

met är väl utbyggt i och omkring i Stockholm, vilket
ertalet olika kommuner. I projektet har WSP varit i
och deras respons har varierat.



SÄSONGSLAGRAD SOLVÄRME VIA FJÄRRVÄRMENÄTET

FÖRUTSÄTTNINGAR OCH ANALYSER

LISA HÅKANSSON

OLA LARSSON

ISBN 978-91-7381-102-6

© 2012 Svensk Fjärrvärme AB

FÖRORD

Sökandet efter olika sätt att nå lägre energianvändning i byggnader pågår kontinuerligt. I det här projektet har man genom fallstudier undersökt möjlig lokalisering av solvärmeanläggningar och förutsättningar för att använda säsongslagrad solvärme i fjärrvärmesystem. Projektet har också titta på miljöeffekterna av säsongslagrad solvärme i tre fjärrvärmenät, det vill säga om det innebär tillförsel av ytterligare förnybar energi eller om det ersätter annan förnybar energi. Det här projektet har alltså undersökt alternativ till att installera utrusning för förnyelsebar energi på den egna fastigheten.

Jonas Gräslund, Skanska har varit uppdragstagare och Ola Larsson projektledare med stöd av Lisa Håkansson, båda från WSP Sverige. En stor arbetsinsats har också utförts av projektets arbetsgrupp där Jonas Gräslund, Skanska, Eva-Katrin Lindman, Fortum Värme, Olof Ingulf, Göteborg Energi och Per Rosén, E.ON har ingått. Arbetsgruppen har tillsammans med Leif Bodinson, Söderenergi (ordförande) och Per Karlsson, Borås Energi & Miljö utgjort referensgrupp till projektet och bidragit med värdefulla synpunkter och råd.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras gemensamt av Energimyndigheten och fjärrvärmebranschen. Fjärrsyn ska stärka möjligheterna för fjärrvärme och fjärrkyla genom ökad kunskap om fjärrvärmens roll i klimatarbetet och för det hållbara samhället till exempel genom att bana väg för affärsmässiga lösningar och framtidens teknik.

Christian Schwartz
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes omvärldsråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Målet med detta projekt har varit att utreda och analysera effekterna och förutsättningarna för storskalig solvärme i fjärrvärmenäten i Malmö, Göteborg och Stockholm.

Det viktigaste resultatet från projektet är att det kan konstateras att det är stora skillnader mellan de olika orterna när det gäller potentialen att utnyttja solvärmen. Det finns flera parametrar som påverkar potentialen, de viktigaste är:

- Fjärrvärmenätets utbyggnad
- Fjärrvärmenätets kapacitet
- Tillgänglig markyta
- Fjärrvärmeproduktion (bränslemix och andel kraftvärme)

Fjärrvärmenätets utbyggnad är en direkt avgörande faktor för en framgångsrik implementering av storskalig solvärme. En stor utbredning av fjärrvärmenätet i kommunernas perifera områden är en fördel när det gäller att hitta lämpliga ytor där andra intressenter inte konkurrerar om marken.

Fjärrvärmenätets kapacitet är en viktig framgångsparameter för dessa installationer. Det har visat sig, främst i Stockholmsområdet men även i Malmö, att det finns tillgängliga markytor men där kapaciteten i fjärrvärmesystemet är en begränsande faktor.

Den tredje signifikant påverkande faktorn är tillgängliga markytor och var dessa är lokaliserade. I Malmö finns stora tillgängliga ytor som är lämpligt lokaliserade i förhållande till fjärrvärmenätet. För Göteborg har det varit mer problematiskt att identifiera lämpliga ytor. Det finns starkt begränsat med tillgängliga markytor, och de ytor som har identifierats är av sådan begränsad storlek att en lagring av värmen är mindre intressant. I Stockholm finns relativt stora tillgängliga markytor. Ett problem med dessa är att de är belägna på fel ställe i förhållande till fjärrvärmenätets utbyggnad.

Den fjärde väsentligt påverkande faktorn är vilken del av den existerande fjärrvärmeproduktionen som solvärmen ska ersätta. Störst miljönytta uppnås om den säsongslagrade solvärmen kan ersätta hetvattenproduktion baserad på fossila bränslen.

Sammanfattningsvis skulle 30 % solvärme kunna tillföras Malmöregionen, 4 % solvärme tillföras Stockholmsregionen men situationen i Göteborg är mer osäker.

Beräkningar och analyser som genomförts i detta projekt visar att solvärmens miljönytta blir störst om den säsongslagras. Det som generellt gäller i de tre analyserade regionerna är att den befintliga fjärrvärmeproduktionen har en stor andel kraftvärme. Om solvärmen inte skulle lagras, utan utnyttjas under sommarhalvåret, skulle den ersätta kraftvärmeproduktion i alla tre städerna. Vid beräkning av miljöpåverkan med kraftbonusmetoden ger kraftvärme som ersätts med solvärme högre koldioxidutsläpp utan att ge någon minskad primärenergianvändning. Anledningen till detta är att elproduktionen på marginalen ersätts med solvärme.

SUMMARY

The aim with this project has been to investigate and analyse the effects and the prerequisites for large scale solar thermal input into the district heating system in Malmö, Gothenburg, and Stockholm.

The most important result that can be drawn from the project is that there are large differences between the different cities with regards to the potential use of solar thermal energy. There are many parameters which affect the potential use of this technology in this way. The most prominent of which are as follows:

- The expansion of the district heating network
- The capacity of the district heating network in terms of the existing pipe diameters
- The availability of land
- The production of district heating (the fuel mix and the proportion of combined heat and power (CHP))

The expansion of the district heating is a decisive factor for the successful implementation of large scale solar thermal production. A large increase in the scale of the network within the boundary of the respective municipality is an advantage when finding appropriate land area where other stakeholders are not competing for that land.

The pipe diameters of the district heating network is an important factor in the success of solar thermal systems. Particularly in the area of Stockholm, though also in Malmö, land is available but the dimensions of the existing pipework is a restricting factor.

The third significant issue is the availability of land and its location. In Malmö there are large areas of land which are in suitable locations in relation to the existing network. For Gothenburg it has been more problematic to identify such suitable land areas. The land availability is greatly reduced and the areas which have been identified are small in size such that the heat storage potential is less favorable. Whilst Stockholm has relatively large areas of available land they are in the wrong locations for the expansion of the district heating network.

The fourth significantly influencing factor is the question over which portion of the existing district heat production can be replaced by heat from solar thermal energy. The largest environmental benefits are achieved if the seasonally stored solar heat can replace fossil-fueled hot water production.

In summary, 30% of the required heat energy can be delivered via solar thermal production to the Malmö region and 4% to Stockholm's region. The situation with Gothenburg is less certain.

Calculations and analyses carried out in this project show that the environmental benefit of solar thermal energy use is largest if it is seasonally stored. In general a common finding of the three analysed regions is that the existing district heat production comprises a large portion produced from CHP. If the solar thermal energy cannot be stored and instead is used during the summer period, it could replace the

heat production from CHP in all three cities. When calculating the environmental effect with the power bonus method, the solar thermal energy which replaces the CHP gives a higher carbon dioxide emission without giving a reduced primary energy usage. The reason for which is that in the calculation using the power bonus method is based on a replacement of electricity production using fossil based fuels in comparison to electricity produced Nordic electricity mix.

INNEHÅLL

SUMMARY	5
1 INLEDNING	9
1.1 KUNDDRIVET	9
1.2 BAKGRUND SOLFJÄRRVÄRME	10
1.3 SYFTE	11
2 METOD	12
2.1 REFERENSGRUPP	12
2.2 ARBETSGRUPP	12
2.3 PLATSBESÖK OCH MÖTE MED LOKALA MYNDIGHETER	12
2.4 ANALYSSTEG	12
2.5 AVGRÄNSNINGAR	13
2.6 DISPOSITION	13
3 AFFÄRSUTVECKLING	14
3.1 BAKGRUND	14
3.2 SAMMANSTÄLLNING	14
4 MILJÖPÅVERKAN FRÅN ENERGIANVÄNDNING	16
4.1 INLEDNING	16
4.2 BOKFÖRING- ELLER MARGINALPERSPEKTIV	16
4.3 KRAFTBONUSMETODEN	17
4.4 KOLDIOXID	17
4.5 RESURSEFFEKTIVITET, PRIMÄRENERGI	17
4.6 EMISSIONSFAKTORER	18
5 LAGKRAV OCH MILJÖ-CERTIFIERINGSSYSTEM	20
5.1 INLEDNING	20
5.2 BOVERKETS BYGGREGLER	20
5.3 MILJÖCERTIFIERINGSSYSTEM	21
6 BESKRIVNING AV TEKNIK	26
6.1 SOLFÅNGARE	26
6.2 LAGRING AV VÄRME	29
7 FALLSTUDIE 1 - MALMÖ	32
7.1 E.ON	32
7.2 MALMÖ STAD	34
7.3 DISKUSSION MED KOMMUNER	34
7.4 LÄMPLIGA LOKALISERINGAR	35
8 FALLSTUDIE 2 - GÖTEBORG	37
8.1 GÖTEBORG ENERGI	37

8.2	GÖTEBORGSREGIONEN	39
8.3	LÄMPLIGA LOKALISERINGAR	40
9	FALLSTUDIE 3 - STOCKHOLM	44
9.1	FORTUM VÄRME	44
9.2	STOCKHOLM STAD	47
9.3	DISKUSSION MED KOMMUNER	47
9.4	LÄMPLIGA LOKALISERINGAR	50
10	RESULTAT FRÅN SIMULERINGAR I FJÄRRVÄRMENÄT	53
10.1	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	53
10.2	RESULTAT FRÅN MALMÖ	54
10.3	RESULTAT FRÅN GÖTEBORG	56
10.4	RESULTAT FRÅN STOCKHOLM	58
10.5	MILJÖVINSTERNA MED LAGRING AV SOLVÄRME	62
11	EKONOMISKA ÖVERSLAGSBERÄKNINGAR	76
11.1	INLEDNING	76
12	GENERELLT FJÄRRVÄRMESYSTEM	77
12.1	INLEDNING	77
12.2	NYCKELTAL	77
13	SLUTSATSER	78
14	REFERENSER	80
BILAGA 1		81
BILAGA 2		82

1 INLEDNING

1.1 Kunddrivet

Strävan och kraven på låg energianvändning för byggnader och nZEB (nearly Zero Energy Buildings) innebär en kombination av energieffektiva byggnadstekniker och förnyelsebar energi.

Både fastighetsbolag och deras kunder efterfrågar idag i stor utsträckning möjligheter att ytterligare reducera sin miljöpåverkan med hjälp av förnybara energikällor. Småskalig solvärme är i urban miljö inte någon bra lösning eftersom det leder till ökade drift- och underhållskostnader samt att det inte är kostnadseffektivt att lagra solvärmen över ett längre intervall i små system.

En av de tänkbara teknikerna för förnybar energi är solvärme, och ett rationellt sätt att tillföra den är via infrastrukturen. I dagens svenska fjärrvärmesystem sker ett marginellt direkt nyttjande av solvärme. Fjärrvärmebranschen bedömer att tekniken inte är kostnadseffektiv och den bidrar inte heller till lönsam värmeproduktion på samma sätt som kraftvärmeproduktionen. Men om solvärmen kan säsongslagras uppstår ur ekonomiskt synvinkel och miljöhänsenande positiva systemeffekter.

På detta sätt kan solvärmen ersätta dyr och ofta mindre hållbar värmeproduktion vintertid istället för att ersätta den billiga och systemeffektiva kraftvärmeproduktionen under sommarhalvåret.

Uttag av energi ur lagret förutsätts inte ske med ”realtidsskoppling” till de framtida för solvärme kontrakterade byggnadernas värmebehov. Uttaget sker istället då det gör mest nytta, dvs då baslasten inte är tillräcklig för värmeförsörjning av hela det till fjärrvärmenätet anslutna byggnadsbeståndet.

I praktiken innebär det att under perioder med uttag ur lagret kommer solvärmen att distribueras till fler abonnenter än de för solvärme kontrakterade byggnaderna medan energibalansen mellan solvärme och de för solvärme kontrakterade byggnadernas värmebehov stämmer på årsbasis.

Det finns exempel på fjärrvärmesystem med säsongssolvärmelager, men då har ofta lagret en låg temperatur (borrhål). För att höja temperaturen så att solvärmen kan utnyttjas i ett fjärrvärmesystem måste då en värmepump utnyttjas. Detta förfarande ska undvikas eftersom det innebär att högvärdig energi (el) utnyttjas för att skapa lågvärdig energi (värme).

För att säsongslagret ska kunna avge så höga temperaturer att solvärmen kan utnyttjas utan en temperaturhöjning från en värmepump bör lagret vara stort. Ett stort lager har mindre procentuella värmeförluster jämfört med ett mindre lager. Därför är ett gemensamt säsongslager för många byggnader mer realistiskt än ett säsongslager per byggnad.

1.3 Syfte

Huvudsyftet med detta projekt är att undersöka följande:

- Lokalisering – var kan man etablera anläggningar för solfångare och värmelager
- Drift – hur bör driften av anläggningarna ske
- Påverkan – hur kommer den tillförda energin och effekten att påverka de befintliga fjärrvärmesystemen och hur påverkar det fjärrvärmens utsläpp av växthusgaser

Projektet har utrett förutsättningarna i de tre städerna Stockholm, Göteborg och Malmö samt tagit fram generella potentialer och effekter för ett generellt fjärrvärmennät.

Projektet behandlar indirekt begreppet smarta värmennät, dvs. fjärrvärmekunder som levererar värme till ett existerande fjärrvärmennät. Detta är en frågeställning som kommer att aktualiseras i allt större utsträckning i framtiden. Därmed är det en viktig fråga för fjärrvärmebranschen att undersöka redan idag.

2 METOD

2.1 Referensgrupp

Projektet har haft en referensgrupp vars syfte har varit att diskutera viktiga frågor kring säsongslagrad solvärme. Referensgruppen har bestått av följande personer:

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| • Leif Bodinson | Söderenergi, ordförande |
| • Jonas Gräslund | Skanska |
| • Per Rosén | E.ON |
| • Eva-Katrin Lindman | Fortum Värme |
| • Per Karlsson | Borås Energi & Miljö |
| • Olof Ingulf | Göteborg Energi |

2.2 Arbetsgrupp

Projektet har även haft en arbetsgrupp vars syfte har varit att diskutera och arbetat med frågor kring säsongslagrad solvärme. Arbetsgruppen har bestått av följande personer:

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| • Ola Larsson | WSP, projektledare |
| • Lisa Håkansson | WSP, biträdande projektledare |
| • Jonas Gräslund | Skanska, anslagssökande |
| • Per Rosén | E.ON |
| • Eva-Katrin Lindman | Fortum Värme |
| • Olof Ingulf | Göteborg Energi |

2.3 Platsbesök och möte med lokala myndigheter

Inom projektet har det skett platsbesök med representanter från de tillfrågade kommunerna. Diskussionerna vid platsbesöken har utgått ifrån vilka ytor som finns tillgängliga i respektive kommun, vilka ytor som kommer att exploateras i framtiden och vilka ytor som kan vara lämpliga.

2.4 Analyssteg

Projektet har utförts enligt följande tillvägagångssätt:

1. Diskussion med kommunen om lämplig lokalisering/lokaliseringar inklusive platsbesök
2. Potentialbedömning för de utvalda lokaliseringarna, dvs. beräkningar av möjliga energiproduktionen
3. Diskussion med fjärrvärmebolaget vilka lokaliseringar som är passande utifrån deras distributionsnät
4. Val av lokalisering/lokaliseringar
5. Beräkning av hur energimängderna påverkar energibolagens produktion

I detta projekt har fokus varit på att identifiera alla tänkbara lokaliseringar, även sådana lokaliseringar som i dagsläget inte är aktuella då de befinner sig för långt från fjärrvärmenätet. I inventeringen av tillgängliga ytor har storleken varit en begränsande faktor, den tillgängliga ytan måste minst vara 1 ha.

2.5 Avgränsningar

I projektet har vi valt att fokusera på lokalisering och effekterna för fjärrvärmebolagen.

Avgränsningarna i projektet har framför allt rört djupare beskrivning av teknik (solfångare och lagring) men även framtida förändringar i Boverkets byggregler samt eventuella förändringar i miljöklassningssystemen.

Avgränsningar gäller även fjärrvärmeproduktionen, beräkningarna och analyserna har utgått från produktionen 2013. Framtida förändringar i fjärrvärmeproduktion kommer att förändra resultaten från analyserna.

2.6 Disposition

Rapporten består av 14 kapitel. Kapitel 1 redogör kortfattat om uppdragets bakgrund och syfte. Kapitel 2 behandlar metodval, avgränsningar och projektets olika delar. Kapitel 3 innehåller en sammanställning över tidigare kandidatarbeten utifrån presumtiva kunders tankar och åsikter om säsongslagrad solvärme. I Kapitel 4 ges en beskrivning av hur miljövärderingen av energianvändningen bör genomföras. Kapitel 5 redogör för vilka effekter säsongslagrad solvärme får i olika miljöklassningssystem för fastigheter samt i förhållande till Boverkets byggregler (BBR). Kapitel 6 beskriver teknik avseende solfångare och värmelagring. Kapitlena 7, 8 och 9 beskriver förutsättningarna i de tre valda orterna (Malmö, Göteborg och Stockholm) utifrån respektive Orts fjärrvärmenät och tillgängliga markytor. Här redovisas såväl tillgängliga markytor som vilka av dessa som är lämpliga utifrån fjärrvärmenätens utbredning och kapacitet. Kapitel 10 behandlar resultatet av energisimuleringarna, dvs vilka miljöeffekterna blir i respektive fjärrvärmenät när solvärme tillförs. I kapitel 11 lämnas en grov kostnadsuppskattning för de lokaliseringar som bedömts som möjliga att realisera. Kapitel 12 behandlar solvärme i ett genomsnittligt svenskt fjärrvärmenät, dvs. vilka effekterna blir om solvärme införs i ett generellt fjärrvärmesystem. Kapitel 13 redovisar slutsatser från projektet och slutligen redovisas i kapitel 14 referenser.

3 AFFÄRSUTVECKLING

3.1 Bakgrund

Ett kandidatarbete om solvärme i fjärrvärmenät har initierats av Skanska och genomförts av studenter vid Institutionen för Fastigheter vid KTH.

Skanskas syfte var att studera presumtiva kunders syn på storskalig energiproduktion som inte är lokaliserad i direkt anslutning till fastigheten.

Skanska har tillsammans med Fortum Värme initierat ytterligare ett examensarbete om solvärme i fjärrvärmenät, Detta arbete är en fortsättning på det förra projektet, men med fokusering på avtalsmässiga frågor mellan kund och energileverantörer av solvärme. Detta projekt är dock inte avslutat ännu, så det är för tidigt att säga vilka lärdomar från detta projekt som kan komma till nytta i detta forskningsprojekt.

3.2 Sammanställning

Det förstnämnda kandidatarbetet bär titeln Förutsättningar för storskalig fastighetsanknuten energiproduktion i den befintliga infrastrukturen. Det har utrett hur några olika fastighetsbolag ser på el- och värmeproduktion som inte är knuten till fastigheten.

De fastighetsbolag som intervjuades i projektet var följande:

- Anna Denell, Miljöchef, Vasakronan AB
- Anders Kupsu, VD, Diligentia AB
- Johan Tjernström, energistrateg, Akademiska Hus AB
- Klas Johansson, Head of sustainability, Jernhusen AB
- Martin Tufvesson, Transaktionschef, AMF Fastigheter AB
- Michael Eskils, Miljöansvarig, AMF Fastigheter AB
- Johan Zachrisson, Fastighetschef, Humlegården AB
- Tony Jakobsson, Bygg- och fastighetschef, Max Hamburgerrestauranger AB
- Per Söderberg, Affärsutveckling miljöteknik, Norrporten AB
- Roger Ekström, vice VD, Fastighets AB L.E. Lundberg
- Clas Hjort, VD, Home Properties AB

I rapporten finns det en beskrivning av olika energiproducerande tekniker, deras potential, beskrivning och marknad.

De allmänna slutsatserna från kandidatarbetet är följande:

- Miljömedvetenheten har ökat bland fastighetsägarna. Detta visar sig bl.a. i miljöstrategier och miljöfrågor. Det reses dock frågor kring hur seriöst vissa fastighetsägare arbetar med miljöfrågorna.
- Trots en ökad miljömedveten är det tydligt att den ekonomiska lönsamheten avgör investeringsbesluten. Investeringen måste vara lönsam, oberoende vad miljöstrategin säger.

- Fastighetsägares inställning till miljöområdet och pilotprojekt varierar med ägarstruktur, fastighetsbolag som är knutna till pensionsfonder är generellt mer benägna att investera i ny teknik inom miljöområdet.
- Hyresgäster är generellt inte beredda att betala ett högre pris för miljövänliga kontrakt, men det finns undantag. Större företag efterfrågar nästan uteslutande gröna hyreskontrakt.

De specifika slutsatserna från kandidatarbetet om säsongslagrad solvärme är följande:

- Marknaden för säsongslagrad solvärme är än så länge inte mogen. Det finns ett betydligt större intresse för investeringar i vindkraft.
- De intervjuade fastighetsägarna ställer sig mycket positiva till säsongslagrad solvärme om det är en stabil och trovärdig aktör som står bakom anläggningen. Om denna aktör kan garantera en god teknik och god funktionalitet för anläggningen upplever de intervjuade fastighetsägarna inte att det skulle vara krångligare eller mer riskabelt att investera i solfångaranläggning än i vindkraft.
- Ett påpekade från flera av de intervjuade fastighetsägarna var att systemperspektivet är viktigt vid tredjepartstillträde så att miljövinster uppstår.
- Det är inte ekonomiskt försvarbart att i uppstarten enbart ansluta nybyggda fastigheter till säsongslagret. Det skulle innebära att det tar för lång tid att knyta upp tillräckligt stora fastighetsareor till säsongslagret.
- I ett längre perspektiv kan det även finnas intresse och möjlighet att ansluta privatpersoner och mindre organisationer till säsongslagret.

4 MILJÖPÅVERKAN FRÅN ENERGIANVÄNDNING

4.1 Inledning

Det finns en rad olika beräkningsätt och beräkningsmetoder för att bedöma energianvändningens miljöpåverkan. Valet av beräkningssätt och emissionsfaktorer påverkar beräkningsresultaten i stor utsträckning.

De olika betraktelsesätten är en av anledningarna till att Svensk Fjärrvärme tillsammans med Fastighetsägarna, HSB, Hyresgästföreningen, Riksbyggen och SABO har tagit fram riktlinjer för miljövärdering av fjärrvärmeanvändning. Dessa riktlinjer avser ett bokföringsperspektiv.

Sammanslutningen av de ovan nämnda aktörerna går under namnet Värmemarknadskommittén (VMK). De har valt att fokusera på tre typer av miljöpåverkan:

- Klimatpåverkan i form av utsläpp av koldioxid
- Resursutnyttjande i form av primärenergi
- Andelen fossila bränslen

VMKs beräkningsätt och emissionsfaktorer för olika bränslen används i dagsläget av nästan hela den svenska fjärrvärmebranschen. VMKs emissionsfaktorer ligger till grund för beräkning av miljöpåverkan i detta projekt.

4.2 Bokföring- eller marginalperspektiv

Det finns två olika sätt att värdera energins miljöpåverkan; bokförings- respektive marginalperspektiv. Skillnaderna dem emellan avser när förändringen i energisystemet sker. Ska förändringarna betraktas på årsbasis (bokföringsperspektiv) eller momentant (marginalperspektiv)?

Marginalperspektivet brukar ligga till grund vid systemval, dvs. vilken energiförsörjning ger upphov till störst miljöpåverkan vid ökad eller minskad produktion. Bokföringsperspektivet brukar ligga till grund för värdering av energianvändningens miljöpåverkan vid årets slut, dvs. ett genomsnitt av alla bränslen och energibärare som legat till grund för energiproduktionen under året.

Simuleringar och analyser av produktionsmixen hos de fjärrvärmebolag som ingår i detta projekt har skapat kunskap om vilka bränslen som solvärmen ersätter. Därmed blir det ett marginalperspektiv som ligger till grund för miljövärderingen i detta projekt.

4.3 Kraftbonusmetoden

Vid beräkning av miljöpåverkan från kraftvärmeproduktion ska kraftbonusmetoden (Power Bonus Method) ligga till grund för beräkningarna.

$$PEF_{fj} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} PEF_{br,i} - PEF_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}}$$

PEF_{fj} = primärenergifaktor för fjärrvärmesystemet

$$E_{pe,i} \times PEF_{br,i}$$

= totala primärenergifaktorn för allt bränsle som används i fjärrvärmesystemet

$Q_{del(j)}$ = totalt levererad fjärrvärme till slutkunder

PEF_{el} = primärenergifaktor för elen från elnätet

$W_{chp,el}$ = producerad el i kraftvärmeverket

Om elverkningsgraden i kraftvärmeverket är hög och/eller om primärenergifaktorn för den ersatta elen har ett högt värde kan negativa värden på primärenergifaktorn uppstå. Enligt standarden ska negativa värden ansättas till noll.

Detta gäller endast för beräkning av primärenergifaktorn, vid beräkning av koldioxidutsläppen får värdet vara negativt.

4.4 Koldioxid

Vid denna beräkning ingår koldioxidekvivalenter. Växthusgaserna metan och lustgas är då inkluderade i beräkningarna. Dessa beräkningar redovisar också hur emissionerna fördelar sig mellan energiomvandling (förbränning) och produktion och utvinning av bränslet.

4.5 Resurseffektivitet, primärenergi

Resurseffektivitet redovisas med en beräkning av primärenergianvändningen. Denna beräkning inkluderar förlusterna vid utvinning, energiproduktion och energidistribution.

4.6 Emissionsfaktorer

De emissionsfaktorer som har använts i denna studie baseras på VMKs modell. Emissionsfaktorerna redovisas i tabell nedan.

Tabell 1: Emissionsfaktorer enligt VMK för år 2013.

Bränsle	Primärenergifaktor	Koldioxidekvivalenter, energiomvandling [g CO _{2,ekv} /kWh]	Koldioxidekvivalenter, produktion och transport av bränslet [g CO _{2,ekv} /kWh]
Annat bränsle	1,11	280	21
Avfall	0,04	97	4
Avfalls- och restgas	0,15	0	10
Avfallsgas från stålindustrin	0	0	0
Bioolja	0,04	6	4
El – okänt ursprung	2,26	291	Ej tillgängligt
El - ursprungsmärkt el	Varierande	Varierande	Varierande
EO1	1,11	270	21
EO2-EO5	1,11	280	21
Industriell spillvärme och energi från rökgaskondensering	0	0	0
Köpt hetvatten	1,11	280	21
Naturgas	1,09	207	40
Övriga biobränsle	1,05	9	28
Övrigt fossilt	1,11	280	21
Pellets, briketter och pulver	0,11	6	13
Primära trädbränslen	1,05	9	28
RT-flis	0,05	9	3
Sekundära trädbränslen	0,03	9	7
Stenkol	1,15	357	28
Tallbeckolja	0,04	6	0
Torv (fjärrvärme och elproduktion)	1,01	393	40
Torv (Övrigt)	1,01	357	40
Värme från värmepump minus el till värmepump	0	0	0

Det finns ingen emissionsfaktor för solvärme i VMKs underlag. Många av faktorerna i VMK har sin källa i Miljöfaktaboken². Där finns också underlag för solvärme. Miljöfaktabokens primärenergifaktor för solvärme är 0,22 och dess emissionsfaktor för koldioxid är 0 g/kWh.

Miljöfaktabokens underlag har en studie från 2005 som grund. Värdena baseras på en mindre fristående solvärmeanläggning, ca 2 m² med en inbyggd ackumulatortank på 160 l. Livslängden är ansatt till 15 år och tillverkningen av solfångarna ska ske i Italien.

Miljöfaktabokens primärenergifaktor och emissionsfaktor för solvärme bedöms inte vara applicerabara i detta projekt. Det är för stor skillnad mellan installationen i studien och de tänkta installationerna i detta projekt. I detta projekt har primärenergifaktorn för solvärme ansatts till 0. Det är ett för lågt värde, men i det här fallet bättre än värde än Miljöfaktabokens värde. Att anta att primärenergifaktorn är 0 gör det även enklare, om bättre underlag kommer fram, att i ett senare skede korrigera resultatet från detta projekt.

² Miljöfaktaboken 2011, Uppskattade emissionsfaktorer för bränsle, el, värme och transport, Gode, Martinsson, Hagberg, Öman, Höglund, Palm

5 LAGKRAV OCH MILJÖ-CERTIFIERINGSSYSTEM

5.1 Inledning

Samtliga nyproducerade byggnader och ombyggnadsprojekt ska uppfylla Boverkets byggregler (BBR). Från och med 1 januari 2013 gäller BBR 19. I kapitel 5.2 nedan redovisas hur säsongslagrad fjärrvärme påverkar uppfyllandet av Boverkets byggregler.

De senaste åren har det i Sverige blivit allt vanligare att miljöcertifiera byggnader. Det finns ett flertal olika system på den svenska marknaden. Hur säsongslagrad fjärrvärme kan påverka bedömningen i de tre vanligaste systemen beskrivs i kapitel 5.3.

5.2 Boverkets byggregler

Både nyproducerade byggnader och större ombyggnadsprojekt ska uppfylla kraven i Boverkets Byggregler 19 (BBR 19). I BBRs kapitel 9 anges minimikrav för byggnaders energianvändning. Kraven varierar beroende på byggnadstyp, och de varierar även beroende på vilket energislag byggnaden använder. I denna rapport berörs endast de delar av Boverkets krav som är kopplat till vilket energislag som byggnaden använder. För övriga krav och regler i BBR 19 hänvisas till regelsamlingen i sin helhet.

BBR anger en högsta tillåten energianvändning för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel. Mängden hushållsel eller verksamhetsel inkluderas ej i Boverkets krav. Den enligt BBR högsta tillåtna energianvändningen anges i kWh fördelat på byggnadens uppvärmda (till minst 10° C) area, s.k. A_{temp} och benämns som specifik energianvändning med enheten kWh/m² och år.

Följande parametrar påverkar tillåten energianvändning enligt BBR:

- Geografiskt läge för byggnaden
- Huvudsakligt energislag
- Byggnadens användningsområde d.v.s. bostad eller lokal

Byggnadens geografiska läge påverkar tillåten energianvändning. En byggnad som byggs i norra Sverige får använda mer energi än en som ligger i södra Sverige. Sverige har i Boverkets byggregler delats in i tre klimatzoner. Kravet varierar även med huvudsakligt energislag och byggnadstyp. En byggnad klassas som eluppvärmd om den installerade eleffekten för uppvärmning är större än 10 W/m² (A_{temp}).

För både bostäder och lokaler gäller även: *”Solfångare eller solceller på byggnaden eller i angränsande uthus minskar behovet av köpt energi och reducerar således byggnadens specifika energianvändning.”*(BBR 19)

Kraven på högsta tillåtna energianvändning i BBR tar hänsyn till solfångare eller solceller som placeras på eller i anslutning till byggnaden. Denna energimängd får tillgodoräknas och minskar således byggnadens behov av energi förutsatt att

solfångaren eller solcellen är placerad på byggnaden eller på angränsande uthus. Om solfångaren eller solcellen placeras i ett energinät, t.ex. i ett fjärrvärmenät, utanför byggnadens systemgräns bidrar den däremot inte till minskat energibehov för byggnaden.

BBR tar inte hänsyn till hur energin har producerats, så vida det inte rör sig om solenergi på byggnaden. BBR beaktar således inte olika energibärares utsläpp av koldioxid eller koldioxidekvivalenter. Byggreglerna baseras inte heller på primärenergifaktorer, kravet gäller bara mängden köpta kilowattimmar fördelat på uppvärmd area under ett normalår. Som tidigare nämnts får endast fastighetsanknuten förnybar energi (t.ex. solfångare/solceller) tillgodoräknas för att minska byggnadens behov av köpt energi. Storskalig solvärmeproduktion påverkar således varken positivt eller negativt byggnadens möjlighet att klara de gällande byggreglerna, eftersom denna typ av energitillförsel inte beaktas i byggreglerna.

5.3 Miljöcertifieringssystem

Det har blivit allt vanligare att certifiera byggnader, både i befintligt byggnadsbestånd och nyproducerade byggnader. Det vanligaste svenska systemet är *Miljöbyggnad*. Det administreras av Sweden Green Building Council. På den svenska marknaden vinner även två större internationella certifieringssystem insteg. Dessa två är *LEED* från USA och *BREEAM* från Storbritannien. LEED är baserat på amerikanska lagar och standarder men kan användas internationellt, vissa mindre möjligheter att göra lokala anpassningar finns i systemet. BREEAM-SE är en Sverige-anpassning av en internationell BREEAM version. Den Sverige-anpassade versionen finns som pilotversion och utvärderas under 2012/2013.



5.3.1 Miljöbyggnad

Systemet består av tre områden; energi, inomhusmiljö samt material och kemikalier. Systemet innehåller 16 stycken olika indikatorer, och klassningen sker i nivåerna KLASSAD, BRONS, SILVER och GULD. En indikator påverkas av säsongslagrad solvärme, nämligen indikator 4 – Energislag. Den innebär att man bedömer hur den

³ Bilder från www.sgbc.se, www.usgbc.org och www.breeam.org

energi som försörjer byggnaden är producerad. I denna bedömning ska även verksamhetsenergi och hushållsenergi ingå. Systemet har valt att kategoriser energislagen i fyra olika miljökategori, se nedan. Byggnadens beräknade eller uppmätta energianvändning fördelas enligt de fyra miljökategorierna. Kategori 1 är den kategori som har minst miljöbelastning och kategori 4 är den kategori som har störst miljöbelastning. Ju större andel i kategori 1 och 2 desto högre betyg kan erhållas.

I Miljökategori 1 ingår

- Solenergi, d.v.s. värme från solfångare och el från solceller.
- El från vind- och vattenkraft.
- Industriell spillvärme som saknar försäljningsvärde och som annars skulle gå förlorad.

I Miljökategori 2 ingår

- Energi som härrör från biobränsle i värme- och kraftvärmeverk.
- Miljöprövad biobränslepanna.

I Miljökategori 3 ingår

- Icke miljögodkända pannor

Miljökategori 4 ingår

- Energi som är varken är förnybar eller flödande, t ex som naturgas, olja, torv, kol, kärnkraft (uran).

För att erhålla de olika betygen krävs att energianvändningen är fördelad enligt tabell 2 nedan.

Tabell 2: Klassningskriterier för olika betygsnivåer på indikator 4 Energislag.

	BRONS	SILVER	GULD
% av årlig energianvändning i byggnaden:	>50 % från miljökategorierna 1, 2 och 3.	> 10 % från Miljökategori 1 och < 25 % från Miljökategori 4 Alternativt: > 50 % från Miljökategori 2 och < 25 % från Miljökategori 4	> 20 % från Miljökategori 1 och < 20 % från vardera Miljökategori 3 och 4 Alternativt: > 50 % från Miljökategori 2 och < 20 % från vardera Miljökategori 3 och 4

Hur fjärrvärmens är producerad påverkar således en byggnads bedömning i Miljöbyggnad. Ju större andel förnybar energi, till exempel solvärme, desto bättre möjlighet har byggnaden att erhålla högre betyg. Säsongslagrad solvärme kan alltså

tillgodoräknas enligt miljöcertifieringssystemet Miljöbyggnad under indikator 4 Energislag.

5.3.2 LEED

Det finns flera olika LEED-system. Det vanligaste för nyproducerade byggnader eller ombyggnadsprojekt i Sverige är LEED New Construction and Renovations 2009 och LEED Core and Shell 2009. Systemet bygger på ett antal skall-krav som måste uppfyllas samt ett antal olika valbara poäng. Det finns sju områden som bedöms, från möjlighet till kollektivtrafiktransport till utformning av luftbehandlingssystem.

Fjärrvärme påverkar både skall-krav och valbara poäng inom området Energy and Atmosphere (energiområdet). Följande tre av LEEDs bedömningspunkter påverkas av säsongslagrad solvärme:

- EA prerequisite 2 – Energy performance
- EA Cr 1 – Optimize energy performance
- EA Cr 2 - On-site renewable energy

De två nämnda kraven EA Prerequisite 2 och EA Cr 1 innebär att byggnadens förväntade energianvändning under ett år ska beräknas och räknas om till en årlig energikostnad. Det har tidigare varit oklart hur energikostanden för fjärrvärme ska beräknas. Men under 2012 kom nya riktlinjer (*Treatment of Scandinavian District Energy System in LEED v 1.0*) för detta. Fjärrvärmepriset beräknas med hjälp av viktning av systemets primära energibehov och emissioner i form av CO_{2e}. Låg andel primärenergi och låga CO_{2e}-emissioner ger ett lägre energipris och en lägre energikostnad. Den beräknade energikostnaden för den verkliga byggnaden ska jämföras med en referensbyggnad (sk. baseline building). Baseline-byggnaden tas fram för varje unikt projekt. Förfarandet finns beskrivet i den amerikanska energistandarden ASHRAE 90.1-2007, appendix G. Till exempel ska byggnader som inte är bostäder och har mer än 5 våningsplan eller är större än 14 000 m² försörjas med en lokal oljepanna, och referensbyggnadens energikostnad beräknas med aktuellt oljepris. En byggnad som försörjs med fjärrvärme som till stor del är baserad på lågt primärenergi och låga CO_{2e}-nivåer är alltså en fördel vid certifiering enligt LEED. Det är fler parametrar än just fjärrvärmemixen som påverkar utfallet under EA Prerequisite 2 och EA Cr 1, men en fjärrvärmeproduktion baserad på förnybara energislag är en fördel.

Den tredje bedömningspunkten i LEED som påverkas av säsongslagrad solvärme i fjärrvärmenätet är EA Cr 2 On site renewable energy. Den premierar i första hand lokal förnybar energi. Men även off-site förnybar energi kan tillgodoräknas om den är certifierade enligt amerikanska systemet Green-e. Det kan vara problematiskt att genomföra det i Sverige.

5.3.3 BREEAM-SE

Under 2013 lanseras en svensk manual för BREEAM. Manualen ska vara anpassad för den svenska marknaden. Det finns en bedömningspunkt (ENE 5 – Energiförsörjning med koldioxidsnål teknik) där byggnadens aktuella energiförsörjning ska utvärderas. Om fjärrvärme används ska dess produktion bedömas. Det är minskat koldioxidutsläpp jämfört med en referensbyggnad som ger upphov till poäng i systemet. En byggnad kan få upp till tre poäng samt ytterligare 3 innovationspoäng. I BREEAM-SE är totalt maxpoäng 130 poäng.

För 1 poäng ska en förstudie genomföras avseende byggnadens förutsättningar för minskad klimatpåverkan genom tekniska lösningar som minskar byggnadens koldioxidutsläpp. För den aktuella byggnaden ska tekniska lösningar väljas för energiförsörjning som minskar byggnadens CO₂-emissioner med minst 10 % jämfört med en referensbyggnads emissionstal. Som ett alternativ till förstudie kan försörjning av byggnaden med 100 % förnybar elenergi väljas.

För två poäng ska reduktionen av byggnadens CO₂-emissioner vara minst 15 % jämfört med referensemissionerna. Referensemissionstalet räknas ut genom att den aktuella byggnaden antas vara uppvärmd med en värmepump som har en värmefaktor (COP) på 2,5 och om den har en kylmaskin ska dess COP ansättas till 4. Elen som används antas ha en emissionsfaktor som motsvarar nordisk elmix. Processenergi är inte inkluderad i denna beräkning.

Andelen CO₂-emissioner från fjärrvärmeproduktionen påverkar således byggnadens möjlighet att erhålla poäng i BREEAM.

Exempel:

Ett nybyggt småhus i Göteborg på 135 m² som beräknas använda 66 kWh/m² köpt energi får inte något poäng på ENE 5 om Göteborg Energis vanliga fjärrvärmemix (februari 2013) väljs.

Småhusets årliga beräknade energianvändning är 8 505 kWh köpt fjärrvärme och fastighetselen beräknas till 405 kWh. Med Göteborg Energis fjärrvärmeproduktion och nordisk el-mix resulterar det i CO₂-emissioner på 925 kg/år. När denna byggnad räknas om till referensbyggnad antas istället uppvärmning ske med värmepump med COP 2,5 blir årligt behov av köpt el 4 320 kWh och CO₂-emissionerna blir 432 kg/CO₂. Slutsatsen är att fjärrvärmeproduktionen måste minska sina CO₂-emissioner för att byggnaden ska kunna erhålla något poäng. För att denna byggnad skulle få 1 poäng krävs att CO₂-emissionerna från fjärrvärmeproduktionen ligger under 40 g CO₂/kWh, och för 2 p under 38 g CO₂/kWh. Om kunden väljer att köpa Göteborg Energis Bra Miljöval fjärrvärme som har CO₂ utsläpp på 11 g/kWh kan således 2 p erhållas.

Samtliga tre miljöcertifieringssystem som beskrivs ovan tar hänsyn till hur fjärrvärmens produceras, och minskad användning av primärenergi respektive minskade CO₂-emissioner är till fördel vid bedömningarna. Storskalig solvärme i fjärrvärmesystem gynnar således byggnader som ska miljöcertifieras. Om motsvarande mängd solvärme produceras på byggnaden eller dess uthus kan dock fler

poäng erhållas. Det beror på att samtliga system tar hänsyn till mängden köpt energi för byggnaden, och om solfångare monteras på byggnaden eller dess uthus definieras det som att behovet av köpt energi minskas. Boverkets Byggregler värderar i dagsläget inte hur tillförd energi är producerad och storskalig solvärme påverkar inte möjligheten att klara Boverkets krav vid nybyggnad eller ombyggnad.

6 BESKRIVNING AV TEKNIK

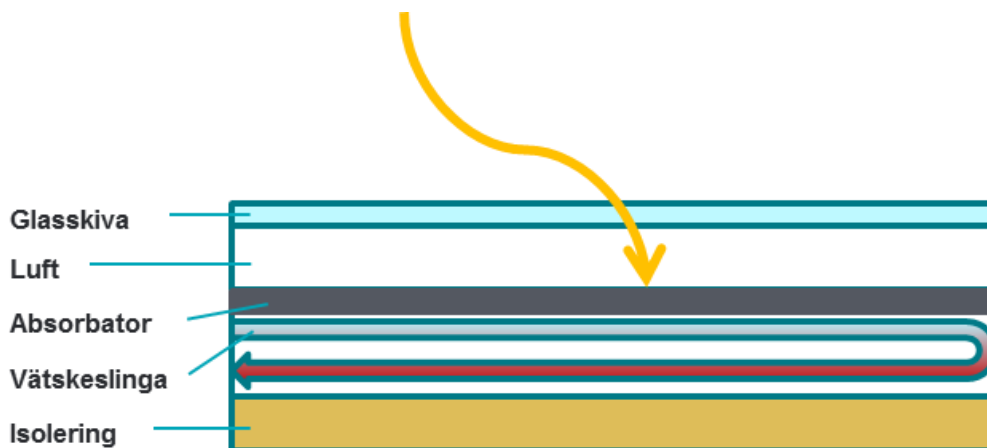
6.1 Solfångare

6.1.1 Inledning

Generellt finns det tre typer av solfångare; plana solfångare, vakuumsolfångare och koncentrerade solfångare. Tekniken, energiutbytet och kostnaderna varierar dem emellan.

6.1.2 Plana solfångare

Plana solfångare är den vanligaste tekniken för solfångare anpassade till fjärrvärmenät. Solfångarna består av en absorbator (ofta av koppar eller aluminium) som har en baksida med en rörslinga med värmebäraren (ofta en blandning av vatten och glykol). Bakom absorbatorn finns isolering som förhindrar att värme leds bort. En glasskiva är ofta monterat framför absorbatorn. Dess funktion är främst att minska värmeförlusterna genom konvektion och strålning. Det finns solfångare med både enkelt och dubbelt glas, varav det senare alternativet ger en effektivare solfångare med lägre värmeförluster. Se figur nedan för en principskiss över en plan solfångare.

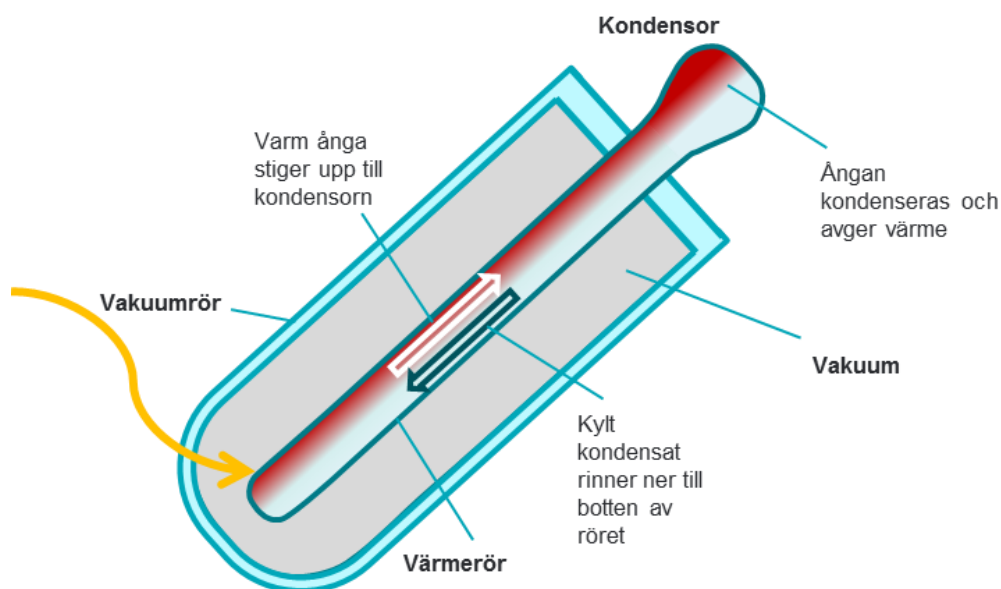


Figur 2: Principskiss av plan solfångare.

Energiutbytet beror på arbetstemperaturen och varierar mellan olika tillverkare. En möjlig energiproduktion vid arbetstemperaturen 80°C är av storleksordningen 300–350 kWh/m².

6.1.3 Vakuumsolfångare

Vakuumsolfångare består av två rör med ett vakuum mellan. Det inre röret är absorbatoren där solstrålningen absorberas och omvandlas till värme. Vakuomet mellan rören minskar värmeförlusterna från konvektion. Det finns två olika tekniker för att växla värmen från absorbatoren; U-rör eller heat-pipe. U-rör innebär att ett rör av koppar är placerat i vakuumsröret där värmebäraren (glykolblandning) rör sig och kyler vakuumsröret. Heat-pipe är en liknande konstruktion, men värmeöverföringen sker via en kopparpistong. När temperaturen förångar vätskan i kopparpistongen, stiger ångan upp och kondenseras mot värmeväxlaren.

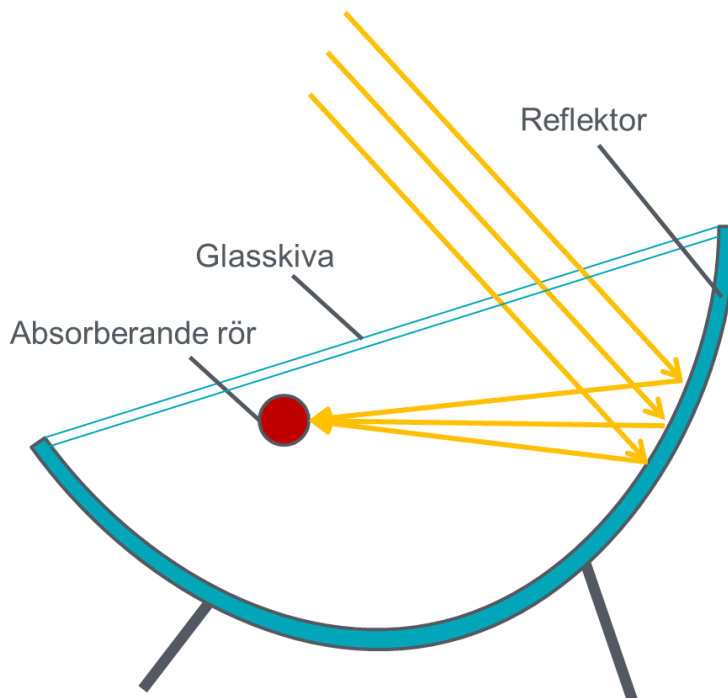


Figur 3: Principskiss av vakuumsolfångare med Heatpipe-teknik.

Vakuumsolfångare är mer effektiva per aperturyta (strålningsmottagande yta) men eftersom rören inte packas tätt blir den totala effekten per kvadratmeter ungefär densamma för vakuumsrörsmoduler och plana solfångare. Temperaturerna är högre i en vakuumsolfångare än i plana solfångare, men dess investeringskostnader är i gengäld också högre. Det finns några större installationer (i storleksordningen för fjärrvärmnät) som använder vakuumsolfångare men inte alls i samma utsträckning som plana solfångare.

6.1.4 Koncentrerande solfångare

Koncentrerade solfångaren bygger på principen att koncentrera soljuset med hjälp av en reflektor vilken utgörs av paraboliska speglar som riktar solstrålning till ett centrerat värmeabsorberande rör. Fördelarna med reflektorena är att de dels ger en högre temperatur vilket kan vara att föredra och dels att kostnaderna för reflektormaterialet är lägre än för absorbatormaterialet. En koncentrerande solfångare kan även utrustas med teknik för att rikta in sig mot solen för att ytterligare öka verkningsgraden.



Figur 4: Principskiss av en koncentrerande solfångare.

Detta är en relativt ny teknik vars användningsområde främst bedöms bli aktuell i större solkraftverk där den koncentrerade solvärmens förångar vatten som leds till en ångturbin för elproduktion. Koncentrerande solfångare är en mindre vanlig teknik i Sverige men används för storskaliga satsningar på solenergiomvandling i bl.a. södra Europa.

6.2 Lagring av värme

6.2.1 Ackumulatortank av stål

Det är vanligt att använda ståltankar i ett kraftvärmesystem. Storleken på de största tankarna i Sverige är 50 000 m³ och användningsområdet är främst för driftutjämning⁴.

Det finns två typer av tankar; trycklösa (konstruerade för atmosfärstryck) och trycksatta (konstruerade för övertryck). De trycklösa tankarna är vanligast i Sverige eftersom kostnaderna för dessa är lägre vid stora ackumulatortankar (större än 10 000 m³).

6.2.2 Gropvärmelager

I Danmark förekommer det att fjärrvärmebolag utnyttjar gropvärmelager för att lagra värmen från solfångare (källa). Gropvärmelager är en teknik som bygger på att lagringen av värmen sker i en utsprängd eller grävd bassäng.

Den omkringliggande marken tar upp trycket från lagret, därmed behöver tätskiktet inte vara särskilt tjockt eller hållfast. Oftast är det gjort av gummi, metallfolie eller plast.

Det finns två sätt att skapa ett gropvärmelager, antingen sker utgrävning av gropen med vertikala väggar eller så följer utgrävning markens rasvinkel. Det första alternativet ställer krav på väggkonstruktionen och dess styrka att uppta jord- och vattentrycket. Det andra alternativet kan leda till att locket blir stort, vilket i sin tur leder till ökat krav på isolering.

Temperaturen i gropvärmelager kan vara upp till ca 90°C, och lagren lämpar sig bäst för storlekar som understiger 50 000 m³. När djupet i gropar är 10-12 m blir det en relativt stor yta som gropvärmelagret upptar.

6.2.3 Borrhål och Akvifer

Det är även möjligt att lagra värme i borrhål eller akviferer, och det finns exempel på lagring av solvärme med dessa tekniker.

Båda teknikerna lämpar sig bäst för lågtemperaturlager, och för att bäst utnyttja lagret måste det ske i kombination med värmepump.

6.2.4 Bergrum

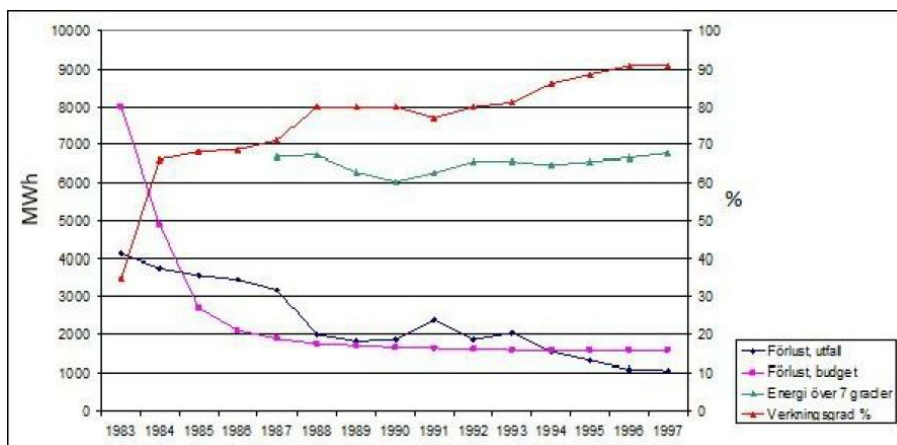
Att lagra värme i bergrum är en beprövad teknik. Det har gjorts sedan mitten av 1900-talet, och tekniken har använts framförallt för att lagra olika petroleumprodukter.

Konstruktionsmässigt har lagren varit 15-20 meter breda, upp till 30 m höga och orten mellan 50-200 m lång. Oftast byggdes flera lager vid sidan om varandra med en

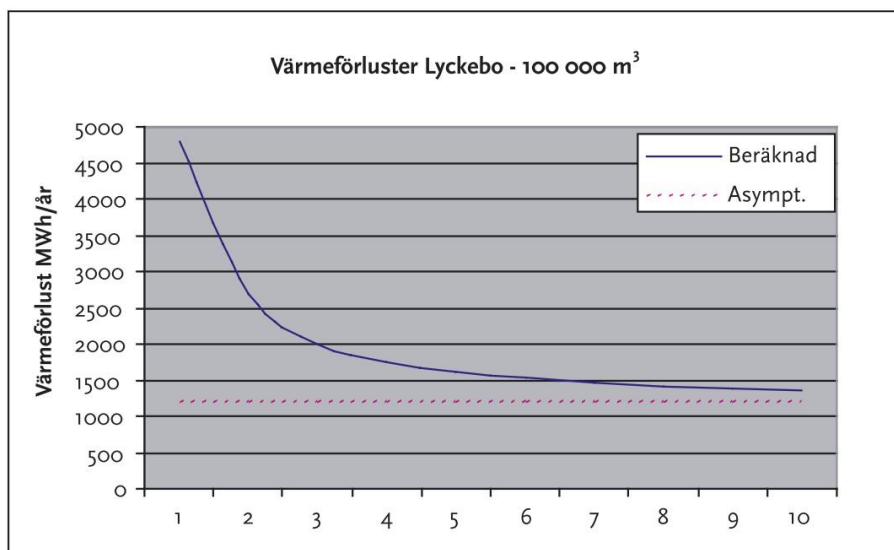
⁴ Säsongvärmelager i kraftvärmesystem, H. Zimko och A. Gebremedhin

distributionstunnel emellan dem. Oisolerade bergrum i Sverige har oftast en storlek på mellan 50 000 och 200 000 m³.

Värmeförlusterna är delvis proportionella mot lagringsvolymen. Erfarenheter från Lyckebo visar att efter ca 5 år är det omkringliggande berget så pass uppvärmt att förlusterna minskar. Värmeförlusterna är ca 10 %. Bergrummet i Lyckebo är 100 000 m³ och utformat som en toroid, dvs. en cirkulär kropp med en bergpelare i mitten. Om bergrummen är större, minst 300 000 m³, går det att konstruera dem som traditionella bergrum med avlånga orter.



Figur 5: Förlusterna från bergrummet i Lyckebo, norr om Uppsala⁵.



Figur 6: Förlusterna från bergrummet i Lyckebo⁶.

⁵ Solvärme med säsongslager i Lyckebo, C.Åsberg

Den totala volymen bergrum som en solfångarinstallation kräver går att räkna ut från det energitekniska sambandet $Q = m \times C_p \times \Delta T$. Genom att beräkna energiinnehållet i 1 m³ vatten med temperaturskillnaden 40°C är det möjligt att beräkna storleken på bergrummet som solfångarinstallationen kräver.

$$\rho_{vatten} = 958 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 1 \text{ m}^3$$

$$C_{p,vatten} = 4,22 \text{ kJ/kg} \times K$$

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = V \times \rho_{vatten} \times C_p \times \Delta T = 1 \times 958 \times 4,22 \times 40 = 161\,710,4 \text{ kJ} \approx 45 \text{ kWh}$$

Detta innebär att 1 m³ vatten motsvarar ungefär 45 kWh värme.

6.2.5 Sammanfattning av lagring av värme

Utifrån förutsättningarna i projektet är bergrum den bästa lösningen. Kombination med stora lagervolymer och höga lagringstemperaturer gör att bergrum är att föredra.

Nackdelen med Gropvärmelager och ståltankar är att de är svåra att göra tillräckligt stora konstruktionsmässigt och nackdelen med borrhål och akvifer är att lagringstemperaturen är för låg.

⁶ Säsongvärmelager i kraftvärmesystem, H. Zimko och A. Gebremedhin

7 FALLSTUDIE 1 - MALMÖ

7.1 E.ON

E.ON Nordic är en del av den tyska E.ON-koncernen som är ett privatägt energibolag med verksamhet i Europa, USA och Ryssland.

Verksamheten i Sverige är omfattande, vad gäller energiproduktion, energibärare och energidistribution. Både produktion och distribution av fjärrvärme är stor, E.ON Nordic har verksamhet på ca 40 olika platser från Malmö i söder till Vilhelmina i norr.

7.1.1 Produktion och användning i Malmö

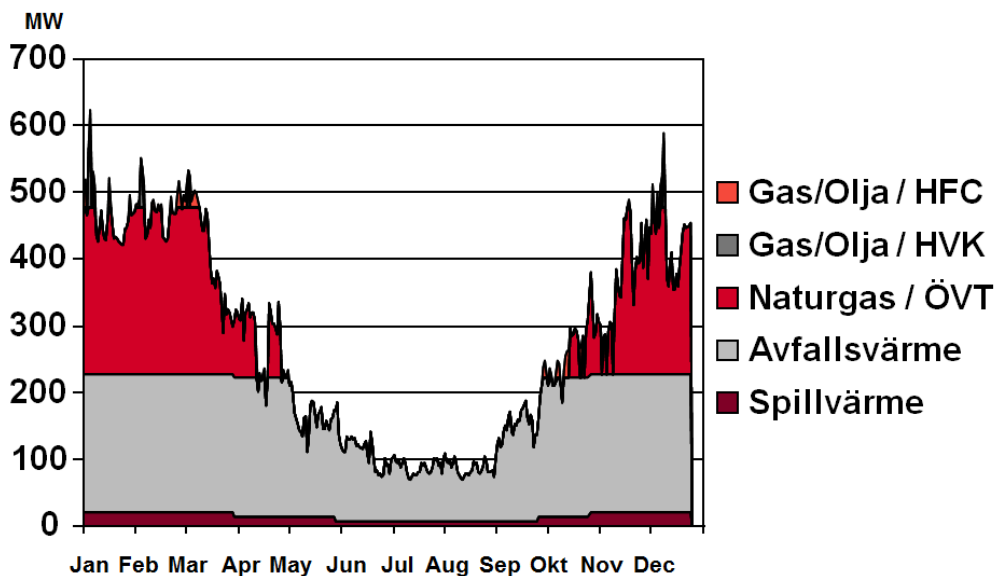
Fjärrvärmenätet i Malmö är integrerat med fjärrvärmenätet i grannkommun Burlöv. Fjärrvärmenätet i Malmö/Burlöv är E.ONs största fjärrvärmenät i Sverige och verksamheten har pågått i över 50 år.

Fjärrvärmeproduktionen i Malmö är till största delen baserad på två bränslen; avfall och naturgas. Produktionen är fördelat på tre större anläggningar samt några spets- och reservanläggningarna. E.ON har följande produktionsanläggningar i Malmö:

- Sysav (Sydskånes avfallsaktiebolag) har ett avfallsbaserat kraftvärmeverk och ett värmeverk. Anläggningarna står för en majoritet (ca 55 %) av fjärrvärmeproduktionen i Malmö.
- Öresundsverket, E.ONs kraftvärmeverk använder naturgas som bränsle. Värmeeffekten är 250 MW (maximalt 400 MW) och eleffekten är 440 MW. Öresundsverket är en av Europas största kraftvärmeanläggningar och togs i drift år 2009.
- Helenholmsverket, är ett kraftvärmeverk med naturgas som huvudsakligt bränsle. Sedan Öresundsverket togs i drift har E.ON valt att köra Helenholmsverket som spets- och reservdrift.
- Aktern, är E.ONs värmepumpsanläggning för produktion av värme- och kyla. Anläggningen är lokaliserad i Västra hamnen, både vad gäller produktion och kunder.

Miljöpåverkan från E.ONs fjärrvärme enligt VMKs beräkningsätt är följande:

- | | |
|--|----------|
| • Primärenergifaktor | 0,42 |
| • Koldioxidutsläpp, energiomvandling | 127g/kWh |
| • Koldioxidutsläpp, transport och produktion | 16 g/kWh |
| • Fossilandel | 36 % |



Figur 7: Bild över E.ONs fjärrvärmeproduktion.

7.1.2 Distributionsnät

Fjärrvärmenätet är väl utbyggt i Malmö och Burlöv. Fjärrvärmenätet i Malmö är framförallt utbyggt innanför yttre ringvägen.

Fjärrvärmeproduktionen är lokaliserad i de norra delarna av fjärrvärmenäten, både Sysavs avfallsanläggningar och Öresundsverket finns där. I de centrala delarna av Malmö finns Helenholmsverket, som idag används som spets- och reservanläggning.



Figur 8: Bild över E.ONs fjärrvärmenät i Malmö.

Sett ur distributionssystemsperspektiv är det tre olika lokaliseringar som är mest lämpliga för storskaliga fält med solfångare. Det är i sydvästra delarna vid Lindhamn, södra delarna vid Svågertorp samt sydöstra delarna vid Fosie och Oxie.

Dessa tre lokaliseringar är lämpliga eftersom de befinner sig i utkanterna av fjärrvärmenätet där det finns återvändsgränder. Fjärrvärmeproduktionen är lokaliserad till de norra delarna och om mer produktion tillförs i de södra delarna av nätet kan det minska behovet av pumpenergi och öka effektiviteten i nätet.

7.2 Malmö stad

Malmö är Sveriges tredje största stad. Malmö tillhör tillsammans med västra Skåne och östra Danmark den innovativa och växande Öresundsregionen.

Det bor ca 307 000 invånare i Malmö stad, och Malmö har förändrats från industri- och tillverkningsstad till tjänstesamhälle. Det har skett en omvandling av industriområden till attraktiva bostads- och kontorsområden (Västra hamnen och Varvstaden).

Malmö har vänt från befolkningsminskning till befolkningsökning de senaste två decennierna. Detta föranleder byggande av fler bostäder och lokaler, vilket ger ett ökat värmebehov.

Malmö stad har ett ambitiöst miljöprogram som påverkar energianvändning i bebyggelsen och dess energiförsörjning. Bland annat gäller följande mål och ambitioner:

- År 2020 ska Malmö stads egen organisation vara klimatneutral
- År 2030 ska hela Malmö försörjas till 100 % av förnyelsebar energi
- Energianvändning ska minska 20 % fram till 2020 och ytterligare 20 % till 2030
- Utsläppen av växthusgaser ska minska med min 40 % jämfört med år 1990

Ovanstående mål och krav kommer att påverka den framtida energiproduktionen och energianvändning inom E.ONs fjärrvärmenät.

7.3 Diskussion med kommuner

E.ONs fjärrvärmenät är utbyggt till andra kommuner och orter förutom Malmö. I detta projekt har WSP varit i kontakt med de tre kommunerna Malmö, Burlöv och Staffanstorps.

7.3.1 Malmö stad

Visionen för Malmö stad är att staden ska växa inåt och förtätas. Planerna är att staden ska växa innanför den yttre ringvägen, vilket överensstämmer väl med det området där E.ONs har sitt fjärrvärmenät.

De platserna som skulle kunna vara lämpliga för solvärmefält är enligt Malmö stads exploateringsavdelning följande:

- Område kring E22 mot Lund
- Område kring Kalkbrottet, Limhamn

- Områden utanför yttre ringvägen

Efter ytterligare utredning föll områden kring E22 och Kalkbrottet bort då finns planer för dessa områden som gör att de eventuellt inte lämpar sig för solfångarfält. Det som kvarstår är därmed områden utanför yttre ringvägen.

7.3.2 Burlövs kommun

Burlöv delar Malmös vision av att växa och förtäta kommun kring Burlöv centrum och Arlov. Det finns en del jordbruksmark söder om centralorten och detta har kommunen och Länsstyrelsen för avsikt att behålla som jordbruksmark och inte exploatera.

Länsstyrelsen vill bevara de öppna kulturlandskapen och spara värdefull jordbruksmark. Detta har föranlett Länsstyrelsen att i flera fall avråda kommunerna att exploatera jordbruksmark.

Det finns ett område i Stora Bernstorp som kan vara aktuellt. Området är aktuellt för exploatering i form av logistikcenter för lastbilar, det kan vara möjligt att kombinera detta med solfångarfält.

7.3.3 Staffanstorps kommun

Kommunens struktur är annorlunda jämfört med strukturen i Malmö och Burlöv eftersom den huvudsakligen består av en centralort och omkringliggande jordbruksmark. Det finns planer på en utökad bebyggelse i kommunen och en önskan om en ny pågatåglinje (Simrishamnsbanan).

Staffanstorps kommun har liknande diskussioner med Länsstyrelsen som Burlövs kommun gällande exploatering av jordbruksmark. Det har inneburit vissa problem för kommunen att exploatera ytterområden av centralorten.

Områden som kan vara intressanta för solenergiproduktion är jordsbruksområden i de västra delarna av kommunen. Detta är privatägd jordbruksmark, det finns inga större gods eller gårdar som äger någon större del av jordbruksmarken.

7.4 Lämpliga lokaliseringar

Efter diskussioner med avdelningen för fjärrvärmedistribution hos E.ON har förutsättningar för säsongslagrad solvärme i de tre kommunerna bedömts.

7.4.1 Malmö stad

Totalt är det areor motsvarande ca 650 ha som Malmö stad ser som möjliga för en framtida solenergiexploatering. Det gäller främst areor kring Oxie och Bunkeflodstrand.

Tabell 3: Tillgängliga ytor i Malmö kommun.

Område	Nummer	Total yta [ha]	Lämplighet
Bunkeflodstrand	M1	55	Med hänseende tagit till fjärrvärmenätet och dess kapacitet lämpar sig området väl.
	M2	160	Området är 2 km från befintligt fjärrvärmenät och därför inte lämpligt
Oxie	M3	61	Lämpligt område men vissa överföringsbegränsningar i fjärrvärmenätet
	M4	20	Intressant område med stor anslutningskapacitet i fjärrvärmenätet.
	M5	65	Intressant område med stor anslutningskapacitet i fjärrvärmenätet.
	M6	167	Intressant område med stor anslutningskapacitet i fjärrvärmenätet.
	M7	65	Lämpligt område men vissa överföringsbegränsningar i fjärrvärmenätet
	M8	53	Lämpligt område men vissa överföringsbegränsningar i fjärrvärmenätet

Av tabellen ovan framgår det att 160 ha inte är lämpliga för solfångarfält. Det kan antingen bero på att avståndet till fjärrvärmenätet är för långt alternativt att kapaciteten i fjärrvärmenätet är för lågt.

7.4.2 Burlöv

Totalt finns areor motsvarande ca 30 ha som Burlövs kommun ser som tillgängliga för solenergiexploatering.

Problemen är att det inte finns några fjärrvärmeledningar vid den tillgängliga ytan samt att de ligger i de norra delarna av E.ONs fjärrvärmesystem där det redan finns stor fjärrvärmeproduktion. Lokaliseringen är därför inte optimal för ett solfångarfält.

7.4.3 Staffanstorps

Det finns tillgängliga ytor i västra delen av kommunen, i dagsläget är detta främst jordbruksmark. Dock är avståndet från dessa ytor till E.ONs fjärrvärmenät för långt för att en anslutning ska vara ekonomiskt försvarbar. Därmed bedöms det inte vara lämpligt med en solfångaranläggning i Staffanstorps.

8 FALLSTUDIE 2 - GÖTEBORG

8.1 Göteborg Energi

Göteborg Energi är ett kommunalt energibolag med huvudkontor i Göteborg. Under år 2012 levererade Göteborg Energi 3 808 GWh fjärrvärme. Den är fördelad på 3 618 GWh residual mix, 132 GWh såldes som Bra Miljöval fjärrvärme och 57 GWh levererades vidare för fjärrkyla produktion.

Fjärrvärmennätet i Göteborg är mer än 100 mil långt, det sträcker sig från Ale i norr till Askim i söder. Nettomsättningen för år 2012 var 6 956 mkr. Göteborg Energi säljer gas, el, elnät och fjärrvärme. Göteborg Energi är huvudägare i Partille Energi och Ale Fjärrvärme och driver dessa system.

8.1.1 Produktion och användning

Fjärrvärmeproduktionen i Göteborg, Partille och Ale är gemensam och är i huvudsak baserad avfallsförbränning, industriell spillvärme, kraftvärme och värmepumpar. Avfallsförbränningen ägs och sköts av Renova som ägs av 11 kommuner i storgöteborg. Den industriella spillvärme kommer främst från raffinaderierna Preem och ST1 som ligger i Göteborg. Göteborgs Energis egna produktionsanläggningar drivs främst med bränslena; naturgas, flis, pellets och el (för värmepumpar). I vilken inbördes ordning kraftvärme naturgas, kraftvärme bio och värmepumpar går styrs av bränsle och elpriser och varierar mellan olika år.

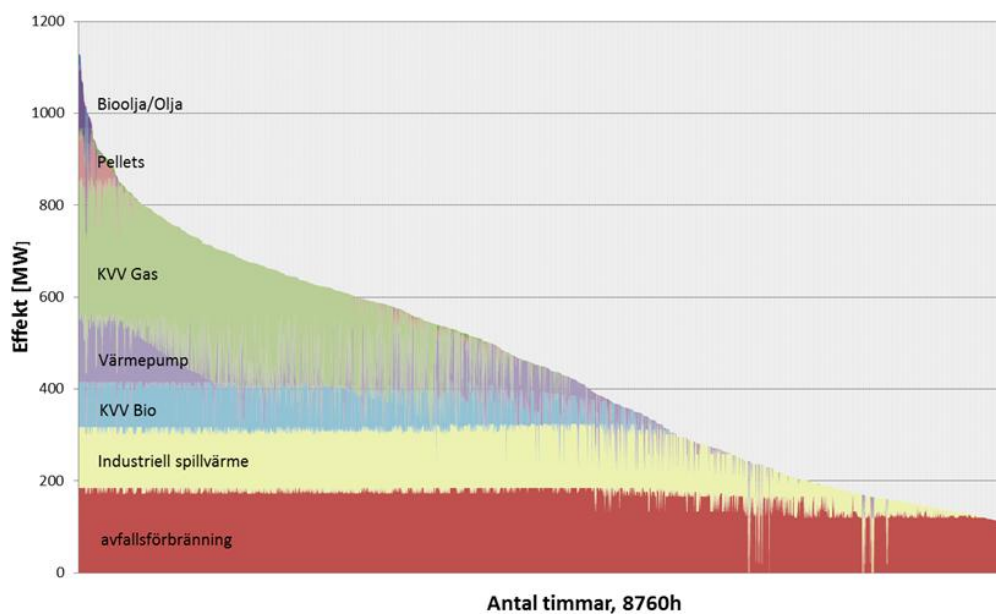
Göteborgs Energis egen huvudsakliga fjärrvärmeproduktion:

- Rya kraftvärmeverk: Värme 294 MW & el 261 MW, huvudbränsle naturgas.
- Sävenäsverket: Värme 293 MW el 13 MW, huvudbränsle bränsle flis och naturgas.
- Rya värmepumpsverk: Värme 160 MW, bränsle el + energi från avloppsvatten.
- Rya värmecentral: Värme 110 MW, huvudbränsle pellets.

Bolagets övriga anläggningar för fjärrvärmeproduktion: Rosenlundsverket, Högsbo kraftvärmeverk, Tynnereds panncentral, Backa panncentral och Sisjöns panncentral samt ett antal mindre produktionsanläggningar.

En stor del av värmeproduktionen kommer från externa leverantörer:

- Renova avfallskraftvärmeverk: Värme 187 MW
- Preem raffinaderi (industriell spillvärme)
- ST1 raffinaderi (industriell spillvärme)



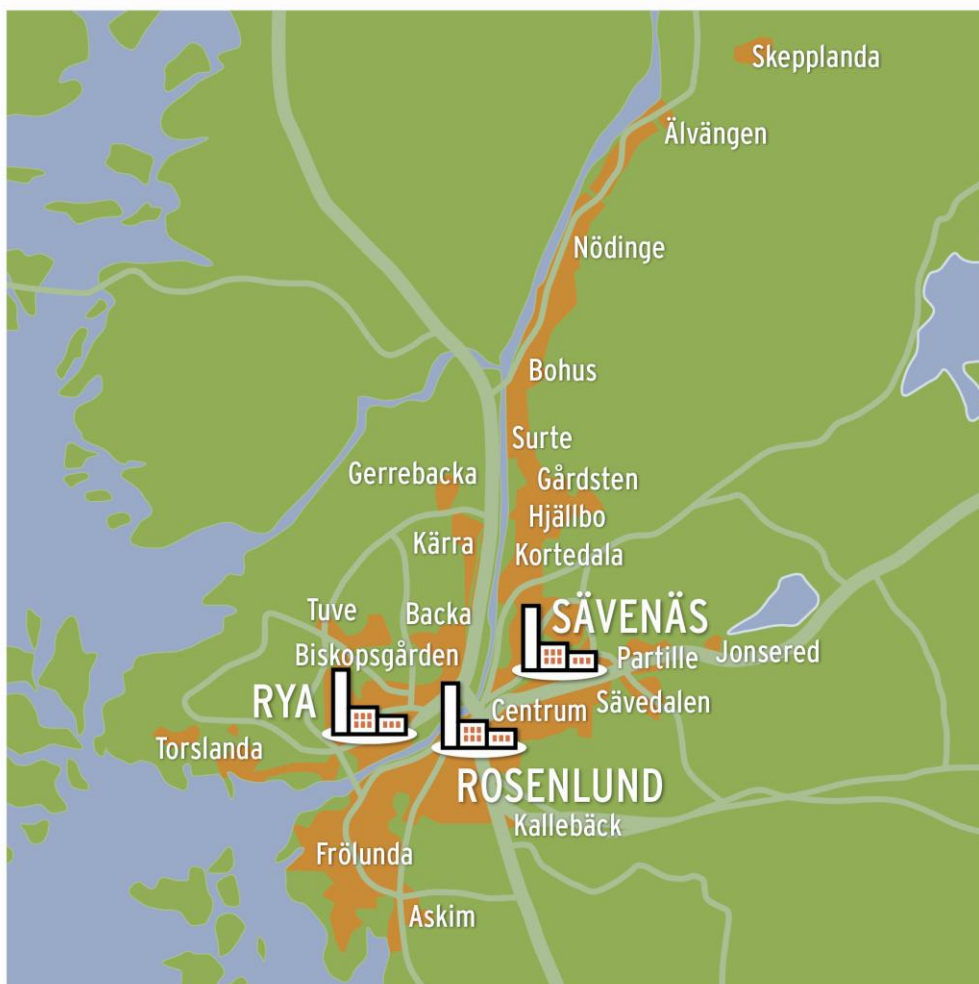
Figur 9: Värmeproduktion i Göteborg 2012.

Miljöpåverkan från Göteborg fjärrvärme 2012 är enligt VMKs beräkningsätt är följande:

- | | |
|--|----------|
| • Primärenergifaktor | 0,31 |
| • Koldioxidutsläpp, energiomvandling | 69 g/kWh |
| • Koldioxidutsläpp, transport och produktion | 10 g/kWh |
| • Fossilandel | 20% |

Det genomsnittliga utsläppet av CO₂ är 79 g CO₂ per kWh levererad värme.

Motsvarande utsläpp för den andel fjärrvärme som är Bra Miljöval fjärrvärme är 11 g CO₂ per kWh.



Figur 10: Göteborg Energis distributionsnät.

8.2 Göteborgsregionen

Tre kommuner i Göteborgsregionen har kontaktats i detta projekt, Göteborgs kommun, Ale kommun och Partille kommun. Göteborg Energis fjärrvärmesät är utbyggt till dessa tre kommuner.

8.2.1 Göteborgs kommun

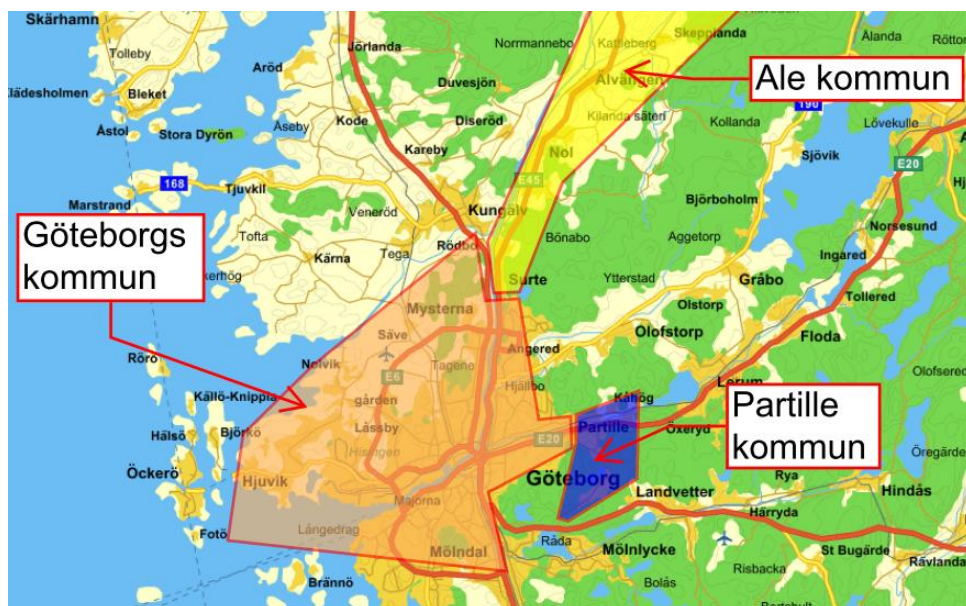
Göteborgs kommun har ca 550 000 invånare. Göteborgs stad har 35 stycken helägda bolag varav Göteborg Energi är ett. Göteborgs stad har antagit ett miljöprogram, ”Miljöanpassat byggande Göteborg”, som bl.a. ställer energikrav på bostäder som byggs med markanvisning från kommunen. Programmet ställer krav på att förnybar energi ska prioriteras.

8.2.2 Ale kommun

Ale kommun ligger nordöst om Göteborgs kommun längs Göta Älv. I kommunen bor knappt 27 000 invånare. Kommunen strävar i sina energi- och klimatmål efter en fossilfri energiförsörjning och i kommunens energi och klimatplan finns flera delmål, bland annat ska fjärrvärmen vara baserad på fossilfria bränslen. Detta delmål ska vara uppfyllt år 2014. Fjärrvärmnätet är sammanbyggt med Göteborgs fjärrvärmnät och är främst utbyggt kring tätorterna Surte, Ale och Älvängen. I Skepplanda finns ett mindre lokalt fjärrvärmnät som ej är sammanbyggt med Göteborgs fjärrvärmnät.

8.2.3 Partille kommun

Partille kommun ligger öster om Göteborgs kommun. Här bor ca 35 000 invånare. I de centrala delarna av Partille kommun finns ett väl utbyggt fjärrvärmnät som är sammanbyggt med Göteborgs fjärrvärmnät. Inom kommunen pågår förtätning av de centrala delarna av centrum och i de mer perifera områdena finns planer på större bostadsområden.



Figur 11: Göteborg, Partille och Ale, tre kommuner som försörjs av Göteborgs Energis fjärrvärme.

8.3 Lämpliga lokaliseringar

8.3.1 Göteborgs kommun

Projektet har haft löpande kontakter med stadsbyggnadskontoret på Göteborgs kommun under perioden januari - mars 2013. De har dock inte haft tid och möjlighet att hjälpa till att ta fram det underlag som projektet behövt. I de centrala delarna av

kommunen pågår förtätningsplaner och det är dagsläget är det inte aktuellt med solfångare. För att ändå kunna bedöma hur fjärrvärmeproduktionen skulle förändras med säsongslagrad solvärme har man inom projektet antagit att det på sikt är möjligt att på sikt bebygga ca 80 ha med solfångarfält.

8.3.2 Ale kommun

Fjärrvärmenätet i Ale kommun är sammanbyggt med Göteborgs fjärrvärmenät. I norra delen av kommunen finns ett lokalt fjärrvärmenät i Skepplanda (ca 3 GWh). Fjärrvärmeproduktionen inom det sammanhängande nätet i Ale, Göteborg och Partille produceras gemensamt. Den består till stor del av värme från avfallsförbränning, industriell spillvärme från industrier, kraftvärmeproduktion och värmepumpsproduktion.

En stor transportled med dubbelspårig järnväg och motorväg går genom kommunen längs med Göta Älvdalen. Dessa transportleder går igenom Göta Älvdalen där det finns riksintressen i form av naturreservat och olika typer av naturskydd. Det finns även risk för översvämning på dessa marker. Detta gör att sekundära ytor kring transportleder inte anses vara aktuella för bebyggelse av solfångarfält. Samtidigt är det längs med Göta Älvdalen som befintligt fjärrvärmenät finns utbyggt. Detta är faktorer begränsar tillgängliga ytor i närhet av befintligt fjärrvärmenätet i kommunen.

Kommunen har stora planer på exploatering av bostäder inom de närmaste åren, till exempel Brandsbobergen (se G4 på karta) med 600-800 bostäder som planeras uppföras 2016, uppskattningsvis mindre än 500 m från befintligt fjärrvärmenät. Längs älvdalen finns ett flertal industritomter som ska saneras och rivas, dessa ska återskapas till strandängar, och solfångaranläggning är därför inte aktuellt på dessa ytor.

Tre eller två potentiella mindre ytor har identifierats i Ale kommunen. Dessa är G1, G2 och möjligen G3. G3 ligger i anslutning till det lokala fjärrvärmenätet i Skepplanda och är i dagsläget är därför inte aktuell.

Tabell 4: Potentiella ytor i Ale kommun.

Område	Nummer	Yta	Lämplighet
Vikan kross	G1	< 5 ha	Bra läge
Helgered	G2	< 5 ha	Bra Läge. Närhet till befintligt nät, dock antagligen främst takytor som är aktuella. Planarbete pågår hos kommunen.
Skepplanda 8:4	G3	< 5 ha	Ej intressant i dagsläget då Skepplandas lokala fjärrvärmenät ej är sammankopplat med övriga fjärrvärmenät.
Brandsbobergen (framtida bostadsprojekt)	G4	-	Anslutning till fjärrvärmenätet är beroende av exploateringsgraden och utbyggnadstakten.
Vadbacka (framtida bostadsprojekt)	G5	-	Planer på framtida exploatering av bostäder i Skepplanda. Ej intressant i dagsläget då Skepplandas lokala fjärrvärmenät ej är sammankopplat med övriga fjärrvärmenät.

Fjärrvärmenätets utbredning är relativt smalt och begränsat i kommunen. Det finns också flera olika naturskyddsintressen i kommunen som begränsar möjlighet till att finna lämpliga ytor för solfångarfält. Detta i kombination med att främst bostäder planeras gör att endast ett fåtal lämpliga ytor har identifieras i Ales kommun.

En stor del av byggnationen kommer troligtvis att bestå av villabebyggelse och en låg värmetetthet kan innebära svårigheter att rent ekonomiskt bygga ut fjärrvärmenätet. Kommunen är dock angelägen om att säkra energiförsörjningen till dessa nya bostadsområden. Att öka andelen förnybar energi i fjärrvärmenätet krävs också om kommunen ska kunna nå sina energi- och miljömål. Detta gör att kommunen är positivt inställd till att finna ytor för solvärmeanläggningar när nya bostadsplaner tas fram. Detta förutsätter dock att Göteborg Energi kan dra fram fjärrvärme till nya bostadsområden.

Det finns ett privat bergtrum i Surte (Gb:1).

8.3.3 Partille kommun

I de centrala delarna av kommunen där fjärrvärmenätet är väl utbyggt finns det endast få ytor som lämpar sig för att bygga solfångarfält på. I de centrala delarna av kommunen går Sävåån som har olika typer av naturskydd, vilket begränsar möjligheterna till byggnation av solfångarfält. I de mer perifera områdena där bostäder ska etableras är kommunen intresserad av att avsätta ytor för solfångare, men där är värmetettheten för låg eller så ligger områdena för långt från befintligt

fjärrvärmenät för att dessa ska vara intressanta. Detta gäller till exempel marken kring återvinningscentralen i Öjersjö (G:7).

Det finns en mindre yta i närheten av Göteborgs Energis produktionsanläggning i Sävenäs där solfångarfält kan vara aktuellt eftersom marken bedöms vara för instabil för att bebyggas. Inom kommunen finns tre stycken bergrum Gb:2, Gb:3 och Gb:4.

Tabell 5: Potentiella ytor i Partille kommun.

Område	Nummer	Yta	Lämplighet
Väster om Jerikomotet	G6	< 5 ha	Mindre intressant för Göteborg Energi
Öjersjö ÅV-central	G7	< 5 ha	Göteborg Energi är i dagsläget ej intresserade av yta pga befintligt när ej finns i närheten, ca 2 km.
Öster om Sävenäs	G8	< 5 ha	Intressant för Göteborg Energi

8.3.4 Summering av ytor för solenergiproduktion

Endast ett mindre antal ytor har identifierats som möjliga i de tre kommunerna i Göteborgsområdet. Fjärrvärmenätets begränsade utbredning i de perifera delarna av kommunerna och svårigheten för Göteborgs Energi att bygga ut fjärrvärmenätet till nya bostadsområden när värmetätheten är låg är begränsande faktorer.

På grund av att svårigheten att få fram ett underlag till studien så har det varit tvunget att göra en uppskattning av tillgången på ytor för solvärmeproduktion. Detta har föranlett att alla potentialer inte har framkommit i studien. Det finns potentiella ytor för solvärmeproduktion i Göteborgs kommun och för att kunna arbeta vidare och göra analyser har det antagits att det finns totalt 110 GWh.

Tabell 6: Fiktiva ytor i Göteborgs kommun.

Område	Nummer	Yta
Fiktiv yta	G9	14,8
Fiktiv yta	G10	14,8
Fiktiv yta	G11	14,8
Fiktiv yta	G12	37

9 FALLSTUDIE 3 - STOCKHOLM

9.1 Fortum Värme

Fortum Värme är en del av den finska energikoncernen Fortum. Fortum är ett aktiebolag noterat på den finska börsen i Helsingfors.

Verksamheten i Sverige är omfattande, vad gäller energiproduktion, energibärare och energidistribution. Fortums produktion och distribution av fjärrvärme och fjärrkyla sker i Sverige endast i Stockholm. Tidigare hade Fortum Värme även fjärrvärmeverksamhet på andra orter men dessa har sålts.

9.1.1 Produktion och användning

Fjärrvärmenätet i Stockholm är integrerat med fjärrvärmenäten i flera av Stockholms grannkommuner, antingen via Fortums egna fjärrvärmenät eller via något av de andra fjärrvärmebolagen (Norrenergi, Södertörns Fjärrvärme och Telge Nät).

Fortums fjärrvärmeproduktion är lokaliserad till främst fem platser; Bristaverket, Hässelbyverket, Värtaverket, Högdalenverket och Hammarbyverket.

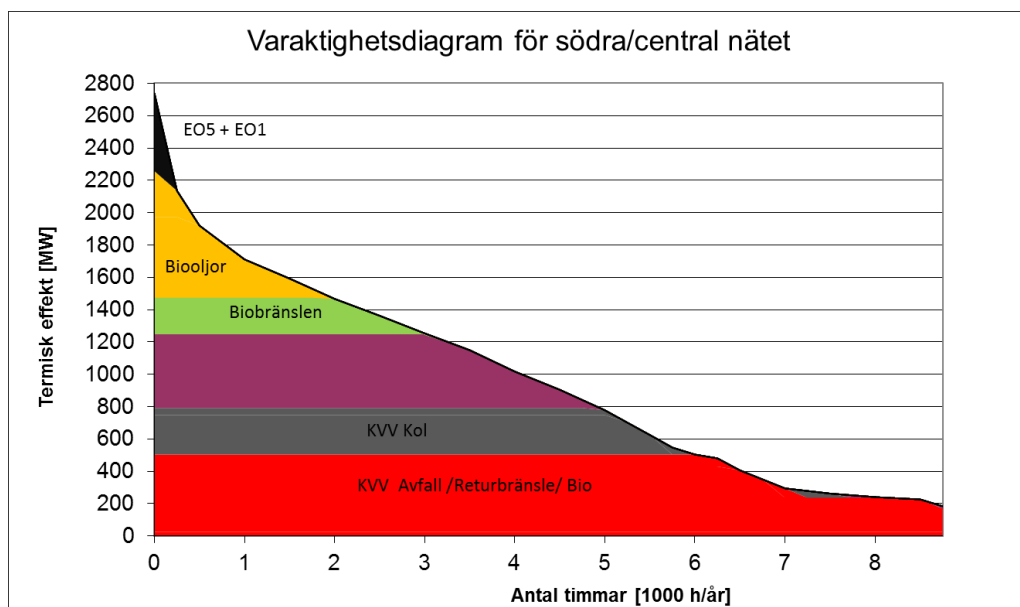
Produktionskapacitet och bränsle varierar mellan de olika lokaliseringarna.

- Bristaverket är ett biobaserat kraftvärmeverk. Värmeeffekten är 105 MW inkluderat en rökgaskondensering på 30 MW. Eleffekten är 42 MW. För tillfället sker det en utbyggnad av Bristaverket, anläggningen kompletteras med ett 80 MW avfallsbaserat kraftvärmeverk som tas i drift under 2013.
- Hässelbyverket är ett biobaserat kraftvärmeverk, bränslet utgörs av träpellets. Värmeeffekten är 215 MW och eleffekten 75 MW. Verket består av tre block av pannor (P1-P3) och tre turbiner (G1-G3). Det finns även tre elångpannor (EP1-EP3) med total värmeeffekt på 57 MW.
- Värtaverket består av flera anläggningar som producerar sin energi på olika sätt; kraftvärmeverk, värmeverk och värmepumpar. Den total bränsle- och eleffekten är 2 395 MW, varav 2 060 MW är bränsleeffekt och 230 MW effekt från elpannor. Fortum Värme använder flera olika bränslen i Värtaverket; olja, kol, olivkärnor och bioolja. För tillfället sker det en utbyggnad av Värtaverket, ett nytt biobaserat kraftvärmeverk ska komplettera och ersätta en viss del av den befintliga produktionen.
- Högdalenverket består av fyra avfallseldade ångpannor (P1-P4), en oljeeldad ångpanna (P5) och en returbränslebaserad ångpanna (P6).
- Hammarbyverket består av värmepumpar och el- och oljepannor. 1987 bytte Fortum från fossilolja till bioolja i detta verk. ’

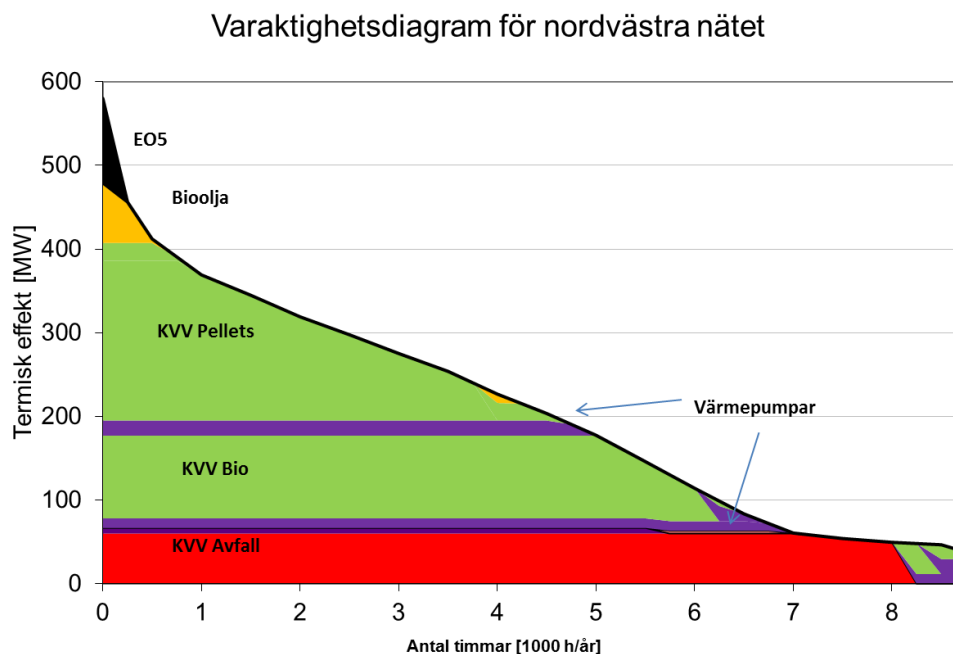
Förutom de större bas- och mellanlastanläggningarna finns ett antal spetslast och reservanläggningar i fjärrvärmesystemet. I spetslastanläggningarna Årsta, Orminge, Akalla och Vidlunda utgörs bränslet i huvudsak av bioolja eller träpellets. I reservanläggningarna Lidingö, Liljeholmen, Ludvigsberg, Älvsjö, Farsta och Valsta,

med korta drifttider begränsade till mycket kall väderlek, utgörs bränslet av EO5 och EO1.

December 2012 fattade Fortum beslut om att investera i ett nytt biobränsleeldad kraftvärmeverk på Värtaverket. Anläggningen som ska tas i drift våren 2016 och kommer att ha en installerad värmeeffekt på 280 MW inklusive en 80 MW rökgaskondensering och 130 MW eleffekt. Anläggningen kommer att gå som baslastanläggning efter avfallspannorna Högdalen, vilket innebär stora förändringar av dagens produktionshierarki.



Figur 12: Varaktighetsdiagram för södra/centrala nätet och Söderenergi.



Figur 13: Varaktighetsdiagram för nordvästra nätet.

Miljöpåverkan från Fortums fjärrvärme enligt VMKs beräkningsätt är följande:

- | | |
|--|----------|
| • Primärenergifaktor | 0,35 |
| • Koldioxidutsläpp, energiomvandling | 72 g/kWh |
| • Koldioxidutsläpp, transport och produktion | 7 g/kWh |
| • Fossilandel | 14 % |

9.1.2 Distributionsnät

Fjärrvärmenätet är väl utbyggt i både Stockholm och de flesta av de omkringliggande kommunerna. Situationen i Stockholm är speciell så till vida att Fortum Värme fjärrvärmenät dels består av två nät (nordvästra och södra/centrala) samt att Fortum Värme nät är anslutna till andra energibolags fjärrvärmenät och att fjärrvärmebolagen har gemensamma driftstrategier.

I det nordvästra nätet finns de stora produktionsanläggningar Brista- och Hässelbyverket. Från det nordvästra nätet sker det ett energiutbyte med E.ONs fjärrvärmenät i Järfälla.

I det södra/centrala nätet finns de stora produktionsanläggningarna Värta-, Högdalen- och Hammarbyverket. Från det södra/centrala nätet sker det en energiutbyte med Södertörns Fjärrvärme, Telge Nät och Norrenergi.



Figur 14: Bild över Fortum Värmes fjärrvärmenät och produktionsanläggningar i Stockholmsområdet.

9.2 Stockholm stad

Stockholm är Sveriges huvudstad och även Sveriges största stad. Det bor ca 870 000 invånare, i tätorten är motsvarande siffra 1,4 miljoner och i hela Storstockholm ca 2,1 miljoner invånare. Det sker en kontinuerlig inflyttning till Stockholm, ca 40 000 per år flyttar till te.

Staden är framförallt en tjänstestad, tjänstesektorn är dominerande som arbetsgivare. Det finns vissa industriområden men de är lokaliserade till utkanterna av regionen.

I Stockholm stad finns det lokala och hårda energikrav som påverkar energiförsörjningen. Bland annat i Norra Djurgårdsstaden där bostäder endast får använda 55 kWh/m² för fastighetsdrift vilket är mycket lägre än gällande byggnorm (90 kWh/m²).

Det sker en kontinuerlig inflyttning till Stockholm, med ca 40 000 per år.

9.3 Diskussion med kommuner

Fjärrvärmesystemet är väl utbyggt i och omkring i Stockholm, vilket möjliggör en lokalisering i flertalet olika kommuner. I projektet har WSP varit i kontakt med flera kranskommuner och deras respons har varierat.

9.3.1 Stockholms stad

Responsen från Stockholm stad var att de inte trodde det var möjligt med en sådan verksamhet inom Stockholms kommun. Marken i Stockholm är antingen planlagd, parkmark eller naturreservat. Med den förutsedda inflyttningen till Stockholms stad menar Exploateringskontoret att det inte är möjligt att genomföra ett sådant projekt i Stockholm.

9.3.2 Solna stad

Responsen från Solna stad var att det inte finns några tillgängliga areor inom staden för en solfångaranläggning. Solna är en relativt liten kommun med omfattande planer för exploatering med nya bostäder och lokaler.

9.3.3 Sundbyberg stad

Responsen var likvärdig som för Solna stad, kommunen är liten men har ambitiösa planer för exploatering med nya bostäder och lokaler och därmed finns det inga tillgängliga ytor för solfångare.

9.3.4 Järfälla kommun

Responsen från Järfälla kommun var att det inte finns några tillgängliga ytor för solfångarinstallationer i Järfälla kommun. Det finns planer på en fortsatt exploatering och förtätning av kommunen. Dessutom är stora delar av kommunen naturreservat där en exploatering inte är möjlig.

9.3.5 Nacka kommun

I Nacka kommun finns två lokaliseringar som kan vara lämpliga. Dessa två lokaliseringar ligger norr om Värmdöleden i de västra delarna av Nacka kommun.

9.3.6 Salems kommun

Responsen från Salems kommun var att det kan vara vissa svårigheter att finna tillgängliga ytor i Salems kommun. I de södra delarna av kommunen ska en förtätning utmed Ultran ske, där ska byggas bostäder och lokaler. I de norra delarna finns Bornsjön som är vattenreservoar för Stockholm. Det råder starka restriktioner runt Bornsjön, och därmed är inte en installation möjlig.

9.3.7 Huddinge kommun

WSP har vid upprepade tillfällen sökt medarbetare vid Huddinge kommun. Trots e-post och telefonsamtal har inget möte kommit till stånd.

Det kan finnas möjligheter för installationer i Huddinge kommun, men då det inte har varit möjligt att få dem att medverka i detta projekt går det inte att bedöma dem.

9.3.8 Södertälje kommun

Södertälje står inför en framtida exploatering i stadens västra, norra och östra delar. De södra delarna av staden är svårare att exploatera eftersom Scania äger stora delar av marken.

Men det finns tillgängliga markytor där kommunen inte avser att exploatera. Det är främst i de östra delarna utmed järnvägsspåret mot Stockholm samt vissa centrala delar av Södertälje.

9.3.9 Botkyrka kommun

Botkyrka står inför en förtätning och exploatering av de stora och centrala ytorna av kommunen, såväl i de norra delarna kring Fittja och Norsborg som söderut i Tumba och Tullinge. Detta minskar möjligheten för solfångarfält, men det finns två centrala lokaliseringar som kan vara lämpliga för solfångarfält.

9.3.10 Sollentuna kommun

WSP har vid upprepade tillfällen sökt medarbetare vid Sollentuna kommun. Trots upprepad e-post och telefonsamtal har det inte gått att få till stånd någon fullständig återkoppling eller fysiskt möte, men ett kort svar via e-post har erhållits.

Kommunen säger här att det dels är tveksamt om det finns tillgängliga markytor i den efterfrågade storlek och dels att kommunen vill undersöka huruvida Sollentuna Energi har något intresse av detta projekt.

9.3.11 Sigtuna kommun

WSP har vid upprepade tillfällen sökt medarbetare vid Sigtuna kommun. På grund av hög arbetsbelastningen har stadsbyggnadskontoret inte haft möjlighet att delta i något möte med WSP.

Det bör finnas möjligheter för installationer i Sigtuna kommun, men eftersom vi inte har erhållit något underlag från dem kan vi inte bedöma potentialen.

9.3.12 Upplands Väsby kommun

Fjärrvärme finns endast i de västra delarna av kommunen, uppdelningen följer i stort sett E4:an. Det finns tillgängliga markytor för solenergianläggningar i östra delen av kommunen, men de ligger ca 2,5 km från fjärrvärmenätet. I de norra delarna av kommunen finns det dock möjlighet för solfångarfält. Dels är det i närheten av fjärrvärmeledningen från Bristaverket och dels är en exploatering av bostäder och lokaler inte möjlig på grund av bullerstörningar från Arlanda.

9.4 Lämpliga lokaliseringar

Förutsättningar för säsongslagrad solvärme i Stockholm och kranskommunerna har diskuterats med Fortum Värmes avdelning för fjärrvärmedistribution. Våra slutsatser presenteras nedan.

9.4.1 Nacka kommun

Totalt finns ytor motsvarande ca 12 ha som Nacka kommun anser vara lämpliga för en framtida exploatering. De är belägna kring Värmdöleden.

Tabell 7: Tillgängliga ytor i Nacka kommun.

Område	Nummer	Total yta [ha]	Lämplighet
Värmdöleden	S1	3	Med hänseende tagit till fjärrvärmenätet och dess kapacitet lämpar sig området väl.
	S2	9	Med hänseende tagit till fjärrvärmenätet och dess kapacitet lämpar sig området väl.

9.4.2 Södertälje kommun

Totalt finns ytor motsvarande ca 73 ha som Södertälje kommun anser kan vara lämpliga för en framtida exploatering. Det är ytor som är belägna kring kraftledningsgatan samt i de östra delarna av kommunen utmed järnvägen.

Tabell 8: Tillgängliga ytor i Södertälje kommun.

Område	Nummer	Total yta [ha]	Lämplighet
Utmed järnvägen	S3	26	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
	S4	23	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
	S5	11	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
Kraftledningsgatan	S6	8	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
	S7	5	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.

9.4.3 Botkyrka kommun

Totalt finns det ytor motsvarande ca 106 ha som Botkyrka kommun anser kan vara lämpliga för en framtida exploatering. Det råder vissa tveksamheter avseende lämpligheten för en exploatering i området, men kommunen planerar inte några bostäder eller lokaler i de aktuella områdena.

Tabell 9: Tillgängliga ytor i Botkyrka kommun.

Område	Nummer	Total yta [ha]	Lämplighet
Västra delarna	S8	49	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
Östra delarna	S9	57	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.

9.4.4 Upplands Väsby kommun

Totalt finns det ytor motsvarande ca 93 ha som Upplands Väsby kommun anser kan vara lämpliga för en framtida exploatering. Det är mindre ytor centralt beläget i kommunen samt ytor i norra delarna av kommunen utmed E4:an.

Tabell 10: Tillgängliga ytor i Upplands Väsby kommun.

Område	Nummer	Total yta [ha]	Lämplighet
Centrala Upplands Väsby	S10	5	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
	S11	27	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
Norra delarna	S12	6	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
	S13	7	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.
	S14	46	Det finns goda anslutningsmöjligheter till omkringliggande fjärrvärmenät, finns utrymme vintertid.

10 RESULTAT FRÅN SIMULERINGAR I FJÄRRVÄRMENÄT

10.1 Beräkningsförutsättningar

Beräkningsförutsättningarna varierar mellan de tre fjärrvärmenäten i Malmö, Göteborg och Stockholm. Det gäller både förutsättningar som påverkar potentialen för tillförd solvärme och solvärmens möjlighet att integreras i befintliga fjärrvärmesystemet.

Det är produktionsmixarna för år 2012 som har legat till grund för beräkningarna.

10.1.1 Malmö

I Malmö finns stora tillgängliga ytor som kan vara lämpliga för solfångare, de är lokaliserade i sydvästra och sydöstra Malmö. Den potentiella solvärmeproduktionen är ca 650 GWh per år vilket motsvarar ca 30 % av E.ONs totalt levererade fjärrvärme i Malmö i dagsläget.

Även med beaktande av fjärrvärmesystemets uppbyggnad är lokaliseringarna i de sydvästra och sydöstra delarna lämpliga, eftersom det råder brist på värmeproduktion där. Vid tillkommande värmeproduktion i de södra delarna av E.ONs fjärrvärmenäät skulle pumpenergin och temperaturer kunna vara lägre.

10.1.2 Göteborg

I Göteborg har ett mindre antal ytor identifierats som möjliga för exploatering av solfångare. Den begränsande faktorn är tillgången till mark i närhet av befintligt fjärrvärmenäät.

En fiktiv yta motsvarande en värmeproduktion på 110 GWh har antagits för att kunna gå vidare med analysen om hur det skulle kunna påverka energiproduktionen och dra slutsatser om vilka bränslen som skulle kunna ersättas med en storskalig solfångarproduktion.

Den potentiella solvärmeproduktionen i Göteborgsområdet inklusive de fiktiva ytorna motsvarar ca 120 GWh per år. Det motsvarar ca 3 % av Göteborgs Energis årliga totalt levererade fjärrvärme i Göteborg.

10.1.3 Stockholm

Till skillnad från Malmö är de tillgängliga markytorna en begränsande faktor i Stockholm. De flesta av de intervjuade kommunerna önskar fortsätta att förtäta och exploatera nya områden i sina respektive kommuner, och enligt de kommun-representanter som har intervjuats finns det inte utrymme för solfångarfält. Det finns

kommuner som även har problem att finna mark för bostads- och lokalexploatering, en typ av exploatering som de bedömer har större kommunalt intresse än solfångare.

Fortum Värmes fjärrvärmenät och fjärrvärmeproduktion skiljer sig från E.ONs och Göteborg Energis. Dels har Fortum Värme två stora separata nät (nordvästra respektive centrala/södra) och dels sker det ett energiutbyte mellan Fortum och andra fjärrvärmeföretag. Detta innebär att den tillkommande energin från solfångarna inte enbart skulle ersätta Fortum Värmes produktion utan även påverka Söderenergis fjärrvärmeproduktion.

Den potentiella solvärmeproduktionen i Stockholmsområdet bedöms vara ca 380 GWh per år. Det motsvarar ca 4 % av Fortum Värmes årliga totalt levererade fjärrvärme i Stockholm.

10.2 Resultat från Malmö

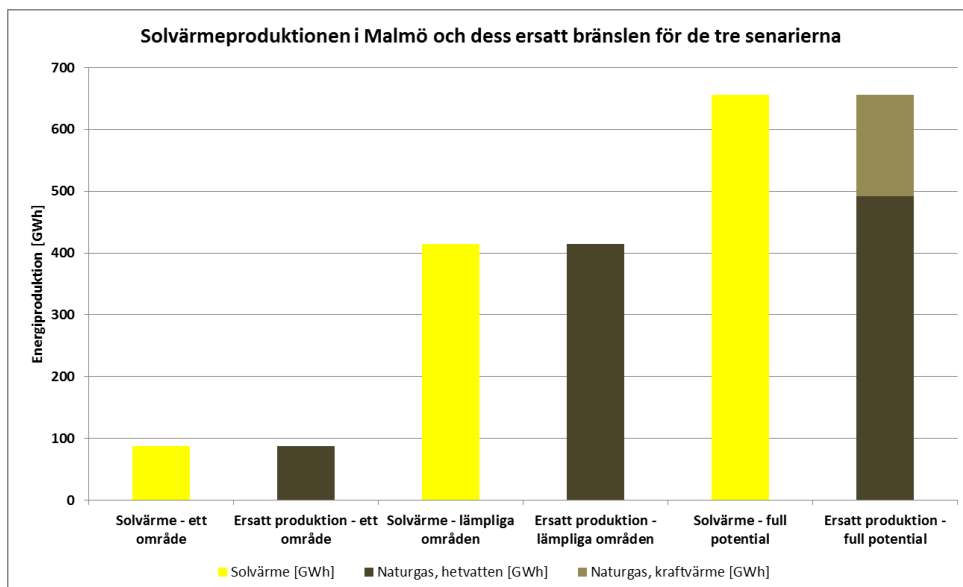
I Malmö finns åtta olika områden som är möjliga för exploatering av solfångare. Det är områden som Malmö stad i dagsläget inte bedömer vara aktuella för annan typ av exploatering. Av dessa åtta är endast fyra lämpliga för solenergiproduktion, vilka dessa fyra är framgår av tabell 11.

De genomförda beräkningarna baseras på att implementering sker i tre steg; enbart M5, de fyra områdena M1, M4, M5 och M6 samt alla områdena (M1-M8).

Vid en installation av solfångare i E.ONs fjärrvärmenät kommer solvärmes att ersätta naturgas. Solvärmes kommer att ersätta både naturgas för hetvattendrift och kraftvärmedrift. Den ersatta kraftvärmebaserade värmen kommer samtidigt att påverka elproduktionen. Den minskade elproduktionen står i proportion till hur stor andel kraftvärmebaserad värme som ersatt av solenergi. Dock, det är först då hela potentialen av solfångare, dvs. en utnyttjning av fälten M1-M8, som kraftvärmeproduktionen påverkas. Detta bör undvikas ur ett systemperspektiv.

Tabell 11: Solfångaryta och dess värmeproduktion.

Område	Total yta [ha]	Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle
M5	65	87,8	Naturgas, hetvattenproduktion
M1,M4-M6	307	414,5	Naturgas, hetvattenproduktion
M1-M8	486	656,1	Naturgas, 1/4 kraftvärme- och 3/4 hetvattenproduktion



Figur 15: Solvärmeproduktionen och dess ersatta bränslen i Malmö.

Förändringarna i värme- och elproduktionen redovisas i tabell 12 nedan.

Tabell 12: Förändringar av miljöpåverkan.

Område	Förändrade koldioxidutsläpp [ton]	Förändrad primärenergianvändning [GWh]
M5	- 21 674	- 95,6
M1,M4-M6	- 102 369	- 451,8
M1-M8	- 162 057	- 715,1

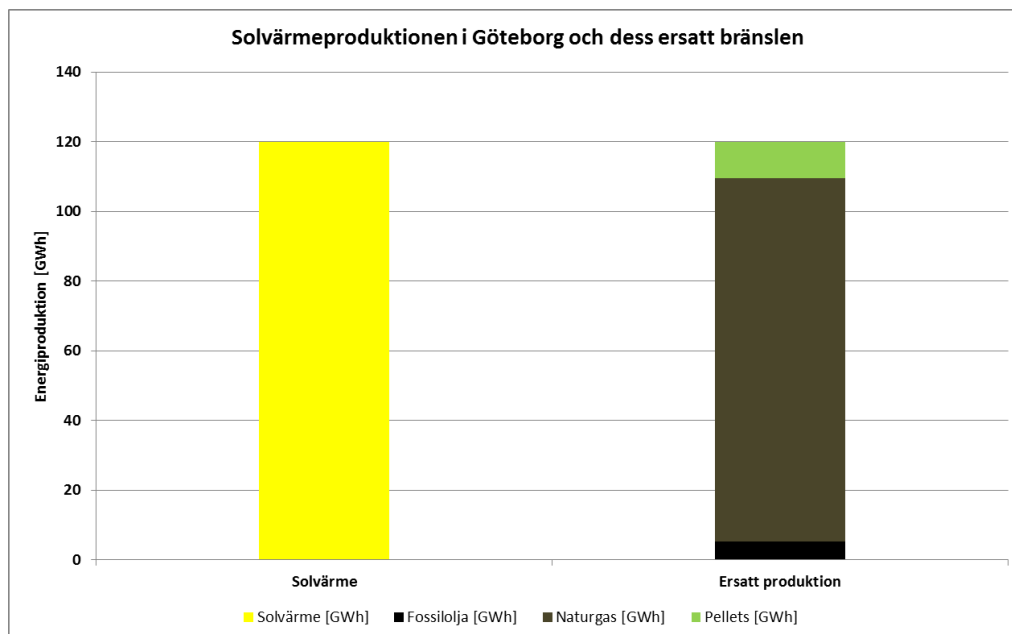
Anslutning av solfångarfält kommer att minska koldioxidutsläppen och primärenergianvändningen. Hur stora minskningarna blir beror på hur stor anslutningsgraden blir. Koldioxidutsläppen beräknas minska i en storleksordning från 21 700 till 162 000 ton och primärenergianvändningen beräknas minska mellan 96 och 715 GWh.

10.3 Resultat från Göteborg

På grund av att endast ett fåtal tänkbara ytor har identifierats i Göteborg har ett tillägg gjorts med fiktiva ytor i samråd med Göteborg Energi. Genom att anta en fiktiv yta och därmed en fiktiv värmeproduktion är det möjligt att göra analyser av vad tillförd solvärmens skulle få för påverkan för Göteborg Energis produktion.

Tabell 13: Solfångaryta och dess värmeproduktion.

Område	Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle
G1	3	Naturgas, pellets eller fossilolja
G2	5	Naturgas, pellets eller fossilolja
Fiktiv yta	20	Naturgas, pellets eller fossilolja
Fiktiv yta	20	Naturgas, pellets eller fossilolja
Fiktiv yta	20	Naturgas, pellets eller fossilolja
Fiktiv yta	50	Naturgas, pellets eller fossilolja
G8	2	Naturgas, pellets eller fossilolja



Figur 16: Solvärmeproduktionen och dess ersatta bränslen i Göteborg.

Det går inte att med säkerhet att avgöra vilken solvärme från vilket område som ersätter respektive bränsle. Istället har beräkningarna för Göteborgsfallet utgått ifrån den totala mängd bränsle som solvärmens skulle ersätta.

Tabell 14: Förändringar av miljöpåverkan.

Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle	Förändrade koldioxidutsläpp [ton]	Förändrad primärenergianvändning [GWh]
5,2	Fossilolja	- 1 513	- 5,7
104,3	Naturgas	- 25 762	- 113,7
10,4	Pellets	- 198	- 1,1

Vid en installation av solfångarfält skulle både koldioxidutsläppen och primärenergianvändningen minska. Koldioxidutsläppen beräknas minska med i storleksordningen 27 470 ton och primärenergianvändningen i storleksordningen 120 GWh.

10.4 Resultat från Stockholm

I Stockholm har tre olika områden där solfångare är möjliga identifierats; Upplands Väsby, Nacka och Södertälje/Botkyrka.

10.4.1 Nacka

De två möjliga lokaliseringarna av solfångare i Nacka ligger i anslutning till Fortum Värmes fjärrvärmenät mellan Hammarbyverket och Orminge. I detta lokala nät är det i princip möjligt att tillföra värme vid 100°C till framledningen från ett solvärmelager under hela året.

Under sommarhalvåret när effekt behovet är relativt litet försörjs Nacka huvudsakligen genom värmeproduktion från kraftvärmeverken i Högdalen (avfall/returbränsle) och Igelsta (bio). Värmepumpar ligger här på marginalen.

När värmebehovet är stort under vår och höst produceras värme även i kraftvärmeverket i Värtan (kol) alternativt värmepumpar i Värtan och Hammarby.

Under vinterhalvåret då effektbehovet är som störst försörjs Nacka även med värme som är producerad med träpellets i värmeverken Orminge och Fittja samt med bioolja i Hammarby, Värtan och Årsta. Först vid utomhustemperaturer lägre än -10 °C produceras värme baserat på fossila oljor Eo5 och Eo1.

Vid en installation av solfångare i Nacka är det således främst bioolja och pellets som solvärmes kommer att ersätta.

Tabell 15: Solfångaryta och dess värmeproduktion.

Område	Total yta [ha]	Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle
S1	3	4,1	Bioolja eller pellets
S2	9	12,2	Bioolja eller pellets

Förhållandet mellan den ersatta biooljan och pelletsen är okänt. De fortsatta beräkningarna grundar sig därför på ytterligheterna, dvs. att solvärme ersätter enbart bioolja alternativt enbart pellets.

Tabell 16: Förändringar av miljöpåverkan då solvärmer ersätter bioolja eller pellets.

Område	Förändrade koldioxidutsläpp [ton]	Förändrad primärenergianvändning [GWh]
S1,S2 - bioolja	- 308	- 1,8
S1,S2 - pellets	- 162	- 0,6

Oberoende av vilka bränslen som solvärmes ersätter kommer koldioxidutsläppen och primärenergianvändningen att minska i det här fallet. Koldioxidutsläppen beräknas minska mellan 162 och 308 ton och primärenergianvändningen med 0,6-1,8 GWh.

10.4.2 Södertälje/Botkyrka

De sju möjliga lokaliseringarna av solfångare i Södertälje/Botkyrka ligger inom Telge Näts fjärrvärmennät. Det finns en transitledning mellan Södertälje och Stockholm, men den utnyttjas redan maximalt mellan oktober och april. I dagsläget finns det därmed inga möjligheter att transitera solvärmen till Fortum Värmes fjärrvärmennät. Därför ersätter den producerade solvärmen hetvattenproduktion baserad på pellets.

Vid en installation av solfångare är det pellets som solvärmen kommer att ersätta.

Tabell 17: Solfångaryta och dess värmeproduktion.

Område	Total yta [ha]	Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle
S3	26	35,1	Pellets
S4	23	31,1	Pellets
S5	11	14,9	Pellets
S6	8	10,8	Pellets
S7	5	6,8	Pellets
S8	49	66,2	Pellets
S9	57	77,0	Pellets

Tabell 18: Förändringar av miljöpåverkan.

Område	Förändrade koldioxidutsläpp [ton]	Förändrad primärenergianvändning [GWh]
S3 – S9	- 4 591	- 26,6

Om solenergiinstallationerna görs kommer koldioxidutsläppen och primärenergianvändningen att minska. Koldioxidutsläppen beräknas minska med 4 591 ton och primärenergianvändningen beräknas minska i storleksordningen 26,6 GWh.

10.4.3 Upplands Väsby

Värmedistributionen sker via en huvudledning s.k UVA ledningen som därmed når sin maximala kapacitet.

Vintertid kan solvärme ersätta värme producerad i värmeverk med bioolja och träpellets. Riktigt kalla vinterdagar med utomhustemperaturer lägre än -10 °C kan även värme producerad med fossila oljor ersättas.

Vid en installation av solfångare i Upplands Väsby är det således främst bioolja och pellets som ersätts men även fossila oljor.

Tabell 19: Solfångaryta och dess värmeproduktion.

Område	Total yta [ha]	Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle
S10	5	6,8	Bioolja, pellets eller fossilolja
S11	27	36,5	Bioolja, pellets eller fossilolja
S12	6	8,1	Bioolja, pellets eller fossilolja
S13	7	9,5	Bioolja, pellets eller fossilolja
S14	46	62,1	Bioolja, pellets eller fossilolja

Det går inte med säkerhet att avgöra vilken solvärme från vilket område som bioolja, pellets eller solvärme. Istället har beräkningarna utgått från den totala mängd bränsle solvärmerna ersätter.

Tabell 20: Förändringar av miljöpåverkan då solvärmer ersätter bioolja eller pellets.

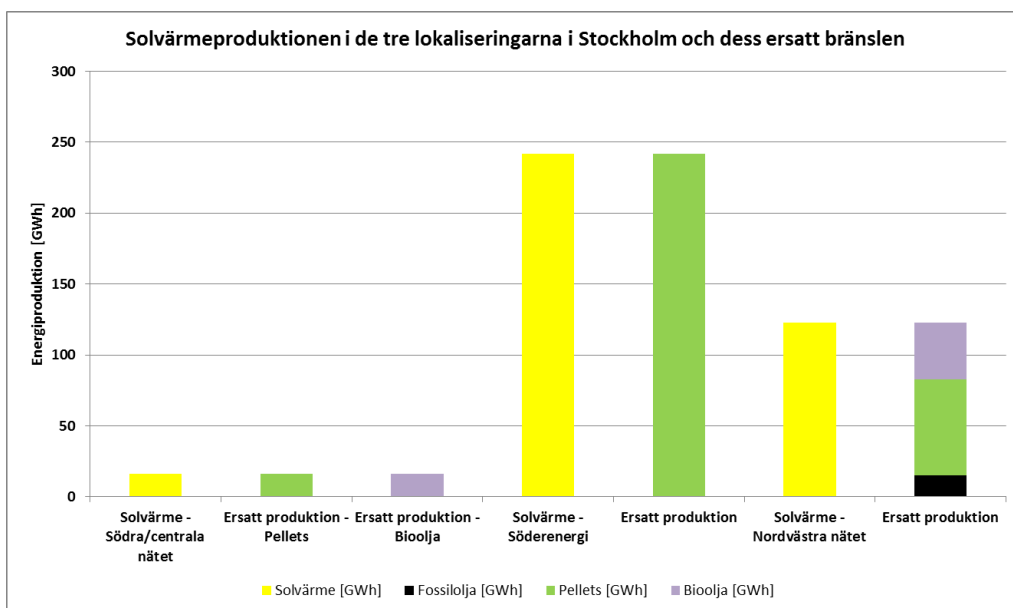
Solvärmeproduktion, inklusive lagringsförluster [GWh]	Ersatt bränsle	Förändrade koldioxidutsläpp [ton]	Förändrad primärenergianvändning [GWh]
40	Bioolja	- 400	- 1,6
67,9	Pellets	- 1 290	- 7,5
15	Fossilolja	- 4 365	- 16,7

Oberoende på vilka bränslen som solvärmerna ersätter kommer koldioxidutsläppen och primärenergianvändningen att minska i det här fallet. Koldioxidutsläppen beräknas minska i storleksordningen 6 100 ton och primärenergianvändningen i storleksordningen 26 GWh.

10.4.4 Sammanfattning av Stockholm

I Stockholm kan solvärmen påverka både det central/södra nätet, nordvästra nätet och Söderenergis produktion.

Solvärmen att ersätta olika bränslen i de tre olika näten. I samtliga tre fall påverkas både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen.



Figur 17: Solvärmeproduktionen och dess ersatta bränslen i Stockholm.

10.5 Miljövinster med lagring av solvärme

De stora miljöeffekterna med solvärme åstadkoms när den säsongslagras. Om det skulle ske ett utnyttjande av solvärmen sommartid skulle solvärmen ersätta spillvärme eller kraftvärme, vilket är ett dåligt alternativ ur systemperspektiv.

Nedan följer en sammanfattning av miljöeffekterna om det inte skulle ske en säsongslagring av solvärmen utan ett direkt utnyttjande i de tre fjärrvärmesystemen.

10.5.1 Miljövinster med lagring i Malmö

Enligt tidigare redovisade analyser och beräkningsförutsättningar finns det åtta olika områden som är möjliga för exploatering av solfångare. Av dessa åtta är endast fyra lämpliga för solenergiproduktion, vilka dessa är framgår av tabell 11.

I figur 7 visas att utan en lagring av solvärmen skulle den ersätta avfallsbaserad kraftvärme och spillvärme. Värmebehovet i Malmös fjärrvärmesät är inte så stort att det kan ske ett utnyttjande av solvärmens fulla potential. Istället bygger beräkningarna på ett utnyttjande av solvärme från ett fält och från de lämpliga områdena.

Om solvärmen ska ersätta kraftvärmeproduktion ska kraftbonusmetoden ligga till grund för miljöberäkningarna. Följande antaganden är gjorda:

- Alfavärde, avfall 0,19
- Verkningsgrad 95 %
- Primärenergifaktor, el 2,5
- Koldioxidfaktor, el⁷ 670

$$PEF_{Avfall} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} PEF_{br,i} - PEF_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

$$= \frac{\frac{87,8 + 0,19 \times 87,8}{0,95} \times 0,04 - 2,5 \times 87,8 \times 0,19}{87,8} = -0,42$$

$$CO2_{Avfall} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} CO2_{br,i} - CO2_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

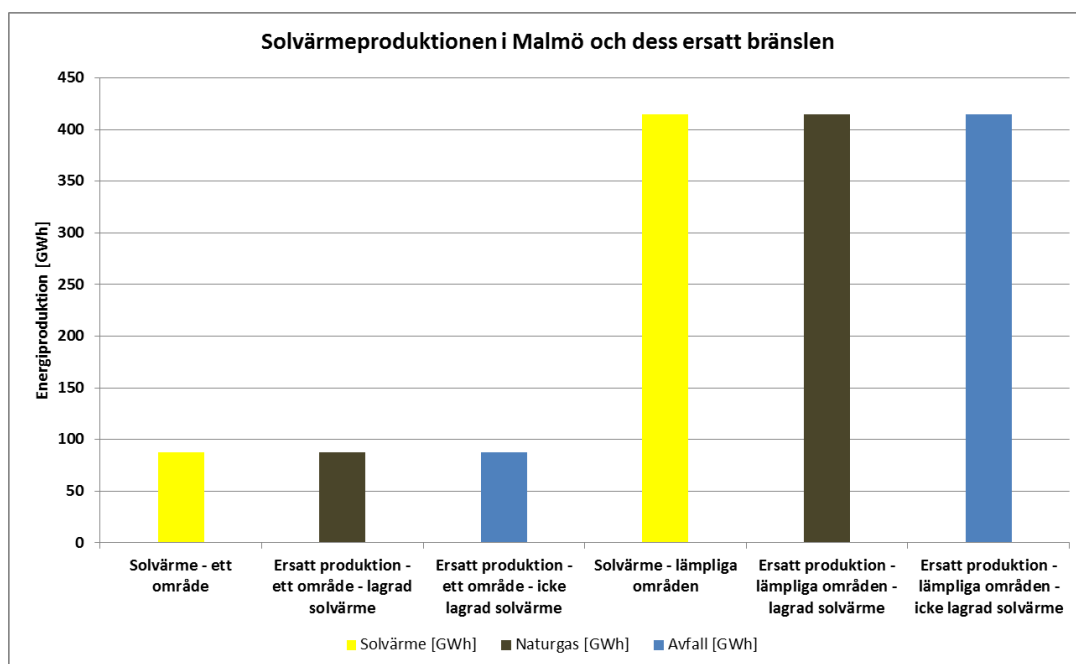
$$= \frac{\frac{87,8 + 0,19 \times 87,8}{0,95} \times 101 - 670 \times 87,8 \times 0,19}{87,8} = -1 \text{ g/kWh}$$

Enligt standarden får primärenergifaktorn inte vara negativ, om så är fallet ska den ansättas till 0. Motsvarande gäller inte för koldioxidfaktor, där är negativa värden accepterade.

⁷ Effekterna av förändrad elanvändning/elproduktion – modellberäkningar, Elforsk rapport 08:30

Tabell 21: Solvärmeproduktion i Malmö och dess ersatta bränsle beroende om det sker en lagring av solvärmen eller ej.

	Solvärme [GWh]	Naturgas [GWh]	Avfall [GWh]
Solvärme - ett område	87,8		
Ersatt produktion - ett område - lagrad solvärme		87,8	
Ersatt produktion - ett område - icke lagrad solvärme			87,8
Solvärme - lämpliga områden	414,5		
Ersatt produktion - lämpliga områden - lagrad solvärme		414,5	
Ersatt produktion - lämpliga områden - icke lagrad solvärme			414,5

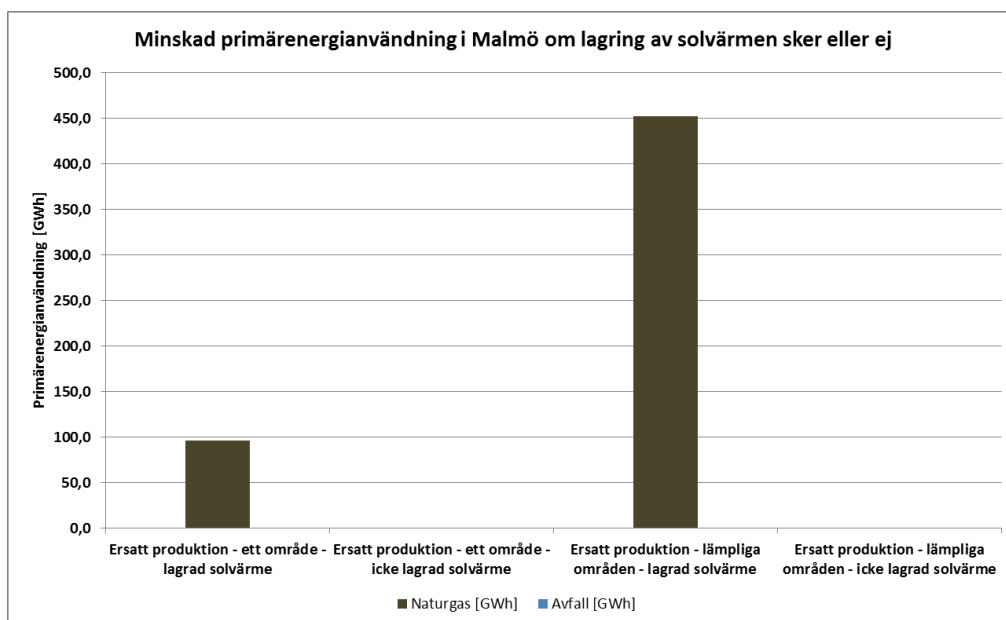


Figur 18: Solvärmeproduktion i Malmö och dess ersatta bränsle beroende om det sker en lagring av solvärmen eller ej.

Av tabell 21 och figur 18 framgår det tidigare resonemanget, bränslet som solvärmen ersätter beror på om det sker säsongslagring av solvärmen eller ej. Sker det ingen lagring kommer solvärmen att ersätta avfallsbaserad kraftvärme istället för naturgasbaserad hetvattenproduktion.

Tabell 22: Den minskade primärenergianvändningen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

	Naturgas [GWh]	Avfall [GWh]
Ersatt produktion - ett område - lagrad solvärme	95,7	
Ersatt produktion - ett område - icke lagrad solvärme		0
Ersatt produktion - lämpliga områden - lagrad solvärme	415,8	
Ersatt produktion - lämpliga områden - icke lagrad solvärme		0

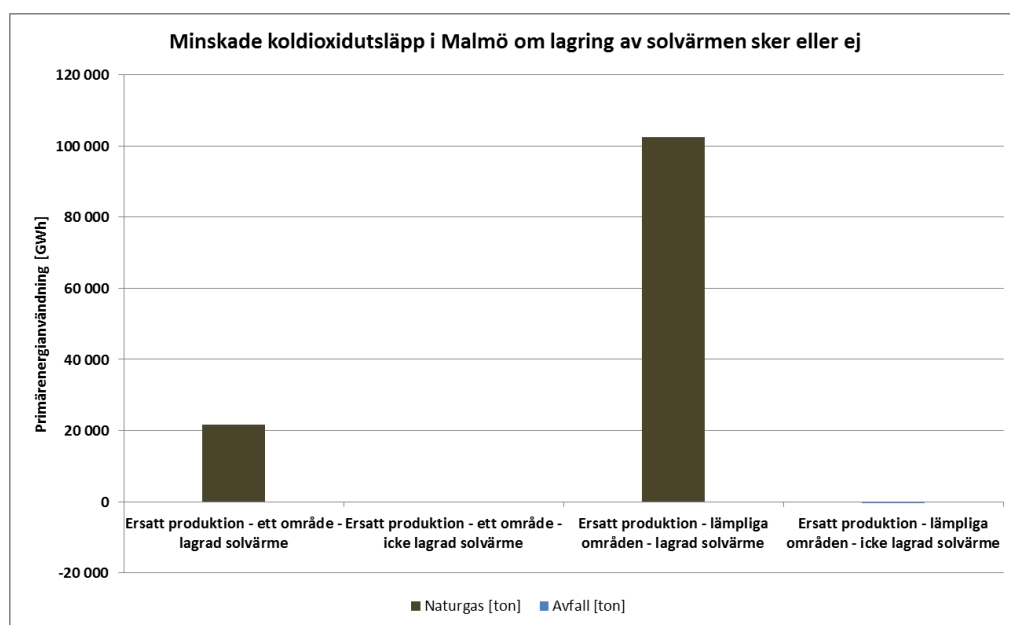


Figur 19: Den minskade primärenergianvändningen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

I tabell 22 och figur 19 redovisas den minskade primärenergianvändningen. Primärenergifaktorn för den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen är ansatt till 0 enligt tidigare beräkningar. Detta gör att det inte blir någon minskning av primärenergianvändningen om solvärmens ersätter kraftvärmeproduktionen, den minskas enbart om solvärmens ersätter naturgasbaserad hetvattenproduktion.

Tabell 23: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmern eller ej.

	Naturgas [ton]	Avfall [ton]
Ersatt produktion - ett område - lagrad solvärme	21 687	
Ersatt produktion - ett område - icke lagrad solvärme		- 88
Ersatt produktion - lämpliga områden - lagrad solvärme	102 382	
Ersatt produktion - lämpliga områden - icke lagrad solvärme		- 415



Figur 20: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmern eller ej.

I tabell 23 och figur 20 redovisas de minskade koldioxidutsläppen. Koldioxidfaktorn för den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen är beräknad till -1 g/kWh enligt tidigare beräkningar. Detta resulterar i att om solvärmern ersätter den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen ökar koldioxidutsläppen. Minskning av koldioxidutsläppen sker endast om solvärmern ersätter naturgasbaserad hetvattenproduktion.

10.5.2 Miljövinster med lagring av solvärme i Göteborg

Enligt tidigare analyser och beräkningsförutsättningar finns det fiktiva och verkliga områden som är möjliga för exploatering av solfångare i Göteborg.

Av figur 9 framgår det att om det inte skulle ske en lagring av solvärmens skulle den ersätta avfallsbaserad kraftvärme.

Om solvärmens ska ersätta kraftvärmeproduktion ska kraftbonusmetoden ligga till grund för miljöberäkningarna. Följande antaganden är gjorda:

- Alfavärde, avfall 0,19
- Verkningsgrad 95 %
- Primärenergifaktor, el 2,5
- Koldioxidfaktor, el⁸ 670

$$PEF_{Avfall} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} PEF_{br,i} - PEF_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

$$= \frac{\frac{120 + 0,19 \times 120}{0,95} \times 0,04 - 2,5 \times 120 \times 0,19}{120} = -0,42$$

$$CO2_{Avfall} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} CO2_{br,i} - CO2_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

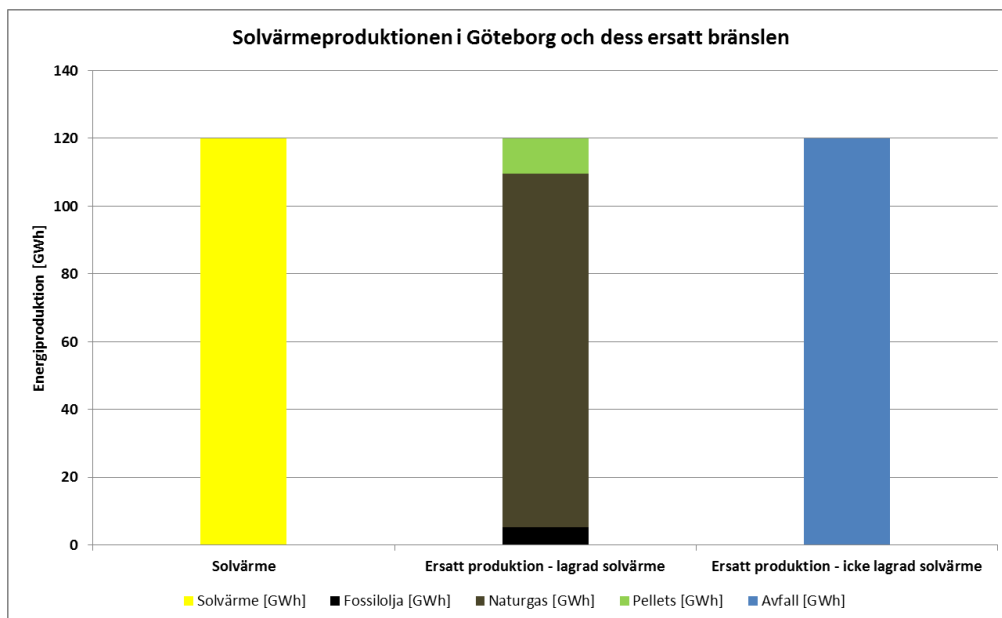
$$= \frac{\frac{120 + 0,19 \times 120}{0,95} \times 101 - 670 \times 120 \times 0,19}{120} = -1 \text{ g/kWh}$$

Enligt standarden får inte primärenergifaktorn vara negativ, om så är fallet ska den ansättas till 0. Motsvarande gäller inte för koldioxidfaktorn, där är negativa värden accepterade.

⁸ Effekterna av förändrad elanvändning/elproduktion – modellberäkningar, Elforsk rapport 08:30

Tabell 24: Solvärmeproduktion i Göteborg och dess ersatta bränsle beroende om det sker en lagring av solvärmen eller ej.

	Solvärme [GWh]	Fossilolja [GWh]	Naturgas [GWh]	Pellets [GWh]	Avfall [GWh]
Solvärme	120				
Ersatt produktion - lagrad solvärme		5,2	104,3	10,4	
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme					120

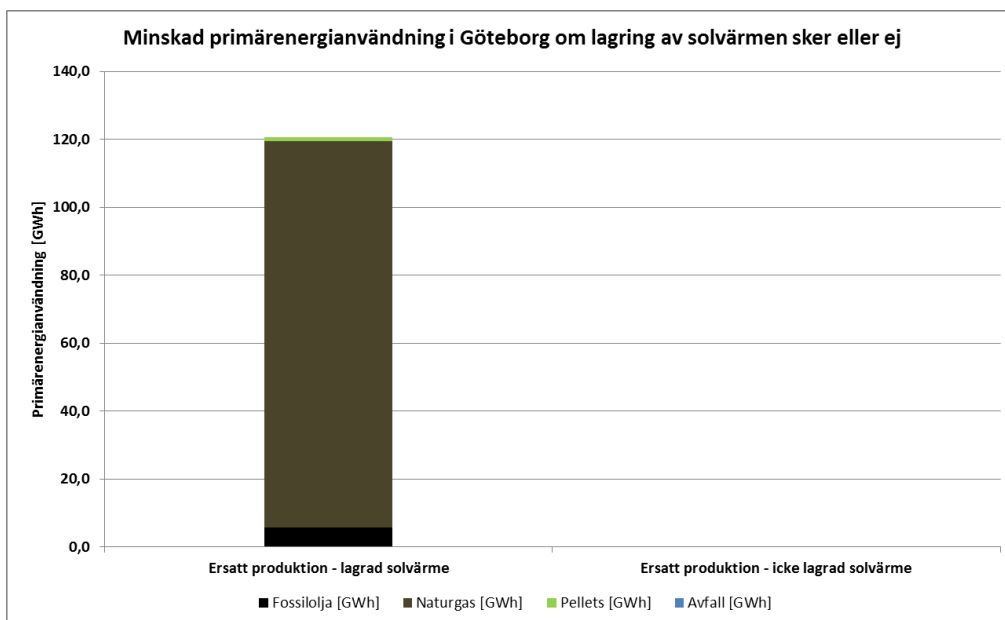


Figur 21: Solvärmeproduktion i Göteborg och dess ersatta bränsle beroende om det sker en lagring av solvärmen eller ej.

Ur tabell 24 och figur 21 framgår det tidigare resonemanget, bränslet som solvärmen ersätter beror på om det sker säsongslagring av solvärmen eller ej. Om ingen lagring sker kommer solvärmen att ersätta avfallsbaserad kraftvärme istället för fossilolja, naturgas och pellets.

Tabell 25: Den minskade primärenergianvändningen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

	Fossilolja [GWh]	Naturgas [GWh]	Pellets [GWh]	Avfall [GWh]
Ersatt produktion - lagrad solvärme	5,8	113,7	1,1	
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme				0

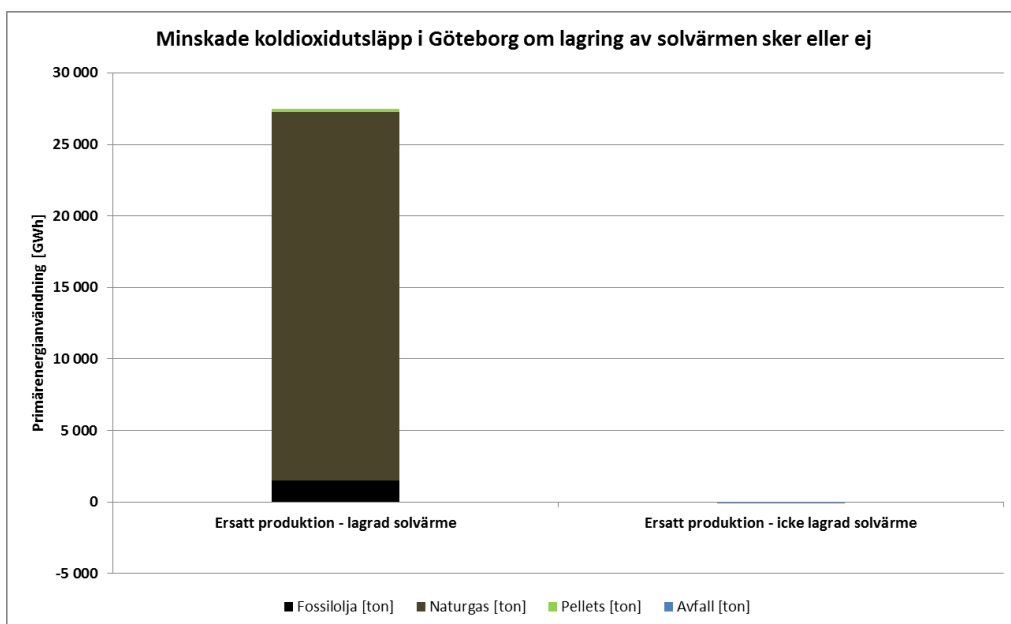


Figur 22: Den minskade primärenergianvändningen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

I tabell 25 och figur 22 redovisas den minskade primärenergianvändningen. Primärenergifaktorn för den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen är ansatt till 0 enligt tidigare beräkningar. Detta gör att det inte blir någon minskning av primärenergianvändningen om solvärmens ersätter kraftvärmeproduktionen, den minskar enbart om solvärmens ersätter fossilolja, naturgas eller pellets.

Tabell 26: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmern eller ej.

	Fossilolja [ton]	Naturgas [ton]	Pellets [ton]	Avfall [ton]
Ersatt produktion - lagrad solvärme	1 513	25 762	198	
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme				- 120



Figur 23: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmern eller ej.

I tabell 26 och figur 23 redovisas de minskade koldioxidutsläppen. Koldioxidfaktorn för den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen är beräknad till -1 g/kWh enligt tidigare beräkningar. Detta resulterar i att om solvärmern ersätter den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen ökar koldioxidutsläppen. Minskning av koldioxidutsläppen sker endast om solvärmern ersätter fossilolja, naturgas och pellets.

10.5.3 Miljövinster med lagring av solvärme i Stockholm

Enligt tidigare analyser och beräkningsförutsättningar finns det flera möjliga lokaliseringar och fjärrvärmenät som kan påverkas vid införande av solvärme.

Av figur 12 och 13 framgår det att om det inte skulle ske en lagring av solvärmen skulle den ersätta avfallsbaserad kraftvärme i Fortum Värmes produktion. Solvärmeproduktionen i Södertälje och Botkyrka skulle påverka Söderenergis produktion där skulle solvärmen ersätta biobaserad kraftvärme.

Om solvärmen ska ersätta kraftvärmeproduktion ska kraftbonusmetoden ligga till grund för miljöberäkningarna. Följande antaganden är gjorda:

- Alfavärde, avfall 0,19
- Alfavärde, RT-flis 0,37
- Verkningsgrad 95 %
- Primärenergifaktor, el 2,5
- Koldioxidfaktor, el⁹ 670

$$PEF_{Avfall} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} PEF_{br,i} - PEF_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

$$= \frac{\frac{123 + 0,19 \times 123}{0,95} \times 0,04 - 2,5 \times 123 \times 0,19}{123} = -0,42$$

$$PEF_{RT-flis} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} PEF_{br,i} - PEF_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

$$= \frac{\frac{242 + 0,37 \times 242}{0,95} \times 0,05 - 2,5 \times 242 \times 0,37}{242} = -0,85$$

$$CO2_{Avfall} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} CO2_{br,i} - CO2_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

$$= \frac{\frac{123 + 0,19 \times 123}{0,95} \times 101 - 670 \times 123 \times 0,19}{123} = -1 \text{ g/kWh}$$

$$CO2_{RT-flis} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pe,i} CO2_{br,i} - CO2_{el} \times W_{chp,el}}{\sum_{j=1}^n Q_{del(j)}} =$$

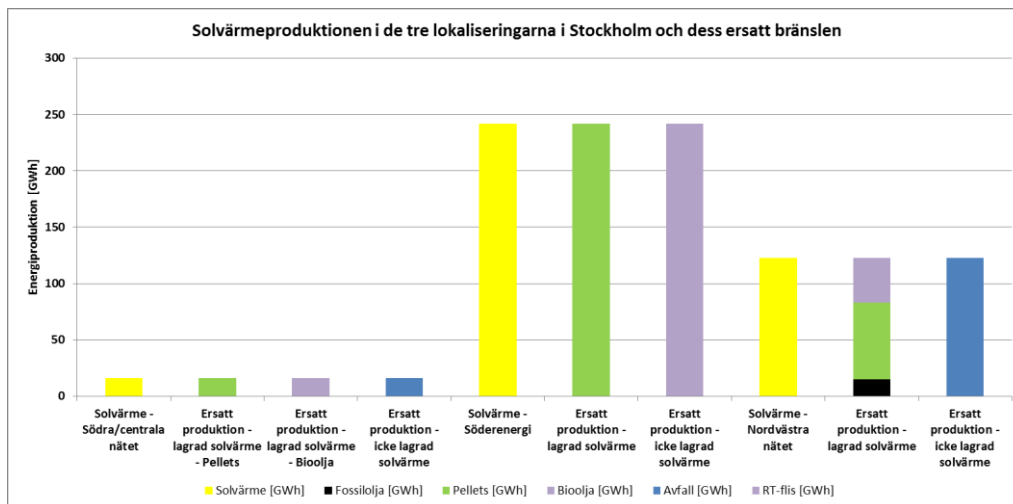
$$= \frac{\frac{242 + 0,37 \times 242}{0,95} \times 12 - 670 \times 242 \times 0,37}{242} = -231 \text{ g/kWh}$$

⁹ Effekterna av förändrad elanvändning/elproduktion – modellberäkningar, Elforsk rapport 08:30

Enligt standarden får inte primärenergifaktoren vara negativ, om så är fallet ska den ansättas till 0. Motsvarande gäller inte för koldioxidfaktorn, där är negativa värden accepterade.

Tabell 27: Solvärmeproduktion i Stockholm och dess ersatta bränsle beroende om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

	Solvärme [GWh]	Fossilolja [GWh]	Pellets [GWh]	Bioolja [GWh]	Avfall [GWh]	RT-flis [GWh]
Solvärme - Södra/centrala nätet	16,2					
Ersatt produktion - lagrad solvärme - Pellets			16,2			
Ersatt produktion - lagrad solvärme - Bioolja				16,2		
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme					16,2	
Solvärme - Söderenergi	241,7					
Ersatt produktion - lagrad solvärme			241,7			
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme						241,7
Solvärme - Nordvästra nätet	122,9					
Ersatt produktion - lagrad solvärme		15	67,9	40		
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme					122,9	

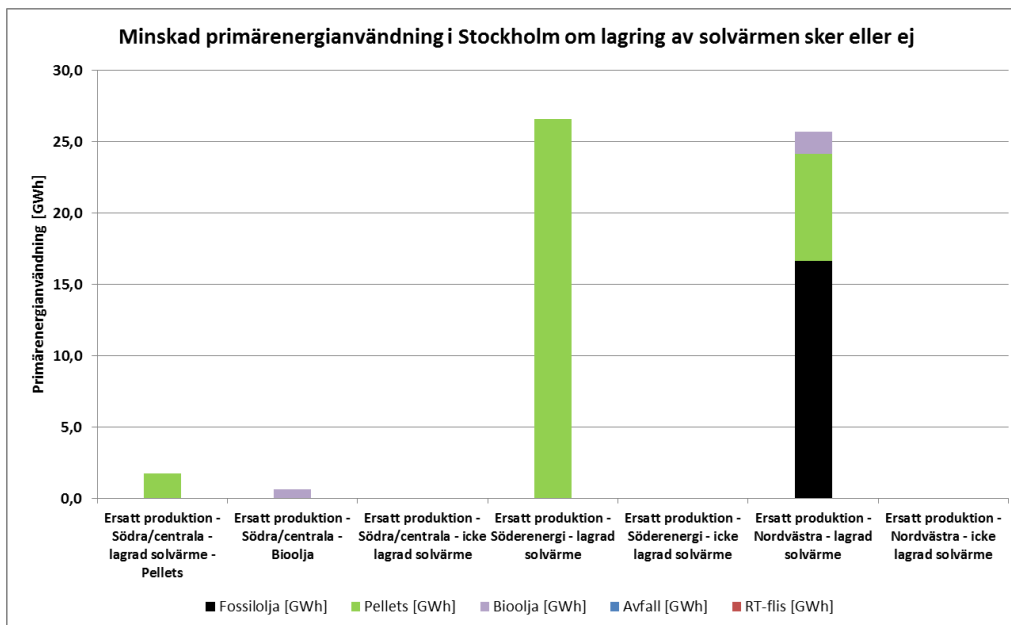


Figur 24: Solvärmeproduktion i Stockholm och dess ersatta bränsle beroende om det sker en lagring av solvärmen eller ej.

Ur tabell 27 och figur 24 framgår det tidigare resonemanget, bränslet som solvärmen ersätter beror på om det sker säsongslagring av solvärmen eller ej. Om ingen lagring sker kommer solvärmen att ersätta avfallsbaserad kraftvärme och biobaserad kraftvärme.

Tabell 28: Den minskade primärenergianvändningen beroende på om det sker en lagring av solvärmen eller ej.

	Fossilolja [GWh]	Pellets [GWh]	Bioolja [GWh]	Avfall [GWh]	RT-flis [GWh]
Ersatt produktion - lagrad solvärme - Pellets		1,8			
Ersatt produktion - lagrad solvärme - Bioolja			0,6		
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme				0	
Ersatt produktion - lagrad solvärme		26,6			
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme					0
Ersatt produktion - lagrad solvärme	16,7	7,5	1,6		
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme				0	

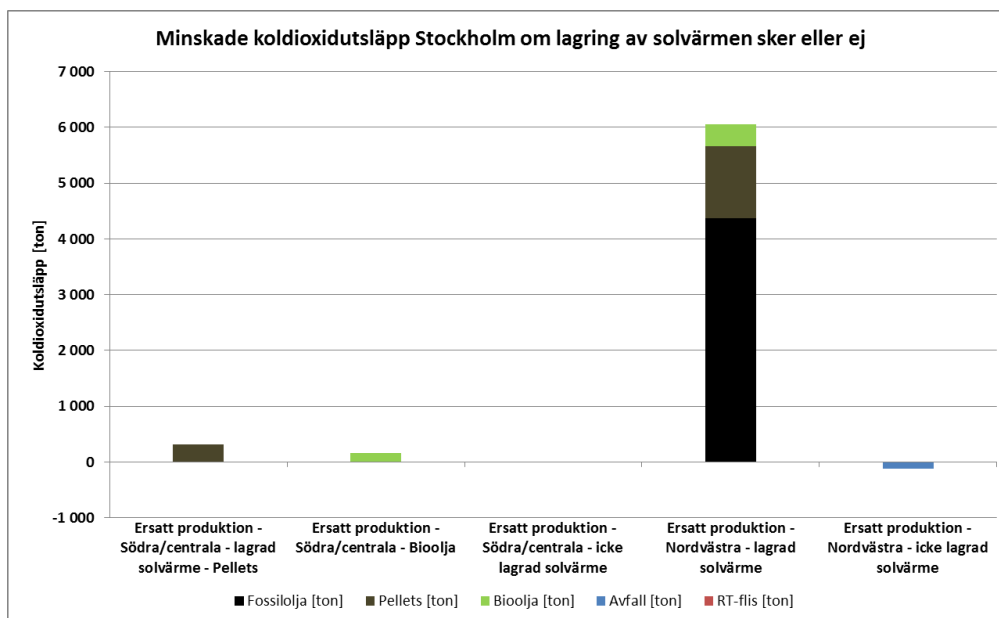


Figur 25: Den minskade primärenergianvändningen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

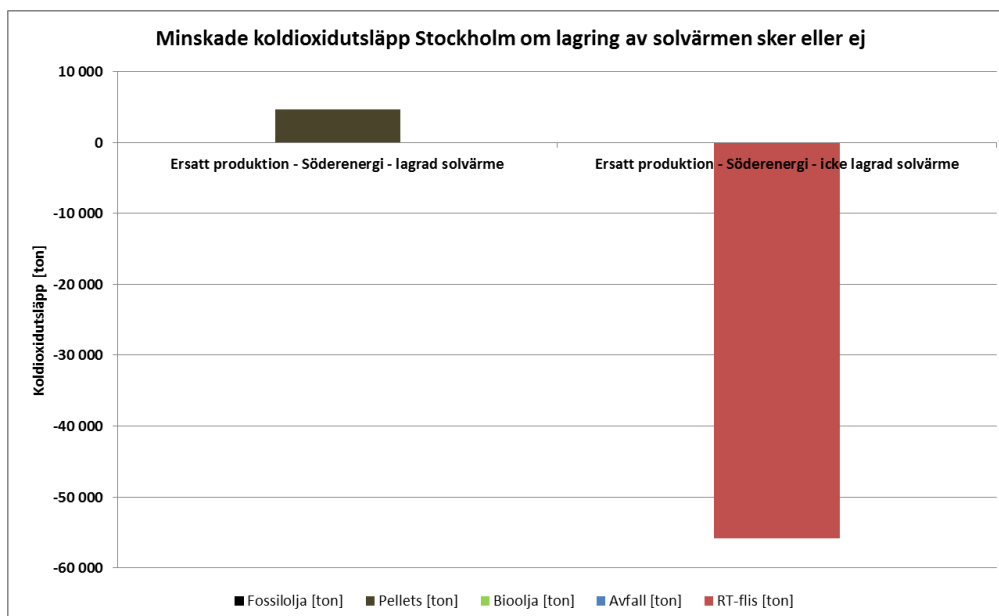
I tabell 28 och figur 25 sker en redovisas den minskade primärenergianvändningen. Primärenergifaktorn för kraftvärmeproduktionen (avfall och RT-flis) är ansatt till 0 enligt tidigare beräkningar. Detta gör att det inte blir någon minskning av primärenergianvändningen om solvärmens ersätter kraftvärmeproduktionen, en minskning sker enbart om solvärmens ersätter pellets, bioolja och fossilolja.

Tabell 29: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

	Fossilolja [ton]	Pellets [ton]	Bioolja [ton]	Avfall [ton]	RT-flis [ton]
Ersatt produktion - lagrad solvärme - Pellets		307,8			
Ersatt produktion - lagrad solvärme - Bioolja			162		
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme				-16,2	
Ersatt produktion - lagrad solvärme		4 592,3			
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme					- 55 832,7
Ersatt produktion - lagrad solvärme	4 365	1 290,1	400		
Ersatt produktion - icke lagrad solvärme				- 122,9	



Figur 26: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.



Figur 27: De minskade koldioxidutsläppen beroende på om det sker en lagring av solvärmens eller ej.

I tabell 29, figur 26 och 27 redovisas de minskade koldioxidutsläppen. Koldioxidfaktorn för den avfallsbaserade kraftvärmeproduktionen är beräknad till -1 g/kWh och för biobaserad kraftvärmeproduktionen är beräknad till -231 g/kWh enligt tidigare beräkningar. Detta resulterar i att om solvärmen ersätter den kraftvärmeproduktionen (avfall eller bio) ökar koldioxidutsläppen. Minskning av koldioxidutsläppen sker endast om solvärmen ersätter pellets, bioolja och fossilolja.

11 EKONOMISKA ÖVERSLAGSBERÄKNINGAR

11.1 Inledning

Det finns endast ett begränsat underlag avseende investeringskostnader för denna teknik, eftersom den inte är så vanlig. Det nedan redovisade underlag bygger på en sammanställning av stora solfångarinstallationer.

11.1.1 Solfångare

Det finns sammanställningarna över investeringskostnaderna för olika typer av solfångarinstallationer, se bilaga 2.¹⁰

Vid en jämförelse är två projekt aktuella, det är solfångarinstallationerna i Strandby respektive Brødstrup. Investeringskostnaderna för dem är 289 €/m², solfångare respektive 205 €/m², solfångare.

För projektet (Strandby) är investeringskostnaden för värmelagringen inkluderad. För att göra en jämförelse av endast solfångarinstallationen, rördragning och styrning måste denna kostnadspost subtraheras från beräkningen. Det ger en investering på 238 €/m², solfångare respektive 205 €/m², solfångare, dvs. ett intervall på 1 700-1 975 kr/ m², solfångare. Kostnaderna är från 2008 vilket föranleder att det finns en viss osäkerhet gällande dess nivåer.

11.1.2 Bergrum

Kostnaderna för olika lagringsutrymme varierar mellan olika tekniker och lagringsvolymen. Enligt underlag från Skanska¹¹ är kostnaderna antagna till 1 000 kr/m³.

Tidigare utredningar inom Fjärrsyn har påvisat lägre kostnader för bergrum. Men kostnaderna har ökat på grund av högre krav på säkerhet men även för KPI (konsumentprisindex) har ökat.

¹⁰ Success Factors in Solar District Heating, Jan-Olof Dalenbäck

¹¹ Hans Pilebro, Skanska

12 GENERELLT FJÄRRVÄRMESYSTEM

12.1 Inledning

Ett av målen med detta projekt är att få fram ett generellt underlag för tillämpningar av solvärme i andra fjärrvärmesystem förutom Malmö, Göteborg och Stockholm. Men erfarenheter från det genomförda arbetet visar att det är svårt att dra några generella slutsatser.

Den möjliga solvärmeinstallationen varierar kraftigt mellan de studerade lokaliseringarna. I Stockholm beräknas 4 % av den levererade fjärrvärmens kunna ersättas med solvärme medan motsvarande värde för Malmö beräknas vara 30 %.

Det går inte heller att med säkerhet avgöra vilka bränslen som solvärmens kommer att ersätta. I detta projekt varierar det mellan naturgasbaserad kraftvärme, naturgasbaserad hetvattenproduktion, biobaserad hetvattenproduktion (pellets och bioolja) samt fossilolja.

12.2 Nyckeltal

Projektet har kommit fram till följande nyckeltal:

- Energiproduktionen för säsongslagrad solvärme är 1,35 GWh per hektar och år.
- Solvärmepotentialen varierar mellan 4 % och 30 % av den totalt levererade fjärrvärmens

13 SLUTSATSER

Målet med detta projekt har varit att utreda och analysera effekter och förutsättningar för storskalig solvärme i fjärrvärmenäten i Malmö, Göteborg och Stockholm. Inom ramen för projektet har en kartläggning av tillgängliga ytor kring de tre valda orterna genomförts.

Den viktigaste slutsatsen från projektet är att det är stora skillnader mellan de olika orterna i potentialerna att utnyttja solvärmens. Det finns flera parametrar som påverkar potentialen. De viktigaste är:

- Fjärrvärmenätets utbyggnad
- Fjärrvärmenätets kapacitet
- Tillgänglig markyta
- Fjärrvärmeproduktion (typ och bränsle)

Fjärrvärmenätets utbyggnad är en direkt avgörande faktor för en framgångsrik implementering av storskalig solvärme. En stor utbredning av fjärrvärmenätet i kommunernas perifera områden är en fördel när det gäller att hitta lämpliga ytor där andra intressenter inte konkurrerar om marken.

Fjärrvärmenätets kapacitet är en viktig framgångsparameter för denna typ av installationer. Det finns visat sig, främst i Stockholm men även i Malmö, att det finns tillgängliga markytor för solfångarinstallationer men där kapaciteten i fjärrvärmesystemet är en begränsande faktor. I Stockholm är det begränsningar i de två stora transitledningarna, mellan Södertälje och Stockholm respektive mellan Brista och Hässelby, som begränsar möjligheten att utnyttja solvärme.

Den tredje signifikant påverkande faktorn är tillgängliga markytor och var dessa är lokaliserade. I Malmö finns stora tillgängliga ytor som är lämpligt lokaliserade i förhållande till fjärrvärmenätet. För Göteborg har det varit mer problematiskt att hitta lämpliga lokaliseringssytor. Det finns mycket begränsat med tillgängliga markytor, och de ytor som finns är av sådan liten storlek att en lagring av värmen är mindre intressant. I Stockholm finns det relativt stora tillgängliga markytor, ett problem med dessa är att de är belägna på fel ställe i förhållande till fjärrvärmenätets utbyggnad. Det kan också finnas mer tillgängliga markytor i Stockholmsområdet, i Huddinge och Sigtuna. Men representanter för dessa kommuner har inte varit tillgängliga för intervju i detta projekt. Detsamma gäller även ytor inom Göteborgs kommun, där kan vidare kontakt med kommunen eventuellt leda till att fler lämpliga ytor kan identifieras.

Den fjärde påverkande faktorn av betydelse är vilken del av den existerande fjärrvärmeproduktionen som solvärmens ska ersätta. Det som generellt gäller i de tre analyserade lokaliseringarna är att det finns en stor andel kraftvärme på alla orter. Om det sker ett utnyttjande av solvärmens fulla potential i Malmö kommer solvärmens att ersätta naturgasbaserad kraftvärme. Detta är en dålig lösning ur ett systemperspektiv eftersom det innebär att en minskad elproduktion. I Göteborg skulle solvärme ersätta pellets, fossilolja och naturgas. I Stockholm skulle solvärmens främst ersätta biobränsle i södra/centrala nätet och i nordvästra pellets, bioolja och fossilolja.

Tekniken kring solfångare är känd sedan tidigare. Av de olika typerna av solfångare är plana att föredra. Det är även den tekniken som är vanligast i dagens större solfångarinstallationer. För att lagra värmen är högt tempererade vattenfyllda bergrum att föredra ur teknisk och ekonomisk synvinkel.

Nytta, både miljömässigt och ekonomiskt, med lagret skulle öka om man använder det som korttidslager för att jämna ut dygnsvariationerna. Om lagervolymen ökas och inte bara anpassas till solvärmeproduktionen utan även värme från avfallsförbränning och industriell spillvärmen skulle de ekonomiska förutsättningarna bli bättre. Detta bör utredas i framtida arbete.

En naturlig och möjlig fortsättning på detta forskningsprojekt är att arbeta vidare med någon eller några av de identifierade lokaliseringarna och starta ett konkret projekt med säsongslagrad solvärme. Det vore även att möjligt att välja någon annan lokalisering istället för Malmö, Göteborg eller Stockholm förutsatt att det finns ett tillräckligt stort intresse från kunderna. Vidare skulle det vara intressant att göra en fördjupad analys avseende inte bara primärenergianvändning och koldioxidutsläpp utan även andra typer av miljöpåverkan som utsläpp av NO_x, Sox och partiklar.

14 REFERENSER

- Andersson, G., Larsson, D., Martinsson, C.: *"Storskalig solfjärrvärme i Stockholm"*
Fortum Teknik & Miljö AB, 2002
- Dalenbäck, Jan-Olof.: *"Success Factors in Solar District Heating"*, Solar District
Heating 2010
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J., Palm, D.:
*"Miljöfaktaboken 2011, Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme
och transporter"*, Värmeforsk 2011
- Gran, J., Bölin, J.: *"Förutsättningar för storskalig fastighetsanknuten
energiproduktion i den befintliga infrastrukturen"* KTH, 2011
- Larsson, S., Larsson, B., Helgesson, A., Krohn, P.: *"FUD-program Solvärme 2001-
2003"*, ER 26:2004, 2004, Energimyndigheten
- Sköldberg, H., Unger, T.: *"Effekter av förändrad elanvändning/elproduktion –
modellberäkningar"*, Elforsk rapport 08:30, 2008, Elforsk
- Zinko, H., Gebremedhin, A.: *"Säsongvärmelager i kraftvärmesystem"* ISBN 978-91-
7381-006-7, 2008, Fjärrsyn
- Åsberg, C.: *"Solvärme med säsongslager i Lyckebo, utredning av värmeförluster och
dimensionering av solfält"* Uppsala universitet, 2011

BILAGA 1

Följande kontaktpersoner har WSP varit i kontakt med i respektive kommun:

• Malmö	Christian Röder
• Burlöv	Johan Birgersson
• Staffanstorps	Pontus Borgström
• Göteborg	Anna Svensson
• Ale	Jerker Persson
• Partille	Jörgen Hermansson
• Stockholm	Gunnar Jensen
• Solna	Martin Åslund
• Sundbyberg	Florence Jonsson
• Järfälla	Jonas Svensson
• Nacka	Sven Andersson
• Salem	Martin Hansson och Jan Forsman
• Huddinge	-
• Södertälje	Martin Ivarsson och Benny Karlsson
• Botkyrka	Kristoffer Uddén
• Sollentuna	-
• Sigtuna	-

BILAGA 2

Nedan följer en sammanställning av de beräknade kostnaderna för fyra olika projekt:

1. Solfångarna är monterade på marken i ett större fält. Den producerade värmen utnyttjas i ett fjärrvärmesystem som, förutom solfångarna, har ett naturgasdrivet kraftvärmeverk och hetvattenpannor.
2. Solfångarna är monterade på marken i ett större fält. Den producerade värmen utnyttjas i ett fjärrvärmesystem som förutom solfångarna har ett naturgasdrivet kraftvärmeverk och hetvattenpannor.
3. Solfångarna är takmonterade och levererar värme till ett fjärrvärmesystem.
4. Solfångarna är markmonterade och levererar värme till ett fjärrvärmesystem.

Plant id	1. Strandby	2. Brædstrup	3. BerlinerRing	4. Andritz	Unit
Country	DK	DK	AT	AT	
Year	2008	2007	2004	2009	
Collectors on	Ground	Ground	Roof	Ground	
Storage type	DS	DS	DS	DS	
Solar collectors	1 440	incl.	700	1000	1 000 €
Solar coll area	8 019	8 000	2 400	3 855	m²
Spec coll. cost	180		292	259	€/m²
Pipes coll. etc.	160	incl.	220	300	1 000 €
Storage	410	No	80	100	1 000 €
Storage volume	1 500		60	60	m³
Spec storage cost	273		1333	1 667	€/m³
HX pumps etc	130	incl.	incl.	incl.	1 000 €
Controls	40	incl.	50	50	1 000 €
Design	140	incl.	200	150	1 000 €
Total cost excl VAT	2 320	1 640	1 250	1 600	1 000 €
Spec total cost	289	205	521	415	€/m²
Heat load	21 000	42 000	7 800	(DH)	MWh/a
Net solar heat	3 500	3 400	1 000	1 620	MWh/a
Spec net solar heat	436	425	417	420	kWh/m²
Solar percent	17%	8%	13%		
Spec cost	0,66	0,48	1,25	0,99	€/kWh/a
Annuity	0,064	0,064	0,064	0,064	-
Solar heat	42	31	80	63	€/MWh
Subsidy	480	320	500	480	1 000 €
Subsidy percent	21%	20%	40%	30%	
Total cost incl sub	1 840	1 320	750	1 120	1 000 €
Spec cost incl sub	0,53	0,39	0,75	0,69	€/kWh/a
Solar heat incl sub	34	25	48	44	€/MWh
Alternative cost *)	40	40	54	49	€/MWh

Figur 19: Kostnader för större solfångarinstallationer.

SÄSONGLAGRAD SOLVÄRME VIA FJÄRRVÄRMENÄTET

Här analyseras effekter och förutsättningar för att införa storskalig solvärme i fjärrvärmenäten i Malmö, Göteborg och Stockholm. Resultaten visar att det är stora skillnader i möjligheten att utnyttja solvärme i de tre storstadsregionerna. Indirekt behandlas begreppet smarta värmenät, där fjärrvärme-kunder levererar värme till ett existerande fjärrvärmenät.

En avgörande faktor för att framgångsrikt kunna införa solvärme i stor skala är hur mycket fjärrvärmenätet är utbyggt. När ett fjärrvärmenät breder ut sig i kommunens yttre områden är det lätt att hitta lämpliga ytor där andra intressenter inte konkurrerar om marken.

Fjärrvärmenätets kapacitet är en annan viktig framgångsfaktor för att kunna installera solvärme. I Stockholm, men också i Malmö, finns det tillgänglig mark men kapaciteten i de båda fjärrvärmesystemen är en begränsande omständighet. Den tredje faktorn som har stor betydelse är att det måste finnas tillgängliga markytor på de platser som lämpar sig för solvärme.

Beräkningar visar att man i Malmöregionen kan ha 30 procent solvärme i systemet, i Stockholmsområdet 4 procent medan situationen för solvärme är mer osäker i Göteborgs fjärrvärmenät.