
Bioenergiakeskuksen julkaisusarja
(BDC Publications)
Nro 8

BIOMASSAPOHJAISET MIKRO-CHP-TEKNIIKAT

Johannes Hintikka
2004



SISÄLLYS:

| | |
|---|----|
| 1. Huomioita markkinoilta | 2 |
| 1.1 Termistä mikro - CHP | 2 |
| 1.2 Valmistajista | 2 |
| 1.3 Tekniikoista..... | 3 |
| 1.4 Hinnoista | 4 |
| 2. Mikro – CHP -tekniikat | 5 |
| 2.1 Polttomoottori | 5 |
| 2.2 Stirling – moottori..... | 6 |
| 2.3 Mikroturbiini..... | 7 |
| 2.4 Polttokenno | 8 |
| 3. Tällä hetkellä Suomessa saatavilla olevat tekniikat..... | 10 |
| 3.1 Polttomoottoripohjaiset teknologiat..... | 10 |
| 3.2 Stirling -moottorit | 10 |
| 3.3 Mikroturbiinit..... | 10 |
| 3.4 Polttokennot | 11 |
| 3.5 Muut..... | 11 |
| 4. Tällä hetkellä ulkomailla saatavilla olevat tekniikat..... | 11 |
| 4.1 Polttomoottoripohjaiset teknologiat..... | 11 |
| 4.2 Stirling – moottorit..... | 12 |
| 4.3 Mikroturbiinit..... | 12 |
| 4.4 Polttokennot | 13 |
| 4.5 Muut..... | 14 |
| 5. Loppupäätelmät..... | 14 |
| 5.1 Muutama sana polttoainehuollosta | 14 |
| 5.1.1 Puubiomassat | 15 |
| 5.1.2 Biokaasu..... | 15 |
| 5.1.3 Biodiesel | 16 |
| 5.2 Polttomoottoripohjaiset tekniikat..... | 16 |
| 5.3 Stirling – moottorit..... | 16 |
| 5.4 Mikroturbiinit..... | 17 |
| 5.5 Polttokennot | 17 |
| 5.6 Muut..... | 17 |
| 6. Lähteet..... | 18 |
| 6.1 INTERNET | 18 |
| 6.2 KIRJALLISUUS..... | 19 |
| 6.3 PUHELINKESKUSTELUT | 19 |

1. Huomioita markkinoilta

1.1 Termistä mikro - CHP

Tässä katsauksessa käytetty termi ”mikro – CHP” on valmistajien ja ammattilaisten keskuudessa hyvin ymmärretty termi, mutta sen tulkinta vaihtelee runsaasti. Sekaannusta aiheuttaa myös pienimuotoisuuden ja mikrokokoluokan sekoittaminen toisiinsa. Esimerkiksi Gaia Group Oy:n HAJAUTETTU ENERGIANTUOTANTO: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂ – päästöt – kirja määrittelee pienimuotoisen CHP – tuotannon olevan nimellisteholtaan alle 10 MW, kun taas suurien valmistajien mielestä pienimuotoinen – CHP tuntuisi esitteiden perusteella olevan jotain alle 1 MW. Pienet ja keskisuuret valmistajat määrittelevät tyypillisesti pienimuotoisuuden olevan alle 500 kW ja mikro – CHP:n alle 50 kW. Nämä valmistajat myös hallitsevat markkinoita n. 300 kW alaspäin.

1.2 Valmistajista

Tässä tapauksessa mikro – CHP:n raja on vedetty alle 100 kW:iin, joten useita huteja syntyi tuotteita etsittäessä. Mukana on myös tuotteita jotka menevät yli tämän rajan, mutta mielestäni nekin voidaan hyväksyä mukaan vertailua varten. Kaikilla valmistajilla ei ole tarjolla valmiita ratkaisuita tähän kokoluokkaan, mikä tietysti karsi osanottajajoukkoa. Esimerkiksi nimekäs kaasumoottorien valmistaja Jenbacher (nykyisin GE Jenbacher) jäi pois, sillä sen pienimmän mallin teho on 300 kW. GE Jenbacherin moottoritekniikka on tosin käytössä Oberdorferilla, mutta moottorit tulevat John Deereltä. GE Jenbacherin etukirjaimet tulevat uudelta omistajalta eli General Electriciltä.

GE on maailman suurimpia yhtiöitä ja sen toimenkuvaan kuuluu mm. lentokoneiden moottoreiden valmistusta ja rahoitustoimintaa. GE:n voimantuotantoyksikkö on nimeltään GE Power ja se suunnittelee ja valmistaa turbiinivoimaloita. Jenbacher ostettiin täydentämään valikoimaa kaasumoottorivoimaloilla. Myös GE Power jäi pois katsauksesta, sillä sen turbiinimallisto alkaa noin 300 kW tietämiltä.

Mikrokokoluokka asettuu siis reilusti kummankin valmistajan tarjoamien minimithehojen alle.

Maailman tunnetuin maanrakennuskoneiden valmistaja CAT, eli Caterpillar, jäi myös vähän paitsioon. Tarjolla olisi periaatteessa sopiva aggregaatti, mutta ilman CHP:tä. Suomen edustajalta Wihurilta tosin kerrottiin että vaikka valmiita ratkaisuita ei CAT:lla ole, niin sellainen voidaan kyllä tehdä Suomessakin. Eli tilaamalla saa mitä haluaa, varmaan myös muiltakin merkeiltä. Jos siis tälle linjalle lähdetään, niin voi sanoa, että Suomessakin on tarjolla runsaasti mikro – CHP kelpoisia laitteita. Valmiita ratkaisuita ei ole, sillä kukaan ei ilmeisesti osaa sellaista kysyä. Kaiken kaikkiaan yli 700 kW -luokassa olisi merkkejä ja malleja CHP – tuotantoon jo huomattavasti enemmän ja sähköntuotannon hyötysuhde on huomattavasti parempi. Näin kerrottiin Wihurilta ja voin olla samaa mieltä.

1.3 Tekniikoista

Markkinakatsauksen perusteella tämän kokoluokan CHP – laitteet tulevat yleensä kohtalaisen pieniltä valmistajilta ja ne käyttävät neljää erilaista tekniikkaa biomassapohjaiseen CHP -tuotantoon: mäntämoottoria, Stirling – moottoria, kaasuturbiinia tai polttokennoa. Suoraan kiinteitä polttoaineita käyttäviä laitteita ei löytynyt markkinoilta vielä yhtään mutta käyttökokeisiin menee yksi laite (Solon Stirling) syksyn aikana. Svenska Yrkeshögskolanin opiskelijan, Mikael Ventinin, opinnäytetyö käsitteli myös pellettipolton sopivuutta stirling – moottorin voimanlähteeksi jo vuonna 2001. Sähköteho oli 0,5 kW ja stirling oli itse rakennettu. Kaupallisten valmistajien ilmoittama yleisin polttoaine on maakaasu, diesel on seuraavaksi yleisin ja sen perässä tulevat biodiesel ja viimeisenä biokaasu. Biopolttoaineiden käyttöä rajoittavat lähinnä saatavuus ja hinta, ei niinkään tekniset seikat.

Kiinteiden polttoaineiden hyödyntämistä ajatellen sekalaisista tekniikoista löytyvät höyrykone ja -turbiini, mutta ainakin höyrykoneen kaupallinen menestys on ollut viimeaikoina kehno. Syitä voi etsiä mm. sen huonosta hyötysuhteesta, mikä puolestaan johtuu viimeaikojen vähäisestä kehitystyöstä. Höyryturbiineita on kehitetty ja niitä on käytössä runsaasti mutta lähinnä teollisuudessa suuressa mittakaavassa. Paperi- ja sellutehtailla syntyy höyryä ja sitä käytetään erilaisissa prosesseissa, joten siellä höyryturbiini on hyvä ratkaisu.

Perinteinen avoimen kierron höyrykone on energiaa tuhlaava mutta yksinkertainen laite. Saksalainen Enginon on kehittämässä suljetun kierron höyrymoottoria jonka pitäisi kyetä vastaamaan nykyaikaisiin teho-, puhtaus-, ja hyötysuhdevaateisiin. Tämä tekniikka on lupailtu markkinoille n. 2005. Perinteinen höyrykone soveltuu tällä hetkellä melko huonosti kotikäyttöön, sillä sen hyötysuhde jää sähköntuotannossa n. 10 % tienoille (Gaia Group) joten sähköä tulee suhteessa lämpöön melko vähän. Itse en löytänyt yhtään tarpeeksi kehittyntä höyrykonetta, mutta Reliable Steam Engine Co. kertoo sivuillaan että luvassa on pienikokoinen höyryturbiini joka voisi sopia mikro – CHP käyttöön jopa kotitalouksille asti. Tällä hetkellä höyrysovellukset ovat liian ronskeja normaalikäyttäjille, mutta periaatteessa sopivan kokoinen suljetun kierron höyrykoneeseen perustuva mikro – CHP ratkaisu olisi täysin mahdollinen. Valitettavasti sellaista ei löytänyt, mutta ehkä joku sen osaisi suunnitella. Enginon ainakin kauppaa sivuillaan myös höyrylaitteiden suunnitteluosaamistaan.

Yhteistä kolmelle ensimmäiselle tekniikalle on, että parhaimmillaan päästään n. 30 % hyötysuhteeseen sähköntuotannossa ja kokonaishyötysuhde voi olla yli 90 %. Sähköntuotannon hyötysuhde on perinteisillä generaattoreilla, eli poltto- ja Stirling -moottoreilla varustetuilla CHP – yksiköillä, yleensä hieman yli 30 %. Mikroturbiineilla se jää yleensä n. 28 % tietämille. Syy voi löytyä monimutkaisemmasta tekniikasta, sillä turbiinien tuottama sähkö on hyvin suuritaajuuksista ja sen muuttaminen tavalliseksi sähköksi heikentää hyötysuhdetta. Ero on tosin kaventunut hieman säätötekniikan kehittyessä.

Polttokennon sähköhyötysuhde vaihtelee kennotyypeittäin 38 – 55 % välillä. Tekniikka kuitenkin kehittyy jatkuvasti ja muutaman vuoden päästä voi hyötysuhde olla esimerkiksi 70 % (Petri Sarnes, Siemens). Polttokenno on tulossa markkinoille kovaa vauhtia, mutta vedyn tuottamisen ja varastoinnin ongelmat hidastavat suurimittaista käyttöä. Vety on polttokennoille paras polttoaine ja sitä on tietystä

mielessä helpointa tuottaa suurissa määrissä. Biomassat ovat riskialttiimpia ja vaikeampia hallita suuressa mittakaavassa, kun taas vetyä voidaan tuottaa suuria määriä hajottamalla vettä vedyksi ja hapeksi sähkön avulla. Tuottamisen ongelma, johon äsken viittasin, on se mistä hajottamiseen käytetty sähkö on peräisin? Tuuli- ja aurinkosähkö ovat vihreimpiä vaihtoehtoja, mutta skeptikot epäilevät riittääkö maailmassa kapasiteettia todella suurimittaiseen tuotantoon, vai pitääkö sähköä vedyn tuottamiseen tehdä jatkossakin esimerkiksi ydinvoimalla? Biokaasulla ja biometanolilla toimivat polttokennot ovat polttoaineen alkuperäkysymysten puolesta enemmän turvassa arvostelulta sillä niiden polttoaineen alkuperä ja tuotantomenetelmät ovat helpommin todennettavissa. Ne myös toimivat välivaiheena ennen vetytaloutta.

1.4 Hinnoista

Hinnan puolesta liikutaan erittäin epäedullisella alueella, varsinkin jos katsotaan € / kW – kustannusta. Yksikköä kohti hinta halpenee tehon kasvaessa, mikä on tuttu ilmiö lähiömarketistakin: murojen kilohinta laskee pakkauskoon kasvaessa mutta kokonaishinta on silti suurempi. Laitteet ovat myös aina käsin kasattuja, suuria sarjoja ei valmisteta, säätöelektroniikkaa on melko paljon ja automaation taso on korkea joten hinta on sen mukainen. Polttokennot ovat vasta tulossa markkinoille joten hinnassa on vielä mukana kehityskustannuksia.

Markkinavoimat ovat tosin pitäneet huolen siitä, että kaikki myynnissä olevat laitteet ovat hinnaltaan jotenkin kannattavia, varsinkin jos polttoaine on omasta takaa tai muuten halpaa. Maakaasulla käyviä laitteita taas voidaan myydä enemmän volyyymilla kuin muita, sillä niitä markkinoivat usein suuret maakaasuyhtiöt verkostonsa kautta. Suomen nykyinen maakaasuverkosto on vielä niin rajoittunut, että myynninedistäjäksi siitä ei ole.

Hintatietoja on yleensä vaikea saada mistään suoraan, sillä niitä ei tietenkään julkaista internetissä. Muutamalla merkillä löytyy esimerkkilaskelmia, mutta esimerkiksi Senertecin laskelmissa keskityttiin säästöön, ei niinkään tuotteen hintaan. Hyödyllinen tietolähde oli ASUE (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V), jolta suurin osa hinnoista on peräisin. Muutama yritys myös vastasi lähettämäni hintakyselyyn. Osa nopeammin, osa hitaammin mutta suurin osa ei ollenkaan. Lieneekö haluttomuus kertoa hinta haluttomuudesta myydä ulkomaille vai kesälomista? Yritykset tietysti haluavat säilyttää luotettavan imagonsa ja saattaa myös olla että ulkomaille, jälleenmyyjäverkoston ulottumattomiin, koetarkoituksiin myytävä laite saattaisi huonosti menestyttyään pilata hyvän maineen ja markkinat. Kesälomat voivat olla myös haittaava tekijä, sillä suuremmissa yhtiöissä tämän tyyppisiin kyselyihin tarvitaan yleensä joku johtaja vastailemaan.

Kaikki hinnat ovat ilman arvonlisäveroa ja sisältävät tyypillisesti itse CHP -laitteen tarvittavine lisälaitteineen mutta ilman asennusta. Capstone -mikroturbiinien hinta sisältää myös kaasunkäsittelylaitteet ja käyttöönoton. Perustamistyöt, verkkoon kytkemiset sekä niiden tarvitsemat rakenteet ja laitteet tulevat mainitun hinnan lisäksi. Kustannuksia tulee tilanteesta riippuen arviolta 1000 – 100 000 €.

Halvimmassa tapauksessa, tyypillisesti pienten polttomoottorikäyttöisten laitteiden ja stirling – koneiden tapauksessa, tarvitaan vain vaihtokytkin sähkökaappiin (sähkö

saarikäyttö), hieman sähköjohtoa ja lämmitysvesiliitännät CHP – yksikön ja lämmitysvesijärjestelmän välille. Kalliimmassa päässä, eli tyypillisesti mikroturbiineilla, voidaan tarvita uusia rakennuksia, lämpökanaaleita ja suurempia sähkötöitä. Tilanteissa on todella paljon vaihtelua, sillä voi olla että mikroturbiini tarvitsee vain tuoda lämpökeskukseen, kytkeä kaasu, vesi ja sähkö oikeisiin paikkoihin hyvinkin pienillä kustannuksilla ja toisaalta omakotitalossa voidaan joutua asentamaan esimerkiksi vesikiertoinen keskuslämmitys sähkölämmityksen tilalle. Mikroturbiinit ovat kyllä yleensä asennuskustannuksiltaan kalleimpia, sillä OMES – projektin loppuraportissa halvin asennuskustannus oli 64 000 € (1 turbiini Irlantilaisessa hotellissa) ja kallein normaaliasennus oli 162 000 € (1 turbiini asuntoalueella Tanskassa). Kaikissa tapauksissa putkityöt olivat kaikkein kallein kustannuserä.

2. Mikro – CHP -tekniikat

2.1 Polttomoottori

Polttomoottoriin perustuvissa mikro -CHP – laitteissa käytetään, alle 100 kW kokoluokassa, tyypillisesti jotain suurina sarjoina valmistettavaa pienmoottoria ja sen jatkeena pientä kolmivaihegeneraattoria sähköntuottoon. Moottoreiden iskutilavuus vaihtelee n. 250 – 1500 cm³ ja merkkeinä käytetään esim. Kubotaa tai VW:a (ASUE 2001, Mikro-KWK). Sähköteho on alimmillaan muutama kW ja korkeimmillaan n. 25 - 30 kW. Suurempaa ei oikeastaan kannata omakotitalon tarpeisiin laittaa, ja toisaalta pieniä yksiköjä voidaan kytkeä yhteen halutun tehon saavuttamiseksi.

Alle 100 kW kokoluokassa nestemäisiä polttoaineita käyttävät moottorit ovat kipinäsytytteisiä eli otto – moottoreita. Suuremmissa luokissa käytetään lähinnä puristus-sytytteisiä moottoreita eli dieselmootoreita. Kaasumoottorit taas ovat aina kipinäsytytteisiä. Maa- ja nestekaasu ovat pienessä kokoluokassa suosittuja polttoaineita vähäisten päästöjen takia. Lähes yhtä suosittu polttoaine on diesel, mutta yhtään bensiinikäyttöistä CHP – laitetta ei markkinakatsaukseen osunut. Biopolttoaineiden käyttäminen onnistuu, jos ne täyttävät samat vaatimukset kuin normaali diesel ja maakaasu. Valmistajat eivät välttämättä suvaitse biopolttoaineita, esimerkiksi EC Powerilta ilmoitettiin, että he ovat tutkineet viisi vuotta sitten biopolttoaineiden käyttöä ja todenneet ne ongelmallisiksi. Takuut eivät ole voimassa jos ei käytetä sallittuja polttoaineita ja huonosti menneitä kokeiluja ei haluta julkistaa ettei mene luotettavuuden maine.

CHP – laitteen perusmoottoria on aina kuitenkin muokattu mm. pakosarjan osalta, lämmön talteenoton ja käyntiäänien takia. Myös polttoaine- ja moottorinohjausjärjestelmää yleensä muokataan sopimaan paremmin valmistajan tarkoituksiin. Moottorista, ja pakosarjaan rakennetusta ns. pakokaasukattilasta, saatu lämpö johdetaan normaaliin kiinteistön lämmitysjärjestelmään. Generaattorin tuottama sähkö taas ohjataan haluttuun käyttöön.

Kaikki markkinoilla olevat kotitalousmallit ovat täysautomaattisia, eli ne kytketään talon sähkö- ja lämmitysjärjestelmään ja ne toimivat vain silloin kuin niitä tarvitaan. Polttomoottoriratkaisun hyviä puolia ovat edullinen hinta ja testattu tekniikka, huonoja puolia taas on korkea huollon tarve ja käyntiäänien. Päästöt ovat pienillä moottoreilla korkeampia kuin suurilla virkaveljillään, mutta toisaalta

päästöjenhallintaan on olemassa ratkaisuita. Digitaaliset moottorinohjausjärjestelmät, hyvälaatuinen polttoaine ja katalysaattorit vähentävät päästöjä ja kaikki ovat myös yleisessä käytössä.

2.2 Stirling – moottori

Stirling – moottori, on huomattavasti harvinaisempi kuin mäntämoottori tai kaasuturbiini, mutta sillä on polttoaine-etu. Koska Stirling – moottori käy pelkällä lämmöllä, on polttoaine sen tuottamiseksi vapaa ja hyviä tuloksia on saatu mm. käyttämällä Stirling – moottoreita auringolla (Solo). Stirlingin ympärillä on paljon kehitystyötä meneillään, mutta tällä hetkellä sopivia kaupallisia tuotteita on oikeastaan vain kaksi: Solo V 161 ja AC Whispergen (saatavilla kaksi eri mallia, AC – malli vaihto- ja DC – malli tasavirralle, mukana tarkastelussa AC -malli). Tamin Enterprises kehittää Yhdysvalloissa myös omaa Stirlingiään, mutta se on vielä prototyyppi – asteella. Internetistä on saatavilla myös useita mallipiirustuksia pikkurahalla oman Stirlingin rakentamiseen.

Solon moottori on alun perin Ruotsissa keksitty kaksisylinterinen V – moottori, Whispergenin nelisylinterinen moottori on kehitetty Canterburyn yliopistossa, Uudessa-Seelannissa (The Stirling Engine Manual). Solon Stirlingiin liitetty generaattori tuottaa kolmivaihesähköä ja Whispergenin pienempi generaattori vain yksivaihesähköä.

Whispergenin tarkoituksena on toimia suuren akuston lataajana, jolloin akkuja ladattaisiin pienen kulutuksen aikana, ja suuren kulutuksen kohdatessa akuista otettaisiin puuttuva teho invertterin kautta. Käytännössä kotitalouskäyttöön tehoa on tarpeeksi, sillä käyttövesivesi lämpiää akkuja ladattaessa ja sähkö riittää ilman akkujakin vähintään TV:n katseluun.

Whispergenin polttoainevalikoima on laajempi kuin Solon, sillä sille kelpaavat kaasumaiset ja nestemäiset polttoaineet. Solo ei käy toistaiseksi kuin kaasulla mutta puupellettejä polttavaa mallia aletaan kokeilla 2004 syksyllä.

Solo:n V161 on suunnattu paljon järeämpään käyttöön ja se kykenee tuottamaan sähköä yli tyyppillisen omakotitalon tarpeen, ainakin matalan kulutuksen aikaan. Erona Whispergeniin on myös moottorin käyttökaasun vaihtuminen ilmasta heliumiin, mikä yhtiön mukaan parantaa toimintaa. Vaikka sähköä siis saadaan tuotettua enemmän, ei tässä kokoluokassa sähkön myyntitulo ole nykyhinnoilla mitenkään mainittava. Sen sijaan oman sähkölaskun huomattava pieneneminen on jo jotain. Talon ja käyttöveden lämmityksestä Solon Stirling pystyy huolehtimaan täysin. Äkillisten toimintahäiriöiden ja huippukuormien vuoksi tarvitaan vielä valtakunnallista sähköverkkoa varalle. Täydellinen energiaomavaraisuus on tietysti mahdollinen, mutta usein taloudellisesti kannattamaton vaihtoehto.

Sekä Solo että Whispergen ovat täysin automaattisia ja koska ne ovat suunniteltu toimimaan maakaasuverkossa, ei käyttäjän tarvitse parhaimmillaan huolehtia juuri muusta kuin laskujen maksusta. Biokaasulla käytävä joutuu tietysti huolehtimaan myös laitoksestaan ja kaasunkäsittelylaitteistaan. Solo vaatii huoltotoimenpiteenä öljyn vaihtamisen 15 000 tunnin välein ja palotila saattaa kaivata ajoittaista

puhdistamista. Whispergen on käytännössä huoltovapaa sillä se ei tarvitse öljyä, mutta akut vaativat huoltoa ja uusimista.

Stirling – moottorin hyviä puolia ovat hiljainen käyntiääni, pitkät öljynvaihtovälit (jos yleensä tarvitaan öljyä) ja varma mekaaninen toimivuus. Huonoja puolia ovat polttomoottoria korkeampi hinta sekä lämmönvaihdinpintojen likaantuminen ja siitä aiheutuvat ongelmat. Tämä ongelma tosin ilmenee vain huonolla polttoaineella ja jos palaminen on epätäydellistä. Korkea hinta johtuu puolestaan pienistä valmistuseristä, ei niinkään tekniikan vaikeudesta. Päästöt ovat täysin riippuvaisia käytetystä polttoaineesta ja – tavasta. Esim. auringolla päästöjä ei ole. Yksi mahdollisuus on käyttää moottorin ajokaasuna ainetta joka laajenee runsaasti pienellä lämpötilaerolla, jolloin stirlingiä voisi käyttää vaikka maalämmöllä tai lämmityskattilan hukkalämmöllä. Esimerkiksi kylmälaitteista tutut freonit olisivat erittäin hyviä tähän tarkoitukseen, mutta niiden ympäristöystävällisyys on toisaalta erittäin huono. Stirlingissä on tietysti suljettu kierto, mutta vikatilanteissa päästöjä voisi syntyä.

2.3 Mikroturbiini

Mikroturbiinit ovat varteenotettava vaihtoehto hieman suuremmassa kokoluokassa eli alle 200 kW (Greenviroment, Sarlin Hydor, Gasum). Huoltovälit ja käyttöikä ovat pitkiä, mutta toisaalta hintakin on korkea. Taloudellisesti kannattava käyttö edellyttääkin katkotonta käyntiä huoltojen välillä sekä suurta sähkön ja lämmön tarvetta. (OMES – projektin loppuraportti) Perinteinen polttomoottorivoimala on kustannuksiltaan halvempi, mutta käyttöikä on lyhempi ja päästöt suuremmat.

Mikroturbiinin toinen suuri etu on sopeutuvuus erilaisiin kuormitustilanteisiin. Jos turbiineita hankitaan useita kappaleita, voidaan sopeutuminen verkon kuormaan toteuttaa käynnistämällä tai sammuttamalla yksittäisiä yksiköitä, ei pudottamalla kierroksia tai ajamalla sähköä hukkaan. Moottorivoimala sopii hyvin kiinteään kuormaan, mutta sen sopeutuminen sähkön tarpeen muutokseen tapahtuu hyötysuhteen kustannuksella. Oikein mitoitettu mikroturbiinien ryhmä pystyy paremmin sopeutumaan vaadittuun kuormitukseen ja pitämään hyötysuhteen parempana kuin moottorivoimala. Yksittäisen turbiinin käyttäminen osakuormalla on erittäin kannattamatonta, sillä silloin päästöt kasvavat ja hyötysuhde putoaa aivan samalla tavalla kuin polttomoottorillakin (OMES – projekti). Turbiinit sopivat hyvin kuormaprofiililtaan vaihteleviin olosuhteisiin, kuten hotelleihin ja kylpylöihin, joissa toisaalta tarvitaan korkeita huipputehoja ja toisaalta tasaista pienempää kuormaa riittää ympäri vuorokauden.

Mikroturbiinit ovat toimintaperiaatteeltaan jalostettuja versioita turboahtimesta, missä siis ahdinpyörä työntää ilmaa, yleensä ahto-jäähdyttimen kautta palotilaan ja syntyneet palokaasut pyörivät poistuessaan turbiinipyörää. Mikroturbiini muistuttaa toiminnaltaan tätä, sillä siinä ahdinpyörän tuottama ilma johdetaan esilämmittimen kautta palotilaan, missä siihen suihkutetaan polttoainetta, jonka palamisesta syntyvä energia pyörittää turbiinipyörää. Ahdin ja turbiini ovat samalla akselilla, johon on lisäksi kiinnitetty generaattorin ankkuri, joka pyöriessään käämin sisällä tuottaa sähköä. Turbiini pyörii 70 000 – 100 000 kierrosta minuutissa joten syntyvä sähkö on hyvin suuritaajuuksista. Sähkö muunnetaan käyttöön sopivaksi erityisessä

muuntajassa, yleensä kolmivaihesähköksi, mutta valmistajat yleensä tarjoavat myös muita vaihtoehtoja. Muuntaja valvoo myös sähkön laatua ja tahdistaa se tarvittaessa verkon kanssa. Yleensä kaikki turbiinit pystyvät sekä syöttämään sähköä valtakunnan verkkoon, että toimimaan niin sanotussa saarikäytössä verkon ulkopuolella.

Turbiinit ovat erittäin vähäpäästöisiä, johtuen runsaasta yli-ilmamäärästä ja nopeasta palamisesta. NO_x – päästöt syntyvät korkeissa lämpötiloissa ja paineessa. Turbiineiden palotilassa vallitsee kohtalaisen matala paine ja vaikka lämpötila on erittäin korkea, on palo aika niin lyhyt, että NO_x – päästöjä ei ehdi runsaammin syntyä. Esim. Turbec T 100 NO_x päästöt ovat n. 20 ppm (OMES –project, Microturbine Energy Systems, 2004), kun taas tyypillisen, 100 kW:n, normaaliseoksella toimivan kaasumoottorin päästöt ovat n. 1100 ppm. Päästöt pienenevät tosin huomattavasti kun teho kasvaa, mutta n. yhden megawatin luokassa ne vakiintuvat tasolle 44 – 46 ppm (EPA 2001, Technology Characterization: Reciprocating Engines).

Jos ajatellaan esimerkinomaisesti tilannetta, jossa pitäisi tuottaa biokaasusta esimerkiksi yksi megawatti sähköä, niin esimerkiksi Turbecin mikroturbiineita tarvitaan silloin kymmenen korvaamaan yhtä moottorivoimalaa (Capstonen turbiineita tarvittaisiin 16 kpl). Kustannuksiltaan Turbecin turbiinit ovat karkeasti puolet kalliimpia kuin vastaavan teholuokan moottorivoimalat ja jos ajetaan pelkkää peruskuormaa, niin moottorivoimala on selkeästi edullisin vaihtoehto. Jos sen sijaan kuormituksessa tai esimerkiksi kaasun määrässä tapahtuu muutoksia, alkavat mikroturbiinien edut tulla näkyviin. Kymmenen turbiinin kenttä pystyy sopeutumaan, hyötysuhteen muuttumatta, tehoalueelle 0,1 – 1 MW. Moottorivoimala ei pysty samaan ilman hyötysuhteen rankkaa laskua. Päästöt ovat lisäksi koko ajan mikroturbiineilla n. puolet moottorivoimaloiden päästöistä. Mikroturbiinit ovat siis tässä tapauksessa ylivoimaisia kuorman sopeutujia (polttokenno on vielä parempi, mutta niitä on markkinoilla vielä aika vähän).

2.4 Polttokenno

Kolmen pääteknologian lisäksi myös polttokennojen puolella tapahtuu. Kennotyyppejä on useita, mutta päätyypit ovat polymeeripolttokenno PEMFC (lämpötila 60 – 80 °C) ja kiinteäoksidipolttokenno SOFC (lämpötila 800 – 1000 °C) (Gaia Group). Valmistajia on markkinoilla pilvin pimein, ainakin jos katsoo Fuel Cell Todayn listausta ([Fuel Cell Todayn Toimialahakemisto](#)). Suurin osa valmistajista tuntuisi kuitenkin keskittyneen matalan lämpötilan PEMFC (Polymer Proton Exchange Membrane Fuel Cell) –kennoihin, sillä niitä on kohtalaisen helppoa ja edullista valmistaa. Lisäksi PEM –kennoille on helppo löytää sovelluskohteita kannettavista tietokoneista autoihin.

CHP –tuotantoon sopivien, korkean lämpötilan SOFC –polttokennojen (Solid Oxide Fuel Cell) valmistajia on, mutta vain harvalla on kiinnostusta pienempään kokoluokkaan. Toisaalta matalamman lämpötilan kennot sopisivat paremmin pienempään käyttöön, sillä kuumien kennotyyppien tuottama lämpö voi jäädä hyödyntämättä miko –CHP –käytössä (Gaia Group, Ballard) Kuumat kennot tosin kestävät paremmin huonoakin polttoainetta ja korkeassa käyttölämpötilassa polttoaine reformoituu ilman erillisiä laitteita, mutta kennon lämpeneminen käyttövalmiiksi on hidasta. Matalan lämpötilan kennot käynnistyvät nopeasti ja ne pystyvät vastaamaan

nopeammin kuorman muutokseen, mutta toisaalta ne tarvitsevat joko puhdasta vetyä polttoaineeksi tai erillisen reformaattorin (Siemens, Ballard)

Polttokenno käy useille polttoaineille, yleisimpiä ovat vety, metanoli ja maakaasu mutta on olemassa myös esimerkiksi bensiinillä käyvä japanilainen kenno (Cosmo Oil). Vety on ainoa polttoaine jolla polttokenno käy polttokennolle suoraan, kaikkien muiden polttoaineiden rakennetta on muokattava reformoimalla. Matalan lämpötilan kennot tarvitsevat erillisen laitteen, mutta korkeamman lämpötilan kennot kykenevät itse reformoimaan polttoaineensa. Polttoaineen puhtaus on erittäin tärkeää varsinkin matalan lämpötilan kennoissa ja epäpuhtauksista erityisesti rikki on hankala sillä se tukkii suurina pitoisuuksina kennot. Kuumat kennotyypit ovat yleisesti otettuna parempia sietämään epäpuhtauksia (Ballard).

Yhteistä kaikille polttokennoille on mitään muuta tekniikkaa huomattavasti korkeampi sähköntuottohyötysuhde (38 – 55 %). Kokonaishyötysuhde on myös korkea (70 – 95 %) (Gaia Group Oy 2002, HAJAUTETTU ENERGIANTUOTANTO: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂ – päästöt)

Myös kotimaista kehitystä tehdään, ja ainakin Wärtsilällä on kehitystyö menossa Tanskalaisen Haldor Topsøe A/S -yhtiön kanssa. Tarkoituksena on kehittää yli 200 kW laitos käyttäen perinteistä levykennoa. Kennotyyppi on SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) eli kiinteäoksidipolttokenno. Tuotteen markkinoille tulosta ei ole tietoa.

Siemensillä on olemassa SOFC – kennon perustuva valmis konsepti pieneksi CHP – laitokseksi. Erikoista tässä ratkaisussa on kennon putkimainen rakenne, joka kuulemma vähentää tiivisteiden tarvetta ja parantaa muutenkin toimintaa verrattuna levykennoon. Tekniikan on kehittänyt Westinghouse – niminen yhtiö, tosin nykyisin se tunnetaan Siemens Westinghousena. Koelaitoksia on jo olemassa muutama kappale (25 – 220 kW) ja nettisivuilta saa sellaisen kuvan että ongelmia ei ole suuressa määrin ollut. Osoitteesta: www.siemenswestinghouse.com/en/fuelcells/index.cfm löytyy lisätietoa mutta myös kilpailijan sivut kannattaa vilkaista www.ballard.com. Siellä tosin saa sellaisen kuvan, että kuumat kennot käyvät vain suuren kokoluokan CHP – käyttöön.

Mainittujen koelaitosten lisäksi Siemensillä on kuulemma kehitteillä pienempi järjestelmä perustuen samaan tekniikkaan. Yhtiöllä on lisäksi mielenkiintoa tuoda tekniikka markkinoille myös Suomessa ja ainakin päästä testaamaan sitä täällä (Petri Sarnes, puhelinkeskustelu, Siemens Power Generation). Järjestelmä olisi helposti sovitettavissa haluttuun tarkoitukseen, sillä se perustuisi kennopaketteihin, joiden sähköteho olisi 5 kW kappale. Paketteja voidaan lisätä halutun sähkö- ja lämpötehon saavuttamiseksi, joten sopivan kokoisen järjestelmän hankkiminen olisi erittäin helppoa. Hyötysuhde ei vaihtelee polttokennolla lähellekään niin paljon kuin muilla tekniikoilla osakuormilla toimittaessa. Ja mikä parasta, tekniikka sopii myös biokaasulle. Sarnes toivoi yhteydenottoa, ja jos tekniikka kiinnostaa niin myös kaasuanalyysiä että pystyvät suunnittelemaan sopivan laitoksen. Hinta on erittäin auki, koska tuote ei ole vielä kaupallistettu. Eikä siitä muutenkaan pidä ilmeisesti mennä huutelemaan.

3. Tällä hetkellä Suomessa saatavilla olevat tekniikat

3.1 Polttomoottoripohjaiset teknologiat

Mikään muualla myynnissä oleva polttomoottoripohjainen mikro – CHP – laite ei ole löytänyt tietään Suomeen, ainakaan minun tietooni ei tullut yhtään. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää siis rakentaa sellainen itse. Tähän on olemassa hyvät mahdollisuudet sillä käytettyjä dieselmootoreita on romuttamoilta saatavissa kohtalaiseen hintaan. Tarvittava generaattori ja säätöosat eivät paljon kustanna, varsinkin jos niitä löytyy käytettyinä. Lopputuloksena olisi romuista rakennettu aggregaatti, joka käy biodieselillä tai biokaasulla (biokaasukäyttö vaatii lisäksi sytytysjärjestelmän dieseliin tai bensamoottorin). Hintaa tulee tietysti tälläkin tavalla tekemällä, mutta halvemmalla päästään silti kuin ostamalla valmis uusi järjestelmä.

Esimerkiksi moottoriksi käytetty Mercedes -Benzin dieselmoottori (200 D) maksaa n. 500 € (Fiat Ducaton kone 250 €).

Generaattori, ja säätöosat n. 3000 €

Lämmönvaihtimet käsityönä, asennukset ja hienosäätö n. 2000 €

Eli loppuhinta n. 6000 € perinteisellä tekniikalla ja osin käytetyillä osilla. Mitä hienompia ja uudempia osia halutaan, sitä kalliimmaksi tietysti käy. Hyvänä puolena on tietysti se että kaikkiin kohtiin pystyy helpommin vaikuttamaan kuin valmiissa tuotteessa.

Kaupallinen aggregaatti, ilman lämmönvaihtimia, esim. Ideatecin ID 20 DA, maksaa 7700 €, eli n. 9000 € valmiina toimintaan lämmönvaihtimineen.

3.2 Stirling -moottorit

Solo:n V161 stirling (toimii maakaasulla, pitäisi siis toimia myös biokaasulla) 24 900 € + alv ja rahti eli vajaat 31 000 € euroa veroineen perille tuotuna. Oli muuten ainoa ulkomaisista laitteiden valmistajista joka vastasi hinnan kera ja nopeasti. Aamupäivällä lähetettyyn sähköpostitiedusteluun vastattiin jo samana iltapäivänä.

3.3 Mikroturbiinit

Capstone mikroturbiinit, käyvät valmistajan mukaan myös biokaasulla ja – dieselillä. Suomessa jakelua hoitavat Greenviroment ja Sarlin.

Greenviromentin tarjous: 100 000 € alv. 0 (turbiini apulaitteineen biokaasulle, 30 kW sähkö ja n.60 kW lämpö, asennettuna, ei perustöitä ja sähköliittymää) 40 jalan merikonttiin asennettuna + n. 10 000 € turvalaitteineen. Hätäsoihtu, jos tarvitaan, n. 40 000 €

ASUE:n selvityksen (2001) mukaan, Capstonen silloiset mallit (28 ja 30 kWe) olisivat maksaneet 30 kW:n luokassa 1500 – 1750 €/kW. Eli investointina n. 45 000 – 49 000

suuritehoisemman turbiinin ollessa halvempi. Merkillistä hinnoittelua ja nykytilanteeseen verrattuna hinta on noussut 100 % kolmessa vuodessa! Voikohan tämä pitää paikkansa?

3.4 Polttokennot

Siemensillä on valmis mikro – CHP -konsepti biokaasulle. Siinä voimalaitos kasataan 5 kW SOFC -polttokennoista, eli oikean kokoisen laitteen valmistaminen on erittäin helppoa. Lisäksi hyötysuhteen pitäisi olla huippuluokkaa, päästöjen vähäisiä ja huollon tarve pieni. Kuulosti erittäin lupaavalta ja kiinnostusta on tuoda keksintö myös Suomen markkinoille. Pyysivät lähettämään lisätietoja ja kaasuanalyysin, niin pystyvät arvioimaan paremmin sopivuutta ja laskemaan paketin. Konsepti on kuulemma lähes valmis, mutta ei vielä myynnissä, että tässä olisi todellinen pilotti koko maailman mittakaavassa.

3.5 Muut

Ekolaihon sinapinsiemenöljyä Pöytyältä voisi käyttää edellä mainittuun itse rakennettuun polttomoottori – CHP laitteeseen. Käy lisäksi ainakin Capstonen mikroturbiineihin ja vaikka diesel henkilöautoon. Tämänhetkisillä tuotantokustannuksilla valmiille tuotteelle jäisi hintaa n. 1,2 €/litra.

4. Tällä hetkellä ulkomailla saatavilla olevat tekniikat

4.1 Polttomoottoripohjaiset teknologiat

Ecopower on Saksalaisen PowerPlus Technologies GmbH:n valmistama tuote ja se toimii maakaasulla. Nettisivulta ei löydy mitään tietoja tehoista tai muutenkaan tarkkaa tekniikkatietoa. Ainoat tiedot mitkä löytyvät ovat, että laitteesta on mahdollisuus saada kolmivaihe –sähköä ja että se käy saarikäyttöön.

Hinta auki, mutta ASUE:n selvityksen mukaan (2001) hinta alk. 11 200 € alv.0

Saksalaisen Senertecin **DACHS HKA**, on polttomoottoriperustainen kotitalous – CHP – laite ja ihmeellistä kyllä, valmistajalla on myös biodiesel malli suoraan hyllystä. ASUE:n selvityksen mukaan (2001) hinta alk. 10 000 € alv.0

Giese GmbH:lla on useita malleja dieselille, nestekaasulle, biokaasullekin käy yksi ja kolme mallia biodieselille. Kotimaa on Saksa ja koneiden hinnoista ei ole tietoa.

Höfler –bhkw on keskittynyt erilaisiin kaasumoottorisovelluksiin. Suuremmassa luokassa käyttää Cat:n moottoreita. ASUE:n selvityksen mukaan (2001) hinta pienessä luokassa (9kWe / 21 kWt) n. 12 000 € alv.0 Näin pientä laitetta ei enää tosin internetistä löytynyt, joten hintakin lienee korkeampi kuin mainittu.

EAW -Energieanlagenbaun **EFW 17 S CHP** yksikkö käy lähes kaikilla polttoaineilla, niin fossiilisilla kuin biopohjaisillakin. ASUE:n selvityksen mukaan (2001)

saarikäyttöinen 6 kW malli maksaa 11 200 € ja maakaasumalli 13 800€ alv.0 ASUE ei mainitse mitään yllämainitusta koneesta ja toisaalta sivuilla ei puhuta tehoista mitään, että ota tästä nyt selvää.

CHP XRGI 17 Diesel ja CHP XRGI 15 NGAS Tanskalaisen EC Power – yhtiön tuotteita. Tehtaan virallisen kannan mukaan biopolttoaineet eivät käy, asiaa on tutkittu viisi vuotta sitten. Toisaalta mikä estää kokeilemasta? Hinta auki (n. 13 000 € yksikkö. Sivulla on mallilaskelma ja kahden yksikön hinnaksi on laitettu 26 000 € eli hinta peräisin sieltä)

4.2 Stirling – moottorit

AC Whispergen, Uusi-Seelanti, on juuri tulossa markkinoille Englannissa, Skotlannissa ja Walesissa. Markkinoinnista vastaa englantilainen voimayhtiö Powergen joka on E-ON -energiakonsernin tytäryhtiö. Laite toimii maakaasulla, periaatteessa siis myös biokaasulla. Hinta auki

Solo:n normaali stirling (toimii maakaasulla, pitäisi siis toimia myös biokaasulla) 24 900 € + alv ja rahti eli vajaat 31 000 € euroa veroineen perille tuotuna.

4.3 Mikroturbiinit

Turbec T100 mikroturbiini, Ruotsi, toimii maakaasulla, biokaasumalli on tekeillä nettisivujen mukaan, mutta OMES – projektin loppuraportissa turbiinia on käytetty onnistuneesti myös biokaasulla. Turbiinin toiminnassa biokaasulla ei sinänsä ollut ongelmia, mutta kaasun saamisen kanssa oli ongelmia. Luvatus 800 NM³/d sijaan kaasua tuli vain 200 – 250 NM³/d joten turbiinia piti ajaa osateholla ja katkokäytöllä. Tämä taas vaikutti suoraan hyötysuhteeseen ja kannattavuuteen. Eli suurin ongelma on reaktorin toiminta, ei turbiinin.

OMES -projektin loppuraportissa pelkän T 100 -turbiinin hinta vaihteli 80- 86 000 € alv 0. ASUE:n raportissa vuodelta 2001 on hinnaksi mainittu 990 €/kWe ilman asennus yms. kuluja eli siitä ollaan tultu alaspäin jonkun verran. Turbiini on halvempi kuin esimerkiksi Capstone, mutta Suomen jälleenmyyjistä ei ole tietoa ja tehdas ei vastannut sähköpostiin.

Bowman TG80SO-G, Englantilainen mikrokaasuturbiini toimii maakaasulla, eli myös biokaasulla, vaikka sitä ei erikseen mainita. Hinta vahvistamatta, mutta ASUE:n selvityksen mukaan (2001) hinta on n. 1100 €/kWe, eli n.88 000 €

C30 Biogas (+CHP), C30 Liquid Fuel (+CHP), C60 Integrated CHP ovat Yhdysvaltalaisen Capstone – yhtiön mikroturbiineja. Teknisesti ne ovat hyviä ja yhtiö on ilmeinen markkinajohtaja tällä alalla. Tapio Moisio Wihurilta analysoi että ainakin pari vuotta sitten Capstone oli teknisesti erittäin hyvä, ellei paras. Suomessa hinta (pelkkä turbiini) n. 100 000 € (Greenviroment ja Sarlin Hydor), mutta tähän sisältyy jo asennuskuluja. Pelkän turbiinin hinta oli vuonna 2001 ASUE:n mukaan n. 70 000 €.

MT70 mikrokaasuturbiini ja Biogas-to-Energy Systems for Agricultural Digesters ovat Yhdysvaltalaisen IR Powerin tuotteita. IR, eli IngersollRand, on

maailman suurimpia työkalujen ja koneiden valmistajia. Esim. kiinteistöpuolelta tuttu pienkonemerkki Bobcat on IngersollRandin tytäryhtiöitä. Mikroturbiiniosaaminen on ilmeisesti hankittu ostamalla Northern Research and Engineering Corporation.

MT70:llä on isoveljiä MT 250, mutta sen teho menee reilusti yli 100 kW. New Yorkin kaasuyhtiö NYGAS on muuten esitellyt sivuillaan MT70 turbiinia ja kuten tästä voi päätellä, käy tämäkin turbiini maakaasulla. Dokumentti on tosin peräisin vuoden 2001 huhtikuulta. Tuskin aprillipila, sillä lähes sama dokumentti löytyy tammikuulta 1999 ja siinä kerrotaan että koneen kenttäkokeet alkavat. IR Powerin sivuilla on esittely jonkinlaisesta maatalouden biokaasun tuotanto- ja muuntomenetelmästä, eli tuosta **Biogas-to-Energy Systems for Agricultural Digesters** systeemistä. Ilmeisesti kyseessä on kokonaisvaltainen hallintajärjestelmä reaktorista verkkoon asti, mutta tarkempaa tietoa ei ainakaan netissä ole asiasta. Tästä taas voi päätellä että yhtiön turbiineihin kelpaisi myös biokaasu.

Elliot MagneTek on eräs alan pioneereja ja valmistaa myös mikroturbiineita Yhdysvalloissa, mutta tarkkoja tuotetietoja ei ole netissä jakelussa. Tapio Moisio analyysin perusteella yhtiön tekniikka oli melko alkeellista 2002 ja tuotekehitykseen ei tarpeeksi panostettu. ASUE:n raportissa vuodelta 2001 Elliot ja Bowman rinnastettiin toisiinsa ainakin hinnan perustella, lieneekö sitten sama perustekniikka? Hintaa Elliotin turbiinilla olisi siis noin 88 000 euroa ilman veroja.

Alan todellinen pioneeri on kuulemma AlliedSignal – niminen yhtiö, joka aloitti mikroturbiineiden kehityksen muunnetuilla lentokoneiden turbiineilla. Vuoden 1999 loppupuolella se fuusioitui Honeywellin kanssa, jolloin tuotteiden laatu alkoi kärsiä muuttuneesta tilanteesta. Tilannetta sotki vielä entisestään suunnitelmat GE:n ja Honeywellin fuusiosta. Honeywell ja GE ilmeisesti tekivät yhteistyötä ja tältä ajalta, huhtikuusta 2001, on NYGAS:n sivuilla dokumentti hajautetun energiantuotannon kokeilusta. Siellä on mukana Honeywell/GE Parallon 75 kokeiltavana laitteena kuvien kanssa. Mutta kuitenkin jo saman vuoden syyskuussa Honeywellin uusi pääjohtaja kertoo että mikroturbiinitoiminta oli puhdas hutti ja se lopetetaan.

4.4 Polttokennot

Vetyteknologiaa kohtaan tuntuu olevan runsaasti kiinnostusta ja alalla häärii useita valmistajia esim. Siemens ja autoteollisuuden kanssa toimiva Ballard. Kaiken kokoisia valmistajia on runsaasti ja kehitystä tapahtuu, mutta toistaiseksi markkinoille ei ole päässyt yhtään kotitalouskäyttöön sopivaa polttokennoa. Esimerkiksi Toshiba on valmis 200 kW järjestelmä, mutta ei pienempää. Kubota on kuulemma solminut jo vuonna 2000 Yhdysvaltalaisen GE Microgen – yhtiön kanssa sopimuksen pienien polttokennojen markkinoinnista, mutta koko GE Microgen tuntuu hävinneen ja nettisivuilla ei asiasta mainita mitään. Herää jälleen kysymys, että mistä tulevat Microgenin kirjaimet GE? Että voi hyvinkin olla että markkinoilla on laitteita, mutta näin nopeasti niitä ei löydä. Mahdollista on myös, että isommat yhtiöt ovat ostaneet pienempiä lupaavia yrityksiä pois kilpailemasta tai jatkokehitykseen. Tuotekehitys on melko kallista, joten voisi olettaa että isoilla yhtiöillä on tässä ostettu etulyöntiasema. Toisaalta koskaan ei voi tietää mitä se naapurin kiltti setä kehittää kellarissaan, innovaatiohan ei aina tule rahan kautta.

4.5 Muut

Small Steam Boiler UMB-64 ja Single Cylinder Steam Engine ovat Yhdysvaltalaisen Reliable Steam Engine Co:n valmiita tuotteita. Höyrykoneen suoritusarvot eivät tosin päättä huimaa, mutta luvassa on kuulemma pienikokoisia höyryturbiineja aina satoihin kW:n asti ja ne alkavatkin jo kiinnostaa. Esimerkiksi hake- tai pellettikattilaan integroituna pieni höyryturbiini voisi olla varmatoiminen laite. Toisaalta nämä ovat niin yksinkertaisia laitteita valmistaa että luulisi kotimaisenkin insinöörin osaavan suunnitella tällaisia. Ainoa vaikea osa höyryturbiinissa on muuntaja, joka muuntaa korkeataajuisen sähkön tavalliseen sähköverkkoon sopivaksi.

Hinta: Boileri UMB-64 5000€ ja moottorin valupaketti 840€, höyryturbiinista ei ole tietoa. Moottoriin tarvitaan lisäksi generaattori.

SteamCell Saksalaisen Enginion – yhtiön kehittämä ja lisensoima teknologia, markkinoilla 2005, mutta valmistajista ei ole tietoa. Toimintaperiaate on höyryllä toimiva mäntämoottori ja sovelluskohteita on useita autoista asuntoihin. Käy myös biopolttoaineille. Enginion ei itse valmista tuotteita mutta se lisenssöi keksintöään mystisen verhon peittämälle yritysjoukolle. Tuote on lupaavan kuuloinen, mutta toistaiseksi on vaikea mennä sanomaan mitään, koska yhtään toimivaa laitetta ei ole vielä esitelty.

Hinta auki, koska ei vielä markkinoilla.

Ulkomailta tilattavat tuotteet tarvitsevat rahtipalveluita, ja Keski-Suomen alueella Schenker – konserniin kuuluva Vähälä Oy on yksi suurimmista. Kansainvälinen logistiikka onnistuu. Tarjouspyyntöjä voi lähettellä esimerkiksi osoitteeseen janne.paananen@schenker.com. Tarjoukseen olisi hyvä tietää tilattavan kappaleen lähtömaa ja paikka sekä postinumero, ulkomitat, massa sekä tieto siitä voiko paketin päälle kasata muuta tavaraa. Hinta on huomattavasti alhaisempi jos paketin päälle voi kasata tavaraa (n. 200 kg) Esimerkki: Solon Stirling (1280 * 700 * 980 mm ja 460 kg) tulee Sindelfingenista Jyväskylään 300 €:lla jos ei saa pakata mitään päälle, mutta jos voi pakata päälle niin hinta putoaa 200 €:oon.

5. Loppupäätelmät

5.1 Muutama sana polttoainehuollosta

Kaiken tämän tekniikka -hässäkän lopuksi on hyvä viettää pieni hiljainen hetki, ja ajatella polttoainetta. Suomalaiselle puun polttaminen on itsestänselvyys, kun taas eurooppalaiset pitävät maakaasua lähes samassa asemassa. Ei siis mikään ihme että yhtään myynnissä olevaa, puulla toimivaa mikro – CHP laitetta ei löytynyt. Paitsi että Sololla on sellainen menossa kenttäkokeisiin syksyllä. Yksi kone on kuitenkin Euroopan tasolla aika vähän, joten tässä olisi markkinarakoa nähtävillä suomalaisille yritysille.

Maakaasu on suosituin polttoaine kaikkien tässä käsiteltyjen tekniikoiden keskuudessa, sillä se käy niihin kaikkiin. Myös laitteista valtaosa on suunniteltu erityisesti maakaasukäyttöön. Euroopassa on pitkät perinteet maakaasun käytölle ja nykyinen sähkön nouseva hinta yhdistettynä ajoittaisiin toimitusvaikeuksiin ovat

raottaneet ovea hajautetulle sähköntuotannolle. Tekniikka on kehittynyt niin pitkälle, että maakaasulla on laskennallisesti halvempi tuottaa kotitalouden tarvitsema sähkö ja lämpö kuin vastaavan energian ostaminen pelkkänä sähköinä. Suomessakaan tämä tilanne ei ole kaukana, mutta maakaasuverkon puuttuessa on vastaavan tyyppinen energiantuotannon hajauttaminen kotitalouksiin asti lähes mahdotonta. Tai ainakin se on maakaasuun perustuvilla laitteilla mahdotonta.

5.1.1 Puubiomassat

Puupohjaisia biomassoja on Suomessa saatavilla erittäin hyvin, mutta toisaalta niille ei ole olemassa CHP – laitteita näin pienessä kokoluokassa. Suomalaiset valmistavat erittäin hyviä laitoksia pienimuotoiseen CHP – tuotantoon, alle 10 MW, mutta mikroluokkaan ei valmisteta oikein mitään. Kiinteillä puupolttoaineilla on siis lähes mahdotonta ottaa käyttöön mikro – CHP:tä. Polttoaineen kaasuttaminen ja reformointi nestemäiseksi voisivat olla eräs vaihtoehto (Choren AG) jolloin voitaisiin käyttää polttomoottoripohjaisia tekniikoita. Suoraan kiinteillä polttoaineilla toimivat ratkaisut pitää keksiä osin itse, sillä niitä ei ole markkinoilla. Höyryturbiinit ja stirling – koneet ovat tähän käyttöön lupaavimpia, höyrykoneista suljettuun kiertoon perustuvat mallit ovat parhaita. Höyryturbiinien käyttöönotto on ehkä helpompaa yksinkertaisemmän toimintaperiaatteen takia.

Siirryttäessä mikro – CHP tuotantoon pitää myös unohtaa hyötysuhteen perään tuijottelu, ja nimenomaan sähköntuotannossa. Pienessä kokoluokassa ei ole mahdollista nykytekniikalla päästä niin korkeisiin hyötysuhteisiin sähköntuotannossa kuin megawattiluokan laitteilla, joten vertailu kannattaa tältä osin unohtaa. Pitää muistaa, että kokonaishyötysuhteessa päästään yli 90 %:n myös mikroluokassa. Mikro – CHP tuottaa siis vain enemmän lämpöä kuin suurempi CHP – laitos ja yleensä omakotitalot tarvitsevat enemmän lämpöä, kuin sähköä. Polttokennojen hyötysuhteeseen kokoluokalla ei ole juurikaan merkitystä ja pieninkin polttokenno toimii korkealla hyötysuhteella.

5.1.2 Biokaasu

Biokaasun käyttö maakaasun korvikkeena on mahdollista, mutta maakaasuverkkoon syötettävän kaasun tulee täyttää tavallisen maakaasun puhtaus- ja kosteusvaatimukset. Tämä edellyttää siis biokaasun puhdistamista. Toistaiseksi ongelma ei ole puhdistuslaitteiden saatavuudessa tai tehossa vaan kokoluokassa ja hinnassa. Biokaasun puhdistuslaitteet maksavat aivan liikaa pienelle tuottajalle, esim. maatilalle. Sama ongelma on myös Saksassa: pienten yksiköiden ei kannata tuottaa kaasua vaan sähköä (huonommalla hyötysuhteella kuin isoissa laitoksissa) ja lämpöä (jota ei usein edes tarvita). Suurissa yksiköissä puhdistuslaitteet voivat maksaa melkein mitä vaan, kapasiteetti lyhentää investoinnin takaisinmaksuajan melko pieneksi. Biokaasun käytön lisäämiseksi tarvitaankin joko halvempia puhdistuslaitteita tai suurempia yksiköitä.

Kaasun siirto paikallisesti olisi erittäin järkevää. Esimerkiksi saman kaupungin alueella olevat biokaasun tuottajat (kaatopaikka, jätevedenpuhdistamo, ruokateollisuus jne.) voisivat rakentaa oman biokaasuverkkonsa, jolloin kaikkien ei tarvitsisi välttämättä hankkia puhdistuslaitteita vaan pelkkä kaasun kuivaus riittäisi. Kaasu siirtyy putkessa ilman häviöitä jolloin olisi mahdollista perustaa suurempi

yksikkö muuntamaan kaasu sähköksi ja lämmöksi vaikka se olisi vähän kauempanakin. Lisäksi voisi hankkia myös puhdistuslaitteiston joka syöttäisi ylimääräisen kaasun normaaliin maakaasuverkkoon. Tällöin markkinoille tulisi lisää kapasiteettiä ja maakaasuverkon rakentaminen uusille alueille mahdollistuisi. Kotitalouksille syntyisi samanlaiset mahdollisuudet hankkia mikro – CHP laitteita kuin Keski -eurooppalaisilla on nyt. Mikrokaasuturbiineilla olisi tietysti mahdollista tehdä sähköä kohtalaisen pienistäkin määräistä kaasua paikoissa, joihin kaasulinjan vetäminen tulisi liian kalliiksi.

5.1.3 Biodiesel

Nestemäisten polttoaineiden puolella pyrolyysiöljyä tutkitaan ja ilmeisesti hyviä tuloksia on jo saatukin, mutta pellolta saatavien polttoaineiden puolella on melko hiljaista. Valmetin rypsiöljykokeilut loppuivat ongelmiin vuosia sitten ja suuremman luokan projekteista en ole ainakaan kuullut. Ainoa biopolttoaineiden valmistaja Suomessa, jonka minä tiedän, on Pöytyäläinen Väinö Laiho. Hän viljelee sinappia ja on siitä puristamallaan öljyllä ajellut mm. kymmenen vuotta traktorilla ja 100 000 km vanhalla Mercedes-Benz henkilöautolla ilman polttoaineesta johtuvia ongelmia. Keski – Euroopassa rypsiöljystä esteröidyt biodieselit ovat yleisessä myynnissä ja ongelmia ei ole talvikäytössä oikealla lisäaineistuksella. Autoissa ongelmia tietysti syntyy kovalla pakkasella, mutta jos ajatellaan CHP – käyttöä niin tuskinpa sinappi- tai rypsiöljy hyytyy sisätiloissa tai maanalaisessa säiliössä. Lisäksi bioöljyissä olisi se hyvä puoli että öljylämmitteisissä taloissa on jo valmiina tarvittavat säiliöt ja putkitukset.

Maaseudulla olisi mahdollista toteuttaa koko kylän kattavaa energiaviljelyä non – food kesantopelloilla. Sinapilla on todettu olevan hyviä ominaisuuksia mm. rikkakasvien torjunnassa, joten hyödyt eivät rajoittuisi pelkästään saatavaan polttoaineeseen. Esimerkiksi sinappi tuottaa öljyä n. 650 kiloa / ha jos hehtaarisato on 2000 kg (Ekolaiho).

5.2 Polttomoottoripohjaiset tekniikat

Porukan monitaituri, jolle on keksitty eniten sovelluksia. Päästöiltään se on pystynyt kehittymään jatkuvasti eikä kehitys ole jäänyt paikoilleen. Hyviä puolia on monipuolisuus ja saatavuus, huonoja puolia ei oikein ole, sillä käyntiääneen ja päästöihinkin pystytään vaikuttamaan kohtalaisen hyvin. Polttomoottori on joukon ainoa, jolla riittää kokoluokkia muutamasta watista megawattiluokkaan asti ja jolle käy sekä biokaasu että biodiesel ilman suurempia komplikaatioita.

5.3 Stirling – moottorit

Vanha keksintö, joka on herätetty uudelleen henkiin ja parannettu nykytekniikalla. Kehitystä tehdään muihin tekniikoihin verrattuna pienellä rahalla, mutta tuloksia on jo saatu aikaan. Stirlingin hyviin ominaisuuksiin kuuluu yksinkertainen toimintaperiaate ja varma mekaaninen toimivuus. Polttoainevalikoimaltaan se on joukon ehdoton ykkönen, sillä lämpö toimii ajavana voimana ja keino sen tuottamiseksi on vapaa. Heikko kohta on lämmönvaihdinpinnat, sillä huonolla polttoaineella tai polttotekniikalla tarvittavaa lämpötilaeroa ei saada aikaan ja kone ei käy. Kotitalouskäyttöön nykyiset tehot riittävät hyvin, suurempia sovelluksia ei edes ole markkinoilla.

5.4 Mikroturbiinit

Mikroturbiinit ovat turboahtimien jalostettuja sukulaisia ja niiden etuihin kuuluu sopivuus useille polttoaineille ja alhaiset päästöt. Biokaasukäytössä ne myös sietävät enemmän haitallisia aineita kuin polttomoottorit. Kuten OMES –projektin loppuraportista käy ilmi, ei mikroturbiinien biokaasukäytössä ole muita kuin polttoainehuoltoa koskevia ongelmia. Kaasua tai muuta polttoainetta pitää olla tarpeeksi ja toisaalta myös jatkuvaa sähkön ja lämmön tarvetta taloudellista käyttöä varten. Jos käyttöaikaa on runsaasti, niin turbiini maksaa itsensä takaisin erittäin nopeasti.

Mikroturbiini ei kuitenkaan ole aivan kotitalouskäyttöön sopiva tuote, vaan se sopii pienimmillään suurille maatalouden biokaasulaitoksille, kaatopaikoille tai asuntoalueiden aluelämpölaitoksille. Mikroturbiini on myös maatilojen yhteishankkeisiin sopiva tuote, kunhan lämmölle löytyy järkevää käyttöä, esimerkiksi kasvihuoneessa. Kaatopaikoilla turbiinilla voisi tuottaa sähköä nykyisen pelkän polttamisen sijaan.

5.5 Polttokennot

Polttokennoihin pohjautuvia järjestelmiä alkaa pikku hiljaa ilmestyä markkinoille. Siemensillä on jo olemassa n. 200 kW voimala ja modulaarinen, 5 kW osista rakentuva, järjestelmä olisi omiaan pienemmille laitoksille ja lisäämään biokaasun käyttöä Suomessa. Toistaiseksi ongelma on, että vain todella suuret laitokset kannattavat taloudellisesti, ts. tulot ovat jollain järkevällä aikavälillä suuremmat kuin menot. Jos tulevan modulaarisen järjestelmän hinta asettuu sopivalle tasolle, voisi biokaasun tuotanto kannattaa esim. 10 m³ kokoisissa reaktoreissa, jolloin investoinnit olisivat pienemmät ja siten myös houkuttelevuus suurempi. Nykyisellä hintatasolla polttokenno ei ole mitenkään helposti kannattava, mutta hintojen ennustetaan laskevan sopivalle tasolle noin vuoteen 2010 mennessä. Pienen polttokenno - CHP:n etu on erittäin hyvä hyötysuhde sähköntuotannossa. Muilla tekniikoilla ei päästä suurissakaan yksiköissä samaan ja toisaalta polttokennojen tekniikka kehittyi jatkuvasti joten ero tulee vielä kasvamaan.

Tulevaisuuden visiona voisi olla koko maan kattava kaasuverkko, johon tuotettaisiin kaasua hyvin pienilläkin biokaasureaktoreilla ja kaasu muunnettaisiin talokohtaisella polttokennolla sähköksi ja lämmöksi. Siirtohäviöt olisivat näin kaikkein pienimpiä ja hyötysuhde olisi nykyistä huomattavasti korkeampi. Mutta toistaiseksi polttokenno on vasta tulossa markkinoille ja kuluttajaystävälliselle hintatasolle päästään luultavasti seuraavan 5 – 10 vuoden kuluessa. Lisäksi koko maan kattava kaasuverkko tulisi melkoisen kalliiksi.

5.6 Muut

Enginionin SteamCell höyrymäntämoottori ilmaantuu uusien tietojen valossa markkinoille vasta vuonna 2005. Kesällä 2003, jolloin itse ensi kerran kuulin tekniikasta, tuotteita lupailtiin markkinoille 2004 syksyllä. Pientä aikataulun korjausta siis. Tuotteeseen tuntuu ainakin internet – lähteiden pohjalta olevan kovasti uskoa, sillä Enginionin takana on kuusi suurta sijoitusyhtiötä ja viimeisin osakeanti toi yhtiölle yli 10 miljoonaa euroa. Markkinoille tullessaan tuotteella on hyvät

mahdollisuudet, sillä se käy lähes kaikilla neste- ja kaasumaisilla polttoaineilla, päästöt ovat olemattomat ja käynti hiljaista. Jäämme odottamaan.

Yhdysvaltalainen mikrohöyryturbiini olisi kiintoisa näyttelykapine, mutta toisaalta se tarvitsee höyryä toimiakseen ja sitä on kotioloissa hankala tuottaa. Tuottaminen itsessään onnistuisi varmaan hake- tai pellettilaitteilla ilman suurempia ongelmia, mutta mihin käyttää höyry turbiinin jälkeen? Sopivan kokoisina yksiköinä pienteollisuudessa voitaisiin olla tästä kiinnostuneita. Toisaalta kotimaastakin löytyy varmasti insinöörejä jotka pystyisivät suunnittelemaan pienen kotimaisen höyryturbiinin ja sen tarvitsemat sähkölaitteet. Tosin onhan se aivan eri juttu suunnitella 10 kW:n kuin 1000 kW:n turbiinia...

Mistähän kummasta johtuu se pieni periaatteellinen ero suomalaisen ja ulkomaalaisen insinöörin välillä: Suomalainen keskittää suuressa maassa, pitkistä siirtomatkoista huolimatta ja ulkomailla hajautetaan tiheästi asutetuilla alueilla. Pitäisiköhän vaihtaa insinöörejä päikseen?

6. Lähteet

6.1 Internet

Tiedot kerätty ajalla 21.6.2004 – 16.7.2004.

www.gasum.fi

www.greenenvironment.fi

www.sarlin.com

www.siemens.fi/partneri/partneri200/polttokenno_ ja_ kaasutur.html

www.ekolaiho.fi

<http://witraktor-wihuri.cat.com/>

www.syh.fi/maskinteknik/stirling/slutrapport.htm

www.ideatec.fi

www.whispergen.com

www.turbec.com

www.ecopower.de

www.asue.de

www.asue.de/veroff/bhkw/image/mikro_kwk.pdf

www.enginion.com

www.stirling-engine.de

www.jenbacher.com

www.senertec.de

www.giese-gmbh.de

www.hoefler-bhkw.de

www.eaw-energieanlagenbau.de

www.ecpower.dk

www.microgen.com

www.bio-renewables.co.uk

www.energy-expo.org

www.renewable-resources.com
www.itpower.co.uk
www.bowmanpower.co.uk
www.energytech.at
www.oberdorfer.at
www.pioneer.net/~carlich/index.html
www.microturbine.com
www.irpowerworks.com
www.cat.com
www.gepower.com
www.westernmachinery.com
www.redrok.com/engine.htm

6.2 Kirjallisuus

Vartiainen, Luoma, Hiltunen, Vanhanen, 2002, HAJAUTETTU ENERGIANTUOTANTO: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt, s. 17 – 64, Helsinki: Edita

Kauppinen, 2002, Maakaasuyhdistyksen vuosikirja, s. 24 – 28, Libris Oy

Pedersen, Microturbine Energy Systems The OMES Project – raportti, DONG 2004

Rizzo, 1999, The Stirling Engine Manual, s. 1 - 9, Somerset: Camden Miniature Steam Services

6.3 Puhelinkeskustelut

Tapio Moisio, 29.6.2004, Projektipäällikkö Wihuri Oy Witraktor, CAT aggregaattien mikro – CHP käyttö ja mikroturbiinit

Petri Sarnes, 9.7.2004, Myyntijohtaja Siemens Power Generation, Siemens polttokennot