

# **Jämförelse & utvärdering frånluftsvärmepumpar**

**Uppföljning och årsredovisning**

**Max Green & Oskar Jacobsson**

**2014-06-16**

## **Sammanfattning**

Denna studie syftar till att bedöma lönsamhet av frånluftsvärmepumpinvesteringar i två flerbostadshus i Växjö. Resultaten visade att båda dessa frånluftsvärmepumpar är lönsamma i jämförelse med fjärrvärmeanvändning. På Södra järnvägsgränd i Växjö har en årlig kostnadsbesparing på 53000kr noterats, fasta kostnader inräknade.

## 1.1 Inledning

Denna tekniska rapport är beställd av Anders Jansson på Växjöbostäder (fd. VäxjöHem & Hyresbostäder) . Projektledare var Per Wickman (Energirevisor ERW AB). Leverantörerna Jan Magnusson (IV Produkt) och Bertil Forsman (Climate Solutions) har bistått med information, synpunkter och har haft möjlighet att granska rapportens innehåll. Arbetet har fortlöpt mellan augusti -13 och juni -14, och rapporten avses kunna användas som underlag vid framtida investeringar i- och analyser av frånluftsvärmepumpar.

För att ge ett noggrannare och mer rättvisande resultat till rapporten ”Jämförelse och utvärdering av frånluftsvärmepumpar” genomfördes en vidare uppföljning på Västergatan och Södra järnvägsgatans värmepumpar. Denna uppföljning avsåg ett driftår där data hämtad från alla månader över det gångna året (Maj 2013 – Maj 2014). De objekt som valdes för undersökningen var frånluftsvärmepumparna på Södra järnvägsgatan respektive Västergatan i Växjö, se systembeskrivning under kapitel 1.2 och 1.3. Eftersom båda objekten ligger i Växjö kunde klimatskillnader försummas vid inbördes jämförelse. Driftdata från de båda anläggningarna sammanställdes för att ge svar på följande punkter:

- Hur COP varierar under året, samt vilka årsmedel-COP anläggningarna uppvisat.
- Den ekonomiska och energimässiga besparingen per månad jämfört med om fastigheterna enbart försörjts av fjärrvärme.
- Hur det ekonomiska resultatet påverkas av kommande fjärrvärmepris gällande sommar- och vintertaxa. Ansatta värden användes.
- En marginalesberäkning för mängden koldioxid som släppts ut från värmepumpsanvändning jämfört med fjärrvärme.
- En översiktlig jämförelse mellan FTX och Frånluftsvärmepumpsystem har utförts på begäran.

Utöver detta utfördes en sensitivitetsanalys för att utreda hur ett varierande el- samt fjärrvärmepris hade påverkat det ekonomiska resultatet.

## 1.2 Västergatan

Fastigheten på Västergatan 21 i centrala Växjö är ett flerbostadshus avsett för student- och äldreboende. Fastigheten byggdes år 1968 under miljonprogrammet. Fastigheten är en nioplansbyggnad bestående av 44 lägenheter med en total tempererad yta på 3214 m<sup>2</sup>. Innan beslut om värmepumpsinstallation togs, täcktes byggnadens energibehov enbart med fjärrvärme.

Ett frånluftsvärmepumpsystem försörjer fastigheten med värme till varmvattenberedare och radiatorkrets via två värmepumpar av modell WPL 23 med två varvtalsstyrda scrollkompressorer med eleffekt 6 kW vardera. Som köldmedium används HFC't R407C. Värmepumparna är av kondenserande typ och sänker frånluftens temperatur till -10°C.

En karaktäristisk komponent för denna värmepump är economizern. Vid köldmediets passage genom expansionsventilen övergår mediet på grund av det lägre trycket till vätskefas. I praktiken innehåller dock denna vätska en mängd gas som inte kondenserat. Den gas som passerar expansionsventilen kallas flashgas, och minskar förångarens värmeövergångstal, och därmed U-värde. Economizerns syfte är att ansamla denna flashgas, som genom ett

avtappningsflöde sedan kan återföras till kompressorn. Economizern bidrar därmed till att öka förångarens värmeupptagningsförmåga, vilket leder till sänkt kompressoreffekt. Med en economizer integrerad i cykeln ökar således COP.

Varmvattenberedaren, som förser fastigheten med tappvarmvatten, är endast ansluten till värmepump 1 (vp1). Fastigheten värms upp via en vattenburen radiatorkrets som är ansluten till både vp1 och värmepump 2 (vp2). Vattenflödet från vp1 leds genom tappvarmvattenberedarkretsen via en pump som är programmerad att vara igång när det finns ett energibehov till tappvarmvattenberedaren och vara avstängd då ingen uppvärmning behövs i kretsen. När tappvarmvattenbehovet är tillgodosett försörjer vattenflödet istället radiatorkretsen.



*Bild 1: Frånluftsvärmepumpar Västergatan 21.*

*Bilden visar hur frånluften leds genom de båda frånluftsvärmepumparna. Eftersom de är av kondenserande typ är de båda utrustade med en avskiljningsanordning för kondensvatten som leds ut på taket.*

I de fall då frånluftsvärmepumparna inte kan täcka hela fastighetens effektbehov spetsas tappvarmvattnet och/eller radiatorkretsen med fjärrvärme. Spetsningens effektpådrag styrs med en reglerventil som öppnas då systemets beräknade börvärden för framledningstemperatur och tappvarmvattentemperatur inte uppfylls. Ett flödesschema över fastighetens tappvarmvatten, radiatorkrets och inkommande fjärrvärmeuppkoppling åskådliggörs i bilaga 1.

Utöver uppvärmning av lägenheter används även radiatorkretsen för att värma tilluft i ett värmebatteri. Detta uppvärmda tilluftsflöde tillförs endast fastighetens kök och hall, medan övrig tilluft på grund av fastighetens undertryck sugs in i lägenheterna via ventilationsdon. Ventilationssystemet för fastigheten kan således liknas vid en kombination av ett F- och ett FT-system.

All frånluft leds till en undertryckskammare på vinden. Föroreningar renas där genom ett frånluftsfiltre innan luften förs in i de två värmepumparna på taket.

Enligt uppgifter från tillverkaren återcirkulerar systemet en del av avluftsflödet, som sedan blandas med frånluften innan värmepumparna. Detta medför ett ökat luftflöde genom värmepumparna. Efter blandningen är luften ca 7°C, vilket är tillräckligt högt för att effektivt förångas R407C. Återcirkulationen gör det därmed möjligt för värmepumparna att under konstanta förhållanden utnyttja mer av den potentiellt tillgängliga energin i frånluften, och därmed höja dess effektuttag. Detta bidrar enligt uppgift till att fördubbla systemets täckningsgrad över året, på bekostnad av ett något lägre COP.



*Bild 2: Avluftsdon Västergatan 21.*

*Västergatan koler frånluften ned till -10 °C enligt tillverkaren.*

Systemet är utrustat med värmemängdsmätare inkopplad mellan fram- och returledningen till värmepumpen, samt en värmemängdsmätare som mäter temperaturdifferens och flöde mellan kall och varm sida av fjärrvärmeanslutningen. En elmätare mäter den totala elförbrukningen hos kompressorerna i de båda frånluftsvärmepumparna. Systemets totala installationskostnad uppgick till 576 000 kr inklusive frånluftsfläkt.

### 1.3 Södra Järnvägsgatan

Fastigheten på södra järnvägsgatan på söder i Växjö är ett flerbostadshus som byggdes år 1965. Fastigheten är direkt ansluten till intilliggande fastigheter av liknande typ men som inte betjänas av frånluftsvärmepumpen. Innan beslut om installation av frånluftsvärmepumpen togs försågs fastighetens vattenuppvärmningsbehov endast av fjärrvärme.

Installationskostnaden för systemet uppgick till 500 000 kr där frånluftsvärmepump och luftbehandlingsaggregat stod för 150 000 kr av kostnaden

Systemet använder sig utav en frånluftsvärmepump av modell EcoHeater som endast återvinner energin i frånluftflödet, d.v.s ett så kallat ”rent” frånluftssystem, och värmer fastighetens radiatorkrets. Tappvarmvatten är alltså inte integrerat i värmepumpkretsen, utan värms enbart med fjärrvärme i ett separat system. När frånluftsvärmepumpen inte kan täcka hela energibehovet i radiatorkretsen spetsas systemet med fjärrvärme via en reglerventil.



*Bild 3: Frånluftsvärmepump Södra järnvägsgatan.  
Bilden visar frånluftkanalen in till värmepumpen till höger och vattenkretsens fram- och returledning till vänster.*

Köldmediet som används är R134a, och kompressorn är varvtalsreglerad av typen kolv.

Frånluftsvärmepumpen styrs av en utetemperaturkurva som beräknar systemets börvärde för framledningstemperatur. Värmepumpens levererade energi mäts momentant genom en värmemängdsmätare som mäter energidifferensen mellan systemets fram- och returvattenflöde. Kompressorns elanvändning mäts genom en elmätare som finns inkluderad i aggregatet.

## 1.4 Jämförelse

Jämförelse system	Västergatan	Södra järnvägsgatan
Byggnadsår	1968	1965
Boyta [m <sup>2</sup> ]	3214	2723
Antal lägenheter	44	31
Frånluftsvärmepump:		
-modell	Stiebel eltron - WPL 23	IVP EcoHeater
-antal	2st	1st
-typ	Frånluft & återcirkulation	frånluft
-Köldmedie	R 407 C	R 134a
- varvtalsreglerad	Ja	Ja
- Minimal avluftstemperatur [°C]	-10 (enl. tillverkare)	2 (Enl. tillverkare)
- kompressoreffekt [kW]	12	14,8
- Frånluftflöde [m <sup>3</sup> /s]	Ej uppgift (varierande)	~1,5
- täckning	radiator-/tappvarmvatten	radiatorkrets
- pris kr	2*75000	150 000
Spetsning	fjärrvärme	fjärrvärme
Installationskostnad kr	576 000	500 000

Tabell 1. Jämförelse frånluftsvärmepumpar (i priset på S. Järnvägsg. är frånluftsassagregat inkluderat).

Diagram 1 visar skillnaderna mellan luftcyklerna för de två anläggningarna. Västergatans lägre förångningstemperatur medför ökad kondensering av fukt i frånluften, vilket ökar entalpiet över förångaren. Vid en godtycklig utelufttemperatur på 5°C, RH 70%, och antaget att mänsklig aktivitet ökar fuktighet med 2,5g/kg<sub>luft</sub> och lufttemperaturen till 21°C ges att total energipotential per kg frånluft är 23 kJ för S. Järnvägsgatan, och 43 kJ för Västergatan. Eftersom frånluftflödet är en begränsande faktor för energioutput är det av värde att nå en hög effektpotential ur det flöde som finns tillgängligt. Detta energiuttag skall sedan viktas mot den ökade eleffekt som krävs för det ökade entalpiet över kompressorn som ett större temperaturlyft medför.

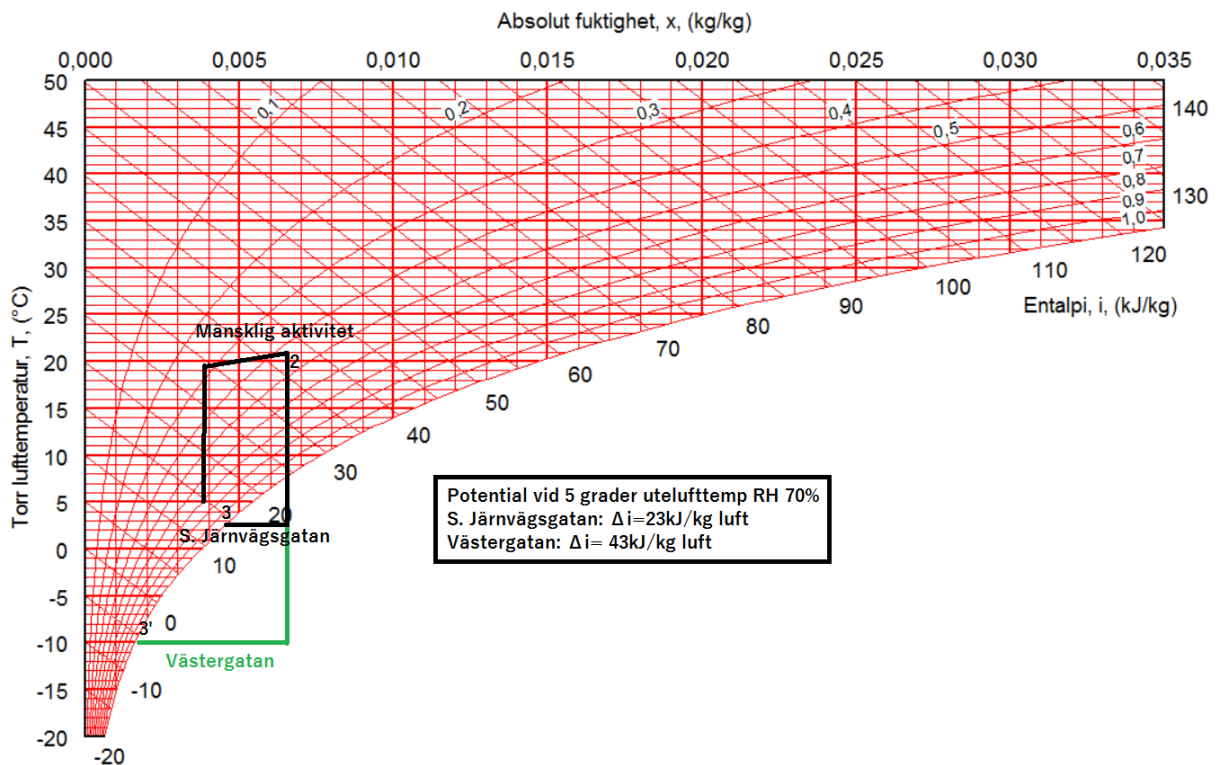


Diagram 1: Mollierdiagrammet åskådliggör energipotentialen per kg frånluft vid 5°C utelufttemperatur vid relativ luftfuktighet 70%. S. Järnvägsgatans förångning startar vid 2 och slutar vid 3. Västergatans förångning startar i 2 och slutar i 3'.

## 2. Metod

### 2.1 Ekonomiska beräkningar

Vid ekonomisk beräkning användes annuitetsmetoden med en ekonomisk livslängd på tjuugo år och kalkylränta på 4,5 %. Det rådande energiprisen som användes i beräkningarna var 1,5 kr/kWhel, och 0,74 kr/kWhfjärrvärme.

### 2.2 COP och energibesparing

COP-beräkningar utfördes på samma sätt som i tidigare rapport, och finns där mer ingående beskrivna. Driftdata från objekten innehåller elförbrukning, samt levererad energimängd som användes enligt nedanstående formel.

$$COP = \frac{Q_{\text{levererad}}}{W_{\text{elförbrukning}}}$$

### 2.3 Koldioxidberäkning

De koldioxidberäkningar som beräknats har genomförts med hjälp av marginalkolsprincipen. Anledningen till vald metod är att det är miljöpåverkan inom systemgräns EU som är intressant i detta fall. Eftersom det nordiska elsystemet i och med planer på utökad HVDC-kapacitet till kontinenten alltmer går mot en Europeisk elmarknad är den europeiska momentana marginalproducenten måttstocken.

På en europeisk avreglerad elmarknad är kolkondenskraft på den långsiktigt rörliga kostnadsmarginalen. Det är således denna teknik som antas täcka den ökade efterfrågan på el från värmepumpsanvändning. Dock är inte alltid kolkondens på marginalen. Om efterfrågan på el i Sverige är låg men produktionen hög, finns inte alltid kapaciteten att sälja all den överblivna elen utomlands, vilket gör att vi får en annan energikälla på marginalen. Exempelvis en förnybar elproduktion. Nedanstående bild åskådliggör den nordiska utbudskurvan där det röda strecket motsvarar den genomsnittliga efterfrågan. Marginalproducenten definieras där efterfrågan korsar utbudskurvan.

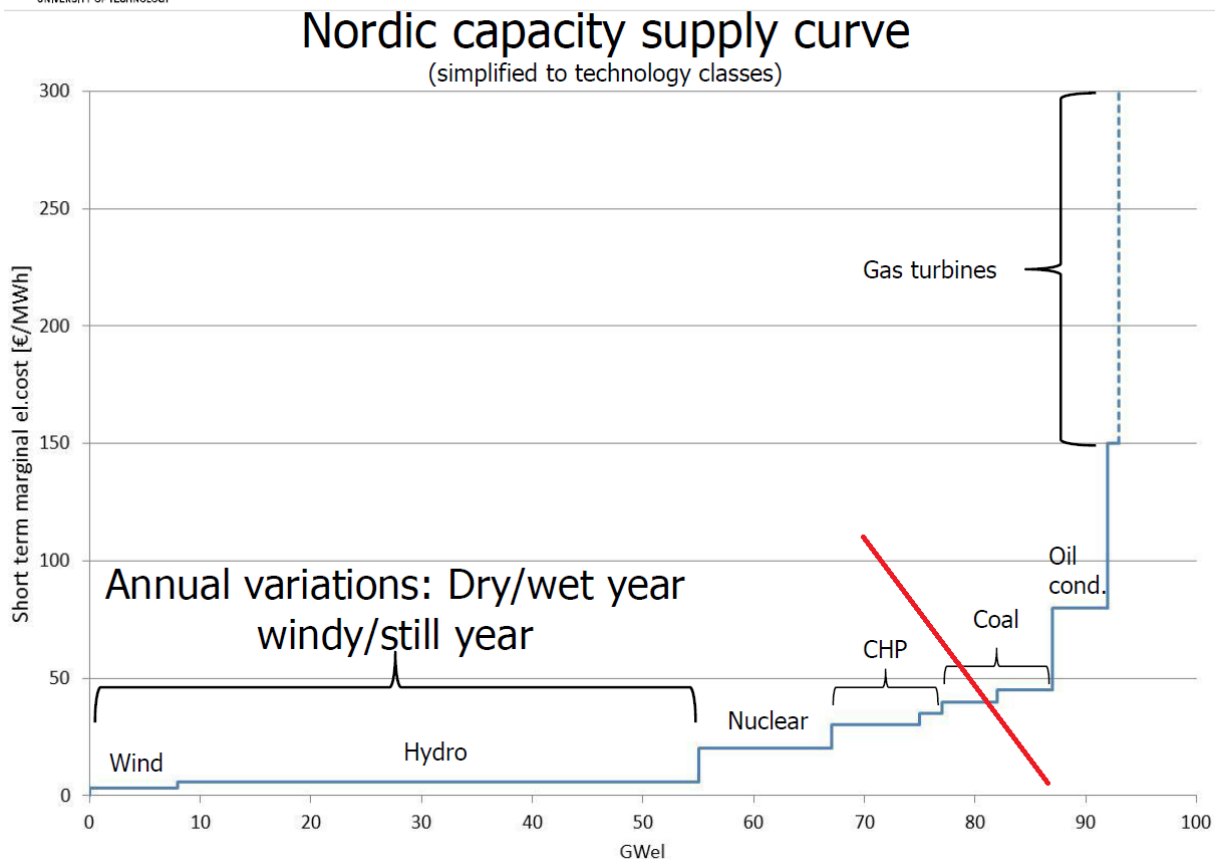


Diagram 2: Diagrammet visar utbudskurvan för den nordiska elmarknaden. Y-axeln motsvarar den rörliga elproduktionskostnaden, och X-axeln effektbehov. Den röda linjen motsvarar den genomsnittliga efterfrågan.

Koldioxidskillnaden mellan fjärrvärme och värmepumparna beräknades enligt följande formler:

$$\text{Besparing} = kWh_{fj\ddot{a}rrv\ddot{a}rme} * \frac{kg_{CO_2}}{kWh_{fj\ddot{a}rrv\ddot{a}rme}} - kWh_{elVP} * \frac{kg_{CO_2}}{kWh_{el}}$$

Där:

$$\frac{kg_{CO_2}}{kWh_{el}} = \frac{kg_{CO_2}}{kWh_{marginalbr\ddot{a}nste} * \eta_{el}}$$

Elverkningsgraden på kolkondensverket på marginalen uppskattades till  $\eta=0,3$ . Kol släpper ut 25gC/MJ<sub>kol</sub>, vilket ger att kol släpper ut 0,85kgCO<sub>2</sub> per kWh<sub>EI</sub> enligt följande uträkning:

$$\frac{\frac{44 \frac{gCO_2}{mol}}{12 \frac{gC}{mol}} * 25 \frac{gC}{MJ_{kol}}}{0,3 * 3,6 \frac{kWh}{MJ}} = 84,9 \left[ \frac{g}{kWh_{el}} \right] = 0,0849 \left[ \frac{kgCO_2}{kWh_{el}} \right]$$

Fossil bränsleanvändning i VEABS fjärrvärmeproduktion stod år 2013 för c:a 10%. Dessa 10% antogs bestå av olja vid spetslast. Olja släpper ut 0,19kg<sub>CO2</sub> per kWh<sub>olja</sub>.

Detta ger:

$$\frac{\frac{44 \frac{gCO_2}{mol}}{12 \frac{gC}{mol}} * 20 \frac{gC}{MJ_{olja}}}{0,8 * 3,6 \frac{kWh}{MJ}} * 0,1 = 2,55 \left[ \frac{g}{kWh_{fjärrvärme}} \right] = 0,00255 \left[ \frac{kg}{kWh_{fjärrvärme}} \right]$$

## 2.4 Sensitivitetsanalys

Sensitivitetsanalysen utfördes i ett egenutformat excelark där elpriset sattes 0%, 10%, 30% och 60% högre än dagens värde och där fjärrvärmepriset sattes 0%, 20% och 40% högre än dagens värde. En linjär funktion som visar kostnadsbesparing som funktion av fjärrvärmepris- och elpris kunde sedan plottas i ett diagram. Enligt Svensk Energi's elprishistorik de senaste arton åren noterades ett lägsta elpris år 2000 till 70 öre/kWh och ett högsta pris år 2010 till 170 öre/kWh. Detta innebär en procentuell ökning av elpriset med 143 % över en tioårsperiod.

Fjärrvärmepriset kommer från och med 2015 att lyda under en annan prissättningsmetod för Växjö. Detta system innebär att man betalar en vinter- och en sommartaxa för fjärrvärmen. Detta system används i dagsläget i Stockholm och Göteborg och kallas för kostnadsbaserad prissättning. Priset för fjärrvärme varierar beroende på avtal och användningsintensitet. Vintertid antas fjärrvärmepriset att vara ungefär 1 kr/kWh och sommartid 0,4 kr/kWh för Växjöbostäder. Vinterperioden avser månaderna oktober till och med april. Eftersom vinterpriset blir högre- och sommarpriset lägre än nuvarande pris (0,7372 kr/kWh), genomfördes en analys av hur detta påverkar den månatliga besparingen för värmepumpen på Södra Järnvägsgatan. Den månadsvis rörliga kostanden för frånluftsvärmepumpen, jämfördes med densamma för fjärrvärmen där den kommande prissättningen användes, och sammanställdes i ett diagram och i en tabell.

## Elkostnadernas utveckling från 1996

rörligt avtal\*, inkl. nätavgift, elcertifikat, skatter&moms (löpande priser)

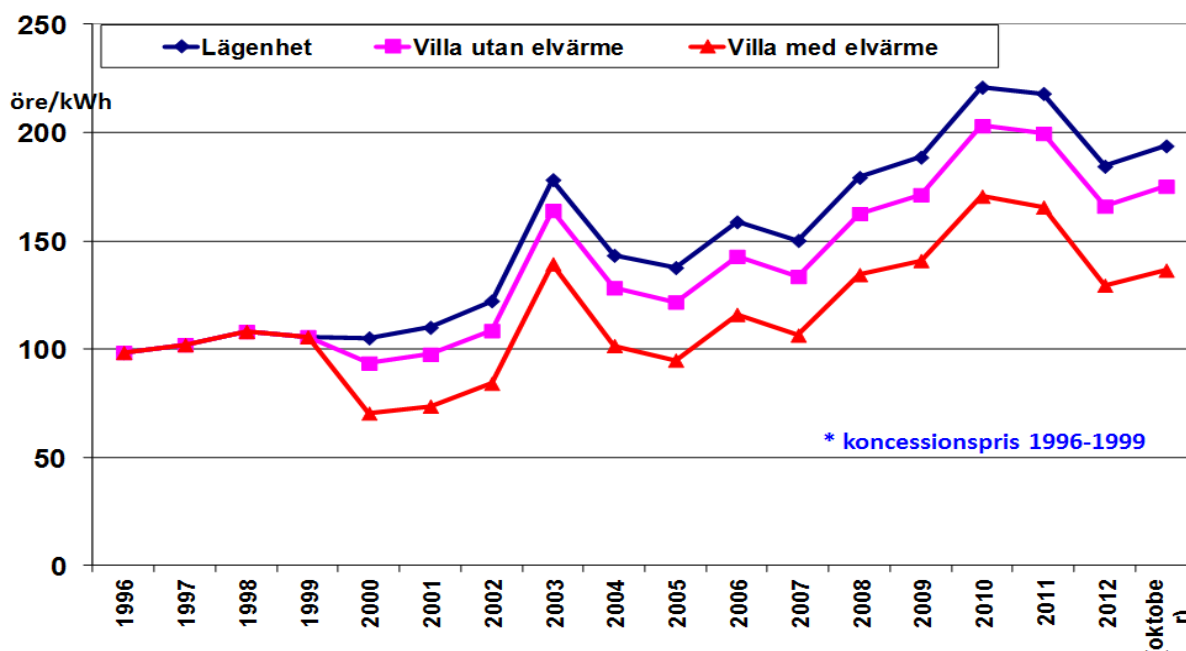


Diagram 3: Kurvorna visar hur elpris, inklusive skatter och avgifter, har varierat sedan 1996.

### 3. Resultat

#### 3.1 COP

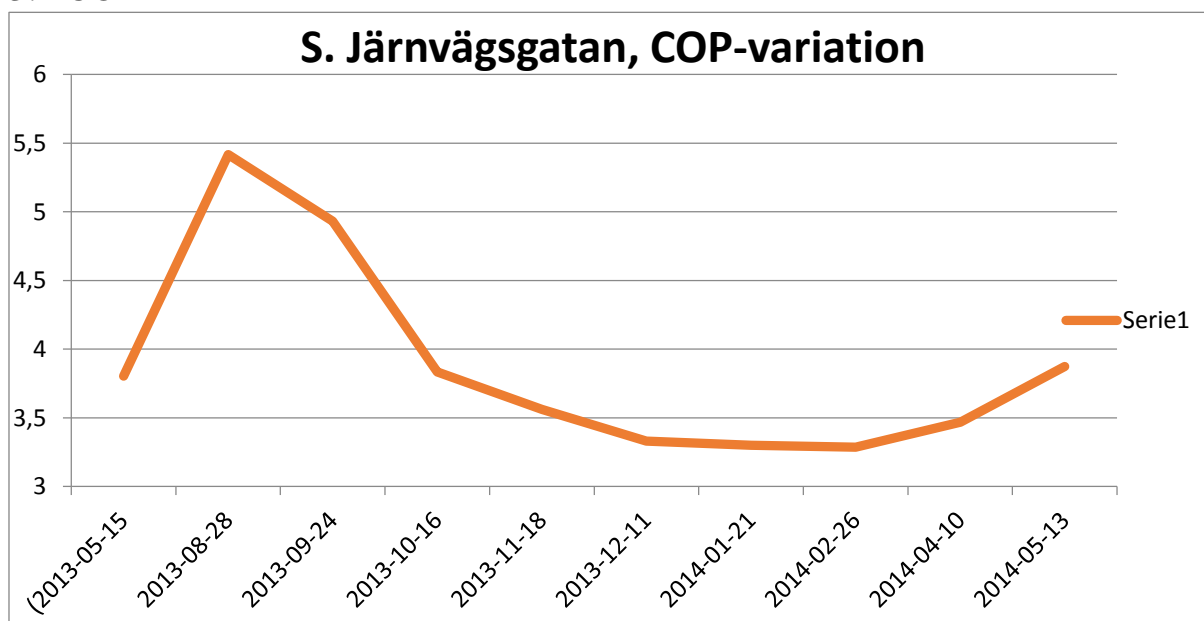


Diagram 4. COP-variation S. Järnvägsg. Diagrammet visar hur COP varierar för frånluftsvärmepumpen på södra järnvägsgatan. På grund av fel i elmätaravläsningen kunde inget COP-värde beräknas för perioden 11 dec 2013 till 21 jan 2014. Därför ansattes det

lägsta COP-värdet som uppmätts till perioden. Den högsta noteringen under året var 5,42 i september 2013 och den lägsta 3,29 i februari 2014.

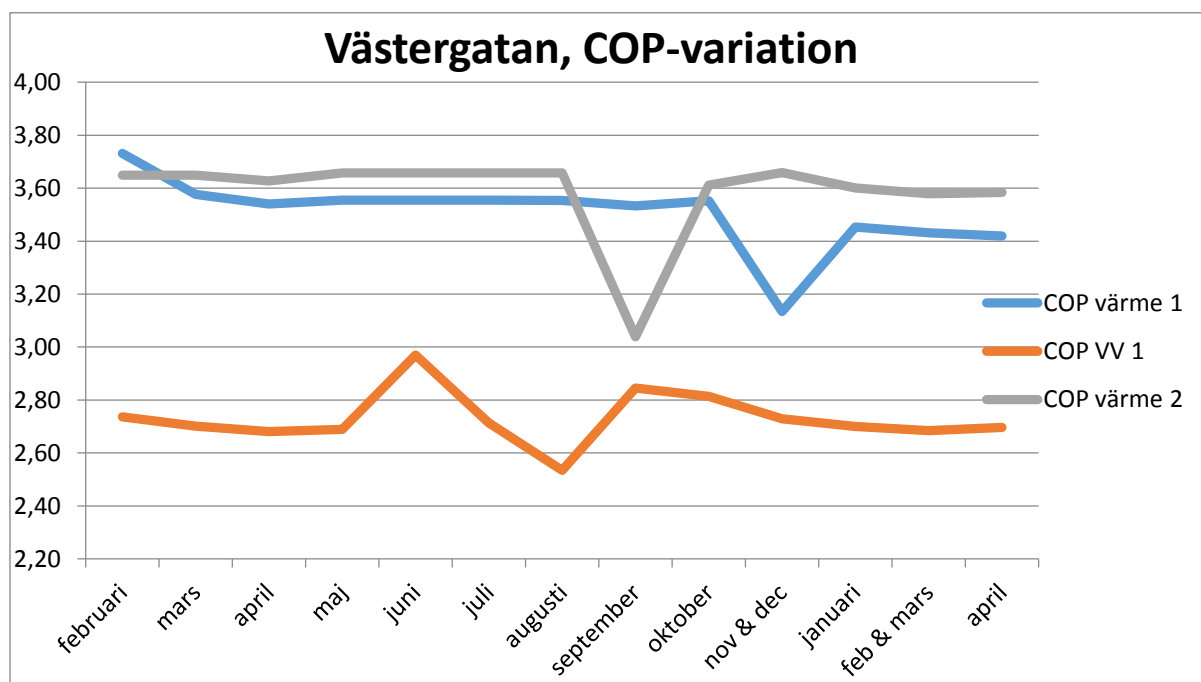


Diagram 5. COP-variation Västergatan. COP för värmeproduktion ligger omkring cirka 3,55 och för varmvattenproduktion något lägre, omkring 2,7. Detta beror på den högre framledningstemperaturen i varmvattenkretsen.

### 3.2 Ekonomi

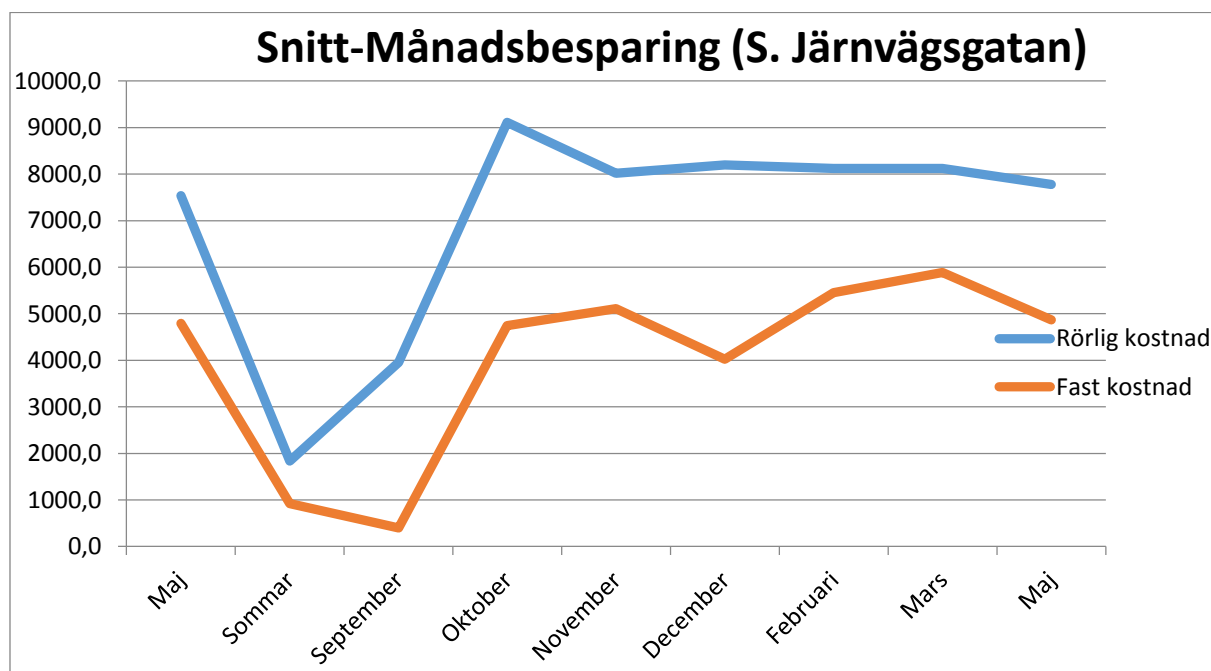


Diagram 6. Snitt-månadsbesparing S. Järnvägsg. De tillhandahållna värdena var inte uppdelade per månad. Därför har värdena beräknats per dag och sammanfogats till 30 dagars-perioder (1 period per månad). Inkluderat i de fasta kostnaderna är en månatlig annuitet för värmepumpsinvesteringen samt de rörliga kostnaderna. (Se ekonomiavsnitt).

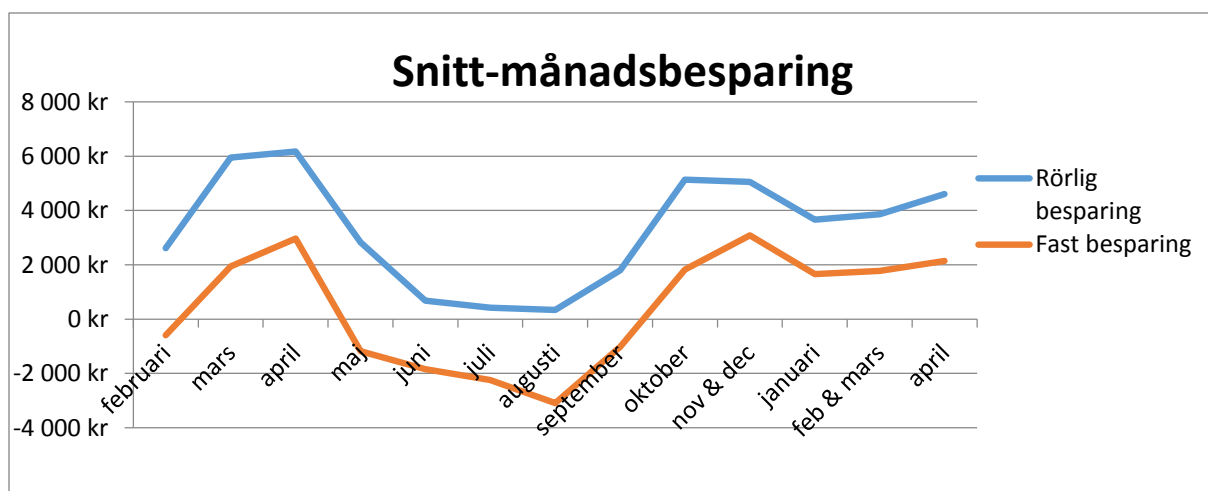


Diagram 7. Snitt-månadsbesparing Västergatan. Det negativa resultatet under sommarmånaderna för fast kostnadsbesparing förklaras genom att den levererade energimängden är mindre på sommaren medan den fasta kostnaden hålls konstant under året.

### 3.2.1 Med nytt Fjärrvärmepris

Nedanstående tabell och diagram visar den ekonomiska besparingen baserad på den kommande prissättningen för fjärrvärme med sommar- respektive vintertaxa.

Period	Kostnad VP [kr]	Kostnad ej VP [kr]	Diff Nytt FV-pris [kr]
2013-05-15	10115	19494	9380
2013-08-28	3869	5588	1720
2013-09-24	2501	3288	788
2013-10-16	7560	19320	11760
2013-11-18	11760	27920	16160
2013-12-11	9866	21910	12045
2014-01-21	18185	39840	21655
2014-02-26	15843	34710	18867
2014-04-10	16524	38210	21686
2014-05-13	9468	17115	7647
TOT	105689	227395	121706

Tabell 2. Tabellen visar den rörliga besparingen med 2015 års prissättning för fjärrvärme. Dessa värden är här ansatta till 0,4 kr/kWh sommartid och 1kr/kWh vintertid.

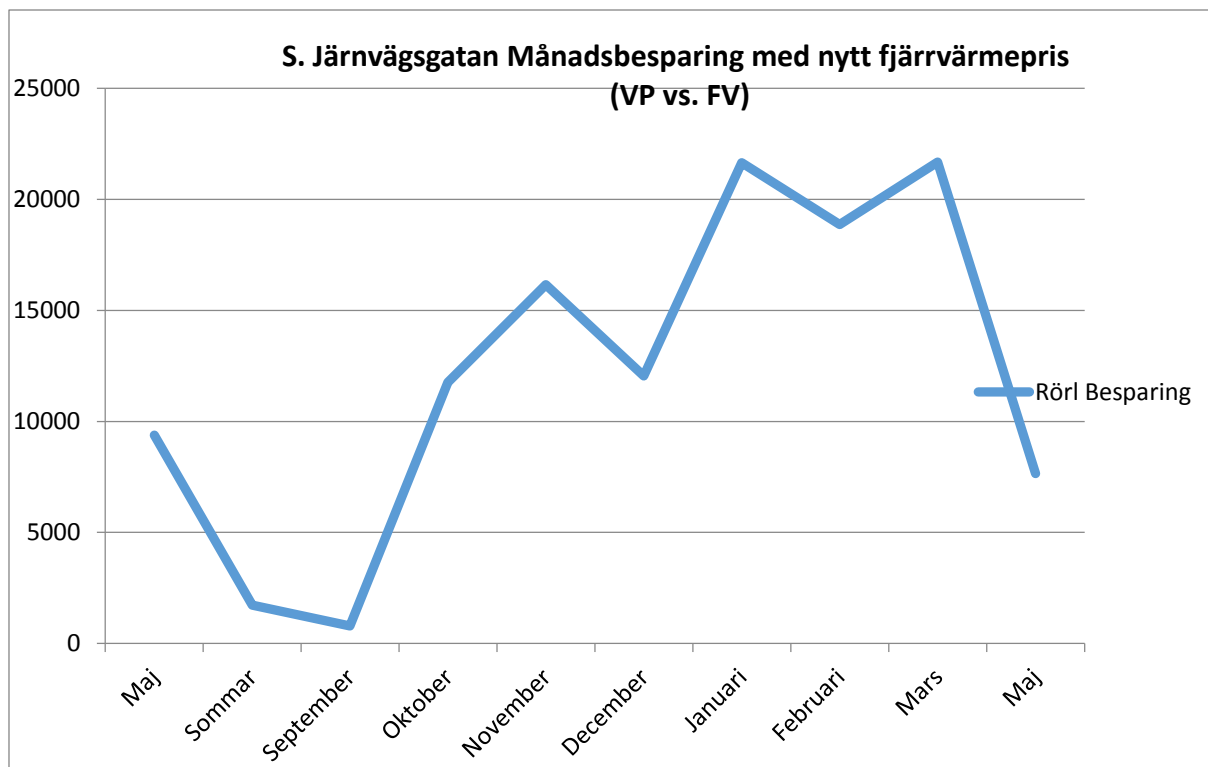


Diagram 8. Diagrammet beskriver den rörliga kostnadsbesparingen för S. Järnvägsgatan med kommande prissättning. (Baserad på ansatta värden).

### 3.3 Koldioxidutsläpp

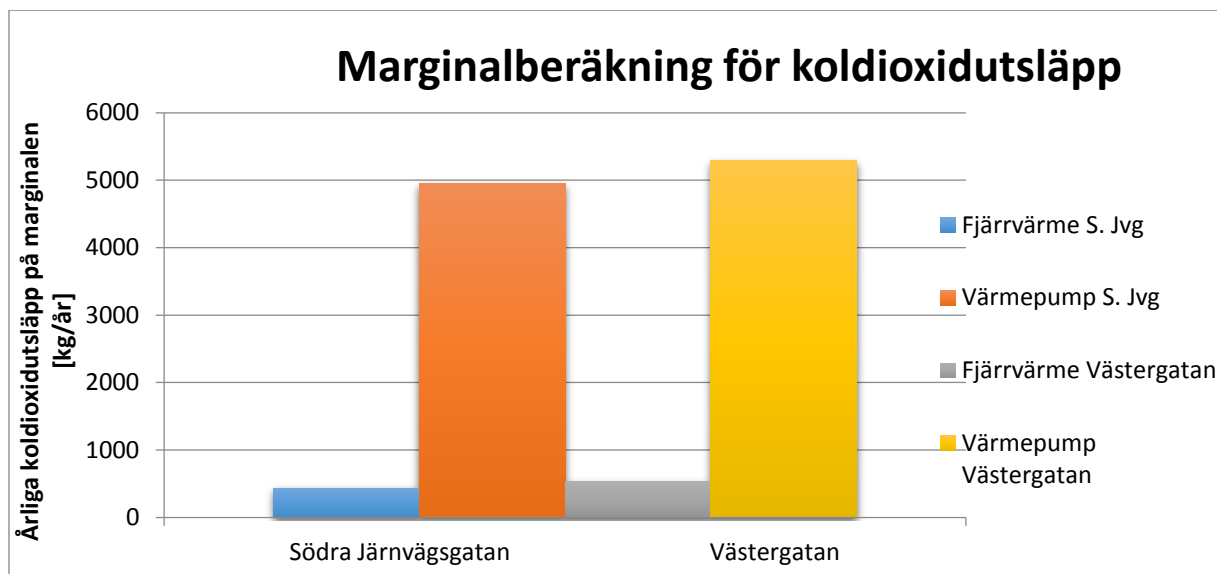


Diagram 8: Staplarna visar utfallet av marginalkoldioxidsberäkningen.

### 3.4 Sensitivitetsanalys

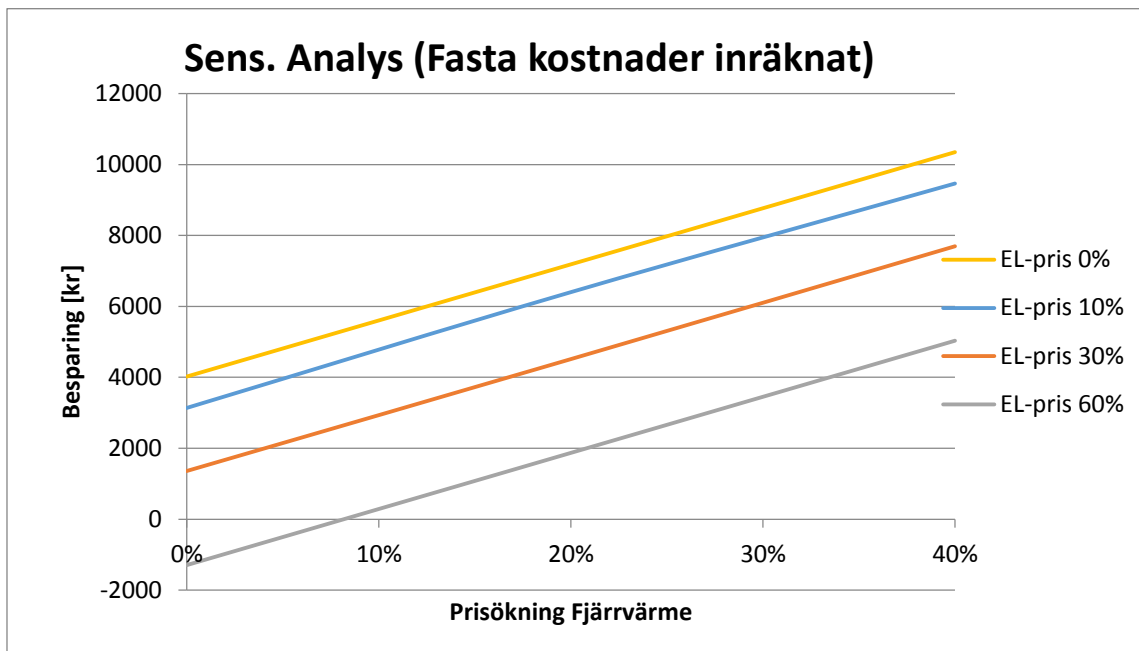


Diagram 9. Sensitivitetsanalys S. Järnvägsg. Y-axeln i diagrammet är baserad på den genomsnittliga månadsbesparingen för värmepumpen under perioden. Diagrammet beskriver hur besparingen påverkas av ett ökat elpris i kombination med ett ökat fjärrvärmepris. I detta diagram är de fasta kostnaderna per månad inräknade.

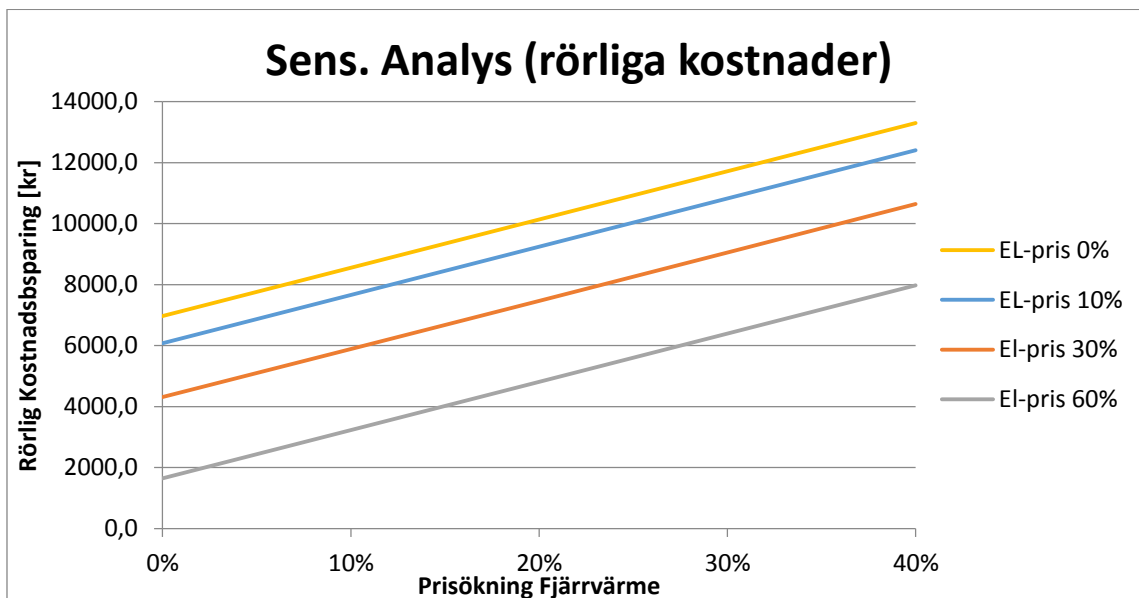


Diagram 10. Sensitivitetsanalys S. Järnvägsg. Y-axeln i diagrammet är baserad på den genomsnittliga månadsbesparingen för värmepumpen under perioden. Diagrammet beskriver hur besparingen påverkas av ett ökat elpris i kombination med ett ökat fjärrvärmepris.

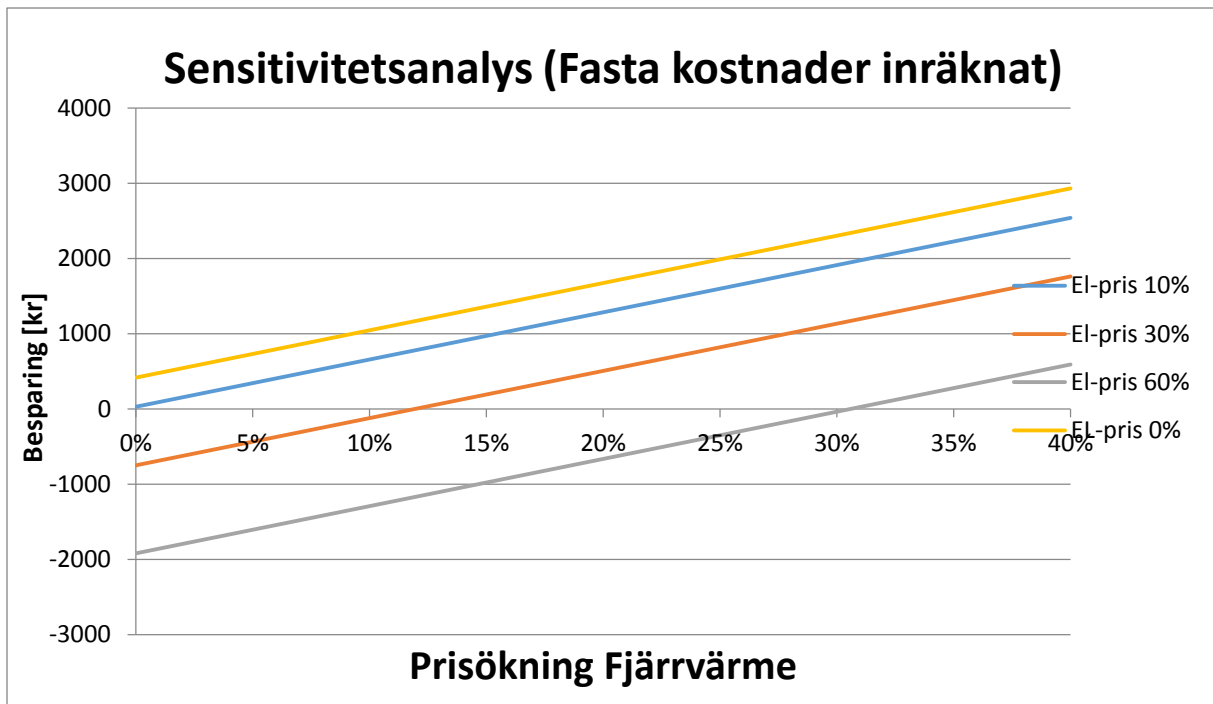


Diagram 11. Sensitivitetsanalys Västergatan. Y-axeln i diagrammet är baserad på den genomsnittliga månadsbesparingen för värmepumpen under perioden. Diagrammet beskriver hur besparingen påverkas av ett ökat elpris i kombination med ett ökat fjärrvärmepris. I detta diagram är de fasta kostnaderna per månad inräknade.

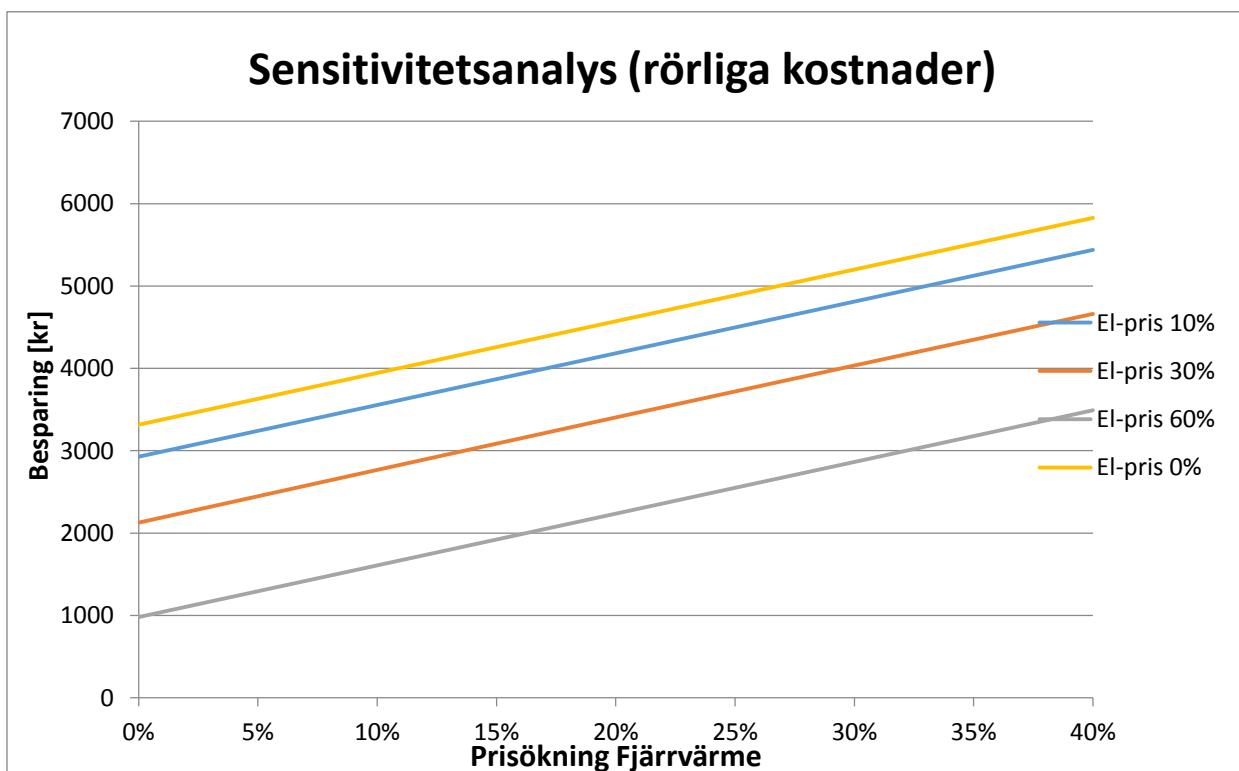


Diagram 12. Sensitivitetsanalys Västergatan. Y-axeln i diagrammet är baserad på den genomsnittliga månadsbesparingen för värmepumpen under perioden. Diagrammet beskriver hur besparingen påverkas av ett ökat elpris i kombination med ett ökat fjärrvärmepris.

### 3.5 Vid körning med endast radiator på Västergatan

På grund av den markant högre COP som kan erhållas vid radiator drift i jämförelse med tappvarmvattendrft gjordes en analys av hur systemets levererade energimängd skulle påverkas om tappvarmvattenproduktionen avbröts. På grund av att värmepumparna på Västergatan är underdimensionerade antogs att 100% täckningsgrad ej uppnås mellan perioden november-mars, d.v.s att radiatorkretsen alltid behöver spetsas. April-maj antogs full täckningsgrad vara uppnådd i 30% av tiden, och 90% för sommaren.

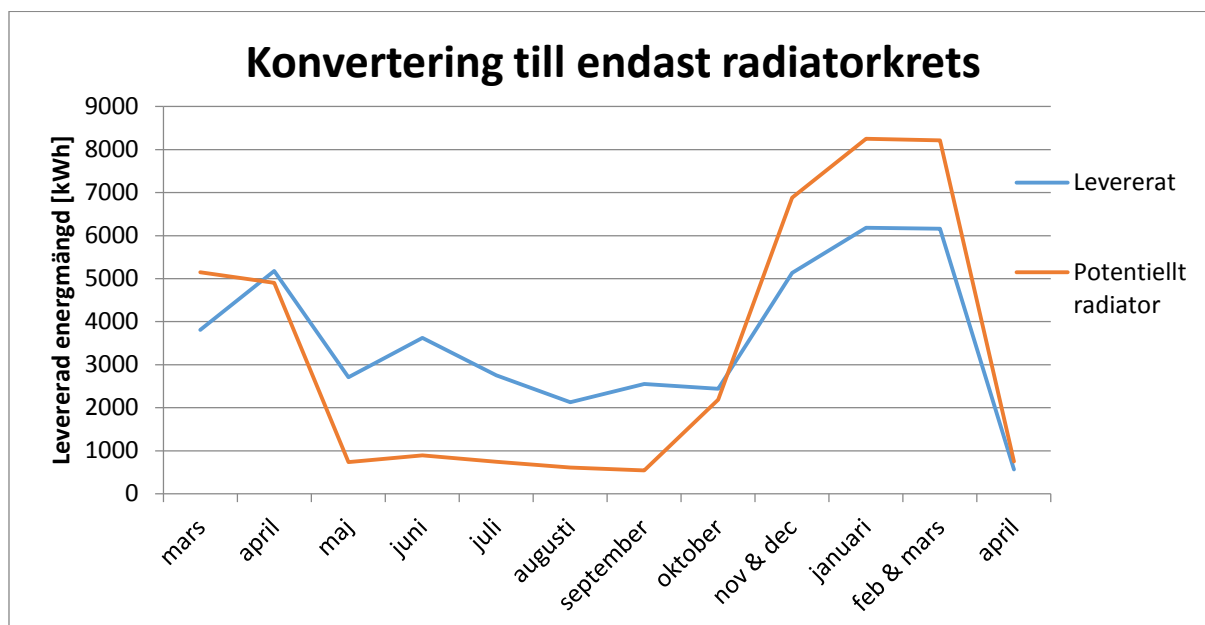


Diagram 13. Analys för konvertering till endast radiatorkrets på Västergatan. Diagrammet visar dels det föregående årets totala levererade energimängd under respektive period (blå), samt den potentiellt levererade energimängden som skulle erhållas vid en konvertering till endast radiatorkrets. Den återanvända energin blir tack vare det högre COP-värdet större under vintermånaderna då energipriset är högt.

	Levererad tapp [kWh]	Pot levererad radiator [kWh]	Energi- differens [kWh]	Rörlig Kostnadsdifferens [kr]
mars	3812	5149	1337	986
april	5176	4904	-272	-201
maj	2711	737	-1974	-1455
juni	3620	892	-2728	-2011
juli	2753	742	-2011	-1482
augusti	2126	614	-1512	-1115
september	2549	545	-2004	-1478
oktober	2437	2189	-248	-182
nov & dec	5135	6886	1751	1291
januari	6187	8250	2063	1521
feb & mars	6162	8214	2052	1513
april	565	751	186	137
<b>Total</b>	<b>43233</b>	<b>39873</b>	<b>-3360</b>	<b>-2477</b>

Tabell 3. Resultat vid drift utan tappvarmvatten.

## Summering av resultat

De procentuella energimängderna och kostnadsbesparingarna avser endast den levererade energin från frånluftsvärmepumparna som ersätter fjärrvärme. Således har parametrar såsom täckningsgrad inte räknats in i energibesparingen.

S. Järnvägsgatan	VP
Genomsnittligt COP	3,67
Tot besparing [%]	26,4%
Tot besparing [kr]	52955 kr
Tot energibesparing	72,8%
Levererad [kWh]	254200

Tabell 4. Summering av resultat S. Järnvägsgatan

Västergatan	VP 1	VP 1 (VV)	VP 2
Totalt genomsnittligt COP	3,48	2,73	3,60
Tot besparing [%]	6,78%		
Tot besparing [kr]	8 881 kr		
Tot energibesparing [%]	69,9%		
Levererat [kWh]	72 501	24 803	74 023
TOT Levererat [kWh]	171 327		

Tabell 5. Summering av resultat Västergatan.

## 4. Diskussion och slutsats

De två frånluftsvärmepumparna visade upp likvärdiga COP beträffande värmeproduktion till radiatorkrets. Eftersom de två fastigheterna är av liknande storlek så kan man anta att frånluftslödet är ungefär lika. Men då värmepumpen på Västergatan levererat mindre energi än den på Södra Järnvägsgatan ger det en indikation på att den angivna avluftstemperaturen på  $-10^{\circ}\text{C}$  inte uppfylls. (Vid ungefär samma COP). Det kan vara av framtida intresse att göra en mätning på avluftstemperaturen då värmepumpen går vid full kapacitet.

Beträffande tappvarmvattenproduktion för vp1 är COP avsevärt lägre. Detta beror på att den högre framledningstemperatur som krävs för att leva upp till hälsokraven kräver en ökad tryckdifferens mellan förångare- och kondensorsida, vilket ökar entalpistoget över kompressorn och följdaktligen sänker COP.

Faktumet att frånluftsvärmepumpen på Västergatan producerar tappvarmvatten vid behov, till ett lägre COP, försämrar alltså det ekonomiska resultatet rörande månadsbesparing.

Resultaten i nedanstående tabell visar att den rörliga kostnaden för tappvarmvattenproduktion ändå är lägre än den för fjärrvärme. Med kommande fjärrvärmeprissättning (1kr/kWh på vintern och 0,4kr/kWh på sommaren) skulle värmepumpens tappvarmvattenproduktion alltså inte vara lönsam på sommaren.

Tappvarmvatten	VP	Fjärrvärme
Kostnad [kr/kWh]	0,6	0,7372

Dock är radiatorvärmeproduktion mer lönsamt per kWh:

Radiator	VP	Fjärrvärme
Kostnad [kr/kWh]	0,4	0,7372

Slutsatsen som drogs var att systemet kan omprioriteras för kostnadsoptimering. Vp1's prioritering borde ur ett rörligt kostnadsperspektiv vara att täcka behov för värme i radiatorkrets innan den klickar in på tappvarmvattenkrets. Båda Västergatans värmepumpar levererar då totalt mer energi motsvarande den högre COP-faktorn, vilket skulle ge ekonomisk besparing.

Koldioxidberäkningens resultat var att koldioxidutsläppen vid värmepumsanvändning var c:a tio gånger högre jämfört med om energiförsörjningen hade skett genom befintligt fjärrvärmenät. Som nämndes i metodavsnittet rör sig det nordiska elsystemet allt mer mot en europeisk marknad i och med utökade kabelförbindelser till kontinenten. Detta resulterar i att marginalberäkningar blir av större betydelse för att beräkna global klimatpåverkan från lokala utsläpp för olika energibärare. Dock finns aspekter som minskar marginalkolsprincipens inflytande på svensk elanvändning. Metoden förutsätter nämligen att all el som produceras i Sverige hade kunnat ersätta el som är tillverkad av kolkondens på kontinenten, vilket inte stämmer helt överens med praktiken. I dagsläget finns en betydande kapacitetsbegränsning av hur mycket el som kan exporteras från den svenska elmarknaden vilket också medför en begränsning i vilken utsträckning marginalkolsprincipen skall tillämpas.

En annan aspekt att ta i beaktning är hur marginalelproduktionen kan komma att se ut i framtiden. Ett politiskt beslut om högre CO<sub>2</sub>-skatt ökar den rörliga kostnaden för kolkondensdrift så att den potentiellt blir ekonomiskt utkonkurrerad av mindre CO<sub>2</sub>-intensiv produktion. Om framtidens marginalelproduktion är klimatneutral blir således också värmepumpens drift klimatneutral. Detta medför att marginalkolsberäkningen i denna rapport är något missvisande ur praktiskt perspektiv, och därför troligen givit ett alltför negativt resultat.

Sensitivitetsanalysen visar att besparingen för respektive anläggning har en viss marginal. På Södra Järnvägsgatan visar analysen att fastigheten skulle ha en fortsatt månatlig besparing både om elpriset steg med 10% och 20% samtidigt som fjärrvärmepriset förblev detsamma. Skulle elpriset öka med 60% skulle fjärrvärmepriset behöva stiga med cirka 8% för att värmepumpsinvesteringen ska anses lönsam.

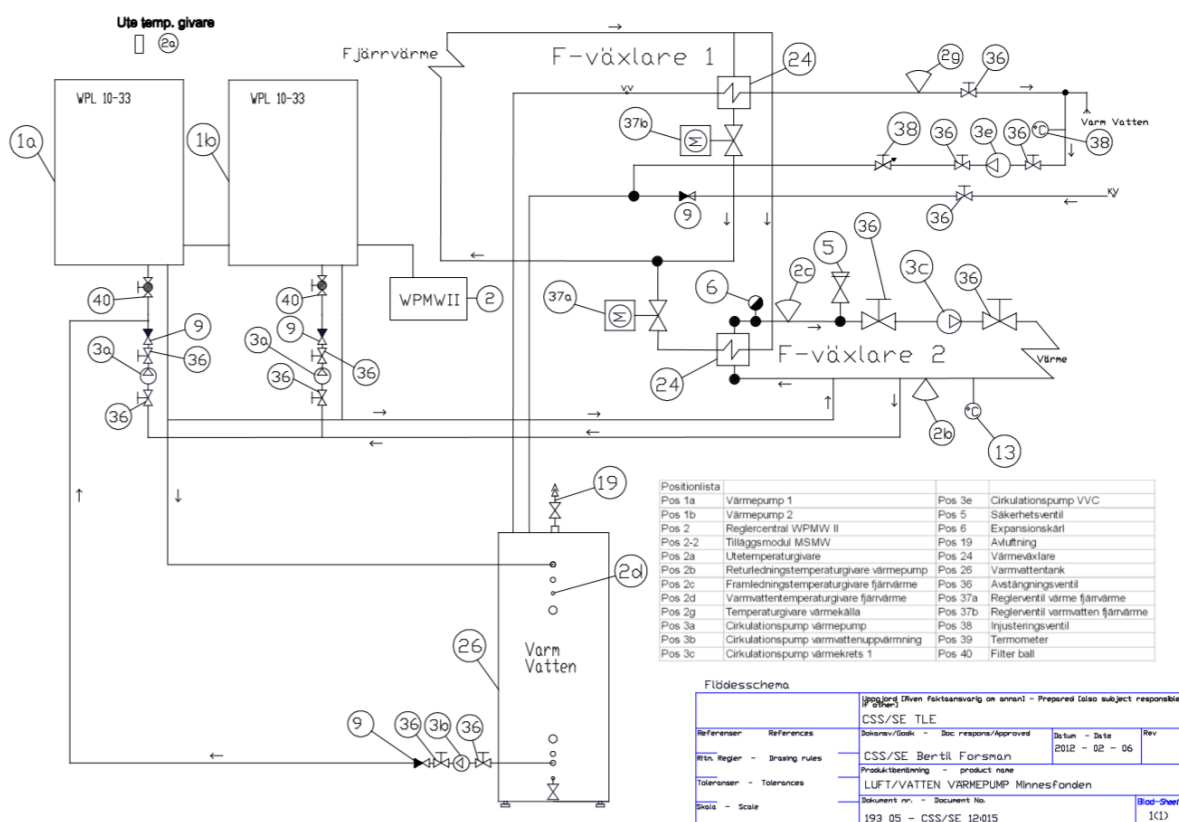
På Västergatan är marginalen mindre. Analysen visar en besparing om elpriset skulle höjas med 10%. Om elpriset skulle höjas med 30% skulle fjärrvärmepriset behöva höjas med cirka 8% för att uppnå besparing. Om elpriset skulle höjas med 60% skulle fjärrvärmepriset behöva stiga med 27% för att uppnå besparing.

De rörliga kostnaderna var enligt sensitivitetsanalysen genomgående lägre för båda systemen relativt fjärrvärme. Eftersom sensitivitetsanalysen för de båda anläggningarna har ett linjärt samband kan den enkelt appliceras för andra scenarion än de nämnda. Exempelvis för händelsen att elpriset sjunker etc.

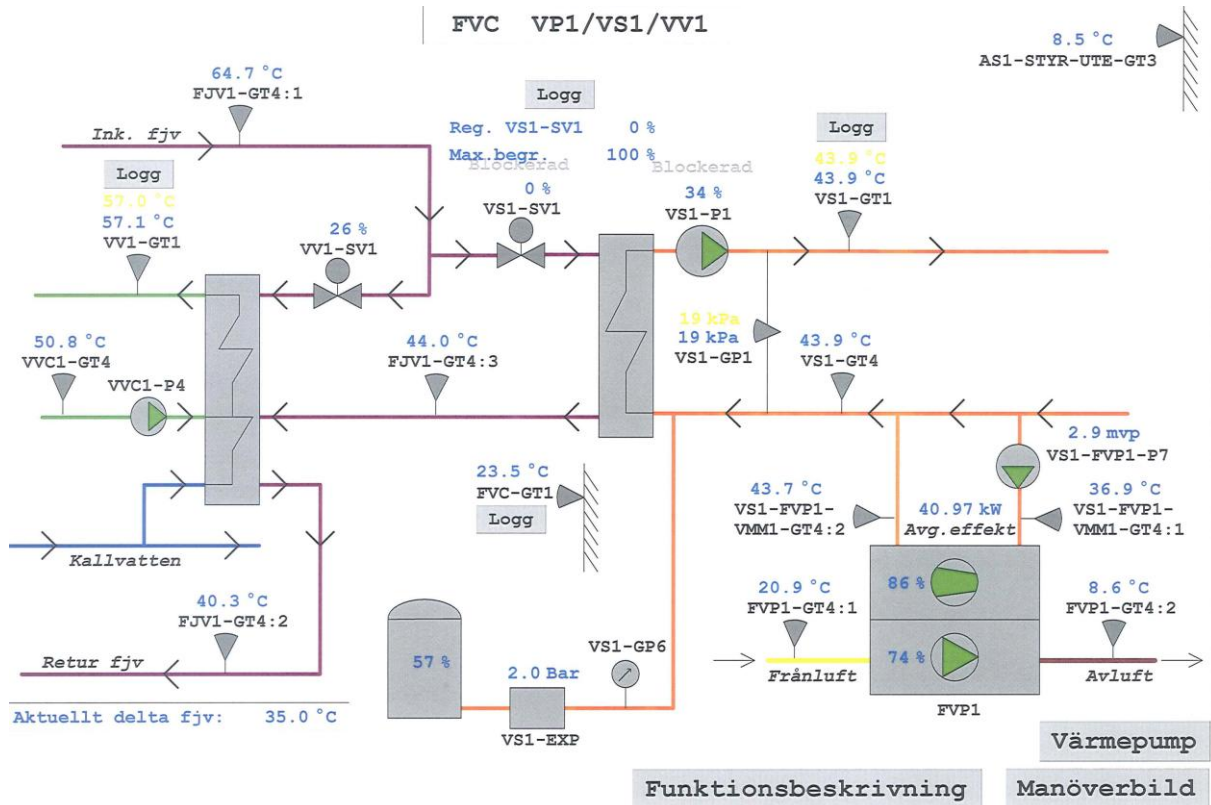
Sammantaget kan sägas att bägge värmepumpinstallationer uppvisat positivt ekonomiskt resultat. Under perioden har Västergatan har sparat c:a 8 900kr och S. Järnvägsgatan c:a 53 000kr fasta kostnader inräknat. Av intresse för framtida studier är resultat av en eventuell driftändring på Västergatan, där prioriteringen för vp1 ändras till förmån för radiatorkrets.

Som extra jämförelse kan nämnas att installation av ett FTX-system, är energibesparingen per kwh/år likvärdig ett frånluftsvärmepumpsystem. Eftersom installationskostnaden för frånluftsvärmepumpar i ett befintligt hus är ungefär hälften av vad en FTX installation kostar, enl. bilaga 3, innebär detta att en frånluftsvärmepumpinstallation bör vara att föredra med avseende på ekonomi. De värden som anges i bilaga 3 är ej uppmätta av denna projektgrupp.

## 5. Bilagor



**Bilaga 1:** Flödesschema Västergatan 21.



**Bilaga 2:** Flödesschema Södra Järnvägsatan.

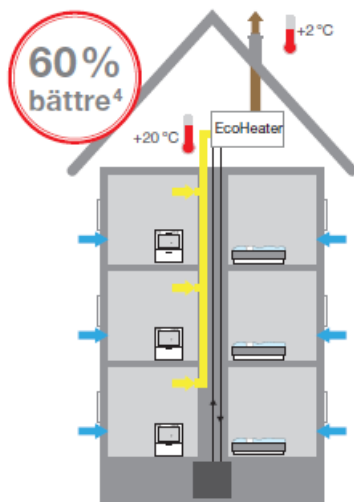
**Förutsättningar modellhus 150 kWh/m<sup>2</sup>/år<sup>3</sup>**

Luftflöde: 1 m<sup>3</sup>/s  
 Forcerat luftflöde: 1,3 m<sup>3</sup>/s  
 Årsmedeltemperatur: +6°C  
 Frånluftstemperatur: +20°C  
 Yta: 2 450 m<sup>2</sup>  
 Energiförbrukning för värme: 0,60 kr/kWh  
 Energiförbrukning för el: 1,20 kr/kWh



**EcoHeater**

frånluftsggregat med integrerad värmepump

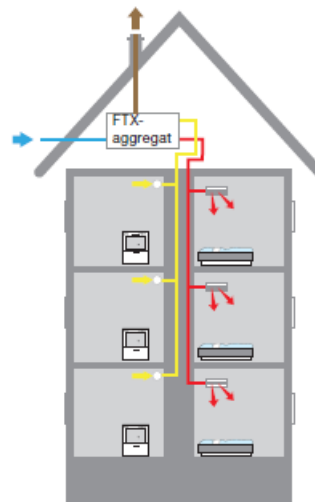


Driftskostnad	165 209 kr/år
Energianvändning	91 kWh/m <sup>2</sup> /år

Värmebehov	367 500 kWh
Återvunnen energi	198 054 kWh
Nettobesparing <sup>2</sup>	145 103 kWh
Energibesparing	59 kWh/m <sup>2</sup> /år
Energibesparing	39 %
Kostnadsbesparing	55 291 kr/år
Kostnadsbesparing	25 %

**Envistar<sup>®</sup>**

FTX-system, från- tilluftsggregat med värmeåtervinning<sup>5</sup>



Driftskostnad	156 494 kr/år
Energianvändning	103 kWh/m <sup>2</sup> /år

Värmebehov	367 500 kWh
Återvunnen energi	122 094 kWh
Nettobesparing	114 385 kWh
Energibesparing	47 kWh/m <sup>2</sup> /år
Energibesparing	31 %
Kostnadsbesparing	64 006 kr/år
Kostnadsbesparing	29 %

1 Brinnegassens avluft +7°C  
 2 Återvunnen energi minus återvinning kompressor, pumpar etc.  
 3 Exkl. tappvarmvatten och energi till frånluftsfaktor  
 4 Med extern värmepump sänker du driftskostnaden med 34 439 kr/år och energianvändningen med 37 kWh/m<sup>2</sup>/år.  
 Med EcoHeater sänker du driftskostnaden med 55 291 kr/år och energianvändningen med 59 kWh/m<sup>2</sup>/år vilket är cirka 60% bättre än med extern värmepump.  
 5 BFPv 1,5 kW/m<sup>2</sup>s, torr temperaturverkningsgrad 82 %

EcoHeater *Home Concept*

**Bilaga 3: Broschyr IV Produkt AB.**