

# CHALMERS



## Renovering av flerfamiljsbostäder inom miljonprogrammet ur ett energi- och lönsamhetsperspektiv

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

ANASTASIA ANDERSSON, DANIEL LARSSON

Institutionen för energi och miljö  
Avdelningen för installationsteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2013  
Examensarbete E2013:09



EXAMENSARBETE E2013:09

Renovering av flerfamiljsbostäder inom  
miljonprogrammet ur ett energi- och  
lönsamhetsperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör

ANASTASIA ANDERSSON, DANIEL LARSSON

Institutionen för energi och miljö  
*Avdelningen för installationsteknik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2013



Renovering av flerfamiljsbostäder inom miljonprogrammet ur ett energi- och lönsamhetsperspektiv

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

ANASTASIA ANDERSSON, DANIEL LARSSON

© ANASTASIA ANDERSSON, DANIEL LARSSON, 2013

Examensarbete / Institutionen för energi och miljö,  
Chalmers tekniska högskola E2013:09

Institutionen för energi och miljö  
Avdelningen för installationsteknik  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:  
Siriusgatan 24-28 (bilden tagen av författarna)

Institutionen för energi och miljö  
Göteborg 2013



Renovering av flerfamiljsbostäder inom miljonprogrammet ur ett energi- och lönsamhetsperspektiv

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

ANASTASIA ANDERSSON, DANIEL LARSSON

Institutionen för energi och miljö  
Avdelningen för installationsteknik  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Miljonprogrammet är ett byggnadsprogram som pågick från 1964 fram till 1975. Under den tiden uppfördes cirka en miljon bostäder som nu nästan 50 år senare är i stort behov av upprustning av energibesparande åtgärder. För att klara miljömålet att sänka energianvändningen med 50 procent fram till år 2050 räcker det inte att bara bygga nya energisnåla byggnader utan det krävs också en upprustning av det befintliga beståndet.

Den här uppsatsen behandlar installationstekniska åtgärder som minskar energianvändningen bland miljonprogrammets bostäder och lönsamhet av dessa åtgärder. Ombyggnaden av byggnadens konstruktion beaktas inte i detta arbete. Rapporten innefattar en litteraturstudie av befintligt bestånd samt undersökning av de tre utförda renoveringsprojekten Brogården i Alingsås, Gårdsten i Göteborg och Katjas Gata 119 i Göteborg där energibesparing och lönsamhet utvärderas. Det visar sig att de tre olika fastighetsföretag har olika syn på lönsamhet, medan en räknar hem samhällsekonomisk vinst tar andra hänsyn till hyreshöjning eller vunnen erfarenhet från ombyggnad. De tre fastighetsföretagen använder sig av olika återbetalningstider vilket påverkar lönsamheten av olika åtgärder avsevärt.

I fallstudien på den befintliga miljonprogramsbyggnaden Siriusgatan 24-28 undersöks och utvärderas olika installationstekniska åtgärder enskilt och i kombination med tanke på energibesparing och lönsamhet. Resultatet av lönsamhetsanalysen visar att debitering av varmvatten, installation av snålspolande kranmunstycke och byte av frånluftsfläkt är lönsamma, men är de tre som spar minst energi. Installation av från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) och frånluftsvärmepump (FVP-system) visade sig inte vara lönsamma. Det alternativ som ger störst lönsamhet i förhållande till energibesparing är kombinationen som innefattar debitering av varmvatten, snålspolande kranmunstycken, byte av frånluftsfläkt och installation av FVP-system. Vid ökade energipriser blir FTX-system lönsamt på grund av den höga energibesparingen den ger. Resultatet påverkas av de antaganden som görs och att de modeller som används är en förenkling av verkligheten.

Nyckelord: miljonprogrammet, energiförbrukning, installationstekniska åtgärder, Gårdsten, Brogården, Katjas Gata 119, Siriusgatan 24-28, ombyggnad, lönsamhet.

Renovation of multi-family buildings constructed during political program miljonprogram with focus on energy and cost-benefit

Diploma Thesis in the Engineering Programme  
Building and Civil Engineering

ANASTASIA ANDERSSON, DANIEL LARSSON

Department of Energy and Environmental Engineering

Division of Building Services Engineering

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

Miljonprogram is a Swedish building program from 1964 to 1975. During that time about a million homes were constructed. Now, almost 50 years later, they are in desperate need of renovation. In order to fulfil the Swedish environmental objective to decrease energy consumption 50 per cent until 2050, considerable housing stock built under the Miljonprogram has to be renovated.

Focus in this thesis is on the building services and their profitability that can decrease energy consumption in households build during the Miljonprogram. Building construction is not considered in this report. This thesis includes a literature review of existing housing stock and the exploration of the three renovated projects Brogården in Alingsås, Gårdsten in Gothenburg and Katjas Gata 119 in Gothenburg, where energy savings and profitability was evaluated. It turns out that the three real estate companies have different views on profitability, while one considers socio-economic profit the other one takes into consideration increase of rent level and construction experience. The three real estate companies use different repayment periods which affects the profitability of various measures considerably.

In the case study on the miljonprogram's building Siriusgatan 24-28 various building services are examined and evaluated separately and in combination in order to estimate their energy saving and profitability. The results of the cost-benefit analysis show that charging for hot water, installation of low-flow faucet nozzle and replacement of exhaust fan is profitable whilst they are those measures that save least energy. Installation of ventilation system with heat recovery (FTX) and exhaust air heat pump (FVP) do not prove to be profitable. The option that provides the biggest profit while saving most energy is a combination consisting of charging for hot water, low-flow faucet nozzles, replacement of exhaust fan and installation of FVP system. At higher energy prices FTX system will be profitable because of the high energy savings that it provides. The results are affected by the assumptions and the fact that calculation models are a simplified reflection of reality.

Key words: miljonprogram, energy consumption, building services measures, Gårdsten, Brogården, Katjas Gata 119, Siriusgatan 24-28, renovation, profitability.

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 Precisering av frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	2
2 TEORETISK BAKGRUND	3
2.1 Historik	3
2.2 Krav	3
2.2.1 Ventilationssystem	4
2.2.2 Värme- och kylbehandlingsinstallationer	5
2.2.3 Energianvändning	5
2.2.4 EU krav	6
2.2.5 Energi kravspecifikationer	7
2.3 Befintligt bestånd	9
2.3.1 Konstruktion	9
2.3.2 Ventilation	10
2.3.3 Värme	15
2.3.4 Varm- och kallvatten	16
2.3.5 Avlopp	17
2.3.6 Energibesparingspotential	17
3 GENOMFÖRDA RENOVERINGSEXEMPEL	19
3.1 Brogården Alingsås	19
3.1.1 Bakgrund	19
3.1.2 Energianvändning	20
3.1.3 Värme	20
3.1.4 Ventilation	22
3.1.5 Ekonomi	24
3.2 Gårdsten Göteborg Solhus 1	26
3.2.1 Bakgrund	26
3.2.2 Energianvändning	27
3.2.3 Värme	28
3.2.4 Ventilation	29
3.2.5 Ekonomi	30

3.3	Katjas gata 119 Göteborg	31
3.3.1	Bakgrund	32
3.3.2	Energianvändning	32
3.3.3	Värme	33
3.3.4	Varm- och kallvatten	34
3.3.5	Ventilation	34
3.3.6	Ekonomi	36
3.4	Sammanfattning av tekniska lösningar	38
4	FALLSTUDIE SIRIUSGATAN 24-28 GÖTEBORG	41
4.1	Tekniska data	42
4.2	Energianvändning	43
4.3	Ekonomi	43
4.4	Indata för befintlig byggnad i BV <sup>2</sup>	43
4.4.1	Klimatdata	43
4.4.2	Konstruktion	43
4.4.3	Interna värmelaster	45
4.4.4	Klimathållningssystem	47
4.4.7	Resultat för beräkningsmodell	48
4.5	Grundåtgärder	48
4.6	Simulering av grundåtgärder i BV <sup>2</sup>	49
4.7	Energibesparande åtgärder	50
4.7.1	Ventilation	50
4.7.2	Värme	51
4.8	Simulering av energibesparande åtgärder i BV <sup>2</sup>	51
4.9	Kostnads kalkyl för energibesparande åtgärder	52
4.10	Lönsamhetsanalys	53
4.10.1	LCC	53
4.10.2	Känslighetsanalys	57
4.11	Resultat	60
5	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	62
6	LITTERATURFÖRTECKNING	64
	BILAGOR	67
	Bilaga 1	67
	Bilaga 2	68
	Bilaga 3	69
	Bilaga 4	70
	Bilaga 5	71



## Förord

Detta arbete omfattar 15 högskolepoäng på Chalmers tekniska högskola och ingår i den treåriga byggingenjörsutbildningen. Rapporten har skrivits på institutionen för energi och miljö, avdelning installationsteknik i samarbete med SWECO Systems i Göteborg.

Vi vill passa på och tacka våra handledare på SWECO Fredrik Hansson och Karin Forsman som tog sig tid att läsa genom rapporten och komma med bättringsförslag. Stor tack till SWECOs konsulter Johan Svensson för hjälp med användning av BV2 och Erik Eliasson för hjälp med LCC beräkningar. Vi är tacksamma till Cathrine Gerle, projektledare hos Poseidon, Hans Eek, arkitekt hos Passivhuscentrum, och Jan-Olof Dalenbäck, professor i Installationsteknik på Chalmers, för er tid och ovärderlig insiderinformation om renoverade projekt. Stor tack till Mattias Pettersson, energistrateg på Familjebostäder AB Göteborg, för information om Siriusgatan 24-28. Sist med inte minst, tackar vi vår handledare och examinator på Chalmers, Anders Trüschel, för tid, mängd av idéer och motivation att driva arbetet framåt.

Under genomförande av detta arbete har vi lärt oss väldigt mycket. Vi hoppas att arbetet kommer till nytta och nöje.

Göteborg juni 2013

Anastasia Andersson, Daniel Larsson

## Beteckningar

$A_{temp}$	[m <sup>2</sup> ]	Summan av invändig golvarea för respektive våningsplan, vindsplan och källarplan som värms till mer än 10 °C uppvärmd area
$c_p$	[kJ/(kg*K)]	Specifik värmekapacitet
$\lambda$ -värde	[W/m °C]	Värmeledningsförmåga
$\dot{Q}$	[W]	Värmeeffekt
SFP-tal	[kW/m <sup>3</sup> /s]	Specifik fläkteffekt
$\Delta t$	[°C]	Temperaturdifferens
U-värde	[W/m <sup>2</sup> K]	Värmeförlusttal
$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /s]	Flöde
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Densitet



# 1 Inledning

Detta examensarbete innefattar sammanställning och analys av data angående installationstekniska åtgärder vid renovering av Miljonprogrammet. Med Miljonprogrammet menas hus byggda under perioden 1964-75 som kännetecknades av snabba byggtider, långa serier, rationaliserade byggmetoder och förtillverkade byggnadselement. (Warfvinge. 2008)

Miljonprogrammet är ett hett ämne nu på grund av ett akut behov av renoveringsåtgärder och dess höga energianvändning. Bostäder står för cirka 40 procent av energianvändning i världen (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU). Då Miljonprogrammet utgör cirka en tredjedel av all bebyggelse i Sverige sparar upprustningen av dessa hus mycket energi som långsiktigt kan hjälpa Sverige att uppnå EU:s energimål, d.v.s. minskning av energianvändning med 50 procent till 2050.

## 1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att samla in och sammanställa information om befintliga byggnads- och installationstekniska lösningar som används vid renovering av miljonprogrammet, för att sedan dra slutsatser om orsaker till varför vissa alternativ är att föredra framför andra. Med hjälp av dragna slutsatser tas ett energibesparande åtgärdspaket fram för en befintlig fastighet som ingår i miljonprogrammet. Detta åtgärdspaket fastställs genom att väga olika åtgärder mot varandra ur energi och lönsamhets perspektiv.

## 1.2 Precisering av frågeställning

- Vilka tekniska åtgärder vidtas vid renovering av Miljonprogrammets flerfamiljsbostäder?
- Vad är det som bestämmer vissa typer av åtgärder? (Underhållsbehov, lönsamhet, energibesparing)
- Är det lönsamt för fastighetsägare att renovera med ett energibesparande syfte?
- Finns det ett mönster i valet av de tekniska åtgärderna som går att se?
- I fall mönstret finns, går det att applicera det på en annan liknande fastighet för att spara tid för projektering och använda som mall vid nästa renovering?

## 1.3 Avgränsningar

I denna uppsats har vi valt att fokusera på flerfamiljsbostäder som ingår i Miljonprogrammet, d.v.s. byggda under perioden 1964-75. Kontor och andra lokaler kommer inte att beröras. Den största vikten i uppsatsen läggs på de tekniska lösningar inom installationssystemet som leder till långsiktig energibesparing och som är lönsamma för fastighetsägare. Bostädernas byggnadsfysik nämns men det berörs inte något djupare, för att installationsteknik är det område som är av störst intresse i denna uppsats.

## 1.4 Metod

Uppsatsen innehåller två delar, teoretisk och praktisk. Innehållet i den teoretiska delen har litteraturstudie som bas. Fokus i litteraturstudien ligger på de tekniska energibesparande åtgärder som kan tillämpas vid renovering av miljonprogrammets flerfamiljsbostäder. Informationen samlas i form av rapporter, intervjuer och studiebesök på renoverade bostäder. Utvärdering och jämförelsen av informationen ger en bas för den praktiska delen.

Den praktiska delen innehåller fallstudie på given fastighet med tyngdpunkt på möjliga energibesparande åtgärder. För att kunna bedöma byggnadens energianvändning byggnadsfysisk information studeras och matas in i energiberäkningsprogram BV<sup>2</sup>. Efter beräkning av byggnadens energiprestanda är det möjligt att ändra förutsättningar för byggnaden genom olika renoveringsförslag och se hur energianvändning ändras. Lönsamhetsanalys inklusive känslighetskalkyl för båda fallen genomförs med hjälp av LCC metoden.

## 2 Teoretisk bakgrund

I teoretisk bakgrund behandlas historiken, lagar, krav och rekommendationer. Det är relevant att ta upp de olika nivåerna för energianvändningen enligt BBR (Boverkets byggregler) och Sveriges Centrum för Nollenergihus. Upprustningsbehovet för miljonprogrammet är så pass stort att det kan vara lämpligt att passa på och höja ribban för renovering upp till en viss standard, som till exempel passivhus, nollenergihus eller minienergihus.

### 2.1 Historik

Efter andra världskriget uppkom en stor tillväxt i Sverige där näringsliv och industri utvecklades i allt snabbare takt. Denna tillväxt gav upphov till en stor urbanisering där människor flyttade från landsbygden in till städerna för att ta del av de nya arbetstillfällena. Även med den ökade inflyttning av arbetskraften från landsbygden hade industrierna ett stort behov av arbetare, till följd av detta värvades snart arbetskraft från utlandet. Denna invandring och den goda tillväxten resulterade i en ökning av Sveriges befolkning från 6,7 till 7,8 miljoner invånare under perioden 1945 till 1965. (Lundahl, Viden, 1992, s.9)

Sveriges ekonomi steg stadigt uppåt och bostadsbyggandet började ta fart. Trots detta rådde det en stor brist på bostäder i landet till följd av den stora befolkningsökningen. Bostadsbristen var inte det enda problemet, de befintliga bostäderna var trångbebodda (mer än 2 personer per rum) och av låg standard där en stor del av bostäderna saknade centralvärme, vatten, avlopp, badrum, wc m.m. (Reppen, Viden, 2006, s. 11)

I takt med att det svenska folket fick det allt bättre ställdes högre krav på levnadsstandard och boendesituation. Detta satte press på den svenska regeringen vilket resulterade i en rad utredningar. På grund av dessa fattade regeringen beslutet att uppföra en miljon nya bostäder under perioden 1965-1974. (Lundahl, Viden, 1992, s. 10)

Att bygga alla dessa bostäder blev dock en utmaning på grund av brist på arbetskraft och krav på låga byggnadskostnader och kort byggtid. För att genomföra beslutet blev det nödvändigt att hitta nya sätt att bygga på. Lösningen blev rationalisering av byggnadsprocessen där standardiserade byggelement användes. Till följd av detta kunde även byggnadskostnaderna och mängden arbetskraft minskas. (Lundahl, Viden, 1992, s. 8)

Fram till år 1974 byggdes över en miljon bostäder samtidigt som standarden i de svenska hushållen höjdes avsevärt. (Reppen, Viden, 2006, s. 10)

Idag kallas perioden från 1964 fram till 1974 för miljonprogrammet i Sverige. Det är tiden då det uppfördes över en miljon bostäder med den nya rationaliserade byggnadsmetoden. (Jörnmark, 2013)

### 2.2 Krav

Boverkets ”Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR” från 2006 behandlar förutsättningar som måste uppfyllas vid ombyggnad av fastigheter. Först är det krav och allmänna råd från Boverket som presenteras, sedan kommer mer specifika råd om installationsteknisk aspekt av ombyggnad att behandlas. Med installationsteknisk

aspekt menas åtgärder som syftar till förbättring av befintligt inneklimat, såsom ventilation och värme samt minskning av energianvändning.

Den röda tråden som går genom BÄR är att hänsyn skall tas till byggnadens karaktäristiska drag och värdet av huset skall behållas. Den andra aspekten som framgår tydligt är, att välja lösningar och material som är hållbara.

*Ändringar av en byggnad skall utföras varsamt så att dess karaktärsdrag beaktas och dess värden tas till vara.*

*Genom en omsorgsfull projektering kan man ta till vara husets möjligheter att tillgodose nya funktionella krav.*

*Välj lösningar och material som underlättar ett långsiktigt underhåll och som i framtiden medger utbyte eller förnyelse utan stora ingrepp. (Allmänna råd 1996:4, Boverket 2006)*

## 2.2.1 Ventilationssystem

Vid förundersökningen skall utredas om befintligt ventilationssystem kan tillhandahålla tillräcklig luftomväxling enligt avsnitt 6:251 BBR.

*I bostadshus där ventilationen kan styras separat för varje bostad, får ventilationssystemet utformas med närvaro- och behovsstyrning av ventilationen. Dock får uteluftsflödet inte bli lägre än 0,10 l/s per m<sup>2</sup> golvarea då ingen vistas i bostaden och 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarean då någon vistas där. (BFS 2006:12)*

Ifall ventilationssystemet inte klarar av att uppfylla kraven bör utredning göras om möjliga åtgärdsalternativ. Vid omfattande renovering eller utbyte av ventilationssystem gäller samma krav som för nybyggd fastighet. Energibesparingsåtgärder som eventuellt kan utföras vid ombyggnad bör undersökas.

*Nytt ventilationssystem bör installeras endast om befintligt ej kan kompletteras för att uppnå avsedd luftväxling.*

*Vid mera omfattande ändringsåtgärder bör möjligheterna att åstadkomma en energieffektivisering genom förändring eller intrimning av ventilationssystemet alltid undersökas.*

*Vid installation, utbyte eller ändring av ventilationssystemet, bör man sträva efter att uppfylla de krav på energihushållning som gäller vid nybyggnad vad avser kanalisering, täthet och styrsystem, se avsnitt 9:5 och 9:6 i BBR (Allmänna råd 1996:4, Boverket 2006).*

Enligt avsnitt 9:5 och 9:6 i BBR "Installationer för värme och kyla i byggnader ska vara utformade så att de ger god verkningsgrad under normal drift" (BBR 18, Boverket). Behov av kyla bör minskas med hjälp av solavskärmning, lämplig fönsterstorlek, placering av fönster etc. (BBR 18, Boverket)

Vid ombyggnad av ventilationssystem skall luftomsättningen bli enligt Socialstyrelsen allmänna råd SOSFS 1999:25. "För bostäder gäller 0,35 l/s uteluft per kvadratmeter golvarea eller 4 l/s per person" (SOSFS 1999:25, Socialstyrelsen).

Byggnadens olika tekniska funktioner kan påverka varandra, exempelvis kan en ändring av sättet för uppvärmning påverka ventilationen vilket i sin tur kan påverka fuktillståndet i byggnadens klimatskiljande delar.

Fuktillskott erhålls på grund av fuktproduktion inomhus, t.ex. från människor, bad, tvätt, disk, matlagning och växter m.m. Ökad ventilation medför att fuktillskottet minskar om fuktproduktionen är konstant. (Allmänna råd 1996:4, Boverket 2006)

## 2.2.2 Värme- och kylbehandlingsinstallationer

Vid värme- och kylinstallationer bör styr- och reglering vara anpassningsbar vid ändring av verksamheten. Termostat bör finnas i alla rum. Vid omfattande ändringar bör samma nivå av energihushållning som för nybyggda bostäder.

Vid installation, utbyte eller ändring av uppvärmnings och/eller kylsystem bör man sträva efter att nå samma nivå beträffande energihushållning som gäller vid nybyggnad vad avser värme- och kylproduktion och styr och regler system, se avsnitt 9:5 i BBR.

Som alternativ till installation av kylsystem bör man pröva andra åtgärder som t.ex. solavskärmning och minska de interna värmelasterna genom effektiv belysning och utrustning, se avsnitt 9:51 i BBR (Allmänna råd 1996:4, Boverket)

## 2.2.3 Energianvändning

Vid omfattande ombyggnad av befintliga bostäder sätts samma krav som för nybyggnation. För att uppnå energibesparingskrav har BBR tagit fram energianvändningskrav för olika klimatzon i Sverige (se tabell 1).

Tabell 1 Krav på energianvändning enligt BBR (BFS 2011:26)

### Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år]	130	110	90
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m <sup>2</sup> K]	0,40	0,40	0,40

(BFS 2011:26).



Figur 1 Klimatzoner i Sverige (rockwool.se, 2013)

**Klimatzon I**

Norrbottnens, Västerbottnens och Jämtlands län.

**Klimatzon II**

Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.

**Klimatzon III**

Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län

## 2.2.4 EU krav

Europaparlamentet och Europeiska Unionens Råd december 2009 har antagit direktiv för att minska energianvändningen i EU. Syftet med direktivet är att minska "växthusgasutsläppen och uppfylla Kyotoprotokollet till Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar samt andra åtaganden på gemenskapsnivå eller internationell nivå om att minska växthusgasutsläppen efter 2012." (Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG)

I EPBD2, Energy Performance of Buildings Directive del 2, preciseras krav på energianvändning i nybyggda och befintliga bostäder. Då bostäder står för 40 procent av den totala energianvändningen inom EU och då byggbranschen fortsätter att expandera finns stor potential att minska energianvändningen genom följande åtgärder:

- Vid omfattande renovering eller nybyggnad skall byggnad uppfylla minimikrav anpassade till det lokala klimatet. Vid nybyggnad bör förundersökning göras ifall det finns möjlighet att använda sig av alternativa

energiförsörjningssystem. (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU).

- Värme- och ventilationssystem bör kontrolleras regelbundet under dess livscykel av kunnig personal för att säkerställa att systemen fungerar på korrekt sätt. Om möjligheten finns bör inspektion kombineras med certifiering (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU).
- De nya installationstekniska systemen som ersätter de gamla i befintliga byggnader bör ha systemkrav på värmesystem, varmvattensystem, luftkonditioneringssystem och stora ventilationssystem (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU).
- Energideklaration ska innehålla information om energieffektiva åtgärder som kan genomföras i samband eller utan omfattande renovering. (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU).
- Installationen av aktiva styrsystem som till exempel styr- och övervakningssystem för att spara energi bör främjas (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU).

## 2.2.5 Energi kravspecifikationer

Länder som är medlemmar i EU ansvarar själva enligt EPBD2 att sätta egna ramar för energiprestanda för byggnader. (Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU) I Sverige har Sveriges Centrum för Nollenergihus 2012 i samband med EPDB gav ut FEBY 12 som innefattar kravspecifikationer för passivhus, nollenergihus samt minienergihus som sammanfattas. I FEBY 12 framgår tydligt specifikationer för olika typer av bostäder. Såsom omfattande ombyggnad innebär nybyggnationsstandard på energiprestanda blev det relevant att ta fram vilka specifikationer som gäller.

### 2.2.5.1 Passivhus

Karakteristiskt för passivhus är små värmeförluster, tätt byggnadsskal och energieffektiva fönster (se figur 2). För att kallas passivhus måste huset uppfylla specifikationer från FEBY 12. Det finns två viktiga krav, den ena är byggnadens årsenergianvändning och den andra värmeförlusttal (Erlandsson, 2012).

Byggnadens årsenergianvändning  $E_{levererad}$  för passivhus ska inte överskrida följande krav (se tabell 2) (Erlandsson, 2012):

Tabell 2 Skallkrav för byggnader med renodlade system (för värme och varmvatten)  $E_{levererad}$  (Erlandsson, 2012)

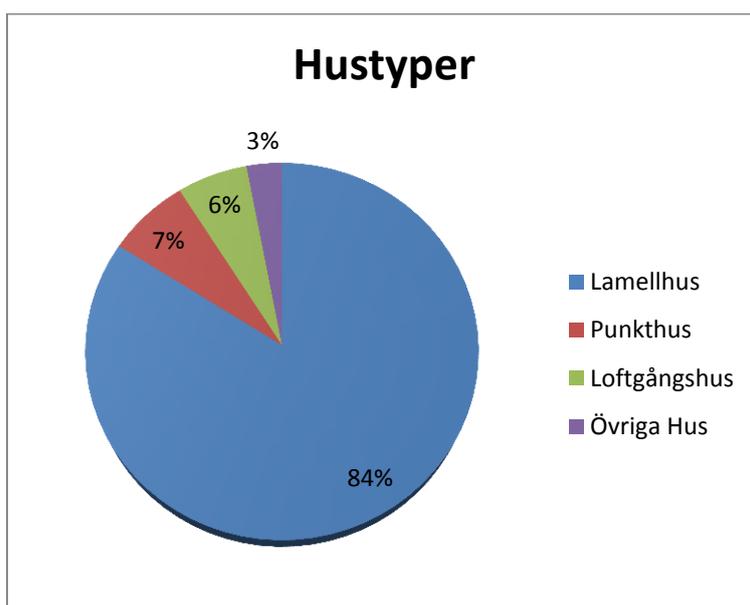
Krav	Klimatzon I	Klimatzon II	Klimatzon III
För byggnader med renodlade system (för värme och varmvatten) gäller följande skallkrav för $E_{levererad}$ :			
[kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> , år]			
Max icke elvärmdda	58	54	50
Max elvärmdda	29	27	25



## 2.3 Befintligt bestånd

I dagsläget bor ungefär var fjärde svensk i en byggnad som tillhör rekordåren 1961-1975 (vilket innefattar miljonprogrammet 1964-1975), detta motsvarar 850 000 lägenheter i flerbostadshus. Husen är i behov av upprustning då de inte uppfyller de nya samhälls- och energikraven.

Miljonprogrammets bostäder skiljer sig åt till en vis del från varandra då alla byggnader är unika, men det finns vissa karakteristiska drag. Den absolut vanligaste hustypen som byggdes är lamellhus, därefter kom mer punkthus och loftgångshus (se figur 3). Dessa tre hustyper upprättades oftast i 2 till 4 våningar. (Industrifakta, 2008, ss. 18-19)



Figur 3 Andel lägenheter i flerbostadshus som byggdes i en viss hustyp under 1964-1975. (Industrifakta, 2008)

### 2.3.1 Konstruktion

Under rekordåren blev byggprocessen mer och mer rationaliserad. Denna period karakteriserades av stor användning av prefabricerade byggelement som gick snabbt att få upp, samtidigt som platsgjutning också förekom. Bjälklaget bars upp av byggnadens tvärställda väggar där sidolasterna togs upp av platsgjutna hisschakt. Vanligaste materialet till stommen var armerad betong men på lägre byggnader användes även lättbetongblock, lättbetongelement och lättbetongplank (Lundahl, Viden, 1992).

Eftersom innerväggarna var bärande, kunde lättare material användas till utfackningsväggar. Det gjorde att variationen av material till dessa blev mycket större. Det experimenterades en hel del med olika lösningar och material. Till fasaden användes bland annat betong, tegel och regelverk. Det var vanligt att betongen ytbehandlades med puts eller ballast. Regelverkens ytskikt bestod bland annat av plåt, trä eller asbestcement (Reppen, Viden, 2006).

Målet med grundläggningen var att få så likartade underlag som möjligt för samtliga hus i ett större område, detta för att underlätta byggprocessen. Underlaget anpassades

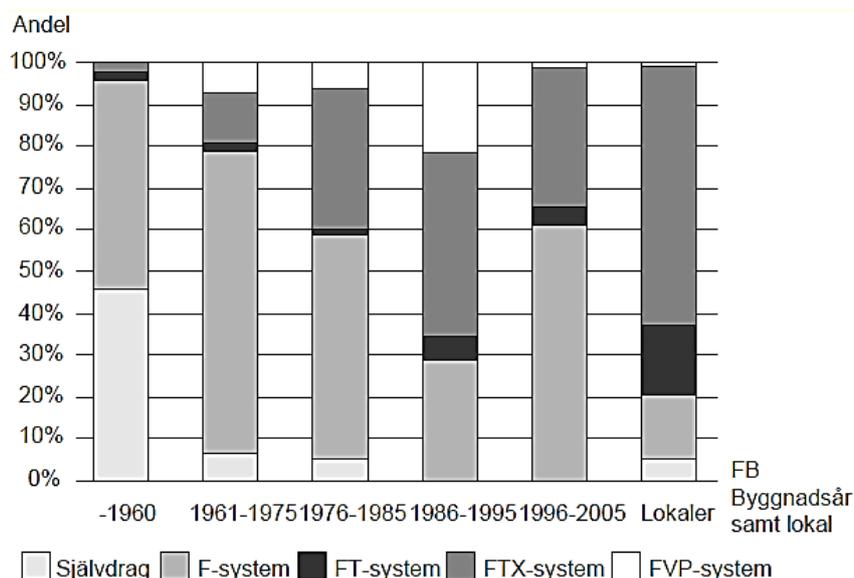
till huset. Beroende på förutsättningar användes platta på mark eller kryppgrund (Lundahl, Viden, 1992).

Vad gäller taken under denna period, blev de utformade med låg lutning (Lundahl, Viden, 1992) vilket resulterade i begränsat vindsutrymme. Vid byte av installationer som ofta placeras på vinden uppstår ofta problem med platsbrist.

### 2.3.2 Ventilation

Under rekordåren (1961-1975) användes självdragsystem i allt mindre utsträckning för att övergå till mekanisk ventilation (Boverket, 2010, s. 51). Flerbostadshusen som upprättades under perioden 1961-1975 använde sig till 70 procent av mekanisk frånluftventilation, 15 procent av självdrag och 15 procent av mekanisk till- och frånluftventilation. Gemensamt för dessa tre är att materialet som användes har försämrats och orsakat läckage. Bristande underhåll gav upphov till stora avlagringar i vissa kanalstråk. Detta slitage minskar möjligheterna för systemet att uppfylla de krav som byggnaden ursprungligen var utformad för, samt dagens krav (Lundahl & Viden, 1992, s. 66). Ett exempel på detta är att ca 18 % av flerbostadshusen som byggdes under perioden 1961-1975 idag inte har en godkänd OVK (obligatorisk ventilationskontroll) (se bilaga 1). (Boverket, 2010, s. 54)

Idag har vissa åtgärder genomförts på en del fastigheter. Enligt rapporten ”BETSI tekniska status” som gavs ut av Boverket 2010 ser fördelningen av ventilationssystemstyp i flerbostadshus ut enligt figur 4.



Figur 4 Andel av ventilationssystemstyp i flerbostadshus och lokaler. Baserat på andel uppvärmd golvarea som systemet betjänar. (Boverket, 2010, s. 51)

Enligt figur 4 frånluftssystem (F-system) fortfarande är dominerande med 71 procent följt av från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX-system) 12 procent, frånluftventilation med värmepump (FVP-system) 7 procent, självdrag 7 procent och från- och tilluftsventilation (FT-system) 3 procent (Boverket, 2010, s. 51).

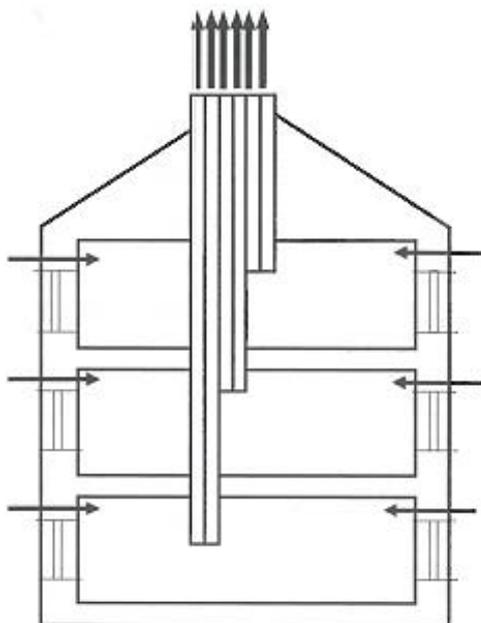
Vid en jämförelse av hur det byggdes och hur det ser ut i dag ser vi att vissa av systemen har uppgraderats till FTX-system och FVP-system. FT-system och självdrag har minskat i antal. F-system kvarstår i antal.

### 2.3.2.1 Självdragssystem (S-system)

Självdragssystem användes främst fram till början av 60-talet och allt eftersom minskade systemet i antal. Den karakteriseras av att frisk luft tillförs utifrån i lägenheterna via infiltrering genom klimatskalet eller genom ventiler i fönsterkarm. Det kom även ett visst bidrag från trapphuset via springor i dörren och via brevinkastet. Den förbrukade luften avlägsnades via kökets imkanaler samt genom kanaler placerade i badrummet. Varje kanal var separerad vilket innebar att varje lägenhet hade två kanaler (se figur 5).

Kanalerna bestod av antingen murverk, asbetsbetong eller betong. Eftersom självdragsventilation drivs av temperaturskillnaden mellan inomhus och utomhus är ventilationen inte reglerbar. Detta medför att på vintern när det är stor temperaturskillnad mellan inne och ute blir ventilationsflödet för högt. Detta är inte bra med tanke på att mer energi än nödvändigt lämnar byggnaden i form av värme. På sommaren sker motsatsen då det är för låg ventilationsflöde till följd av den låga temperaturskillnaden. Detta resulterar i ett sämre inomhusklimat och en hög luftfuktighet, vilket gör att risken för mögeltillväxt ökar. (Lundahl, Viden, 1992, s. 66)

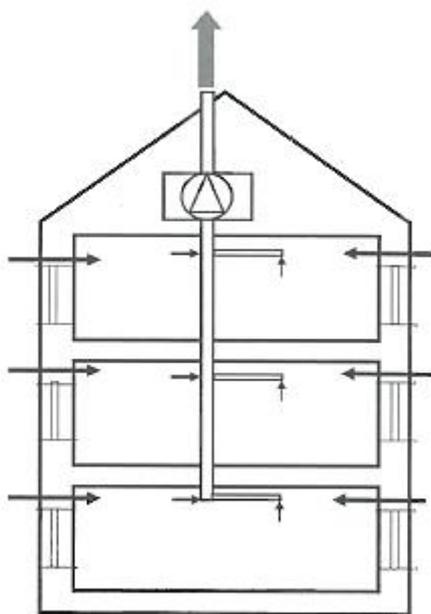
Detta system användes främst på lägre hus. Detta kan bero på installation av separata kanaler för varje lägenhet. I högre byggnader skulle ett sådant system ta väldigt stor plats.



Figur 5 Principskiss för självdragssystem (ventilationsofferten.se, 2013)

### 2.3.2.2 Mekanisk frånluftsventilation (F-system)

Anledningen till minskningen av självdrag under 60-talet berodde på övergången till frånluftsventilation. Frånlufts-system innebär att det skapas ett undertryck i byggnaden med hjälp av en fläkt. Frånluftsfläkt placerades på vinden eller på taket (se figur 6). Undertryck i byggnaden gör att luft utifrån sugas in via otätheter i klimatskalet eller via ventiler som oftast var placerade i fönsterkarmen. Den förorenade luften avlägsnades via frånluftsdon som vanligtvis placerades i kök och badrum. Via frånluftskanaler leds avluften ut ur byggnaden. I början på 60-talet bestod kanalerna av gips, asbetsbetong eller betong för att sedan i mitten av 60-talet övergå nästan uteslutet till stålplåtskanaler. (Lundahl, Viden, 1992, ss. 66-67)



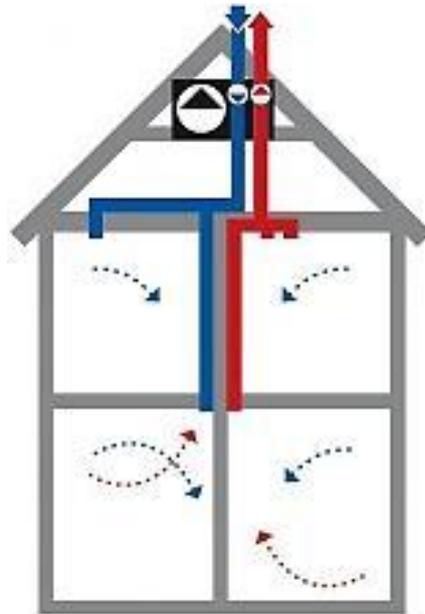
Figur 6 Principskiss för mekanisk frånluftsventilation (Warfvinge, Dahlblom, 2011)

### 2.3.2.3 Mekanisk från- och tilluftventilation (FT-system)

FT-system användes under både 60- och 70-talet. Metoden utgår från att tillförseln av luft i byggnaden sker genom ytterligare ett kanalsystem. Här filtreras och värms tilluften för att sedan ledas via kanaler till sovrum och vardagsrum. Bortföring av frånluften sker på samma sätt som i F-system (se figur 7). Stålplåtskanaler var det allra vanligaste vid upprättning av detta system.

Det visade sig att injusteringen inte alltid var som den skulle och till följd rådde det oftast obalans mellan ventilationen och inomhusklimat. Detta ledde till hög energiförbrukning och sämre inomhusklimat.

Ytterligare ett problem var att systemet blev känsligt för ändrade tryckförhållanden utomhus och ett stabilt undertryck blev svårt att åstadkomma (Lundahl, Viden, 1992, s.66). Det måste uppmärksammas att under senare år förekom det att FT-system har blivit ändrat till F-system, då tilluftskanaler byggdes bort eller pluggades igen och ersattes med tilluftsventiler. (Mjörnell, 2011)

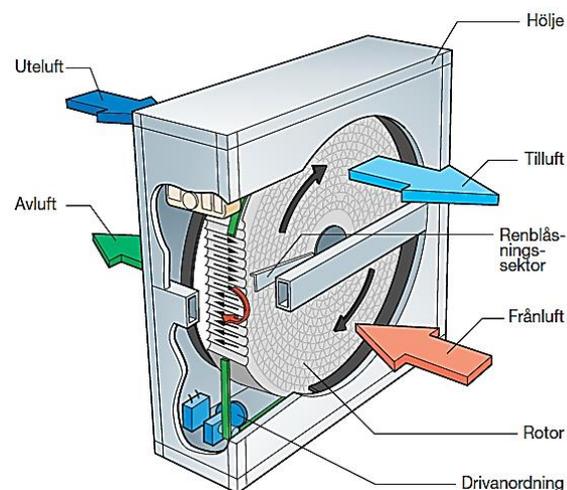


Figur 7 Principskiss för mekanisk från- och tilluftsventilation (ventilationsofferten.se, 2013)

#### 2.3.2.4 Mekanisk från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX-system)

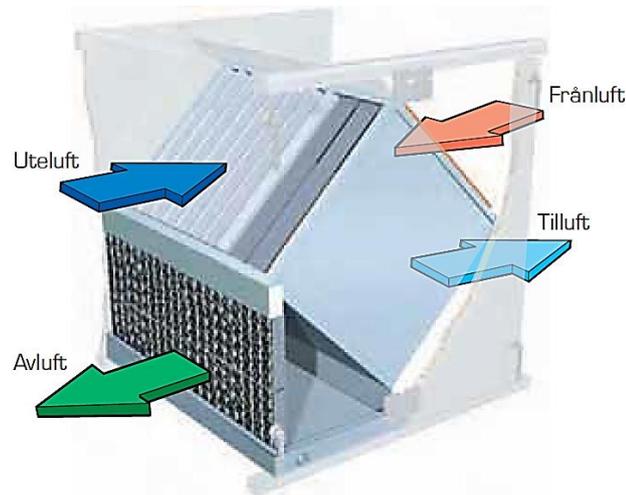
FTX-system fungerar enligt samma princip som FT-system som beskrivs i kapitel 2.3.2.3. Det som skiljer sig mellan dessa är värmeåtervinnaren (värmeväxlare). Det finns tre huvudvarianter av värmeväxlare:

- Roterande värmeväxlare består av en roterande block uppbyggd av veckad plåt som skapar små kanaler som tillåter den varma frånluften att passera igenom och överföra värmen till plåten (se figur 8). När värmeväxlingen har skett mellan plåten och frånluften roterar blocket runt till andra sidan och avger värmen till tilluften. Till- och frånluft måste då dras tillsammans till aggregatet (Warfvinge, Dahlblom, 2010, s. 2:54).



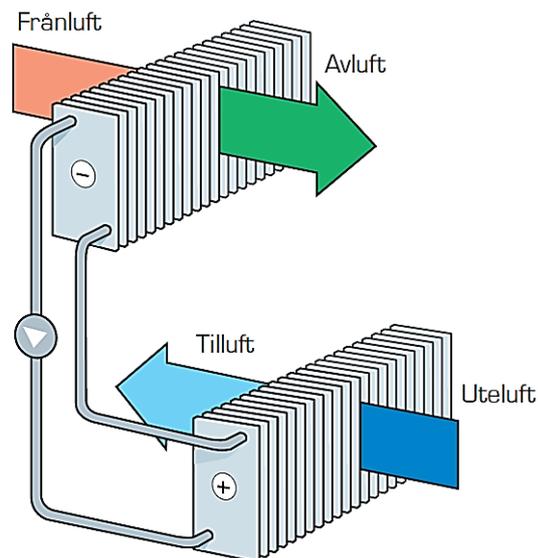
Figur 8 Principskiss för roterande värmeväxlare (Fläkt Woods, 2013)

- Plattvärmväxlare låter de två luftströmmarna att passera förbi varandra och därmed utbyta värme (se figur 9). Luftströmmarna separeras med flera tunna plåtar vilket ger en stor kontaktyta. Även här måste till- och frånluft dras till samma aggregat (Warfvinge, Dahlblom, 2010, s. 2:56).



Figur 9 Principskiss för plattvärmväxlare (Fläkt Woods, 2013)

- Batterivärmväxlare består av två separata batterier som är sammankopplade med en vätskekrets (se figur 10). Vid ena batteriet överförs frånluften värme till vätskan som sedan transporteras bort till andra batteriet där värme överförs till tilluften. Till- och frånluft behöver då inte dras till samma aggregat utan kan vara åtskilda (Warfvinge, Dahlblom, 2010, s. 2:57).

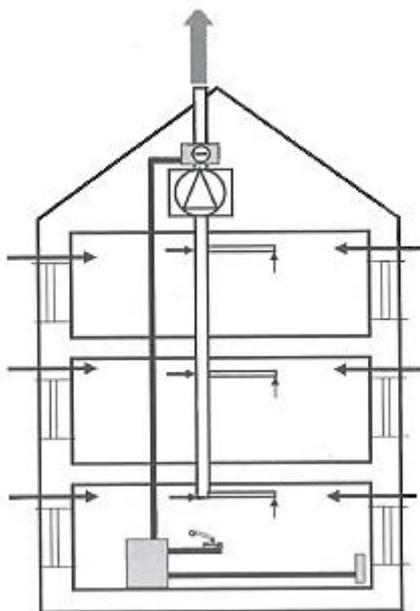


Figur 10 Principskiss för batterivärmväxlare (Fläkt Woods, 2013)

Gemensamt för dessa är att både ute- och frånluft måste passera luftfilter för att värmväxlare inte skall nedsmutsas av damm som förs med luften. (Warfvinge, Dahlblom, 2010, s. 2:16)

### 2.3.2.5 Mekanisk frånluftsventilation med värmepump (FVP-system)

FVP-system fungerar enligt samma princip som F-system som beskrivs i kapitel 2.3.2.2 med den skillnaden att värmen i frånluften återvinns i en värmepump (se figur 11). Frånluftens temperatur är hög och kontinuerlig vilket medför ett stadigt värmebidrag. Värmen som återvinns av värmepumpen kopplas antingen in i varmvattenberedaren, värmesystemet eller båda två. Frånluftsflödet är lågt vilket gör att värmepumpen sällan täcker hela behovet utan behöver kompletteras. (Warfvinge, Dahlblom, 2010, s. 4:78)



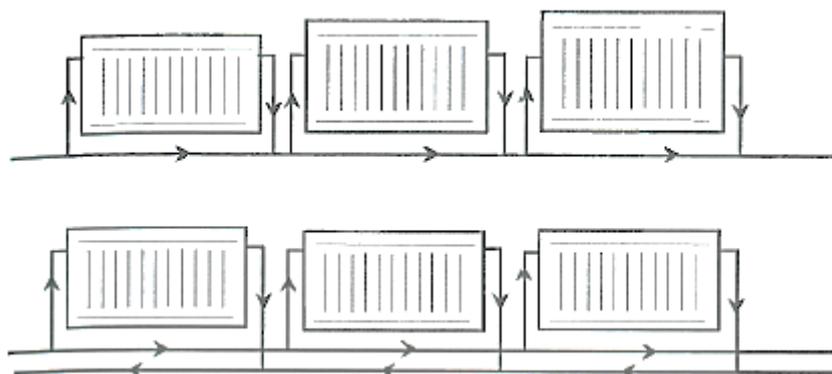
Figur 11 Principskiss för mekanisk till- och frånluftsventilation med värmepump (Warfvinge, Dahlblom, 2011)

### 2.3.3 Värme

Under 60- och 70-talet var det knappt 60 procent av flerbostadshusen som använde sig av fjärrvärme (vilket innebar att en central panna servade många byggnader). Lite mindre än 30 procent av fastigheterna använde sig av en mindre panna som servade en grupp av fastigheter. Resterande 10 procent värmdes upp med hjälp av egen panna placerad i källare samt även direktverkande el eller luftvärmningssystem förekom där luften värmdes i lägenheten eller centralt. (Reppen, Viden, 2006, s. 116)

Vid installation av vattenburen värme användes främst tvårörssystem som innebär att ett rör förser radiatorerna med framledningsvatten och ett till separat rör för bort returvattnet (se figur 12). Enrörssystem förekom men var inte lika vanligt och den utgår från att det finns ett rör som både förser och leder bort fram- och returvattnet till radiatorn (se figur 12). Vattenburen golvvärme förekom men var inte vanlig och den placerades antingen i ett separat sandlager eller göts in i betongplattan.

De vanligast förekommande typer av radiatorer var fläns- eller panelradiator som placerades under fönster för att minimera kallras. Radiatorerna utrustades från början med manuella ventiler, men efter energikrisen 1970-talet byttes många manuella ventiler till termostatventil. (Reppen, Viden, 2006, s. 116)



Figur 12 Principskiss över ettrörs- och tvårörssystem (Warfvinge, Dahlblom, 2011)

Värmerör tillverkades i en mängd olika material. Ståltuber användes i stor utsträckning och då skarvades de antingen med flänsförband, gängade kopplingar eller svetsades ihop. I slutet av 60-talet började det att användas plastmantlade stål och kopparrör som var mjuka och kunde monteras ihop med hjälp av mekaniska kopplingar. Under en kort period under 70-talet användes polyetenrör. Problem uppstod ganska snart då polyetenrör inte var diffusionstäta. Som följd tog sig syre in i systemet och korrosionsskadade rör och radiatorer. Idag är dessa rör vanligtvis utbytta. (Lundahl, Viden, 1992, ss. 68-69)

Det upptäcktes snart att det fanns problem med de tekniska lösningarna som hade använts. Golvvärmerör som placerades i sand blev korrosionsskadade på grund av läckage. Ettrörssystemen var svåra att reglera. De lägenheter som hade radiatorer längst bort i systemet blev väldigt kalla och de lägenheterna närmast blev för varma. Det kunde uppstå problem även i tvårörssystem om systemet var uppbyggt av tunna rör med låg kvalitet. (Lundahl, Viden, 1992, ss. 68-69)

### 2.3.4 Varm- och kallvatten

Vattnet förs in i byggnaden med en servisledning. Vanligtvis används galvaniserat stålrör till servisledningarna. Plaströr, kopparrör och plastmanteliserade mjuka kopparrör var vanligast förekommande typer av rör för varm- och kallvattenledning. Rören monterades ihop med hårdlödning eller mekaniska kopplingar. För att säkerhetsställa en kort väntetid på varmvatten projekterades systemen oftast med varmvattenscirkulation (VVC). Vattenrör tillsammans med avloppsrör som dragits i mindre schakt som även kallas för slits. Slitsar var antingen täckta med skiva eller ingjutna. På 60-talet isolerades kallvattenledningar endast vid frysrisk. Under 1960-talet blev det vanligt med inbyggda perlatorer i kranar. En perlator är ett munstycke som blandar in luft med vattenstrålen som bidrar till minskning av vattenflöde och stänk. (Lundahl, Viden, 1992, s. 70)

I början på 70-talet ändrades kraven och kallvattenrör skulle isoleras där kondens kunde medföra problem. Varmvattenledningar isolerades under hela perioden. Isoleringen bestod antingen av glas- eller mineralull. Vanligast förekommande typen av kran var tvågreppsblandare, men under 70-talet började även termostatblandare och engreppsblandare installeras. (Lundahl, Viden, 1992, s. 70)

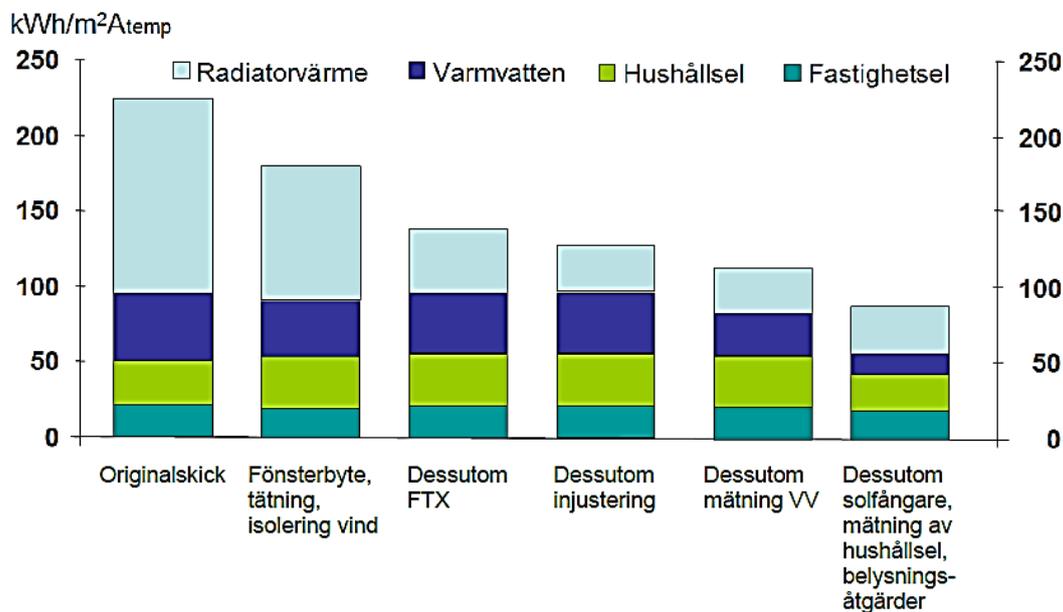
### 2.3.5 Avlopp

Betong var det vanligaste förekommande materialet för avloppsrör på 60-talet. Det var först i början av 70-talet som plaströr började användas i större utsträckning. Inne i byggnaden användes gjutjärnsrör, gjutna MA-rör, eller plaströr av typen PVC och PEH. Gjutjärnsrör skarvades med blydiktning eller gummiringfogar. MA-rör skarvades med svep eller gummimanschetter och plaströr limmades eller gummiringfogades. Stående avloppsrör drogs i slitsar tillsammans med vattenledningar och sedan grenade ut ingjutna i bjälklaget (Lundahl, Viden, 1992).

De första plaströren som användes i avloppsstammar är idag ett problem. Det mjukgörande ämnet i dessa rör är sedan länge borta och rören har blivit spröda vilket ökar sannolikheten för läckage. Stambyte har genomförts på en del av beståndet, men det är fortfarande stor del av byggnader som är i behov av åtgärder. WC-stolar under denna period utformades för en spolningsvolym på 9 liter (Reppen, Viden, 2006). Detta kan jämföras med dagens snålspolande WC-stolar som spolat 2 eller 4 liter efter behov. (ifö, 2013)

### 2.3.6 Energibesparingspotential

För att få en uppskattning vilka möjligheter det finns för miljonprogrammes flerbostadshus har SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) utrett den ungefärliga potentiella energibesparingen för vissa åtgärder. I utredningen antas att ett typiskt hus för miljonprogrammet drar ca 220 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. (se figur 13)



Figur 13 Uppskattning på energibesparing vid dessa åtgärder (Kurkinen, 2012, s. 10)

Enligt figur 13 finns det energi att spara. Det är viktigt att komma ihåg att varje byggnad är unik och att detta är en uppskattning. Värt att uppmärksamma är att det inte bara går att stapla olika åtgärder på varandra och räkna med att det blir den energibesparingen sammanlagt som varje åtgärd potentiellt kan ge. Två lösningar i

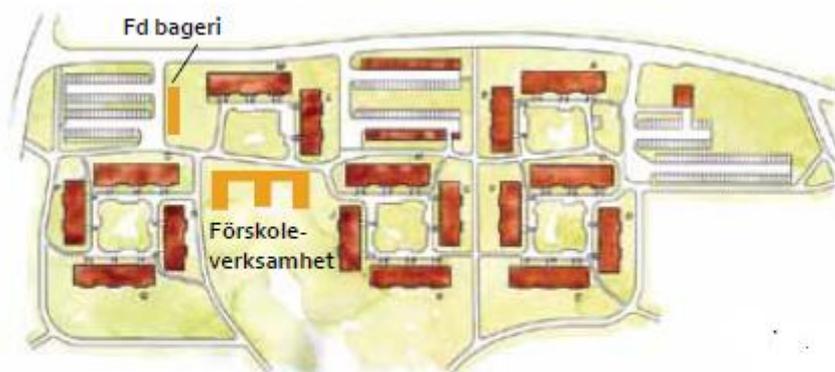
kombination behöver inte nödvändigtvis ge lika stor energibesparing som varje enskild hade gett för sig. Alla åtgärder samspelar med varandra och det är viktigt att se på helheten för att få en verklighetstrogen bild. (Kurkinen, 2012, s. 10)

### 3 Genomförda renoveringsexempel

Det här kapitlet kommer att behandla tre renoveringsprojekt av flerfamiljehus byggda under miljonprogrammet. Alla tre har haft energi som fokus i mindre eller större utsträckning. De objekt som ska beskrivas är Brogården i Alingsås, Gårdsten i Göteborg och Katjas Gatan 119 i Göteborg. En undersökning av dessa tre exempel ger bättre förståelse för problem som uppstår vid ombyggnad och dess potentiella lösningar.

#### 3.1 Brogården Alingsås

Bostadsområdet Brogården i Alingsås byggdes från 1971 till 1973 och enligt Alingsåshem ”kom att bli Alingsås sista miljonprogramsatsning” (alingsashem.se, 2013). Brogården ligger i centrala Alingsås och är ett lugnt och attraktivt område. Hustypen är 3 vånings lamellhus placerade runt innergårdar (se figur 14). (Alingsåshem, 2013)



Figur 14 Vy över Brogården. Bild: Alingsåshem (2013)

##### 3.1.1 Bakgrund

Precis som andra bostäder som ingick i miljonprogrammet har området Brogården byggts under tiden då oljan var billig och användes som värmekälla. Det fanns därför ingen anledning till att bygga täta klimatskal med tjockt lager av isolering. I nuläget är det inte lika lämpligt ur hållbarhetsperspektiv. Energislöseri har inte varit det enda problemet i Brogården, rören läckte, det fanns köldbryggor vid balkonger samt gamla fasader har länge varit ett problem. Problem då sprucket tegel byttes ut med jämna mellanrum på grund av vittring (se figur 15). (Alingsåshem, 2013)



Figur 15 Sliten fasad i Brogården Alingsås (Janson, 2010)

Brogården var i behov av omfattande renovering och då beslutade Alingsåshem att göra långsiktiga investeringar i renoveringsåtgärder som kan bidra till lägre energianvändning. Beslutet togs att renovera Brogården enligt passivhusstandard. (Alingsåshem, 2013)

Renovering genomfördes som partnering, då alla parter är inblandade från början till slutskede i projektet och bidrar kontinuerligt med nya och bättre lösningar. (Alingsåshem, 2013). Det har visat sig att vara en fördel just för den här typen av projektet, då ändringar gjordes efter ombyggnad av det första huset för att kunna implementeras på andra hus. Som exempel på detta är att enskilda aggregat till varje lägenhet byttes ut mot ett centralt aggregat i de andra bostadshusen<sup>1</sup>. För att säkerställa att alla inblandade underentreprenörer är medvetna om passivhusteknik har studiebesök och en rad utbildningar genomförts (Alingsåshem, 2013). Enligt Hans Eek, passivhuscentrums expert och arkitekt, märktes då att engagemanget och förståelsen för projektet hade ökat avsevärt.

### 3.1.2 Energianvändning

Enligt FEBY12 grundkrav för årsenergianvändning för klimatzon III är 50 kWh/m<sup>2</sup>/år vid dimensionerad utetemperatur 21°C (Erlandsson, 2012). Efter renovering av det första huset i Brogården uppmättes värde på 58 kWh/m<sup>2</sup>/år exklusive hushållsel. Detta kan jämföras med 177 kWh/m<sup>2</sup>/år som uppmättes innan renovering (Alingsåshem, 2013).

För att minska vattenanvändningen har speciella kranar installerats. Dels sparar de vatten genom att blanda vatten med luft och dels har de motstånd i handtaget som omöjliggör fullt flöde utan extra tryck på handtaget.

### 3.1.3 Värme

Värmesystemet i Brogården bestod av radiatorer inkopplade till fjärrvärme innan renovering (Mjörnell, 2012). I ett passivhus återvinns värme från hushållsapparater, människor, belysning och solinstrålning. Brogården byggdes som passivhus för att

---

<sup>1</sup> Hans Eek (Architect, Senior Adviser) intervjuvad av författarna den 15 april 2013

kunna utnyttja den värmen (emrahus.se, 2013). I det första ombyggda huset installerades aggregat i varje lägenhet, då fick hyresgästerna möjlighet att reglera inomhustemperaturen genom att ställa in önskat värde direkt på aggregatet. I de efterföljande husen installerades central aggregat med vattenvärmt eftervärmningsbatteri inkopplat till fjärrvärme som förvärmer inkommande luft innan den förs in i lägenheterna. Hyresgästerna kan reglera temperaturen inomhus med hjälp av individuellt eftervärmningsbatteriet som är installerat i varje lägenhet genom att vrida på termostaten. Även det batteriet är kopplat till fjärrvärmen. Användningen av det individuella eftervärmningsbatteriet debiteras inte. Placeringen av batterier inne i lägenheterna sparar energi, då lite värme går till spillo. (Mjörnell, 2012)

För att styra värmebehoven i lägenheterna används vridreglage (se figur 16) som via regulator styr reglerventilen på eftervärmningsbatteriet. I gavellägenheterna på markplan, som är mer utsatta under den kalla årstiden, installerades en fjärrvärmeslinga i köket och handdukstork i badrummen som extra värmekällor. Handdukstorken är inkopplad till både fjärrvärme och el (se figur 17) (Mjörnell, 2012).



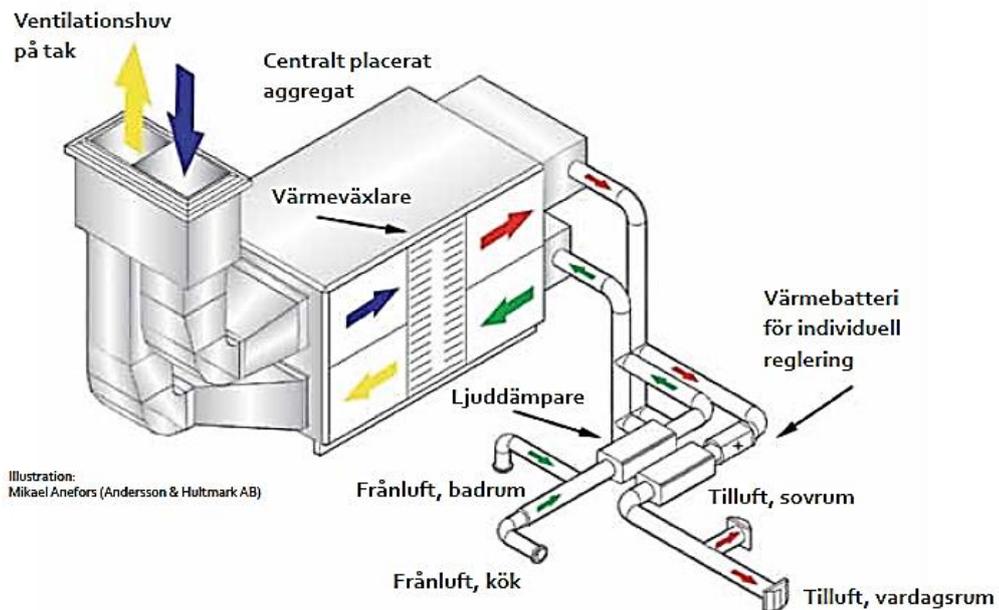
Figur 16 Vridreglage som möjliggör styrning av värmebehov (Mjörnell, 2012)



Figur 17 Fjärrvärmeslinga och handdukstork installerade i gavellägenheter på markplan (Mjörnell, 2012)

### 3.1.4 Ventilation

Från början var det mekaniska F-system som byttes ut efter renovering till mekaniskt FTX-system (se figur 18). Fördelen av det senare nämnda systemet är att den tar tillvara på värme i frånluften och ger bättre luftväxling jämfört med F-system (Alingsåshem, 2013).



Figur 18 Princip för FTX-system på Brogården Alingsås (Alingsåshem, 2013)

I det första huset installerades först ett ventilationsaggregat i badrummen. Tanken med det var att hyresgäster skulle kunna reglera värmebehov och luftväxlingen själva (se figur 19) (Holmström, 2009). Värmeåtervinningen i detta ventilationsaggregat sker med motströmsplattvärmexädlare. (Mjörnell, 2012)



Figur 19 Ventilationsaggregat installerat i badrum i det första huset i Brogården (foto: FRS/Royny Holmström)

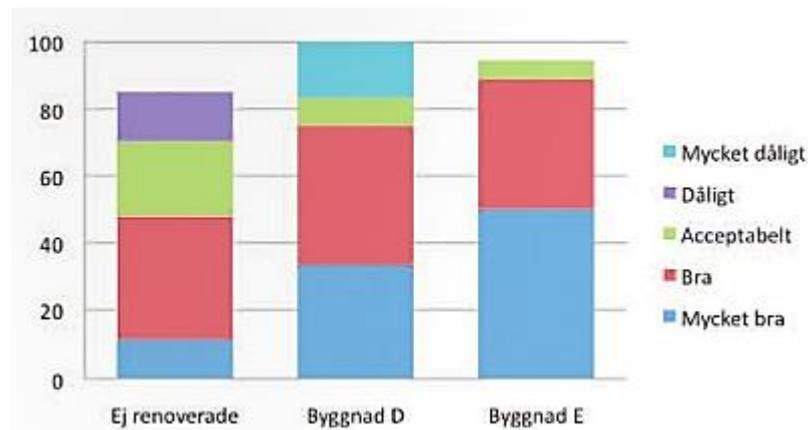
Det svåra med denna lösning är underhåll. För att komma åt aggregatet måste fastighetsskötare söka tillstånd från hyresgäster och det kan ta tid. I de andra husen användes centralt installerat aggregat, då är det omöjligt att reglera luftväxling på samma individuella sätt<sup>2</sup>.

Gamla kanaler ersattes med nya, för att få plats med dem byggdes nya schakt. Ventilationskanaler i schakten isolerades inte, medan de på vinden fick 50 mm isolering. (Mjörnell, 2012)

Efter renovering av de två första husen gjordes en uppföljning som presenterades i Bygg & Teknik 2010. I den gjordes jämförelsen mellan det första ombyggda huset (hus D) med individuellt installerat aggregat, det andra huset (hus E) med centralt aggregat och det ännu inte renoverade huset. Enkäten visade att hyresgästerna var allmänt nöjdare med luftkvaliteten i de renoverade husen (se figur 20).

---

<sup>2</sup> Hans Eek (Architect, Senior Adviser) intervjuad av författarna den 15 april 2013.



Figur 20 Hyresgästernas upplevelse av luftkvaliteten i allmänhet (Mjörnell, 2010)

Det finns klagomål på att det är svårt att få ut matos genom spisfläkten i hus E, detta beror på ett konstant tilluftsflöde som inte kompenserar det ökade frånluftsbehovet när spisfläkten används. Hyresgäster har reflekterat över att buller från utomhus har minskat samtidigt som ljud från den mekaniska ventilationen upplevs som störande. Detta kan bero på att vid lägre bullernivåer från utomhus, ljudet från ventilationen upplevs högre. (Mjörnell, 2010)

### 3.1.5 Ekonomi

Vid omfattande renovering måste naturligtvis hänsyn tas till lönsamheten. Enligt Ekonomi info innebär lönsamhet oftast vinst (ekonomi-info.nu, 2009). Det kan vara annorlunda för fastighetsföretag, vissa räknar även med avkastning på eget kapital och samhällsvinster.

Vid renoveringen av Brogården har enligt BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) ”kostnaderna delats upp i följande poster”:

1. *Energibesparingsåtgärder*
2. *Förbättrad lägenhetsstandard betald av hyresgästen (5m<sup>2</sup> större vardagsrum, renoverat badrum, ny kök m.m.)*
3. *Nödvändiga underhållskostnader* (BeBo, 2013)

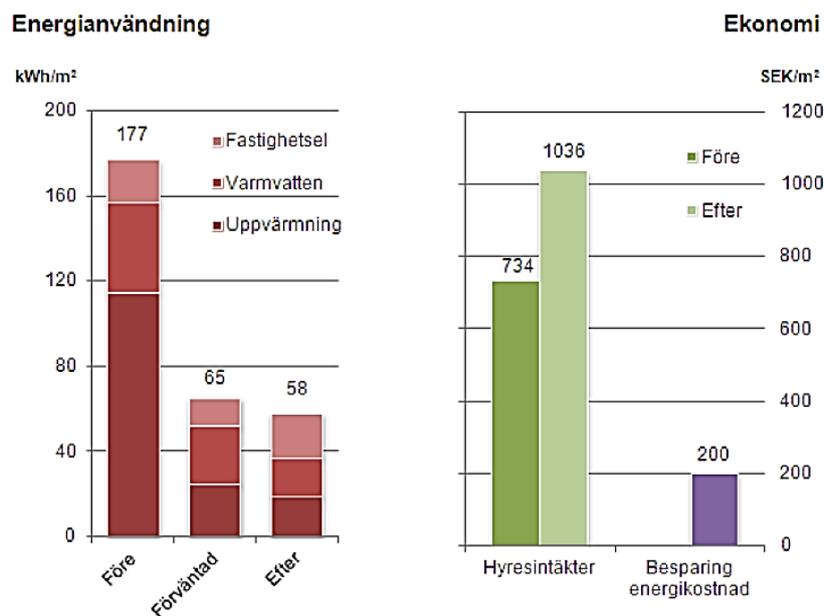
I jämförelse med underhållskostnader för Brogården blev kostnaderna för energibesparingsåtgärderna inte så stora. Alingsåshem gjorde en kalkyl för lägenhet med högre standard, då upprustning till nästan ny standard skulle kosta 590 000 kronor, energibesparingsåtgärder 270 000 kronor och underhållsåtgärder 140 000 kronor (BeBo, 2013).

Rapporten ”*Ekonomi vid ombyggnader med energisatsningar*” som ÅF har sammanställt räknar som energieffektiviserande åtgärder:

- *Tilläggsisolering långsidor, 480 mm*
- *Tilläggsisolering gavlar, 430 mm*
- *Tilläggsisolering tak, 500 mm*
- *Tilläggsisolering bottenplatta, 100 mm*

- *Tätning av samtliga väggar med plastfilm*
- *Byte av energifönster, U-värde 0,85 W/m<sup>2</sup>, K*
- *Installation av FTX-system*
- *Nya utanpåliggande balkonger*
- *Fjärrvärmvärmt värmebatteri i ventilationen vid behov*
- *Individuell mätning och debitering av hushållsel samt varmvatten (Byman, Jernelius, 2012)*

Figur 21 visar hur energianvändningen förändrades i genomsnitt efter ombyggnad, från ursprungliga 177 kWh/m<sup>2</sup> till 58 kWh/m<sup>2</sup> inklusive fastighetsel efter renovering. Hyrorna höjdes från 734 kronor per kvadratmeter till 1121 kronor för nybyggnadsstandard. Varmvatten och hushållsel ingår inte längre i hyran, på det sättet har Alingsåshem försäkrat sig om att inte drabbas av ökade energipriser i framtiden. Beräknad besparing i energikostnad efter avslutat projekt 2014 är ca 200 SEK/m<sup>2</sup>. Upprustning av Brogården uppskattas till 19 800 SEK/m<sup>2</sup>. (Byman, Jernelius, 2012)



Figur 21 *Utfall av upprustning i Brogården, med avseende på energianvändning och ekonomi (Byman, Jernelius, 2012)*

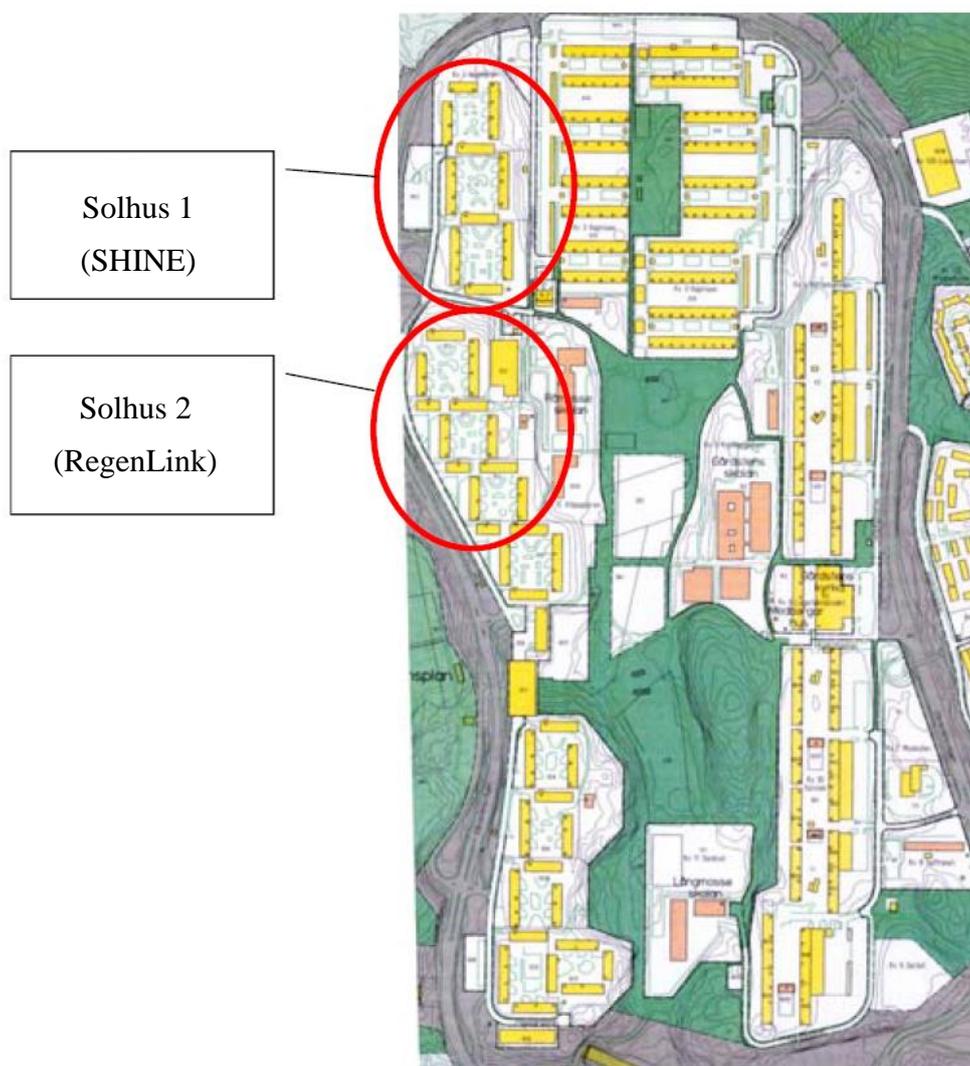
Alingsåshem har långsiktiga planer vad gäller Brogården och med hänsyn till både företags- och samhällsekonomisk lönsamhet förväntar de sig positivt resultat efter 18 år. Kalkylen har påverkats mycket av att Alingsås Energi har höjt fjärrvärmepiserna mest i Västsverige till 168 SEK/m<sup>2</sup>, jämfört med värmepriset i Göteborg som ligger på 129 SEK/m<sup>2</sup>. (Byman, Jernelius, 2012)

## 3.2 Gårdsten Göteborg Solhus 1

Bostadsområdet Gårdsten ligger i Angered norr om Göteborg. Det är ett område som ingick i Miljonprogrammet, byggt i början av 1970-talet. Projektet ingick i två EU-projekt, SHINE och Regen-Link. Användning av solenergi gjorde att projektet uppmärksammades mycket i media och har fått flera utmärkelser, bland annat Årets Bygge och Stora energipriset. I detta arbete ligger fokus på Solhus 1 på grund av dess användning av solenergi, Solhus 2 kunde inte utnyttja solpaneler som värmekälla på grund av dess placering i nord-sydlig riktning och takets lutning mot öster och väster. (Gårdstensbostäder, 2004)

### 3.2.1 Bakgrund

I Gårdsten ingick två typer av hus, 3- till 5- vånings loftgångshus och lamellhus. Balkongorientering för loftgångshus är mot söder och för lamellhus – mot öster och väster (Gårdstensbostäder, 2004). Den första etappen av ombyggnaden Solhus 1 inkluderade 255 lägenheter (se figur 22) (Boverket, 2007). Byggnader som ingår i Solhus 1 är tre loftgångshus och sju lamellhus. Renoveringen blev klar 2001 (Dalenbäck, 2007).



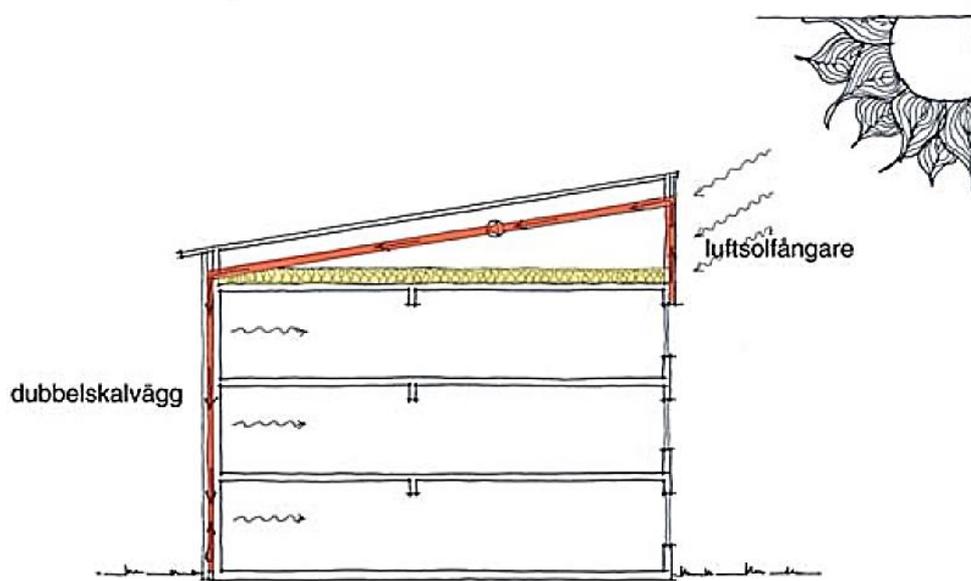
Figur 22 Vy över Gårdsten Göteborg (Dalenbäck, 2006)

När renovering började var det lågkonjunktur och Skanska hade anlåtats som huvudentreprenör. Vid ombyggnad av andra etappen Solhus 2 med 243 lägenheter rådde det högkonjunktur och projektet delades upp mellan mindre entreprenörer (Boverket, 2007). 2003 renoverades den delen av Gårdsten klart. (Dalenbäck, 2007)

Vid renovering av Gårdsten har stor vikt lagts på användning av solenergi, därför fick Solhus 1 plats i EU-projekt SHINE och Solhus 2 i Regen-Link. Som EU-projekt ställdes vissa tekniska och arkitektoniska krav, i samband med detta genomfördes omfattande förstudier för att hitta den optimala ombyggnadslösningen för området. (Gårdstensbostäder, 2004)

Allmänt så har Gårdsten moderniserats på många nivåer, dels genomfördes renovering av lägenheter till bättre standard, dels infördes nya lösningar för uppvärmning av tappvatten, värme och ventilation. Tack vare omfattande förundersökning och studier som bedrivits i samarbete med Chalmers, kunde kostnader för åtgärder minskas (Boverket, 2007).

Vid renovering av lamellhusen som ingick i Solhus 1 har byggnaden fått så kallad "dubbel vägg" i norr, öst och väst utvecklat av San Francisco-arkitekten Lee Porter Butler. Den metoden går ut på att befintlig konstruktion får ett till fasadskal med luftspalt i mellan. På det sättet är det möjligt att "sätta sitt hus i ett varmare klimat" (Nordström, 1999). På fasaden i söder installerades solfångare. När luften värms upp med hjälp av solfångarna transporteras den med fläkt mellan väggarna (se figur 23). (Gårdstensbostäder, 2004)

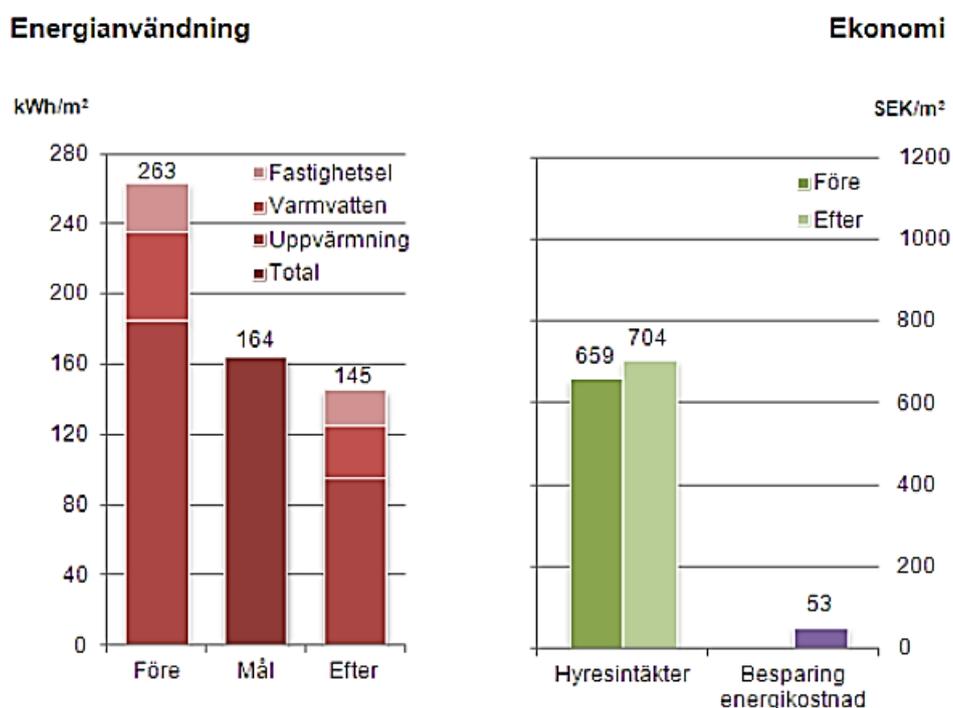


Figur 23 Principritning av "dubbel vägg" (Gårdstensbostäder, 2004)

### 3.2.2 Energianvändning

Mätningar som genomfördes 2004 visade att energianvändningen minskade från 263 kWh/m<sup>2</sup> till 145 kWh/m<sup>2</sup>. Det blev även lägre än förväntat värde på 164 kWh/m<sup>2</sup> (se figur 24) (Byman, Jernelius, 2012). Hyresgästerna har fått möjlighet att bestämma hur

varmt de vill ha det. 21°C ingår i hyra, om hyresgästen sänker innetemperatur betalas pengar tillbaka, vid höjning av temperaturen betalas det av hyresgästen själv. Mätning av kall- och varmvatten förbrukningen och el mäts på liknande sätt (Gårdstensbostäder, 2004).



Figur 24 Utfall av upprustning i Gårdsten, med avseende på energianvändning och ekonomi (Byman, Jernelius, 2012)

### 3.2.3 Värme

Innan ombyggnaden i Gårdsten användes vattenburet radiatorsystem inkopplat till fjärrvärme. Radiatorerna behövde bytas ut och termostaterna fungerade dåligt. Vid renoveringen beslutades att behålla gamla rör och byta ut radiatorer och termostventiler (Mjörnell, 2012).

Gårdsten är kopplat till fjärrvärme och efter uppföljning som genomfördes 2004 har fjärrvärmebehovet minskat till 145 kWh/år/kvm jämfört med 270 innan ombyggnad. Efter införandet av individuell mätning för värme märktes en minskad förbrukning. Reglering av värme sker via termostater som sitter på radiatorer. (Gårdstensbostäder, 2004)

Loftgångshus från Solhus 1 och 2 har fått solfångare installerade på taket (se figur 25) (Dalenbäck, 2007). Solfångare fungerar på följande sätt, när solen värmer vätskan, som är glykolblandat vatten, transporteras den till ackumulatortanken med hjälp av en cirkulationspump. Vätskan värmer upp vattnet i tanken för att sedan användas för disk, tvätt och bad (Gårdstensbostäder, 2004).



### 3.2.5 Ekonomi

Totalkostnad för renovering av Solhus 1 är 105 miljoner kronor, merkostnad för energibesparingsåtgärder blev 20 miljoner kronor. (Byman, Jernelius, 2012)

Enligt Gårdstensbostäder ingick i energibesparande åtgärder:

- *Ombyggnad till frånluftsventilation (F-system) i loftgångshusen och installation av värmeåtervinning (FTX-system) i lamellhusen*
- *Inglasning av balkonger i anslutning till balkongrenovering*
- *Byte av den inre rutan till lågmissionsglas i befintliga 2-glasfönster*
- *Takintegrerade solfångare i anslutning till yttertaksrenovering*
- *Tilläggsisolering av tak i anslutning till yttertaksrenovering*
- *Tilläggsisolering av gavlar i anslutning till fasadrenovering*
- *Isolering av socklar i anslutning till upprustning av dräneringsledningar*
- *Nya tvättmaskiner och torkrumsutrustningar anslutna till varmvatten*
- *Nya energimärkta vitvaror i anslutning till lägenhetsrenovering*
- *Installation av närvarostyrd belysning i gemensamhetsutrymmen*
- *Installation av ett centralt styr- och övervakningssystem*
- *Installation av individuell mätning för el, värme samt varm- och kallvatten (Gårdstensbostäder, 2004).*

Uppföljningen 2004 visade att driftkostnaderna har sänkts från 5000 till 2700 MWh/år, för att få en annan förståelse är det ca 5000 kronor mindre i driftkostnad per lägenhet och år. Hyresgästernas medvetenhet om energi, varm- och kallvattenanvändningen har bidragit till minskade förbrukning och ytterligare besparingar. Det första året energieffektivisering har resulterat i kostnadsbesparing på cirka 1 miljon kronor. (Byman, Jernelius, 2012)

Den totala kostnaden för upprustning av Solhus 1 ligger på 5615 SEK/m<sup>2</sup> varav 1070 SEK/m<sup>2</sup> är merkostnaden för energieffektiviserande åtgärder. Gårdstensbostäder har räknat att åtgärderna kommer att betalas tillbaka på 20 år. Målet med projektet har varit främst att lyfta upp området och den sociala vinsten som gjordes har bidragit till trivsammare plats att bo. Innan renovering har många lägenheter varit outhyrda, detta förändrades totalt efter renovering. Gårdsten har blivit ett exempel på lyckad kombination av energi-, miljö- och social tanke. (Byman, Jernelius, 2012)

### 3.3 Katjas gata 119 Göteborg

Bostadshuset Katjas gata 119 är en del av området Backa Röd (se figur 26). Det ägs av Bostads AB Poseidon som är ett av de största bostadsföretagen inom göteborgsområdet. Bostads AB Poseidon är ett dotterföretag till Förvaltnings AB Framtiden om i sin tur ägs av Göteborg stad (Bostads AB Poseidon, 2013).



Figur 26 Katjas gata 119 samt överblick Backa Röd (Westher, 2012)

### 3.3.1 Bakgrund

Katjas Gata 119 är ett fyra våningar högt punkthus med 16 lägenheter (se figur 27). Det byggdes år 1971 och är en del av miljonprogramsområdet Backa Röd (Bostad AB Poseidon, 2008). Bostads AB Poseidon är en stor aktör inom fastighetsbranschen och har ett stort bestånd av äldre bostäder som är i behov av renovering. Renoveringen av Katjas Gata 119 var ett pilotprojekt för Bostads AB Poseidon. Målet var att skaffa kunskap och erfarenhet som skulle implementeras i framtiden på andra fastigheter i behov av renovering. Just nu pågår projektering för upprustning av resterande Backa Röd<sup>3</sup>.



Figur 27 Katjas gata 119 före och efter renovering (Dalenbäck, 2013)

Katjas Gata 119 har en stomme av prefabricerade betonginnerväggar. Ytterväggen består av sandwichelement som är uppbyggt av betong/isolering/betong där det innersta betonglagret är bärande. En förundersökning som gjordes innan renovering visade att fasaden är sliten och att det förekommer köldbryggor i klimatskalet och otätheter mellan våningsplanen. Byggnaden hade bland annat problem med fukt och luftöverföring mellan lägenheterna. (Bostad AB Poseidon, 2008)

### 3.3.2 Energianvändning

Innan renoveringen hade Katjas Gata 119 en energianvändning på  $178 \text{ kWh/m}^2$  ( $A_{\text{temp}}$ ) och efter renoveringen beräknades en minskning till  $60 \text{ kWh/m}^2$ , men vid uppföljning uppmättes energianvändningen till  $51,9 \text{ kWh/m}^2$  (se tabell 4). Den totala energianvändningen för olika delar anges i tabell 4. (Westher, 2012)

---

<sup>3</sup> Cathrine Gerle (Projektledare, Bostads AB Poseidon) intervjuad av författarna den 8 mars 2013.

Tabell 4 *Energianvändning före och efter renovering på Katjas Gata 119 (Westher, 2012)*

### Energianvändning fördelad på uppvärmd yta ( $A_{temp}$ )

		Före ombyggn. (beräknat)	Efter ombyggn. (beräknat)	Efter ombyggn. (uppmätt)
<b>Fjärrvärme</b>		170 kWh/m <sup>2</sup>	54 kWh/m <sup>2</sup>	44,4 kWh/m <sup>2</sup>
Varav	<b>uppvärmning</b>	133 kWh/m <sup>2</sup>	25 kWh/m <sup>2</sup>	19,3 kWh/m <sup>2</sup>
	<b>varmvatten</b>	32 kWh/m <sup>2</sup>	25 kWh/m <sup>2</sup>	21,1 kWh/m <sup>2</sup>
	<b>Kulvertförluster</b>	5 kWh/m <sup>2</sup>	4 kWh/m <sup>2</sup>	4 kWh/m <sup>2</sup>
<b>El (exkl hushåll)</b>		8 kWh/m <sup>2</sup>	6 kWh/m <sup>2</sup>	7,5 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt</b>		178 kWh/m <sup>2</sup>	60 kWh/m <sup>2</sup>	51,9 kWh/m <sup>2</sup>

### 3.3.3 Värme

Katjas Gata 119 värms upp via en undercentral som är kopplad till fjärrvärmenätet. Undercentralen serverar 4 byggnader enligt Cathrine Gerle, projektledare på Bostads AB Poseidon. Innan renoveringen användes ett vattenburet tvårörssystem. Radiatorerna reglerades med termostatventiler (Bostad AB Poseidon, 2008). Vid projekteringen av ombyggnaden utreddes det två olika alternativ för uppvärmningen. Det första alternativet var att värma tilluften med eftervärmningsbatteri som är en vanlig metod för passivhus. Problemet med den lösningen blev att ett centralt värmebatteri fungerar bra när ett hus har samma behov, men inte lika bra när det finns flera lägenheter i byggnaden med olika behov. För att uppfylla de olika behoven i lägenheterna behövs en eftervärmare i varje lägenhet och detta blir dyrt. En annan bidragande faktor var frysrisk i eftervärmningsbatteriet, säger Cathrine Gerle.

Det andra alternativet var att använda vattenburet tvårörssystem som leder värme till radiatorer som i sin tur regleras med termostatventiler. Installation av det nya radiatorsystemet blev till slut den mest lönsamma lösningen trots att rörsystemet behövde bytas.

Installation av solfångare utreddes men föll bort i ett tidigt skede på grund av att det inte var ekonomiskt försvarbart då bostaden var ansluten till fjärrvärmenätet<sup>4</sup>.

Värme leds från undercentralen och serverar flera hus. Då rörsystem hos äldre byggnader runt omkring har brister kan gas och föroreningar komma in i systemvätskan och orsaka korrosion och avlagringar i det nya rörsystemet. Det utreds hur detta kan undvikas med till exempel avgasning<sup>5</sup>.

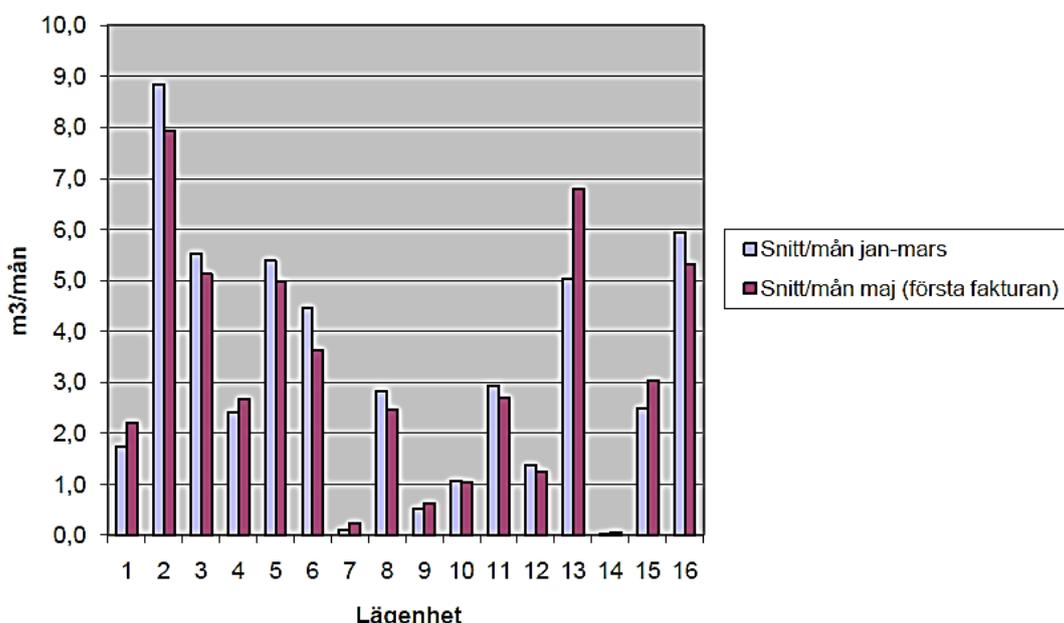
<sup>4</sup> Cathrine Gerle (Projektledare, Bostads AB Poseidon) intervjuad av författarna den 8 mars 2013

<sup>5</sup> Cathrine Gerle (Projektledare, Bostads AB Poseidon) intervjuad av författarna den 8 mars 2013

### 3.3.4 Varm- och kallvatten

Innan renovering ingick varmvatten i hyran (Byman, Jernelius, 2012). Efter ombyggnaden debiteras varmvatten individuellt samt individuell mätning av kallvatten infördes. (Westher, 2012)

#### Varmvattenförbrukning - lgh



Figur 28 Varmvattenförbrukning/lgh Katjas Gata 119. (Westher, 2012).

Hyresgästerna fick sin första debitering av varmvattnet för januari-mars i april och enligt figur 28 har 9 av 14 lägenheter minskat sin vattenförbrukning medan de övriga fem har ökat. Lägenheterna 7 och 14 ska bortses från då den ena är visningslägenhet och den andra endast brukas av hyresgästerna på helgen (Westher, 2012). 64 procent av hushållen har minskat sin varmvattenförbrukning.

För att minska vattenförbrukningen ytterligare har snålspolande toaletter, vitvaror och kranar med perlatorer installerats (Mjörnell, 2012). De boende kan ta del av sin kallvattenförbrukning som mäts men inte debiteras. För att jämföra kallvattenanvändning före och efter renovering har ett referenshus används. Julia 93 motsvarar Katjas Gata 119 innan renovering med viss justering. Kallvattenanvändning där ligger på 4,767 m<sup>3</sup> som kan jämföras med 2,429 m<sup>3</sup> på Katjas Gatan 119. Det är en minskning med nästan 50 procent.

Det är svårt att dra generella slutsatser för att undersökningen pågick under en kort tidsperiod och för få lägenheter ingick i studien, men vattenförbrukningen sänktes betydligt, vilket kan tyda på mer medveten vattenanvändning och vattensnål teknik.

### 3.3.5 Ventilation

Katjas Gata 119 byggdes från början med FT- system. I slutet av 90- talet pluggades tilluftskanaler igen och uteluftsventiler installerades. Innan renovering läckte dessa proppar och orsakade ljud, drag och dålig brandsäkerhet (Bostad AB Poseidon, 2008).

Efter ombyggnad har FTX-system med roterande värmeväxlare installerats i ett nytt fläktrum (se figur 29) (Westher, 2012). För att få plats med aggregatet genomfördes ombyggnad av taket. Efter renovering återstod bara 20 procent av originaltaket<sup>6</sup>.



Figur 29 Nytt fläktrum Katjas Gata 119 (Gerle, 2012)

Det befintliga kanalsystemet var otätt och läckte, istället installerades nya till- och frånluftskanaler. På grund av begränsad diameter på håltagning i de prefabricerade elementen drogs separata kanaler till varje lägenhet istället för en gemensam<sup>7</sup>. Tilluften tillförs till sovrum och vardagsrum för att sedan evakueras genom frånluftsventiler i badrum, kök och förråd (se figur 30) (Gerle, 2012).

För att leda bort förorenad luft vid matlagning används spisfläkt som är inkopplat till imkanal. Frånluften från köket suges ut ur byggnaden utan att passera värmeåtervinnare (se figur 30) (Westher, 2012).

---

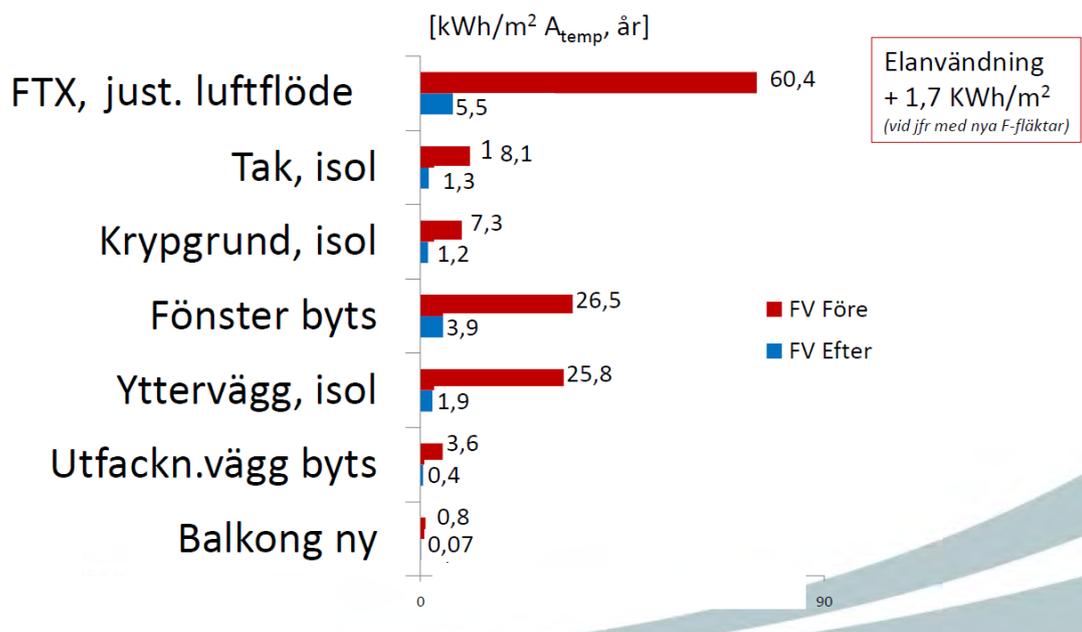
<sup>6</sup> Cathrine Gerle (Projektledare, Bostads AB Poseidon) intervjuvad av författarna den 8 mars 2013

<sup>7</sup> Cathrine Gerle (Projektledare, Bostads AB Poseidon) intervjuvad av författarna den 8 mars 2013



- Tilläggsisolering vind, totalt 500 mm
- Isolering krypgrund
- Tilläggsisolering och tätning fasad, 200 mm
- Ny tät utfackningsvägg på balkongsida
- Nya balkonger på fristående pelare för att minimera köldbryggor
- Individuell mätning och debitering av varmvatten (Byman, Jernelius, 2012)

Enligt figur 31 resulterade bytet av FTX- system i störst energibesparing, följt av byte av fönster och tilläggsisolering av tak vid renovering av Katjas Gata 119.



Figur 31 Genomslag på vissa åtgärder gjorda på Katjas Gata 119 (Westher, 2012)

Ombyggnationen till FTX- system var dyr och därmed inte lönsam med tanke på de avkastningskraven som Poseidon har för Katjas Gata 119. Fläktrummet tog mycket plats vilket resulterade i dyra kostnader för ombyggnation av taket. Vid påbyggnad av flera våningar skulle uthyrbar yta ökat och ombyggnad av taket skulle enklare kunnat räknas hem<sup>8</sup>.

Enligt Poseidon, med deras avkastningskrav på 6,25 procent, var inte alla energisparande åtgärder lönsamma. Om hänsyn hade tagits till ett förbättrat inomhusklimat som åtgärderna medförde och detta hade resulterat i en hyreshöjning på 66 SEK/m<sup>2</sup> hade samtliga energiåtgärderna varit lönsamma (Byman, Jernelius, 2012). Renoveringen hade även varit lönsam om fjärrvärmepriset höjts med mer än 3,7 procent/år eller om fjärrvärmens år två hade höjts till 1,27 SEK/kWh (Westher, 2012).

<sup>8</sup> Cathrine Gerle (Projektledare, Bostads AB Poseidon) intervjuad av författarna den 8 mars 2013

### 3.4 Sammanfattning av tekniska lösningar

Efter analys av de installationstekniska åtgärder som genomfördes på Brogården, Gårdsten och Katjas Gata 119 finns det vissa samband som syns tydligt. I detta kapitel kommer slutsatser dras om fördelar och nackdelar av olika åtgärder och jämföras mellan de tre tidigare beskrivna projekten. För enklare jämförelse har vi sammanställt tabeller för energianvändning, hyresnivåer, investeringskostnader, typer av ventilationssystem och värmesystem i tabell 5.

I samtliga projekt var det tätning av klimatskal som åtgärdades först. Husen tilläggsisolerades och köldbryggor eliminerades. Vid byte till FTX-system är detta att föredra för att uppnå kontrollerad luftväxling i aggregatet. Luftläckage genom klimatskalet riskerar att rubba balansen i FTX-systemet. Välisolerad och tät byggnadskal är en förutsättning för att få den verkan som förväntas.

I de tre projekt som vi tittade på byttes gamla F- och FT- system ut mot FTX-system med undantag för loftgångshus som ingick i Solhus 1 i Gårdsten. Där valdes installation av F-system. Luften tas in genom balkonger och på så viss förvärms.

Poseidon ansåg inte att ombyggnaden av Katjas Gatan 119 till FTX-system var lönsam men samtidigt räknades samma åtgärder för Brogården och Gårdsten som lönsamma. Denna skillnad beror på de olika förhållningssätten på lönsamhet. Poseidon har avkastningskrav på 10 år medan Brogården och Gårdsten räknar med avkastning på 20 år. Samtliga företag anser att de har långsiktig ägande, fast det kan skilja sig upp till 10 år mellan olika kalkyler. Sen ska det poängteras att samtliga är vinstdrivande fastighetföretag, vilket ställer höga krav på återbetalningen på investeringarna.

Alla tre projekten var innan ombyggnaden inkopplade till fjärrvärmenätet. Efter ombyggnaden användes fjärrvärme som värmekälla i samtliga hus. Värmesystemen i Gårdsten och Katjas Gata är uppbyggda av 2-rörssystem, radiatorer samt termostatventiler. I Brogården används inte radiatorsystem, istället värms luften centralt i aggregatet av ett eftervärmningsbatteri kopplat till fjärrvärme och för att reglera värmebehovet installerades individuella batterier i varje lägenhet och även de är kopplade till fjärrvärmenätet.

Vid ombyggnad till passivhus ställs höga krav på täthet, vilket gör att kontrollen över inneklimatet vid till exempel FTX-system blir allt viktigare. När det byggs så tätt, sker inte så stor tryckutjämning mellan ute och inne. Till exempel i Brogården, då ett centralt aggregat användes med konstant ventilationsflöde (CAV), skapades undertryck i lägenheterna vid användning av köksfläkten. Detta resulterade i problem med ytterdörrar som blev svåra att öppna för att aggregatet kompenserade inte för det extra frånluftsflödet. I det första renoverade huset i Brogården användes individuella aggregat inbyggda i badrummet i varje lägenhet, då uppstod inte problem med undertryck. Detta gav dock ett visst besvär med service och underhåll, hyresgästen måste ge tillgång till lägenheten. Kanske skulle ett centralt aggregat med variabelt luftflöde (VAV) lösa detta, men då blir det helt andra styr- och reglerinstallationer som kan bli dyra och avancerade. Vid eventuell installation av närvarogivare kunde ventilationsflödet minskas när ingen vistades i lägenheten och därigenom även energianvändning. Frågan är om vinsten av de energibesparingsåtgärder och bättre inomhusklimat är tillräcklig stor för att överväga den ökade investeringskostnaden?

Installation av individuell mätning och debitering av varmvatten har visat sig vara ett bra sätt att minska varmvattenanvändningen och höjde medvetenheten hos

hyresgästerna. Installation av snålspolande WC och kranar med perlatorer är ett enkelt sätt att minska vattenvändningen.

Hyresnivåerna har stigit efter renoveringen, som hyreshöjande åtgärder räknas standardhöjning av lägenheterna och ökad uthyrbar yta. Standarden höjdes i samtliga bostäder, Katjas Gata och Brogården har höjd uthyrbar yta genom utbyggnad av balkonger.

*Tabell 5 Sammanställning av värden för energianvändning, hyresnivå, investeringskostnader, typer av ventilationssystem och värme för studerade objekt*

### **Energianvändning**

	Före renovering (kWh/m <sup>2</sup> )	Efter renovering (kWh/m <sup>2</sup> )
Brogården Alingsås	177	58
Gårdsten Solhus 1 Göteborg	263	145
Katjas Gata Göteborg	176	52

### **Hyresnivå**

	Före renovering (SEK/m <sup>2</sup> )	Efter renovering (SEK/m <sup>2</sup> )
Brogården Alingsås	734	1036
Gårdsten Solhus 1 Göteborg	659	704
Katjas Gata Göteborg	694	938

### **Investeringskostnad**

	Standardhöjande åtgärder (SEK/m <sup>2</sup> )	Energieffektiviserande åtgärder (SEK/m <sup>2</sup> )
Brogården Alingsås	9300	5600
Gårdsten Solhus 1 Göteborg	4545	1070
Katjas Gata Göteborg	11500	3000

### Typer av ventilationssystem

	Före renovering	Efter renovering
Brogården Alingsås	F-system	FTX-system (motströmsplattvärmeväxlare i första ombyggda huset, roterande värmeväxlare i de övriga)
Gårdsten Solhus 1 Göteborg	FT-system	F-system och FTX-system
Katjas Gata Göteborg	F-system (ombyggd från FT-system)	FTX-system (roterande värmeväxlare)

### Värmekälla och värmesystem

	Före renovering		Efter renovering	
	Värmekälla	Värmesystem	Värmekälla	Värmesystem
Brogården Alingsås	Fjärrvärme	Radiatorer, 2-rörssystem	Fjärrvärme	Eftervärningsbatteri, fjärrvärmeslinga och handdukstork i gavellägenheter på markplan
Gårdsten Solhus 1 Göteborg	Fjärrvärme, solfångare	Radiatorer, 2-rörssystem	Fjärrvärme	Radiatorer, 2-rörssystem
Katjas Gata Göteborg	Fjärrvärme	Radiatorer, 1-rörssystem	Fjärrvärme	Radiatorer, 2-rörssystem

## 4 Fallstudie Siriusgatan 24-28 Göteborg

Huset Siriusgatan 24-28 i Bergsjön ägs och förvaltas av Familjebostäder i Göteborg (se figur 32).



Figur 32 Vy över Siriusgatan Bergsjön Göteborg (googlemaps.com, 2013)

Siriusgatan 24-28 är byggt 1969 och är typisk för miljonprogrammets lamellhus (se figur 32). Det består av 71 lägenheter och har storleksuppdelning enligt tabell 5 (Mjörnell, 2011).

Tabell 6 Lägenhetstyp och antal på Siriusgatan 24-28 (Mjörnell, 2011)

Lägenhetstyp	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok	6 rok	Totalt
Antal	2	31	24	12	0	2	71



Figur 33 Siriusgatan 24-28 Bergsjön Göteborg

## 4.1 Tekniska data

Siriusgatan 24-28 har 8 våningar inklusive övre och undre källare som består av betongstomme med utfackningsväggar av träreglar med mineralullisolering (se bilaga 3). Fasaden är byggd av plåt på långsidor och betongelement med cellplast på gavlar (Mjörnell, 2011). Byggnaden är ansluten till Göteborgs Energi fjärrvärmenät. Fönstren är i originalskick från 1970. (Familjebostäder, 2012).

På grund av dåligt isolerade fasader upplevs lägenheterna som kalla och dragiga (Mjörnell, 2011). Luft och fukt tränger sig in i utfackningsväggarna på grund av otätheter runt fönstren (Familjebostäder, 2012).

Förstudierapporten som genomfördes 2012 sammanställer informationen om de delar som är i behov av åtgärder. Spill-, tappvatten- och värmerör och ventiler är korrosionsangripna. Asbest användes i kakelfix och kakelfogar och troligtvis i rörisoleringen. Asbest finns också i fasadskiva bakom fasadplåt (Familjebostäder, 2012).

Bland de rekommendationer som föreslås i förstudierapporten är att tilläggsisolera i fasad och tak. Det förekommer en del otätheter som bör ses över och åtgärdas. Fuktskadade delar av fasaden, d.v.s. plåt, internitskiva, plast, tejp och delar av trästomme, bör rivras och ersättas. Under byggtiden användes kemiskt miljögift PCB (polyklorerade bifenyler), vid senare genomförda åtgärder sanerades en del, men ca 200 löpmeter (lpm) är kvar. PCB användes främst i fog kring fönster (Familjebostäder, 2012).

Alla korrosionspåverkade rör bör bytas ut. VVC-ledningar bör installeras. Enligt förundersökningen anses stamventiler och värmestammar som betjäna badrum icke användbara och det rekommenderas att byta ut de. Huvudledningar för värme bör isoleras och värmesystem injusteras. Tätskikt och ytskikt i badrummet bör ses över. Det saknas skruvar vid kassettbrunnar som orsakar vattenskador. (Familjebostäder, 2012)

Enligt förstudierapporten behövs det omfattande ombyggnad för att säkerställa byggnadens grundläggande funktioner. Totalrenovering av fasad, tak, badrum och kök rekommenderas. Läckage i rörledningar förekommer ofta och därför bör även de bytas ut tillsammans med värmestammar och VA-installationer. (Familjebostäder, 2012)

Familjebostäder i Göteborg har genomfört täthetsprovning och termografering 16-17 april 2013 för Siriusgatan 24-28. Mätningen gjordes i fem olika lägenheter. I de uppmätta lägenheterna ligger luftläckaget mellan 1,28 – 3,05 l/s, m<sup>2</sup> omslutningsarea. Läckage sker främst genom otätheter kring fönster och deras tätningar och dörrar. Bilder på termografering bifogas i bilaga 4. (Hilmart, 2013)

## 4.2 Energianvändning

Enligt energideklarationen som genomfördes 2010 ligger energianvändning på Siriusgatan 24-28 på 163 kWh/m<sup>2</sup>, år varav fastighetsel 19 kWh/ m<sup>2</sup>, år. Detta kan jämföras med krav på nybyggda bostäder som ligger på 90 kWh/m<sup>2</sup>.

## 4.3 Ekonomi

Just nu ligger hyresnivå på 766 kr/m<sup>2</sup> (Mjörnell, 2011). Enligt förstudierapporten skulle renovering av 71 lägenheter kosta 61 miljoner kronor, vilket är ca 845000 kronor per lägenhet. Det kostnadsförslag som gjordes tog hänsyn till byggherrekostnader, entreprenadkostnader, övriga byggherrekostnader samt moms. Om kostnaden räknas om till kvadratmeter, blir det 12024 kronor per meter kvadrat (Familjebostäder, 2012)

## 4.4 Indata för befintlig byggnad i BV<sup>2</sup>

För att bygga upp en trovärdig modell av den befintliga byggnaden används programmet BV<sup>2</sup> som hjälper att beräkna byggnadens värme- och elenergibehov. Indata till modellen hämtas från OVK, energideklarationen, tryckmätningar i byggnaden, relationsritningar, schablonvärden från SVEBY brukarindata bostäder och vid ofullständigt underlag används vissa antaganden som fås i samråd med konsulter från SWECO Systems i Göteborg.

### 4.4.1 Klimatdata

Byggnadens placering är Göteborg Bergsjön men i beräkningsmodellen är den närmast överensstämmande platsen Göteborg Säve.

### 4.4.2 Konstruktion

Vid beräkning av fasadernas U-värde läses konstruktionen uppbyggnad av i ritningsunderlaget för Siriusgatan 24-28. BV<sup>2</sup>:s egen beräkningshjälp av U-värde används. I beräkningshjälpen byggs de olika väggdelarna upp och efter manuell inmatning av väggdelarnas material och tjocklek beräknar BV<sup>2</sup> ut ett gemensamt U-värde för konstruktionen. Vid köldbryggor till exempel i utfackningsväggen (95 mm

mineralullskiva med liggande 95x45 reglar) använder vi inte funktionen "Köldbryggor" utan beräknar för hand ett gemensamt  $\lambda$ -värde för det valda skiktet med hjälp av  $\lambda$ -värdesmetoden (se bilaga 5).

Då information om takets uppbyggnad saknas antas ett U-värde som motsvarar den vägg med lägst U-värde, d.v.s. 0,33 W/m<sup>2</sup>K.

Ytterligare antagande görs angående materialet internit som inte finns med i BV<sup>2</sup>, antagligen för att materialet idag är förbjudet. Internit och eternit har liknande värmeledningsförmåga, detta resulterade att eternitet har använts i beräkningarna istället.

U-värdet för bottenplattan och den väggyta som kommer i kontakt med marken beräknas med hjälp av BV<sup>2</sup> egna beräkningsmetod. Samtliga väggarnas uppbyggnad och egenskaper kan avläsas i tabell 7.

Tabell 7 U-värdet för de olika fasadväggar Siriusgatan 24-28 (Värden avlästa från ritningsunderlag Sirius G)

### Utfackningsvägg

	Tjocklek [mm]	$\lambda$ -värde [W/m °C]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
Aluminium	1	218	
Internit	13	0,24	
Mineralull/trärege 45x95	95	0,043901	
Gipsskiva	13	0,22	
Summa	122		0,408

### Mineralull/trärege 45x95

	Andel [%]	$\lambda$ -värde [W/m °C]
Trärege 45x95	6,7	0,14
Mineralull	93,3	0,037
Gemensamt	100	0,043901

### Gavelvägg

	Tjocklek [mm]	$\lambda$ -värde [W/m °C]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
Betong	80	3,85	
Cellplast	100	0,036	
Betong	150	3,85	
Summa			0,332

### Vägg i mark

	Tjocklek [mm]	$\lambda$ -värde [W/m °C]	U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
Betong	250	3,85	
Trällsplattor	50	0,07	

Summa			1,05
-------	--	--	------

### Grund platta

	Tjocklek [mm]	$\lambda$ - värde [W/m °C]	U- värde [W/m <sup>2</sup> K]
Makadam	100	1	
Betong	160	3,85	
Cementbruk	50	1,2	
Summa			2,83

### Tak

	Tjocklek [mm]	$\lambda$ - värde [W/m °C]	U- värde [W/m <sup>2</sup> K]
-	-	-	
Antaget summa			0,33

Den ofrivilliga ventilationen i byggnaden visar sig vara den svåraste parametern att ta hänsyn till. Trots att vi använder tryckmätningar på 5 lägenheter som gjordes av Bengt Dahlgrens på uppdrag av Familjebostäder (se tabell 8) är de svåra att tolka med tanke på den osäkerhet som finns i mätningarna. Mätningarnas noggrannhet varierar mellan  $\pm 30,4$  procent och  $\pm 4,5$  procent. I de fem lägenheterna varierar flödet enligt tabell 7 och det genomsnittliga luftläckaget är ca 2 l/s m<sup>2</sup> omslutningsarea vid ett tryck på 50 Pa. Vid normalt vindtryck på 5 Pa motsvarar detta ett läckage på 0,28 l/s m<sup>2</sup> samt 0,52 l/s m<sup>2</sup> vid vintryck med termisk effekt. Detta värde används i beräkningsmodellen vilket ger en värmeförbrukning på hela 171 kWh/m<sup>2</sup>, år som kan jämföras med 144 kWh/m<sup>2</sup> från energideklarationen. Med tanke på dessa mätningars osäkerhet väljs det att minska den ofrivilliga ventilationen vid 50 Pa till 1,5 l/s m<sup>2</sup> omslutningsarea vilket motsvarar ett luftläckage på 0,21 l/s m<sup>2</sup> vid vindtryck samt 0,39 l/s m<sup>2</sup> vid vintryck med termisk effekt. Detta ger en värmeförbrukning på 156 kWh/m<sup>2</sup>, år vilket stämmer mer överens med energideklaration.

Tabell 8 Luftflödet genom klimatskalet i l/s m<sup>2</sup>, omslutningsarea

Lägenhet [lgh]	lgh 1	lgh 2	lgh 3	lgh 4	lgh 5	Genomsnitt
Luftläckage [l/s m <sup>2</sup> ]	1,64	3,05	1,64	1,28	2,38	ca 2

### 4.4.3 Interna värmelaster

Vid beräkning av interna värmelaster används brukarindata från SVEBY. De tre typer av interna värmekällor är personer, belysning och maskiner. Byggnaden består av 75,6 procent lägenhetsyta, 9,3 procent trapphusyta och 15,1 procent övrig yta.

Lägenhetsytan innefattar samtliga tre interna värmekällor. Personvärmens tas fram genom att titta på genomsnittlig närvarotid i lägenheter (se tabell 9) vilket är 14 timmar per dygn med en värmegenerering på 80 W/person (SVEBY, 2012).

Tabell 9 Rekommenderad personvärme och närvarotid per dygn (SVEBY, 2012).

Rekommenderad personvärme	
Effekt per person	80 W
Närvarotid per dygn	14 tim
Antal personer per lägenhet	Se tabell 10 nedan

Indata till antalet personer som i genomsnitt bor i lägenheterna hämtas från 3H-projektet av SVEBY (se tabell 10).

Tabell 10 Rekommenderat antal boende per lägenhet (3H- projekt 2005) (SVEBY, 2012).

Lgh storlek	1 rkv	1 rk	2 rk	3 rk	4 rk	5 rk	6+rk
Antal boende	1,42	1,42	1,63	2,18	2,79	3,51	3,51

Även indata för hushållsel (belysning och maskiner) tas från SVEBY. Hushållselen motsvarar 3000 kWh/år varav belysning är 630 kWh/år vilket motsvarar 21 % (se tabell 11).

Tabell 11 Uppmätt fördelning av hushållselen i småhus och lägenheter (SVEBY, 2012)

	Hus, samtliga hushåll [kWh/år]	Lägenhet, samtliga hushåll
Kyl och frys	1020	720
Belysning	1275	630
Matlagning	510	390
Diskmaskin	306	120
Tvätt och tork	306	210
Stereo	102	60
TV	255	150
DVD, VCR mm	153	60
Dator med	459	270
Övrigt	357	60
Ej uppmätt	357	330
<b>Summa hushållsel</b>	<b>5100</b>	<b>3000</b>

Det som SVEBY inte tar hänsyn till är fördelningen av internvärme under olika delar av dygnet (dag och natt).  $BV^2$  tar hänsyn till detta vilket resulterar i stort genomslag i beräkningarna på grund av större uppvärmningsbehov på natten. Större delen av de boende är hemma nattetid vilket gör att producerad internvärme är mer värdefull under natten än på dagen då det inte är lika stort behov av uppvärmning. För att ta hänsyn till detta antas följande:

- Av de 14 timmar då boende är hemma är 80 procent under natten respektive 20 procent under dagen (se tabell 12)
- Internvärme som produceras av belysning och maskiner är totalt  $4,84 \text{ W/m}^2$  varav 21 % är belysning vilket ger  $1,02 \text{ W/m}^2$  för belysning och  $3,82 \text{ W/m}^2$  för maskiner. Det antas att på dagen är det 40 procent mer än genomsnitt och på

natten 40 procent mindre. Genomsnittet ligger fortfarande på  $4,84 \text{ W/m}^2$  (se tabell 12). Detta ger att 70 procent av hushållslasten är på natten och 30 procent är på dagen.

Tabell 12 Fördelning av internvärme dag och natt.

Personlast	Dag	Natt	Totalt
Personer [st]	17	68	85

Hushållslast	Dag	Natt	Genomsnitt
Belysning [ $\text{W/m}^2$ ]	0,612	1,428	1,02
Maskiner [ $\text{W/m}^2$ ]	2,292	5,348	3,82

Trapphusytan har som intervärmekälla endast belysning som antas ligga på  $1 \text{ W/m}^2$ .

Den övriga funktionsytan får värmetillskott från belysning och maskiner, exempelvis i tvättstugor. För dess yta antas internvärme ligga på  $1 \text{ W/m}^2$  för belysning och  $2,5 \text{ W/m}^2$  för maskiner

#### 4.4.4 Klimathållningssystem

I beräkningar används aktuellt ventilationssystem i byggnaden, nämligen F-system. Ett SFP-tal för den befintliga byggnaden antas till  $3,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ .

Vid samtal med konsult på SWECO Systems, framkom det att dimensionerande innetemperatur på  $23^\circ \text{C}$  är rimlig för en äldre byggnad på grund av dragproblem. För att kompensera lägre operativa temperaturen (upplevd temperatur) orsakat av drag, högre innetemperatur används.

De befintliga luftflödena i byggnaden tas från OVK från 2010. I OVK summeras samtliga frånluftsflöden för hyresytorna och för övriga ytor antas ett hygienflöde på  $0,35 \text{ l/s m}^2$ . De flödena som summerades i OVK är frånluften från kök, WC, klädskåp och köksfläkten. Det antas i detta arbete att köksfläkten är i drift en timme per dygn då den endast brukas vid matlagning. I vissa lägenheter är inget flöde uppmätt och då antas ett flöde för kök, WC och köksfläkt. Detta flöde beräknas som genomsnitt av uppmätta flöden i respektive frånluftsuttag. Efter summering av de olika flöden och hänsyn till olika storlekarna på funktionsytorna fås ett genomsnittsfloöde på  $0,393 \text{ l/s m}^2$ .

#### 4.4.5 Tappvarmvatten

För dimensionering av tappvarmvatten används fjärrvärmeföreningens schablonvärde för bostäder i  $BV^2$  (se bilaga 6).

#### 4.4.6 Värmeproduktion

I beräkningsmodellen används  $BV^2$ :s egna schablonvärden för fjärrvärmeanslutning och radiatorsystem.

#### 4.4.7 Resultat för beräkningsmodell

Resultat av den uppbyggda beräkningsmodellen av det befintliga skicket av Siriusgatan 24-28 i jämförelse med energideklarationen illustreras i tabell 13.

Tabell 13 *Energianvändning [kWh/m<sup>2</sup>, år] i beräkningsmodell och energideklaration*

Beräkningsmodell		Energideklaration	
<i>Energi [kWh/m<sup>2</sup>, år]</i>		<i>Energi [kWh/m<sup>2</sup>, år]</i>	
<b>Fjärrvärme</b>		<b>Fjärrvärme</b>	
Radiatorvärme	128,55	Radiatorvärme	-
Varmvatten	30,61	Varmvatten	-
<i>Summa</i>	159,16	<i>Summa</i>	144
<b>Fastighetsel</b>		<b>Fastighetsel</b>	
Belysning	2,24	Belysning	-
Maskiner	3,04	Maskiner	-
fläktar	12,07	fläktar	-
<i>Summa</i>	17,35	<i>Summa</i>	19
<i>Totalt</i>		<i>Totalt</i>	
	176,51		163

Enligt tabell 13 skiljer det sig 13,51 kWh/m<sup>2</sup>, år mellan beräkningsmodellen och energideklarationen. Detta kan bero på att antaganden i detta arbete inte alltid överensstämmer med verkligheten. Som exempel har det varit svårt att uppskatta internlasten i främst LOA-ytan (lokalarea) där vi inte har någon information om aktiviteter och belastning på samma sätt som vid BOA-ytan (boarea). Som nämndes tidigare är det svårt att uppskatta den ofrivilliga ventilationen i byggnaden. Dessa osäkerheter tillsammans med faktum att en beräkningsprogram är en förenkling av verkligheten medför att det finns skillnader mellan i energianvändningen.

#### 4.5 Grundåtgärder

Allmänt för att få ner energianvändningen så mycket som möjligt är det viktigt att genomföra åtgärder i rätt ordning. Det första som bör åtgärdas i äldre byggnader är köldbryggor, byggnaden skall tätas och isoleras extra. Fönstren kan antingen bytas eller extraglas sättas in för att höja U-värde. Dessa åtgärder bidrar till ett bättre inneklimat som tillåter en sänkning av innetemperaturen. För att säkerställa en bra balans i byggnaden bör värmesystemet justeras efter alla genomförda åtgärder.

Siriusgatan 24-28 är i behov av omfattande underhållsåtgärder, samtidigt som de genomförs så kan det vara lämpligt att införa vissa energibesparingsåtgärder med tanke på Sveriges miljömål fram till 2050. Frågan är om det är lönsamt för fastighetsägare att göra de energibesparande åtgärderna, jämfört med den tid det tar innan dessa är betalda med den besparing de förväntas ge.

Enligt förstudierapporten gjord på beställning av Familjebostäder för att säkerställa byggnadens grundläggande funktioner borde följande åtgärder som sammanfattas i tabell 14 genomföras.

Tabell 14 Problem och åtgärder för Siriusgatan 24-28 (Familjebostäder, 2012)

Problem	Åtgärd
Lägenheterna upplevs dragiga	Tätning av köldbryggor, tilläggsisolering av fasaden och taket
Luft och fukt tränger sig in i otätheterna runt fönstren	Tätning runt fönstren eller dess utbyte
Spill-, tappvatten- och värmerör och ventiler är korrosionsangripna	Utbyte av alla skadade rör och ventiler
Stamventiler och värmestammar som betjänar badrum är icke användbara	Stambyte, byte av ventiler
VVC saknas (risk för legionella)	Installation av VVC
Isolering av huvudledningar för värme saknas	Isolering av huvudledningar för värme
Ändrat värmebehov efter eventuellt genomförda åtgärder	Injustering av värmesystem

## 4.6 Simulering av grundåtgärder i BV<sup>2</sup>

Enligt förstudien som gjordes på Siriusgatan behöver klimatskalet renovering. I beräkningsmodellen utgås det från att klimatskalet upprustas för att nå BBR:s U-värde för nybyggnation i klimatzon III. Fasaden antas få ett genomsnittligt U-värde på 0,4 W/m<sup>2</sup> K och en täthet på 0,4 l/s m<sup>2</sup> omslutningsarea. De åtgärder som implementeras för att få ett U-värde på 0,4 visas i tabell 15. Vid simulering i BV2 ändras energianvändning från 176,51 kWh/m<sup>2</sup>, år till 98,81 kWh/m<sup>2</sup>, år.

Tabell 15 Tilläggsisolering av klimatskal för att uppnå BBR

	Tillägg [mm]	Gammalt U-värde [W/m <sup>2</sup> K]	Nytt U-värde [W/m <sup>2</sup> K]
Utfackningsvägg	100 mineralull	0,408	0,209
Gavelvägg	100 cellplast	0,332	0,172
Tak	200 mineralull	0,33	0,129
Vägg i mark	100 cellplast	1,05	0,268
Platta	Original	2,83	2,83
Platta + Vägg i mark	Beräknat i BV2	0,5605	0,45
Fönster	Nya fönster	3,5	1,2
Genomsnitt	-	0,8	0,4

Efter renovering blir inomhusklimat betydligt bättre, dragproblem elimineras och ofrivillig ventilation behöver inte kompenseras med högre inomhustemperaturen. Detta medför att inomhustemperaturen kan sänkas från 23 till 22 °C. Denna åtgärd minskar användning av värmeenergi med upp till 5 procent per grad temperatursänkning (Energikontoret Skåne, 2000).

## 4.7 Energibesparande åtgärder

Bara de grundläggande åtgärder som föreslogs i kapitel 4.6 sparar 77,7 kWh/m<sup>2</sup>, år. Det finns fler åtgärder som kan minska energianvändningen ytterligare. I tabell 16 presenteras vilka energiåtgärder eller kombinationen av dessa som skulle kunna implementeras på Siriusgatan 24-28.

Tabell 16 Energiåtgärder

Ventilation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Byte av fläkt (lägre SFP-tal)</li><li>• Installation av centralt FTX-aggregat</li><li>• Installation av lägenhetsvis FTX-aggregat</li><li>• Byte av CAV till VAV</li><li>• Isolering av kanaler</li></ul>
Värme	<ul style="list-style-type: none"><li>• Snålspolande munstycken vid tvättställ och diskho (tappvarmvatten)</li><li>• Lägenhetsvis mätning och debitering (tappvarmvatten)</li><li>• Förvärmning med spillvattenväxlare (tappvarmvatten)</li><li>• Installation av FVP</li></ul>

### 4.7.1 Ventilation

Även om OVK är godkänd och den gamla fläkten fungerar som den ska, så är det fördelaktigt att byta frånluftsfälkt till en nyare med lägre SFP-tal. Elanvändning för fläktdriften minskar avsevärt vid installation av ny fläkt.

Installation av centralt FTX-aggregat innebär en stor ombyggnad. Frånluftskanaler ska bytas ut och nya tilluftskanaler dras. FTX aggregat tar mer plats och bör placeras på vindsvåning. Detta resulterar oftast i merkostnader för ombyggnad av tak. Det räknas med takombyggnad för Siriusgatan 24-28.

Lägenhetsvis monterat FTX-aggregat har sina fördelar, till exempel har hyresgästen möjlighet att reglera luftflöde och tilluftstemperatur själv. Vid samma verkningsgrad som för centralt FTX-aggregat är energibesparing i princip detsamma samtidigt som kostnad för installation och drift av individuell aggregat är någorlunda högre.

Byte av CAV till VAV sparar energi, men på grund av låga flöden i bostäder är besparingen inte särskilt stor. Om detta vägs mot den extra elenergi som krävs för att driva alla justerbara spjäll och mätare som installeras samt en hög investeringskostnad som dessutom är svår att uppskatta väljs det att inte analysera denna åtgärd i uppsatsen.

Isolering av kanaler skulle kunna ge bra utfall på energianvändningen, då värmen inte försvinner under tiden luften transporteras in i lägenheter och ut till aggregatet, dock är denna åtgärd svår att ta hänsyn till i BV2 och behandlas därför inte.

## 4.7.2 Värme

För att spara värme finns det många enkla åtgärder att göra. De är relativt billiga men effektiva. Till exempel snålspolande munstycke vid tvättställ och diskho sparar 10 procent i varmvattenanvändning (Energikontoret Skåne, 2000). Installation av snålspolande munstycke i duschen minskar varmvattenanvändning ytterligare.

Lägenhetsvis mätning och debitering av varmvatten har visat sig minska varmvattenanvändning med upp till 30 procent, Brogården i Alingsås är bra exempel på detta<sup>9</sup>. Extra kostnad tillkommer för avläsning och debitering.

Det finns stor potential i återanvändning av spillvärme, problemet med denna åtgärd är att energitillförsel är ojämn. För att ta tillvara energin måste antingen värmepump eller värmeväxlare installeras. För att få bästa resultat med värmepump bör flera stora områden vara inkopplade till systemet. Värmeväxlare skulle kunna monteras vid duschtlopp, nackdelen är att det blir svårt att värma upp vatten vid badning för att avloppsflöde då inte finns (Mjörnell, 2012). På grund av tidigare nämnda problem beaktas denna åtgärd inte detta arbete.

Installation av FVP beskrivs i kapitel 2.3.2.5. och är av intresse att undersöka. Installation av FVP minskar inte den energi som används i byggnaden, men den minskar den köpta energin.

## 4.8 Simulering av energibesparande åtgärder i BV2

Vid ombyggnad till CAV med en värmeåtervinning på 80 procent med befintliga flöden på 2600 l/s för hela byggnaden. Den lägsta tillufttemperaturen sätts till 18 °C.

Vid byte av fläkt ersattes SFP-talet i BV<sup>2</sup> från 3,5 till 0,95.

SFP-talet för den nya till- och frånluftaggregatet med värmeåtervinning antas vara 2,5.

Vid beräkning av frånluftvärmepump (FVP) används givna schabloner i BV<sup>2</sup>. Vid dimensionering av FVP:s effekt antas lufttemperaturen innan FVP 20 °C respektive 8 °C efter och flödet antas vara 2600 l/s. Med hjälp av denna approximation kan FVP:s effekt tas fram enligt formel:

$$\dot{Q} = \dot{V} * c_p * \rho * \Delta t, \text{ där}$$

$\dot{Q}$  – värmeeffekt [W]

$\dot{V}$  – flöde [m<sup>3</sup>/s]

$c_p$  – specifik värmekapacitet [J/(kg\*K)] (för luft 1000 J/(kg\*K))

$\rho$  – densitet [kg/m<sup>3</sup>] (för luft 1,2 kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta t$  – temperaturdifferens [°C]

---

<sup>9</sup> Hans Eek (Architect, Senior Adviser) intervjuad av författarna den 15 april 2013.

## 4.9 Kostnadskalkyl för energibesparande åtgärder

Att projektera ventilation, värme och avlopp ingår inte i detta arbete, därför är många kostnader grovt uppskattade. Eftersom alla kostnader är approximativa och de flesta hämtades ut Wikells Sektionsfakta 10/11 (se tabell 17), borde jämförelser ge utfall som är av intresse, d.v.s. bästa energibesparingslösningen eller kombinationen av lösningar som är lönsamma. Alla priser inkluderar moms.

Tabell 17 *Investeringskostnader och energibesparing för olika åtgärder och kombinationer av åtgärder*

Åtgärd	Investerings- kostnad [SEK]	Energibesparing [kWh/m <sup>2</sup> , år]		Total energibesparing [SEK/år] <sup>10</sup> (grov beräkning för enkel jämförelse med investerings- kostnad)
		El	Värme	
Utbyte av frånluftsfläkt SFP 0,95	135 000	8,79	-	53 600
Installation av centralt FTX (verkningsgrad 80 procent)	3 300 000 (inkl. ombyggnad av tak)	3,45	43,64	155 000
Installation av FVP	1 400 000	0,07	23,99	82 000
Lägenhetsvis mätning och debitering av varmvatten	150 000	-	19,35	66 000
Montering av snålspolande kranar vid alla tvättställ och diskho	370 000	-	18,83	64 000
Utbyte av fläkt + FVP	1 535 000	8,81	23,9	135 000
Utbyte av fläkt + FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering	2 055 000	8,81	42,03	197 000
FTX + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering	3 700 000	3,45	55,25	195 000
FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering	1 920 000	0,07	41,1	141 000

<sup>10</sup> Elpris Göteborg 1,2 kr/kWh (inkl. moms). Fjärrvärmepris 0,67 kr/kWh (inkl. moms)

Utbyte av fläkt + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering	655 000	8,79	23,98	135 000
---	---------	------	-------	---------

## 4.10 Lönsamhetsanalys

Enligt Hyreslagen har fastighetsägare inte rätt att lägga investeringskostnad för energibesparingsåtgärder på hyra (Jordabalk 1970:994), därför används i våra beräkningar årlig energibesparing för åtgärder som beskrivs i kapitel 4.7., d.v.s. vi ska titta på hur lång tid tar det innan energibesparingsåtgärder betalar sig själva.

Lönsamhet visar om åtgärderna är ekonomiskt effektiva, d.v.s. om de genererar vinst för företaget. I den här uppsatsen ligger fokuset på energianvändning, därför kommer energibesparing vägas mot investeringskostnader för inköp och installation av energibesparande teknik som beskrivs i kapitel 4.6.1.

Det finns olika metoder att räkna på lönsamhet:

- Payback-metoden
- Annuitetsmetoden
- LCC (Livscykelkostnadsanalys)

Vid beräkning med Payback metoden fås återbetalningstid ut för investering enligt följande ekvationer:

$$\text{Återbetalningstid (år)} = \frac{\text{Investering (SEK)}}{\text{Årlig besparing (SEK/år)}}$$

Det är en enkel beräkningsmetod som används mest för lönsamhetsberäkning av kortsiktiga investeringar. Nackdelen med denna metod är att den inte tar hänsyn till ränta. (Byman, Jernelius, 2012)

Annuitetsmodellen innebär att investering räknas om till årsvärde. Ju högre årligt resultat, desto högre lönsamhet. Årligt resultat beräknas enligt följande formel:

$$\text{Årligt resultat} \left( \frac{kr}{\text{år}} \right) = \text{Årligbesparing} \left( \frac{kr}{\text{år}} \right) - \text{Kapitalkostnad} (kr/\text{år})$$

Vid beräkning med LCC räknas årlig besparing om till nuvärde. Ju lägre nuvärde med hänsyn till investering desto lönsammare är den. LCC-värde beräknas enligt följande formel:

$$LCC (kr) = \text{Investering} (kr) - \text{Årlig besparing} (kr) * \text{Nusummefaktorn}$$

Nusummefaktor tar hänsyn till kalkylräntan, inflationen och energiprisökningen. (Trüschel, 2013)

I denna uppsats används LCC för beräkning av lönsamheten.

### 4.10.1 LCC

I LCC beräkningar används årets energipriser:

- Fjärrvärme 0,67 kr/kWh (inkl. moms) (Svensk fjärrvärme, 2013)
- Elpris Göteborg 1,2 kr/kWh (inkl. allt) (Allt: spotpris, påslag, volympåslag, elcertifikatsavgift, fasta avgifter, miljöpåslag, påslag för omteckningsrätt, energiskatt, moms) (elskling.se, 2013)

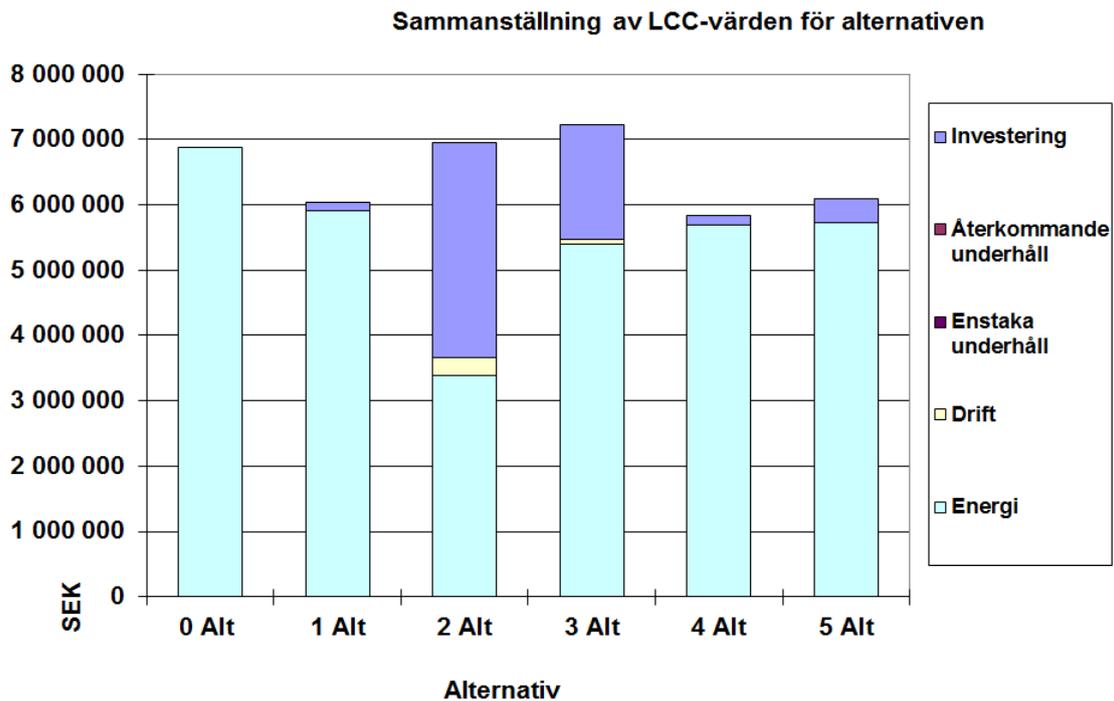
I LCC beräkningsmodellen görs jämförelsen mellan olika installationstekniska lösningar och kombinationer av lösningar (se tabell 18).

*Tabell 18 Åtgärder och kombinationer av åtgärder som jämförs i LCC beräkningsmodellen*

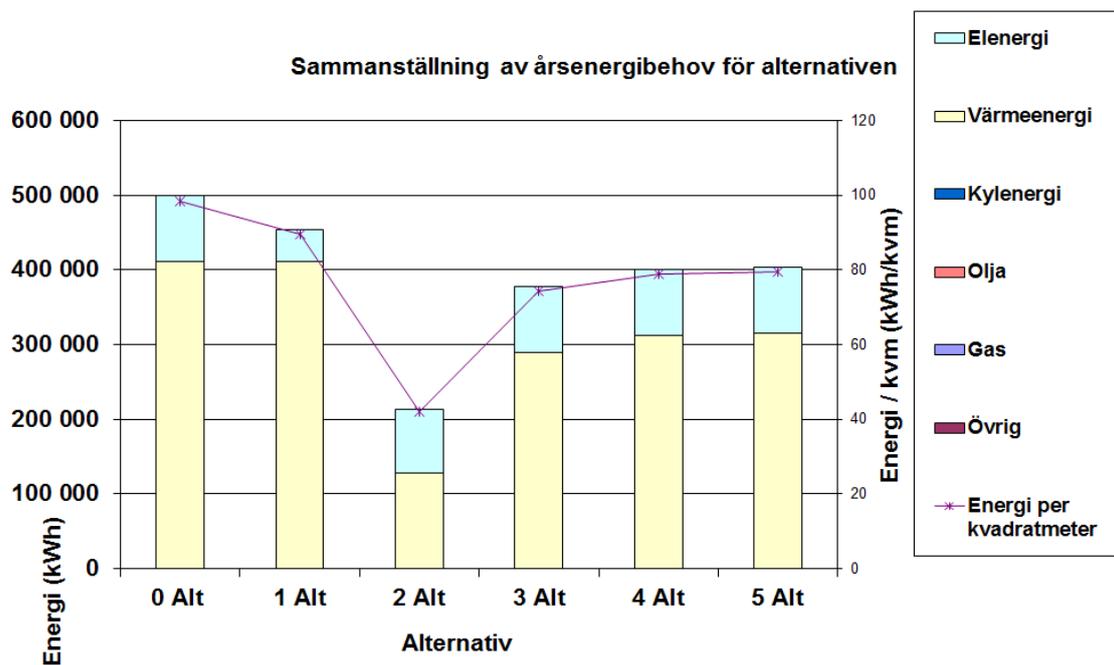
Alt 0	Visar energianvändning efter reovering till BBR standarden i beräkningsmodellen (investering för det beräknas inte)
Alt 1	Utbyte av frånluftsfläkt SFP 0,95
Alt 2	Installation av centralt FTX med CAV (verkningsgrad 80 procent)
Alt 3	Installation av FVP
Alt 4	Lägenhetsvis mätning och debitering
Alt 5	Montering av snålspolande kranar vid alla tvättställ och diskho
Komb 1	Utbyte av fläkt + FVP
Komb 2	Utbyte av fläkt + FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebering
Komb 3	FTX + snålspolande kranar + individuell varmvattendebering
Komb 4	FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebering
Komb 5	Utbyte av fläkt + snålspolande kranar + individuell varmvattendebering

Kalkyltiden i beräkningarna är 20 år, kalkylräntan 4 procent. Enerprisökning uppskattas till 3 procent, inflationen 1 procent. Livslängd för alla åtgärder är 20 år förutom frånluftsvärmepump som har en livslängd på 15 år enligt SWECOs beräkningsmall. Alla LCC-värden presenteras i bilaga 6.

Den första LCC beräkningen visar att installation av FTX och FVP inte är lönsamma åtgärder på grund av hög investeringskostnad. Den första stapeln ”0 Alt” i diagrammet (se figur 34) visar nuvarande energianvändning, ”2 Alt” och ”3 Alt” d.v.s. FTX och FVP staplar är högre, det betyder att vid given kalkyltiden, kalkylränta, inflation och energipris kommer de två åtgärder kosta mer än om det inte görs någon åtgärd alls. Samtidigt visar figur 35 att det är de åtgärder som sparar mest energi.



Figur 34 Sammanställning av LCC-värden för enstaka åtgärder (Kalkyltid 20 år)

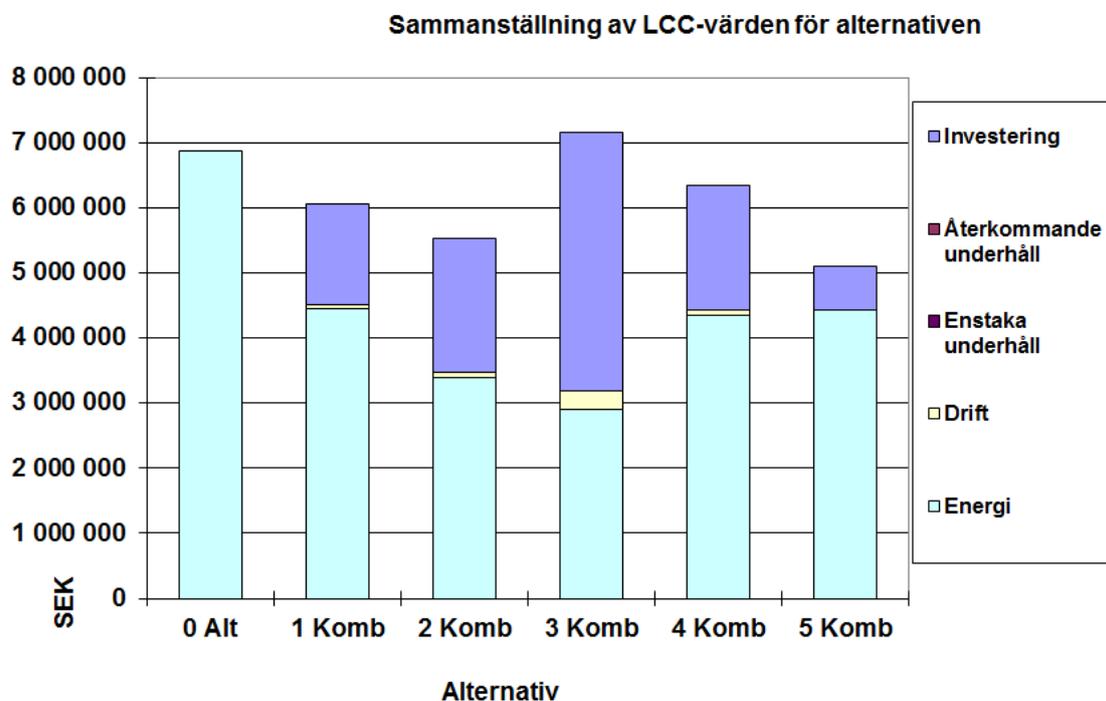


Figur 35 Sammanställning av årsenergibehov för enstaka åtgärder (Kalkyltid 20 år)

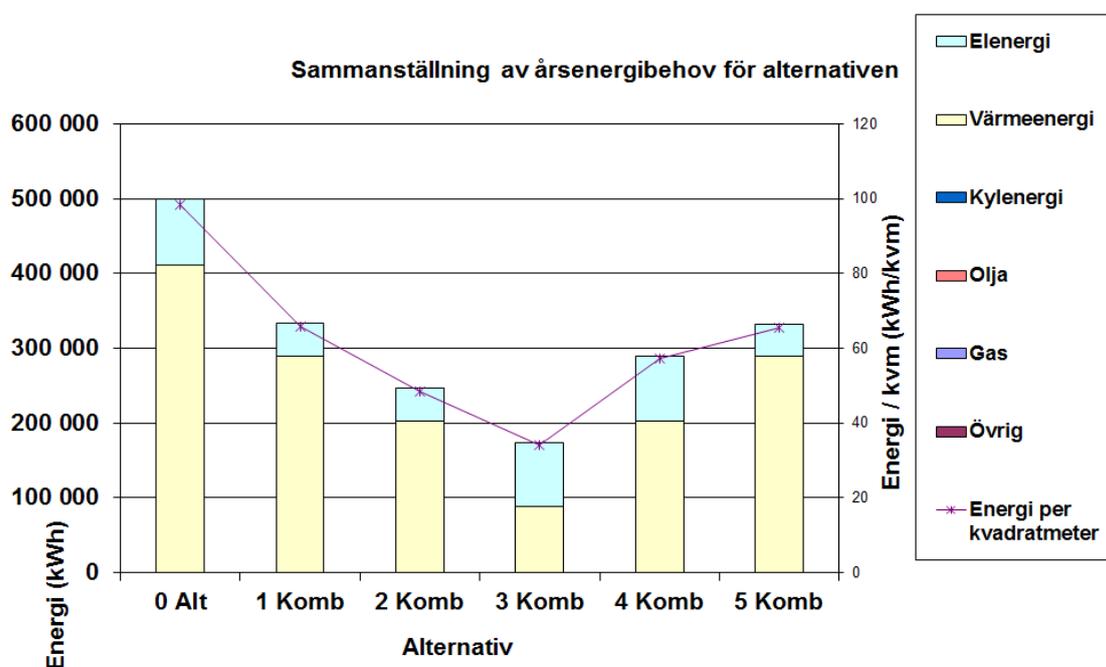
I nästa beräkning jämförs kombinationer av åtgärder. Det visar sig att det ända åtgärd som inte är lönsam är ”3 Komb” (FTX + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering), den högsta stapeln (se figur 36). Att installera FTX innebär

stor investering som är svår att räkna hem. Detta kan bero bland annat på låga energipriser och omfattande renovering av tak som vi räknar med i detta arbete.

Precis som vid första beräkningen är installationen av FTX-system den åtgärd som i kombinationen med vattenbesparingsåtgärder ger störst energivinst (se figur 37).



Figur 36 Sammanställning av LCC-värden för kombinationen av åtgärder (Kalkyltid 20 år)



Figur 37 Sammanfattning av årsenergibehov för kombinationen av åtgärder (Kalkyltid 20 år)

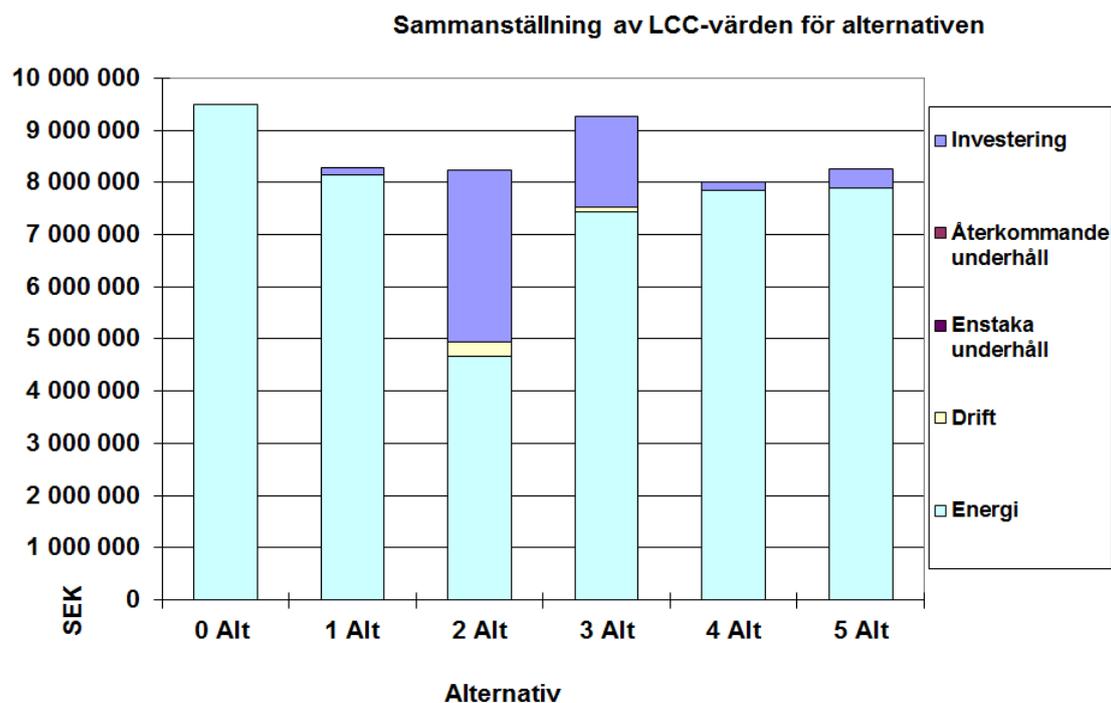
## 4.10.2 Känslighetsanalys

Vid genomförande av känslighetsanalys förändras ett eller några variabler i beräkningar för att se hur känslig investering är. I vårt arbete har vi valt att studera hur energiprisökning och kalkyltiden påverkar utfall för lönsamheten av föreslagna åtgärder.

Känslighetsanalys genomförs med följande förutsättningar:

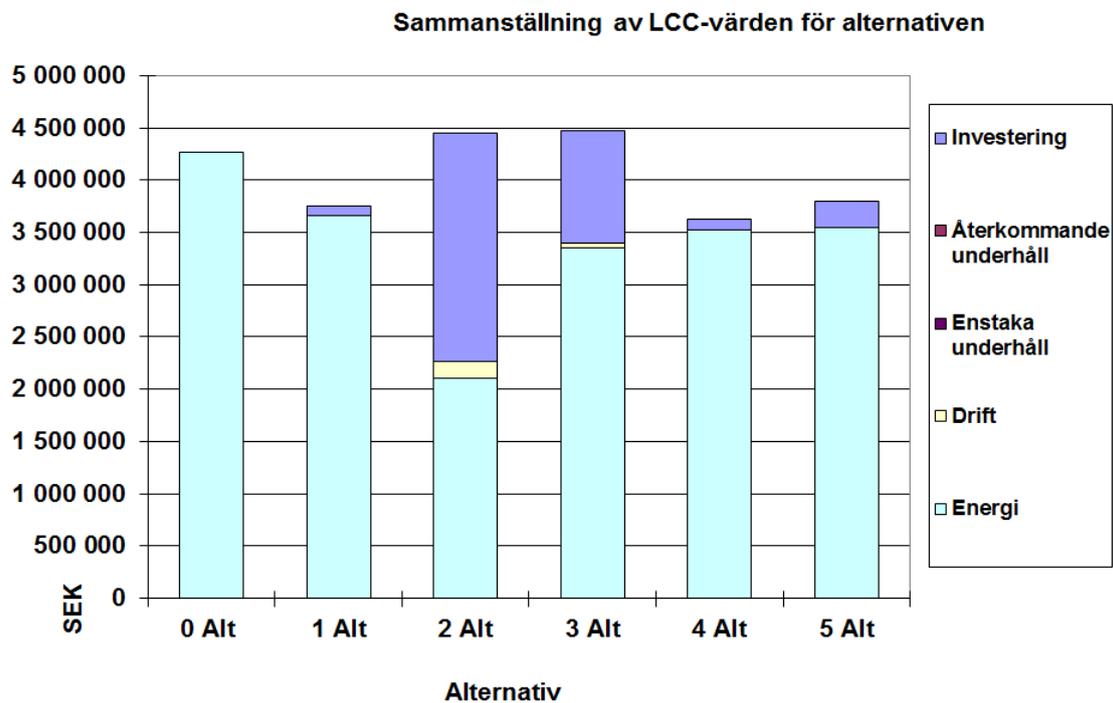
- Kalkyltid – 20 år
- Kalkylränta – 4 procent
- Energiprisökning 6 procent
- Inflation – 1 procent

I första beräkningen jämförs enstaka energibesparingsåtgärder. Det visar sig att vid ökat energipris blir alla åtgärder lönsamma, d.v.s. LCC-värden för alla är lägre än för kostnad för energi för byggnad i befintligt tillstånd (se figur 38). Med andra ord det lönar sig att investera.



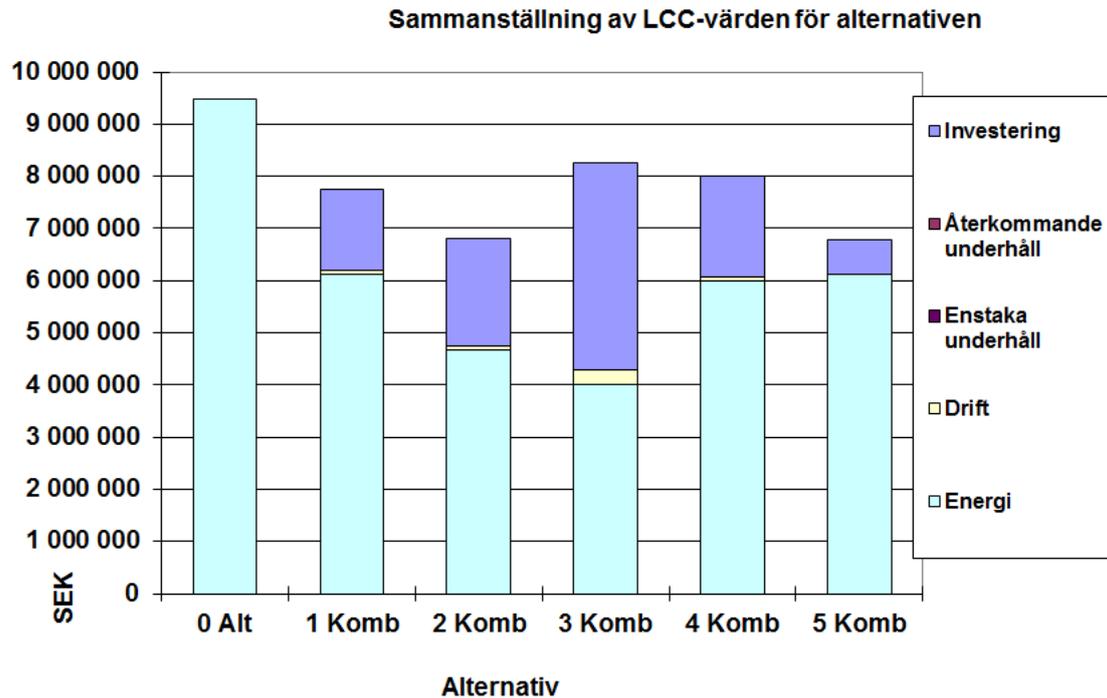
Figur 38 Sammanställning av LCC-värden för enstaka åtgärder vid högre energipris (Kalkyltid 20 år, energiprisökning 6 procent)

Figur 39 visar i sin tur förändring av LCC-värden om kalkyltiden minskar till 10 år, samtidigt som energipris fortfarande är på samma nivå (energiprisökning med 3 procent). Det som syns tydligt är återigen att FTX och FVP staplar blir högre än ”0 Alt”, d.v.s. att de två åtgärderna är lönsamma med kalkyltid på 20 år och energiprisökningen med 3 procent.

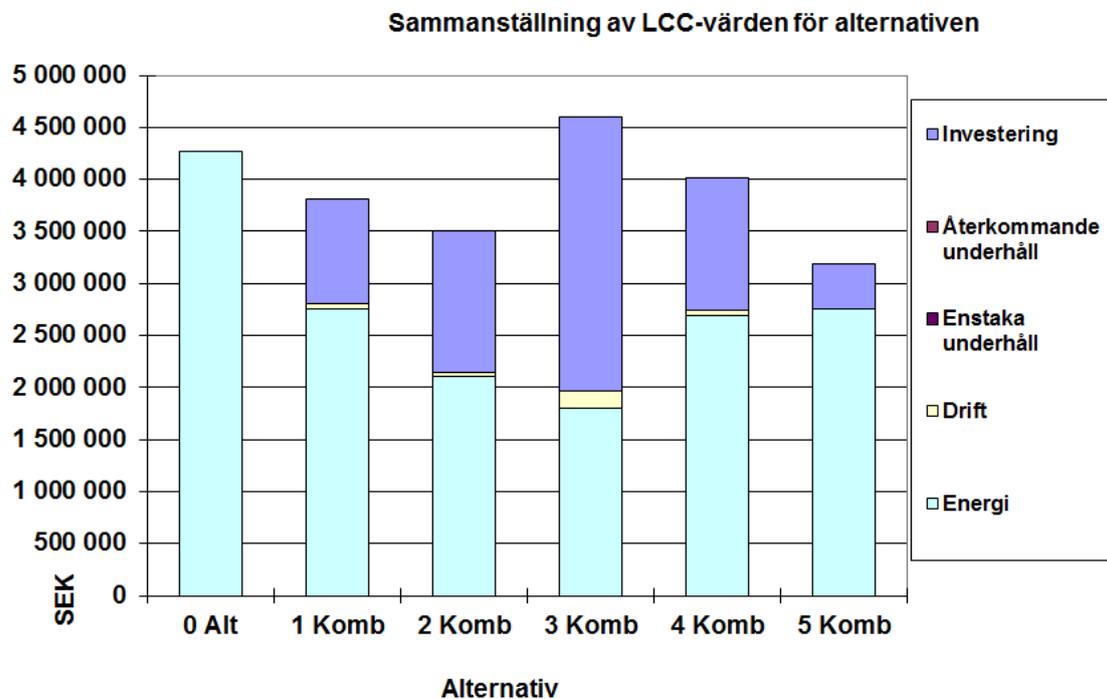


Figur 39 Sammanställning av LCC-värden för enstaka åtgärder vid högre energipris och kortare kalkyltid (Kalkyltid 10 år, energiprisökning 6 procent)

Vid analys av kombinationer av åtgärder visar det sig att alla åtgärder är lönsamma vid ökad energipris. FTX i kombinationen med varmvattenbesparingsåtgärder är fortfarande den högsta stapeln på grund av den höga investeringskostnaden (se figur 40). Vid ändring av kalkyltiden till 10 år stiger LCC-värden för ”3 Komb”.



Figur 40 Sammanställning av LCC-värden för kombinationen av åtgärder vid högre energipris (Kalkyltid 20 år, energiprisökning 6 procent)



Figur 41 Sammanställning av LCC-värden för kombinationen av åtgärder vid högre energipris och kortare kalkyltid (Kalkyltid 10 år, energiprisökning 6 procent)

## 4.11 Resultat

Vid analys av enskilda föreslagna åtgärder för Siriusgatan 24-28 visar det sig mycket tydligt att de åtgärder som är lönsamma sparar inte lika mycket energi. Tabell 19 illustrerar det på ett bra sätt. Till exempel, vid installation av FTX tillkommer stora kostnader för ombyggnad av tak som inte är lönsamma, då hamnar FTX på sista plats vad gäller lönsamheten samtidigt som den är på första platsen vad gäller energibesparing. Det är svårt att avgöra ifall någon enskild åtgärd passar bäst på Siriusgatan 24-28 detta beror på andra förutsättningar. Som exempel på detta är om fastighetsägaren bestämmer sig för att rusta upp kök och badrum, då är det lämpligt att byta kranar. Ifall omfattande renovering av fasader planeras då är det troligt att installation av FTX inte kommer kosta lika mycket.

Tabell 19 Sammanställning av enskilda åtgärder vad gäller lönsamheten och energibesparing

Lönsamheten för enskilda åtgärder från mest lönsam till minst lönsam (kalkyltid 20 år, energiprisökning 3 %)	Energibesparing för enskilda åtgärder från den som sparar mest energi till den som sparar minst (kalkyltid 20 år, energiprisökning 3 %)
Lägenhetsvis mätning och debitering (Alt 4)	Installation av FTX (Alt 2)
Utbyte av frånluftsfläkt (Alt 1)	Installation av FVP (Alt 3)
Montering av snålspolande armaturer (Alt 5)	Lägenhetsvis mätning och debitering (Alt 4)
Installation av FVP (Alt 3) – icke lönsam	Montering av snålspolande armaturer (Alt 5)
Installation av FTX (Alt 2) – icke lönsam	Utbyte av frånluftsfläkt (Alt 1)

Med ökning av energipriser till 6 procent blir samtliga åtgärder lönsamma. Energiprosökning påverkar främst utfall för FTX och FVP, de åtgärder som kräver största investeringar.

Ifall fastighetsägaren bestämmer sig för att satsa på omfattande renovering kan det vara lönsamt att genomföra mer och mindre kostsamma energibesparingsåtgärder tillsammans för att få bättre utfall för de åtgärder som sparar mest, men som kräver stora investeringar.

Vid jämförelsen av lönsamheten för de olika kombinationerna av åtgärderna kan det läsas av att kombination 5 (Utbyte av fläkt + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering) är den allra lönsammaste åtgärd som samtidigt ger den lägsta energibesparingen. Kombination 2 (Utbyte av fläkt + FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering) hamnar på plats nummer 2 vad gäller lönsamheten och ger den andra högsta energibesparing efter kombination 3 (FTX + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering). Om både lönsamhet och energiminuskning ska uppnås är kombination 2 ett av de bättre alternativen (se tabell 20).

Tabell 20 Sammanställning av kombinationer av åtgärder vad gäller lönsamheten och energibesparing

<b>Lönsamheten</b> för kombinationer av åtgärder från mest lönsam till minst lönsam (kalkyltid 20 år, energiprisökning 3 %)	<b>Energibesparing</b> för kombinationer av åtgärder från den som sparar mest energi till den som sparar minst (kalkyltid 20 år, energiprisökning 3 %)
Utbyte av fläkt + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 5)	FTX + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 3)
Utbyte av fläkt + FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 2)	Utbyte av fläkt + FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 2)
Utbyte av fläkt + FVP (Komb 1)	FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 4)
FVP + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 4)	Utbyte av fläkt + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 5)
FTX + snålspolande kranar + individuell varmvattendebitering (Komb 3)	Utbyte av fläkt + FVP (Komb 1)

I känslighetskalkylen undersöks vad som händer vid en potentiell energiprishöjning. Det visar sig att lönsamheten ökar för samtliga åtgärder. Kombination 3 är inte lönsam under den ursprungliga prishöjningen på 3 procent, men efter en höjning till 6 procent blir även denna lönsam. Detta beror på att kombination 3 är den åtgärd som sparar mest energi och när energipriserna höjs slår det allra störst för denna åtgärd. Vid ökande energipriser blir installation av FTX-system mer aktuell.

LCC-beräkning visar tydligt att de mindre kostsamma åtgärderna blir lönsamma, samtidigt som de genererar måttlig energibesparing. För att räkna hem installation av FTX och FVP, åtgärder som kan spara mest energi, måste energipriset stiga. Detta skapar problematik för Sverige att uppnå miljömål, nämligen att minska energianvändningen med 50 procent fram till 2050. Vid renovering av bostadsbistånd från miljonprogrammet kan stora energibesparingar åstadkommas, samtidigt som de åtgärder som sparar mest energi kräver stora investeringar och extrakostnader kan oftast inte läggas på hyra.

## 5 Diskussion och slutsatser

Installation av FTX-system sparar mest energi samtidigt som det är den största investeringskostnaden. Det är orsaken varför denna åtgärd blir lönsam bara vid högre energipris och lång kalkyltid. Största delen av kostnaderna vid installation av FTX-systemet är inte inköpet av aggregatet utan ombyggnaden som krävs för att få in systemet, som till exempel ombyggnation av tak. Ett exempel att utnyttja ombyggnad och göra installation av FTX-system mindre kostsam är påbyggnad av ett eller flera våningar på befintlig fastighet. Detta ökar antal uthyrbara kvadratmetrar och minskar kostnaden för installationen av FTX.

Installation av FVP-systemet är precis på gränsen till att vara lönsam vid kalkyltiden på 20 år och energiprisökningen på 6 procent, i övriga fall är den lönsam. Denna åtgärd minskar inte den använda energin utan endast den köpta. I en fastighet som är ansluten till fjärrvärmenätet är denna åtgärd i rent energibesparingssyfte inte aktuell. FVP utnyttjar elenergi för att kunna återvinna värmen i frånluften, medan fjärrvärme använder sig av värmeenergi. Elenergi är en dyrare energikälla och kan användas till mer saker än uppvärmning, därför är det mindre lämpligt att använda FVP för fastigheter som är inkopplade till fjärrvärmenätet. Om byggnaden använder oljepanna eller direktel för uppvärmning är övergång till FVP en bra lösning för att spara energi. För att bidra till en minskning av energianvändning nu och i framtiden så gäller det att sammanställa tekniska renoveringsåtgärder på det bästa sättet energimässigt, d.v.s. använda olika energikällor på det mest rationella sättet.

Enligt genomförda LCC beräkningar är utbytet av fläkt, debiteringen av varmvatten och bytet till snålspolande kranar lönsamma vid samtliga analyser. Detta kan bero på den låga investeringskostnaden i förhållande till FVP och FTX-system.

Debitering av varmvatten är ett effektivt sätt att spara värmeenergin. Brukarna får förståelse av hur mycket varmvatten som verkligen går åt och betalar för det som används. Sedan hur mycket detta påverkar brukaren är svårt att uppskatta, men utifrån intervjuer och studiebesök på befintliga objekt har det blivit en minskning. Vi tycker att det går att göra mer för att öka medvetandet och successivt ändra människans beteende. Att informera de boende om hur energisituationen ser ut och aktivt arbeta tillsammans för att minska energianvändningen är viktigt.

Att arbeta aktivt för att minska energiförbrukning genom att enbart skaffa mer teknik som kompenserar för brukarens höga energibehov är som att behandla symtomen på en sjukdom utan att attackera den direkt. Det räcker inte att använda sig av den bästa tekniken om brukaren fortfarande är vårdslös med sin energianvändning. Människans beteende och förhållningsätt angående energi behöver förändras. Debitering av varmvattnet är ett exempel på detta.

Byte till snålspolande kranar är lönsamt vid samtliga analyser, detta beror på låg investeringskostnad och enkel installation. Men i kombination med debitering av varmvatten blir det ingen ekonomisk lönsamhet vid dessa investeringar för fastighetsägaren då kostnaden för varmvattnet har lagts över på brukaren (hyresgästen) då denna debiteras för hur mycket brukaren använder. Det blir en viss vinst då mindre kallvatten används men detta är en låg kostnad och är svår att endast vara till grund vid investering. Detta kan utgöra ett problem då motivationen till samtliga investeringar är lönsamhet och om kostnaden för uppvärmning av varmvatten debiteras på brukaren är det endast de som får den eventuellt minskade avgiften för varmvatten. De fastighetägarna som ändå väljer att installera dessa

armaturer försöker medvetet att bidra till ändring av brukarnas beteende och minska energiåtgången.

I frågeställningen ställs frågan om det finns mönster för vilka åtgärder som används vid renovering och om det i så fall går att använda detta som mall vid kommande renoveringar. Det vi kom fram till är att alla byggnader är unika men det finns liknade problematik hos många flerfamiljhus, som till exempel köldbryggor, dragproblem, dåligt isolerade fönster, problem med ventilation och värmen etc. Det går inte heller att ta en åtgärd och säga att den är alltid lönsam, för att olika åtgärder slår annorlunda vid olika förutsättningar. Däremot så finns det vissa åtgärder som bör undersökas och har potential att bli lönsamma. Samtliga lösningar i denna rapport kan bli lönsamma under rätta förutsättningar. Det finns många andra lösningar som inte behandlas i denna uppsats som kan vara av intresse att undersöka vid eventuell renovering till exempel ”dubbla väggen” i Gårdsten, solpaneler som också har använts i Gårdsten, individuella aggregat som i Brogården, etc. De nämnda åtgärderna är mindre generella och installation av dessa måste undersökas för varje specifik objekt.

Lönsamheten för energibesparande åtgärder beror inte bara på energipriser utan också på fastighetsägarnas avkastningskrav och syn på renovering. För Gårdsten innebar satsningen på renovering att kriminaliteten i området minskade och det blev en trevlig plats att bo i. Brogården har velat visa att det går att bygga om miljonprogrammet till nästan passivhusstandard. De lyckades bra, projektet är känt i hela Sverige och utomlands. Poseidon har renoverat Katjas Gata 119 med syftet att ta med sig erfarenheter till nästa ombyggnadsprojekt.

Eftersom vi inte har projekterat de tekniska systemen för Siriusgatan 24-28 och inte haft tillgång till all nödvändig information kan verkligheten skilja sig en hel del från beräkningar för både kostnader och energibesparing. Detta är alltid ett problem för att varje objekt är unikt. I beräkningar tas inte heller hänsyn till Familjebostäders egen syn på fastigheten och deras kalkyltid och avkastningskrav. Det måste påpekas att i resultatdelen av detta arbete har vi utgått från egna ekonomiska förutsättningar som kan skilja sig från verkligheten.

Sammanfattningsvis kan slutsatsen dras att varje byggnadsobjekt är unikt. Trots att miljonprogrammets byggnader är lika i utförande och uppsättning är det de små skillnaderna mellan dem som ger stort genomslag vid val av åtgärder vid renovering och upprustning. Det som är gemensamt för de flesta fastigheter är att kostnaden för energibesparingsåtgärder kan minskas i samband med övrig renovering. Valet att göra energibesparande åtgärder är kopplat till lönsamhet och vissa åtgärder som sparar energi är inte alltid lönsamma under de ekonomiska kraven fastighetföretagen har.

## 6 Litteraturförteckning

- Alingsåshem (2013) Brogården – med fokus på framtiden. Alingsåshem
- Allmänna råd 1996:4 ändrad genom 2006:1. Allmänna råd om ändring av byggnad, BÅR. Karlskrona, Boverket
- BeBo (2013) Brogården – miljonhusen blir passiva. <http://www.bebostad.se> (2013-04-18)
- BFS 2006:12. *Boverkets författarsamling*. Karlskrona, Boverket
- BFS 2011:26 BBR19. *Boverkets författningssamling*. Karlskrona, Boverket
- Blir det nya energikrav vid ombyggnad?* (2011)  
<http://energiakademin.fastighetsagarna.se> (2013-04-16)
- Bostad AB Poseidon (2008) *Status befintlig byggnad - Katjas Gata 119*, Göteborg: Bostad AB Poseidon
- Bostads AB Poseidon (2013) *Företagsfakta*. <http://poseidon.goteborg.se> (2013-04-18)
- Boverket (2007) Så fick miljonprogrammet ett nytt ansikte – En rapport från Gårdstensbostäder om ombyggnaden av flerbostadshus i östra Gårdsten, Göteborg. Karlskrona: Boverket juni 2007
- Boverket (2010) *Teknisk status i den svenska bebyggelsen*, Karlskrona: Boverket.
- Brogården – ombyggnad (2013) <http://www.alingsashem.se> (2013-04-17)
- Byman, K., Jernelius, S. (2012) *Ekonomi vid ombyggnader med energisatsningar*. Stockholm. ÅF Infrastructure AB
- C:N:A: (2013) *Solhusen i Gårdsten* (2013) <http://cna.se> (2013-04-24)
- Dalenbäck, J.-O. (2007) *Training for Renovated Energy Efficient Social housing*. Section 3 Case studies. 3.1 Gårdsten - Sweden. Intelligent Energy -Europe programme, contract n° EIE/05/110/SI2.420021
- Dalenbäck, J. O. (2013) *Buildings - Energy Use and Efficiency*. <http://www.chalmers.se> (2013-04-18)
- Energikontoret Skåne (2000) *Lönsamma sätt att spara energi. Flerbostadshus och lokaler*. DESS
- Erlandsson, M., Ruud, S., Sandberg, E. (2012) *Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus*. FEBY 12. Sveriges Centrum för Nollenergihus
- Europeiska unionen. (2009) *Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG*. Europeiska unionens officiella tidning, L140, ss. 16-23
- Europeiska unionen. (2010) *Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU*. Europeiska unionens officiella tidning, L153, ss. 13-15
- Familjebostäder i Göteborg (2012) *Förstudierapport Siriusgatan 24-28*. Familjebostäder
- Fläkt Woods (2009) *Teknisk handbok. Luftbehandlingsteknologi*. Sollentuna
- Fyhr, K. et al. (2011) *Milparena - Miljonprogrammarena innovativa åtgärdsförslag för renovering av byggnadsskal och installationer*. Borås: SP

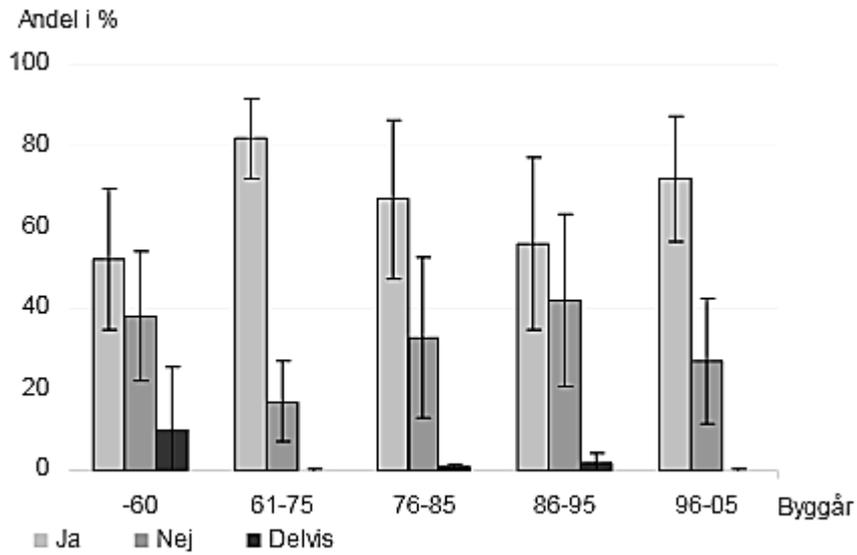
- Gerle, C. et al. (2012) *Inte dyrare att bygga energieffektivt? Katjas Gata 119*. Göteborg. Bostads AB Poseidon
- Gårdstensbostäder (2004) *Solhusen i Gårdsten*. Gårdstensbostäder
- Hilmart, M. (2013) *Familjebostäder i Göteborg AB Siriusgatan 24-28. Termografering*. Göteborg. Bengt Dahlgren
- Holmström, R. (2009) Energislukande miljonprogramhus blir passivhus. *VVS Forum*, 26 januari. <http://www.vvsforum.se> (2013-04-22)
- ifö, 2013. *Bekymmersfritt under lång tid framöver* <http://www.ifo.se> (2013-04-16)
- Industrifakta, 2008. *Förnyelse av flerbostadshus 1961-1975*, Helsingborg: Industrifakta
- Jordabalk 1970:994. *Hyseslagen*. Justitiedepartementet L1
- Jörnmark, J. (2013) *Miljonprogrammet*. <http://www.ne.se/> (2013-04-16)
- Kellberg, C. (2013) EU-kommissionens färdplan: "El har en nyckelroll för att minska utsläppen med 80 procent till år 2050". <http://www.svenskenergi.com> (2013-05-03)
- Kurkinen, E. et al. (2012) Energieffektivisering av flerbostadshus – Status och hänsyn till värmetröghet. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (SP Rapport 2012:35)
- Lönsamhet (2009) <http://www.ekonomi-info.nu> (2013-04-23)
- Lundahl, G., Viden, S. (1992) *Miljonprogrammets bostäder: bevara – förnya – förbättra*. Stockholm: Formas
- Mjörnell, K. (2010) Uppföljning av innemiljön i de renoverade husen på Brogården i Alingsås. *Bygg & Teknik*, augusti 2010, ss. 32-38. <http://issuu.com> (2013-05-08)
- Mjörnell, K. et al. (2011) *Milparena – Miljonprogramsarena. Innovativa åtgärdsförslag för renovering av byggnadsskal och installationer*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (SP Rapport 2011:39)
- Nordström, C., (1999) *Möjligheter för miljonprogrammet*. AB Svensk Byggtjänst. Trelleborg
- Passivhus och Energihus – bara sunt förnuft (2013) <http://www.emrahus.se> (2013-04-22)
- Reppen, L., Viden, S. (2006) *Att underhålla bostadsdrömmen: kvaliter och möjligheter i flerbostadshus från 1961-1975*. Stockholm: Formas
- SOSFS 1999:25. Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – ventilation. Stockholm, Socialstyrelsen
- Tilluft, frånluft och självdrag – så fungerar ventilationen i din bostad* (2013) <http://ventilationsofferten.se> (2013-05-14)
- Tre klimatzoner* (2013) <http://www.rockwool.se> (2013-04-16)
- Trüschel, A. (2013) *Energieffektivisering*. Chalmers/Installationsteknik (Presentation)
- Warfvinge, C. (2008) Mycket energi att spara i miljonprogrammet! *VVS-Forum*, april 2008, ss. 7-12

- Warfvinge, C., Dahlblom, M. (2011) *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur AB
- Westher, M., 2012. *Katjas Gata 119 Ombyggnad till lågenergihus*, Göteborg: Bostad AB Poseidon (Presentation)
- Wikells byggberäkningar AB (2010) Sektionsfakta – VVS10/11

# Bilagor

## Bilaga 1

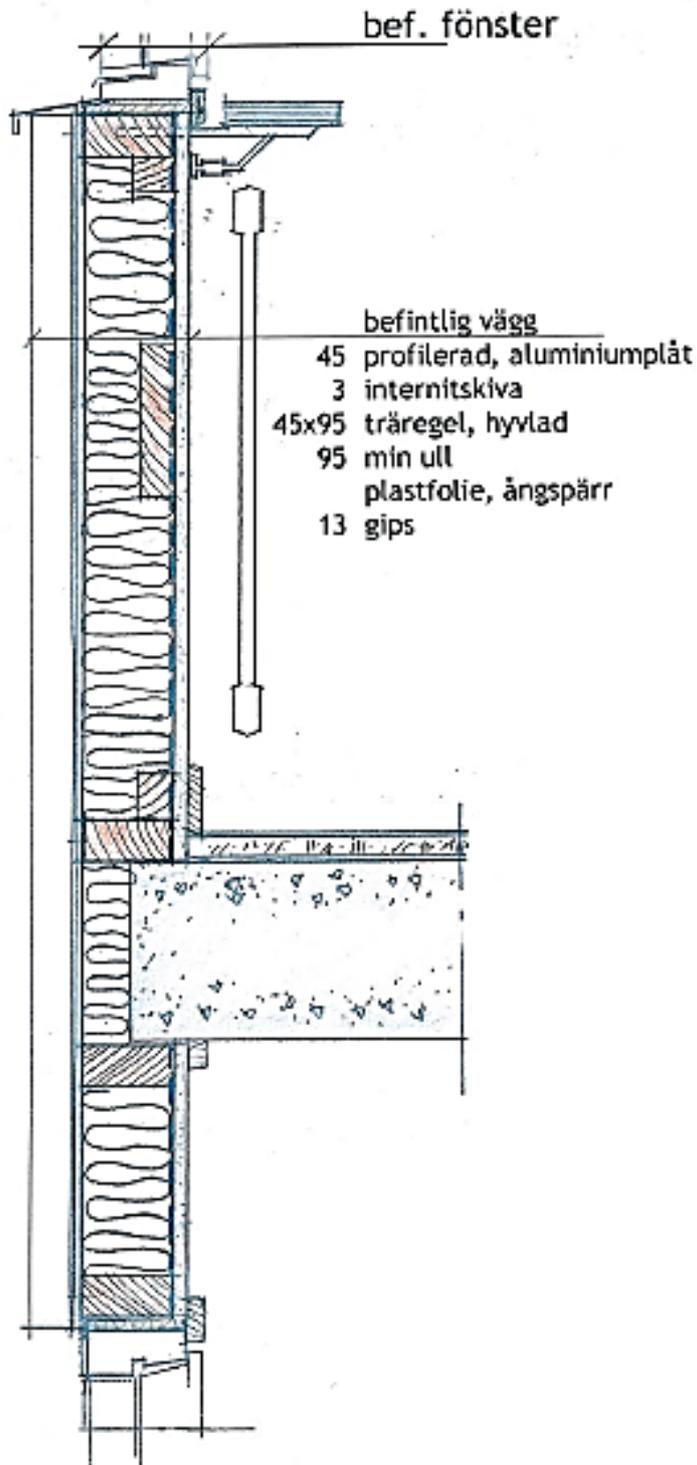
Andel flerbostadshus med godkänd, delvis godkänd och icke godkänd OVK (Boverket, 2010)



## Bilaga 2

Utfackningsvägg Siriusgatan 24-28 (Familjebostäder, 2013)

### befintligt utseende yttervägg

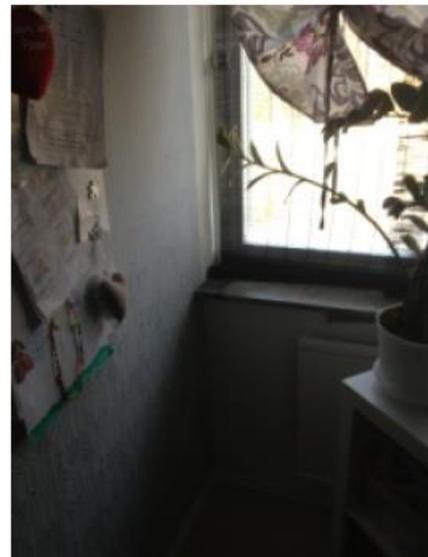
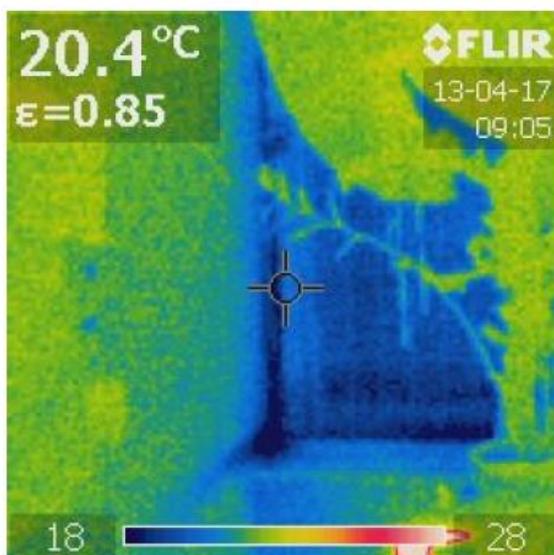
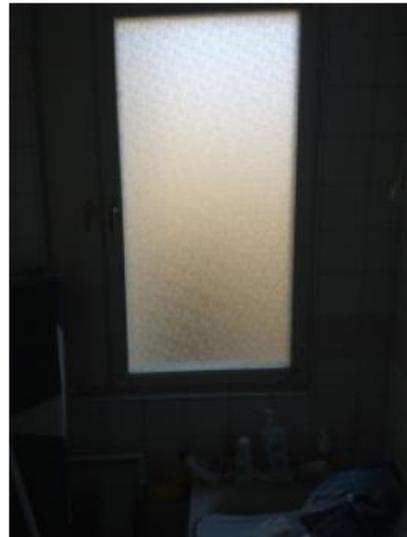
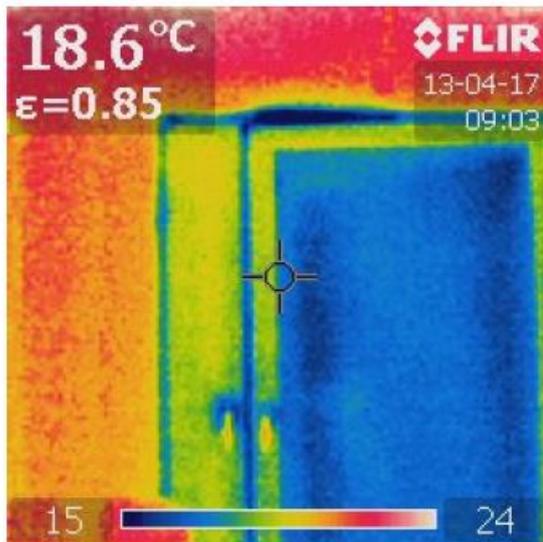


### Bilaga 3

Termografering Siriusgatan 24-28 lägenhet 0141 (Hilmart, 2013)

Tidpunkt 17 april kl 10.00

Utetemperatur +9°C



## Bilaga 4

Beräkningar

$\lambda$  - värdesmetoden:

$$\lambda = p_A \times \lambda_A + p_B \times \lambda_B$$

$p_A$  = andel av material A

$\lambda_A$  = värmeledningsförmåga för materialet A [W/mK]

$p_B$  = andel av material B

$\lambda_B$  = värmeledningsförmåga för materialet B [W/mK]

$$R = \frac{d}{\lambda_i}$$

$d$  = materialets tjocklek [m]

$\lambda_i$  = värmeledningsförmåga för materialet [W/mK]

$$R_T = R_{se} + R_i + R_{si}$$

$$U_\lambda = \frac{1}{R_T}$$

Turbulent strömning:

$$\Delta p = k \times V^2$$

$\Delta p$  = Differenstryck mellan de två olika tryckförhållandena [Pa]

$k$  = strömnings konstant

$V$  = flöde [l/s]

Laminär strömning:

$$\Delta p = k \times V^1$$

$\Delta p$  = Differenstryck mellan de två olika tryckförhållandena [Pa]

$k$  = strömnings konstant

$V$  = flöde [l/s]

## Bilaga 5

QTV

**Typ av byggnad**

Bostadshus  
 Kontor  
 Övriga

Data som genereras av programmet bygger på kruvanpassningar mot mätningar av befintliga byggnader. Flertalet av dessa är bostäder, vilket gör att dimensioneringen av kontorshus samt andra bwoanader kan bli osäker.

Detaljerad indata

**Effektbehov**

Byggnadsarea	6590,25	m <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto
Antal lägenheter	71	st	<input type="checkbox"/> Auto
Normflöde per lägenhet	0,200	l/s	<input checked="" type="checkbox"/> Auto
Normflöde	14,2	l/s	<input checked="" type="checkbox"/> Auto
Sannolikt flöde	0,912	l/s	<input checked="" type="checkbox"/> Auto
Dimensionerande effekt	26,03	W/m <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Auto

**Energi**

Årlig användning 30,00 kWh/m<sup>2</sup>,år  Auto

Beräkna

	Schablonvärden	Normalt intervall
Flerbostadshus	30,00W/m <sup>2</sup>	20 -40

Akkumulatorbehov vid dygnsackumulering 2890 liter

Jämt fördelat på dygnet

(Dag=10 tim Natt =14 tim)

Resultat per yta  
 Resultat för hela byggnaden

Fördelning av tappvarmvatten [%]

Dag	41,67	Natt	58,33
-----	-------	------	-------

Energiförbrukning 1,90 2,66 kWh/m<sup>2</sup>,år

Del av värmeenergin som värmer byggnaden 0 [%]

natt | dag | natt

**Bostadshus vald**

OK Avbryt



## Bilaga 6

### LCC-värden

Kalkyltid 20 år Kalkylränta 4 % Energiprisökning 3 % Inflation 1 %	Summa nuvärde [SEK]	LCC-resultat [%]
Alt 0	6874109	-
Alt 1	6043484	-12 %
Alt 2	6958347	1 %
Alt 3	7223040	5 %
Alt 4	5837267	-15 %
Alt 5	6089162	-11 %
Komb 1	6052031	-12 %
Komb 2	5521353	-20 %
Komb 3	7153079	4 %
Komb 4	6342185	-8 %
Komb 5	5092781	-26 %

Kalkyltid 20 år Kalkylränta 4 % Energiprisökning 6 % Inflation 1 %	Summa nuvärde [SEK]	LCC-resultat [%]
Alt 0	9482990	-
Alt 1	8285889	-13 %
Alt 2	8243617	-13 %
Alt 3	9270558	-2 %
Alt 4	7995715	-16 %
Alt 5	8259715	-13 %
Komb 1	7737258	-18 %
Komb 2	6807823	-28 %
Komb 3	8257277	-13 %
Komb 4	7991415	-6 %
Komb 5	6777020	-29 %

Kalkyltid 10 år Kalkylränta 4 % Energiprisökning 6 % Inflation 1 %	Summa nuvärde [SEK]	LCC-resultat [%]
Alt 0	4264162	-
Alt 1	3754563	-12 %
Alt 2	4448283	4 %
Alt 3	4477109	5 %
Alt 4	3627271	-15 %
Alt 5	3792744	-11 %
Komb 1	3816717	-10 %
Komb 2	3509312	-18 %
Komb 3	4597277	8 %
Komb 4	4012836	-6 %
Komb 5	3186607	-25 %