



Rapport nr2014-006

Vinnova diarienummer 2013-04407

Utnyttjande av spillvärme för produktion av resurssnåla livsmedel

Martin Wänerholm, Emilia Danielsson, Emilie Torgnyson och Per Sommarin



Swerea SWECAST AB
Box 2033, 550 02 Jönköping
Telefon 036 - 30 12 00
Telefax 036 - 16 68 66
swecast@swerea.se
<http://www.swereawecast.se>

Sammanfattning

Syftet med projektet är att utreda möjligheterna att tillvarata industriell spillvärme för lokal livsmedelsproduktion i växthus. Målsättningen är att kunna visa på potentialen för hållbart närproducerade livsmedel med fungerande lokal logistik. Denna förstudie ska fungera som ett underlag för etablering av en testbädd där ett växthus etableras på en plats i nära anslutning till en industri. I denna förstudie har tomater valts som en exempelgröda.

I projektet har den miljömässiga och tekniska potentialen för spillvärmeutbytet utretts genom att genomföra en jämförande livscykelanalys, utreda tillgången på industriell spillvärme i Sverige samt sammanställa nuläget över möjliga tekniker för tillvaratagande av lågradig industriell spillvärme för uppvärmning av växthus. För att utreda möjligheten att realisera potentialen genomfördes en intervjustudie med syfte att kartlägga de viktigaste hindren, drivkrafterna och framgångsfaktorerna för konceptet. Projektet har även tagit fram ett förslag på en möjlig avtalsmodell. Ytterligare har möjligheterna för lokal livsmedelslogistik utretts samt möjligheten att skapa ytterligare utbyten med exempelvis en biogasanläggning i form av rötrest, växtavfall och koldioxid.

Resultatet visar att det finns en stor potential för att minska den miljömässiga belastningen, i form av klimatpåverkan, från produktion av tomater. Det finns även potential i form av stora mängder tillgänglig spillvärme i Sverige. Tekniköversikten som genomförts visar dock att det i dagsläget inte finns någon färdigutvecklad teknik för att tillvarata spillvärme av låg temperatur för uppvärmning av växthus och som är anpassad till svenska förhållanden.

Vidare har studien visat att det finns ett antal hinder för aktörssamverkan. Några av de främsta hindren är kunskapsbrist angående tillgänglig mängd spillvärme, brist på kontinuerliga spillvärmeflöden samt osäkerhet kring utformning av spillvärmeavtalet. Drivkrafter för att inleda ett samarbete är främst av ekonomisk karaktär men även drivkrafter i form av oro för framtida lagstiftning angående spillvärme samt social drivkraft är av vikt.

För att möjliggöra aktörssamverkan via ett spillvärmeutbyte har det genom studien visats att spillvärmeavtalet är av mycket stor vikt. De punkter i avtalet som är av störst vikt att hantera är bindningstiden, leveranssäkerheten, kostnadsfördelning samt prissättning på värmen.

Sammantaget kan det sägas att det finns en identifierad potential för konceptet men många hinder och frågetecken kvarstår innan realisering är möjlig. Denna studie har bidragit med kunskap kring hur nuläget ser ut avseende möjligheterna att realisera ett spillvärmeutbyte mellan en industri och ett växthus. Studien ger en bra inblick i vad som kvarstår att utreda innan kommersialisering av konceptet är möjligt.

Summary

The purpose of this project is to investigate ways to utilize industrial waste heat for local food production in greenhouses. The aim is to demonstrate the potential for sustainable production of local food with functioning local logistics. This preliminary study will serve as a basis for establishing a testbed where a greenhouse is established at a location close to an industry.

To investigate the environmental, technical and economic potential of the exchange of waste heat, a comparative life cycle assessment, an inventory of the supply of industrial waste heat in Sweden, a compilation of potential technologies for the recovery of low grade industrial waste heat for heating greenhouses were carried out. To investigate the possibility of realizing the potential, an interview study with the aim to identify key barriers, drivers and success factors for waste heat recovery was conducted. A design proposal for waste heat agreements between the operators were developed to show how some of the identified barriers can be overcome.

The result shows that there is a great potential to reduce the carbon footprint from the production of tomatoes by utilizing waste heat. The result also shows that the amount of industrial waste heat in Sweden would be more than enough to make the country self-sufficient in tomato production. Today, there are no developed technologies for utilizing low grade waste heat for heating greenhouses adapted to Swedish conditions.

The interview study indicates that the main barriers to realizing an exchange of waste heat are lack of knowledge regarding the available amount of waste heat, lack of continuous flows of waste heat and uncertainty regarding the design of an agreement for purchase/sales of waste heat. The main drivers are economic, but concern for future legislation on waste heat and social driving forces, such as creation of new job opportunities and a prosperous countryside, are also important.

The majority of the identified barriers to waste heat exchange are associated with the collaboration between different parties. Therefore, it is important that these barriers are overcome by designing a waste heat agreement that is beneficial to both parties. The parts of the agreement that are crucial are the term of agreement, security of supply, allocation of costs and the price setting of the heat.

Overall, it can be said that there is a great potential for the waste heat concept, but many barriers and questions remain before realization is possible. This study has contributed with knowledge about the current situation regarding the potential to realize a waste heat exchange between an industry and a greenhouse. The study provides insight into what remains to be established before the commercialization of the concept is possible.

Innehållsförteckning

1	TILLKOMST	1
2	INLEDNING	1
3	SYFTE OCH MÅL	2
4	SYSTEMBESKRIVNING	2
5	VETENSKAPLIG KONTEXT	3
5.1	INDUSTRIELL EKOLOGI	3
5.2	INDUSTRIELL SYMBIOS	3
6	BAKGRUND	4
6.1	LIKNAVANDE PROJEKT	4
6.1.1	<i>Internationell utblick</i>	5
6.2	FÖREKOMST AV SPILLVÄRME I LANDET	6
6.3	VÄXTHUSODLING AV TOMATER	8
6.3.1	<i>Producentorganisationer</i>	8
6.3.2	<i>Prissättning</i>	9
6.3.3	<i>Energianvändning</i>	9
7	HÅLLBAR ODLINGSTEKNIK	11
8	TEKNISKA LÖSNINGAR	11
8.1	UPPVÄRMNING	11
8.1.1	<i>Värmesystem med spillvärme som energikälla</i>	11
8.2	VENTILATION	12
8.3	BELYSNING	12
9	KLIMATPÅVERKAN	13
10	ÖVRIGA UTBYTEN AV RESTFLÖDEN	16
10.1	VÄXTAVFALL SOM SUBSTRAT FÖR BIOGASPRODUKTION	16
10.2	RÖTREST SOM GÖDNINGSMEDEL	17
10.3	UTBYTE AV KOLDIOXID	17
11	LIVSMEDELSLOGISTIKEN	18
11.1	LOKAL LIVSMEDELSDISTRIBUTION	19
12	STYRMEDEL	20
12.1	ENERGI- OCH KOLDIOXIDSKATT	20
12.2	STÖD	20

12.2.1	<i>Stöd till producentorganisationer</i>	20
12.2.2	<i>Stöd via landsbygdsprogrammet</i>	21
13	LAGKRAV	21
13.1	REGLER VID NYETABLERING AV EN INDUSTRI T.EX. ETT GJUTERI	21
13.2	REGLER VID ETABLERING AV ETT NYTT VÄXTHUS.....	21
13.3	ÖVRIGT.....	22
14	ENKÄTUNDERSÖKNING	22
15	HINDER, DRIVKRAFTER OCH FRAMGÅNGSFAKTORER	23
15.1	HINDER.....	23
15.2	DRIVKRAFTER.....	25
15.3	FRAMGÅNGSFAKTORER	26
16	SPILLVÄRMEAVTAL	27
16.1	ERFARENHETER FRÅN TIDIGARE STUDIER	28
16.2	ERFARENHETER KRING SPILLVÄRMEAVTAL FRÅN INTERVJUSTUDIEN	29
16.2.1	<i>Avtalstid</i>	29
16.2.2	<i>Investeringar och leveranser</i>	29
16.2.3	<i>Avgifter och betalning</i>	30
16.3	FÖRSLAG PÅ AVTALSMODELL	31
16.3.1	<i>Avtalstid</i>	31
16.3.2	<i>Investeringar och leveranser</i>	31
16.3.3	<i>Avgifter och betalning</i>	32
17	DISKUSSION	34
18	SLUTSATSER	36
19	FORTSATT ARBETE	36
20	REFERENSER	38
	BILAGA 1. ENKÄT TILL GJUTERI- OCH STÅLINDUSTRI	42
	BILAGA 2. INTERVJUGUIDE VÄXTHUS	43
	BILAGA 3. INTERVJUGUIDE GJUTERIINDUSTRI	45

1 Tillkomst

Denna publikation utgör slutrapport för förstudien Resurssnåla livsmedel, ett projekt finansierat av Vinnova inom ramen för utlysningen Testbäddar inom miljöteknikområdet. Förstudien har utförts som ett samarbete mellan SLU och Swerea SWECAST. En del av arbetet har skett parallellt med ett examensarbete vid Linköpings universitet. Skriften har utarbetats av Martin Wänerholm, Emilia Danielsson, Emelie Torgnyson samt Per Sommarin, Swerea SWECAST. En rad företag inom både växthus- och gjuteribranschen har ställt upp med värdefulla erfarenheter.

2 Inledning

Sverige står idag inför utmanande klimat- och energipolitiska mål. EU:s 20-20-20 mål sätter den lägsta ribban för klimat- och energipolitiken i EU med mål om 20 procent lägre växthusgasutsläpp år 2020 jämfört med 1990 års nivåer, att förnybara energikällor ska stå för 20 procent av energibehovet samt en ökad energieffektivitet med 20 procent till år 2020 [1]. I Sverige har regeringen, genom propositionen *En sammanhållen klimat- och energipolitik* (Regeringens proposition 2008/09:163), valt att sätta mer ambitiösa mål gällande förnybar energi och minskade växthusgasutsläpp. De svenska målen innebär 40 procent minskning av växthusgasutsläppen och 50 procent andel förnybar energi [2].

De utmanande svenska målen är en bidragande faktor till att vissa branscher i Sverige har det svårt att stå sig i konkurrensen med andra länder. Ett exempel på en bransch som har det särskilt tufft är de svenska tomatodlarna [3]. Svenskarnas konsumtion av tomater ökar, närmare bestämt har en ökning med 15 % skett under perioden 2001-2010 [4]. Trots detta minskar den inhemska produktionen av tomater [3]. Under perioden 2004-2011 har självförsörjningsgraden av tomater minskat från 20 procent till 13 procent. Istället importerar vi allt mer tomater, framförallt från Nederländerna varifrån 70 % av importen sker [4]. Importkonkurrens och ökade energikostnader är utmaningar som de svenska tomatodlarna står inför [3].

De senaste årens förändringar i den svenska energipolitiken har medfört att växthusodlare som använder fossila bränslen för uppvärmning får allt högre energikostnader till följd av höjda energi- och koldioxidskatter [3]. Uppvärmningskostnaderna för svenska tomatodlare uppgår i genomsnitt till ca 20 %, elen är 2 % av särkostnaderna. Räknar man även in koldioxiden så uppgår den till ca 8 %. Särkostnad innefattar kulturarbete, energi, koldioxid, gödsel, bekämpningsmedel, emballage och övriga rörliga kostnader. Utöver detta tillkommer samkostnader såsom ränta och avskrivning på anläggning, underhåll av anläggnings samt kontors- och andra overheadkostnader.

För att stå sig i konkurrensen med andra länder krävs en mer kostnads- och resurseffektiv växthusodling av tomater i Sverige. I detta projekt undersöks om detta kan åstadkommas genom sammankoppling av privata aktörer för utbyte av restflöden enligt principen att ett företags avfall blir ett annat företags råvara. Fokus ligger på att utreda potentialen för att tillvarata spillvärme för uppvärmning av växthus men även utbyten av flöden i form av växtavfall, gödningsmedel och koldioxid utreds.

3 Syfte och mål

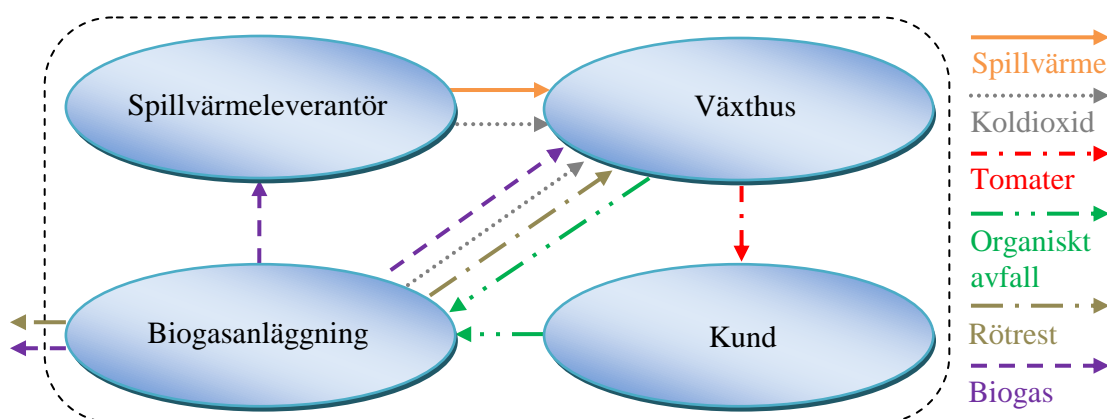
Projektet syftade till att utreda möjligheterna att tillvarata industriell spillvärme för lokal livsmedelsproduktion i växthus. Genom samverkan mellan industrin, samhälle och livsmedelsproducenter kan investeringar och energianvändning nyttjas på ett mer resurs- och kostnadseffektivt sätt.

Målet med förstudien som presenteras i denna rapport var att visa på potentialen för hållbart närproducerade livsmedel med fungerande lokal logistik. Förstudien var tänkt fungera som ett underlag för etablering av en testbädd där ett växthus etableras på en plats i nära anslutning till en industri. Testbädden ska ge möjlighet att testa olika tekniker för att ta tillvara spillvärme från industrin, möjliga uppvärmningssystem för låggradig värme, olika belysningstekniker för optimal tillväxt och året-runt-odling samt tekniker för överföring av koldioxid från industri till växthus. Taket på växthuset kan förses med solceller alternativt ljuspaneler, även här ska finnas möjlighet att testa olika varianter. Vidare är målsättningen att ta fram olika lösningar för lokalt distributionsnät för närproducerade livsmedel.

Som utgångspunkt för studien väljs aktörerna tomatodlare och gjuteriindustrin. Vidare utgår studien från nybyggnation av växthus eftersom växthusbranschen är i behov av förnyelse. I samband med upprustningen kan odlarna överväga alternativa placeringar av sin verksamhet, exempelvis i närheten av en potentiell spillvärmeleverantör.

4 Systembeskrivning

I Figur 1 visas systemet som studeras inom ramen för projektet. Systemet består av fyra aktörer; spillvärmeleverantör, växthus, kund och biogasanläggning. Spillvärme från spillvärmeleverantören kan användas för att värma upp växthuset. Spillvärmeleverantören kan utgöras av en industri, ett kraftvärmeverk eller en annan aktör som har tillgänglig spillvärme. För att öka produktionen i växthuset kan koldioxid, antingen från spillvärmeleverantören eller från en biogasanläggning, tillföras. Tomaterna är tänkta att distribueras lokalt till kund där kunden kan utgöras av en återförsäljare, som en matvaruaffär, eller av direkta kunder som exempelvis en restaurang eller ett hushåll. Det organiska avfallet, både från växthuset och från kund, kan skickas till biogasanläggningen för produktion av biogas och växtnäring i form av en rötrest. Tanken är att få ett slutet kretslopp vilket framgår av figuren.



Figur 1. Illustration av systemet för det konceptet som studeras.

5 Vetenskaplig kontext

Denna studie befinner sig inom forskningsområdena industriell ekologi och industriell symbios. Industriell ekologi fokuserar på att sluta samhällets material- och energiflöden genom att arbeta med naturens slutna flöden som norm [5]. Genom tillämpning av principerna inom industriell ekologi kan ett så kallat kretsloppssamhälle skapas vilket definieras som ”... ett samhälle som bygger på principen att naturresurserna ska användas, återanvändas, återvinnas och slutligen omhändertas med minsta möjliga förbrukning av resurser och utan att naturen skadas.” [5].

5.1 Industriell ekologi

Graedel och Allenby (2010) definierar industriell ekologi enligt [6]:

Industriell ekologi är det sätt genom vilket mänskligheten medvetet kan närma sig och upprätthålla hållbarhet givet en fortsatt ekonomisk, kulturell och teknisk utveckling. Konceptet kräver att ett industriellt system inte ses som isolerat från dess omgivande system, utan i samförstånd med dem. Det är en systemsyn vilken syftar till att optimera den totala materialcykeln från jungfruligt material, till färdigt material, till komponent, till produkt, till förbrukad produkt, och slutligt bortskaffande.

Inom området industriell ekologi ses de industriella systemen som en viss form av ekosystem då både naturliga ekosystem och industriella system byggs upp av flöden av material, energi och information [7]. De industriella systemen är dessutom högst beroende av resurser som tillhandahålls av biosfären.

Genom att sätta sig in i funktionen hos de naturliga ekosystemen liksom de industriella systemen samt dess interaktion med biosfären kan de industriella systemen rekonstrueras till att efterlikna de naturliga ekosystemen [7]. Detta kan bland annat göras genom att gå från linjära flöden av material och energi till slutna, cykliska flöden [7][8]. På så sätt bildas industriella ekosystem som består av en väv av olika aktörer som samverkar med varandra genom att utbyta restprodukter enligt principen att ett företags restprodukter blir ett annat företags råvara [9][10]. Syftet är att erhalla industriella system som är mer långsiktigt hållbara genom att minska systemens behov av råmaterial och primärenergi samtidigt som även avfallsmängderna och utsläppen av föroreningar minskar.

Den del av industriell ekologi som fokuserar på framväxten av industriella kretslopp där de inblandade aktörerna samverkar genom utbyten av restprodukter, vilket på så sätt ökar resurseffektiviteten för systemet som helhet, kallas industriell symbios [11][9][8].

5.2 Industriell symbios

Inom naturvetenskapen syftar begreppet ”symbios” på den samexistens som förekommer mellan olika arter där båda arter har ett ömsesidigt utbyte av varandra [11]. På samma sätt innebär industriell symbios samverkan mellan olika företag där de involverade aktörerna erhåller en kollektiv fördel som är större än om

företagen hade agerat på egen hand. Marian Chertow (2000) definierar industriell symbios enligt [11]:

Industriell symbios engagerar traditionellt sätt enskilda företag i ett kollektivt samarbete för att nå konkurrensfördelar genom ett utbyte av material, energi, vatten och biprodukter. Industriell symbios förutsätter samarbete och tar vara på de möjligheter som följer av geografisk närhet mellan olika verksamheter.

Ett annat sätt att beskriva begreppet industriell symbios är ”som en beskrivning av alla arrangemang som innebär att företag utbyter restflöden som, i frånvaron av en kund, skulle ha betraktats som avfallsflöden och således skulle ha inneburit en belastning för miljön” [12].

6 Bakgrund

I detta kapitel ges bakgrundsinformation för projektet inkluderande liknande projekt nationellt och internationellt, förekomst av spillvärme i landet samt bakgrundsinformation med anknytning till växthusodlingsbranschen.

6.1 Liknande projekt

Det finns tydliga indikationer på att det i Sverige finns ett intresse av att tillämpa industriell symbios inom växthusnäringen. Ett antal projekt som fokuserar på spillvärme som källa för uppvärmning av växthus har startas under de senaste åren.

I Hofors startades ett projekt under hösten 2013 med målet ta fram ett underlag för projektering av spillvärmebaserade växthus [13]. Hösten 2014 planeras två pilotanläggningar vara på plats där den ena innebär en direktkoppling till en stålindustri för utnyttjande av spillvärme vid en temperatur på ca 40 °C och där den andra utnyttjar fjärrvärmenätets returtemperatur [14]. Fokus ligger på att utreda de tekniska lösningarna samt den ekonomiska lönsamheten för sådana typer av utbyten.

I Linköping finns planer på att bygga ett vertikalt växthus [15]. Det vertikala växthuset ska värmas upp med spillvärme från närliggande kraftvärmeproduktion och växtrester från växthuset kommer att rötas i närbelägen röttningsanläggning.

I Kronobergs län ska en inventering av tillgänglig spillvärme i länet samt en sammanställning över teknik för lågtemperaturuppvärmda växthus och LED-belysning genomföras [16]. Möjliga affärsmodeller för socialt företagande ska utredas samt möjligheten att producera grönsaker till kommunala verksamheter. En demonstrationsanläggning planeras vid en anläggning med tillgänglig spillvärme inom Växjö kommun. Projektet har fokus på ekologisk odling av grönsaker.

Den 17 december 2012 startades forsknings- och utvecklingsprogrammet Swedish Surplus Energy Collaboration (SSE-C) med syfte att visa på möjligheterna att

utnyttja låggradig industriell spillvärme för livsmedelsproduktion [17]. Medlemmar i programmet är bland annat kommuner, universitet och livsmedelsindustrier. Inom programmet drivs ett antal projekt med syfte att skapa pilotanläggningar för livsmedelsproduktion med spillvärme som energikälla [18].

Under år 2012 genomförde Ånge Kommun och Härnösands kommun en förstudie för att utreda möjligheterna att använda spillvärme från Eka:s fabriker i Alby för att producera livsmedel [19]. I förstudien utreddes möjligheterna att starta en tomat- och fiskodling. Resultatet visade att det skulle medföra stora investeringskostnader att starta en sådan typ av anläggning och vidare utredning av intresset samt möjligheter att få ekonomiskt stöd från EU behöver utredas [20].

6.1.1 Internationell utblick

Ett intresse för samarbeten i form av spillvärmeutbyten mellan kraftverk och växthus började ta fart under 70-talet i de norra delarna av USA och resulterade i att ett flertal pilotanläggningar byggdes [21]. Den bakomliggande orsaken var drivkraften att minska uppvärmningskostnaderna för växthusodlarna, vilka hade börjat bli allt högre till följd av stigande priser på fossila bränslen. Olszewski [22] undersökte exempelvis möjligheten att utnyttja spillvärme från kraftverk i temperaturer lägre än 49 °C för odling av tomater och fann det ekonomiskt försvarbart, jämfört med fossila bränslen, för temperaturer ned till 27 °C och i vissa fall även ned till 21 °C. Exempel på spillvärmeutbyten under samma tidsperiod ses även i Rumänien [23] och i Kanada [24].

Andrews och Pearce [25] menar att det blivit ett förnyat intresse för spillvärme som uppvärmningskälla i växthus i länder med nordligt klimat på grund av höga energikostnader och negativa externa effekter kopplade till fossila bränslen. Genom en fallstudie av en kanadensisk tomatodling, som utnyttjar spillvärme i form av varma rökgaser från en glastillverkare, kunde de visa att det är avsevärt billigare med spillvärme än naturgas som uppvärmningskälla. En annan kanadensisk studie [24] visar på att det kan vara ekonomiskt lönsamt att utnyttja spillvärme från en kompressorstation för uppvärmning av växthus istället för att använda naturgas. En italiensk studie [26] undersökte både de tekniska och ekonomiska möjligheterna att utnyttja lågtempererad spillvärme (45 °C) och kom fram till att spillvärme är ett billigare alternativ, jämfört med olja, vid ett spillvärmepris lägre än 0,02 euro/kWh. I USA har Leffler m.fl. [27] teoretiskt undersökt olika möjligheter att utnyttja spillvärme i temperaturer på 35-40 °C från ett kraftverk, där uppvärmning av växthus var ett alternativ, och i Pakistan finns en pilotanläggning där både varma rökgaser från ett dieselmotorkraftverk och spillvärme från ett kylsystem levereras till ett växthus [27].

Enligt uppgift finns i Tyskland lång erfarenhet av att tillvara även värme med låg temperatur (35-40 °C) för uppvärmning av växthus. [28]

Risker som identifierats med ett spillvärmeutbyte mellan industri och växthus är att värmekällan kan vara intermittent antingen på grund av en instabil process eller att produktionen, och därmed mängden spillvärme, kan förändras [25]. En annan risk är att växthuset blir tätt knutet till industrin vilket kan bli problematiskt om industrin går omkull innan investeringen i spillvärmesystemet har återbetalts. I detta fall kan växthuset ha svårt att konvertera till ett annat bränsle.

I Tabell 1 visas några exempel på internationella projekt där växthusodlingar förses eller ska förses med industriell spillvärme. Observera att det enbart är några exempel som redovisas i tabellen då en omfattande kartläggning av internationella projekt, med syfte att identifiera samtliga internationella projekt, inte rymdes inom ramen för detta projekt.

Tabell 1. Exempel på internationella projekt med spillvärmeuppvärmda växthus.

Företag	Beskrivning	Plats
Truly green & Greenfield Ethanol	En tomatodling på 364 000 m ² kommer att byggas i närheten av en etanolfabrik som ska förses växthusen med värme och koldioxid.	Kanada Cathamn, Ontario
British Sugar	Förser ett egenägt växthuskomplex med varm och koldioxidrik luft från eget gaseldat kraftvärmeverk. Odling av tomater sker året runt.	Storbritannien Wissington, Norfolk
John Baarda Ltd & Terra Nitrogen	John Baarda Ltd flyttade sin verksamhet nära Terra Nitrogen som nu förser den 170 000 m ² stora tomatodlingen med koldioxid och varm ånga.	Storbritannien East Yorkshire
Sita	Det finns planer på att bygga ett växthus på 110 000 m ² som ska utnyttja värme från en avfallsförbränningsanläggning. Grödan som ska odlas är tomater och anläggningen kommer tidigast att stå klar i december år 2014.	Storbritannien Great Blakenham, Suffolk

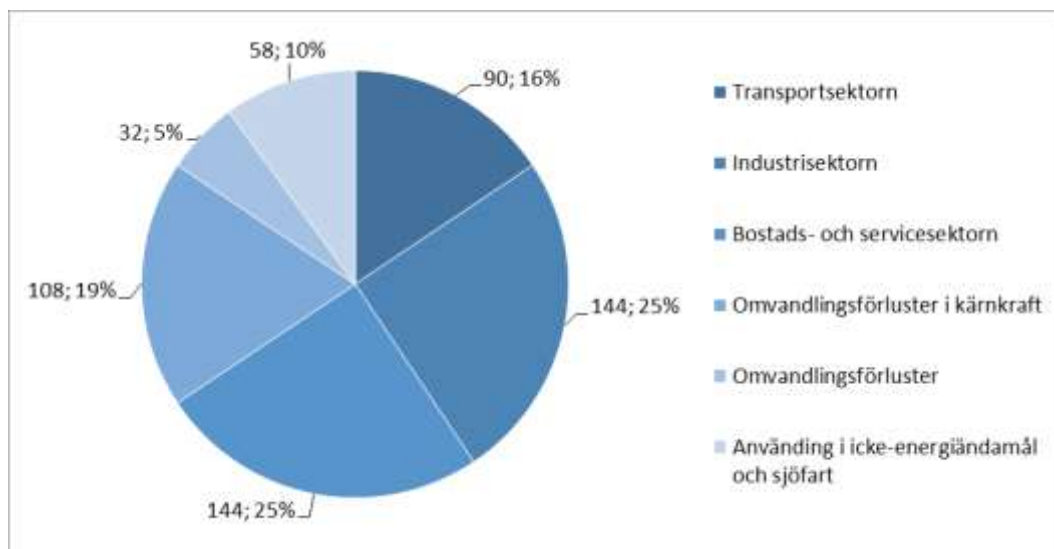
6.2 Förekomst av spillvärme i landet

Tillgången på spillvärme i Sverige är i nuläget inte utredd i tillräckligt stor utsträckning [30]. För att ge läsaren en uppfattning av storleksordningen på mängden tillgänglig spillvärme följer nedan en kort genomgång av Sveriges energiflöden följt av en sammanställning av gjorda utredningar över spillvärmepotentialer i den svenska industrin. För att sätta mängden tillgänglig spillvärme i relation till uppvärmningsbehovet hos de svenska tomatodlarna presenteras först ett räkneexempel, se Box 1.

Box 1. Beräkningsexempel – självförsörjning med hjälp av spillvärme

Svenskarna konsumerar omkring 10 kg tomater per person och år [4]. Med en befolkning på ca 9 650 000 personer [31] ger det en total konsumtion i landet på 96,5 Mton tomater per år. För att producera 1 kg tomater krävs 8 kWh energi [32]. Om hela Sveriges konsumtion av tomater ersattes med inhemskt producerade tomater, producerade med spillvärme som uppvärmningskälla, skulle det krävas tillgång till 772 GWh spillvärme.

Ungefär 600 TWh primäre energi tillförs Sverige varje år [33]. Av den tillförda energin blir 24 procent omvandlingsförluster, se Figur 2, och resterande andel går till slutlig användning. En del av omvandlingsförlusterna, skulle kunna utnyttjas till uppvärmning av växthus.



Figur 2. Fördelning av tillförd energi (TWh) i Sverige år 2011. Egen bearbetning av data från Energimyndigheten [33].

Förutom omvandlingsförlusterna presenterade i Figur 2 uppstår även förluster i den slutliga användningen. I denna studie är det framförallt förlusterna som uppkommer vid slutanvändning inom industrisektorn som är av intresse.

Det är främst två rapporter som belyser mängden spillvärme som uppkommer inom industrin; den ena är *Förekomst av industriellt spillvärme vid låga temperaturer* [34] och den andra är *Spillvärme från industrier och värmeåtervinning från lokaler* [35].

Nyström och Franck utreder förekomsten av spillvärme från den svenska industrin¹ inom temperaturintervallet 20-50°C. Deras slutsats är att potentialen ligger i storleksordningen 20-50 TWh per år, men att fler studier krävs för att säkerställa resultaten. De industrier med störst mängd spillvärme inom undersökt temperaturintervall var massa- och pappersindustrin (ca 17 TWh) samt järn- och stålindustrin² (ca 1-2 TWh). [34]

Cronholm m.fl. bedömer också spillvärmepotentialen från den svenska industrin [35]. Den industriella spillvärmes som de inkluderar är dock värme av tillräcklig temperatur för att direkt kunna utnyttjas i fjärrvärmenätet och avser därmed värme med en högre temperatur än den värme som Nyström och Franck inkluderar i sin potentialbedömning. Beräkningarna resulterade i en spillvärmepotential i storleksordningen 6,2 - 7,9 TWh [35]. Nämnas bör dock att potentialen även inkluderar dagens spillvärmeleveranser. Om dessa exkluderas lämnas en outnyttjad potential på mellan 2,1 - 3,8 TWh.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det, i relation till tomatodlarnas uppvärmningsbehov, finns en god tillgång till spillvärme i Sverige, speciellt i de lägre temperaturintervallen. Bara från industrin rör det sig om åtminstone ett par

¹ De branscher som inkluderades i studien var massa- och pappersindustrin, järn-/stål-/metallverk, trävaruindustrin, verkstadsindustrin, kemisk industri och livsmedelsindustrin vilka tillsammans står för 90 % av industrins energianvändning (Nyström, Franck 2002).

² Järn- och stålindustrin har även tillgång på spillvärme i högre temperaturer än 50°C (Nyström, Franck 2002).

totalt TWh. Om dessutom förlusterna från kärnkraften inkluderas ökar potentialen avsevärt. Vidare finns en potential att använda returtemperaturen i fjärrvärmenäten för uppvärmning av växthus vilket ytterligare ökar potentialen. Denna värme kan dock inte klassas som spillvärme. Det saknas dock mer detaljerad information kring hur mycket spillvärme som finns i olika temperaturintervall samt i vilken form spillvärmerna finns tillgänglig. Det skulle även vara önskvärt med information kring när spillvärmeflödena är tillgängliga samt dess kontinuitet.

6.3 Växthusodling av tomater

Svensk tomatodling sker främst i Skåne och Blekinge län vilka tillsammans stod för 82 procent av den svenska tomatodlingsarealen år 2011 [36]. Den totala tomatodlingsarealen i Sverige uppgick till 349 413 kvm samma år och antalet tomatodlingsföretag var 176 st. Detta kan jämföras med 1987 års areal på 685 426 kvm och 479 företag. Det har således skett en kraftig minskning av både odlingsareal och antalet tomatodlingsföretag. Avkastningen per kvm har dock ökat under perioden från 23 kg/kvm år 1987 till 39 kg/kvm år 2011. Produktionen av svenska tomater låg år 2011 på ca 14 000 ton [3]. Alla tomater som odlas i Sverige konsumeras också i Sverige och hela produktionen går till färskvaruhandeln.

Under perioden 1984-2009 har svenskarnas tomatkonsumtion fördubblats [3] och år 2010 konsumerade svenskarna 9,72 kg tomater per person [4]. Den svenska tomatproduktionen minskar dock successivt, främst till följd av den allt hårdare konkurrensen från andra länder [3]. År 2011 importerades ca 90 000 ton tomater [4]. Av dessa importeras omkring 70 procent från Nederländerna och 20 procent från Spanien. Den minskade produktionen av svenska tomater och den ökade importen har inneburit att självförsörjningsgraden av tomater i Sverige har minskat från 20 procent år 2004 till 13 procent år 2011.

Svenskarna är dock beredda att betala extra för svenskodlade tomater och enligt en undersökning [3] efterfrågar över 70 % av svenskarna inhemska tomater. Anledningarna till detta är bland annat mindre bekämpningsmedel och närheten till konsument. Gårdsförsäljning och närproducerat är vidare något som ökar i popularitet hos svenskarna. Ytterligare vill alltfler svenskar ha möjlighet att göra klimatsmarta val och efterfrågar produkter som är producerade med lägre utsläpp av växthusgaser. Andra fördelar med närodlade tomater är att de erhåller en bättre smak eftersom de kan tillåtas mogna på plantan i och med att de odlas nära slutmarknaden [23][25].

6.3.1 Producentorganisationer

De flesta stora tomatodlarna i Sverige är anslutna till en producentorganisation, genom vilken de producerade tomaterna säljs [3]. Jordbruksverkets statistik visar på att ca 84 procent av de svenskodlade tomaterna säljs genom producentorganisationer. Producentorganisationerna är föreningar som ofta ägs av producenterna gemensamt. Genom producentorganisationerna kan exempelvis marknadsföring, försäljning, logistik och inköp samordnas. En producentorganisation representerar oftast flera olika produkter. Av Sveriges nio

godkända produktorganisationer är det fyra som inkluderar tomater: SydGrönt, Svenska Odlarlaget³, Mellansvenska odlare och Norrgrönt.

Producentorganisationernas syfte är att stärka tomatproducenternas ställning gentemot senare distributionsled genom att se till att producenterna erhåller så bra priser som möjligt för sina produkter [3].

6.3.2 Prissättning

Det vanligaste fram till och med år 2014 har varit att priset på tomater bestäms genom auktion [37]. Producentorganisationerna sålde sedan vidare tomaterna för det pris som sattes genom auktionen dagen innan. Av detta pris tog producentorganisationerna ut 5 % i försäljningsavgift medan resten av pengarna gick direkt till odlarna. Odlarna stod själva för kostnaden förknippat med transport av tomaterna mellan odlare och producentorganisation. År 2013 låg det genomsnittliga avräkningspriset⁴ för tomater på 10,48 kr/kg [38].

På grund av den dåliga lönsamheten för tomatodlarna i Sverige de senaste åren avskaffades auktionssystemet år 2014 [37]. Istället har producentorganisationerna frågat sina medlemmar vilket snittpris över säsongen de behöver erhålla för sina tomater för att de ska kunna bedriva sin verksamhet på ett hälsosamt sätt. Priset för år 2014 hamnade på 11:50 kr/kg. Detta pris förmedlar sedan producentorganisationen vidare till kunderna som får förbeställa den volym svenska tomater de vill ha under säsongen. Odlarna försöker sedan anpassa sin produktion efter de förbeställda volymerna. På så sätt minskar risken att få en överproduktion av tomater och odlarna får ut ett bättre pris för sina tomater.

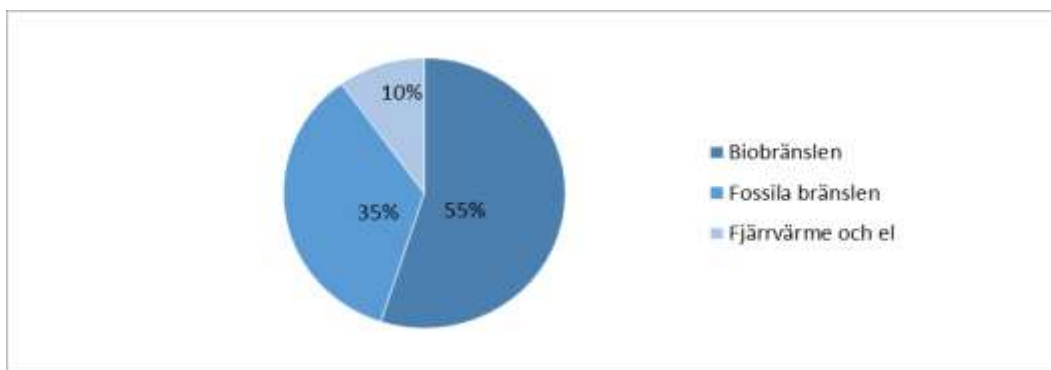
Vissa livsmedelsbutikedjor har sin egen inköpsorganisation, exempelvis ICA, medan andra livsmedelsbutiker köper in tomaterna via grossist. Detta gäller exempelvis COOP vars butiker köper in tomaterna från grossisten Everfresh. I båda fallen görs i detta led ett prispåslag på tomaterna innan de säljs vidare till enskilda butiker. Prispåslaget motsvaras av kostnaden för lagerhållning, plockning och transport av tomater ut till butikerna samt vinst.

6.3.3 Energianvändning

Den svenska energi- och klimatpolitiken som bland annat medfört höjningar av koldioxidskatten och ökade bränslekostnader innebär utmaningar för de svenska tomatodlarna [3]. Detta har bland annat bidragit till att allt fler tomatodlare i Sverige har ställt om från fossila bränslen för uppvärmning till förnybara energikällor. I Figur 3 ses fördelningen mellan de olika uppvärmningskällorna, baserat från statistik från år 2011 [32]. Det vanligaste förnybara bränslet för uppvärmning är bark, flis och spån medan det vanligaste fossila bränslet är naturgas.

³ Fram till den 2 januari 2014 fanns fem producentorganisationer som tillhandahöll tomater, idag är de enbart fyra då fd. Blekinge Grönt slagits samman med Svenska odlarlaget.

⁴ Avräkningspriset motsvarar det pris som producenterna erhåller för sina tomater.



Figur 3. Fördelning mellan olika uppvärmningskällor för växthusodling av tomat, baserat på Jordbruksverkets statistik från år 2011 [32].

Siffrorna i figuren kan jämföras med år 2002 då endast 3 % av de använda energislagen var biobränslen och 71 % utgjordes av fossila bränslen [32]. Detta visar på den snabba omställning som skett de senaste åren inom växthusnäringen.

I Sverige är energianvändningen vid växthusodling en betydande faktor för lönsamheten [3]. Som tidigare nämnts står energikostnaderna för drygt 20 % av särkostnaderna för ett tomatodlingsföretag (cirka 30 % om även användning av koldioxid räknas in) [39]. Elanvändningen i växthusen står dock endast för en mycket begränsad del av den totala energianvändningen, förutsatt att artificiell belysning inte används, närmare bestämt ca 2 %, varför den största delen av energianvändningen kan härledas till uppvärmning [3].

Uppvärmningen av växthuset har två syften, dels att erhålla önskad temperatur men också för att kontrollera luftfuktigheten [3]. Elektriciteten används bland annat till automatiserad klimatreglering, värmepumpar, bevattningssystem samt till koldioxidtillförseln. Ytterligare används elektricitet för belysning när tomatplantorna ska drivas upp, vilket sker under ca åtta veckors tid. I Sverige är det dock vanligt att färdiga plantor köps in vilket resulterar i en minskad elanvändning för odlaren.

De olika faktorerna som påverkar hur stor energianvändningen blir vid växthusodling är [3]:

- Odlingssäsongens längd
- Geografisk placering
- Vilket täckmaterial som används
- Hur pass välisolerat växthuset är
- Val av temperaturprogram
- Växthusets utformning och storlek
- Typ av väv som används i växthuset

7 Hållbar odlingsteknik

8 Tekniska lösningar

I detta kapitel presenteras nuläget kring de tekniska lösningar som finns avseende uppvärmningssystemet för växthus, ventilation, belysningsteknik för växthusodling.

8.1 Uppvärmning

De mest använda uppvärmningssystemen för växthus är vattenburen eller luftburen värme där vattenburen värme är vanligast [40]. Vid såväl vattenburen som luftburen värme produceras värmen vanligen via en bränslepanna. Värmen avges till vatten för att sedan distribueras ut i växthuset via ett rörsystem eller, i fallet med luftburen värme, via en aerotemper.

Genom att använda sig av en ackumulatortank kan pannans effekt minskas kraftigt [40]. Tanken fylls med varmvatten från pannan under de timmar på dygnet när växthuset inte kräver någon tillförd värme. Av denna anledning är det mycket vanligt att konventionella värmesystem i växthus är försedda med en ackumulatortank.

Eftersom vattnet vanligen värms via förbränning i panna erhåller vattnet en temperatur på minst 65 °C [40]. Under den större delen av året kräver ett vattenburet värmesystem en temperatur på 30-50 °C i växthuset rörsystem, beroende på utomhustemperaturen. Eftersom vattenburna system har en tendens att inte ge en tillräckligt jämn temperaturfördelning i växthuset är det vanligt att systemet kompletteras med cirkulationsfläktar som jämnar ut skillnader i temperatur och luftfuktighet.

Trots att luftburen värme genererar ett jämnare klimat i växthuset är det ett mindre vanligt värmesystem i växthus [40]. Ett luftburet system innebär att värme tillförs växthuset genom att varmluft blåses in i växthuset. Värmen distribueras via ett kanalsystem och fördelningen av luften sker med hålförsedda plastfolieslangar⁵ som löper mellan plantorna.

8.1.1 Värmesystem med spillvärme som energikälla

År 2013 publicerade Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) en rapport som ger en översikt av möjliga tekniker för att tillvarata låggradig spillvärme [41]. Rapporten hänvisar till flertalet projekt som genomförts under 70- och 80-talet, av vilka flertalet nämnts i Avsnitt 6.1.1. Som nämnts fanns ett intresse under perioden för denna typ av system på grund av de allt högre energipriserna. Tyvärr svalnade intresset av och det är först nu som intresset för den här typen av system återigen har väckts [42]. Av denna anledning finns det i dagsläget, enligt författarnas kännedom, mycket begränsad information om möjliga tekniker för att tillvarata låggradig spillvärme för uppvärmning av växthus. Som tidigare nämnts finns det dock erfarenhet i Tyskland [28]. Bransch-kunniga anser dock att det krävs ett luftburet värmesystem för att tillvarata spillvärme av mycket låga temperaturer (<

⁵ Hålen har en diameter på 2-4 mm och den maximala lufthastigheten i slangarna är omkring 8 m/s [40].

35 °C) [42][18]. Det krävs dock ytterligare forskning och försöksanläggningar för att hitta ett system som fungerar tillfredsställande med tanke på växternas välbefinnande med avseende på bland annat luftomsättning och luftfuktighet [42].

Ett förslag på möjlig utformning av ett luftburet värmesystem för tillvaratagande av låggradig spillvärme ges i SLU:s rapport [41]. Förslaget innebär att spillvärme av tillgänglig temperatur blåses in mellan täckmaterial och energiväv i växthuset. Uppvärmningen inne i växthuset sker med plastfolieslangar dimensionerade för ett lågtemperaturvärmesystem.

För att utnyttja spillvärme från industrier med varierande spillvärmeflöden, som gjuterier, behövs även ett värmelager. I rapporten *Värmelagring för energiintensiva SMF med fokus på gjuteriindustri* [43] diskuteras industrins olika möjligheter för värmelagring. Alternativ som behandlas i rapporten är ackumulatortankar, groplager, bassänklager, bergrumslager, akvifärer, borrhålslager, saltlager samt fjärrvärme.

8.2 Ventilation

Ventilationen är en viktig del av växthustekniken eftersom den används för att ventileras bort överskottsvärme och ventileras ut fukt [40]. Ventilationen har därmed en viktig funktion för fuktstyrningen i växthuset.

Konventionellt sker ventilationen i princip uteslutande med hjälp av ventilationsluckor i taket på växthuset [40]. Med lägre temperaturer i rörsystemet i växthuset har det dock i föregående avsnitt konstaterats att en ökad fuktbildning genereras i växthuset. Av denna anledning krävs med största sannolikhet andra ventilationssystem vid uppvärmning med låggradig spillvärme än de konventionellt gångbara ventilationssystemen. I samband med utredning av tekniker för tillvaratagande av låggradig spillvärme för uppvärmning av växthus bör således även möjliga ventilationslösningar utredas för att skapa ett tillfredsställande klimat i växthuset.

Ett alternativ för att sänka luftfuktigheten är att använda någon typ av luftavfuktare. Det finns idag lovande tekniker som omvandlar fukt till värme och således även sänker växthusets uppvärmningsbehov.

8.3 Belysning

Som tidigare nämnts är det vanligt att tillskottsbelysning inte används vid odling av tomater i Sverige, med undantag av perioden då plantorna drivs upp. För odling året runt är dock tillskottsbelysning en förutsättning.

Den konventionella tekniken för växthusbelysning är högtrycksnatrium (HPS) till följd av lågt inköpspris och acceptabel effektivitet [44]. Det finns dock ett intresse från branschen för effektivare ljuskällor med möjlighet att styra tillväxten hos plantan. Nya belysningstekniker introduceras kontinuerligt på marknaden men växthusförsök krävs för att utvärdera deras fulla potential, såväl ekonomiskt som odlingstekniskt. Vid försök vid SLU i Alnarp gjordes växthusförsök med HPS, LED-single-chip (kallvitt), LED-multidiod (rött/blått), Keramisk Metallhalogen (CMH) samt induktionsbelysning [44]. Försöken utfördes på växterna ananassalvia, salvia, mynta, småpetunia och pelargon. Teoretiskt har rött och blått ljus störst effekt på fotosyntesen medan grönt ljus ger lägst effekt. Således har den

röd/blå LED-armaturen ett ljus som är väl anpassat för fotosyntesen. HPS-armaturen genererar främst våglängder inom det gula området. Resultatet visade att störst tillväxt genererades med HPS-belysningen. Den röd/blå LED-belysningen gav också hög tillväxt. Den högre tillväxten med HPS-belysningen kan förklaras av strålningsvärmens från ljuskällan. Liknande resultat har även fått vid försök med andra typer av växter, också dessa genomförda av SLU [45]. LED-belysningen har dock potential att bli ett verktyg i växtstyrning och tillväxtreglering men ytterligare forskning på området krävs.

De flesta alternativa belysningsteknikerna till HPS-belysning har i dagsläget en väsentligt högre investeringskostnad än den konventionella tekniken [44]. Det är därför svårt att få de alternativa belysningsteknikerna ekonomiskt lönsamma, trots en lägre energianvändning under drift. Ett projekt som bedrivits inom Clean Production Center visar att LED-belysning kan vara upp till 16 ggr så dyrt i investeringskostnad som HPS-belysning [46]. Dessutom är LED-belysningens verkningsgrad i dagsläget inte bättre än HPS-belysningen [45].

I Tabell 2 visas möjliga belysningstekniker för växthusodling samt deras respektive för- och nackdelar.

Tabell 2. Belysningstekniker för växthus. Egen bearbetning av Bergstrand & Schüssler [44].

Teknologi	Fördelar	Nackdelar	Kommersiellt tillgänglig
Högttrycksnatrium (HPS)	Lågt pris Högt ljusflöde Beprövad teknik	Ej optimal ljuskvalitet Bristande styrbarhet Rel. kort livslängd	Ja
LED	Hög styrbarhet Flexibilitet Lång livslängd	Högt pris Kräver kylning Skrymmande armaturer	Ja
Keramisk metallhalogen (CMH)	Ljuskvalitet Lång livslängd	Högt pris Tveksamhet kring ljusutbyte Bristande styrbarhet	Ja
Plasma	Högt ljusflöde Ljuskvalitet Lång livslängd	Kostnadsläge Obeprövad teknik	Ja
Induktion	Ljuskvalitet	Obeprövad teknik Lågt ljusflöde Bristande styrbarhet	Ja
Fältemission	Ljuskvalitet Ljusutbyte	Obeprövad teknik	Nej
Kompaktlysrör	Lågt pris Ljuskvalitet	Begränsad livslängd Otillräcklig styrbarhet	Ja

9 Klimatpåverkan

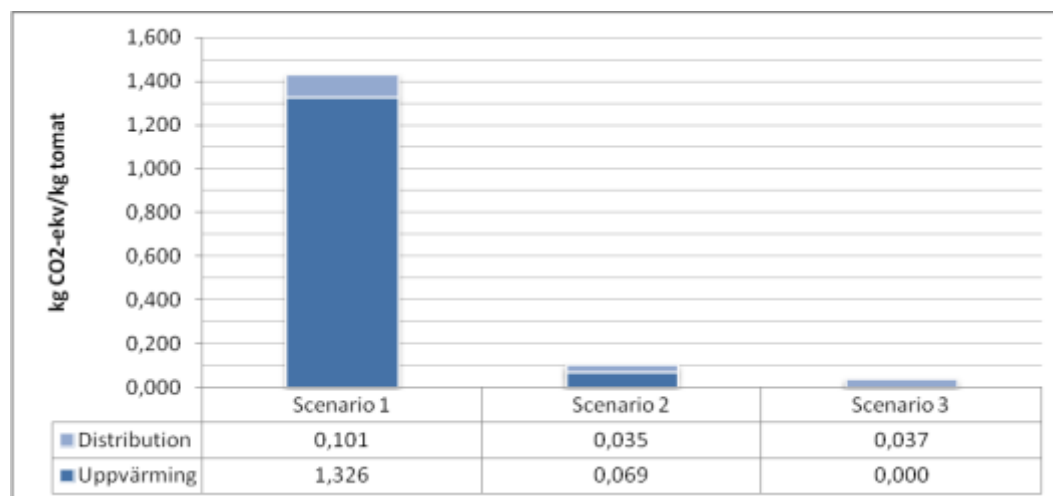
Att producera tomater med spillvärme som uppvärmningskälla och lokal distribution av tomaterna medför med största sannolikhet minskade utsläpp av växthusgaser jämfört med import av tomater från Nederländerna. Av denna anledning görs en jämförande livscykelanalys i syfte att få en indikation på hur

stora miljövinster som fås genom att odla tomater enligt det koncept som utreds inom ramen för detta projekt. Dessutom görs även en jämförelse med konventionell odling av tomater i Sverige. De tre olika scenarier som jämförs presenteras nedan:

1. Konventionell växthusodling och distribution av tomater i Nederländerna med naturgas som uppvärmningskälla
2. Konventionell växthusodling och distribution av tomater i Sverige med flis som uppvärmningskälla
3. Svensk tomatodling i spillvärmeuppvärmda växthus med lokal distribution

Den funktionella enheten är ett kilo tomater och analysen av miljöpåverkan begränsades till klimatpåverkan. De aktiviteter som inkluderats i analysen är uppvärmning och transport. Alla andra aktiviteter antas ge upphov till liknande klimatpåverkan. För utförlig metodbeskrivning se *Resurseffektiv livsmedelsproduktion - Tillämpning av industriell symbios för ökad resurseffektivitet inom den svenska tomatodlingsbranschen*[47].

I Figur 4 ses resultatet av den jämförande livscykelanalysen för de tre olika scenarierna. Som väntat visar resultatet att importerade tomater från Nederländerna ger upphov till högre klimatutsläpp än tomater producerade i Sverige med flis eller spillvärme som uppvärmningskälla. Analysen visar att utsläppen från nederländska tomater är 14 respektive 38 gånger högre än nyss nämnda alternativ. Klimatpåverkan från tomater odlade med flis som uppvärmningskälla är i sin tur knappt tre gånger så höga som för tomater odlade med spillvärme som uppvärmningskälla. Klimatpåverkan från transportererna i fallen med svenskodlade tomater är dock ungefär lika stora. Detta beror på att den lokala distributionen antas ske med mindre lastbilar och med en lägre fyllnadsgrad än vid konventionell distribution. I Box 2 ges ett beräkningsexempel för hur mycket de klimatpåverkande utsläppen skulle minska om importen av Nederländska tomater ersattes med inhemsk produktion enligt scenario 3.



Figur 4. Klimatpåverkan från uppvärmning och distribution i de tre studerade scenarierna.

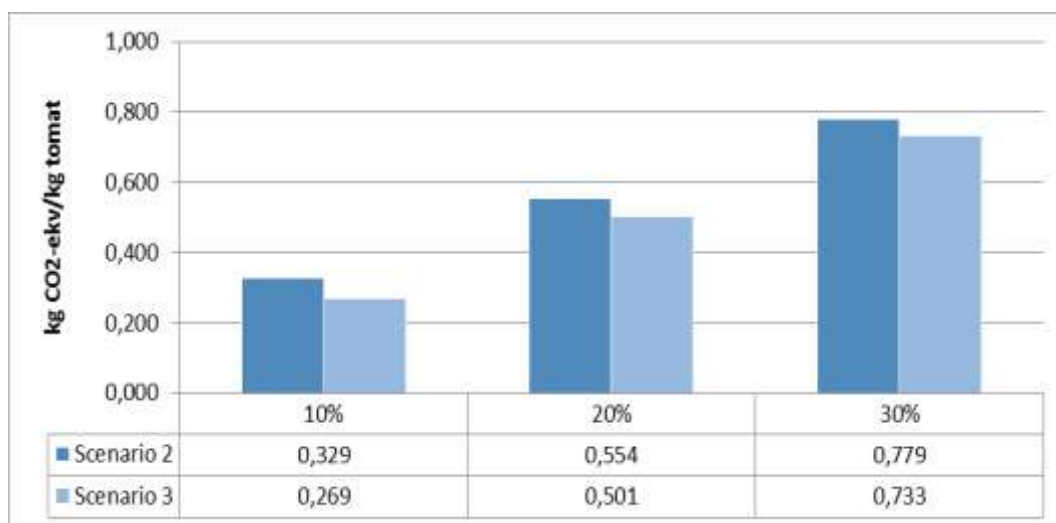
Box 2. Beräkningsexempel – koldioxidbesparing

Varje år importeras omkring 90 000 ton tomater till Sverige [4]. Av dessa importeras ca 63 000 ton tomater från Nederländerna. Om importen av tomater från Nederländerna ersattes med svenskproducerade tomater, med spillvärme som uppvärmningskälla och lokal distribution av tomater, skulle koldioxidutsläppen minska med ca 90 000 ton, mätt i CO₂-ekv. Detta motsvaras av koldioxidutsläppen från en körsträcka på 45 miljoner mil med en bensindriven personbil [48] eller från konsumtion av 4 400 ton nötkött [49].

Som tidigare nämnts antas uppvärmningsbehovet vara lika stort i Sverige och Nederländerna. I verkligheten bör dock uppvärmningsbehovet, och därmed klimatpåverkan från uppvärmningen, vara något lägre i Nederländerna. Detta med tanke på det något varmare klimatet.

Det bör även observeras att växthusens uppvärmningsbehov i scenario 2 och 3 beräknas tillgodes helt med flis respektive spillvärme. I verkligheten behöver växthusen ibland använda sina backup-system, vilka ofta utgörs av oljepannor, för att täcka en del av värmebehovet. Denna förenkling medför att den skillnad mellan importerade och svenskodlade tomater som presenteras här kan sägas utgöra en maximal skillnad. Hur antagandet påverkar skillnaden mellan scenario 2 och 3 beror bland annat på hur mycket driftstopp som industrin som levererar spillvärme har och hur mycket underhåll som flispanna, värmeväxlare och andra komponenter av vikt för de respektive värmesystemen kräver.

I Figur 5 ses hur klimatutsläppen ökar för scenario 2 och 3 när backup-system i form av oljepanna används för att tillgodose 10, 20 respektive 30 procent av uppvärmningsbehovet. Som mest ökar utsläppen till knappt 0,8 kg CO₂-ekvivalenter per kilo tomat vilket fortfarande är lägre än klimatutsläppen för scenario 1 som ligger på drygt 1,4 kg per kilo tomat. Det finns dock en möjlighet att en spillvärmeuppvärmd tomatodling kan ge upphov till större klimatpåverkan än en flisuppvärmd sådan. Detta kan inträffa om backup-systemet i det först nämnda fallet används i större utsträckning än i det andra fallet.



Figur 5. Klimatpåverkan för uppvärmning och distribution för scenario 2 och 3 vid användning av backup-system, i form av oljepanna, till 10, 20 respektive 30 procent av uppvärmningsbehovet

En livscykelanalys innebär alltid en förenkling av verkligheten. För att erhålla resultatet ovan har generella data över uppvärmningsbehov och transportsträckor använts. Exempelvis varierar uppvärmningsbehovet med växthusens utformning och storlek och transportsträckan varierar bland annat med växthusets geografiska placering. Som presenteras i kapitel 11 finns även ett flertal distributionslösningar att välja på, vilka självklart påverkar klimatet i olika stor utsträckning. Eftersom förutsättningarna ser olika ut för enskilda anläggningar kan resultatet inte anses giltigt i varje enskilt fall. Dock kan resultatet anses ge en bra genomsnittlig bild över skillnader i klimatpåverkan mellan de olika scenarierna. Det skulle också kunna vara så att i nuläget väljs pelletspanna oftare som backup än oljepanna.

Resultatet från livscykelanalysen visar vidare bara skillnader i klimatpåverkan mellan de olika scenarierna. Vid förbränning sker även andra typer av utsläpp som partikelutsläpp och utsläpp av svavel- och kväveoxider, vilka både ger upphov till ytterligare negativa miljö- och hälsoeffekter för scenario 1-2. Vidare påverkar exempelvis huruvida recirkulering av vatten tillämpas eller ej i vilken utsträckning odlingen bidrar till övergödning och valet av bekämpningsmedel har inverkan på odlingens utsläpp av toxiska ämnen.

Det är därför av vikt att ta andra former av miljöpåverkan i beaktning när nya växthus ska konstrueras. Under förutsättningarna att allt annat än uppvärmning och transport är lika kan det dock konstateras att spillvärme som uppvärmningskälla är det alternativ som ger upphov till lägst klimatpåverkan. Ytterligare en fördel med spillvärme som uppvärmningskälla är att primärenergianvändningen är lägre än i de övriga scenarierna.

10 Övriga utbyten av restflöden

I detta kapitel diskuteras andra möjliga utbyten av restflöden än spillvärme mellan de aktörer som ingår i det studerade systemet. Enbart en övergripande utredning har gjorts med avseende på dessa typer av utbyten varför vidare forskning inom detta område krävs.

10.1 Växtavfall som substrat för biogasproduktion

Det är möjligt att skicka växtavfall från ett växthus till en biogasanläggning. Hur kostnaderna ser ut för att göra detta beror av förutsättningarna [50]. Olika biogasanläggningar tar emot olika typer av substrat och har sin egen kemiska process förknippat med detta. Vilka substrat som efterfrågas beror således dels av gasutbytet, dels av strävan efter att få processtabilitet. Detta styr i sin tur betalningsviljan för att ta emot substratet. Exempelvis betalar Svensk Biogas i Linköping enbart för att ta in substrat som ger ett högt gasutbyte som exempelvis glycerol, rent fett och slakteriavfall [51]. Biogasanläggningen i Örebro å andra sidan tar in lantbruksbaserade energiråvaror [52] och deras betalningsvilja styrs av vilka volymer det handlar om, kontinuiteten i dessa volymer samt hur långt substratet behöver transporteras [53]. Oftast krävs dessutom någon form av förbehandling av substratet innan det kan gå in i röt-kammaren vilket även det i många fall är förenat med en kostnad för biogasanläggningen [50]. Sammanfattningsvis kan således sägas att lönsamheten för biogasanläggningen beror av gasutbytet, volym substrat och kontinuitet i tillförseln, vilken typ av förbehandling som krävs samt hur långt substratet behöver transporteras.

Nackdelen med att ta emot växtavfall, exempelvis i form av rester från en tomatodling, är att det inte finns någon kontinuitet i flödet [54]. Dessutom finns det inget större intresse för en biogasanläggning att endast ta emot små volymer av ett visst substrat, framförallt på grund av transportkostnaderna [53]. Beroende av växthusets storlek är det således mer eller mindre intressant att ta emot växtavfall från en tomatodling. Ytterligare ger inte växtavfallet något större gasutbyte [54]. Västblekinge Miljö och Energi AB har funderingar på att ta emot växtavfallet från Elleholms tomatodling. Anledningen till detta skulle i så fall vara att det bidrar till processtabilitet samt i form av good-will för att sluta kretslopp lokalt [54]. Biogasanläggningen skulle i så fall inte kräva betalt för detta.

10.2 Rötrest som gödningsmedel

Möjligheten att använda rötrest som gödningsmedel vid växthusodling är inte fullt utredd i dagsläget. Frågan utreds i dagsläget bland annat av Tekniska Verken inom ramen för projektet Plantagon samt av Västblekinge Miljö (VMAB). Första steget är att urskilja den vätska som rötresten innehåller, varpå man får en näringsrik vätska som potentiellt skulle kunna användas i växthusodling [54]. Detta skulle vara särskilt intressant för ekologisk odling. Det är dock viktigt att näringsinnehållet stämmer överens med växtens behov varför det kan komma att krävas både utspädning och tillsats av saknade näringsämnen [55]. Förutom de miljömässiga vinster det ger att återcirkulera näringsämnena som har sitt ursprung i organiskt avfall har näringslösningen från rötresten potential att bli ett mer kostnadseffektivt alternativ än konventionellt gödningsmedel. För konventionell odling ger dagens gödselmedel troligtvis bättre möjlighet till exakt styrning av näringstillförseln och det kan då vara bättre att använda rötresterna på lantbruksmark [28].

10.3 Utbyte av koldioxid

Teoretiskt finns en möjlighet att skicka koldioxid mellan en biogasanläggning och ett växthus, alternativt mellan en industri och ett växthus. Huruvida detta är praktiskt möjligt avgörs av geografisk närhet samt i vilken utsträckning koldioxidflödet behöver renas.

Koldioxiden som avskiljs vid uppgradering av biogas till fordonsgas är möjlig att använda vid koldioxidgödning i växthuset. Geografisk närhet är dock en förutsättning eftersom rening och komprimering av koldioxiden för vidareförsäljning troligtvis inte skulle vara lönsamt [50]. Vanligt idag är att koldioxiden som avskiljs vid uppgradering av biogasen inte omhändertas utan släpps ut i luften. Största potentialen för att skicka såväl växtavfall som rötrest och koldioxid mellan växthus och biogasanläggning torde troligtvis vara om det finns en gårdsbaserad biogasanläggning i närheten. Småskalig uppgradering på gårdsnivå är dock idag inte lönsamt varför möjligheten att skicka koldioxid mellan en gårdsbaserad biogasanläggning och ett växthus i dagsläget är förknippat med möjligheterna att rena rökgaserna som genereras vid förbränningen av biogasen, vilket görs i syfte att producera el och värme.

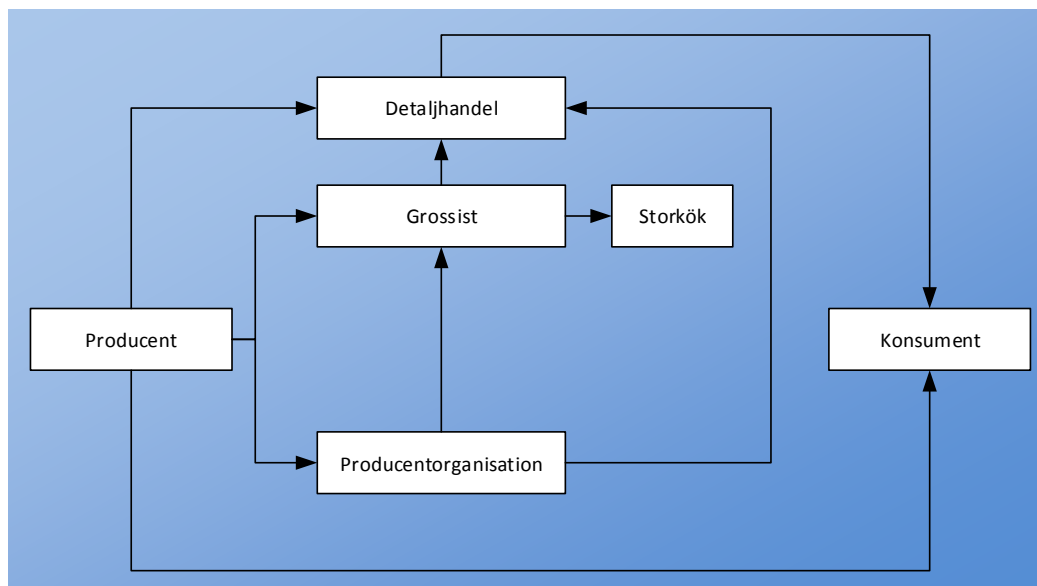
Flertalet industrier genererar utsläpp av koldioxid i form av rökgaser som genereras vid förbränning av bränslen. Möjligheterna att skicka denna koldioxid till ett växthus avgörs av möjligheterna att rena rökgaserna till en acceptabel nivå

för att det inte ska vara skadligt för växterna. Vidare utredning krävs för att ta reda på tekniska och ekonomiska förutsättningar för ett sådant utbyte.

11 Livsmedelslogistiken

Huvuddelen av tomaterna som köps in i Sverige är utländska tomater. Anledningen till detta är dels att svenska tomater endast finns till försäljning i butik från april till november [4], dels att grossisternas inköpspris för holländska tomater är omkring 30-50 % lägre än inköpspriset för svenska tomater [56][57][58].

Importen av tomater sker via livsmedelsbutikernas centrala inköpsorganisationer eller grossister [3]. Handeln med svenskodlade trädgårdsprodukter sker vanligen via producentorganisationerna. I Figur 6 visas de huvudsakliga handelsleden för svenska tomater. Figuren anses vara giltig även för andra trädgårdsprodukter.



Figur 6. De huvudsakliga handelskanalerna för tomater i Sverige.

Producentorganisationernas kunder utgörs av grossister eller detaljhandeln [3]. Producentorganisationerna säljer inte tomaterna direkt till enskilda livsmedelsbutiker utan tomaterna säljs via livsmedelsbutikernas centrala inköpsorganisationer eller grossister [37]. Tomatproducenterna kan även sälja tomaterna direkt till grossist, detaljhandel eller till konsument via gårdsförsäljning [3]. De tomatodlare som är anslutna till en producentorganisation får sälja upp till 25 procent av produktionen utanför producentorganisationen. Storkök köper i princip uteslutande in tomater via grossister.

Distributionen av tomater som säljs i livsmedelsbutik i Sverige sker i huvudsak med lastbil från odlaren till en producentorganisation och därifrån vidare till livsmedelsbutikernas centrallager eller till en grossist [56][57][58]. Ibland skickas tomaterna direkt från odlare till butikernas centrallager eller grossist. Därifrån distribueras tomaterna vidare ut till enskilda butiker. Det händer även att butiker köper in tomater direkt från en odlare i de fall de vill kunna sälja närproducerade tomater. Detta har dock en tendens att bli betydligt dyrare för butikerna då de då behöver sköta logistiken själva [58].

11.1 Lokal livsmedelsdistribution

Det finns flera möjliga lösningar för lokal livsmedelsdistribution. Vilken lösning som är mest fördelaktig varierar från fall till fall. I rapporterna *Lokal distribution - Goda exempel* [59] och *Smartare logistik - Lokal mat på väg* [60] presenteras ett antal logistiklösningar för lokalproducerad mat. En av dessa lösningar innebär att ett grossistföretag hämtar upp livsmedel från ett flertal producenter för att sedan leverera dessa till kunderna [59]. Grossisten kan vara ett fristående bolag, ett dotterbolag till någon av producenterna eller utgöra en del av samma företag som någon av producenterna. Grossisterna kan antingen distribuera livsmedlen i egna bilar eller hyra in andra grossister för hämtning och leverans. I det senare fallet står grossistföretaget enbart för försäljningen.

En annan lösning är samdistribution där lokala producenter utnyttjar en stor aktörs, exempelvis ett mejeris, distributionsnät vilket leder till en hög fyllnadsgrad [59]. Andra aktörer som är lämpade för samdistribution är slakterier, bussgods samt övriga fraktbolag som passerar i området [60]. Även här finns några olika varianter; varorna hämtas på plats eller levereras av livsmedelsproducenten själv till närmsta terminal/hållplats eller till en lokal livsmedelsbutik.

Det finns även exempel på kooperativ för en region där samdistribution utnyttjas på grund av de höga kostnaderna som ett eget fraktsystem medför [59]. Producenterna äger då andelar i kooperativet och samordnar marknadsföring och försäljning.

Ytterligare exempel på gemensamma transportlösningar är då odlare har gått ihop och bildat en förening för lokal distribution av livsmedel [60]. Det finns för detta fall olika lösningar som tillämpas. En av dessa innebär att föreningen bland annat säljer sina produkter direkt till privata kunder som sedan kan hämta upp sina varor hos en lokal matvarubutik. Intressant att nämna för detta fall är att butikerna inte tar betalt för utlämning utan ser en vinst i goodwill och att de erhåller fler kunder. Ett annat exempel är en förening där odlarna själva turas om att leverera varor till storkök, restauranger och butiker. För att öka fyllnadsgraden under perioder när den är låg försöker de få andra producenter i området att skicka med sina produkter.

Ytterligare en lösning är att lokala odlare levererar sina produkter till en central i anslutning till en skola [59]. Logistikstudenter levererar sedan vidare till storkök med paketbil. Ytterligare ett exempel där omlastningsenheter utnyttjats är livsmedelsproducenter som levererar sina produkter till en omlastningscentral där kommunen sedan tar över och levererar vidare till skolor, dagis och äldreboenden [59] [60].

När det gäller lokal distribution av tomater har tre olika logistiklösningar identifierats genom en intervjustudie som genomförts med ett antal tomatodlare runt om i landet. En av lösningarna som identifierats innebär att odlaren själv kör ut tomaterna till de lokala butikerna. En annan lösning är att odlaren levererar sina tomater till en lokal grossist som sedan distribuerar tomaterna vidare till lokala livsmedelsbutiker. Även då distributionen sker via producentorganisationerna kan det i vissa fall ske en lokal distribution av tomater då producentorganisationen hämtar upp tomaterna hos odlaren och sedan distribuerar tomaterna direkt till närliggande butiker utan att först gå via centrallagret.

12 Styrmedel

I detta kapitel presenteras styrmedel med relevans för möjligheterna att realisera ett spillvärmeutbyte.

12.1 Energi- och koldioxidskatt

Som tidigare nämnts utgör energikostnaderna en stor del av växthusodlingsföretagens totala kostnader. Kopplat till energikostnaderna är även den energi- och koldioxidskatt som växthusodlarna får betala för användning av fossila bränslen. Detta ger incitament för odlarna att byta från fossila bränslen till bränslen som inte är förknippade med dessa skatter, som exempelvis olika typer av förnybara bränslen eller spillvärme.

Växthusodlare betalar i dagsläget 30 procent av den generella koldioxidskatten samt 30 procent av den generella energiskatten [61]. Växthusodlare kan dessutom beviljas ytterligare skattelättnad på koldioxidskatten, enligt den så kallade 1,2-procentregeln, i de fall koldioxidskatten står för mer än 1,2 procent av förädlingsvärdet av samtliga tillverkade produkter.

Ett antal förändringar i den svenska energipolitiken kan dock förväntas ske inom en snar framtid. I Regeringens proposition (2009/10:41) föreslås att koldioxidskatten på bränslen för uppvärmning höjs till 60 procent av den generella koldioxidskatten från och med den första januari år 2015 [62]. Likaså föreslås att 1,2-procentsregeln slopas.

12.2 Stöd

För investering i energirelaterade åtgärder, som investering i ett spillvärmeutbyte med en industri, finns det två möjliga typer av stöd genom vilka en växthusodlare kan söka bidrag från: stöd till producentorganisationer samt stöd via landsbygdsprogrammet. Nedan ges en kortare beskrivning av respektive stöd.

12.2.1 Stöd till producentorganisationer

Producentorganisationerna omfattas av EU:s regelverk för frukt och grönsaker [3]. År 1996 skapades ett stödsystem inom EU vilket innebär att producentorganisationer kan få stöd för genomförandet av vissa åtgärder. Endast de odlare som är anslutna till en godkänd producentorganisation kan ta del av stödet. Varje medlemsland i EU tar fram en nationell strategi för hur stödet för producentorganisationer ska tillämpas i landet. I Sverige är stödet uppdelat på sju⁶ olika områden och inom respektive område finns det ett antal åtgärder föreslagna för vilka en producentorganisation kan beviljas stöd för att genomföra. Nuvarande nationella strategi gäller fram till och med år 2014 [63].

Stöd beviljas enbart till åtgärder som har en kollektiv prägel [63]. Med detta menas att åtgärderna måste kunna genomföras hos organisationens samtliga

⁶ De sju områdena är: produktionsplanering och logistik, kvalitet, marknadsföring, produktutveckling, krishantering, miljö, utbildning och rådgivning.

medlemmar, även om det sedan för varje år enbart är några utvalda växthusodlingsföretag som får ta del av stödet för att genomföra en viss typ av åtgärd. För att en producentorganisation ska beviljas stöd ska organisationen ta fram ett verksamhetsprogram med föreslagna åtgärder.

En åtgärd som är berättigad stöd är utbyte av fossila bränslen där övergång till spillvärme är ett av de stödberättigade alternativen [63].

12.2.2 Stöd via landsbygdsprogrammet

Tomatodlare kan även erhålla stöd via Landsbygdsprogrammet [3]. Även detta stöd är ett EU-reglerat stöd men det är upp till varje medlemsland att bestämma vilka åtgärder som är stödberättigade. Företagsstöd via landsbygdsprogrammet är utformat för att stödja den som startar ett nytt företag eller vill utveckla sitt befintliga företag.

Från och med år 2014 träder ett nytt landsbygdsprogram i kraft, av denna anledning är det svårt att förutsäga vilka typer av åtgärder som kommer att vara berättigade stöd [64]. Det är dock troligt att en åtgärd så som investering i teknik för att möjliggöra ett spillvärmeutbyte skulle kunna komma att omfattas av programmet.

13 Lagkrav

En rad olika lagkrav gäller för de aktörer som kan bli aktuella i den här typen av industriell symbios. Regler och lagkrav kan variera något beroende på utformning av respektive anläggning och var dessa placeras. Denna laglista kan därför inte ses vara helt komplett men ändå innehålla det viktigaste.

13.1 Regler vid nyetablering av en industri t.ex. ett gjuteri

För att få etablera en helt ny industri t.ex. ett gjuteri krävs först att detaljplanen godkänner industriell verksamhet. Denna fråga hanteras av den kommunala plannämnden eller motsvarande.

Därefter krävs tillstånd enligt 9 kap. i miljöbalken för så kallad miljöfarlig verksamhet. Detta tillstånd söks i regel hos Länsstyrelsen, men för riktigt stora anläggningar kan det bli aktuellt med ansökan hos Mark- och miljödomstolen.

Frågor om bygglov hanteras av den kommunala byggnadsnämnden. Det kan också krävas marklov vid vissa schaktarbeten t.ex. kan det vara aktuellt vid rördragning till växthuset. Inkoppling till vatten- och avloppsnät kräver också kontakt med kommunen.

Om detaljplan saknas krävs normalt sett inte bygglovet men en kontakt bör ändå tas med kommunen.

13.2 Regler vid etablering av ett nytt växthus

Vid etablering av ett växthus gäller i stort mycket av det som nämnts ovan och där kontakter med kommunen krävs för detaljplan, bygglov, marklov, vatten och avlopp. Växthus kräver normalt sett inte tillstånd enligt 9 kap. miljöbalken men däremot är det lämpligt att ta en kontakt med den lokala miljö-

hälsoskyddsnämnden. Nämnden kan utöva tillsyn över verksamheten och då fokusera t.ex. på hur man tar hand om dräneringsvatten från växthuset på ett godtagbart sätt.

Driften av växthuset kan kräva tillstånd och utbildning för att hantera bekämpningsmedel. De bekämpningsmedel som används måste också vara godkända. Kemikalieinspektionen reglerar dessa frågor. Det finns också krav att varningsskylt ska sättas upp utanför den anläggning där kemiska bekämpning har genomförts samt villkor för tillträde till lokalen.

De grönsaker som odlas ska märkas enligt de så kallade ”Handelsnormer för grönsaker i växthus”. Mer information om detta kan fås av Jordbruksverket.

Vid ekologisk odling finns regler inom ramen för KRAV:s arbete. Detta är inte en lag men en viktig aspekt om odlingen ska bli ekologisk.

Då man är primärproducent krävs att man är registrerad hos Länsstyrelsen.

Mer information om lagstiftning för just odlingssektorn kan man hitta på www.miljohusesyn.se som i första hand riktar sig mot lantbrukare men där vissa delar berör växthus.

13.3 Övrigt

Utöver det som nämnts ovan finns Arbetsmiljöverkets föreskrifter samt skattelagstiftningen som gäller alla typer av verksamheter.

Om det blir aktuellt att etablera en biogasanläggning i anslutning till växthuset gäller i stort de regler som anges för gjuterier ovan. Dessutom tillkommer tillstånd för hantering av brandfarliga och explosiva gaser. Ett sådant tillstånd söks hos kommunen.

Vanligen är en växthusodlare med i en producentorganisation för försäljning av produkterna och då sköts transporter via organisationen med vad det kan innebära av tillstånd osv.

En anläggning för förbränning med en total installerad tillförd effekt av mer än 500 kW av annat bränsle är enbart eldningsolja eller bränslegas (t.ex. flis, halm) kräver anmälan till den kommunala miljönämnden.

Även beredning eller konservering av frukt, bär, rotfrukter eller grönsaker på mer än 2 000 ton råvara per år kräver anmälan till miljönämnden.

Transport av eget farligt avfall t.ex. bekämpningsmedelsrester kan kräva anmälan eller tillstånd från Länsstyrelsen.

14 Enkätundersökning

För att utreda tillgången på spillvärme i gjuteri- och stålindustrin samt för att utreda intresset för ett spillvärmeutbyte genomfördes en enkätundersökning. Enkätundersökningen inkluderade även en fråga med anknytning till ledig mark i närheten av spillvärmekällan. Totalt gick enkäten ut till 79 gjuterier och 18 stålindustrier. En svarsfrekvens på 31 procent erhöles. Enkätens utformning kan ses i Bilaga 1.

Enkätresultaten visar att det finns ett relativt stort intresse från industrin att leverera sitt överskott av spillvärme till ett växthus. Av de svarande gjuteriindustrierna var 56 % intresserade av att leverera värme till ett växthus. De som svarade nekande på frågan angående intresset antas till stor del bero av att de inte anser sig ha någon tillgänglig spillvärme för ändamålet. Från stålindustriernas sida är samtliga svarande intresserade av att leverera spillvärme till växthus.

När det gäller tillgänglig mark anser sig 45 % av de svarande industrierna ha tillgänglig mark i närheten för byggnation av ett växthus. Således kan bristen på tillgänglig mark nära spillvärmekällan ses som ett potentiellt större hinder än bristen på intresse från industriernas sida.

Samtliga svarande stålindustrier och 44 % av de svarande gjuteriindustrierna anser sig ha tillgänglig spillvärme för leverans till växthus. Stålindustrierna har tillgänglig spillvärme i samtliga av de angivna temperaturintervallen: 30-40 °C, 40-50 °C, 50-60 °C, >60 °C. Gjuteriindustrierna har främst tillgänglig spillvärme i temperaturintervallet 40-50 °C men också 30-40 °C, ett fåtal gjuteriindustrier har tillgänglig spillvärme i temperaturer >60 °C. Således kan det konstateras att en större potential finns inom stålindustrin men med möjlighet att tillvarata även de lägre temperaturerna (30-40 °C) finns det även stor potential även inom gjuteriindustrin. Flertalet gjuteriindustrier nämner dock att spillvärmens inte finns tillgänglig kontinuerligt varför detta är något som måste lösas för att möjliggöra leverans till ett växthus.

15 Hinder, drivkrafter och framgångsfaktorer

Inom ramen för projektet har en intervjustudie genomförts med ett antal växthusodlare och gjuteriindustrier över landet syfte att utreda bland annat vilka hinder, drivkrafter och framgångsfaktorer som finns förknippat med ett samarbete i form av ett spillvärmeutbyte. Resultatet från intervjustudien presenteras i detta kapitel. Intervjuguiderna som användes vid intervjuerna kan ses i Bilaga 2 respektive 3.

15.1 Hinder

I Tabell 3 ges en sammanställning av de största hindren för att inleda ett spillvärmeutbyte mellan ett växthus och ett gjuteri.

Tabell 3. Sammanställning av de huvudsakliga hindren för att inleda ett spillvärmeutbyte, vilka identifierats genom intervjustudien. I tabellen ses även vilka hinder som är betydande för respektive aktör som ingår i spillvärmeutbytet.

Kategori	Hinder	Växthus	Gjuteri
<i>Personliga hinder</i>	Motstånd till att flytta verksamheten	X	
	Andra prioriteringar		X
	Brist på tilltro för konceptet		X
<i>Företagsinterna hinder</i>	Korta återbetalningstider prioriteras	X	X
	Svårt att erhålla lån från banken	X	
	Små möjligheter att ackumulera eget kapital	X	
	Värmeleverans är ej kärnverksamhet		X

	Motvilja att utlova viss värmeleverans		
<i>Hinder för samverkan</i>	Osäkerhet kring prissättning		X
	Osäkerhet kring kostnadsfördelning		X
	Osäkerhet kring lönsamheten		X
	Kunskapsbrist angående tillgänglig mängd spillvärme		X
	Brist på kontinuerliga spillvärmeflöden	X	X

Exempel på personliga hinder som uppmärksammas under intervjustudien är att det finns ett visst motstånd inom växthusnäringen till att flytta sin verksamhet om flytten innebär att verksamheten hamnar långt från odlarens bostad. Detta på grund av att ett växthus kräver ständig tillsyn och ett pendlingsavstånd skulle därmed öka arbetsbelastningen. Ett annat hinder är att gjuteriindustrierna i dagsläget prioriterar att utnyttja spillvärmerna internt vilket medför att leverans av spillvärme till extern aktör ligger på framtiden. Dessutom finns det dåliga exempel på likande projekt där gjuterier varit involverade i spillvärmeutbyten vilket medför att det delvis finns en bristande tilltro för konceptet.

När det gäller företagsinterna hinder är korta återbetalningstider på investeringar något som prioriteras inom båda branscherna. För tomatodlarna beror detta främst på den osäkra marknaden som råder för tomater i dagsläget medan det för gjuteriindustrierna främst handlar om ägarfrågan. Exempelvis ställs det krav på korta återbetalningstider då riskkapitalister är ägare. Vidare medför den osäkra marknaden för svenskodlade tomater att växthusodlarna har svårt att erhålla lån från banken för att göra investeringar, åtminstone i de delar av landet där näringen inte är utbredd, och små vinstmarginaler gör det svårt att ackumulera eget kapital.

Ytterligare företagsinterna hinder utgörs av att det inte hör till gjuteriernas kärnverksamhet att agera värmeleverantör och att industrierna ser det som ett problem att utlova leverans av en viss mängd värme till växthuset. Produktionen kan inte anpassas efter växthusets värmebehov och industrin vill inte behöva oroa sig för att eventuellt behöva kompensera växthuset för de perioder spillvärme inte produceras, exempelvis vid driftstopp eller semester. Detta leder vidare in på hinder för samverkan i form av att det finns en osäkerhet inom industrin kring hur prissättningen för värmen ska se ut, hur kostnaderna ska fördelas samt hurvida spillvärmeutbytet skulle vara lönsamt. Ytterligare ett problem i sammanhanget är att det råder kunskapsbrist hos gjuteriindustrin angående vilka mängder spillvärme som produceras. Dock är det kanske största hindret i sammanhanget, som oroar såväl växthusodlarna som gjuterierna, den bristande tillgången på kontinuerliga spillvärmeflöden.

Förutom de hinder som presenterats ovan, vilka direkt kan kopplas till samverkan kring spillvärmeutbytet, finns det även en rad andra hinder som indirekt påverkar möjligheterna att utveckla utbytet. Bland annat finns det i dagsläget en ojämn fördelning av vinstmarginal mellan odlare och handeln. Odlarnas låga vinstmarginal medför att få vill satsa på tomatodling. Detta leder till att nya växthus för tomatodling inte byggs i någon större utsträckning vilket indirekt påverkar potentialen för att realisera konceptet. Gjuterierna uttrycker även en viss oro kring vad konsumenterna ska tycka om tomater odlade i närheten av en industri som historiskt ansetts vara smutsig. I teorin ska utsläppen från gjuterierna

dock inte utgöra någon fara för odlingen eftersom gjuterierna numera är utrustade med bra reningsutrustning.

15.2 Drivkrafter

I Tabell 4 ges en sammanställning av de viktigaste drivkrafterna för att inleda ett spillvärmeutbyte mellan ett växthus och ett gjuteri.

Tabell 4. Sammanställning av de viktigaste drivkrafterna för att inleda ett spillvärmeutbyte som identifierats genom intervjustudien. I tabellen ses även vilka drivkrafter som är betydande för respektive aktör som ingår i spillvärmeutbytet.

Kategori	Drivkraft	Växthus	Gjuteri
Ekonomiskt	Kostnadsbesparingar i form av lägre kostnad för värme	X	
	Ökade intäkter genom försäljning av värme		X
	I dagsläget höga energikostnader och ökade energipriser	X	X
	Stärkt konkurrenskraft	X	
	Minskad arbetsbörda jämfört med flispanna	X	
Miljömässigt	Minska verksamhetens miljöpåverkan	X	X
	Spillvärmeutbytet kan användas i marknadsföringssyfte	X	X
Lagkrav	Oro för kommande lagkrav angående hantering av spillvärme		X
Socialt	Skapandet av arbetstillfällen genom växthusnäringen	X	X
	Levande landsbygd		X
	Skatteintäkter genom inhemsk produktion	X	

De ekonomiska drivkrafterna för att inleda ett samarbete kring ett spillvärmeutbyte är möjligheten till kostnadsbesparingar för odlaren och ökade intäkter för industrin. Vidare är höga energikostnader och ökande energipriser en drivkraft för att arbeta med energifrågan såväl inom industrin som inom växthusnäringen. Avskaffandet av subventionen för olja som träder i kraft år 2015 har drivit såväl växthusodlarna som gjuteriindustrin att minska sitt oljeberoende. Ett sätt att minska sitt oljeberoende anser gjuteriindustrierna vara att tillvarata spillvärmens internt vilket har medfört att intresset för spillvärmefrågan har ökat.

Kopplat till den ekonomiska frågan är även möjligheten för odlarna att stärka sin konkurrenskraft. Genom tillgång till billig energi ser växthusodlarna en möjlighet att kunna konkurrera på liknande premisser som de länder som idag har en stor del av marknadsandelarna för tomater. Ett uppvärmningssystem med spillvärme innebär även en minskad arbetsbörda jämfört med exempelvis en flispanna som kräver inköp och lagring av flis, kontinuerlig skötsel och förbränning i pannan etc.

Ytterligare en drivkraft för att samverka kring ett spillvärmeutbyte är den minskade miljöpåverkan som utbytet medför. De miljömässiga vinsterna av ett spillvärmeutbyte anser sig såväl växthusodlarna som gjuteriindustrin kunna använda i sin marknadsföring. För växthusodlarna handlar det om marknadsföring av tomaterna genom att de producerats med hjälp av värme från en energikälla med nollutsläpp. Gjuterierna anser att ett spillvärmeutbyte kan stärka deras

miljöprofil, antingen gentemot kunderna eller mot lokalsamhället eller bådadera. När det gäller drivkrafter i form av lagkrav kan konstateras att det finns en viss oro att det i framtiden kommer att komma lagkrav som förbjuder industrierna att släppa ut spillvärme till recipient.

Till sist har såväl odlarna som representanterna för gjuteriindustrierna betonat vikten av de arbetstillfällena som skapas genom växthusnäringen, inte minst på landsbygden där växthusnäringen bidrar till skapandet av en levande landsbygd. Dessutom medför en inhemsk produktion skatteintäkter vilka förloras om Sverige skulle gå över till att enbart importera tomater.

15.3 Framgångsfaktorer

I Tabell 5 presenteras de framgångsfaktorer som identifierats genom intervjustudien och som kan antas gälla specifikt för samverkan i form av ett spillvärmeutbyte mellan ett gjuteri och ett växthus.

Tabell 5. Sammanställning av de framgångsfaktorer som identifierats för samverkan i form av ett spillvärmeutbyte mellan ett gjuteri och ett växthus

Symbiotiska företagsrelationer	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aktörerna ser ett större mervärde i samverkan än det rent ekonomiska ❖ Goda personliga relationer mellan aktörerna ❖ Transparens, öppenhet och tillit mellan de båda aktörerna ❖ Gemensam målsättning
Tillfört ekonomiskt värde	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Båda parter tjänar något på samverkan ❖ Drivkraft finns i form av möjligheten att minska sina kostnader eller öka sina intäkter ❖ Uppvärmning med spillvärme medför minskade produktionskostnader för tomatodlaren
Medvetenhet och informations-spridning	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Jämnare vinstfördelning mellan partihandeln och odlare ❖ Tillgång till information om tillgänglig mängd spillvärme
Lagstiftning	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Indrag av oljesubvention har ökat intresset och incitamenten för tillvaratagande av spillvärme ❖ Oro för framtida regleringar angående värmeförorening ❖ Ökade energipriser
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Spillvärmeutbytet är en del av den företagsinterna strategin
Tekniska faktorer	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Växthuset anpassas efter gjuteriets möjlighet att leverera värme ❖ Matchande produktionsuppehåll ❖ Leveranssäkerhet

Avgörande för ett framgångsrikt samarbete mellan två privata aktörer är relationen företagen emellan. Personkemin måste stämma och de båda parterna måste ha förtroende för varandra. Det bör finnas en ömsesidig vilja att båda parter ska lyckas och en gemensam målsättning för samarbetet ger goda förutsättningar för ett framgångsrikt samarbete.

Vidare är givetvis en förutsättning att båda parter upplever att de tjänar på att samverka. I ekonomiska termer innebär det möjligheten att minska sina kostnader

eller öka sina intäkter. Den hårda konkurrens som tomatodlarna utsätts för från andra länder gör att möjlighet till uppvärmning via spillvärme kan vara det som får branschen att bli konkurrenskraftig. Detta i kombination med en jämnare vinstfördelning mellan odlare och handeln. Ett förslag som uppkom under intervjustudien var att handeln skulle frånga att räkna sin vinstmarginal i procent till att istället beräkna marginalen i absoluta tal. Detta skulle innebära att prispåslaget på svenskodlade tomater skulle kunna minska och bli av samma storlek som prispåslaget på de importerade tomaterna. Detta skulle medföra utrymme för lägre butikspriser och en ökad ersättning till odlarna. Förutsättningen är då att handeln är villig att minska sin vinstandel och att de därmed värdesätter annat än direkt ekonomiska aspekter.

Från industrins sida är det en avgörande faktor att känna till mängden tillgänglig spillvärme över året. Information om mängden tillgänglig spillvärme minskar osäkerheterna förknippat med förbindelse att leverera en viss mängd värme till växthuset.

Lagstiftning till fördel för den här typen av samarbeten kan också vara en framgångsfaktor för att realisera ett utbyte. I det här fallet har indraget av subventionen av olja som träder i kraft år 2015 medfört ett ökat intresse för tillvaratagande av spillvärme. Vidare finns det även en viss oro ute i industrin angående framtida regleringar angående att släppa ut varmt vatten i recipient. Ytterligare medför ökade energipriser ett intresse för odlarna att använda spillvärme som energikälla för uppvärmning.

Organisatoriskt har det visat sig fördelaktigt om spillvärmeutbytet är en del av den företagsinterna strategin. För en tillverkande industri innebär det således att även spillvärmeutbytet ses som en del av kärnverksamheten.

En förutsättning för att realisera spillvärmeutbytet är att gjuteriindustrin har tillgång till tillräcklig mängd värme för att kunna tillgodose växthusets värmebehov. Av denna anledning är en framgångsfaktor för konceptet att växthusets storlek anpassas efter tillgången på värmen. Ytterligare en framgångsfaktor som identifierats är att industrins julleddighet infaller under den period då odlingssäsongen är över varför bortfallet av värmeproduktion under denna period inte utgör ett problem. Vidare är även, som tidigare nämnts, leveranssäkerheten på värmen en förutsättning för att spillvärmeutbytet ska kunna realiserars. De växthus som idag förses med spillvärme från en industri, och som inkluderats i intervjustudien, får sin värme via ett lokalt energibolag. Det innebär att industrin skickar ut sin värme till det lokala fjärrvärmenätet vilket växthuset är del av. Detta innebär att det i dessa fall inte funnits några frågetecken kring leveranssäkerheten på värmen. Att koppla ett växthus direkt till ett spillvärmeflöde från en industri medför således nya utmaningar.

16 Spillvärmeavtal

För att realisera ett utbyte av restflöden genom en direktkoppling mellan två privata aktörer har det via intervjustudie och litteraturstudie visat sig att avtalet för utbytet är av avgörande betydelse för att lyckas. I detta kapitel presenteras viktiga erfarenheter gällande utformningen av spillvärmeavtalet och ett konkret förslag på en avtalsmodell för spillvärmeutbytet ges. Fokus ligger på de punkter i avtalet som

genom intervjustudien visat sig vara kritiska för att skapa ett framgångsrikt samarbete: avtalstid, investeringar, leveranser samt avgifter och betalning.

16.1 Erfarenheter från tidigare studier

Svenska fjärrvärmeföreningen [66] har utarbetat ett förslag på hur ett spillvärmeavtal, för leverans av spillvärme från en industri till ett fjärrvärmenät, kan utformas. De punkter som bör inkluderas i avtalet enligt deras förslag är:

- Parter
- Bakgrund
- Syfte
- Anläggningar
- Investeringar
- Leveranspunkt
- Leveranser
- Kvalitet
- Insyn & sekretess
- Avbrott
- Ägarbyte
- Nedläggning
- Mätning
- Avgifter & betalning
- Drift, skötsel & underhåll
- Befrielsegrunder
- Omförhandling
- Överlåtelse
- Tvist
- Skadestånd & hävning
- Avtalstid
- Försäkring

I Tabell 6 presenteras en sammanställning över viktiga lärdomar och möjliga utformningar för fyra av de ovanstående punkterna baserat på [65], [67] och [30]. De punkter som inkluderats i sammanställningen är de punkter som i inledningen av detta kapitel anges vara av särskilt stor vikt vid utarbetning av ett spillvärmeavtal mellan en gjuteriindustri och en växthusodling.

Tabell 6. Sammanställning över viktiga lärdomar från utformningar av spillvärmeavtal.

Avtalspunkt	Tips och förslag på utformningar
<i>Avtalstid</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Stabila och långsiktiga spillvärmeavtal är av vikt ❖ Bindningstiden måste minst vara lika lång som återbetalningstiden för investeringen ❖ När investeringen är återbetald kan avtalet förlängas i kortare tidsintervall, ofta 2 till 5 år
<i>Investeringar</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Investeringen delas av båda parter, vilket även innebär att den ekonomiska risken delas, alternativt tar en aktör hela investeringen ❖ Vinsterna delas baserat på respektive aktörs andel av investeringen ❖ Reglering av hur tillkommande investeringar fördelas mellan de bägge parterna
<i>Leveranser</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Specificering av leveransskyldighet är avgörande för att undvika konflikter under avtalstiden <ul style="list-style-type: none"> - Kan specificeras i form av effekt, energimängd och temperatur - Specificeras ofta i form av ett riktvärde på levererad energimängd per år och den ungefärliga effekten vid vilken leveransen bör ske ❖ Vid avvikelser från överenskommen leverans kan någon form av påföljdssystem tillämpas <ul style="list-style-type: none"> - Lägre avgift för mottagen värme - Ersättning för utebliven inkomst
<i>Avgifter och betalning</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bägge parter måste tjäna på samarbetet ❖ Ekonomi bör inte diskuteras i samarbetets tidiga fas ❖ Alt. 1: En fast årsavgift som ska täcka leverantörens merkostnader och en rörlig kostnad (RK) per levererad kWh <ul style="list-style-type: none"> - RK baserat på alternativkostnad för mottagaren som antingen är fast över året eller varierar över året med bränslepriser - RK baserat på naturgas- eller oljepris ❖ Alt. 2: Spillvärmepris mellan industrins kostnad att leverera och priset på

	<p>det alternativa bränslet hos mottagaren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industrins kostnad baseras ofta på diskonteringsräntan för den del av investeringen som de tagit ❖ Alt. 3: En fast ersättning över året ❖ Alt. 4: Ingen avgift för spillvärmen vilket förutsätter ett ömsesidigt beroende av värmeväxlingen
--	--

Förutom de punkter som berörts i Tabell 6 lyfter Fors [67] upp att en framgångsfaktor för upprättande av ett spillvärmeavtal är att anlita en extern oberoende part i frågan. Detta kan exempelvis vara fördelaktigt då Svenska fjärrvärmeföreningen [65] anser att vissa punkter i avtalet har en tendens att skapa meningsskiljaktigheter parterna emellan. Detta gäller exempelvis punkter som berör syftet med utbytet, hur omförhandlingar ska ske samt hur eventuella framtida tvister ska lösas. Vidare lyfter Grönkvist och Sandberg [30] upp risken att någon av parterna måste lägga ner verksamheten innan avtalet löper ut, som en ytterligare viktig faktor som bör regleras i avtalet.

16.2 Erfarenheter kring spillvärmeavtal från intervjustudien

Intervjustudien inkluderade, förutom frågor kring hinder, drivkrafter och framgångsfaktorer, även frågor kring viktiga aspekter kopplat till spillvärmeavtalet. I detta avsnitt presenteras resultatet av intervjustudien med avseende på utformningen av ett spillvärmeavtal mellan ett växthus och en industri.

16.2.1 Avtalstid

När det gäller bindningstiden på avtalet var näst intill samtliga växthusodlare och gjuteriindustrier eniga om att bindningstiden minst måste motsvara den tid det tar att få återbetalning på investeringen. Växthusodlarna betonar dock särskilt vikten av att det krävs ett långsiktigt avtal, helst på minst 10 år, för att det ska vara rimligt att gå in i ett spillvärmeutbyte. Detta beror dels på att återbetalningstiden för investeringen blir lång samt att det tar tid att starta igång en ny verksamhet. Både växthusodlare och gjuterier eftersträvar möjlighet att planera sin verksamhet framåt i tiden varför en längre avtalstid är eftersträvansvärt. Växthusodlare efterfrågar exempelvis planer som sträcker sig minst 5 år framåt i tiden.

Något motsägelsefullt i detta är det faktum att såväl växthusodlare som gjuteriindustrier efterfrågar en kort återbetalningstid på investeringar samtidigt som båda aktörerna menar att en lång bindningstid är en förutsättning för att kunna ingå i ett avtal om ett spillvärmeutbyte. Detta kan dock antas bero på att återbetalningstiderna som angivits baseras på kraven företagen har på interna investeringar. När det handlar om investeringar som tas gemensamt med en annan aktör och där företagen således även är beroende av varandra är situationen en annan. Det kan därmed anses rimligt att kravet på återbetalningstid omvärderas i situationen då två aktörer ingår i ett gemensamt avtal kring ett spillvärmeutbyte.

16.2.2 Investeringar och leveranser

Det råder delvis delade åsikter bland växthusodlarna kring vem som bör ta investeringen för att realisera spillvärmeutbytet. Det kan onekligen konstateras att merparten av växthusodlarna föredrar att industrin står för hela investeringen som

krävs för att realisera spillvärmeutbytet och således fungerar som en extern värmeleverantör⁷ till växthuset. Detta innebär att industrin står för investeringen i rördragningen mellan växthus och industri samt står för investeringen i värmelager och backup-system. Vem som står för investeringen i eventuella värmeväxlare kan däremot variera eftersom det kan anses vara en del av växthusets värmesystem. Vem som står för investeringen i värmeväxlaren anses dock vara av mindre betydelse. Fördelarna med att industrin fungerar som en extern värmeleverantör är att växthusodlaren får mer tid över för att bedriva sin kärnverksamhet då de inte behöver sköta drift och underhåll av ett alternativt värmesystem som exempelvis en flispanna.

Det finns dock växthusodlare som anser att de hellre skulle vilja ta investeringen själva för att ha större kontroll över värmepriset. Detta grundar sig i en oro att industrin kommer att göra successiva prishöjningar och att det således finns en risk att bli fastlåst i ett värmesystem som inte är ekonomiskt lönsamt gentemot alternativen. När det gäller gjuterierna föredrar de modellen där industrin och växthuset delar på investeringen, och därmed risken, och där vinsten sedan fördelas i proportion till investeringen.

För att växthusodlarna ska ingå i ett spillvärmeutbyte krävs att industrin kan garantera leverans av den mängd värme som växthuset behöver. Annars måste odlaren även investera i ett alternativt uppvärmningssystem vilket medför höga kostnader och minskar odlarens ekonomiska incitament. Vidare lyfter odlarna att tillförlitligheten i spillvärmekällan är av stor vikt och att industrins driftavbrott och semesteruppehåll måste regleras i avtalet. På grund av att gjuteriindustrins spillvärme flöden varierar vill, som tidigare nämnts (se Avsnitt 15.1), industrin inte utlova leverans av en viss mängd värme till växthuset. Här finns således en motsättning mellan de båda aktörerna.

16.2.3 Avgifter och betalning

Priset på spillvärmerna bör bero av investeringskostnaderna samt övriga kostnader förknippat med spillvärmeutbytet. Det finns olika prissättningsmodeller som kommit på förslag under intervjustudien. Växthusodlarna föredrar ett fast pris eftersom det då är enklare att ta fram en lönsamhetskalkyl för spillvärmeutbytet. Ett fast pris innebär mindre osäkerheter kring lönsamheten över tid. Gjuterierna anser dock att det finns en svårighet i att ha ett fast pris om industrin står för backup-systemet eftersom det alternativa bränslet, vilket ofta är olja, utgör en hög kostnad jämfört med spillvärmerna som kan anses vara gratis för industrin.

För att hantera de stora skillnaderna i värmebehov som växthuset har över året finns det förslag från både gjuterier och odlare att dela upp året i delar med olika prissättning för respektive del. Priset är då som högst under vintermånaderna eftersom det är då växthuset kräver som mest energi samtidigt som gjuterierna under dessa månader får som minst spillvärme över efter att de värmt upp sina egna lokaler i kombination med att alternativa energipriser är som högst under denna period. På sommaren bör spillvärmerna vara gratis på grund av att gjuterierna då vill bli av med värmen.

⁷ Med industrin som extern värmeleverantör menas här att industrin står för leverans av växthusets totala värmebehov och därmed har en liknande funktion för odlaren som ett energibolag.

En prissättningsmodell som samtliga växthusodlare hade föredragit är att spillvärmepriset ändras från år till år baserat på tomatpriset. Gjuterierna menar dock att denna prissättningsmodell enbart är rimlig om det kan säkerställas att deras omkostnader täcks vid en sådan modell. I de fall gjuterierna behöver gå in med backup-system för att leverera värme till växthusen vill de ha möjlighet att prissätta värmen efter priset på det alternativa bränslet.

16.3 Förslag på avtalsmodell

Som nämndes i inledningen till kapitlet har intervjustudien visat att det är vissa parametrar i avtalet som är kritiska med tanke på möjligheterna att realisera ett spillvärmeutbyte mellan de involverade aktörerna; avtalstid, investeringar, leveranser samt avgifter och betalning. I syfte att försöka överbrygga de identifierade hindren kopplade till dessa parametrar ges i detta avsnitt ett förslag på en avtalsmodell beträffande de kritiska parametrarna.

16.3.1 Avtalstid

Då både växthusodlarna och gjuteriindustrierna är eniga om att en lång bindningstid på avtalet krävs för att det ska vara möjligt att ingå i samverkan kring ett spillvärmeutbyte föreslås att bindningstiden för avtalet är minst 10 år. Avtalet bör sedan förlängas i perioder om minst 5 år för att ge såväl växthusodlare som gjuteriindustri fortsatt möjlighet till långsiktigt planering av sin verksamhet.

16.3.2 Investeringar och leveranser

När det gäller hur investeringskostnaden för utbytet bör fördelas mellan de bägge parterna föreslås att industrin, i det här fallet gjuteriet, agerar värmeleverantör till växthuset. Detta innebär att gjuteriindustrin står för investeringen i rördragningen mellan gjuteriet och växthuset, backup-systemet samt värmelager som förslagsvis dimensioneras för att klara gjuteriets produktionsuppehåll. Växthusodlaren står därmed för investering i eventuella värmeväxlare och värmedistributionssystem inne i växthuset. På så sätt delas den ekonomiska risken mellan de bägge aktörerna. Förslaget grundar sig i att växthusodlaren måste kunna bli garanterad en viss mängd värme för att de ska ha en möjlighet att bedriva sin verksamhet. Av denna anledning anses det vara av vikt att gjuteriindustrin står för alla de delar av uppvärmningssystemet som krävs för att kunna generera den mängd värme som behövs eftersom spillvärmen inte finns tillgänglig kontinuerligt. Med denna modell ligger det även i industrins intresse att använda backup-systemet så lite som möjligt, och kan därmed till viss del planera sin verksamhet efter det, till exempel genom att lägga in planerade driftstopp på lämpliga tider. Om växthusodlaren ansvarade för backup-systemet skulle industrins incitament för sådan planering inte vara lika höga. Med denna modell blir det också tydligt vem som ansvarar för drift och underhåll för respektive del av värmesystemet.

Uppdelningen är dock inte helt problemfri. Förslaget går bland annat emot industrins krav på korta återbetalningstider eftersom investeringskostnaden för rördragning, backup-system och värmelager är omfattande. Kravet på leveranssäkerhet anses dock vara ett mer betydande hinder för att möjliggöra spillvärmeutbytet, på grund av att växthuset måste kunna garanteras en viss mängd värme för att de ska ha möjlighet att bedriva sin verksamhet. Av denna anledning ansågs förslaget med industrin som värmeleverantör till växthuset vara den, efter omständigheterna, bästa lösningen.

Ett annat problem med förslaget ovan är att gjuteriindustrin, som tidigare nämnts, ställer sig tveksamma till att förbinda sig till att leverera en viss mängd värme på grund av att de i dagsläget inte vet hur mycket värme deras verksamhet genererar. Därmed vet de inte heller hur stor del av tiden en alternativ värmekälla skulle behöva användas, vilket givetvis påverkar kostnaderna för värmeleveransen. En förutsättning för att kunna utforma ett avtal för utbytet är därför att gjuteriets tillgängliga spillvärmemängd kartläggs över året. När detta är gjort föreslås att växthuset dimensioneras efter tillgången till spillvärme. Växthuset kan då dimensioneras i underkant för att öka möjligheterna för gjuteriet att leverera den mängd värme växthuset behöver under odlingsäsongen.

För att hantera den osäkerhet i spillvärmeleveransen som oplanerade driftstopp bidrar till föreslås att tiden som produktionen står still till följd av oplanerade driftstopp prognostiseras över ett år. Under denna tid tillgodoses växthuset värmeförsörjning av backup-systemet. Den alternativa kostnaden för det bränsle som används i backup-systemet kan därmed tas med i beräkningarna när spillvärmepriset ska sättas (se Avsnitt 16.3.3).

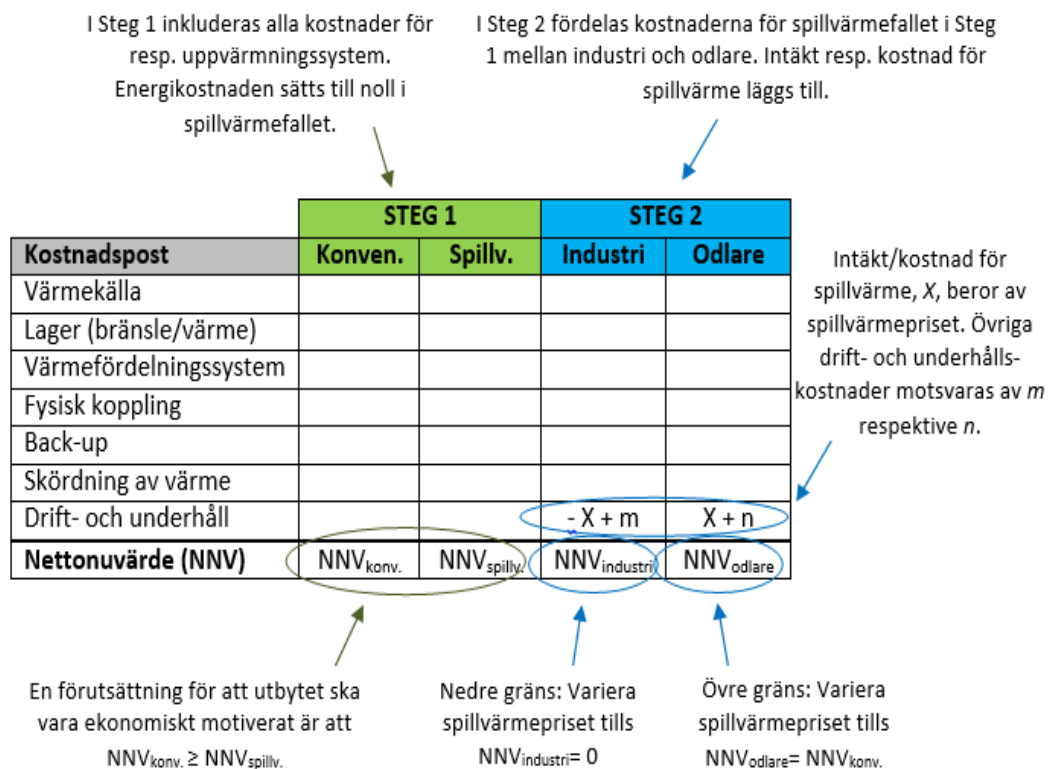
16.3.3 Avgifter och betalning

En förutsättning för att ett spillvärmeutbyte ska bli av är att båda parter tjänar på utbytet. För att det ska vara ekonomiskt motiverat för en odlare att välja spillvärme som uppvärmningskälla krävs att alternativet inte är dyrare än konventionell uppvärmning. Ett livscykelperspektiv avseende en jämförelse mellan de båda uppvärmningsalternativen bör antas. För att det ska vara motiverat för industrin att agera spillvärmeleverantör krävs att det pris industrin erhåller för värmen som lägst täcker deras kostnader förknippade med utbytet under avtalad återbetalningstid. Odlarnas krav medför en övre gräns för spillvärmepriset och industrins krav en nedre gräns.

Prissättningen kan delas upp i flera steg. Det första steget innebär att kontrollera att det finns potential att spillvärmeutbytet utgör ett billigare uppvärmningsalternativ än konventionell uppvärmning (se Figur 7). Potentialen kan kontrolleras genom en livscykelkostnads kalkyl där offerter med kostnadsuppgifter för ett spillvärmesystem respektive ett konventionellt uppvärmningssystem begärs. De kostnadsposter som bör inkluderas är investerings- och installationskostnad för värmekälla, lager, värmefördelningssystem och fysisk koppling, bränslekostnader samt drift- och underhållskostnader. Även backup-system, om det skiljer sig åt mellan fallen, och eventuella kostnader för skördning av spillvärme bör inkluderas.

Om spillvärmesystemet ger ett lägre nettonuvärde (NNV) över livscykeln blir nästa steg att beräkna gränserna för spillvärmepriset (se Figur 7). Gränserna kan beräknas genom att göra en livscykelkostnads kalkyl för respektive aktör. Kostnaderna för investering, drift och underhåll fördelas mellan aktörerna. Spillvärmen utgör en driftskostnad för odlaren och en intäkt för industrin. I driftskostnaderna för industrin inkluderas kostnaden för det alternativa bränsle som används under den tid produktionen står still till följd av oplanerade driftstopp (se Avsnitt 16.3.2). När alla kostnadsposter fastställts erhålls den nedre gränsen på spillvärmepriset genom att variera priset tills NNV för industrin blir noll. För att erhålla den övre gränsen på spillvärmepriset varieras priset tills NNV

för odlaren blir lika med NNV för det konventionella uppvärmningssystemet.⁸



Figur 7. Schematisk bild över hur de två första stegen i prissättningen kan gå till.

Steg tre utgörs av en förhandling mellan parterna för att bestämma vilket spillvärmepris, inom de beräknade gränserna, som är lämplig. Det sista steget är att bestämma hur priset ska variera med tiden. För att få en jämnare kostnad för odlarna föreslås ett fast pris över året, så att priset på värmen inte är som dyrast då odlaren behöver som mest energi. Priset kan sedan justeras årligen baserat på växthusets alternativa bränslekostnad, exempelvis flispriset. Att justera priset baserat på prisförändringen på det alternativa bränslet anses rimligt på grund av att den beräknade övre gränsen för spillvärmepriset baseras på livscykelkostnaden för det alternativa uppvärmningssystemet.

Beroende av hur förutsättningarna ser ut för det enskilda fall som ska bedömas kan prissättningsmodellen behöva kompletteras med ytterligare kostnadsposter. I de fall en växthusodlare står och väger mellan alternativet att placera sin verksamhet i närheten av en spillvärmekälla eller att placera sin verksamhet någon annanstans och använda ett alternativt uppvärmningssystem kan kostnader relaterat till exempelvis markberedning komma att skilja sig åt mellan de olika lokaliseringarna. I detta fall bör även denna kostnadspost inkluderas i modellen för att avgöra vilket alternativ som har störst ekonomisk potential över en livscykel.

⁸ Variationerna av spillvärmepriset kan göras med funktionen *Målsök* i Microsoft Excel.

17 Diskussion

Det har genom studien konstaterats att det finns potential förknippad med spillvärmeutbytet, inte minst i form av omfattande klimatvinster jämfört med importerade tomater men även jämfört med konventionellt svenskodlade tomater samt i form av tillgänglig industriell spillvärme i landet. Likaså har ett relativt stort intresse från industrin och ett flertal möjliga lösningar för lokal distribution identifierats. I dagsläget begränsas dock potentialen av att teknik för tillvaratagande av låggradig spillvärme för uppvärmning av växthus inte är färdigutvecklad för svenska förhållanden. Mer forskning inom området krävs därför. Vid framtagning av nya tekniska lösningar bör även den ekonomiska potentialen beaktas. Att utnyttja spillvärme som värmekälla i växthus bör inte vara dyrare än de konventionella uppvärmningssätten. Möjligheterna att minska odlarnas uppvärmningskostnader kan även stärkas genom att öka industrins incitament för att leverera spillvärme. Incitamenten kan exempelvis vara i form av styrmedel som hindrar industrin att släppa ut spillvärme i den yttre miljön respektive gör det dyrt att släppa ut värmen alternativt förmånligt att tillvarata den.

För att realisera konceptet krävs, förutom nya tekniska lösningar, att de mest betydande hindren som identifierats i studien överbyggs. Studien har visat på flertalet hinder för aktörssamverkan i form av ett spillvärmeutbyte. De mest betydande hindren för aktörssamverkan kan anses vara brist på kontinuerliga spillvärmeflöden, brist på kunskap angående tillgänglig mängd spillvärme i industrin samt stor osäkerhet kring hur ett avtal ska utformas för att vara fördelaktigt för såväl industri som växthus. Det förslag på avtal som tagits fram i denna studie, se Avsnitt 16.3, kan fungera som ett diskussionsunderlag vid förhandlingar och minska hindret avseende osäkerheter kring avtalets utformning. Hindret avseende bristande kunskap om tillgänglig mängd spillvärme antas även minska framöver, bland annat på grund av de väntade lagkraven på energikartläggningar för stora företag i Sverige.

De identifierade hindren för aktörssamverkan grundar sig på fallet med gjuteriindustrin som spillvärmeleverantör. Om en annan typ av industri varit föremål för studien hade rimligen färre hinder identifierats. Detta på grund av gjuteriindustrins brist på kontinuerliga spillvärmeflöden samt brist på kunskap angående tillgänglig mängd spillvärme. Exempelvis indikerar resultatet från enkätundersökningen att denna kunskap är större inom stålindustrin samtidigt som tillgången till spillvärme är högre. Stålindustrin har ofta även tillgång till spillvärme av temperaturer över 60 °C, vilken skulle kunna fungera som spetslast i de fall den låggradiga värmen inte räcker till, förutsatt att värmen inte används i andra tillämpningar. Brist på kontinuerliga spillvärmeflöden kräver dessutom ytterligare investeringar i teknisk utrustning för att hantera variationerna vilket medför att den ekonomiska potentialen är högre för industrier med kontinuerligt spillvärmeflöde, som exempelvis massa- och pappersindustrin.

I denna studie har fokus varit på samverkan mellan två privata aktörer, vilket även detta till viss del kan anses skapa fler hinder än om alternativa modeller för realisering av spillvärmeutbytet valts. Exempelvis kan flera aktörer agera spillvärmeleverantör till ett och samma växthus. Detta bör öka leveranssäkerheten eftersom aktörer inte lär ha driftsstopp samtidigt och det finns en möjlighet att värmeflödet till växthuset bli mindre fluktuerande. Med denna modell blir det dock svårare att erhålla ett samarbete på grund av att fler aktörer är involverade.

Av denna anledning kan en mellanhand, exempelvis i form av ett gemensamt bolag, bli erforderligt. Ett gemensamt bolag mellan två aktörer är också en möjlig lösning. Delägarna ansvarar då för driften av sina respektive verksamheter men har ett gemensamt vinstintresse. Ytterligare ett alternativ är att växthuset drivs som ett socialt företag. Detta skulle minska kraven på lönsamhet eftersom även andra värden än de ekonomiska vägs in. Ett annat möjligt alternativ som kringgår hindret med såväl varierande värmefflöde som risken för driftstopp samt de ökade kostnaderna kopplat till detta är att ansluta växthusets uppvärmningssystem till fjärrvärmereturen. På så sätt är leveranssäkerheten fastställd samtidigt som en rad fördelar erhålls på grund av att värmeleverans är energibolagens huvudverksamhet vilket medför att de redan har erfarenhet av och kan en sådan typ av affär. För en industri skulle värmeleverans till extern aktör kräva utveckling av ett nytt verksamhetsområde. Inte att förglömma är dock att fjärrvärmenätets returvatten inte kan anses vara spillvärme på grund av att minskad temperatur på returen kräver en ökad insats av primärenergi för att återigen höja upp temperaturen till önskad framledningstemperatur.

Även när den ekonomiska och tekniska potentialen är säkerställd samt ett fördelaktigt förslag på spillvärmeavtal är framtaget kvarstår fortfarande vissa frågetecken för att möjliggöra realisering av konceptet. Detta avser inte minst hur aktörerna ska mötas. I dagsläget befinner sig industrin och växthusnäringen långt ifrån varandra då de är vitt skilda verksamheter med mycket olika förutsättningar. Oddsen för att denna typ av utbyte ska uppkomma spontant anses vara små, åtminstone innan konceptet blivit väl känt. Det krävs således att någon organisation tar på sig ansvaret för att sprida information om möjligheterna kring ett spillvärmeutbyte och agerar samordnande i frågan för att skapa möjlighet för de båda aktörerna att mötas. En sådan organisation kan vara ett konsultbolag, en samverkansplattform som Swedish Surplus Energy Collaboration (se Avsnitt 6.1), en branschorganisation, ett forskningsinstitut eller en blandning av dessa typer av organisationer. En sådan organisation bör arbeta med informations-spridning till de båda berörda branscherna, exempelvis via annonsering i branschtidningar och genom utbildningar.

Vidare skulle det finnas möjlighet för en sådan organisation att söka pengar för att driva ett projekt för identifiering av fördelaktiga platser för initiering av konceptet. Organisationen fungerar också samordnande och förmedlar kontakter mellan industri och växthusnäring samt kontakt till involverade underleverantörer. Dessa underleverantörer kan till exempel vara leverantörer som tillhandahåller tekniken för att realisera konceptet samt företag som erbjuder energikartläggningar. En energikartläggning för identifiering av tillgänglig mängd spillvärme i industrin samt var och på vilket sätt värmen kan samlas in är en förutsättning för att möjliggöra utbytet. Ytterligare krävs goda exempel för att visa på att ett spillvärmeutbyte av denna typ fungerar i former av såväl teknik, odlingsteknik och lönsamhet.

Förutom de faktorer som redan nämnts finns det även ett flertal andra faktorer som är av vikt för att realisera spillvärmeutbytet och skapa en konkurrenskraftig växthusväring i Sverige. Eftersom denna studie främst fokuserat på nybyggnation av växthus måste det finnas odlare som är villiga att utvidga sin verksamhet alternativt de som är villiga att starta helt nya verksamheter. En förutsättning för detta är att odlaren kan erhålla lån, vilket i dagsläget visat sig vara svårt. En annan viktig faktor är tillgången på mark för att bygga ett växthus i närheten av

spillvärmekällan. Viktigt i detta fall är även markförhållandena eftersom dessa påverkar investeringskostnaden för växthuset. Att bygga på plan mark är betydligt billigare än om marken först måste jämnas ut. Ytterligare faktorer som är av vikt är tillgång till lokal marknad och goda distributionsmöjligheter. Även tillgång till billig koldioxid är en viktig framgångsfaktor för att skapa en konkurrenskraftig växthusnäring. För att realisera visionen av det framtida slutna kretsloppet som presenterades i Figur 1 bör även växthuset, om möjligt, placeras i närheten av en biogasanläggning för att möjliggöra utbyte av såväl växtavfall, gödningsmedel som koldioxid.

18 Slutsatser

Denna studie har bidragit med kunskap kring nuläget avseende möjligheterna att realisera utbyten av spillvärme, växtavfall, rötrest och koldioxid mellan industri, växthus och biogasanläggning. I studien presenteras även möjliga lösningar för en lokal livsmedelsproduktion. Studien ger också kunskap om vad som kvarstår att utreda för att realisera konceptets fullständiga potential. Sammantaget kan det konstateras att det finns en rad möjligheter förknippade resurseffektiv tomatproduktion i Sverige genom tillvaratagande av låggradig industriell spillvärme. De främsta möjligheterna är en god miljömässig potential, ett identifierat intresse hos industrin samt odlarnas drivkraft att minska sina uppvärmningskostnader. Likaså finns det även en rad identifierade utmaningar vilka främst är kopplade till hinder för aktörssamverkan, utformning av avtal och brist på tekniska lösningar som är både odlingstekniskt tillfredställande och ekonomiskt försvarbara. Avtalsmodellen om tagits fram i studien har potential att överbygga en del av de hinder som identifierats och kan fungera som ett diskussionsunderlag vid utformning av ett spillvärmeavtal.

Sammanfattningsvis kan sägas att konceptet har potential att generera resurseffektivt producerade livsmedel men fortsatt forskning inom ett flertal områden krävs innan potentialen kan realiseras kommersiellt. Studien bör därför ses som början på utvecklingen av ett kretsloppssamhälle där restflöden från svensk industri ger förutsättning för att skapa en resurseffektiv och konkurrenskraftig livsmedelsproduktion i Sverige.

19 Fortsatt arbete

Studien har visat att det i dagsläget finns en brist i att möjliga tekniska lösningar för att tillvarata låggradig industriell spillvärme för att värma upp växthus inte är utredda för svenskt bruk. Tekniken som används i dagsläget för uppvärmning av växthus i Sverige är inte anpassad för så låga temperaturer som denna studie fokuserat på. Av denna anledning finns ett stort behov av fortsatt forskning som syftar till att ta fram och testa olika tekniska lösningar som är, eller inom en snar framtid har potential att bli, ekonomiskt lönsamma samt fungerar odlingstekniskt tillfredställande. Försöksanläggningar behöver upprättas och goda exempel behöver etableras.

Ytterligare behöver tekniken för att lagra värme utredas för att möjliggöra tillvaratagande av spillvärmeflöden som inte är kontinuerliga. Vilken typ av värmelager som är lämpligt för olika temperaturer på spillvärmerna samt för olika storlekar på växthus behöver utredas. Även teknik för att skörda värmen i

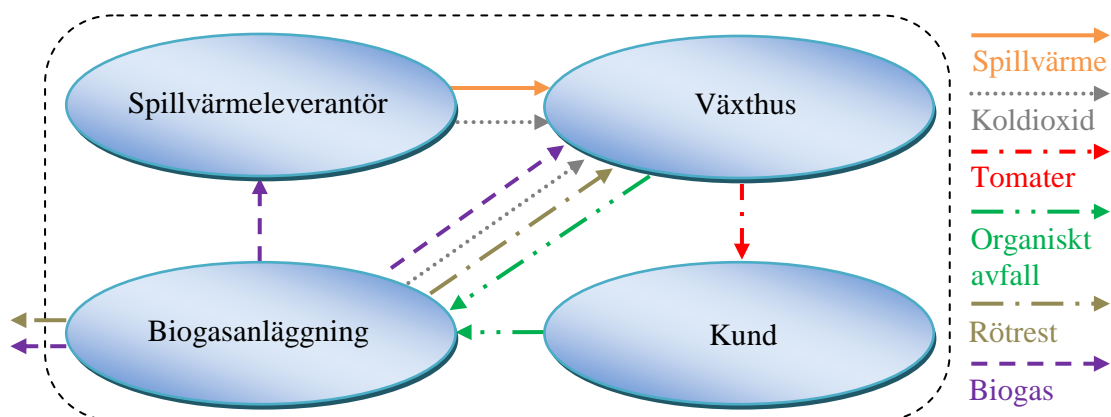
industrin behöver kartläggas för att möjliggöra tillvaratagande av spillvärmeflöden som inte redan finns samlade i form av ventilations- eller kylvattenflöden. För att möjliggöra tillvaratagande av koldioxid från industrin i syfte att använda som koldioxidgödsling i växthuset krävs att även tekniker för att möjliggöra detta utreds.

Resultatet från denna studie tyder på att de branscher där potentialen för realisering av ett spillvärmeutbyte bör vara störst är de som uppfyller vissa kriterier; jämna spillvärmeflöden, produktion även under helger, god kunskap om mängden tillgänglig spillvärme samt kundkrav avseende miljöprestanda. De branscher med kundkrav avseende miljö har större incitament att tillvarata sina resursflöden eftersom utsläppen då kan allokeras på fler produkter. Resultatet behöver dock säkerställas med fler studier och det är även av intresse att kartlägga vilka branscher som uppfyller de önskade kriterierna. Det är också av intresse att identifiera liknande kriterier för övriga utbyten och se vilka branscher som bäst matchar dessa kriterier.

Vidare är spillvärmepotentialen i landet dåligt kartlagd avseende tillgänglig mängd spillvärme av olika temperaturer, vilken form spillvärmerna befinner sig i, hur kontinuerliga värmeflödena är samt från vilka industriella processer spillvärmerna genereras. Av denna anledning krävs energikartläggningar där den tillgängliga spillvärmerna kartläggs för att öka möjligheten att tillvarata låggradig industriell spillvärme. Det finns även ett behov av att identifiera lämpliga platser för kommersialisering av konceptet.

En avgörande faktor för huruvida ett spillvärmeutbyte mellan ett växthus och en industri kommer realiseras är utformningen av spillvärmeavtalet. Vidare utredning krävs därför för att ta fram konkreta förslag på fördelaktiga avtalsmodeller.

I förstudien ligger mycket arbete på förhållandet mellan spillvärmeleverantör och växthus både när det gäller teknik och de ekonomiska relationerna. I en kommande testbädd kommer konceptet att utökas för att kunna studera och demonstrera cirkulära material och ekonomiska flöden i enlighet med nedanstående figur. I testbädden kommer det att finnas möjlighet att testa olika tekniska lösningar för att ta tillvara restenergier samt använda dessa i odlingen. Därtill kommer ekonomiska modeller att kunna utvecklas och testas. Målet med kommande testbädd är att visa hur en symbios av detta slag kan kommersialiseras utifrån de samverkansbehov som finns mellan de olika aktörerna.



20 Referenser

- [1] Europeiska Kommissionen, 2011. Europa 2020-målen. Tillgänglig: <http://ec.europa.eu/europe2020/targets/eu-targets/index_sv.htm> [2014-03-28]
- [2] Regeringens proposition, 2008/09:163. *En sammanhållen klimat- och energipolitik*. Näringsdepartementet, Stockholm.
- [3] Lööv H., Stenberg C., Wretling Clarin A. & Nilsson F., 2011. *Svensk växthusproduktion av tomater – Konkurrenskraft och utvecklingsmöjligheter*. Statens Jordbruksverk, rapport nr 17, (2011). Jönköping.
- [4] Johansson K., 2013. *Marknadsöversikt 2012 – Frukt och grönsaker*. Statens Jordbruksverk, rapport nr 4, (2013). Jönköping.
- [5] Ammenberg J., 2004. *Miljömanagement*. Studentlitteratur, Lund.
- [6] Graedel T.E. & Allenby B.R., 2010. *Industrial ecology and sustainable engineering*. Pearson, Upper Sadle River.
- [7] Erkman S., 1997. Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5 (1-2), 1-10.
- [8] Ehrenfeld J. & Gertler N., 1997. Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1 (1), 67-79.
- [9] Lowe E.A. & Evans L.K., 1995. Industrial ecology and industrial ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, 3 (1-2), 47-53.
- [10] Korhonen, J., 2001. Four ecosystems principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 9 (3), 253-259.
- [11] Chertow M.R., 2000. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337.
- [12] Chertow M. & Ehrenfeld J., 2012. Organizing Self-Organizing Systems: Toward a Theory of Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16 (1), 13-27.
- [13] Triple steelix Industrial Region, u.å. Restvärme en resurs för odling av tomater i Hofors. Tillgänglig: <http://www.triplesteelix.se/restvarme-en-resurs-for-odling-av-tomate__978> [2014-03-26]
- [14] Olsson, P., 2014. Projektledare Clean Production Centre. Via telefon den 25 mars 2014.
- [15] Svensk Fjärrvärme, 2012. Framtidens växthus värms av det som annars skulle gå till spillo. <<http://www.svenskfjarrvarme.se/nyheter/nyhetsarkiv/2012/i-framtidens-vaxthus-anvands-varme-som-annars-skulle-ga-till-spillo/>> [2014-04-01]
- [16] Energikontor Sydost, u.å. Lokalproducerade grönsaker året runt med smart återvinning av värme. Tillgänglig:

- <<http://www.energikontorsydost.se/uppdrag/byggnader/restvarmekronoberg.php>> [2014-03-26]
- [17] SLU, 2012. Överskottsvärme blir mat och nya livsmiljöer. Tillgänglig: <<http://www.slu.se/sv/om-slu/fristaende-sidor/aktuellt/alla-nyheter/2012/12/overskottsvarme-blir-mat-och-nya-livsmiljoer/>> [2014-03-26]
- [18] Sandin H., 2014. Projektledare SSE-C. Via telefon den 17 mars 2014.
- [19] Sundsvalls Tidning, 2011. Spillvärme kan ge fiskodling. Tillgänglig: <<http://st.nu/medelpad/ange/1.3707666-spillvarmen-kan-ge-fiskodling>> [2014-03-26]
- [20] Sundsvalls Tidning, 2012. Fisk- och tomatodling kan bli verklighet. Tillgänglig: <<http://st.nu/medelpad/ange/1.4414703-fisk-och-tomatodling-kan-bli-verklighet>> [2014-03-26]
- [21] Helgeson D., Petry T. & Erlandson G., 1986. An economic analysis of operating a simulated two-acre greenhouse utilizing waste-water heat. *North Central Journal of Agricultural Economics*, 8 (1), 123-134.
- [22] Olszewski M., 1978. Use of waste heat from nuclear power plants.
- [23] Van der horst, 1972. Waste heat use in greenhouses. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 44 (3), 494-496.
- [24] Weseen S., 2001. The Economics of Waste Heat Utilization In Greenhouses. *CSALE Occasional Paper*, (12).
- [25] Andrews R. and Pearce J.M., 2011. Environmental and economic assessment of a greenhouse waste heat exchange. *Journal of Cleaner Production*, 19 (13), 1446-1454.
- [26] Chinese D., Meneghetti A. & Nardin G., 2005. Waste-to-energy based greenhouse heating: Exploring viability conditions through optimisation models. *Renewable Energy*, 30 (10), 1573-1586.
- [27] Leffler R.A., Bradshaw C.R., Groll E.A. & Garimella S.V., 2012. Alternative heat rejection methods for power plants. *Applied Energy*, 92, 17-25.
- [28] Håkansson B. 2014. Forskare vid SLU. Via e-post den 24 juni 2014.
- [29] Uzakov G.N., 2011. Calculation of the Heat Engineering Characteristics of a Combined System of a Vegetable Storage Facility and Solar Greenhouse. *Applied Solar Energy*, 47 (3), 248-251.
- [30] Grönkvist S. & Sandberg P., 2006. Driving forces and obstacles with regard to co-operation between municipal energy companies and process industries in Sweden. *Energy Policy*, 34 (13), 1508-1519.
- [31] SCB, 2014. Befolkningsstatistik. Tillgänglig: <http://www.scb.se/sv/_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/> [2014-03-25].

- [32] Persson J., 2012. *Energianvändning i växthus 2011*. Statens Jordbruksverk, rapport nr 5, (2012). Jönköping.
- [33] Energimyndigheten, 2013. *Energiläget 2013*. Statens energimyndighet, rapport nr 22, (2013). Eskilstuna.
- [34] Nyström I. & Frenck P., 2002. *Förekomst av industriellt spillvärme vid låga temperaturer*. Chalmers Industriteknik (CIT) Industriell Energianalys, Göteborg.
- [35] Cronholm L., Grönkvist S. & Saxe M., 2009. *Spillvärme från industrier och värmeåtervinning från lokaler*. Svensk Fjärrvärme, rapport nr 12, (2009). Stockholm.
- [36] Stenberg C., 2012. *Trädgårdsproduktion 2011*. Statens Jordbruksverk, rapport nr 33, (2012). Jönköping.
- [37] SydGrönt, 2014. Försäljningsavdelningen. Via telefon den 3 mars 2014. Helsingborg.
- [38] Jordbruksverket, 2008. Jordbruksverkets statistikdatabas. Tillgänglig: <<http://statistik.sjv.se/Dialog/statfile2.asp>> [2014-03-25].
- [39] Tjärnemo H., Rydenheim L., Ekelund L. & Larsson G., 2010. *Tomater och Gurkor - branschen och företagen*. SLU, rapport nr 27. Alnarp.
- [40] Möller Nielsen J., 2007/2008. *Växthusteknik*. Statens Jordbruksverk. Jönköping.
- [41] Nilsson U. & Nimmermark S., 2013. *Restvärme för växthusproduktion*. SLU, rapport nr 2, (2013). Alnarp.
- [42] Nimmermark S., 2014. Forskare vid SLU, biosystem och teknologi. Via e-post den 28 mars 2014.
- [43] Sommarin P. & Arvidsson V., 2011. *Värmelagring för energiintensiva SMF med fokus på svensk gjuteriindustri*. Swerea SWECAST, rapport nr 006, (2011). Jönköping.
- [44] Bergstrand K-J. & Schüssler H.K., 2012. *Nya tekniker inom växthusbelysning*. SLU Alnarp, LTJ-fakultetens faktablad nr 26, (2012).
- [45] Schüssler H.K. & Bergstrand K-J., 2011. *Slutrapport "LED-teknikens potential för energibesparing och vid produktion av prydnadsväxter och grönsaker i växthus"*. SLU Alnarp, SLF Dnr H0956011.
- [46] Saeid Mohtavi Heravi, 2014. Energiingenjör Clean Production Centre. Personlig kommunikation den 2 april 2014.
- [47] Danielsson, E. & Torgnyson, E. (2014). Resurseffektiv livsmedelsproduktion - Tillämpning av industriell symbios för ökad resurseffektivitet inom den svenska tomatodlingsbranschen. Masteruppsats, Avdelningen för industriell miljöteknik, Linköpings universitet. Linköping.
- [48] Utsläppsrätt.se, 2013. Beräkning av utsläpp från bilar. Tillgänglig: <http://www.utslappsraatt.se/berakna-utslapp/berakning-av-utslapp-fran-bilar/> [2014-03-26].

- [49] Cederberg C., Flysjö A., Sonesson U., Sund V. & Davis J., 2009. *Greenhouse gas emissions from Swedish consumption of meat, milk and eggs 1990 and 2005*. 794. Institutet för Livsmedel och Bioteknik, rapport nr 794, (2009). Göteborg.
- [50] Torgnyson Klemme B., 2014. Biogas Öst. Via telefon den 20 februari 2014.
- [51] Slycke M., 2014. Svensk biogas. Via telefon den 19 februari 2014.
- [52] SBI, 2014. Örebro Biogas. Tillgänglig: <<http://www.swedishbiogas.com/index.php/sv/referensanlaeggnings/sverige/oerebro>> [2014-02-26]
- [53] Forslund L., 2014. Swedish Biogas International. Via tel. 21 februari 2014.
- [54] Lundgren R., 2014. VMAB. Via telefon den 13 mars 2014.
- [55] Dumitrescu V.A., 2013. Comparative analysis of biogas slurry and urine as sustainable nutrient sources for hydroponic vertical farming. Master Thesis, Department of Thematic Studies, Linköpings universitet.
- [56] Axfood, 2014. Inköp Frukt & Grönt. Via telefon den 11 mars 2014.
- [57] Everfresh, 2014. Inköp. Via telefon den 27 februari 2014.
- [58] ICA, 2014. Inköp. Via telefon den 25 februari 2014.
- [59] EkoMatCentrum, 2012. *Lokal distribution av livsmedel – Goda exempel*.
- [60] LRF & Ekologiska Lantbrukarna, 2009. *Smartare logistik – Lokal mat på väg*.
- [61] SFS, 1994:1776. *Lag om skatt på energi*. Finansdepartementet, Stockholm.
- [62] Regeringens proposition, 2009/10:41. *Vissa punktskattefrågor med anledning av budgetpropositionen för 2010*. Finansdepartementet.
- [63] Johansson K. & Mattsson K., 2009. *Nationell strategi - Hållbara verksamhetsprogram inom sektorn för frukt och grönsaker 2009-2014*. Statens jordbruksverk, rapport nr 05, (2009). Jönköping.
- [64] Karlsson H., 2014. Handläggare på landsbygdsenheten, Jordbruksverket. Via telefon den 10 februari 2014.
- [65] Svenska Fjärrvärmeföreningen, 2002. *Industriell spillvärme - processer och potentialer*. Rapport: FVF 02 11 49. Stockholm.
- [66] Svenska Fjärrvärmeföreningen, 1997. *Avtalsmall vid köp av spillvärme eller prima värme för fjärrvärmeleverans*. Rapport nr 3. Stockholm.
- [67] Fors J., 2004. *Spillvärme från industri till fjärrvärmenät - Sammanfattning av intervjuer på 5 orter*. Svensk fjärrvärme & Jernkontoret, rapport nr 5. Stockholm
- [68] NBE Sweden AB, 2011. *Morgondagens bioenergianläggning tar form*. Tillgänglig: <http://www.nbesweden.com/index.php?option=com_content&view=article&id=72%3Amorgondagens-bioenergianlaeggnings-tar-form&lang=se> [2014-04-08]

Bilaga 1. Enkät till Gjuteri- och stålindustri

1. Genererar Er verksamhet tillräckligt med spillvärme för att Ni ska kunna leverera värme till extern part? Med spillvärme avses här varma (>30 °C) ventilations- och kylvattenflöden som finns tillgänglig efter att Ert interna värmebehov tillgodosetts.
 - Ja
 - Nej
 - Vet ej

2. Om ”Ja”, går det att precisera temperaturen på spillvärmerna?
 - 35-40 °C
 - 40-50 °C
 - 50-60 °C
 - > 60 °C

3. Skulle det finnas en möjlighet att bygga ett växthus i närheten av er anläggning med avseende på tillgänglig mark?
 - Ja
 - Nej
 - Vet ej

4. Skulle Ni vara intresserade av att leverera spillvärme till ett växthus om möjligheten fanns?
 - Ja
 - Nej

5. Här ges möjlighet att kommentera svaren:

Bilaga 2. Intervjuguide Växthus

Inledning

Definiera situationen för den som intervjuas: berätta kort om syftet med intervjun, användning av inspelningsutrustning och anonymitet samt fråga om intervjupersonen har några frågor innan intervjun.

Generella förutsättningar

Odling

- Hur ser ett verksamhetsår ut för er?

Uppvärmning

- Vad har ni för uppvärmningskälla?
- Hur kom det sig att ni valde just den uppvärmningsform ni har?
- Är ni nöjda med er uppvärmningskälla (för- och nackdelar)?
- Har ni funderat på att byta uppvärmningsform?
- Hur ser ert backup-system ut?

Livsmedelslogistik och avfallshantering

- Vem säljer ni era tomater till?
- Hur sker distributionen?
- Vad erhåller ni för avfall från verksamheten och vilka mängder?
- Hur hanteras avfallet i dagsläget?

Ekonomi

- Vilka är de största kostnadsposterna?
- Hur resonerar ni när ni står inför större investeringar?

Lagstiftning och framtidstro

- Upplever ni att de förändringar som skett inom energipolitiken har påverkat er verksamhet?
- Hur ser ni på framtiden för växthusodlare i Sverige?

Samverkan - växthus som i dagsläget inte ingår i ett spillvärmeutbyte

Spillvärme

- Vad är er inställning till att använda spillvärme från industri eller kraftvärmeverk som uppvärmningskälla?
- Vad är er inställning till att flytta verksamheten för att erhålla tillgång till spillvärme?
- Om möjligheten fanns, skulle ni vara intresserade av att utnyttja spillvärme för uppvärmning?

Koldioxidtillförsel

- Vad är er inställning till att utnyttja CO₂ från industri, kraftvärme eller rötningsanläggningar?
- Om möjligheten fanns, skulle ni vara intresserade av att utnyttja koldioxid från någon av de anläggningar vi pratat om?

Avfallshantering

- Vad är er inställning till att skicka avfall till en rötningsanläggning?

Spillvärmeavtal

- Hur skulle ni vilja att ett eventuellt spillvärmesamarbete såg ut?
- Hur skulle det påverka er att vara beroende av en aktör för värmeleverans?
- Är det något annat som ni kommer att tänka på som skulle kunna utgöra hinder eller drivkrafter i ett spillvärmesamarbete?

Samverkan - växthus som i dagsläget ingår i ett spillvärmeutbyte

- Hur startade samarbetet?
- Hur ser avtalet ut?
- Ser ni att det finns några risker kopplade till värmeutbytet? Vilka? Hur hanteras riskerna?
- Är det något i avtalet som var särskilt svårt/enkelt?
- Är det något ni är särskilt nöjda/missnöjda med i avtalet?
- Vilken vinning ser ni med samarbetet?
- Hur anser du att samarbetet har fungerat efter att avtalet slöts?
- Har ni funderingar på ytterligare samarbeten?
- Vad anser ni behöver göras för att fler ska bli motiverade att ingå liknande samarbeten?
- Har ni några tips till aktörer som funderar på att ingå i ett samarbete liknande ert?

Avslutning

Summering av de viktigaste lärdomarna från intervjun. Här ges utrymme för den intervjuade att kommentera återkopplingen.

- Vi har inga fler frågor. Har du något mer som du vill ta upp eller fråga innan vi avslutar intervjun?

Bilaga 3. Intervjuguide Gjuteriindustri

Inledning

Definiera situationen för den som intervjuas: berätta kort om syftet med intervjun, användning av inspelningsutrustning och anonymitet samt fråga om intervjupersonen har några frågor innan intervjun.

Generella förutsättningar

Ekonomi

- Hur stora är era energikostnader?
- Hur resonerar ni när ni står inför större investeringar?

Energi

- Hur ser er energianvändning ut?
- Var genereras överskottsvärme i er verksamhet?
- Hur varierar värmeflödet?
- Vad gör ni med värmen nu?
- Utgör spillvärmen ett problem i er verksamhet?
- Har ni funderingar kring användningsområden för värmen internt och externt?

Lagar och andra förutsättningar

- På vilket sätt anser ni att lagstiftningen påverkar er hantering av värmen?

Samverkan

Spillvärme

- Vad är er inställning till att leverera spillvärme till växthus?
- Finns det någon annan aktör än växthus som ni hellre skulle ha ett värmeutbyte med?

Koldioxid

- Vad är er möjlighet och inställning till att leverera CO₂ till växthus?

Spillvärmeavtal

- Hur skulle ni vilja att ett eventuellt spillvärmesamarbete såg ut?
- Hur skulle det påverka er att ingå i ett spillvärmesamarbete?
- Är det något annat som ni kommer att tänka på som skulle kunna utgöra hinder eller drivkrafter i ett spillvärmesamarbete?

Avslutning

Summering av de viktigaste lärdomarna från intervjun. Här ges utrymme för den intervjuade att kommentera återkopplingen.

- Vi har inga fler frågor. Har du något mer som du vill ta upp eller fråga innan vi avslutar intervjun?