

Peter Kovacs
Henrik Quicklund
Ulrik Pettersson

Solenergi i industriell processvärme
En förstudie av svenska möjligheter

SP Rapport 2003: 16
Energiteknik
Borås 2003

Abstract

The potential for solar heat for industrial processes - A preliminary study of Swedish possibilities

This report starts with a short introduction to solar thermal energy applications in Sweden and to the utilization of energy in general in the Swedish industry. The investigation is focusing on options for industrial solar heating applications. As waste heat recovery in many cases is competing with, or might be supplemented by solar heat, this field is also given some attention in the study.

The conclusions are that possible applications are numerous, mainly within food- and mechanical industries, but that low prices on energy, unused potentials for heat recovery and low awareness about the possibilities for solar heat makes the situation tough today. Increasing prices on electricity and oil and decreasing costs for solar energy combined with a continuously growing awareness about environmental issues are key factors that speak for solar heating in a longer perspective.

The large potential for industrial solar heat will be in countries further south and this may offer opportunities for Swedish industry to export products and knowledge. Some companies offers large scale solutions for solar heating and research competence within material science and optics will be needed in the development of new collector types. Swedish technology for district heating- and cooling and heat storage in boreholes could also be applied in large scale industrial applications.

The literature study on waste heat recovery shows that 90 % of the waste heat comes from the large energy consumers in industry: Pulp and paper, chemical, petroleum and steel and metal industries. Almost everything is used for district heating. The potential for waste heat recovery in Sweden has been largely underestimated by several studies during the nineties and the development has been quite remarkable.

Key words: Solar energy, solar heat, waste heat, industrial processes

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2003: 16
ISBN 91-7848-
ISSN 0284-5172
Borås 2003

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2003:16

Postal address:
Box 857,
SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telex: 36252 Testing S
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

Abstract	2
Innehållsförteckning	3
Förord	4
Sammanfattning	5
1 Bakgrund	7
1.1 Solvärme i Sverige	7
1.2 Energianvändningen i svensk industri	7
2 Spillvärme i svensk industri	8
2.1 Spillvärme och värmeåtervinning i svensk industri	8
2.2 Spillvärme i svensk industri: Utbyggnadspotential	9
2.3 Pinch-konceptet	9
3 Solvärme: Teknik, kostnader och tillgänglighet	10
3.1 Varmvatten, hetvatten och ånga med solens hjälp	10
3.2 Vad kostar det och hur ser kostnaderna ut?	11
3.2.1 Argument för solvärme – kostnader och mjuka argument	12
3.2.2 Målsättningar inom det svenska FUD-programmet	13
3.3 Var och när kan man räkna med solen?	15
4 Industritillämpningar i temperaturområdet under 250°C	16
4.1 Lägesbeskrivningar och möjliga tillämpningar	16
4.1.1 Järn o stål	17
4.1.2 Trä, massa o papper	17
4.1.3 Kemi	17
4.1.4 Livsmedel	18
4.1.4.1 Mejeri o. glass	18
4.1.4.2 Bryggerier	18
4.1.4.3 Slakterier	18
4.1.4.4 Tillverkning av hel- och halvfabrikat	18
4.1.5 Gruv- och mineral	19
4.1.6 Verkstad	19
4.1.7 Övrigt	19
4.2 Att bedöma potentialen	21
5 Studiebesök	23
6 Internationell utblick: Exportmöjligheter för svensk solenergiteknik?	24
7 Framåtblickar om industriell solvärme	26
8 Fallstudie, ett beräknat exempel	27
8.1 Livsmedelsfabrik	27
Referenser	28
Bilaga 1	
Studiebesök hos Gunnar Dafgård AB	29
Bilaga 2	
Studiebesök hos IRO AB	30

Förord

Inom IEAs Solar Heating and Cooling program förbereds f.n. ett nytt Annex: Solar heat for industrial processes. Denna förstudie har kommit till som ett led i dessa förberedelser och i syfte att få veta lite mer om hur möjligheterna inom detta område ser ut i Sverige. Dels i form av möjligheter att ersätta el eller fossila bränslen med solvärme i svensk industri, dels som möjligheter för svenska produkter eller svenskt kunnande i tillämpningar utanför Sverige där en stor marknad inom kort kan komma att etableras. Eftersom solvärmen i många tillämpningar kommer att arbeta inom samma temperaturintervall som är aktuellt för spillvärmeutnyttjande och en tanke med Annexet är att undersöka kombinationer av solvärme och värmeåtervinning så har vi i denna studie också gjort en översikt över spillvärmeutnyttjandet i svensk industri.

Denna förstudie har genomförts av Peter Kovács (projektledare), Ulrik Pettersson och Henrik Quicklund vid SP Sveriges Provnings och Forsknings Institut, Enheten för energiteknik i Borås under våren 2003. Studien har till lika delar finansierats av SP och Energimyndigheten.

Borås i juni 2003

Sammanfattning

Rapporten inleds med en kort bakgrundsbeskrivning av solenergiutnyttjande i Sverige och av energianvändningen inom svensk industri. Rapporten beskriver möjligheterna för solvärme i kombination med energianvändning i industrin på flera plan. Primärt handlar det om vilka möjligheterna är för att utnyttja solvärmens i processer inom svensk industri. Eftersom spillvärmeutnyttjande och värmeåtervinning i många avseenden, bl.a. temperaturmässigt, har beröringspunkter med solvärmens behandlas spillvärmeutnyttjande i ett eget avsnitt. Värmeåtervinning finns integrerat i avsnittet om industritillämpningar vid temperaturer under 250°C vilket i huvudsak ägnas åt att peka ut möjliga tillämpningar för solvärme i olika branscher och processer.

Slutsatsen är att det finns gott om möjliga tillämpningar, i första hand inom livsmedelsindustrin och verkstadsindustrin, men att låga energipriser, outnyttjad värmeåtervinningspotential och okunskap om solvärmens möjligheter ofta ligger i vägen för solenergiutnyttjandet. Ökad vikt vid miljöfrågor, stigande energipriser och sjunkande priser på solvärme pekas ut som viktiga faktorer som på sikt talar för solvärmens. Flera energitunga branscher, t.ex. järn o stål eller massa och papper har i allmänhet ett så stort överskott av lågvärdig värme eller av restprodukter som utnyttjas för inhemsk energiproduktion att solvärme inte bedöms som intressant över huvud taget.

De stora tillämpningarna för industriell solvärme kommer att finnas i sydligare länder och detta kan innebära möjligheter till export för svensk industri. Eftersom utvecklingen ännu är i sin linda och våra erfarenheter från området är begränsade går det inte att idag peka ut några konkreta möjligheter. Potential finns dock i form av ett par företag med erfarenhet av storskaliga tillämpningar och forskningskompetens inom materialteknik och optik. Svensk teknik för fjärrvärme, fjärrkyla och värmelagring i mark kan också vara intressant i sammanhanget.

Litteraturstudien om spillvärme kan sammanfattas med att huvuddelen av den spillvärme som genereras i industrin används för produktion av fjärrvärme. Spillvärmens kommer i huvudsak från de energikrävande branscherna. Massa och papper, petroleum, kemi samt stål och metall står tillsammans för över 90 % av den levererade spillvärmens. Det är intressant att notera att flera tunga utredningar har underskattat potentialen för spillvärmeutnyttjandet kraftigt under 90-talet. Intressant är också att den kraftiga ökningen av spillvärmeutnyttjande alls kommit till denna period, trots lågkonjunktur och låga energipriser. Även om spillvärmeutnyttjandet ökat kraftigt de senast 10 åren så kan dagens nivå enligt teoretiska bedömningar fördubblas. Kombinat är en annan form av spillvärmeutnyttjande mellan industrier som dock varit svår att få fram någon statistik på. Ett par exempel redovisas dock i rapporten.

Två studiebesök har genomförts i förstudien och ett av dessa har resulterat i ett beräkningsexempel där en anläggning på 2400 m² solfångare skisserats.

Rapporten kastar också en blick framåt mot det kommande IEA Annexet om industriell solvärme. Ett svenskt deltagande i Annexet ses som en viktig möjlighet att ta del av ett intensivt forskarsamarbete med allt vad det innebär av informationsutbyte, informationsspridning och kontakter. Vi ser också att vi på många delområden har kunskap att tillföra från svensk sida. Ett deltagande förväntas inte leda till någon avgörande förändring inom svensk industri då det gäller utnyttjandet av solenergi på kort sikt, men kan lägga en bra grund för en långsiktig utveckling.

1 Bakgrund

1.1 Solvärme i Sverige

Svensk solvärme har, trots att många andra länder i Europa haft en betydligt snabbare utveckling på området än vi de senaste tio åren, fortfarande en särställning i ett avseende. Av 60-70 anläggningar större än 500 m² i Europa, finns ungefär 25 i Sverige. Denna etablering i frontlinjen skedde främst under andra halvan av 80-talet då de flesta anläggningarna uppfördes, men även de senaste fem åren har ett antal större anläggningar tagits i drift [1]. Under den tidigare perioden gjordes också de flesta försöken med olika typer av storskaliga säsongslager i täckta gropar, i bergum och i borrhål. De senare har kommit att utvecklas starkast men då inte som säsongslager utan som energibrunnar i kombination med värmepumpar. Andra erfarenheter som bör nämnas i detta sammanhang är de som gjordes med koncentrerande teknik (PTC) i Ingelstad åren 1979-1984. Dessa ledde i princip till att det svenska solvärmeforskningsprogrammet, åtminstone då det gällde uppförandet av pilot- och demonstrationsanläggningar, i allt väsentligt styrdes in på den idag helt dominerande tekniken med plana glasade solfångare. Detta till trots har forskarkompetens kring koncentrerande teknik etablerats och vidareutvecklats i Sverige. Senare undersökningar och initierade bedömningar [2], [3] hävdar att de grunder på vilka tillämpningar av högkoncentrerande teknik i Sverige avfärdades var delvis felaktiga.

Nyttjandet av värme från solfångare i Sverige i dag uppgår till en bråkdel av den tekniska potentialen. Av de uppskattningsvis 70 GWh per år som produceras används i stort sett allt till uppvärmning av tappvarmvatten och bostäder. Tillämpningar inom svensk industri är alltså fram till i dag oerhört sällsynta om de alls existerar.

Utvecklingen av svenska solfångare har under lång tid kommit att handla om att reducera tillverknings- och installationskostnaderna vilket lett till att en solfångare i dag kostar ungefär lika mycket i kronor som den gjorde för 10-15 år sedan. I vissa fall är effektiviteten dessutom högre i dag. Utvecklingen av marknaden är positiv för solvärmesystem i enfamiljshus med en ökning på drygt 20 procent per år, emedan den för större system har varit svag de senaste åren. För bostäder och lokaler finns sedan år 2000 ett statligt investeringsstöd för solvärme.

1.2 Energianvändningen i svensk industri

Industrin står för 40 % av samhällets totala energianvändning motsvarande 156 TWh. Tre branscher järn/stål, massa/papper och kemi står för 70 % av industrins energianvändning. Därefter kommer i tur och ordning verkstadsindustrin, livsmedelsindustrin och gruv- och mineralindustri [4]. Verkstadsindustrin är den bransch som använder mest (50 %) av industrins fjärrvärme. Tillsammans med livsmedels- och trävaruindustrin täcks 70 % av industrins fjärrvärmeanvändning in. I en nyligen redovisad rapport om energianvändning inom svensk industri konstateras bland annat att det inte är möjligt att få en bra helhetsbild av till vilka ändamål energi används i olika processer [5]. Livsmedelsindustrin nämns i rapporten som en bransch där man har mycket bristfällig energistatistik. Man hänvisar i stället till branschorganisationernas egen statistik för olika branscher. Erfarenheterna av denna studie är dock att inte heller detta är någon framkomlig väg. Vår erfarenhet är att ambitionen med energiuppföljning i det enskilda företaget beror mer på individuella initiativ och företagskultur än på vilken bransch man befinner sig i. I en annan rapport om energieffektivisering inom svensk industri konstateras bland annat att den svenska industrin består av tusentals företag och det finns inte två som är identiska [6]. Förutsättningarna är därmed unika i varje företag, vilket är viktigt att ha i åtanke då man analyserar förutsättningar för solvärmeutnyttjande.

2 Spillvärme i svensk industri

2.1 Spillvärme och värmeåtervinning i svensk industri

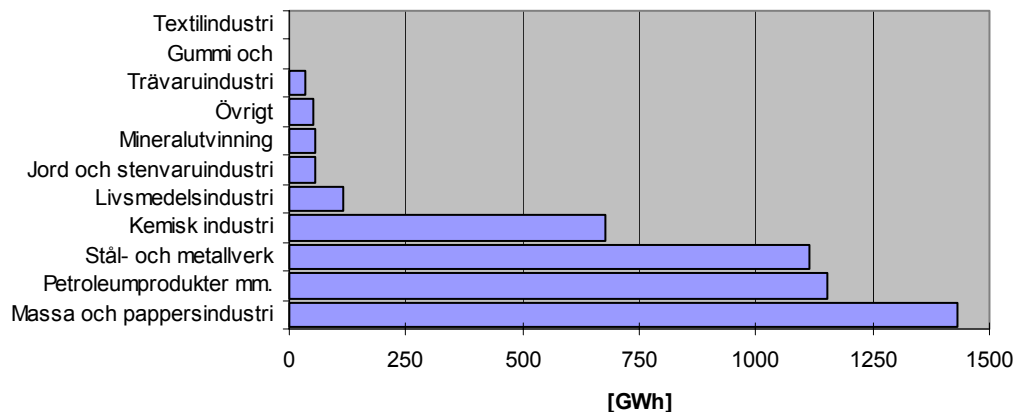
Då en viss begreppsförvirring tycks råda på detta område kan inledningsvis ett par definitioner vara på sin plats.

Spillvärme: Värme som inte kan tillgodogöras eller som inte bedöms som ekonomiskt lönsam att tillgodogöras i processer inom en enskild industri. Värme som lämnar industrin, antingen som avlopp till luft eller vatten eller för att bidra till uppvärmning i ett fjärrvärmenät är alltså spillvärme.

Värmeåtervinning: Då värme utnyttjas i flera processer och temperatursteg inom en industri eller bortförs i en process för att tillföras i en annan. Denna värme är alltså inte att betrakta som spillvärme i något steg innan den lämnar industrin.

Den totala mängden levererad spillvärme från industrin år 2001 var enligt [7] 4865 GWh. Av detta levereras huvuddelen till närliggande fjärrvärmenät. Enligt branschföreningen Svensk Fjärrvärme (f.d. Svenska fjärrvärmeföreningen) [8] mottog deras medlemmar under år 2001 4647 GWh från närliggande industrier vilket motsvarar 9 % av den totalt tillförda energin till fjärrvärmeproduktionen. De största leverantörerna av spillvärme finns enligt [9] inom massa- och pappersindustrin, raffinaderierna, stål- och metallverken samt den kemiska industrin.

Spillvärmeleveranser från industrin 1999 fördelat på branscher visas i Figur 1.



Figur 1 Spillvärmeleveranser år 1999 fördelade per bransch, GWh [9].

Förutom leverans till fjärrvärmenäten finns ett antal kombinat där värme transporteras mellan närliggande industrier. Några exempel på sådana är Preem Raffinaderier som levererar värme till Volvo Torslanda, Vargön Alloys AB i Vänersborg levererar värme till Holmen Paper AB samt Borealis i Stenungsund som levererar värme i form av vätgas till Akzo Nobel.

Genom utnyttjandet av fjärrvärme kan en del av spillvärmens sägas gå tillbaka till industrin. Verkstadsindustrin är den bransch som använder mest (50 %) av industrins fjärrvärme. Till- sammans med livsmedels- och trävaruindustrin täcks 70 % av industrins fjärrvärmeanvändning in [4].

2.2 Spillvärme i svensk industri: Utbyggnadspotential

Utnyttjandet av spillvärme från industrin har under 90-talet ökat med mer än 50 % [9] från en nivå på 3 TWh till dagens 4,8 TWh och svensk industris potentiella kapacitet att leverera spillvärme har bedömts i flera utredningar. Bedömningarna har gjorts både genom att studera utbyggnadsmöjligheter hos redan befintliga spillvärmeleverantörer och genom teoretiska beräkningar.

I Förslag till svensk klimatstrategi [10] bedömdes spillvärmeutnyttjandet kunna ökas från 1997 års nivå på 3,8 TWh till 4,0 TWh år 2010. Enligt en annan bedömning [11] från 1999 fanns en utbyggnadspotential på cirka 0,3 TWh. Baserat på 1998 år leveranser skulle då spillvärmeutnyttjandet kunna uppgå till 4,8 TWh.

Dessa bedömningar har visat sig vara underskattningar. Redan år 1999 passerades de båda uppskattade nivåerna då spillvärmeutnyttjandet var 4,8 TWh.

Enligt en undersökning från 2002 [9] gjord av ÅF-Energikonsult på uppdrag av föreningen Svensk Fjärrvärme kan spillvärmeutnyttjandet teoretiskt öka från dagens 4,8 TWh till 9,5 TWh. Störst ökningspotential finns inom Stål och metallframställning där spillvärmeleveranserna teoretiskt skulle kunna fyrdubblas. Den verkliga potentialen begränsas av faktorer så som närhet till fjärrvärmenät liksom fjärrvärmenätens belastningsprofil men undersökningen visar att ungefär hälften av de orter som undersökts är orter med fjärrvärme som ej nyttjar den spillvärme som finns.

2.3 Pinch-konceptet

Ett sätt att minimera en industris användning av värme och kyla är via pinch-analys. Denna metod baseras på en systematisk översikt av alla värme och kylflöden vid olika temperaturer. Sammanställningen resulterar bland annat i den så kallade pinchtemperaturen som utgör en temperaturgräns mellan behovet av extern värme och extern kyla. För optimal drift får inte flöden över pinchttemperaturen kylas med extern kyla eftersom man då måste kompensera med motsvarande mängd extern värme. På motsvarande sätt får inte flöden under pinchttemperaturen värmas med extern värme.

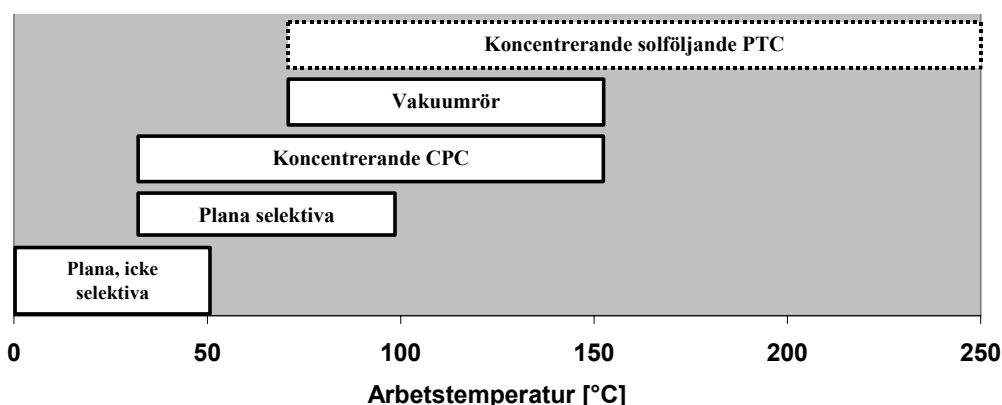
Pinchttemperaturen motsvarar den lägsta temperatur vid vilken extern värme måste tillföras och kan därför användas som ett verktyg dels för att avgöra vad som är äkta spillvärme och dels för att avgöra huruvida solvärme kan användas som extern värmekälla eller ej. I vissa undantagsfall kan dock dessa användningssätt av pinchttemperaturen vara vilseledande. Ett exempel på detta är då en industri bundit sig att leverera en viss mängd spillvärme till t.ex. ett fjärrvärmenät. Om spillvärmeleveransen vid pinch-analysen ses som en del av systemet, kommer den att adderas som en extra värmesänka till vilken extern värme måste tillföras. Eftersom spillvärmen ofta ligger på en lägre temperatur än det övriga värmebehovet kommer pinchttemperaturen på så vis att sänkas.

Vid en pinch-analys tas ingen hänsyn till vare sig fysiska avstånd eller tidsförskjutningar mellan värme- och kylflöden. Verkliga avstånd i rum och tid kan göra det omöjligt att värmeväxla två flöden på så vis måste trots allt extra värme tillföras. Fysiska avstånd kan alltså möjliggöra solvärme trots att pinch-analysen säger något annat. Å andra sidan kan tidsförskjutningar mellan värme- och kylflöden i praktiken diskvalificera solvärme.

3 Solvärme: Teknik, kostnader och tillgänglighet

3.1 Varmvatten, hetvatten och ånga med solens hjälp

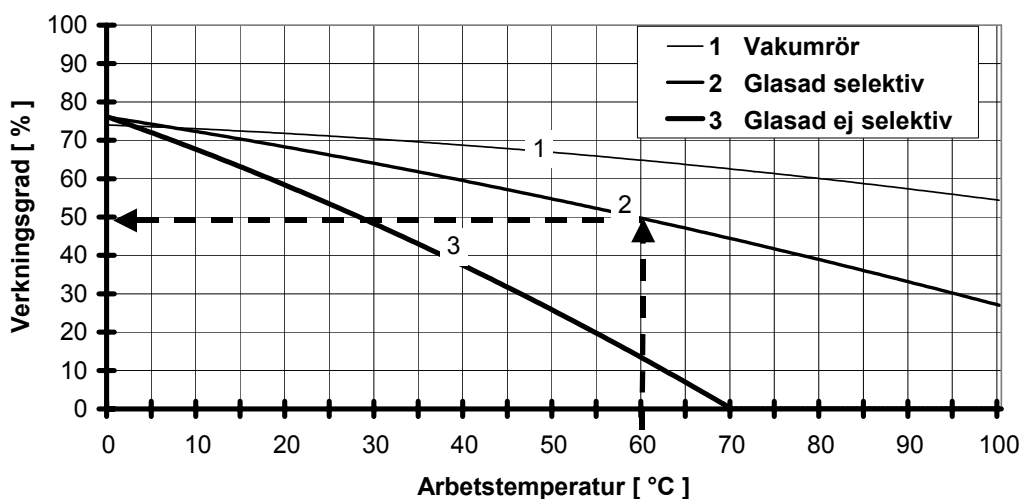
Dagens kommersiellt (i Sverige) tillgängliga teknik på området representeras i huvudsak av plana glasade solfångare och vakuumrörsolfångare. Plana solfångare är idag helt dominerande på den svenska marknaden och mindre än fem procent av installerade solfångare är vakuumrör. Skälet är främst att plana solfångare är betydligt kostnadseffektivare i temperaturområdet 40-70°C vilket är det område som de flesta av dagens tillämpningar ligger inom. Vill man nå högre i temperatur utan att förlora alltför mycket i effektivitet är vakuumrörsolfångare vad som står till buds. Med dessa kan även hetvattenproduktion (120°C) vara en möjlighet, se Figur 2. Plana solfångare tillverkas sedan 1980-talet i Sverige och i dagsläget finns 5-10 aktiva tillverkare. Någon tillverkning av vakuumrörsolfångare sker inte i Sverige.



Figur 2 Ungefärliga arbetsområden för etablerad (heldragna boxar) och experimentell teknik (streckad box).

Tillämpningen, d.v.s. vilken temperatur processen behöver, avgör i första hand valet av solfångare. I övergången mellan plana solfångare och vakuumrörsolfångare blir vakuumrörens lönsamhet i förhållande till plana solfångare bättre ju högre upp i temperatur man kommer.

Ett vanligare sätt att beskriva solfångarnas arbetsområden är med hjälp av deras verkningsgradskurvor, se Figur 3. Där ser man tydligt hur effektiviteten beror av arbetstemperaturen och hur olika solfångare lämpar sig för olika uppgifter.



Figur 3 Verkningsgradskurvor för tre olika solfångartyper. Exemplet med den streckade linjen visar hur verkningsgraden för en plan, glasad solfångare är cirka 50% vid 60 graders arbetstemperatur. Vid en solinstrålning på 1000 W/m^2 blir då 500 W/m^2 till nyttig värme.

Inom FUD-solvärmeprogrammet [12] har man bl.a. undersökt möjligheterna att reducera materialåtgången och därmed tillverkningskostnaden för plana solfångare med hjälp av interna reflektorer. Dessa så kallade CPC solfångare (Compound Parabolic Concentrator) tillverkas i dag av två företag i Sverige. Effektiviteten är något lägre än för plana selektiva solfångare, men de är ändå kostnadseffektiva genom de lägre tillverkningskostnaderna. I framförallt Portugal har CPC-tekniken i stället utvecklats (optimerats) för att nå högre temperaturer (eller högre utbyte vid given temperatur) och dessa solfångare är prestandamässigt jämförbara med vakuumrörsolfångare. Mycket viktigt för denna teknik är att man har god kunskap om materialoptik kopplat till vanligt solfångarkunnande, vilket i Sverige byggts på genom ett flertal doktorandprojekt, som stöd för utvecklingsarbetet.

Ångproduktion då, är det möjligt vid de temperaturer som ofta används inom industrin, d.v.s. mellan 120 och 200°C ? Som framgår av Figur 2 kan man tänka sig att använda vakuumrör eller CPC solfångare i det lägre området. Rent tekniskt sker ångproduktion (produktion av mätad ånga) med solfångare genom en indirekt krets så att en vätska cirkulerar genom solfångaren och vidare genom en extern värmeväxlare där ångan genereras på sekundärsidan. Ett sätt att nå än högre i temperaturer representerar högkoncentrerande, solföljande s.k. PTC solfångare (Parabolic Trough Collector). Med sådana solfångare placerade i Kalifornien genereras el via ånga som driver en konventionell turbin vid temperaturer väl över 300°C [13]. Några försök med solföljande koncentrerande solfångare i liten skala har även gjorts i Sverige under 90-talet, men siktet har då mer varit inställt på kostnadseffektivitet i området 50 - 100°C [2, 3]. Kommersiellt tillgängliga produkter baserade på denna teknik finns inte i Sverige i dag och internationellt tycks den också befinna sig i ett avvaktande läge trots att här av allt att döma finns potential för att generera el till betydligt lägre kostnad än med solceller.

3.2 Vad kostar det och hur ser kostnaderna ut?

En investering i solvärme skiljer sig från de flesta andra investeringar i energiutrustningar genom att man gör en stor investering vid uppförandet av anläggningen och därefter är de rörliga kostnaderna låga eftersom man inte har någon bränslekostnad. Goda räntevillkor, låga underhållskostnader och lång livslängd hamnar därmed mer i fokus än annars och dagens erfarenheter beträffande underhåll och livslängd är goda för den etablerade tekniken. Kvalitetscertifie-

rade solfångare har en livslängd på minst 20 år och drift- och underhållskostnaderna för större anläggningar ligger i intervallet 0,01-0,1 kr /kWh.

3.2.1 Argument för solvärme – kostnader och mjuka argument

Solvärmealternativet avfärdas ofta med motivet att kostnaderna är alldeles för höga för att det över huvud taget ska vara intressant att fundera på. Tittar man sedan på vad man betalar för energin inom industrin och vilka avskrivningstider som gäller t.ex. för investeringar i energi-återvinning så skulle man kunna stanna där och konstatera att ”det går inte”. Tiden talar dock för solvärmens och redan i dag uppförs många anläggningar ”där det inte går”. Dessa anläggningar sparar el eller minskar utsläppen av koldioxid och genererar samtidigt goodwill åt sina ägare, mervärden som de flesta vill åt men som ogärna låter sig mätas i kronor och ören. Oavsett hur man bedömer solvärmens kostnader kan man redovisa ett antal faktorer som ekonomiskt eller på annat sätt talar för solvärmens:

- Solenergi är ren och förnyelsebar energi
- Priset på fossila bränslen och el ökar sakta men säkert. Sjunkande priser är ytterst osannolikt.
- Priset på solvärmeteknik minskar sakta men säkert och takten i prissänkningarna förväntas öka när den europeiska marknaden växer och marknaden avregleras och harmoniseras.
- Solvärme är ett av alternativen att räkna med då politiska åtaganden i Sverige och i Europa enligt Kyotoprotokollet ska uppfyllas. Detta medför att subventioner i någon form är mycket mer sannolikt än beskattning under den närmaste tioårsperioden.
- Solvärme kan bidra till att stärka företagets miljöprofil och därmed ge konkurrensfördelar eller skapa goodwill på hemmaplan.
- Vid en investering i solvärme är dess kostnader i stort sett kända vid investeringstillfället till skillnad från t.ex. en investering i en panna, där framtida energiprisutveckling är en stor osäkerhetsfaktor. Detta naturligtvis under förutsättning att solvärmeanläggningen håller vad den lovar, d.v.s. att det är en enkel och robust teknik med låga underhållskostnader.
- När solvärmeinvesteringen är avskriven är energikostnaden lika med drift- och underhållskostnaden.
- Livslängden på dagens kvalitetsmärkta solfångare är minst 20 år.

Ekonomi i en solvärmeanläggning påverkas av en rad faktorer som man bör ta hänsyn till då man utreder möjligheterna för en investering. Tabell 1 visar en sammanställning av sådana utvärderingskriterier, delvis hämtad från POSHIP-studien [14].

Tabell 1 Sammanställning av utvärderingskriterier som påverkar energikostnaden.

Kriterium	Påverkan på systemets prestanda eller kostnadsbild
Solfångartyp	Alla solfångare har en effektivitet som avtar med ökande temperatur, dock olika starkt. Se Figur 3. Priset på solfångaren och dess energiproduktion vid den aktuella temperaturen är ett kriterium för att jämföra olika solfångartyper.
Arbetstemperatur	En rimlig övre gräns för svenska förhållanden är 150°C och förutsättningarna för lönsamhet är bättre ju lägre temperaturen är.
Klimat	Instrålningens variation över landet påverkar i viss mån förutsättningarna, från syd- till Mellansverige skiljer det dock inte mer än ca. 5 %, se Figur 4.

Behovets varaktighet	Produktionsstopp sommartid försämrar ekonomin. Kontinuerliga behov eller behov med toppbelastning dagtid är gynnsamma. Kortare avbrott (timmar) kan buffras med små lagringsvolymerna till relativt låg kostnad.
Systemstorlek	Ekonomin i en anläggning är starkt beroende av dess storlek. Energikostnaderna kan vara 50 % lägre i en stor anläggning (>1000 m ²) än i en liten (<100 m ²).
Täckningsgrad	En anläggning bör inte dimensioneras för en högre årstäckningsgrad för solvärme än 50 % vid kontinuerligt behov.
Tillgänglig uppställningsyta och orientering	Tillräcklig yta tillgänglig (även med hänsyn till alternativvärdet) för att kunna ge en årstäckningsgrad från 5 till 50 %. Orientering rakt i söder och lutning 40-60° är optimalt. Avvikelse inom ± 45° från söder och ± 15° från optimal lutning är acceptabelt. Långa rördragningar bör undvikas.
Laster på tak	Konventionella plana solfångare väger 25-30 kg/m ² . Behov av takförstärkning fördyrar.
Energieffektivisering och värmeåtervinning	Primärt bör möjligheter till energieffektivisering, ökad värmeåtervinning eller spillvärmeutnyttjande från närliggande industrier och samtida produktion av el och värme undersökas. Solvärmesystemet dimensioneras för att täcka delar av det återstående värmebehovet.
Investeringspunkt	Om man står inför genomgripande nyinvesteringar i energisystemet eller enbart vill integrera solvärmerna i ett befintligt system.
Befintliga system	Om systemet kräver stora förändringar för att kunna hantera solvärmerna eller om vissa komponenter t.ex. ackumulatortankar redan finns. Kraven på tillgänglighet och möjligheterna att spetsa solvärmerna med annat energislag med bibehållen eller förbättrad driftsäkerhet.

3.2.2 Målsättningar inom det svenska FUD-programmet

I det svenska FUD-solvärmeprogrammet har man definierat målsättningar för energiproduktionskostnaden för några olika typer av solvärmesystem och man har också följt upp utfallet, se Tabell 2. Siffrorna i tabellen avser konventionella plana solfångare. Små system är tappvarmvattensystem i enfamiljshus, mellanstora system är vanligtvis i storleken 100-300 m² solfångare anslutna till ett närvärmesystem och stora system är vanligtvis större än 500 m² och anslutna till ett fjärrvärmenät. Enkel systemteknik och främst skalfördelar förklarar de lägre kostnaderna i stora system. Ett större behov av speciallösningar när varje anläggning i princip är unik förklarar också att utfallet för mellanstora system ligger så långt från målet.

Tabell 2 Kostnads mål och utfall i FUD Solvärme programmet. Kostnaden är ren investeringskostnad exkl. kapitalkostnad dividerad med solfångarens årsproduktion under ett normalår [15,16].

	Små system	Mellanstora system	Stora system (jfr fjärrvärme)
Programmets mål i kr/ kWh/ år.	6-7	5-6	3-4,50
Utfall i kr/ kWh/ år. spridning/ snitt	6-6,50	8-16/13 ca 5 kr för enbart solfångarna i snitt	5-8

Det mått på energikostnader som används inom FUD-programmet bestäms av två komponenter: Dels systemets totala investeringskostnad utan hänsyn till räntor, moms och avskrivningstider, dels systemets solenergiutbyte. Måttet används för att inte behöva anta en avskrivningstid eller kapitalränta. Företag, myndighet eller liknande kan då själv ansätta en önskad kapitalränta och avskrivningstid eller energipris. Beräkningen ger på så sätt antingen energipris eller återbetalningstid med den egna räntan. En nackdel är att nyckeltalet är obekant för potentiella kunder som är vana vid öre/kWh under vissa givna förutsättningar.

Exempel: En anläggning använder sig av 100 m² solfångare och kostar totalt 200 000 kr. Årsutbytet för solvärmesystemet ligger på 400 kWh/m² vid den aktuella drifttemperaturen och lokaliseringen. Kostnaden blir då $200.000/(400*100)=5$ kronor per kWh.

Energiutbytet med en förväntad livslängd på tjugo år och en realränta på sex procent ger ett energipris på 43,6 öre/kWh. ($5 \text{ kr/kWh} * 0,08718$ vilket är annuitetsfaktorn för 6 % och 20 år).

Ett energipris på 50 öre/kWh och en realränta på 4 procent ger istället återbetalningstiden cirka 13 år ($0,50/5=0,100$ vilket ungefär motsvarar annuitetsfaktorn för 13 år och 4 %).

Beräkningarna ovan är dock gjorda exklusive driftkostnader, för medelstora anläggningar uppskattas drift- och underhållskostnaderna att ligga i intervallet 0,01-0,1 kr/ kWh [15].

För att grovt räkna på energiutbyten i olika tänkta tillämpningar kan man använda Tabell 3, där energiutbyten för tre olika solfångartyper vid tre olika drifttemperaturer redovisas och Figur 4 där solinstrålningens variation över landet redovisas.

Tabell 3 Energiutbyten vid tre olika medeltemperaturer i solfångaren för tre olika typer av solfångare.

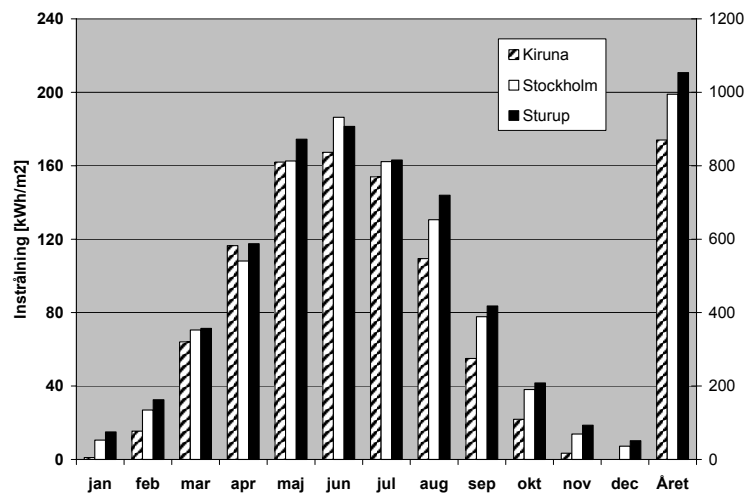
	Energiutbyten under ett normalår (Stockholm 1986) [kWh/m²/år]		
	Medeltemp i solfångare		
	50 °C	75 °C	100 °C
Plan, högeffektiv solfångare	440	290	170
Vakuumsolfångare	650	550	447
Enkel koncentrerande solfångare	770	740	700

Referenser för kostnader för vakuumsolfångare i större anläggningar saknas men i små anläggningar uppskattas kostnaden till minst den dubbla mot den för plana solfångare. Enligt en dansk undersökning [17] är priserna på vakuumsolfångare i Kina, där de dominerar marknaden och produceras i mycket stora kvantiteter, avsevärt lägre. Om detta kommer att påverka priset i resten av världen är dock oklart.

För den PTC-prototyp som testats vid Älvkarleby uppskattar man att fortsatt utveckling och kostnadsreduktion skulle kunna ge en så låg kostnad som 3 kr/kWh/år. Drift- och underhållskostnaderna uppskattas till ca 0,07 kr/kWh [2]. Detta skulle ge ett energipris på 26 öre/kWh vid en avbetalningstid på 20 år och realräntan 6 % exklusive driftkostnader.

3.3 Var och när kan man räkna med solen?

Rapporten utgår i huvudsak från att säsongslagring inte tillämpas utan att solvärmen förbrukas i nära tidsmässig anslutning till produktionen, d.v.s. som längst inom några dagar upp till en vecka. Detta innebär att den tid av året som solvärmen kan nyttiggöras i någon väsentlig omfattning begränsas till perioden mars t.o.m. oktober. Variationen i instrålad energi mot en horisontell yta, månad för månad och för tre orter i Sverige framgår av Figur 4. Totalt över året ligger instrålad energi mot denna yta på 850-1050 kWh/m² beroende på var i landet man befinner sig.



Figur 4 Månadsmedelvärden och årsmedelvärde av global solinstrålning mot en horisontell yta för perioden 1961-1980.

Hur mycket av den instrålade energi man kan tillgodogöra sig i systemet beror som tidigare visats av solfångarens drifttemperatur (Figur 3). Om solfångaren är riktad rakt emot söder och lutar 45° mot horisontalplanet blir instrålningen ca 25 % högre än mot horisontalplanet. Avvikelser från denna lutning och orientering gör att energiutbytet blir något lägre, men inom ± 15 graders lutning och ± 45 grader från optimal orientering är avbräcket mindre än 10 %.

Att vårt geografiska läge medför begränsningar i vissa avseenden då man diskuterar solvärme är ett obestridligt faktum. Skillnaderna jämfört med Syd- eller Mellaneuropa är dock mindre än man oftast tror. Instrålningen mot en sydvänd yta med en lutning motsvarande den lokala latituden är för Stockholm, Wien och Athen 1180, 1230 respektive 1740 kWh/m² och år. Störst är skillnaderna under den kallare delen av året.

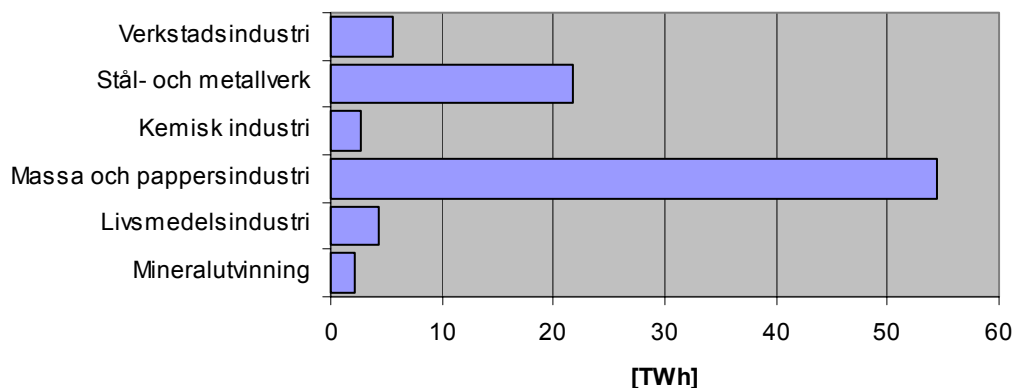
4 Industrietillämpningar i temperaturområdet under 250°C

Som tidigare visats är det tekniskt möjligt att leverera värme vid så höga temperaturer som 250°C, men med etablerad teknik och svenska förhållanden är snarare 150°C en praktisk övre gräns. För svenska förhållanden bör inriktningen för solvärme i industrin främst vara produktion av värme vid 100 °C och lägre. I detta intervall finns de bästa förutsättningarna för god lönsamhet och dessutom många möjliga tillämpningar och en stor potential.

4.1 Lägesbeskrivningar och möjliga tillämpningar

Avsikten har varit att ge ett underlag för att bedöma potentialen i det aktuella temperaturområdet inom svensk industri. Eftersom det inom ramen för denna studie inte varit möjligt att ta fram detaljerade siffror följer i stället en genomgång bransch för bransch där läget för värmeproduktion i det aktuella temperaturområdet beskrivs. För branscher som bedömts som klart intressanta har vi så långt det varit möjligt beskrivit de enskilda processer som förekommer inom branschen med avseende på temperaturer och behovets variation. Avslutningsvis finns också en beskrivning av några mer allmängiltiga processer och även några nisch tillämpningar vilka bedöms som intressanta för solvärme.

Sammanställningen baseras på en genomgång av samtliga ur ett energiperspektiv viktigare branscher i Sverige där vi genom kontakter med branschföreningar, branschinstitut och enskilda företag fått en bild av energisituationen i respektive industrigren. Branscher där det varit uppenbart att några tillämpningar för solvärme inte står att finna inom en nära framtid, främst därför att man i praktiken har överskott av energi vid de aktuella temperaturerna, har inte analyserats vidare. För de branscher som bedömts som intressanta har vi gått vidare genom kontakter med enskilda företag som bedömts vara representativa för respektive bransch. Vid den här typen av ”stickprovsmässig” bedömning är det viktigt att komma ihåg att varje företag i princip är unikt, vilket tidigare konstaterats då man tittat på energibesparingspotential i industrin [5]. Slutsatser om möjligheter för solenergianvändning hos ett enskilt företag ska därför främst ses som det unika företagets möjligheter, men det ger naturligtvis också en mer eller mindre stark indikation på möjligheterna i den aktuella branschen.



Figur 5 Användning av bränsle och värme i svensk industri 1997-1999 [11].

4.1.1 Järn o stål

På Jernkontoret som är den svenska järn- och stålindustrins branschorganisation uttrycker man ett intresse för solenergi och lovande försök med ”solfångare” pågår bl.a. i samband med kylning av svalbäddar i ett verk i Hofors. Dock konstateras att järn- och stål branschen har konsekvent överskott av lågtemperaturvärme, främst i form av avgaser och kylvatten, genom att de riktigt ”energitunga” processerna kräver temperaturer på 1000°C och däröver. Betning är en process som har låga temperaturkrav, men den värmen finns alltid tillgänglig som spill. En tanke man har är att kunna generera el från strålningsvärmen i olika processer vilket skulle kunna vara en tillämpning för tekniken med TPV (Thermo-photovoltaics). Olja, el och gasol är de vanligast förekommande energibärarna utöver den koks och kol som ingår i processerna. I [6] nämns utan några närmare detaljer att viss ångproduktion sker i elpannor under vår-sommar-höst.

Sammanfattningsvis bedöms potentialen för solvärme i konventionell mening vara obefintlig inom dessa industrier.

4.1.2 Trä, massa o papper

Inom sågverksindustrin används ca 5 TWh/år för att torka virke. Den helt övervägande delen av denna energi kommer från egna bark- eller spånpannor till ett pris av ca 0,15 kr/kWh. Torkningen kan ske satsvis i kammartorkar, vilket är vanligast, eller kontinuerligt i kanaltorkar. Processtemperaturen är 70-80 °C och man använder ånga av 100-120 °C till aggregaten. En sats virke i en kammare med takytan 7*15 m drar 20-30 000 kWh för att torkas. Uppehållstiden är två dagar till tre veckor beroende på dimension, råvarukvalité och träslag. De relativt höga temperaturerna och god tillgång på eget bränsle talar för att solvärme inte är något alternativ i dagsläget, åtminstone inte för svenska förhållanden. Trenden i denna bransch går också mot högre temperaturer för att kunna höja kvalitén och produktionstakten. För mer småskalig sågning nämns annars just torkningen som ett nyckelproblem och från initierat håll menar man att ett effektivt koncept baserat på solvärme definitivt skulle ha en marknad i sydliga länder.

På Träteknik menar man att man inom träförädlingsindustrin ofta saknar den billiga energiråvara som finns vid sågverken, men kontakter vi haft med enskilda företag talar för motsatsen. Spån och flis finns ofta tillgängligt och behovet gäller i stort sett bara uppvärmning av lokaler under vinterhalvåret. Sommartid är värmeöverskott vanligt. Limning av trä sker ofta med mikrovågs-teknik vilket inte lämnar något utrymme för solvärme.

Massa- och pappersindustrin är den bransch som använder mest värme, se Figur 5, och står för ca 57 % av den totala användningen av bränsle och värme i svensk industri. Den största delen av den producerade värmen kommer från förbränning av biobränsle. De flesta svenska pappersbruk har egen massatillverkning och genom förbränning av slaggprodukter, bark lut mm, från massatillverkningen erhålls i många fall ett överskott på värme. I den mån tillämpningar för solvärme alls står att finna i svensk pappersindustri så är det vid bruk som inte har egen massatillverkning.

4.1.3 Kemi

Det är vanskligt att ge en enhetlig bild av kemiindustrin. Många företag är specialiserade kring en produkt och bland de företag vi varit i kontakt med ryms så skilda verksamheter som läkemedelstillverkning och tillverkning av underredsmassa till bilar. I den senare är tillverkningen visserligen knuten till sommarhalvåret, men varmhållning av bitumen, som är den värmekrävande delen i verksamheten, sker vid 165 °C med hjälp av el till ett pris av ca 0,3 kr/kWh. I övrigt görs de flesta blandningarna vid rumstemperatur.

I läkemedelsindustrin värmer man stora mängder luft på grund av krav på hög luftomsättning. På grund av krav på låg luftfuktighet måste man kyla och sedan värma tilluft även sommartid. Här förefaller det som om solvärme skulle kunna passa in, eventuellt också i kombination med absorptionskyla. Läkemedelsindustrin verkar dock vara en speciell bransch där produktionen styr väldigt mycket, bland annat genom krav på validerade system och hygienkrav som gör att ombyggnader är mycket kostsamma. Branschen använder fjärrvärme, el och ånga som i stor utsträckning också levereras utifrån.

Andra kemiska industrier som inom projektet har kontaktats är Karlshamns Oil och en avdelning av Perstorps Kemi. På Karlshamns Oil är hydrering och slutrening av vegetabiliska oljor de processer som kräver största delen av värmen. Temperaturerna ligger på 200 °C och däröver. Överskottsvärmen används till att värma lokalerna.

På Perstorps Kemi framställs bland annat polyalkoholer som råvaror till bindemedel. Process-temperaturerna ligger mellan 160 och 240 °C och temperaturer under 40 °C måste kylas bort i kyltorn.

En tillverkare av polymera råvaror till färgindustrin utnyttjar ett hetoljesystem för distribution av processvärme. Processtemperaturerna ligger mellan 200-250 °C.

4.1.4 Livsmedel

4.1.4.1 Mejeri o. glass

Vid tillverkning av mjölkprodukter finns tre värmekrävande huvudprocesser: pastörisering, indunstning och torkning men även disk och rengörning av utrustning är värmekrävande. Vid mejerier som enbart har våtprocesser, dvs. ingen form av mjölkpulvertillverkning, ligger så gott som all värmeanvändning under 100 °C. För mejerier med både våt- och torrprocesser ligger knappt hälften av värmeanvändningen under 100 °C. Bränslet till värmeproduktionen varierar mellan bolagen från gas och olja till biobränsle. Vid glasstillverkning är processer och temperaturkrav jämförbara med våtprocesserna i ett mejeri.

4.1.4.2 Bryggerier

De processer som förekommer i bryggerier har alla en temperatur under 100 °C, exempelvis pastörisering, destillering och diskning av flaskor. Bränslet för uppvärmning varierar mellan bryggerierna och kan bestå av t.ex. fjärrvärme, olja, gasol m.m. Energiförbrukningen är relativt jämn över året men något högre under sommarperioden och under kampanjer.

4.1.4.3 Slakterier

Slakterier har ett stort behov av tappvarmvatten, speciellt svinslakterier. Slakterierna har dock även stort kyl- och frysbehov. På grund av detta så används normalt överskottsvärmen från kylmaskinerna till uppvärmning av tappvarmvatten i tvåstegs värmepumpsanläggningar. Energikostnaden för uppvärmningen blir då låg och stora investeringar har gjorts inom detta. Undantaget från detta är vissa enstaka slakterier som saknar kyl- och frysanläggningar, för dessa skulle möjligtvis solvärme kunna vara intressant.

4.1.4.4 Tillverkning av hel- och halvfabrikat

Branschen erbjuder goda förutsättningar för solvärme genom att man använder stora mängder varmvatten vid lämpliga temperaturer. Tillverkning av hel- och halvfabrikat är idag en ökande marknad, både gällande försäljning till privata konsumenter och till restaurang. Nybyggnation är därmed ganska vanligt förekommande vilket kan innebära möjligheter för solvärme.

4.1.5 Gruv- och mineral

Här redovisas en bild liknande den i stål o metall, med stort överskott av ”lågtemperaturvärme”. Huvudprocesserna sintring och pelletering sker vid 1000-1600°C. Levererar spillvärme till fjärrvärmnät. Återvinning från process utnyttjas för att värma gruvluft vilket gör att man klarar sig utan annat tillskott ner till -10--15°C.

4.1.6 Verkstad

I fordonsindustrin används värme bl.a. vid karosseriavfettning, ytbehandling och lackering. Av den totala värmeanvändningen används ca 75 % för att hålla korrekt temperatur- och fukthalt vid lackering, d.v.s. temperaturer som ligger långt under 100 °C. Vidare har man torkugnar för torkning och härdning av lack. Torkugnarna är dock så pass integrerade med en reningsprocess av luft där lösningsmedel förbränns att befintlig värmekälla inte är möjlig att ersätta.

Processer som avfettning, etsning, elektrolytisk förzinkning och förkromning förekommer frekvent inom industrin och temperaturområdet 30-90 °C gör att det kan vara intressant för solvärme. Om t.ex. pulverlackering vid temperaturer över 200 °C förekommer i nära anslutning ligger det naturligtvis närmare till hands att värma baden med överskottsvärme från lackeringen. Vid det verkstadsföretag vi besökte omsattes t.ex. samma energimängder i lackeringen som krävdes för att värma baden i ytbehandlingen.

Allmänt inom verkstadsindustrin utgör lokaluppvärmning en stor andel av den tillförda värmeenergin och användningen av komfortkyla tenderar att öka. Generella insatser på energiområdet har inte gjorts på många år. Sammanfattningsvis finns här både möjligheter och även ett visst intresse för solvärme.

4.1.7 Övrigt

Komfortkyla är energikrävande om man inte kan nyttiggöra den bortförda värmen. Tendensen är att behovet av kyla ökar mycket snabbt inom industrin genom ökad mekanisering och datorisering tillsammans med allt starkare krav på god arbetsmiljö. Eftersom kylbehoven ofta ligger väl i fas med tillgången på solenergi finns det därför all anledning att ägna detta mer uppmärksamhet då man undersöker solvärmens möjligheter i industrin. En nyligen utförd förstudie för komfortkyla i Vällingby centrum [18] har beräknat energikostnaden för kylan till 1,3 kr/ kWh (utan investeringsbidrag) jämfört med 0,63 kr/ kWh för en konventionell kompresorkylanläggning.

Egen ånggenerering är mycket vanligt i industrin och det innebär oftast förvärmning av matarvatten. Särskilt om kondensatåterföring saknas sker förvärmningen vid låga temperaturer och den har i en europeisk förstudie pekats ut som klart intressant för solvärme [14]. Sterilcentraler på sjukhus och storkök är exempel på verksamheter där man använder mycket ånga, som inte direkt definieras som industri.

För förvärmning av tilluft till industrilokaler finns kommersiella produkter (i Kanada) baserade på väggelement i plåt. Eftersom uppvärmning i vissa industrier utgör en stor andel av värmebehovet borde möjligheterna med denna teknik ägnas en del intresse i det kommande IEA Annexet, även om det inte handlar om processvärme i strikt mening.

Ett stort landstingstvättereri som vi varit i kontakt med har ångpannor som använder el eller gas beroende på pris för att generera ånga vid 3, 4, 6, 10 o 12 bar, mest vid 12 bar. Ca 1/3 av all värme återvinns men stora mängder avluft/vattenånga med temp kring 100°C går utan värmeväxling ut som avluft. Ungefär samma energibehov gäller över hela året, dagtid.

meväxling ut som avluft. Ungefär samma energibehov gäller över hela året, dagtid. Tvätterier som använder el direkt vid mer ”normala” tvättemperaturer förekommer också och förvärmning av inkommande kallvatten i dessa skulle kunna vara en möjlighet för solvärme.

Textilindustrin använder bland annat stora mängder varmvatten vid temperaturer lämpliga för solvärme, mellan 50 och 90°C. Lokaluppvärmning kräver också mycket energi då man har hög luftomsättning. Oftast har man dock parallellt andra processer vid betydligt högre temperaturer, 130-200°C från vilka man återvinner värme som används för att driva de mindre temperaturkrävande. Energimedvetandet verkar generellt vara lågt såtillvida att man enbart följer upp totala kvantiteter olja, gasol, el etc. Hur mycket energi som går till olika delprocesser eller hur mycket som återvinns i olika delprocesser har man oftast inga siffror på. Det mesta som gjorts beträffande värmeåtervinning (och vattenhushållning) verkar vara gjort på 1980-talet vilket förklaras av låga energipriser och höga avkastningskrav på investeringar. En investering i energiåtervinning måste normalt betala sig på 2-3 år för att vara intressant. Förvärmning av tilluft eller inkommande kallvatten med enkla billiga solfångare borde vara värt att undersöka.

Med bakgrund i skärpta krav på kvävereducering vid avloppsreningsverk bedrivs idag forskning bland annat kring hur kvävehalten kan sänkas utan kostsamma utbyggnader av reningsverkens bassänger. Ett sätt att uppnå detta är att värma avloppsvattnet före reningsprocessen. Vid IVL, Svenska Miljöinstitutet AB, (www.ivl.se) pågår ett projekt där avloppsvattnet skall förvärmas med hjälp av lågvärdig värme från retursidan av ett fjärrvärmenät. På så vis beräknas kvävehalten kunna sänkas med bibehållen reningsvolym samtidigt som fjärrvärmenätet får en lägre returtemperatur vilket i sin tur resulterar i en förbättrad rökgaskondensering. För de reningsverk där fjärrvärme inte finns att tillgå skulle solvärme i kombination med säsongslagring kunna vara ett alternativ.

En annan potentiell tillämpning av solvärme är i den rötningsprocess som finns på alla reningsverk. I denna process värms en mindre del av avloppsvattnet, slammet (ca 1 %), upp till 35 °C. Uppvärmningen sker idag vanligen med biogas.

De flesta industrier och energiverk som idag använder olja till förbränning har behov av att förvärma olja, för att göra den flytande. Temperaturen för denna förvärmning ligger på 50-80 °C, vilket lämpar sig väl för solvärme.

Några av de tillämpningar som inom POSHIP pekas ut som intressanta är:

- Torkning av malt i samband med bryggning av öl. Denna process använder mycket energi och sker vid låga temperaturer (35-80 °C).
- Varmvatten för rengöring och desinficering av flaskor i samband med produktion av vin och övriga drycker.
- Varmvatten för rengöring och kokning vid slakterier. Temperaturbehovet ligger mellan 60 och 100 °C.
- Uppvärmning av bad för färgning och blekning inom textilindustrin.

Tabell 4 Sammanställning av processtemperaturer.

Sektor	Process	Temperatur °C
Bryggerier	Pastörisering	85-95
	Destillering	ca 100
	Diskning av flaskor	ca 100
Livsmedel (halv- och helfabrikat)	Fritering	180-200
	Stekning i ångtunnlar	80-220

	Kokning Chark (t.ex. kokning av kött) Bakning av bröd Diskning av utrustning Tvättning av arbetskläder	95-100 70-75 200-225 60-85 ca 90
Socker produktion från betor	Indunstning	ca 135
Slakteri	Varmvatten till tvättning och skällning	ca 90
Mejeri	Pastörisering Indunstning Torkning (spraytorn) Torkning (valstorkning) Diskning av utrustning	72-90 60-150 160-220 ca 150 70-75
Läkemedel	Avfuktning /Uppvärmning av tilluft Torkprocesser	30-70 >200
Glasstillverkning	Pastörisering Diskning av utrustning	ca 82 70-80
Textilindustri	Spannramar torkning Spannramar kondensering Spannramar fixering Sköljning efter färgning Färgning, tvättning Högtrycksfärgning	130 150 180-200 50 80-90 130
Tvätterier	Flertalet processer	60-190
Wellpapp	Valsning	ca 185
Verkstadsindustri	Betning (ytbehandling, korrosionsskydd m.m.) Lackering, härdning av färg Torkning t.ex. av färg Limning av aluminiumplåt	30-90 <250 80-90 <200
Bilindustri	Lackering Torkning i ugn Härdning av lacker Avfettning Fosfateringsbad	ca 23 160-190 120-180 50-60 ca 55
Produktion av vegetabiliska oljor	Hydrering Slutrening	ca 200 ca 230
Tillverkning av polyalkoholer	Flertal processteg	160-240
Alla som använder eldningsolja	Förvärmning av olja	50-80

4.2 Att bedöma potentialen

En avsikt med denna studie har varit att ge en vägledning för hur man ska ta fram ett mått på potentialen för solvärme i svensk industri. En potentialbedömning är nämligen en av de uppgifter som ingår i det kommande IEA-annexet *Solar Heat for Industrial Processes*. Branschorganisationer och institut har visat sig vara till ringa hjälp i detta syfte. Energifrågorna står visserligen förhållandevis högt upp på agendan, men djupare analyser är sällsynta. Ett försök att bedöma potentialen i några enskilda företag gjordes i denna studie genom att se på deras energianvändning i olika temperaturintervall. Detta visade sig dock svårgenomförbart då i

stort sett inget av de företag som kontaktades hade andra uppgifter än totalförbrukning i samtliga processer.

Ett framgångsrecept för en bra potentialbedömning bör därför vara en kombination av övergripande statistik från branschorganisationerna kompletterat med miljöredovisningar från ett urval representativa företag inom de intressanta branscherna. För att nå en detaljerad beskrivning av potential i olika temperaturintervall krävs slutligen direktkontakter med enskilda företag där energianvändningen i olika processer kan uppskattas med enkla beräkningar, drifttider och effekter. Dessa siffror kan sedan extrapoleras till bransch- och nationell nivå genom att kombineras med den övergripande statistiken.

Inom POSHIP gjordes en bedömning av vilken potential industriell solvärme har på den iberiska halvön. Via enkätsvar från företag i olika industrisektorer tillsammans med nationell statistik över industrins värmeanvändning bedömdes en teknisk och en ekonomisk potential. Den tekniska potentialen som bland annat innehöll tillgång till takyta visade sig för många industrier vara den begränsande faktorn. Resultatet blev att solvärme bedömdes kunna täcka ca 3,6 % av industrins totala värmebehov. För den iberiska halvön utgör detta ca 5,8 TWh. Om man översätter detta direkt till svenska förhållanden med hänsyn tagen till en lägre solinstrålning får man att solvärme skulle kunna täcka 1,5-2 % av den svenska industrins totala värmebehov vilket motsvarar i storleksordningen 1-2 TWh. Denna siffra tar dock inte hänsyn till skillnader i sammansättning hos den svenska industrin och den industri som finns på iberiska halvön.

5 Studiebesök

Två studiebesök har genomförts i förstudien. Ett vid en livsmedelsindustri där man bl.a. tillverkar hel- och halvfabrikat för storkök och för konsumentmarknaden (bilaga 1) och ett vid en mekanisk industri där man bl.a. ytbehandlar aluminiumprodukter (bilaga 2). Industrierna representerar de två större branscher som troligen har bäst möjligheter att utnyttja solvärme. Det övergripande intrycket från dessa är att personliga kontakter och studier av verksamheten på plats är mycket givande. Dessa specifika fall har gett oss värdefulla tillägg till de generella kunskaper om möjligheter för solvärme och värmeåtervinning vi söker. Det ger möjligheter till att uppskatta storleken på olika energiflöden, status på anläggningar m.m. och det ger också en bättre känsla för hur företaget arbetar med och ser på energifrågorna. Från företagets sida har man också betydligt lättare att formulera frågor kring solvärmens möjligheter vid en personlig kontakt.

6 Internationell utblick: Exportmöjligheter för svensk solenergiteknik?

Inom POSHIP refereras bl.a. till studier i USA, Tyskland, Spanien, Storbritannien och Schweiz som visar att 50 % av industrins värmebehov ryms inom temperaturer under 250 °C. En stor del av värmebehovet finner man inom livsmedels-, textil- och kemisk industri. Enligt studierna så ligger ungefär halva behovet för dessa industrier vid temperaturer under 200 °C. Detta innebär naturligtvis inte med automatik att solvärmeteknik kommer att ha en marknad inom industritillämpningar inom en nära framtid. Begrundar man vad som talar för solvärme enligt avsnitt 3.2 och därtill lägger att tillgången på solenergi är bättre och elpriserna högre söderut i Europa så förefaller det dock ganska troligt att så kommer att bli fallet. De nya EU-länderna i östra Europa kommer också att erbjuda stora möjligheter, antagligen både inom industrin och i mer konventionella tillämpningar som tappvarmvatten och husuppvärmning. Var exportmöjligheterna kommer att finnas och vad de kommer att omfatta har vi inga möjligheter att bedöma i dag. Ett deltagande i IEA Annexet ”SHIP” skulle bland annat ge oss kontakter, kunskaper och information som kan användas till sådana bedömningar. I avvaktan på detta får vi nöja oss med en allmän uppräknig av särskilda kompetenser eller produkter som skulle kunna vara attraktiva vid en storskalig implementering av solvärme och ökat spillvärmeutnyttjande i industrin, främst på sydliga breddgrader.

- Svenska tillverkare av solvärmeprodukter håller i allmänhet lägre priser än t.ex. tyska eller österrikiska vilket borde innebära en möjlighet för varje solvärmeproducent i Sverige som har några ambitioner i exportsammanhang. I dagsläget tycks det emellertid bara finnas två sådana företag i Sverige. Sunstrip som enbart tillverkar absorbatörer, kommer inte att gynnas specifikt av en eventuell högkonjunktur för industriell solvärme. För Uponor som tillverkar plastsolfångare gäller samma sak. Man får troligen svårt att hävda sig med nuvarande produkt genom att det är en icke selektiv solfångare som dessutom bygger på små moduler om 2,3 m², vilka inte lämpar sig särskilt bra för större anläggningar. Arnes plåtslageri AB och Derome AB är de två svenska tillverkare av högeffektiva plana stormodulsolfångare som är att räkna med i dagsläget.
- Svenskt teoretiskt kunnande om lagring av värme (eller kyla) i mark, främst i borrhål, finns framförallt vid Lunds och Luleå universitet.
- Forskarkompetens kring materialoptik kombinerat med kunnande om konventionella solfångare finns på Uppsala universitet och vid SERC i Borlänge. Lågpriskoncept för reflektorer och lastanpassade solfångare är exempel på tillämpningar man arbetat med och som skulle kunna vara intressanta i sammanhanget. Tekniken med solföljande koncentrerande solfångare som nämnts i avsnitt 3.1 är ett annat sådant exempel.
- Kunskap kring materialens åldringsmekanismer och teknik för accelererad åldring finns på SP och kommer att behövas om t.ex. nya reflektormaterial introduceras.
- Kunnande kring storskalig solvärmeteknik, fjärrvärme och fjärrkyla samt kring kombinationer av solvärme och fjärrvärme samt spillvärme och fjärrvärme finns på många håll i Sverige. Chalmers och Luleå är de två universitet som jobbat mest med spillvärme från industrin. Storskalig solvärme har främst studerats på Chalmers och vid Vattenfall Utveckling.
- Om tekniken för att generera el via termisk solvärme får en renässans finns där en marknad för ånggeneratorer och turbiner.

- Svensk Teko har nästan helt och håller utlokaliseras till östra Europa och Portugal. Skulle svenskt process- och solvärmekunnande kombinerat med svensk teknik kunna vara ett vinnande koncept? Enmansföretaget Björnås Energi har levererat en anläggning till Fristads arbetskläder i Portugal så sent som 2001.

7 Framåtblickar om industriell solvärme

Omfattningen av det kommande IEA-annexet *Solar Heat for Industrial Processes* är i stora drag att:

- bedöma potentialen för solvärme i industritillämpningar i de deltagande länderna
- finna potentiella tillämpningar i alla deltagande länder och sedan utvärdera de mest lovande tillämpningarna såväl ekonomiskt som tekniskt
- utveckla systemlösningar med solvärme för givna industriella processer
- utveckla och optimera kollektorer samt övriga komponenter för temperaturområdet 80-250 °C
- utforma metoder för testning och utvärdering av komponenter med avseende på effektivitet, miljötålighet och åldrande
- ta fram design- och analysverktyg för utvärdering av potentiella systemlösningar
- ta fram metoder för ekonomisk analys
- planlägga och installera demonstrationsanläggningar tillsammans med industrin
- sammanfatta passande tillämpningar, integreringsmetodik, demonstrationsanläggningar samt övriga resultat i en handbok

Annexet kommer att ledas av Werner Weiss från Österrikiska AEE INTEC som är utsedd till operating agent. Innehållet i annexet har definierats av de deltagande länderna vid de definitionsmöten som hållits under 2002/2003. Förutom Sverige deltar Österrike, Tyskland, Mexico, Portugal, Spanien, Schweiz, USA och Israel.

Annexet kommer att samordnas mellan de två IEA programmen ”Solar Heating and Cooling” och ”Solar Paces”. Annexets innehåll har under våren 2003 godkänts av IEA-programmens båda ExCo-grupper och arbetet kommer att påbörjas i slutet av 2003 och pågå fram till och med 2007.

SP och SERC i Borlänge planerar att samordnat gå in med var sin ansökan om finansiering av ett svenskt deltagande i annexet. SP kommer att satsa på utveckling av testmetoder men har också för avsikt att delta i arbete med modellering och beräkningar samt jobba med potentialstudier och konkreta tillämpningar i industrin.

En kondenserad variant av denna rapport som en första information till industrin om vilka möjligheter som står till buds skulle vara en lämplig inledning på arbetet. SERC planerar främst att arbeta med modellering och beräkningar samt också med potentialstudier och konkreta tillämpningar i industrin. Finansieringsmodeller för solvärme är ett annat ämne som man vill fördjupa sig i inom projektet. Att vi som två oberoende parter arbetar med potential och tillämpningar tror vi kan ge ett mervärde genom att vi som högskola och institut representerar två olika kulturer.

Vi ser ett svenskt deltagande i Annexet först och främst som en viktig möjlighet att ta del av ett intensivt forskarsamarbete med allt vad det innebär av informationsutbyte, informations-spridning och kontakter. Vi menar också att vi på många delområden har kunskap att tillföra från svensk sida. Vi förväntar oss inte någon avgörande förändring inom svensk industri då det gäller utnyttjandet av solenergi på kort sikt, men tror ändå att vi genom ett svenskt deltagande kan lägga en bra grund för en långsiktig utveckling. Den utåtriktade delen av arbetet bör också kunna bidra till en ökad aktivitet i arbetet med energieffektivisering hos de företag och branschorganisationer vi kommer att arbeta med.

8 Fallstudie, ett beräknat exempel

8.1 Livsmedelsfabrik

Exemplet utgår från en livsmedelsfabrik med ett årligt energibehov för tappvarmvatten på 4 500 MWh per år. Förbrukningen av varmvatten sker till störst del på vardagar men är då utspridd över dagen. Medeleffekten ligger runt 400 kW på veckodagarna.

Då anläggningen byggdes installerades två ackumulatortankar på vardera 60 m³ som värmdes med el till en temperatur av 60-70 °C. Spetsning kan ske med en oljepanna som även försörjer fabriken ångsystem. Syftet med ackumulatorankarna var att man skulle alternera mellan el och olja beroende på vad som för tillfället var billigast. Idag är dock elen dyrast men systemet erbjuder en möjlighet till att använda tankarna som förvärmning av tappvarmvattnet med hjälp av solvärme.

På ett tak nära ackumulatortankarna finns en yta på cirka 6 000 m² vilken väl skulle lämpa sig för montering av solfångare. Företaget har vissa data för tappvarmvattenförbrukningen som använts som underlag för beräkningen.

Implementering av solvärme för denna fabrik har stora förutsättningar på grund av följande faktorer:

- Tappvarmvattenförbrukningen är hög, volymen i ackumulatortankarna omsätts cirka 2,5 gånger per vardag.
- Temperaturbehovet är lågt, max 55 °C.
- De befintliga tankarna kan användas som förvärmning av varmvattnet vilket håller ner medeltemperaturen i solfångarna.

Tabell 5 Beräkningsexempel: Livsmedelsfabrik

Företag	Livsmedelsfabrik
Lokalisering	Västra Götaland
Industrisektor	Livsmedel
Process	Förvärmning av tappvarmvatten
Arbetstemperatur	10-60 °C
Solfångararea	2 400 m ²
Solfångartyp	Plan, högeffektiv
Solvärmelager	120 m ³
Årligt solvärmeutbyte	1 010 MWh
Täckningsgrad	20-25 %
Total investeringskostnad	4 960 000 kr
Årlig kapitalkostnad	366 000 kr*
Energikostnad (20 år, 4 %)	37,5 öre/kWh

*inkl. drift och underhåll

Akkumulatortankar som tidigare använts när billigare el fanns att tillgå är inte ovanliga inom industrin i Sverige. Dessa ger en mycket bra förutsättning för solvärme som förvärmning av tappvarmvatten.

Referenser

- [1] <http://www.hvac.chalmers.se/seas/lista-e.htm>
- [2] *Dynamic long-term testing of a two-axes sun-tracking parabolic trough concentrator*. A. Helgesson och B. Perers. Paper Eurosun –98.
- [3] Bengt Perers. Personlig kommunikation
- [4] *Energianvändning i industrin*, IVA Energiframsyn 2002.
- [5] *Energieffektivisering i industrin. Bra för lönsamhet och miljö! EMIL 1*, Energimyndigheten ET 1:2001, Energimyndigheten Naturvårdsverket 2001
- [6] *Energianvändningen inom industrin. I vilka branscher används mest energi och för vilka ändamål? EMIL 2*, Energimyndigheten ET 2:2001, Energimyndigheten Naturvårdsverket 2001
- [7] *Årliga energibalanser, 2000-2001*, Statens energimyndighet och SCB 2003
- [8] *Statistik 2001*, Svenska fjärrvärmeföreningen 2002
- [9] *Industriell Spillvärme – Processer och potentialer*, Svenska fjärrvärmeföreningen 2002
- [10] *Förslag till svensk klimatstrategi*, SOU 2000:23, Regeringskansliet
- [11] *Ökat industriellt mottryck och spillvärmeutnyttjande för CO₂-reduktion – en känslighetsanalys relativt referensscenariet i Klimatrapporten – etapp 1*, Statens energimyndighet 1999
- [12] www.fudsolvarme.nu
- [13] www.eere.energy.gov/troughnet/
- [14] *POSHIP – The Potential of Solar Heat in Industrial Processes*, European Commission, Directorate General, Energy and Transport, Project No. NNE5-1999-0308
- [15] *Medelstora solvärmeanläggningar*. FUD Rapport 2002-09-06.
- [16] *Storskalig solfjärrvärme*. FUD Rapport 2002-02-06.
- [17] *Vakuumsolfångare fra Kina*. Report R-032 1999. L Quin. S Furbo
- [18] *Solfångare för produktion av fjärrkyla med absorptionskylmaskin. Förstudie. Vega Energi 2002.*

Bilaga 1

Studiebesök hos Gunnar Dafgård AB

Gunnar Dafgård AB (www.dafgard.se) är Sveriges största familjeföretag i livsmedelsbranschen med ca 1000 medarbetare och är beläget i Källby, ett litet samhälle strax utanför Lidköping. Företaget producerar, säljer och distribuerar frysta och kylda livsmedel för restaurang/storkök och konsumentmarknad.

I företagets process finns i huvudsak två värmesystem: ånga och varmvatten. Ånga används till bland annat stekning, kokning och bageri medan varmvattensystemet försörjer rengöring av processer och diskning av utrustning. Varmvattnet värms upp med el eller ånga från oljepannor.

I värmesystemet finns minst två möjligheter att integrera solvärme. Till produktionen av varmvatten hör två ackumulatortankar där vattnet skulle kunna förvärmas med solvärme. Vid ångproduktionen skulle den i dagsläget oljebaserade förvärmningen av matarvattentanken kunna ersättas med solvärme.

Solvärmt varmvatten skulle också kunna förvärma vatten till tvätteriet. Idag värms vattnet till tvättmaskinerna direkt med el.

Bilaga 2

Studiebesök hos IRO AB

IRO AB (www.iroab.com) är ett verkstadsföretag med 265 anställda beläget i Ulricehamn. Företaget tillverkar garnmatningsutrustningar och deras kunder är tillverkare av maskiner för textilindustrin. På företaget sker metallbearbetning och montering av komponenter samt de i sammanhanget intressanta processerna ytbehandling och pulverlackering. Ytbehandlingen består i att man hårdförkromar maskindelar av aluminium eller zink. Innan förkromning ska delarna trumlas (slipas), avfettas, etsas och förnicklas. Avfettningen sker i alkalisk lösning i ett slutet system ”Aquaclean”, en komplett enhet med tvättbad, sköljbad och torkning där de två första delarna äger rum vid 55 respektive 65°C och torkningen sker med luft av 120°C. Ytbehandlingen sker i nio öppna kar på 1500-2000 liter vardera som värms till 50-60°C antingen med elektriska doppvärmare direkt i karen eller med växlarslingor som ligger i karen och som är kopplade till en elpanna på 15 kW till varje kar placerad direkt intill karet. En överslagsberäkning ger att värmebehovet per bad uppgår till ca 20-25 MWh per år. Eftersom processen ibland genererar ett värmeöverskott finns också en kylkrets, gemensam för alla bad, där man kan föra bort värme via ett kyltorn. I pulverlackeringen håller man ca 230 grader med hjälp av elektriska strålningsvärmare på 45 kW placerade i taket. Direkt efter lackeringen kyls produkterna till rumstemperatur med hjälp av uteluft. Vintertid skickas den varma avluften in i ett kallförråd. Sommartid går avluften ut i fria luften utan någon värmeåtervinning. Lokalerna värms vintertid med en kombination av ytjordvärme, elpanna och oljepannor i nämnd ordning. Tappvarmvatten till duschar ingår också delvis i detta system men det finns också små elvärmda varmvattenberedare utplacerade i några utrymmen. Komfortkyla till kontor och vissa verkstadsutrymmen genereras med ett 30-tal kylkompressorerna utan nämnvärd värmeåtervinning.

Avfettningen, ytbehandlingsbaden, tappvatten till duschar och komfortkyla är de tillämpningar som ligger närmast till hands för solvärme på företaget. Genom att ytbehandlingen står stilla under tre veckor var sommar och den värmelagringskapacitet som skulle krävas för solvärme inte finns tillgänglig förefaller solvärme i det här specifika fallet inte rimligt. (Ytbehandlingen kräver konstant temperatur inom ett par grader och har därmed ingen egen lagringskapacitet) Värmeåtervinning från pulverlackeringen sommartid ligger i så fall närmare till hands att utnyttja för detta behov. Tappvarmvattenberedning med solvärme kan vara ett alternativ att överväga i samband med en framtida om- eller tillbyggnad av befintligt system. Eftersom användningen av komfortkyla tenderar att öka och den befintliga utrustningen är ganska ålderstigen kan sorptiv kyla eller absorptionskyla delvis genererad med solvärme vara en annan möjlighet.

Inom företaget har man, vilket oftast verkar vara fallet, ingen uppföljning på värmebehovet i olika delar av tillverkningen, men enkla överslagsberäkningar baserade på drifttider, flöden och temperaturer kan ändå ge tillräckligt noggranna underlag för en LCC analys. Fjärrvärme har övervägts men funnits vara för dyr. Genomgripande förändringar av energisystemet görs bara i samband med nyinvesteringar. Investeringar i mindre miljöstörande teknik har ofta funnits vara ekonomiskt lönsamma. Det är dock troligt att dessa investeringar blivit av just därför att det börjat bli dyrt att inte göra något. Även om företaget i dag inte ser några omedelbara konkurrensfördelar av miljöinvesteringar genom att man levererar till annan industri så anser man att de har ett värde i det lokala perspektivet. Från samhällets sida värdesätts och premieras nämligen företag som har arbetat aktivt med miljöfrågorna.