett system som samverkar.

Byggsektorn syns inte ha utnyttjat/tillämpat den kunskap som finns för att bygga energieffektiva bostäder. I en studie över energianvändningen i den svenska byggsektorn mellan 1970 och 2000 dras slutsatsen att nybyggda flerbostadshus använder mer energi än nybyggda på 80-talet[39]. Det visar sig att efter 1995 bryts den nedåtgående trenden och nybyggda flerbostadshus börjar öka i energibehov. Författarna menar att lite har hänt sedan byggreglerna SBN 75 togs i bruk 1977. Vidare framhäver de att med svaga byggregler, lite incitament och få inspektioner har Sverige på senare år halkat efter i internationell jämförelse när det gäller energiprestanda i bostadssektorn.

Bygg- och fastighetssektorn använder omkring 40 % av all energi i Sverige. Denna sektor påverkar alltså miljön i stor utsträckning vilket gjort att man har varit tvungen att arbeta fram åtgärder för att ta sitt ansvar för ett hållbart samhälle. Det finns en del nationella kommittéer/samarbetsorgan som arbetar för

[37] Öst, Thomas. 2003. Ekologisk modernisering och djupekologi. I Larsson, Bengt (red.): Västra hamnen Bo01-Framtidsstaden. En utvärdering. Institutionen för byggekonomi, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
[38] Nilsson, Annika. 2002. Analys av energieffektiva flerbostadshus i Västra hamnen. TVBH-7222, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lund.
[39] Nässén, Jonas och John Holmberg. 2003. Energy efficiency – a forgotten goal in the Swedish building sector? Utkommer i Energy Policy.

att få ner energianvändningen i byggsektorn. Deras förslag till åtgärder redovisas i korthet nedan för att visa på att visioner finns men sällan konkreta förslag på **hur** man ska nå målen.

Bland de 15 svenska miljömålen[40] (riksdagsbeslut april 1999) finns det mål på att miljöbelastningen från energianvändningen i bostäder och lokaler ska minska och vara lägre år 2010 än år 1995. Detta ska bland annat ske genom att den totala energianvändningen effektiviseras för att på sikt minska.

I Bygga/bo-diaglogen[41] (överenskommelse slöts maj 2003) samverkar företag, myndigheter och kommuner för en hållbar utveckling avseende bygg- och fastighetssektorn. Inblandade parter har definierat vad som bör genomföras för att uppnå en hållbar utvecklig och avser att verkar för att genomföra sju åtagande. Av dessa anknyter tre åtagande tydligast till energi: 4) Förvalta byggnadsverk med energi- och miljöhänsyn, 6) Forska, utveckla och utbilda för en hållbar bygg- och fastighetssektor, samt 7) Följ upp och utvärdera.

Byggsektorns Kretsloppsråd har antagit ett Miljöprogram[42] (oktober 2003) där det övergripande målet är att köpt energi per m^2 BRA ska år 2010 vara 10 % lägre än år 2000. Det finns fyra delmål om att 1) nationell energistatistik ska finnas från och med 2006, 2) minst 20 energieffektiva projekt ska finnas från och med 2006, 3) minst 50 % av alla flerbostadshus och lokaler ska vara energideklarerade efter år 2007, 4) den köpta energin i nybyggda bostadshus från och med 2010 ska i genomsnitt vara lägre än 100 kWh/(m^2 BRA, år).

EU-direktivet[43] (beslut juni 2002) om energiperformance i byggnader ska tillämpas senast januari 2006. Då måste tydliga anvisningar finnas om hur energiberäkningar ska göras och hur energianvändningen ska redovisas. Varje nation ska själv arbeta fram program för hur direktivet ska implementeras och följas. Detta direktiv anser man på sikt ska ge energieffektiviseringar i bebyggelsen och då också minska miljöpåverkan. Eftersom EU-direktivet är något som ska förverkligas, skulle det kunna hjälpa till att infria en del av visionerna som nämnts här ovan.

Denna studie kan vara av vikt för att få input till hur energianvändningen ser ut i nybyggda flerbostadshus idag. Det ger en lägesrapport där det tyder på att de energieffektiviseringskrav som ställs på byggsektorn inte är tillräckligt entydiga

---

[40] http://miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal15.php#bygg_7
[41] http://www.byggabodialogen.se
[42] http://www.kretsloppsradet.com/index.shtml
[43] Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings /* COM/2001/0226 final COD 2001/0098 */ http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/lvb/l27042.htm

om det visar sig att energianvändningen snarare blir sämre än för hus byggda under 80- och början på 90-talet. När man ställer krav på ett komplext förhållande som energianvändning behövs det finnas tydligare handlingsprogram och framförallt en plan för hur kraven ska följas upp. Detta måste finnas redan från början av projekt. Kanske ska bidrag ges först efter energianvändningen kontrollerats och man kan visa på godtagbara resultat. Då blir det upp till byggföretagen att frivilligt sträva efter en belöning för gott utförande.

6 SLUTSATSER

Syftet med denna studie har varit att följa upp energianvändningen i tio fastigheter på Bo01-området i Malmö. Det är ett utmärkt område för energiforskning då det finns tillgång till timdata över värme- och elanvändning. En ytterligare bidragande faktor som gör det till ett givande forskningsområde är att fastigheterna är byggda under samma tid, med olika byggherrar och att de utsatts för samma klimat. Det som skiljer fastigheterna åt borde vara huruvida man lyckats implementera sin kunskap i energieffektivt byggande.

I kapitlet om syftet finns några frågeställningar som ska besvaras:

- Är energiberäkningarna som byggherrarna låtit göras realistiska?

Fastigheterna klarar inte energikravet på 105 kWh/(m^2 BRA, år) och det är framför allt värmeanvändningen som ligger för högt. Det finns klara indikationer på att beräknat energibehov är för lågt främst på grund av att Enorm överskattar utnyttjandet av solenergi. En del indata så som för låg innetemperatur och hänsyn till effekten av köldbryggor är också bidragande till att värmebehovet blir för lågt beräknat. De flesta fastigheterna har felmarginaler på 40-60 % av beräknat energibehov, vilket bör ses som alldeles för stort. Dels bör valet av indata mer överensstämma med verkligheten, dels bör valet av energiberäkningsprogram vara ett som har timupplösning som kan simulera verkliga förfarande mer realistiskt. För fastigheter utan värmeåtervinning (Kajpromenaden, Vitruvius, Havslunden) ligger medelvärdet för energianvändningen på 148 kWh/(m^2 · år) eller 186 kWh/(m^2 · år) då arean för garage är borträknad. För fastigheter med värmeåtervinning (Friheten, Sundsblick, Havshuset, Entréhuset) blir medelvärdet 127 kWh/(m^2 · år). För dessa fastigheter har byggherrarna från början inte inkluderat garagearean. Kajplats 01, Tegelborgen och Tango är då inte inkluderade i dessa medelvärden eftersom dessa fastigheter har haft så pass mycket problem att de anses avvika från ”normal” drift.

- Hur ser fördelningen ut mellan värme- och elanvändning i fastigheterna?

Det unika med Bo01-området är att ett energiproduktionssystem har byggts för att försörja stadsdelen med förnybar energi. En förutsättning för att lyckas få

balans mellan produceras förnybar energi och använd energi var bland annat att fastigheterna var energieffektiva. När området är fullt utbyggd kommer energibalansen troligen inte att hålla i Västra hamnen. Sydkraft uppskattade energianvändningen till 70 kWh/(m^2 BRA, år) värme och 35 kWh/(m^2 BRA, år) el. Om man inte tar med Kajplats 01, Tegelborgen och Tango, ligger snittet för värmeanvändningen i de övriga sju fastigheterna på 103 kWh/($m^2 \cdot$ år) utan att inkludera garagearean. För elanvändningen ligger snittet för de sju fastigheterna på 49 kWh/($m^2 \cdot$ år).

- Kan kraven på låg energianvändning och god komfort samtidigt uppfyllas?

Enligt enkätundersökningen har de undersökta fastigheterna god luftkvalitet. Däremot tycker en knapp tredjedel av de svarande att värmekomforten är dålig vintertid. De största problemen om de boende lyfter fram är drag, för kallt i något rum vintertid och kalla golv. Hela två tredjedelar besväras av drag. Ett vanligt sätt att kompensera för drag är just att skruva upp för värmen. Trots att värmeanvändningen blivit högre än väntat ger det ändå inte ett behagligt inneklimat.

- Finns det exempel som bör lyftas fram till lärdom för framtida projekt?

Det är än så länge för tidigt att lyfta fram vilken fastighet som lyckats bäst med både effekt energianvändning och god komfort. Havshuset har lägst energianvändning men har samtidigt fått klagomål på komforten. Av de boende i Friheten som fyllt i enkätformuläret var de flesta nöjda med komforten medan energianvändningen är 30 % högre än kravet. Mer detaljanalyser med kompletterande beräkningar behöver göras.

Anledningarna till en högre energianvändning ligger givetvis inte bara i noggrannare beräkningar. Kunskapen om hur man får byggnader att bli energieffektiva måste både finnas och prioriteras hos alla aktörer i byggsektorn. Ett hus med god klimatskärm är en förutsättning för att driften ska vara energieffektiv, här gäller det att bygga rätt från början.

Kraven som ställs från myndigheter borde göras tydligare och följas upp. Exempelvis verkar det behövas en tydligare anvisning om vilken area man ska använda i energiberäkningar, exempelvis att garage inte ska ingå, samt vissa krav på indata såsom att sätta innetemperaturen till 22 °C. Det finns inget skrivet i kvalitetsprogrammet för Bo01 om konsekvenser för byggherrar som levererar hus med en högre energianvändning än utlovat. Även om man brukar säga att en stor del av energianvändningen beror på de boendes beteende så tyder resultaten på att det är klimatskalet och installationerna som står för den största orsaken till den höga energianvändningen i de tio undersökta fastigheterna. Värme till uppvärmning och tappvarmvatten bör mätas var för sig och för varje hus.

7 FORTSATT ARBETE

I nästa etapp är det planerat att orsakerna bakom avvikelser i energianvändningen ska analyseras noggrannare. Efter ett års uppföljning av energianvändningen i tio fastigheter finns nu respektive fastighets förutsättningar och resultat kartlagda. De hypoteser och indikationer som har växt fram kan undersökas genom att göra ytterligare mätningar och beräkningar.

Det är av intresse att mäta innetemperaturen. Då kan man jämföra indata till energiberäkningar och verkligt utfall. Mätningar av innetemperatur kan också jämföras med soldata för att beräkna solens inverkan mer noggrant. Förslagsvis kan metoden med fönsterfaktorn, som det refereras till i kapitel 2.4.3, testas i nya effektsignaturer.

Resultat från energiberäkningar med energiberäkningsprogram som har timupplösning kan jämföras med byggherrarnas Enorm-beräkningar för att se om exempelvis solenergin kan simuleras mer realistiskt.

Enligt kvalitetsprogrammet ska uppföljningen ske under två årscykler, se bilaga A. Mätningar av värme- och elenergi bör då göras ett år till. Då finns också tillfälle att ta fram nya effektsignaturerna som kan jämföras med dem som finns i denna studie.

Metod bör tas fram för information, kontinuerliga kontroller och uppföljning av projekt som omfattas av kvalitetsprogram/ekologiskt hållbart byggande. Det är av stor vikt att alla inblandade parter förstår vad som gäller och kan ta ansvar.

BILAGA A: UTDRAG UR KVALITETSPROGRAMMET

energi Vi ska visa en resurssnål energilösning för ett ekologiskt hållbart energisystem med bibehållen komfort för de boende. Energilösningen ska ta vara på lokala förutsättningar, förnybar energi och befintlig infrastruktur.

Överenskommen grundstandard – energiförsörjningen

	krav	ansvar
Energikällor	Området ska försörjas med energi från enbart förnybara energikällor.	Byggherrar
Lokal produktion av energi	All energi som konsumeras inom området ska också produceras lokalt. Dock kan vindkraft och biogas produceras på annan plats i Malmö. Denna "energibalans" ska gälla på årsbasis.	Byggherrar Malmö Stad
Minimerad energiförbrukning	Målet är att energiförbrukningen i fastigheterna genomsnittligt ej överstiger 105 kWh/kvm BRA, år. Detta inkluderar all fastihetsanknuten energi. Energi som produceras eller återvinns inom fastigheten är inkluderad.	Byggherrar
Skillnader i energiförbrukning mellan olika projekt	Avvikelser i energiförbrukning gentemot ovanstående får mas i enskilda projekt, förutsatt att målet för den genomsnittliga förbrukningen kan hållas i Bo01-området som helhet. Kontinuerlig uppföljning av detta sker under projekterings- och byggnadssede.	Byggherrar Bo01
Komfortkrav	Målet för effektiv energianvändning i fastigheterna enligt föregående punkter får ej innebära att de boendes komfort blir bristfällig. Om det krävs högre energiåtgång för att säkra komforten kan målsättningen om 105 kWh/ kvm BRA, år ändras i enstaka projekt efter samråd med Bo01 och energileverantör.	Byggherrar Bo01

Processen	Kontinuerlig uppföljning av stadsdelens energiförbrukning och komfortnivå ska göras under projekterings- och byggnadsskedena. Vid avvikelse i förhållande till energimålen vidtas åtgärder i första hand på byggnaderna (arkitektur, byggnadsteknik eller tekniska system) och i andra hand på produktionsapparaten	Byggherrar
Utvärdering	När stadsdelen är färdigställd utvärderas energiförbrukning och komfortnivå. Utvärdering sker under två hela årscykler.	Byggherrar
Värme- & kyl anläggningar	Klimatpåverkande och ozonförstörande ämnen skall undvikas i värme- eller kylanläggningar. Det miljömässigt bästa alternativen ska användas och baseras på vattenburen värme och komfortkyla.	Byggherrar
Installationer och apparater	Bästa alternativ miljömässigt ska användas. Alla installationer och apparater skall vara ledande på marknaden vad gäller energieffektivitet.	Byggherrar
Utvecklingsprojekt	Nya former för ägande och tjänster inom energiområdet ska stimuleras.	Byggherrar Bo01
Avfall och VA	Det utvinningsbara energiinnehållet i avfall och avloppsvatten ska tas till vara.	Malmö Stad, VA-verket Gatukontoret
Elinstallationer	Elinstallationer ska utföras med femledarsystem och i övrigt utformas så att exponering för elektromagnetiska fält minimeras.	Byggherrar

BILAGA B: EXEMPEL PÅ UTSKRIFT FRÅN ENORM

***** Enorm 1000. Version 1.01. © 1996 Svensk Byggtjänst *****
Program 000. Svensk Byggtjänst, 171 88 SOLNA.

Objekt: Exempel 1. Flerbostadshus med butiksplan.
Både värmepump och FTX-aggregat för att demonstrera funktionerna!

Beräknat av Per Persson, 0123-456789.
Indatafil: d:\0\x1.en

Byggnadsort: Malmö 1996-04-23. Beräkning nr: 45815

BYGGNADSDATA	Lägenhet	Butiker	Källare	Totalt
Typ mht BBR:s värmeisolerkrav	Fh-Lgh	Lokal	Fh-Övr	——
Antal bostadslägenheter	16	0	0	16
Uppvärmd golvarea, Aupp, m²	1296.0	324.0	324.0	1944.0
Fönsterarea i % av uppv. area	14.40	19.75	2.38	13.29
Spec.läckn. vid 50 Pa, l/m²,s	0.800	0.800	0.800	0.800
Värmekapacitet, Wh/m²,K	167	169	169	168
Omslutande area, Aom, m²	1206.0	270.0	534.8	2011

Krav på effektiv värmeanvändning gäller för byggnaden enl BBR 9:3.

GLASAREOR OCH INSTRÅLNINGSDATA. SOLDATA FÖR MALMÖ

Riktning	Lägenhet	Butiker	Källare
Nordväst	46.1 (0.75; 0)	0.0 (0.75; 0)	6.1 (0.75; 0)
Nordost	0.0 (0.75; 0)	0.0 (0.75; 0)	0.0 (0.75; 0)
Sydost	103.5 (0.75; 0)	51.2 (0.75; 0)	0.0 (0.75; 0)
Sydväst	0.0 (0.75; 0)	0.0 (0.75; 0)	0.0 (0.75; 0)

Ovan redovisas: Glasarea i m² (Solfaktor * Avskärmning ; Lutning)

TRANSMISSIONSDATA	Lägenhet		Butiker		Källare	
Byggnadsdel	Area	Up	Area	Up	Area	Up
Vindsbjälklag	324.0	0.200	0.0	0.000	0.0	0.000
Vägg,jord (*)	0.0	0.000	0.0	0.000	171.7	0.300
Vägg,luft	682.6	0.300	189.2	0.300	23.0	0.420
Golvbjlg 1 (*)	0.0	0.000	0.0	0.000	324.0	0.300
Golvbjlg 2 (*)	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
Fönster m karm	186.6	2.100	64.0	2.700	7.7	2.600
Dörrar m karm	12.8	1.000	16.8	1.000	8.4	1.000
Yta 1,luft	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
Yta 2,luft	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
Yta 3,jord (*)	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
(*) Red.faktor a1 =		0.75		0.75		0.75
U*A för köldbryggor, W/K		27.0		8.0		7.0
Totalt U*A, W/K		701.2		254.4		156.6

PROCESSENERGI	kWh/dygn: Vardagar	Lördag	Söndag	kWh/år
Behov av tappvarmvatten	142.82	142.82	142.82	52128
Gratisvärme (personvärme mm)	46.66	46.66	46.66	11333
Elprocesser som inte ger värme	38.82	38.82	38.82	14168
Elprocesser som ger värme	200.63	200.63	200.63	73228
Pumpar/fläktar för värmedistr.	0.00	0.00	0.00	1972
El till ventilation (Årsmedelbehov = 1.72 kW/m³/s)				11462
Tillförd elenergi (drivenergi) till värmepumpsystemet				53645

Exempel från manual till Enorm 1000, Svensk Byggtjänst, 1999.

Basenergi: Värmepump,uppv. och varmvatten
Dist: Vattenradiatorer.Termostater i rum. Ingen effektstyrning
Värmepumpen producerar både tappvarmvatten och uppvärmningsenergi.
Tillsatsenergi: Förbränningspanna. Oljeeldning
Dist: Vattenradiatorer.Termostater i rum. Ingen effektstyrning
Gemensam värmeproduktion. Gemensamt värmedistributionsystem.

	Basenergi	Tillsats
Förbränningsverkningsgrad, %	100	85
Värmeförluster från panna e dyl, kW	0.469	0.820
Varav utnyttjat värmetillskott, kWh/år	2412	113
Värmedistributionsförluster, W/K (*)	58.320	58.320
Värmeregleringsförluster, W/K (*)	58.320	58.320

(*) /K avser temperaturdifferensen mellan värmebärare och rumsluft

Produktionstimmar/Uppvärmningstimmar	8348/3980	412/ 412
Årsverkningsgrad/Täckningsgrad, %	92/ 89	77/ 11

Dim. framledningstemperatur 55°C. Distrib.pumpar/fläktar 0.449 kW

VENTILATIONSDATA	Lägenhet	Butiker	Källare
Typ av ventilation	FTX	FT	F
Vent.volym,m³ (Fukt,g/kg)	3175(0)	972(0)	761(0)
Effekt,kW/m³/s (% värme)	0.000(0)	1.800(50)	0.900(0)
Luftläckning,m³/h(oms/h)	138.9(0.04)	31.1(0.03)	61.6(0.08)
Mån/fredag: Rumstemp,°C	20.0	22.0	17.0
Basflöde,m³/h * h/dygn	1633.0*24.0	150.0*14.0	408.2*24.0
Forcerat,m³/h * h/dygn	0.0* 0.0	1800.0*10.0	0.0* 0.0
Dygnsmedel m³/h(oms/h)	1633.0(0.51)	837.5(0.86)	408.2(0.54)
Lördagar: Rumstemp,°C	20.0	22.0	17.0
Basflöde,m³/h * h/dygn	1633.0*24.0	150.0*14.0	408.2*24.0
Forcerat,m³/h * h/dygn	0.0* 0.0	1800.0* 6.0	0.0* 0.0
Dygnsmedel m³/h(oms/h)	1633.0(0.51)	537.5(0.55)	408.2(0.54)
Söndagar: Rumstemp,°C	20.0	17.0	17.0
Basflöde,m³/h * h/dygn	1633.0*24.0	150.0*24.0	408.2*24.0
Forcerat,m³/h * h/dygn	0.0* 0.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Dygnsmedel m³/h(oms/h)	1633.0(0.51)	150.0(0.15)	408.2(0.54)

Kanalförlust,frånluft (K=tempdiff över kanalvägg) 0 m,0.00 W/m,K
Kanalförlust,tilluft med högst rumstemperatur 0 m,0.00 W/m,K
Kanalförlust,värmd tilluft i luftvärmesystem 0 m,0.00 W/m,K
Kanalförlusten i FTX-systemet har beräknats till 0 kWh/år.

VÄRMEPUMP:Bergvärmepump. Data från fabrikanten

Utetemperatur:	-15.00	-7.00	2.00	7.00	15.00
Värmeeffekt, kW:	26.00	27.00	28.00	28.00	20.00
Driveffekt, kW:	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Lägsta avlufttemp 0°C. Lägsta utetemp 0.0°C. Högsta d:o 0.0°C
Årsvärmefaktor= Avgivet/Drivel 109367/ 53645 = 2.04. Red.fakt 0.80

FTX-AGGR.:16 st Fläkt ACF. (Ett per lägenhet) 2400 m³/h

Utetemperatur,°C	-15.00	-7.00	2.00	7.00	15.00
Värmeeffekt, kW	17.92	14.56	10.08	7.36	3.20
Driveffekt, kW	1.28	1.30	1.28	1.25	1.25
Spareff.,kW/m³/s	24.960	19.896	13.200	9.168	2.928
Eleffekt,kW/m³/s	1.920	1.944	1.920	1.872	1.872
Temp.verkn.grad	64.6	68.1	70.7	71.5	80.8

Återvunnet/Elbehov kWh/år = 40909/ 7516 = 5.44. Red.fakt. 1.00

VÄRMEBEHOV UNDER KALENDERÅRET (kWh) Nr 45815 - Sid 3

Må-nad	Uppv dgr	Trans-mission	Vent.+ Läckn.	Vent.- v.växl	Utnyttj.värme Sol	Process	Uppv.- behov	Uppv.+ tappvv
Jan	31	18379	+16328	-6206	-2569	-9256=	16676	21103
Feb	28	15865	+14043	-5390	-3326	-8332=	12860	16859
Mar	31	14677	+13012	-5057	-5400	-9179=	8053	12481
Apr	17	10643	+9412	-3744	-7099	-7921=	1292	5576
Maj	0	6692	+5996	-2524	-8410	-1754=	0	4427
Jun	0	3117	+2807	-1271	-4653	0=	0	4284
Jul	0	1940	+1780	-802	-2917	0=	0	4427
Aug	0	2958	+2692	-1212	-4438	0=	0	4427
Sep	0	5488	+4868	-2128	-6184	-2043=	0	4284
Okt	15	9110	+8130	-3279	-4687	-8238=	1036	5464
Nov	30	11945	+10631	-4151	-3018	-8892=	6516	10801
Dec	31	14917	+13138	-5146	-2341	-9208=	11360	15788
År	183	115731	102836	-40909	-55042	-64822	57794	109922

Summor= 91831 81587 -31430 -22556 -56155 för uppv.period.
Uppvärmningsperiod: Utetemp= 1.749 °C, 78507°h (Året 104288°h).

TILLFÖRD ENERGI UNDER KALENDERÅRET (kWh)

Må-nad	Energi från VP Nyttig	Förlust	Tillsatsenergi Nyttig	Förlust	Drivel till VP	Fläkt /Pump	Köpt värme	Proc.+ hush.el
Jan	14686	+1690	+6417	+798	+7439	+1326=	15980	7423
Feb	13128	+1615	+3731	+482	+6671	+1192=	12077	6704
Mar	12312	+1719	+168	+23	+6274	+1317=	7783	7423
Apr	5576	+812	+0	+0	+2886	+1117=	4002	7183
Maj	4427	+349	+0	+0	+2584	+972=	3556	7423
Jun	4284	+338	+0	+0	+3046	+935=	3982	7183
Jul	4427	+349	+0	+0	+3434	+964=	4398	7423
Aug	4427	+349	+0	+0	+3202	+972=	4173	7423
Sep	4284	+338	+0	+0	+2632	+927=	3559	7183
Okt	5464	+593	+0	+0	+2876	+1134=	4010	7423
Nov	10801	+1273	+0	+0	+5390	+1269=	6658	7183
Dec	14473	+1652	+1314	+160	+7211	+1310=	9995	7423
År	98291	11076	11631	1463	53645	13434	80173	87396

Dim. värmeeffekter (DUT = -8.8 °C. Tidskonstant = 221 h)

Tappvarmvatten, om dygnets hela behov ackumuleras	5.95 kW
Transmission, ventilation och luftläckning	48.26 kW
Utnyttjad gratiseffekt	-12.67 kW
Förluster i värmesystemet	4.74 kW
Totalt effektbehov (dygnsmedeleffekt)	46.29 kW

Vid forc. ventilation ökar effektbehovet momentant med 6.86 kW, utöver den ovan redovisade dygnsmedeleffekten. Medeleffekten avgör avsvalning under en lång period med dimensionerande utetemperatur. Den tappvarmvatteneffekt som redovisas är den effekt som krävs för att producera dygnets behov under 24 timmar. Verkligt installerad effekt måste väljas högre mht tappningscykel och beredarens volym.

Energibehov för eventuell eftervärmning av styrda tilluftsflöden

Energibehovet blir 796 kWh/år om styrd tilluft eftervärms till temperaturen 15 °C i Zon 2.

Byggnadens behov av värmeenergi i kWh/år:		BBR-byggnad	Verklig byggnad
Transmissionsförluster och luftläckning	(1)	79828	123356
Ventilationsförluster, styrd luftväxl.	(2)	+95242	+95210
Återvunnen värmeenergi i FTX-aggregat	(3)	-47621	-40909
Förluster i från- och tilluftskanaler	(4)	-0	+0
Utnyttj. värmetillskott från processer	(5)	-78203	-64822
D:o från sol. Ingår i Um för ref.byggn.	(6)	+0	-55042
Behov av varmvatten vid tappställen	(7)	+52128	+52128
Byggnadens nettobehov av värmeenergi	(8)	101375	109922
Extra fläktenergi till FTX-aggregat	(9)	———	+4799
Besparing med värmepump	(10)	———	-55722
Nettobehov enligt Boverkets handbok	(11)	101375	58999

```
*****************************************************************
*    Nettovärmebehovet är 42375 kWh lägre än i ref.byggnaden.   *
*  Byggnadens U-medelvärde, beräknat enl BBR är Um,akt = 0.408.  *
*  Um,krav=0.317 W/m²,K. Högsta tillåtna Um,gräns=0.413 W/m²,K.  *
*  Behov av värmeenergi och U-medelvärde uppfyller BBR:s krav!   *
*****************************************************************
```

Tillförd energi till värme- och ventilationssystemet i kWh/år:

Nettobehov av bas- och tillsatsenergi	(12)	101375	109922
Värmedistributions- och regl.förluster	(13)	+10610	+12539
Basenergi producerad med värmepump	(14)	-107038	-109367
Tillförd drivel till värmepump	(15)	+107038	+53645
Tillförd el till ventilationssystemet	(16)	+6663	+11462
El till värmedistrib.fläktar/-pumpar	(17)	+2209	+1972
Köpt energi till värme/ventilation	(18)	120856	80173
Processer. Hushålls- och fastighetsel	(19)	+87396	+87396
Nettobesparing av effektivare vitvaror	(20)	+0	-6058
Byggnadens totala behov av köpt energi	(21)	208253	161511

Totalt behov av köpt energi för verklig byggnad	kWh/år	kWh/m²
Värmepump,uppv. och varmvatten	0	0
Förbränningspanna. Oljeeldning (Eta = 85 %)	15405	8
Drivel till värmepump	53645	28
El till fläktar och pumpar	13434	7
Processer. Hushålls- och fastighetsel	87396	45
Nettobesparing av effektivare vitvaror	-6058	-3
Summa för kalenderåret	163822	84

Olja: 1.556 m³/år (9900 kWh/m³).

(*) BBR-byggnaden är en exakt kopia av den verkliga, förutom att:
1. Om effektiv värmeanvändning krävs minskas ventilationsförlusterna med 50 % utan att elbehov ökas. Annars F-ventilation.
2. Byggnadens U-värden är valda så att U-medelvärdet alltid blir exakt 0.317 (=Um,krav) beräknat enligt BBR:s regler.
3. Lufttätheten är 0,8 l/m²/s för bostäder och 1,6 för lokaler.

Energibehov beräknas med metod enl. "Byggnaders värmeenergibehov"

Objekt: Exempel 1. Flerbostadshus med butiksplan.
Både värmepump och FTX-aggregat för att demonstrera funktionerna!

Beräknat 1996-04-23 av Per Persson, 0123-456789
Indatafil: d:\0\x1.en

Taxefördelningar	Taxa 1	Taxa 2	Taxa 3	Taxa 4	Taxa 5
Årsbehov, kWh	Priser i kr/kwh och energibehov i kWh/period				
Basenergi	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 0	0	0	0	0	0
Tillsatsenergi	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 15405	15405	0	0	0	0
El till fläktar/pumpar	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 13434	13434	0	0	0	0
Drivel till värmepump	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 53645	53645	0	0	0	0
Processer. Hush.el	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 87396	87397	0	0	0	0
Summa kWh:	169880	0	0	0	0
Summa kr:	169880	0	0	0	0

Valda energipriser	Taxa 1	Taxa 2	Taxa 3	Taxa 4	Taxa 5
Fom månad-tom månad	Jan-Dec	———	———	———	———
Från Kl. till Kl.	0 - 24	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0
Dygn under veckan	Alla	Alla	Alla	Alla	Alla
(E) Elenergi	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(F) Fjärrvärme	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(L) Olja	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(B) Fastbränsle	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(G) Gas	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(1) Annat 1	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(2) Annat 2	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Energipris anges i kr/köpt kWh.(För bränslen kr/kWh värmeinnehåll)

Rörliga energikostnader	kWh/år	kr/år
Värmepump,uppv. och varmvatten	0	0
Förbränningspanna. Oljeeldning	15405	15405
Drivel till värmepump	53645	53645
El till fläktar och pumpar	13434	13434
Processer. Hushålls- och fastighetsel	87396	87397
Nettobesparing av effektivare vitvaror	-6058	-6058
Årssummor (Medelpris 1.00 kr/kWh)	163822	163822

Beräkning av Um,krav enligt formler i BBR 9:211. Nr 45815 - Sid 6

Utrymme i byggnaden	Lägenhet	Butiker	Källare
18% av uppvärmd area	233.3	58.3	58.3
Fönster och dörrarea	199.4	80.8	16.1
Af= minsta av ovanstående	199.4	58.3	16.1
Um,krav = 0.18(0.24)+Af*0.95/Aom	0.337	0.445	0.209
UA,krav = Um,krav*Aom	406.5	120.2	111.6

Um,krav = UA,krav/Aom = 638.3/ 2010.8 = 0.317 W/m²,K

Kontroll av byggnadens U-medelvärde enligt reglerna i BBR 9:2112.

Byggnads-del	Area (Ai) m² Bostad	Lokal	(Up - a3)	* a1	* a2	= Ui	Ui * Ai
Vindsbjlg	324.0	0.0	0.200	0.00 1.00	1.000	0.200	64.800
Vägg,luft	682.6	0.0	0.300	0.00 1.00	1.000	0.300	204.780
Fönster	186.6	0.0	2.100	0.95 1.00	1.000	1.146	213.928
Dörrar	12.8	0.0	1.000	0.00 1.00	1.000	1.000	12.800
Vägg,luft	0.0	189.2	0.300	0.00 1.00	1.071	0.321	60.814
Fönster	0.0	64.0	2.700	0.91 1.00	1.071	1.917	122.657
(Zonens fönsterprocent=19.753. Solavdrag multipliceras med 0.7594)							
Dörrar	0.0	16.8	1.000	0.00 1.00	1.071	1.071	18.000
Vägg,jord	171.7	0.0	0.300	0.00 0.75	0.833	0.188	32.194
Vägg,luft	23.0	0.0	0.420	0.00 1.00	0.833	0.350	8.050
Golv,jord	324.0	0.0	0.300	0.00 0.75	0.833	0.188	60.750
Fönster	7.7	0.0	2.600	0.40 1.00	0.833	1.833	14.117
Dörrar	8.4	0.0	1.000	0.00 1.00	0.833	0.833	7.000

Aom = 1740.8+ 270.0= 2010.8 Summa(Ui*Ai) i W/K = 819.889

Um,akt = Summa(Ui*Ai)/Aom = 819.889/ 2010.8 = 0.408 W/m²,K