

Kan kraftvärmeteknik vara lönsam för små farmarenergianläggningar?

Slutrapport till SLF

1 Sammanfattning

Projektet syftade till att undersöka om det nu finns kraftvärmeteknik som kan vara lönsam i små anläggningar. Förutsättningarna har förändrats eftersom elpriset har stigit kraftigt de senaste åren och ny teknik för småskalig biobränsleeldad kraftvärme har utvecklats. Tre fallstudier genomfördes, där tekniska möjligheter undersöktes, och simuleringar gjordes av teknik och ekonomi. I två av fallen fanns fungerande teknik tillgänglig, men i inget fall fanns lönsamhet med dagens mest sannolika kostnader och intäkter. Däremot gav simuleringar med lätt optimistiska värden lönsamhet med dagens elpris i två av fallen. Det finns, och utvecklas, kommersiell småskalig teknik för flera olika bränslen och storleksklasser. Därför finns all anledning för lantbruksnäringen att följa utvecklingen i Norden och Europa framöver, så att kunskap om det aktuella teknikläget finns tillgänglig.

2 Bakgrund

Utökad användning av biobränslebaserad kraftvärme är ett sätt att nå de nationella målen för ökad andel förnybar energi och minskade växthusgasutsläpp till år 2020. Samtidig produktion av el och värme är ett effektivt sätt att utnyttja energin i biobränslen. Inom fjärrvärmesektorn har kraftvärmeproduktion med ångturbiner vuxit stort på senare år. Av tekniska skäl är ångturbiner inte lönsamma i mindre skala, men annan kraftvärmeteknik utvecklas. Olika tekniska lösningar kan vara aktuella i olika tillämpningar, beroende på skala, bränsle med mera.

Elpriset i Sverige har stigit kraftigt under de senaste tio åren, vilket ger förändrade förutsättningar för elproduktion från småskalig kraftvärme. Finns det nu kraftvärmeteknik som kan vara lönsam vid investering i farmarenergianläggningar?

Denna rapport är ett resultat av projektet "Kan kraftvärmeteknik vara lönsam för små farmarenergianläggningar?" som finansierats av Stiftelsen lantbruksforskning (SLF) bioenergiprogram. Projektet har genomförts av Cecilia Sundberg (projektledare), Ruben Svensson och Maria Johansson vid institutionen för energi och teknik, SLU i Uppsala och redovisas i Johansson m.fl. 2011, nedan kallad huvudrapporten. Ruben Svenssons arbete redovisas även i hans examensarbete Småskalig biobränsleeldad kraftvärmeproduktion – teknik och investeringsutrymme (2011).

Projektets syfte är att undersöka möjligheterna att med gott ekonomiskt resultat installera kraftvärmeteknik vid nystart och uppgradering av farmarenergianläggningar. Viktiga parametrar är val av teknik och bränsle, känslighet för variationer i el- och värmepris, samt variation i värmeunderlag. Arbetet genomförs i form av tre fallstudier med olika förutsättningar.

3 Material och metoder

Arbetet baserades på tre fallstudier. För varje fallstudie undersöktes anläggningens nuvarande effekt- och värmebehov och dess tidsvariation. Därefter gjordes en analys av vilka kraftvärmetekniker som skulle vara tekniskt möjliga att tillämpa i det aktuella fallet. Därefter analyserades möjligheten att få lönsamhet i anläggningen med dagens och möjliga framtida el- och värmepriser.

Som en grund för ovanstående gjordes en sammanställning baserad på litteraturstudie och intervjuer, av kraftvärmeteknik, bränslen och elmarknaden (Svensson 2010 och Johansson m.fl. 2011).

3.1 Beräkningar

En beräkningsmodell har tagits fram i datorprogrammet Matlab för att simulera kraftvärmeanläggningar. Först görs en dimensionering baserad på värmeunderlaget. Därefter beräknas i modellen bränslebehov och elproduktion utifrån värmebehovet och verkningsgrader. Denna tekniska simulering görs per timme, och summeras sedan till årsvärden. Resultaten av den tekniska simuleringen används sedan i en ekonomisk kalkyl för varje år, där lönsamheten beräknas utifrån intäkter och kostnader. För detaljer hänvisas till Svensson (2011).

Simuleringarna i fallstudierna genomfördes för att finna det elpris där lönsamhet uppnås. I varje fallstudie har en känslighetsanalys genomförts genom att simulera anläggningen med tre olika produktionskostnader för elen. Denna produktionskostnad beror av anläggningens investeringskostnad, tekniska livslängd och bränslepris, vilka har satts till ett högt, ett lågt och ett medelhögt värde. Den medelhöga produktionskostnaden utgår från dagens kostnader. För att ta fram de lägre och högre produktionskostnaderna har rimliga uppskattningar om framtida förändringar gjorts.

4 Resultat

En sammanställning av tillgänglig teknik gjordes (tabell 1). Information om de olika teknikerna beskrivs mer ingående i huvudrapporten. Teknik som bedöms vara särskilt intressant är sådan som bygger på förgasning av fasta bränslen, i kombination med gasmotor (några tiotal kW), ORC-teknik (ca 1 MW och uppåt) samt externeldad mikroturbin (ca 100 kW). För dessa finns fungerande och lönsamma lösningar i Sverige eller andra europeiska länder.

Tabell 1. Översikt över tekniker för småskalig kraftvärme

	Bränsle	Eleffekt, kW	Elverkningsgrad, %	Investeringskostnad, kr/kW _{el}	Underhållskostnad	Fördelar	Nackdelar
Gasmotor	Naturgas, biogas, syntesgas mm.	15 - 2000	30 - 40	4000 – 29000 (skillnad mellan 1MW _{el} och 5,5 kW _{el}) ¹	0,1 – 0,3 kr/kWh el ²	Mogen teknik	Kort livslängd Tät service Hög ljudnivå
Gasmotor med VIPP-teknik	Pulveriserat biobränsle	1000 - 5000	30	25 000 – 35 000 ³	2 % av investering/år ³	Tål låga asksmälttemperaturer	Ej kommersiell än Dyr
Stirlingmotor	Stor bränsleflexibilitet.	9 – 75	Ca 16 – 25 ^{4,1}	Ca 25 000 (fristående motor, 35 kW _{el} inkl. interface och kontrollpanel) ⁵	0,18 kr/kWh el ¹	Bra dellastegenskaper Lång livslängd Tyst	Höga temperaturer och tryck
ORC, med biobränsleeldad hetoljepanna	Fasta biobränslen	300 – 1500	Ca 18	9000-19 000 (Endast ORC-modulen: 2MW _{el} resp. 500kW _{el}) ⁶ 3-4 ggr större inkl. allt ⁷	1,5 % av investering(enbart ORC-modul) /år ⁷	Goda dellastegenskaper Låg underhållskostn.	Hantering av hetolja
ORC, med spillvatten	Spillvatten	400 – 800 kW	Ca 10 %	Enbart ORC-modul: Ca 23000 (500 kW _{el}) ⁶	1,5 % av investering ⁷	Goda dellastegenskaper Låg underhållskostn.	Svårt nå tillräckligt hög temperaturdifferens
Flashbox/ Vaporel [®]	Stor bränsleflexibilitet	2,6 MW	11,5	10 000 ⁸		Befintlig hetvattenpanna kan utnyttjas	10 % av producerad el krävs för drift.
Mikroturbin	Naturgas, biogas, syntesgas m.m.	15 - 500	Ca 30	15 000 för Turbec T100 ⁹	0,1 kr/kWh för Turbec T100 ¹⁰	Liten storlek Enkel konstruktion Lång livslängd	
Bränslecell	Vätgas, biogas, naturgas m.m.	1 – några tusen	Ca 30 – 60	- ¹¹		Bra dellastegenskaper Inga rörliga delar	Kort livslängd Hög investeringskostnad

¹Persson & Olsson, 2002

²Svensson, pers. medd., 2011

³Sjöblom, pers. medd., 2011

⁴Stirling DK, 2011

⁵Groth, pers. medd., 2011

⁶Goldschmidt, 2009

⁷Sperduti, pers. medd., 2011

⁸Thorson pers. medd., 2011

⁹Cevolani pers. medd., 2011

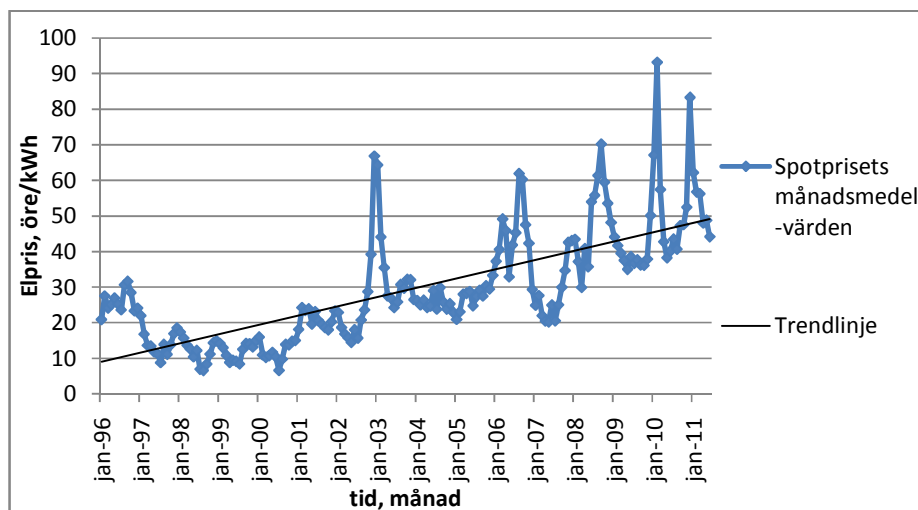
¹⁰Brown m. fl., 2010

¹¹Tekniken är ännu inte kommersiell

4.1 Energimarknaden

4.1.1 Elpris

Elpriset har stigit relativt stadigt sedan avregleringen 1996 och även de årliga prisvariationerna har ökat under perioden (figur 1). Medelvärdet av månadsmedelvärdena för spotpriset 2006 – 2010 var 41,4 kr/kWh. Den framtida utvecklingen av elpriset är svår att förutsäga men utifrån den historiska prisutvecklingen kan antas att det även fortsättningsvis kommer att stiga.



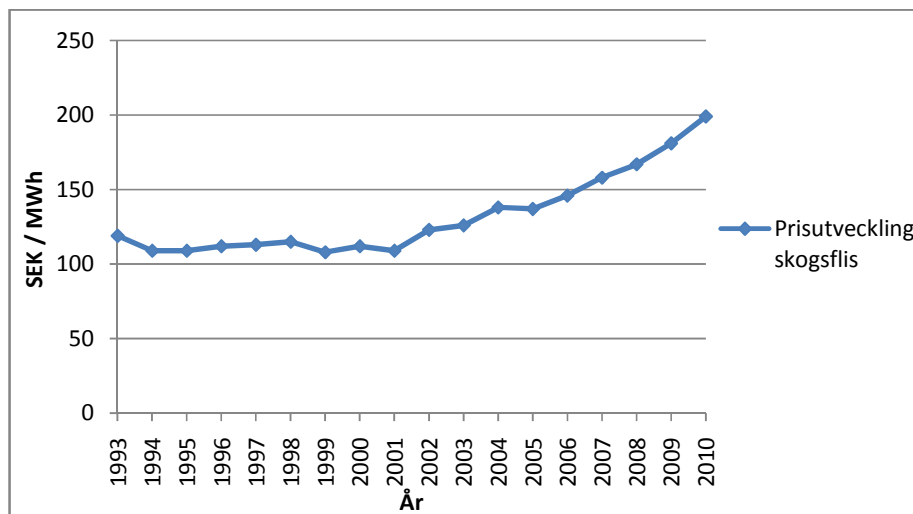
Figur 1. Spotprisets månadsmedelvärden 1996 – 2011, samt trendlinje. Källa: Billinge Energi, 2011

Elproduktionsanläggningen säljer elen till ett elhandelsbolag, till fast eller rörligt pris. Exempelvis erbjuder E.ON:s elhandelsföretag spotpriset minus 4 öre per kilowattimme (E.ON, 2011).

4.1.2 Bränslepris

Småskaliga kraftvärmeverk kan drivas med många olika bränslen, men ur miljösynpunkt är biobränslen de mest attraktiva. Priset för skogsflis till värmeverk har ökat stadigt sedan 2001, medan det dessförinnan var relativt stabilt sedan 1993 då statistik började föras (figur 2).

Även för övriga träbränslen såsom förädlade träbränslen, returträ och restprodukter från skog har priset stigit stadigt uppåt de senaste åren (SCB, 2011).



Figur 2. Prisutveckling för skogsflis baserat på årsmedelvärden för 1993 – 2010. Källa: Skogsstyrelsen 2011

4.1.3 Elcertifikat

Elcertifikatsystemet är ett marknadsbaserat styrmedel som infördes år 2003 och syftar till att öka andelen förnyelsebar elproduktion i det svenska energisystemet. Producenter av förnyelsebar el i nya anläggningar tilldelas ett elcertifikat per levererad MWh i 15 år (Jöhnemark, m. fl., 2010). Systemet fungerar genom att varje elhandelsföretag måste köpa in elcertifikat motsvarande en viss andel, den så kallade kvotplikten, av den el de säljer. För att inrapportering av elproduktion ska godkännas måste den ske timvis och därför kan hantering av certifikat innebära en betydande kostnad för en småskalig elproducent. Årsmedelpriset för elcertifikat har sedan systemet infördes varierat mellan 193 kr/MWh och 295kr/MWh.

4.2 Fallstudie 1 - Fliseldad närvärme

Fallstudie 1 genomförs vid farmarenergi bolaget Lekebergs bioenergi AB:s fjärrvärmeverk i Fjugesta, Lekebergs kommun. Bolaget bildades 1997 och ägs av 12 lantbrukarfamiljer i området.

Om investeringen visar sig vara lönsam är man vid Lekebergs Bioenergi AB intresserad av en konvertering till kraftvärme (Carlsson, pers. medd., 2011). En ekonomisk fördel med att producera el vid anläggning i Fjugesta är att mest el skulle produceras under kalla perioder då elpriset är högt.

I så stor utsträckning som möjligt eldas bibränsle. Bibränslemixen består av cirka 60 % rundvirkesflis, 30 % grothög och 10 % salix, och har i dagsläget ett pris på cirka 210 kr per megawattimme, medan oljan som används som topplast köps in för 9000kr/m³ (Schneider, pers. medd., 2011). Av bibränslet kommer 20-25% från anläggningsägarnas skog och resten från lokala virkeshandlare. Man har alltid haft god tillgång på bränsle vid anläggningen (Carlsson, pers. medd., 2011).

Den största fastbränslepannan levererade som mest 3727 kW värme(veckomedelvärde) under den kalla vintern 2010-2011, medan den mindre levererade 1169 kW (Carlsson, pers. medd., 2011). På sommaren varierar värmeeffekten från panncentralen ned till cirka 600 kW. Verkningsgraden på pannorna är cirka 85 %.

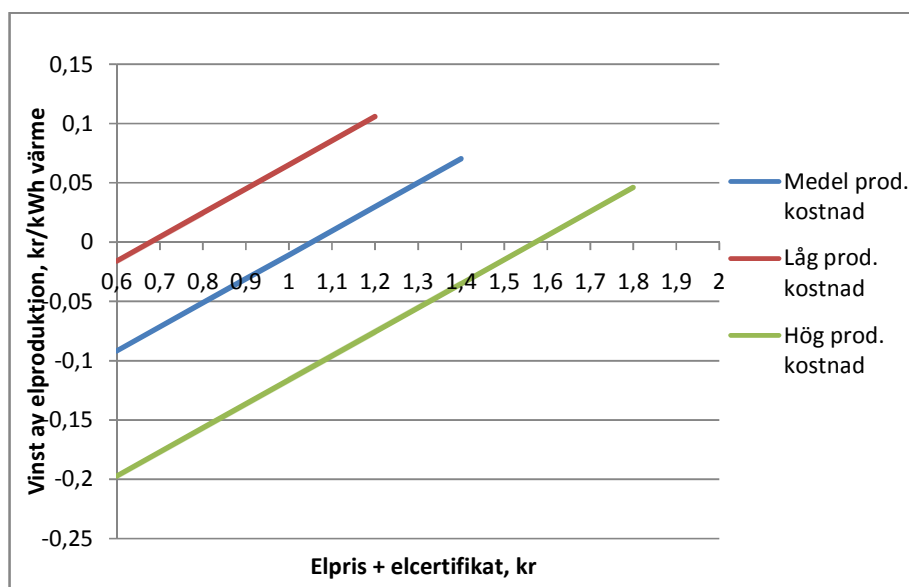
Utredningen av möjlig kraftvärmeteknik ledde till att en ORC-modul med hetoljekrets anses vara en lämplig teknik för Lekebergs Bioenergi AB, på grund av dess goda dellastegenskaper. Vid fjärrvärmeanläggningar eldas pannan ofta på dellast. Det finns dessutom nyckelfärdiga

ORC-moduler tillgängliga på den europeiska marknaden med ungefär den värmeeffekt som Lekebergs bioenergi AB levererar idag.

4.2.1 Resultat Fallstudie 1

Resultatet redovisas i form av den extra vinst som uppnås efter en investering i kraftvärmeteknik. När denna är positiv subventioneras elproduktionen inte av värmeproduktionen vilket är önskvärt.

Med dagens mest troliga produktionskostnad ger den extra investeringen i en kraftvärmeanläggning lönsamhet då ett pris på 1,05 kronor sammanlagt för el och elcertifikat kan erhållas, se figur 3. Detta innebär med dagens elcertifikatpriser ett elpris på cirka 0,80 kronor. Om den lägre produktionskostnaden uppnås kan fås lönsamhet redan vid ett elpris på 0,42 kr/kWh, medan fallet med högst produktionskostnad ger lönsamhet först vid ett elpris om 1,30kr/kWh.



Figur 3. Vinst i kronor per kilowattimme producerad värme som den extra investeringen i en kraftvärmeanläggning ger jämfört med enbart investering i värmepanna.

4.3 Fallstudie 2 - Halmeldad gårdsanläggning

Fallstudie 2 genomfördes hos Magnus Eriksson, ägare av firman Bal och Bobcat. Eriksson har på gården i den skånska byn Löderup en stokermatad värmepanna på 70 kW. Pannan byggdes 1996 och har varit i drift sedan dess. De första åren slocknade pannan ofta, men efterhand som kunskapen om skötseln av pannan har växt har driftstoppen blivit alltmer sällsynta.

I pannan eldas uteslutande halm. Varje år förbrukas cirka 100 balar av hesstontyp, lite beroende på hur kallt det är samt kvaliteten på halmskörden. Balar av hesstontyp är fyrkantiga balar som pressats med ett tryck om tre till fem bar.

Eftersom det i fall 2 rör sig om ett fast bränsle och en relativt liten värme- och elförbrukning kan stirlingmotorn vara en passande teknik. Lösningar med stirlingmotorer i samband med halmeldning finns inte på marknaden idag. Det finns enstaka tillverkare som säljer fliseldade anläggningar där elproduktionen baseras på stirlingteknik, och då rör det sig om en elektrisk effekt om ca 35 kW. Anledningen till att det inte finns halmeldade lösningar på marknaden beror till stor del på halmens låga sintringstemperatur. De på marknaden förekommande stirlingmotorerna är utvecklade för en temperaturdifferens på närmare 600 °C (Vestin, pers.

medd., 2010). Det är möjligt att använda dessa motorer men det kräver att man ligger nära sintringstemperaturen, vilket inte är önskvärt.

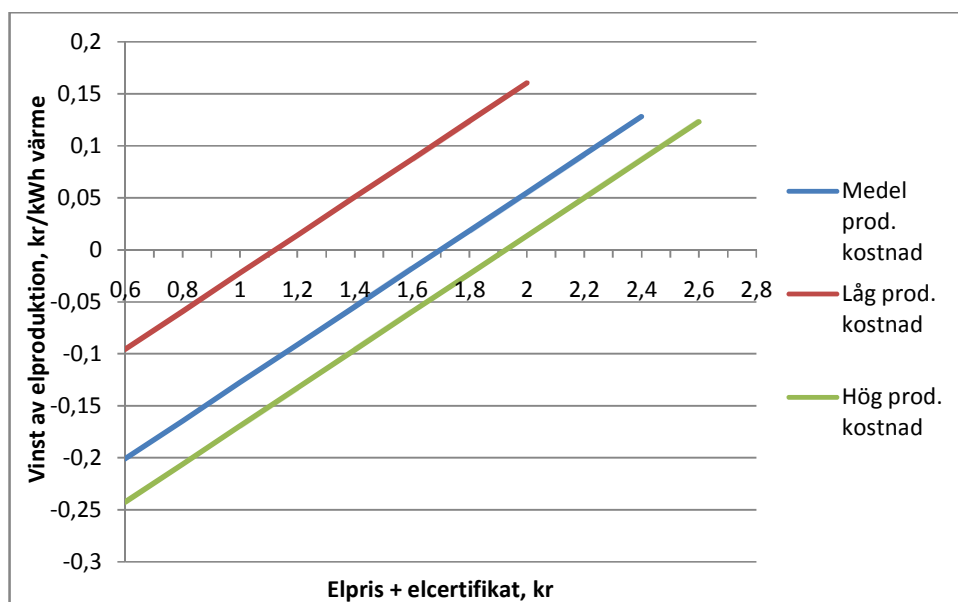
Stirling DK säljer motorer utvecklade för fliseldning men de undersöker också andra bränslen. Då stirlingmotorn ändå anses som en intressant teknik för kraftvärmeproduktion från halm undersöks denna teknik i fallstudie 2. För att integrera en stirlingmotor med en fastbränslepanna krävs vissa förändringar av pannan (Groth, pers. medd., 2011). Idag säljer Stirling DK endast denna lösning till några panntillverkare. Denna lösning antas bli vanligare i framtiden och då flera företag och universitet utvecklar motorer för alternativa bränslen kan även halm komma att bli aktuellt. Simuleringarna har utgått från att anläggningen utrustas med en stirlingmotor med maximal effekt om 14kW_{el} .

En enkel helbalspanna för halm kostar i denna storleksordning på ca 200 000 kr och har en livslängd på mellan 20 och 35 år, medan en lösning med stirlingmotorer har en livslängd på 20 - 25 år.

4.3.1 Resultat Fallstudie 2

Det ekonomiska resultatet redovisas i figur 4, på samma sätt som i fallstudie 1. Vid den mest troliga elproduktionskostnaden uppnås lönsamhet först då 1,7 kr från elcertifikat- och elförsäljning kan erhållas, det vill säga vid ett elpris på cirka 1,45 kr/kWh. Den lägre produktionskostnaden ger lönsamhet vid ett elpris på cirka 0,84 kr/kWh.

Då Stirling DK räknar med att sänka sina priser inom en snar framtid är det troligt att den verkliga produktionskostnaden kan hamna närmare det lägre fallet.



Figur 4. Vinst i kronor per kilowattimme producerad värme som den extra investeringen i en kraftvärmeanläggning ger jämfört med investering i enbart värmepanna.

4.4 Fallstudie 3 - Biogas från torrötning

Fallstudie 3 genomförs vid en teoretisk torröttningsanläggning belägen vid Sveriges sydkust där det finns tillgång till flera olika substrat. Trelleborgs kommun planerar att bygga en anläggning vid Smygehamns reningsverk under 2011 och därför har studier om substraten i området genomförts (Wolski, pers. medd., 2011).

Anläggningen är belägen inom ett område som täcks av ett fjärrvärmenät och skulle därför kunna kopplas in till detta. Fjärrvärmepriset för villakunder i Trelleborgs fjärrvärmenät är 74,66 öre/kWh (Svensk Fjärrvärme, 2011). I simuleringarna antas att biogasanläggningen kan erhålla 70 % av detta pris, det vill säga 52 öre/kWh.

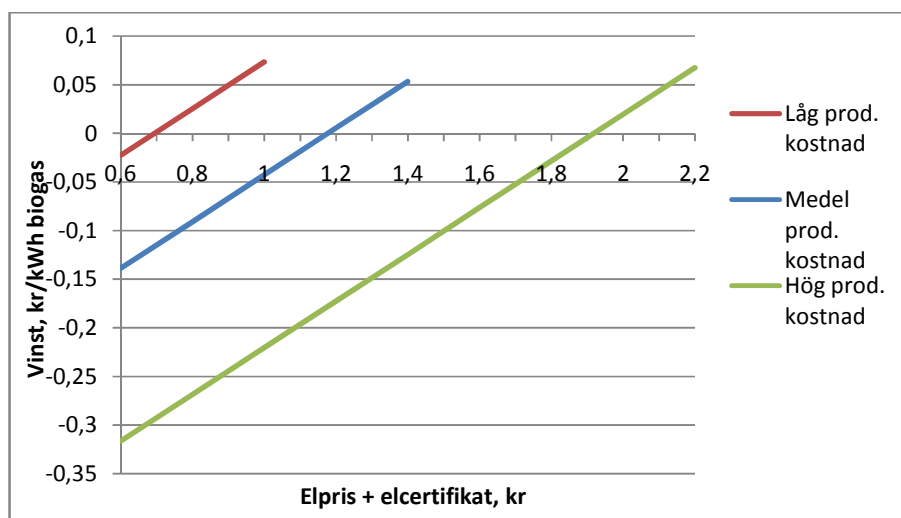
I denna fallstudie har en torrrottningsanläggning från det svenska företaget FLINGA Biogas AB valts. Tekniken är anpassad för att röta stapelbara substrat och finns beskriven i kapitel 3.4. Företagets marknadsföring är främst riktad mot lantbruk och hästanläggningar, men många olika substrat kan rötas i anläggningen (FLINGA Biogas AB, 2011).

Biogasanläggningen levereras med en ottomotor om 15 kW_{el} för gasdrift (Lundberg, pers. medd., 2011). För den aktuella mängden substrat i denna fallstudie är en anläggning med tre gasmotorer om 15 kW_{el} vardera lämplig (Lundberg, pers. medd., 2011). Motoreernas livslängd är cirka 9 år, elverkningsgraden 30 % och värmeverkningsgraden cirka 60 % .

4.4.1 Resultat Fallstudie 3

Då det i denna fallstudie inte redan finns någon existerande värmeproducerande anläggning är det inte lika intressant att ta fram lönsamheten beroende av den extra investeringen i kraftvärmeanläggning. Istället redovisas den totala lönsamheten för anläggningen i kr/kWh producerad biogas för de tre valda produktionskostnaderna.

Lönsamhet vid anläggningen uppnås vid en inkomst på 1,18 kronor för el- och elcertifikatförsäljning, vilket innebär ett elpris 0,92 kr/kWh (figur 5). Vid den lägsta produktionskostnaden uppnås dock lönsamhet redan vid ett elpris på 0,44 kr/kWh.



Figur 5. Vinst i kronor per kilowattimme biogas för tre olika produktionskostnader för elen.

5 Diskussion

5.1 Problem och möjligheter för småskaliga elproducenter

Trots att syftet med elcertifikatsystemet är att öka andelen förnybar elproduktion i Sverige, kan det för småskaliga elproducenter innebära ett hinder. Det befintliga systemet har höga krav på mätning, registrering och inrapportering av elproduktionen vilket medför relativt höga fasta kostnader för en småskalig elproducent. Andra kostnader som kan vara relativt höga är fasta kostnader till elnätägaren, såsom elnätsavgiften.

Debatten kring småskaliga elproducenters villkor har lett till vissa åtgärder, bland annat har flera elnätbolag nyligen tagit fram erbjudanden för anslutning av små elproduktionsanläggningar. De innebär ofta att producenten inte behöver betala elnätsavgift för inmatning men inte heller får betalt för levererad överskottsenergi. Detta gäller för småskalig elproduktion med maximal strömstyrka på 63A, eller maximal effektleverans om 43kW. Flera förslag på ytterligare förenklingar av regelverket som syftar till lägre kostnader för småskaliga elproducenter har utretts och är på förslag för införande under de närmaste åren.

5.2 Förutsättningar för lönsamhet

Med den mest troliga produktionskostnaden uppnås i fallstudierna en god anläggningsekonomi vid ett elpris på 0,80 kr/kWh, 1,45kr/kWh respektive 0,92 kr/kWh. Då medelvärdet av spotpriset 2006 – 2010 var 0,414 kr/kWh är det idag svårt att nå lönsamhet i någon av fallstudierna.

Det är dock viktigt att ta hänsyn till vilken tid på året elen produceras. I fallstudie 1 och 2 produceras mest el under vintermånaderna. Då är elpriset högre och ett högre elpris än årsmedel skulle därmed kunna uppnås. Om den producerade elen används för egen elproduktion uppnås också en högre vinst då denna ersätter köpt el.

5.3 Värmeavsättning

Alla fallstudier har visat att en ökad värmeavsättning under låglastperioder är viktigt. Värmeavsättningen måste vara inkomstbringande, att bara kyla bort värmen ökar inte lönsamheten nämnvärt med de antagna bränsle- och elpriserna. Bäst förutsättningar för lönsamhet finns därför på platser där det finns en stor värmeavsättning året om som grund för kraftvärmeproduktionen.

5.4 Slutsatser från andra studier

Några andra aktuella svenska fallstudier studerades också, då deras slutsatser är relevanta för detta projekt. Av särskilt intresse är biogasanläggningen på Hagaviks gård som har undersökts av JTI och Hortlax utanför Piteå där ny svensk förgasningsteknik tas i drift i år.

5.5 Slutsats

Med dagens priser på el är det svårt att uppnå lönsamhet med småskalig kraftvärme vid kraftvärmeanläggningar som dem som studeras i denna rapport. I de tre fallstudier som gjordes var ingen anläggning lönsam med dagens mest sannolika kostnader och intäkter. Resultaten av känslighetsanalysen visade dock att med något optimistiska värden på investeringskostnad, livslängd och bränslepris, skulle kraftvärmeproduktion vara lönsam med dagens elpris i två av fallen.

Investeringskostnad, livslängd och bränslepris har stor inverkan på det ekonomiska resultatet vid anläggningen. Bränslepriser förväntas öka i framtiden, men investeringskostnaden har större betydelse än bränslepriset för lönsamhet, och då utveckling av teknik hela tiden pågår kan investeringskostnader förväntas sjunka. Därför bör möjligheterna till lönsamhet kunna förbättras i framtiden. Förutsättningen för lönsamhet är bättre om det finns en inkomstbringande värmeavsättning under hela året.

Under projektets gång har det flera gånger dykt upp nya tekniska lösningar som är under kommersialisering. Det är tydligt att mycket utveckling pågår runt om i Europa. Det är därför troligt att det kommer ny fungerande teknik till en lägre kostnad än idag. Det finns alltså all

anledning för lantbruksnäringen att följa utvecklingen i Norden och Europa framöver, så att kunskap om det aktuella teknikläget finns tillgänglig.

6 Referenser

För referenslista hänvisas till Johansson m. fl. 2011.

7 Publikationer

Johansson M., Svensson R. och Sundberg C. 2011. Lönsamhet för småskalig biobränslebaserad kraftvärme - förutsättningar och framtidsutsikter. Rapport 033. Institutionen för energi och teknik, SLU. ISSN 1654- 9406. Rapporten kommer snart att finnas tillgänglig på <http://epsilon.slu.se>, vilket innebär en långsiktigt säker och tillgänglig webbpublicering. Kan till dess beställas från cecilia.sundberg@slu.se

Svensson, R. 2011. Småskalig biobränsleeldad kraftvärmeproduktion - teknik och investeringsutrymme Examensarbete 2011:12. Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala. ISSN 1654-9392. Publicerad på <http://epsilon.slu.se>

Svensson R och C. Sundberg (2011) Small scale combined heat and power production based on biofuel in Swedish circumstances – technology and investment. Book of Abstracts & Poster presentation. 24th NJF Congress – Food, feed, fuel and fun June 14-16 2011, Uppsala Sweden

8 Övrig resultatförmedling till näringen

Rapporten och den populärvetenskapliga sammanfattningen kommer att skickas in till Bioenergiportalen för publicering och länkar.

Projektets resultat kommer även att användas i vår undervisning för civilingenjörer i energisystem, i första hand inom kursen Bioenergi – teknik och system.