

Tomi Oksava

# Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto pienkiinteistöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

28.4.2014

Tekijä Otsikko	Tomi Oksava Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto pienkiinteistössä
Sivumäärä Aika	31 sivua + 6 liitettä 28.4.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	lehtori Jarno Varteva
<p>Tässä insinööriyössä on perehdytty sähkön sekä lämmön yhteistuotantoon, joka on nimeltään mikro-CHP. Tämä teknologinen ratkaisu perustuu jo suuremmissa voimalaitoksissa käytössä olevaan teknologiaan, mutta on suunniteltu kotitalouksille. Erittäin oleellisena seikkana laitteistossa on itse tuotetun sähkön käyttäminen tai sen myyminen. Maantieteellisestä sijainnista riippuen joko sähkö tai lämpö on ikään kuin laitteiston sivutuote.</p> <p>Tässä insinööriyössä käytiin läpi erilaisia teknologisia ratkaisuja, joilla laitteistoja on valmistettu sekä vertailtiin näiden keskinäisiä eroavuuksia ja ominaisuuksia. Laitteistoja ei ole Suomessa erityisemmin saatavilla, minkä takia perehdyttiin tilanteeseen muualla maailmassa laitteistojen ja kehityksen kannalta.</p> <p>Suomen sähköverkon kanssa yhteensopiva laitteisto otettiin arvioitavaksi ja tutkittiin pintaa syvemältä laitteiston liittämistä, käyttämistä sekä asennusvaatimuksia. Laitteiston toimintaa, käytettävyyttä sekä mahdollisia kustannuksia arvioitiin tarkemmin. Kustannuksiin vaikuttaa huomattavasti muissa maissa käytetyt kannustimet sekä tietysti itse tuotetun sähkön käyttäminen tai sen myyminen.</p> <p>Lopuksi katsastettiin mitä muita sähkön tuottoon suunniteltuja tuotteita on nykyään tarjolla kuluttajille sekä muita tuloillaan olevia mCHP-laitteistoja.</p> <p>MCHP vaikuttaa hyödylliseltä kuluttajan näkökulmasta vähentämällä sähkölaskua. Ympäristön kannalta laitteistot vähentävät haitallisia CO<sub>2</sub>-päästöjä. Kustannukset ovat kuitenkin toistaiseksi suurehkot sekä saatavuus on rajoitettu.</p>	
Avainsanat	chp, mchp, orc, ice, pem, rankine, sähkö, lämpö, tuotanto, yhdistetty

Author Title	Tomi Oksava Micro Combined Heat and Power in Domestic Usage
Number of Pages Date	31 pages + 6 appendices 28 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarno Varteva, Senior Lecturer
<p>Combined Heat and Power, CHP, has been in the market for some time now. However, due to the increasing energy demands and the ever-rising cost of energy, it has become economically viable to develop a small scale version of CHP. This is called micro-CHP, and it is aimed for common households. It shows great promise in the fight against reducing carbon dioxide emissions.</p> <p>The main idea of the micro-CHP is to produce either heat or electricity, and the other is received as a useful byproduct. Whichever is the main product depends mostly on the geographical location. With this technology, it is also possible to receive a higher amount of energy from a fuel source, thus saving in fossil fuel consumption rate.</p> <p>The study evaluates the different mCHP-installations available in Europe, as there are none currently imported to Finland. The different technologies, used by different manufacturers, are further clarified and their pros and cons are evaluated.</p> <p>One installation suited for the Finnish power grid is taken under scrutiny. It is clarified what it takes to install and operate the device and what other requirements are needed to consider beforehand. Also the functionality, usability and the approximated costs included are inspected. Incentives used in many European countries have a big impact on the costs as well as the option to use or sell the self-produced electricity.</p> <p>Lastly, the near future of mCHP is discussed. There are several very promising technologies that can offer sound economic benefits. The consumer market also offers some more traditional electricity-producing installations, such as wind or solar power solutions which may be combined with some micro-CHP installations.</p> <p>This study clarifies that the micro-CHP technology is beneficial in many ways for the consumer and environmentally effective in reducing CO<sub>2</sub> emissions. Currently, its costs, however, are high and its availability to consumers is limited.</p>	
Keywords	chp, mchp, orc, ice, pem, rankine, production, electricity, heat, combined

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantomenetelmä	2
2.1	CHP-tuotantolaitoksen toimintaperiaate ja edut	2
2.2	Mikro-CHP:n toimintaperiaate ja käytetyt teknologiat	4
2.2.1	ICE-teknologia	5
2.2.2	Stirling-moottori	6
2.2.3	Sähkökennostot	8
2.2.4	Mikroturpiini	9
2.2.5	ORC-teknologia	11
2.3	Mikro-CHP:n kehitys maailmalla	13
3	Edellytykset mCHP:n sähköverkkoon liittämiseksi	13
3.1	Esimerkkilaitteisto Baxi Ecogen 24/1.0	14
3.1.1	Baxi Ecogen 24/1.0:n liittäminen	17
3.1.2	Baxi Ecogen 24/1.0:n toiminta, käytettävyys & laatu	18
3.2	Päästöjen vähenemä	20
4	Kustannusten arviointi	21
4.1	Baxi Ecogen 24/1.0:n takaisinmaksuaika	22
4.2	Baxi Ecogen 24/1.0:n ylläpidon kustannukset	23
5	Muita nykyisin kuluttajalle tarjolla olevia tuotteita	24

5.1	Stirling-tekniologian laitteistoja	25
5.2	Rankine-tekniologian laitteistoja	25
5.3	ICE-tekniologian laitteistoja	26
5.4	Muut tulossa olevat sähkön ja lämmön tuotanto tekniologiat	27
6	Yhteenveto	27
	Lähteet ja viitteet	30
	Liitteet	
	Liite 1. Kustannuskannustimia eri Euroopan maissa	
	Liite 2. Eri mCHP-tekniologioiden hyötysuhdekäyriä	
	Liite 3. Baxi Ecogen 24/1.0:n tekniset tiedot	
	Liite 4. Baxi Ecogen 24/1.0:n kustannukset ja takaisinmaksuaika	
	Liite 5. Eri tekniologioilla valmistetut mCHP-laitteistot	
	Liite 6. Linkkejä eri mCHP-valmistajille	

## Lyhenteet

AC/DC	Alternating Current/Direct Current; vaihtovirta/tasavirta -käsitteet
CHP	Combined Heat and Power; yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto
DER	Dwelling Emission Rate; Englannissa asutetun rakennuksen päästöluokitus; yksikkönä hiilidioksidia/neliometri; tämän avulla lasketaan SAP-arvo rakennukselle
FIT	Feed in Tariff; tuottotariffi, joka on Englannissa käytössä; jokaisesta tuotetusta kilowattitunnista maksetaan ennalta sovittu hinta tuottajalle
ICE	Internal Combustion Engine; sisäinen polttomoottori; sama periaate kuin auton moottorissa
LPG	Liquid Petroleum Gas; nestemäinen öljypohjainen polttoaine, esimerkiksi propaani tai butaani
Mikro-CHP	Yleisnimitys yhdistetystä sähkön ja lämmön tuotannosta pienoiskoossa; myös lyhenteet mCHP ja MCHP
ORC	Organic Rankine Cycle; lämpövoimaprosessi, jossa käytetään orgaanista yhdistettä, joka höyrystyy matalissa lämpötiloissa; ks. myös Rankine Cycle, RC
PEM	Polymer Electrolyte Membrane; nykyisin Proton Exchange Membrane; sähkökenossa tapahtuva elektrolyysi, jossa vety ja happi yhdistyvät; elektronien siirtyminen kehittää tasasähkövirran erilliseen sähköpiiriin
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell; uudempi ja täsmällisempi nimitys PEM-sähkökennoille
RC	Rankine Cycle; perinteinen sähkön tuotantomenetelmä; tavallisesti tässä teknologiassa käytetään vettä, joka höyrystetään; höyry nousee mui-

SAP	Standard Assessment Procedure; Englannin hallituksen hyväksymä energialuokitusjärjestelmä asutuille rakennuksille; arvot 1–100; uusiutuvalla energian käytöllä voi ylittää arvon 100
SEDBUK	Seasonal Efficiency of Domestic Boilers in the UK; luokittelujärjestelmä kuumavesivaraajien tehokkuudesta Englannissa; luokitus on tehty aakkosten mukaan A:sta G:hen A:n ollessa paras
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell; sähkökemiallinen kenno, jolla tuotetaan tasasähköä kiinteällä elektrolyytillä

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä perehdytään yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantolaitteistoihin pienkiinteistössä, kuten esimerkiksi omakotitalossa. Tällaiset pientuotantolaitteistot ovat tulleet markkinoille, koska EU on sitoutunut energiatehokkuuteen ja vähäpäästöisyyteen [1]. Tavallisesti yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP) on käytössä suurissa tuotantolaitoksissa. Pientuotannolla puolestaan pyritään kehittämään energiatehokkaampia ratkaisuja sekä hillitsemään päästöjä. Osaltaan tämä kehitys johtuu ydinvoiman saamasta huonosta julkisuudesta, kuten Fukushima onnettomuudesta. MCHP-teknologia tarjoaa kuluttajalle houkuttelevan mahdollisuuden pienentää sähkölaskuaan sekä samalla voidaan vähentää haitallisten päästöjen syntymistä. Laitteistot voivat myös vähentää sähköverkon häiriöiden vaikutuksia kuluttajalle, kun voidaan itse tuottaa sähköä omaan käyttöön. Toisaalta itse tuotettua sähköä voidaan myös myydä takaisin sähköverkkoon.

Monet mCHP-laitteistot ovat vielä kehitys- ja testausasteella, joten niitä ei ole vielä kovin suuria määriä massatuotannossa. Tämän takia laitteistojen hinnatkaan eivät välttämättä vielä kykene kilpailemaan perinteisten ratkaisujen kanssa. Euroopassa muutamia yrityksiä etenkin Saksassa ja Englannissa ovat jo saaneet joitakin tuotteita valmiiksi markkinoille ja kuluttajien saataville.

Tässä työssä verrataan, millä tavoin erilaiset teknologiat laitteistoissa eroavat toisistaan. Tutkitaan myös, miten esimerkkilaitteisto voidaan ottaa käyttöön sekä mitä kuluttajan tulee huomioida laitteistoa hankkiessaan. Kuluttajalle tulevia kustannuksia laitteiston hankinnasta ja ylläpidosta arvioidaan. Lisäksi katsastetaan, mitä muita erilaisia sähkön tuotantovaihtoehtoja on saatavilla.

## 2 Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantomenetelmä

### 2.1 CHP-tuotantolaitoksen toimintaperiaate ja edut

Tavallinen yksittäinen sähkön tai lämmön tuotantolaitos ei pysty hyödyntämään käytettävää polttoainetta läheskään 100-prosenttisesti. Tuloksena on aina ylimääräistä huk-

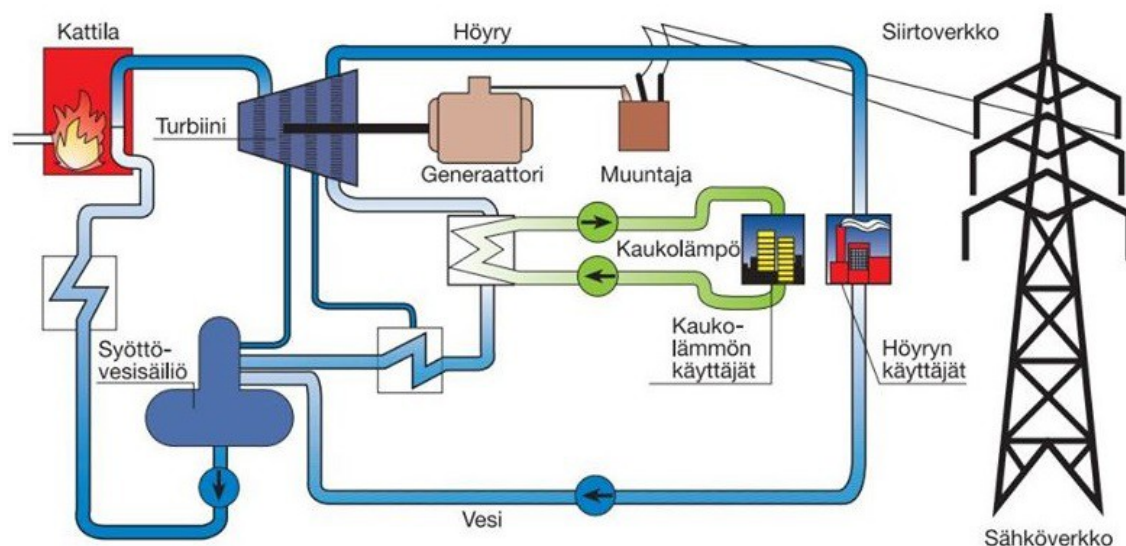
kalämpöä. Tämä ylimääräinen lämpö on varhaisissa tuotantolaitoksissa jouduttu ohjaamaan suoraan ympäristöön. Nykyajan CHP-laitokset voivat hyödyntää tätä hukkalämpöä, joko suoraan lämmitykseen tai esimerkiksi kuuman veden kiertoon lähiseudun asukkaille.

Ympäristön kannalta CHP-tuotanto kuormittaa ympäristöä vähemmän kuin erilliset sähkön tai lämmön tuotantolaitokset. CHP-laitoksella saadaan käytetyn polttoaineen sisältämä energia tehokkaammin käytettyä sekä voidaan samanaikaisesti pienentää hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöt vaikuttavat puolestaan suurelta osin ilmastonlämmenemiseen, joka aiheuttaa sään ääri-ilmiöitä ympäri maailmaa. Kun energiaresurssien sisältämä energia saadaan tehokkaammin käytettyä, tällöin voidaan hidastaa fossiilisten polttoaineiden loppuun kulumista. Yhteistuotannon muita etuja ovat alhaisemmat käyttökustannukset, luotettavampi toiminta sekä parempi sähkönlaatu.

Nykyään käytössä olevien sähkön ja lämmön tuotannon huonoina puolina on energian siirtämisissä hukkaan menevä lämpö sekä sähkö. MCHP-laitteistoilla saadaan säästettyä siirtämisiin hukkaantuvaa energiaa huomattavasti, kun energian tuotanto on samassa paikassa kuin sen tarvekin. Useisiin kotitalouksiin asennetulla hajautetulla mCHP-tuotannolla voidaan vähentää riippuvuutta sähkövoimaloista, parantaa sähkön saannin toimintavarmuutta sekä tasata kuormitushuippuja.

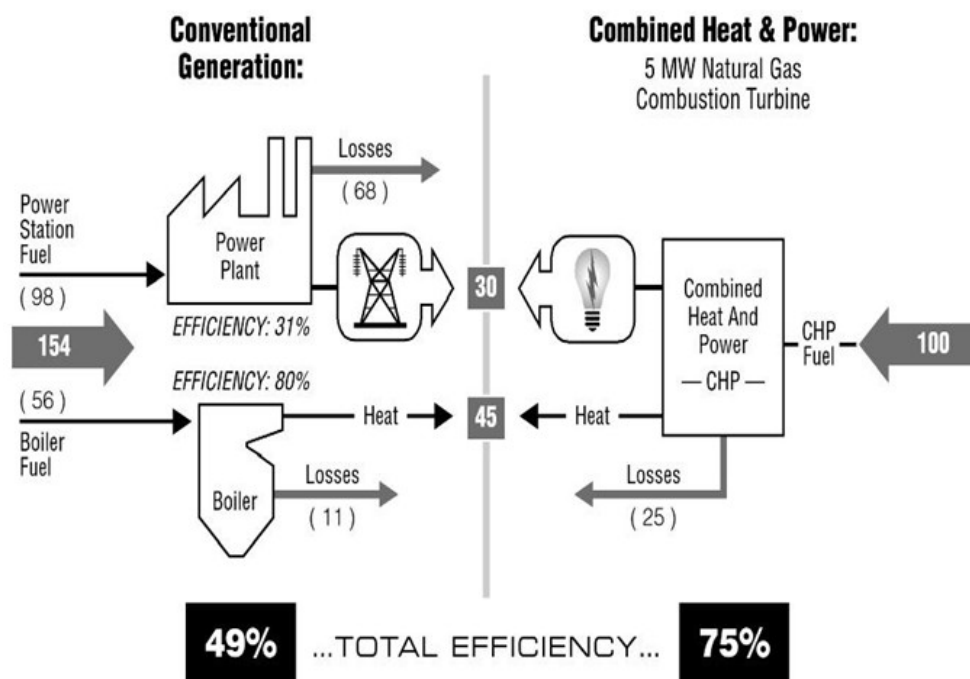
MCHP-teknologia voi houkuttaa kuluttajia pohtimaan enemmän omaa energian käyttöään. Jos kuluttaja tuottaa itse sähköä, voidaan pienentää omaa sähkölaskua sekä osallistua energiamarkkinoiden toimintaan. Tämä voi puolestaan auttaa markkinoiden kehittymistä tasapuolisemmiksi sähkön pientuottajia kohtaan.

CHP-laitoksen toiminta perustuu hukkalämmön hyötykäyttöön. Järjestelmän toimintaa on havainnollistettu seuraavassa kuvassa 1:



Kuva 1. CHP-laitoksen toimintaperiaate

Kuvan 1 toimintaperiaate havainnoi eri komponenttien välisiä yhteyksiä. Kattilassa pa- laessaan polttoaine kuumentaa syöttövesisäiliön pumppaamaa vettä. Vesi höyrystyy, ja höyry puolestaan saa turpiinin pyörimään. Turpiinista höyryä ohjataan eri kohteisiin, ku- ten höyryä tarvitseville asiakkaille ja kaukolämmön käyttöön. Vedeksi tiivistynyt höyry ohjataan takaisin syöttövesisäiliöön. Turpiinin pyöriessä, sen liike-energia siirtyy gene- raattorin ja muuntajan kautta sähköverkkoon ja edelleen kuluttajille. CHP-laitosten käyttö on runsasta varsinkin kylmemmissä maissa, joissa lämmön tuo- tantoa tarvitaan enemmän. Suomi on yksi tämän alan johtavista maista. Menetelmässä polttoaineen sisältämästä energiasta saadaan huomattavasti suurempi osa hyötykäyt- töön, kuin erillisillä sähkön tai lämmön tuotantolaitoksilla. Kuvassa 2 (ks. seur. s.) anne- taan karkea arvio eri järjestelmien hyötysuhteesta.



Kuva 2. Erillisten tuotantojen hyötysuhde verrattuna CHP-tuotantoon [2]

Edellisessä kuvassa 2 CHP-käyttöinen järjestelmä tarvitsee 100 yksikköä polttoainetta ja erilliset tuotantolaitokset 154 yksikköä polttoainetta tuottaakseen saman määrän sähköä ja lämpöä [2]. Erillisissä laitoksissa häviöt ovat kuitenkin huomattavasti suuremmat, jolloin niiden kokonaishyötysuhde on vain 49 %, kun CHP-järjestelmässä se on 75 %. Nykyään esimerkiksi Suomessa päästään CHP-järjestelmillä lähelle 90 % hyötysuhdetta. Lisäksi ympäristön päästöt vähenevät 25–40 % verrattuna erillisten laito- sten tuottamiin päästöihin [3].

## 2.2 Mikro-CHP:n toimintaperiaate ja käytetyt teknologiat

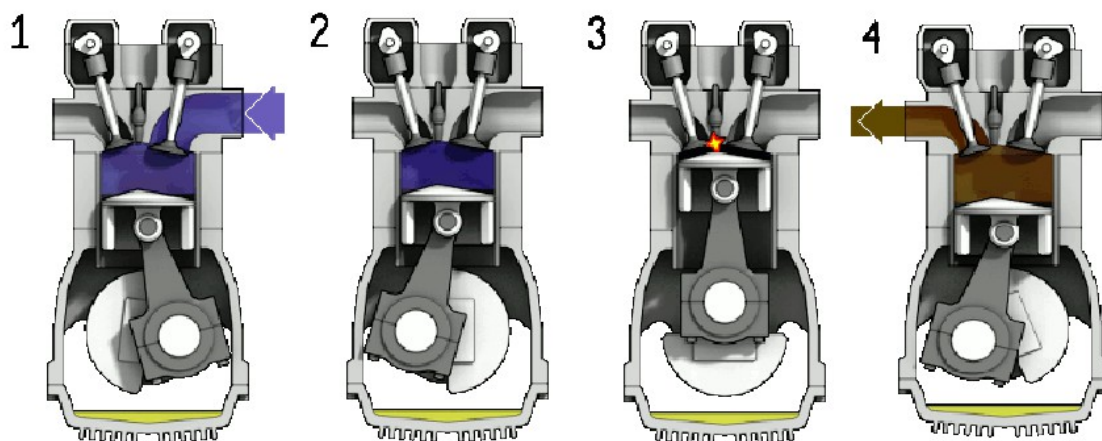
Pienemmän mittakaavaan tuotannossa toimintaperiaate on lähestulkoon sama kuin suurissa voimalaitoksissa. Useat mCHP-järjestelmät tuottavat pääasiallisesti sähköä, jolloin lämmön tuotto on ikään kuin sivutuote. Talvisin, varsinkin kylmemmissä maissa, tarvitaan paljon lämmön tuotantoa asuntojen lämmityksiin.

Toisin kuin tavalliset lämminvesivaraajat, mCHP-teknologia ei ole vielä täysin kaupallisesti kypsä. Tuotantomäärät ovat toistaiseksi pienet, minkä vuoksi alkuinvestoinnit ovat suuret. Varsinkin Suomessa tarvittaisiin kannustimia jo tässä vaiheessa, kuten muualla Euroopassa on jo käytössä (liite 1). Kannustimien avulla laitteistojen käyttöönottojen määrä saadaan helpoiten nousemaan. Hyötyinä ovat vähentyneet hiilidioksidipäästöt, paremmat hyötysuhteet sekä lisäksi vältetään siirtämisiin kuluville hukkaenergioilta. Suurien sähköntuottajien kannalta mCHP-tuotanto vähentää sekä sähkön tuotannon tarvetta, että sähköverkkoon tehtäviä materiaali-investointeja. Myös sähkön toimitusvarmuus paranee sekä pidemmällä aikavälillä vähentää sähkön hinnan heilahteluja. Saatavilla oleva polttoaine vaikuttaa siihen minkälaisella teknologialla laitteisto joudutaan valitsemaan. Erilaiset teknologiat vaikuttavat myös hankittavan laitteiston hintaan sekä ylläpitokustannuksiin. Uusimpina teknologioina mCHP-järjestelmiin kehityksessä ovat tulleet mikroturpiinit sekä erilaiset sähkökennot. Eri teknologioiden hyötysuhdekäyriä kuvataan liitteessä 2.

### 2.2.1 ICE-teknologia

Tämä perustuu vanhaan käytössä olevaan polttomoottoritekniikkaan, kuten esimerkiksi autoissa on käytössä. Tekniikan hyvänä puolena on, että siinä voidaan käyttää erilaisia polttoaineita kuten öljyä, (bio-) dieseliä ja kaasua. Biomassaakin voidaan käyttää, mutta se täytyy prosessoida ensin kaasuksi tai öljyksi. Lisäksi olemassa oleva tekniikka on suhteellisen halpa, verrattuna esimerkiksi sähkökenno- tai mikroturpiinikäyttöisiin teknologioihin.

Polttomoottoreita on käytössä hyvin paljon liikenteessä kuten autoissa, rekoissa, moottoripyörissä, veneissä, junissa sekä lentokoneissa. Polttomoottoreilla ei ole järin korkea teho/massa suhde, joten ne soveltuvat hyvin edellä mainittuihin liikennevälineisiin. Polttomoottorin toimintaperiaate on melko yksinkertainen. Esimerkiksi nelitahtisen polttomoottorin toiminta voidaan kuvata neljässä vaiheessa (kuva 3):



Kuva 3. Nelitahtipolttomootorin vaiheet akselin pyöriessä myötäpäivään

Nelitahtipolttomootorin vaiheet ovat seuraavat:

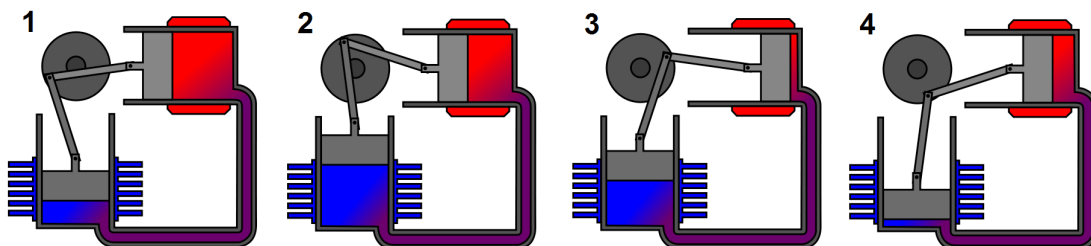
- 1) Sisäänottovaiheessa mäntä liikkuu maksimaaliseen asentoonsa alaspäin, samalla imaisten höyrystyneen polttoaineseoksen polttokammioon.
- 2) Puristusvaiheessa molemmat läpät ovat kiinni ja mäntä puristaa seoksen pieneen tilaan.
- 3) Työvaiheessa juuri ennen kuin mäntä on päässyt huippuunsa, niin sytytin sytyttää polttoaineen. Tällöin kaasu laajenee ja työntää mäntää takaisin alas tehden mekaanista työtä.
- 4) Poistovaiheessa työvaiheen lopuksi poistoaukko avautuu ja palokaasut työntyvät ulos. Vaiheen lopussa poistoaukko sulkeutuu ja sisäänottoaukko aukeaa.

Teknologian huonoina puolina on ekologisuus (fossiliset polttoaineet) sekä äänekkyyys. Pääasiallisesti polttomootorit tuottavat hiilidioksidia sekä pienhiukkasia ilmastoon. Polttomootorit ovat myös yksi suurimmista meluhaitan tuottajista.

### 2.2.2 Stirling-moottori

Stirling-moottori on hyvin vanha teknologia, joka kehitettiin jo vuonna 1816 korvaamaan höyrykone. Stirling-moottorissa voidaan käyttää lähes mitä tahansa polttoainetta. Tämä teknologia on hyvin tehokas lämmön tuotannossa sekä käytössä siitä voidaan tehdä hyvin hiljainen. Moottorilla muutetaan eri lämpötiloissa olevat kaasut mekaaniseksi energiaksi. Toiminnallisesti tämä tarkoittaa sitä, että moottorin välittäjäaines vuorotellen tiivistyy viilen-

tyessään ja laajenee lämmitessään erillisissä kammioissa. Lopputuloksena ylimääräinen lämpö muuntuu mekaaniseksi työksi. Moottori tarvitsee toimiakseen vähintään yhden lämmön lähteen, jäähdyttimen sekä sopivan määrän lämmönsiirtimiä. Moottorista on tehty hieman erilaisia versioita, Alfa-versiossa on kaksi erillistä mäntää, joita ohjaa kaksi erillistä sylinteriä (kuva 4):



Kuva 4. Alfa Stirling-moottorin vaiheet

Alfa Stirling-moottorin toimintavaiheet ovat seuraavat:

- 1) Lähes kaikki työtä tekevä kaasu on kosketuksissa kuuman sylinterikammion seinissä. Kaasu on myös kuumentunut ja laajentuessaan työntänyt kuuman kammion männän maksimiin. Kaasu jatkaa laajentumistaan ja työntyy kylmään kammioon.
- 2) Kaasu on laajentunut maksimitilavuuteensa. Kammion kaasu siirtyy kylmään kammioon, jossa se jäähtyy, ja paine laskee.
- 3) Lähes kaikki kaasu on nyt kylmässä kammiossa sekä jäähtyy edelleen. Männässä/pyörässä on vielä liike-energiaa, joka tiivistää kaasua edelleen.
- 4) Kaasu on nyt pienimmässä tilavuudessaan. Seuraavaksi kaasu lähtee taas laajenemaan kuumaan kammioon.

Beta- ja Gammaversiot käyttävät eristettyjä mekaanisia syrjäyttäjiä, jotka siirtävät välittäjäainesta tehokkaammin kuuman ja kylmän kammion välillä. Stirling-moottoreissa käytetään myös regeneraattoria, joka toimii sisäisenä lämmön siirtimenä ja lämmön säilöntävarastona. Sen tarkoituksena on estää lämmön karkaaminen ja näin ollen parantaa hyötysuhdetta.

### 2.2.3 Sähkökennostot

Ensimmäinen sähkökenno kehiteltiin jo vuonna 1838, mutta järkevään käyttöön näitä otettiin vasta vuosisadan päästä. Sähkökennoissa tuotetaan tasasähköä kemiallisella reaktiolla joko hapen tai muun oksidoivan aineen avulla. Vety on yleisimmin käytetty polttoaine sähkökennoissa, tällöin laitteisto ei tuota lainkaan hiilidioksidipäästöjä. Näissä voidaan myös käyttää hiilivetyjä, kuten maakaasua tai metanolia. Sähkökennoja kut-

sutaan myös polttokennoiksi, mutta tässä yhteydessä sähkökenno on ehkä käytännöllisempi.

Sähkökennot eroavat esimerkiksi paristoista siinä, että kennot tarvitsevat jatkuvaa polttoainesyöttöä sekä hapetinta ylläpitääkseen kemiallista reaktiota. Toisaalta, ne voivat jatkaa sähköä tuottoa niin kauan, kunnes näiden aineiden syöttäminen kennoon loppuu.

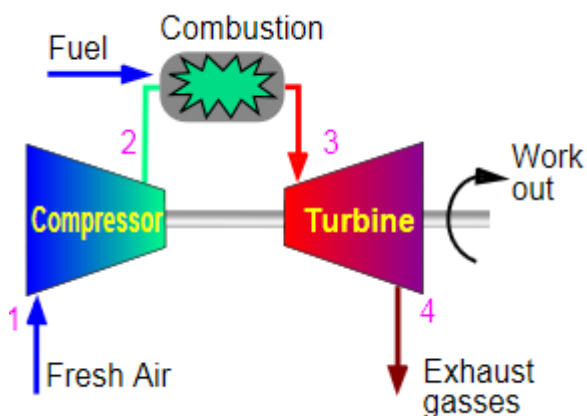
Sähkökennoja on useita erilaisia käytössä, mutta yhteisinä tekijöinä niissä kaikissa on anodi, katodi sekä elektrolyytti, jossa varaukset kulkevat. Elektronit ohjataan anodista katodiin omaa erillistä piiriä pitkin, johon ne aiheuttavat tasavirran (DC). Vaihtosuuntajilla saatu tasavirta muunnetaan vaihtovirraksi. Erilaiset sähkökennot erotellaan sen mukaan mikä niissä toimii elektrolyytinä. Elektrolyytti puolestaan vaikuttaa sähkökennon toimintanopeuteen. Yksittäinen sähkökenno voi tuottaa arviolta 0,7 voltin jännitteen, joten kennostoihin pakataan monia yksittäisiä kennoja sarjaan, jotta siitä saadaan haluttu jännite käyttöön.

Useista erilaisista kennotyypeistä parhaiten mCHP käyttöön soveltuu PEMFC. Tämä johtuu sähkökennon suhteellisen alhaisesta toimintalämpötilasta (<100 °C). Toinen mCHP käytössä oleva sähkökenno on SOFC. Tässä kennotyyppissä käyttölämpötila on kuitenkin 600–1 000 °C, joten se vaatii järjestelmän rakenteilta huomattavasti enemmän kestävyyttä. Kestävämät rakenteet puolestaan lisäävät valmistuskuluja.

Sähkökennojen etuina on toiminnan hiljaisuus sekä vähäisempi huollon tarve verrattuna muiden teknologioiden liikkuviin koneisiin. Sähkökennoilla on hyvin suuri sähköä tuoton hyötysuhde ja niitä voidaan pysäyttää ja käynnistää helposti. Elinikä PEM-järjestelmälle on arvioitu vuonna 2013 olevan n. 60 000 tuntia. Tämä vastaa laskennallisesti noin 10–15 vuoden käyttöä, kun järjestelmä sammutetaan yöksi [4].

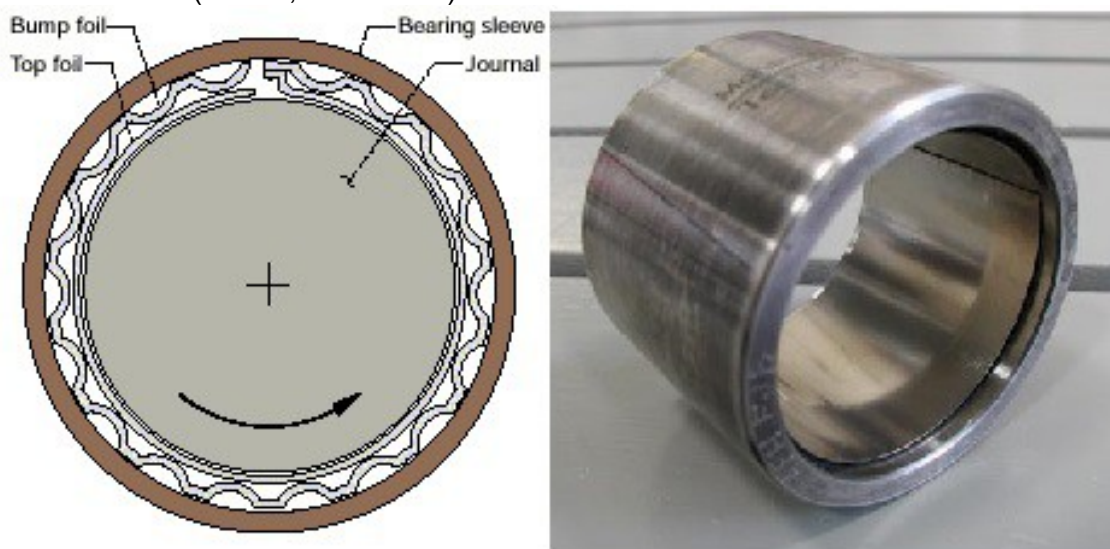
#### 2.2.4 Mikroturpiini

Turpiinin periaate perustuu Braytonin kiertoon [5]. Toiminnallisesti tämä vastaa samaa kuin höyrykone, mutta väliaineena toimii ilma. Tässä lämpödynaamisessa kierrossa väliaine käy läpi kolme erilaista vaihetta; kokoon puristus, tasaisessa paineessa palaminen ja laajentuminen (kuva 5, ks. seur. s.).



Kuva 5. Turpiinin toimintaperiaate

Edellä olevassa toimintaperiaatekuvassa 5 turpiini sisältää kompressorin (1), palamiskammion (2; 3) sekä laajennusturpiinin (3). Ideaalisessa Braytonin kierrossa kompressorin paineistaa tuloilmaa. Paineistettu ilma lämpenee, kun se ohjataan palamiskammion läpi, jossa polttoaine palaa. Kuumentunut ilma luovuttaa energiansa, kun se poistuu turpiinin kautta ulos. Osa saadusta energiasta käytetään kompressorin toimintaan. Mikroturpiinin ajatellaan olevan hyvin lupaava ja laajalle käyttöön tuleva sähkön ja lämmön tuotantojärjestelmä. Elektroniikan kehitys on edesauttanut mikroturpiinin kehittämistä ja sähköverkkoon liittämistä tuotannossa. Teknologiassa on hyvin korkea teho/massa suhde, pienet päästöt ja vähän huollettavia osia. Mikroturpiinin suurten kierrosnopeuksien vuoksi, se voidaan suunnitella käytettäväksi erityisillä magneetti- tai ilmalaakereilla (kuva 6, ks. seur. s.).

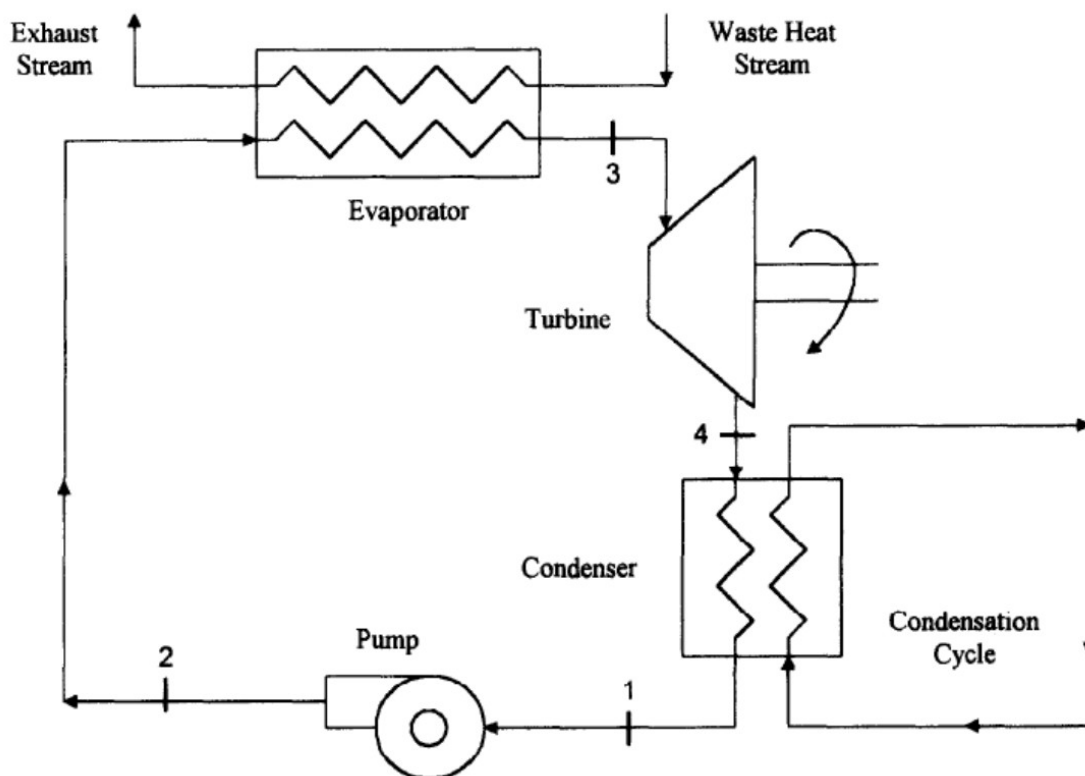


Kuva 6. Ilmalaakeri lähes eliminoi mekaanisen kulumisen

Kun turpiinin akseli pyöri nopeasti, käytettävä väliaine (ilma) puskee metallilehteä (*top foil*), jolloin näiden väliin jää ilmarako. Tällöin vältetään osien mekaaninen kuluminen. Turpiinin hukkalämpö voidaan ottaa myös helpommin talteen yhdestä ulostulosta. Tavallisilla koneistoilla puolestaan on monesti erilliset pakokaasu- ja jäähdytysulostulot. Mikroturpiinien huonona puoleena on toistaiseksi ollut perinteisiä teknologioita suuremmat kustannukset. Tämä johtuu osittain siitä, että niiden kehitys on ollut hidasta tai olematonta. Viime vuosien energian hinnan kehitys on ajanut yrityksiä kehittämään teknologiaa eteenpäin ja kehittämään uusia sovelluksia sähkön tuotantoon. Hyötyinä teknologiassa on ekologisuus, ylläpitokustannukset sekä hiljaisuus verrattuna esimerkiksi polttomoottoriin.

### 2.2.5 ORC-teknologia

ORC-teknologia on sähkön tuotantomenetelmä, joka on alkujaan kehitelty huoltovaapaaksi menetelmäksi kehittyviin maihin. Teknologian peruseräite voidaan nähdä kuvassa 7 (ks. seur. s.).



Kuva 7. ORC-prosessikaavio

Kuvan prosessi etenee vaiheittain. Pumppu puskee lämmitetyn nesteen suuremmalla paineella höyrystimelle. Tämän jälkeen neste höyrystyy höyrystimessä (2-> 3). Seuraavaksi höyry laajenee turpiinissa (3-> 4) samalla muuttuen mekaaniseksi energiaksi. Tulistunut höyry jäähtyy lauhtimessa takaisin kiinteään muotoon.

Suurin osa maailman sähköntuotannosta perustuu tavalliseen RC-tekniikkaan. Tällöin polttoaineena käytetään lähes kaikkea biomassasta ydinvoimaan. ORC-tekniikassa vesi ja höyry sijasta käytetään orgaanista nestettä kuten n-pentaania tai tolueenia. Tekniikan hyötysuhteeseen vaikuttavat mm. energiahäviöt lämmönsiirtimissä, turpiinissa, vaihdelaatikossa, generaattorissa sekä pumpussa. Lisäksi painehäviöt putkistoissa voivat alentaa hyötysuhdetta.

### 2.3 Mikro-CHP:n kehitys maailmalla

Laajimmalle mCHP-asennukset ovat edenneet Japanissa. Fukushima ydinonneton seurauksena Japanin hallitus on pyrkinyt pääsemään eroon ydinvoiman käytämisestä. Niinpä sähkön tuotannon kehittäminen on ollut huomattavasti nopeampaa Japanissa verrattuna muuhun maailmaan. Esimerkiksi Hondan valmistamia Ecowill laitteistoja (ICE-käyttöinen) on vuoden 2013 loppuun mennessä asennettu jo 131 000:een asuntoon [6]. Aasiassa, Etelä-Koreassa, on myös asennettu vuonna 2012 noin 350 mCHP asennusta asuinkäyttöön.

Euroopassa mCHP:n käyttö on edistynyt Saksassa, Hollannissa sekä Englannissa. Saksassa on käynnistetty vuonna 2009, 3000:n Ecopower mCHP-laitteiston kenttätestit. Laitteisto tuottaa 1 kW edestä sähköä sekä 2,5 kW lämpöä. Kesällä 2011 Vaillant, yhteistyössä Hondan kanssa, toi Saksan markkinoille myyntiin Ecopower 1.0 -järjestelmän. Laitteistoja on nykyisin kaupallisten pienyritysten, kuten hotellien ja ravintoloiden käytössä. Myöhemmin markkinoille tuodaan alle 1 kW sähkötehon omaavia laitteistoja kotitalouksia varten.

Eri maissa tarjotaan erilaisia etuja mCHP-laitteistojen käyttöönotolle. Esimerkiksi Englannissa tarjotaan ALV-vähennyksiä sekä alennuksia tariffimaksuihin sekä erillinen tuotantolisä. Belgiassa tarjotaan verotusetua ja Saksassa tariffibonuksia. Monessa maassa voi myös vähentää osan hankintakuluista verotuksessa. Tarkemmin eri Euroopan maissa käytössä olevia kannustimia kuvataan liitteessä 1.

### 3 Edellytykset mCHP:n sähköverkkoon liittämiseksi

Vaikka laitteistoja on jo kuluttajille saatavilla, niin sitä ei voi suoraan kytkeä sähköverkkoon. Ennen laitteiston hankintaa tulee ostajan olla yhteydessä oman alueensa sähköverkon haltijaan, sekä huomioida esimerkiksi mahdollisen rakennusluvan tai toimenpidepuvun hankinta [7]. Sähköverkon haltija määrittää millä tavoin sähköverkkoon voidaan liittyä mCHP-tuotantoliittymällä, sekä onko se mahdollista juuri tietyllä laitteistolla tai teknologialla. Edellisen lisäksi kuluttajan täytyy varmistaa käytettävän polttoaineen saanti omaan kiinteistönsä.

#### 3.1 Esimerkkilaitteisto Baxi Ecogen 24/1.0

Laitteistojen vähäisen saatavuuden vuoksi, valittiin englantilaisen Baxi Innotechin valmistaman Baxi Ecogen 24/1.0 -laitteiston esimerkkilaitteistoksi. Valinnan tarkoituksena on esittää yleisesti, miten mCHP-laite voidaan asentaa ja ottaa käyttöön, sekä mitä laitteiston hankkijan tulisi tietää laitetta käyttääkseen. Laitteisto toimii Stirling-teknologialla ja käyttää polttoaineenaan maakaasua. Toinen, LPG-versio on suunniteltu käytettäväksi jos kiinteistö ei ole maakaasuverkossa. LPG-versio käyttää polttoaineena nestemäistä propaania. Laitteisto tuottaa maksimissaan 24 kW lämpötehon sekä 1 kW sähkötehon. Tuotetta mainostetaan lämminvesivaraajan korvaavana järkevänä vaihtoehtona. Esitteissä laitteiston ilmoitetaan säästävän vuodessa n. 700 € sekä vähentävän hiilidioksidipäästöjä 40 % [8]. Laitteisto tarvitsee huoltoa kerran vuodessa, kuten lämminvesivaraajakin. Laitteiston tekniset tiedot esitellään liitteessä 3.



Kuva 8. Seinälle asennettava Baxi Ecogen 24/1.0

Seinälle asennettava Ecogen sopii suhteellisen tyylikkäästi sisätilaankin. Laitteisto voidaan myös asentaa esimerkiksi autotalliin tai tekniseen tilaan. Laitteistoon on tarjolla monia lisälaitteita, joilla voidaan kompensoida kuormitusta huonelämpötilan, ulkoilman tai kuumen veden tarpeen mukaan. Näitä lisälaitteita ovat ohjauspaneelin seinäasennussarja, ulkoilmasensori sekä sylinterisensori [8]. Seinäasennussarjalla voidaan laitteiston ohjauspaneeli asentaa toimimaan huoneen termostaattina (kuva 9, ks. seur. s.).



Kuva 9. Seinäasennussarja, Baxi Ecogen [8]

Tämän asennussarjan hyötynä on huoneen lämpötilan tasainen ohjaus, jolloin ei tarvita päälle/pois kytkentää kuten tavallisissa termostaateissa. Laitteisto itse ohjaa lämmönvirtauksen määrää samalla tuottaen myös sähköä. Näitä voidaan liittää kaksi kappaletta ohjaamaan kahden eri *zonen* eli huoneen lämpötilaa. Ulkoilmasensori mittaa eroja ulko-, huone- sekä huoneen asetetussa lämpötilassa ja ohjaa lämmönvirtauksen määrää. Sylinterisensori parantaa kuumen veden lämpötilan ja asetetun lämpötilan pysyvyyttä samaisella lämmönvirtauksen ohjauksella. Laitteisto tuottaa 230 V:n ja 50 Hz:n vaihtojännitteen, joka on sama kuin Suomessa on käytössä. 1 kW lämpöteho riittää noin 30 m<sup>2</sup> lämmittämiseen talossa, jossa huonekorkeus on normaali sekä eristyksen on tehty standardien mukaan [9]. Sähkötehoa laitteisto tuottaa maksimissaan 1 kW. Tämä teho vastaa lähes samaa kuin mitä 42":n LCD-televisio, Xbox-konsoli, jääkaappi, tiskikone ja ilmastointilaitte samanaikaisesti kuluttavat.

### 3.1.1 Baxi Ecogen 24/1.0:n liittäminen

Ennen laitteiston liittämistä (tai hankkimista) sähköverkkoon tulee asiakkaan olla yhteydessä paikalliseen sähköverkon haltijaan, jotta varmistetaan laitteiston liitettävyyden sähkö-

köverkkoon. Sähköverkon haltija voi sitten mittaroida käyttöpaikan, esimerkiksi kahteen suuntaan sähkön kulutusta mittaavalla mittarilla tai kahdella erillisellä mittarilla (kuva 10).

Fig.A Separate import and export meter

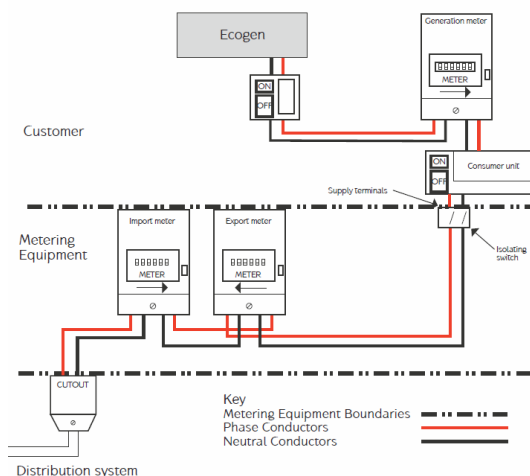
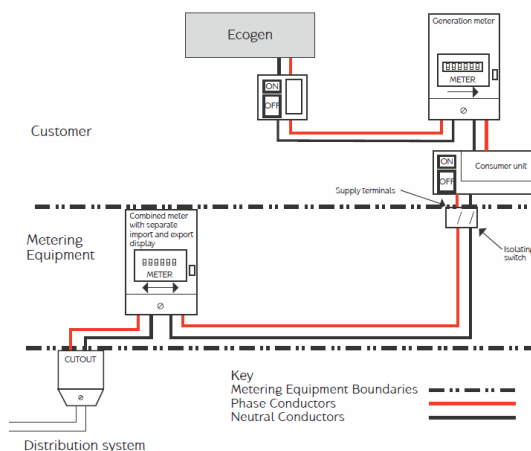


Fig.B Combined import and export meter



Kuva 10. Sähkön kulutuksen ja tuoton mittarointitavat

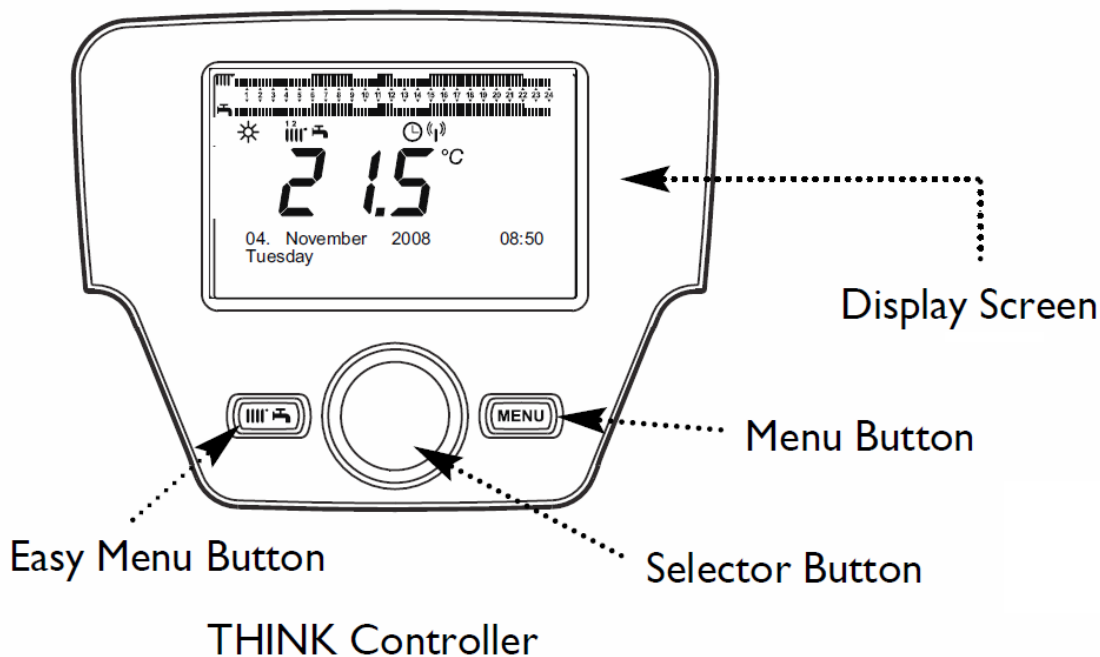
Koska kyseessä on sähköä tuottava kohde, verkon haltijan on myös voitava etäkatkaista sähkönsyöttö verkkoon päin. Tämä mahdollistaa vikatilanteiden korjaamisen ilman sähköiskun vaaraa. Laitteisto voidaan liittää yhdellä kolmivaihekaapelilla kiinteistöön ja sähköverkkoon. Asentajan tulee olla pätevä sähköalan ammattilainen.

Englannissa laitteiston voi asentaa vain paikallisen kaasuyhtiön pätevä asentaja. Suomen olosuhteissa tämä tarkoittaa paikallisen maakaasutoimittajan asentajaa, jolla on tarvittava pätevyys.

Laitteisto tarvitsee lämminvesivaraajaan menevän ja tulevan putken lisäksi kondenssi-veden poistoputken sekä ilmanpoistoputken. Irrotettava takalevy helpottaa laitteen fyysistä asennusta seinälle. Seinäkiinnityksessä tulee huomioida se, että kannattimien tulee kestää laitteiston paino myös, kun se on täynnä vettä. Keskuslämmityksen osalta laitteisto voidaan asentaa käyttämään Y-, S- tai W-kiertoa [10]. Kierrot eroavat toisistaan siinä, kuinka lämmitys ohjataan keskuslämmityksen, erillisten pattereiden ja lämminvesivaraajan välillä.

### 3.1.2 Baxi Ecogen 24/1.0:n toiminta, käytettävyys & laatu.

Laitteiston asennuksen jälkeen se voidaan ottaa käyttöön laitteiston ohjauspaneelista, joka sijaitsee tavallisesti laitteen etuosassa (kuva 11). Laitteen operoiminen vaatii käyttäjältä lähestulkoon saman verran osaamista kuin älypuhelimien käyttäminen.



Kuva 11. Baxi Ecogen 24/1.0 -ohjauspaneeli [8]

Ohjauspaneelista laitteelle suoritetaan seuraavat toimenpiteet ennen käyttöönottoa:

- Asetetaan aika (kellonaika ja päivämäärä).
- Asetetaan keskuslämmityksen aika (valittavana 3 oletusasetusta).
- Asetetaan lämminvesivaraajan lämmitysaika (valittavana 3 oletusasetusta).
- Asetetaan keskuslämmityksen käyttötapa (päällä, ajastettu, vähennetty, pois).
- Asetetaan lämminvesivaraajan käyttötapa (pois, ajastettu).

Lisäksi laitteistoa voidaan tarvittaessa ohjata manuaalisesti eli käsikäytöllä. Jos esimerkiksi tulee yllättävä tarve saada lisää kuumaa vettä käyttöön, niin ohjauspaneelista voidaan laittaa käsin kuuman veden pikatoiminto päälle. Muita ominaisuuksia ovat mm. loma-ajan toiminta, ohjauspaneelin lukitus sekä järjestelmän tilanteen ym. tietojen näyttäminen.

Kun alkuasetukset on laitettu järjestelmään, se toimii helposti viikoittaisella lämmitysohjelmalla. Jos laitteistoon on lisäksi asennettu lisälaitteena saatava huonekohtainen seinäasennussarja, se toimii myös asetettujen lämpötilojen mukaan itsenäisesti (ohjaamalla keskuslämmityksen kiertoa).

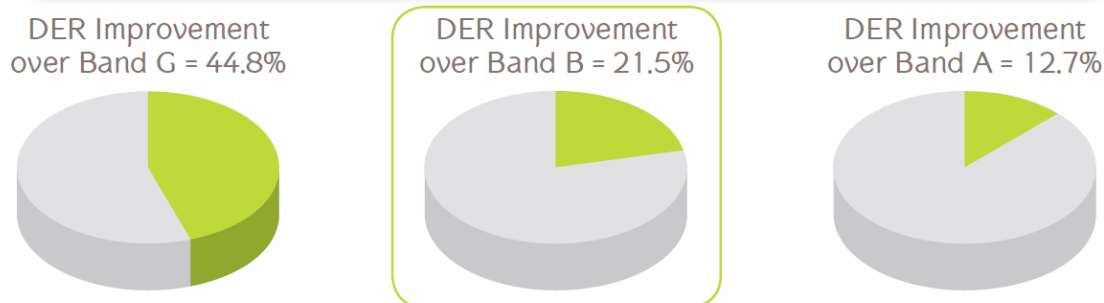
Oleellinen seikka laitteiston käytössä on se, että lämpöä kehittäessään laitteisto myös tuottaa sähköä juuri kulutushuippujen aikana. Tämä tapahtuu oletusarvoisesti aamuisin ja iltapäivästä iltaan, jolloin asukkaat ovat kotona ja tarvitsevat sekä lämpöä että sähköä. Toisaalta, kun asukas ei ole kotonaan, sähköä voidaan tuottaa verkkoon päin. Kun sähkön mittarointi on sähköverkon haltijan puolesta toteutettu kaksisuuntaisesti, sähkön kuluttajasta tulee sähkön tuottaja.

Laitteen tuottamaa lämpöä varastoidaan tavalliseen tapaan lämminvesisäiliöön. Laitteisto on suunniteltu pumppukäyttöiselle suljetulle kierrolle, jotta kiertävän veden sekaan ei pääse epäpuhtauksia tai muuta roskaa. Nämä voisivat vioittaa laitetta tai aiheuttaa vahinkoa omaisuudelle. Laitteen tuottamaa sähköä voisi periaatteessa varastoida myös akustoihin, mutta tällainen järjestely vaatisi reilusti tilaa sekä akkuja. Lisäksi tarvittaisiin erilliset suuntaajat vaihtosähköstä tasasähköksi ja toisinpäin. Käytännöllisemmäksi tulee myydä ylimääräinen sähkö takaisin sähköverkkoon päin. Tämä vaatii joko kaksi erillistä sähkömittaria tulevalle ja menevälle sähkölle tai kahteen suuntaan mittaavan sähkömittarin.

### 3.2 Päästöjen vähenemä

Laitteiston valmistaja Baxi Innotech on tehnyt arvion laitteiston tuottamien päästöjen osalta [8]. Koska tämä on laitteiston valmistajan itse tekemä arviointi, niin siihen joudutaan suhtautumaan varauksella. Vertailukohteenä on käytetty 1960-luvulla rakennettua taloa. Pinta-alana on 101 neliötä kahdessa eri kerroksessa. Laskennoissa on käytetty kolmea eri SEDBUK-tasoista (luokittelujärjestelmä kuumavesivaraajien tehokkuudesta Englannissa) kuumavesivaraajatyyppejä, jolloin niillä on kolme erilaista rakennuksen energiatehokkuus luokitusta (SAP).

- Laitteisto 1, G-luokan kuumavesivaraaja, SAP 65%, DER 85,63 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, vanhat ohjaukset, ei termostaatteja.
  - Laitteisto 2, B-luokan kuumavesivaraaja, SAP 86%, DER 58,64 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, uudemmalla huonelämmön ohjauksella.
  - Laitteisto 3, A-luokan kuumavesivaraaja, SAP 90%, DER 56,59 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, uudemmalla huonelämmön ohjauksella.
  - Baxi Ecogen 24/1.0, käytössä huonelämmön ohjaukset. DER 46,02 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
- DER on asutetun rakennuksen CO<sub>2</sub>-päästö määrä neliometriä kohden. Näillä eri laitteistoilla voidaan verrata miten asuntojen päästöluokitukset eroavat toisistaan (kuva 12).



Kuva 12. Päästöjen parannus Baxi Ecogenilla verrattuna G-, B- ja A-luokan kuumavesivaraajiin

Parhaat päästöjen vähenemiset, 44,8 %, saavutetaan, kun Baxi Ecogen -laitteisto on asennettu vanhan kuumavesivaraajan tilalle ja uudet huonesäätimet ovat käytössä. Uuteen, A-luokan kuumavesivaraajaan verrattuna päästöjen vähennys on huomattavasti pienempi, vain 12,7 %.

#### 4 Kustannusten arviointi

Kustannusten arviointi on kohtalaisen vaikeaa tehdä, johtuen laitteistojen vähäisestä saatavuudesta. Esimerkiksi Euroopassa kuluttajille saatavilla olevat laitteistot ovat pääsääntöisesti joko polttomoottori tai Stirling-teknologialla valmistettuja. Edistyneemmät teknologiat, kuten mikroturpiini sekä PEM, ovat tämän kirjoitus hetkellä erilaisissa käytötösteissä tai vasta markkinoille tuloillaan.

Kustannuksiin vaikuttavat eri maissa käytössä olevat kannustimet kuten FiT (*Feed in Tariff*) eli syöttötariffi. Muita kustannuksiin vaikuttavia asioita ovat ylläpito, takaisinmaksuun vaikuttava inflaatio, laitteiston käyttöaste ja tuottavuus sekä vaihtelevat polttoainoiden sekä sähkön hinnat.

Parhaaseen kustannustehokkuuteen päästään, kun kiinteistön energialuokitus on alhainen, sekä vuosittainen lämmön tarve on suuri. Tällöin uudelle laitteistolle tulee korkea käyttöaste, jolloin se tuottaa enemmän energiaa. Yhtälön etu johtuu siitä, että energian hinta on kalliimpi sähköllä tuotettuna kuin maakaasulla. Säästöä saadaan lisää ajoittamalla sähkön käyttö ajankohtiin, jolloin laitteisto on toiminnassa. Tällöin itse tuotettu sähkö tulee halvemmaksi kuin ostettu, mikä näkyy selkeästi sähkölaskussa.

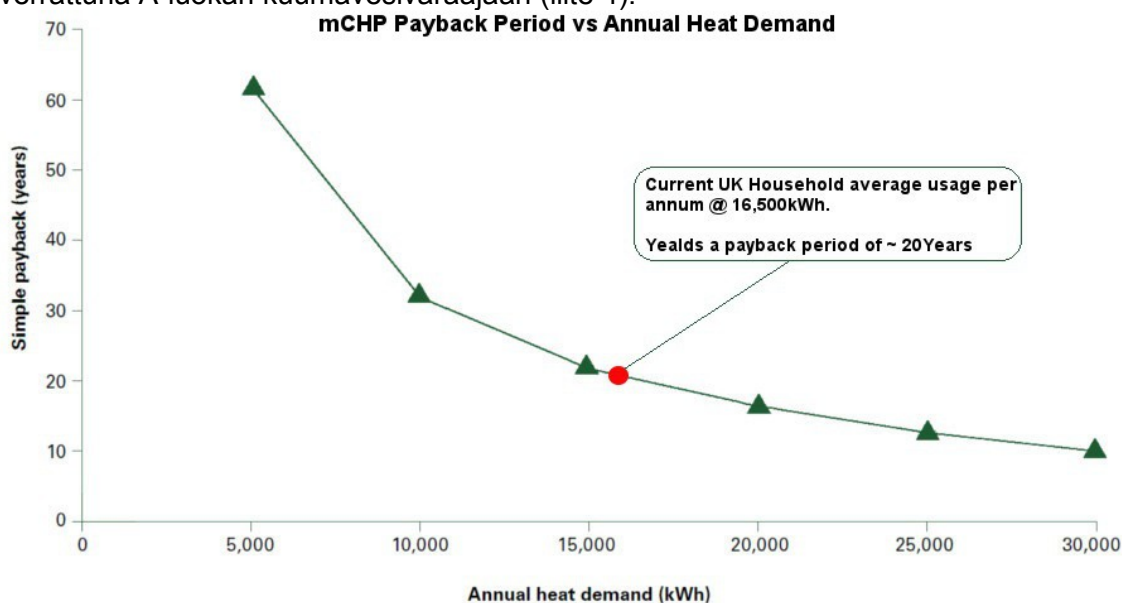
Tuloillaan olevien teknologioiden (PEM, mikroturpiini) luvataan olevan vielä tehokkaampia, sekä tuovan markkinoille lisää kilpailua, jolloin hintakilpailu tuo laitteistojen hintoja alaspäin. MCHP-teknologian povataan olevan tulevaisuudessa hyvin suosittua, koska se alentaa hallitusten ajamia hiilipäästöjä.

##### 4.1 Baxi Ecogen 24/1.0:n takaisinmaksuaika

Esimerkkilaitteistona käytetyn Baxi Ecogen 24/1.0 -järjestelmän hintahaarukka vaihtelee hyvin rajusti riippuen minkälaisella asennuspaketilla sitä hankitaan. Laitteiston käyttöönoton hinnaksi voidaan arvioida 5 380 €–10 760 € [11]. Arvioinnin vaikeutta lisää se, että hinta on Englannissa tehdyllä asennuksella. Laitteistoa on myynnissä suoraan in-

ternetissäkin, jolloin laitteen perusversion ALV:n sisältämä hinta on kirjoitushetkellä n. 8 800 € ja LPG-versiolla 9 560 € [12].

Valmistaja Baxi Innotech on tehnyt suuntaa antavan laskelman laitteiston takaisinmaksuajasta [8]. Laskennassa on viisi muuttujaa; kaasun hinta, sähkön hinta, pääoman kasvu, sähkön tuotto sekä asunnon lämpöhäviöt. Laskentaan on lisäksi tehty joitain oletuksia kuten sähkön tuottotariffi sekä vientitariffi, jotka ovat Englannissa käytössä. Tuloksena Baxi Ecogen 24/1.0 -laitteistolle on saatu 8,6 vuotta takaisinmaksuajaksi verrattuna A-luokan kuumavesivaraajaan (liite 4).



Kuvaaja 1. Yksinkertaistettu takaisinmaksuaika riippuen vuotuisesta lämmöntarpeesta [13]

Edellä olevaan kuvaajaan on yksinkertaistettu takaisinmaksuaika riippuen vuotuisesta lämmöntarpeesta kiinteistössä [13]. Punaisella pisteellä on merkitty keskimääräinen lämmöntarve Isossa-Britanniassa. Tällöin laitteiston hankinta maksaisi itsensä takaisin 20 vuodessa. Ero on huomattava, verrattuna Baxi Innotechin omaan laskelmaan.

#### 4.2 Baxi Ecogen 24/1.0:n ylläpidon kustannukset

Ylläpidosta ja huollosta tulee myös kustannuksia. Näitä voidaan verrata kaasukäyttöisen kuumavesivaraajaan vastaaviin kustannuksiin. Huollon sekä tarkastuksen voi esimerkkilaitteistolle tehdä vain kaasuyhtiön pätevöimä asentaja. Laitteistoa tarvitsee tarkastuttaa kerran vuodessa. Tällöin varmistetaan, että laitteisto pysyy turvallisena, optimoituna ja että se toimii toleranssien rajoissa. Englannissa vuosittaisen katsastuksen voi arvioida maksavan n. 60 €–90 € ja kestävän tunnin tai kaksi [13].

Keskukslämmityksen osalta, järjestelmän suljettu nestekierto täytyy syvä puhdistaa esimerkiksi viiden tai kymmenen vuoden välein. Tämä huolto saattaa kestää päivän ja maksaa 350 €–540 €. Toisaalta suuremmat kiertojärjestelmät voivat vaatia vielä pidemmän huoltoajan. Paikallinen kaasuyhtiö voi tarjota myös eräänlaisia vuosihuolto/ylläpito-paketteja, jolloin edellä mainitut huoltotoimenpiteet kuuluvat pakettiin. Yleisesti mCHP-laitteistojen kustannuksia on arvioinut myös ClimatechWiki [14]. Heidän päämääränään on lisätä tietoisuutta ilmastonmuutoksesta sekä avustaa vähäpäästöisten teknologioiden kehitystä ja käyttöönottoa. Kokonaiskustannuksiin vaikuttaa neljä pääasiallista seikkaa. Nämä ovat teknologian hinta, energian hinta, laitteiston elinikä sekä eri maiden politiikka teknologiaa kohden, kuten esimerkiksi erilaiset kannustimet. Teknologioiden hinnat ovat hyvin alttiina muutoksille, varsinkin kun uusia tuotteita on juuri tuloillaan markkinoille. Energioiden hinnat (sähkö/kaasu/öljy ym.) ovat tasaisessa nousussa, koska energian tarve lisääntyy jatkuvasti johtuen väestön ja teollisuuden lisääntymisestä. MCHP-laitteistojen eliniästä on vain vertailevia arvioita kuumavesivaraajiin, joiden elinikä on noin 15 vuotta. Eliniän laskennassa arvioidaan milloin laitteiston tehokkuus putoaa esimerkiksi alle 80 %. Minimiaika, joka laitteistolta vaaditaan ekonomisen hyödyn saamiseksi, on 5 000 käyttötuntia [15]. Hallitusten taloudelliset päätökset laitteistoihin liittyen vaihtelevat esimerkiksi maakaasun verotuksesta ja sähkön tuottoedusta kannustimiin, kuten tuottotariffeihin ja verohelpotuksiin.

## 5 Muita nykyisin kuluttajalle tarjolla olevia tuotteita

Liitteessä 5 on eri valmistajien tuotteita teknologioittain. Osassa näistä on mainittu teknologian valmistaja, joka ei välttämättä ole sama kuin laitetta valmistava yritys. Jäljempänä mainittavat liitteen laitteistot ovat myös voineet käydä läpi nimen vaihdoksia, kuten myös niitä valmistavat yrityksetkin. Tämä kuvaa hyvin mCHP-alalla käytävää kiihtyvää kilpailua sekä teknologioiden tuotteistamisen vaikeutta. Seuraavana käydään läpi niitä laitteistoja, jotka ovat saatavilla Euroopassa.

### 5.1 Stirling-teknologian laitteistoja

Baxi Ecogen MEC. Kyseessä on siis esimerkkilaitteistona oleva tuote. MEC tarkoittaa tässä seuraavien eri yhtiöiden yhtymää: Viessmann, Baxi, Vaillant, Remeha ja Sunpo-

wer. Näistä yhtiöistä muut paitsi Sunpower, ovat tehneet omia versioitaan mCHP-laitteistoista. Lyhenne saattaa esiintyä muissakin tuotteissa. Baxi Ecogen -laitteiston sopivuudesta ja hankkimisesta Suomeen on syytä olla valmistajaan yhteydessä. Whisper Tech/Efficient Home Energy. Whisper Tech aloitti yhteistyön Efficient Home Energyn kanssa 2008 saadakseen WhisperGen-tuotteensa massatuotantoon. Tuotteen markkinoille tulo ilmoitettiin tapahtuvan 2012, mutta lähes samaan aikaan yritys ilmoitti keskittyvänsä ydinliiketoimintaansa. Näin ollen laitteistoa ei ole suoranaisesti myynnissä, mutta yksittäisiä laitteita voidaan yrittää etsiä internetin kautta. Laitteisto pystyy tuottamaan 14 kW lämpöenergian sekä 1 kW sähkötehon. Ariston & Bosch, Enatec -laitteisto. Laitteistossa on käytössä Infinia-Stirlingkoneisto. Sittemmin Qnergy osti Infinian ja myy laitteistoa [16]. Tarjolla on kahta erilaista versiota. Kotitalouksille on myynnissä versio, joka tuottaa 14 kW lämpötehon sekä 3,5 kW sähkötehon. Isompiin kohteisiin on tarjolla 30 kW lämpö- ja 7,5 kW sähkötehoisen versio. Remeha Evita, MEC. Tämä on eräs variaatio MEC-yhtymän mCHP-tuotteesta. Lämpöteho ja sähköteho ovat samaa luokkaa Baxin valmistaman Ecogenin kanssa.

## 5.2 Rankine-tekniikan laitteistoja

Saksalainen OTAG on kehittänyt omat Lion-merkkiset laitteistot kotitalouksille ja pienyrityksille [17]. Laitteistoilla voidaan tuottaa 0,3–2,0 kW sähköteho sekä 3,5–16 kW lämpöteho. Energertix, nykyiseltä nimeltään Flow, on muuttanut myös tuotteensa Kingstonin nimen Flow Boileriksi. Laitteisto tuottaa 1 kW:n sähkö- ja 10 kW:n lämpötehon. Laitteiston pitäisi olla myynnissä vuoden 2014 jälkipuoliskolla [18]. CombiVolt on kuumavesivaraaja valmistavan Hollantilaisen Daalderop yhtiön mCHP-tuotemerkki. Laitteistossa on Genlecin mCHP-yksikkö, joka puolestaan on Energetixin valmistama.

## 5.3 ICE-tekniikan laitteistoja

Sekä Vaillant (Euroopassa) että Marathon Engines (USA:ssa) myyvät EcoPower-tuotemerkillä kulkevaa Hondan valmistamaa polttomoottorikäyttöistä laitteistoa. Laitteisto tuottaa 1 kW sähkötehon sekä 2,5 kW lämpötehon.

Yanmar Genlight valmistaa suuremman sähkötehon tuottavia laitteistoja. Nämä 5 kW tai 10 kW sähkötehon tuottavat laitteet sopivat paremmin pienyrityksiin kuin kotitalouksiin [19].

Hondan valmistamia Ecowill-laitteistoja on otettu käyttöön hyvin monia, varsinkin Japanissa. Toisin kuin edellä mainitut Vaillant ja Marathon Enginesin laitteistot, niin Hondan valmistamat Ecowill-laitteistot ovat ulkoasennettavia. Laitteiston sähköntuotto on 1,2 kW sekä lämmöntuotto 3 kW. Ecowill on jalostettu ulkomaille EcoPower-tuotemerkiksi.

Baxi SenerTec valmistaa Dachs nimistä mCHP-laitteistoa, joka on ehkä paremmin soveltuva pienille yrityksille. Sähkötehoa laitteella on 5,5 kW sekä lämpötehoa 12,5 kW.

#### 5.4 Muut tulossa olevat sähkön ja lämmön tuotanto teknologiat

PEM-teknologialla valmistetut laitteistot eivät vielä ole Euroopassa kuluttajille saatavilla. Liitteessä 5 on esitelty useita laitteistoja, jotka ovat joko käyttötesteissä tai tulolla markkinoille. Toshiba, Panasonicin ja Tokion kaasun yhteistuote, Ene-Farm, on ollut myynnissä Japanissa jo vuodesta 2009. Euroopan markkinoille tulemiselle ei ole julkistettu ajankohtaa. Viessmann ja Panasonic ovat julkaisseet tiedotteen, jonka mukaan he ovat tuomassa Saksan markkinoille sähkökennostokäyttöisen mCHP-laitteiston huhtikuussa 2014. Tarkoituksena on myös markkinoida tuotetta muualle Eurooppaan.

Enertwin on tuomassa arviolta vuoden 2014 puolivälissä markkinoille mikroturpiinikäyttöistä laitteistoa [20]. ZenithSolar on testaamassa ja kehittämässä Israelissa aurinkosähköllä tehtyä ratkaisuaan [21]. ClearEdge tarjoaa PureCell Model 5 -nimistä laitteistoa USA:ssa. Laitteisto tuottaa 5 kW sähkö- sekä 6,2 kW lämpötehon. Laitteiston saatavuus tai yhteensopivuus Euroopan sähköverkkoon tarvitsee kuitenkin varmistaa ole-malla suoraan yhteydessä valmistajaan [22].

Suomessa esimerkiksi Fortum tarjoaa kuluttajille Aurinkopakettia, jolloin asiakas voi tuottaa osan tarvitsemastaan sähköstä. Itse tuotettua sähköä voidaan myydä takaisin yhtiölle, mutta tällöin vaaditaan myös sähkösopimus samalle yritykselle. Suomalainen Ameplan Oy tarjoaa hybridimuotoista tuuli- ja aurinkoenergiaa ratkaisullaan [23]. Liitteeseen 6 on koottu muitakin mCHP-valmistajia.

## 6 Yhteenveto

Hallitusten ajamaan energiapolitiikkaan nähden CHP-tuotanto on varsin tehokas. Teknologian avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä ja samalla saadaan käytetystä polttoaineesta maksimaalinen energiahyöty. Käyttämällä puolestaan uusiutuvia polttoaineita, voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja näin ollen vähentää edelleen haitallisia päästöjä. Muina oleellisina elementteinä valtion kannalta on varmistaa energian saannin luotettavuus sekä energian hinnan pitäminen hallinnassa. Tämä takaa myös taloudellisen kasvun jatkumisen. Nykyään maakaasu tarjoaa parhaimman hyötysuhteen mCHP-käytössä [24].

Tulevaisuuden, ja ympäristön kannalta mCHP tarjoaa polttoaineen osalta moniruokaisen teknologian. Voidaan ajatella, että tulevaisuudessa laitteistot käyttävät uusiutuvaa biokaasua tai vetyä polttoaineenaan, jolloin voidaan siirtyä kohti päästötöntä maailmaa. Mikro-CHP voi puolestaan pidemmälle visioituna estää sähkökatkoista tulevia häiriötä ja kulutushuippujen aikana tasata sähköverkon kuormituksia. Laajemmassa mittakaavassa ajateltuna mCHP säästää myös sähkönsiirron häviöissä, kun keskimäärin 7 % sähkövoimaloissa tuotetusta sähköstä kuluu siirtohäviöihin [24]. Vieläkin pidemmälle viedyissä suunnitelmissa olisi käytössä älymittareita, jotka osaisivat yhdessä älyverkon kanssa tasata tai jakaa varastoitua energiaa sitä tarvitseville.

Yksittäisen kuluttajan näkökulmasta laitteisto säästää rahaa sähkölaskussa. Omalla sähköntuotannolla saadaan myös itsenäisyyttä sähköyhtiöstä, eli kuluttaja ei ole täysin ulkopuolisen sähkön saannin varassa. Pidemmällä aikavälillä voidaan arvioida tarvittavan energian kustannuksia paremmin, joka vahvistaa taloudellista tilannetta. Asuntoyhtiöille laitteistojen potentiaalinen hyötysuhde voisi nousta vielä paremmaksi, kun voidaan yhdistää eri asuntojen sähkön ja lämmön tarpeet.

Laajempikäyttöinen mCHP auttaa sähköyhtiöitä ennustamaan kulutusten tarvetta. Heidän ei myöskään tarvitse kasvattaa sähköntuotantoaan välttämättä samaan tahtiin kuin aiemmin. Tällöin säästetään polttoaineen kulutuksessa sekä päästöt pienenevät. Nämä puolestaan tasaavat sähkön hinnan heilahteluja. Sähköverkkoyhtiöt joutuvat todennäköisesti tekemään materiaali investointeja sähköverkkoon, jotta mahdollistetaan sähköverkon kaksisuuntaisuus.

Huonoina puolina mCHP-teknologialle ovat nykyisin laitteistojen suuret hinnat. Moni teknologia on tuloillaan tai vasta kehitteillä, mutta niihin luvataan parempaa tehokkuutta ja vähäisempiä päästöjä. Mikäli Suomeen hankittaisiin nyt laitteisto, tulisi huomioida monia asioita. Näitä ovat mm. laitteiston takuu (valmistajan hyväksymä asentaja), ylläpito- sekä huoltokustannukset. Suomessa ei ole myöskään tarjolla mitään kannustimia, kuten joissain Euroopan maissa. Näin ollen laitteiston käyttöön ottaminen olisi lähinnä

ympäristöystävällisyyden esimerkkiteko. Sähkön myymisen/tuottamisen toimivuus täytyy varmistaa oman alueen sähköyhtiöltä. Polttoaineen hinta ja saatavuus voi myös rajoittaa laitteiston hankkimista.

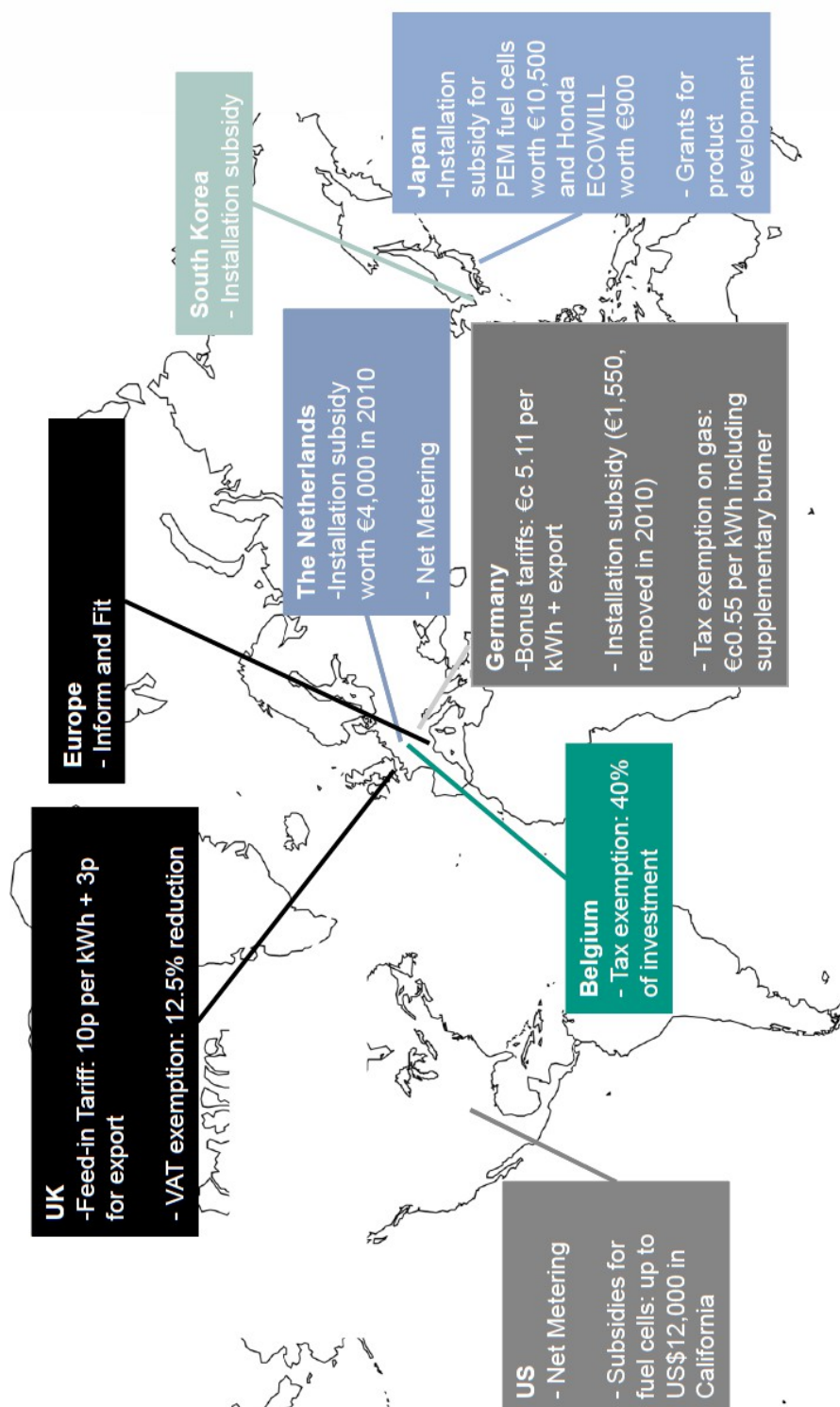
Markkinoille tuloillaan olevat teknologiat tarjoavat houkuttelevia hyötysuhteita. Kun nämä saadaan yhdistettyä hyvään hinta/laatu suhteeseen, laitteiden suosio nousee varmasti. Vielä kun saadaan Suomeenkin ajantasaiset kannustimet käyttöön sekä laitteistoille maahantuojat, niin voimme hyvistä syistä ryhtyä sähköntuottajiksi.

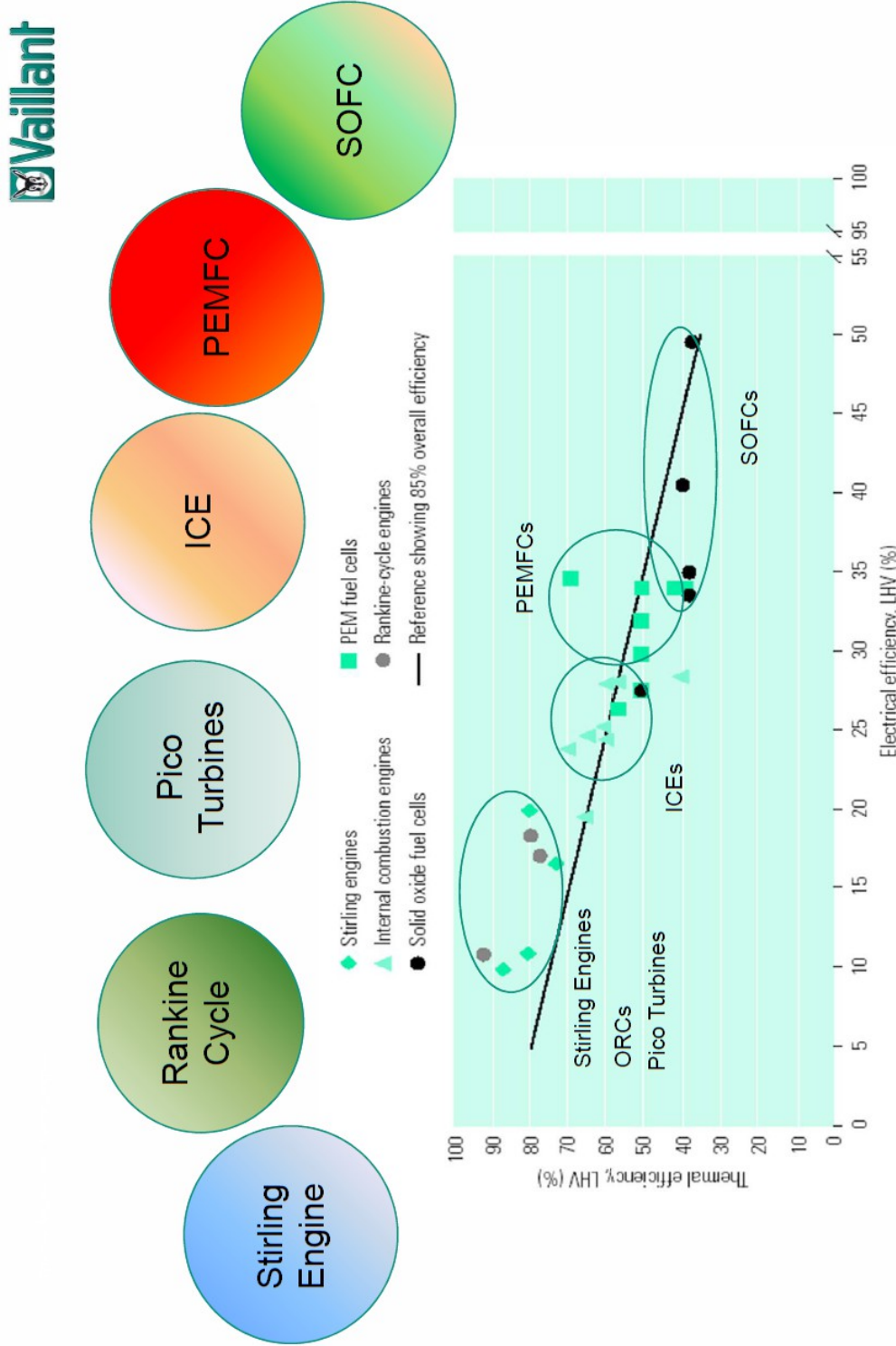
## Lähteet ja viitteet

- 1 Commission of the European Communities, Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament, An Energy Policy for Europe, 10.1.2007. Luettu 25.3.2014. [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/01\\_energy\\_policy\\_for\\_europe\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/01_energy_policy_for_europe_en.pdf)
- 2 U.S. EPA: Combined Heat and Power Partnership, Basic Information> Efficiency Benefits, päivitetty 10,4,2013. [Luettu 25.3.2014. http://www.epa.gov/chp/basic/efficiency.html](http://www.epa.gov/chp/basic/efficiency.html)
- 3 Fortum Oyj, Energy Production, Combined heat and power (CHP), 15.11.2013. [Luettu 24.3.2014. http://www.fortum.com/en/energy-production/combined-heat-and-power/pages/default.aspx](http://www.fortum.com/en/energy-production/combined-heat-and-power/pages/default.aspx)
- 4 FuelCellToday, Latest Developments in the Ene-Farm Scheme, 27.2.2013. [Luettu 24.3.2014. http://www.fuelcelltoday.com/analysis/analyst-views/2013/13-02-27-latest-developments-in-the-ene-farm-scheme](http://www.fuelcelltoday.com/analysis/analyst-views/2013/13-02-27-latest-developments-in-the-ene-farm-scheme)
- 5 George Brayton (1830-1892), Amerikkalainen insinööri, joka kehitti jatkuvapaineistus käyttöisen moottorin.
- 6 Honda, Honda Power Products Guide. Luettu 8.4.2014. [http://world.honda.com/power/guide/pdf/Honda\\_Power\\_Products.pdf](http://world.honda.com/power/guide/pdf/Honda_Power_Products.pdf)
- 7 Motiva, Toimialueet> Uusiutuva energia> Sähkön pientuotanto> Kuluttaja, alle 50 kVA, päivitetty 20.1.2014. Luettu 24.3.2014. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/sahkon\\_pientuotanto/kuluttaja\\_alle\\_50\\_kva](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/sahkon_pientuotanto/kuluttaja_alle_50_kva)
- 8 Baxi, Baxi Ecogen Brochure v2, 14.4.2010. [Luettu 24.3.2014. http://www.bhl.co.uk/images/tagged/p/152088-technical-Baxi%20Specification%20Brochure.pdf](http://www.bhl.co.uk/images/tagged/p/152088-technical-Baxi%20Specification%20Brochure.pdf)
- 9 Kuluttaja.fi, Ostajan oppaat> Ilmalämpöpumput> Tietoa ostajalle, päivitetty 30.12.2013. Luettu 24.3.2014. <http://www.kuluttaja.fi/fi-FI/ostajan-oppaat/ilmalampopumput/muistilista/>
- 10 DIY Wiki, Central Heating Controls and Zoning, päivitetty 23.10.2013. Luettu 24.3.2014. [http://wiki.diyfaq.org.uk/index.php?title=Central\\_Heating\\_Controls\\_and\\_Zoning](http://wiki.diyfaq.org.uk/index.php?title=Central_Heating_Controls_and_Zoning)
- 11 The Renewable Energy Hub, Micro Combined Heat and Power – Micro CHP Information, The Baxi Ecogen microchip boiler. [Luettu 24.3.2014. http://www.renewableenergyhub.co.uk/the-baxi-ecogen-microchp-boiler.html](http://www.renewableenergyhub.co.uk/the-baxi-ecogen-microchp-boiler.html)
- 12 Bumford Heating limited, verkkokauppa. Luettu 24.3.2014. [http://www.bhl.co.uk/category/Baxi\\_Ecogen\\_MicroCHP](http://www.bhl.co.uk/category/Baxi_Ecogen_MicroCHP)
- 13 The Renewable Energy Hub, Micro Combined Heat and Power - Micro CHP Information> Micro CHP boiler cost. [Luettu 24.3.2014. http://www.renewableenergyhub.co.uk/micro-chp-boiler-cost](http://www.renewableenergyhub.co.uk/micro-chp-boiler-cost)

<http://www.renewableenergyhub.co.uk/micro-chp-boiler-cost-financial-and-environmental-information-about-microchp.html>

- 14 ClimateTechWiki, Combined Heat and Power (CHP): small-scale. [Luettu 24.3.2014.](#) <http://climatetechwiki.org/technology/small-chp>
- 15 International Energy Agency, Combined Heat and Power – Evaluating the benefit of greater global investment, helmikuu 2008. [Luettu 24.3.2014.](#) [http://www.iea.org/media/files/chp/chp\\_report.pdf](http://www.iea.org/media/files/chp/chp_report.pdf)
- 16 Qnergy, verkkosivusto. Luettu 24.3.2014. <http://www.qnergy.com/>
- 17 Otag Powerblock, verkkosivusto. Luettu 24.3.2014. <http://www.powerblock.eu/>
- 18 Energetix, Flowgroup, verkkosivusto. Luettu 24.3.2014. <http://flowgroup.uk.com/>
- 19 Microchap, Micro CHP products, päivitetty 23.2.2014. [Luettu 24.3.2014.](#) [http://www.microchap.info/micro\\_chp\\_products.htm](http://www.microchap.info/micro_chp_products.htm)
- 20 Enertwin, verkkosivusto. Luettu 24.3.2014. <http://www.enertwin.com/>
- 21 ZenithSolar, Projects> Yavne. Luettu 24.3.2014. <http://www.zenithsolar.com/content.aspx?id=290>
- 22 ClearEdge Power, verkkosivusto. Luettu 24.3.2014. <http://www.clearedgepower.com/>
- 23 AmePlan Oy, verkkosivusto. Luettu 24.3.2014. <http://www.ameplan.fi/>
- 24 Ecuity Consulting LLP, The role of micro CHP in a smart energy world, maaliskuu 2013. [Luettu 24.3.2014.](#) <http://www.ecuity.com/wp-content/uploads/2013/03/The-role-of-micro-CHP-in-a-smart-energy-world.pdf>





Kuvaajassa on hahmoteltu mustalla viivalla 85% kokonaishyötysuhde. Vasemmassa reunassa ilmaistaan lämmön tuotannon hyötysuhde sekä vaakakselillä sähköinen hyötysuhde. Kuten kuvaajasta ilmenee, niin käytetty teknologia vaikuttaa suoraan minkäläinen lämmön tai sähkön hyötysuhde kullakin teknologialla voidaan saavuttaa.

Gas type		Mains Gas	LPG
		Ecogen 24/1.0 Sales code 5122477	Ecogen 24/1.0 LPG Sales code 720048301
Heat performance			
Combined heat input max	kW	25.3	24.9
Combined heat output max (non-condensing)	kW	24	24
Combined heat output max (condensing)	kW	25.9	25.9
Engine max heat input (net)	kW	7.7	7.7
Engine min heat input (net)	kW	3.7	3.7
Supplementary max heat input (net)	kW	16.9	16.9
Supplementary min heat input (net)	kW	3.6	3.6
Engine max heat output (non-condensing)	kW	6	5.9
Engine max heat output (condensing)	kW	6.4	6.4
Engine min heat output (non-condensing)	kW	3.2	3.1
Engine min heat output (condensing)	kW	3.4	3.4
Supplementary max heat output (non-condensing)	kW	18	17.9
Supplementary max heat output (condensing)	kW	19	19
Supplementary min heat output (non-condensing)	kW	3.4	3.4
Supplementary min heat output (condensing)	kW	3.8	3.8
Electrical performance			
Electric output max	kW	1	1
Electric output min	kW	0.3	0.3
Connections			
Gas	mm	15	15
Flow	mm	22	22
Return	mm	22	22
Condensate drain	mm	21.5	21.5
Power	V (Hz)	230 (50)	230 (50)
Operating conditions			
Max operating current	Amps	4.5	4.5
External fuse rating	Amps	13	13
Circuit breaker rating (2 pole)	Amps	16	16
Noise pressure level (1 m)	dB(A)	<45	<46
Max heating flow temperature	°C	80	80
Min heating flow temperature	°C	25	25

Gas type		Mains Gas	LPG
		Ecogen 24/1.0 Sales code 5122477	Ecogen 24/1.0 LPG Sales code 720048301
Max water pressure	bar	3	3
Min water pressure	bar	0.2	0.2
Suitable for sealed systems		Yes	Yes
Compartment ventilation required		No	No
Integral frost protection		Yes	Yes
Pump overrun required		Yes	Yes
Pump exercise (weekly)		Yes	Yes
System bypass (sealed system)	l/min	7	7
System bypass (open-vented)	l/min	10	10
<b>Volumetrics</b>			
Height	mm	920	920
Width	mm	426	426
Depth	mm	425	425
Weight empty	kg	115	115
Min clearance front	mm	5*	5*
Min clearance left side	mm	5	5
Min clearance right side	mm	60	60
Min clearance top (from top of boiler)**	mm	200	200
Min clearance bottom	mm	200	200
<b>Flue system</b>			
Concentric horizontal max (60 / 100)	m	5	5
Concentric vertical max (60 / 100)	m	5	5
Twin pipe vertical max (80 / 80)	m	10	10
93° bend equivalent length (60 / 100)	m	1	1
135° bend equivalent length (60 / 100)	m	0.5	0.5
91.5° bend equivalent length (80)	m	0.5	0.5
135° bend equivalent length (80)	m	0.25	0.25
<b>Accessories</b>			
Zone valve exercise (weekly)		Yes	Yes
Programmable room thermostat		Removable	Removable
Integral wiring control	V	230	231
Cylinder sensor		Optional	Optional

\*5mm for removable door, 450mm to a fixed front/door

\*\*if horizontal flue turret, 300mm required

Nominal performance data (using APM)

Design heat loss	kW	48	24	16	6
Plant size ratio (PSR)	PSR	0.5	1	1.5	4
Annual heat generated for space heating	kWh	45868.5	33903.9	24510.9	9234.6
Annual heat generated for water heating	kWh	3003.7	3003.7	3003.7	3003.7
Annual auxiliary heat requirement	kWh	28008.4	3034.5	114.7	0
Heat efficiency in the heating season	% gross	83.6	83.9	83.1	73.1
Heat efficiency in the summer season	% gross	49.2	49.2	49.2	49.2
Electricity consumed in the heating season	kWh <sub>e</sub>	-2259.8	-2274.6	-2252.8	-1940.4
Electricity consumed in the summer season	kWh <sub>e</sub>	-142.9	-142.9	-142.9	-142.9
Heating plant emission rate (HPER)	kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>h</sub>	0.295	0.231	0.201	0.201

Based on typical twice daily heating periods (bimodal)

The performance is difficult to predict with certainty due to variable patterns of use determined by householder settings, outdoor temperatures etc. This directly affects heat and electricity demand and production. The estimates are based upon the best available information, but are given as guidance only and should not be considered as a guarantee.

Intermediate ratings

PSR	HPER
0.5	0.295
0.6	0.282
0.7	0.269
0.8	0.256
0.9	0.243
1	0.231
1.1	0.225
1.2	0.219
1.3	0.213
1.4	0.207
1.5 to 4	0.201

Running cost and payback

This following example of fuel costs and payback is for a typical property. Note that the fuel costs and payback will vary depending on the five variables below.

		Energy (kWh)	Cost / saving (£)
Band G	Heating		£1,290
Band D	Heating		£1,119
Band A	Heating		£919
Ecogen	Heating	20015	£938
	Heat generated for heating		£7
	Heat generated for auxiliary	58	£88
	Heat generated for electricity	2242	-£224
	Electricity generated (with FIT)	-2242	-£170
	Electricity used onsite	-1345	-£27
	Electricity exported	-897	£612
	Fuel cost		

Payback of incremental capital cost over Band A alternative

Ecogen	With FIT	Incremental capital cost	£3,000
		Payback	8.6 years

Assumptions:

Generation tariff: 10p/kWh<sub>e</sub>

Export tariff: 3p/kWh<sub>e</sub>

Electric fire auxiliary heating

Maintenance cost identical to Band A

Variables:

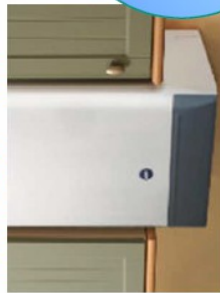
Gas price (p/kWh)	3.9
Electricity price (p/kWh)	12.7
Incremental installed cost (£)	3000
Electricity export (%)	40
Dwelling heat loss (kW)	8.8

The performance is difficult to predict, with certainty due to variable patterns of use determined by householder settings, outdoor temperatures etc. This directly affects heat and electricity demand and production. The estimates are based upon the best available information, but are given as guidance only and should not be considered as a guarantee.

### Hvem spiller med



Baxi Ecogen - MEC



Stirling Engine

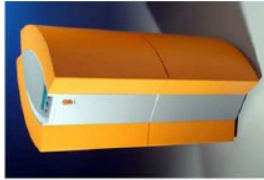
Whisper Tech / Efficient Home Energy



Ariston & Bosch - Enatec



Remeha Evita - MEC



OTAG lion

Rankine Cycle



Energetix Kingston and CombiVolt



Vaillant Ecopower



Yanmar Genlight

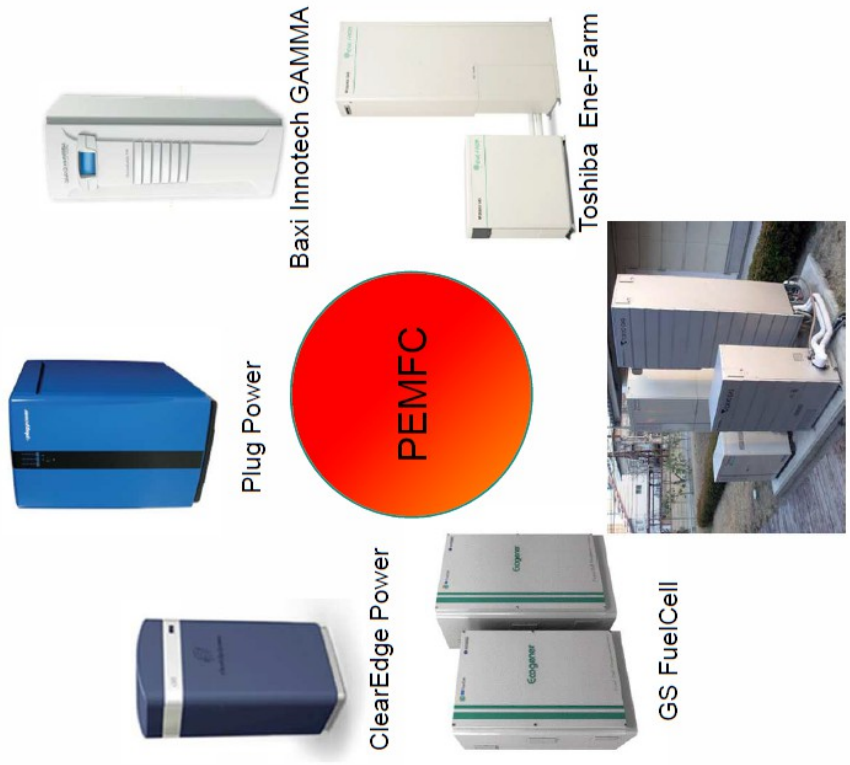
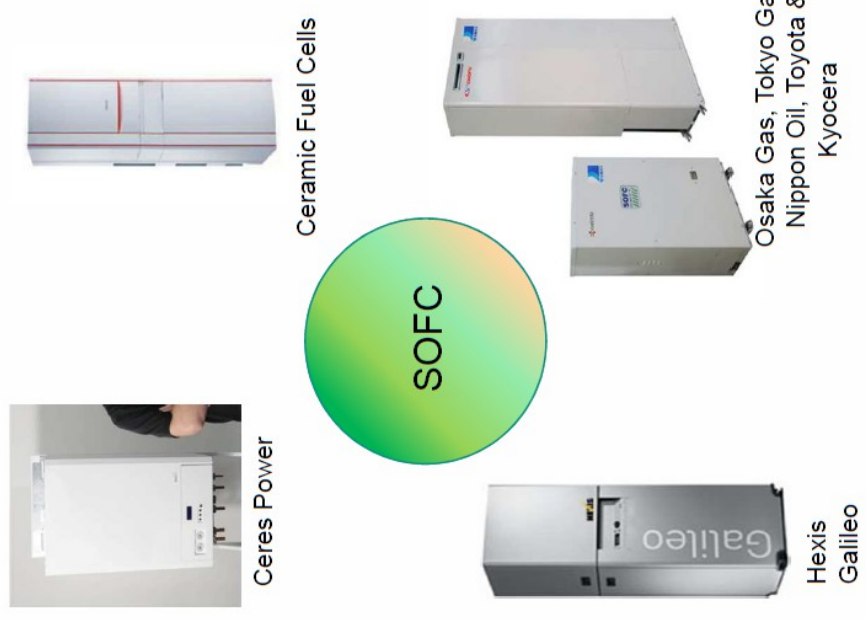


Baxi SenerTec



Honda ECOWILL

ICE



– DGF Gastekniske Dage 6 april 2011

- Baxi Innotech GmbH, <http://www.baxi-innotech.de/index.php?lang=1>
- Baxi, <http://www.baxi.co.uk/index.htm>
- Bluegen, <http://www.bluegen.info/>
- Ceramic Fuel Cells Limited, <http://www.cfcl.com.au/>
- Ceres Power, <http://www.cerespower.com/>
- Challoch Energy, <http://www.challoch-energy.com/>
- Dantherm, [http://www.dantherm-power.com/Products/Micro\\_combined\\_heat\\_and\\_power\\_units.aspx](http://www.dantherm-power.com/Products/Micro_combined_heat_and_power_units.aspx)
- Delta Energy and Environment, <http://www.delta-ee.com/>
- Energy Matters, [http://whiteag1.miniserver.com/~cogentst/energy-matters\\_158.html](http://whiteag1.miniserver.com/~cogentst/energy-matters_158.html)
- Hexis AG, <http://www.hexis.com/de>
- Honda UK, <http://www.honda.co.uk/>
- Hyteon, <http://www.hyteon.com/>

- JX-group, <http://www.no.e.jx-group.co.jp/english/>
- NGK, <http://www.ngk.co.jp/english/research/energy.html>
- Senertec, <http://www.senertec.com/>
- SPF – Smart Power Foundation, <http://www.smartpowerfoundation.nl/>
- Vaillant, <http://www.vaillant.de/>
- Yanmar Europe, <http://www.yanmar.eu/>