

Kombisystem - Uthållig förnybar uppvärmning av små och medelstora hus

Joachim Claesson, Tekn. Dr.
Inst. Energiteknik
Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm

Sammanfattning

Föreliggande projekt var en förstudie för utvärdering av uthålligt uppvärmningssystem för små och medelstora bostadsfastigheter. Uppvärmningssystemen som undersöktes innehöll ett kombisystem bestående av en värmemotor från ComPower för produktion av värme, för drivning av värmepump samt generering av elektricitet. Ett annat alternativ bestod av en värmemotor för elgenerering där motorns spillvärme driver en värmedriven värmepump. Tre typer av värmepumpar undersöktes. En av dess är en mekanisk värmepump med uteluft som värmekälla, en annan använder IVTs ytjordsstaketlösning som värmekälla. Den värmedrivna värmepumpen är en konstruktion av ClimateWell.

Resultaten från projektet visar att föreslaget system med kombinerat minielkraftverk eldad med pellets kombinerat med en mekanisk värmepump utnyttjar bränslet mest effektivt. Vid balans mellan producerad el i miniekraftverket och förbrukad energi i kompressorn utnyttjas bränslet till mer än 155 %. Anledningen till det är, som för alla värmepumpssystem, att gratis energi från omgivningen utnyttjas.

Undersökning kring tillgänglig teknik för realisering av systemet visar att alla ingående komponenter som krävs finns att tillgå (Pelleteldad stirlingmaskin), alternativt finns på prototypstadiet (pelleteldad mikrogasturbin). Avseende värmepumpen är den mest ekonomiska typen att använda en s.k. uteluft/vatten-värmepump, d.v.s. att värmepumpen tar sin energi från uteluften och avger den till ett vattenburet radiatorsystem inne i byggnaden. Det finns flera tillgängliga fabrikat att välja bland.

Vad gäller minielkraftverk finns det ett svenskt företag som inom kort ämnar serietillverka en pelleteldad mikrogasturbin avsedd för småhus, som då kan producera både elektricitet och värme. Det finns även alternativ till detta internationellt, t.ex. säljs pelleteldade mikroelkraftverk baserat på en stirlingmotor på den europeiska marknaden. Utöver detta finns mängder med förbränningsmotorer som åtminstone i några fall torde gå att elda med ”biodiesel”. Se Tabell 1 för typiska data för pelleteldade mikroelkraftverk.

Tabell 1: Prestanda för pelletdrivna mikroelkraftverk.

Typ	Värmeeffekt (kW)	Eleffekt (kW)	Bränsleeffekt (kW)
Mikrogasturbin	17	7	30
Stirlingmotor	15	1	20 ¹

¹ Bränsleeffekten för Stirlingmotorn är uppskattad då inga data för totalverkningsgrad fanns att tillgå.

Introduktion

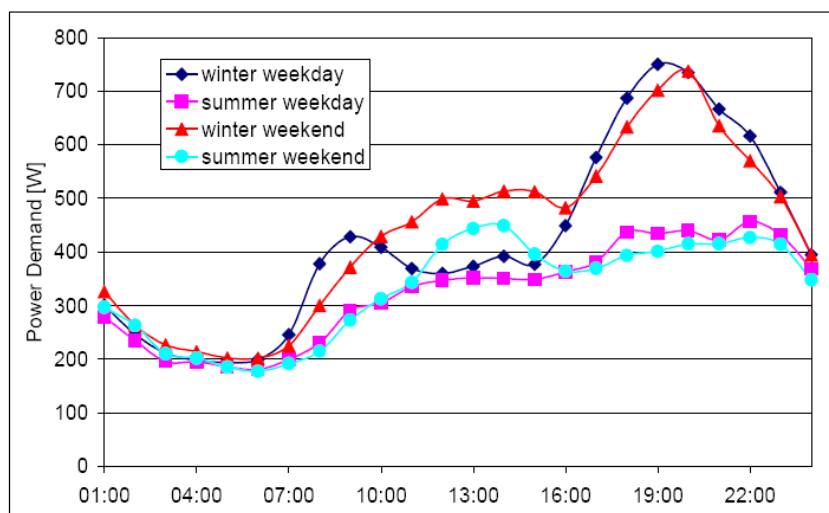
I forskningsprojektets förstudie undersöks möjligheterna att realisera ett uppvärmningssystem som har så liten global miljöpåverkan som möjligt. För att åstadkomma liten global miljöpåverkan är användning av förnybara bränslen nödvändig, såsom pellet. En omfattande ökning i utnyttjande av pellet kan innebära att tillgängligheten av pellet minskar. Genom att kombinera en pelletpanna, som samtidigt producerar elektricitet, tillsammans med en värmepump kan det förväntas:

1. dels att bränslet (pellet) utnyttjas effektivare
2. dels att elberoendet och effektbalansen för energisystemet påverkas positivt eftersom värmepumpen nu i egentlig mening inte är eldriven utan pelletdriven

Även om Sverige har stor andel kärnkraft och vattenkraft är en liten del av elproduktionen CO₂ - genererande. Speciellt besvärande kan det senare vara de kallaste dygnet då elpatronen i en traditionell värmepump förser huset med tillsatsvärme. Vid en pelletdriven värmepump försvinner behovet av denna elektriskt generade topeffekten och därmed minskas utsläpp växthusdrivande gaser.

Problemställningen i projektet är sammanfattningsvis att undersöka vilken bränsleutnyttjande som kan förväntas samt identifiera nödvändiga komponenter och redogöra för dess tillgänglighet.

En litteraturgranskning kring liknande studier eller relevant information för projektet har genomförts. IEA Annex 42 har speciellt inriktat sig på småskalig Co-generation för små och medelstora bostadshus. Användarprofiler för el²- respektive tappvarmvattenanvändning i bostadshus har där tagits fram (baserat på mätningar i faktiska bostäder), se Figur 1. Dessa data har använts vid den simulering av uppvärmningssystem i bostäder som här gjorts.



Figur 1: Typisk användarprofil för elektrisk användning i småhus och mindre flerfamiljshus enligt IEA Annex 42.

I litteraturen finns traditionell Tri-generation (kyla, värme, el) beskriven relativt omfattande, mestadels genom att använda en kemisk (värmedriven) kylmaskin kombinerat med någon form av värmemotor som dels producerar el och dels avger värme för driften av kylmaskinen. Systemlösningen att låta en värmemotor som driver en värmepump som båda producerar värme

² Elektricitet för uppvärmning, ventilation eller luftkonditionering ingår inte.

är inte särskilt väl utrett i litteraturen, speciellt gäller detta fallet då all el som produceras används till kompressorarbete. Det som påpekas i litteraturen är att för verkligt småskalig produktion är kanske inte mikrogasturbin den mest lovande tekniken, utan stirlingmaskiner. Framför allt anges bränslecelltekniken³ som den mest lovande i dessa typer av småskalig värme/el-produktion. Varken stirlingmaskiner eller bränslecelltekniken anses inte vara riktigt mogna tekniker. Trots detta finns nu minst en pelleteldad stirlingmaskin på marknaden. Vidare har svenska Compower utvecklat en mikrogasturbin för just småskalig el- och värmeproduktion.

Utvärdering av faktiska maskiner har inte i någon större omfattning redovisats i litteraturen för småskaliga system. Vidare har de flesta modeller som redovisats varit av klassiska statiska termodynamiska modeller, men just IEA Annex 42 har nyligen publicerat framtagande och validering av modeller för dynamiska simuleringsverktyg (ESP-r, TRNSYS, EnergyPlus).

Institutionella förutsättningar för nätinkoppling av småskalig elproduktion

Ett av målen med projektet var att ta reda på förutsättningar för småskaliga elproduktionsanläggningars möjlighet att kopplas in på existerande lågspänningsnät. Utan denna möjlighet till en rimlig kostnad måste ett elektriskt energilager användas i systemet. Det visade sig att det fanns en statlig offentlig utredning (Nätanslutningsutredningen) som enligt uppdraget skulle ge förslag kring denna problematik. Vid samtal med den av regeringen utsedde utredaren (Prof. Lennart Söder) framkom indikationer på att möjligheterna kan bli mer gynnsamma i framtiden än de är idag.

Utredningen överlämnade sitt betänkande till Näringsdepartementet den 20 februari 2008 (SOU 2008:13). Om förslaget realiserar har det betydelse för småskalig elproduktion såsom studerats i föreliggande forskningsprojekt. I korthet innebär utredningens förslag att producenter i lågspänningsnätet med produktionskapacitet mindre än 68 ampere undantas från kravet att tim-mäta elproduktionen, men trots detta vara berättigad till elcertifikat⁴. Dessa producenter skall istället månadsavräknas. Vidare betalas enbart en abonnemangavgift, där säkringens storlek avgör kostnaden, oavsett om det är produktion eller konsumtion. För att få el-certifikat skall den lokale producenten ansvara för mätning och rapportering (dvs. inköp av denna tjänst från tredje part). Prissättning för nettoproducerad el för en elkonsument som samtidigt är elproducent under en specifik månad är en förhandlingssak mellan elkund och elhandlare, på samma sätt som för köpt elektrisk energi.

Förslaget innebär, om det realiserar, att det principiellt inte är någon väsentlig extrakostnad för inkoppling av el-producerande system, så länge förnybart bränsle används. Vidare innebär detta att landets elnät kan användas som ”månads-lager” av elektrisk energi, så länge som den småskalige producenten fortfarande är netto-konsument av elektricitet aktuell månad. För detta forskningsprojekt innebär detta att inget eget elektriskt lager för elektrisk energi behövs för att växelvis kunna köra värmemotor och värmepump. För längre lagringsperioder (säsongslager) påverkas lönsamheten av prisskillnaden mellan köpt och såld energi.

³ Bränsleceller kan dock inte köras på pellet, utan kräver raffinerade bränslen.

⁴ Elcertifikat ges el-producenter som använder förnybara bränslen till sin produktion.

Simulerade systemlösningar

Prestanda för ett specifikt värmesystem går inte att generellt säga mycket om, eftersom det beror på ett stort antal parametrar:

- Geografisk placering
- Husets storlek
- Husets isolering
- Husets användning
 - Antal personer och ålder
 - Inre laster, t.ex. kakelugn, belysning och typ av lampa
 - Beteende, energimedvetenhet
- Externa avskärmningar
- Glasade byggnadsdelar, storlek och orientering
- etc.

I denna undersökning har en enkel redan tillgänglig husmodell i TRNSYS använts. Följande inställningar har valts:

Tabell 2: Inställningar på husmodellen i TRNSYS – Type 12c.

Temperaturkontroll	4 (Temperaturen tillåts variera)	-
Husets UA-värde	250	W/K
Husets termiska massa	100000000	J/K
Husets temperatur vid start av simuleringen	22	°C
c_p för fluiden i värmesystemet	4.19 (vatten)	kJ/kg K
$\varepsilon \cdot C_{\min}$, radiatorernas värmeväxlarförmåga	450	W/K
Andel latent värmelast	0.23	-

Som geografisk ort har Växjö valts, som fanns i klimatbiblioteket i TRNSYS, under Meteororm. Inre laster har använts enligt Figur 1⁵, medan tappvarmvatten har antagits att två vuxna duschar vardera 20 minuter varje dag, varav 180 kg/hr vatten används. Två barn badar tillsammans tre gånger per vecka, då motsvarande mängd vatten används som när vuxna duschar, dvs. 20 minuter med 180 kg/hr. Ingen hänsyn har tagits till solstrålning i simuleringarna. Huset använder strax under 30 000 kWh per år för värme och varmvatten samt 3 580 kWh för el⁶.

Projektets medfinansiärer har varit med och påverkad de system som undersökts i projektet. Tre stycken system var intressanta ur projektgruppens synvinkel och dessa är⁷

1. Pelleteldad mikrogasturbin (80 % totalverkningsgrad) som, via elektrisk koppling, driver en mekanisk uteluftvärmepump, se Figur 3

⁵ Figur 1 visar egentligen enbart hushållselbehovet i byggnaden, vilket i här har ansatts lika med inre laster. Således har solens inverkan eller inre värmegenerering p.g.a. personer försumrats!

⁶ Vilket möjligen kan anses vara lite lågt. Baseras på den elektriska profil som redovisas i Figur 1.

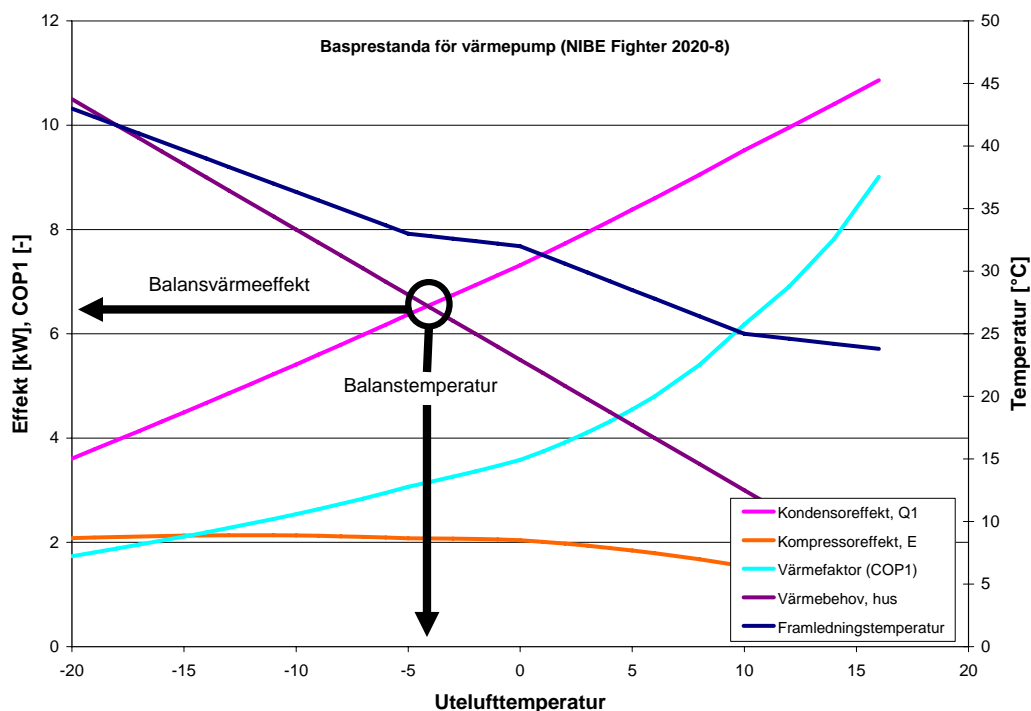
⁷ Den pelleteldade mikrogasturbinen producerar alltid el. Kombineras denna med en elektriskt driven mekanisk värmepump bestäms nettoproduktion av elektricitet givetvis av skillnaden mellan producerad el i mikrogasturbinen och förbrukad el i kompressorn i värmepumpen. Genom en elektrisk koppling mellan dessa ges möjligheten att köra dessa maskiner i princip oberoende av varandra, vilket ger redundans men introducerar lite mer förluster än en mekanisk koppling.

2. Pelleteldad mikrogasturbin (80 % totalverkningsgrad) kombinerad med värmedriven marklagervärmepump, se Figur 4
3. Pelleteldad mikrogasturbin (80 % totalverkningsgrad) som, via elektrisk koppling, driver en mekanisk marklagervärmepump, se Figur 5

Vidare har tre stycken referensfall simulerats

- Pelletpanna utan mikrogasturbin, antagen årsverkningsgrad 90 %
- Mekanisk uteluftsvärmepump med elektrisk tillsatsvärme
- Mekanisk marklagervärmepump med elektrisk tillsatsvärme

Systemen har implementerats i simuleringsmiljön TRNSYS, vilket är ett system utvecklat för dynamiska simuleringar av energitekniska system. Flera komponenter som används i simuleringar är redan implementerade i TRNSYS, t.ex. ackumulatortank, husmodell, pumpar, vätskekylare osv. Däremot finns inte mikrogasturbinen implementerad och inte heller kunde lämplig modell för simulering av den mekaniska värmepumpen identifieras. Mikrogasturbinen med tillhörande värmepanna har således simulerats genom att ansätta en konstant avgiven värmeeffekt när den väl är i drift. Från avgiven värmeeffekt uppskattas sedan producerad elenergi från förhållanden mellan el och värme som angivits av Compower (17 kW_{avgiven värme}, 7 kW_{el} kräver 30 kW_{bränsle}). Storleken på maskinen har anpassats för att ge full effektäckning och beror på använd värmepumps prestanda vid DUT. Rökgaserna från mikrogasturbinsystemet har i enligt Compower en temperatur på ca 90°C och skulle t.ex. kunnas användas till uppvärmning av tappvarmvatten men det har inte studerats i detta projekt.



Figur 2: Prestanda för värmepumpen vid balanstemperatur -4°C . Data baserat på NIBE Fighter 2020-8.

Den implementerade värmepumpen har baserats på NIBE FIGHTER 2020-8, se Figur 2. Anledningen till att denna värmepump användes var helt enkelt att NIBE angav fler punkter för dess prestanda i produktdatabladet än andra motsvarande tillverkare. Prestanda för värmepumpen har via en semi-empirisk modell anpassats till katalogdata. Det är den semi-empiriska modellen som används i simuleringarna.

Kompressorns effektbehov uppskattas i den semiempiriska modellen enligt

$$\dot{E} = d \cdot p_2 \cdot \left(1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right) \cdot (1 + e) + f \quad (1)$$

och avgiven värme i kondensorn uppskattas enligt

$$\dot{Q}_1 = g + h \cdot t_{ute} + i + j \cdot \dot{E} \quad (2)$$

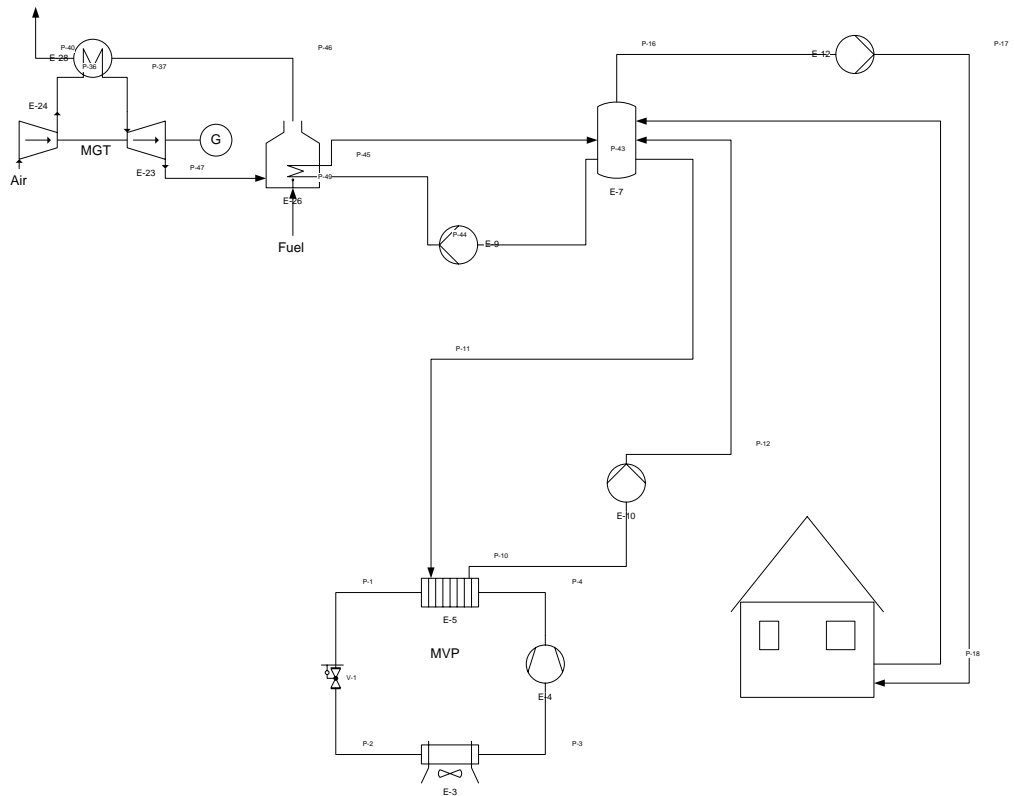
Trycken p_1 och p_2 uppskattas som mättnadstrycket av köldmediet (R404A) vid en temperatur på framledningen respektive uteluftens temperatur. Till ekvation (1) och (2) behövs, utöver anpassningskonstanterna (se Tabell 3), alltså enbart värmepumpens framledningstemperatur samt uteluftens temperatur⁸.

Tabell 3: Anpassningskonstanter till ekvation (1) och (2).

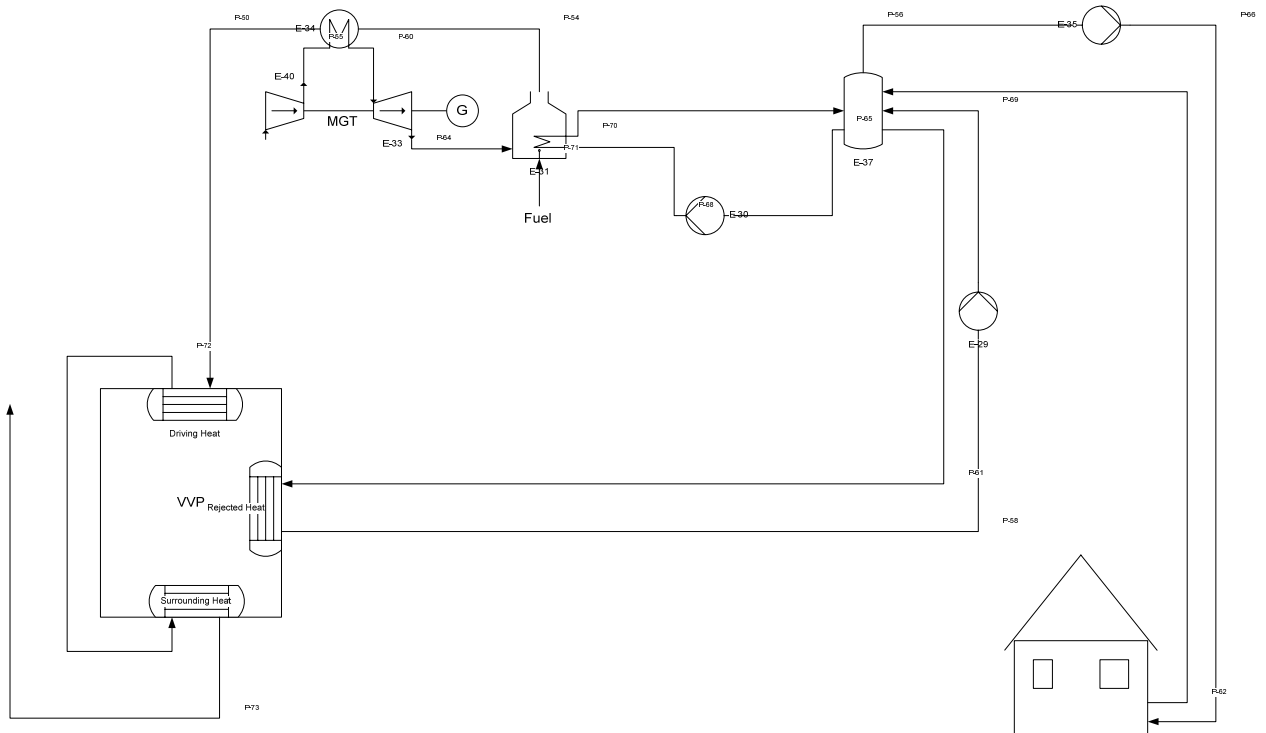
Konstant	Värde
d	-23,5211
e	-0,2878
f	0,6904
g	7,079552
h	0,184081
i	1,70751677
j	-0,72048637
n	1,014881

I simuleringarna har olika storlekar av värmepump används och storleken refereras till genom att ange dess balanstemperatur (se Figur 2). I Figur 2 är alltså balanstemperaturen ungefär -4°C . Större värmepump ger en således en lägre balanstemperatur, eftersom värmepumpen själv kan leverera en större andel av husets värmebehov.

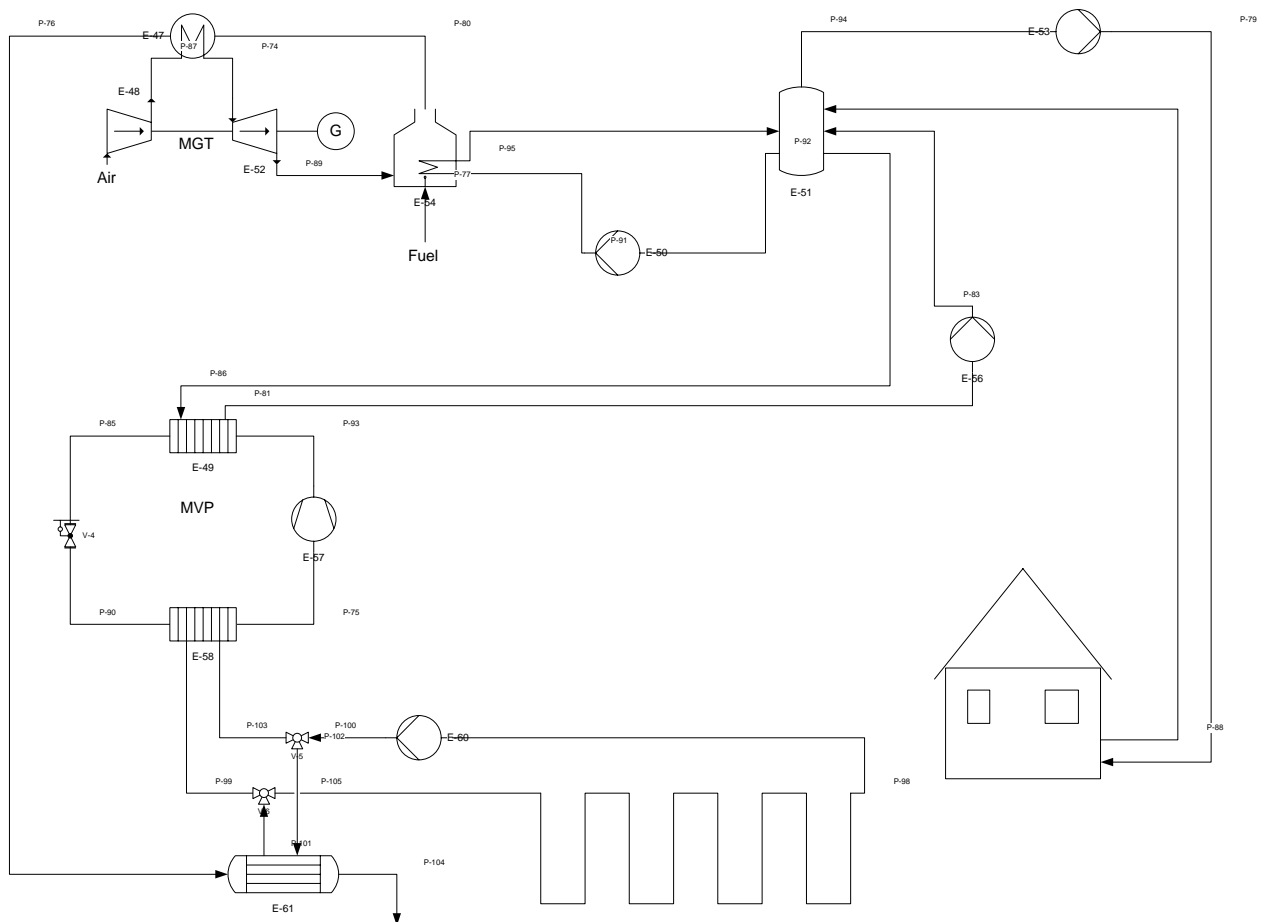
⁸ Eftersom det är en uteluftvärmepump. Vid markvärmepump har här antagits att värmepumpen har precis samma prestandafunktion, men då används markens temperatur istället för uteluftens. Marken har då simulerats som en kropp med stor (men inte oändlig) massa, vilket medger en varierande marktemperatur över året med "eftersläpning" av temperaturen.



Figur 3: Systemlösning #1 – Mikrogasturbin & uteluftvärmepump



Figur 4: Systemlösning #2 – Mikrogasturbin & värmedriven värmepump



Figur 5: Mikrogasturbin & marklagervärmepump⁹.

Tappvarmvattnet har uteslutande värmts med värmepumpen, utan tillsatsel. För systemet med enbart pellets har energin till uppvärmning av tappvarmvattnet tagits från pannan istället. I testsystem #1 körs värmemotorn och värmepumpen oberoende av varandra, enbart efter husets behov. Därvid har värmemotorn betraktats analogt med tillsatsvärmaren i referenssystemet, om framledningstemperaturen till huset är för lågt startas maskinen. Värmemotorn fungerar i detta fall som en tillsatsvärmare, placerad i radiatorkretsen in i huset. Effekten på tillsatsvärmaren (värmemotorn) anpassas efter det momentana behovet, dvs. så att vattnet in i husets radiatorer inte blir varmare än stipulerat av husets temperaturkurva. Värmepumpen kopplas till en ackumulatortank på 1 m³.

Samma testsystem (System #1) har även undersökts då värmemotorn alltid körs samtidigt som värmepumpen. Värmemotorn går då på full effekt och har av denna anledning placerats i samma cirkulationskrets som värmepumpen, där energin lagras i ackumulatortanken.

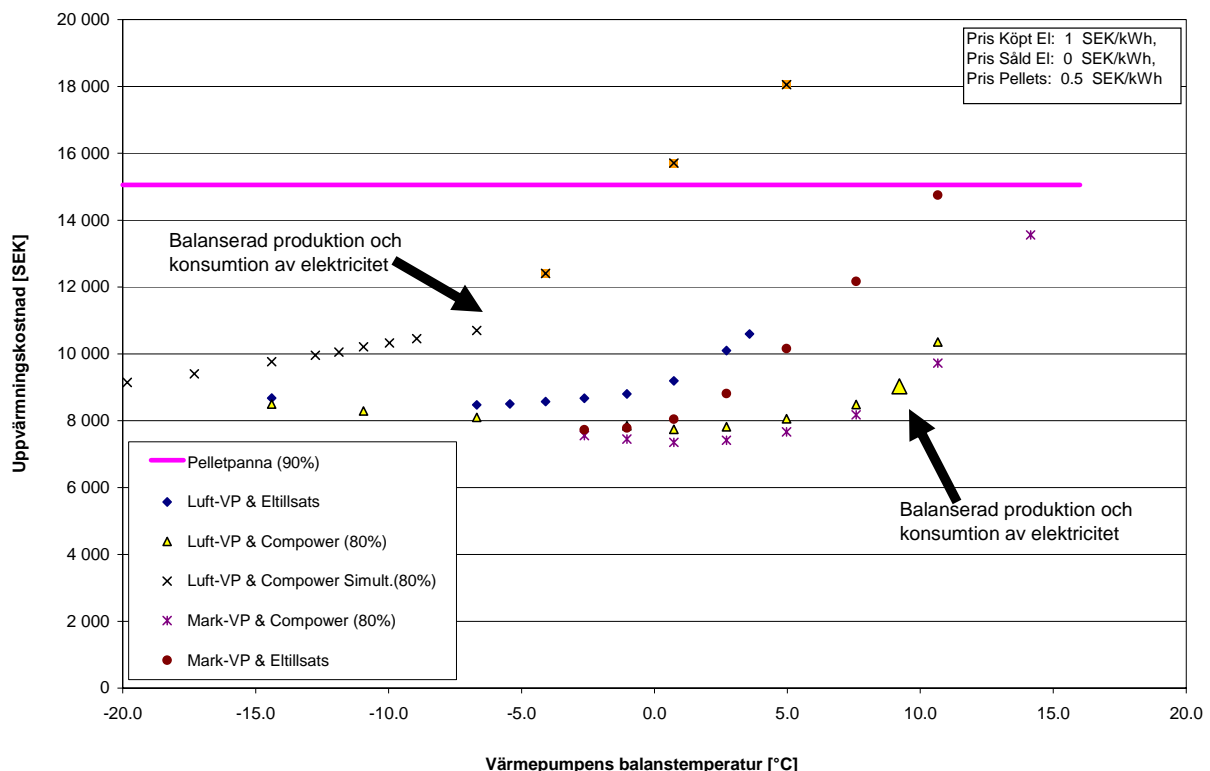
Flertalet utformningar av system och driftstrategier har provats i simuleringsmiljön och den använda fungerar tillfredsställande, även om förbättringar kan vara möjliga.

⁹ Återladdning har inte implementerats. Denna typ av ytjordsvärmekälla lämpar sig enligt uppgift bäst för kortare lagringstider, typiskt dagar.

Resultat

Resultaten från simuleringarna visas i Figur 6a som uppvärmningskostnad, med antagen elkostnad på köpt el på 1.00 SEK/kWh. Pellettkostnaden har antagits vara 0.50 SEK/kWh (www.agrol.se). Figur 6b och Figur 6c visar två olika scenarier för priset på el, köpt och såld. Motsvarande årsvärmefaktor kan ses i Figur 7.

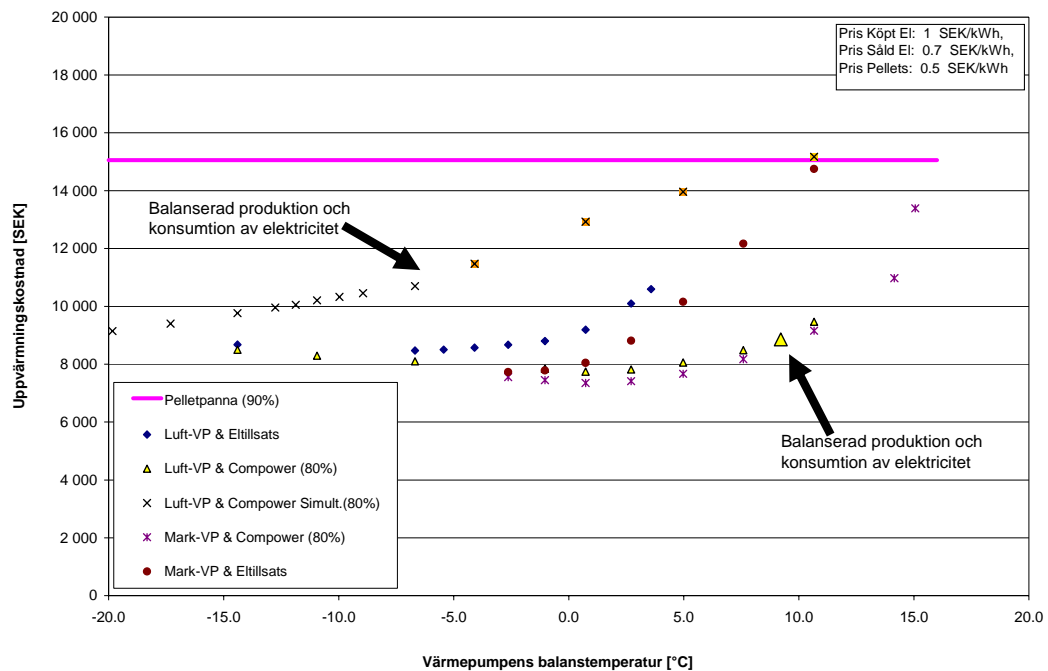
Uppvärmningskostnaden i Figur 6a tar inte hänsyn till värdet av att delvis producera hushållsel själv. Uppvärmningskostnaden vid att enbart köra mikrogasturbinen (Compower) utan att kombinera den med en värmepump påverkas av elkostnaden för köpt el, ju dyrare inköpt el är, desto lönsammare blir alternativet. I Figur 6a påverkas endast kurvorna höger om balanserad produktion och konsumtion av elektricitet i uppvärmningssystemet, eftersom det enbart är då det finns elektricitet kvar att utnyttja till hushållsel. Enligt scenariot i Figur 6a åtgår ca 27 100 kWh för uppvärmning av huset. Mikrogasturbinen producerar då 11 160 kWh. Då Compower anger en totalverkningsgrad av systemet på 80 % åtgår 47 800 kWh bränsle i form av pellet. Detta kostar i inköp 23 900 SEK. Samtidigt förbrukar detta hus ca 3 580 kWh. Produceras denna el själv i mikrogasturbinen är värdet av denna el för husägaren 3 580 SEK, vid ett pris på 1 SEK/kWh el. Om överskottet inte har ett värde blir nettokostnaden 20 340 SEK, men om priset på såld el är 0.60 SEK/kWh el blir nettokostnaden 18 000 SEK, vilket motsvarar pelletpannans nettokostnad om inköp av hushållsel inkluderas (se Figur 6, 15 000 SEK för pellet plus 3 580 SEK för hushållsel). Det skall noteras att förhållandet mellan producerad el och producerad värme i Compower's maskin "fritt" kan justeras från 0 kWh producerad el till 11 160 kWh. Anpassas elproduktionen till hushållselen blir nettokostnaden 17 000 SEK, vilket är mindre än för alternativet enbart pelletpanna.



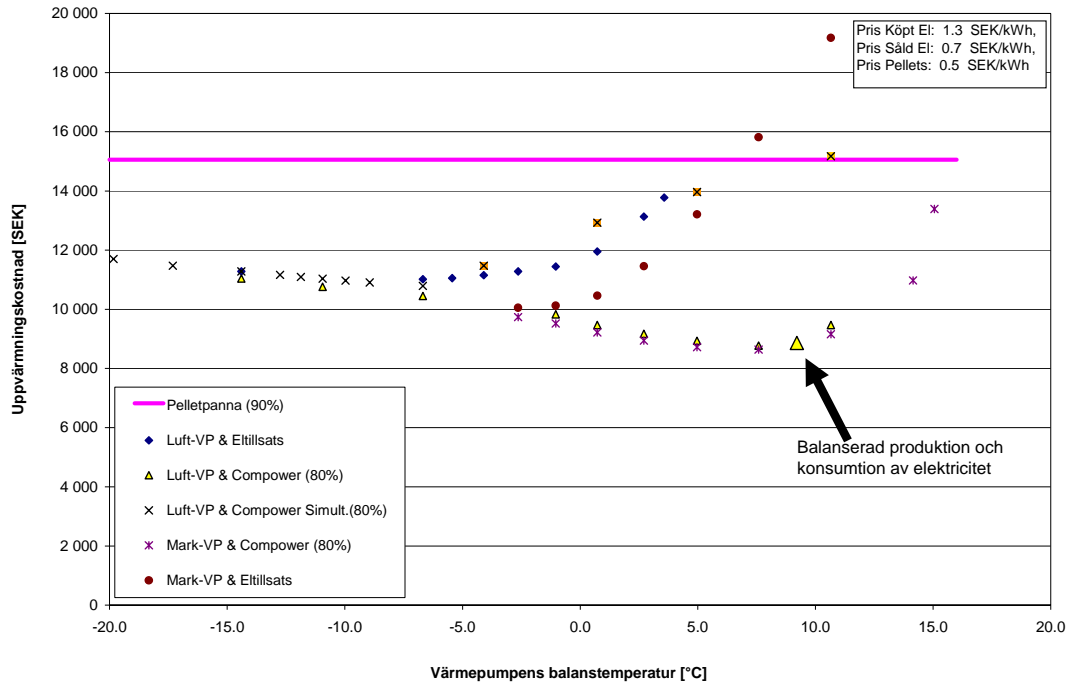
Figur 6a: Uppvärmningskostnad för respektive system (exkl. kapitalkostnad). Alla system har simulerats för samma hus, på samma geografiska plats.

I Figur 7 ska noteras att definitionen av årsvärmefaktor som här har använts, är baserad på ”tillförd energi till systemet (el och eller bränsle)”. Således har referensfallet markvärmepump med elpatron endast köpt el, vilket ger att elektricitet är den enda tillförda energin. Kombisystemen som studerats har en mix mellan bränsle och elektricitet som tillförd energi.

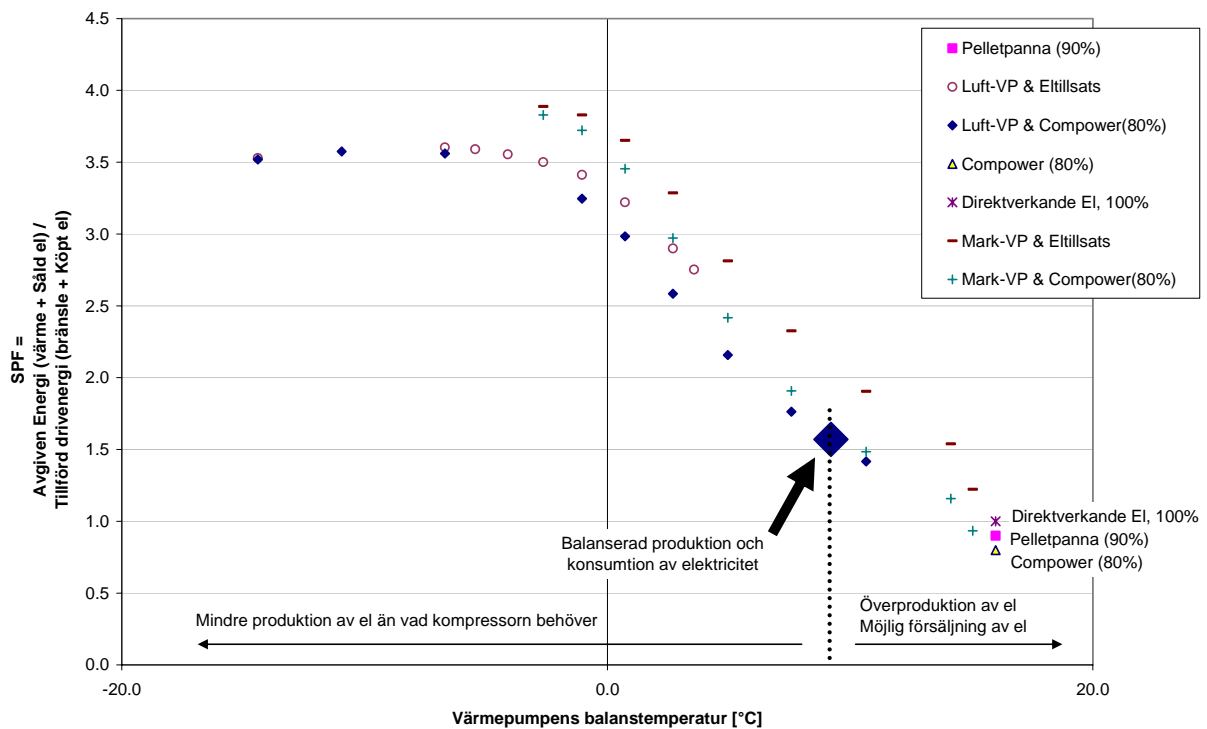
I Figur 7 finns en punkt markerad ”Balanserad produktion och konsumtion av elektricitet” vilket svarar mot att all producerad el i mikrogasturbinen (på årsbasis) förbrukas av värmepumpens kompressor. För detta fall erhålls en årsutnyttjandegrad av bränslet strax över 150 %. Det kan dock noteras att denna balanspunkt inte sammanfaller med minsta uppvärmningskostnaden om olika relationer mellan värmemotorn och värmepumpen studeras, se Figur 6a. I den antagna prisrelationen mellan pellets och el skall tydligen produktionen av el vara mindre än förbrukad el i värmepumpen för att erhålla minsta uppvärmningskostnad. Om priset på köpt el ökar i förhållande till priset på pellet flyttas minsta uppvärmningskostnad mot en balans av produktion av el och förbrukning av el i värmepumpen, se Figur 6b och Figur 6c. Figur 6a visar att systemet med minst uppvärmningskostnad är systemet med kombinationen av mikrogasturbin och mekanisk värmepump, något bättre med marklager än uteluft. Denna lilla skillnad skall ställas mot kostnadsskillnaden mellan dessa båda system.



Figur 6b: Uppvärmningskostnad för systemet men såld el är värd 70 öre.



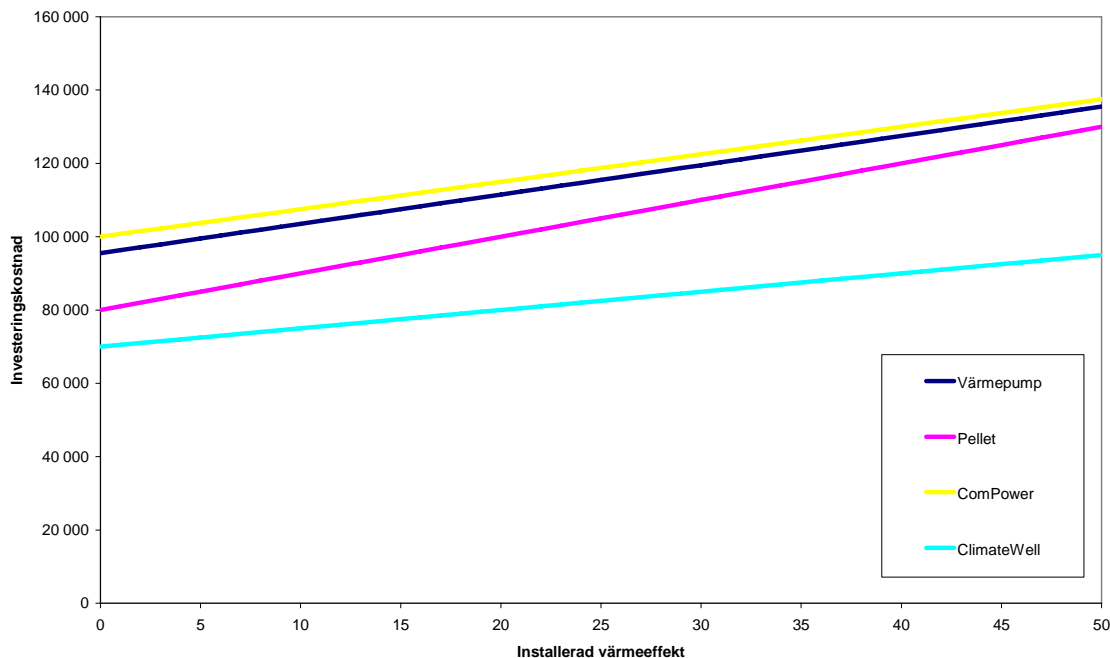
Figur 6c: Uppvärmningskostnad för systemet men såld el är värd 70 öre och köpt el kostar 1.30 kr.



Figur 7: Årsvärmefaktor (SPF) för olika system.

Ur konsumentsynpunkt är det kanske mer intressant att studera även kapitalkostnaden för de olika systemen.

Installationskostnaden har här uppskattats¹⁰ för de simulerade systemen. Figur 8 visar använda kostnadsfunktioner. Vidare antas att prisutvecklingen på el är ca 5 % per år och 1 % för pellets. Totalkostnaden för systemet uppskattas efter 20 år inklusive inköp, installation och årlig energikostnad med en nuvärdesanalys. Kalkylräntan väljs till 8 %. Tabell 4 visar nuvärdeskostnaden för några olika inköps- och installationskostnader.



Figur 8: Kostnadsuppskattning för ingående komponenter¹¹.

Tabell 4: Ekonomiskt utfall (= totalt ackumulerade kostnaden för anskaffning och drift, i kr)¹² enligt energiprisscenario i Figur 6a.

	Pellets	Luft-VP & Eltillsats	Luft-VP & Compower	Luft-VP & Compower	Luft-VP & Compower
Inköp & Installationskostnad	80 000	99 500	205 500	150 000	125 000
Elpris (SEK/kWh)					
1	250 927	221 159	310 718	255 218	230 218
1.5	250 927	250 927	351 991	296 491	271 491
2	250 927	342 818	393 265	337 765	312 765

¹⁰ Installationskostnaderna är grova uppskattningar, men respektive leverantör av ingående huvudkomponenter har gett indikationer på riktigheten i dessa uppskattningar.

¹¹ Kostnaden avser inköp och installation av varje system för sig, t.ex. VP avser inköp och installation av enbart en uteluftsvärmepump i huset. Pellet avser således inköp och installation av endast en pelletpanna i huset. Compower avser inköp och installation av pelleteldat mikrogasturbinsystem. ClimateWell avser inköp och installation av kemisk värmepump.

¹² Kostnaden avser inköp, installation och drift av respektive system. "Pellet" och "Luft-VP & Eltillsats" avser referensfall, vars kostnad hålls konstant. För det kombisystemet som utvärderats här ("Luft-VP & Compower") har den totala kostnaden varierats för att undersöka vilken kostnad som kan vara acceptabel utifrån lönsamhetsynpunkt för konsument.

Diskussion

Resultaten från simuleringar påvisar en signifikant energieffektivitet jämfört med traditionell pelletpanna. Baserat på uppvärmningskostnad är kombisystem att föredra, men sett till totalkostnad efter 20 år är det svårare att från ekonomiska termer försvara kombisystemet då kostnaden för systemen enligt gjorda antaganden kommer att bli nästan dubbelt så hög. Investingskostnaden för kombisystemet måste reduceras kraftigt för att bli attraktiv ur ekonomisk synpunkt. Inte heller i scenariot att elpriset ökar i förhållande till pellets blir systemet det billigaste, traditionell panna är då mer attraktiv, om inte investeringskostnaden för systemet minskar samtidigt som priset för såld el ökar..

Det finns dock andra aspekter som kan/bör beaktas. Genom att introducera en värmemotor som samtidigt producerar el ges en möjlighet till el och värme vid tillfälliga elavbrott på det regionala elnätet. Vidare ger kombinationen med värmepump extra redundans i uppvärmningssystemet, går den ena maskinen sönder fungerar sannolikt den andra maskinen.

Ur samhällelig synvinkel är systemet attraktivt eftersom bränsleförbrukningen (pellet) för ett hushåll nästan kan halveras jämfört med traditionell pelletpanna eller med pelleteldad mikrogasturbin. Vidare minskar toppeffekten kalla dagar jämfört med om motsvarande värmesystem vore enbart uppvärmda med värmepumpar eftersom tillsatsvärmens via direktverkande el kan undvikas. Således minskas total belastningen av elnätet, speciellt kalla dagar, men även totalt över året.

Det skulle kunna vara lämpligt med införande av subventioner för installation av dylika uppvärmningssystem som inte påverkar elkonsumentioner men samtidigt utnyttjar bränslet till mer än 100 % när väl systemet och dess komponenter kan påvisa jämförbara underhållskostnader och livslängder med befintliga uppvärmningssystem.

Systemet kan bli mer ekonomiskt intressant vid större system än de som här studerats, där kostnaden per installerad kW inte är lika hög, t.ex. flerfamiljshus eller samfällighetsföreningar som närvärmevärk. Ett enkelt scenario med 10 gånger så stort hus (flera hus eller flerfamiljshus) innebär en nuvärdeskostnad som enbart är strax över fyra¹³ gånger så stor som grundscenariot enligt Tabell 4¹⁴.

Rekommenderade fortsatta studier

Som rekommendation kring fortsatta studier kan följande anges:

1. Experimentell verifiering av systemlösningens bränsleutnyttjandegrad
2. Utformning av integrerad enhet som mer effektivt kan utnyttja bränslet
3. Framtagande av systemlösningar eller komponenter som kan reducera kostnaden, t.ex. enklare plug-in moduler för befintliga pelletpannor (t.ex. separat mikrogasturbin eller små ångkraftverk).
4. Undersökningar av komponenters livslängd och behov av underhåll, Konsumentprodukter kräver längre intervall än större industriella system.

¹³ Baserat på relation mellan installationskostnad och installerad effekt enligt Figur 8.

¹⁴ Grundscenario: Fighter + Compower, 205 500 SEK installationskostnad -> 310 718 SEK nuvärdeskostnad
Scenario 10ggr: Fighter + Compower, 234 250 SEK installationskostnad -> 1 052 180 SEK nuvärdeskostnad

Bidragande företag

I föreliggande projekt har följande företag och organisationer deltagit med information, kunnande och finansiering:

Energimyndigheten,
NIBE Villavärme AB,
IVT Industrier AB,
Thermia Värme AB,
ComPower AB,
ClimateWell AB,
Svenska Rotor Maskiner AB (SRM),
Setra Group. Trälyftet AB
Ingenjörfirma Lennart Asteberg (IFLA).

Länkar

IEA/ECBCS Annex 42: The Simulation of Building-Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems, <http://cogen-sim.net/>

SPM – Stirling Power Module, <http://www.meinkraftwerk.at/>

Agrol, www.agrol.se

Compower AB, www.compower.se