

# Konsekvensanalys av NNE-krav för befintliga flerbostadshus



**Peter Filipsson  
Catrin Heincke  
Åsa Wahlström**

**CIT Energy Management**

Göteborg, oktober 2011

## Förord

I samband med implementering av det omarbetade direktivet om byggnaders energiprestanda förslås nya nationella målnivåer på energianvändning vid större renovering av byggnader. Föreliggande rapport är en konsekvensutredning av vad målnivåerna kan innebära vid ombyggnad av flerbostadshus. CIT Energy Management har med Åsa Wahlström som projektledare utfört utredningen tillsammans med Peter Filipsson, Catrin Heincke och Bengt Bergsten och en arbetsgrupp bestående av:

- Kent Karlsson, **Enertech**
- Bosse Wikensten och Jan Thorsson, **Fastighetsägarna**
- Johan Barth, **Geotec**
- Jim Fredin och Urban Kronström, **IVT**
- Holger Svensson och David Kroon, **Nibe**
- Martin Forsen, **SVEP**
- Anders Delarose och Fredrik Karlsson, **Thermia**

Projektet har finansierats av EFFSYS+ (Energimyndighetens FOU-program för resurseffektiva kyl- och värmepumpssystem) och deltagarna i arbetsgruppen.

**Åsa Wahlström**

Göteborg i oktober 2011

## Sammanfattning

Energimyndighetens nationella strategi och Boverkets kommande ombyggnadsregler kommer sannolikt att leda till krav på energiprestanda vid större renovering av flerbostadshus. De föreslagna nivåerna för högsta tillåtna energiprestanda i renoverade bostäder strävar mot nära nollenergibyggnader, så kallade NNE -krav. Syftet med föreliggande utredning är att analysera vilka konsekvenser de föreslagna NNE-kraven kommer att innebära vid större renovering av flerbostadshus. Vilka kombinationer av olika uppvärmningssystem och paket av energieffektiviseringsåtgärder kommer att behövas för att klara de nya NNE-kraven vid större renovering?

Drygt hälften av Sveriges flerbostadshus byggdes mellan 1950 och 1975 och de flesta av dessa har renoveringsbehov idag eller inom kort. De flesta flerbostadshusen använder fjärrvärme för uppvärmning och har varierande storlek, utformning, material och byggnadsteknik. I föreliggande studie undersöks typbyggnader för lamellhus, skivhus, punkthus och ett litet flerbostadshus placerade i Sveriges tre olika klimatzoner och byggda i tre olika tidsperioder. Antalet undersökta typbyggnader är därmed trettiosex.

För att undersöka hur typbyggnadernas energiprestanda kan förbättras har följande energieffektiviseringsåtgärder undersökts; fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte, fasadrenovering och installation av värmeåtervinning mellan frånluft och tilluft så kallad FTX. Åtgärderna har kombinerats med fyra olika uppvärmningssystem. Dessa är att behålla fjärrvärmen, komplettera fjärrvärme med en frånluftsvärmepump, konvertera till bergvärmepump eller luft-/vattenvärmepump.

För frånluftsvärmepumpen har en storlek valts med en installerad effekt under  $10 \text{ W/m}^2$  vilket innebär samma NNE-krav som för fjärrvärme (105, 90 och  $75 \text{ kWh/m}^2$  i respektive klimatzon). För bergvärmepump eller luft-/vattenvärmepump gäller NNE-krav för eluppvärmt hus (70, 55 och  $40 \text{ kWh/m}^2$  i respektive klimatzon). Energiprestanda för varje kombination av uppvärmningspaket har beräknats och därefter har nuvärde av kostnader under en kalkyltid på 30 år beräknats och jämförts för de kombinationer som klarar NNE-kraven.

Resultatet visar att byggnadens form har liten betydelse för vilka åtgärds paket i kombination med uppvärmningssystem som kommer att klara NNE-krav vid större renovering. De större flerbostadshusen lamellhus, punkthus och skivhus ger i stort sett samma resultat. Även byggnadens ålder är i stort sett okänslig medan klimatzon har stor betydelse.

Att installera en frånluftsvärmepump i kombination med olika paket av energieffektiviseringsåtgärder ger i de allra flesta typbyggnader lägst livscykelkostnad i jämförelse med de andra uppvärmningspaketen. Frånluftsvärmepumppaketet är också i de flesta typbyggnader lönsamt i jämförelse med att inte göra något alls. I de flesta typbyggnader för lamellhus klaras NNE-kraven med installation av frånluftsvärmepump som enda energieffektiviseringsåtgärd. I punkthus och skivhus behövs även fastighetselåtgärder och tappvattenåtgärder. För det lilla flerbostadshuset krävs i flera typbyggnader ett antal

ytterligare åtgärder. Frånluftsvärmepumppaketet har dock betydligt högre elanvändning än de andra uppvärmningspaket och dess lönsamhet är därmed känslig för kraftiga elprisökningar i förhållande till fjärrvärmepriset.

Att installera ett bergvärmepumppaket ger endast något högre livscykelkostnad jämfört med ett frånluftsvärmepumppaket. Bergvärmepumppaketet är lönsamma i samtliga typbyggnader förutom för det lilla flerbostadshuset placerat i klimatzon 3. Bergvärmepump i kombination med fastighetselåtgärder och tappvattenåtgärder är lönsamma i de flesta typbyggnader av lamellhus, punkthus och skivhus. Ett antal ytterligare åtgärder krävs i det lilla flerbostadshuset. Livscykelkostnaden för bergvärmepumpen består huvudsakligen av övriga kostnader (investerings-, återinvesterings- och underhållskostnader) och en mindre andel energikostnad. Detta gör, till skillnad mot frånluftsvärmepumppaketet, att bergvärmepumppaketet inte är lika känsligt för energiprisökningar. Bergvärmepumppaketet är fortfarande lönsamt då både el och fjärrvärmepris ökar.

Att installera ett luft-/vattenvärmepumppaket ger överlag en något sämre livscykelkostnad jämfört med bergvärmepumppaketet eller frånluftsvärmepumppaketet.

Att behålla fjärrvärme i lamellhus, punkthus och skivhus kräver omfattande åtgärds paket för att klara NNE-krav vid större renovering. Åtgärds paket krävs på minst fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte och installation av FTX och i flera typbyggnader även fasadisolering. Fjärrvärmepaket är något lönsamma där fasadisolering inte krävs för att uppnå NNE-krav. Fjärrvärmepaket som kräver att det hela undersökta åtgärds paketet genomförs är inte lönsamma. Här krävs ett ökat fjärrvärmepris för lönsamhet.

I det lilla flerbostadshuset går det inte att klara NNE-krav med de undersökta fjärrvärmepaketerna utan de måste utökas med till exempel installation av solel, vilket inte studerats här. För de alternativ som undersökts här är det bara frånluftsvärmepumppaketet eller bergvärmepumppaketet som kan klara NNE-kraven och lönsamhet.

För lamellhus, punkthus och skivhus är för flera typbyggnader de fyra uppvärmningspaketerna konkurrerande med varandra. Beroende av vad man satsar om energipriser och inflation i framtiden så kan det ena eller det andra alternativet vara fördelaktigt. Lönsamheten för de olika uppvärmningspaketerna är också beroende av det fjärrvärmepris som råder i den aktuella orten.

Det är viktigt att observera att i denna analys ska den erhållna energibesparingen fullt ut bekosta åtgärderna. Ingen hänsyn tas till om en åtgärd, exempelvis tilläggsisolering, sker i samband med fasadrenovering. I praktiken har därför vissa åtgärder en bättre lönsamhet än den som redovisas i denna studie. Fjärrvärmepaket för byggnader som har behov av fasadrenovering eller fönsterbyte av underhållsskäl kan därmed vara betydligt lönsammare än vad som visas här. Enligt det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda ska minimikrav uppfyllas avseende energiprestanda vid större renovering i den mån de är ekonomiskt genomförbara.

## Summary

The Swedish Energy Agency's national strategy and the National Board of Housing, Building and Planning's upcoming conversion rules are likely to lead to energy performance requirements at major renovation of apartment buildings. The proposed levels of maximum energy performance in the renovated housing strive towards nearly zero-energy buildings (nZEB). The purpose with the present study is to analyze which consequences the proposed nZEB requirements will lead to at major renovations of apartment buildings. Which combinations of different heating systems and packages of energy efficiency measures will be necessary to meet the new nZEB requirements at major renovation?

More than half of Sweden's apartment buildings were built between 1950 and 1975 and most of these have renovation needs today or shortly. Most apartment buildings use district heating for heating and have varying size, design, materials and construction techniques. The present study investigates typical buildings for low-rise apartment buildings, tower blocks of flats, high-rise blocks of flats and a small apartment building located in Sweden's three different climate zones and constructed in three different time periods. The number of investigated buildings is thirty-six.

To investigate how the energy performance of the typical buildings can be improved, the following energy efficiency measures have been examined; measures addressing electricity use for shared services in the building, measures addressing domestic hot water provision, attic insulation, window replacement, facade renovation and the installation of a heat recovery system between the exhaust air and the supply air. These measures have been combined with four different heating systems. These were retaining district heating, to supplement district heating with an exhaust air heat pump, converting to a ground-source heat pump or an air-/water heat pump.

For the exhaust air heat pump a size has been selected with an installed capacity below  $10 \text{ W/m}^2$  which means the same nZEB requirements as for district heating (105, 90 and  $75 \text{ kWh/m}^2$  in each climate zone). For ground-source heat pump or air-/water heat pump the nZEB requirements is the same as for electric heated houses (70, 55 and  $40 \text{ kWh/m}^2$  in each climate zone). Energy performance for each combination of heating package has been calculated and then the present value of costs during a time of 30 years was calculated and compared for the combinations that can meet the nZEB requirements.

The results show that the shape of the building has little impact on the package of measures in combination with a heating system that will cope with nZEB requirements for major renovation. The larger apartment buildings (low-rise apartment buildings, tower and high-rise blocks of flats) on the whole give the same results. Also age of the building is largely insensitive while the climate is of great importance.

To install an exhaust air heat pump in combination with different packages of energy efficiency measures offer for the most typical buildings the lowest life cycle cost in comparison to the other heating packages. Exhaust air heat pump package is also in most

buildings profitable in comparison to doing nothing at all. In most buildings for low-rise apartment buildings the nZEB requirements are met with the installation of exhaust air heat pump as a single energy efficiency measure. In tower and high-rise blocks of flats also need measures on building electricity and tap water action. For the small apartment building in several of the typical buildings a number of additional measures are required. Exhaust air heat pump package, however, has significantly higher electricity consumption than the other heating packages and its profitability is therefore susceptible to sharp electricity price increases in relation to the district heating prices.

Installing a ground-source heat pump package gives only slightly higher life cycle cost compared to an exhaust air heat pump package. Ground-source heat pump package is profitable in all typical buildings except for the small apartment building located in climate zone three. Ground-source heat pump in combination with measures on building electricity and tap water operations are profitable in most low-rise apartment buildings, tower and high-rise blocks of flats. A number of additional measures are required in the small apartment building. Life cycle cost for ground-source heat pump consists mainly of other costs (investment, reinvestment and maintenance costs) and a smaller proportion of energy cost. This means, unlike the exhaust air heat pump package, that the ground-source heat pump package is not as sensitive to energy price increases. Ground-source heat pump package is still worthwhile when both electricity and district heating price increases.

To install an air-/water heat pump package gives overall a slightly lower life cycle cost compared to ground-source heat pump package or exhaust air heat pump packages.

Keeping district heating in low-rise apartment buildings, tower and high-rise blocks of flats require extensive package of measures to cope with nZEB requirements for major renovation. Package of measures are required at least on operational electricity building electricity, hot water measures, attic insulation, window replacement and installation of heat recovery on ventilation systems and in several buildings also facade insulation. District heating package is profitable where facade insulation is not required to achieve the nZEB requirements. District heating package that requires the entire investigated package of measures is not profitable. This requires an increase in district heating price for profitability. In the small apartment building it is not possible to cope with nZEB requirements with the investigated district heating packages, it must be supplemented by, for example, installation of solar electricity, which was not studied here. For the options being examined here it is only the exhaust air heat pump package or the ground-source heat pump package that can cope with nZEB requirements and profitability.

In several of the typical buildings for low-rise apartment buildings, tower and high-rise blocks of flats the four heating packages are competitive with each other. Depending on predicts on energy prices and inflation in the future it may be one or the other option that is the most advantageous. Profitability of the different heating packages is also dependent on the district heating price prevailing in the current city.

It is important to note that in this analysis, the achieved energy savings fully fund the measures. This is regardless of whether an action, such as adding insulation, is connected with facade renovation or maintenance purposes. In practice, therefore, some measures have better profitability than reported in this study. District heating packages for buildings in need of facade renovation or replacement of window for maintenance reasons may thus be much more profitable than what is shown here. Under the revised directive on the energy use, the minimum requirements must be met regarding the energy performance of major renovation to the extent they are economically feasible.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>8</b>
1.1	Det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda	8
1.2	Förslag i strategi för främjande av lågenergibyggnader	8
1.3	Boverkets nya byggregler vid ändring	9
1.3.1	Diskussion	9
1.4	Bruksvärdesystemet enligt Hyreslagen	9
1.5	Kommissionens kostnadsmodell vid renovering	10
1.6	Problemställning	10
1.7	Flerbostadshus i Sverige	11
1.8	Genomförande och syfte	14
<b>2</b>	<b>Metodbeskrivning</b>	<b>15</b>
2.1	Typbyggnader	15
2.2	Uppvärmningssystem	19
2.4	Energieffektiviseringsåtgärder	20
2.5	Nuvärde av livscykelkostnad	22
2.6	Känslighetsanalys	23
2.7	Kontroll av installerad effekt	24
<b>3</b>	<b>Åtgärdspaket för att klara NNE-krav vid större renovering</b>	<b>26</b>
3.1	Resultat	26
3.2	Slutsatser och diskussion om teknisk potential	31
3.2.1	Åtgärder i lamellhus, skivhus och punkthus	31
3.2.2	Åtgärder i litet flerbostadshus	33
3.2.3	Effektkraven	34
<b>4</b>	<b>Nuvärde av livscykelkostnader</b>	<b>35</b>
4.1	Frånluftsvärmepump	35
4.2	Bergvärmepump	36
4.3	Luft-/vattenvärmepump	36
4.4	Fjärrvärme	36
4.5	Slutsatser och diskussion om livscykelkostnader	37
<b>5</b>	<b>Referenser</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Definitioner och förkortningar</b>	<b>40</b>
	Bilaga A: Temperatur- resp. klimatzoner i Sverige	41
	Bilaga B: Resultat av energiprestanda	42
	Bilaga C: LCC-resultat grundfall	47
	Bilaga D: LCC-resultat fall 1	52
	Bilaga E: LCC-resultat fall 2	57
	Bilaga F: LCC-resultat fall 3	62
	Bilaga G: LCC-resultat fall 4	67
	Bilaga E: Livscykelkostnad grundfall	72



# 1 Inledning

## 1.1 Det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda

I det nyligen reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU<sup>1</sup>) finns krav på att "nära nollenergibyggnader" ska vara nybyggnadskrav för alla offentliga byggnader 1 januari 2019 och för alla byggnader 1 januari 2021. Därutöver ska medlemsstaterna vidta nödvändiga åtgärder för att säkerställa att, när byggnader genomgår en större renovering, energiprestanda för byggnaden eller den renoverade delen av denna förbättras så att de uppfyller minimikrav avseende energiprestanda i den mån det är tekniskt, funktionellt och ekonomiskt genomförbart. Kraven ska tillämpas på den renoverade byggnaden eller den renoverade byggnadsenheten i dess helhet. Medlemsstaterna ska även stimulera att byggnader som renoveras omvandlas till näranollenergibyggnader.

## 1.2 Förslag i strategi för främjande av lågenergibyggnader

För att klara denna omställning behövs ett antal främjandeåtgärder och skärpt regelverk vid nybyggnation och ombyggnation. Energimyndigheten har tagit fram en strategi för implementering av det omskrivna energidirektivet som överlämnades till näringsdepartementet den 18 oktober 2010<sup>2</sup>. I strategin föreslås målnivåer för främjande av NNE (nära nollenergibyggnader) för större renoveringar av byggnader enligt tabell 1.1. Kraven föreslås gälla från år 2021 men ett föreslaget etappmål innebär att 40 % av de renoverade byggnaderna ska uppfylla målnivån från år 2015. Nivåerna avser högsta tillåtna energianvändning.

**Tabell 1.1** Föreslagna nivåer för högsta tillåtna energianvändning i renoverade bostäder, så kallade NNE-krav (kWh/m<sup>2</sup>, år)

Byggnad	Årlig energianvändning för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi (kWh/m <sup>2</sup> )		
	Klimatzon		
	1	2	3
Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme	105	90	75
Bostäder med elvärme	70	55	40

Eluppvärmda byggnader är byggnader där den installerade eleffekten för uppvärmning är högre än 10 W/m<sup>2</sup>. Installerad effekt är den sammanlagda eleffekt som maximalt kan upptas av de elektriska apparater för uppvärmning som behövs för att kunna upprätthålla avsett inomhusklimat, tappvarmvattenproduktion och ventilation när byggnadens maximala effektbehov föreligger, dvs vid dimensionerande vinterutetemperatur.

<sup>1</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda

<sup>2</sup> Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergi byggnader, ER 2010:39

### 1.3 Boverkets nya byggregler vid ändring

Samtidigt har Boverket tagit fram nya byggregler som kommer att gälla vid ändring av byggnad, vilka kommer att träda i kraft i januari 2012<sup>3</sup>. Kraven ställs dels på komponentnivå och dels på hela byggnaden vid större renovering.

De nya reglerna preciserar att i grunden är det samma egenskapskrav som ska tillämpas såväl vid uppförande av en ny byggnad som vid ändring. Vid mycket omfattande ändringar och vid tillbyggnad, för den tillbyggda delen, finns ofta inget skäl att tillämpa ändringsreglerna på annat sätt än motsvarande föreskrifter vid uppförande av en ny byggnad. Exempel på när ändringens omfattning kan föranleda en lägre kravnivå är när ändringen berör en så begränsad del av en byggnad att en tillämpning av kraven på den delen inte skulle medföra att byggnaden får nämnvärt förbättrade egenskaper.

Om ändring sker på begränsad delar finns särskilda krav på komponentnivå för ändring av klimatskärm, ventilationssystem, värme- och kylinstallationer samt effektiv elanvändning om byggnaden inte efter ändring uppfyller angivna nybyggnadskrav.

#### 1.3.1 Diskussion

De nya byggreglerna vid ändring innebär att byggnaden vid omfattande renovering ska uppnå samma egenskapskrav som vid nybyggnation. Detta medför att de nivåer som föreslås för nya byggnader från 2021 enligt Energimyndighetens strategi för lågenergibygnader (se tabell 1.2) skulle kunna bli kraven även vid ombyggnation. Det vill säga betydligt vassare krav än i tabell 1.1.

**Tabell 2.2** Föreslagna nivåer för högsta tillåtna energiprestanda i nya bostäder år 2021, så kallade NNE-krav (kWh/m<sup>2</sup>, år)

Byggnad	Årlig energianvändning för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi (kWh/m <sup>2</sup> )		
	Klimatzon		
	1	2	3
Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme	75	65	55
Bostäder med elvärme	50	40	30

### 1.4 Bruksvärdesystemet enligt Hyreslagen

För en fastighetsägare innebär bruksvärdesystemet enligt Hyreslagen att en investeringskostnad för energieffektiviserande åtgärder inte utan vidare kan tas ut genom

<sup>3</sup> Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (XXXX:XX) – föreskrifter och allmänna råd, BFS 2011:XX, BBR XX

hyreshöjningar. Således måste de investeringar fastighetsägare gör i princip ge tillräckligt hög besparing för att bära sig själva. I praktiken innebär detta att fastighetsägare inte kommer att ha ekonomisk möjlighet att alltid nå ned till de lagstadgade energiförbrukningsnivåerna (kWh/m<sup>2</sup>). Då investeringarna enligt bakomliggande EU-direktiv skall vara lönsamma torde dilemmat inte utgöra något problem så länge fastighetsägaren enligt den nya lagen aldrig kommer åläggas att genomföra investeringar som inte är lönsamma.

## 1.5 Kommissionens kostnadsmodell vid renovering

I det nyligen reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU) finns krav på att medlemsstaterna ska vidta nödvändiga åtgärder för att säkerställa att minimikrav på energiprestanda uppnås vid större renovering i den mån det är tekniskt, funktionellt och ekonomiskt genomförbart. För beräkning av kostnadsoptimala nivåer har kommissionen föreslagit en kostnadsmodell som beräknas fastställas senare under 2011<sup>4</sup>. Kostnadsmodellen avser att hjälpa medlemsstaterna vid lagstiftning av energiprestandanivåer och är avsedd att användas vid rapportering till kommissionen. Den är därmed inte avsedd att användas för en enskild byggnad. I det förslag som presenterades den 6 maj 2011 föreslås följande metod. Det totala nuvärdet av kostnaderna för en energieffektiviseringsåtgärd beräknas genom att summera den första investeringen (exklusive eventuella bidrag), nuvärdet av årliga driftkostnader, nuvärdet av återinvestering och nuvärdet av restvärde vid kalkylperiodens slut. Medlemsstaterna ska använda en kalkylperiod på 30 år för bostäder och 20 år för kommersiella byggnader. Vidare föreslås att medlemsstaterna ska använda en diskonteringsränta på 3 % men senaste rapporter från kommissionen tyder på att detta inte blir bindande utan enbart en rekommendation.

## 1.6 Problemställning

Sammantaget innebär det reviderade direktivet och nya byggregler vid ändring en stor och snabb förändring för bygg- och fastighetssektorn med dess leverantörer av komponenter och energi. För att branschen ska ha en chans att förbereda effektiva renoveringskoncept med relevanta energieffektiviseringsåtgärder i kombination med effektiv uppvärmningsteknik behövs en grundlig konsekvensanalys för några representativa befintliga flerbostadshus. Baserat på resultat från en sådan konsekvensanalys kan olika effektiva renoveringskoncept utvecklas för de byggnadstyper som representerar stora delar av det befintliga beståndet.

Många av modernismens och rekordårens flerbostadshus står inför omfattande renoveringar. Nästa renoveringsfönster för lönsam ombyggnad kanske inte öppnas förrän om ytterligare 40 år. För att motivera fullständiga renoveringskoncept framför enskilda

---

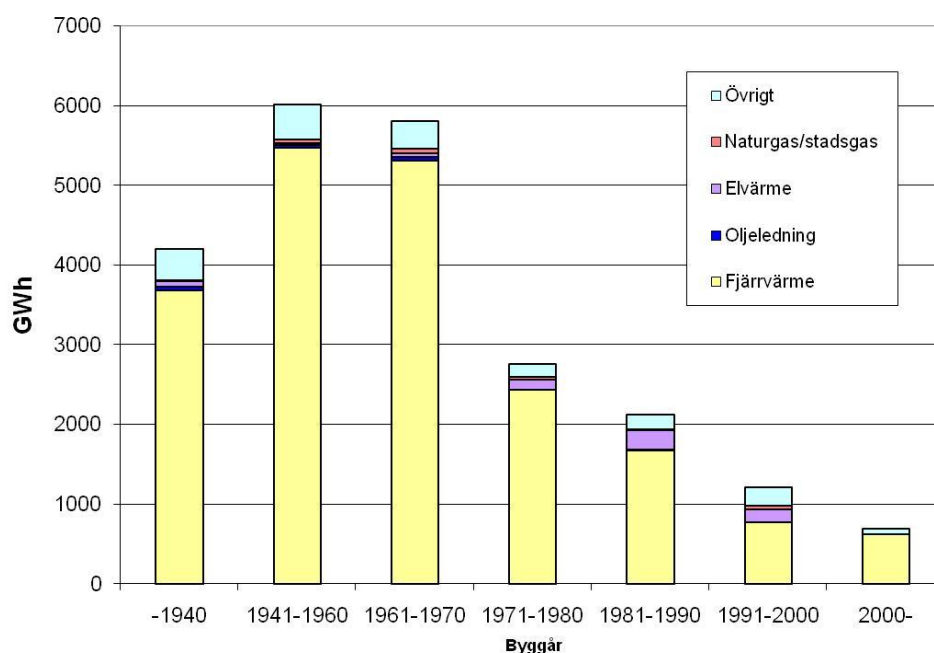
<sup>4</sup> MEETING DOCUMENT, For the Expert Workshop on the comparative framework methodology for cost optimal minimum energy performance requirements, In preparation of a delegated act in accordance with Art 290 TF EU, 6 May 2011 in Brussels Presented by the Directorate General for Energy

komponentåtgärder behöver nya renoveringskoncept utvecklas som klarar en renovering ned till NNE-nivå.

Om nya renoveringskoncept ned till NNE-byggnader används vid alla ombyggnader av flerbostadshus fram till 2020 finns en energibesparingspotential på 1-2 TWh årligen. Den tekniska potentialen, dvs. med en ökad ombyggnadstakt, är betydligt högre.

## 1.7 Flerbostadshus i Sverige

Ungefär hälften av Sveriges befolkning bor i flerbostadshus som omfattar ca 2,4 miljoner lägenheter på totalt ca 180 miljoner kvadratmeter. År 2009 användes flerbostadshussektorn ca 26 TWh för uppvärmning och tappvarmvatten. Uppvärmningen domineras av fjärrvärme som står för ca 84 % av den totala uppvärmda arean. Av den totala energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten är 91 % fjärrvärme, 5 % el, mindre än 2 % olja och resterande naturgas och biobränsle, se figur 1.1.



**Figur 1.1** Total energianvändning år 2009 för flerbostadshus per byggår och energislag (SCB, 2011).

Drygt hälften av flerbostadshusen byggdes mellan 1950 och 1975 och de flesta av dessa har renoveringsbehov idag eller inom kort. Flerbostadshus kan vara väldigt olika avseende storlek, utformning, material, byggnadsteknik etc. De vanligaste formerna är lamellhus, skivhus och punkthus.

Lamellhusen är den dominerande byggnadstypen från 30-talet och framåt och har ofta 3 till 4 våningar och är uppförda som en friliggande byggnadslänga. Våningarna beträds från flera trapphus, ofta utan hiss. Se figur 1.2 för exempel på ett lamellhus.



**Figur 1.2** Exempel på lamellhus

Under 60-talet och 70-talet blev skivhus mycket vanliga i och med miljonprogrammets industrialiserande byggande. Skivhuset är en typ av flervåningshus med avlång byggnadskropp, vanligen i en höjd av 8 – 9 våningar uppförd på rektangulär grundplan och försedd med hissar. I figur 1.3 finns exempel på två olika skivhus.

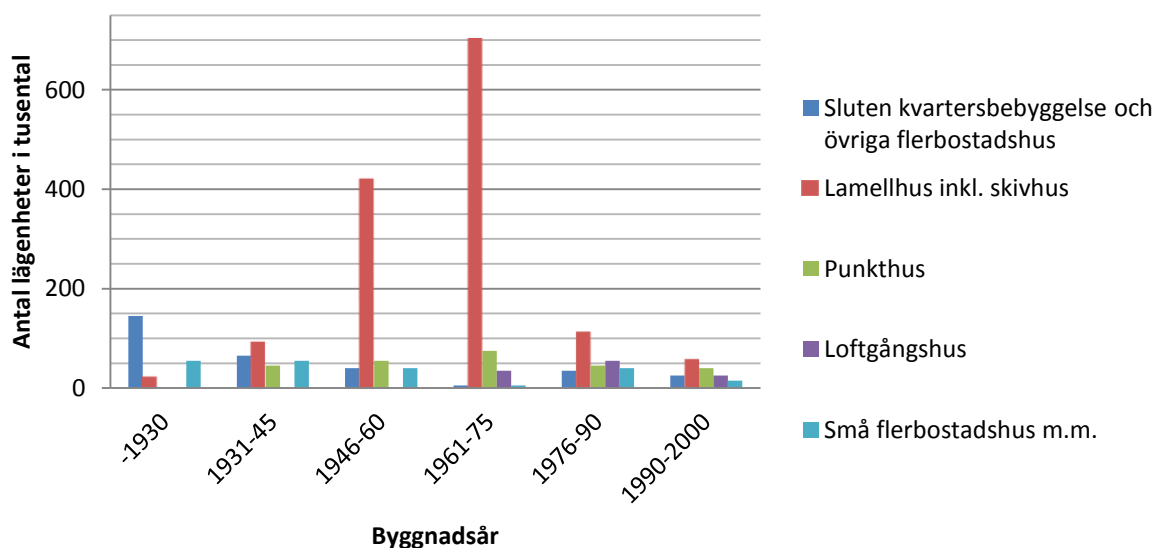


**Figur 1.3** Exempel på skivhus

Punkthus är friliggande hus med ett trapphus beläget i husets kärna. Punkthusen började användas på 1930-talet och uppfördes i fyra till fem våningar men blev vanliga först på 40-talet. Från 1950-talet ökade byggnadshöjden till att ofta omfatta åtta till tio våningar. För exempel på ett punkthus se figur 1.4. I figur 1.5 presenteras Sveriges bestånd av lägenheter i flerbostadshus fördelat på typ och byggnadsår.



**Figur 1.4** Exempel på punkthus



**Figur 1.5** Antal lägenheter i Sverige år 2000 av olika typ och ålder (observera att perioden 1990 – 2000 omfattar endast 10 år)<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Så byggdes husen 1880 - 2000, femte upplagan. C. Björk, P. Kallstenius & L. Reppen (2003)

## **1.8 Genomförande och syfte**

Utredningens syfte är att analysera vilka konsekvenser de föreslagna NNE-kraven kommer att innebära vid större renovering av flerbostadshus. Vilka kombinationer av olika uppvärmningssystem och paket av energieffektiviseringsåtgärder kommer att behövas för att klara de nya NNE-kraven vid större renovering?

I konsekvensanalysen har olika uppvärmningssystem kombinerats med olika paket av energieffektiviseringsåtgärder för ett antal typbyggnader. Energiprestanda för varje kombination har beräknats och jämförts med de föreslagna NNE-kraven vid större renovering. Därefter har nuvärde av kostnader under en kalkyltid av 30 år beräknats och jämförts för de kombinationer som klarar målnivåerna.

## 2 Metodbeskrivning

Konsekvensanalysen har genomförts genom att energiprestanda för ett antal typbyggnader har beräknats. Fyra hustyper har undersökts lamellhus, skivhus, punkthus och ett litet flerbostadshus. Typbyggnaderna har placerats i Sveriges tre olika klimatzoner och tre byggnadsåldrar har undersökts, vilket innebär att antalet typbyggnader i grundfallet är trettiosex.

Därefter har varje typbyggnad kombinerats med olika paket av energieffektiviseringsåtgärder och olika uppvärmningssystem. Fyra olika uppvärmningssystem har undersökts. Dessa är; behålla fjärrvärmens, komplettera fjärrvärme med en frånluftsvärmepump, konvertera till bergvärmepump eller sätta in luft-/vattenvärmepump. Energiprestanda för varje kombination har beräknats och jämförts med de föreslagna NNE-kraven vid större renovering. Samtliga energiberäkningar har gjorts med simuleringsprogrammet BV2<sup>6</sup>.

För de kombinationer som klarar målnivåerna har därefter livscykelkostnad beräknats i form av nuvärde av kostnader under en kalkyltid av 30 år. Resultatet visar vilket uppvärmningssystem i kombination med vilket paket av energieffektiviseringsåtgärder som ger lägst livscykelkostnad för respektive typbyggnad.

### 2.1 Typbyggnader

#### Byggnadstyp

Följande fyra typer av flerbostadshus ingår i undersökningen

- **Lamellhus** (Hus som har två eller fler våningar över mark och minst två invändiga trapphus. Byggnaden är inte vinklad eller sammanbyggd med hus på grannfastighet.)
- **Punkthus** (Friliggande byggnad med flera våningar över mark med ett, vanligen centralt beläget, trapphus.)
- **Skivhus** (En förstorad lamellhustyp, vanligen med minst sex våningar.)
- **Litet flerbostadshus** (Mindre villalikhande byggnad med ett fåtal lägenheter, dock alltid minst tre bostadslägenheter.)

Typbyggnadernas utseende har fastställts med hjälp av ritningar från några vanliga flerbostadshus. Använda parametrar redovisas i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Parametrar för typbyggnaderna

Byggnadstyp	Lamellhus	Punkthus	Skivhus	Litet flerbostadshus
Antal plan	4	9	11	3
Antal trapphus	2	1	4	1
$A_{temp}$ [m <sup>2</sup> ]	1800	3420	9526	378
$A_{oms}/A_{temp}$	1,13	0,88	0,74	1,71
$A_{fönster}/A_{temp}$	0,08	0,11	0,12	0,13
$BOA/A_{temp}$	0,68	0,74	0,84	0,60

<sup>6</sup> Ett beräkningsprogram för byggnadens värmebalans i varaktighetsdiagram, [www.energy-management.se/bv2](http://www.energy-management.se/bv2)



Fortsättningsvis avser samtliga areaangivelser den tempererade arean  $A_{temp}$  om inte annat anges.

### **Klimatzon**

Klimatdata för följande tre städer har använts i undersökningen (se Sveriges indelning i klimatzoner i bilaga A). Orterna har valts för att representera medelklimatet i respektive klimatzon.

- **Luleå** (representerar klimatzon 1)
- **Malung** (representerar klimatzon 2)
- **Göteborg** (representerar klimatzon 3)

### **Byggnadsår**

Följande tre intervall av byggår är undersökta

- 1950 – 1960
- 1961 – 1975
- 1976 – 1985

U-värden (värmegenomgångskoefficienter) har antagits vara samma för samtliga byggnadstyper. Däremot har de antagits variera beroende på byggår och byggnadens geografiska läge. Resultatet från Boverkets rikstäckande undersökning av byggnaders energianvändning, tekniska status och innemiljö, BETSI<sup>7</sup>, har använts för att fastställa byggnadernas U-värden. I BETSI redovisas inte U-värdenas variation beroende på byggnadernas geografiska läge. För att ändå få med denna variation har U-värdena justerats enligt skillnader i normkrav från tidigare byggregler (BABS 1950, BABS 1960 och SBN 75). Anledningen till att normkraven inte använts direkt för att fastställa U-värden är att dessa före 1975 hade sämre prestanda än rådande byggstandard. För att ta hänsyn till köldbryggor har väggarnas och takens U-värde ökat med 20 % resp. 5 %. Fastställda U-värden presenteras i tabell 2.2

---

<sup>7</sup> *Så mår våra hus*, Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m., Boverket, 2009.

**Tabell 2.2.** U-värden inklusive köldbryggor [W/m<sup>2</sup>K]

Byggnadsdel	Klimatzon	Byggår		
		1950 -1960	1961-1975	1976-1985
Vägg	1	0,46	0,42	0,25
	2	0,53	0,49	0,25
	3	0,61	0,56	0,30
Tak	1	0,27	0,16	0,15
	2	0,27	0,16	0,15
	3	0,34	0,20	0,17
Golv	1	0,26	0,15	0,14
	2	0,26	0,15	0,14
	3	0,32	0,19	0,16
Fönster	1	2,20	2,20	2,00
	2	2,20	2,20	2,00
	3	2,20	2,20	2,00

### Övriga parametrar

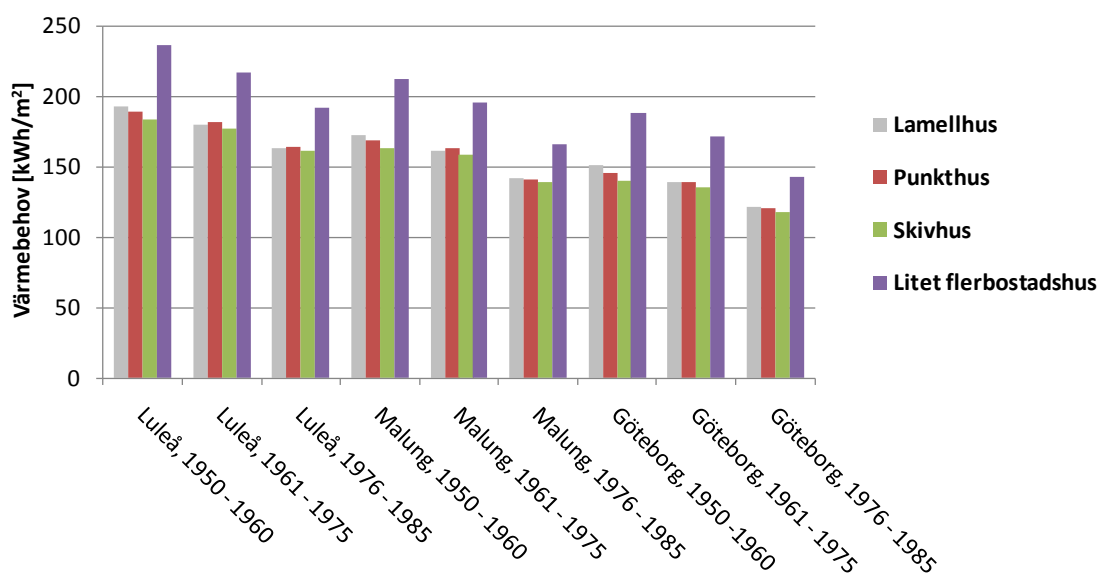
Följande antaganden är samma för samtliga byggnader, byggår och geografiska läge:

- Alla byggnader antas ha ett frånluftssystem med flödet 0,35 l/s,m<sup>2</sup>.
- Årligt tappvattenvärmebehov är 25 kWh/m<sup>2</sup>.<sup>8</sup>
- Lägsta inomhustemperatur är 22 °C<sup>7</sup> i lägenheter och 18 °C i källare och på vind.
- Vädning ökar det årliga värmebehovet med 4 kWh/m<sup>2</sup>.<sup>8</sup>
- Värme från personer är i genomsnitt 1 W/m<sup>2</sup> (BOA) i lägenheter och 0,2 W/m<sup>2</sup> i allmänna utrymmen (A<sub>temp</sub>-BOA).
- Värme genererad av hushållsel i lägenheterna motsvarar 3,9 W/m<sup>2</sup> vintertid och 2,1 W/m<sup>2</sup> sommartid (BOA).<sup>8</sup>
- Ofrivilligt luftläckage är 0,13 oms/h sommartid och 0,27 oms/h vintertid.
- 10° ovanför horisonten avskuggas av kringliggande byggnader och växtlighet.

### Beräknat värmebehov

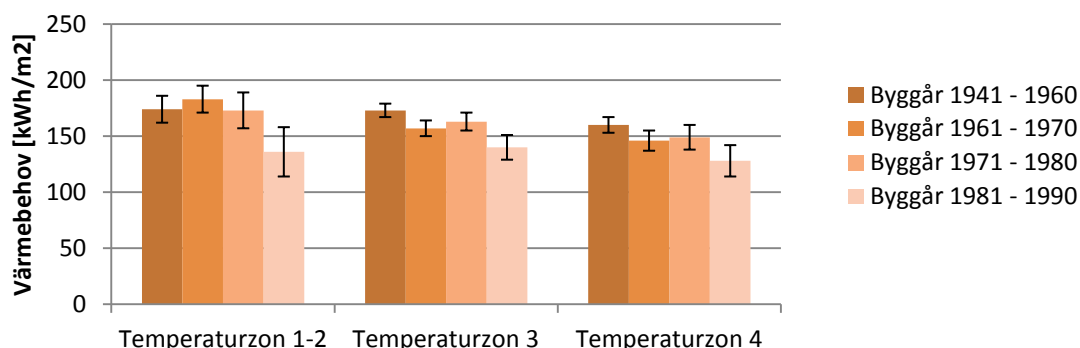
Det beräknade värmebehovet i typbyggnaderna presenteras i figur 2.1.

<sup>8</sup> Levin, P. (2009). *Brucarindata för energiberäkningar i bostäder*. Svebyprogrammet.



**Figur 2.1** Beräknat värmebehov i de 36 typbyggnaderna

Det beräknade värmebehovet kan jämföras med den statistik från Energimyndigheten som presenteras i figur 2.2<sup>9</sup>. Observera skillnaderna i intervall av byggår och i geografiskt läge. Se Sveriges indelning i temperaturzoner i bilaga A.



**Figur 2.2** Energistatistik för flerbostadshus. Felstaplarna utgör ett konfidensintervall på 95 %

### Fastighetsel

Behov av fastighetsel har antagits vara oberoende av byggnadens geografiska läge och byggår. Följande antaganden har gjorts

- El till pumpar motsvarar 1,2 kWh per m<sup>2</sup> och år.<sup>10</sup>
- Ventilationsfläktarnas specifika elförbrukning är 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).<sup>11</sup>

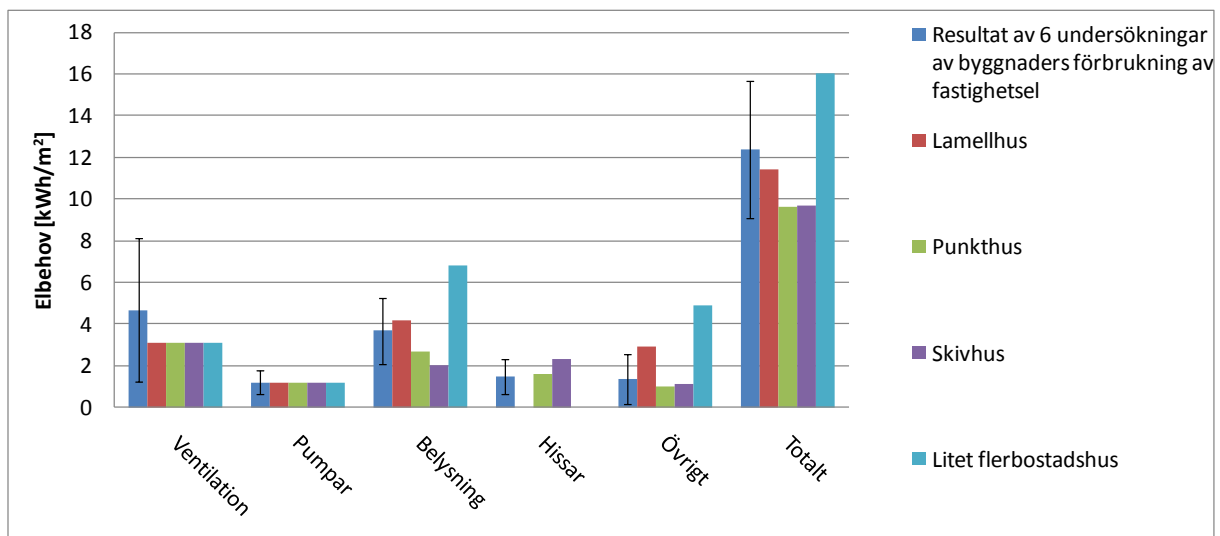
<sup>9</sup> Energimyndigheten (2011). *Energistatistik för flerbostadshus 2009*.

<sup>10</sup> Freiholtz, A. *Fastighetsel och belysning i flerbostadshus – inventering, mätning och effektivisering*. Uppsala universitet, 2009.

<sup>11</sup> Isaksson, H. & Sandberg, E. *Effektiv ventilation spar el*. Byggnadsrådet 1994.

- En hiss förbrukar 5,5 MWh/år.<sup>12</sup>
- El för att motverka isbildning utanför byggnadsskalet motsvarar årligen 70 kWh per meter takfot.<sup>13</sup>
- Utomhusbelysning förbrukar årligen 420 kWh/armatur<sup>12</sup> och varje trappuppgång har tre armaturer.
- Belysning i allmänna utrymmen förbrukar i genomsnitt 1 W/m<sup>2</sup> (A<sub>temp</sub>-BOA).

Resultatet av dessa antaganden redovisas i Figur 2.3. Detta resultat jämförs även med resultatet och tillhörande felmarginal från sex undersökningar sammanställda i ett examensarbete från Uppsala universitet<sup>10</sup>.



**Figur 2.3** Behov av fastighetsel. Felstaplarna utgör ett konfidensintervall på 95 %

## 2.2 Uppvärmningssystem

Fyra olika alternativ av uppvärmningssystem har undersökts. Dessa är att behålla fjärrvärmen, komplettera fjärrvärme med en frånluftsvärmepump, konvertera till bergvärmepump eller luft-/vattenvärmepump.

Frånluftsvärmepumpen har antagits ha en installerad kompressoreffekt som inte överskrider 8 W/m<sup>2</sup> och en installerad effekt på 2 W/m<sup>2</sup> gemensamt för fläktar och pumpar. Därmed är den totala installerade effekten högst 10 W/m<sup>2</sup> och byggnaden betraktas inte som eluppvärmd. Resterande värmebehov tillgodoses med fjärrvärme.

Målnivåerna är därmed olika för de olika uppvärmningssystemen. Att behålla fjärrvärme eller att installera en frånluftsvärmepump med maximal installerad effekt under 10 W/m<sup>2</sup>

<sup>12</sup> Levin, Blomsterberg, Wahlström, Gräslund: *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus*, ISBN: 978-91-85751-65-5, Diarienummer: 1271-2010/2006. Boverket, Karlskrona, 2007.

<sup>13</sup> Bångens, L. & Sandberg, E. *Energideklarering av bostadsbyggnader. Delområde – Fastighetsel i flerbostadshus*.

innebär att målnivåerna för övriga uppvärmningssystem gäller, det vill säga 105, 90 och 75 kWh/m<sup>2</sup> i respektive klimatzon. För bergvärmepump eller luft-/vattenvärmepump gäller målnivåerna för eluppvärmt hus, det vill säga 70, 55 och 40 kWh/m<sup>2</sup> i respektive klimatzon. I tabell 2.3 redovisas antagna värmefaktorer för de olika värmepumparna.

**Tabell 2.3** Antagna värmefaktorer för värmepumparna

	<b>Bergvärmepump</b>	<b>Luftvärmepump</b>	<b>Frånluftsvärmepump</b>	
	Årsvärmefaktor inkl. elspets	Årsvärmefaktor inkl. elspets	Årsvärmefaktor exkl. fjärrvärmespets	Värmefaktor under årets kallaste dag
Klimatzon 1	3,1	2,2	2,9	2,65
Klimatzon 2	3,2	2,4	2,9	2,65
Klimatzon 3	3,3	2,6	2,9	2,65

Investeringskostnader inklusive installation och exklusive moms redovisas i tabell 2.4.

**Tabell 2.4** Investeringskostnader för uppvärmningssystem

<b>Uppvärmningssystem</b>	<b>Investeringskostnad (SEK exkl. moms)</b>
Bergvärmepump	15 000 kr/kW inklusive borrhål <sup>14</sup> 10 000 kr/kW exklusive borrhål <sup>14</sup>
Luft-/vattenvärmepump	10 000 kr/kW <sup>14</sup>
Frånluftsvärmepump	37 500 kr/kW <sup>15</sup>
Fjärrvärmecentral	3 000 kr/kW <sup>16</sup>

I kostnaderna för värmepumparna ingår även en ackumulatortank.

## 2.4 Energieffektiviseringsåtgärder

För att undersöka hur husens energiprestanda kan förbättras har följande energieffektiviseringsåtgärder undersökts i tolv olika åtgärds paket:

### **Fastighetselåtgärder**

- elbehovet för att motverka isbildning minskar med 70 %.<sup>13</sup>
- elbehovet till belysning utomhus och i allmänna utrymmen minskar med 40 %.
- kostnaden för åtgärden har satts till 18 000 kr<sup>17</sup> + 210 kr/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub><sup>18</sup>.

### **Tappvarmvattenåtgärder**

- ett paket av effektiviseringsåtgärder genom bättre armatur, individuell mätning eller solvärme

<sup>14</sup> Uppgifter från arbetsgrupp.

<sup>15</sup> Bebo (2010). *Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus*.

<sup>16</sup> Wikells byggberäkningar AB (2009). *Sektionsfakta*<sup>®</sup> – ROT 09/10.

<sup>17</sup> Energideklarering av bostadsbyggnader, Delområde -Fastighetsel i flerbostadshus, ATON, januari 2007.

<sup>18</sup> BETSI, Boverkets rikstäckande undersökning av byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö

- behovet av tappvattenvärme minskar till 18 kWh/m<sup>2</sup>år.<sup>8</sup>
- kostnaden för detta antas vara 37,5 kr/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>.<sup>17</sup>

#### Vindisolering

- U-värdet i tak minskar till 0,13 W/m<sup>2</sup>K.<sup>3</sup>
- kostnaden för åtgärden antas vara 312 kr/m<sup>2</sup> (takyta)<sup>16</sup>.

#### Fönsterbyte

- U-värdet i fönster minskar till 1,2 W/m<sup>2</sup>K.<sup>17</sup>
- solinstrålningen minskar 10 %.
- byggnadens luftläckage minskar med 30 %.
- kostnaden för åtgärden antas vara 4 662 kr/m<sup>2</sup> (fönsteryta)<sup>18</sup>.

#### Fasadisolering

- U-värdet i vägg minskar till 0,18 W/m<sup>2</sup>K.<sup>17</sup>
- Kostnaden för åtgärden antas vara 1 361 kr/m<sup>2</sup> (fasadyta)<sup>18</sup>.

#### FTX

- Ett värmeåtervinningsaggregat återvinner värme i frånluften. Temperaturverkningsgraden är 83 % då utomhustemperaturen överstiger -2°C, är det kallare är den 75 %.
- Fläktarbetet ökas till 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).<sup>19</sup>
- Kostnaden för FTX åtgärden antas vara 350 kr/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>.<sup>20</sup>

I tabell 2.5 presenteras vilka 12 paket av åtgärder som studerats för de olika uppvärmningssystemen. Frånluftsvärmepump kombineras inte med FTX.

**Tabell 2.5** Paket av energieffektiviseringsåtgärder

	Åtgärds paket											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fastighetselåtgärder		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Tappvarmvattenåtgärder			X	X	X	X			X	X	X	X
Vindisolering				X	X	X				X	X	X
Fönsterbyte					X	X					X	X
Fasadisolering						X						X
FTX							X	X	X	X	X	X

<sup>19</sup> Sandberg, E. (2009). *Energirelaterade godhetstal för flerbostadshus*.

<sup>20</sup> Bebo (2010). *Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus, Bilaga B: Kravspecifikation*.

## 2.5 Nuvärde av livscykelkostnad

Den modell som använts i beräkningarna är en LCC-analys enligt följande:

$$LCC = \text{Investering} + LCC_{\text{Energi}} + LCC_{\text{Underhåll}} + LCC_{\text{Återinvestering}} - LCC_{\text{Restvärde}}$$

där

$$LCC_{\text{Energi}} = P_0(\text{värme resp el}) \cdot \text{årlig energianvändning} \cdot \text{energipris}$$

$$LCC_{\text{Underhåll}} = P_0(\text{underhåll}) \cdot \text{investering} \cdot 1\%$$

$$LCC_{\text{Återinvestering}} = P_0(\text{återinvestering}) \cdot \text{investering}$$

$$LCC_{\text{Restvärde}} = P_0(\text{restvärde}) \cdot \text{investering} \cdot f$$

Energipriset för grundfallet är satt till:

El 1,20 kr/kWh (exklusive moms)<sup>21</sup>

Fjärrvärme 0,69 kr/kWh (exklusive moms)<sup>21</sup>

f är en faktor som tar hänsyn till hur mycket av investeringen som finns kvar. Om kalkyltiden är 30 år och livslängden på en värmepump sätts till 20 år innebär detta att värmepumpen måste återinvesteras efter 20 år. Vi kalkyltidens slut är den resterande livslängden 10 år på värmepumpen. Detta skulle innebära att restvärdet för värmepumpen sätts till hälften av investeringen eftersom halva värdet finns kvar vid kalkyltidens slut.

Kalkyltiden 30 år och kalkylräntan 3 % har använts i enighet med den Europeiska Kommissionens kostnadsmodell<sup>4</sup>.  $P_0$  för de olika grundfallen redovisas nedan i tabell 2.6 och 2.7.

**Tabell 2.6** Nusummeffaktor för årligen återkommande belopp

Nusummeffaktor	Post	Resultat	Kalkyltid [år]	Kalkylränta [%]
$P_0$	Värme	19,60	30	3
$P_0$	El	19,60	30	3
$P_0$	Underhåll	19,60	30	3

**Tabell 2.7** Nusummeffaktor för enstaka belopp

Nusummeffaktor	Post	Resultat	Kalkyltid [år]	Kalkylränta [%]
$P_0$	Återinvestering [10 år]	0,744	10	3
$P_0$	Återinvestering [15 år]	0,642	15	3
$P_0$	Återinvestering [20 år]	0,554	20	3
$P_0$	Restvärde	0,412	30	3

<sup>21</sup> Energimyndighetens långtidsprognos 2010 ER 2011:03. Siffrorna från 2007 års nivå uppräknat till 2010 års nivå med KPI. Kostnaderna är tagna för 2020.

## Antaganden för livscykelkostnadsberäkningar

Följande antaganden har gjorts för beräkningarna:

- Fastighetselåtgärderna och tappvarmvattenåtgärderna återinvesteras efter 15 år.
- Den fjärrvärmecentral som sitter i den befintliga fastigheten från början antas vara 20 år gammal. Detta gäller för alla hustyper och årtal. För paketet med enbart fjärrvärme och med frånluftsvärmepump i kombination med fjärrvärme återinvesteras fjärrvärmecentralen efter 10 år. För varje typbyggnad beräknas även vilka energikostnader som byggnaden kommer att ha om ingen åtgärd alls görs men här har ingen hänsyn tagits till att återinvestering av fjärrvärmecentralen behövs.
- För alla värmepumpar finns en återinvestering efter 20 år (livslängden på värmepumparna antas vara 20 år). För bergvärmepump återinvesteras kostnaden för bergvärmepump utan borrhål.
- Alla värmepumpar och fjärrvärmecentraler antas ha en underhållskostnad på 1 % av sitt investeringsbelopp (bergvärmepump exklusive borrhål).
- Alla beräkningar är gjorda med hänsyn till vilken effekt som krävs i vart och ett av de 12 fallen och de olika byggnadstyperna och årtalen.
- Restvärdet på fjärrvärmecentralen efter kalkyltidens slut antas vara en tredjedel av investeringskostnaden, eftersom livslängden är 30 år.
- Restvärdet på värmepumparna efter kalkyltidens slut antas vara hälften av investeringskostnaden, eftersom livslängden antas till 20 år.
- Inga andra poster (isolering, fönster, FTX etc.) har underhållskostnader, återinvesteringar eller restvärden.
- Nuvärdet har endast räknats fram för de paket som uppfyller de energiprestandakraven för de föreslagna NNE-kraven vid större renovering.
- Ingen energiprisökning har antagits i grundfallen för beräkningarna.
- Vid beräkningar med energiprisökning har förenklingen  $P_0(r, q, n) \approx P_0(r - q, n)$  gjorts, där  $r$  är kalkylräntan och  $q$  energiprisökningen utöver inflationen.

## Beräkning av livscykelkostnad

Livscykelkostnad beräknas i form av nuvärde av kostnader under en kalkyltid av 30 år och kalkylränta på 3 %, där kostnaderna delas upp i energikostnader och övriga kostnader. Beräkningar av livscykelkostnad har utförts för varje typbyggnad av de 36 grundfallen, för varje uppvärmningssystem och för varje åtgärds paket som klarar föreslagna NNE-krav vid större renovering. Därefter har den kombination av åtgärds paket som ger lägst LCC-kostnad för varje uppvärmningssystem identifierats för vart och ett av de 36 typbyggnaderna. Resultatet visar vilket uppvärmningssystem i kombination med vilket paket av energieffektiviseringsåtgärder som ger lägst livscykelkostnad för respektive typbyggnad.

## 2.6 Känslighetsanalys

Utifrån de grundförutsättningar som beskrivits ovan har en känslighetsanalys genomförts där olika parametrar ändrats antingen en i taget eller flera samtidigt. Utöver det grundfall som finns beskrivet i kapitel 2.5 har 4 olika fall tagits fram enligt:



- Fall 1. Allt samma som grundfallet utom el, där en årlig elprisökning på 3 % antas. Detta ger ett  $P_0$  på 30 för elkostnader (tidigare 19,6).
- Fall 2. Elpris och värmepris antas ha en årlig energiprisökning på 3 % vardera. Detta ger ett  $P_0$  på 30 för båda el- och fjärrvärmekostnader (tidigare 19,6).
- Fall 3. Elpriset hålls konstant, däremot antas att fjärrvärmepriiset minskar årligen med 3 %. Detta ger ett  $P_0$  på 13,76 för fjärrvärmekostnader (tidigare 19,6).
- Fall 4. Kalkylräntan ändras från 3 % till 6 %.

I grundfallet har dessutom staplar införts i resultatdiagrammen som visar på variationer i fjärrvärmepreis mellan olika fjärrvärmenät i Sverige<sup>22</sup>. Lägsta fjärrvärmepreis är 0,33 kr/kWh exklusive moms och högsta fjärrvärmepreis är 0,76 kr/kWh exklusive moms och viktat medelvärde är 0,63 kr/kWh uppräknat till 2020 års värde. Medelvärdet skiljer sig från använt värde på 0,69 kr/kWh i beräkningarna som avser kostnader uppskattade av Energimyndigheten för år 2020.

## 2.7 Kontroll av installerad effekt

Boverkets nya regler för ändring av byggnad<sup>3</sup> preciserar att i grunden är det samma egenskapskrav som ska tillämpas såväl vid uppförande av en ny byggnad som vid ändring. I Boverkets nybyggnadsregler<sup>23</sup> finns förutom energiprestandakrav även krav på maximalt installerad eleffekt för uppvärmning. Dessa presenteras i tabell 2.2.

**Tabell 2.3** Krav på maximalt installerad eleffekt för uppvärmning i bostäder med elvärme enligt Boverkets byggregler [kW]

Klimatzon	1	2	3
Max installerad eleffekt för uppvärmning	5,5	5	4,5
Tillägg då $A_{temp}$ överstiger 130 m <sup>2</sup>	$0,035 \cdot (A_{temp} - 130)$	$0,030 \cdot (A_{temp} - 130)$	$0,025 \cdot (A_{temp} - 130)$

I tabell 2.9 presenteras den högsta tillåtna eleffekten som får tillföras värmepumpsystemet i typbyggnaderna då 2 W/m<sup>2</sup> reserveras åt fläktar och pumpar.

<sup>22</sup> Nils Holgersson, [www.nilsholgersson.nu](http://www.nilsholgersson.nu).

<sup>23</sup> BBR, 2008. Regelsamling för byggande. Boverkets byggregler BFS 1993:57 med ändringar, BFS 2008:20.

**Tabell 2.9** Maximalt installerad eleffekt (kompressor och elspets) [W/m<sup>2</sup>]

	Klimatzon		
	1	2	3
<b>Lamellhus</b>	34	29	24
<b>Punkthus</b>	33	28	23
<b>Skivhus</b>	33	28	23
<b>Litet flerbostadshus</b>	36	31	26

För att kontrollera om de olika typbyggnaderna klarar krav på installerad eleffekt beräknas deras effektbehov. Byggnadernas effektbehov omfattar såväl beredning av tappvarmvatten som uppvärmning av byggnaden. Resultatet från simuleringsprogrammet BV<sup>2</sup> gäller då byggnaden inte har en ackumulatortank. För att inkludera fördelen med en ackumulatortank har tappvarmvattnets effektbehov reducerats med en faktor som beror på byggnadens storlek. Faktorn har erhållits genom att studera figur 7.17 i Aronsson (1996)<sup>24</sup> och presenteras i Tabell 2.10

**Tabell 2.10** Antagen faktor för reduktion av tappvarmvatten-effektbehov vid dygnsackumulering istället för vid timackumulering

Lamellhus	3,4
Punkthus	3,1
Skivhus	2,5
Flerbostadsvilla	3,7

Energieffektiviseringsåtgärden som sänker tappvarmvattenbehovet antas sänka effektbehovet i samma proportion som den sänker energibehovet. Därefter beräknas kvoten mellan effektbehov och effektkrav, vilket motsvarar lägsta tillåtna värmefaktor .

<sup>24</sup> Aronsson S. (1996) *Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov*.

## **3 Åtgärds paket för att klara NNE-krav vid större renovering**

### **3.1 Resultat**

Energiprestanda för samtliga kombinationer av typbyggnad, åtgärds paket och uppvärmningssystem finns presenterad i Bilaga B. I tabell 3.1 - 3.4 visas vilka åtgärds paket som krävs för att klara de föreslagna NNE-kraven vid större renovering. I tabell 3.1 visar siffror i vitt vilka möjliga åtgärds paket som klarar kraven för alternativet att behålla fjärrvärme. Tabell 3.2, 3.3 och 3.4 visar vilka möjliga åtgärds paket som klarar kraven för alternativen att installera bergvärmepump, luft-/vattenvärmepump respektive frånluftsvärmepump.

I tabell 3.1 presenteras erforderliga årsvärmefaktorer (inklusive elspets) för att med ett värmepumpsystem som tillgodoser hela uppvärmningsbehovet nå målnivån för en eluppvärmd byggnad. Siffror i vitt innebär att målnivån för icke elvärmd byggnad nås med fjärrvärme.

I tabell 3.2 presenteras erforderlig lägsta årsvärmefaktorer (inklusive elspets) för att inte överskrida eleffektkraven vid installation av bergvärmepump i de typbyggnader som klarar NNE-kraven vid större renovering. Vitmarkerade celler innebär att målnivån inte nås.

I tabell 3.3 presenteras erforderlig lägsta årsvärmefaktorer (inklusive elspets) för att inte överskrida eleffektkraven vid installation av luft-/vattenvärmepump i de typbyggnader som klarar NNE-kraven vid större renovering. Vitmarkerade celler innebär att målnivån inte nås.

Eftersom fallet med frånluftsvärmepumpen innebär ett krav på maximalt installerad eleffekt så krävs värme från fjärrvärme för att klara effektopparna. Hur mycket fjärrvärme som behövs framgår av tabell 3.4. Vitmarkerade celler innebär att målnivån inte nås. Frånluftsvärmepump kan inte installeras i kombination med FTX varvid åtgärds paket 7-12 inte blir möjligt.

**Tabell 3.1** Erforderliga årsvärmefaktorer (inklusive elspets) för att nå NNE-krav vid större renovering för en elvärmad byggnad. Siffror i vitt innebär att målnivån för icke elvärmad byggnad nås med fjärrvärme.

			Åtgärds paket											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lamellhus	Klimatzon 3	1950-1960	5,2	4,8	4,5	4,3	3,8	3,1	4,0	3,6	3,4	3,2	2,7	2,0
		1961-1975	4,8	4,4	4,2	4,1	3,6	3,0	3,6	3,2	3,0	2,9	2,4	1,8
		1976-1985	4,2	3,8	3,6	3,6	3,1	2,9	2,9	2,7	2,4	2,4	2,0	1,8
	Klimatzon 2	1950-1960	3,9	3,7	3,6	3,4	3,0	2,6	2,9	2,7	2,6	2,4	2,0	1,6
		1961-1975	3,7	3,5	3,3	3,3	2,9	2,5	2,6	2,5	2,3	2,3	2,0	1,5
		1976-1985	3,2	3,0	2,9	2,9	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,6	1,5
	Klimatzon 1	1950-1960	3,3	3,1	3,0	2,9	2,6	2,2	2,4	2,3	2,2	2,1	1,7	1,4
		1961-1975	3,1	2,9	2,8	2,8	2,4	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,6	1,3
		1976-1985	2,8	2,6	2,5	2,5	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7	1,7	1,4	1,3
Punkthus	Klimatzon 3	1950-1960	4,7	4,4	4,2	4,2	3,5	2,8	3,5	3,3	3,1	3,0	2,4	1,7
		1961-1975	4,5	4,2	4,0	4,0	3,4	2,8	3,3	3,1	2,9	2,9	2,3	1,7
		1976-1985	3,9	3,7	3,5	3,5	2,9	2,7	2,7	2,6	2,4	2,4	1,8	1,6
	Klimatzon 2	1950-1960	3,7	3,6	3,4	3,4	2,9	2,4	2,7	2,6	2,4	2,4	1,9	1,4
		1961-1975	3,5	3,4	3,3	3,3	2,8	2,3	2,5	2,5	2,3	2,3	1,8	1,4
		1976-1985	3,1	3,0	2,8	2,8	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,9	1,5	1,4
	Klimatzon 1	1950-1960	3,1	3,0	2,9	2,9	2,4	2,1	2,2	2,2	2,1	2,0	1,6	1,3
		1961-1975	3,0	2,9	2,8	2,8	2,3	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	1,5	1,2
		1976-1985	2,7	2,6	2,5	2,5	2,1	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,3	1,2
Skivhus	Klimatzon 3	1950-1960	4,5	4,4	4,2	4,1	3,5	2,8	3,3	3,2	3,0	2,9	2,2	1,6
		1961-1975	4,4	4,2	4,0	4,0	3,3	2,8	3,1	3,0	2,8	2,8	2,1	1,5
		1976-1985	3,8	3,7	3,5	3,5	2,9	2,7	2,6	2,5	2,2	2,2	1,7	1,5
	Klimatzon 2	1950-1960	3,5	3,5	3,3	3,3	2,8	2,3	2,5	2,4	2,3	2,3	1,7	1,3
		1961-1975	3,4	3,4	3,2	3,2	2,7	2,3	2,4	2,3	2,2	2,2	1,6	1,2
		1976-1985	3,0	3,0	2,8	2,8	2,4	2,3	2,0	2,0	1,8	1,8	1,3	1,2
	Klimatzon 1	1950-1960	3,0	3,0	2,9	2,8	2,3	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	1,5	1,2
		1961-1975	2,9	2,9	2,8	2,7	2,3	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,4	1,2
		1976-1985	2,6	2,6	2,5	2,5	2,1	2,0	1,7	1,7	1,6	1,6	1,2	1,2
Litet flerbostadshus	Klimatzon 3	1950-1960	7,8	6,3	6,1	5,8	5,1	3,9	6,6	5,2	5,0	4,6	4,0	2,8
		1961-1975	7,1	5,7	5,5	5,4	4,7	3,7	5,8	4,6	4,4	4,3	3,5	2,5
		1976-1985	6,0	4,8	4,6	4,5	3,9	3,6	4,6	3,7	3,4	3,4	2,8	2,5
	Klimatzon 2	1950-1960	5,4	4,7	4,6	4,4	3,9	3,1	4,3	3,7	3,6	3,4	2,9	2,1
		1961-1975	5,0	4,3	4,2	4,2	3,6	2,9	3,9	3,3	3,2	3,2	2,6	2,0
		1976-1985	4,2	3,7	3,6	3,5	3,1	2,9	3,1	2,7	2,6	2,5	2,1	1,9
	Klimatzon 1	1950-1960	4,4	4,0	3,9	3,7	3,2	2,7	3,5	3,1	3,0	2,9	2,4	1,9
		1961-1975	4,0	3,6	3,5	3,5	3,0	2,6	3,1	2,8	2,7	2,6	2,1	1,7
		1976-1985	3,6	3,2	3,1	3,1	2,7	2,6	2,6	2,4	2,2	2,2	1,8	1,7

**Tabell 3.2** Erforderlig lägsta värmefaktor (inklusive elspets) för att inte överskrida effektkraven vid installation av bergvärmepump i de typbyggnader som klarar NNE-krav vid större renovering. Vitmarkerade celler innebär att målnivån inte nås.

			Åtgärdspaket											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lamellhus	Klimatzon 3	1950-1960					2,1				1,8	1,8	1,6	1,3
		1961-1975					2,1		2,0	2,0	1,8	1,7	1,6	1,3
		1976-1985					1,9	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4	1,3
	Klimatzon 2	1950-1960					2,0	1,8	2,0	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3
		1961-1975					2,0	1,8	1,9	1,9	1,7	1,7	1,5	1,3
		1976-1985		2,2	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5	1,3	1,3
	Klimatzon 1	1950-1960			2,0	2,0	1,8	1,6	1,8	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2
		1961-1975	2,1	2,1	1,9	1,9	1,7	1,6	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,2
		1976-1985	2,0	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,2	1,2
Punkthus	Klimatzon 3	1950-1960						1,7			1,8	1,8	1,5	1,2
		1961-1975						1,7		1,9	1,7	1,7	1,5	1,2
		1976-1985					1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,2
	Klimatzon 2	1950-1960					2,0	1,7	1,9	1,9	1,7	1,7	1,5	1,2
		1961-1975					2,0	1,7	1,9	1,9	1,7	1,7	1,4	1,2
		1976-1985	2,2	2,2	2,0	2,0	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,2	1,2
	Klimatzon 1	1950-1960	2,1	2,1	2,0	2,0	1,7	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,1
		1961-1975	2,1	2,1	1,9	1,9	1,7	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,1
		1976-1985	1,9	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	1,1
Skivhus	Klimatzon 3	1950-1960						1,6	1,7	1,7	1,6	1,6	1,3	1,0
		1961-1975						1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,0
		1976-1985					1,6	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	1,0
	Klimatzon 2	1950-1960					1,8	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,0
		1961-1975					1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,0
		1976-1985	2,0	2,0	1,9	1,9	1,6	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0
	Klimatzon 1	1950-1960	1,9	1,9	1,8	1,8	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,1	0,9
		1961-1975	1,9	1,9	1,8	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	0,9
		1976-1985	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0	0,9
Litet flerbostadshus	Klimatzon 3	1950-1960												2,6
		1961-1975												2,5
		1976-1985											2,6	2,5
	Klimatzon 2	1950-1960						2,8					2,6	2,3
		1961-1975						2,8			2,9	2,8	2,6	2,3
		1976-1985					2,9	2,8	3,2	3,2	2,6	2,6	2,4	2,3
	Klimatzon 1	1950-1960						2,5			2,7	2,6	2,4	2,1
		1961-1975					2,7	2,5	3,1	3,1	2,5	2,5	2,3	2,1
		1976-1985			2,8	2,8	2,6	2,5	2,9	2,9	2,4	2,4	2,2	2,1

**Tabell 3.3** Erforderlig lägsta värmefaktor (inklusive elspets) för att inte överskrida effektkraven vid installation av luft-/vattenvärmepump i de typbyggnader som klarar NNE-krav vid större renovering. Vitmarkerade celler innebär att målnivån inte nås.

			Åtgärdspaket											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lamellhus	Klimatzon 3	1950-1960												1,3
		1961-1975											1,6	1,3
		1976-1985									1,6	1,6	1,4	1,3
	Klimatzon 2	1950-1960											1,5	1,3
		1961-1975								1,7	1,7	1,5	1,3	
		1976-1985						1,8	1,8	1,5	1,5	1,3	1,3	
	Klimatzon 1	1950-1960								1,6	1,5	1,3	1,2	
		1961-1975					1,6	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,2	
		1976-1985					1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,2	1,2	
Punkthus	Klimatzon 3	1950-1960										1,5	1,2	
		1961-1975										1,5	1,2	
		1976-1985							1,7	1,5	1,5	1,3	1,2	
	Klimatzon 2	1950-1960					1,7				1,7	1,5	1,2	
		1961-1975					1,7			1,7	1,7	1,4	1,2	
		1976-1985				1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,2	1,2	
	Klimatzon 1	1950-1960					1,5		1,7	1,5	1,5	1,3	1,1	
		1961-1975					1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,1	
		1976-1985				1,6	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	1,1	
Skivhus	Klimatzon 3	1950-1960										1,3	1,0	
		1961-1975										1,3	1,0	
		1976-1985						1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	1,0	
	Klimatzon 2	1950-1960					1,6			1,5	1,5	1,2	1,0	
		1961-1975					1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,0	
		1976-1985				1,6	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	
	Klimatzon 1	1950-1960					1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,1	0,9	
		1961-1975					1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	0,9	
		1976-1985				1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0	0,9	
Litet flerbostadshus	Klimatzon 3	1950-1960												
		1961-1975											2,5	
		1976-1985											2,5	
	Klimatzon 2	1950-1960											2,3	
		1961-1975											2,3	
		1976-1985										2,4	2,3	
	Klimatzon 1	1950-1960											2,1	
		1961-1975										2,3	2,1	
		1976-1985										2,2	2,1	

**Tabell 3.4** Möjliga åtgärds paket som klarar NNE-kraven vid större renovering då frånluftsvärmevärmepump installeras och behov av fjärrvärme [kWh/m<sup>2</sup>, år]. Vitmarkerade celler innebär att målnivån inte nås.

			Paket av					
			1	2	3	4	5	6
Lamellhus	Klimatzon 3	1950-1960	16	16	14	11	4	1
		1961-1975	12	12	10	9	3	1
		1976-1985	4	4	3	3	1	1
	Klimatzon 2	1950-1960	29	29	27	24	14	6
		1961-1975	23	24	21	21	11	5
		1976-1985	14	14	12	12	6	5
	Klimatzon 1	1950-1960		44	41	37	23	14
		1961-1975	39	39	36	36	22	14
		1976-1985	29	29	27	27	16	14
Punkthus	Klimatzon 3	1950-1960	14	14	12	11	4	1
		1961-1975	12	12	10	10	3	1
		1976-1985	5	5	4	4	1	1
	Klimatzon 2	1950-1960	28	29	26	25	13	6
		1961-1975	26	26	23	23	12	5
		1976-1985	15	15	14	14	6	5
	Klimatzon 1	1950-1960	45	45	42	41	24	13
		1961-1975	41	41	38	38	22	12
		1976-1985	30	30	28	28	15	12
Skivhus	Klimatzon 3	1950-1960	11	11	9	8	2	1
		1961-1975	9	9	7	7	2	1
		1976-1985	4	4	3	3	1	1
	Klimatzon 2	1950-1960	24	24	22	21	10	4
		1961-1975	21	21	19	19	9	4
		1976-1985	13	13	12	12	5	4
	Klimatzon 1	1950-1960	40	40	37	36	19	11
		1961-1975	37	37	34	34	17	10
		1976-1985	27	27	25	25	12	10
Litet flerbostadshus	Klimatzon 3	1950-1960					17	3
		1961-1975					15	3
		1976-1985		17	15	14	5	3
	Klimatzon 2	1950-1960					30	13
		1961-1975					26	12
		1976-1985		30	27	27	15	12
	Klimatzon 1	1950-1960						27
		1961-1975					42	27
		1976-1985			46	45	28	24

## **3.2 Slutsatser och diskussion om teknisk potential**

Denna beräkningsstudie ger en indikation på vilka möjliga åtgärds paket som kan komma att vara aktuella vid större renovering av flerbostadshus. Studien använder typbyggnader för att analysera vilka lösningar som kan vara aktuella, vilket gör att resultatet kan skilja väsentligt i det enskilda fallet. Tekniska svårigheter som att det till exempel kan vara svårt att installera FTX i punkthus eller att samla frånluftsflödet till en frånluftsvärmepump i utbredda lamellhus har inte beaktats.

### **3.2.1 Åtgärder i lamellhus, skivhus och punkthus**

De större flerbostadshusen lamellhus, skivhus och punkthus ger i stort sett samma resultat. Byggnadens form har liten betydelse för vilka åtgärds paket i kombination med uppvärmningssystem som kommer att klara NNE-krav vid större renovering. Byggnadens ålder påverkar inte heller resultatet nämnvärt. Däremot har klimatzon stor betydelse för vilka åtgärds paket i kombination med uppvärmningssystem som kommer att klara NNE-krav vid större renovering.

Värmepumpande tekniker blir mer och mer fördelaktiga ju längre norrut byggnaden är placerad. Detta är en direkt konsekvens av att differensen mellan NNE-krav vid större renovering av bostäder som är eluppvärmda och som har annat uppvärmningssätt än elvärme är konstant.

I tabell 3.5 sammanfattas de olika åtgärds paketen som behövs för att klara NNE-krav vid större renovering för typbyggnader av lamellhus, punkthus och skivhus i denna konsekvensanalys. För uppvärmning med bergvärmepump kan två alternativa åtgärds paket vara möjliga beroende av om FTX installeras i kombination med bergvärmepumpen eller inte. För flera typbyggnader går det att klara NNE-krav utan att installera FTX om åtgärds paketen är mer omfattande.



**Tabell 3.5** Möjliga åtgärds paket i kombination med olika uppvärmningssystem för typbyggnader av lamellhus, punkthus och skivhus  
(x = behövs alltid, (x) = behövs beroende av byggnadens ålder eller typ)

Klimat-zon	Uppvärmnings-system	Fastighetsel-åtgärder	Tappvarmvatten-åtgärder	Vind-isolering	Fönster-byte	Fasad-isolering	FTX
1	Fjärrvärme	X	X	X	X	(x)	X
	Frånlufts-värmepump	(x)					
	Bergvärmepump	(x)	(x)				
	Luftvatten-värmepump	(x)	(x)				X
2	Fjärrvärme	X	X	X	X	(x)	X
	Frånlufts-värmepump						
	Bergvärmepump alternativ 1						X
	Bergvärmepump alternativ 2	(x)	(x)	(x)	(x)		
	Luftvatten-värmepump	(x)	(x)	(x)			X
3	Fjärrvärme	X	X	X	X	(x)	X
	Frånlufts-värmepump						
	Bergvärmepump alternativ 1	(x)	(x)	(x)			X
	Bergvärmepump alternativ 2	X	X	X	X	(x)	
	Luftvatten-värmepump	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	X

### Fjärrvärme

Att behålla fjärrvärme i de större flerbostadshusen lamellhus, skivhus och punkthus kräver omfattande åtgärds paket för att klara NNE-krav vid större renovering. För byggnader byggda 1950-1975 krävs att samtliga åtgärder genomförs. Det vill säga fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte, fasadisolering och installation av FTX. För byggnader byggda efter 1976 kan NNE-krav vid större renovering nås utan fasadisolering.

### Bergvärmepump

Bergvärmepump är mest fördelaktig i klimatzon 1 där det räcker med att installera bergvärme som enskild åtgärd för att klara NNE-krav vid större renovering. Undantaget är lamellhus byggt 1950-60 som också kräver fastighetselåtgärder och tappvarmvattenåtgärder. I klimatzon 2 för byggnader byggda efter 1976 räcker det med att installera bergvärme som enskild åtgärd. För äldre byggnader krävs att bergvärmepumpen kombineras med installation av FTX. I klimatzon 3 krävs även att fastighetselåtgärder genomförs tillsammans med installation av bergvärmepump och FTX. Lamellhus och punkthus byggda 1950- 1960 kräver utöver detta tappvarmvattenåtgärder och vindisolering.

### **Luft-/vattenvärmepump**

Luft-/vattenvärmepumpen kräver i klimatzon 1 att den kombineras med installation av FTX för att klara NNE-krav vid större renovering. För lamellhus och punkthus byggda 1950- 1960 krävs också fastighetselåtgärder och tappvarmvattenåtgärder. I klimatzon 2 krävs att luft-/vattenvärmepumpen kombineras med installation av FTX, fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder och vindisolering. Lamellhus byggda 1950 - 1960 kräver också fönsterbyte. I klimatzon 3 krävs installation av luft-/vattenvärmepump och FTX i kombination med fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering och fönsterbyte. Lamellhus byggda 1950- 1960 kräver därutöver fasadisolering.

### **Frånluftsvärmepumpen**

Frånluftsvärmepumpen är en relativt enkel åtgärd som kan komma att bli fördelaktig vid större renoveringar av flerbostadshus. Genom att installera en frånluftsvärmepump som totalt är mindre än  $10 \text{ W/m}^2$  och behålla fjärrvärme som spetslast gäller NNE-krav vid större renovering för bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme, det vill säga 105, 90 och  $75 \text{ kWh/m}^2$  i respektive klimatzon.

Installation av frånluftsvärmepump klarar NNE-krav vid större renovering som enda energieffektiviseringsåtgärd, detta i princip för alla fall för de större flerbostadshusen lamellhus, skivhus och punkthus. Alternativet har dock betydligt högre elanvändning än åtgärds paket med bergvärmepump eller luft-/vattenvärmepump.

### **3.2.2 Åtgärder i litet flerbostadshus**

För det lilla flerbostadshuset är det svårare att klara NNE-krav vid större renovering. Kort sagt behövs antingen någon form av värmepumpande teknik eller installation av solceller för de förutsättningar som gäller i denna konsekvensanalys. Det föreslagna sammanlagda åtgärds paketet, det vill säga fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte, fasadisolering och installation av FTX i kombination med att behålla fjärrvärme räcker inte för att klara NNE-krav vid större renovering. För att behålla fjärrvärme krävs till exempel att solceller installeras utöver det omfattande åtgärds paketet. Ett annat alternativ är att installera frånluftsvärmepump och ha kvar fjärrvärmen som spets. Men även det kräver ett åtgärds paket på minst fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering och fönsterbyte genomförs. Små flerbostadshus byggda efter 1976 kan dock klara NNE-krav vid större renovering med frånluftsvärmepump, fastighetselåtgärder och tappvarmvattenåtgärder. Luft-/vattenvärmepumpen kräver även den ett omfattande åtgärds paket med fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte, fasadisolering och installation av FTX. Med en bergvärmepump och åtgärds paket innehållande fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering och fönsterbyte klaras de flesta fall i klimatzon 1 och 2. Klimatzon 3 kräver också installation av FTX.

I tabell 3.6 sammanfattas de olika åtgärds paketen som behövs för att klara NNE-krav vid större renovering för typbyggnad av litet flerbostadshus.

**Tabell 3.6** Möjliga åtgärds paket i kombination med olika uppvärmningssystem för typbyggnad av litet flerbostadshus  
(x = behövs alltid, (x) = behövs beroende av byggnadens ålder eller typ)

Klimat-zon	Uppvärmnings-system	Fastighetsel-åtgärder	Tappvarmvatten-åtgärder	Vind-isolering	Fönster-byte	Fasad-isolering	FTX
1	Frånlufts-värmepump	X	X	(x)	(x)	(x)	
	Bergvärmepump	X	X				
	Luftvatten-värmepump	X	X	X	X	(x)	X
2	Frånlufts-värmepump	X	(x)	(x)	(x)		
	Bergvärmepump alternativ 1	(x)	(x)	(x)	(x)		X
	Bergvärmepump alternativ 2	X	X	X	(x)		
	Luftvatten-värmepump	X	X	X	X	(x)	X
3	Frånlufts-värmepump	X	(x)	(x)	(x)		
	Bergvärmepump	X	X	X	X	(x)	X
	Luftvatten-värmepump	X	X	X	X	X	X

### 3.2.3 Effektkraven

De kombinationer med bergvärmepump eller luft-/vattenvärmepump som klarar NNE-energi krav för lamellhus, punkthus och skivhus kommer i de flesta fall också att klara effektkraven enligt tabell 3.2 och 3.3. Det vill säga att de kommer att klara erforderlig värmefaktor den kallaste vinterdagen. Ofta installeras värmepumpar med en energitäckningsgrad på 60-80 %, vilket gör det svårare att klara effektkraven. Detta kan komma att bli en drivkraft till att installera större värmepumpar med högre energitäckningsgrad.

## 4 Nuvärde av livscykelkostnader

För de kombinationer som klarar föreslagna NNE-krav vid större renovering har livscykelkostnad beräknats i form av nuvärde av kostnader under en kalkyltid av 30 år och en kalkylränta på 3 % i enlighet med kommissionens föreslagna kostnadsmodell<sup>4</sup>. Den kombination av åtgärds paket som ger lägst LCC-kostnad för varje uppvärmningssystem visas för var och en av de 36 typbyggnaderna i bilaga C och siffervärden ges i bilaga E. Under stapeln för varje uppvärmningssystem anges numret på det åtgärds paket (se tabell 2.5) som klarar NNE-kravet och ger den lägsta livscykelkostnaden.

Resultatet visar vilket uppvärmningssystem i kombination med vilket paket av energieffektiviseringsåtgärder som ger lägst livscykelkostnad för respektive typbyggnad. I varje diagram visas även vilka energikostnader som byggnaden kommer att ha om ingen åtgärd alls görs. Denna stapel kan användas som referens för lönsamhet. Att genomföra ett åtgärds paket som har lägre LCC (lägre stapel i diagrammen) än "utan åtgärd" är lönsamt ur livscykelkostnadsperspektiv.

Eftersom fjärrvärmepriset varierar för olika fjärrvärmenät i Sverige har staplar införts i resultatdiagrammen som visar på variationer i fjärrvärmepris mellan olika fjärrvärmenät i Sverige<sup>22</sup>, se bilaga C.

Resultatet har sedan jämförts genom att energipriser och kalkylränta är ändrats i olika framtidsscenarioer vilket visas i bilaga D-G.

### 4.1 Frånluftsvärmepump

Att installera en frånluftsvärmepump i kombination med olika paket av energieffektiviseringsåtgärder ger lägst livscykelkostnad i 35 av 36 typbyggnader. För lamellhus behövs ingen ytterligare energieffektiviseringsåtgärd med undantag av en typbyggnad där fastighetselåtgärder, tappvattenåtgärder och vindisolering krävs för att klara NNE-kraven, se figur C.1. I punkthus och skivhus är de energieffektiviseringsåtgärder, som blir lönsamma i kombination med frånluftsvärmepump, fastighetselåtgärder och tappvattenåtgärder. För det lilla flerbostadshuset krävs i flera typbyggnader ett antal ytterligare åtgärder i frånluftsvärmepumppaketet. En jämförelse med den energikostnad som typbyggnaden kommer att ha om ingen åtgärd alls görs visar att installation av frånluftsvärmepumppaketet är lönsamt i 35 av 36 typbyggnader.

Livscykelkostnaden för frånluftsvärmepumpen består huvudsakligen av en relativt låg andel övriga kostnader (investerings-, återinvesterings- och underhållskostnader) och en stor andel energikostnad. Känslighetsanalysen visar att investeringen är känslig för elprisökningar och installation av frånluftsvärmepumppaketet är inte alltid lönsamt eller det bästa alternativet då elpriset ökar. Om fjärrvärmepriset stiger i samma takt blir frånluftsvärmepumppaketet återigen lönsamt. En kalkylränta på 6 % ger fortfarande att frånluftsvärmepumppaketet är en lönsam investering.

## 4.2 Bergvärmepump

Att installera en bergvärmepump i kombination med olika paket av energieffektiviseringsåtgärder ger endast något högre livscykelkostnad jämfört med frånluftsvärmepumppaketet. De energieffektiviseringsåtgärder som här blir lönsamma med bergvärmepumpen är fastighetselåtgärder och tappvattenåtgärder. I två typbyggnader innehåller paketlösningen även vindisolering och för det lilla flerbostadshuset krävs i flera typbyggnader även fönsterbyte och fasadisolering. En jämförelse med den energikostnad som typbyggnaden kommer att ha om ingen åtgärd alls görs visar att installation av bergvärmepumppaketet är lönsamma i samtliga typbyggnader förutom för det lilla flerbostadshuset placerat i klimatzon 3.

Livscykelkostnaden för bergvärmepumpen består huvudsakligen av övriga kostnader (investerings-, återinvesterings- och underhållskostnader) och en mindre andel energikostnad. Detta gör, till skillnad mot frånluftsvärmepumppaketet, att bergvärmepumppaketet inte lika är känsligt för energiprisökningar. Bergvärmepumppaketet är fortfarande lönsamt vid en 3 % ökning av både el och fjärrvärmepris och det bästa alternativet. En 3 % ökning av elpriset då fjärrvärmepriset är konstant gör dock att installation av bergvärmepumppaketet inte är lönsamt. Ett minskande fjärrvärmepris och konstant elpris gör att bergvärmepumppaketet inte är lönsamt och i flera typbyggnader blir andra uppvärmningsalternativ bättre. En kalkylränta på 6 % ger att bergvärmepumppaketet inte länge är lönsamt och i flera typbyggnader blir paket med luft-/vattenvärmepump ett bättre alternativ.

## 4.3 Luft-/vattenvärmepump

Att installera en luft-/vattenvärmepump i kombination med olika paket av energieffektiviseringsåtgärder ger överlag en något högre livscykelkostnad jämfört med bergvärmepumppaketet eller frånluftsvärmepumppaketet. För övrigt är resultatet ungefär detsamma som för bergvärmepumppaketet.

## 4.4 Fjärrvärme

Att behålla den befintliga fjärrvärmen och genomföra olika paket av energieffektiviseringsåtgärder kräver åtgärdspaket på minst fastighetselåtgärder, tappvarmvattenåtgärder, vindisolering, fönsterbyte och installation av FTX och i flera typbyggnader även fasadisolering.

För lamellhus, punkthus och skivhus ger fjärrvärmepaket som kräver samtliga åtgärder en livscykelkostnad som inte är lönsam. Däremot är de flesta typbyggnader något lönsamma där fasadisolering inte krävs för att uppnå NNE-krav (fjärrvärmepaket som kräver samtliga åtgärder exklusive fasadisolering). För lönsamhet krävs ett ökat fjärrvärmepris. En kalkylränta på 6 % gör att fjärrvärmepaketet blir olönsamma.

#### **4.5 Slutsatser och diskussion om livscykelkostnader**

För alternativet att ingen åtgärd genomförs har endast energikostnader beaktats. I praktiken kommer detta alternativ också att kräva en återinvestering av fjärrvärmecentralen vilket gör att lönsamheten för de olika uppvärmningssystempaketen i själva verket är lönsammare än vad som visas i diagrammen.

För lamellhus, punkthus och skivhus är för flera typbyggnader de fyra uppvärmningspaketen konkurrerande med varandra. För det lilla flerbostadshuset är det betydligt svårare att klara NNE-krav vid större renovering. I princip är det bara frånluftsvärmepumppaketet och bergvärmepumppaketet som kan klara NNE-kraven med lönsamhet.

Här är det viktigt att observera att den erhållna energibesparingen fullt ut skall bekosta åtgärderna. Ingen hänsyn tas till om en åtgärd, exempelvis tilläggsisolering, sker i samband med fasadrenovering. I praktiken genomförs åtgärder i befintlig bebyggelse ofta i samband med att andra byggnadstekniska åtgärder behöver genomföras. Följden blir att åtgärden ur energisynpunkt reduceras kostnadsmässigt (en del läggs på underhållsbudget) och åtgärden blir mera lönsam. Fjärrvärmepaket för byggnader som har behov av fasadrenovering eller fönsterbyte av underhållsskäl kan därmed vara betydligt lönsammare än vad som visas här.

Beroende av vad man sår om energipriser och inflation i framtiden, samt på vilken budget kostnader fördelas, så kan det ena eller det andra alternativet vara fördelaktigt. Lönsamheten för de olika uppvärmningspaketen är också beroende av det fjärrvärmepreis som råder i den aktuella orten.

## 5 Referenser

- [1] Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda
- [2] Uppdrag 13: Nationell strategi för lågenergi byggnader, ER 2010:39
- [3] Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (XXXX:XX) – föreskrifter och allmänna råd, BFS 2011:XX, BBR XX
- [4] MEETING DOCUMENT, For the Expert Workshop on the comparative framework methodology for cost optimal minimum energy performance requirements, In preparation of a delegated act in accordance with Art 290 TF EU, 6 May 2011 in Brussels Presented by the Directorate General for Energy
- [5] Så byggdes husen 1880 - 2000, femte upplagan. C. Björk, P. Kallstenius & L. Reppen (2003)
- [6] Ett beräkningsprogram för byggnadens värmebalans i varaktighetsdiagram, [www.energy-management.se/bv2](http://www.energy-management.se/bv2)
- [7] *Så mår våra hus*, Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m., Boverket, 2009.
- [8] Levin, P. (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*. Sveby-programmet.
- [9] Energimyndigheten (2011). *Energistatistik för flerbostadshus 2009*.
- [10] Freiholtz, A. *Fastighetsel och belysning i flerbostadshus – inventering, mätning och effektivisering*. Uppsala universitet, 2009.
- [11] Isaksson, H. & Sandberg, E. *Effektiv ventilation spar el*. Byggeforskningsrådet 1994.
- [12] Levin, Blomsterberg, Wahlström, Gräslund: *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus*, ISBN: 978-91-85751-65-5, Diarienummer: 1271-2010/2006. Boverket, Karlskrona, 2007.
- [13] Bångens, L. & Sandberg, E. *Energideklarering av bostadsbyggnader. Delområde – Fastighetsel i flerbostadshus*.
- [14] Uppgifter från arbetsgrupp.
- [15] Bebo (2010). *Teknikupphandling av värmeåtervinningsystem i befintliga flerbostadshus*.
- [16] Wikells byggberäkningar AB (2009). *Sektionsfakta<sup>®</sup> – ROT 09/10*.

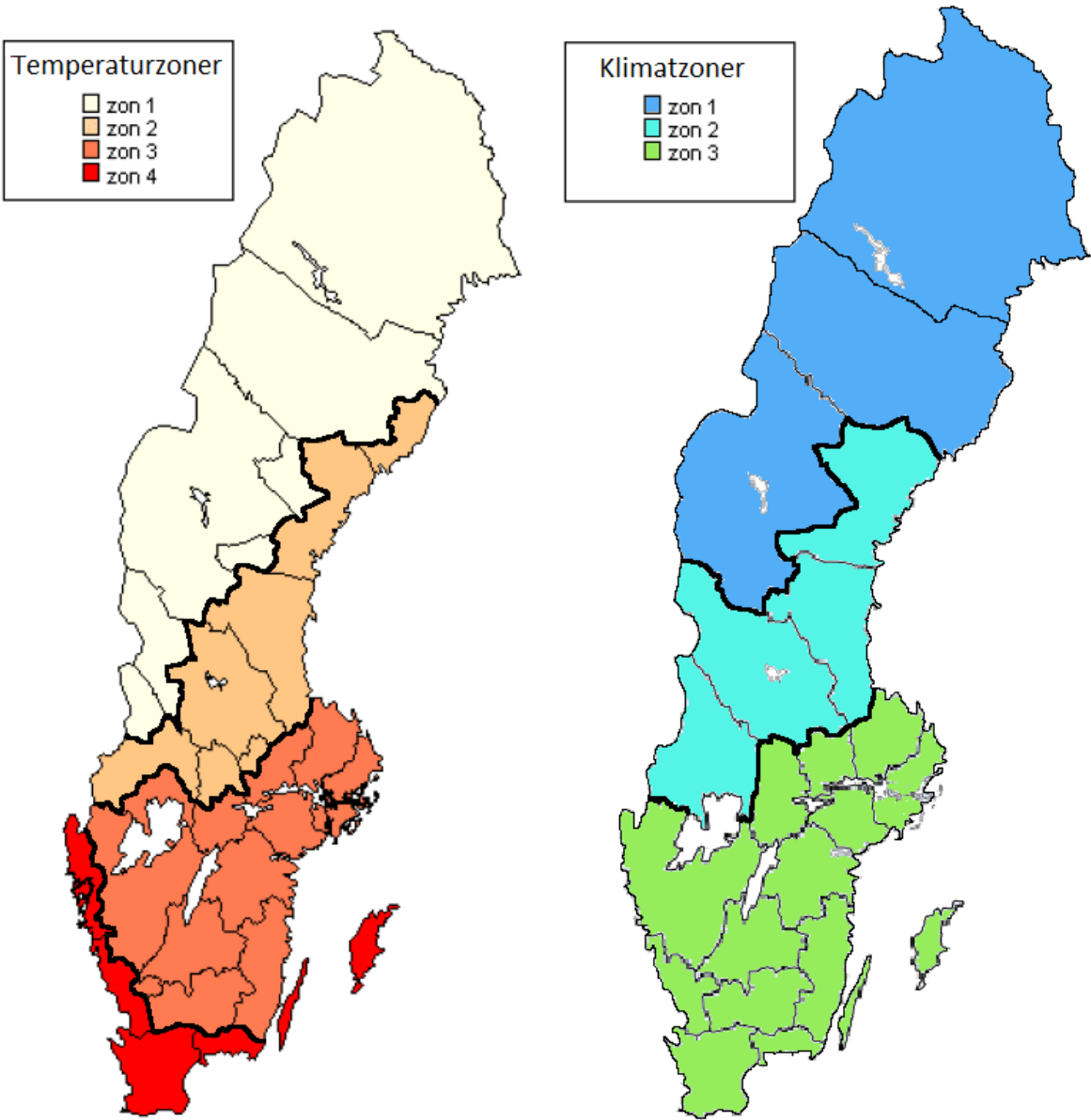
- [17] Energideklarering av bostadsbyggnader, Delområde -Fastighetsel i flerbostadshus, ATON, januari 2007.
- [18] BETSI, Boverkets rikstäckande undersökning av byggnaders energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö.
- [19] Sandberg, E. (2009). *Energirelaterade godhetstal för flerbostadshus*.
- [20] Bebo (2010). *Teknikupphandling av värmeåtervinnningssystem i befintliga flerbostadshus, Bilaga B: Kravspecifikation*.
- [21] Energimyndighetens långtidsprognos 2010 ER 2011:03. Siffrorna från 2007 års nivå uppräknat till 2010 års nivå med KPI. Kostnaderna är tagna för 2020.
- [22] Nils Holgersson, [www.nilsholgersson.nu](http://www.nilsholgersson.nu).
- [23] BBR, 2008. Regelsamling för byggande. Boverkets byggregler BFS 1993:57 med ändringar, BFS 2008:20.
- [24] Aronsson S. (1996) *Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov*.



## 6 Definitioner och förkortningar

BVP	Bergvärmepump
FVP	Frånluftsvärmepump
LCC	Livscykelkostnad
LVVP	Luft-vattenvärmepump
NNE	Nära-nollenergi
SFP	Specifik fläkteffekt (summan av eleffekten för samtliga fläktar som ingår i ventilationssystemet dividerat med det största av tilluftsflödet och frånluftsflödet).
Elvärm� byggnad	Installerad eleffekt för uppvärmning överskrider $10 \text{ W/m}^2$ . Detta innefattar den eleffekt som maximalt kan upptas av de elektriska apparater för uppvärmning som behövs för att kunna upprätthålla avsett inomhusklimat, tappvarmvattenproduktion och ventilation när byggnadens maximala effektbehov föreligger.
Energiprestanda	Den energi som byggnaden använder för uppvärmning, varmvatten, fastighetsel, och komfortkyla per kvadratmeter ( $A_{\text{temp}}$ ) under ett normalår.
Fastighetsel	El för fastighetsdrift så att byggnadens installationer och gemensamma funktioner ska kunna drivas.
Flerbostadshus	Byggnad som till minst hälften innehåller utrymmen för bostadsändamål och som inrymmer tre eller flera bostadslägenheter.
$A_{\text{omsl}}$	Sammanlagd area för byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria eller mot mark.
$A_{\text{temp}}$	Den golvarea i temperaturreglerade utrymmen som är avsedd att värmas till mer än $10 \text{ }^\circ\text{C}$ och som är begränsad av omslutande väggars insidor.
BOA	Lägenheternas golvarea, avgränsad av omslutande väggars insidor.

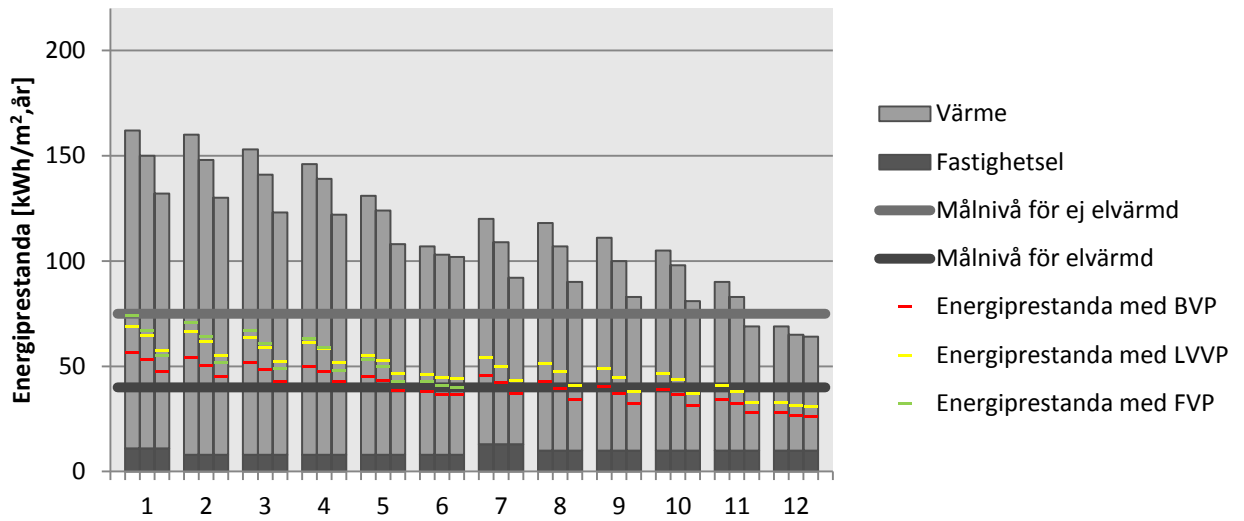
**Bilaga A: Temperatur- resp. klimatzoner i Sverige**



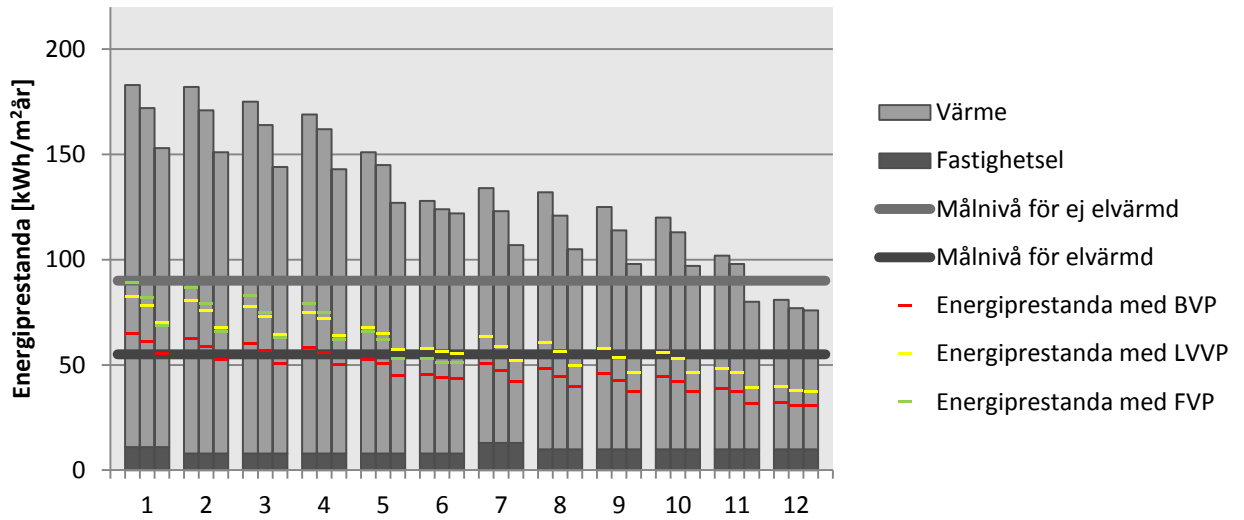
**Figur A.1** Sveriges indelning i temperatur- resp. klimatzoner

## **Bilaga B: Resultat av energiprestanda**

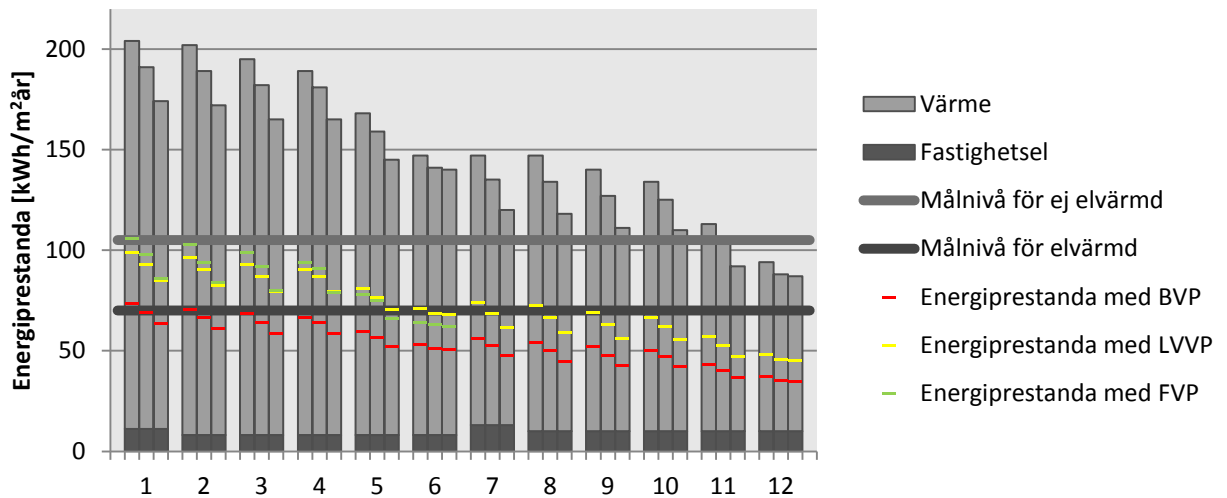
Byggnadernas beräknade energiprestanda redovisas i figur B.1 – B.12. Siffrorna längs x-axlarna motsvarar de olika paketen av energieffektiviseringsåtgärder. De tre olika staplarna vid varje åtgärds paket representerar de tre olika intervallen av byggår.



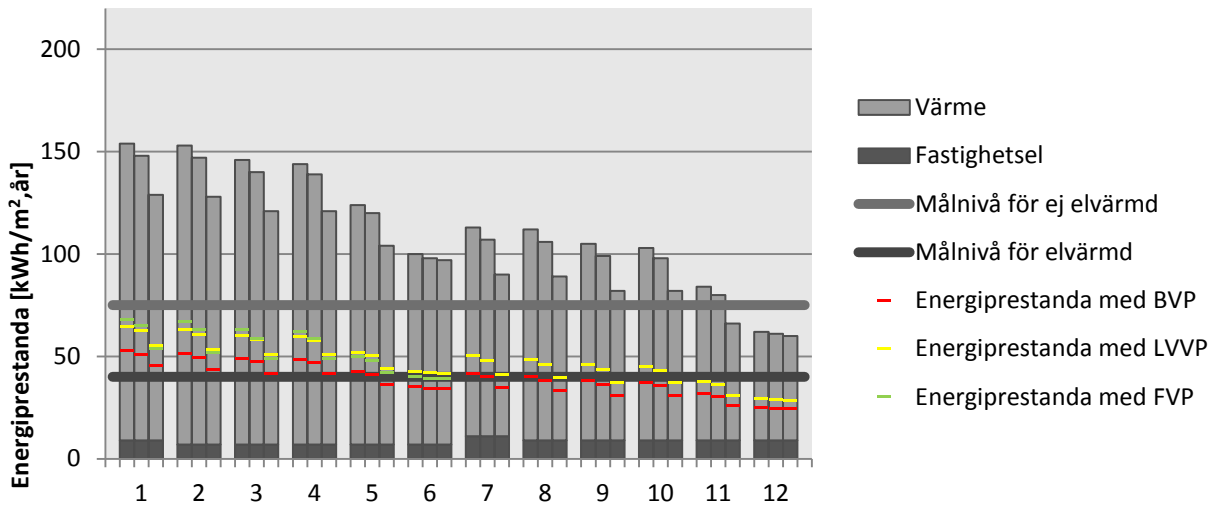
Figur B.1 Lamellhus i klimatzon 3



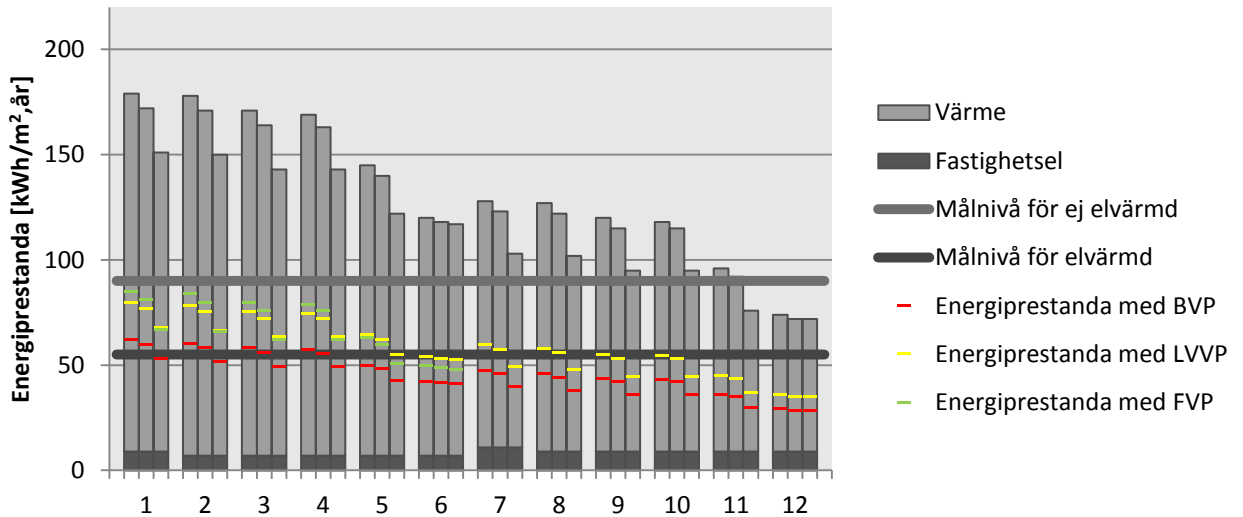
Figur B.2 Lamellhus i klimatzon 2



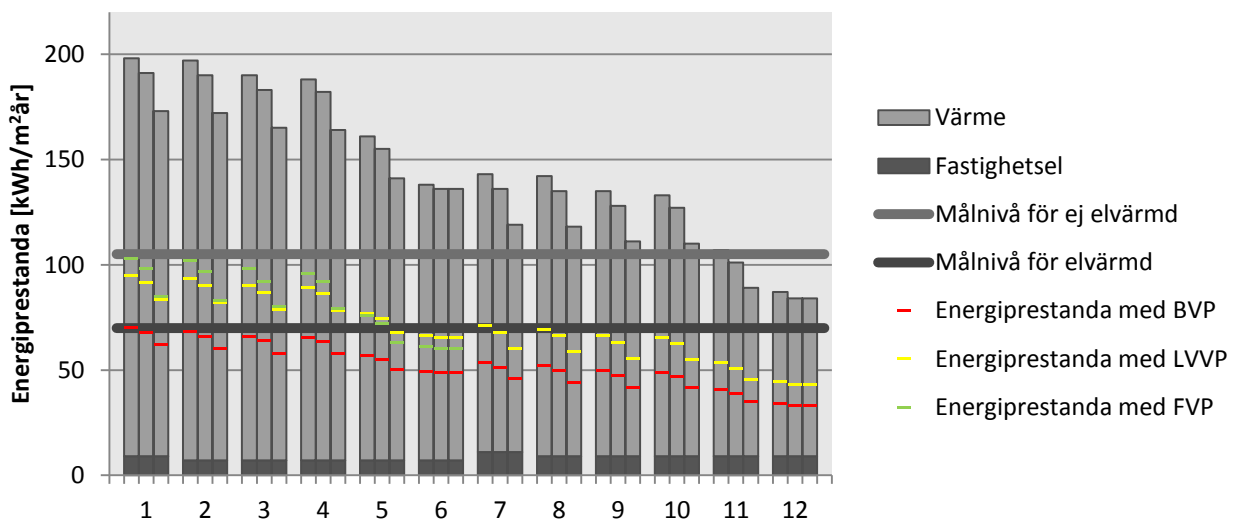
Figur B.3 Lamellhus i klimatzon 1



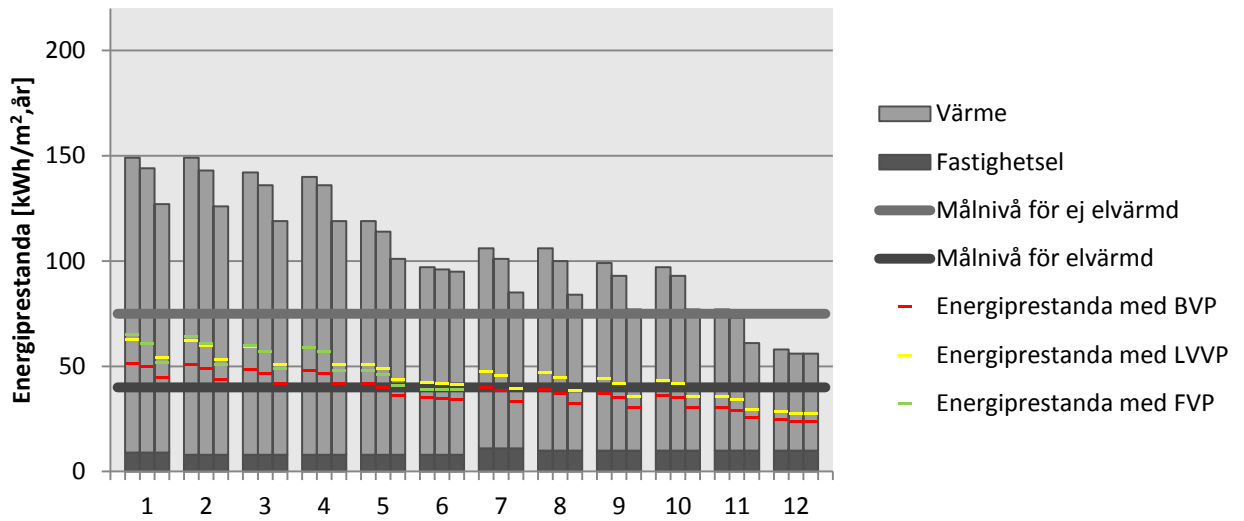
Figur B.4 Punkthus i klimatzon 3



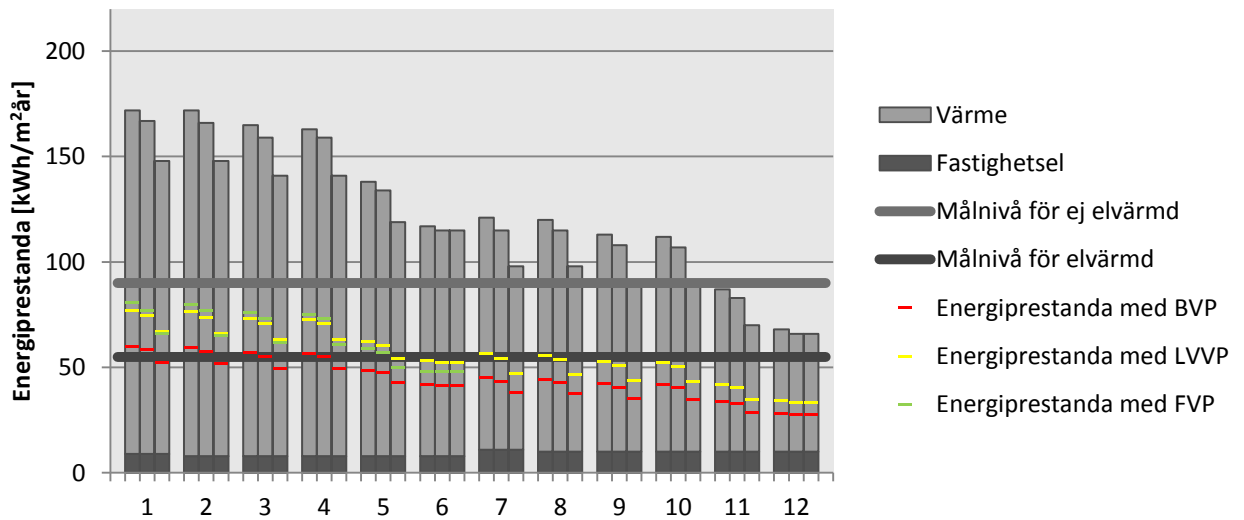
Figur B.5 Punkthus i klimatzon 2



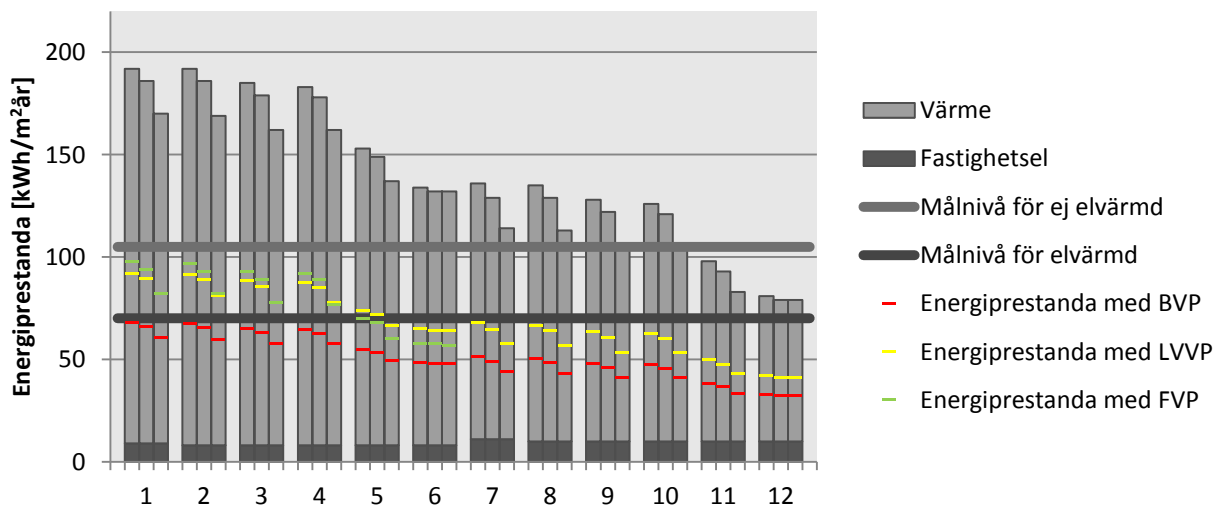
Figur B.6 Punkthus i klimatzon 1



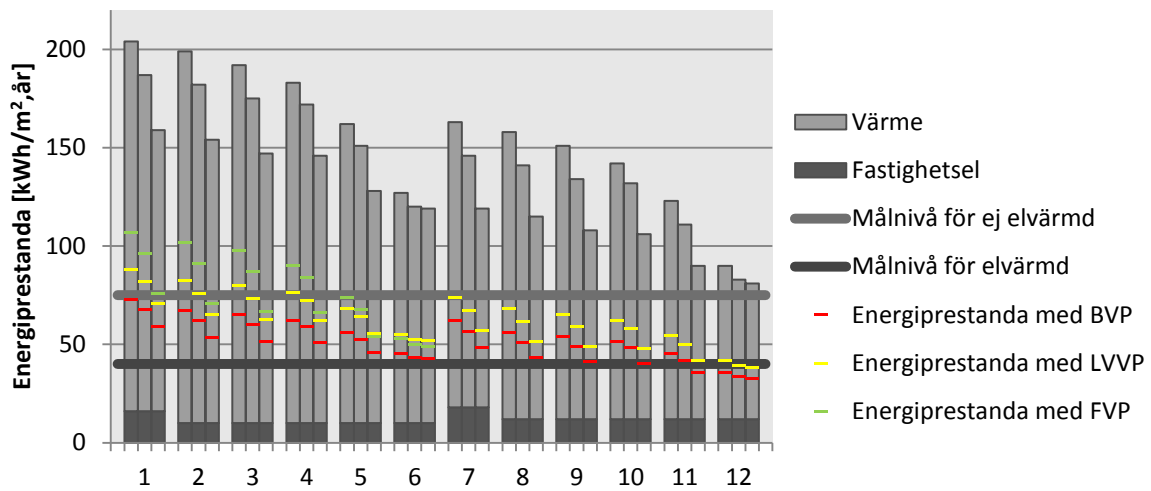
Figur B.7 Skivhus i klimatzon 3



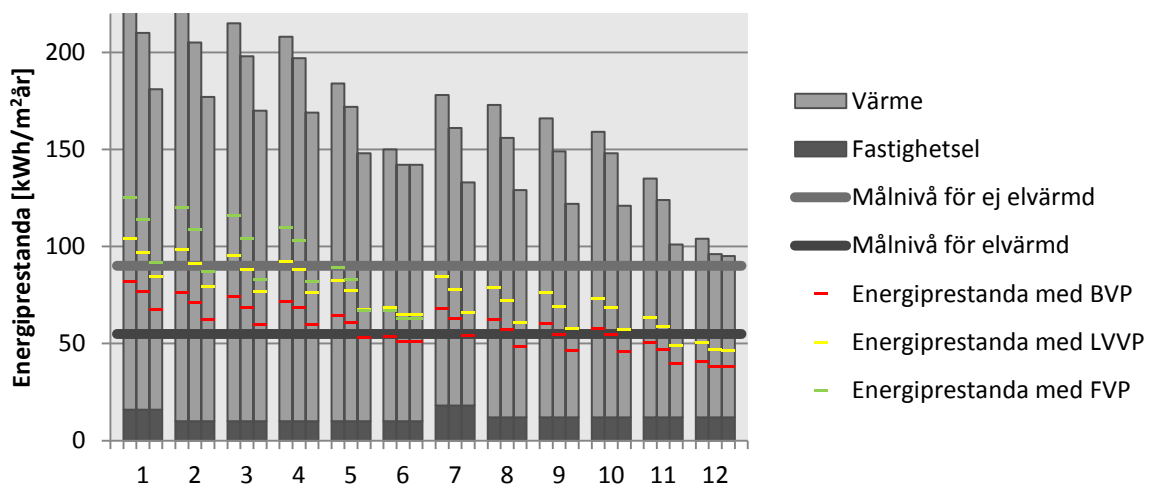
Figur B.8 Skivhus i klimatzon 2



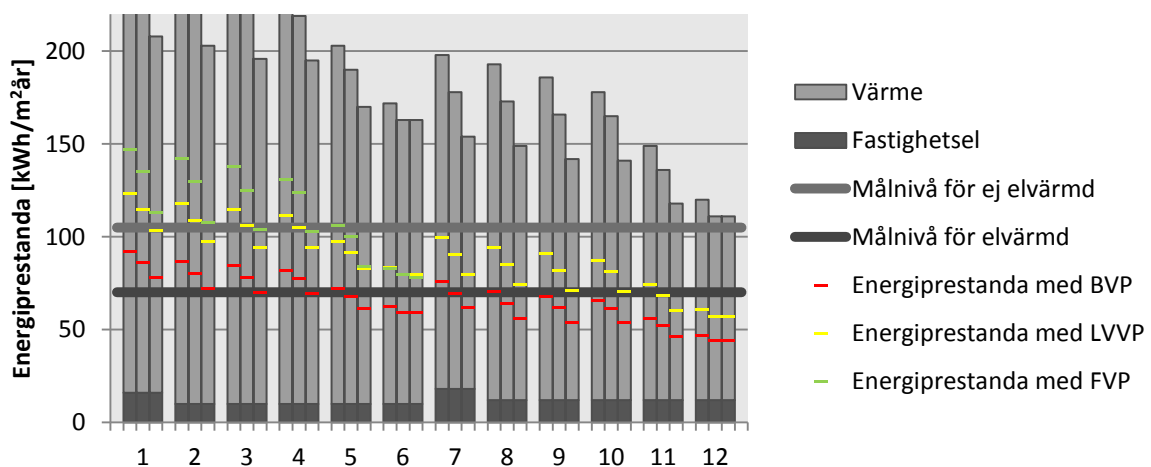
Figur B.9 Skivhus i klimatzon 1



**Figur B.10** Litet flerbostadshus i klimatzon 3



**Figur B.11** Litet flerbostadshus i klimatzon 2 (observera energibehov som överskrider diagramytan)



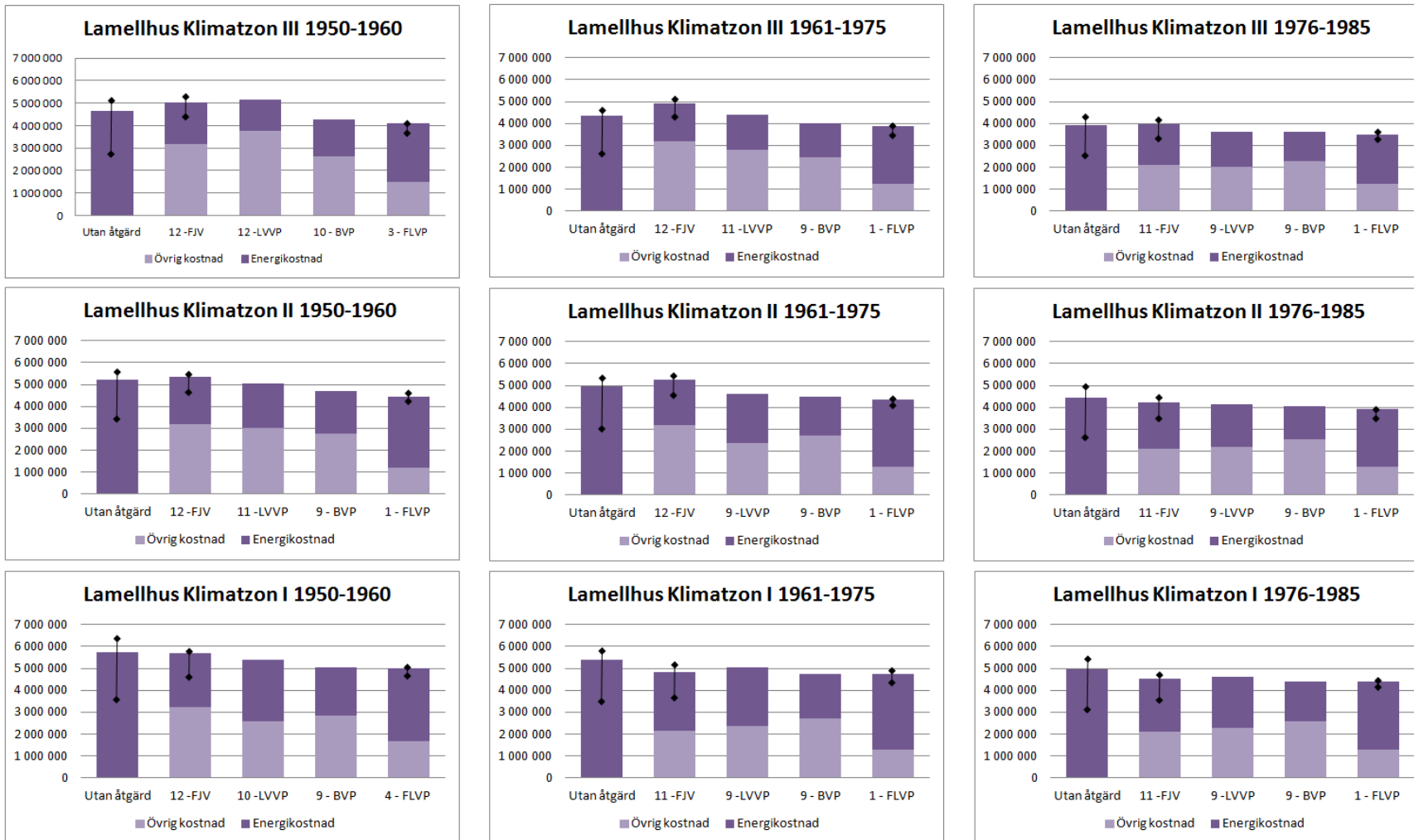
**Figur B.12** Litet flerbostadshus i klimatzon 1 (observera energibehov som överskrider diagramytan)

### **Bilaga C: LCC-resultat grundfall**

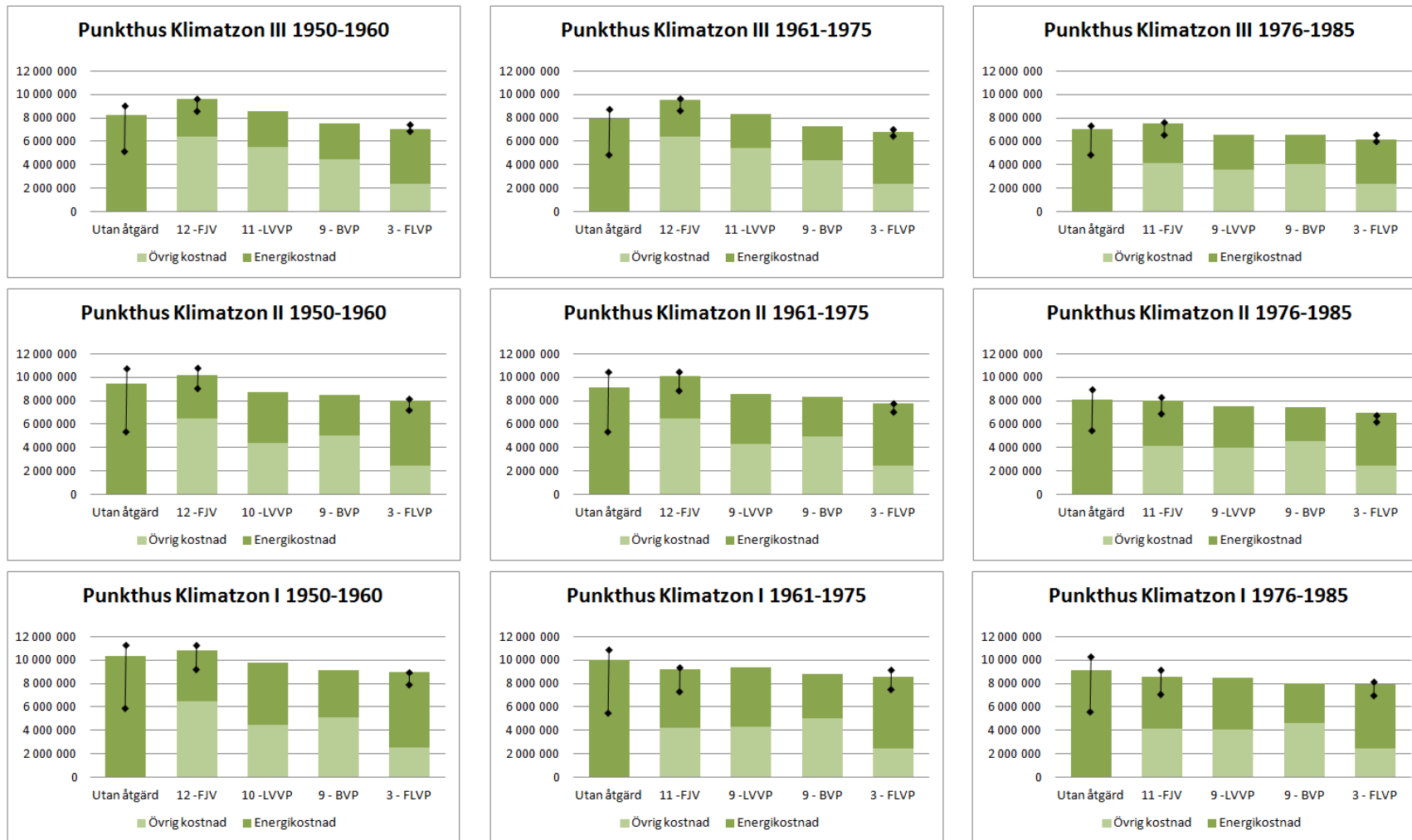
Lönsamhetsberäkningar- Nuvärden

Svart markering visar resultat för lägsta och högsta fjärrvärmepriser 2010 i Sverige.

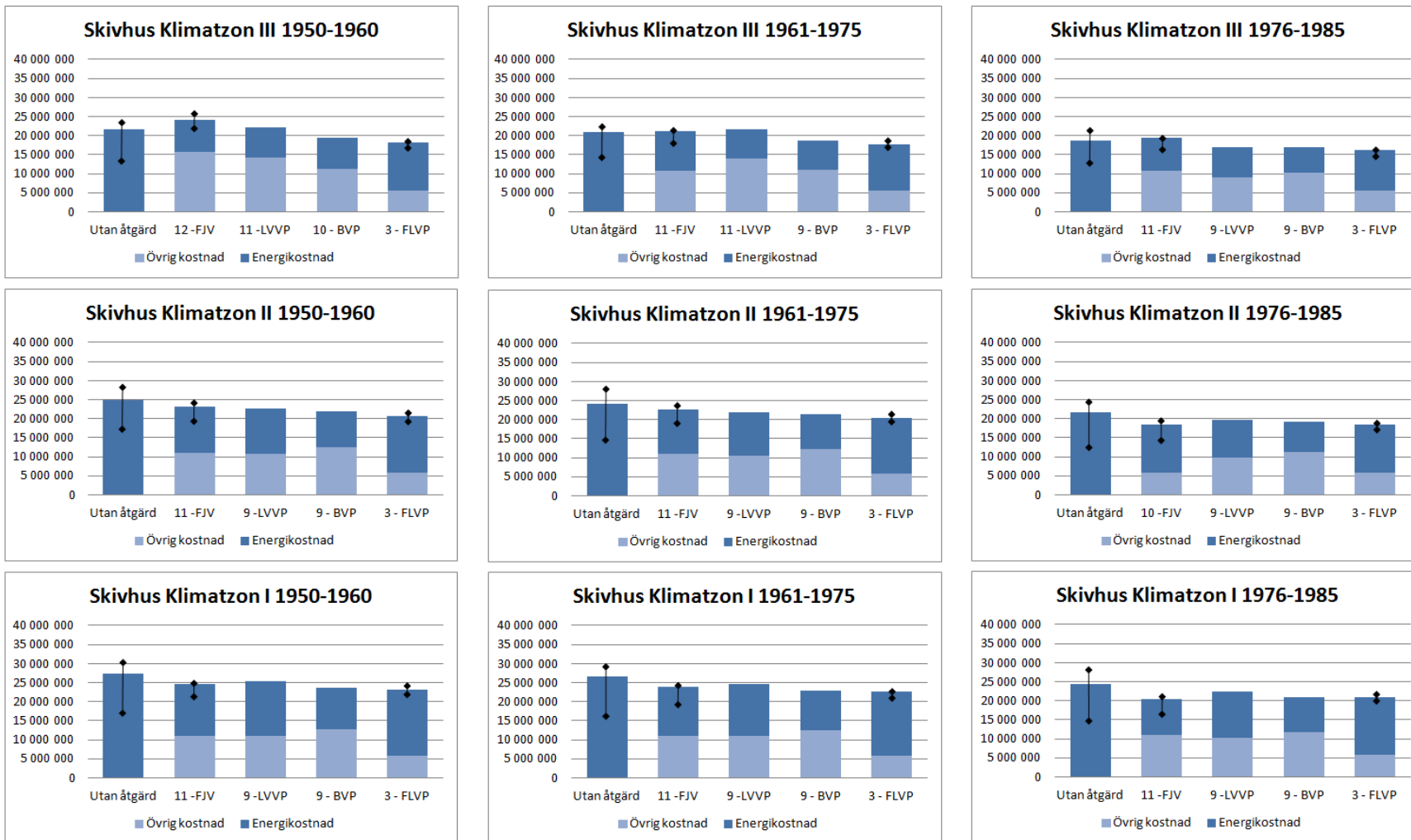




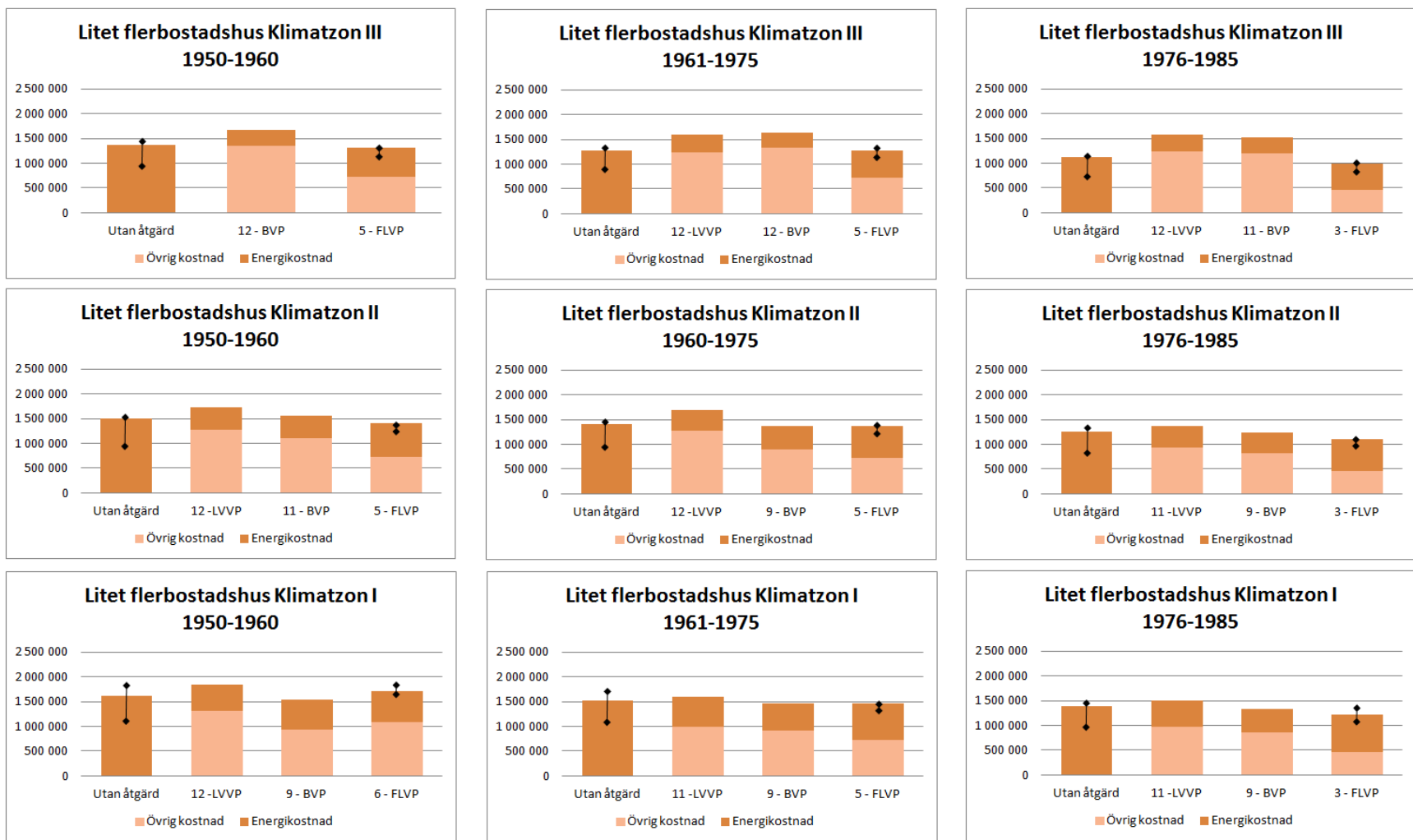
Figur C. 1 Lamellhus i Grundfall



Figur C. 2 Punkthus i Grundfall



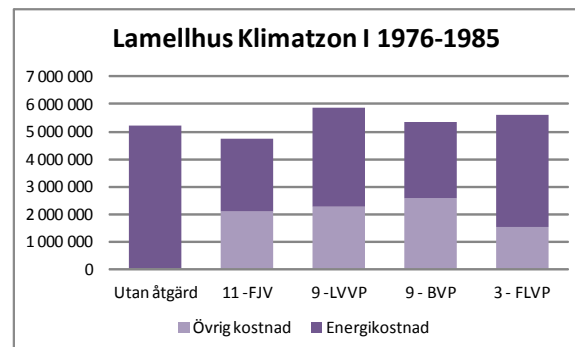
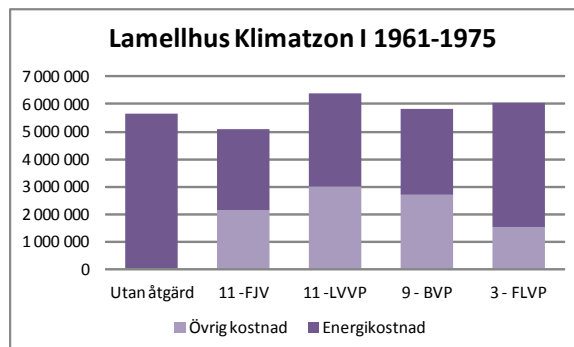
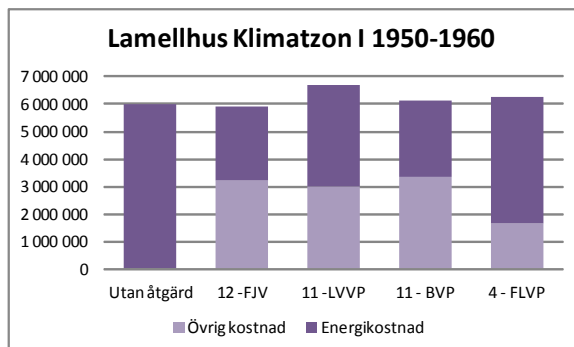
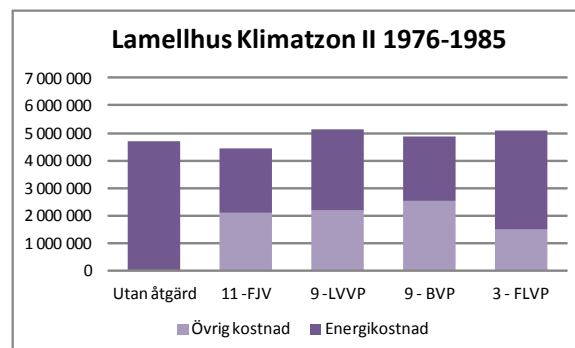
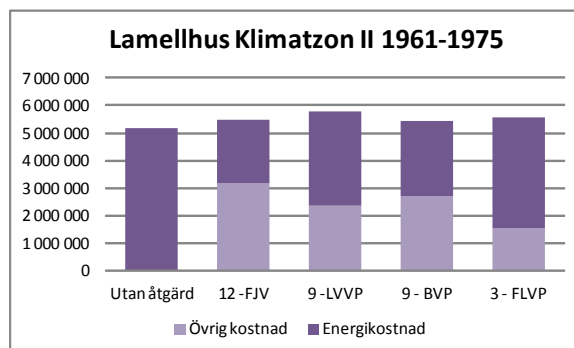
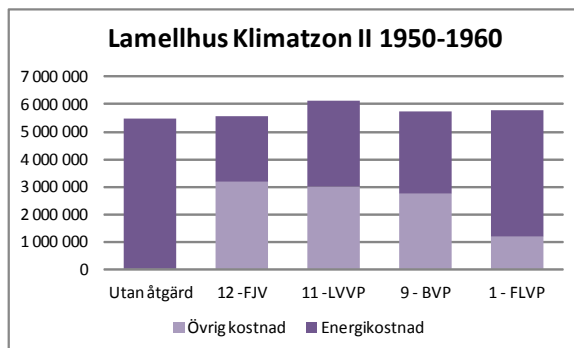
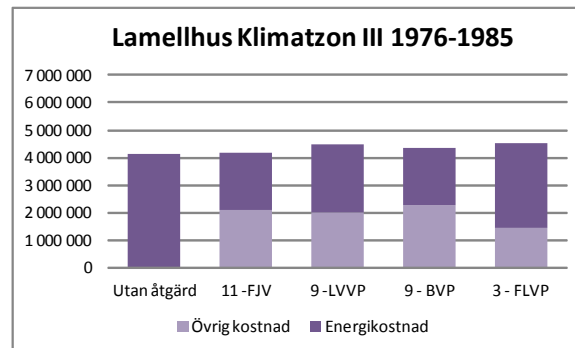
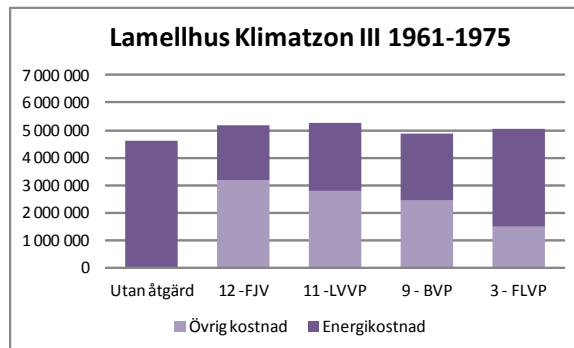
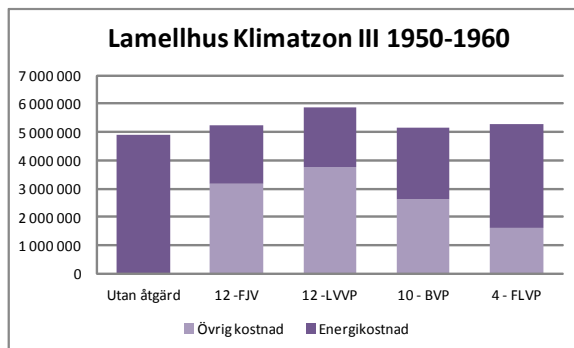
Figur C. 3 Skivhus i Grundfall



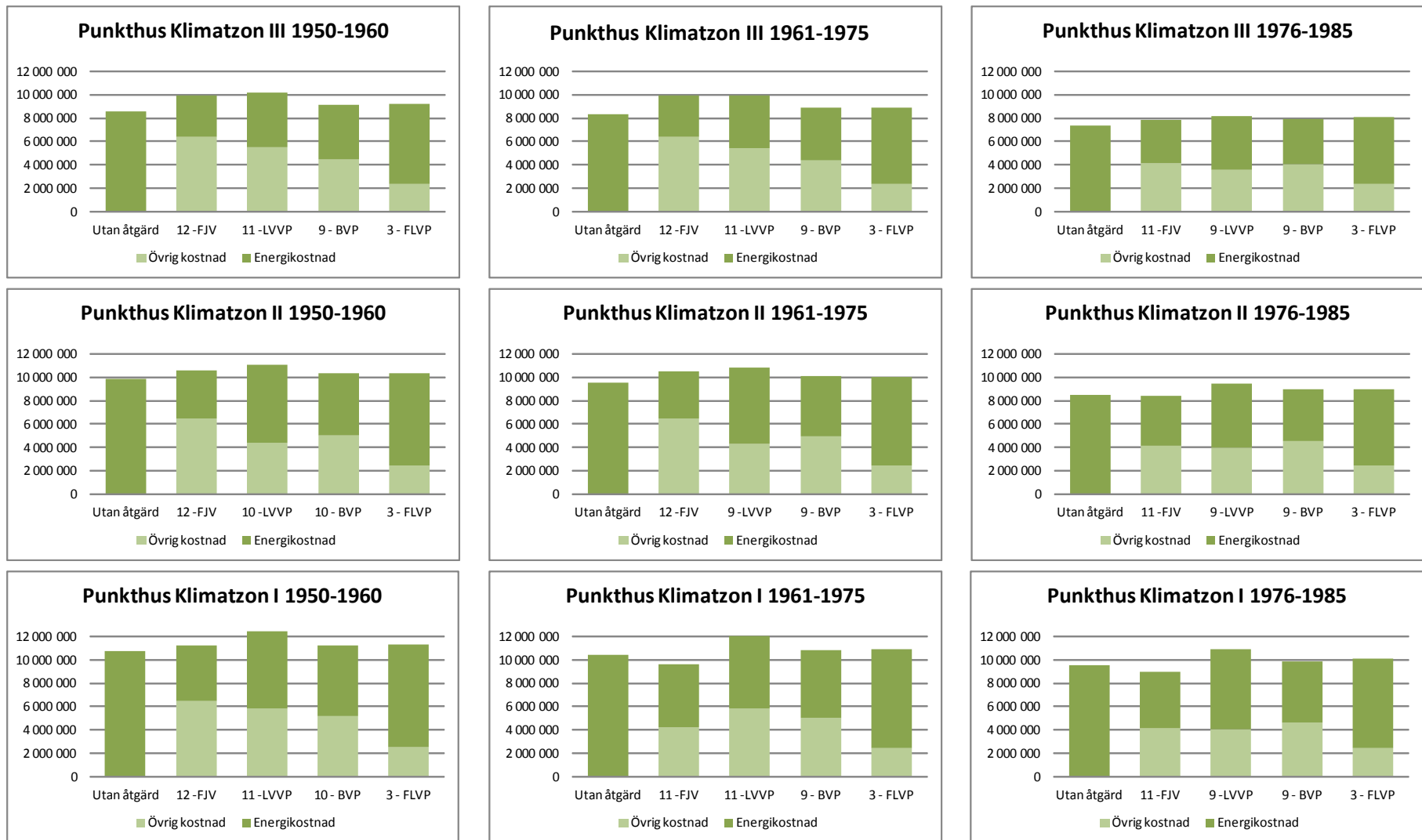
Figur C. 4 Litet flerbostadshus i Grundfall

**Bilaga D: LCC-resultat fall 1**  
Lönsamhetsberäkningar- Nuvärden

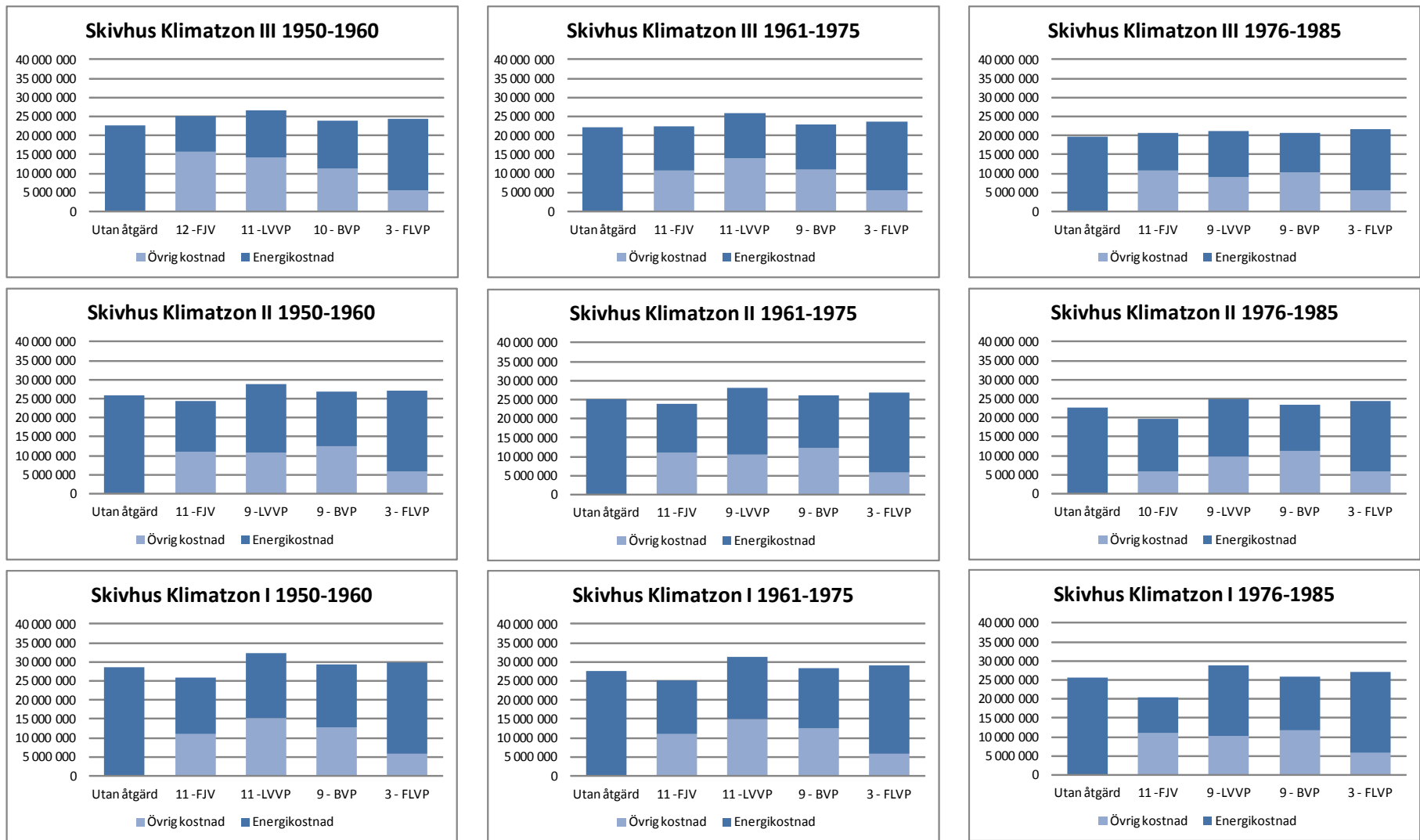
Känslighetsanalys Fall 1  
Elprisökning på 3 %



Figur D. 1 Lamellhus Fall 1 (elprisökning på 3 %)

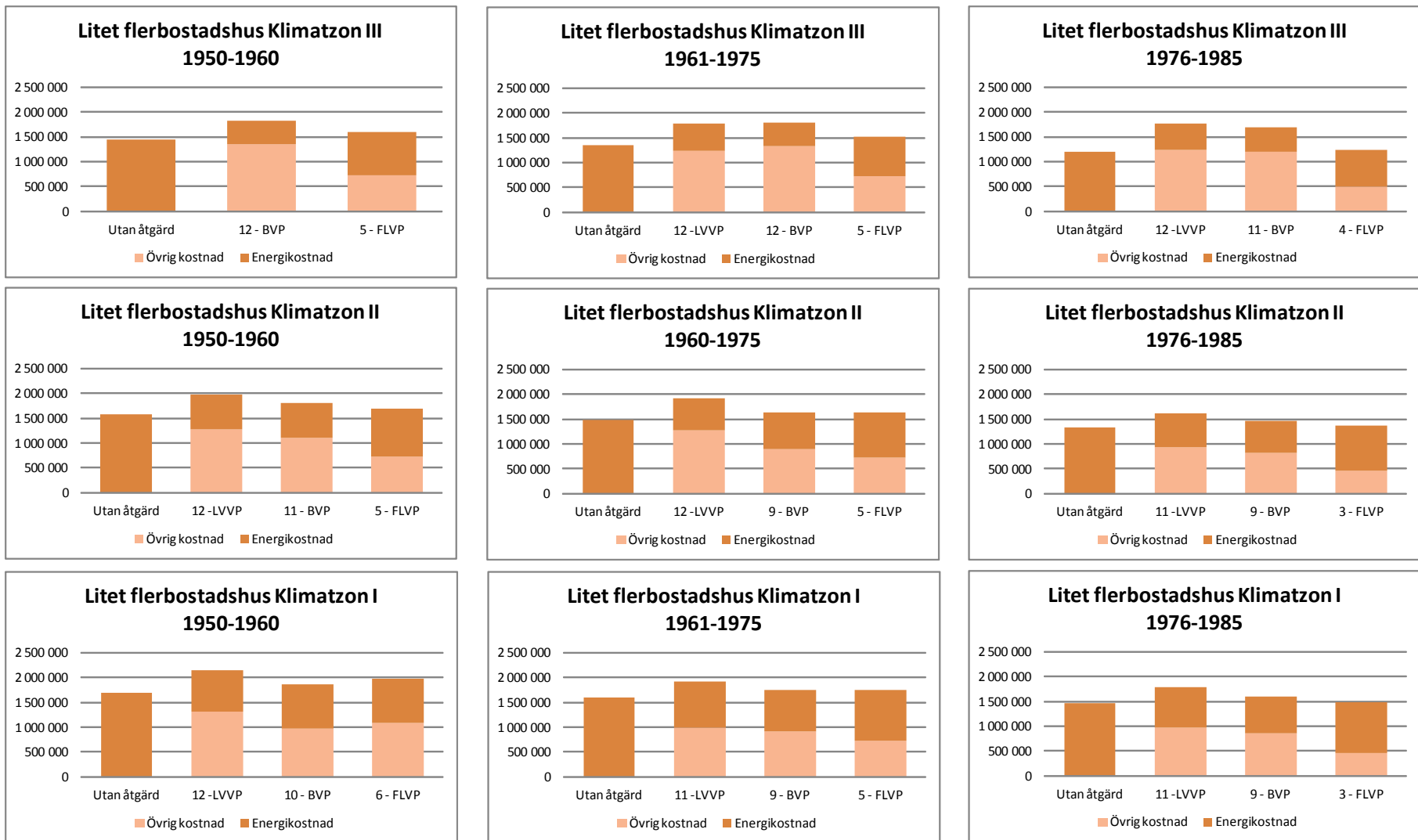


Figur D. 2 Punkthus Fall 1 (elprisökning på 3 %)



Figur D. 3 Skivhus Fall 1 (elprisökning på 3 %)





Figur D. 4 Litet flerbostadshus Fall 1 (elprisökning på 3 %)

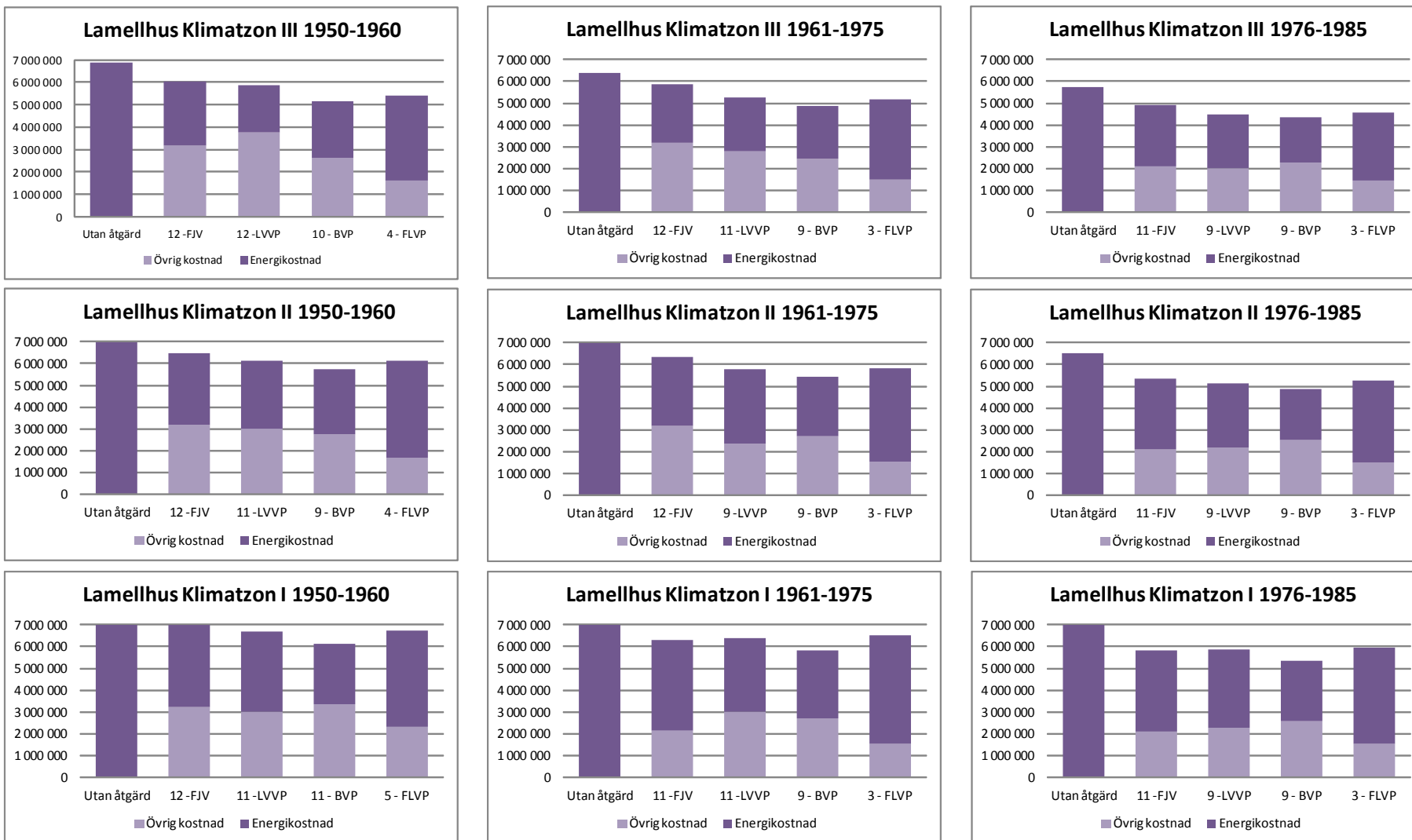
## **Bilaga E: LCC-resultat fall 2**

Lönsamhetsberäkningar- Nuvärden

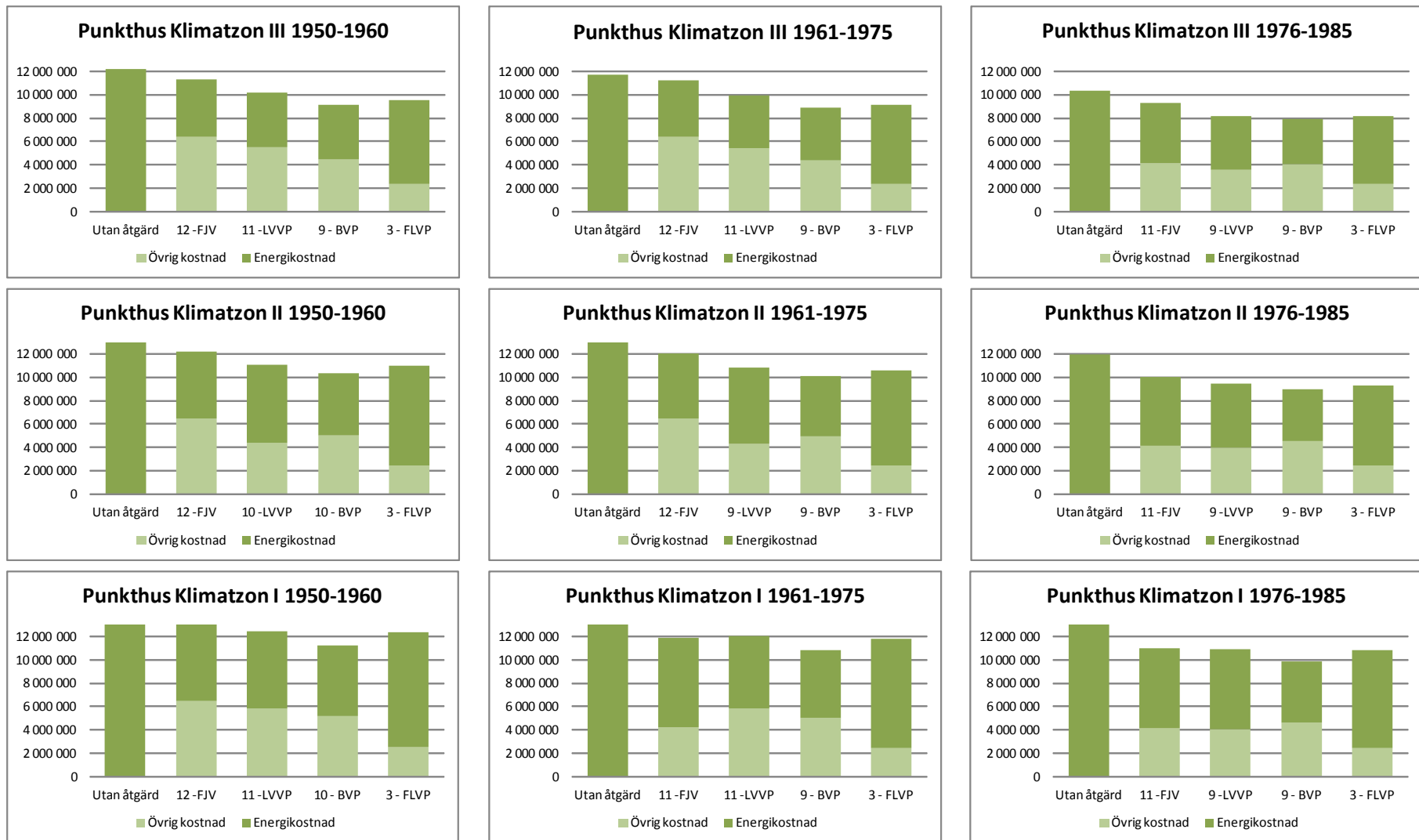
Känslighetsanalys Fall 2

Elprisökning på 3 %

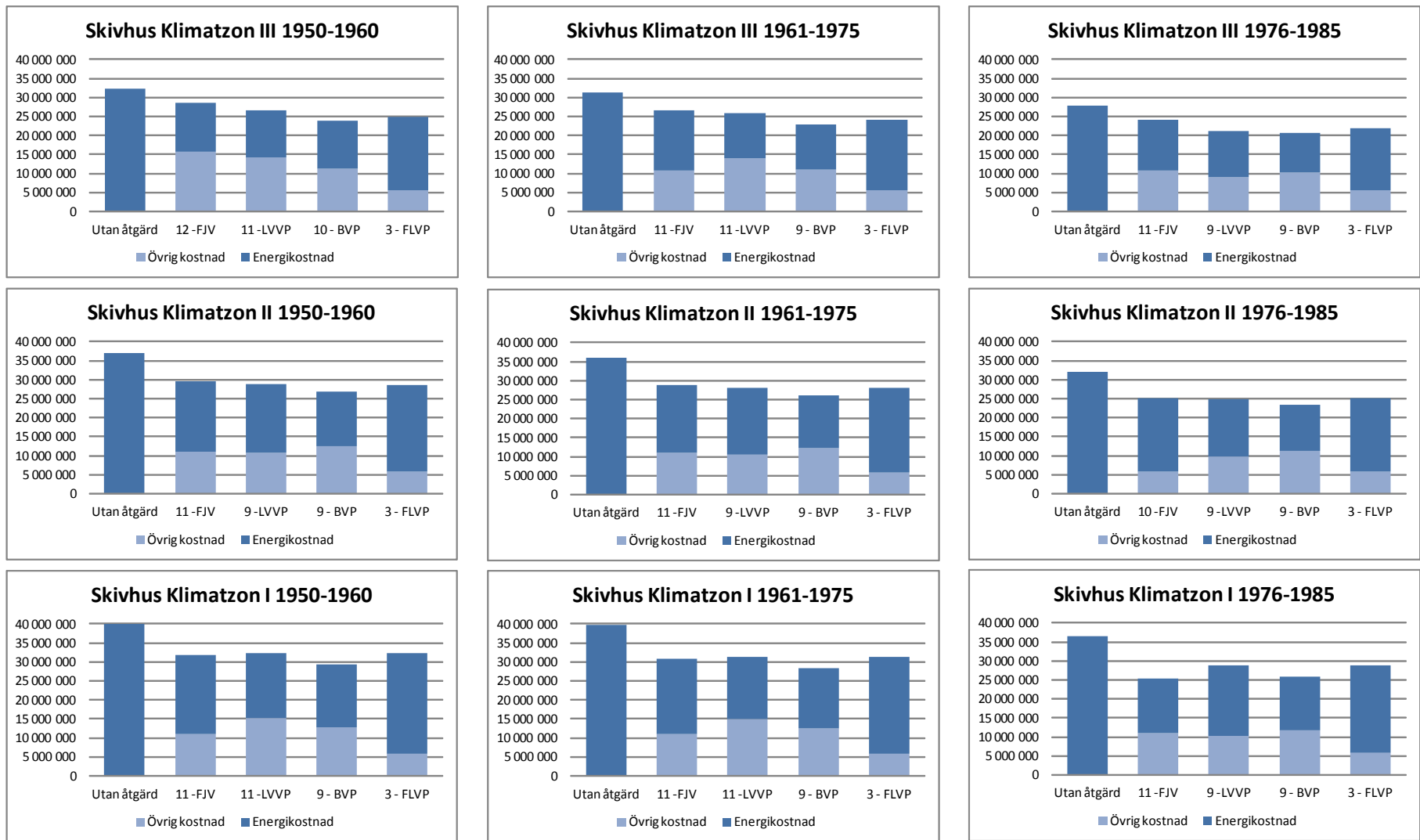
Fjärrvärmeprisökning på 3 %



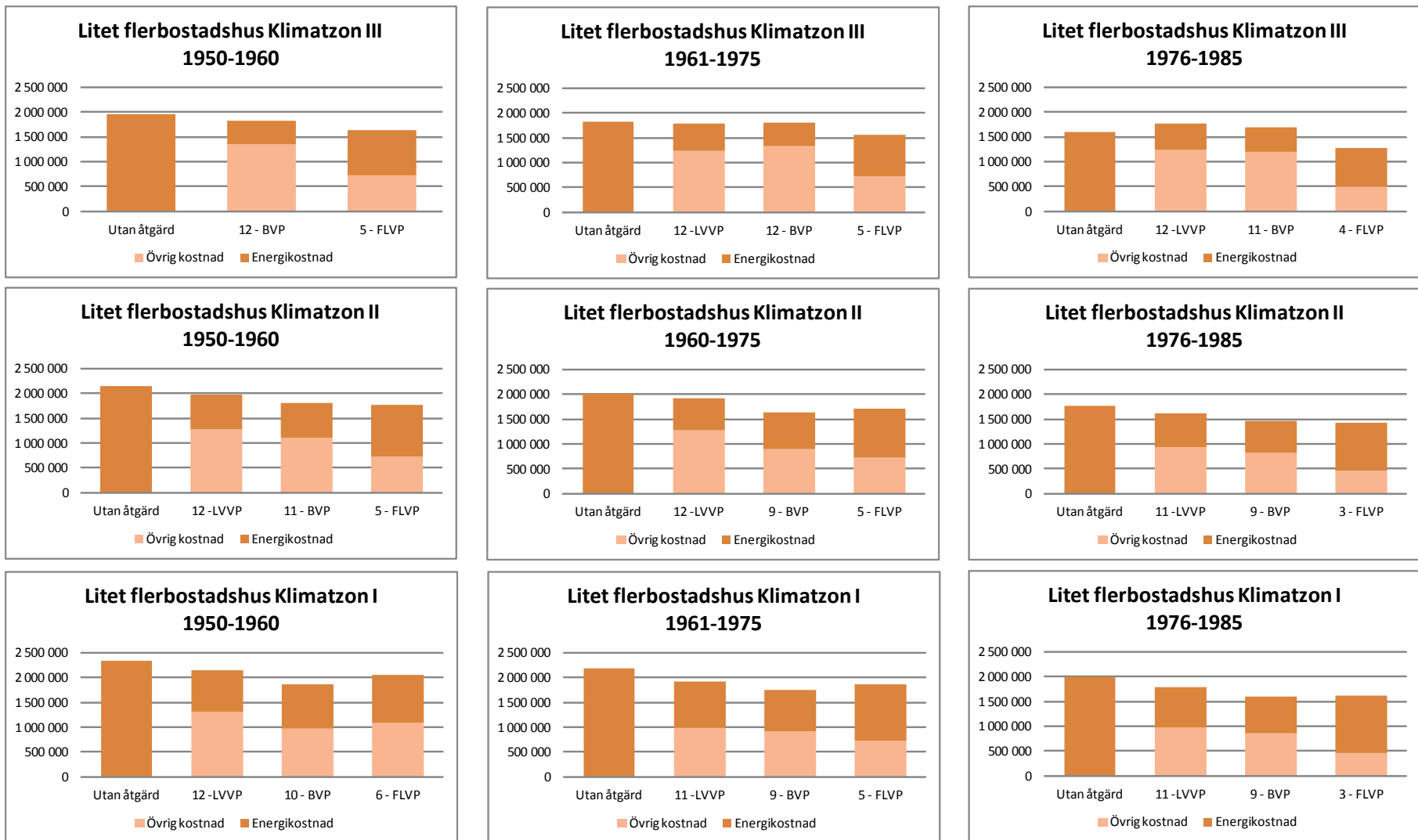
Figur E. 1 Lamellhus Fall 2 (el- och fjärrvärmeprisökning 3 %)



Figur E. 2 Punkthus Fall 2 (el- och fjärrvärmeprisökning 3 %)



Figur E. 3 Skivhus Fall 2 (el- och fjärrvärmeprisökning 3 %)



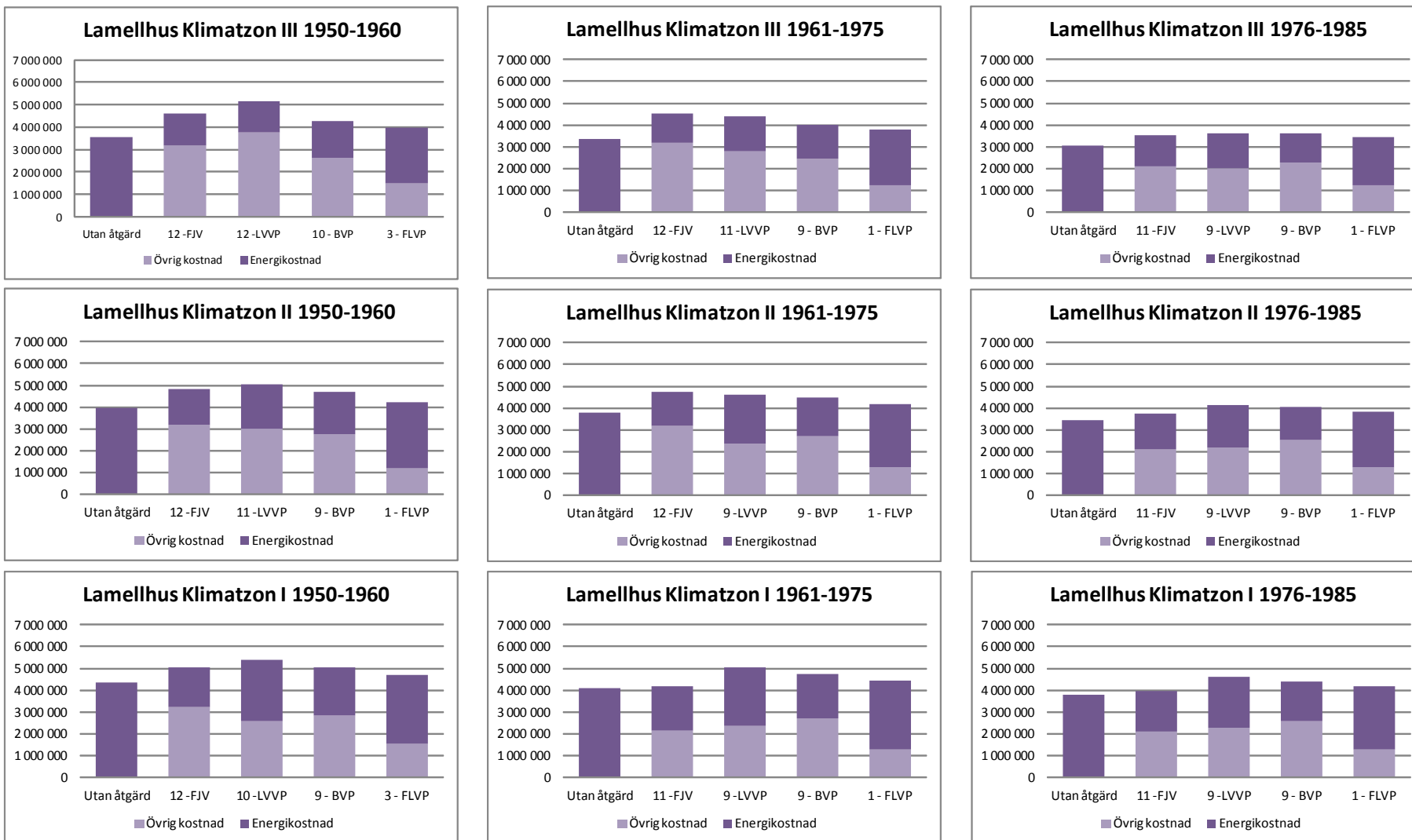
Figur E. 4 Litet flerbostadshus Fall 2 (el- och fjärrvärmepreisökning 3 %)

## **Bilaga F: LCC-resultat fall 3**

Lösamhetsberäkningar- Nuvärden

Känslighetsanalys Fall 3

Fjärrvärmepreisminskning på 3 %

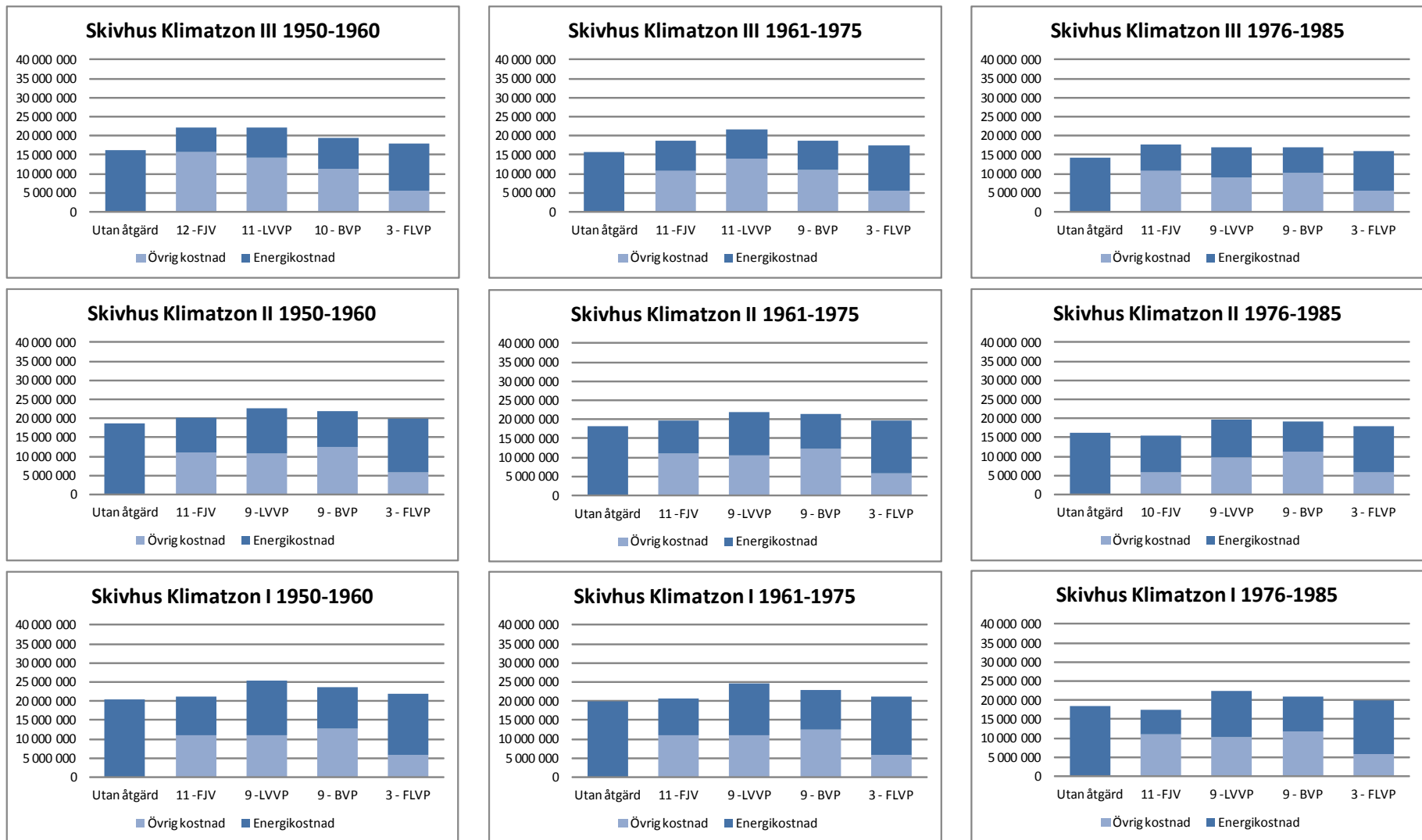


Figur F. 1 Lamellhus Fall 3 (fjärrvärmepreisminskning 3 %)

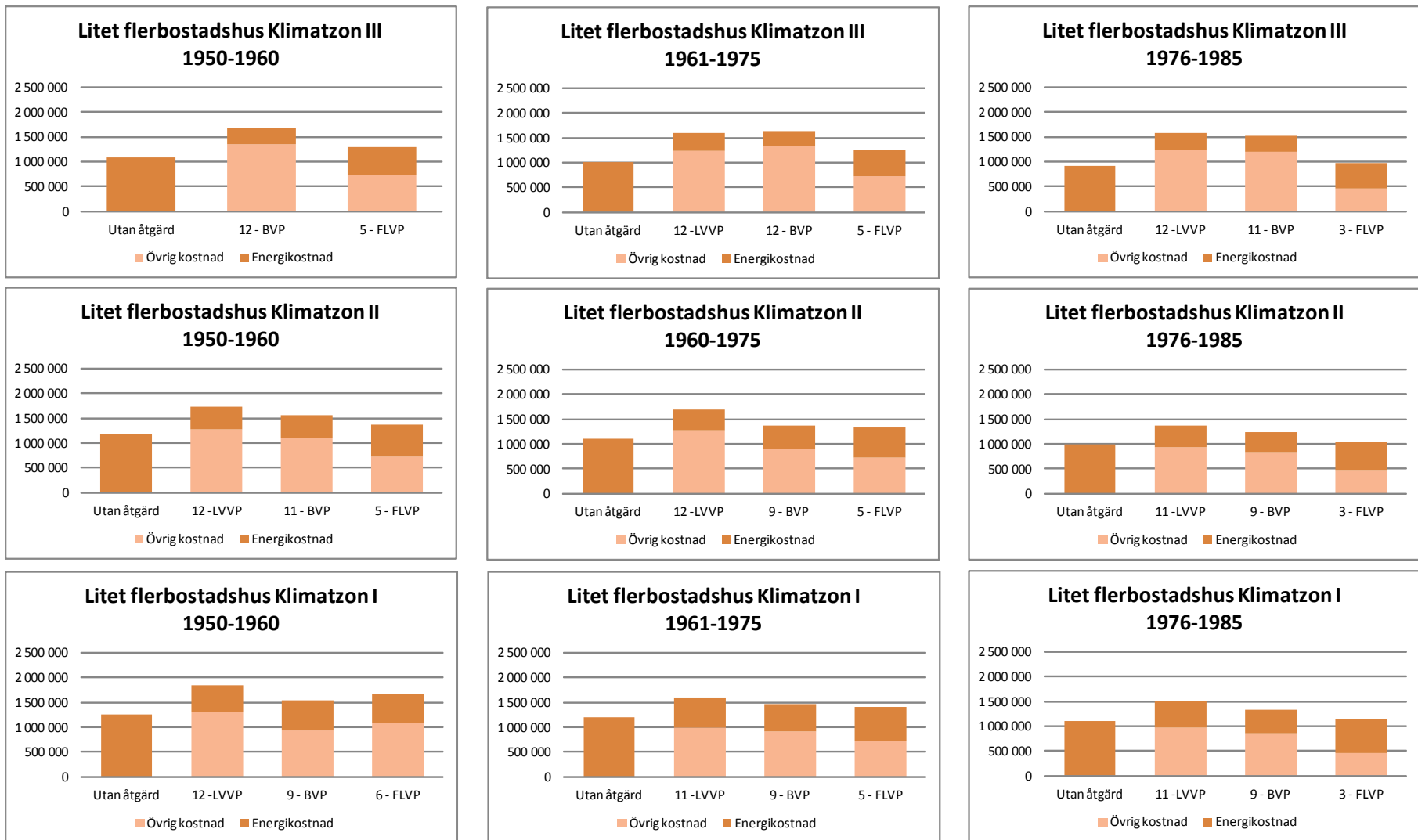




Figur F. 2 Punkthus Fall 3 (fjärrvärmeprisminskning 3 %)



Figur F. 3 Skivhus Fall 3 (fjärrvärmepriisminskning 3 %)



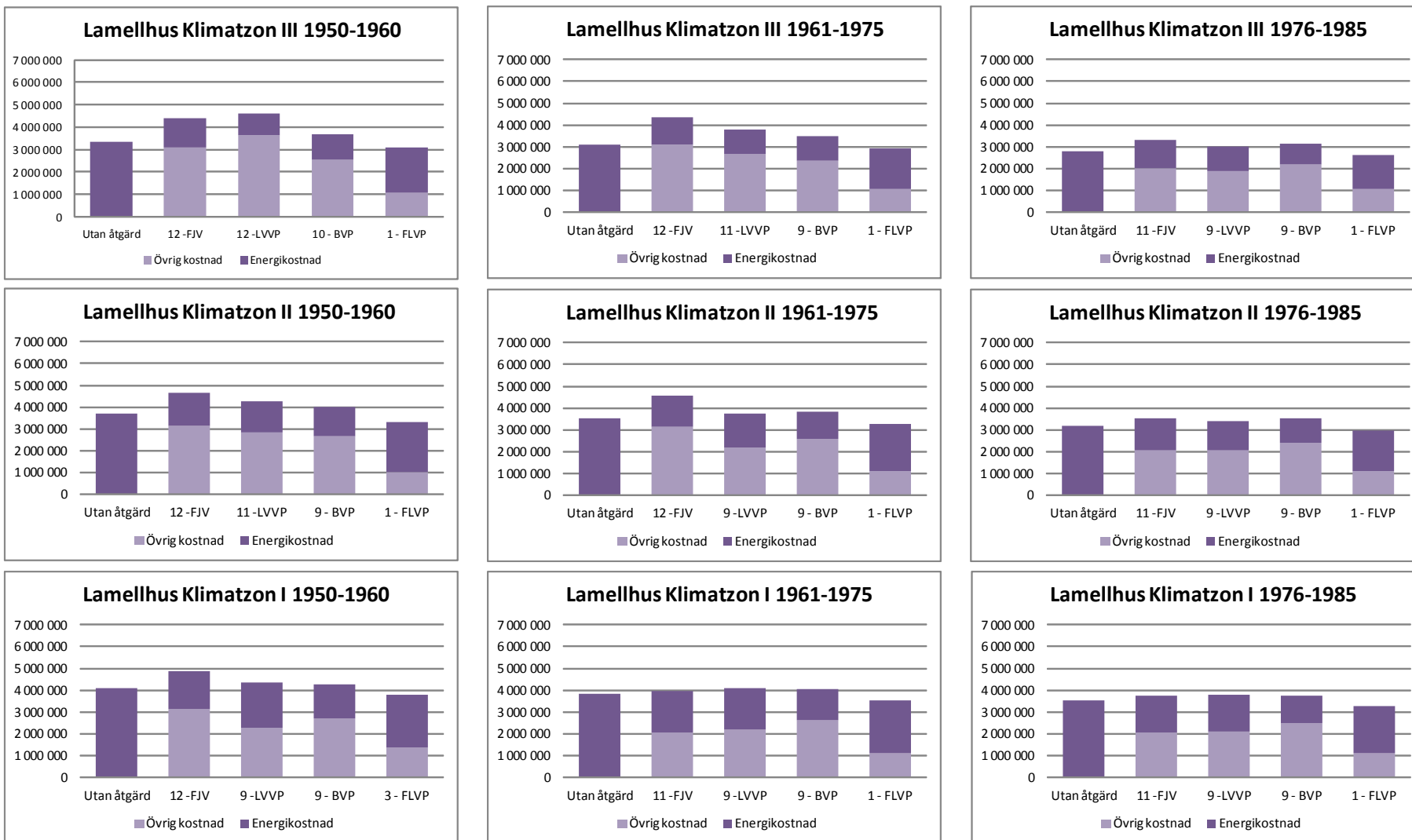
Figur F. 4 Litet flerbostadshus Fall 3 (fjärrvärmepreisminskning 3 %)

## **Bilaga G: LCC-resultat fall 4**

Lösamhetsberäkningar- Nuvärden

Känslighetsanalys Fall 4

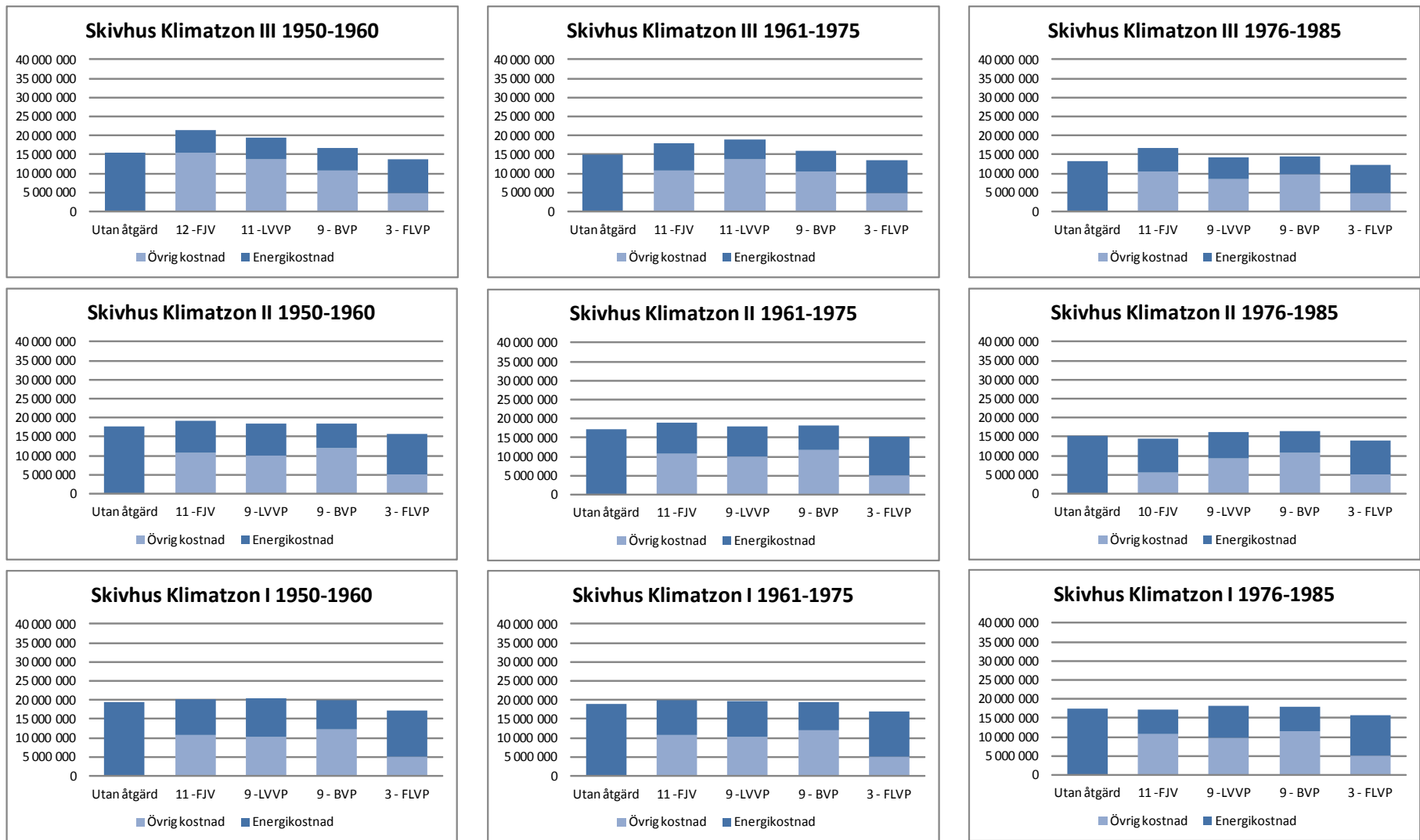
Kalkylräntan ändras från 3 % till 6 %



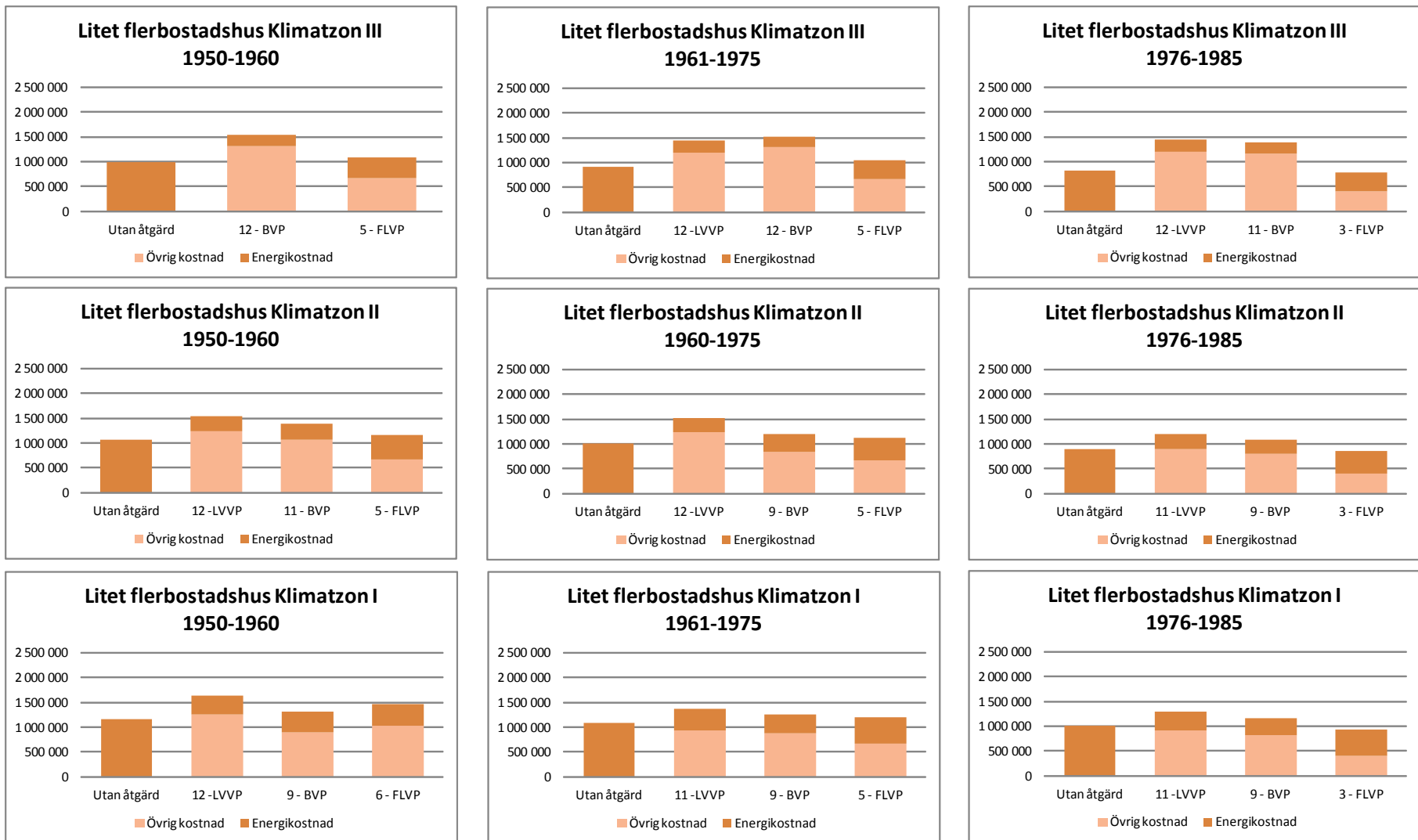
Figur G. 1 Lamellhus Fall 4 (kalkylränta ändras från 3 % till 6 %)



Figur G. 2 Punkthus Fall 4 (kalkylränta ändras från 3 % till 6 %)



Figur G. 3 Skivhus Fall 4 (kalkylränta ändras från 3 % till 6 %)



Figur G. 4 Litet flerbostadshus Fall 4 (kalkylränta ändras från 3 % till 6 %)



**Bilaga E: Livscykelkostnad grundfall**  
Lönsamhetsberäkningar- Nuvärden

Grundfall

**Tabell E.1** Livscykelkostnad för den kombination av åtgärdspaket som ger lägst LCC-kostnad för varje uppvärmningssystem i grundfallet

			Livscykelkostnad (Energikostnad + Övrig kostnad) kkr										
			Utan åtgärd		FJV			LVVP		BVP		FLVP	
			Totalt		Totalt	Åtgärd		Totalt	Åtgärd	Totalt	Åtgärd	Totalt	Åtgärd
Lamellhus	Klimatzon 3	1950-1960	4 668 120		5 031 242	12		5 133 687	12	4 264 217	10	4 083 778	1
		1961-1975	4 363 052		4 929 553	12		4 410 179	11	4 024 778	9	3 867 113	1
		1976-1985	3 907 609		3 945 398	11		3 617 099	9	3 632 219	9	3 485 758	1
	Klimatzon 2	1950-1960	5 218 175		5 349 259	12		5 038 561	11	4 705 647	9	4 430 117	1
		1961-1975	4 941 767		5 247 570	12		4 595 851	9	4 490 331	9	4 347 396	1
		1976-1985	4 453 348		4 234 755	11		4 122 001	9	4 064 496	9	3 933 065	1
	Klimatzon 1	1950-1960	5 738 015		5 674 353	12		5 371 116	10	5 029 364	9	4 992 263	3
		1961-1975	5 408 604		4 844 890	11		5 040 534	9	4 747 147	9	4 741 204	1
		1976-1985	4 977 504		4 535 506	11		4 621 684	9	4 389 066	9	4 395 834	1
Punkthus	Klimatzon 3	1950-1960	8 217 809		9 587 104	12		8 536 239	11	7 519 431	9	7 053 095	3
		1961-1975	7 923 894		9 540 852	12		8 359 786	11	7 306 883	9	6 783 312	3
		1976-1985	7 004 098		7 480 259	11		6 565 596	9	6 561 020	9	6 143 040	3
	Klimatzon 2	1950-1960	9 456 122		10 191 336	12		8 764 065	10	8 499 986	9	8 023 951	3
		1961-1975	9 115 955		10 098 832	12		8 544 957	9	8 308 004	9	7 788 354	3
		1976-1985	8 095 455		7 983 785	11		7 558 424	9	7 407 484	9	6 920 687	3
	Klimatzon 1	1950-1960	10 351 314		10 809 015	12		9 750 027	10	9 111 804	9	8 941 264	3
		1961-1975	10 011 147		9 189 294	11		9 395 950	9	8 797 575	9	8 578 976	3
		1976-1985	9 137 604		8 601 465	11		8 510 869	9	8 024 978	9	7 914 573	3
Skivhus	Klimatzon 3	1950-1960	21 628 802		24 016 982	12		22 248 752	11	19 504 086	10	18 196 990	3
		1961-1975	20 961 811		21 176 292	11		21 757 261	11	18 777 655	9	17 692 436	3
		1976-1985	18 680 334		19 538 964	11		17 011 141	9	16 952 699	9	16 189 538	3
	Klimatzon 2	1950-1960	24 820 317		23 116 967	11		22 614 598	9	21 831 370	9	20 772 363	3
		1961-1975	24 153 325		22 578 805	11		22 001 029	9	21 296 628	9	20 363 031	3
		1976-1985	21 591 346		18 434 929	10		19 680 019	9	19 183 047	9	18 450 801	3
	Klimatzon 1	1950-1960	27 442 596		24 556 936	11		25 309 954	9	23 517 448	9	23 198 597	3
		1961-1975	26 646 775		23 889 945	11		24 552 109	9	22 899 138	9	22 565 213	3
		1976-1985	24 494 128		20 292 604	11		22 335 460	9	21 004 097	9	20 866 270	3
Litet flerbostadshus	Klimatzon 3	1950-1960	1 366 187						1 664 077	12	1 319 825	5	
		1961-1975	1 276 563				1 590 586	12	1 637 890	12	1 272 226	5	
		1976-1985	1 127 080				1 583 748	12	1 517 309	11	990 923	3	
	Klimatzon 2	1950-1960	1 492 829				1 729 385	12	1 557 164	11	1 412 221	5	
		1961-1975	1 403 205				1 693 925	12	1 374 941	9	1 372 179	5	
		1976-1985	1 247 703				1 375 681	11	1 241 307	9	1 095 988	3	
	Klimatzon 1	1950-1960	1 623 350				1 848 326	12	1 544 625	9	1 713 191	6	
		1961-1975	1 522 595				1 599 519	11	1 457 956	9	1 464 675	5	
		1976-1985	1 389 355				1 497 653	11	1 337 834	9	1 214 525	3	