



# Solenergi i fjärrvärmesystem

Kalle Määttä

Examensarbete / Degree Thesis

Distribuerade energisystem

2016

Kalle Määttä

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Kalle Määttä
Arbetets namn:	Solenergi i fjärrvärmesystem
Handledare (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Extern handledare	Robin Gottberg
Uppdragsgivare:	Roth Nordic Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Solvärmesystem baserar sig på att absorbera solstrålningen i syfte att överföra dess energi till värme. Detta arbete behandlar möjligheterna för att producera fjärrvärme med solenergi, närmare bestämt solfångare. Solfångarna kan finnas antingen i fjärrvärmefastigheter och vara inkopplade till fjärrvärmenätet eller centraliserat i en solvärmepark. Arbetet baserar sig på litteraturanlys av tidigare forskning, information från fjärrvärmeproducenter och tillverkare av solfångare samt simuleringar på solvärmeproduktionen. Som andra källor har använts riktpriiser från tillverkare av olika komponenter som behövs i systemet samt offertförfrågningar. Som slutresultat presenteras en teknisk lösning och en finansanalys för både distribuerad och centraliserad produktion. I fråga om distribuerad produktion visade det sig vara olönsamt att jämna ut överskottsvärmen till fjärrvärmenätet, eftersom prisskillnaden mellan den till nätet sålda energin och den köpta är stor. Det är mera lönsamt att använda en energibuffert i fastigheten. För centraliserade produktionen används ett befintligt fjärrvärmeverk på 5MW. Vid centraliserad produktion i samband med fjärrvärmeverk bör solvärmekretsen kopplas på retursidan så att den ej försämrar verkningsgraden för rökastvättaren. En energibuffert på ca 100l/m<sup>2</sup> solfångare krävs för att effektivt kunna nyttja solenergin. Temperaturen på returen i fjärrvärmenätet påverkar betydligt verkningsgraden för solvärmekretsen. I södra Finland kan man producera ca 300 kWh/år och m<sup>2</sup> solfångaryta då nätets returtemperatur är 60 °C. Vid en returtemperatur på 40 °C kan man producera ca 445 kWh/år och m<sup>2</sup>. Enhetspriserna blir då 17,49 €/MWh (40% investeringsstöd, 25 år livslängd).</p>	
Nyckelord:	Solvärme, Fjärrvärme, Centraliserad solvärmeproduktion, Roth Nordic Ab, Ekenäs Energi Ab
Sidantal:	28
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	31.05.2016

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerade Energisystem
Identification number:	
Author:	Kalle Määttä
Title:	Solenergi i fjärrvärmesystem
Supervisor (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Supervisor (External)	Robin Gottberg
Commissioned by:	Roth Nordic Oy
<p>Abstract:</p> <p>Solar heat systems are based on absorbing solar radiation with the purpose of using the energy as a heat source. The purpose of this thesis is to examine the possibilities to use solar heat as means to produce district heating. There are several ways to collect solar energy but this thesis focuses solely on flat panel collectors. The collectors can either be installed in a centralized production facility or be distributed throughout the district heating network on properties. The thesis is based on literature analysis of earlier research, information from energy companies and a manufacturer of solar collectors. Simulations of energy production was also conducted. As a result a technical and financial analysis is presented both for distributed systems and centralized systems. In terms of distributed systems the conclusion was that it is financially better to use a local energy storage instead of selling energy that can't be used in the property to the district heating network. The main reason for this was that the price difference on energy bought from the system and sold to the system is very large. For the calculations on centralized production an existing heat plant with a capacity of 5 MW was used. As a conclusion it was stated that the production has to be based on the return side of the system, and in such a manner that the return of the system is pre-heated before the main heat source. Possible systems for heat generation from exhaust gases is always to be prioritized. An energy buffer of at least 100 l/m<sup>2</sup> solar collector is required to reach good results. The temperature on the return side of the district heating system significantly affects the output of the solar collectors. In southern Finland it is possible to annually produce about 300 kWh/m<sup>2</sup> solar collector when the return temperature of the system is 60°C. If the return temperature were to be 40°C the corresponding number would be 445 kWh/m<sup>2</sup> solar collector. Energy prices with a lifespan of 25 years would be 17,49 €/MWh (40% investment aid).</p>	
Keywords:	Solar heat, District heating, centralized solar heat production, Roth Nordic Ab, Ekenäs Energi Ab.
Number of pages:	28
Language:	Swedish
Date of acceptance:	31.05.2016

## **FÖRORD**

Detta arbete har gjorts som beställning för Roth Nordic Ab, i samarbete med Ekenäs Energi Ab. Innehållet representerar inte Roth Nordic Ab eller Ekenäs Energi Ab.

Jag vill rikta ett stort tack till personalen på Ekenäs Energi och Roth som har varit till ovärderlig hjälp genom hela processen.

Karis den 31.05.2016

Kalle Määttä

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Solvärme .....</b>	<b>8</b>
2.1	Plansolfångare.....	8
2.1.1	<i>Roth Heliostar S4 .....</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>Solar keymark.....</i>	<i>10</i>
2.2	Övriga typer av solfångare .....	10
2.2.1	<i>Vakuumsolfångare .....</i>	<i>10</i>
2.2.2	<i>Lågtempererade solfångare .....</i>	<i>11</i>
2.2.3	<i>Koncentrerande solfångare .....</i>	<i>11</i>
<b>3</b>	<b>Distribuerad produktion .....</b>	<b>11</b>
3.1	Fjärrvärmenätet som energibuffert .....	12
3.2	Teknik för värmeöverföring.....	12
3.3	Lönsamhet.....	13
3.4	Leasing av solfångare .....	15
<b>4</b>	<b>Centraliserad produktion .....</b>	<b>15</b>
4.1	Teknik för centraliserad solvärmeproduktion .....	15
4.1.1	<i>Dimensionering.....</i>	<i>16</i>
4.2	Drift och underhåll .....	17
4.3	Livslängd .....	18
4.4	Returtemperaturens påverkan på solenergiproduktionen .....	18
4.5	Uthyrning av solfångare .....	19
<b>5</b>	<b>Praktisk tillämpning.....</b>	<b>19</b>
5.1	Basis för beräkningar.....	20
5.2	Information om BIO4 .....	20
5.2.1	<i>Temperaturer.....</i>	<i>21</i>
5.3	Dimensionering.....	22
5.4	Problematik.....	22
<b>6</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>23</b>
	<b>Källor .....</b>	<b>24</b>

## Bilagor

Bilaga 1

Bilaga 2

Bilaga 3

Bilaga 4

## Figurer

Figur 1. Verkningsgraden för olika solfångartyper som funktion av differensen mellan solfångarnas arbetstemperatur och omgivande temperatur (K).....	9
Figur 2. Tekniska data för Roth Heliostar S4.....	10
Figur 3. Årsproduktionen per ytenhet (kWh/m <sup>2</sup> ) som funktion av fjärrvärmenätets returtemperatur (°C).....	18
Figur 4. Fjärrvärmenätets returtemperatur (°C), år 2015.....	21
Figur 5. Differensen mellan utetemperaturen och den punkt i nätet där solfångarkretsen ansluts (°C), år 2015. ....	22

## Tabeller

Tabell 1. Jämförelse mellan lokal energilagring och utjämning till fjärrvärmenätet .....	14
Tabell 2. Dimensioneringsexempel för centraliserad produktion. ....	17
Tabell 3. Teknisk information om BIO4. ....	21

## 1 INLEDNING

Under de senaste åren har intresset för förnybar energi ökat explosionsartat. I slutet av 2015 presenterades EU:s nya klimatåtgärder i hopp för att stoppa den globala uppvärmningen på 2°C jämfört med tiden före industrialiseringen. Där fastställs bland annat att koldioxidutsläppen skall minska med 40% jämfört med 1990 års nivå samt att förnybara energikällors andel skall öka till 27% fram till år 2030. (Europeiska Unionen 2016)

Teknik för utnyttjande av direkt solinstrålning har under de senaste årtiondena utvecklats med rask takt. I och med detta har teknologin blivit allt billigare och lättare tillgänglig också för privatpersoner. Eftersom solinstrålningen varierar kraftigt enligt väder och, speciellt på nordligare breddgrader, årstid uppstår ett behov att jämna ut den energiproduktion som direkt solinstrålning ger upphov till. Inom solpaneler är det redan i dagens läge möjligt för ett privathushåll att sälja en möjlig överproduktion till elnätet med hjälp av relativt enkel teknik, och på detta sätt ”utjämna” elproduktionen. Även energibolagen har gjort betydande satsningar inom området ”solpaneler”. Som exempel kan nämnas Helsingfors Energi som gett kunderna möjlighet att köpa delar av solpanelytan i deras centraliserade produktionsanläggningar i Södervik och Stensböle.

Jämfört med solpaneler ger solfångare en betydligt högre verkningsgrad per ytareal (Andrén 2011). I Finland används solfångare utan undantag i samband med fastigheter, och produktionen sker endast för fastighetens eget bruk. För tillfället finns det ingen möjlighet för en fastighet att sälja överproduktion till fjärrvärmeproducenter, utan produktionen måste jämnas med en ackumulatortank. Med relativt enkla medel kunde man i en fjärrvärmefastighet uppnå en situation där överloppsenergin istället kunde jämnas till fjärrvärmenätet. Om producenten vore färdig att betala för den energin kunde man nå en situation där solenergin kunde utnyttjas maximalt.

Centraliserad solvärmeproduktion kan nå en mycket god verkningsgrad och en låg enhetskostnad. Runt om i världen, speciellt i Danmark har man de senaste åren gjort satsningar på solvärmeparker. I Finland finns dock inga exempel på dylika lösningar.

## 2 SOLVÄRME

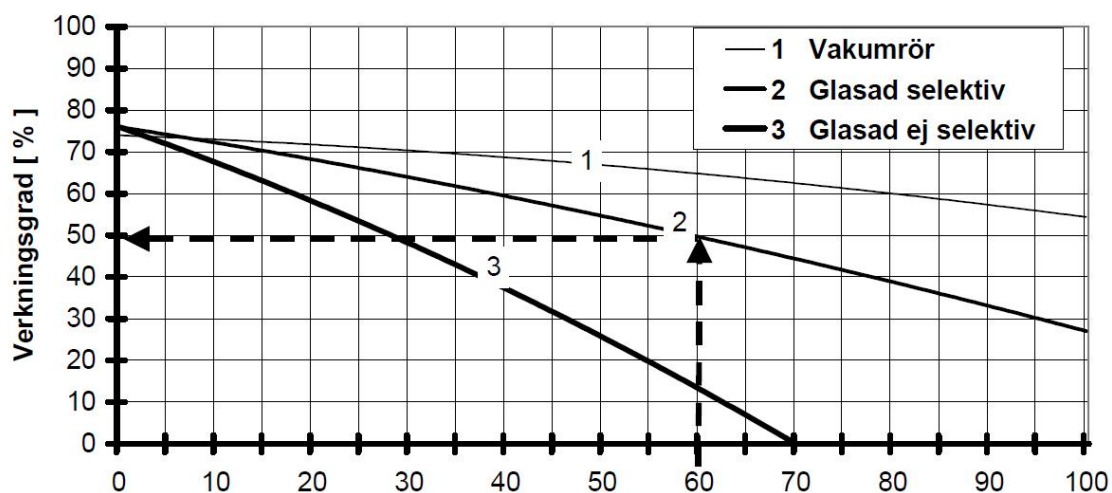
Solvärmesystem baserar sig på att absorbera solstrålningen i syfte att överföra dess energi till värme. Denna process sker automatiskt överallt på jorden. Eftersom begreppet i sig är mycket brett kommer detta arbete att fokusera på aktiva solfångare där energin direkt överförs till en värmebärare, närmare bestämt så kallade planfångare. Utvecklingen inom solfångarteknik fick ett rejält uppsving under 1970-talets oljekris och sedan dess har det skett stora framsteg. Några av de avgörande konstruktionsförändringarna är bättre isolering, utveckling av konvektionshinder och att fångarna tillverkas i större moduler. Då modulen blir större minskas kantförlusterna i förhållande till fångarytan. Då antireflekterande glas började användas i tillverkningen höjdes verkningsgraden med upp till 15% på en gång. Med nuvarande teknik uppnår man en praktisk verkningsgrad på upp till 50% i ideala förhållanden med en plansolfångare (Andrén 2011, s. 14). I bilaga 3 presenteras solvärmeproduktionens fördelning över året vid en centraliserad anläggning på 3400m<sup>2</sup> där solfångarkretsen jobbar mot en temperatur på 60°C.

### 2.1 Plansolfångare

Plansolfångare består av en bärande ram, ofta tillverkad av plåt eller plast. I botten av ramkonstruktionen finns en isolering, och på isoleringen själva absorbatoren – i allmänhet en aluminium- eller kopparplåt med fastsvetsade kopparrör. Absorbatorns uppgift är att absorbera solenergi och överföra den till värmebäraren som flödar i kopparrören. Solfångarens framsida är täckt av ett glas eller någon form av plastmaterial. Plansolfångare är lätta, hållbara och enkla att installera. I nordiska förhållanden smälter snön relativt snabbt från deras yta, och de är vid behov enkla att putsa från snö. Verkningsgraden hos plana solfångare faller rätt snabbt då arbetstemperaturen stiger (se figur 1). I detta arbete antas solfångarna vara av märket Roth. Roth Industries är ett



multinationellt företag som tillverkar produkter för VVS- och energibranshen. Resultatet som presenteras i detta arbete kan även tillämpas för andra solfångare med motsvarande egenskaper. Solar keymark- certifieringen är ett bra mått på att solfångarna håller hög kvalitet. (se avsnitt 2.2.2)

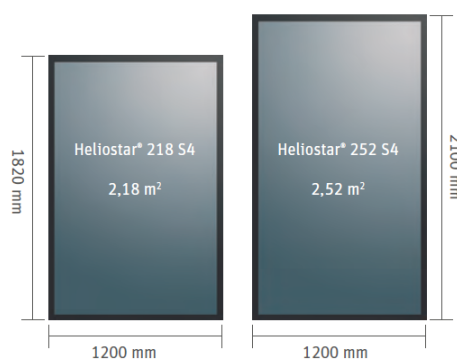


Figur 1. Verkningsgraden för olika solfångartyper som funktion av differensen mellan solfångarens arbetstemperatur och omgivande temperatur (K).

### 2.1.1 Roth Heliostar S4

I detta arbete kommer samtliga beräkningar att basera sig på plansolfångare, närmare bestämt Roth Heliostar S4. Denna solfångare har använts för ett tiotal större projekt i Finland varav det största har en fångaryta på 128 m<sup>2</sup>. Dessa projekt har utan undantag installerats på höghustak. Fångarna lämpar sig väl även för mindre system och andra installationsmetoder. Installationen är optimerad för att kunna ske så långt som möjligt utan verktyg. I detta arbete har ställningar för stående installation på mark beaktats. I figur 2 presenteras teknisk data för denna typ av solfångare.

ROTH HELIOSTAR® SOLFÅNGARE		
	Heliostar® S4 218	Heliostar® S4 252
Längd	1820 mm	2100 mm
Bredd	1200 mm	1200 mm
Höjd	109 mm	109 mm
Bruttoarea	2,18 m <sup>2</sup>	2,52 m <sup>2</sup>
Nettoarea	1,96 m <sup>2</sup>	2,30 m <sup>2</sup>
Vikt	32 kg	37 kg
Kollektorlåda	Helgjuten kollektorlåda i polykarbonat som säkerställer en rostfri installation	
Solfångaryta	Stålförstärkt säkerhetsglas	
Absorbator	Heltäckande med högselektiv beläggning	
Absorbering	α 95 %	α 95 %
Emission	ε 5 %	ε 5 %
Vätskevolym	0,86 l	1,16 l
Vätsketyper	Roth Heliostar® solfångarvätska	
Max temp solfångare	209 °C	209 °C
Storlek dykrörsgivare	Ø 6 mm (inv.)	Ø 6 mm (inv.)
Anslutning	1/2" utv.	1/2" utv.
Årsutbyte	Över 525 kWh/m <sup>2</sup> /år	Över 525 kWh/m <sup>2</sup> /år



Figur 2. Tekniska data för Roth Heliostar S4.

### 2.1.2 Solar keymark

Solar Keymark är en frivillig certifiering från tredje part för solfångare och fabrikstillverkade solvärmesystem. Solar Keymark har som syfte att bevisa åt slutkunder att produkten är av hög kvalitet och att den håller en hög europeisk standard. Därtill måste produkten uppfylla vissa andra krav för att kunna få certifieringen. Solar Keymark används i Europa och är allt mera uppmärksammas runt om i världen. Generellt är det riskfyllt att investera i solfångare som inte klarat provning och har Solar Keymark-certifiering. (Andrén 2011, s. 13)

## 2.2 Övriga typer av solfångare

Förutom plansolfångare kan man ta tillvara solenergin som värme på flera andra sätt. I det följande avsnitten presenteras exempel på de vanligaste metoderna.

### 2.2.1 Vakuümörsoolfångare

Vakuümörsoolfångare har i allmänhet en bra verkningsgrad även vid höga temperaturer och indirekt solstrålning. Tekniken baserar sig på att en absorbator placeras i ett glasrör där vakuum råder. På detta sätt når man en verkningsgrad som kan vara upp till 30% högre än för plansolfångare. Vakuümörsoolfångare är generellt dyrare än plansolfångare.

(Andren, 2011). I övrigt är underhåll något besvärligare än för plansolfångare och risken för att fångaren går sönder är något större. Vakuumsolfångare är tyngre och mera ömtåliga än plansolfångare vilket medför något besvärligare förutsättningar för installation.

### **2.2.2 Lågtempererade solfångare**

Lågtempererade solfångare är billiga solfångare som har en relativt bra verkningsgrad i system där temperaturen är under 30°C. I praktiken används dessa mest för uppvärmning av simbassänger och dylikt.

### **2.2.3 Koncentrerande solfångare**

Solenergin kan koncentreras med hjälp av konkava speglar. Detta kan utnyttjas både i en enskild solfångare såväl som stora anläggningar där speglar koncentrerar solenergin till en gemensam fångare.

## **3 DISTRIBUTUERAD PRODUKTION**

Förutom fjärrvärmeverk och CHP-kraftverk (samproduktion av el och värme) kan fjärrvärme även produceras med överloppsvärme från industrier och andra processer där det finns ett värmeöverskott, t.ex. krematorier. Värmeöverföringen till primärsidan sker med enkel värmeväxlarteknik. I allmänhet växlas värmen till tillsidan av systemet även om man kunde uppnå en bättre verkningsgrad genom att växla den till frånsidan som har en lägre temperaturnivå. Detta eftersom fjärrvärmeproducenter har ett intresse av att få en möjligast låg temperatur på retursidan i strävan att uppnå en hög verkningsgrad för t.ex. rökgastvättare. Samma princip som används i ovannämnda fall kunde lätt anpassas till att utnyttjas i fjärrvärmefastigheter för att jämna ut produktionstoppar från solvärme, och eventuellt även andra värmekällor vars produktion är svår att förutspå eller justera noggrant.

### 3.1 Fjärrvärmenätet som energibuffert

En ackumulatortank på 50-100 l/m<sup>2</sup> solfångare är i de flesta fall lämplig som korttidslager för att kunna utnyttja solvärmeproduktionen maximalt. Detta betyder i praktiken att ackumulatortankens fysiska mått snabbt växer sig stora, vilket kan vara en begränsande faktor speciellt i flerbostadshus där källarutrymmen är trånga och solvärmen inte är planerad redan i byggskedet. Om man däremot använde sig av fjärrvärmenätet som ”energilagring” klarar man sig med några små komponenter till i det tekniska utrymmet. Då fastighetens solvärmeproduktion är större än den lokala värmeförbrukningen kunde man växla överskottsvärmen till fjärrvärmenätet, och få en kompensation av energibolaget.

### 3.2 Teknik för värmeöverföring

Inkopplingen till fjärrvärmenätet kan ske antingen till från- eller retursidan. Retursidan som har en betydligt lägre temperatur (Energiateollisuus 2016) är betydligt mera fördelaktig för att uppnå en hög verkningsgrad för fastighetens solvärmeproduktion, men mindre fördelaktig för energiproducenten. Enligt Ekenäs Energi är retursidans temperatur så avgörande för rökgastvättarens verkningsgrad att den bör prioriteras före någon distribuerad produktion. I praktiken betyder detta att det kvarstående alternativet är en värmeöverföring till frånsidan, vilket tvingar solfångarna till en högre arbetstemperatur vilket i sin tur betyder en lägre verkningsgrad (se verkningsgradskurva, figur 1). I allmänhet varierar temperaturen på frånsidan i finska fjärrvärmenät mellan 65 och 115 °C. (Energiateollisuus 2016) Temperaturen styrs enligt utetemperaturen enligt en kurva som är optimerad för fjärrvärmeverket i fråga.

För inkopplingen till fjärrvärmenätet krävs en extra pump och automation samt en flödesmätare. I praktiken sker själva överföringen till fjärrvärmenätet via fastighetens primära värmeväxlare för uppvärmningen.

### 3.3 Lönsamhet

Med tanke på att solfångarna vid överproduktion måste arbeta mot temperaturen i fjärrvärmenätets frånsida kommer verkningsgraden för denna produktion att bli relativt låg. Här bör beaktas att frånsidans temperatur kan variera kraftigt mellan olika fjärrvärmenät och således anmärkningsvärt påverka lönsamheten. Även om fjärrvärmeproducenten vore villig att betala en summa som motsvarar enhetspriset för primärproduktionen är priset på skillnaden mellan ”såld” och köpt energi stor. Enligt Ekenäs Energi Ab är det sannolikt bränslepriset som skulle avgöra raten för den till nätet sålda energin. Detta betyder i praktiken sällan över 20 €/MWh. Jämförelsevis var medelpriset för fjärrvärme år 2013 68,5 €/MWh (Motiva, 2015) Den tekniska lösningen för att koppla in sig till nätet på detta sätt är dock relativt billig och enkel, och om man kunde få ett pris som ens närmar sig priset på den köpta energin kunde man uppnå lösningar som är konkurrenskraftiga gentemot system med ackumulatortank. I tabell 1 presenteras en mycket grov uppskattning om hur ett dylikt system skulle kunna påverka återbetalningen. Verkningsgraden antas i fall 1 vara 70% och i fall 2 50% eftersom solfångarna tvingas till en högre arbetstemperatur. Vidare antas i fall 1 ca 10% av produktionen kunna utnyttjas i fastigheten. I fall 2 antas 30% kunna nyttjas i fastigheten eftersom flera invånare automatiskt betyder ett jämnare behov av varmvatten.

Tabell 1. Jämförelse mellan lokal energilagring och utjämning till fjärrvärmenätet.

Fastighet	Solfångare	Fall 1	Fall 2
A Egnahemshus, 5 invånare	7,5 m <sup>2</sup>	Akkumulatortank > 0,5m <sup>3</sup> . Solenergi utnyttjas för förvärmning av tappvatten.	Inget lager, förvärmning av tappvatten via värmväxlare. Överskottsenergi till fjärrvärmenätet.
B Bostadsbolag, 50 invånare.	75 m <sup>2</sup>	Akkumulatortank > 5m <sup>3</sup> . Solenergi utnyttjas för förvärmning av tappvatten.	Samma som ovan.
Årlig produktion (verkningsgrad)		A : 3375 kWh B: 33 750 kWh (70%)	A: 2410 kWh B: 24 100 kWh (50%)
Besparing / år		A: 202,50 € B: 2025 €	A: 57€* B: 771€**
Differens 10 år		-	A: -1450 € B: - 12540 €
Differens 25 år		-	A: - 3625 € B: -31350 €

\*10% eget bruk (0,6 €/MWh), 90% till nätet (0.2 €/MWh)

\*\*30% eget bruk (0,6 €/MWh), 70% till nätet (0.2 €/MWh)

Som synes i tabell 1 har man i egnahemshuset (A) på 25 år producerat mindre energi motsvarande 3625 € på 25 år (dagens energipris). Investeringen borde alltså ha varit minst så mycket mindre för att uppnå samma resultat som med en ackumulatortank. Vidare undersökningar krävs för att fastställa noggranna skillnader i investeringskostnader. I bostadsbolaget (B) har man producerat mindre energi motsvarande 31350 € på 25 år (dagens energipris). Även om den procentuella skillnaden till ett ackumulatortankssystem är mindre än i egnahemshuset (A), kan man konstatera att det är orimligt att investeringskostnaderna vore så mycket lägre.

### 3.4 Leasing av solfångare

Ett alternativ till distribuerad produktion vore solfångare som är installerade hos konsumenten men ägs av energibolaget. Den producerade energin används i första hand i fastigheten i fråga och överskott kan matas ut i fjärrvärmenätet. Kunden kunde då betala något mera än rådande fjärrvärmepris för den på plats producerade värmen och få en kompensation för överskottsproduktionen. Alternativt kunde konsumenten hyra solfångarna och få en kompensation på all producerad energi. Mera information om uthyrning av solfångare ges i avsnitt 3.5. Med ovannämnda metoder kunde man uppnå ett nät med distribuerad produktion och få nytta av ”gratis” utnyttjad yta för installation av solfångare. Då dessutom alla fastigheter med fjärrvärme redan är utrustade med en stor bit av tekniken som behövs för inkopplingen kunde detta vara ett intressant alternativ att beakta i synnerhet i tätbebyggelse. Forskning inom området är mycket svårt att hitta liksom praktiska exempel.

## 4 CENTRALISERAD PRODUKTION

Då man producerar solvärme i större enheter uppnår man många fördelar. Investeringskostnaderna är relativt små i förhållande till mindre anläggningar. Även förbrukningen är jämnare då det är flera fastigheter som nyttjar energin vilket gör att verkningsgraden blir högre.

### 4.1 Teknik för centraliserad solvärmeproduktion

Centraliserad fjärrvärmeproduktion med solfångare är i grund och botten en enkel process. En solfångarkrets överför energi till fjärrvärmenätet med samma grundprincip som t.ex. rökgastvättaren eller en reservpanna. Den stora skillnaden ligger i att solfångarkretsens effekt varierar mycket och snabbt. Om solfångarkretsen dimensioneras med en månatlig energiproduktion som utgångsläge (se 3.1.1, dimensionering) är det trivialt att fjärrvärmeverket är utrustat med en ackumulatortank med en volym på minst  $0,1\text{m}^3/\text{m}^2$  solfångare. På detta sätt kan man effektivt jämna ut topparna i

solvärmeproduktionen utan att behöva göra snabba justeringar i primärpannans effekt. Eftersom solfångarkretsens arbetstemperatur är avgörande för dess verkningsgrad är det av stor vikt att energin växlas till fjärrvärmenätet vid en punkt där temperaturen är så låg som möjligt. I praktiken betyder detta att man förvärmer retursidan med en så liten temperaturdifferens som möjligt. Arbetstemperaturens inverkan på verkningsgraden är speciellt stor då man använder sig av plansolfångare, vid vakuumrörsolfångare är påverkan något mindre.

Den praktiska lösningen som presenteras i detta arbete kommer att behandla ett fjärrvärmeverk med rökgastvättare. Fjärrvärmebolagen har en strävan till att uppnå en så låg temperatur som möjligt på returen då den når rökgastvättaren för att uppnå högsta möjliga verkningsgrad. Samma ställe i kretsen är även förmånligast för solfångarkretsen. I praktiken betyder detta att solfångarkretsen kopplas in parallellt med rökgastvättaren. Vid en sådan lösning kan båda komponenterna utnyttja fördelarna av den kalla returen. Värmeväxlarkretsen bör optimeras för att arbeta med möjligast låg temperaturdifferens. Vid större system kan man dock behöva tillåta temperaturdifferensen att stiga vid solfångarkretsens produktionstoppar för att flödena inte skall bli orimligt stora. Se bilaga 1 för en förenklad kopplingsprincip.

#### **4.1.1 Dimensionering**

Om fjärrvärmeverket är utrustat med ett värmelager skall man i första hand utgå från en energiproduktion under en viss tid, i praktiken den statistiskt varmaste månaden. Man antar att primärpannan körs på lägsta möjliga effekt och beräknar då den totala producerade energin för ovannämnda tidsperiod. Differensen mellan nätets totala energibehov under tidsperioden och den energi som produceras då pannan körs på lägsta effekt ger den maximala energi som man kan täcka med solfångarkretsen.

Exempel:

Ett fjärrvärmenät har endast en produktionsanläggning. Primärpannan på denna anläggning kan som lägst köras på 1 MW. Fjärrvärmenätets energibehov under den varmaste månaden (juli) är 1000 MWh. I tabell 2 presenteras en uträkning för solfångarkretsens maximala energiproduktion i juli månad.



Tabell 2. Dimensioneringsexempel för centraliserad produktion.

Nätets energibehov i juli (brutto)	1000 MWh
Producerad energi vid minimieffekt	1 MW x 720h = 720 MWh
Maximal energi för solvärmekretsen	1000 MWh – 720 MWh = 280 MWh

Solvärmekretsen kan maximalt dimensioneras för en produktion på 280 MWh i juli månad. För grovt riktgivande siffror kan man räkna med att 1m<sup>2</sup> solfångare ger ca 70 kWh/sommarmånad. Dimensioneringen av själva solvärmekretsen för en viss energiproduktion är betydligt mera invecklad eftersom produktionen är direkt beroende av mängden solstrålning, utetemperaturer, arbetstemperatur, installationsvinkel och allehanda förluster. För ändamålet finns dock etablerad programvara som gör saken betydligt enklare. I detta arbete kommer samtliga beräkningar av solvärmekretsarnas produktion att basera sig på utdata från programvara.

Om fjärrvärmeverket inte är utrustat med värmelager måste man utgå från effekter mitt på den dagen då nätets effektbehov är lägst. Differensen mellan pannans lägsta möjliga effekt och nätets lägsta effektbehov ger maximala toppeffekten för solvärmekretsen.

Exempel:

Pannans lägsta effekt är 1 MW, fjärrvärmenätets lägsta effektbehov 1,2 MW.

$$1,2 \text{ MW} - 1 \text{ MW} = 0,2 \text{ MW}$$

Solvärmekretsens toppeffekt kan vara maximalt 2000 kW.

För grovt riktgivande siffror kan man räkna med att 1m<sup>2</sup> solfångare ger en toppeffekt på ca 0,5 kW.

## 4.2 Drift och underhåll

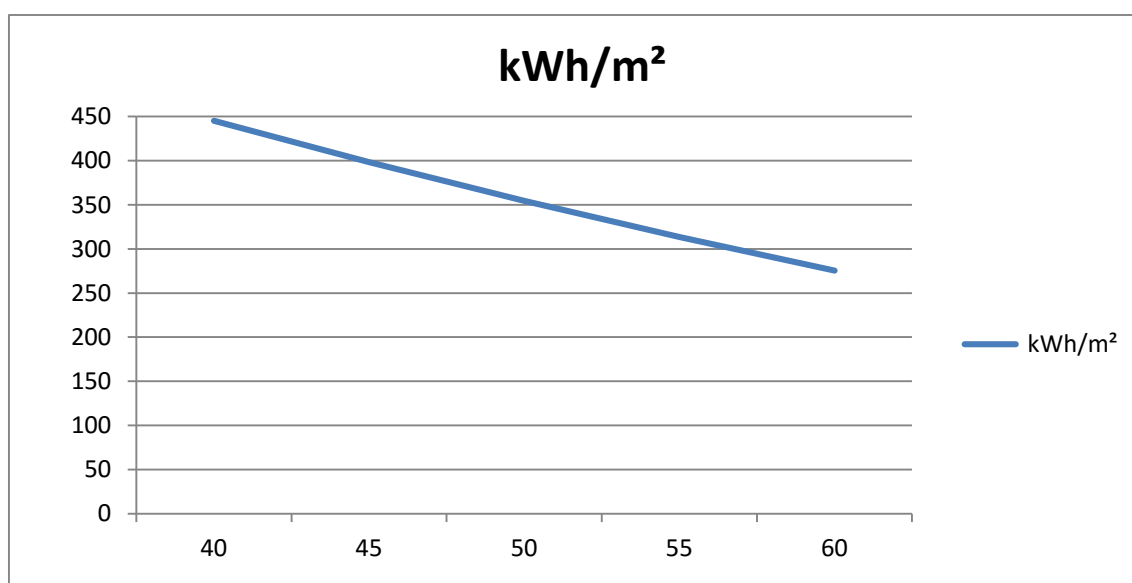
Drift- och underhållskostnader för storskaliga projekt är förhållandevis låga. Solinstrålningen är gratis och obeskattad. Driftkostnader för cirkulationspumpar och övrig utrustning är mycket låga. Solvärmens direkta drift- och underhållskostnader kan i större projekt uppskattas till 3-5% av den totala anläggningskostnaden. (Andren 2011, s 103.)

### 4.3 Livslängd

Allmänt taget antas livslängden för solfångare vara minst 25 år, och under denna tid påverkas inte verkningsgraden märkbart om systemet underhålls regelbundet. Som undtantag till detta kan nämnas solfångare som saknar en pålitlig certifiering. Plansolfångare har funnits på marknaden i mer än 30 år med samma funktionsprinciper. Tekniken som används i vakumrörsolfångare har däremot genomgått rätt så stora förändringar, och därmed finns det inte lika pålitlig information gällande livslängden. Pålitliga källor gällande livslängden på solfångare är försvånansvärt svåra att hitta, och de flesta skriftliga källor behandlar ämnet utan att presentera desto mera bakgrund till påståendena. Roth Nordic ger en garantitid på 10 år för solfångarna, vilket är rätt så typiskt även hos andra tillverkare i samma prisklass.

### 4.4 Returtemperaturens påverkan på solenergiproduktionen

Solfångarnas arbetstemperatur avgörande för verkningsgraden. I figur 3 presenteras returtemperaturens inverkan på årsproduktionen per ytenhet. Simuleringen är gjord som en del av den praktiska tillämpningen som presenteras i avsnitt 5.1 (ca 3300 m<sup>2</sup>). Resultaten torde dock ge en rätt bra bild av situationen också för andra lösningar.



Figur 3. Årsproduktionen per ytenhet (kWh/m<sup>2</sup>) som funktion av fjärrvärmenätets returtemperatur (°C).

## 4.5 Uthyrning av solfångare

Som ett sätt att finansiera centraliserade produktionsanläggningar kan energibolag antingen sälja eller hyra delar av anläggningen. Som exempel kan nämnas Helsingfors energi som har totalt 4186 installerade solpaneler vid sina produktionsställen i Södervik respektive Stensböle. Som konsument har man möjlighet att hyra en ”egen” panel för 4,40€/månad (inkl.moms). Man kan sedan via en telefonapplikation följa upp produktionen för panelen i fråga i realtid. Panelens produktion dras sedan av elräkningen. På Helens sidor står det rätt så tydligt att den förväntade ersättningen i medeltal rör sig runt 1€/månad. Detta betyder att konsumenten betalar över ett fyrdubbelt pris på elen som panelen producerar. Ändå är över 2700 stycken paneler uthyrda i dagsläget (4.4.2016). Detta tyder på att det finns ett tydligt intresse för dylika lösningar åtminstone i huvudstadsregionen där det är svårare att nyttja solenergi i egna fastigheter. (Helsingfors Energi, 2016)

I fallet ovan är månadsavgiften en ren hyra, d.v.s. att kunden aldrig äger någon del av anläggningen. Ett annat alternativ vore att möjliggöra för fjärrvärmekunder att investera i produktionsanläggningen och få en kompensation för motsvarande solvärmeproduktion. För kundens del betyder det ett mycket lätt sätt att nyttja solenergi. I praktiken behöver kunden inte ens befinna sig på samma fjärrvärmeområde som solvärmeproduktionen sker. Vidare forskning behövs för att klargöra lönsamheten för en dylik lösning.

## 5 PRAKTISK TILLÄMPNING

I detta arbete presenteras en teknisk lösning samt en finansanalys för fjärrvärmeproduktion med solvärme på Ekenäs Energi Ab:s fjärrvärmeverk, BIO4, beläget i Bäljars, Karis. Tre olika lösningar kommer att behandlas, 500 m<sup>2</sup>, 1000 m<sup>2</sup> respektive 3400 m<sup>2</sup> solfångararea.

## 5.1 Basis för beräkningar

Som basis för beräkningarna har använts statistik från 2015 för fjärrvärmeverkets del. Som nätets returtemperatur har använts ett medeltal för mars-september. Som jämförelse har simuleringar för den mest omfattande lösningen gjorts även med lägre returetemperaturer på fjärrvärmenätet. För beräkning av solfångarkretsen används data och simuleringar från mjukvaran T-Sol 5.0 (Utgivare: Valentin Software GmbH). Solfångarareorna är valda så att den mest omfattande lösningen är baserad på den största möjliga ytan som kan byggas på befintlig tomt (3300 m<sup>2</sup>). Beräkningar gjordes även för 1000m<sup>2</sup> samt 500m<sup>2</sup>.

Investeringskostnader baserar sig på uppskattningar. För solfångarnas del är uppskattningarna gjorda av tillverkaren av solfångarna, Roth Nordic Ab. För kostnader på fjärrvärmeverkets sida inklusive värmeväxlaren är uppskattningen gjord av Ekenäs Energi Ab. Övriga kostnader baserar sig på uppskattningar från personer inom branschen, offertförfrågningar samt listpriser. I bilaga 3 presenteras noggrannare kostnader samt deras källor.

Fjärrvärmeverket i fråga är inte utrustat med ett värmelager. I beräkningarna antas systemet vara utrustat med ett värmelager som motsvarar minst 0,1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> solfångare. Investeringskostnader för värmelagret är inte beaktade. Enligt Ekenäs Energi skulle ett värmelager i BIO4 behövas oberoende av solvärmeproduktion.

## 5.2 Information om BIO4

BIO4 befinner sig i Bäljars, Karis. Det är en av Ekenäs Energi Ab:s fjärrvärmeproduktionsanläggningar. Primärproduktionen sker med skogsflis. Fjärrvärmenätet i Karis omfattar ca 11 km och BIO4 täcker största delen av det årliga energibehovet. Som komplement finns ett mindre flisvärmeverk som används vid produktionstoppar.

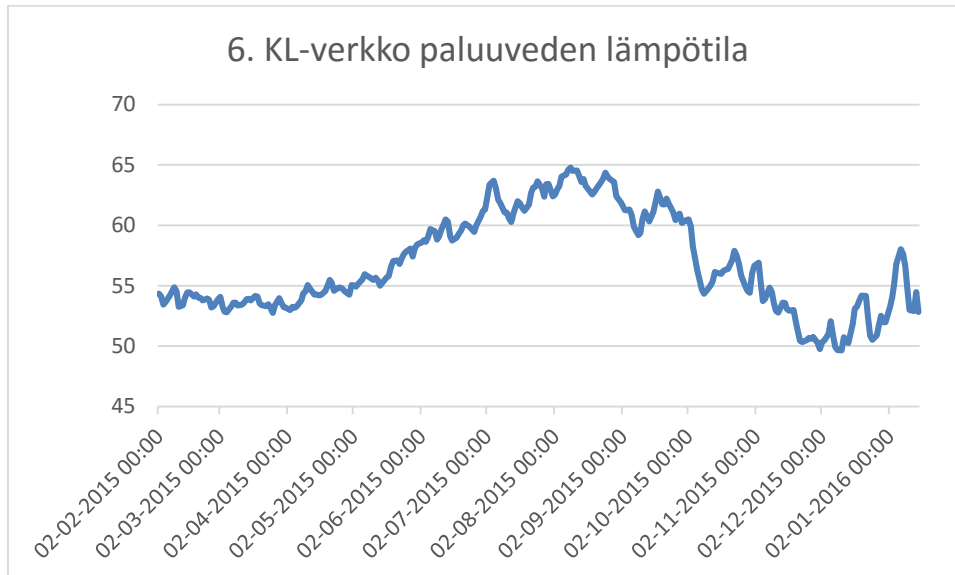
I tabell 3 presenteras teknisk information om BIO4.

Tabell 3. Teknisk information om BIO4.

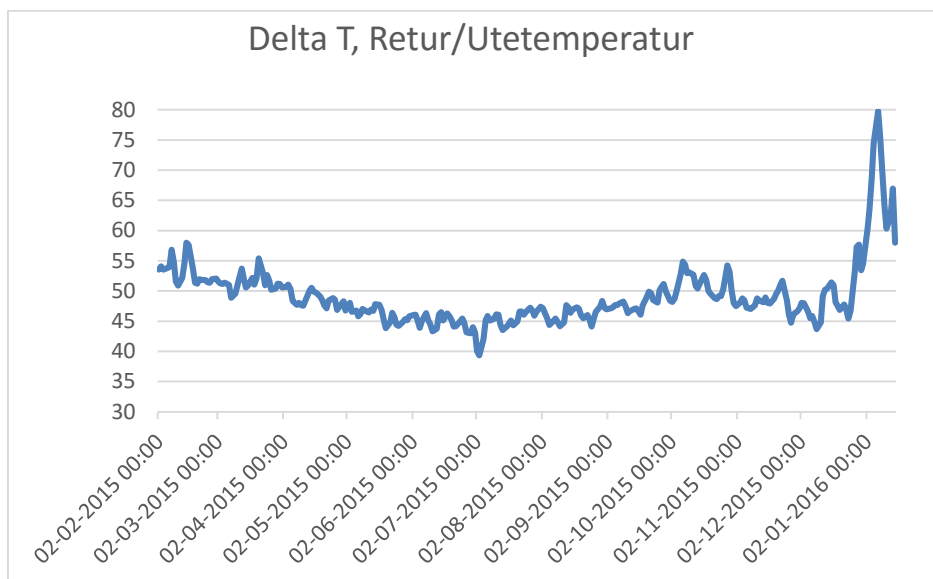
Byggnadsår	2012
Primärbränsle	Skogsflis
Reservpanna	Flytgas
Toppeffekt	5 MW
Minimieffekt, flispanna	1 MW
Nätets försäljningsvolym / år	32 GWh

### 5.2.1 Temperaturer

Temperaturvariationen på fjärrvärmenätets retursida är på årsbasis 53-65°C. Som visualiseras nedan i figur 4 är temperaturen på retursidan högre på sommarmånaderna, medan differensen mellan utetemperaturen och returen är mindre (figur 5). Denna temperaturskillnad är avgörande för solfångarnas verkningsgrad.



Figur 4. Fjärrvärmenätets returtemperatur (°C), år 2015.



Figur 5. Differensen mellan utetemperaturen och den punkt i nätet där solfångarkretsen ansluts (°C), år 2015.

### 5.3 Dimensionering

Flispannan kan som lägsta effekt köras på 1 MW = 720 MWh/månad. Nätets energibehov varierade under sommarmånaderna 2015 från 1200-1500 MW. Man kan då dimensionera solfångarkretsen för den högsta månatliga produktionen  $1200 - 720 = 480$  MWh. Med tidigare nämnda uppskattning kan man estimerar den maximala solfångarytan till  $480 \text{ MWh} / 0,07 \text{ MWh} = 6857 \text{ m}^2$ . Eftersom detta värde är betydligt högre än den mängd som fysiskt kunde byggas på tomten kommer tomtens begränsningar att lägga ram för den maximala solfångarytan som används i detta exempel.

### 5.4 Problematik

Höjda kostnader för primärproduktionen i och med att primärpannan används mindre är inte beaktade i detta arbete. Livslängden för hela systemet kan vara svår att uppskatta noggrant. Hur mycket påverkar oväntade reparationer och byte av komponenter helhetspriset? Hur utvecklas priset på energi producerat med andra bränslen under kommande år? Dessa frågor borde tas i beaktande för att uppnå pålitliga resultat. Ackumulatortankens investeringskostnad är inte beaktad. Ovannämnda faktorer borde beaktas för att nå exakta pålitliga resultat. Vidare forskning krävs.

## 6 SLUTSATSER

En fjärrvärmefastighet kan med relativt enkel teknik möjliggöra en utjämning av solvärmeproduktion till fjärrvärmenätet. I dagens läge är det dock oklart om fjärrvärmeproducenter har ett intresse av att köpa denna energi. Även om producenten vore villig att köpa fastigheternas överproduktion vore priset troligtvis lagt ungefär lika högt som bränslepriset för primärproduktionen. Detta innebär att enhetspriset för energin som fastigheten köper ofta är över tre gånger dyrare än den som säljs till nätet. Då dessutom energin bör överföras till fjärrvärmenätets frånsida tvingar det solfångarna till en temperatur som betydligt sänker verkningsgraden. De större investeringskostnaderna för ett ackumulatortank i fastigheten betalar sig snabbt tillbaka, och i dagens läge är denna lösning att föredra.

Vid centraliserad produktion kan solfångarkretsen kopplas in på retursidan av fjärrvärmenätet så att solvärmekretsen förvärmer returen innan den når primärpannan. Temperaturdifferensen för värmeväxlaren bör hållas så låg som möjligt. En möjlig rökgastvättare bör beaktas så att både den och solvärmekretsen kan jobba med en så sval returtemperatur som möjligt. Fjärrvärmenätets returtemperatur påverkar mycket kraftigt förutsättningarna för solvärmeproduktionen. En ackumulatortank på 100l/m<sup>2</sup> solfångare krävs för att nå en bra verkningsgrad. Vid beräkningar på ett befintligt flisvärmeverk i södra Finland konstaterades att enhetspriset på solenergi kan bli så lågt som 17,49 €/ MWh. (3400m<sup>2</sup> plansolfångare, investeringsstöd 40%, nätets returtemperatur 40°C, 25 år livslängd). I bilaga 4 presenteras enhetspriser för olika systemlösningar. I praktiken betyder detta att centraliserad solvärmeproduktion i de storleksklasserna som här har behandlats blir lönsamma för producenten. För att kunna tävla i rena produktionskostnader mot andra produktionsmetoder krävs dock att investeringsstöd beviljas. Som tumregel kan användas att större anläggningar alltid blir mera lönsamma så länge all energi kan användas till godo, d.v.s. att solvärmesystemet inte orsakar en överproduktion.

## KÄLLOR

Haahtela Yrjänä, Kiiras Juhani 2013 *Talonrakennuksen kustannustieto 2013*, Haahtela-Kehitys Oy

Andrén, Lars 2011 *Solenergi*, 4 reviderade utgåvan. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst, 166.s

Erat Bruno, Erkkilä Vesa, Nyman Christer, Peippo Kimmo, Peltola Seppo, Suokivi Hannu 2008 *Aurinko-Opas*, Borgå: Aurinkoteknillinen Yhdistys ry, 208s.

Energiateollisuus, *Kaukolämpöverkko 2016*. Tillgänglig: <http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukolampoverkko> (Hämtad 29.03.2016)

Motiva, *Kaukolämmön hinta*, 2015. Tillgänglig: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon\\_hinta](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon_hinta) (Hämtad 29.04.2016)

Helsingfors Energi, *Aurinkosähköä Helsingistä*, 2016. Tillgänglig: <https://www.helen.fi/sahko/kodit/aurinkovoimalat/> (Hämtad 28.04.2016)

Energiateollisuus 2015 *Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2014*, ET-Kaukolämpökansio 2/8

Pöyry Management Consulting Oy 2013, *Aurinkolämmön liiketoimintamahdollisuudet kaukolämmön yhteydessä Suomessa*. Energiaosasto

European Solar Thermal Industry Federation, 2016, Tillgänglig: <http://www.estif.org/solarkeymarknew/> (Hämtad 26.04.2016)

Europeiska Unionen 2016 *Klimatåtgärder*, Tillgänglig: [http://europa.eu/pol/clim/index\\_sv.htm](http://europa.eu/pol/clim/index_sv.htm) (Hämtad 29.04.2016)

Ekenäs Energi Ab

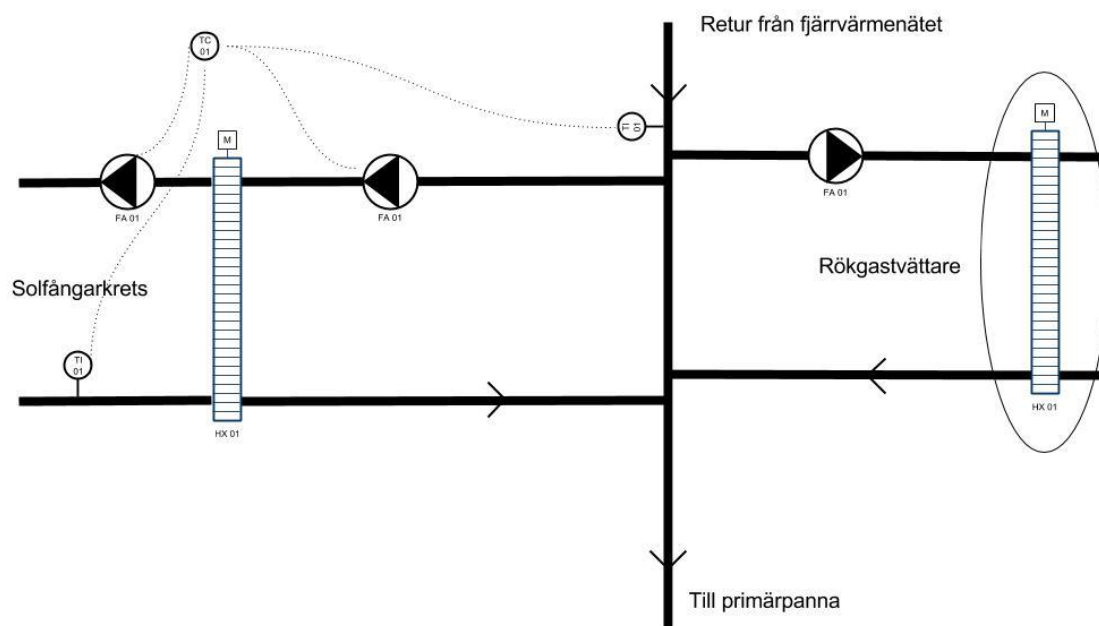
Roth Nordic Ab



# BILAGOR

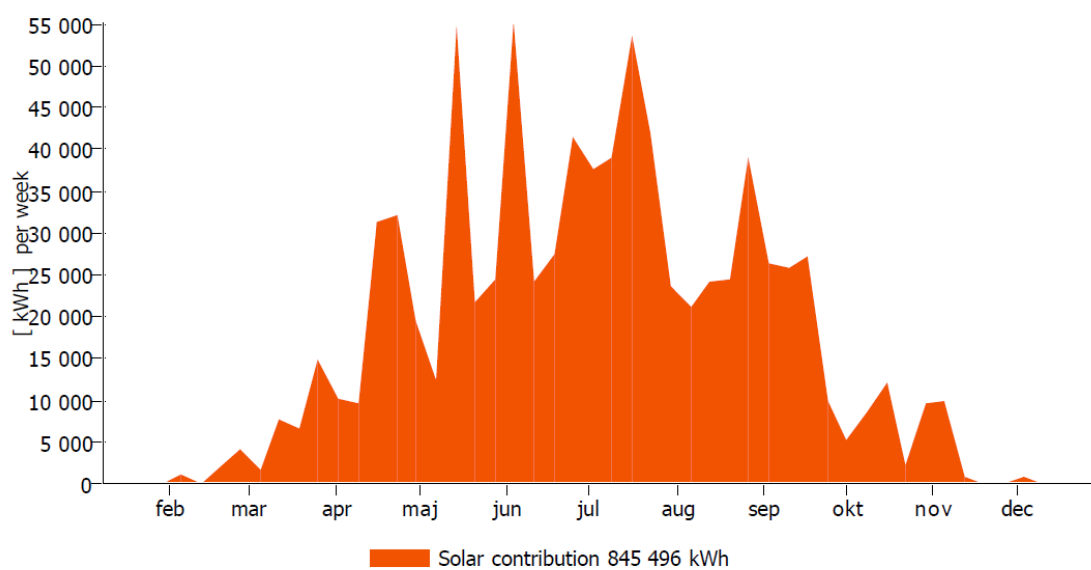
## Bilaga 1

Kopplingsprincip för centraliserad produktion



## Bilaga 2

I diagrammet nedan presenteras produktionens fördelning veckovis för modellåret då fjärrvärmenätets returtemperatur är 60°C.



## Bilaga 3

I tabellen presenteras uppskattningar på investeringskostnader för centraliserad produktion vid BIO4 i Karis.

Lösning	Produkt/Arbete	a pris	Antal	Totalkostnad	Källa	Förklaring
A	Solfångare med tillbehör	-	222	125 000,00 €	Roth Nordic Ab	
B		-	396	221 000,00 €		
C		-	1340	602 000,00 €		
A	Installation av solfångare, ej rörarbete	50,00 €	222	11 100,00 €	Roth Nordic Ab	
B		50,00 €	396	19 800,00 €		
C		50,00 €	1340	67 000,00 €		
A	Grund, Grävjobb	8,10 €	222	1 798,20 €	Haahtela-kehitys OY 2014	Perustusten maankaivu, kaivuusyvyys 0,8 m
B		8,10 €	396	3 207,60 €		
C		8,10 €	1340	10 854,00 €		
A	Grund, Betong	30,00 €	222	6 660,00 €	Haahtela-kehitys OY 2014	Maanvaraiset anturat (bxh) sis muuttityön ja raudoituksen, 0,4 x 0,2
B		30,00 €	396	11 880,00 €		
C		30,00 €	1340	40 200,00 €		
A	Solfångarkrets rör		10200	10 200,00 €	Ahsell Oy listpriser	Isolerat kopparrör DN76: A: 170m B: 350m , C: 1100m
B			21000	21 000,00 €		
C			66000	66 000,00 €		
A	Rörarbete	2 400,00 €	1	3 400,00 €	Roth Nordic Ab	Grunddel 20h + 8h / gren, 50 €/h. A=6 förgreningar B=10 , C=35
B		7 600,00 €	1	5 000,00 €		
C		17 600,00 €	1	15 000,00 €		
A	Solfångarkrets, huvudstam	169€/m	40	19 780,00 €	Energiatollisuus 2014	Fjärrvärmerör, nergrävt med installation. A=2xDN80, 40m B = 2xDN100, 70m C = DN200, 100m + 2xDN150, 50m + 2xDN100, 50m.
B		231€/m	70	37 400,00 €		
C		342/341/231 €/m	400	62 000,00 €		
A	Automation	1 000,00 €	1	1 000,00 €	Grov uppskattning	
B		2 000,00 €	1	2 000,00 €		
C		5 000,00 €	1	5 000,00 €		
A	Expansionskärl	1 000,00 €	1	3 000,00 €	Tillverkares listpriser	
B		2 000,00 €	1	6 000,00 €		
C		10 000,00 €	1	20 000,00 €		
A	Värmeväxlare	5 700,00 €	1	5 700,00 €	Offert, tillverkare	Värmeväxlare inkl 1 pump. A: 5700 € B: 17200 € C: 35900€
B		17 200,00 €	1	17 200,00 €		
C		35 900,00 €	1	35 900,00 €		
A	Värmeväxlarkrets	5 000,00 €	1	5 000,00 €	Ekenäs Energi Ab	Material och arbete, inkl. pump
B		10 000,00 €	1	10 000,00 €		
C		14 000,00 €	1	14 000,00 €		
A	Planering	1 000,00 €	1	1 000,00 €	Grov uppskattning	
B		2 000,00 €	1	2 000,00 €		
C		10 000,00 €	1	10 000,00 €		
A	Drift och uppehåll	3 %	1	5 809,15 €	Andrén 2011	3% av totalinvesteringen
B		3 %	1	10 694,63 €		
C		3 %	1	28 438,62 €		
A	Ränta	2 %	1	3 872,76 €		
B		2 %	1	7 129,75 €		
C		2 %	1	18 959,08 €		
A	TOTALT			203 320,11 €		
B				374 311,98 €		
C				995 351,70 €		

## Bilaga 4

I tabellen nedan presenteras enhetspriser vid centraliserad produktion vid BIO4 i Karis.

### Solfångaryta 3400m<sup>2</sup>

Nätets returtemperatur, C°	Energiproduktion/år, MWh	Årstäckningsgrad, %	Totalkostnad, 25år	Enhetspris, 25 år	Enhetspris, 25 år, 40% investeringsstöd	Enhetspris, 25 år, 30% investeringsstöd
40	1366,14	4,3	995 351,70 €	29,14 €	17,49 €	20,40 €
45	1223,04	3,8	995 351,70 €	32,55 €	19,53 €	22,79 €
50	1088,31	3,4	995 351,70 €	36,58 €	21,95 €	25,61 €
55	962,3	3	995 351,70 €	41,37 €	24,82 €	28,96 €
60	845,5	2,6	995 351,70 €	47,09 €	28,25 €	32,96 €

### Solfångaryta 1000m<sup>2</sup>

50	339,67	1,1	374 311,98 €	44,08 €	26,45 €	30,86 €
60	267,58	0,8	374 311,98 €	55,96 €	33,57 €	39,17 €

### Solfångaryta 500m<sup>2</sup>

50	192,39	0,6	203 320,11 €	42,27 €	25,36 €	29,59 €
60	151,93	0,4	203 320,11 €	53,53 €	32,12 €	37,47 €