



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Johanna Hanhila

ALLE 5 MW:N LÄMPÖKATTILAT K8-KUNTIEN ALUEELLA

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelmassa. Opinnäytetyön ohjaajana koulun puolesta toimi lehtori Riitta Niemelä. Opinnäytetyön selvityksen toimeksiantajana K8-kuntien alueen alle 5 MW:n tehoisista lämpökattiloista oli Thermopolis Oy:n Seinäjoen seudun ilmastostrategia- hanke. Thermopolikselta opinnäytetyön yhteyshenkilönä toimi Lea Hämäläinen.

Opinnäytetyöni taustalla oli myös ohjausryhmä, jonka jäseniä olivat Seinäjoen seudun ilmastostrategian projektipäällikkö Mika Yli-Petäys, Seinäjoen ympäristöpäällikkö Pirjo Korhonen ja Lapuan ympäristöinsinööri Mirva Korpi. Alueellisten päästöjen laskentaan minut ohjasi Seinäjoen seudun ilmastostrategian projektityöntekijä Niina Huovari. Haluan kiittää heitä kaikkia kärsivällisyydestä ja kommenteista.

Kiitän myös Seinäjoen seudun ilmastostrategian projektiryhmän jäseniä, joita en vielä ole maininnut. Heitä ovat Kurikan ympäristösihteeri Miia Salonen, Jalasjärven ympäristösihteeri Jutta Lillberg-Puskala, Ilmajoen ympäristöinsinööri Sari Paananen, Kauhavan ympäristösihteeri Kari Hongisto sekä Alavuden ja Kuortaneen ympäristöpäällikkö Jukka Kotola. Kiitän myös kuntien rakennus- ja maatalousviranomaisia sekä paloviranomaisia toimivasta yhteistyöstä selvityksen lähtöaineiston aikaansaamiseksi. Kiitos myös työkavereilleni Paulille, Merjalle sekä Minnalle kannustuksesta. Myös ystäväni Heli, Tiina ja Päivi ovat kuunnelleet ja tukeneet minua päämääräni saavuttamisessa. Iso kiitos myös heille. Osoitan kiitokseni myös perheelleni ja appivanhemmilleni. He ovat tehneet tämän opinnäytetyön tekemisen mahdolliseksi. Pitkän listan loppuksi, viimeisenä, mutta ei suinkaan vähäisimpänä, kiitän avopuolisoani Heikkiä suuresta tuesta takapakkien ylittämässä ja kannustuksesta opinnäytetyön kaikissa vaiheissa.

Ylistarossa 8.2.2012

Johanna Hanhila

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Johanna Hanhila
Opinnäytetyön nimi	Alle 5 MW lämpökattilat K8-kuntien alueella
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	82
Ohjaaja	Riitta Niemelä

Tämä opinnäytetyö on tehty Etelä-Pohjanmaalla Seinäjoen seudun K8-kunnissa (Alavus, Ilmajoki, Jalasjärvi, Kauhava, Kuortane, Kurikka, Lapua ja Seinäjoki) sijaitsevista 500 kW - 5 MW lämpökattiloista ja niiden kasvihuonekaasupäästöistä. Tarve työn toteutukselle huomattiin Seinäjoen seudun ilmastostrategian esiselvitysvaiheessa kuntakierroksilla. Tämän kokoluokan lämpökattiloita on K8-kuntien alueella paljon ja näille kattiloille haluttiin luoda oma tietokantansa. Tätä lähdettiin toteuttamaan jo vuonna 2007, mutta tällöin tehtävän toteutus koettiin kunnissa hankalaksi.

Opinnäytetyössä on käsitelty muun muassa ilmastopolitiikkaa, poltettavien materiaalien ominaisuuksia sekä niiden polttoon sopivia tekniikoita. Opinnäytetyössä on käsitelty myös päästöjen vähentämisen tekniikoita. Kattila-aineiston lähtötietoina käytettiin kuntien rakennus-, maatalous- ja paloviranomaisten tietoja. Heiltä saatiin tietoa siitä, kenellä mahdollisesti voisi olla käytössä tämän teholuokan lämpökattiloita sekä kattiloiden omistajien yhteystiedot. Arvioitiin, että kattavimmin tietoja saataisiin kerättyä puhelimitse, sillä kattiloiden omistajien sähköpostiosoitteita ei ollut saatavilla ja kyselylomakkeisiin on helppoa jättää vastausmatta.

Selvityksessä kävi ilmi, että eniten K8-kuntien kattiloissa käytetään polttoaineena turvetta eri muodoissa. Selvityksestä kävi ilmi myös, että fossiilisia polttoaineita käytetään yhä edelleen paljon polttoaineena. Fossiilisten polttoaineiden ja turvekattiloiden vaihtaminen uusiutuvien polttoaineiden kattiloihin saisi aikaan suuret päästövähennykset.

Energian käyttö tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä. Mitä enemmän energiaa käytetään, sitä enemmän tulee päästöjä. Polttoprosessin puhtautta pystytään parantamaan muun muassa syklonitekniikan ja avulla. Päästöjä voitaisiin vähentää esimerkiksi siirtymällä fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käyttämisestä uusiutuvien energianlähteiden käyttämiseen.

Avainsanat	kasvihuonekaasupäästöt, fossiilinen polttoaine, uusiutuva energianlähde
------------	---

ABSTRACT

Author	Johanna Hanhila
Title	Under 5MW Heating Boilers in the K8-municipal Area
Year	2012
Language	Finnish
Pages	82
Name of Supervisor	Riitta Niemelä

This thesis deals with emissions and fuels of heating boilers with a nominal power between 500 kW - 5 MW. The boilers are located within the K8 municipalities of South-Ostrobothnia. The need for this particular study arose from the preliminary studies relating to another project “the Climate project of the K8 municipalities”. It was noticed that there are many 500 kW - 5 MW heating boilers within the area of K8-municipalities and there was a desire to create a database of those boilers. The Database compilation was started in the year 2007 by municipalities but the task turned out to be too laborious.

The thesis starts by dealing with the general concepts of climate politics after which the following topics are discussed: fuel qualities, the techniques of fuel combustion, and the techniques to decrease emissions. The initial data was collected from municipality building, agriculture and fire authorities. Based on the initial data each boiler owner was contacted to verify and deepen the initial data. It was decided that easiest way to contact the owners was to call everyone, as there were no email addresses available, and it is easy not to respond requests on paper.

When the data was collected, it was noticed, that peat and fossil fuels are most used in boilers within K8-municipalities. Changing from fossil fuels and peat to renewable energy, would decrease carbon dioxide emissions.

The use of energy generally causes greenhouse gas emissions. The more energy is used, the more emissions there will be. In addition, the cleanliness of the burning process could be elevated for example by using cyclone technique or heat exchangers. The emissions from energy use can be decreased by using renewable resources instead of fossil fuels and peat.

Keywords greenhouse gas emissions, fossil fuel, renewable resource

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
	1.1 Toimeksiantaja	8
	1.2 Työn tarkoitus	8
2	ILMASTOSOPIMUKSET	10
	2.1 YK:n Ympäristö- ja Kehityskonferenssi ja Kioton pöytäkirja	10
	2.2 Euroopan yhteisön ilmastopolitiikka	12
	2.3 Kansallinen ilmastostrategia	14
	2.4 Seinäjoen seudun ilmastostrategia	16
3	YLEISIMMÄT POLTTOAINEET JA NIIDEN POLTTOON SOVELTUVIA TEKNIIKOITA	19
	3.1 Uusiutuvat energianlähteet.....	20
	3.1.1 Puu	21
	3.1.2 Viljakasvit ja olki	27
	3.1.3 Biokaasu	30
	3.2 Uusiutumattomat energianlähteet	31
	3.2.1 Öljy.....	31
	3.2.2 Kivihiili	33
	3.2.3 Kaasut.....	33
	3.3 Hitaasti uusiutuvat energianlähteet	35
	3.3.1 Turve	35
4	PÄÄSTÖT	39
	4.1 Savukaasut	39
	4.2 Hiukkaset	39
	4.3 Kasvihuonekaasut	39
	4.3.1 Hiilidioksidi	40
	4.3.2 Metaani.....	41
	4.3.3 Dityppioksidi.....	42
	4.3.4 Hiilivedyt	42

	5
4.4 Epäsuorasti vaikuttavat kasvihuonekaasut.....	43
4.4.1 Hiilimonoksidi eli häkä.....	43
4.4.2 Typen oksidit (NO _x).....	43
4.4.3 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.....	44
4.4.4 Rikkidioksidi.....	44
4.4.5 Rikkiheksafluoridi.....	44
5 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISESSÄ	
KÄYTETTÄVIÄ TEKNIIKOITA	45
5.1 Hiilidioksidin talteenottotekniikat	45
5.2 Lämmönvaihtimet.....	46
5.2.1 Palamisilman esilämmitin.....	46
5.2.2 Syöttöveden esilämmitin.....	46
5.3 Savukaasujen puhdistus	47
5.4 Nuohous	47
5.5 Energiantuotantomuotojen vaihto.....	48
6 TUTKIMUSMENETELMÄT	49
6.1 Selvityksen eteneminen	49
6.2 KASVENER-laskentamalli.....	51
7 POLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ K8-KUNTIEN ALUEELLA	53
7.1 Polttoaineiden käytön jakautuminen kuntien alueella	53
7.2 Hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon vertaaminen	61
8 POLTTOAINEIDEN PÄÄSTÖT.....	64
8.1 Hyötysuhde	64
8.2 K8- kuntien päästöt.....	65
9 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN	
VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET K8-KUNTIEN ALUEELLA	68
10 TULOSTEN LUOTETTAVUUS.....	69
11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	71
11.1 Johtopäätökset.....	71
11.2 Pohdinta	72
LÄHTEET.....	76

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Polttoaineiden ominaisuuksia.....	20
Taulukko 2. Mittayksiköiden välillä käytettäviä keskimääräisiä muuntokertoimia.	22
Taulukko 3. Kasvihuonekaasujen elinikä ja GWP-arvot (Global Warming Potential, ilmastonmuutospotentiaali).....	40
Taulukko 4. Hajautetun energiantuotannon ja keskitetyn energiantuotannon vertaaminen K8-kunnissa.....	62
Taulukko 5. Lämmitysjärjestelmien tavanomaiset hyötysuhteet.....	64
Taulukko 6. Hiilidioksidipäästöt selvityksen kunnissa.	65
Taulukko 7. Hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt selvityksen kuntien alueella.	65
Taulukko 8. Hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen vertailu selvityksen ja kaukolämpölaitosten toimintakertomusten mukaan.....	66
Taulukko 9. Mahdolliset päästövähennyskohteet.	68

KUVALUETTELO

Kuva 1. Haketta polttoainevarastossa.....	24
Kuva 2. Puupellettiä.	26
Kuva 3. Käyttämättömiä ruokohelpipaaleja.	29
Kuva 4. Turvepellettiä A4-kokoisella paperilla.	36
Kuva 5. Palaturvetta varastossa.	37
Kuva 6. Alavudella käytetyt polttoaineet.	53
Kuva 7. Ilmajoella käytetyt polttoaineet.	54
Kuva 8. Jalasjärvellä käytetyt polttoaineet.	55
Kuva 9. Kuortaneella käytetyt polttoaineet.	56
Kuva 10. Kurikassa käytetyt polttoaineet.....	57
Kuva 11. Lapualla käytetyt polttoaineet 500 kW – 5 MW tehoisissa lämpökattiloissa.	58
Kuva 12. Lapualla käytetyt polttoaineet 100 kW – 500 kW tehoisissa lämpökattiloissa.	59
Kuva 13. Seinäjoella käytetyt polttoaineet.....	60
Kuva 14. Selvityksen kaikkien kuntien polttoaineet.	61

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksiantaja

Tämä opinnäytetyö liittyy Seinäjoen seudun ilmastostrategia -hankkeen tarpeeseen selvittää pienten lämpölaitosten energiankäyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjen määriä. Työn selvitys on tehty Thermopolis Oy:lle, jonka tehtävänä on huolehtia ilmastostrategian energiantuotantoon liittyvistä asioista. Thermopolis Oy on vuonna 2006 perustettu voittoa tavoittelematon yleishyödyllinen yhtiö, jonka tavoitteena on edistää uusiutuvan energian käyttöä ja energiatehokkuutta Etelä-Pohjanmaalla. Yrityksen omistavat 13 osakasta, jotka koostuvat alueen kunnista ja energia-alalla toimivista yrityksistä. Thermopolis on yksi Euroopan Unionin virallisista energiatoimistoista yhdessä noin 400 muun eurooppalaisen toimiston kanssa. Thermopolis Oy toteuttaa erilaisia energia-alan kehittämishankkeita niin tavallisille kuluttajille kuin yrityksille ja yhdistyksillekin. Thermopoliksessa työskentelee vuoden 2012 alussa seitsemän työntekijää. (Thermopolis Oy 2011c.)

Seinäjoen seudun ilmastostrategia liittyy Suomen kansalliseen ilmastostrategiaan, ja sen velvoitteisiin. K8-kuntien seudullisessa ilmastostrategiassa yhtenä tavoitteena on vähentää kuntien kasvihuonekaasupäästöjä. (Lundgren L., Huovari, N. 2010b, 193-194.)

1.2 Työn tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys, jossa kartoitetaan kaikki K8-alueen 100 kW – 5 MW suuruiset lämpökattilat ja kaikki yleisimmät polttoaineet. Tarkoituksena oli myös selvittää kuinka paljon polttoaineita poltetaan K8-alueella polttoaineteholtaan 100 kW – 5 MW suuruissa lämpökattiloissa. Selvityksen kohteena olivat myös kattiloiden päästömäärät vuosittain. Päästöillä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöjä.

100 kW – 5 MW tehoisten lämpökattiloiden kartoitus huomattiin tärkeäksi K8-kuntien seudullisen ilmastostrategian esiselvitysvaiheessa. Tällöin kävi ilmi, että alle 5 MW tehoisia lämpökattiloita on varsin paljon K8-kuntien alueella. Kattiloita oli kuitenkin niin paljon, että yhteydenottoihin olisi kulunut liian paljon aikaa.

Päätettiin selvittää alueen kaikki 500 kW – 5 MW kattilat. Opinnäytetyön selvityksessä hankittiin tiedot 500 kW – 5 MW tehoisista lämpökattiloista K8-kuntien alueella ja oltiin yhteydessä niiden omistajiin. Saatujen tietojen perusteella pystyttiin laskemaan tuotettu energiamäärä, polttoainejakaumat sekä päästöt kunnittain.

Alle 5 MW tehoiset lämpökattilat eivät ole valtionhallinnon tietojärjestelmässä eli VAHTI-järjestelmässä, sillä niillä ei ole ympäristölupaa (YSA 41 §:n 1 mom. kohta 7). K8-kuntien alueella on kuitenkin muutamia alle 5 MW tehoisia kattiloita, joilla on ympäristölupa. K8-kuntien VAHTI-järjestelmään kuulumattomien kattiloiden päästöjä ei ole aikaisemmin laskettu KASVENER-laskentamallilla. Selvityksessä laskettiin pienten lämpökattiloiden hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt KASVENER-laskentamallin avulla. Ympäristöluvallisia kattiloita ei otettu mukaan selvitykseen, sillä niiden päästöjä lasketaan vuosittain ja ilmoitetaan vuosikatsauksissa.

1.6.2010 tuli voimaan rekisteröintimenettely ympäristöhaittoja aiheuttavien toimintojen osalta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ne lämpölaitokset tai kattilat, jotka aiemmin olisivat tarvinneet ympäristöluvan, rekisteröidään. Rekisteröitäville kohteille tai toiminnoille ei haeta ympäristölupaa. Rekisteröinnissä ei anneta määräyksiä tai tehdä hallinnollisia päätöksiä.

Yli 5 MW tehoiset lämpölaitokset ja poikkeustapauksissa pienemmätkin lämpölaitokset kuuluvat rekisteröinnin piiriin. Vasta yli 50 MW tehoiset laitokset tarvitsevat ympäristöluvan. Viranomaiset kuitenkin harkitsevat, tarvitseeko kyseessä oleva lämpölaitos ympäristöluvan. Tässä opinnäytetyössä yli 5 MW tehoiset lämpölaitokset on mainittu keskitetyn energiantuotannon kattiloina ja ympäristöluvallisina kattiloina aikaisemman lainsäädännön mukaisesti. Ennen vuoden 2010 kesäkuuta rakennetuilla lämpölaitoksilla ja kattiloilla on ympäristölupa. Näiden energiantuotantolaitosten täytyy rekisteröidä toimintansa vuoteen 2018 mennessä. Kaikki rekisteröinnin tarvitsevat lämpölaitokset raportoivat vuosittain kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle VAHTI-järjestelmän lomakkeilla. (Ympäristöministeriö 2011e.)

2 ILMASTOSOPIMUKSET

2.1 YK:n Ympäristö- ja Kehityskonferenssi ja Kioton pöytäkirja

Kansainvälinen ilmastopaneeli (IPCC) julkaisi vuonna 1990 arvion ihmisen toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöistä ja ilmastonmuutoksesta. Se johti siihen, että Yhdistyneet kansakunnat (YK) perusti hallitusten välisen neuvottelukomitean valmistelemaan ilmastomuutosta koskevaa puitesopimusta. Se hyväksyttiin New Yorkissa 9.5.1992. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 24.)

Vuonna 1992 pidettiin Rio De Janeirossa YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi (UNCED), jossa solmittiin ilmastomuutosta koskeva puitesopimus eli ilmastopopimus (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), joka avattiin allekirjoitettavaksi. Tämä ilmastopopimus tuli kansainvälisesti voimaan 21.3.1994. Sen ratifioi eli vahvisti 24.5.2010 mennessä 194 maata. Suomi ratifioi sopimuksen 1.8.1994. (Ympäristöministeriö 2010b.)

Ilmastopopimuksen tavoitteena on ehkäistä ja vakiinnuttaa ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksia tasolle, jossa ihmisen toiminta ei vaikuta häiritsevästi ilmakehään. Kaikkien sopimuksen ratifioineiden maiden tulee ilmastopopimuksen velvoitteiden mukaan selvittää päästöjensä määrä. Maiden tulee myös suojella hiilinieluja ja -varastoja ja toteuttaa ilmastohavainnointia ja -tutkimuksia. Päästölaskennassa teollisuusmailla on kehitysmaita vaativammat vaatimukset ja aikataulut. (Ympäristöministeriö 2010b.)

Yksi sopimuksen tärkeimmistä tavoitteista on se, että päästöt palautuisivat vuoden 1990 tasolle. Tässä otetaan huomioon maiden erityispiirteet ja päästöjen rajoittamisen mahdollisuudet. Kansallisista ohjelmista ja toimista päästöjen rajoittamisen suhteen tulee raportoida määräajoin ilmastopopimuksen sihteeristölle (UNFCCC Secretariat).

Vuonna 1995 ilmastopopimuksen ensimmäinen osapuolikokous aloitti pöytäkirjan laatimisen, jossa määritellään täsmälliset vähennystavoitteet. Kasvihuonekaasujen vähentämistä koskeva Kioton pöytäkirja (Kyoto Protocol to the United Nations

Framework Convention on Climate Change) hyväksyttiin vuonna 1997 pidetyssä kolmannessa osapuolikokouksessa. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 25.)

Kioton pöytäkirja on ilmastopöytäkirjasta täsmentävä pöytäkirja, joka tuli voimaan 16.2.2005. Sen ratifioi 17.2.2007 mennessä 176 maata. Suomi ratifioi sen vuonna 2002 samanaikaisesti kuin muutkin EU-maat ja Euroopan yhteisö. (Ympäristöministeriö 2011b).

Kioton pöytäkirja on määritellyt teollisuusmaiden päästökaton hiilidioksidiekvivalenttitonneina ensimmäiselle sitomuskaudelle eli vuosille 2008 - 2012 (VNP 1/2001 vp). Kioton pöytäkirjan B-liitteestä löytyvät nämä teollisuusmaat, jotka on veloitettu vähentämään päästöjä. Kehitysmailla ei veloiteta päästövähennyksiä. (Ympäristöministeriö 2011b.)

Pöytäkirjalla veloitetaan kehittyneempiä maita eli teollisuusmaita vähentämään kasvihuonekaasuja 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2012 mennessä. Näitä kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O), fluorihilivedyt (HFC), perfluorihilivedyt (PFC) ja rikkiheksafluoridi (SF₆). 5,2 prosentin vähennystavoitetta ei saavuteta vuoteen 2012 mennessä, sillä Yhdysvallat jättäytyi tavoitteen ulkopuolelle. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 25.)

Yhdysvaltain energiainministeriön mukaan ilmastoa lämmittävät kasvihuonekaasupäästöt ovat nousseet korkeammiksi kuin ilmastopaneeli IPCC:n pahimman tapauksen skenaariossa. Yhdysvaltain energiainministeriön mukaan vuonna 2010 hiilidioksidipäästöt kasvoivat yli 500 miljoonalla tonnilla. Enemmän kuin puolet kasvusta johtui Yhdysvaltojen ja Kiinan päästöistä. Kioton ilmastopöytäkirjaan liittyneet maat ovat kuitenkin onnistuneet laskemaan päästöjään 8 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2011 mennessä. (CO₂-raportti 2011a.)

Kioton sopimusta ollaan jatkamassa vuodesta 2013 lähtien toiselle sopimuskaudelle. Toisen sopimuskauden pituutta ei ole vielä päätetty. Tavoitteena tässä ilmastoprosessissa on laaja kansainvälisesti sitova sopimus kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Kioton sopimuksen merkitys on kuitenkin heikentynyt. Ensimmäi-

sellä sopimuskaudella oli sopimuksen piirissä olleiden maiden päästöjen määrä noin 55 prosenttia maailman kaikista kasvihuonekaasuista. Toisella sopimuskaudella on mukana EU-maat sekä 9 – 11 muuta valtiota, joiden kasvihuonekaasut maailman kaikista kasvihuonekaasupäästöistä ovat vain 15 prosenttia. (Härmälä 2011.)

YK:n Durbanissa järjestetyn ilmastopimuksen 17. osapuolikokouksen lopputulosta pidetään jopa suurimpana saavutuksena ilmastokokousten historiassa sitten Kioton pöytäkirjan. Kokouksen tärkeimpiä saavutuksia olivat globaalin ja kattavan ilmastopimuksen suunnitelmista sopiminen sekä Kioton pöytäkirjan velvoitteiden jatkamisesta ja sääntöjen uudistamisesta sopiminen. Kokouksessa myös määriteltiin sääntöjä päästöjä vähentävien toimien seurantaan, raportointiin ja todentamiseen. Kokouksessa määriteltiin myös uudenlainen markkinamekanismi päästövähennystoimiin ja sovittiin ilmastorahoituksen hallinnosta ja menettelyistä. (Ympäristöministeriö 2011a.)

Durbanin ilmastokokouksessa joulukuussa 2011 Suomen metsät, jotka sitovat 40 – 50 miljoonaa tonnia hiiltä vuoden aikana, muuttuivat 2,5 – 3,5 miljoonan tonnin vuosittaiseksi päästölähteeksi. Ilmastokokouksessa ei otettu huomioon Suomen metsien kasvua ja siten lisääntyvää hiilidioksidin sitoutumista metsiin vuoden aikana. Mikäli tätä epäkohtaa ei saada muokattua EU:n sisäisissä neuvotteluissa, Suomi joutuu vähentämään päästöjään enemmän kuin muut EU-maat. EU:ssa pohditaan pitäisikö 20 prosentin päästövähennyspyrkimykset vuoteen 2020 mennessä nostaa 30 prosenttiin. Kataisen hallitusohjelmassa on määrä selvittää mahdollisen uuden tavoitetason nostamisen vaikutukset. Mikäli metsien hiilinielupäästöistä ei korjata, Suomen on alettava toteuttaa mahdollista 30 prosentin tavoitetta jo vuonna 2013. Muutoin tavoitteeseen pääseminen voi epäonnistua. (Härmälä 2011.)

2.2 Euroopan yhteisön ilmastopolitiikka

Sekä Euroopan unionin jäsenvaltiot että Euroopan yhteisö ovat ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan osapuolia. EY on sitoutunut vähentämään 8 prosenttia päästöistä yhteisesti yhteisönä. Vastuuta on jaettu EU:n jäsenvaltioiden kesken.

Esimerkiksi tutkimus-, energia-, jäte- ja liikennesektoreilla on ryhdytty jo 1990-luvulla päästöjä vähentäviin yhteisön laajuisiin politiikkatoimiin.

8 prosentin päästövähennystavoitteeseen pääsemiseen tarvitaan yhteisössä suunnitteen 300 miljoonan hiilidioksiditonin päästövähennystä. Suurimmat mahdollisuudet päästöjen vähentämiseksi ovat energian säästämiseksi, uusiutuvien energiamuotojen käytön edistämiseksi sekä jätehuollossa. Myös vähentämällä fluorattujen kaasujen käyttöä, muuttamalla verotuksen rakennetta, laajentamalla lämmön ja sähkön yhteistuotantoa ja tekemällä sopimuksia autoteollisuuden kanssa ajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen pienentämisestä, voidaan vähentää päästöjä. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 34-35.)

Euroopan komissio käynnisti Euroopan ilmastonmuutosohjelman (European Climate Change Programme, ECCP) vuonna 2000. Sen tarkoituksena on auttaa Euroopan Unionin valtioita pääsemään Kioton pöytäkirjan asettamiin tavoitteisiin. Ohjelmassa on myös etsitty kustannustehokkaita toimia päästöjen vähentämiseksi. Euroopan ilmastonmuutosohjelman toimesta alkoi EU:n päästökauppa vuonna 2005. EU on asettanut tavoitteeksi lämpötilan nousun rajoittamisen kahteen celsiusasteeseen teollisuuden alkuaikoihin nähden. Tavoitteiden mukaan päästöjen tulisi kääntyä laskuun seuraavien 10 - 15 vuoden aikana. (Ympäristöministeriö 2010a.)

Euroopan ilmastonmuutosohjelma keskittyi aluksi energia-, teollisuus- ja liikennesektoreihin, mutta sitä ollaan laajentamassa myös maatalouteen, nieluhiin, jätteisiin, teknologian siirtoon ja tutkimuksiin. Monissa EU-valtioissa ilmasto-ohjelmien laadinta on jo melko pitkällä, jotkin maat ovat saaneet sen jopa valmiiksi. Päästörajoituskeinoja ei niissä ole yleensä määritelty, mutta kaikki EU:n jäsenvaltiot pyrkivät kohottamaan energiantuotannon hyötysuhdetta ja tehostamaan energiankäyttöä. Kaikki EU:n jäsenvaltiot pyrkivät myös lisäämään uusiutuvien energianlähteiden osuutta energian kokonaistuotannosta. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 36.)

2.3 Kansallinen ilmastostrategia

Suomi pyrkii rajoittamaan ilmastonmuutosta aiheuttavia kasvihuonekaasupäästöjä Kioton pöytäkirjan ensimmäisellä sitoumuskaudella (2008 – 2012) niin, että päästöt olisivat korkeintaan yhtä suuret kuin ne olivat vuonna 1990. Silloin ne vastasivat noin 76,5 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Yleisesti suunnilleen 70 prosenttia näistä päästöistä tulee fossiilisten polttoaineiden ja turpeen poltosta syntyvistä hiilidioksidipäästöistä. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 7.)

Varsinkin 1990-luvulla päästökehitys Suomessa on vaihdellut suuresti. Se on johdunut muun muassa siitä, mikä on kulloinkin ollut energiavaltaisten toimialojen suhdetilanne, vesivoiman tuotanto, sähkön tuonti ja muiden hiilidioksidipäästöjen energialähteiden saatavuus. 1990-luvulta lähtien Suomessa on pyritty edistämään energian tehokkaampaa käyttöä, uusiutuvien energianlähteiden tuotantoa ja käyttöä sekä kaatopaikkojen metaanipäästöjen keräämistä sähkön ja lämmön tuottamiseksi. Ilmastostrategian toimet tähtäävät lähinnä ensimmäisen sitoumuskauden veloitteen täyttämiseksi. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 7.)

Kansallista ilmastostrategiaa varten on tehty useita selvityksiä. Niiden perusteella on tultu siihen johtopäätökseen, että Suomen kasvihuonekaasupäästöt kasvavat yli tavoitetasomme, ellei niiden rajoittamiseksi ryhdytä tehokkaisiin toimenpiteisiin. On myös huomattu, että kasvihuonekaasupäästöt riippuvat pitkälti talouden kasvusta ja rakenteesta sekä sähkönhankinnan mahdollisuudesta muualta. Jotta ilmastostrategian päästötavoitteet saavutettaisiin, on toteutettava myös energiansäästö- ja uusiutuvien energianlähteiden edistämishjelmat. Kivihiilen käyttöä on merkittävästi vähennettävä ja käytettävä sen tilalla esimerkiksi maakaasua ja rakennettava lisää ydinvoimaa. Ilmastostrategia edellyttää valtion rahoituspanoksen lisäämistä, sillä siitä aiheutuu lisäkustannuksia koko kansantaloudelle. Myös energiankäyttäjien kustannukset lisääntyvät. Selvitysten perusteella ydinvoimapainotteinen sähkönhankintavaihtoehto tulisi kokonaistaloudelle edullisemmaksi kuin maakaasun käytön lisääminen. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 7.)

Suomelle sovitut tavoitteet toteutetaan niin, että toimenpiteet eivät heikennä talouden ja työllisyyden kasvua ja että ne tukevat julkisen velan laskemista. Toi-

menpiteitä tarvitaan erityisesti energian tuotannossa ja käytössä, liikenteessä, rakennussektorilla, yhdyskuntasuunnittelussa, maa- ja metsätaloudessa ja jätehuollossa. Jotta Suomi pystyisi saavuttamaan tavoitteensa, on lisättävä tutkimustoimintaa, taloudellisia ohjauskeinoja, kuten verotusta ja erilaisia tukijärjestelmiä, säädöksiä ja määräyksiä, vaihtoehtoisia sopimuksia ja energianeuvontaa. Suomessa panostetaan ympäristömyönteisen teknologian kehittämiseen energian säästämisen tukemiseksi. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 8-9.)

Verotuksen avulla ohjataan käyttöä vähemmän hiilidioksidipäästöjä tuottaviin energialähteisiin, hillitään energiankulutusta ja ohjataan jätehuoltoa ympäristöystävällisempään suuntaan. Energiaveroja ja muita päästöihin vaikuttavia veroja käytetään huomioiden kansainvälinen kehitys ja teollisuuden kilpailukyky. Autolun verotusta on kehitetty enemmän polttoaineen kulutuksesta riippuvaksi.

Tärkeässä osassa kansallisen tavoitteemme saavuttamisessa on energian tuotannon ja käytön hiilidioksidipäästöjen rajoittaminen. Energian säästön tehostamisesta huolimatta Suomen energian kokonaiskulutuksen ja sähkönkulutuksen katsotaan kasvavan, mutta hieman hitaammin kuin menneinä vuosikymmeninä. Suomeen tulisi kuitenkin rakentaa lisää voimalaitoksia, sillä vanhat voimalaitokset tulee korvata uusilla energiatehokkaammilla laitoksilla sen lisäksi, että sähkönkulutus on edelleen nousussa. Ilmastostrategian määrittäminen tuontisähköön perustuvaksi ei ole aiheellista. Oletetaan, että tuontisähkön määrä tulee laskemaan viime vuosien määristä. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 10-11.)

Lipposen hallitus edellytti, että energiantuottajat hyödyntävät yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon mahdollisuudet täysimääräisesti. Tällaisen laitoksen pääpolttoaineeksi on valittava joko maakaasu tai uusiutuvat energianlähteet. Mikäli aiotaan rakentaa yhdistetty sähkön ja lämmöntuotantolaitos, eli CHP-laitos, jonka pääpolttoaineeksi valitaan kivihiili, rakentaminen estetään. Toimenpiteitä tarvitaan myös erillisen sähköntuotannon eli lauhdutussähkötuotannon saattamiseksi vähemmän päästöjä tuottavaksi. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 11.)

Myös yhdyskuntarakenteen kehittymisellä on vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Kuntien kaavoitusta sekä maakuntakaavoitusta tarkkaillaan niin, että aluei-

den käytön suunnittelu toteutuu maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti sekä kulttuuriset arvot toteuttaen kestävästä kehityksen mukaan. Rakentamismääräyksiä tiukennetaan, jotta rakennukset olisivat energiatehokkaampia. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 11-12.)

Ilmastostrategian toimenpiteet kehittävät ympäristönsuojelua monilla osa-alueilla. Ilmastostrategian avulla pystytään vähentämään muun muassa happamoitumista ja alailmakehän otsonia. Se myös eheyttää yhdyskuntarakennetta. Positiiviset vaikutukset näkyvät kuitenkin vasta pitkällä aikavälillä. Hiukkaspäästöihin tai orgaanisten aineiden päästöihin ilmastostrategia ei vaikuta. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 13.)

Suomea koskevat velvoitteet ilmastonmuutoksen lieventämiseksi perustuvat YK:n ilmastonmuutosta koskevasta puitesopimukseen ja Kioton pöytäkirjaan, EU:n ilmasto- ja energiapakettiin ja Suomen omaan ilmasto- ja energiapolitiikan strategiaan vuodelta 2008 sekä valtioneuvoston ilmasto- ja energiapolitiikan tulevaisuusselontekoon. (Ympäristöministeriö 2011c.)

Suomi on perustamassa kansallista ilmastopaneelia, josta on tarkoitus kehittää vastine kansainväliselle ilmastopaneelille eli IPCC:lle. Paneelin tarkoituksena on kerätä tietoa poliittisen valmistelun taustaksi, kehittää Suomen ilmastolakia ja tuoda tiede ilmastokeskusteluun. Asiantuntijoita paneeliin tulee eri aloilta. (CO2-raportti 2011b.)

2.4 Seinäjoen seudun ilmastostrategia

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteossa pitkänaikavälin ilmasto- ja energiapolitiikasta tulee laatia kunnittain tai yhteistyössä seutukuntien kanssa ilmasto-ohjelma vuoteen 2012 mennessä (Valtioneuvosto 2009a, 144).

Seinäjoen kaupunkiseudun neuvottelukunta päätti aloittaa Seinäjoen kaupunkiseutua koskevan ilmastostrategian esiselvityksen laadinnan Seinäjoen seudun aluekeskusohjelman Palvelu INNO -hankkeen rahoittamana. Mukana ilmastostrategiassa ovat K8-alueen kunnat. Hankkeen esiselvitystä koordinoi Seinäjoen kaupunki. Seinäjoen seudun ilmastostrategian esiselvitysvaiheessa tehtiin yhteistyötä

Helsingin yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksen ja Ruralia- instituutin kanssa. Asiantuntijaorganisaationa toimi Thermopolis Oy. K8-kuntien seudullisen ilmastostrategian esiselvitys valmistui 11.3.2010. (Lundgren, Huovari 2010a, 3.)

Ilmastostrategian esiselvityksen kokemusten perusteella K8-kunnat päättivät jatkaa strategian valmistelua. Ilmastostrategia aloitettiin valmisteluhankkeessa 1.9.2010 ja sitä jatkettiin Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamana EAKR-hankkeena 17.1.2011 lähtien. Hanke jatkuu 31.12.2012 saakka. Ilmastostrategiahanketta koordinoi Lapuan kaupunki.

Ilmastostrategian teemaryhmiä ovat

- maankäyttö ja liikenne
- julkiset hankinnat
- maa- ja metsätalous sekä elinkeinot
- kiinteistöt ja rakentaminen
- energiantuotanto
- yhdyskuntatekniikka ja
- jätehuolto yhteistyössä jätehuoltoyritysten kanssa.

Tavoitteena on, että vuoden 2012 loppuun mennessä kaikki alueen kunnat sitoutuvat ilmastotyöhön. Kunnat ovat liittyneet Kuntaliiton ilmansuojelukampanjaan sekä Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) energiatehokkuussopimukseen ja energiaohjelmiin. Vuoden 2012 loppuun mennessä kuntien hiilinielut on kartoitettu ja niiden tilaa seurataan. (Yli-Petäys 2010.)

Seinäjoen seudun ilmastostrategia on käytännönläheinen ja alueen erityispiirteet huomioon ottava strategia, jolla on edellytykset toimia tiiviissä yhteistyössä muiden alueen hankkeiden kanssa. Sen tavoitteena on turvata seudun kilpailukykyä, tukea kaupunkiseudun kasvua ja lisätä kuntien välistä yhteistyötä ja luottamusta. Ilmastostrategiassa linjataan, miten tavoitteisiin päästään ilmaston ja ympäristön kannalta kestävästi kuntien kilpailukykyä heikentämättä.

Strategiassa tavoitellaan yhden prosentin lisäystä työpaikkojen ja asukasluvun suhteen. Tämä kasvu vaatii huomiota liikenteen, yhdyskuntien ja kiinteistöjen

energiatehokkuuden parantamiseen, uusiutuvan energian lisäämiseen ja energiankulutuksen vähentämiseen. Kuntien tehtävänä on raportoida avoimesti kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä. Suurimmat hyödyt lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä koostuvat palvelutoiminnan energiatehokkuuden kehittämisestä ja uusiutuvan energian käytön lisäämisestä. Pitkällä aikavälillä kuntien energiatehokkuutta parantavat yhdyskuntien keskittyminen tiiviimmin ja ajoneuvojen päästöjen vähentyminen. (Yli-Petäys 2011.)

Ilmastostrategian seurauksena kuntien peruspalvelut tuotetaan kestävänsä mukaisesti ja energiatehokkaasti. Energiaa säästetään kaikilla sektoreilla. Sektoreilla tarkoitetaan ilmastostrategian teemaryhmien aihealueita. Riippumatta asuinpaikasta, asumisen kokonaispäästöjä vähennetään tinkimättä hyvistä elinoloista. Strategian tuloksena panostetaan osaamis- ja innovaatiopolitiikkaan vihreän kasvun aikaan saamiseksi. Tällä tarkoitetaan muun muassa maatalouden, luonnonvarojen, ympäristön ja uusiutuvien energiamuotojen elinkeinojen kasvua. (Yli-Petäys 2011.)

3 YLEISIMMÄT POLTTOAINEET JA NIIDEN POLTTOON SOVELTUVIA TEKNIKOITA

K8-kuntien alueella käytetään hyvin monipuolisesti erilaisia polttoaineita ja polttotekniikoita. Tässä opinnäytetyössä ei mennä kovin syvälle polttotekniikoihin, mutta haastattelujen yhteydessä niistäkin kertyi paljon tietoa. Seuraavaksi on käsitelty K8-kuntien alueella 100 kW – 5 MW tehoisissa lämpölaitoksissa käytettäviä polttoaineita ominaisuuksineen. Osiossa on kerrottu myös polttoaineista, joita ei alueella tai tämän teholuokan laitoksissa yleensä ilmene, mutta jotka ovat muutoin yleisiä.

Taulukossa 1 on käsitelty selvityksen sisältämissä kattiloissa käytettäviä polttoaineita ja niiden ominaisuuksia tyypillisesti käytetyissä yksiköissä. Lämpöarvolla tarkoitetaan kehittyvää lämmön määrää polttoaineen massaa tai muuta yleensä käytettyä yksikköä kohden täydellisessä palamisessa. Ominaispäästökertoimella tarkoitetaan polttoaineelle ominaista vapautuvaa hiilidioksidin määrää palotapahumassa yhtä kilowattituntia kohden. Taulukosta voidaan havaita, että ominaispäästökerroin uusiutuvilla energianlähteillä on 0 niiden hiilineutraaliuden vuoksi. Uusiutuvista energianlähteistä on kerrottu lisää luvussa 3.1. Taulukossa lämpöarvot on esitetty yksikössä gigawattitunteina megawattituntien sijaan, sillä selvityksessä tehdyt laskutoimitukset on tehty näissä yksiköissä. Taulukosta voidaan havaita, että yhdestä irtokuutiosta polttohaketta saadaan yhtä paljon energiaa kuin noin 70 – 80 litrasta kevyttä polttoöljyä. (Motiva Oy 2010a.)

Taulukko 1. Polttoaineiden ominaisuuksia.

(Alakangas 2000, 9; Motiva Oy 2010a).

Polttoaine	Lämpöarvo	Lämpöarvon yksikkö	Tiheys	Tiheyden yksikkö	Kosteus %	Ominaispäästökertoimen g CO ₂ /kWh
Kevyt polttoöljy	0,00001002	GWh/litra	845	kg/m ³		267
Raskas polttoöljy	0,00001142	GWh/litra	955	kg/m ³		284
Jyrsinturve	0,0000027	GWh/kg	320	kg/irtom ³	48,5	381
Palaturve	0,0000033	GWh/kg	380	kg/irtom ³	38,9	367
Puupelletti	0,0000047	GWh/kg	690	kg/irtom ³	9	0
Polttohake	0,0007	GWh/irtom ³	300	kg/irtom ³	40	0
Kaura	0,0000036	GWh/kg	550	kg/irtom ³	20	0
Olki	0,0000038	GWh/kg	35	kg/irtom ³	20	0
Nestekaasut	0,00001283	GWh/kg	580	kg/m ³		234
Ruokohelppi	0,0000041	GWh/kg			14	0
Biokaasu	4,4-7,4	kWh/kg				0
Turvepelletti	0,0000047	GWh/kg	750	kg/irtom ³	13	381
Puubriketti	0,0000047	GWh/kg	690	kg/m ³	10	0
Sahanpuru	0,0006	GWh/irtom ³	300	kg/m ³		0
Kutterinlastu	0,0005	GWh/irtom ³	100	kg/irtom ³		0
Kivihiili	0,00000708	GWh/kg			10	341

3.1 Uusiutuvat energianlähteet

Suomessa käytettäviä uusiutuvan energian lähteitä ovat bioenergia, eli puu ja puupohjaiset polttoaineet, tuulivoima, vesivoima, maalämpö ja aurinkoenergia. Uusiutuvien energianlähteiden käyttö ei lisää hiilidioksidipäästöjä. Sen käyttö myös edistää työllisyys- ja aluepoliittisia tavoitteita sekä lisää huoltovarmuutta. Uusi-

tuva energiaa saamme kotimaastamme, eikä sitä tarvitse ostaa ulkomailta. Suomi on edelläkävijä uusiutuvan energian hyödyntämisessä. Suomen energiankulutuksesta ja sähköntuotannosta katetaan uusiutuvalla energialle noin neljännes. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2011.)

3.1.1 Puu

Puu sisältää lähinnä hiiltä, vetyä, happea, tuhkaa ja vettä. Sitä pidetään hankalana polttoaineena aineosiensa vaativuuden vuoksi. Vesi haittaa palamista, tuhkan vuoksi vetoreiät saattavat tukkeutua, hiili palaa korkeassa lämpötilassa ja vety vaatii matalan palamislämpötilan. (Häggman ym. 2007, 3-5.)

Puun palamisprosessi voidaan jakaa neljään vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa polttoaine kuivuu ja kehittyy lämpöä. Tätä kutsutaan palamisvyöhykkeeksi, joka on polton alin vaihe. Toisessa vaiheessa tapahtuu kiinteän aineen hajoaminen, jossa muodostuu erilaisia kaasuja. Tämä on pyrolyysivaihe. Kolmannessa vaiheessa suurin osa kaasuista palaa ja reaktion seurauksena muodostuu lämpöä. Tätä kutsutaan kaasuuntumisvyöhykkeeksi. Vasta neljännessä vaiheessa palaa hiili ja tästäkin muodostuu kaasuja. Palamisessa on monimutkaista se, että kaikki vaiheet tapahtuvat samanaikaisesti, mutta eri paikoissa. Tehokas palotapahtuma vaatii aikaa, lämpöä ja turbulenssia eli sekoittumista. (Elda tulisijaopas 2009.)

Puu sisältää runsaasti happea, joka mahdollistaa puun palamisen itsekseen. 10 kilogrammassa kuivaa puuta on yhtä paljon happea kuin 17 kuutiossa ilmaa. Keskimääräisesti puu sisältää tuhkaa noin 0,7 prosenttia. Tuhka koostuu savesta ja hiekasta. Hyvän polttoaineen kosteuspitoisuuden tulisi olla alle 15 prosenttia. Jos kosteus puussa on yli 60 prosenttia, se ei ole tehokas polttoaine. (Häggman ym. 2007, 3-5.)

2 kilosta täysin kuivaa puuta saadaan täydellisessä palamisessa energiaa 10 kWh. Lehtipuiden ja havupuiden energiatiheyksissä on eroavaisuuksia. Energiatiheydet ilmoitetaan E-arvona. Lehtipuiden E-arvo ≥ 1700 kWh pinokuutiometriä kohden. Vastaavasti havupuille tai havu-lehtipuuseoksille E-arvo ≥ 1300 kWh pinokuutiometriä kohden. Laboratoriokokeiden avulla energiapitoisuuserot ovat selvitettä-

vissä. Eri puulajien lämpöarvoissa on eroja ja puun kasvutahdillakin on merkitystä myös samassa puulajissa. (Alakangas, Erkkilä, Flyktman, Helynen, Hillebrand, Kallio, Lappalainen, Marjaniemi, Nystedt, Oravainen, Puhakka & Virkkunen 2007, 84.)

Jotta pystyttäisiin tuottamaan 100 kilowattituntia energiaa, tarvitaan 33 kg kuivaa puuta ja tietynlainen kattilarakenne. 100 kWh riittää normaalikokoisen omakotitalon lämmittämiseen talvisäällä yhdeksi vuorokaudeksi. (Häggman ym. 2007, 17-18.)

Pinokuutiometrillä tarkoitetaan yleensä 1 kuution polttopuupinoa, jossa korkeus, leveys ja syvyys ovat 1 metrin mittaisia. 1 kiintokuutiometrillä tarkoitetaan täyttä puuta olevaa kuutiota, jossa sivut ovat metrin mittaisia. Irtokuutiometri on kuution suuruinen laatikko, jossa puut ovat sekaisin ja palasten väliin pääsee ilmaa. Näitä mittayksiköitä käytetään myös puhuttaessa muun muassa turpeesta ja hakkeesta. (Lapin polttopuupörssi 2012.)

Taulukossa 2 vertaillaan toisiinsa kiintokuutiometrin, irtokuutiometrin ja pinokuutiometrin välillä käytettäviä muuntokertoimia. Esimerkiksi palaturpeesta tai pelleistä puhuttaessa käytetään yleensä yksikkönä irtokuutiometriä.

Taulukko 2. Mittayksiköiden välillä käytettäviä keskimääräisiä muuntokertoimia.

(Lapin polttopuupörssi 2012).

Irtokuutiometri (i-m ³)	Pinokuutiometri (p-m ³)	Kiintokuutiometri (m ³)
1	0,6	0,4
1,67	1	0,67
2,5	1,5	1

3.1.1.1 Pilke

Pilkettä eli klapia käytetään yleensä takoissa, uuneissa, kamiinoissa ja muissa tulisijoissa. Se on yleensä noin 25 – 50 cm mittaista halkaistua tai aisattua poltto-

puuta. (Viirimäki, Hassinen, Hiitelä, Kauppinen, Koskiniemi, Moilanen, Somerpalo, Turkia & Vanhala 2008, 5.)

Pientaloissa pilkelämmitys on melko vähätöinen ja taloudellinen ratkaisu, jos laitevalinnat ja mitoitus onnistuvat. Yleensä pienellä pakkasella riittää pesällisen polttaminen lämmityskattilassa joka toinen päivä. Pilkelämmityksessä käytetään aina varaajaa. Sen koon voi laskea huoneiston neliömäärän mukaan.

Kattila valitaan siten, että varaajan lämpötila saadaan kohoamaan lähelle 100 astetta yhden tulipesällisen polttamisella. Kattilan puutilan vetoisuuden on oltava tällöin 170 – 300 litraa. Tällöin kattilan nimellisteho on noin 35 – 60 kW. Hyviä kattilaratkaisuja pilkkeen polttoon ovat alapalokattilat ja käänteispalokattilat. Näissä kattiloissa palaminen tapahtuu tasaisesti ja energia saadaan siirtymään veteen hyvin. (Viirimäki ym. 2008, 29.)

Pilkkeen poltto suuremman kokoluokan kattiloissa on työlästä. Kattilan tulisi olla todella suuri ja varastotilaakin tarvittaisiin paljon, sillä jo 35 kW – 60 kW tehoisten kattiloiden lämmitykseen vuodessa tarvitaan noin 20 pinokuutiometriä puuta. Tällä tavoin perusteltuna tämän tutkimuksen tehoisten lämpökattiloiden pilkevarasto olisi jo ison hallin suuruinen. Näiden seikkojen lisäksi klapien lisääminen kattilaan ei onnistu koneellisesti, tai ainakin se vaatisi erityislaatuista tekniikkaa. Siksi puuta poltetaan yleensä muissa muodoissa tutkimuksen teholuokan kattiloissa. (Häggman ym. 2007, 17-18.)

3.1.1.2 Hake

Hake on koneellisesti hakettua puuta. Sen raaka-aineita ovat latvusmassa, sahapinnat ja muut haketukseen sopivat puuraaka-aineet. Hakkeen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat korkea lämpöarvo ja alhainen kosteusprosentti. Hakkeen ollessa tasalaatuista, on sitä myös helppo käsitellä. Puulämmityksen automatisointi on mahdollista hakkeen avulla. Metsähake on metsien raaka-aineista tehtyä haketta. Sitä ovat esimerkiksi kokopuuhake, rankahake ja latvusmassahake. Kuvassa 1 on poltohaketta varastossa. (Viirimäki ym. 2008, 5.)

Hakkeen energiasisältö vaihtelee kosteuden ja tiheyden mukaan. Irtokuutiometril-
tä siitä saadaan energiaa 0,7 – 1 MWh. Selvityksessä hakkeen energiasisällön on
laskettu olevan 0,7 MWh irtokuutiota kohden. Keskimäärin kuutiossa metsähä-
kettä on samansuuruinen energiasisältö kuin 70 – 80 litrassa polttoöljyä. Polttoai-
neiden lämpöarvot löytyvät taulukosta 1.

Suuri merkitys on hakkeen kosteudella. Hakevarastolle ei ole suuria vaatimuksia,
kunhan katto ja betonilattia löytyvät. Kuivauksen avulla hakkeesta saadaan pa-
rempilaatuista. Kun hake on kuivaa ja tasalaatuista, saadaan aikaan parempi pala-
mistapahtuma, eikä häiriöitä synny. Kun hake on kuivaa, sen lämpöarvo on par-
haimmillaan. Tällöin haketta kuluu vähemmän tietyn energiamäärän tuottamiseksi.
Jos hakkeen kosteusprosentti on 20, haketta kuluu tietyn ajan sisällä 100 kuuti-
ometriä. Jos kosteusprosentti on 30, haketta kuluu samassa ajassa 130 kuuti-
ometriä. Mikäli kosteusprosentti on 50, haketta kuluu samassa ajassa 200 kuuti-
ometriä. Suuri kosteuspitoisuus voi aiheuttaa hakkeen homehtumisen ja talvella
myös jäätyminen. Kosteuden tiivistyessä, voi syntyä myös pienimuotoinen räjäh-
dysreaktio, jolloin saattaa syttyä tulipalo. (Häggman ym. 2007, 11; Viirimäki ym.
2008, 6, 20-21).



Kuva 1. Haketta polttoainevarastossa.

Hakelämmitykseen sopii hyvin esimerkiksi stokerikattila. Tällöin hakkeen kanssa voidaan polttaa muitakin polttoaineita, kuten turvetta. Stokeripolttimessa on teräksinen, ilmatiiviillä kannella varustettu hakesäiliö, syöttöruuvi ja kattilan tulipesässä oleva palopää. Hake annostellaan syöttöruuvilla säiliöstä palopäähän ja palamisilmapuhallin säättää palamisilman määrää. Syöttöruuvin pyöriminen määräytyy kattilaveden lämpötilan mukaan. Kuvassa 1 on juuri varastoon tuotua haketta. Kattilan mitoituksessa tulee ottaa huomioon hakkeen kosteus. Kostealle polttoaineelle tulee mitoittaa noin 20 prosenttia suurempi stokeripoltin ja kattila kuin kuivalle polttoaineelle. (Viirimäki ym. 2008, 18.)

Hakkeen syöttösäiliö voidaan täyttää joko koneellisesti tai käsin. Jos säiliö on kooltaan 500 – 2000 litraa, kattilan teho on 20 – 40 kW. Tällöin syöttösäiliön täyttö voidaan toteuttaa käsin. Jos säiliön tilavuus on yli 4 kuutiota, täyttö tapahtuu yleensä koneellisesti, kattilakoko on tällöin yli 40 kW. Rakennettavalle lämpökeskukselle on vaihtoehtona myös lämpökeskuskontti. Jos polttoaineena hakkeen lisäksi käytetään turvetta, viljan lajittelujätettä tai huonolaatuista haketta, on palopään hyvä olla varustettu liikkuvalla arinakoneikolla. (Viirimäki ym. 2008, 19.)

3.1.1.3 Pelletti

Puupellettien valmistus tapahtuu puristamalla sahanpurua, höylänlastua tai hiontapölyä tiiviiksi rakeiksi. Puupelletin rakenne näkyy hyvin kuvassa 2. Pelletti on tasalaatuista polttoainetta, jonka kosteus on yleensä alle 10 prosenttia. Pelletin tuhka sisältää fosforia, kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia. Sen lämpöarvo vaihtelee 3000 – 3300 kWh välillä irtokuutiometriä kohden. Pellettilämmityksen osia ovat kattila, pellettipoltin, varastosilo ja siirtojärjestelmä. Tulipesältään iso puukattila sopii pellettilämmitykseen. Kun etsitään sopivaa kattilaratkaisua, täytyy ottaa huomioon myös mitä muita polttoaineista järjestelmässä käytetään. Stokerikattila on hyvä vaihtoehto, jos esimerkiksi halutaan käyttää pelletin rinnalla haketta polttoaineena.



Kuva 2. Puupellettiä.

Pelletin siirto varastosta polttimelle tapahtuu siirtoruuvilla tai pneumaattisesti. Siirtoruuvi voi olla spiraalikuljetin tai ruuvikuljetin. Pelletit täytyy varastoida kuivassa paikassa ja siilon tulee olla pölytiivis ja sähkötön. Paloturvallisuuden vuoksi pellettisiilo ei saa sijaita liian lähellä poltinta. (Viirimäki ym. 2008, 30.)

Pellettilämmitys sopii hyvin niin pientalojen lämmitykseen kuin voimalaitoksiinkin. Ruotsissa jo 100 000 pientaloa lämpiää pelletillä. Puolet näistä on omakotitaloja ja puolet loma-asuntoja. Eniten pellettiä Ruotsissa käyttävät suuret lämpölaitokset. (Vapo Oy 2005, 19.)

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Työ- ja elinkeinoministeriölle (TEM) tekemän selvityksen mukaan, kivihiilen käytöstä Suomessa voitaisiin korvata 15 prosenttia pelletillä niin, että se vaikuttaisi käyttökustannuksiin kohtuullisesti. Tällöin voimalaitoksissa pelletin käyttö voitaisiin aloittaa saman tien tai polttojärjestelmien pienten muutosten jälkeen. Pelletin käytön lisääminen voimalaitoksissa olisi myös puumarkkinoille hyvä lisä. Kivihiilen käytön vaihtamista biomassojen käyttöön pidetään tärkeänä, jotta pystyttäisiin pääsemään vuoden

2020 tavoitteisiin uusiutuvan energian toimintasuunnitelman mukaisesti. (Flykteman ym. 2011, 65; Pellettiyhdistys 2011).

3.1.1.4 Briketti

Briketit ovat kooltaan suurempia kuin pelletit. Ne ovat läpimitaltaan 6 – 7 cm ja pituudeltaan 10 – 20 cm puupuristeita. Ne valmistetaan yleensä purusta, hiontapölystä tai kutterinlastusta. Niiden kuivatiheys on luokkaa 1,2 kg/litra. Muotonsa ne menettävät poltossa hyvin nopeasti. (Viirimäki ym. 2008, 5.)

1000 kilogrammassa brikettiä on lämmitystehoa yhtä paljon kuin noin 500 litrassa kevyttä polttoöljyä. Saman lämpömäärän tuottamiseksi tarvittaisiin 3,5 kuutiota koivuhalkoja tai 6,5 irtokuutiometriä haketta. Briketit eivät vie paljon tilaa varastossa. Brikettiä voidaan käyttää polttoaineena muun muassa palokeskuskattiloissa, varaavissa takoissa ja leivinuuneissa. Niitä voidaan käyttää myös kiukaissa, nuotioissa, grilleissä ja savustuksessa. Briketilämmityksessä myös tuhkaa ja näkyviä savukaasuja syntyy vähän. Briketti palaa hyvällä hyötysuhteella. (Suorakanava Oy 2009.)

Briketti, samoin kuin puuklapi, eivät sovellu tässä opinnäytetyössä tarkasteltujen kattiloiden polttoaineeksi kokonsa vuoksi kovin hyvin. Niiden käyttöä on myös hankala automatisoida. Tehdyn selvityksen mukaan K8-kuntien alueella vain parissa yli 500kW tehoisessa laitoksessa käytetään brikettiä polttoaineena.

3.1.2 Viljakasvit ja olki

Ohran, vehnän, rukiin ja kauran olki ja jyvät sopivat käytettäväksi kiinteänä polttoaineena. Jyvillä ja oljella on erilaiset palamisominaisuudet, joten niitä käytetään erikseen. Olkea käytetään polttoaineena muun muassa maatiloilla ja taajamien lämpökeskuksissa. Selvityksen mukaan viljakasveja ja olkea käytetään lähinnä seospolttoaineena K8-kuntien alueella.

Irto-oljen tiheys on 30 – 40 kg/i-m³. Polttohakkeen tiheys siihen nähden on noin kymmenkertainen. Sen takia suurten määrien varastointi ja kuljetus on hankalaa ja kallista. Kun olkea pelletoidaan tai briketoidaan, sen tiheys kasvaa ja käsittely helpottuu. Olki on kuitenkin melko ongelmallinen polttoaine, koska sillä on pieni

energiatiheys ja suuri tuhkapitoisuus. Ongelmia tulee siitä, että oljen typpipitoisuus on suurempi kuin esimerkiksi puun. Piippuihin tulee korroosiota ja polttamisesta syntyy typen oksideja ja rikkidioksidia enemmän kuin puun polttamisesta. Olkea saadaan hehtaarilta suunnilleen 3 tonnia. Sen lämpöarvo on 3,5 kWh/kg. Yhdestä paalista saadaan lämpöenergiaa noin 1MWh. (Thermopolis Oy 2011b.)

Viljanjyvillä on melkein sama lämpöarvo kuin puulla ja oljella. Jyvät voidaan polttaa joko jauhettuna tai sellaisenaan. Vehnän tehollinen lämpöarvo käyttökohteudessa on 4,8 kWh/kg. Ohralla se on 4,5 kWh/kg ja kauralla 4,6 kWh/kg. Ohran tiheys irtokuutiota kohden on noin 538 kg, kauran tiheys irtokuutiota kohden on noin 550 kg (Thermopolis Oy 2011b). (BiofuelsB2B 2007).

Viljakasvien, oljen ja muun peltoenergian määrää Suomessa aiotaan lisätä, sillä ne ovat hiilineutraaleja polttoaineita ja seospolttoaineena saattavat parantaa joidenkin polttoaineiden, kuten turpeen, palotapahtumaa ympäristöystävällisemmäksi. Suomessa on paljon viljelysalaa, ja sitä voitaisiin enenevässä määrin hyödyntää energian tuottamiseen. Peltoenergian tuottaminen aiheuttaa vähemmän eroosiota maaperässä kuin viljantuotanto elintarviketeollisuuteen, sillä rikkakasvien torjuntamenetelmiä ei tarvitse käyttää niin paljoa. Siinä mielessä peltoenergian tuotanto kilpailee elintarviketeollisuuden kanssa. (FINBIO 2006.)

3.1.2.1 Ruokohelpi

Yleisin peltoenergian lähde on ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*). Se on osoittautunut myös satoisimmaksi energiakäyttöön kasvatetuista heinäkasveista. Sitä voidaan viljellä muun muassa kesantopelloilla, elintarviketuotannosta poistetuilla pelloilla ja vanhoilla turvesoilla. Luonnollisia kasvupaikkoja sille ovat meren, järven ja jokien rannat, ojat ja tienpientareet. Satoa saadaan yhdellä kylvöllä yli kymmenen vuotta. Viljeltynä se voi kasvaa 3 – 4 metriä korkeaksi. Sitä viljellään nyt jo yli 10 000 hehtaarin alalla. Ruokohelphen sadonkorjuu tapahtuu aina keväisin, koska silloin se on kuivaa ja kloori- ja alkalipitoisuudet ovat pienempiä. (Thermopolis Oy 2011a.)

Ruokohelpeä käytetään erityisesti seospolttoaineena, yleensä sekoitettuna joko puun tai turpeen joukkoon. Se soveltuu myös kivihiilen seospolttoaineeksi. Ruo-

kohelpen kuljetus tapahtuu yleensä joko suurkantipaaleissa tai pyöröpaaleissa. Paalien tulee olla mahdollisimman tiiviitä, jotta yhteen kuljetukseen mahtuisi mahdollisimman paljon tavaraa ja kuljetus olisi tällä tavalla kustannuksellisesti tehokkaampaa. Ruokohelpen ominaispaino irtosilppuna on noin $60 - 100 \text{ kg/m}^3$, jolloin siitä saadaan lämpötehoa $0,4 \text{ MWh}$ kuutiota kohden. Suurkantipaali painaa suunnilleen 400 kg ja on kooltaan $2,4 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$. Siitä lämpötehoa saadaan noin $1,8 \text{ MWh}$. Pyöröpaali painaa noin 250 kg ja lämpötehoa siitä saadaan suunnilleen $1,1 \text{ MWh}$. Pyöröpaalin leveys ja halkaisija ovat noin $1,25 \text{ m}$. Lämmöntuotantolaitoksella paalit varastoidaan ja murskataan. Ruokohelpeistä taivotaan saatavaksi tasalaatuista, partikkelikooltaan pientä murskettä tai vaihtoehtoisesti pellettiä tai brikettiä. (Vapo Oy 2011).



Kuva 3. Käyttämättömiä ruokohelpipaaleja.

Suomessa laitokset, joissa käytetään ruokohelpeä, on alun perin suunniteltu käyttämään muita polttoaineita. Laitokset ovat leijupetikattiloita tai arinakattiloita. Pääpolttoaineista voidaan korvata ruokohelpeellä vain $10 - 15$ prosenttia voimalasta ja sen tekniikasta riippuen. Kuivalla ruokohelpeellä voidaan parantaa joskus kos-

tean turpeen tai hakkeen poltto-ominaisuuksia. Kattilan puhdistukseen on kuitenkin kiinnitettävä enemmän huomiota ruokohelpeä käytettäessä. Kuvan 3 ruokohelpipaalit eivät ole kuivia, sillä niitä on varastoitu ulkona. Ruokohelphen tuhka on hyvin silikaattipitoista, lisäksi siinä on kalsiumia, kaliumia, klooria ja natriumia. (Vapo Oy 2011).

Ruokohelphen lämpöarvo on 10 prosentin kosteudessa 4,5 MWh/tonni. Energiaa siitä saadaan 20 - 30 MWh hehtaarilta. Satoa syntyy hehtaarilta 4 – 6 tonnia. Ruokohelpi ei vähennä voimaloiden päästöoikeuksia, sillä se on hiilineutraali polttoaine, kuten kaikki uusiutuvan energian lähteet. Tämä tarkoittaa sitä, että palaessaan siitä vapautuu yhtä paljon hiilidioksidia kuin siihen sitoutuu kasvukautensa aikana. Viljelijöille tulee ruokohelphen viljelystä lisätuloja ja se antaa myös riistalle suojaa. (MTT 2008.)

Jos maaperää kuormitetaan rikkakasvintorjunta-aineilla liian paljon, se luonnolle haitaksi. Ruokohelpi vaatii ainoastaan kylvövuonna rikkakasvintorjunnan. Muutoin se pärjää rikkakasveille itsestään. (Pahkala ym. 2002.)

Etelä-Pohjanmaalla käytetään ruokohelpeä energiantuotantoon, mutta tämän opinäytetyön selvityksen sisältämissä kattiloissa sitä ei käytetä. Kuvan 3 ruokohelpipaalit on kuitenkin kuvattu K8-kuntien alueella.

3.1.3 Biokaasu

Biokaasu koostuu metaanista ja hiilidioksidista. Näitä kaasuja voidaan tuottaa kaikista materiaaleista, joissa on hiiltä ja vetyä. Esimerkiksi kaatopaikoilta syntyy biokaasua metaanin muodossa. Biokaasun muodostuminen tapahtuu eloperäisen aineen hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Mesofiilinen biokaasuprosessi tapahtuu noin 35 Celsius-asteessa ja termofiilinen biokaasuprosessi noin 50 – 55 Celsius-asteessa. Metaani ja hiilidioksidi ovat hiilivetyjä, sillä ne ovat muodostuneet hiilen ja vedyn yhdistelmästä. Muita hiilivetyjä ovat muun muassa nestekaasu eli yleisimmin propaani, bensiini, öljyt ja rasvat. K8-kuntien alueelta löytyy yksi biokaasulaitos. Sillä on ympäristölupa ja sen päästöt on laskettu muussa yhteydessä,

joten sitä ei ole tämän opinnäytetyön selvityksessä. (VTT Energia ja Motiva Oy 2001; Häggman ym. 2007, 6; Seinäjoen kaupunki 2008).

Yhdestä kuutiosta biokaasua saadaan noin 4 – 5 kWh energiaa. Biokaasu on hiilineutraali polttoaine, sillä se ei ole fossiilinen polttoaine. Sen käyttö jopa vähentää hiilidioksidipäästöjä, sillä metaania kerätään ja poltetaan haitattomammaksi. Metaani on yli 20 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. (VTT Energia ja Motiva Oy 2001.)

3.2 Uusiutumattomat energianlähteet

Uusiutumattomia energianlähteitä ovat fossiiliset polttoaineet ja ydinvoima. Fossiilisia polttoaineita ovat muun muassa öljy, maakaasu ja kivihiihi. Opinnäytetyössä ei ole käsitelty ydinvoimaa, sillä se ei kuulu käsiteltyyn aiheeseen. Uusiutumattomat energiantuotantomuodot eivät uusiudu tai uusiutuvat erittäin hitaasti, tuhansien tai jopa miljoonien vuosien kuluessa. Näitä energianlähteitä on maapallolla vähän ja niitä kulutetaan koko ajan. Jossain vaiheessa ne loppuvat ja niiden käyttöä joudutaan rajoittamaan. Niiden tilalla voidaan käyttää uusiutuvia polttoaineita. (Energiantuotanto.info 2010.)

3.2.1 Öljy

Fossiilisten polttoaineiden käyttö on mahdollistanut teollisuusmaiden kehityksen ja tarjonnut apukeinon kehitykselle kasvaa vauraammiksi. Fossiilisten polttoaineiden käytöllä on myös haasteita. Niitä löytyy maailmasta vain rajoitettu määrä ja niiden kulutustahti on kova ja kasvaa edelleen. Tähän vaikuttaa erityisesti muun muassa Kiinan ja Intian väestön kasvu. Öljyn ja muiden fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyy kasvihuonekaasupäästöjä. Tietoisuus ilmastonmuutoksesta on kasvanut ja uusia, puhtaampia keinoja tuottaa energiaa kehitetään koko ajan. Ilman suuria ja tehokkaita toimia lieventää hiilidioksidi- ja muita kasvihuonekaasupäästöjä, negatiiviset vaikutukset ilmastonlämpenemisen seurauksena tulevat olemaan koko ajan kasvavia.

Raakaöljy on maailman tärkein energianlähde. 35 prosenttia maailman energian kulutuksesta koostui raakaöljyn käytöstä vuonna 2006. On ennustettu, että öljyn

kulutus laskee tulevien vuosikymmenten aikana. Tämä johtuu siitä, että öljyn hinta nousee ja bruttokansantuote nousee hintaa hitaammin. Myös ympäristölliset rajoitteet laskevat öljyn kulutusta. Raakaöljyn käytön on kuitenkin ennustettu lisääntyvän erityisesti kehitysmaissa.

Öllyvarat ovat keskittyneet maantieteellisesti Lähi-idän maihin, Venezuelaan ja Venäjälle. Näillä mailla on hallussaan arviolta 76 prosenttia maailman paljastuneista öljyvaroista, kun OECD-mailla (Organization for Economic Cooperation and Development) on vain 7 prosenttia öljyvaroista. Euroopasta löydettiin 1970-luvulla öljyvaroja Pohjanmereltä. Tuotanto alkoi kuitenkin vasta 1980- ja 1990-lukujen taitteessa alueelle sopivan tekniikan kehittyessä. Vuoden 2000 liepeillä Euroopan öljyntuotanto oli huipussaan. Uusia öljyesiintymiä ei uskota enää löytyvän. Myös Yhdysvalloista löydettiin 1970-luvulla öljyesiintymiä, mutta toiminta on vähentynyt siitä lähtien. IEA:n (International Energy Agency) mukaan Lähi-idän maat eivät tavoita öljyntuotannon huippua vielä lähivuosina. (VTT Energy visions 2050 2010, 227-231.)

Raakaöljyn päätuotteita ovat petrokemikaalit. Niistä valmistetaan muun muassa muoveja ja liuottimia, nestekaasuja, bensiiniä, teollisuusbensiiniä, keskitisleitä, polttoöljyjä, bitumia sekä korkeamman lisäarvon tuottavia erikoisvalmisteita (Neste Oil Oyj 2011a). Suurin osa Suomeen tuotavasta öljystä jalostetaan bensiiniksi, dieseliksi ja lentokoneiden polttoaineiksi. Suunnilleen kolmasosa käytetään lämmityksessä. Voimalaitoksissa käytetään raskasta ja kevyttä polttoöljyä. (Energiateollisuus 2011.)

Raakaöljyn laatua mitataan rikkipitoisuuden ja tiheyden mukaan. American Petroleum Institute (API) luokittelee tiheyttä. API-määrittely perustuu öljyn tiheyteen 15,6 celsiusasteen lämpötilassa. Mitä korkeampi on API-aste, sitä kevyempää raakaöljy on. Kevyillä raakaöljyillä API-aste on yleensä yli 38 ja raskailla alle 22. Vähärikkisessä raakaöljyssä rikkiä on alle 0,5 prosenttia ja runsasrikkisissä sitä on enemmän. (Neste Oil Oyj 2011b.)

Kevyen polttoöljyn tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa vaihtelee 42,5 MJ/kg ja 42,9 MJ/kg välillä ja raskaan polttoöljyn lämpöarvo kuiva-aineessa vaihtelee 41,0

MJ/kg ja 41,3 MJ/kg välillä. Tässä mukaan ei ole laskettu savukaasujen mukana poistuvan veden haihduttamiseen kuluva energiaa. Raskaat polttoöljyt sopivat parhaiten teholtaan 500 kW – 1 MW suuruissa polttolaitoksissa käytettäväksi ja kevyet alle 1 MW polttolaitoksissa käytettäväksi. (Alakangas 2000, 135-137.)

Kevyttä ja raskasta polttoöljyä käytetään melko paljon tämän selvityksen alueella 100 kW – 5 MW tehoisissa kattiloissa. Käytön jakaantumisesta kunnissa on kerrottu enemmän luvussa 7.

3.2.2 Kivihiili

Kivihiili on kylläisin fossiilisista polttoaineista. Maailman kivihiilivarannot riittävät vielä vuosikymmeniksi. Kivihiilen kysyntä on kasvanut nopeasti Aasiassa, erityisesti Kiinassa. Fossiilisista polttoaineista kivihiilen kysyntä lisääntyy eniten Euroopassa kivihiilen kysyntä on vähentynyt paljon johtuen ilmastonmuutoksesta ja päästökaupasta. Öljyn ja kaasun korkeista hinnoista johtuen, kivihiilen käyttö on jälleen lisääntymässä. Vaikka maailman kivihiilivarat ovat runsaat, kivihiilen hinnan kehitys on ollut nousujohteinen. Vain muutamat maat vievät kivihiiltä ja markkinat ovat herkäät. 82 prosenttia maailman kivihiilivaroista on muodostunut 6 valtion alueelle. Yhdysvalloissa on 28 prosenttia maailman kivihiilivaroista, Venäjällä 19 prosenttia, Kiinassa 14 prosenttia, Australiassa 9 prosenttia, Intiassa 7 prosenttia ja Etelä- Afrikassa 6 prosenttia. Euroopassa maailman kivihiilivaroista on 3 prosenttia ja muualla maailmassa loput 14 prosenttia. (VTT Energy visions 2050 2010, 231.)

Kivihiiltä ei käytetä tämän opinnäytetyön selvityksen kohteissa.

3.2.3 Kaasut

3.2.3.1 Maakaasu

Maakaasua saadaan poraamalla maasta. Se koostuu pääasiassa metaanista, mutta siinä on myös hieman tyyppeä, etaania, propaania ja raskaampia hiilivetyjä. Maakaasua saadaan erityisesti Venäjältä sekä Lähi-Idästä. Esiintymiä on myös Norjas-

sa ja Pohjois-Amerikassa. Suomeen maakaasua tuodaan Länsi-Siperiasta. Vuonna 2004 maakaasun osuus sähkönhankinnasta oli 11,6 prosenttia.

Maakaasu on tehokas energianlähde sen korkean hyötysuhteen ja matalien siirtohäviöiden vuoksi. Jopa yli 90 prosentin vuosihyötysuhde johtuu täydellisestä palamisesta, lämmön talteenottomahdollisuuksista ja laitteiston säädön helppoudesta. Maakaasua ei kuitenkaan ole niin helppo varastoida kuin esimerkiksi kivihiiiltä tai öljyä. Maakaasu soveltuu hyvin kombivoimalaitoksiin, sillä niissä on sekä kaasua että höyryturbiini. Kombivoimalaitoksissa pystytään tuottamaan enemmän sähköä kuin tavallisissa voimalaitoksissa. Samalla pystytään hyödyntämään syntyvä lämpö kaukolämmöksi.

Maakaasun riittävydestä on tehty arvioita eri suuntiin, mutta arvioidaan kuitenkin, että maakaasua on hyödynnettävissä enemmän kuin öljyä, ehkä jopa 60 vuodeksi. Koko Euroopan alueella arvioidaan maakaasun osuuden lisääntyvän energian kulutuksesta jopa 30 prosenttiin. Maakaasun hinta saattaa kuitenkin nousta kysynnän kasvaessa. Länsi-Suomen alueelle ollaan suunnittelemassa maakaasuverkoston laajentamista. Hanke toteutuu, jos tarpeeksi liittyjiä löytyy ja putki pystytään rakentamaan kustannustehokkaasti. Venäjältä Suomen kautta Keski-Eurooppaan kulkee. Suomen ja Viron välistä maakaasuverkoston yhdistämistä suunnitellaan. (Energiateollisuus 2011.)

Maakaasua pidetään fossiilisista polttoaineista ympäristöystävällisimpänä. Sen hiilidioksidipäästöt ovat noin neljänneksen pienemmät kuin öljylämmityksellä. Maakaasun hiukkaspäästöt ovat vähäiset, eikä siinä ole rikkiä. Pientaloja lämmitetään maakaasulla joillakin paikkakunnilla. Lämmitysjärjestelmään kuuluu lämmityskattila, siihen liitetty kaasupoltin sekä vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Omakotitaloissa myös liedessä voidaan hyödyntää kaasua. (Motiva Oy 2011.)

Maakaasuenergian hinta muodostuu maahantuodun maakaasun hinnan mukaan. Hinta on myös sidottu hintaindeksillä raskaan polttoöljyn ja hiilen hintaan sekä Tilastokeskuksen kotimaiseen energiahintaindeksiin. Maakaasun hintaan vaikuttaa myös sen käytön tasaisuus. Maakaasun hinnoittelu perustuu julkiseen M2010 hin-

noittelujärjestelmään, jossa asiakas voi valita pienkulutustariffin tai yleistariffin. Hinta koostuu itse energiasta ja sen siirrosta. (Gasum Oy 2011.)

Maakaasua ei käytetä selvityksen kohteissa, eikä koko Etelä-Pohjanmaalla.

3.2.3.2 Propaani

Propaani ja butaani ovat kauppanimeltään nestekaasuja. Nestekaasut ovat hiiliveytyjä ja ne valmistetaan raakaöljystä jalostamalla. Pullossa nestekaasut ovat paineen alaisena nestemäisessä muodossa. Propaani on palavaa, väritöntä ja usein hajustettua kaasua. Se ei ole myrkyllistä, mutta sillä on tukahduttava vaikutus. Se on puolitoista kertaa raskaampaa kuin ilma. Sen palamistuotteita ovat hiilidioksidi ja vesi. Jos propaani palamisreaktiossaan saa tarpeeksi happea, ei synny myöskään nokea.

Propaani-ilmaseos syttyy palamaan, kun ilmassa on 1,5 – 1,9 tilavuusprosenttia propania. Propaani höyrystyy -42 asteessa. 1 kilo propania sisältää 12,8 kWh energiaa. Nestekaasua käytetään kotitalouksissa normaalisti kaasugrilleissä ja -helloissa. (AGA Oy 2010).

Kuudessa tämän opinnäytetyön selvityksen kattilassa käytetään nestekaasua lämmitykseen ja viljan kuivaamiseen.

3.3 Hitaasti uusiutuvat energianlähteet

Kansainvälisen ilmastopaneelin mukaan turve ei ole uusiutuva luonnonvara. Suomessa se kuitenkin luokitellaan hitaasti uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2011). Turpeen ominaispäästökerroin vaihtelee 367 – 381 g CO₂/kWh. Sen päästökerroin on noin 100 g CO₂/kWh suurempi kuin öljylä. (Motiva Oy 2010.)

3.3.1 Turve

Vielä 1980-luvulla Suomessa tuotettiin turvebrikettiä ja koksia. Nykyään niitä ei tuoteta enää Suomessa. VTT:n tutkimuksen mukaan energiaturpeen tuotannosta 90 prosenttia on jyrshinturvetta ja loput 10 prosenttia palaturvetta. Jyrshinturvetta

käytetään erityisesti kaukolämpölaitoksissa ja yhdyskuntien ja teollisuuden voimalaitoksissa. Palaturvetta käytetään monen tehoisissa kattiloissa ja lämpölaitoksissa. Sitäkin käytetään polttoaineena kaukolämpökeskuksissa. Viime vuosien aikana, kun fossiilisten polttoaineiden verotus on kasvanut, turvetta on alettu käyttämään enenevässä määrin myös seospolttoaineena puun ja kierrätyspolttoaineiden rinnalla. (Alakangas 2000, 84 – 90.)



Kuva 4. Turvepellettiä A4-kokoisella paperilla.

Turvepellettiä käytetään selvityksen mukaan K8- kunnissa vain vähän. Sitä valmistetaan jyrshinturpeesta, jota kuivataan ja puristetaan pienempään tilaan. Se sopii erityisen hyvin käytettäväksi stokeripolttimissa. Se palaa hyvin. Varastotilaa turvepelletti ei tarvitse paljon, sillä sen tilavuuspaino on 750 kg/irtokuutio. Turvepelletti on rakenteeltaan pientä kokoon puristettua polttoainetta (Kuva 4). Sen tehollinen lämpöarvo on 4,7 kWh/kg, joka on parempi kuin palaturpeella tai jyrshinturpeella. Niiden teholliset lämpöarvot vaihtelevat 2,7 – 3,3 kWh/kg. Turvepelletin parempi lämpöarvo johtuu siitä, että valmistusvaiheessa siitä on puristettu ylimääräinen kosteus pois. (Agrimarket 2011).



Kuva 5. Palaturvetta varastossa.

Turve on muodostunut kuolleiden kasvien osista maatumalla kosteassa maaperässä. Turvetta muodostuu, kun kasvit eivät pääse kunnolla hajoamaan hapenpuutteen ja runsaan veden vuoksi. Turpeen rakenne ja koostumus muodostuu sen mukaan kuinka kasvit ovat maatuneet ja mistä kasvilajeista se on muodostunut. Turve luokitellaan sen kasvitieteellisen koostumuksen perusteella joko rahkaturpeisiin, saraturpeisiin tai ruskosammalturpeisiin. Monesti turpeet muodostuvat kahdesta turvelajista. Turpeen maatumisaste ilmoitetaan H-arvona. (Alakangas 2000, 84 – 90.)

Suurin osa turpeesta on hiiltä (noin 53 – 56 prosenttia). Turpeessa on myös vetyä, happea, rikkiä ja typpeä. Turvemaa sitoo hiiltä monin kerroin enemmän kuin muut ekosysteemit. Vuosittain maapallon turvemailta vapautuu ilmakehään yli 300 miljoonaa tonnia hiilidioksidia niiden raivauksen, kuivatuksen ja metsäpalojen seurauksena. (UNEP 2007.)

Rahkaturpeessa on paljon selluloosaa ja saraturpeessa ligniiniä. Turve palaa hitaammin kuin puu korkean hiilipitoisuutensa vuoksi. Haihtuvia aineita turpeessa on 65 – 70 prosenttia. Turpeen kuiva-aineen teholliseen lämpöarvoon vaikuttavat maatumisaste, turvelaji sekä hiili- ja tuhkapitoisuudet. Lämpöarvo turpeen kuiva-

aineelle on 20 – 23 MJ kilogrammaa kohden. Keskimääräinen kosteus jrsinturpeelle on yleensä noin 46 prosenttia ja palaturpeelle noin 40 prosenttia. Turpeen kosteus huomioiden jrsinturpeen lämpöarvo on 9,6 MJ/kg eli 0,91 MWh / irto-m³ ja palaturpeen 11,8 MJ/kg eli 1,27 MWh / irto-m³. Palaturpeen lämpöarvo on parempi kuin jrsinturpeen, sillä sen kosteusprosentti on pienempi. Palaturvetta on kuvassa 5. (Alakangas 2000, 84 – 90.)

Turpeen nostosta ja sen käyttämisestä polttoaineena ollaan monta mieltä. Nostosta syntyvät vesistöpäästöt voivat koitua ongelmaksi paikallisesti. Nostosta syntyy myös melua ja pölyä, eikä turpeen tuhkalle ole keksitty laajamittaista uusiokäyttömahdollisuutta. Myöskään turveaumojen ja tuotantosoiden tulipalot eivät puhu turpeenkäytön puolesta. Suurin ongelma on, ettei turve kuulu kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) mukaan uusiutuviin polttoaineisiin. Suomessa se on luokiteltu hitaasti uusiutuvaksi energianlähteeksi. Päästökauppa kuitenkin heikentää sen asemaa kivihiiileen verrattuna. (Flyktman 2009, 17.)

Turpeen käytön hyöty on muun muassa se, että se antaa työtä suomalaisille ja toimii kriisiaikoina varmuusvarastona. Se myös helpottaa hankalimpien polttoaineiden polttoa seospolttoaineena käytettäessä. Turvealan työpaikat sijaitsevat alueilla, joilla muutenkin saattaa olla puutetta työpaikoista. Näitä alueita on yleensä maaseudulla. Näin turvetuotanto myös auttaa maaseutua pysymään elinvoimaisena.

Turpeen käytön osuus Suomen polttoaineiden käytöstä vuonna 2009 oli noin 6 – 7 prosenttia. Suomessa tuontienergian osuus samana vuonna oli 70 prosenttia. Loput 30 prosenttia oli kotimaisia energianlähteitä. Kotimaisista energianlähteistä turpeen osuus oli tuolloin 5 prosenttia. (Flyktman 2009, 18.)

Turvetta käytetään eri muodoissa selvityksen kattiloissa kaikkein eniten. Tarkemmin tästä on kerrottu luvussa 7.

4 PÄÄSTÖT

Tässä opinnäytetyössä päästöt laskettiin KASVENER-laskentamallin avulla. Näitä päästöjä ovat hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt.

4.1 Savukaasut

Kaasuuntumis- ja palamisprosessissa muodostuu kemiallisia yhdisteitä. Tämä johtuu siitä, että aine palaa harvoin kokonaan täysin loppuun. Savukaasuja syntyy silloin, kun palaminen ei ole täysin puhdasta. Savukaasujen puhdistamiseen on olemassa useita eri menetelmiä, joista kerrotaan enemmän luvussa 6.3. (Savolainen ym. 2010.)

4.2 Hiukkaset

Ilmassa on aina hiukkasia. Lähes kaikki hiukkaset ovat niin pieniä, ettei niitä voi nähdä paljaalla silmällä. Hiukkasten määrää pystytään vähentämään muun muassa määräämällä teollisuudelle, liikenteelle ja energiantuotannolle päästörajoituksia. Hiukkasten määrää voidaan energiantuotannossa vähentää muun muassa erilaisten puhdistustekniikoiden avulla. Niistä on lisää tietoa luvussa 6. Hiukkasten pitoisuuksille on asetettu EU:n yhteiset raja-arvot ja kansalliset ohjearvot. (Anttila ym. 2004.)

4.3 Kasvihuonekaasut

Kasvihuoneilmiötä aiheuttavia kaasuja kutsutaan kasvihuonekaasuiksi. Ne aiheuttavat ilmastonmuutosta. Näistä esiintyy luonnossa muun muassa vesihöyryä (H_2O), hiilidioksidia (CO_2), metaania (CH_4), otsonia ja dityppioksidia (N_2O). Kasvihuonekaasuja on myös ihmisen valmistamia. Näitä ovat muun muassa kloorifluoratut hiilivedyt, fluoriyhdisteet ja bromiyhdisteet. (Ilmasto.org 2011b.)

Eri kasvihuonekaasut lämmittävät ilmastoa eri tavoin. Niistä kuitenkin voidaan tehdä laskelmia varten yhteismallisia suhteuttamalla ne hiilidioksidiin tietyllä tarkastelujaksolla. Hiilidioksidiekvivalenteiksi (CO_2e) muuntaminen tapahtuu kertomalla kasvihuonekaasun päästömäärä sen ilmastonlämmityspotentiaalilla eli GWP-kertoimella (Taulukko 3.) (Raisio Oyj 2010.)

Taulukko 3. Kasvihuonekaasujen elinikä ja GWP-arvot (Global Warming Potential, ilmastonmuutospotentiaali).

(IPCC 2007).

Kasvihuonekaasujen elinikä ja GWP-arvot		
Kaasu	Elinikä (a)	GWP (100 vuotta)
Hiilidioksidi	50-200	1
Metaani	12	25
Typpioksiduuli	114	218
Rikkiheksafluoridi SF ₆	3200	22800
Osittain fluoratut hiilivedyt HFC	1,4-270	124-14800
Kloorifluorihiiilivedyt CFC	45-1700	4750-14400
Perfluorihiiilivedyt PFC	2600-50000	7300-12200
Osittain halogenoidut kloorihiiilivedyt HCFC	1,3-17,9	77-2310
Halonit	16-65	1640-7140

Kun typpioksiduuli- ja metaanipäästöt halutaan muuntaa hiilidioksidiekvivalenttonneiksi, ne kerrotaan GWP-arvoilla (Taulukko 3). Nämä kuitenkin laskettiin selvityksessä KASVENER-laskentamallilla.

4.3.1 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin. Sen pitoisuus ilmastossamme on noussut teollistumisen alusta tähän päivään 280 ppm:stä yli 380:ään (ppm = parts per million, miljoonasosa). Pitoisuuden nousua on tapahtunut tähän mennessä jo 35 prosenttia. Hiilidioksidipitoisuuden nousua tapahtuu joka vuosi keskimäärin 2 ppm. Ihmisen tuottama hiilidioksidi on peräisin fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja trooppisten metsien hävittämisestä. (Ilmatieteen laitos 2010b.)

Hiilidioksidia muodostuu myös ihmisen hengittäessä sekä poltettaessa hiiltä sisältäviä tai sen kanssa reagoivia polttoaineita. Hiilidioksidi lisää kasvihuoneilmiötä. (Elda tulisijaopas 2009.)

Hiili kiertää luonnossa. Kasvit sitovat hiilidioksidia ilmakehästä yhteyttäessään. Sitoutunut hiili kuitenkin palaa ilmakehään takaisin kasvisolujen hengityksessä tai kasvien maatuessa. Samalla kasvit vapauttavat ilmaan elintärkeää happea. Myös meriveden ylempiin kerroksiin liukenee hiilidioksidia. Lähes saman verran kuitenkin palaa takaisin ilmakehään. Hiilidioksidimolekyyli viipyy ilmassa suunnilleen viisi vuotta.

Ihmisten aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen vaikutusaika ilmakehässä on jopa satoja vuosia. Kun uutta hiilidioksidia tulee ilmakehään, hiilen luonnollinen kiertokulku jakaa tämän ilmakehään, kasvipeitteeseen ja meriin. IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli) tutkimuksen mukaan ilmakehään on jäänyt noin 45 prosenttia siitä hiilidioksidin määrästä, jota on tuotettu ilmakehään teollistumisen alusta alkaen. Noin 30 prosenttia teollistumisen jälkeisistä hiilidioksidipäästöistä on päätynyt valtameriin ja loput 25 prosenttia kasveihin. (Ilmatieteen laitos 2010b.)

4.3.2 Metaani

Metaani (CH₄) on toiseksi voimakkain niistä kasvihuonekaasuista, joita ihminen tuottaa. Se on lyhytikäinen kasvihuonekaasu, mutta lyhyellä aikajaksolla sen vaikutus on hiilidioksidia monta kymmentä kertaa voimakkaampi. Sen pitoisuus ilmakehässä on ihmisen toiminnan vuoksi noussut teollisuuden seurauksena 715 ppb:stä (ppb = parts per billion, miljardisosa) 1774 ppb:en. Noin 14 prosenttia ihmisen tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä on metaania. Vuotuisista metaanipäästöistä yli 60 prosenttia on ihmisen aiheuttamia. Metaanin luonnollisia lähteitä ovat suot ja kosteikot, termiitit ja valtameret.

Suomessa metaanipäästöjä tulee lähinnä kaatopaikoilta ja jätevesien puhdistuksesta, karjatalouden lannasta ja märehimisestä sekä energiantuotannosta. Lähes viidennes kasvihuonekaasujen lämmitysvaikutuksesta johtuu metaanista, vaikka sitä

on ilmakehässä vain 0,0002 prosenttia. Metaanin ilmastonmuutospotentiaali eli GWP-arvo on 23 (Taulukko 4.) Sen lämmitysvaikutus perustuu suoraan vaikutukseen pidättää lämpösäteilyä ja epäsuoraan vaikutukseen muodostaa alailmakehässä otsonia hydroksyyli-ionien kanssa. Se vaikuttaa lämmittävästi myös muodosteen yläilmakehässä vesihöyryä. (Ilmasto.org 2011c.)

4.3.3 Dityppioksidi

Dityppioksidista (N_2O) eli typpioksiduulista käytetään nimitystä ilokaasu lääkintäkäytössä. Se on voimakkain viidestä luonnollisesta kasvihuonekaasusta. Se on yli 300 kertaa hiilidioksidia voimakkaampi lämmitysvaikutukseltaan. Sen pitoisuus ilmakehässä on kasvanut noin 16 prosenttia teollisuuden alkuajoista lähtien. Dityppioksidipäästöjä tulee maataloudesta, teollisista prosesseista, metsän hävityksestä, savannien polttamisesta sekä jätteiden käsittelystä. Suomen dityppioksidipäästöt vastaavat seitsemää miljoonaa hiilidioksiditonnia vuodessa. (Ilmasto.org 2011d.)

4.3.4 Hiilivedyt

Hiilivedyt ovat orgaanisia aineita. Näitä ovat muun muassa metaani, etanoli ja bentseeni. Hiilivedyt voivat reagoida auringonvalon vaikutuksesta typpioksidien kanssa. Näin muodostuu fotokemiallisia oksideja ja otsonia. Polyaromaattiset hiilivedyt eli PAH ovat ihmiselle näistä kaikkein vaarallisimpia. Niitä muodostuu eloperäistä materiaalia poltettaessa, jos hapen saanti palotapahtumassa ei ole riittävä. (Elda tulisijaopas 2009.)

Halogenoidut hiilivedyt ovat erittäin voimakkaita kasvihuonekaasuja. Halogenoituja hiilivetyjä ovat kloorifluorihiiilivedyt, osittain halogenoidut kloorifluorihiiilivedyt, osittain fluoratut hiilivedyt (HFC), perfluorihiiilivedyt (PFC), klooratut hiilivedyt ja bromatut hiilivedyt. Näitä kaasuja on ilmakehässä kuitenkin niin vähän, että niiden vaikutus ilmakehään jää pienemmäksi kuin hiilidioksidilla. Useimpia halogenisoiduista hiilivedyistä ei esiinny ilmakehässä luontaisesti. Näitä kaasuja käytetään muun muassa kylmälaitteissa ja teollisuudessa (Ilmatieteenlaitos 2010a). Kioton pöytäkirjassa on asetettu päästökaton fluorihiiilivedyille ja perfluo-

rihiilivedyille ensimmäiselle sitoumuskaudelle. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2001, 25.)

4.4 Epäsuorasti vaikuttavat kasvihuonekaasut

Hiilimonoksidi (CO), typen oksidit (NO_x) ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ovat vaikutukseltaan lämmittäviä epäsuorasti vaikuttavia kaasuja. Rikkidioksidi (SO₂) viilentää ilmastoa. Myös metaani, joka kuuluu varsinaisiin kasvihuonekaasuihin vaikuttaa osittain myös epäsuorasti. Otsonia hävittäviä kaasuja ovat halogenoidut hiilivedyt. (Ilmasto.org 2011a.)

4.4.1 Hiilimonoksidi eli häkä

Hiilimonoksidi (CO) on kaasu, jota syntyy kun palotapahtuma on epätäydellinen. Sen vaikutus ihmiseen on erittäin vaarallinen. Se on väritöntä, mautonta ja hajutonta. Veren punasolut sitovat sitä itseensä paremmin kuin happea, lopulta häkä päätyy ihmisen kudoksiin veren mukana. Myrkytystila syntyy, kun elimistö alkaa kärsiä hapen puutteesta. (Elda tulisijaopas 2009.)

4.4.2 Typen oksidit (NO_x)

Typen oksideja ovat typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO₂). Niitä syntyy lähinnä liikenteessä ja voimalaitosten palamisprosesseissa. Niiden päästöt ovat vähentyneet katalysaattorien käytön lisääntyessä autoissa ja polttoprosessien kehittyessä. Suomessa typen oksidipäästöjä tulee noin kymmenen miljoonaa tonnia vuodessa laskettuna hiilidioksidiekvivalenttitonneina. Typen oksidit muodostavat alailmakehän otsonia reagoidessaan UV-säteilyn tai ilman hydroksyyli-radikaalien kanssa. Lisäksi typen oksidit muodostavat aerosoleja, jotka lisäävät pilvien muodostumista. Pilvet viilentävät ilmaa heijastamalla maahan tulevaa auringon säteilyä takaisin avaruuteen. Typen oksidit myös muodostavat typpihappoa reagoidessaan ilmakehässä. Typpihappo happamoittaa maaperää sekä vesistöjä tullessaan sateen mukana alas. Näitä sateita kutsutaan happosateiksi. (Ilmasto.org 2011a.)

Typen oksidit ovat vaarallisia niin luonnolle kuin ihmisellekin. Typen oksideita muodostuu korkeissa lämpötiloissa. (Elda tulisijaopas 2009.)

4.4.3 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC, Volatile Organic Compounds) ovat kaasumaisia orgaanisia yhdisteitä. Myös metaani kuuluu niihin, vaikka se yleensä käsitteelläänkin erikseen kasvihuonekaasutarkastelussa. VOC:lla tarkoitetaan yleensä muita haihtuvia orgaanisia yhdisteitä kuin metaani. Kaikki nämä vaikuttavat suoraan absorboimalla maasta lähtevää lämpösäteilyä. Niiden merkittävämpi vaikutuskeino on kuitenkin epäsuora. Ne reagoivat ilmassa hydroksyyli-radikaalien kanssa muodostaen alailmakehään otsonia ja yläilmakehään vesihöyryä. VOC-päästöjä Suomessa tulee epätäydellisestä palamisesta. Nämä päästöt aiheuttavat Suomessa vuodessa noin 2 miljoonan tonnin vaikutuksen hiilidioksidiekvivalenttitonneina laskettuna. (Ilmasto.org 2011a.)

4.4.4 Rikkidioksidi

Rikkidioksidia syntyy kun poltetaan rikkipitoisia polttoaineita, kuten öljyä ja kivihiiltä. Polttoprosessien savukaasujen puhdistuksella päästöjä on pystytty vähentämään. Rikkidioksidi muodostaa sulfaattiaerosoleja reagoidessaan ilmakehässä. Ne heijastavat auringon säteilyä takaisin avaruuteen. Vaikutus on viilentävä. Ne lisäävät myös pilvien muodostumista. Myös rikkidioksidi aiheuttaa happosateita.

4.4.5 Rikkiheksafluoridi

Rikkiheksafluoridia (SF_6) käytetään erityisesti alumiini-, sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa sen hyvän lämmöneristävyuden vuoksi. Se on kasvihuonekaasuista voimakkain. Se on 24 000 kertaa voimakkaampi kuin hiilidioksidi. Sen päästöt vastasivat 0,06 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuonna 2003 Suomessa. Sen globaali lämmitysvaikutus on $0,002 \text{ W/m}^2$. (Ilmasto.org 2011d.)

5 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISESSÄ KÄYTETTÄVIÄ TEKNIIKOITA

Ympäristövaikutusten ja polttoaineiden kohoavan hinnan vuoksi pyritään mahdollisimman hyvään hyötysuhteeseen palotapahtumassa. Ympäristön kannalta paras ratkaisu olisi mahdollisimman täydellinen palotapahtuma. Palamisesta johtuvien päästöjen hallintaan on olemassa erilaisia tekniikoita. Muun muassa Högforsin alkuperäisten hellojen on havaittu olevan hyvin tehtyjä ajatellen täydellistä palamista. Näissä arinan pituus on yhtä pitkä kuin pesä, jolloin happea saadaan koko palavalle puulle. Hellojen arina on myös tarpeeksi tiheä ja korkea, jolloin ilma ehtii lämmetä ennen varsinaista palotapahtumaa. Niissä palaminen tapahtuu puhtaasti niiden rakenteen vuoksi. (Häggman ym. 2007, 14-15.)

Fossiilisia polttoaineita poltettaessa syntyy savukaasuja ja kasvihuonekaasupäästöjä, joita pyritään vähentämään erilaisin puhdistuskeinoin. Fossiiliset polttoaineet ovat myös niin kalliita, että niitä käytettäessä polttoaineesta on saatava irti niin paljon energiaa kuin on mahdollista. Päästöjä saadaan vähennettyä ja palotapahtumasta puhtaampi muun muassa savukaasujen puhdistustekniikoiden ja lämmönvaihtimien avulla. (Energiantuotanto.info 2010.)

5.1 Hiilidioksidin talteenottotekniikat

On olemassa kolme syntyvän hiilidioksidin talteenottotekniikkaa, joita käytetään jälkipolttolaitoksissa, ensipolttolaitoksissa ja happipolttimissa esipoltossa. Jälkipolttolaitoksissa hiilidioksidi erotellaan savukaasujen virrasta, tyypillisesti nesteliuotinuuton avulla. Tätä tapaa käytetään useissa nykyajan laitoksissa, joissa tuotetaan hiilidioksidia teollisuuden käyttöön. Erotellun hiilidioksidin määrä laitoksen päästöihin verrattuna on kuitenkin melko pieni.

Ensipolttolaitoksissa hiilidioksidi poistetaan ennen palamista veden ja hiilidioksidin erottelun avulla. Tämä teknologia on laajalti käytössä lannoitteiden ja vedyn tuotannossa. Happipolttimien polttojärjestelmissä käytetään happea ilman sijasta primäärienergian tuottamiseen. Tämä teknologia vaatii puhtaan hapen tuottamisen ilmasta ja johtaa polttokaasun korkeisiin hiilidioksidipitoisuuksiin, joista vesi-

höyry on helposti poistettavissa kondensaation avulla. Myös muita tekniikoita käytetään hiilen kaappaamiseen, kuten kalvoja ja kemikaalien kierrätyspolttoa. (VTT Energy visions 2050 2010, 150-151.)

Hiilidioksidin talteenottotekniikat ovat vielä kehitysvaiheessa, eikä niitä yleensä käytetä tämän kokoluokan kattiloissa.

5.2 Lämmönvaihtimet

5.2.1 Palamisilman esilämmitin

Palamisilman esilämmittimessä palamisilma esilämmitetään savukaasujen avulla. Palamisilman esilämmitin sijaitsee viimeisenä lämmönsiirtimenä savukaasukanavassa. Esilämmittämällä palamisilmaa saadaan aikaan vakaampi palamisreaktio. Ilman esilämmittäminen parantaa palamisreaktiota, sillä se kuivattaa polttoainetta. Ilman esilämmittimiä on kahden tyyppisiä. Rekuperatiivisessa ilman esilämmittimessä lämpö siirtyy lämmönsiirtopinnan läpi palamisilmaan. Tässä savukaasut ja palamisilma eivät sekoitu keskenään. Regeneratiivisessä ilman esilämmittimessä lämpö siirtyy massan mukana esimerkiksi kennoihin. Tässä savukaasut ja palamisilma sekoittuvat keskenään vähän. Savukaasujen ilmavirta lämmittää lämpöä varaavia kennoja ja kennot luovuttavat lämmön palamisilmavirtaan. Palamisilman esilämmittimen avulla parannetaan kattilan hyötysuhdetta, jolloin poltettavaa materiaalia tarvitaan vähemmän. Näin saadaan vähennettyä myös päästöjä. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 196-200.)

5.2.2 Syöttöveden esilämmitin

Syöttöveden esilämmitin sijaitsee savukaasukanavassa, jossa kattilan syöttövettä esilämmitetään savukaasujen avulla. Lämmittämällä syöttövettä savukaasujen lämpötila alentuu ja kattilan hyötysuhde paranee, sillä savukaasujen sisältämä lämpöenergia saadaan paremmin hyödynnettyä. Tällöin tarvitsee polttaa vähemmän polttoainetta ja kasvihuonekaasuja syntyy siten vähemmän. Lämmön siirtymisessä savukaasuista lämmitettävään syöttövedeen käytetään apuna valurautaista compoundputkea. (Huhtinen ym. 2000, 194-196.)

5.3 Savukaasujen puhdistus

Savukaasujen puhdistusprosesseja ovat muun muassa rikin oksidien ja hiukkasten poisto. Uusia tekniikoita savukaasujen puhdistukselle ovat dioksiinien katalyyttinen hajotus, NO_x-pelkistys matalalämpötilakatalyytillä, aktiivihiiltä sisältävät täyttekappaleet sekä yhdistetty savukaasujen pesu ja vesien käsittely. (Ympäristöministeriö 2006.)

Savukaasupuhdistin ylläpitää lämmityskattilan tulipesässä vakioalipainetta. Tällöin palaminen on tasaista ja sen hyötysuhde pysyy hyvänä. Näin syntyy vähemmän kasvihuonekaasuja. Savukaasupuhdistimet voivat toimia joko savukaasupuhaltimina tai savukaasuumureina. (Veljekset Ala-Talkkari Oy 2011.)

Kauhavalla sijaitsevilla kaukolämpölaitoksissa savukaasupesurien avulla otetaan talteen 80 prosenttia savukaasujen hiukkaspäästöistä, 80 prosenttia rikkipäästöistä ja 80 prosenttia kloridipäästöistä. Myös typen oksidien määrää saadaan vähennettyä noin 15 prosenttia. Lämpö otetaan talteen savukaasuja lauhduttamalla. Lauhnutun lämpö siirretään lämmönsiirtimein avulla kaukolämmön paluuvesiin. Alahärmässä savukaasupesurin avulla lämpöä saadaan talteen noin 1500 MWh, Kauhavalla noin 4200 MWh. (Tuuri 2012.)

5.4 Nuohous

Nuohoaminen käsitetään yleensä tulipaloja ehkäiseväksi toiminnaksi, joka suoritetaan tietyin aikaväleihin. Nuohoamisella pystytään vaikuttamaan positiivisesti myös palotapahtumasta syntyviin päästöihin ja energiankulutukseen. Tämä johtuu siitä, että lämmönsiirtopintojen ollessa likaisia, lämmön talteenotto hankaloituu ja savukaasut lämpenevät. (Salonen 2009, 33.)

Höyryn lämpötilan pysyessä tasaisena, myöskään päästöt eivät lisäänty. Pienemmissä kattiloissa nuohous tapahtuu nuohoojan toimesta vuosittain. Suuremmissa lämpölaitoksissa nuohous voi tapahtua koneellisesti automatisoitujen järjestelmien avulla.

Vesinuohousta käytetään tavallisesti kattilan tulipesän alueella ja höyrystimen nuohoamisessa. Kattilan tulistimen alueella voidaan käyttää esimerkiksi höyrynuohousta, jossa höyrynä toimii kattilan välitulistuksen höyry. Kattilan tulipesän alueella voidaan käyttää täydentävänä nuohouskeinona myös vesisuihkunuohousta. Kattiloissa voidaan käyttää myös ääninuohousta, jossa nuohouksen väliaineena käytetään instrumentti-ilmaa ja nuohoustapahtuma saadaan aikaan tietyllä äänen tasolla ja voimakkuudella. Nuohousäänet toimivat pulssimaisesti tiettyin aikaväleihin. (Salonen 2009, 18-22.)

Tämän tutkimustyön aikana vierailtiin laitoksella, jossa käytetään ääninuohousta puhtaamman palotapahtuman aikaansaamiseksi ja savukaasujen vähentämiseksi.

5.5 Energiantuotantomuotojen vaihto

Puun poltosta ei synny laskennallisesti kasvihuonekaasupäästöjä. Vaihtamalla fossiilisia polttoaineita käyttäviä lämpökattiloita uusiutuvalla energialla toimiviin kattiloihin, saadaan aikaan päästövähennyksiä. Puupolttoaineet lasketaan hiilineutraaleiksi polttoaineiksi, sillä elinaikanaan puu sitoo itseensä ilmasta hiilidioksidia. Puun palaessa siitä syntyy kuitenkin muun muassa savukaasuja, riippuen poltettavan puun laadusta ja kosteuspitoisuudesta. (Häggman ym. 2007, 14-15.)

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Selvityksen eteneminen

Selvitystä alettiin tehdä kesäkuun 2011 loppupuolella. Lähtöaineisto selvitetiin kuntien rakennus-, maatalous- ja paloviranomaisilta. Selvitys tehtiin K8-kuntien alueen 500 kW – 5 MW tehoisista laitoksista. Alun perin tietoja aiottiin kerätä kuntien nuohoojilta, palotoimesta, rakennusvalvonnasta, laitetoimittajilta, lämpöyrittäjiltä sekä polttoaineen toimittajilta. Keväällä 2011 oltiin yhteydessä muun muassa yhden kunnan nuohoojiin, mutta selvisi, että heillä ei ole tietoa kattiloiden tehoista. Laitetoimittajiin ja polttoaineen toimittajiin päätettiin olla ottamatta yhteyttä, sillä oli tiedossa, että he eivät voisi asiakkaidensa tietoja luovuttaa. Lämpöyrittäjiin oltiin yhteydessä puhelimitse samaan aikaan kuin muihinkin kattiloiden käyttäjiin.

Asiaa pohdittiin uudelleen ja oikea reitti tietojen saamiseksi löydettiin. Kuntien viranomaisiin ja paloviranomaisiin oltiin yhteydessä heinäkuun ja lokakuun välisenä aikana. Poikkeuksena saatiin Seinäjoen kaupungin Ylistaron alueen kattilatieidot jo keväällä. Myöhemmin ne tiedot liitettiin Seinäjoen listaan. Jokaiseen kuntaan ja palolaitokseen oltiin yhteydessä aluksi puhelimitse, jonka jälkeen heille lähetettiin sähköpostia. Aluksi jokaisesta kunnasta saatiin tietoja sähköpostitse. Jotta jokaisesta kunnasta saataisiin mahdollisimman luotettavat tiedot, kuntien viranomaisten tai paloviranomaisten kanssa pidettiin myös palaveri aiheesta, jokaisessa kunnassa erikseen. Palaverissa käytiin läpi saadut listat ja niihin tehtiin korjauksia ja lisäyksiä kortistojen perusteella.

Lähtötietojen tarkistuksen jälkeen aloitettiin soittokierros listalla olleille henkilöille ja yrityksille. Varmistusta listan todenpitävyydelle saatiin myös listalla olevilta henkilöiltä. Muun muassa lämpöyrittäjät kertoivat omien kattiloiden tietojen lisäksi muista henkilöistä, joihin kannattaa olla yhteydessä. Tätä kautta kohteita listalle ei tullut kuitenkaan lisää, mutta se varmisti tietojen luotettavuuden. Voi olla mahdollista, että kuntien listoilta tietoja puuttuu, mutta olettamuksena on, että kaikki kohteet on siihen saatu, lukuun ottamatta niitä viittä kohdetta, joista tietoja

ei annettu. Tietojen luotettavuutta on hankala arvioida sen vuoksi, että tietoja ei voida verrata mihinkään olemassa olevaan listaan.

Alun perin opinnäytetyön selvitys aiottiin koota K8-kuntien 100 kW – 5 MW tehoisista kattiloista, mutta selvitystyön edetessä huomattiin, että näitä kattiloita on alueella jopa kaksituhatta. Siksi selvityksestä päätettiin jättää pienemmät kattilat pois ja keskittyä 500 kW – 5 MW tehoisiin lämpökattiloihin. Luvuissa 7 ja 8 on tutkimustuloksia saaduista energiamääristä ja päästöistä.

Lapualta tiedot kerättiin myös 100 kW – 500 kW tehoisista kattiloista. Kauhavan alueelta tietoja lämpökattiloiden omistajista ei luovutettu opinnäytetyötä varten. Syynä tähän oli tietosuojalain erilainen tulkinta.

Lapualta saatiin tiedot kaikista 100 kW – 5 MW suuruista lämpökattiloista, joten niitä päätettiin tarkastella esimerkkitapauksena. Tutkimuksen edetessä huomattiin, että lämpölaitosten tehot vaihtelevat todella paljon myös samantyyppisissä kohteissa. Todettiin, että laitoksia ei voida luokitella esimerkiksi ympäristöluvan mukaisten eläinyksiköiden mukaan broilerikasvattamoissa tai sikaloissa, joten Lapualta saatujen tietojen perusteella ei pystytä arvioimaan muiden kuntien vastaavien lämpölaitosten päästöjä.

Lapualta löytyy myös 97 viljankuivaamoja, joista vain kaksi on teholtaan yli 500 kW ja kahdessa viljankuivaamossa käytetään energianlähteenä kotimaisia polttoaineita. Loput 93 viljankuivaamoja kuuluvat Lapuan rakennustarkastajien mukaan teholtaan 100 kW – 500 kW luokkaan, jossa polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä. Kaikille viljankuivaamoiden omistajille ei soitettu, mutta polttoaine- ja päästömäärät laskettiin keskiarvona niiden viljankuivaamoiden mukaan, joista tietoja oli saatu. Tietoja kerättiin 18 kuivaamosta. Viljankuivaamoiden keskimääräiseksi tehoksi saatujen tietojen perusteella laskettiin 300 kW. Saadun energian määrä vuodessa laskettiin myös saatujen tietojen keskiarvolla.

Selvityksen mukaan 500 kW – 5 MW suuruisia lämpökattiloita löytyy alueen kaukolämpölaitoksista, viljankuivaamoista, suurimmista broilerintuotantolaitoksista, suurimmista sikaloista, puuteollisuudesta, leipomoista, korjaamohalleista,

meijereistä, metallialan yrityksistä, puutarhoilta ja lämpöyrittäjiltä, jotka lämmitävät haja-asutusalueelle sijaitsevia yrityksiä. 100 kW – 500 kW tehoisia lämpökattiloita Lapualta löytyi lähinnä maatalouskiinteistöiltä. Lämpökattiloita oli kalkkunahalleilla, broilerintuotantolaitoksissa, viljankuivaamoissa, sikaloissa, navetoissa, sahoilla ja muissa yrityksissä. Lisätietoja kattiloiden energiantuotantomääristä ja päästöistä löytyy taulukoista 3, 5 ja 6.

$$q = m \times c \times \Delta T \quad (1)$$

Missä q = lämpöenergia (J)

m = massa (kg)

c = aineen ominaislämpökerroin (J/kg x °C)

ΔT = aika (h)

(Tammertekniikka 2005).

Palamisessa tuotettu lämpöenergia lasketaan kaavalla 1. Aineen lämpöarvo saadaan laskettu kaavalla 2. Mikäli saatu energian määrä ilmoitetaan jouleina, voi sen muuntaa kilowattitunneiksi kertomalla luvulla 0,2778 kWh/kg.

$$H = \frac{Q}{m} \quad (2)$$

Missä H = polttoaineen lämpöarvo eli energiasisältö

Q = polttoaineen luovuttama lämpö

m = polttoaineen massa

(Virtuaalikoulu 2012).

6.2 KASVENER-laskentamalli

KASVENER-laskentamalli on kuntatason kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli. Sen avulla pystytään laskemaan kunnan vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt sekä energiankulutus- ja tuotanto. KASVENER-laskentamallilla lasketaan hiilidioksi- di-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt. Mallilla lasketaan myös hiilimonoksidi-

päästöt, hiukkaset, rikkidioksidi ja typen oksidit, sillä niillä on välillisiä vaikutuksia ilmastonmuutokseen. Niitä ei kuitenkaan huomioida laskettaessa hiilidioksidekvivalenttipäästöjä, sillä kyseiset komponentit eivät kuulu Kioton sopimukseen. Muita päästöjä, jotka Kioton sopimuksessa on mainittu, malli ei sisällä. Näitä kasvihuonekaasuja ovat rikkiheksafluoridi, fluorihilivedyt ja perfluorivedyt. Näiden osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöjen määrästä on noin yksi prosentti KASVENER-mallin ohjeen mukaan. Mallin laskennassa noudatetaan IPCC:n metodiikkaa ja käytetään Suomen päästöinventaarioiden laskentaparametreja.

KASVENER-mallin versio, jota käytettiin tässä opinnäytetyössä, on vuodelta 2007. Mallissa on annettu valmiina vuosien 1990, 1997 ja 2005 vakiot ja kertoimet. Jos päästöt haluttiin laskea joltain myöhäisemmältä vuodelta, tätä niin sanottua tulevaisuuden vuosisaraketta vastaavat laskentaparametrit olivat samat kuin vuoden 2000 tilanteessa. Malliin oli koottu valtakunnallisia tietoja vuosilta 1990, 1997, 2005 ja 2010. Mallin avulla pystytään laskemaan päästöt niin energiantuotannon kuin -kulutuksen mukaan. Tässä päästöt on laskettu tuotantoperusteisesti mallin vakioita ja kertoimia käyttäen. Vakiot ja kertoimet ovat IPCC:n tai Suomen valtakunnallisissa inventaarioissa käytettyjä arvoja. (KASVENER-laskentamallin ohje 2007).

$$h = \frac{H \times ePa}{1000000} \quad (3)$$

Missä h = hiilidioksidipäästöt (1000 t CO₂-ekv)

H = lämpöarvo (GWh / yksikkö)

e_{Pa} = polttoaineen ominaispäästökerroin (g CO₂/GWh)

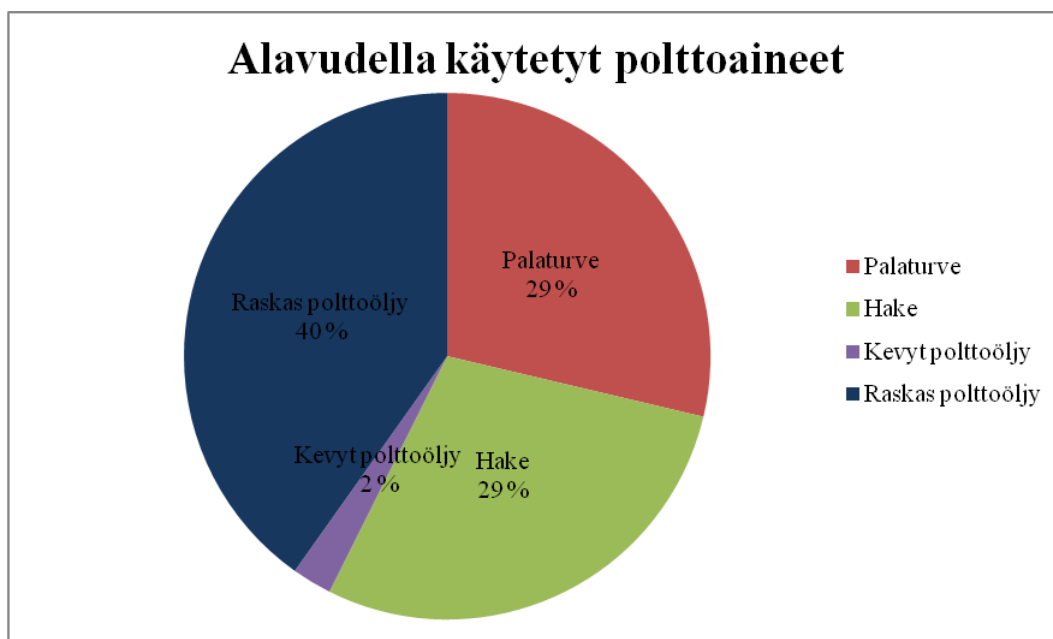
(Motiva 2010b).

Päästöt laskettiin KASVENER-laskentamallilla, mutta hiilidioksidipäästöt pystyttiin laskemaan myös kaavan 3 avulla.

7 POLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ K8-KUNTIEN ALUEELLA

Selvityksessä kattiloiden omistajilta saatiin tiedot polttoainemääristä litroina, kilogrammoina tai kuutioina vuodessa. Nämä saadut luvut kerrottiin taulukossa 1 annetuilla lämpöarvoilla, jotta saataisiin laskettua saatu energiamäärä gigawattitunteina vuodessa. Joidenkin kattiloiden osalta tietoja saatiin tuotettuna energiamääränä eli megawattitunteina vuodessa. Energiamäärä haluttiin gigawattitunteina päästöjen laskentaa varten, joten megawattitunteina saatu energiamäärä jaettiin tuhannella. Jotkut antoivat tietoja esimerkiksi palaturpeen määristä kuutioina. Taulukossa 1 tämä lämpöarvo palaturpeen osalta on muodossa GWh/kg. Tällöin kuluneen palaturpeen määrä piti kertoa annetun lämpöarvon lisäksi palaturpeen tiheydellä kg/irto-m³.

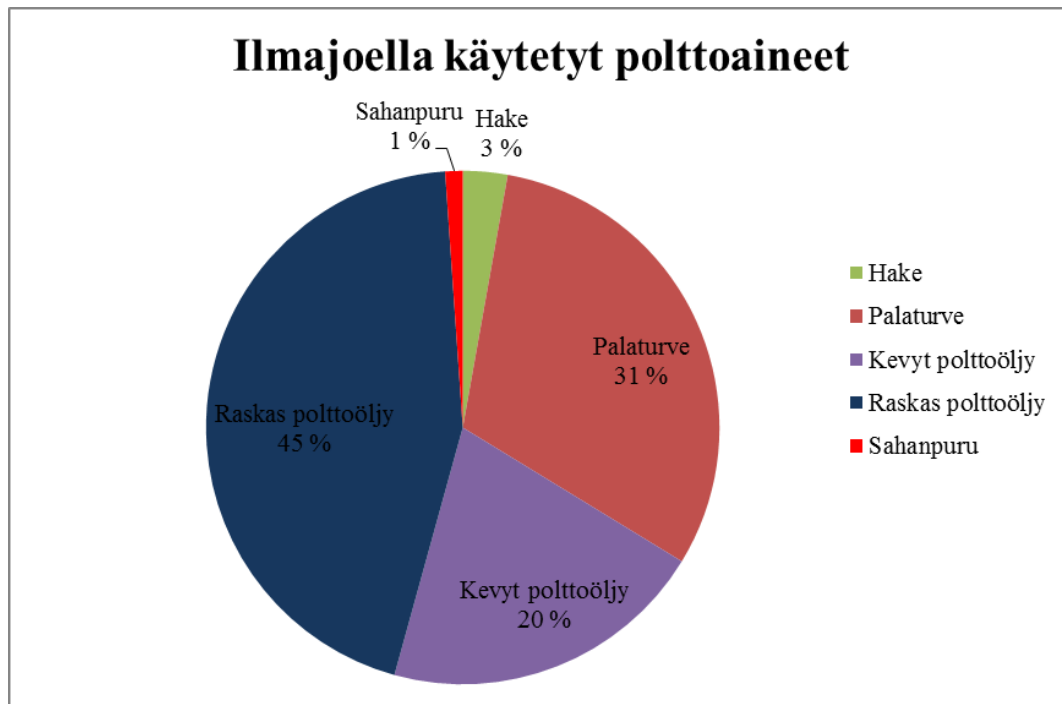
7.1 Polttoaineiden käytön jakautuminen kuntien alueella



Kuva 6. Alavudella käytetyt polttoaineet.

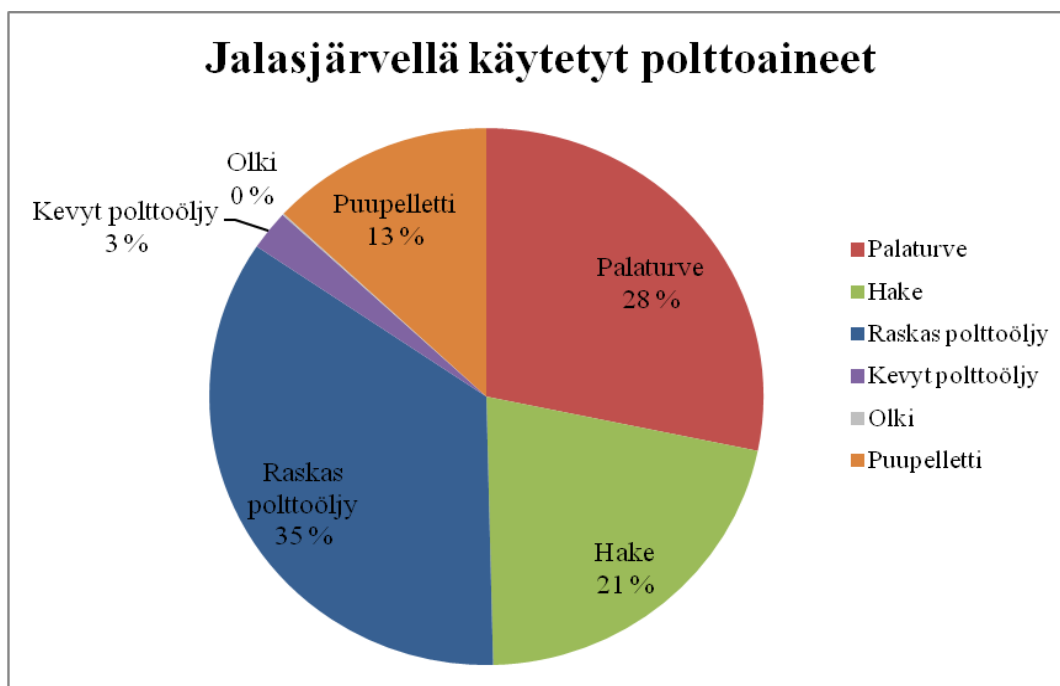
Alavudelta saatujen tietojen perusteella raskas polttoöljy oli yleisin käytetty polttoaine kunnan alueen kattiloissa (Kuva 6). Alavudella polttoaineteholtaan 500kW – 5 MW suuruisia lämpökattiloita oli 7 kappaletta. Niistä saatu energiamäärä oli 3 485 MWh vuodessa. Alavudella haketta, palaturvetta ja raskasta polttoöljyä käyttävät laitokset olivat noin 1 MW tehoisia ja ne toimivat

pääkattiloina. Kevyttä polttoöljyä käyttävät kattilat olivat kaikki varakattiloina, joita käytetään vain hetkellisesti.



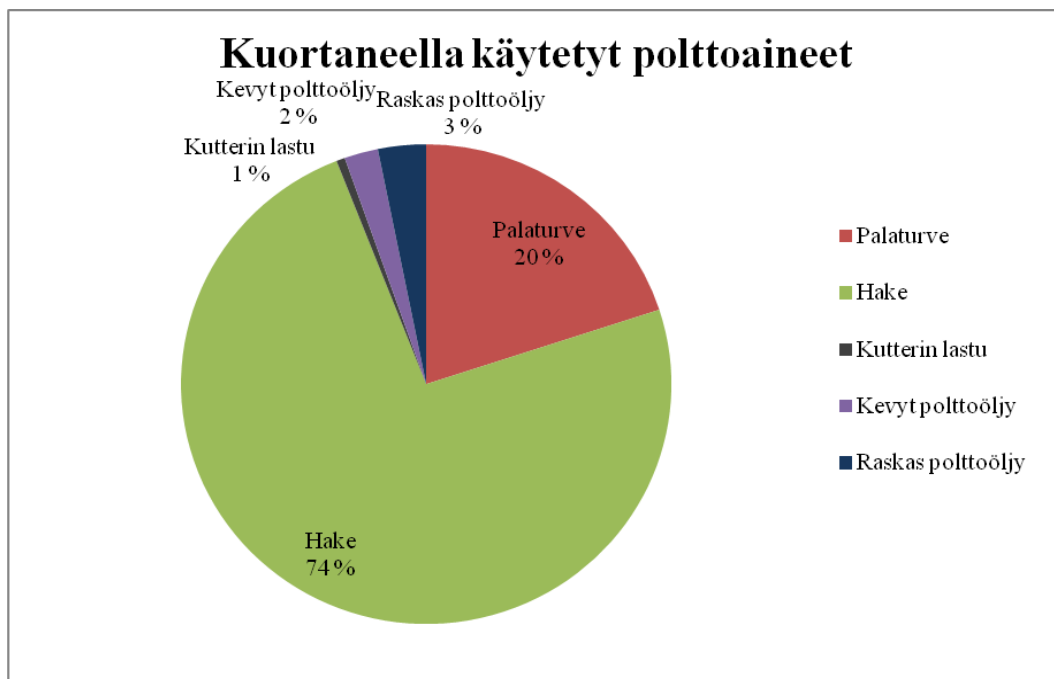
Kuva 7. Ilmajoella käytetyt polttoaineet.

Ilmajoella käytetään selvityksen kattiloissa polttoaineena yleisimmin raskasta polttoöljyä (Kuva 7). Vuodessa energiaa selvityksen kattiloista saadaan yhteensä 13 702 MWh. Ilmajoella 500 kW – 5 MW tehoisia lämpökattiloita on 18 kappaletta. Ilmajoella palaturvetta pääpolttoaineena käytti selvityksen kattiloista vain 4 kattilaa. Ilmajoella osa kaukolämpölaitoksen kattiloista kuuluu tähän selvitykseen.



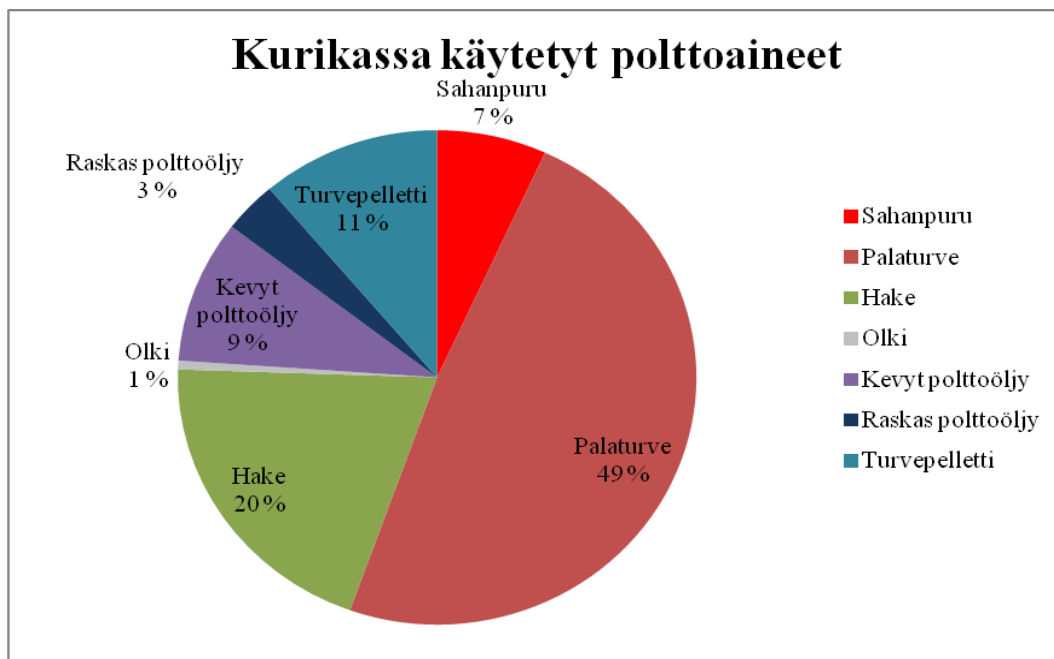
Kuva 8. Jalasjärvellä käytetyt polttoaineet.

Jalasjärvellä käytetyin polttoaine nimellisteholtaan 500 kW – 5 MW suuruisissa kattiloissa oli raskas polttoöljy (Kuva 8). Näitä kattiloita Jalasjärveltä löytyi 17 kappaletta. Saatu energiamäärä on 13 780 MWh vuodessa. Jalasjärvellä kotimaisia polttoaineita käyttävät kattilat olivat teholtaan pienempiä kuin raskasta polttoöljyä käyttävät kattilat.



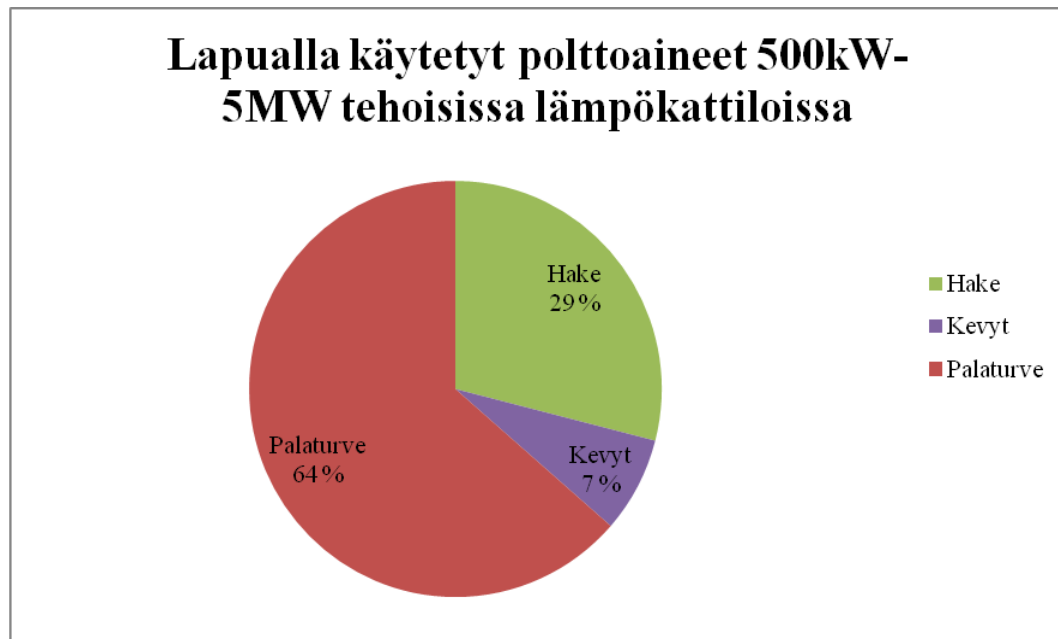
Kuva 9. Kuortaneella käytetyt polttoaineet.

Kuortaneella selvityksen kattiloissa eniten käytetty polttoaine on hake (Kuva 9). 500 kW – 5 MW tehoisia lämpökattiloita löytyi 9 kappaletta. Kattiloissa tuotettu energiamäärä vuodessa on 15 767 MWh. Kuortaneella kevyttä ja raskasta polttoöljyä käyttävät kattilat olivat lähinnä varakattiloita.



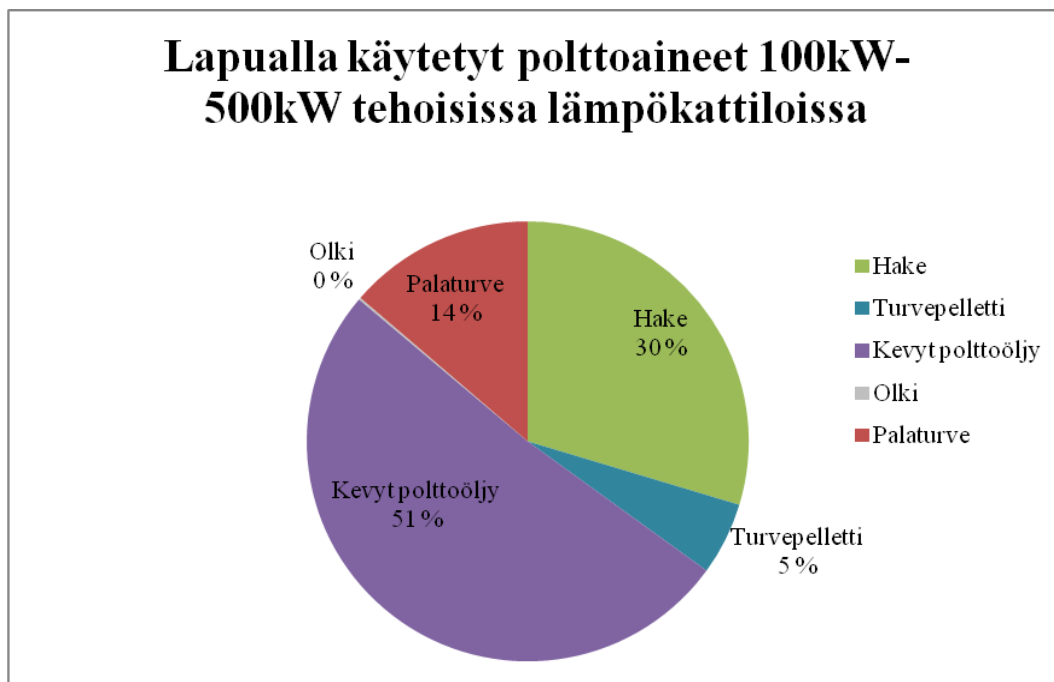
Kuva 10. Kurikassa käytetyt polttoaineet.

Kurikassa eniten käytetty polttoaine, selvityksen kattiloissa, on palaturve (Kuva 10). Kattiloita Kurikassa selvityksessä ilmeni olevan 25 kappaletta. Niissä tuotettu energiamäärä vuodessa on 16 928 MWh. Kurikassa selvityksen fossiilisen polttoaineen kattilat olivat varakattiloita ja huipputehon tarpeen kattiloita. Selvityksessä Kurikan alueen kattiloihin lukeutuvat myös Jurvan alueen kattilat. Kurikka ja Jurva yhdistyivät Kurikan kaupungiksi kuntaliitoksessa vuonna 2009 (Kurikan kaupunki 2009).



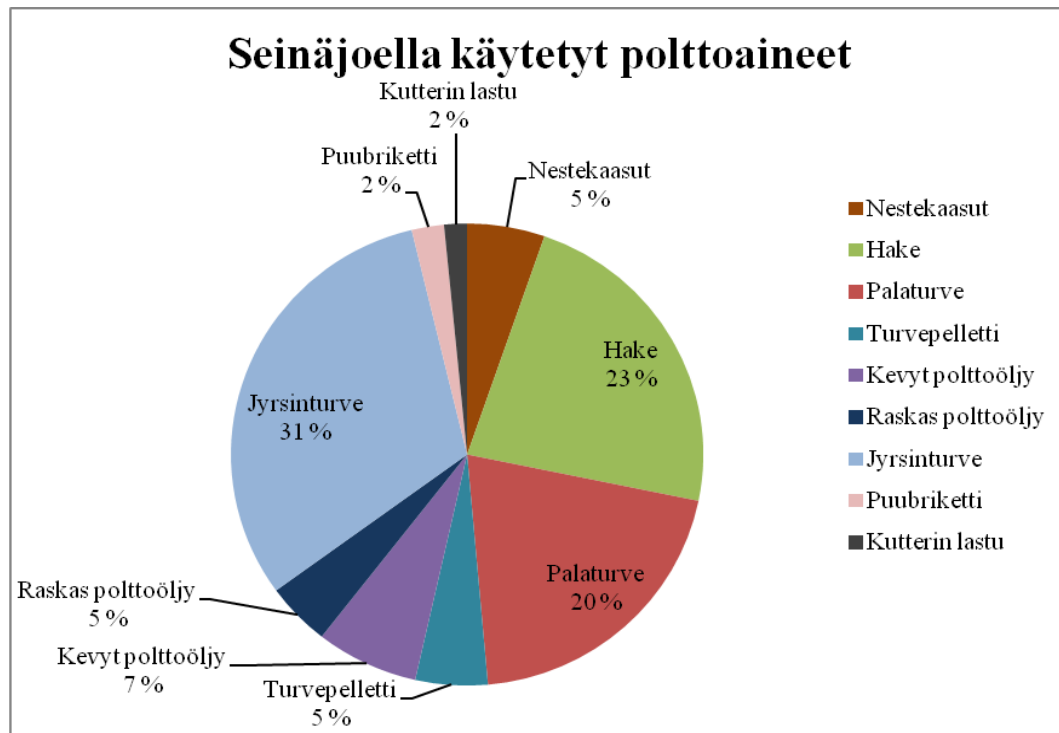
Kuva 11. Lapualla käytetyt polttoaineet 500 kW – 5 MW tehoisissa lämpökattiloissa.

Lapuan osalta tietoja kerättiin 500 kW – 5 MW tehoisista lämpökattiloista ja 100 kW – 500 kW tehoisista lämpökattiloista. 500 kW – 5 MW tehoisia kattiloista Lapualta löytyi 5 kappaletta. Niistä saatu vuotuinen energiamäärä on 4 103 MWh. Eniten käytetty polttoaine selvityksen kattiloissa on palaturve (Kuva 11).



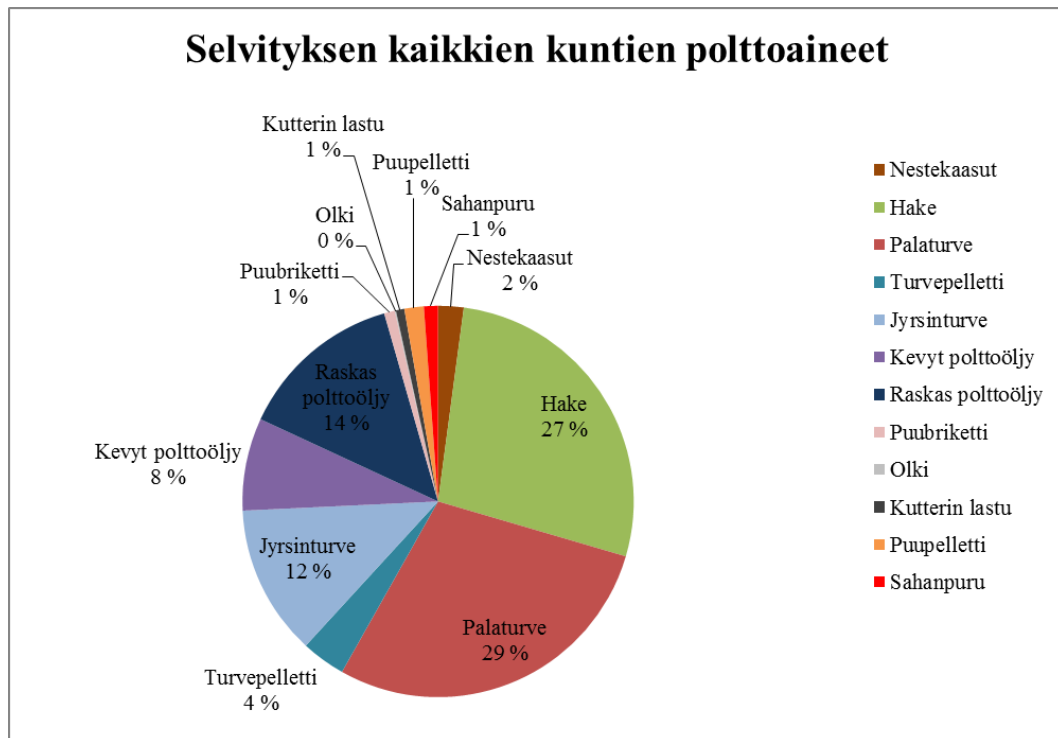
Kuva 12. Lapualla käytetyt polttoaineet 100 kW – 500 kW tehoisissa lämpökattiloissa.

Selvityksessä Lapuan osalta kerättiin tiedot myös 100 kW – 500 kW tehoisista lämpökattiloista. Niissä eniten käytetty polttoaine on kevyt polttoöljy (Kuva 12). Suurin osa viljankuivaamoiden kattiloista on 100 kW – 500 kW tehoisia. Niissä käytetään polttoaineena yleisimmin kevyttä polttoöljyä. Viljaa käytetään lähinnä seospolttoaineena, siksi siitä saatu energiamäärä näkyy kuvassa niin pienenä (Kuva 12). Kattiloiden lukumäärä viljankuivaamot mukaan lukien on 119 kappaletta. Näistä yhteensä saatu energiamäärä vuodessa on 16 704 MWh. Lapualta 3 henkilöä kieltäytyi antamasta tietoja selvitykseen.



Kuva 13. Seinäjoella käytetyt polttoaineet.

Seinäjoella 500 kW – 5 MW laitoksia on yhteensä 41 kappaletta. Niistä saadaan yhteensä 44 790 MWh energiaa vuodessa. Yleisimmin käytetty polttoaine selvityksen kattiloissa Seinäjoella on jyrsinturve (Kuva 13). Raskasta ja kevyttä polttoöljyä käytetään Seinäjoella varakattiloiden lisäksi viljankuivaamoissa ja lisätehon tarpeessa energiankulutuksen huippujen tasaamiseen. Nestekaasua käytetään yhteensä 6 kattilassa Seinäjoella. Seinäjoen tietoihin kuuluvat myös Ylistaron, Nurmon ja Peräseinäjoen alueiden kattilat kuntaliitoksen vuoksi.



Kuva 14. Selvityksen kaikkien kuntien polttoaineet.

Selvityksessä K8-kuntien alueen 500 kW – 5 MW tehoisissa kattiloissa käytetään yleisimmin polttoaineena palaturvetta. Turpeen käyttö eri muodoissa kattaa selvityksen kattiloista noin 45 prosenttia (Kuva 14). Yhteensä näistä kattiloista saadaan energiaa vuodessa 112 554 MWh. Näitä kattiloita on K8-kuntien alueella (lukuun ottamatta Kauhavan aluetta) yhteensä 122 kappaletta. Polttoaineiden kirjo on selvityksen kattiloissa laaja. Polttoaineista on kerrottu luvussa 3.

7.2 Hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon vertaaminen

Taulukko 4. Hajautetun energiantuotannon ja keskitetyn energiantuotannon vertaaminen K8-kunnissa.

(Seinäjoen Energia Oy 2011; Kauhavan Kaukolämpö Oy 2011; Lapuan Energia Oy 2011; Kurikan Kaukolämpö Oy 2011; Kuortaneen Energiaosuuskunta Oy 2011; Alavuden Kaukolämpö Oy 2011; Jalasjärven Lämpö Oy 2011).

Kunta	Tuotettu energiamäärä alle 5 MW kattilat (MWh/a)	Tuotettu energiamäärä ympäristöluovallisissa kattiloissa (MWh/a)	Vertailu (%)
Alavus	3 485	30 650	10,21
Jalasjärvi	13 780	38 097	26,56
Ilmajoki	13 702	44 527	23,53
Kauhava	-	44 700	-
Kuortane	15 767	-	100
Kurikka	16 928	68 828	19,74
Lapua (500kW-5MW)	4 102	71 588	5,60
Lapua (100kW-5MW)	20 806	71 588	23,11
Seinäjoki	44 790	485 000	8,45

Taulukossa 4 on vertailtu selvityksen energiantuotantoa eli hajautettua energiantuotantoa sekä keskitettyä energiantuotantoa, eli kuntien kaukolämpölaitosten energiantuotantoa. Hajautetulla energiantuotannolla tarkoitetaan pienimuotoista energiantuotantoa. Pienimuotoisten eli hajautetun energiantuotannon kattiloiden nimellisteho vaihtelee kymmenistä kilowateista muutamiin megawatteihin. Hajautettu energiantuotanto määritelmä perustuu siihen, että kattilat sijaitsevat käyttökohteiden lähellä. (Poskiparta 2007.)

Taulukon 4 vertailuprosentilla tarkoitetaan hajautetun energiantuotannon määrää kokonaisenergiantuotannosta. Kokonaisenergiantuotannolla tarkoitetaan tässä hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon määrää. Vertailuprosentti on laskettu kaavalla 4.

(4)

$$\text{Vertailu \%} = \frac{\text{hajautettu energiantuotanto}}{\text{hajautettu energiantuotanto} + \text{keskitetty energiantuotanto}} \times 100 \%$$

8 POLTTOAINEIDEN PÄÄSTÖT

8.1 Hyötysuhde

Selvityksen kattiloiden hyötysuhteita ei tiennyt kuin muutaman kattilan omistaja. Niinpä selvityksen kattiloiden päästöt laskettiin Energiategohokkuussopimuksessa annettujen hyötysuhteiden avulla (Taulukko 5). Myös turpeen osalta on käytetty hyötysuhteena 80 prosenttia selvityksestä saatujen hyötysuhdetietojen perusteella. Turvetta myös poltetaan yleensä samoissa tai samanlaisissa kattiloissa kuin haketta. Keskimääräinen hyötysuhde määräytyy sen mukaan, paljonko kotimaisia polttoaineita ja fossiilisia polttoaineita käytetään energiantuotantoon (Taulukko 6). Kotimaisilla polttoaineilla tarkoitetaan uusiutuvia energianlähteitä sekä turvetta. Kotimaisten polttoaineiden hyötysuhteena on käytetty tässä 80 prosenttia ja fossiilisten 90 prosenttia (Taulukko 5).

Taulukko 5. Lämmitysjärjestelmien tavanomaiset hyötysuhteet.

(Motiva Oy 2010).

Lämmitystapa	Hyötysuhde
Kaukolämpö	100 %
Sähkölämmitys	100 %
Öljy- ja kaasukattilat	
- Tavanomainen kattila	87 %
- Matalalämpötilakattila	90 %
- Kaasukäyttöinen kondenssikattila	93 %
Kaksoispesäkattila	
- Öljylämmitys	80 %
- Puulämmitys	70 %
Pellettikattila	80 %
Hakekattila	80 %
Pilkekattila	70 %

8.2 K8- kuntien päästöt

Taulukossa 6 on esitetty kuntien kohdalta ainoastaan hiilidioksidipäästöt selvityksen kuntien osalta, sillä metaani- ja typpioksiduulipäästöt jäivät pääasiassa niin pieneksi, että KASVENER-laskentamalli ei niitä näyttänyt.

Taulukko 6. Hiilidioksidipäästöt selvityksen kunnissa.

Kunta	Keskimääräinen hyötysuhde (%)	Hiilidioksidipäästöt (1000 t CO ₂ -ekv)
Alavus	84,0	0,8
Ilmajoki	81,6	4,1
Jalasjärvi	83,7	2,9
Kuortane	80,2	1,4
Kurikka	81,3	4,4
Lapua 500kW-5MW	82,0	1,1
Lapua 100kW-500kW	85,1	3,5
Seinäjoki	81,8	11,5

Taulukko 7. Hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt selvityksen kuntien alueella.

	Keskimääräinen hyötysuhde (%)	Hiilidioksidi-päästöt (1000 t CO ₂ -ekv)	Metaanipäästöt (1000 t CO ₂ -ekv)	Typpioksiduulipäästöt (1000 t CO ₂ -ekv)
Selvityksen K8-kunnat	82,3	26,2	0,1	0,3

Metaani- ja typpioksiduulipäästöt saatiin kuitenkin laskettua päästöjen laskennassa laskettaessa kaikkien K8-kuntien tuotetun energiamäärän mukaan (Taulukko 7).

Päästö määrät vaihtelevat sen mukaan kuinka paljon käytetään fossiilisia polttoaineita tai turvetta polttoaineena ja kuinka suuri on uusiutuvien energianlähteiden osuus polttoaineista.

Taulukossa 7 on nähtävillä K8-kuntien pienten lämpökattiloiden vuodessa tuottamat päästöt. Siinä on nähtävillä hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt erikseen. Niiden yhteismäärä hiilidioksidiekvivalenttina on 26,6.

Taulukko 8. Hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen vertailu selvityksen ja kaukolämpölaitosten toimintakertomusten mukaan.

(Seinäjoen Energia Oy 2011; Kauhavan Kaukolämpö Oy 2011; Lapuan Energia Oy 2011; Kurikan Kaukolämpö Oy 2011; Kuortaneen Energiaosuuskunta Oy 2011; Alavuden Kaukolämpö Oy 2011; Jalasjärven Lämpö Oy 2011).

Kunta	Hiilidioksidipäästöt hajautetussa energiantuotannossa (1000 t CO ₂ -ekv)	Hiilidioksidipäästöt keskitetyssä energiantuotannossa (1000 t CO ₂ -ekv)	Vertailu (%)
Alavus	0,8	11,5	6,50
Ilmajoki	4,1	18,00	18,55
Jalasjärvi	2,9	13,9	17,26
Kauhava	-	6,5	-
Kuortane	1,4	-	100
Kurikka	4,4	25	14,97
Lapua 100kW- 500kW	1,1	22,41	4,68
Lapua 500kW-5MW	3,5	22,41	13,51
Seinäjoki	11,5	172,8	6,66

Taulukossa 8 on vertailtu selvityksen kuntien hiilidioksidipäästöjä selvityksen kataloissa eli hajautetussa energiantuotannossa keskitetyn energiantuotannon eli kaukolämpölaitosten hiilidioksidipäästöihin.

Kuortaneen osalta keskitetystä energiantuotannosta eli kaukolämpölaitoksilta ei ole merkitty hiilidioksidipäästöjä taulukkoon 8, sillä Kuortaneen alueen kaukolämpölaitos kuuluu tehonsa puolesta hajautetun energiantuotannon piiriin. Näin ollen Kuortaneen osalta päästöt hajautetusta ja keskitetystä energiantuotannosta on merkitty taulukon 8 hajautetun energiantuotannon osioon.

Kurikassa, Lapualla, Seinäjoella, Alavudella, Ilmajoella ja Jalasjärvellä osa kaukolämpölaitoksista kuuluu selvityksen piiriin. Näiden kuntien osalta saatiin tiedot kaukolämpölaitoksilta syntyvistä hiilidioksidipäästöistä. Näistä hiilidioksidipäästöistä vähennettiin ne hiilidioksidipäästöt, jotka olivat selvityksessä laskettu kaukolämpölaitoksen kattiloiden osalle.

Kauhavalta saatiin tiedot keskitetystä energiantuotannosta (Taulukko 8). Taulukon 7 mukaan K8-kuntien osalta hajautetusta energiantuotannosta tulee hiilidioksidipäästöjä keskitettyyn energiantuotantoon verraten 6,5 prosentista 100 prosenttiin. Tämän perusteella Kauhavan alueen alle 5 MW tehoisten kattiloiden hiilidioksidipäästöjä ei pystytä arvioimaan. Kauhavan alueen keskitetyn energiantuotannon hiilidioksidipäästöt ovat peräisin Alahärmän ja Kauhavan kaukolämpölaitoksilta, jotka ovat tehonsa puolesta ympäristöluvassa. Ne ovat siis yli 5 MW tehoisia.

Taulukon 8 vertailuprosentilla tarkoitetaan hajautetun energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen määrää kokonashiilidioksidipäästöistä energiantuotannossa. Hiilidioksidipäästöjen vertailuprosentti on laskettu kaavalla 5.

(5)

Vertailu %

$$= \frac{\text{hajautetun energiantuotannon CO}_2 \text{ - päästöt}}{\text{hajautetun energiantuotannon CO}_2 \text{ - päästöt} + \text{keskitetyn energiantuotannon CO}_2 \text{ - päästöt}} \times 100 \%$$

9 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET K8-KUNTIEN ALUEELLA

Selvityksessä kävi ilmi, että K8-kuntien alueella käytetään varsin monipuolisesti erilaisia polttoaineita. Uusiutuvista polttoaineista ei lasketa tulevan hiilidioksidipäästöjä niiden hiilineutraaliuden vuoksi. Turve, jonka lasketaan olevan hitaasti uusiutuva polttoaine, selvisi olevan varsin paljon käytetty polttoaine K8-kuntien 500 kW – 5 MW tehoisissa lämpökattiloissa. Sen käyttö eri muodoissa kattaa noin 45 prosenttia kaikkien selvityksen kattiloiden polttoaineiden tuottamasta energiamäärästä (Kuva 14). Sen ominaispäästökerroin on 367 – 381 grammaa hiilidioksidia yhtä kilowattituntia kohden (Taulukko 1).

Taulukko 9. Mahdolliset päästövähennyskohteet.

Polttoaine	Tuotettu energiamäärä (MWh/a)	Hiilidioksidipäästövähennys (1000 t CO ₂ -ekv)	Metaanipäästövähennys (1000 t CO ₂ -ekv)	Typpioksiduulipäästövähennys (1000 t CO ₂ -ekv)
Turve	50 342	19	0,0	0,2
Fossiiliset polttoaineet	26 358	7,2	0,0	0,1
Yhteensä	76 700	26,2	0,1	0,3

Taulukossa 9 on nähtävillä KASVENER-laskentamallin avulla laskettuja oletettuja päästövähennyksiä. Uusiutuvat energianlähteet ovat hiilivapaita polttoaineita, joten niiden käyttöä vähentämällä ei saada aikaan kasvihuonekaasupäästövähennyksiä. Sen sijaan uusiutumattomat energianlähteet eli fossiiliset polttoaineet ja hitaasti uusiutuvat energianlähteet eli turvepolttoaineet aiheuttavat palaessaan kasvihuonekaasupäästöjä. Sen vuoksi niiden mahdolliset päästövähennykset on laskettu taulukossa 9.

10 TULOSTEN LUOTETTAVUUS

Kuten opinnäytetyössä on käynyt ilmi, selvityksen tietokannan aikaan saamiseksi käytettiin parasta saatavilla olevaa lähdeaineistoa. Lähdeaineisto saattoi kuitenkin olla osassa kunnista vanhaa ja tämän vuoksi lopputuloksiin saattoi syntyä virhettä.

Selvityksen hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt on laskettu energiatehokkuussopimuksessa määritellyillä keskimääräisillä hyötysuhteilla. Hyötysuhteet saattavat vaihdella selvityksen kattiloissa niiden iän, käyttöasteen ja kattilatyypin perusteella. Hyötysuhde voi vaihdella myös polttoaineen ominaisuuksien vuoksi. Tästä johtuen lasketut päästöt eivät välttämättä ole täysin paikkansa pitäviä.

Alueen metsiin ja soihin sitoutuu hiilidioksidia. Tässä työssä ei ole arvioitu, kuinka suuri osa alueen alle 5 MW tehoisten kattiloiden fossiilisten polttoaineiden ja hitaasti uusiutuvien polttoaineiden käytöstä johtuvista päästöistä sitoutuu niihin. Sillä tavoin alle 5 MW kattiloista tulevia päästöjä ei ole arvioitu ympäristön kannalta. Selvityksen kasvihuonekaasupäästöt on kuitenkin laskettu ottaen huomioon uusiutuvien energianlähteiden hiilineutraalius.

Taulukossa 1 olevat polttoaineiden lämpöarvot perustuvat energiatehokkuussopimukseen. Lämpöarvot ovat täysin paikkansa pitäviä oletetussa polttoaineen kosteudessa. Lämpöarvo saattaa kuitenkin olla huonompi, mikäli käytetään liian kostea polttoainetta. Varsinkin kaukolämpölaitoksilla tarkkaillaan polttoaineen laatua, mutta kaikki polttoaineen ostajat eivät sitä välttämättä tee. Monet lämpökattiloiden omistajat käyttävät itse tuotettua polttoainetta, kuten haketta tai turvetta. Tällöin polttoaineen kosteuspitoisuutta ei välttämättä seurata niin tarkasti. Jos polttoaineen kosteuspitoisuus on suuri, silloin lämpöarvo on matalampi. Siinä tapauksessa samasta polttoainemäärästä saadaan tuotettua vähemmän energiaa kuin kuivemmasta polttoaineesta.

Joidenkin kattiloiden omistajien oli hankala kertoa tarkalleen, paljonko polttoainetta on käytetty vuoden aikana. Tätä ilmeni lähinnä hakkeen ja sahanpurun käytön yhteydessä. Sahanpurua käytetään tavallisesti puuteollisuudessa, jossa sahanpurua syntyy vähitellen. Jos tarkkaa kulunutta hakkeen määrää ei osattu kertoa, se johtui siitä, että polttoaine tehdään itse ja vähitellen. Näistä polttoaineista ei kui-

tenkaan synny laskennassa mukaan otettavia hiilidioksidipäästöjä. Tämä asia aiheuttaa virhettä ainoastaan tuotettuun energiamäärään selvityksessä.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

K8-kuntien alueelle on ominaista, että selvityksen teholuokan eli alle 5 MW kattiloita on alueella paljon. Niiden sijainnista ei ole aiemmin ollut varmuutta. Ympäristöluvitettuja kattiloita ja niiden päästöjä ei ole tutkittu tämän opinnäytetyön selvityksessä. Niiden kasviuonekaasupäästöt on laskettu ympäristölupien yhteydessä (YSA 14 §:n 1 mom. kohta 7). Alle 5 MW tehoisista kattiloista haluttiin selvittää saatu energiamäärä vuodessa sekä kasviuonekaasupäästöt. Niillä ei ole seurantavelvoitteita eikä näin ollen ole tietoa paljonko näistä kattiloista syntyy päästöjä.

Tässä opinnäytetyössä tehdyn selvityksen tarkoituksena oli tuottaa tietoa kuntien käyttöön sekä mahdolliseen hankesuunnitteluun. Selvitys saattaa poikia uusia selvityksiä ja kehittämistyötä. Aineisto on mittava ja jatkuvan muutoksen alla, joten sitä on vaikea pitää yllä kuntien rajallisten resurssien vuoksi.

11.1 Johtopäätökset

Kevyen polttoöljyn käyttö viljankuivaamoiden kattiloissa koetaan olevan helpoin ratkaisu. Kattiloiden toteutus kotimaisella polttoaineella toimiviksi on kallista verraten siihen, että viljankuivaamoita käytetään vuodessa niin lyhyen ajan.

Kuortaneen osalta kaikki kaukolämpölaitoksen kattilat ovat alle 5 MW suuruisia. Näin ollen niillä ei ole ympäristölupaa. Niissä tuotettu energiamäärä on sisällytetty taulukossa 4 alle 5 MW kattiloiden tuotettuun energiamäärään. Keskitetyllä energiantuotannolla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä lähinnä kunnan kaukolämpölaitoksia, jotka tuottavat lämpöenergiaa isoille alueille. Kaukolämpökattilat ovat teholtaan yleensä suurempia kuin yksittäisten yritysten tai maatalouksien omistuksessa olevat kattilat. Niissä myös tuotetaan pääpiirteissään enemmän energiaa vuoden aikana kuin pienemmissä kattiloissa.

Kurikan, Jalasjärven, Alavuden, Seinäjoen, Ilmajoen ja Lapuan kuntien alueella muutama pienempi kaukolämpölaitoksen kattila kuuluu selvityksen alueeseen, mutta niiden osuus keskitetystä energiantuotannosta on vähennetty saatujen

tietojen perusteella. Tiedot hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon osalta näistä kunnista löytyvät taulukosta 4.

Kauhavan osalta saatiin tiedot keskitetystä energiantuotannosta (Taulukko 4). Hajautetun energiantuotannon määrää Kauhavalla ei pystytä arvioimaan Kauhavan keskitetyn energiantuotannon perusteella. Sitä ei pystytä arvioimaan muidenkaan K8-kuntien keskimääräisen hajonnan perusteella. Hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon vertailuprosentti vaihtelee välillä 5,6 – 100 prosenttia (Taulukko 4). Kauhavaan kuuluvat myös Alahärmän, Ylihärmän ja Korttesjärven entiset kunnat. Korttesjärvellä, Alahärmässä ja Kauhavalla on omat kaukolämpölaitoksensa. Alahärmässä ja Kauhavan taajamassa olevat kaukolämpölaitokset ovat ympäristöluvassa tehojensa puolesta. Kauhavan keskitetyn energiantuotannon määrä tulee siis niiden laitosten tuotannosta.

Hajautetusta energiantuotannosta saatavaa energiamäärää ja päästöjä haluttiin verrata keskitetystä energiantuotannosta saatavaan energiamäärään sekä syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Hajautettu ja keskitetty energiantuotanto sekä niiden päästöt vaihtelevat kunnissa (Taulukot 4, 7 ja 8). Tähän on syynä muun muassa se, että osassa K8-kunnista selvitykseen kuuluvia kaukolämpölaitosten kattiloita oli enemmän kuin toisissa.

11.2 Pohdinta

Seinäjoen seudun ilmastostrategian esiselvityksen mukaan vanhojen öljykattiloiden vaihtaminen uusiin ja tehokkaampiin öljykattiloihin saattaisi olla tehokas keino päästöjen vähentämiseksi K8-kuntien alueella. Kun kattila on tehokkaampi, se tuottaa samasta määrästä polttoainetta enemmän energiaa kuin vanhemman mallinen kattila. Kasvihuonekaasupäästöt vähenevät kun fossiilisia polttoaineita käytetään vähemmän. (Lundgren, Huovari 2010b, 194.)

Fossiilisen polttoaineen kattiloita on tällä hetkellä K8-kuntien alueella selvityksen mukaan 92 kpl. Osa näistä kattiloista on melko uusia. Öljykattiloiden teknistä taloudellista käyttöikä vaihtelee 20 vuodesta 25 vuoteen ja öljypolttimen käyttöikä 10 vuodesta 12 vuoteen (Neste Oil Oyj 2012).

Öljykattiloiden pitkäikäisyyden vuoksi öljylämmittäjät eivät ehkä ole halukkaita vaihtamaan kattiloitaan uusiin kotimaisen polttoaineen kattiloihin, ennen edeltävän kattilan hajoamista. Energia-avustusten ja energiatukien avulla öljylämmittäjät voisivat olla innokkaampia vaihtamaan kattiloitaan kotimaisten polttoaineiden kattiloihin.

Mikäli fossiilisten polttoaineiden kattiloita vaihdettaisiin puupolttoaine- tai muiksi biopolttoainekäyttöisiksi, saataisiin aikaan hiilidioksidipäästövähennyksiä 7,2 hiilidioksidiekvivalenttitonnin verran (Taulukko 9). Typpioksiduulipäästövähennyksiä saataisiin aikaan 0,1 hiilidioksidiekvivalenttitonnia (Taulukko 9). Tämä ei kuitenkaan ole toteutettavissa ainakaan kovin lyhyellä aikavälillä. Esimerkiksi viljan-kuivaamoiden kattiloiden vaihtaminen puu- tai muihin biopolttoainekattiloihin vaatii varastotilaa ja kalliin kattilarakenteen. Helpoiten tällaiset kattilat viljan-kuivaamoihin olisi toteutettavissa muun lämpökeskuksen yhteyteen. Viljan-kuivaamoita ei yleensä rakenneta kovin lähelle muita lämpökeskuksia, vaan sinne missä pellot sijaitsevat. Fossiilisia polttoaineita, kuten polttoöljyä pidetään kallistuvasta hinnasta huolimatta varmoina ja huoltovapaina polttoaineina. K8-kuntien alueen alle 5 MW kattiloiden hiilidioksidipäästöistä 27,5 prosenttia aiheutuu fossiilisten polttoaineiden poltosta.

Turvekäyttöisten kattiloiden määrän arvioiminen on hankalaa, sillä selvityksen turvekattiloissa poltetaan yleensä myös haketta. Turpeen vaihtaminen puu- tai muihin biopolttoaineisiin saisi aikaan 19 hiilidioksidiekvivalenttitonnin suuruiset hiilidioksidipäästövähennykset ja 0,3 hiilidioksidiekvivalenttitonnin typpioksiduulipäästövähennykset (Taulukko 9). Turve on K8-kunnissa suuressa suosiossa. Sen käyttö kattaa selvityksen polttoaineista 45 prosenttia (Kuva 14).

Turpeen vaihtaminen puu- tai muihin biopolttoaineisiin ei olisi helppoa. Turpeen käyttöä puoltavat K8-kuntien alueella muun muassa turvetuotannon suuri määrä ja sen työllistävyys. Turpeen edullinen hinta ja palaturpeen helpohko varastointi edesauttavat asiaa myös. Turpeen käyttöä vastustava tekijä on sen ominaispäästökerroin ja siten koituvat hiilidioksidipäästöt. Turpeen ominaispäästökerroin on suurempi kuin esimerkiksi kivihiilellä (Taulukko 1). Tässä ei kuitenkaan ole otettu huomioon turvesoiden hiilidioksidin sitomiskykyä ja varastoja, eli hiilinieluja.

Turvetta ja uusiutuvaa puubiomassaa voidaan polttaa samanlaisissa kattiloissa. Turpeen osuus selvityksen kattiloiden päästöistä on 72,5 prosenttia. Koko Etelä-Pohjanmaan maakunnassa turpeen hiilidioksidipäästöjen osuus oli kaikkien ympäristöluvassa olevien kattiloiden osalta vuonna 2005 noin 35 prosenttia (Etelä-Pohjanmaan liitto 2008, 51.)

Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuusstrategia pyrkii 100 prosentin energiaomavaraisuuteen vuoteen 2030 mennessä. Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuusstrategian mukaan Etelä-Pohjanmaan energiapotentiaalista hyödynnettiin vuonna 2005 noin 49 prosenttia. Sadan prosentin energiaomavaraisuus vuoteen 2030 mennessä on mahdollista saavuttaa alueen energiapotentiaalin vuoksi. (Etelä-Pohjanmaan liitto 2008, 52.)

Alueen energiaomavaraisuusstrategian mukaan Etelä-Pohjanmaan metsistä on hyödynnettävissä puuenergiaa noin 820 GWh. Tämän puuenergiamäärän käyttöön ottaminen on kuitenkin epärealistista ottaen huomioon alueen metsätyypit ja metsärakenteen. Vuonna 2008 ainoastaan 40 prosenttia alueella tuotetusta turpeesta käytettiin omassa maakunnassa. (Etelä-Pohjanmaan liitto 2008, 24.)

Alueen energiaomavaraisuuteen olisi mahdollista päästä turpeen käytön avulla. Turpeen poltosta koituvat päästöt kuitenkin luovat ristiriidan alueen energiaomavaraisuuden ympäristöystävällisyydelle sekä kansallisen ja alueellisen ilmastostrategian päästövähennystavoitteelle.

Seinäjoen seudun ilmastostrategiassa on laskettu päästöt myös liikenteen hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöistä. Näitä päästöjä tuli liikenteestä vuonna 2007 K8-kuntien alueella 543 243,56 hiilidioksidiekvivalenttitonnia. (Lundgren & Huovari 2010b.)

Alle 5 MW tehoisten kattiloiden hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt olivat selvityksen mukaan yhteensä 26,6 hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Hajautetun eli pienten kattiloiden päästöjen osuus verraten K8-kuntien liikenteen päästöjen määrään on vain noin 0,005 prosenttia. Hajautetun energiantuotannon päästöt verrattuna liikenteen päästöihin ovat minimaaliset. Mikäli päästöjä aiotaan vähen-

tää alueella huomattavasti, olisi syytä kiinnittää huomiota esimerkiksi liikenteessä käytettyihin polttoaineisiin ja vaihtoehtoisten biopolttoaineiden kehittämiseen.

LÄHTEET

Kirjat

Alakangas, E., Erkkilä, A., Flyktman, M., Helynen, S., Hillebrand, K., Kallio, M., Lappalainen, I., Marjaniemi, M., Nystedt, Å., Oravainen, H., Puhakka, A. & Virkkunen, M. 2007. Puupolttoaineiden pienkäyttö. Helsinki. Tekes.

Amk-kustannus Oy Tammertekniikka 2005. 5. Uudistettu painos. Tekniikan kaavasto. Hämeenlinna. Karisto Oy.

Hanhila, J. 2011 - 2012. Valokuvat marraskuu 2011 – tammikuu 2012.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. 5. Painos. Höyrykattilatekniikka. Helsinki. Oy Edita Ab.

Häggman, M., Näse J., Törnqvist J. 2007. Lämmitä puulla oikein! Ei savua ilman tulta, mutta kyllä tulta ilman savua. Vaasa. Oy KEAB-PAPER Ab.

Kaukolämpölaitosten toimintakertomukset:

Alavuden kaukolämpö Oy 2011. Toimintakertomus 2010.

Jalasjärven Lämpö Oy 2011. Toimintakertomus 2010.

Kauhavan kaukolämpö Oy 2011. Toimintakertomus 2010.

Kuortaneen Energiaosuuskunta Oy 2011. Toimintakertomus 2010.

Kurikan kaukolämpö Oy 2011. Vuosiraportti ympäristöasioista 2010.

Lapuan Energia Oy 2011. Toimintakatsaus 1.1.-31.12.2010.

Kauppa- ja teollisuusministeriö 2/2001. Kansallinen Ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. Helsinki. Oy Edita Ab.

Kuntaliitto 2007. KASVENER- laskentamallin ohje.

Pahkala, K. Partala, A., Suokannas, A., Klemola, E., Kalliomäki, T., Kirkkari, A-M., Sahramaa, M., Isolahti, M., Lindh, T. & Flyktman, M. 2002. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. Maa- ja elintarviketalous 1. MTT.

Savolainen, I., Vuori, S., Abdurafikov, R., Alanen, R., Baschwitz, A., Delpech, M., Forsström, J., Helynen, S., Hänninen, S., Kirkinen, J., Kiviluoma, J., Koljonen, T., Koreneff, G., Kärkkäinen, S., Langlois, J-P., Lindroos, T., Loaec, C., Rischer, H., Rosenberg, R., Ruska, M., Sahay, A., Similä, L., Sipilä, K. & Solanko, R. 2010. Energy visions 2050. Porvoo. VTT.

Tuuri, J. 2012. Toimitusjohtaja. Kauhavan Kaukolämpö Oy. Haastattelu 24.1.2012.

Vapo Oy 2005. Pellettikirja - Ajatuksia ja ohjeita taloudelliseen puulämmitykseen. Jyväskylä. Vapo Oy.

Viirimäki, J., Hassinen, U., Hiitelmä, J., Kauppinen, V-P., Koskiniemi, E., Moilanen, P., Somerpalo, J., Turkia, K. & Vanhala, T. 2008. Maatilan hakelämmitysopas. Tampere. Metsäkeskus.

Yli-Petäys, M. 2010. Seinäjoen seudun ilmastostrategia -esitelmä.

Yli-Petäys, M. 2011. Seinäjoen seudun ilmastostrategia -esitelmä. Kuntien esittelykierros -seminaari. Jalasjärvi 17.10.2011.

Elektroniset julkaisut

AGA Oy 2010. Nestekaasuopas. Viitattu 10.11.2011. <http://vanha.edu.utu.fi/rokl/ttk/metalliteknologia/nestekaasuopas.pdf>

Agrimarket verkkosivusto 2011. Vapon turvepelletti. Viitattu 28.12.2011. http://www.agrimarket.fi/Maatalous_ja_Elaimet/Polttoaineet/Turvepelletti/Vapon_turvepelletti/

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045. Espoo. Viitattu 7.7.2011. <http://www.motiva.fi/files/685/t2045.pdf>

Anttila, P., Haaparanta, S., Kousa, A., Lahtinen, T. & Salonen, R. 2004. Ilmatieteen laitos. Hengityslaitos Heli ry. YTV. Ympäristöministeriö. Kansanterveyslaitos. Hiukkasia ilmassa- opas. Viitattu 6.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=22776>

Biofuelsb2b 2007. Typical calorific values. Viitattu 18.8.2011. http://www.biofuelsb2b.com/useful_info.php?page=Typic

CO2-raportti 2011a. Päästöt suuremmat kuin ”worst case”-skenaariossa – jopa +2 -6 astetta mahdollinen. Viitattu 8.11.2011. <http://www.co2-raportti.fi/>

CO2-raportti 2011b. Suomen ilmastopaneeli etenee. Viitattu 4.11.2011. http://www.co2-raportti.fi/?heading=Suomen-ilmastopaneeli-etenee&page=ilmastouutisia&news_id=3183/

Elda tulisijaopas 2009. Puu polttoaineena. Viitattu 19.8.2011. <http://www.elda.fi/polttopuu.htm>

Energiantuotanto.info verkkosivut 2010. Uusiutumaton energia. Viitattu 20.8.2011. <http://www.energiantuotanto.info/uusiutumaton-energia>

- Energiateollisuus verkkosivut 2011. Maakaasu. Viitattu 12.7.2011.
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/maakaasu>
- Energiateollisuus verkkosivut 2011. Öljy. Viitattu 25.7.2011.
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/oljy>
- Etelä-Pohjanmaan Energiatoimisto Thermopolis Oy 2011a. Ruokohelpi energiaksi. Viitattu 5.7.2011.
http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Uusiutuva_energia/Ruokohelpi.pdf
- Etelä-Pohjanmaan Energiatoimisto Thermopolis Oy 2011b. Viljakasvit ja Olki. Viitattu 5.7.2011.
http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Uusiutuva_energia/Viljakasvit_ja_olki.pdf
- Etelä-Pohjanmaan liitto 2008. Uusiutuvaa voimaa Etelä-Pohjanmaalle. Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämisstrategia. Viitattu 23.1.2012.
<http://www.epliitto.fi/upload/files/Energiaomavaraisuusstrategia.pdf>
- Flyktman, M. 2009. Turve Suomen kansantaloudessa. VTT. Viitattu 7.7.2011.
http://www.turveteollisuusliitto.fi/user_files2/Turve%20Suomen%20kansantaloudessa%2021102009%20%284%29.pdf
- Flyktman, M., Kärki, J., Hurskainen, M., Helynen, S. & Sipilä, K. 2011. Kivihii-
len korvaaminen biomassoilla yhteistuotannon pölypolttokattiloissa. VTT tiedot-
teita. Viitattu 15.7.2011.
[http://www.tem.fi/files/29530/Kivihiielen_korvaaminen_biomassoilla_yhteistuotan
non_polypolttokattiloissa_VTT.pdf](http://www.tem.fi/files/29530/Kivihiielen_korvaaminen_biomassoilla_yhteistuotan
non_polypolttokattiloissa_VTT.pdf)
- Gasum Oy verkkosivut 2011. Tasaisella kaasunkäytöllä edullisempaan tukkuhin-
taan. Viitattu 12.7.2011.
<http://www.gasum.fi/tuotteet/maakaasu/myynti/Sivut/Tukkuhinnoittelu.aspx>
- Härmälä, E. 2011. Työ- ja elinkeinoministeriö. Tiedote 281/2011. Viitattu
10.1.2012. http://www.tem.fi/index.phtml?105033_m=104932&s=4760
- Ilmasto.org verkkosivut 2011a. Epäsuorasti vaikuttavat kaasut. Viitattu 21.8.2011.
http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/perusteet/epasuorasti_vaikuttavat_kaasut.html
- Ilmasto.org verkkosivut 2011b. Kasvihuonekaasut. Viitattu 21.8.2011.
<http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/perusteet/kasvihuonekaasut.html>
- Ilmasto.org verkkosivut 2011c. Metaani. Viitattu 21.8.2011.
<http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/perusteet/kasvihuonekaasut/metaani.html>
- Ilmasto.org verkkosivut 2011d. Muut kaasut. Viitattu 20.8.2011.
http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/perusteet/kasvihuonekaasut/muut_kaasut.html

Ilmatieteen laitos verkkosivut 2010a. Halogenoidut hiilivedyt. Viitattu 20.8.2011.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/halogenoidut-hiilivedyt>

Ilmatieteen laitos verkkosivut 2010b. Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Viitattu 20.8.2011. <http://ilmatieteenlaitos.fi/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku>

IPCC 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Direct Global Warming Potentials. Viitattu 20.8.2011.
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html

Kurikan kaupunki verkkosivut 2009. Kuntaliitos 2009. Yhdistymisen asiakirjoja. Viitattu 29.1.2012.
<http://www.kurikka.fi/?c=1414&nv=2&ns=1324&nt=1414&lang=fi>

Lapin polttopuupörssi 2012. Laatuvaatimukset ja mittayksiköt, Metsäkeskus Lappi. Viitattu 13.1.2012. <http://www.polttopuuporssi.fi/index.php?page=2>

Lapuan Energia Oy verkkosivut 2011. Kaukolämpövuosi 2010. Viitattu 16.1.2012. <http://www.lapuanenergia.fi/News.aspx?action=read&newsid=9>

Lundgren, L., Huovari, N. 2010a. K8- kuntien seudullisen ilmastostrategian esiselvitys, Osa I. Viitattu 29.3.2011.
http://www.seinajoki.fi/ymparistonsuojelu/julkaisut_ja_raportit.html/33930.pdf

Lundgren, L., Huovari, N. 2010b. K8- kuntien seudullisen ilmastostrategian esiselvitys, Osa II. Viitattu 29.3.2011.
http://www.seinajoki.fi/ymparistonsuojelu/julkaisut_ja_raportit.html/33931.pdf

Lundgren, L., Huovari, N. 2010c. K8- kuntien seudullisen ilmastostrategian esiselvitys, Osa III. Viitattu 29.3.2011.
http://www.seinajoki.fi/ymparistonsuojelu/julkaisut_ja_raportit.html/33932.pdf

Motiva Oy verkkosivut 2011. Maakaasu. Viitattu 12.7.2011.
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maakaasu

Motiva Oy 2010a. Energiatehokkuussopimukset. Viitattu 5.1.2012.
http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/midcom-serveattachmentguid-1dffdfc5c1d0d5cfd5c11dfa338df744969bf7dbf7d/polttoaineiden_lampoarvot-hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat-19042010-pdf

Motiva Oy 2010b. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. Viitattu 28.10.2011.
http://www.motiva.fi/files/3193/Polttaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf

MTT 2008. Ruokohelvestä energiaa. Viitattu 5.7.2011.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/www/Hankkeet/Ruokohelvest%E4%20energia/Suojaa%20riistalle>

- Neste Oil Oyj verkkosivut 2011a. Päätuotteet. Viitattu 25.7.2011. <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,6691,6697>
- Neste Oil Oyj verkkosivut 2011b. Raakaöljyjen ominaisuuksia. Viitattu 25.7.2011. <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,88,10630,6683,6691,6699>
- Neste Oil Oyj verkkosivut 2012. Kattila ja poltin. Viitattu 23.1.2012. <http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2C2655%2C2710%2C2791%2C2797%2C3185%2C3189>
- Pellettiyhdistys verkkosivut 2011. Kivihiilen korvaaminen pelletillä tarpeen uusiutuvien tavoitteiden saavuttamiseksi. Viitattu 15.7.2011. http://www.pellettienergia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=177:pellettienergiayhdistys-kivihiilen-korvaaminen-pelletilla-tarpeen-uusiutuvien-tavoitteiden-saavuttamiseksi&catid=39:median-tiedotteet&Itemid=86
- Poskiparta, A. 2007. Thermopolis Oy. Pienimuotoinen energiantuotanto tuulivoimalaitoksella. Viitattu 22.1.2012. http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Uusiutuva_energia/Tuulivoimala_opas.pdf
- Raisio Oyj verkkosivut 2010. Raision hiilimerkki. Viitattu 20.8.2011. <http://www.raisio.com/www/page/4228>
- Salonen, S. 2009. Pääkattilan nuohouksen optimointi Kymijärven voimalaitoksella. Viitattu 14.12.2011. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3986/Salonen_Sakari.pdf?sequence=1
- Seinäjoen Energia Oy 2011. Toimintakertomus 2010. Viitattu 18.1.2012. <http://www.seinajoki.fi/energia/yritysinfo/.toimintakertomus.html/35071.pdf>
- Seinäjoen kaupunki 2008. Kaupunkisuunnittelu ja kaavoitus. Paikallisen energiantuotannon yleisselvitys. Viitattu 11.1.2012. <http://www.seinajoki.fi/energia/lampo/.viranomaisasiakirjat.html/26784.pdf>
- Silpola, J. 2007. Keski-Suomen turvevarat ja toimialan tulevaisuuden näkymät. Viitattu 23.1.2012. http://www.karstulanseutu.fi/Jaakko_Silpola.pdf
- Suomen Bioenergiayhdistys ry FINBIO 2006. Peltoenergiastrategia 2020. Viitattu 13.1.2012. <http://www.finbio.fi/GetItem.asp?item=digistorefile;135890;1030>>.
- Suorakanava Oy verkkosivut 2009. Lumo-Briketti – ympäristöystävällistä lämmitystä. Viitattu 19.7.2011. <http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=suorakanava/alku.aspx?nro=44/08te>
- Työ- ja elinkeinoministeriö verkkosivut 2011. Uusiutuvat energialähteet. Viitattu 19.8.2011. <http://www.tem.fi/index.phtml?s=2481>

United Nations Environment Programme 2007. Peatlands are Quick and Cost-Effective Measure to reduce 10 % of greenhouse emissions. Viitattu 18.8.2011. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=523&ArticleID=5723&l=en>

Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja (28/2009). Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Viitattu 29.3.2011. http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2009/j28-ilmasto-selonteko-j29-klimat-framtidsredogorelse-j30-climate_/pdf/fi.pdf

Vapo Oy 2011. Paikalliset polttoaineet. Ruokohelpi polttoaineena. Viitattu 5.7.2011. URL:<http://www.vapo.fi/filebank/3260-polttoesite.pdf>

Veljekset Ala-Talkkari Oy verkkosivut 2011. Lämmityslaitteiden lisävarusteet. Viitattu 14.12.2011. <http://www.ala-talkkari.fi/lalisavarusteet.html>

Virtuaalikoulu verkkosivut 2012. Polttoaineen lämpöarvo eli energiasisältö. Viitattu 22.1.2012. <http://virtuaalikoulu.kpedu.fi/yleisaineet/talotekniikka/Osa4.html>

VTT Energia ja Motiva Oy 2001. Polttoainevaihtoehdot liikennekäyttöön. Viitattu 14.12.2011. http://www.motiva.fi/liikenne/polttoaineet_ja_ajoneuvotekniikka/polttoaineet/maa_kaasu_ja_biokaasu

Ympäristöministeriö verkkosivut 2011a. Durbanin ilmastokokouksen lopputulos ylitti kaikki odotukset. Viitattu 10.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=400015&lan=fi>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2010a. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Viitattu 18.3.2011. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=216609&lan=fi&clan=fi>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2006. Jätteenpolton BREF. Viitattu 6.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=196331>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2011b. Kioton pöytäkirja. Viitattu 18.3.2011. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2011c. Suomen ilmastopolitiikka. Viitattu 18.8.2011. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=568&lan=fi>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2011d. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 9.1.2012. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=394585&lan=FI>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2011e. Pienet energiantuotantolaitokset. Viitattu 2.2.2012. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=25501&lan=fi>

Ympäristöministeriö verkkosivut 2010b. YK:n ilmastopimus. Viitattu 18.3.2011 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=564&lan=fi>

YSA 18.2.2000/169. Ympäristönsuojeluasetus. Asetus säädöstietopankki Finlexin sivuilla <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000169>.

