

Biopolttoaineiden käyttö kaukolämmityksessä

Biopolttoaineiden käyttö kaukolämmityksessä

Matti Nuutila

ISBN 952-5304-05-3

ISSN 1456-4483

Copyright Motiva, Helsinki, 1999

Julkaisusarjan ulkoasu ja taitto: Meridian X Oy ja Eija Jaskari, Diktio Oy

Esipuhe

Motiva tilasi Suomen Kaukolämpö Sky ry:ltä selvityksen bioenergian käytöstä, käyttökokemuksista ja kehitysnäkymistä kaukolämmityksessä. Selvityksessä keskitytään lähinnä puupolttoaineeseen, koska muiden bioenergiälähteiden kuten esimerkiksi peltobiomassojen ja biokaasun merkitys on Suomessa vähäinen. Selvityksessä käsitellään myös jonkin verran turvetta, koska puun energiakäytön lisääminen edellyttää useissa tapauksissa toisen kiinteän polttoaineen käyttöä, joka Suomen oloissa on useimmiten turve.

Yleiskatsauksen lisäksi selvityksessä esitellään käyttäjien näkemyksiä lähinnä lämmöntuotantotekniikasta. Kaukolämpöliiketoiminnan tulevaisuuden näkymiä pienten kaukolämpöyhtiöiden osalta pohditaan kuntien omistajapolitiikan näkökulmasta. Tarkkaa analysointia bioenergian käytön kannattavuudesta ei esitetä, koska paikalliset olosuhteet, energian hankintaketju ja investointien ajoitus vaikuttavat oleellisesti toiminnan kannattavuuteen.

Suomen Kaukolämpö Sky ry:ssä ins. Matti Nuutila on laatinut raportin osin jäsenkunnalta kerättyjen palautteiden perusteella.

Helsingissä 20.9.1999

Matti Nuutila

Johdanto

Vuonna 1998 kaukolämpöenergian kokonaistuotanto oli 29,4 TWh. Kaukolämpöön liittyen tuotettiin voimalaitoksissa yhteistuotantosähköä 12,7 TWh. Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotantoon käytettiin polttoaine-energiaa 49,2 TWh. Puuperäisten polttoaineiden osuus oli vajaat 7 prosenttia eli lähes 3,3 TWh. Vastaavasti turvetta käytettiin noin 10 TWh eli reilut 20 prosenttia kaukolämpöön ja siihen liittyvään sähkön tuotantoon käytetyistä polttoaineista. Turpeen osuus on pysynyt koko 1990-luvun melko vakiona. Turve on kilpailukykyinen polttoaine, sen markkinaosuus säilynee jatkossakin nykyisellä tasolla.

Puuenergian osuus on koko 1990-luvun ollut kasvussa, mutta määrät ovat voimakkaasti lisääntyneet varsinaisesti 2-3 viimeisen vuoden aikana. Puuenergian kilpailukykyä ovat lisänneet polttotekniikan ja korjuutekniikoiden voimakas kehittyminen. Kilpailukyvyyn paranemista on tuettu myös veroratkaisuin.

Puun energiakäyttö on kestävä kehityksen mukaista ja tukee hyvin läheisesti valtioneuvoston energiastategiaa sekä eurooppalaisella tasolla Euroopan unionin energiapolitiikan valkoisen kirjan periaatteita. Puun energiakäytön lisääminen auttaa myös Kioton ilmastopöimöksessä asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa.

Puuenergia on nyt markkinoilla kilpailukykyisellä hinnalla ja kohtuullisella saatavuuden takuilla. Näiden ansiosta puun polttoainekäyttö etenkin voimalaitoksissa on selvästi lisääntynyt. Voimalaitosten kattiloiden rakennemuutokset pölypoltosta leijukerrosolttoon ovat osaltaan teknisesti mahdollistaneet puuhakkeen käytön lisäyksen. Tällaisia kattilamuutoksia on toteutettu kolmessatoista teollisuuden ja yhdyskuntien voimalaitoksessa viimeisen neljän vuoden aikana.

Pienten kotimaisia polttoaineita käyttävien lämpöyhtiöiden talous on pääosin kehittynyt myönteisesti 1990-luvulla. Lähes kaikki lämpöyhtiöt ovat voineet toteuttaa investointeja, joilla edullisinta paikallista polttoainetta eli sahoilta ja mekaanisesta metsäteollisuudesta hankittua puutähdettä on voitu käyttää ilman suurempia teknisiä ongelmia. Puupolttoaineen halpeneminen, samanaikainen lämpöyhtiöiden vieraan pääoman osuuden väheneminen sekä korkotason lasku ovat parantaneet kaukolämpötoiminnan kannattavuutta selvästi.

Tulevaisuudessa kaukolämpöyhtiöiden yhtiö- ja konsernimuotoisen omistuksen arvioidaan lisääntyvän ja kuntien suoran omistuksen vähenevän. Samalla omistajien vaatimukset sijoitetun pääoman tuottoa kohtaan kasvavat. Lämpöyhtiöiltä tullaan jatkossa edellyttämään aiempaa parempaa strategista varautumista ja kykyä sopeutua nopeasti uudenlaisiin markkinatilanteisiin omistajien edun mukaisesti.

Sisältö

Esipuhe	3
Johdanto	4
1 Kaukolämmityksen kehittyminen	6
2 Polttoaineet	9
2.1 Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet	9
2.2 Puun käyttö kaukolämmön tuotannossa	9
3 Puun ja turpeen riittävyys kaukolämmön tarpeisiin	11
3.1 Puu	11
3.2 Turve	12
3.3 Suomen biomassavarat ja niiden nykyinen käyttö	12
4 Puupolttoaineen kilpailukyky kaukolämmityksessä	14
4.1 Tuotantokustannukset ja saatavuus	14
4.2 Polttoaineerotus	15
5 Puun energiakäytön potentiaali	17
6 Kattilavaihtoehtoja	19
6.1 Vino työntöarina	20
6.2 Leijukerros poltto	20
6.3 Kaasutus poltto	20
6.4 CMR -tekniikka	21
7 Investointi- ja käyttökustannukset	22
8 Käyttäjien ja valmistajien näkemyksiä puuta käyttävien lämpökeskusten kehittämistarpeista	24
9 Kunnat lämpöyritysten ja -liikelaitosten omistajina	26
10 Ilmastokysymykset	28
10.1 Päästökehitys Suomessa	28
10.2 Kioton sopimus ja kaukolämpö	29
Liite 1 Lämmöntuotannon polttoaineiden verotus	31

Kaukolämmityksen kehittyminen

Suomi on tunnetusti kaukolämmityksen sekä lämmön ja sähkön yhteistuotannon johtava maa niin Euroopassa kuin koko maailmassakin. Erityisesti suomalainen tietotaito lämmön ja sähkön yhteistuotannossa on tunnustettua maailmanlaajuisesti. Yhteistuotantosähkön osuus maamme sähkön tuotannosta oli peräti kolmannes vuonna 1998.

Yhteistuotantosähköstä reilu puolet tuotettiin yhdyskuntien kaukolämpövoimalaitoksissa ja vajaa puolet teollisuuden voimalaitoksissa. Kaukolämmön tuotannosta lähes 80 prosenttia perustui lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. Kaukolämmityksestä on kehittynyt Suomen yleisin lämmitysmuoto, sen markkinaosuus on lähes 50 prosenttia. Suurissa kaupungeissamme markkinaosuus nousee jopa yli 90 prosentin. Lähes joka toinen suomalainen asuu nykyisin kaukolämmitetyssä talossa. Markkinaosuus on jo niin suuri, että kaukolämmitys kasvaa enää 1-1,5 prosenttia vuodessa.

Ensimmäiset lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitokset rakensi metsäteollisuus 1920 ja -30 lukujen vaihteessa.

Varsinaisesti kaukolämmitystoiminta käynnistyi Suomessa yli 50 vuotta sitten, ensimmäisiä verkkoja rakennettiin Helsinkiin, Espoon Tapiolaan ja Nokialle. Jo 1950-luvulla rakennettiin ensimmäiset kaukolämpövoimalaitokset.

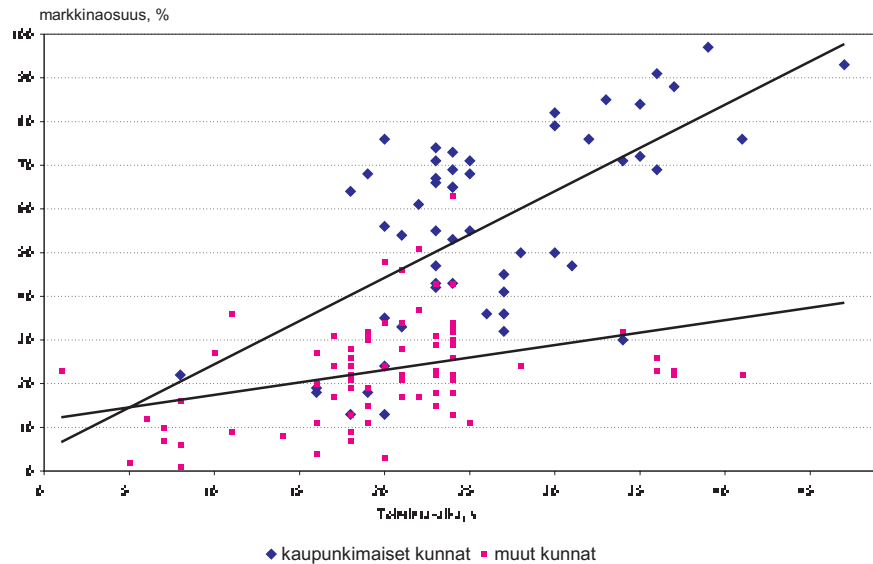
Tulevaisuudessa uuden tuotantokapasiteetin rakentamisen ohella peruskorjataan vanhoja yhteistuotantolaitoksia. Tavoitteena on useimmiten nostaa laitoksen ns. rakennussuhdetta eli laitoksessa tuotetun sähkön osuutta suhteessa laitoksessa tuotettuun lämpöön. Myös yhteistuotannon polttoainejakauman arvioidaan muuttuvan siten, että kivihiili menettää osuuttaan ja vastaavasti maakaasun ja puun osuudet kasvavat.

Kaukolämmitys säilyttää varmasti pitkälle tulevaisuuteen markkinajohtajuutensa lämmitysmarkkinoilla. Kaukolämpöasiakasta houkuttelee kaukolämmityksen luotettavuus ja helppous sekä ympäristöystävällisyys. Kaukolämmön tuottajan näkökulmasta suosio perustuu lisäksi sähkön ja lämmön yhteistuotantomahdollisuuteen, tuotannon hyvään hyötysuhteeseen sekä laajaan polttoainevalikoimaan. Polttoaine hankitaan usein paikallisesti, jolloin on mahdollistaa saavuttaa selvä kilpailuetu. Sisä-Suomen paikkakunnilla hake, puutähteet ja turve ovat luonnollisia kaukolämmön tuotannon polttoaineita varsinkin mekaanisen puunjalostuksen läheisyydessä.

Kaukolämmön markkinaosuus on kasvanut jatkuvasti kaupungeissa ja kaupunkimaisissa kuntataajamissa kaukolämpöyhtiöiden toiminnan mukana. Kaupungeissa markkinaosuudet ovat jo keskimäärin yli 70 prosenttia. Kaukolämmitys on taajaan asuttujen alueiden lämmitysmuoto, joten muissa kuin kaupunkimaisissa kunnissa markkinaosuus on jäänyt keskimäärin 20-30 prosentin tasolle. Uusia sovelluksia on kehitetty esim. lämpöyrittäjyyden ja energiaosuuskuntien avulla niin, että kaukolämpö voitaisiin ulottaa entistä laajemmille alueille ns. satelliittiverkkoina. Lämpöyrittäjyys tai energiaosuuskuntaratkaisu voi tuoda kustannus-

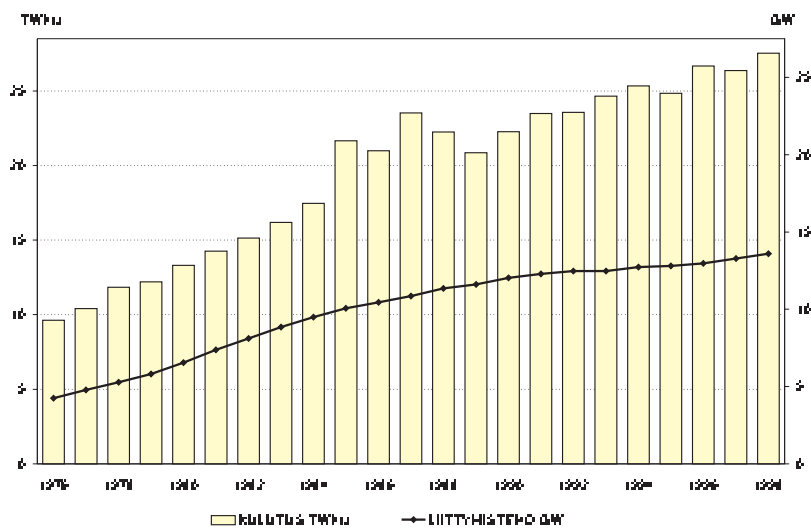
säästöä perinteiseen lämpölaitosorganisaatioon verrattuna, mikäli polttoainehuolto ja ylläpito saadaan toteutettua paikallisesti esim. saman urakoitsijan toimesta.

Maaseututaajamien asukasluku suhteessa koko kunnan väestöön on huomattavasti pienempi kuin kaupungeissa, vaikka muuttoliike haja-asutusalueilta onkin viime aikoina suuntautunut voimakkaasti taajamien keskuksiin. Jos kaukolämmön tarve paikkakunnalla jää alhaiseksi, sen tuottaminen kotimaisilla kiinteillä polttoaineilla ei ole kannattavaa korkeiden investointikustannusten vuoksi.



Kuva 1 Kaukolämmityksen markkinaosuus eri paikkakunnilla kaukolämmityksen toiminta-ajan funktiona

Vaikka kaukolämmitykseen liitetty rakennuskanta kasvaa, niin kaukolämmön kulutus ei nouse samassa suhteessa. Uusien rakennusten pienempi energian- ja tehontarve sekä vanhojen rakennusten energiansäästötoimenpiteet vähentävät kaukolämmön kulutuksen kasvua. Liittymistehon ja energian kulutuksen kehitys näkyvät kuvasta 2.



Kuva 2 Liittymistehon ja energian kulutuksen kehitys

Kaukolämpötoiminnan kannattavuus on vääjäämättä sidoksissa toimintaympäristöönsä. Lämpökuorma rakennettavaa johtometriä kohden on kaupunkimaisissa taajamissa suurempi kuin maaseututaajamissa. Vaihteluväli on 30:stä rakennuskuutiosta pääkaupungin 140 rakennuskuutioon johtometriä kohden. Lämmönmyynti on siten lähes viisinkertainen väljemmin rakennettuun pieneen taajamaan verrattuna. Myös verkoston lämpöhäviöt putkimetriä kohden ovat suhteellisesti suuremmat, koska putkikoot ovat pieniä eli putken vaippapinta siirrettävään energiamäärään nähden on suurempi.

Tunnusluvut eri kokoisissa yrityksissä kuvaavat osaltaan kaukolämpötoiminnan kannattavuutta ja toimintamahdollisuuksia.

Taulukko 1 Kaukolämpötoimintaa kuvaavia tunnuslukuja lämmönmyynniltään erikokoisissa lämpöyhtiöissä

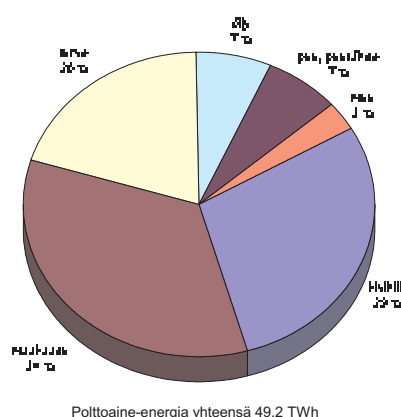
Lämmön myynti	Lukumäärä	Lämmön keskihinta (sis. alv 22 %)	Perusmaksu (sis. alv 22 %)	Rakennus-tilavuus/ johtopituus	Asiakkaiden keskikoko
GWh	kpl	mk/MWh	mk/MWh	m ³ /m	m ³
0 – 10	18	239	67	34	4736
10 – 20	18	238	64	32	3913
20 – 30	15	228	64	44	4990
30 – 40	20	223	57	44	5005
40 – 60	13	218	48	47	5035
60 – 80	13	220	52	61	6953
80 – 100	4	180	43	41	3985
100 – 150	13	220	49	53	5488
150 – 300	12	198	49	64	5784
300 – 600	7	187	48	67	5651
600 – 900	2	183	40	74	6517
900 – 1800	6	187	49	89	9581
1800 -	1	185	38	140	13853
Sky yhteensä	142	193	46	78	7760

2 Polttoaineet

2.1 Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet

Kaukolämmityksen ja siihen liittyvän sähkön tuotannon polttoaineita käytettiin yhteensä 49,2 TWh vuonna 1998. Käytetyin polttoaine oli ensi kerran maakaasu, jonka osuus oli 34 prosenttia polttoaineiden kokonaiskulutuksesta. Kivihiili menetti asemansa kärjessä Helsingin Energian maakaasukäyttöisen Vuosaari B –voimalaitoksen valmistuttua.

Yksi kaukolämmön merkittävimmistä kilpailueduista on sen riippumattomuus yhdestä tietyistä polttoaineista. Joustavuus polttoainevalinnan suhteen on antanut lämpöyhtiöille mahdollisuuden kustannusten optimointiin ja paikallisten olosuhteiden huomioon ottamiseen toimintaa suunniteltaessa. Asiakkaan kannalta tämä on luonut kilpailukykyiset hinnat. Lisäksi usean polttoaineen käyttömahdollisuus luo vakautta hinnoitteluun.



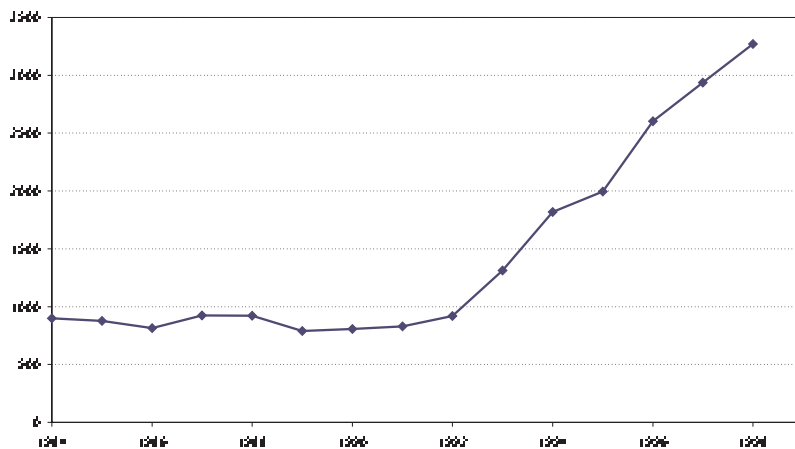
Kuva 3 Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannon polttoaineet v. 1998

2.2 Puun käyttö kaukolämmön tuotannossa

Puun energiakäyttö väheni aina 1970-luvun puoliväliin asti. Polttopuuta käytettiin tuolloin yleisimmin pientulisijojen lämmönlähteenä, jonka kevytöljy sittemmin syrjäytti keskuslämmityskattiloineen. Puun energiakäytön lisäys 1970-luvulta lähtien on perustunut valtaosin metsäteollisuuden tuotannon kasvuun. Kaukolämmityksessä ja siihen liittyvässä sähkön tuotannossa puun käyttö oli suhteellisen vaatimatonta aina 1990-luvulle asti.

Puun energian osuus on koko 1990-luvun ollut kasvussa, mutta varsinaisesti 2-3 viimeisen vuoden aikana määrät ovat voimakkaasti lisääntyneet. Puun käyttö kaukolämmön sekä sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannossa on nelinkertaistunut 1990-luvulla. Voimakkainta käytön kasvu on ollut lämmön ja sähkön yhteis-

tuotantolaitoksissa. Vuonna 1998 puuta käytettiin kaukolämmön sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa noin 3,3 TWh. Puuenergian tuotantoa on tuettu veroratkaisuin, mutta varsinkin puuenergian polttotekniikan ja korjuutekniikoiden kehittyminen ovat lisänneet puuenergian kilpailukykyä.



Kuva 4 Puupolttoaineiden käyttö vuosina 1984-1998 kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotannossa

VTT:n vuonna 1996 laatiman selvityksen mukaan puun käytön lisääminen kaukolämmityksessä perustuu tulevaisuudessa pääosin uuden lämmön ja sähkön yhteistuotantokapasiteetin rakentamiseen sekä kivihiilen korvaamiseen joissakin yhteistuotantolaitoksissa. Uusia biopolttoaineita käyttäviä yhteistuotantolaitoksia olisi mahdollista rakentaa noin 25 kpl ja lämpökeskuksia noin 150 kpl vuoteen 2010 mennessä. Osa laitosinvestoinneista olisi saneeraus- tai korvausinvestointeja. Investointikustannukset arvioitiin noin 2,5 miljardiksi markaksi.

Volyymilla mitattuna puupolttoaineiden käytön kasvu perustuu lähes yksinomaan voimalaitosten energiankäyttöön. Edellisessä kappaleessa mainitut 25 voimalaitosta käyttävät noin 200 -kertaisesti energiaa sataanviiteenkymmeneen pieneen lämpökeskukseen verrattuna. Paikallisesti pienenkin lämpökeskuksen puun käytön vaikutukset työllisyyteen ja elinkeinoelämään voivat olla merkittäviä.

3 Puun ja turpeen riittävyys kaukolämmön tarpeisiin

3.1 Puu

Suomi on maailman johtavia teollisuusmaita puuraaka-aineen ja puuenergian hyödyntäjänä. Vaikka metsäteollisuuden raaka-ainekäytön on oltava puun ensisijainen käyttökohde, energian tuotantoonkin on tarjolla suuri määrä hukkarunkopuuta, latvusmassaa ja pieniläpimittaista kokopuuta. Bioenergian vuosituotanto vastaa energiasisällöltään nykyisin lähes 6 milj. öljytonnia eli noin 18,5 prosenttia primäärienergian kulutuksesta.

Suomen metsät tuottavat vuosittain 79 milj. m³ runkopuuta. Latvusmassa sekä kanto- ja juuripuu mukaan luettuina biomassatuotos on yhteensä 126 milj. m³ eli 51 milj. tonnia kuiva-ainetta. Se vastaa energiasisällöltään 24 milj. öljytonnia. Vertailuna todettakoon, että maamme primaarienergian kokonaiskulutus on nykyisin noin 31-32 milj. öljytonnia vuodessa.

Metsävarojemme runsaus antaisi mahdollisuuden puunkäytön tuntuvaan laajentamiseen nykytasolta. Runkopuun kasvu on 79 milj. m³ vuodessa, mutta hakkuukertymä vain noin 50 milj. m³ ja kokonaispoistuma hakkuutähteet ja luontainen kuolleisuus mukaan lukien noin 55 milj. m³/a. Kun metsäteollisuus rakentaa uutta jalostuskapasiteettia kotimaahan vain hitaasti ja metsien kasvu edelleen paranee, runsaasti runkopuuta ja sen ohella myös latvusmassaa olisi käytettävissä energian tuottamiseen. Hakkuualueilta vihermassaa korjattaessa noin puolet jää metsään ravinteiksi joka tapauksessa. Sen on arvioitu riittävän hyvin metsän ravinnetasapainon säilymisen kannalta. Sitä paitsi puun tuhka voidaan palauttaa metsään lisäravinteeksi.

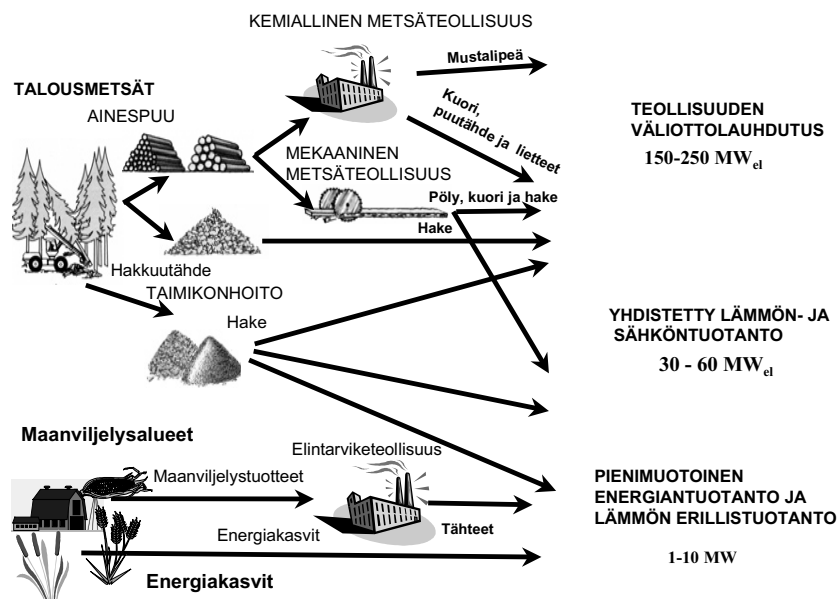
Puupolttoaineiden tuotannon kannalta suurimman potentiaalin muodostavat Metlan arvion mukaan:

● uudistushakkuualueiden hakkuutähteet	1,55 Mtoe/a
● ensiharvennuksista korjattavissa oleva energiapuu	0,80 Mtoe/a
● taimikonhoidosta ja vajaatuottoisista metsistä saatava kokopuuhake	0,30 Mtoe/a

Metsähakkeiden tuotantomäärät ovat toistaiseksi olleet hyvin pieniä (0,1 Mtoe/a).

Uudistushakkuiden määrä voi pysyä metsävarojen puolesta vähintään nykyisellä tasolla ainakin vuoteen 2025 sakka. Harvennusten määrää voisi ja tulisi lisätä selvästi.

Bioenergian tuotantomahdollisuudet ovat erittäin suuret ja mahdollistaisivat jopa nykykäytön kaksinkertaistamisen. Tuotannon kasvu edellyttää kuitenkin bioenergian kilpailukyvyyn säilymistä ja paranemista muihin polttoaine- ja energialähteisiin verrattuna.



Kuva 5 Lämmön ja sähkön tuotanto bioenergiälähteistä

3.2 Turve

Suomen valtion käynnistämän määrätietoisin kehitysohjelman tuloksena turpeesta on tullut kilpailukykyinen polttoaine, ja sen korjuumäärä on noussut 0,5 milj. m³:n tasolta vuonna 1970 jo noin 25 milj. m³:n tasolle vuonna 1995 vastaten energiasällöltään noin 2 milj. öljytonnia eli yli 6 % maamme energian kulutuksesta. Turvetta käytettiin noin 10 TWh eli reilut 20 prosenttia kaukolämpöön ja siihen liittyvään sähkön tuotantoon käytetyistä polttoaineista. Turpeen osuus on pysynyt koko 1990-luvun melko vakiona. Turve on kilpailukykyinen polttoaine, sen markkinaosuus säilynee jatkossakin nykyisellä tasolla ainakin turvetuotantoalueita lähellä olevissa kohteissa.

Turpeen energiapotentiaali on Suomessa niin mittava, että suurtuotantoon soveltuvaksi luokitellun 300 000 hehtaarin suoalan polttoturvevarat vastaavat energiasällöltään 200 miljoonaa öljytonnia. Huomattava osa turvesoista sijaitsee kuitenkin etäällä käyttökohteista.

3.3 Suomen biomassavarat ja niiden nykyinen käyttö

Taulukossa 2 on esitetty kotimaiset energiavarat ja nykyinen käyttö. Vertailukelpoiset sarakkeet ovat Varat / Mtoe ja Energiakäyttö / Mtoe. Puupolttoaineen tuotantomahdollisuudet ovat huomattavat. Peltobiomassoilla on Suomessa vain marginaalista merkitystä. Turvevarat riittäisivät nykykäytöllä yli 200 vuodeksi.

Taulukko 2 Kotimaiset biomassavarat ja niiden vuotuinen energiakäyttö

Polttoaine	Varat		Energiakäyttö	KI-käyttö
	TWh	Mtoe	Mtoe/a	Mtoe/ 1997
Turve	4700	420	2	0,9
Runkopuu	4000	350		
Muut puun osat	2800	250		0,3
Puun kokonaiskasvu /a	270	24	4,3	
Energiaaruoho	11 – 20	1 – 2	0	0
Olki /a	2,1	0,6	0	0
Kunnallinen jäte	20	1,8	0,01	0,01

Puupolttoaineen kilpailukyky kaukolämmityksessä

4.1 Tuotantokustannukset ja saatavuus

Suurimmat puupolttoaineiden lisäkättöä hidastavat tekijät ovat tällä hetkellä epävarmuus suurten puumäärien saatavuudesta ja sen hinnasta mm. kuljetusetäisyyksien takia. Puun käyttöä tukevan ja edistävän energiapolitiikan jatkuvuus on investointipäätösten kannalta ratkaisevan tärkeä.

Puupolttoaineita käyttävän laitoksen investointikustannukset ovat suuret. Laitoksen kannattavuuden perusedellytys on sen vuoksi edullisen polttoaineen pitkäaikaisen saannin turvaaminen. Polttoaineen tuottamisen kustannukset ovat alttiina monille tekijöille ja luonnonolosuhteille. Yleensä sitä ei ole pystytty tuottamaan riittävän edullisesti ilman tukitoimia. Kannattavuusriskien pienentämiseksi tarvitaan pitkäjänteistä energia- ja tukipolitiikkaa.

Metsähakkeen tuotantokustannukset ovat laskeneet määrätietoisien tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksena. Tuotantokustannuksia ovat laskeneet mm. hakkuutyön koneellistuminen, metsätyömaan työtapojen ja logistiikan kehittäminen, hakkureiden tekninen kehitys sekä hakkeenkuljetusautojen kuormakapasiteetin kasvu.

Hakkeen hinta tulisi olla 100 km autokuljetuksella tasolla 45 mk/MWh voimalaitoksen vastaanottoasemalla. Tällä hetkellä puuenergia voimalaitoksen polttoaineena on lähellä tätä tasoa. Mikäli puuenergian tuotantokustannukset saadaan laajasti tälle tasolle ja energiaverotus säilyy v. 1999 tasolla, puun käyttö kaukolämmityksessä ja siihen liittyvässä sähkön tuotannossa lisääntyy. Puun laaja saatavuus tulee jatkossa turvata kehittämällä puun hankintaketjua esim. uusilla tuottajamalleilla.

Teollisuuden tähdepuun ja sahojen sivutuotteiden hintakilpailukyky on parempi metsähakkeeseen verrattuna, mikä on osaltaan vaikuttanut metsähakkeen käytön kasvun hitauteen.

Öljy ja kaasu on yleisesti mielletty käytön kannalta helpoksi polttoaineeksi. Kotimaisia polttoaineita, kuten puuta ja turvetta käyttävä laitos on aina monimutkaisempi ja arempi erilaisille käyttöhäiriöille kuin öljy- ja kaasulaitokset. Odottamattomat sääolot voivat myös osaltaan vaikuttaa kotimaisten polttoaineiden laatuun. Puu- ja turvekattilat ovat kuitenkin kehittyneet kymmenessä vuodessa paljon ja ovat nykyisellä laite- ja teknologialla varmatoimisia, taloudellisia ja turvallisia.

Puun kilpailukykyä lisää merkittävästi sen käyttömahdollisuus rinnakkaispolttoaineena turpeen seassa. Lämmön ja sähkön yhteistuotannossa sekä kaukolämmityksessä on mahdollista korvata turvetta käyttävän voimalaitoksen rikinpoistotekniikka puunpoltolla. Puun tuhkan emäksiset maa-alkalit sitovat nimittäin turpeen rikkidioksidia. Toistaiseksi turvelaitoksiin ei vaadita rikinpoistoa edes EU:n suurten polttolaitosten direktiiviluonnoksen mukaan. Direktiivin muutos-

luonnos on ollut esillä, mutta sitä ei ole vielä vuoden 1999 lopulla vahvistettu. Ilmeisesti vanhoille turvevoimalaitoksille sallitaan nykyinen noin 140 mg/MJ SO₂ päästötaso.

4.2 Polttoaineerotus

Energiaveropolitiikan tulisi olla pitkäjänteistä ja ennakoitavissa. Se ohjaisi parhaiten puupolttoaineiden käytön edistämistä. Taustalla ovat kiinteitä polttoaineita käyttävien lämpökeskusten ja voimalaitosten suuret investoinnit, jotka vaativat pitkää kuoletusaikaa. Sähkömarkkinoiden avautuminen kilpailulle on tehnyt sähkön tuottajista entistä varovaisempia suurille investoinneille.

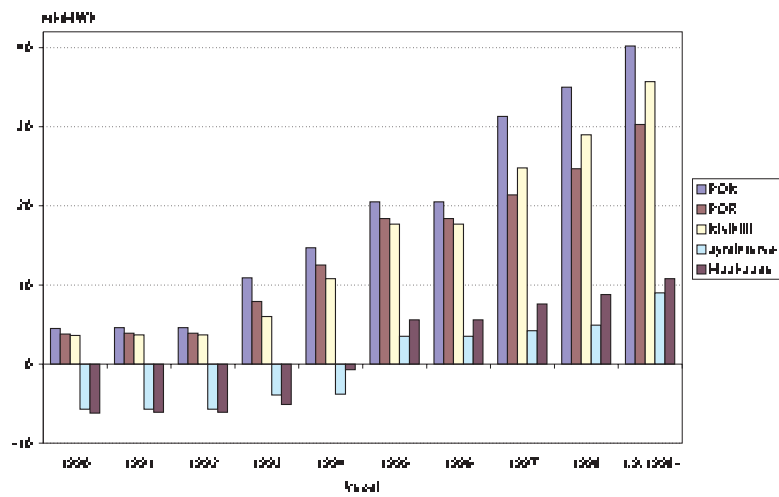
Vuoden 1995 alun jälkeen energiaveroja on korotettu vuoden 1999 loppuun mennessä lämmön tuotannossa kolme kertaa ja sähkön verotuksen rakenne muutettu. Lämmön tuotannon verot verrattuina vuoden 1995 alkuun ovat turpeella 2,1-kertaiset, maakaasulla 1,7-kertaiset, raskaalla polttoöljyllä 2,9-kertaiset, kevyellä polttoöljyllä 3,3-kertaiset ja kivihiilellä 3,7-kertaiset. Polttoturpeiden veroa ei peritä, jos turpeen käyttö on alle 15 000 MWh/a.

Sähkön tuotannon polttoaineilta poistuiivat verot ja ne siirrettiin kulutukseen vuonna 1997. Uusi veromalli on heikentänyt ympäristötaloudellista ohjausta sähkön tuotannossa, koska sähkön tuottajat eivät maksa tuottamastaan sähköstä polttoaineveroa vaan tarvittavan veron maksavat loppukäyttäjät eli kuluttajat. Tuotannossa edullisin polttoaine ei välttämättä ole ympäristöystävällisin.

Puu on verovapaa polttoaine ja sähkön tuotannossa puuenergian käyttäjille maksetaan sähköveron (veroluokka II: teollisuus ja ammattimaiset kasvihuoneet) suuruista tukea (2,5 p/kWh). Samansuuruiseen tukeen ovat oikeutettuja myös nimellisteholtaan enintään 40 MW:n lämmitysvoimalaitokset, jotka tuottavat sähköä turpeella. Puun kilpailukyky energian tuotannossa on selkeästi parantunut veroratkaisujen seurauksena.

Kaukolämmön polttoaineverojen kehitys on esitetty kaaviona kuvassa 6, liitteen 1 taulukossa tarkemmin.

Yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa lämmön tuotannon polttoaineista suoritetaan vero siten kuin lämpö olisi tuotettu 100 prosentin hyötysuhteella. Tällainen veromalli antaa sähkölle lähes kaiken yhteistuotannossa saavutettavan hyödyn.



Kuva 6 Lämmön tuotannon polttoaineerot 1990-luvulla. Kuvassa esiintyvät laskennalliset negatiiviset verot kuvaavat vuosina 1990 - 94 käytössä olleita jysinturpeen käyttäjien sekä maakaasun maahantuojien saamia verotuksen kautta annettuja tukia.

Puun energiakäyttöä voidaan eniten lisätä teollisuuden energian tuotannon ohella suurten taajamien energian tuotannon uusinvestoinneissa. Uutta kapasiteettia rakennettaessa puu korvaa osin vanhaa laitoskapasiteettia. Puun käytön lisäys perustuu suurelta osin lämmön ja sähkön yhteistuotannon lisäykseen ja osaksi parempaan käytettävyyteen. Lisäksi puupolttoaineella voidaan joissakin tapauksessa korvata kivihiiltä.

Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaskenaarioiden mukaan Suomessa tarvitaan noin 2000 MW uutta sähkötehoa vuoteen 2010 mennessä. Sähkön kysynnän kasvu mahdollistaa uuden kapasiteetin rakentamisen mittavasti myös puuenergian varaan. VTT:n arvion mukaan yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa olisi mahdollista lisätä sähkötehoa 500 MW puulla ja teollisuuden puutähteillä vuoteen 2010 mennessä.

Sähkömarkkinoilla vallitseva ylikapasiteettitilanne ja pohjoismaisen pörsisähkön hinnan vaihtelut tuovat epävarmuutta rakennushankkeisiin. Tästä syystä kaikki uudisrakennushankkeet ovat tarkan pohdiskelun alla. Jatkossa eurooppalainen sähköpörssi on tulossa myös pohjoismaihin ja sähkön hinnan ennakointi muodostuu entistä vaikeammaksi.

VTT:n laskelmien mukaan Suomeen olisi mahdollista rakentaa vielä noin 150 biopolttoainetta käyttävää lämpökeskusta, teholtaan 0,2 – 2,5 MW, taajamien ulkopuolelle pieniin asutuskeskuksiin. Tyypillisiä kohteita pienille puupolttoainetta käyttäville lämpökeskuksille ovat päätaajamien ulkopuolella olevat asutuskeskukset, joissa esim. koulurakennus, teollisuuskiinteistöjä, terveysasema ja/tai urheiluhalli voitaisiin kaukolämmittää. Tällaisia lämpökeskuksia olisi mahdollista rakentaa useitakin saman kunnan alueelle keskitetyn valvonnan piiriin. Näin voitaisiin parantaa myös kaukolämmön kannattavuutta päätaajamissa.

Perinteisen kunnan johtaman lämpölaitosorganisaation rinnalle ovat tulleet energiaosuuskunnat ja lämpöyrittäjät, jotka pystyvät osin sivuelinkeinona tuottamaan palvelut edullisemmin kuin vastaavassa kunnan organisaatiossa. Energiaosuuskunnan mallista riippuen kunta ostaa vain lämpöenergian ja osuuskunta voi jopa omistaa kattilan.

Kaukolämpötoimintaa voidaan laajentaa myös maakunnallisten energiayhtiöiden toimesta. Kyseeseen tulisi silloin yhteistyömalli lämpöyrittäjien ja energiayhtiön välillä. Lämpöyrittäjä hoitaa kattilan polttoainetoimitukset ja päivittäisen huollon. Energiayhtiö hoitaa puolestaan kattilan kaukovalvonnan ja tarvittaessa hälyttää lämpöyrittäjän laitokselle.

Uusissa kaukolämpökattiloissa, jotka rakennetaan kiinteille polttoaineille, voidaan useimmiten polttaa palaturvetta, polttohaketta, hiiltä ja mahdollisesti erilaisia puupohjaisia jätteitä sekä jopa lajiteltua yhdyskuntajätettä. Polttoaine valitaan näissä moni-polttoainekattiloissa yleensä tarjouskilpailujen perusteella vuodeksi kerrallaan.

Puuhakkeen ja purun pelletointi voi selvästi laajentaa puuenergian käyttömahdollisuuksia jo lähivuosina. Puupelletit voivat korvata kevyttä polttoöljyä pienkattiloissa tai jopa voimalaitoksissa kivihiltä on korvattu pelleteillä. Tanskassa pelletit ovat pientaloissa yleinen polttoaine. Polttimen, kuljettimen ja siilon asennuspaketti yhdistettynä vanhaan öljykattilaan sopii varsin pieneen tilaan. Lisäksi puun alhainen tuhkapitoisuus ei aiheuta merkittävää kattilan nuohoustarvetta. Voimalaitoskäytössä pelletit voivat korvata kivihiltä. Tämä on mahdollista, koska pellettien suuri energiatiheys ei vaadi oleellisesti suurempaa kuljetinkapasiteettia kivihiileen verrattuna. Suomessa pellettien käyttö on toistaiseksi ollut vähäistä.

Biopolttoaineiden käyttöön sopivia polttotekniikoita on kaupallisessa käytössä useita. Ne on suunniteltu yleensä jonkun pääpolttoainetyypin mukaan. Paras hyötysuhde saadaan, kun polttoaineen laatuvaihtelut pysyvät tiettyjen raja-arvojen sisällä ja kattila on suunniteltu niille arvoille.

Biopolttoaineita käyttävien kattiloiden tehonsäätö on ollut vaikeaa. Perinteisesti esim. sahojen lämpökattiloiden tehoa ei yritettykään säätää vaan yllilämpö poistettiin kattilasta savukaasujen mukana. Yhdyskuntien energiahuollon kannalta kattilalta edellytetään kuitenkin hyvin laajaa säätöaluetta. Laitoksen kannattavuus taas edellyttää hyvää energian tuotannon hyötysuhdetta kattilan koko säätöalueella. Suhteellisen monimutkaisella prosessiohjauksella tehonsäätö kuitenkin onnistuu. Kiinteitä biopolttoaineita käyttävän kattilan tehonsäätö on nykyisin toimivaa alueella 20 - 100 % tehosta.

Myös öljyä on käytetty tukiliekkinä tai -polttona bioenergiakattiloissa. Uutena ratkaisuna on kokeiltu puupellettiä öljyn sijasta. Pellettien hyvä energiasisältö riittää kompensoimaan huonolaatuisen tai märän hakkeen tai turpeen alhaisen energiasisällön. Pellettiä lisätään tarvittava määrä stabilisoimaan palaminen.

Kaikille puupolttoainetta käyttäville laitoksille polttotekniikasta riippumatta on yhteistä tietyt perusrakenteet, joita ovat

- polttoaineen vastaanotto- ja varastorakennus tai rakennuksen osa
- kattilahalli tai -rakennus
- polttoaineen kuljetinlaitteisto
- polttoaineen syöttölaitteisto
- etupesä-kattilayhdistelmä tai pelkkä kattila
- tuhkanpoistojärjestelmä
- savukaasukanavat
- savukaasupuhdistimet
- savupiippu.

Lähes kaikki nykyään rakennettavat puuta tai turvetta käyttävät lämpökeskukset kootaan käyttökohteessa konepajalla valmistetuista komponenteista. Lämpötehoon 1 - 2 MW:n laitosten kokoamiseen kuuluu käyttökohteessa aikaa yleensä 2 - 4 kuukautta. Valmistusaika on lähes sama riippumatta laitoskoosta ja -tyypistä. Kaikissa laitoksissa on tietyt perusrakenteet samanlaiset, joten tarvittavat työvaiheet ovat lähes samat.

Kattilan polttotekniikka valitaan polttoaineen tai -aineiden kosteuden ja koostumuksen mukaan. Yhä useammin polttotekniikaksi valitaan leijukerospolto, joka mahdollistaa useiden eri polttoaineiden käytön.

Yleisesti voidaan todeta, että kaikenlaisia kiinteitä biopolttoaineita voidaan polttaa hyvällä hyötysuhteella. Jotkut kattilatekniikat ovat valitettavasti kalliimpia kuin toiset. Myös automatiikan hankintakustannuksissa on suuria eroja. Tästä on usein seurauksena väärin valittu polttotekniikka tai on tingitty automaa-

tiikan tasossa. Myös lähtötietojen oikeellisuus vaikuttaa merkittävästi hankinnan lopputulokseen. Yksiselitteistä kattilan hankintaohjetta on mahdoton antaa.

Seuraavassa on esitelty muutamia yleisimpiä kaupallisessa käytössä olevia kattilatyyppejä. Polttotekniikka eroaa niissä jonkin verran. Kaasutuspoltto poikkeaa muista tekniikoista sikäli, että siinä palaminen hajotetaan kahteen vaiheeseen; hääkäkaasun tuottamiseen reaktorissa ja kaasun polttamiseen kattilassa.

6.1 Vino työntöarina

Vino työntöarinakattilassa polttoaine syötetään mäntäsyöttimellä vinoarinan yläpään. Arinaraudat siirtävät palavan materiaalin alaspäin. Palamista kontrolloidaan alta tapahtuvalla ilmapuhalluksella. Arinan alapäässä on tuhkanpoisto. Palavat kaasut johdetaan vesiputkirakenteiseen tulipesään ja sieltä erilliseen konvektio-osaan, josta savukaasupuhdistimen kautta piippuun. Tässäkin ratkaisussa ovat kaikki lämpölaitoksen osat hyvin koettuja vanhoja ratkaisuja.

6.2 Leijukerrospoltto

Leijukerrospoltto perustuu kuplivaan leijukerrospolttoratkaisuun.

Yleisesti leijukerrospolttoratkaisut ovat tulleet käyttöön suuremmissa lämpölaitoksissa, koska niiden palotilan lämmön säätö on helpommin hoidettavissa esimerkiksi öljyn lisäsyötöllä kuin muissa kattilamalleissa. Leijukerrospolttokattiloihin voidaan periaatteessa syöttää kaikkia kiinteitä polttoaineita. Palotilana on kuuma hiekkapeti, joka on jatkuvan alhaalta tulevan ilmapuhalluksen ansiosta hyvin turbulenttinen ja näin edistää polttoaineiden palamista varsin hyvin. Leijukerros-poltossa ilmapuhalluksen ja petin jatkuvan mekaanisen liikkeen johdosta osa hiekasta tomuuntuu tai se kulkeutuu palotilan ulkopuolelle, jossa se sykloneissa kerätään talteen ja poistetaan tuhkakuljettimilla tai palautetaan arinalle.

Pölyn poisto vaatii tehokkaat suodattimet ja näin ollen investoinnit rakennuksiin, suodattimiin ja eräisiin muihin laitteisiin ovat arinaratkaisuihin verrattuna kalliit.

Leijukerrospolttokattilat soveltuvat hyvin erilaisille polttoaineille. Niissä on mahdollista polttaa tukipolttoaineiden avulla myös sellaisia polttoaineita, joiden kosteusvaihtelut ovat suuria.

Leijukerrospolttoa on mahdollista käyttää 2 MW:n tehoisista kattiloista aina yli 100 MW:n polttolaitoksiin.

6.3 Kaasutuspoltto

Kaasutuspolttossa polttoaine hajotetaan termisen energian avulla erillisessä reaktorissa. Polttamalla osa polttoaineesta kehitetään kuuma (1000 - 1200 °C) kaasuvirta, joka poltetaan normaalin tulitorvi-tuliputkikattilan tulipesässä sekoittamalla siihen riittävästi toisio-ilmaa.

Kaasutuspoltto edellyttää, että

- Polttoaineen kappalekoko on niin suuri, että polttoainekerroksen läpi virtaava kaasuvirta ei muodostu epätasaiseksi.

- Kappaleet ovat niin lujia, että reaktorin arinan tukkeutuminen estyy
- Kuiva-aine voidaan pyrolysoida, eli että se ei sisällä liikaa jäännöshiiltä.

Kaasutuspoltttoa voidaan soveltaa palamaisille polttoaineille kuten hakkeelle, kuorelle, pelleteille ja palaturpeelle, jossa hienon aineksen osuus ei ole liian suuri.

Kaasutuksen hyviä ominaisuuksia ovat mm:

- Edullinen mk/kW-hankintahinta
- Edulliset varaosat ja korjaus
- Pieni omakäyttöteho
- Halpa savukaasun puhdistus
- Pieni tilantarve
- Öljykattilat voidaan modernisoida KPA-käyttöön

Kaasutuspolton rajoituksia ovat mm:

- Ei sovi märille yli 50 %:n kosteuspitoisille polttoaineille
- Vaatii tasakokoisen polttoaineen

6.4 Cmr-tekniikka (Chemi-Mechanical-Reactor)

Cmr-tekniikka perustuu polttimeen, jossa biopolttoaine saadaan kaasuuntumaan lämpökemiallisesti ja mekaanisella prosessoinnilla ja poltettua reaktorissa normaaliin öljykattilaan kytkettynä. Huomattava etu syntyy tilansäästöstä, kun vanhaa öljykattilan laitteistoa voidaan hyödyntää. Periaatteessa vanha kattilahallin tila voidaan hyödyntää sellaisenaan.

Cmr-polintekniikka on kaupallisella tasolla, mutta laajemmat käyttökokeemukset puuttuvat varsinkin erityyppisillä polttoaineilla. Polttoaineiksi sopivat hakkeen lisäksi kuori ja jyrshinturve.

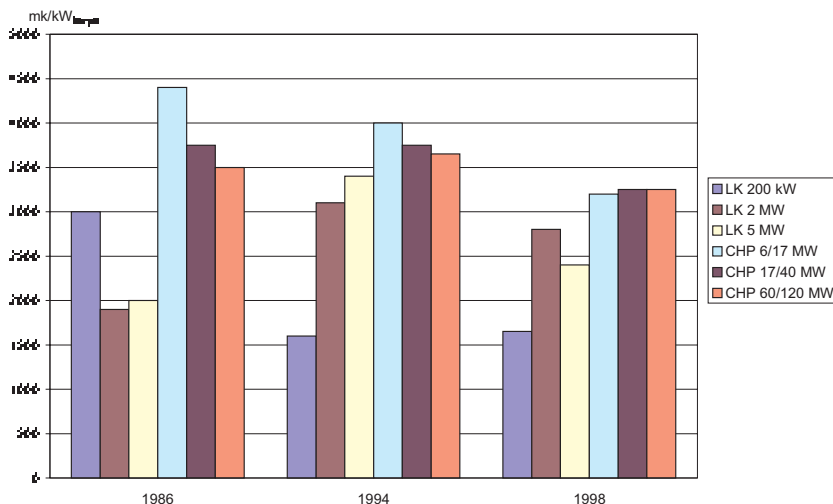
Käytännössä vanhan öljykattilan soveltuvuus voi olla kyseenalaista tehonpuutoksen taikka kuntoisuuden takia. Kokonaan uuden, cmr-polttotekniikkaan perustuvan kattilalaitoksen kustannus on samantasoinen kuin muillakin tekniikoilla.

Bioenergiaa käyttävien lämpökeskusten ja voimalaitosten investointikustannuksiin vaikuttavat monet seikat. Kustannuksista valtaosan määrittelee kattila ja siihen valittu polttotekniikka sekä koko laitoksen varustelun taso. Sen vuoksi yhtenäistä hintatasoa ei ole. Suuntaa antavana voidaan pitää Energia-Ekono Oy:n Biopolttoainneiden kilpailukyky -selvityksen tuloksia. Tulokset on esitetty alla olevassa kuvassa, joka on Sky:ssä päivitetty, eritehoisten puupolttainetta käyttävien lämpökeskusten ja yhteistuotantolaitosten investointikustannuksista. Hinnat on esitetty lämpötehoyksikköä kohden (mk/kW).

Investointikustannukset voivat vaihdella paikallisista syistä vähintäänkin useita prosentteja, minkä takia eri laitosten kustannusvertailu on hyvin vaikeaa. Enää ei juurikaan rakenneta ns. siirrettäviä standardinomaisia lämpökeskuksia, vaan varakattilalaitoksetkin toteutetaan pysyvinä rakennelmina paikallisten olosuhteiden edellyttämällä tavalla.

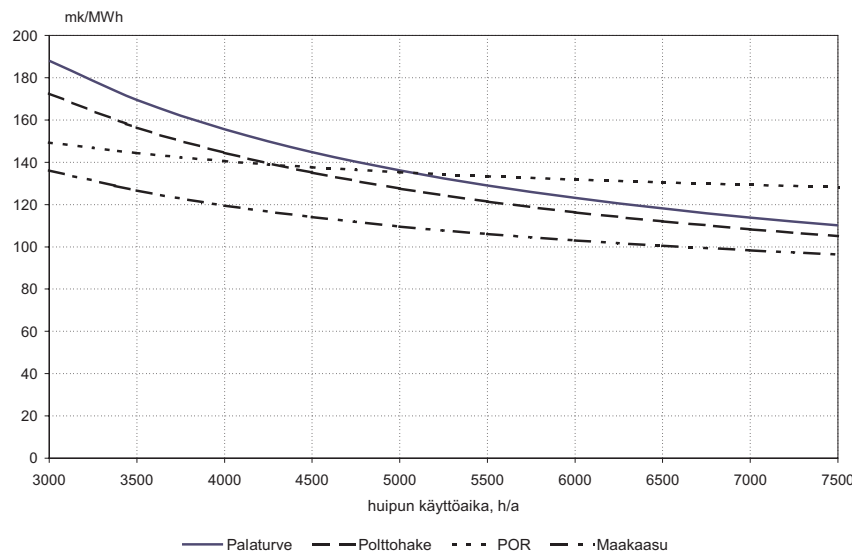
Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksilla ja voimalaitoksilla on korkeat pääomakustannukset. Pääomakustannusten peittämiseksi kattilan käytettävyyden eli vuotuisen suunnitellun käyttöajan tulee olla mahdollisimman pitkä.

Kuvassa 7 on esitetty eri tehoisten lämpökeskusten (LK) ja yhteistuotantolaitosten (CHP) investointikustannukset mk/kW eri vuosina. CHP-laitosten investointikustannukset ovat alentuneet selvästi vuoden 1986 vertailuhintatasosta. Lämpökeskusten osalla pienten kattiloiden (200 kW) yksikköhinnat ovat yhtä selvästi pudonneet lähes puoleen. Muiden kattiloiden hintavertailu on vaikeaa erilaisesta varustelusta johtuen.



Kuva 7 Eri kokoisten puuta käyttävien lämpökeskusten ja yhteistuotantolaitosten investointikustannuksia lämpötehoyksikköä (mk/kW) kohden vuosina 1986, 1994 ja 1998.

Kuvassa 8 on esitetty 5,0 MW:n lämpökeskuksen lämmöntuotannon kustannukset eri polttoaineilla huipun käyttöajan mukaan vuoden 1998 hintatasossa.



Kuva 8 Lämmöntuotantokustannukset eri polttoaineilla 5,0 MW:n kattilalla huipun käyttöajan mukaan. Polttoaineiden hintoina on käytetty raskaalle polttoöljylle 92 mk/MWh, maakaasulle 66 mk/MWh, palaturpeelle 42 mk/MWh ja hakkeelle 44 mk/MWh.

Käyttäjien ja valmistajien näkemyksiä puuta käyttävien lämpökeskusten kehittämistarpeista

Käyttäjien mielestä hyvin toimivalle puupolttoainetta käyttävälle lämpökeskukselle tulee asettaa ainakin seuraavia vaatimuksia:

- Kattila tulee voida sytyttää helposti ilman apupoltinta
- Polttoaineen syötön tulee olla häiriötöntä, jotta miehittämätön käyttö on mahdollista.
- Erillinen vesivaraaja on suositeltava polttojaksojen stabiloimiseksi.
- Polttoaineen syöttösiilo on alttiina syöpymiselle, sillä puun kuivatisloutuessa siitä haihtuu paitsi vesihöyryä myös etikkahappoa, tärpättiä, metanolia ja asetonia. Seinämien tulee olla joko keraamisia tai haponkestävää terästä. Siilon tilavuuden tulee riittää vähintään viikonlopun yli täydellä teholla.
- Tuhka tulee voida poistaa helposti. Tuhkapesän tulee olla toisaalta riittävän suuri, että sinne mahtuu ainakin viikon aikana keräytynyt tuhka kattilaa nimellisteholla käytettäessä.
- Polttoaineen syöttösiilon on kestettävä kuumenemistä myös siinä tapauksessa, että arinalle ei valu uutta polttoainetta ja palaminen tapahtuu syöttösuppilon alla.
- Kattilan rakenne tulee suunnitella siten, että polttoaineen kosteuden ja homogeenisuuden vaihtelut eivät vaikuta palamisprosessiin. Kattilan lämpötila pidetään melko vakiona välillä 950 – 1000 °C. Näin varmistetaan täydellinen palaminen ja vähennetään haitallisten noki-, CO-, NO_x- ja muiden yhdisteiden syntymistä ja joutumista ilmaan.
- Lämpökeskusten käyttö ja tekniset ratkaisut monipuolistuvat.
- Ylläpito ja huoltokustannukset ovat tärkeitä säästökohteita kuntien taloudessa.
- Tulevaisuudessa lämpökeskusten tuotekehitys tulee suuntautumaan lisääntyvästi moduulirakentamiseen. Se osaltaan vähentää huollon kustannuksia, kun osia voidaan vaihtaa ristiin.

Lämpökeskus- ja kattilavalmistajien lähtökohtana ovat asiakkaiden yksilölliset tarpeet. Sen seurauksena kattilat suunnitellaan yksilöidysti. Tästä huolimatta kattilavalmistajat ovat jo pitkään teettäneet tai tehneet osan kattilan komponenteista sarjatuotannon omaisesti. Valmistus on voitu automatisoida konepajalla ja osat ovat yhteensopivia moduuliperiaatteella.

Valmistajien mukaan on täysin mahdollista kehittää valmistusta vielä enemmän sarjatuotannon suuntaan. Mitoituksessa voidaan kuitenkin helposti menettää monia etuja. Biopolttoainetta käyttävä kattilalaitos on aina hyvin monen tekijän yhteistulos ja kompromissit eri tekijöiden suhteen voivat aiheuttaa huonon lopputuloksen varsinkin monipolttoainekäytössä.

Pisimmälle viedyt kattilalaitostoimitukset ovat olleet valmiiksi tehtaalla koottuja. Ne on purettu sopiviin kuljetusosiin paikan päälle vietäväksi ja uudelleen koottaviksi. Suurin säästö syntyy palkkakustannuksissa, kun päivärahalliset matkatyöt vähenevät. Asiakas on kuitenkin saanut täysin haluamansa laitoskokonaisuuden.

Polttoaineen laatuluokitus on eräs keskeinen standardointia edistävä asia. VTT Energia on laatinut kaupallisen laatuluokituksen puupolttoaineille niin kuin turpeellekin on tehty. Ne ovat käytössä, mutta kokemuksia ei vielä ole raportoitu.

Kunnat lämpöyritysten ja -liikelaitosten omistajina

Kaukolämpöalan rakenteisiin vaikuttaa monia muutosvoimia. Eräs tärkeimmistä on energiamarkkinoiden avautuminen kilpailulle. Sähkömarkkinoilla avautuminen on jo pitkällä ja kaasumarkkinoiden avautuminen on alkanut. Kehitys saattaa johtaa myös kaukolämpömarkkinoiden avautumiseen ensi vuosikymmenellä.

Energia-alalla on käynnissä merkittävä koko toimialaa koskettava periaatteellinen muutos. Energia-ala ei ole enää suojeltu monopoliala, joka turvaa yhteiskunnan energiahuollon. Sen sijaan yhä enemmän luotetaan markkinoiden ja normaalin liiketoiminnan kykyyn huolehtia tarvittavasta energian hankinnasta.

Liiketoiminnan avautuminen kilpailulle pakottaa energiayhtiöt tehostamaan toimintaansa. Esimerkiksi toimintojen eriyttäminen, yhtiöittäminen tai ulkoistaminen ovat jo tulleet tavanomaisiksi keinoiksi parantaa yrityksen taloutta. Samalla vähänkin isommat energia-alan yritykset ovat muuttumassa konsernien suuntaan. Yritysten johdolta edellytetään jatkossa aiempaa selvästi parempaa kykyä strategiseen johtamiseen, muutostilanteiden ripeään hallintaan sekä nykyaikaisten johtamistyökalujen käyttöön.

On ilmeistä, että lämpöyhtiöiden omistuspohja muuttuu merkittävästi lähivuosina. Kuntien omistamien kaukolämpöyritysten myynnit ja fuusiot tulevat lisääntymään ja vastaavasti omistajien määrä vähentyy selvästi. Kuntaomistajien osuus tulee pienenemään ja suurten kotimaisten tai ulkomaisten energiayhtiöiden, usein valtionyhtiöiden, osuus kasvamaan. Myös institutionaaliset sijoittajat kiinnostunevat energiamarkkinoilla avautuvista liiketoimintamahdollisuuksista.

Isojen yritysten alalle tulo muuttaa kaukolämpöalan rakennetta olennaisesti. Alan kehityksen kannalta toimijoiden määrän väheneminen ei sinällään ole huono asia vaan pikemminkin väistämätön muutos. Omistuksen liiallinen keskittyminen ei silti ole tehokkuussyistä toivottavaa.

Omistajarakenteen muutosten takana on kaukolämpöyhtiöiden perinteisten omistajien, kuntien, pyrkimys parantaa talouttaan tai vähentää liiketaloudellisia riskejään myymällä yhtiö tai ainakin osia siitä. Omistajien ja ostajien lisääntyvä tietoisuus ja kiinnostus kaukolämmössä olevien taloudellisten mahdollisuuksien hyödyntämiseen esim. hinnoittelun, tuloutuksen ja yrityskauppojen muodossa kasvaa.

Energia-alan siirtyessä monopolistisesta järjestelmästä normaalin liiketoiminnan pariin myös energia-alan yritysten omistajat ovat aktivoituneet. Sijoitetulle pääomalle odotetaan vähintään kohtuullista tuottoa sijoituskohteen turvallisuuden ohella. Jos tuottoa ei saada, tuottamattoman omistuksen myynti tulee ilman muuta harkittavaksi. Useiden energia-alalla tapahtuneiden yrityskauppojen perusteena on ollut yrityksen huono tuotto omistajilleen, vaikka samanaikaisesti liiketaloudellinen tulos on voinutkin olla hyvä. Myyntihalua on edistänyt usein myös kuntien huono rahatilanne.

Kaukolämpöyritysten tulee jatkossa kiinnittää selkeästi aiempaa enemmän huomiota omistajiinsa. Menestyvän yrityksen tunnusmerkkeihin kuuluu toimivan johdon kiinteä vuoropuhelu ja yhteistyö omistajien kanssa.

Pitkäjänteisen kaukolämpöliiketoiminnan harjoittamisen kannalta kunnallisten laitosten muuttaminen osakeyhtiöiksi on tarkoituksenmukaista. Osakeyhtiö on yritysmuoto, joka on perustettu nimen omaan liiketoiminnan harjoittamista varten. Erillisen yhtiön toiminnan arviointi ja seuraaminen on ratkaisevasti helpompaa kuin toimittaessa osana kunnan muodostamaa kokonaisuutta. Läpinäkyvyyden vaikutus toiminnan tehokkuuden paranemiseen on ilmeinen.

Osakeyhtiön päätöksentekojärjestelmä on yleensä kunnallista hallintoa olennaisesti yksinkertaisempi ja tarjoaa siten paremmat edellytykset nopealle ja tehokkaalle reagoinnille ympäristön muutoksiin. Osakeyhtiömuoto lämpöyhtiön hallintomallina tarjoaa myös kunnille hyvän mahdollisuuden keventää talouttaan, sillä osakeyhtiön puitteissa rahoitusrakenteen keventäminen on mahdollista vähentämällä oman pääoman osuutta ja vastaavasti lisäämällä vierasta pääomaa. Osakeyhtiöllä on selkeästi laitosmuotoa vapaammat toimintamuodot. Esimerkiksi rahoituksen hankkiminen on osakeyhtiön omissa käsissä.

Itsenäiset liiketoimintayksiköt sekä kevyt keskushallinto mahdollistavat kaukolämpöyrityksen organisoitumisen konsernimuotoon. Konsernirakenteen avulla voidaan seurata eri liiketoimintojen taloudellisuutta ja tehokkuutta. Konsernijohto vastaa konsernitason strategiasta ja resurssien hankkimisesta koko yhtiölle sekä valvonnasta. Konserniyhtiöt puolestaan vastaavat omista strategioistaan ja operatiivisesta toiminnastaan sekä raportoinnista konsernijohtolle.

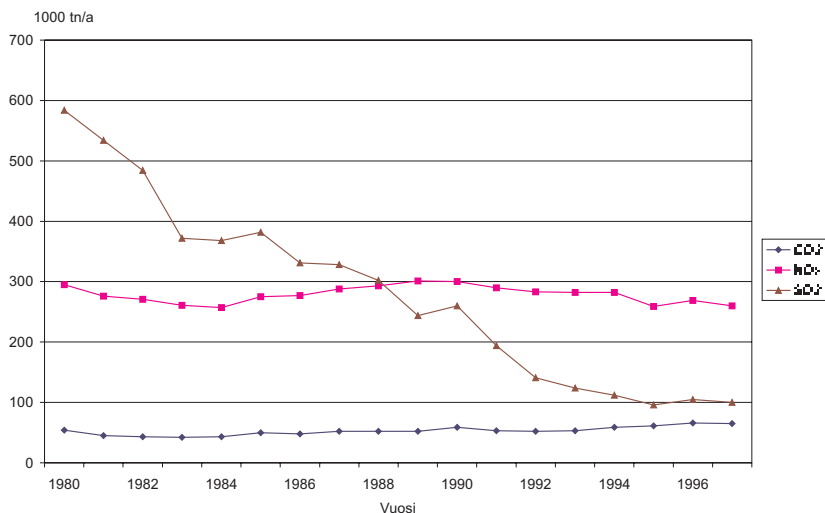
Osakeyhtiön omistajarakenteen monipuolistamisella on monia hyviä ominaisuuksia, joista voi mainita yhtiöön sitoutuneen pääoman vapautumisen, yhtiön käytössä olevien resurssien lisääntymisen, toiminta- ja rahoitusmahdollisuuksien paranemisen sekä monipuolisten rahoitusinstrumenttien kuten esim. etuosakkeiden ja pääomalainojen käyttömahdollisuuksien lisääntymisen.

Jos lämpöyhtiö ei tuota omistajalleen haluttua tuottoa ja/tai omistajalla ei ole yhtiön kehittämiseen tarvittavia resursseja, yhtiön myynti joko kokonaan tai osittain on omistajalle varsin houkutteleva ratkaisu. Myynnille on kuitenkin olemassa myös vaihtoehtoja eli vähemmistöosakkuuksien myynti tai ns. leasing-malli, jossa omistajuus yrityksessä säilyy. Leasing-mallissa yrityksen hoito luovutetaan taholle, jolla on kykyä ja resursseja hoitaa yhtiötä aiempaa paremmin. Leasing-vuokraaja saa voittonsa tehostamalla yhtiön operatiivista toimintaa esim. uusilla investoineilla tai tehostamalla useamman yhtiön välistä yhteistyötä.

Kuntaomistajan kannalta tärkeää on huomata, että kunnan pysyessä enemmistöosakkaana lämpöyhtiössä, kunnalla säilyy omistuksensa kautta päätösvalta monista merkittävistä aluettansa koskevista tekijöistä. Näistä tärkeimpiä ovat toimitusvarmuus, kriisivalmius-, tuloutus-, energian hinta- sekä maankäyttökysymykset. Käytännössä päätöksentekoa tietenkin rajoittavat yhtiölainsäädäntö sekä taloudelliset reunaehdot. Myös biopolttoaineiden käytön kannalta lämpöyrityksen omistus pohjalla on merkitystä.

Lämmön tuotannon polttoainevalintoja harkittaessa kuntaomisteinen yritys ottanee päätöksenteossaan huomioon suurella painoarvolla biopolttoaineiden käyttöön liittyvät suotuisat paikalliset vaikutukset työllisyyteen ja elinkeinoelämään.

10.1 Päästökehitys Suomessa



Kuva 9 Suomen rikkidioksidi-, typioksidin- ja hiilidioksidipäästöjen, kehitys (YM 1997). Kuvan käyrään sisältyvät puupolttoaineiden käytön hiilidioksidipäästöt (noin 20 milj. t/a).

Kuvasta nähdään selvästi, miten polttoainevalinnoilla sekä rikinpoistolaitteilla on saatu SO₂-päästöt putoamaan 20 vuodessa alle puoleen. Kaukolämmityksen ansiosta useilla paikkakunnilla ilmanlaatu on parantunut huomattavasti. Typen oksidien, NO_x, -päästöistä merkittävä määrä on peräisin liikenteestä. Suomen vanhan autokannan takia katalysaattoriteknikan kehitys ei ole vielä heijastunut liikenteen NO_x-päästöjen pienenemisenä. Energian tuotannossa NO_x-päästöjä on sen sijaan saatu vähennettyä pääosin polttotapahtumaa säätelemällä.

Hiilidioksidipäästöt ovat pysyneet lähes vakiona, koska hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää vain energiantuotantoa vähentämällä tai uusiutuvien energialähteiden osuutta lisäämällä. Uusiutuvien energialähteiden osuus kaikesta energiantuotannosta on kuitenkin vielä vaatimaton.

Biomassan (esimerkiksi puuhake) poltossa vapautuvaa hiilidioksidia ei laske nettopäästöiksi, koska Suomen oloissa biomassa sitoo hiilidioksidin nopeasti uudestaan kasvuun. Asia voidaan tarkastella myös niin, että puu lahotessaan metsässä kasvuvaiheen jälkeen tuottaa vastaavan määrän hiilidioksidia tai metaania kuin poltettaessa eli hiilidioksidin määrä ei lisääntynyt polton seurauksena.

Suomessa metsät ovat nieluja eli ne sitovat hiilidioksidia noin 30 miljoonaa tonnia vuodessa. Sen sijaan suopellot ovat hiilidioksidin lähteitä, jotka tuottavat noin viisi miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuodessa. Sekä luonnontilaiset että ojitetut suot ovat hiilidioksidin nieluja, mutta koska ne ovat myös metaanin lähteitä, niiden yhteenlaskettu kasvihuonetase vastaa noin yhtätoista miljoonaa tonnia hiilidioksidia.

Hiilidioksidi (CO₂) on ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin. Sitä syntyy kaikessa palamisessa – esimerkiksi polttoprosessia hyödyntävissä lämpökeskuksissa ja voimalaitoksissa, auton moottoreissa ja metsäpaloissa. Hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on noussut teollisen vallankumouksen jälkeen lähes kolmanneksella. Tärkeimpiä ihmisen tuottamia kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidin (CO₂) lisäksi metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O, ilokaasu).

Kasvihuoneilmiö on sinällään luonnollinen asia, ja se pitää maapallon lämpötilan elämälle suotuisana. Ihminen kuitenkin voimistaa kasvihuoneilmiötä päästämällä ilmakehään koko ajan lisää kasvihuonekaasuja, mikä lämmittää ilmastoa. Ilmiötä kutsutaan ilmastomuutokseksi.

YK:n alainen hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC on arvioinut, että kasvihuonekaasupitoisuuksien vakiinnuttaminen nykytasolle edellyttäisi päästöjen leikkaamista maailmanlaajuisesti yli 60 prosentilla.

Eniten päästöjä tuottavat nykyään vauraat teollisuusmaat. Suomen päästötaso on noin 12 tonnia hiilidioksidia vuodessa henkilöä kohti.

Päästöjä voidaan vähentää teollisuusmaissa mm. tehostamalla energiankäyttöä, siirtämällä energian tuotannon painopistettä fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin, vähentämällä liikennetarvetta korvaamalla auto- ja lentoliikennettä joukko- ja kevyellä liikenteellä, siirtymällä tehoamaaloudesta luonnonmukaiseen viljelyyn ja kompostoimalla maatuvat jätteet.

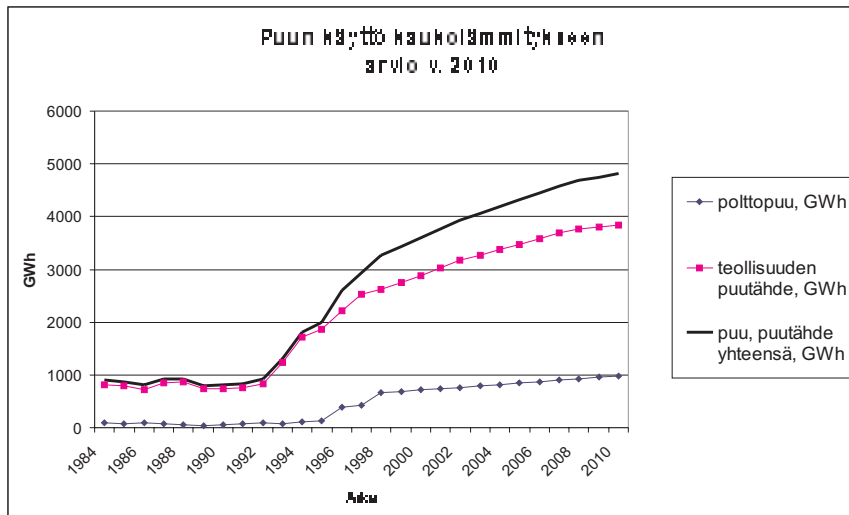
Lämmön ja sähkön yhteistuotanto on yksi parhaista keinoista säästää laajassa mitassa energiaa ja samalla vähentää ilmastokaasupäästöjä. Polttoainetta saadaan yhteistuotannossa säästettyä 30 - 35 % verrattuna siihen, että lämpö ja sähkö tuotettaisiin erillisissä tuotantolaitoksissa. Yhteistuotanto onkin otettu EU:ssa etusijalle esiteltäessä energiatehokkaita ratkaisuja energian tuotantoon. Mm. EU:n valkoisessa kirjassa on laajasti tuotu esille keinovalikoimaa uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisestä.

Kiotossa joulukuussa 1997 pidetyssä kansainvälisessä ilmastopopimusneuvottelussa päästiin sopimukseen pöytäkirjasta, jossa asetetaan kasvihuonekaasupäästöjen määrälliset vähentämisvelvoitteet teollisuus- ja siirtymätalousmaille. EU:n piirissä sovittiin kesäkuussa 1998 Kioton pöytäkirjan päästövähennystavoitteiden jakamisesta jäsenmaiden kesken. Suomen velvoitteeksi tuli palauttaa kuuden kasvihuonekaasun päästöt velvoitekaudella 2008 - 2012 vuoden 1990 tasolle.

Kioton sopimusta on kritisoitu mm. liian alhaisista tavoitteista ja monista sopimukseen sisällyvistä epäselvyyksistä. Sopimus ei riitä pysäyttämään päästöjen kasvua, vaan tavoitteita pitää jatkuvasti tiukentaa myöhemmissä kokouksissa samaan tapaan kuin otsonikerroksen suojelusopimuksen yhteydessä. Seuraava ilmastokokous pidetään Bonnissa, Saksassa vuoden 1999 syksyllä. Siellä keskeinen teema on Kiotossa solmitun sopimuksen käytännön toteutuksen tarkentaminen.

Kaukolämmityksen kannalta Kioton sopimuksen asettamat velvoitteet edistävät ennen kaikkea lämmön ja sähkön yhteistuotantoa sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Suomen osalta yhteistuotannon lisäämismahdollisuudet ovat kuitenkin rajallisia, koska yhteistuotantopotentiaali on jo pääosin hyödynnetty. Joka tapauksessa kaukolämpö ja lämmön ja sähkön yhteistuotanto ovat ympäristönäkökulmasta erittäin suotuisassa asemassa tulevina vuosina.

Kaukolämmitys ei yksin voi edistää kovinkaan merkittävästi Kioton tavoitteita, sillä huomattava osuus potentiaalisesta kaukolämpökuormasta on jo liitetty. Olemassa olevan lämpökuorman hyödyntäminen entistä enemmän yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa sen sijaan vähentää tehokkaasti CO₂-päästöjä. Säästöt saadaan aikaan polttoainevalinnoilla sekä sähköntuotannon rakennusasteen nostolla. Hiilidioksidipäästöjä voidaan tietenkin vähentää myös säästämällä energiaa. Sitä ei ole tässä yhteydessä erikseen arvioitu, vaan kaukolämmön kasvun perustuu 1 % vuotuisen kasvuun sisältäen energiansäästötoimenpiteet. Mikäli puu korvaa kivihiiltä ja osin turvetta, voidaan CO₂-päästöjen vähenemän arvioida olevan noin 0,6 milj. tonnia vuositasona vuonna 2010.



Kuva 10 Puupolttoaineiden käytön kehittyminen kaukolämmössä sekä siihen liittyvässä sähköntuotannossa vuoteen 2010. Laskelmissa on otettu huomioon tiedossa olevat hankkeet.

Liite 1 Polttoaineiden verotus lämmön tuotannossa

	Valmisteverot									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1.9.1998-
	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh
POK	2,0	2,1	2,1	8,4	12,2	18,0	18,0	29,0	32,7	37,9
POR	1,8	1,9	1,9	5,9	10,5	16,4	16,4	19,6	22,9	28,5
Kivihiili	2,3	2,4	2,4	4,7	9,5	16,4	16,4	23,8	28,0	34,7
Jyrsinturve	-5,7	-5,7	-5,7	-3,9	-3,8	3,5	3,5	4,2	4,9	9,0
Maakaasu	-6,2	-6,1	-6,1	-5,1	-0,7	5,6	5,6	7,1	8,3	10,3
	Huoltovarmuusmaksut									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1.9.1998-
	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh
POK	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1
POR	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6
Kivihiili	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0
Jyrsinturve	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maakaasu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5
	Öljysuojamaksut									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1.9.1998-
	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh
POK	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
POR	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Yhteensä									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1.9.1998-
	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh	mk/MWh
POK	4,49	4,59	4,59	10,89	14,69	20,49	20,49	31,29	34,99	40,19
POR	3,80	3,90	3,90	7,90	12,50	18,40	18,40	21,40	24,70	30,30
Kivihiili	3,60	3,70	3,70	6,00	10,80	17,70	17,70	24,80	29,00	35,70
Jyrsinturve	-5,70	-5,70	-5,70	-3,90	-3,80	3,50	3,50	4,20	4,90	9,00
Maakaasu	-6,20	-6,10	-6,10	-5,10	-0,70	5,60	5,60	7,60	8,80	10,80

Kuvailulehti

Julkaisija	Motiva
Julkaisuaika	Lokakuu 1999
Tekijä	Matti Nuutila, Suomen Kaukolämpö Sky ry
Julkaisun nimi	Biopolttoaineiden käyttö kaukolämmityksessä
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	---
Tiivistelmä	<p>Suomen Kaukolämpö Sky ry:n selvityksen tavoitteena on esittää biopolttoaineiden käytön nykytilanne kaukolämmityksessä Suomessa. Samalla valotetaan biopolttoaineiden käytön lisäämistavoitteisiin liittyviä mahdollisuuksia ja haasteita erityisesti alan omasta, lämmön tuottajan ja myyjän näkökulmasta.</p> <p>Puupolttoaineiden käyttö kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotannossa nelinkertaistui 1990-luvulla ja niiden osuus oli n. 7 % v. 1998. Puu on tullut hinnaltaan kilpailukyiseksi ja myös kohtuullisen hyvin saatavaksi polttoaineeksi. Erityisesti suuriin voimalakattiloihin tehdyt muutokset ovat tehneet merkittävät hakkeen käytön lisäykset mahdollisiksi. Myös pienten lämpöyhtiöiden teknologiset ja liiketaloudelliset toimintaedellytykset sekä mahdollisuudet paikallisen polttoaineen käyttöön ovat parantuneet. Lämpöyrittäjyden lisääntyminen ja energiaosuuskuntien perustaminen ovat lisänneet puun polttoainekäytön mahdollisuuksia.</p>
Asiasanat	biopolttoaineet, kaukolämmitys, yhteistuotantosähkö, voimalaitoskattilat, lämpöyrittäjyys
Julkaisusarjan nimi	Motivan julkaisuja 6 / 1999
Julkaisun teema	biopolttoaineet kaukolämmityksessä
Projektihankkeen nimi	–
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Motiva
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	–
ISSN	1456-4483
ISBN	952-5304-05-3
Sivuja	34
Kieli	Suomi
Painosmäärä	1000
Julkaisun jakaja	Motiva
Painopaikka ja -aika	Monila Oy, Helsinki, 10-1999
Muut tiedot	Yhteyshenkilö Motivassa Juha Rautanen. Raportti julkaistaan myös pdf-formaatissa Motivan www-palvelussa, http://www.motiva.fi .

Presentationsblad

Utgivare	Motiva
Datum	Oktober 1999
Författare	Matti Nuutila, Finska Fjärrvärmeföreningen rf.
Publikationens titel	Användningen av biobränslen för fjärrvärme
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	---
Sammandrag	<p>Syftet med Finska Fjärrvärmeföreningen rf:s utredning är att visa i vilken utsträckning biobränslen används i fjärrvärmeproduktionen i Finland. Samtidigt belyses möjligheter och utmaningar i anslutning till målet att öka användningen, varvid speciellt branschens, d.v.s. värmeproducenternas och säljarnas, synvinkel beaktas.</p> <p>Användningen av träbaserade bränslen för fjärrvärme och samproduktionsel fyrdubblades under 1990-talet och utgjorde år 1998 ca 7 %. Ved har blivit ett prismässigt konkurrenskraftigt bränsle och tillgången är dessutom relativt god. Ombyggnader av i synnerhet stora kraftverkspannor har gjort det möjligt att i avsevärd grad öka bruket av flis. Också de små värmebolagens teknologiska och företagsekonomiska verksamhetsförutsättningar samt möjligheter att utnyttja lokalt bränsle har förbättrats. De många nya värmeentreprenörerna och energiandelslagen har medfört ökade möjligheter att utnyttja ved som bränsle.</p>
Nyckelord	biobränslen, fjärrvärme, samproduktionsel, kraftverkspannor, värmeentreprenörskap
Publikationsserie	Motivas Publikationer 6 / 1999
Publikationens tema	Användningen av biobränslen för fjärrvärme
Finansiär/ uppdragsgivare	Motiva
Organisationer i projektgruppen	–
ISSN	1456-4483
ISBN	952-5304-05-3
Sidantal	34
Språk	Finska
Upplagans storlek	1000
Förläggare	Motiva
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Monila Oy, Helsinki, 10-1999
Övriga uppgifter	Kontaktperson vid Motiva Juha Rautanen. Rapporten publiceras också i pdf-format i Motivas www-service, http://www.motiva.fi .

Documentation page

Publisher	Motiva
Publishing date	October 1999
Author	Matti Nuutila, Finnish District Heating Association
Title of publication	Use of biofuels in district heating
Parts of publication/ other project publications	---
Abstract	<p>The aim of this study by the Finnish District Heating Association is to describe the current use of biofuels for district heating in Finland. The study also throws light on the opportunities and challenges posed by the objectives for increasing the use of biofuels, particularly from the point of view of the industry itself and that of those who generate and sell the heat produced.</p> <p>The use of wood fuels in district heating and cogenerated electricity production increased fourfold during the 1990s and accounted for seven per cent of total energy production in this sector in 1998. Wood has become a competitively priced and fairly readily available fuel. Modifications made to large power plant boilers in particular have enabled significant increases in the use of wood chips. The technical and commercial operating conditions for small heat producers and their opportunities for using local fuel have also improved. Growth in private enterprise in the heating sector and the establishment of energy cooperatives have made more opportunities available for using wood as a fuel.</p>
Keywords	biofuels, district heating, cogenerated electricity, power plant boilers, private enterprise in the heating sector
Publication series	Motiva´s Publications 6 / 1999
Theme of publication	Use of biofuels in district heating
Financier/ commissioner	Motiva
Project organisation	–
ISSN	1456-4483
ISBN	952-5304-05-3
No. of pages	34
Language	Finnish
Circulation	1000
Distributor	Motiva
Printing place and year	Monila Oy, Helsinki, 10-1999
Other information	Contact at Motiva Juha Rautanen. The report will also be published in pdf-format in Motiva´s www-service, http://www.motiva.fi .