

Høgskolen i Gjøviks rapportserie, 2013 nr. 6

Sårbarhet, off-grid og biobrensel-
basert mikro CHP-anlegg,
Høgskolen i Gjøvik

Magnar Eikerol og Ivar Moe



Høgskolen i Gjøvik
2013

ISSN: 1890-520x

ISBN: 978-82-93269-45-8

Sårbarhet, off-grid og biobrenselbasert mikro CHP anlegg Høgskolen i Gjøvik

Dosent Magnar Eikerol med medforfatter høgskolelektor Ivar Moe

13.12.2013



Bilde fra Returkraft i Kristiansand, hvor Viking Heat Engine er installert med tre maskiner 2013.
Gjengitt med tillatelse fra Harald Nes Rislå- Viking Development Group

jklzxrtyuiopasdfghjklzxcvbnmqwerty
uiopasdfghjklzxcvbnmqwertyuiopasd
fghjklzxcvbnmqwertyuiopasdfghjklzx
cvbnmqwertyuiopasdfghjklzxcvbnmq
wertyuiopasdfghjklzxcvbnmqwertyui
opasdfghjklzxcvbnmqwertyuiopasdfg

Innhold

1.1	Off-grid – bærekraftig energi – sårbarhet.....	3
1.2	Sammendrag.....	3
1.3	Introduksjon.....	3
2.	Teori - bakteppe.....	4
3.	Resultater.....	6
3.1	Viking Heat Engine AS sin maskin CraftEngine.....	7
4.	Diskusjon og forventninger.....	8
5.	Beregningsprinsipp.....	9
5.1	Økonomi ved vanlig nettforsyning.....	10
5.3	Norske betraktninger over økonomien ved elkraftens framtid.....	10
6.	Økonomi i ved/flis fyrte mikro CHP anlegg i vanlig drift.....	10
6.1	Volter oy eller tilsvarende i norske forhold.....	10
6.2	Viking Heat Engine anlegget - med ukjente forhold.....	11
7.	Hva med samarbeid mellom to til fire småhus i VHE's anlegg?.....	11
8.	Konklusjon.....	13
	”Hva skal så til for at også småskala og mikro skala biomasse kraft-varme skal bli attraktivt i Norge?	13
	Referanser.....	14
	Vedlegg A.....	15
	Vedlegg B.....	20
	Produksjon av syntetisk biogass (gassifisering).....	20
	Vedlegg C.....	23

1.1 Off-grid – bærekraftig energi – sårbarhet

RFF prosjekt nummer 220458

På engelsk defineres en uavhengig bygning (*autonomous housing*) som en bygning som er designet for å kunne operere uavhengig av infrastruktur. Om huset faktisk ikke er tilknyttet infrastrukturen kalles dette et *off-grid*. Med andre ord er et «off-grid-hus» en uavhengig bygning, men en uavhengig bygning er ikke nødvendigvis «off-grid».

Hva skjer med samfunnet vårt dersom strømmen blir borte i lengre tid?

1.2 Sammendrag

Man ser behov for å diskutere et elkraftsystem som ikke er så sårbart overfor vær og eventuelle klimaforandringer. Et elkraftsystem som baserer seg på et samlet overføringsnett for alle regioner er /vil bli voldsomt dyrt, og foreløpig er det en menneskerett å ha strøm i huset. Dette kan bli trøbbelsomt dersom vi får stadig villere vær med storm i kastene som ødelegger kraftlinjer med påfølgende stopp i f.eks melkeproduksjonen. Mangelen på en nettpolitikk som henger sammen med energi- og klimapolitikken er synlig. Man må bruke mindre og erstatte fossil energiproduksjon med bærekraftig energi. Dette betyr i klartekst bensin – eller dieselaggregat for strøm må erstattes med noe annet. Dette annet er i vår kontekst - ved i en eller annen form. Prosjektet går ut på å finne verktøy eller utstyr som kan benyttes i sammenheng med slike scenarier. Spesielt har man i tankene et utstyr som kan benytte biobrensel som er mer eller mindre uforedlet - egentlig tørket ved eller huggen flis. Pellets er foredlet biobrensel i denne sammenheng. Det er oppdaget minst to systemer som kan gjøre dette. De fleste lager først en gengass (uforbrent ved) som de deretter tenner på gjennom en gassmotor. Amerikanerne har laget slike systemer lenge. Dette systemet er også utviklet av et firma som heter Volter oy i Finland. De gjør akkurat det som det er tenkt på i dette forprosjektet. Det er imidlertid også kommet fram et firma her i Norge med navn VDG (Viking Development Group) som også har laget en maskin som kan gå off-grid (øystrom på norsk) og som kan produsere elektrisitet og varme uten å gå veien om damp under høyt trykk. De er imidlertid foreløpig på prototypestadiet og under uttesting i disse dager (november 2013) og derfor blir det litteraturundersøkelser og bedriftsbesøk til VDG i Kristiansand for å se og lære. Den finske bedriften har gitt fra seg sine drifterfaringer ved å svare på spørsmål via epost, slik at en tur dit ikke er nødvendig. Det er prøvd å beregne og utforme et slikt anlegg med en mindre bedrift og noen husstander om hvordan de må oppføre seg med hensyn til energibruken over tid, slik at man kan leve uten offentlig strømmnett basert på bioenergi.

1.3 Introduksjon

Strømforbruket vil øke med en faktor fra tre til sju i løpet av 100 år. Det er behov for strøm i uendelig tid. To grader økning av temperaturen er av flere miljøer antatt å føre

med seg sykdommer, tørke og andre katastrofer som får store samfunnsøkonomiske konsekvenser.

For fjernt for fjernvarme

På grunn av den spredte bebyggelsen er ikke Norge et land hvor fjernvarme kan utnyttes maksimalt. For å nå målet til regjeringen om 14 nye TWh innen 2020 må man benytte biokraft. Med en slik kraftproduksjon kan man bygge et nytt lokalt distribusjonssystem. Dette kan gi økt effektivitet og bedre utnyttelse av ressursene. Den største delen av elektrisitetsproduksjon i Norge foregår i store kraftverk, med enveis transport av strøm fra produksjonsenhetene, gjennom transmisjonsnett og distribusjonsnett til forbrukerne. Innføring av distribuert produksjon bryter dette mønsteret i og med at produksjonsenhetene ofte er tilknyttet distribusjonsnettet (typisk på 11 – 22 kV spenningsnivå) og da gjerne i nett som ble bygd for å forsyne en relativt liten lokal last. Tilknytning av distribuert produksjon vil derfor ofte kunne medføre behov for tiltak i nettet slik at restriksjoner når det gjelder spenning og belastning skal overholdes.

Forprosjektet vil nettopp dreie seg om det å finne ut om det er mulig og tilrådelig å etablere et ”lite lokalsamfunn” som gjennom samarbeid om energien kan klare seg uten det offentlige nett. Det må i tillegg til det tekniske anlegg også belyses om det er økonomisk grunnlag for slike anlegg med å forsøke å finne ut hvilken grensekostnad dagen elektrisitet må ha, før dette kan slå inn. Potensialet for denne forskning eller utredning om man vil, kan bety at man her i regionen kan utvikle komponenter som kan implementeres i steder hvor det er langt til nærmeste strømnnett, bare man har tilgang til brennbare bærekraftige energibærere. (tre, søppel, sol, vind etc.). I tillegg så vil vår region få flere arbeidsplasser med logistikk av trevirke, vaktmestertjenester, regnskapsføring og annen tjenesteyting.

Målet

Det skisserte prosjektet har som mål:

- Undersøke om teknologien er kommet så langt at den kan implementeres, spesielt VHE (Viking Heat Engines as) sin motor med leverandørs flisovn. Volter Oy bruker kjent teknologi med gassifisering av flis og lar den bli forbrent i en gassmotor.
- Om det er økonomi i en slik implementering
- Under hvilke forhold kan en slik teknologi tenkes benyttet - øystrøm.

2. Teori - bakteppe

Vårt samfunn har en strøm infrastruktur som er bygget opp gjennom årtier og som i dag er vel knyttet sammen på alle måter. Et brudd i denne kjeden kan som oftest erstattes via at strømmen kobles en annen vei. Men, noen ganger går ikke det. Det er ikke mange år siden at

et lokalsamfunn i Nord-Norge var uten elektrisitet en hel uke vinterstid(2003). Da var det godt at folk hadde ved og dieselfyrte strømaggregat til noen viktige husstander som fjøs osv. Ei heller er det gått lang tid siden at vinterstormen Dagmar feide over innlandet og la igjen mange arbeidstimer for elkraft folket før man var i gang igjen, og det er i denne sammenheng at man tok tak i denne problemstillingen. Det ble tatt i mot en hyggelig telefonhilsen fra Finnskogen med ønske om godt nyttår, mens vedkommende samtidig sa at strømmen på gardsbruket var tatt av nevnte storm, slik at kyrne sto med melkespreng og det måtte melkes for hånd. Det er ingen grei måte når dyra ikke er vant til slikt. Etter hvert fikk han tak i strømaggregat slik at dyra ble melket. Vedkommende bor ca 1 mil fra nærmeste trafo og i og med at han nettopp hadde overtatt gården fra en onkel som levde ålene, så var også spenningen der lav. Når onkel levde så var han vant til ”skumring” og radio. Når så arvingen overtok ble det behov for mer strøm til gården i og med at andre krav til komfort dukket opp. I dag, den 20. november 2013, så er vi akkurat ferdig med et uvær-Hilde- som nettopp har forårsaket det samme som akkurat tidligere er beskrevet. I Dagsnytt den 18. november ble akkurat en slik episode fortalt. Her byttet bøndene på strømaggregat for å melke kyrne og få fraktet ut melken så fort som mulig i og med at de ikke hadde kjølemuligheter.

I Teknisk Ukeblad nr 31/2013 er dette blitt fremhevet, men med nødaggregat av konvensjonell type a la diesel eller bensin aggregat.

Øystrøm er som navnet sier noe som tidligere ble benyttet på våre bebodde øyer langs kysten vår. De siste 20 år har imidlertid også de fått kabel fra land og dermed kuttet ut dieselaggregatene for elektrisitetsproduksjon. Disse aggregatene står nå stort sett som beredskap eller har allerede rustet fast. For en tid tilbake så kunne man lese at statsministerens beredskapssenter hadde en slikt aggregat, men det sviktet i øvingsøyeblikket. Hva hadde skjedd dersom man fikk et brudd i forsyningskjeden for flytende drivstoff av en eller annen grunn her i landet? Nå skal det ikke tas opp slike alvorlige tema i denne rapport, men viktig nok er det at landet har et ”overskudd” med biobrensel og at vi får et stadig mer villere vær med de komplikasjoner det måtte medføre for vårt strømmnett. I en herværende avis datert 2.oktober 2013 står det følgende ”Strømbrudd kan vare i flere uker”. Dette er Gjøviks Blad førsteside for denne utgaven. Gjøvik by vil gå i svart den dagen trafoen på Kallerud svikter. Dette uttales av planingeniør Anders Dalsegg i Eidsiva Nett as.

Da er det jo greit at man tar opp dette tema også her i nærmiljøet.

Her er det to tilstander som bør diskuteres. I nødstrøm tilstand og i en setting hvor man er helt avkuttet fra det opprinnelige nettet.

Nødstrøm tilstanden er antatt av relativt kortvarig varighet, inntil to uker hvor man kan klare seg med vanlige nødaggregater fyrt med diesel eller bensin, mens den hvor man er i en varig avkuttet tilstand fra nettet, bør ha også andre alternativer i tankene. Det er opprinnelig denne tilstanden som er tenkt i dette forprosjekt,

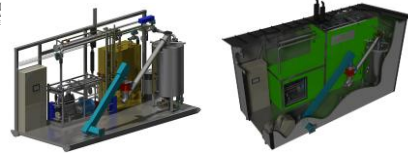
3. Resultater

Fra samtaler med daglig leder Jarno Haapakoski i Volter Oy så har man klippet litt fra hans presentasjon ved Baltic Bioenergy Conference i Oslo den 21. og 22. mai 2013. Hele hans foredrag ligger i vedlegg A.

Sustainable energy solutions



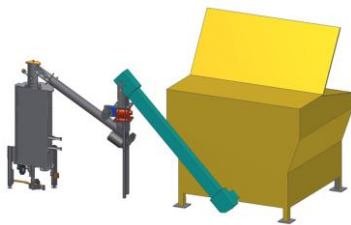

VOLTER
 I HAVE A CHOICE
 Your own green energy!



Model:	Volter 30
Fuel:	Wood chips (birch, spruce, pine, aspen)
Fuel moisture:	<18%
Particle size:	8mm ≤ P ≤ 50mm, fine particles (<3,15mm) <1%, all <63mm
Plant structure:	Steel frame, Insulated with paroc (or similar) panels
Color:	As per agreement
Fuel supply:	Spring agitator, auger, rotating feeder
Generator:	Agco Sisu Power 4,9L, 4-cyl.
Output:	Generator output 30kW, thermal 80kW
Plant usage (e):	ca. 1,5-2kW
Fuel consumption:	ca. 3,5 m3 of chips/24h at 100% power level
Automation:	Schneider electric PLC, GSM-alarms, remote internet control
Connections:	Electricity cable, Heat channel, water line, broadband, GSM-connection
Installation:	Asphalt or concrete base
Ash removal:	Automatic ash removal
Max. o.t./a:	7000h
Maint. interval:	once a week
Other:	Typical heat network starting temperature +65-75°C, returning temp. +35 -> +45°C.



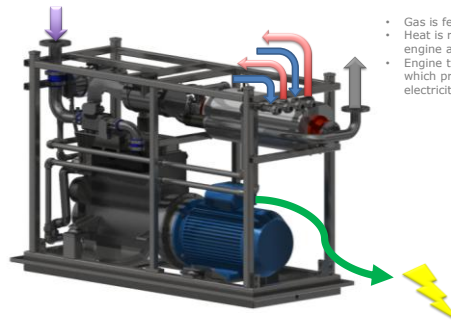
Fuel feeding and gasification



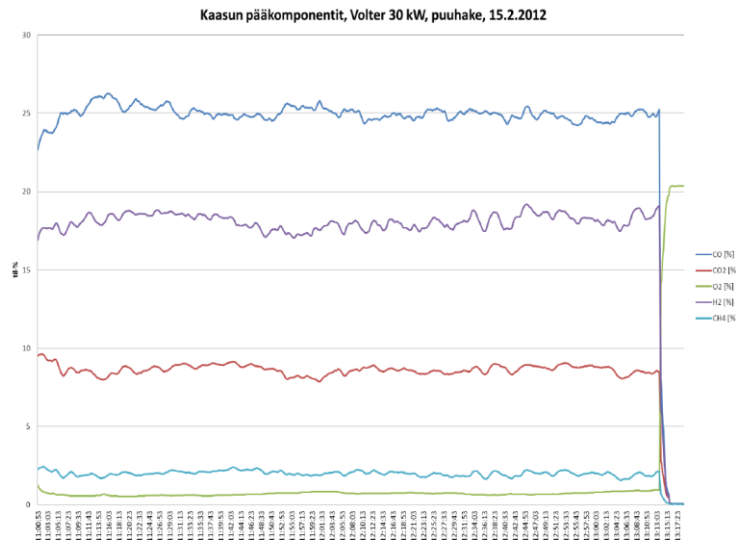
- Fuel is fed from the silo by screw and chain conveyors
- Rotating feeder prevents from free air flow to the reactor. It also protects from back fire
- Automation controls feeding using level information from the reactor level switches



Heat and electricity from the gas



- Gas is fed to the engine
- Heat is recovered from engine and exhaust gas
- Engine turns the generator which produces clean electricity



“I have done gasification research and development at VTT since 1981, Volter’s gasifier is the first ideal working downdraft gasifier that I have come across. Congratulations!

Esa Kurkela, Development manager at VTT
Gasification and Gas Cleaning Technologies

3.1 Viking Heat Engines AS sin maskin CraftEngine

Utviklingsbedriften ble besøkt i begynnelsen av juli 2013 og Harald Nes Rislå (patenteier) kunne fortelle levende og engasjert om motorutviklingen til VHE. Dette er en ensylindret stempelmotor som går på et kjølemiddel som ”drivstoff”. Dette er en Organic Rankin Cycle (ORC). Hele prosessen blir som følger: Biomasse blir fylt inn i en ovn som brenner flis – her også. Denne varmen som dannes varmer opp vann til en temperatur over 200 °C. Dette er ikke damp, men trykksatt vann slik at det fortsatt er vann. Dette vannet varmeveksles med kjølemediet under høyt trykk som igjen benyttes som drivstoff (dampfase) til stempelmotoren. Etter endt slag har dampen fått både lavere temperatur og trykk. Denne blir igjen varmevekslet med vann under vanlig trykk og blir varmet opp av kjølemediet. Dette vannet blir da fjernvarmen ut på nett. Kjølemediet er nå kondensert til væske. Væsken må pumpes opp i trykk igjen, før den passerer den hete varmeveksleren igjen. Altså tas noe pumpearbeid fra prosessen.(ORC prosessen)

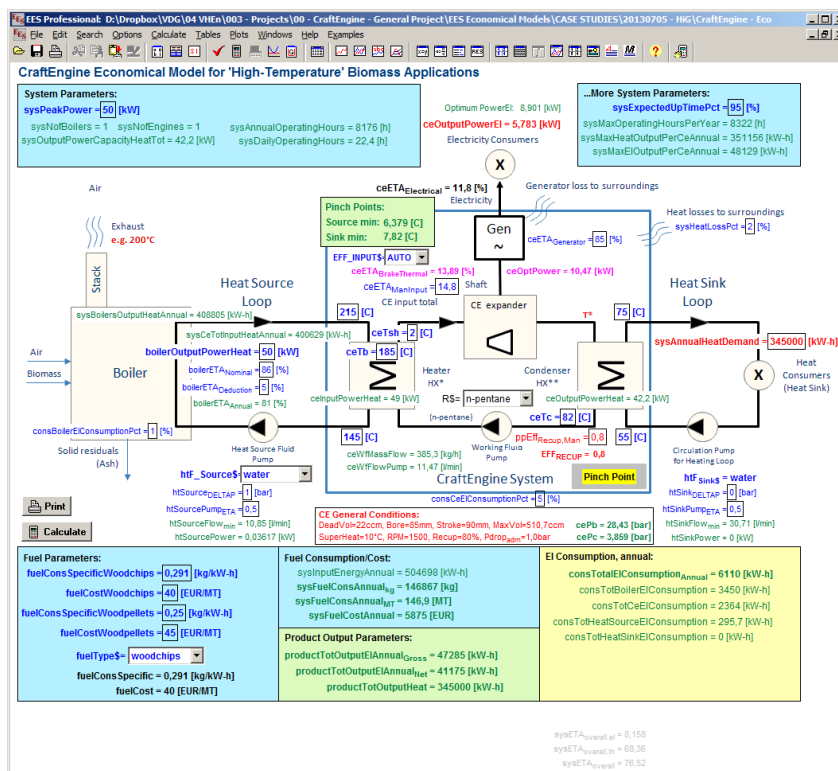
Fra Nes Rislå sitt foredrag den baltiske bioenergikonferansen holdt i Oslo 2013 er fordelene ved CraftEngine følgende: ”Selv om CraftEngine opererer på Organic Rankine Cycle prinsippet, og dermed per definisjon er en ORC, tilbyr det viktige funksjoner som skiller den fra andre teknologier:

Først av alt, har CraftEngine blitt utviklet for å oppnå lave produksjonskostnader. Prisen på det kommersielle system vil være på rundt € 20 000 eller lavere, Kjelleverandøren oppgir sin pris til foreløpig 40 000 Euro. En applikasjon som utnytter CraftEngine sin fulle kapasitet (12 kW strøm per enhet), resulterer i en kostnad på ca € 1700/kWe , den laveste kostnaden i markedet for alle småskala teknologier. Dette bør gjøre CraftEngine et attraktivt valg for

mange markedsapplikasjoner. (Avløpsvarme av 80 °C og ingen restvarme). Med fliskjel blir kostnaden høyere.

Dernest har en stor innsats vært brukt for å gjøre det mulig for CraftEngine å være effektiv over et vidt område av driftsbetingelser, både med hensyn til inngangs temperaturnivå samt varierende belastningsforhold. Dette oppnås ved et smart ventilsystem som gjør det mulig nøyaktig og effektivt å styre motoren over et bredt last - og temperaturområde. CraftEngine kan operere effektivt ned til omtrent 80 °C og 30 % av full belastning eller endog lavere.

Tredje, for å oppnå høyest mulig virkningsgrad, har CraftEngine blitt utviklet for å oppnå et minimum av friksjon og gass-strømningsbegrensning. Dette gir en meget høy såkalt isentropisk virkningsgrad, som medfører at de mekaniske og hydrauliske tapene er lave, og dermed blir virkningsgraden høy. Dette er også spesielt viktig for småskalasystemer, der andelen tap til energiproduksjon ofte er høy på grunn av beskaffenheten av småskala design. Småskala motorer er mindre effektive enn større maskiner.” ORC prinsippet er beskrevet i vedlegg C.



Dette er et print screen av hvordan beregninger utføres i maskinutviklingen

4. Diskusjon og forventninger.

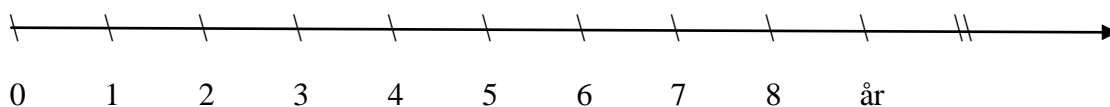
Av disse to foredragene ser vi at det er mulig å komme opp med utstyr som kan produsere strøm fra ved. I mine øyne er det beklagelig at veden må først foredles gjennom en hugger til flis som i det ene tilfelle må tørkes ned til ca 18 % for å avgi nok effektiv gass for reaksjonen med gassifisering. VHE (Viking Heat Engine as) sin maskin er påstått å kunne produsere nok varme/strøm selv om flisa fra leverandørens kjel er relativt rå, omtrent 35 % av totalvekt.

Selvfølgelig er årsaken den at matingen inn i fyringsanlegget bør foregå kontinuerlig slik at elektrisiteten har samme spenning og frekvens hele tiden. Når dette skrives, så vil jeg igjen henvise til artikkelen i Teknisk Ukeblad nr 31 i 2013. Der skriver NVE at de står som søker av en FoU av typen sårbarhet i befolkningen og hvor stort behov det er for nødaggregater i Nordland og Vestfold fylke. Undersøkelsen skal ledes av fylkesmennene og det blir jo interessant av hva som kommer ut fra denne. Mitt anliggende er i denne omgang om ikke dette ”nødaggregatet” skulle være biobrensel fyrt. Dette fordi det alltid vil være tilgjengelig ved til brensel, mens derimot vil det ikke etter hvert være ”jerrykanner” med drivstoff over 20 liter. Ut i fra nødstrømtankegangen, så bør man kunne koble ut nettforsyningen med en bryter og organisere sikringsskapet sitt slik at de mest nødvendige kurser kan kobles inn, uten at nettet dersom det kommer tilbake fort, ikke ødelegger forsyningen med en annen frekvens. Altså, en styrt inn- og utkobling. Dette vil også være mulig innen øystrøm produksjon i tilfelle man vil eller kan ha det sentrale strømmettet i beredskap istedenfor et vanlig dieselaggregat ved vedlikehold av biobrenselanlegget.

5. Beregningsprinsipp

For beregning av økonomien så velges en tidslinje på n år utover år 0 hvor alle utbetalinger i form av bygg, maskiner foretas. Deretter foregår innbetalinger i form av spart energi fra nett, salg via strøm eller varme til utenforstående? Utbetalinger dreier seg om vedlikehold/lønn/service/råvare (ikke minst)/ offentlige avgifter samt tapte inntekter ved alternativ bruk av råvarene.

Tidslinje



Ved år 0 har man $-U_0$, Mellom 1 og 2 har man I_2-U_2 osv. U er utgift, I er inntekt

Dette utgjør kapitalkostnaden(lånerente + risiko)

Netto nåverdi = $-U_0 + \text{Sum}(I_i-U_i)/(1+r)^i + U/(1+r)^n$ hvor n er levetid. i økes med 1 til 12 i regnestykket.

Dersom NNV (netto nåverdi) er større enn 0, så gå i gang. For NNV lik 0, så kan man finne internrente r, og er NNV negativ, ikke invester.

For det finske anlegget får man da følgende.

$$U_0 = 2,2 \text{ mill}(250' \text{ Euro} + 10 \%)$$

Inntjening er spart strømkostnad, utgift er råstoff, diesel for aggregat og lønn for vedlikehold.

I Finland er gjennomsnittlig strømpris 12Eurocent pr kWh- dette oversettes ved 8 kr per Euro til 96 øre/kWh. Beboerne i området betaler 68 øre/kWh for strøm og 36 øre/kWh for varmt vann.

5.1 Økonomi ved vanlig nettforsyning.

Fra to forskjellige kanter (Eidsiva og Elverum kraft) har man fått opplyst at å grave en kilometer med ledningsnett enten over bakken eller i bakken varierer i mellom 700' og 1000' i relativt fin grunn uten sprengningsarbeider av vesentlig art. Trafokiosk og omkringliggende utstyr har en utgift på 450' til 600', samt kabling til hytter. Til sammen for sammenligningens skyld vil utgiften bli i mellom 1 450 000 tilkoblet strømmettet for 10 hytter en kilometer fra nærmeste nett. Kostnaden ved bruk av dette nettet er kjent med 35 øre/kWh i elkraft og 35 øre/kWh i nettleie pluss en fast avgift pr år.(4000 kr/år pr hus)

5.3 Norske betraktninger over økonomien ved elkraftens framtid

Når dette skrives, så er det mange som bekymrer seg over framtidens kraftpriser. Landene i Europa er inne i en vanskelig tid med økende arbeidsløshet og nedleggelse av industri. Samtidig så har det vært en enorm satsning på vind og solenergi i Tyskland som med gode intensivordninger har tilført landet svært mye fornybar energi. Derfor er det blitt et spørsmål om hva Norge skal gjøre med sin gass og om lønnsomheten ved denne. Samtidig er det diskusjoner om Europa i de nærmeste årene er interessert i norsk elkraft. Her er mange motstridene interesser som uttaler seg. Statkraft vil gjerne bygge flere kabler til utlandet, men verken England eller Tyskland viser så stor interesse mer. Dersom slik linjer bygges, så blir vel antakelig de vanlige innbyggere som blir belastet med den utgiften. Da får man kanskje likere strømpriser over hele Europa og som på sikt kan medføre at strømprisene blir lavere enn det man forventer. Dette er imidlertid politikk som ikke vil bli bedrevet lenger her i denne rapport. Utgangspunktet for denne rapport blir derfor at kraftprisen forblir lik gjennom levetidsperioden for anleggene som sammenlignes med elkraft fra vannkraften.

6. Økonomi i ved/flis fyrte mikro CHP anlegg i vanlig drift

6.1 Volter oy eller tilsvarende i norske forhold

Når man skal finne økonomi i slike anlegg, så må man legge en noen forutsetninger til grunn.

I det finske anlegget har man fått investeringsutgiften og man har til dels også fått tak i tall for hva de selger de forskjellige energiformer(strøm og varme) for. Fra utbyggeres synspunkt må man ta de inntektene man selger strøm og varme for, og deretter trekke ifra de utgiftene man som utbygger har. Ved 6500 timers drift og 28,5 kW_{el} og 75kW_{th}, så blir tallene henholdsvis 185250 kWh_{el} og 487500 kWh_{th}. Med en kWh pris på 0,68 kr/kWh på el og 0,36 kr på varmt vann, så blir inntekten 126 000 kr for el og 175 500 kr for varmt vann. Til sammen 301500 kr. Utbygger har også driftskostnader som er 20000 i deler hvert år, 65 000 kr i lønnsutgifter som belastes anlegget, varme til tørking av flis som koster 168000 inkludert virkningsgraden på 80 %. Til sammen en utgiftsside på 253 000 kr. Differansen er 301 500 – 253 000 lik med 48250 kr årlig av en investering på minst 2 500 000 kr. I tillegg kommer foreløpig 0,15 kr/kWh som grønt sertifikat gir, slik at vi må legge til 27 750 kr til påproduisert elkraft. Til sammen 48250 + 27750 = 76 000. Med 12 år tilbakebetalingstid og NNV lik 0 blir dette en intern rente på minussiden. Her må det masse støtte til for at man skal få noe igjen

som investor. Med samme antatte levetid på 12 år og en rentekrav på 6 %, så får man en annuitetsfaktor på 8,38. Dette tallet multiplisert med 76 000 gir 637 000 kr. Ergo må ”Enova” støtte tiltaket med 1863 000! i investeringsstøtte + massevirkepris på 450 m³ tømmer i tillegg hvert år for virket. 6% rente er ut i fra en forsiktighetstankegang med at jeg har satt investeringen noe høyere enn kanskje nødvendig, og det samme er driftskostnadene.

Fra brukernes synspunkt blir regnestykket følgende, vi behandler brukerne som en gruppe.

De bruker en strømmengde på 185250 kWh og en varmemengde på 487500 kWh.

Med de offentlige strømutgifter, så hadde de måttet betale minst $(185250 + 487500) \text{kWh} * 0.96 \text{ kr/kWh}$ som blir 646 000 kr. I virkeligheten betaler de 301 500 kr. Differansen her er 345 000 kr. Hvis man her også krever 12 år og 6 % kapitalrente og jevn ”tilbakebetalingsstrøm” på 345 000, så vil husstandene klare en mer investering til lavenergihus til sammen på 2 890 000 kr. (290 000 kr pr hus?)

6.2 Viking Heat Engines anlegget - med ukjente forhold.

I VHE sitt anlegg vet man foreløpig kun utgiften på motor og fyringsanlegget fra leverandør.

I Harald Nes Rislå sitt foredrag under nevnte konferanse kom det fram at maskinen foreløpig er anslått til å koste 20 000 Euro (160 000 kr), men kjelen inkl fordampere er anslått til 40 000 Euro (320 000 kr). Med diverse oppstillingsutgifter som kabling, rørlegging ut fra anlegget til nye 200 000 kr, så blir utgiften her i år 0 lik 700 000 kr. Dersom man tenker seg at et slikt anlegg går med 6 kW_{el} og 30 kW_{th}, 6000 timer i året, så blir energiproduksjonen 36 000 kWh el og 180 000 kWh termisk, til sammen 216 000 kWh. Virkningsgraden inn på anlegget settes til 80 % når det er i drift med flisfyringsanlegget. $36/0,8$ blir likt med 45 kW effekt inn på kjelen. Til sammen trenger man 45 kW multiplisert med 6000 timer, som er 270 000 kWh i flis. 1 m³ med fuktighet på over 30 % har et energi innhold på 800 kWh, så tilsvarer dette 340 m³ eller 136 m³ tømmer som har en kostnad på 450 kr/m³ inkludert flisning og transport. Til sammen 61 200 kr. Med antatte andre driftsutgifter på 3 000 kr i deler og 10 000 i lønninger, blir driftskostnadene sett fra utbyggers side 74 200 kr hvert år. Vi ser på anlegget fra investors side igjen. Det er 700 000 kr i investering og en årlig driftskostnad på 79 200 kr. Det selges 36 000 kWh el til en pris av 0,5 kr/kWh og varme til en pris av 0,4 kr /kWh. Dette blir en inntekt på 90 000 kr pluss 0,15 kr/kWh i grønt sertifikat på strøm, som gir et tillegg på 5400 kr. Dette blir altså ingen butikk for en ekstern investor.

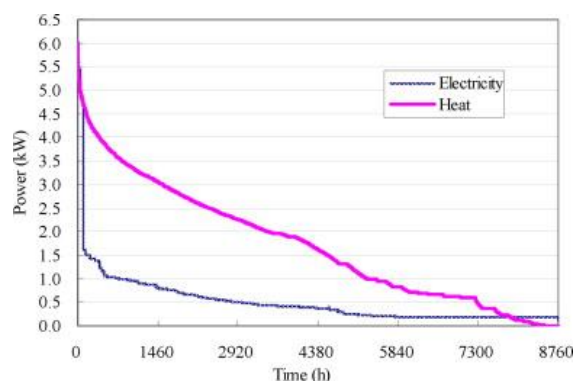
Dersom man er sin egen herre og har kun 5 000 kr i årlige utgifter og sammenligner prisen med det man må betale i strøm fra nettet blir regnestykket $216 000 \text{kWh} * 0,70 \text{ kr/kWh}$ lik med 151 200 kr. Netto blir driftsinntektene da 145 200 kr året.

Annuitetsfaktor blir $700000/145 200 = 4,82$ som over 8 år blir en intern rente på 13 %.

Det gjøres oppmerksom på at da er tømmerprisen, eget arbeid med anlegget og flisning, transport satt til 5000.

7. Hva med samarbeid mellom 4 til 6 småhus i VHE's anlegg?

Det er funnet en artikkel fra Finland som viser hvordan energiforbruk i en enebolig på 150 m² fordeler seg.



Slik ser energibehovet ut for en enebolig på 150 m² i Helsinki Finland

Kilde: [Energy and Buildings Volume 68, Part A](#), January 2014, Pages 351–363

Som man ser av figuren, så er strømbehovet 5 kW i en kort periode, mens hovedsakelig er strømbehovet rundt 1.5 kW over hele året. Varmebehovet er oppe i 6 kW i noen tid, mens det i gjennomsnitt vil være i størrelsesorden 3 kW. En Viking Heat Machines med 6- 12 kW elektrisk og opptil 30 kW varme ville dekke et behov for 4 til 6 slike boenheter. Dersom man tenker seg 6 slike boenheter hver på 100 m² som deler på investeringskostnadene på la oss si 145 000 hver. Da er vannbåren varme lagt inn i eneboligene og et felles varmeanlegg bygget.

Alternativ energikostnad er strøm fra offentlig nett med en årlig fastavgift på 4000 pr husstand og 0,7 kr/kWh. Med et forbruk på 20 000 kWh multiplisert med 6, blir dette 120 000 kWh til en kostnad på 84 000 kr pluss 16000 i fast avgift. Totalsummen blir 100 000 kr årlig. Panelovner er investeringen som utgjør kun en liten del av det hele ved strømbruk i boligene.

Med Viking Heat Engines maskin vil den produsere 120 000 kWh i en blanding av strøm og varme som skal tilbake betales. Med 870 000 kr i investering og med aktuell strømpris som inntekt vil det allikevel ta 10 år før investeringen er nedbetalt med intern rente på 6 %. Råstoffet må fremdeles være ”gratis”, det samme må dugnadsånden for oppfølging av fyringsanlegget være. En liten følsomhetsanalyse kan eksemplifisere dette for bioenergi sin del. La oss tenke oss at strømprisen øker med 20 øre/kWh, slik at energiprisen blir 0,90 kr/kWh. Med et energibehov på 120 000 kWh blir dette 124 000 kr i året i utgift inkludert fastavgiften. Investeringen er fortsatt 870 000 kr. Over 10 år gir dette en internrente på 7 %, ved 6000 timers drift på anlegget. Enhver time utover dette vil selvfølgelig bedre økonomien i et slikt anlegg.

8. Konklusjon

”Hva skal så til for at også småskala og mikro skala biomasse kraft-varme skal bli attraktivt i Norge?

Forbedrede rammebetingelser og/eller kostnadsreduksjoner er nøkkelord, sistnevnte enten i form av billigere brensel eller reduserte investerings- og operasjonskostnader. Generelt setter mindre anlegg større krav til brenselkvaliteten, noe som ikke taler til fordel for småskala biomasse kraft-varme. Det er i dag et stort behov for forskning på optimale brenslar og brenselblandinger, dvs. fremtidens smarte biobrenslar, samt teknologiutvikling for norske forhold og brenslar, og støtte for dette..

I dag påstås det at biomasse kraft-varme er marginalt lønnsomt i større anlegg (> 10 MW innfyrt effekt) hvis du har billig biomasse tilgjengelig, mens småskala anlegg (< 10 MW innfyrt effekt) ikke vil kunne drives lønnsomt med samme brensel under samme betingelser, selv etter innføringen av grønne sertifikater.

Man ønsker å gå i en retning hvor også distribuert elproduksjon fra biomasse, som også kan bidra til sterk økning i bioenergi produksjonen, i småskala anlegg blir lønnsomt, noe som vil kreve vesentlig forbedrede rammebetingelser. Dette blir da mer en samfunnsøkonomisk- og politisk agenda, og er ikke primært et teknologisk spørsmål.”

(tatt fra Xergi nr 3 2012).

9.Hva vil framtiden bringe?

Å spå om framtiden er alltid vanskelig, men den økende kunnskap og forståelse om at økt karbon innhold i lufta kan være uheldig for kloden slik den ser ut i dag, så vil CHP anlegg ha en framtid i og med at vi trenger både varme og strøm. Drivstoffet i framtiden vil bli slitsomt å få tak i og derfor vil det være verdt å planlegge på en slik måte at CHP må med. Det er blitt sagt at CHP er broen til framtidens fornybare energi, men den burde kanskje bedre uttrykkes som at den er fundamentet for en framtid i det hele tatt. For den nære framtid, så kan man tenke seg at flere CHP installasjoner kan settes sammen og på den måten dekke det totale behov for varme og strøm i større steder også. I et slikt konsept, så kan hver applikasjon lage strøm og varme for lokalt behov, mens overskudd av strøm kan sendes til maskiner som har et slikt behov, men som ikke dekkes av egen CHP. Som John Bernander (Viking Development Group)sa på sitt foredrag under verdiskapningskonferansen i Oslo i november 2013. ”Det er et marked for 200 000 000 maskiner rundt omkring som alle kan gå på fornybar energi.”

Referanser

- [1] Jarno Haapakoski – Volter OY - Foredrag ved Baltic Bioenergy Conferance i Oslo 5-6 mai 2013
- [2] Harald Nes Rislå – Viking Development Group – Samme foredragsdager
- [3] Xergi nr 3 – 2012
- [4] Fornybar.no – bioenergi
- [5] Safety of pressure systems Pressure Systems Safety Regulations 2000 Approved Code of Practice
Paragraf 105 ISBN 978 0 7176 1767 8

Vedlegg A

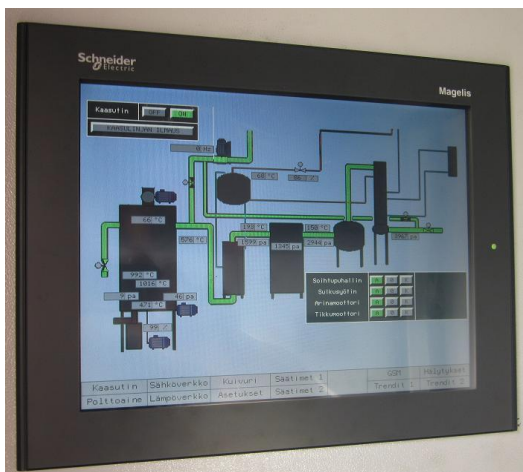
Fra Jarno Haapakoski sitt foredrag fra Baltiv Biomass Conference in Oslo may 2013

YOUR OWN ELCTRICITY FROM WOOD



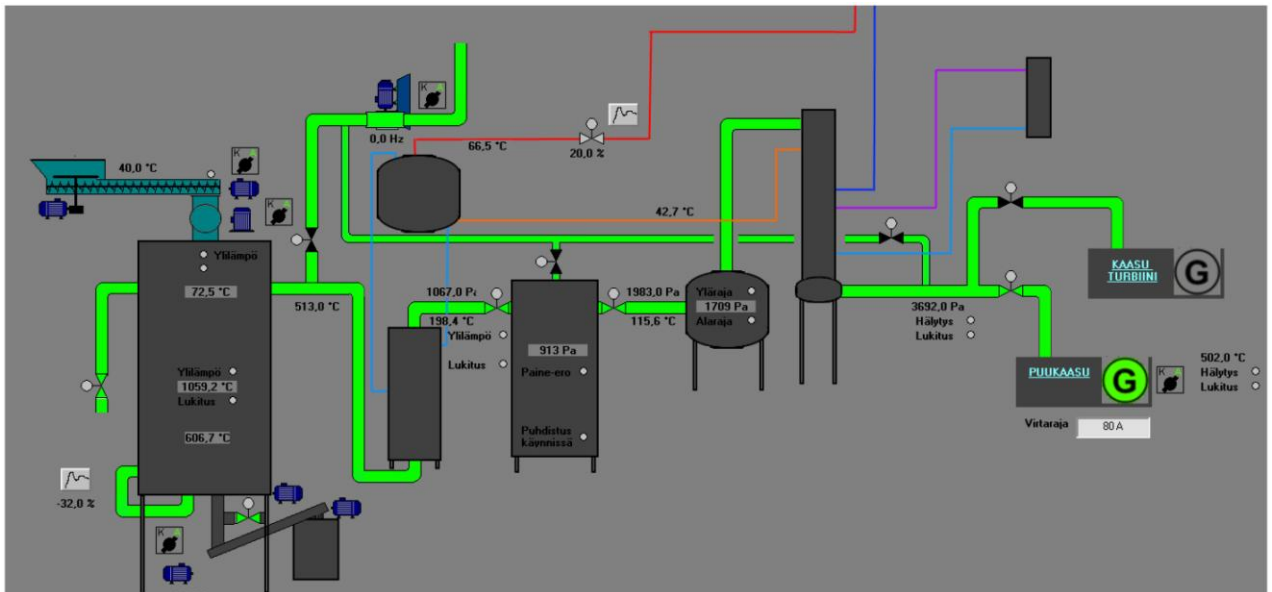
Your own green
energy!

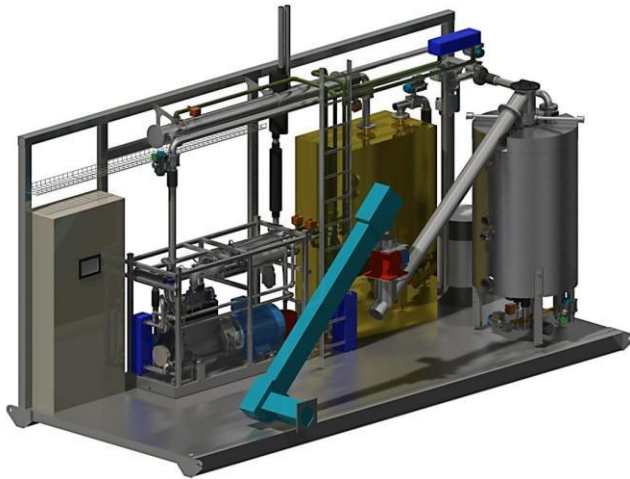
This is how it works



- High level of automation enables unattended operation and remote control

Remote monitoring





Model:	Volter 30 (40)
Fuel:	Wood chips (birch, spruce, pine, aspen)
Fuel moisture:	<18%
Particle size:	8mm ≤ P ≤ 50mm, fine particles (<3,15mm) <1%, all <63mm
Plant structure:	Steel frame, Insulated with paroc (or similar) panels
Color:	As per agreement
Fuel supply:	Spring agitator, auger, rotating feeder
Generator:	Agco Sisu Power 4,9L, 4-cyl. (8,4L, 6-cyl.)
Output:	Generator output 30kW (40kW), thermal 80kW (100kW)
Plant usage (e):	ca. 1,5-2,5kW
Fuel consumption:	ca. 3,5 m3 (4,5 m3) of chips/24h at 100% power level
Automation:	Schneider electric PLC, GSM -alarms, remote internet control
Connections:	Electricity cable, Heat channel, water line, broadband, GSM-connection
Installation:	Asphalt or concrete base
Ash removal:	Automatic ash removal
Max. o.t./a:	7000h
Maint. interval:	once a week

Case Ecovillage



-Off grid –residential area -> proof of concept

-Electricity and heat from wood chips (wood gas) Completed in 2009

-RIL: Building enterprise #1 in Finland 2010

-1. energy independent residential area in Finland

-Green energy for 10 families

-High valued area, satisfied residents

Vedlegg B

Gassifisering av treflis (hentet fra <http://www.fornybar.no/bioenergi/biobrenslar/produksjon-av-flytende-biobrenslar/biodiesel-fra-cellulose-syntetisk-biodiesel>)[4]

Gassifisering innebærer å varme opp et brensel uten å tilføre tilstrekkelig oksygen for fullstendig forbrenning, og man vil få en energirik gass (syntesegass) som senere kan benyttes til energiformål.

Produksjon av syntetisk biogass (gassifisering)

Et fast brensel kan spaltes til gass ved at det utsettes for høye temperaturer i en oksygenfattig atmosfære. Denne termokjemiske prosessen kalles gassifisering og produktgassen kan brukes på flere ulike måter.

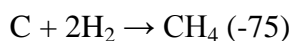
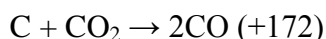
Gassifiseringsteknologien har vært kjent i mange år. Fra slutten av 1800-tallet ble det laget såkalt "bygass" ved å gassifisere kull. Under annen verdenskrig ble kull gassifisert i store industrielle anlegg for å produsere syntetisk drivstoff. Tilgang til billig fossil olje og naturgass medførte imidlertid at denne teknologien fra 1950-tallet ikke lenger var konkurransedyktig (unntak Sør Afrika pga. internasjonal boikott). Utvikling av ny teknologi for forgassing av biomasse har fått en "renessanse" etter årtusenskiftet.

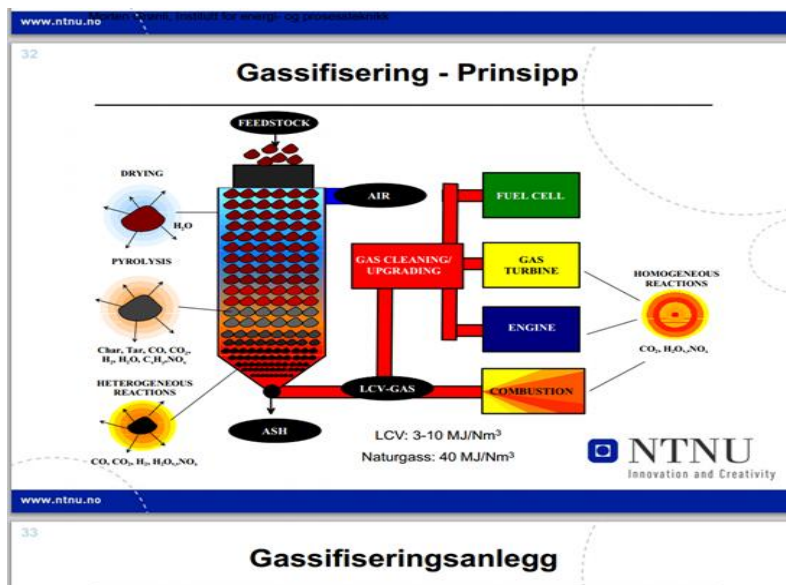
Prosess

Ved gassifisering spaltes brenslar gjennom oppvarming til en brennbar gassblanding bestående av karbonmonoksid (CO), hydrogen (H₂), karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og små mengder tyngre hydrokarboner og tjære. Det må tilføres oksygen for å omdanne karbonet til CO. Dette kan oppnås ved hjelp av luft, ren oksygen eller vandamp (H₂O). Gassblandingen kalles syntesegass, eller syngass.

En rekke ulike reaksjoner forekommer i gassifiseringsprosessen, hvor de viktigste fra gassifisering av biomasse er;

Reaksjon (ΔH , kJ/mol)





Ntnu foredrag Morten Fossum

Tabellen under viser typisk sammensetning av produktgassen med luft som oksidasjonsmiddel.

Komponent	Brensel	
	Trekull	Ved (15-20 % fukt)
CO ₂	1-2 %	10-15 %
C _n H _m	0-0,10 %	0,2-0,4 %
CO	28-31 %	17-22 %
H ₂	5-10 %	16-20 %
CH ₄	1-2 %	2-3 %
N ₂	55-60 %	45-50 %
Nedre brennverdi	4,6-5,6 MJ/Nm ³	5,0-5,9 MJ/Nm ³

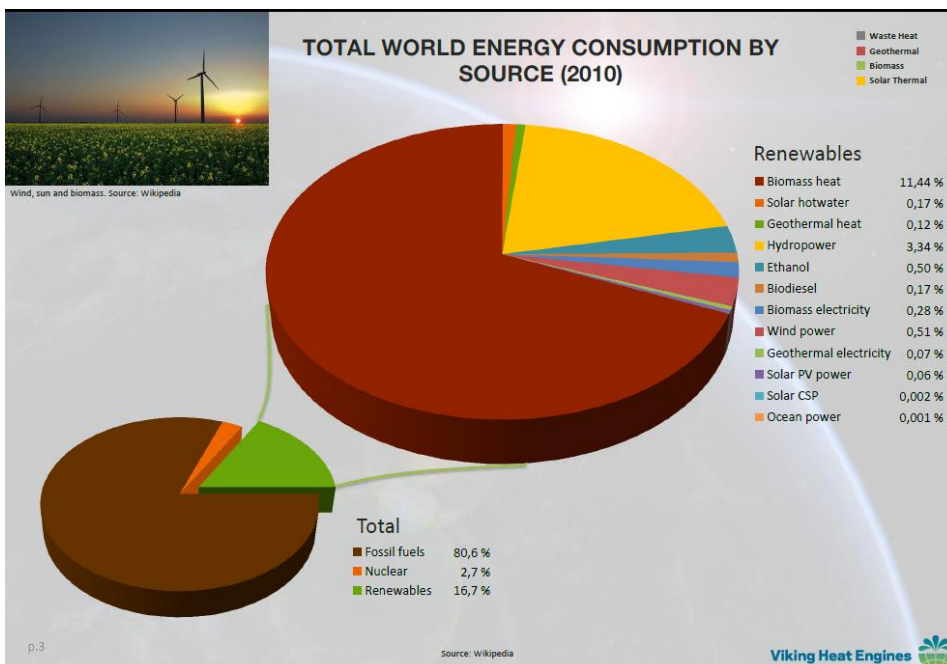
Oppsummering av investeringskostnader. Kilde: Enercon AS

Prosessen foregår typisk ved 700–1 000 °C og krever tilførsel av varme. Den nødvendige varmen tilføres vanligvis ved å forbrenne en del av brensllet, eller tilføre ekstern varme fra andre prosesser. Syntesegassens nøyaktige sammensetning avhenger av benyttet brensel, atmosfærens sammensetning og forgasserens konstruksjon.

Gassifisering er en sentral teknologi for å kunne utnytte et bredt spekter av råstoff, alt fra avfall til rent trevirke, til drift av moderne motorer eller gassturbiner. Teknologien har potensial til å produsere elektrisk kraft både i mindre anlegg og med høyere virkningsgrad enn enkle dampcykluser. Ved kraftproduksjon benyttes gassen som brensel i forbrenningsmotorer eller gassturbiner. Den kan også videreforedles til gassformige eller flytende brensler med veldefinerte egenskaper. Videre kan den brennes for å produsere varme. Teknologien er imidlertid mest interessant for produksjon av elektrisitet og for videreforedling til høyverdige brensler. Kraftproduksjon basert på biomasse vokser også i omfang, og kan på sikt være et spesielt interessant alternativ ved desentralisert energiforsyning.

Vedlegg C

John G Bernander sitt foredrag på Verdiskapningskonferansen Oslo 6.november 2013.

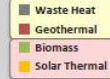




TWO MAIN MODES OF OPERATION:

1 POWER ONLY

2 CHP



1 ELECTRICAL POWER ONLY



-Utilization of otherwise wasted heat
-Output heat is cooled away, but at a much lower temp.

p.4

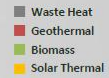
2 COMBINED HEAT AND POWER (CHP)



-For CHP systems, the heat is usually the main product
-Output heat is therefore utilized (hot water etc.)

Viking Heat Engines

ONE OUT OF MANY INTERESTING EXAMPLES:



By generating 10 % electricity from existing biomass-fueled heat (11.44 % of world total), one could cover up to as much as 20 times the entire PV production, or one third of the entire hydropower production!

Translated into 10 kW
CraftEngines, this means:



× 200.000.000

Obviously, the short term reality doesn't look "quite" like this, but the potential is clearly shown, and that's the important point!

Example calculation (10 % of biomass heat):

1. $11,44\% \cdot 10\% / 0,06\% \approx 20$ times!
2. $100\text{ GW} \cdot 20 / 10\text{ kW} = 200.000.000$ units...

Wikipedia on PV capacity: "And by end of 2012, the 100 GW installed capacity milestone was achieved."

Renewables

Biomass heat	11,44 %
Solar hotwater	0,17 %
Geothermalelectricity	0,07 %
Solar PV power	0,06 %
Solar CSP	0,002 %

p.5

Viking Heat Engines

CRAFTENGINE

A UNIVERSAL TOOL FOR SMALL-SCALE POWER GENERATION FROM RENEWABLE HEAT SOURCES



The CRAFTENGINE

- Waste Heat
- Geothermal
- Biomass
- Solar Thermal



(CraftEngine expander/
piston engine – actual design)

The heart of the CRAFTENGINE:
The CRAFTENGINE piston engine/expander

p.6

Viking Heat Engines



WHAT THE CRAFTENGINE IS AND WHAT IT DOES

- Waste Heat
- Geothermal
- Biomass
- Solar Thermal

PRINCIPLE



Heat Input

HEAT



CraftEngine

EL



Heat and Power Output

HEAT



HIGHLIGHTS

- > Novel patented automotive-designed engine technology for local/distributed power generation
 - > Converts heat from any* heat source into electricity – Typ. cost € 0,04 – € 0,12 per kWh
- Also:
- > Extremely broad input temperature range starting at approx. 80 °C
 - > Enormous market size within waste heat, geothermal, biomass and solar segments

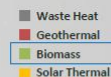
*Any heat source with a temperature from approx. 80 °C and upwards may be used as input energy source to produce electricity

p.7

Viking Heat Engines



COMBINED HEAT AND POWER GENERATION FROM BIOMASS BOILERS



SOME APPLICATIONS

AGRICULTURAL FACILITIES



DISTRICT HEATING PLANTS/HEATING STATIONS



Development/test partners



ETA Heiztechnik GmbH, At.
(BIOS Bioenergiesysteme GmbH, At.)
-El. production from a high-temperature biomass boiler
€ 12,0 cent/kWh
Payback 2,6 years

ENERGY FLOW EXAMPLE



Biomass (wood chip) boiler

Hot water
HEAT



CraftEngine system

EL

Heat and power output

HEAT



Energy consumers

Pilot partner/customer

VEGLI BIO AS

Veggli Bio AS, Norway
-El. production from a high-temperature biomass boiler
€ 12,0 cent/kWh
Payback 2,6 years

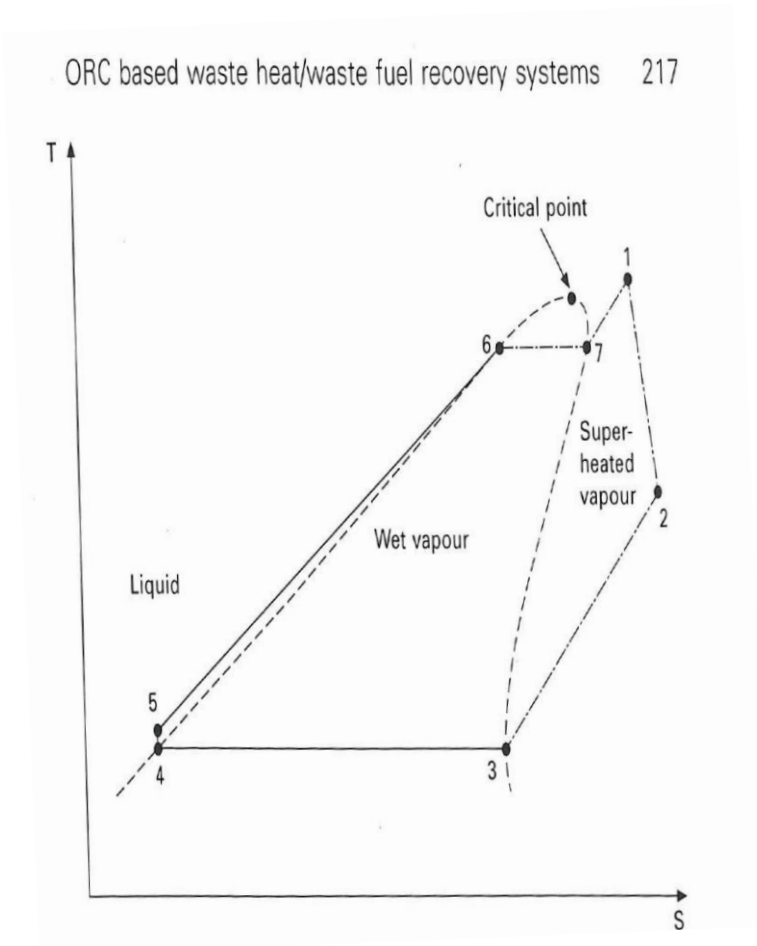
p.11

- The CraftEngine adds value by enabling electricity production in addition to heat production

Viking Heat Engines

Viking Heat Engine er et ORC anlegg med forskjellige varmekilder. I vårt henseende er det ved eller flis som er tema. Flis kommer inn i en ovn via skrue. Inne i ovnen er det en varmeveksler mellom dne varme røykgassen og på den andre siden av varmeveksleren er det vann under høyt trykk, til sammen 200 barliter. Dette er en grense som gjør at man kan drive med en slik produksjon uten at man har døgnkontinuerlig vakt på ovnen. Vann av 20 bar har et kokepunkt på over 200 °C, men vannmengden der inne får ikke overstige 10 liter om gangen.[5] Dette blir da en liten, men veldig kompakt varmeveksler. Man har nå vann av 200 °C som går til en ny varmeveksler som på den andre siden har et kjølemedium (n-pentan) som fordampner og har et høyt trykk. Denne dampen går så inn over stemplet og tvinger det til å øke cylindervolumet. Da reduseres trykket og samtidig også temperaturen noe. Dampen kommer ut at sylinderen ved neste slag og med redusert trykk og temperatur blir så denne igjen varmevekslet med vann med lav temperatur slik at normal pentanen(n-pentan) kondenserer og vannet blir oppvarmet. Når væsken kondenserer, så avtar trykket (volumet blir mindre) og dampen kommer ut av varmeveksleren som væske. Som væske er det enkelt å øke trykket igjen via en liten pumpe som tar litt av elektrisiteten fra maskinen. Figuren neste side, prøver å vise dette.

I et ORC (Organic Rankine Cycle), så blir kretsprosessen seende slik ut:



Forenklet ORC prosess in TS diagram.(turbin og ikke stempelmotor)Figuren er tatt fra (2)side 217

- 1-2 Ekspansjon gjennom turbinen - dampen er overhettet
- 2-3 Fjerning av overhettet damp i en varmeveksler(rekuperator)
- 3-4 Kondensering av damp til væske igjen
- 4-5 Pumpe for trykkøkningen igjen
- 5-6 Forvarming av væsken i varmeveksleren og kjel
- 6-7 Fordamping i kjelen
- 7-1 Overheting av damp i kjelen

Figuren er tatt fra Woodhead publishing- small and micro combined heat and power systems (ISBN 978-1-84569-795-2)

