

Työ- ja elinkeinoministeriön
tukema kuntakatselmushanke
Dnro: 9090/31/2017
Päätöksen päivämäärä: 10.1.2018



Lappeenrannan kaupungin Uusiutuvan energian kuntakatselmus

Raportin päivämäärä: 18.9.2018

LCA Consulting Oy
Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
[www. LCA-Consulting.fi](http://www.LCA-Consulting.fi)

Sisällys

ESIPUHE	4
TERMIT JA LYHENTEET	5
1 YHTEENVETO	6
1.1 Katselmuskunta	6
1.1.1 Energiantuotannon ja -käytön nykytila	6
1.2 Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuudet	7
1.2.1 Uusiutuvien energialähteiden käytön nykytila ja lisäämispotentiaalit	7
1.2.2 Toimenpide-ehdotukset uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseksi	11
2 KOHTEEN PERUSTIEDOT	14
2.1 Yleistä	14
2.2. Rakentaminen sekä kaavoitustilanne	15
2.3 Elinkeinorakenne	17
2.4 Keskeisiä lähtötietoja energiantuotannosta ja -käytöstä	18
2.5 Keskeisiä lähtötietoja energiansäästöstä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä	19
2.5.1 Tehdyt toimenpiteet	20
2.5.2 Energiatehokkuussopimus ja kasvihuonekaasupäästöt	21
2.5.3 Suunnitellut toimenpiteet	21
3 ENERGIANTUOTANNON JA -KÄYTÖN NYKYTILA	22
3.1 Lähtötiedot	22
3.2 Sähköntuotanto	22
3.2.1 Sähkön erillistuotanto	22
3.2.2 Yhdistetty sähkö- ja lämmöntuotanto	22
3.3 Sähkönkulutus	24
3.3.1 Alueen merkittävimmät sähkönkuluttajat	24
3.3.2 Kaupungin sähkönkulutus	24
3.4 Lämmöntuotanto	24
3.4.1 Kaukolämmön tuotanto	25
3.4.2 Aluelämmön tuotanto	26
3.5 Kiinteistöjen lämmitys	30
3.5.1 Rakennuskanta	30
3.6 Energia- ja päästötaseet	32
3.6.1 Laskentaoletuksia	33
4 UUSIUTUVAT ENERGIALÄHTEET	38

4.1 Puupolttoaineet.....	38
4.1.1 Nykykäyttö.....	38
4.1.2 Varannot.....	39
4.1.3 Energiantuotantopotentiaali.....	40
4.2 Peltobiomassat.....	41
4.2.1 Nykykäyttö.....	41
4.2.2 Varannot ja energiantuotantopotentiaali.....	42
4.3 Biokaasu.....	43
4.3.1 Nykykäyttö.....	44
4.3.2 Varannot.....	44
4.3.3 Energiantuotantopotentiaali.....	47
4.4 Jätepolttoaineet.....	48
4.5 Tuulivoima.....	49
4.5.1 Nykykäyttö.....	49
4.5.2 Varannot.....	49
4.5.3 Energiantuotantopotentiaali.....	50
4.6 Aurinkoenergia.....	53
4.6.1 Nykykäyttö.....	54
4.6.2 Varannot.....	55
4.6.3 Energiantuotantopotentiaali.....	56
4.7 Vesivoima.....	57
4.8 Lämpöpumput.....	59
4.8.1 Nykykäyttö.....	60
4.8.2 Varannot.....	60
4.8.3 Energiantuotantopotentiaali.....	64
4.9 Teollisuuden hukkalämpö.....	64
4.9.1 Nykykäyttö.....	65
4.9.2 Varannot.....	65
4.9.3. Energiantuotantopotentiaali.....	65
4.10 Biopolttoaineet.....	66
4.11 Yhteenveto.....	67
5 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	68
5.1. Aurinkosähkö.....	68
5.2 Aurinkolämpö.....	69
5.3 Pellettilaitokset.....	70

5.4 Ilmalämpöpumput	71
5.5 Hybridiratkaisut	72
6 TOIMENPITEIDEN RAHOITUSMALLIT	74
6.1 Toimenpiteiden vaikutus	74
7 JATKOSELVITYKSET	77
7.1 Älykkäät sähköverkot -tarkastelu	77
7.1.1 Älykkäät sähköverkot Lappeenrannassa	78
7.2 Toimenpidesuunnitelma.....	79
8 SEURANTA	80
8.1 Energian käytön seuranta.....	80
8.2 Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta	81
8.3 Kaupunkilaisten aktivoiminen	81
8.4 Uusiutuvan energian käyttöönoton seuranta	81
LÄHTEET	83

ESIPUHE

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen myötä Lappeenrannan kaupungin tavoitteena on saada lisää tietoa päätöksenteon tueksi uusiutuvan energian käytön lisäämisen mahdollisuuksista ja parantaa julkisten rakennusten energiatehokkuutta. Lisäksi Lappeenrannan kaupungin tavoitteena on lisätä omaa ymmärrystään ja tietämystään uusiutuvista energiavaroista ja niiden hyödyntämismahdollisuuksista. Katselmuksen myötä kaupunki saa myös kokonaiskuvan energiankäytön ja -tuotannon nykytilanteesta. Uusiutuvan energian kuntakatselmus tukee Lappeenrannan kaupungin HINKU-tavoitteiden saavuttamista sekä Motiva Oy:n hallinnoiman energiatehokkuussopimustoiminnan tavoitteiden saavuttamista.

Tämä uusiutuvan energian kuntakatselmus käsittelee koko Lappeenrannan kaupungin aluetta. Tarkastelussa käytetty referenssivuosi on 2016, mikäli raportissa ei muuta mainita. Vastaavaa kuntakatselmusta ei ole aiemmin toteutettu Lappeenrannan kaupungin alueelle. LCA Consulting Oy:n Heli Kumpulainen, Antti Niskanen ja Emma Salminen toimivat katselmuksen tekijöinä. Vastuullisena katselmoijana projektissa toimi Heli Kumpulainen. Katselmointi toteutettiin aikavälillä 16.1.2018-30.9.2018.

Business Finland Oy myönsi Lappeenrannan kaupungille 10.1.2018 uusiutuvan energian kuntakatselmusta varten energiatuen, jonka osuus on maksimissaan 60 % projektin kokonaiskustannuksista. Loput katselmuksesta aiheutuneet kustannukset (40 %) Lappeenrannan kaupunki maksoi itse.

Katselmuksessa tarvittavien lähtötietojen toimittamiseen ja työryhmään osallistuivat:

Lappeenrannan kaupunki	Ilkka Räsänen	ympäristöjohtaja
Lappeenrannan kaupunki	Ville Reinikainen	projektipäällikkö
Lappeenrannan kaupunki	Petri Kero	projektipäällikkö/energianeuvoja
Lappeenrannan kaupunki	Seppo Kylliäinen	LVI-insinööri
Lappeenrannan kaupunki	Antti Pokkinen	sähköinsinööri
Lappeenrannan kaupunki	Katja-Mari Pinomäki	tekninen avustaja
Lappeenrannan kaupunki	Leila Hyypiä	tekninen avustaja
Lappeenrannan kaupunki	Pekka Oksman	suunnittelupäällikkö
Lappeenrannan kaupunki	Jani Paappanen	projekti-insinööri
Lappeenrannan kaupunki	Katri Tolvanen	tilakeskuksen johtaja
Lappeenrannan Energia Oy	Marko Pollari	energiakaupanjohtaja
Wirma Oy	Markku Mäki-Hokkonen	kehityspäällikkö
Lappeenrannan Lentoasema Oy	Petteri Lehti	lentoaseman päällikkö

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www. LCA-Consulting.fi

TERMIT JA LYHENTEET

Aluelämpö	Rajoitetun alueen keskitetty lämmitys ilman sähkön ja lämmön yhteistuotantoa.
CHP	Energiantuotantolaitos, joka tuottaa sekä sähköä ja lämpöä; yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto.
Energialähde	Aine tai ilmiö, josta voidaan saada energiaa joko suoraan, muuntamalla tai siirtämällä.
FISS	Finnish Industrial Symbiosis System (teolliset symbioosit Suomessa): yhteistyöhön perustuva toimintamalli, jolla pyritään auttamaan yrityksiä ja muita toimijoita tehostamaan keskinäistä resurssien hyödyntämistä sekä synnyttämään uutta liiketoimintaa.
HINKU	Ilmastonmuutoksen hillinnän edelläkävijöiden verkosto.
Kaukolämpö	Kaukolämmityksellä tarkoitetaan keskitettyä lämmöntuotantoa ja –jakelua. Lämmitysvesi toimitetaan jakeluverkon välityksellä kuluttajalle kiinteistön lämmittämiseen.
KETS	Kuntien energiatehokkuussopimus
Kpa-	Kiinteän polttoaineen
Lämpökeskus	Energiantuotantolaitos, joka tuottaa yksinomaan lämpöenergiaa.
Lämpöyrittäjä	Lämpöyrittäjä vastaa polttoaineen hankinnasta sekä lämpökeskuksen toiminnasta halutussa laajuudessa ja saa korvauksen asiakkaalle myydyt energiamäärän mukaan.
REF	Kierrätyspolttoaine. Kierrätyspolttoaineet jaetaan niiden alkuperän ja laadun mukaan kolmeen luokkaan REF 1-3. REF 1 on näistä polttoaineista laadultaan paras
Takaisinmaksuaika (TMA)	Takaisinmaksuaika investoinneissa. Aika, jossa investoidun muutoksen tuomat säästöt saavuttavat investointisumman
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
Uusiutuva energialähde	Uusiutuvilla energialähteille tarkoitetaan tässä puu-, peltobiomassa- ja jäteperäisiä polttoaineita, aurinkoenergiaa, tuuli- ja vesivoimalla tuotettua sähköä sekä lämpöpumpuilla tuotettua lämpöä.
Uusiutumaton energialähde	Uusiutumattomilla energialähteillä tarkoitetaan tässä fossiilisia polttoaineita (öljy, maakaasu ja kivihiili) sekä turvetta.

Voimalaitos Energiantuotantolaitos, joka tuottaa yksinomaan lämpöenergiaa (pl. tässä katselmuksessa Mertaniemen Voimalaitos)

YKSIKKÖLYHENTEET

a vuosi
GWh Gigawattitunti, 1 GWh = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh
ha hehtaari, 1 ha = 10 000 m²

1 YHTEENVETO

1.1 Katselmuskunta

Lappeenranta on miltei 73 000 asukkaan kaupunki Etelä-Karjalassa. Lappeenrannalla on noin 70 km yhteistä rajaa Venäjän kanssa. Kaupungin muita rajanaapureita ovat Etelä-Karjalasta Lemi, Taipalsaari, Luumäki, Ruokolahti ja Imatra sekä Kymenlaaksosta Miehikkälän kunta.

Lappeenrannassa on runsaasti merkittäviä teollisia toimijoita mm. metsä-, sementti-, kaivos- ja elintarvike-teollisuuden aloilla. Teollisilla toimijoilla on merkittävä työllistävä vaikutus sekä vaikutuksia myös mm. Lappeenrannan maantieteellisen alueen päästötaseeseen ja energiankäyttöön. Kaupungissa uusia ammattilaisia mm. tekniikan ja terveydenhuollon aloille kouluttaa Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Saimaan ammattikorkeakoulu.

1.1.1 Energiantuotannon ja -käytön nykytila

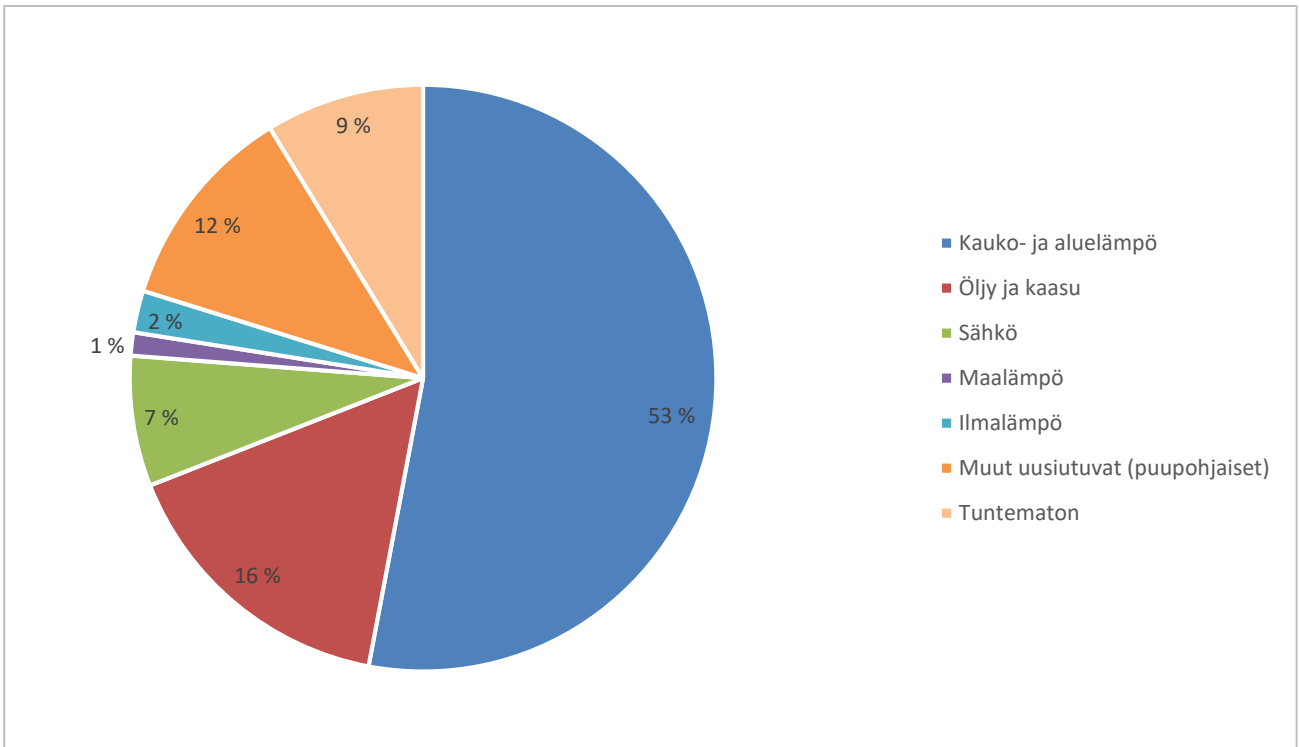
Merkittävimmät käytetyt energianlähteet Lappeenrannassa ovat uusiutuvaa energiaa olevat polttoaineet, ts. metsäteollisuuden sivuvirrat ja biopolttoaineet. Vuonna 2016 näiden osuus kaikista käytetyistä polttoaineista oli 75 %. Lämmöntuotannossa puupohjaisten polttoaineiden osuus oli 81 %. Toiseksi merkittävin lämmöntuotannon polttoaine oli maakaasu 8,5 %:n osuudella.

Lappeenrannassa tuotetaan noin puolet alueella kulutetusta sähköstä. Tuotanto tapahtuu pääosin CHP-laitoksilla, joiden tuotanto vuonna 2016 oli yhteensä noin 1 350 GWh. Lappeenrannan kaupungissa erillissähköä tuotetaan tuulivoimalla, ja vuonna 2016 sitä tuotettiin noin 34 GWh.

Lappeenrannassa teollisuudella on huomattava osuus energian loppukäytöstä. Teollisuuden energiankäytön osuus oli 85 % (9 000 GWh) kaikesta alueen energiankäytöstä vuonna 2016. Energian loppukulutuksesta 64 % oli teollisuuden höyryn ja lämmön käyttöä, 21 % teollisuuden sähkön käyttöä, ja 10 % energiasta käytettiin kiinteistöjen lämmitykseen. Loput 5 % energiasta jakautui palveluiden ja rakentamisen sekä asumisen ja maatalouden sähkönkäyttöön.

Lappeenrannan kaupungin alueella on yksi laaja kaukolämpöverkko, jonka alueella on seitsemän lämmöntuotantolaitosta; Kaukaan Voiman sähkön- ja lämmön yhteistuotantolaitos (KauVo), Mertaniemi, Skinnarila, Kahilanniemi, Lauritsala, Ihalainen ja Hyrymäen lämpölaitos. Nämä laitokset (paitsi KauVo) ovat teholtaan yhteensä 250 MW. Näiden lisäksi Lappeenrannan alueella erillisiin pienempiin aluelämpöverkkoihin tuottaa lämpöä kahdeksan lämpölaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on noin 28 MW. Erillisiä aluelämpöverkkoja on Joutsenossa, Mustolassa, Selkäharjussa, Rauhasa kylpylän alueella ja Vipelentiellä.

Lappeenrannan kaupungin alueen kiinteistöjen lämmöntuotannon jakautuminen polttoaineittain on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Lappeenrannan kaupungin alueen lämmöntuotannon jakautuminen polttoaineittain.

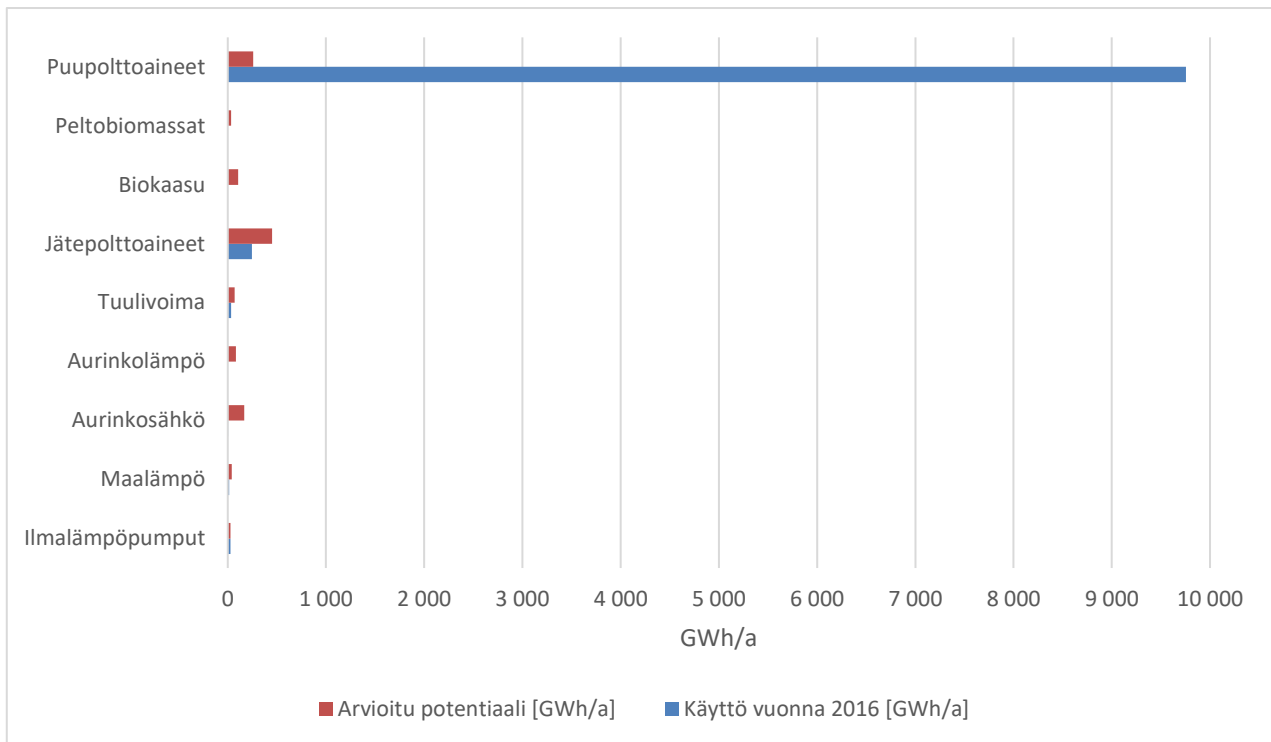
Kuvan 1 arvot pohjautuvat Tilastokeskuksen rakennustietokannan tilastoihin ja ominaislämmityskertoimiin. Lappeenrannan kaupungin alueen kiinteistöistä yli puolet, 53 %, lämpenee kauko- ja aluelämmöllä. Vuonna 2016 kauko- ja aluelämmön tuotannossa uusiutuvien polttoaineiden osuus oli 69 %. Kaukolämmön jälkeen merkittävimmät kiinteistöjen lämmitysmuodot ovat öljy ja kaasu (16 %) sekä puupohjaiset uusiutuvan energian lämmitysmuodot (12 %).

1.2 Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuudet

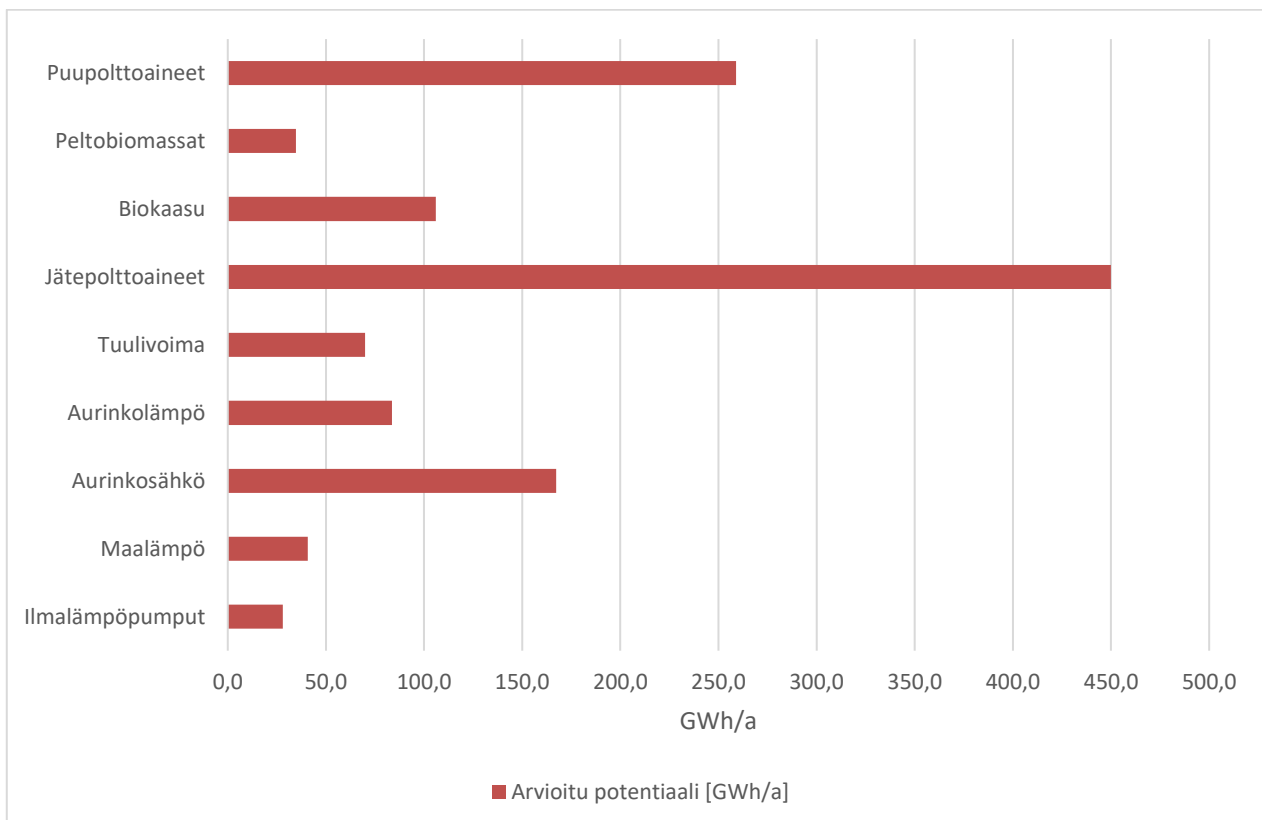
1.2.1 Uusiutuvien energialähteiden käytön nykytila ja lisäämispotentiaalit

Lappeenrannassa käytettiin vuonna 2016 uusiutuvia energiavaroja sähkön- ja lämmöntuotantoon yhteensä noin 10,1 TWh. Suurin osa uusiutuvista polttoaineista käytettiin teollisuudessa sähkön ja lämpöön. Puupolttoaineet muodostivat merkittävimmän osuuden käytetyistä uusiutuvista energiavaroista, lähes 97 % eli noin 9 800 GWh.

Kuvassa 2 näkyy uusiutuvien energialähteiden nykykäyttö Lappeenrannan kaupungin alueella vuonna 2016 ja Lappeenrannan kaupungin alueelta saatavissa olevien uusiutuvien energialähteiden energiantuotantopotentiaali. Puupolttoaineiden merkittävästä osuudesta johtuen uusiutuvien energianlähteiden energiantuotantopotentiaali on esitetty erillään kuvassa 3.



Kuva 2. Uusiutuvan energialähteiden käyttö ja energiantuotantopotentiaali vuonna 2016.



Kuva 3. Uusiutuvan energialähteiden energiantuotantopotentiaali.

Kuten kuvasta 2 nähdään, uusiutuvan energian lähteistä eniten on käytetty puupolttoaineita. Verrattaessa puupolttoaineiden energiantuotantopotentiaalia nykyiseen käyttöön, havaitaan että Lappeenrannan kaupungin alueella on mahdollista lisätä edelleen puupolttoaineiden hyödyntämistä. Myös aurinkoenergian ja biokaasun osalta on reilusti energiantuotantopotentiaalia hyödyntämättä (kuva 3).

Lappeenrannan kaupungin alueella on yksi jätteen rinnakkaispolttolaitos, Finnsementti Oy. Finnsementillä käytettiin vuonna 2016 noin 250 GWh kierrätyspolttoainetta (kuva 2). Yhtään varsinaista jätteenpolttolaitosta Lappeenrannassa ei ole. Jätepolttoaineiden käyttöä voitaisiin Finnsementillä lisätä vuoden 2016 polttoainekäyttötietojen perusteella noin 203 GWh/a, jolloin hyödynnettävissä oleva kokonaispotentiaali jätteenpolttolle olisi 450 GWh/a (kuva 3). Jätepolttoaineiden käyttöä Finnsementillä rajoittavat sementin tuotannon asettamat rajoitukset kierrätys- tai jätepolttoaineen käytölle.

Lappeenrannassa ei hyödynnetä nykyisellään peltobiomassoja poltossa eikä biokaasun tai nestemäisen biopolttoaineen tuotannossa. Peltoviljelyn sivuvirroista peltobiomassojen energiantuotantopotentiaaliin on sisällytetty sata prosenttisesti viljan viljelystä muodostuvista oljista, joiden osuus ja määrä on sivuvirroista merkittävin. Energiantuotantopotentiaali on laskettu olettaen, että oljet poltetaan. Vaihtoehtoisesti oljet voitaisiin hyödyntää biokaasun tuotannossa mädättämällä.

Lappeenrannassa ei ole biokaasun tuotantoa, mutta Lappeenrannan alueella on useita biohajoavia virtoja, joilla olisi metaanintuottopotentiaalia. Biokaasun energiantuotantopotentiaalissa on huomioitu Lappeenrannan kaupungin alueella syntyvät kotitalouksien biojätteet, jätevesilietteet, hoitokalastuksen saalis, kaatopaikkakaasu sekä maatalouden biohajoavista jakeista viljelyn sivuvirrat ja maatalouseläinten lannat. Eläinten lannan potentiaali perustuu arvioon lannan energiasisällöstä, jos kaikki muualle kuin laitumelle päätyvä lanta hyödynnettäisiin. Viljelyn sivuvirtojen osalta tarkastelussa on huomioitu viljojen oljet, öljykasvien korret, sementtuotannon nurmi ja kesantonurmi. Huomioitavaa on, että viljelyn sivuvirtojen metaanintuottopotentiaali on laskettu niin, että kaikki viljelyn sivutuotteet kerättäisiin talteen ja hyödynnettäisiin. Jätevesilietteen potentiaaliin on sisällytetty yhdyskunnan- ja metsäteollisuuden jätevesilietteet. Myös metsäteollisuuden jätevesilietteiden energiasisältö on karkealla tasolla arvioitu. Biokaasun energiantuotantopotentiaali on laskettu siten, että kaikki Lappeenrannan kaupungin alueella syntyvät ko. jakeet mädätetään.

Lappeenrannan kaupungin alueella erillissähköä tuotetaan tuulivoimalla. TuuliSaimaa Oy hallinnoi Muikon tuulipuistoa, jossa on nykyisellään seitsemän voimalaa. Katselmuksessa todettiin Lappeenrannan Joutsenon alueen olevan tuuliolosuhteiltaan otollinen tuulivoiman rakentamiselle. Lappeenrannan kaupungin mahdollisuutta rakentaa tuulivoimaloita rajoittavat niin maisemalliset seikat kuin puolustusvoimien viimeaikaiset tutkavaikutuspäätökset koskien Suomen itärajalla olevia tuulivoimahankkeita. Muikon alueelle, Joutsenon Kaukkorvenkankaalle oli suunnitteilla rakentaa vielä kaksi voimalaa lisää. Hallinto-oikeuden päätöksestä voimaloiden suunnittelutyö kuitenkin lopetettiin vuonna 2017.

Selkeät uusiutuvan energian lisäämismahdollisuudet löytyvät aurinkosähköstä ja aurinkolämmöstä. Aurinkoenergian kokonaistuotantopotentiaali voi olla suurempi kuin kuvassa 3, sillä katselmuksessa energiantuotantopotentiaalia aurinkolämmölle on oletettu olevan vain kauko- ja aluelämpökiinteistöjen ulkopuolisilla sähkö- ja öljylämmityskiinteistöillä, näilläkin vain niin, että 20 % kokonaislämmöntarpeesta korvattaisiin aurinkolämmöllä. Aurinkoenergian tuotantoon soveltuvan kattopinta-alan laskentaan on myös käytetty keskimääräisiä arvioita. Lisäksi eritoten aurinkopaneeleita olisi mahdollista sijoittaa myös muualle kuin kiinteistöjen katoille, esimerkiksi kiinteistöjen välittömään läheisyyteen maahan. Tämä lisäisi todellista potentiaalia merkittävästi.

Ilmalämpöpumppuja Lappeenrannan kaupungin alueella hyödynnetään nykyisin merkittävästi. Huomionarvoista on, että lämpöpumppujen energiantuotantopotentiaali on todellisuudessa suurempi kuin kuvassa 3. Katselmuksessa on huomioitu ilma-ilmalämpöpumppujen lisääminen kaikkiin sähkölämmitteisiin kiinteistöihin ja maalämmön lisääminen puoleen öljylämmitteisistä kiinteistöistä. Todellisuudessa poistoilmalämpöpumpuilla ja myös ilma-vesilämpöpumpuilla voitaisiin tuottaa enemmän lämpöä kuin pelkillä ilmalämpöpumpuilla. Ilmalämpöpumppuja olisi mahdollista lisätä sähkölämmitteisten kiinteistöjen lisäksi myös muihin kiinteistöihin. Vastaavasti kuin aurinkoenergian kohdalla, lämmönlähteet lämpöpumppuihin ovat esimerkiksi maalämmön kohdalla hyvin suuret, ja niiden soveltamisen ei tarvitse rajoittua vain kiinteistökohtaisiin lämmitystaparatkaisuihin. Myös geoenergiaa olisi mahdollista hyödyntää suuremmassa mittakaavassa nykyistä enemmän.

Yhteenvedon voidaan todeta uusiutuvan energian nykykäytön olevan puupolttoaineiden vuoksi Lappeenrannan kaupungin alueella merkittävää (kuva 2). Lappeenrannan kaupungin alueella on nykykäytöstä huolimatta edelleen merkittävä määrä hyödynnettävissä olevaa uusiutuvan energian potentiaalia (kuva 3). Huomioitavaa on, että Lappeenrannan kaupungin alueella on monipuolisia mahdollisuuksia uusiutuvan energian käytön lisäämiseen.

1.2.2 Toimenpide-ehdotukset uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseksi

Uusiutuvien energialähteiden lisäämismahdollisuudet vuoden 2016 toteutuneisiin lukuihin verrattuna on esitetty taulukossa 1. Taulukossa on nähtävillä ehdotettujen toimenpiteiden vaikutukset energialähteiden käyttöön, jakautumiseen ja hiilidioksidipäästöihin. Sähkön tuonnin ja viennin hiilidioksidipäästöjä ei huomioida taulukon kokonaispäästöissä.

Taulukko 1. Energialähteiden kulutus nykytilanteessa ja kulutusennuste ehdotettujen toimenpiteiden jälkeen

	Nykytilanne		Toimenpiteiden jälkeen		
	GWh/a	%	GWh/a	%	CO ₂ -muutos, t/a
Öljy	155,2	1,3	153,1	1,3	-430,9
Turve	356,6	3,0	356,4	3,0	-67,9
Kivihiili	19,9	0,2	19,9	0,2	0,0
Maakaasu	895,2	7,6	895,0	7,6	-31,5
Muut uusiutumattomat	179,2	1,5	179,2	1,5	0,0
Yhteensä uusiutumattomat	1 606,0	13,6	1 603,6	13,6	-530,3
Puupolttoaineet	9 754,8	82,6	9 755,5	82,6	0,0
Peltobiomassat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biokaasu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jätepolttoaineet	246,9	2,1	246,9	2,1	0,0
Tuulivoima	34,0	0,3	34,0	0,3	0,0
Aurinkoenergia	0,7	0,0	3,3	0,0	-345,2
Vesivoima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muut uusiutuvat	63,7	0,5	65,1	0,6	-56,6
Uusiutuvat yhteensä	10 100,1	85,5	10 104,9	85,5	-401,8
Tuntemattomat	105,2	0,9	105,2	0,9	0,0
Kaikki yhteensä	11 811,3	100,0	11 813,6	100,0	-932,1
Sähkön tuonti	1 469,2	-	-	-	-
Sähkön vienti	0,0	-	-	-	-

Taulukossa 2 on esitetty yhteenvetotiedot katselmuksessa tarkastelluista uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuuksista Lappeenrannan kaupungin kiinteistöissä. Aurinkopaneelein tuotetulla sähköllä korvataan kiinteistöjen sähkönkulutusta, ja ilmalämpöpumpuilla korvataan kiinteistössä lämmitykseen käytettävää sähköä. Uimahallien käyttöveden lämmityksessä käytettävän kaukolämmön korvaamiseksi on ajateltu aurinkolämpöä. Öljylämmitteisiä kiinteistöjä on ajateltu lämmitettävän maalämmöllä, ilmalämmöllä tai pelletillä. Myös aurinkosähkön ja maalämmön hybridijärjestelmää tarkasteltiin muutamassa öljylämmitteisessä kohteessa.

Taulukossa 2 esitetyt investointikustannukset ovat kaupungille jääviä kustannuksia mahdollisten uusiutuvan energian tukien jälkeen. Toimenpide-ehdotukset ja niihin liittyvä laskenta on esitelty tarkemmin toimenpide-ehdotuksia käsittelevissä luvuissa 5.1-5.5.

Taulukko 2. Yhteenveto uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuuksista

Nro	Ehdotettu toimenpide	Taloudelliset tiedot			Toimenpiteen vaikutukset		Erittely		
		Investointi- kustannus €	Säästöt €/a	Takaisin- maksuaika a	Korvattava energia- lähte	Uusiutuvien energia- lähteiden lisäys GWh/a	CO ₂ -päästön vähenemä t/a	Raportin kohta	Sovitut jat- kotoimet T, P, H, E *
1	Aurinkosähkö, Keltun päiväkot	50 900	6 800	7,5	Sähkö	0,06	10	5.1	P
2	Aurinkosähkö, Lappeen koulu, maa- voimala	503 800	76 400	6,6	Sähkö	0,69	109	5.1	E
3	Aurinkosähkö, Ympäristötoimen ra- kennus	64 700	7 800	8,3	Sähkö	0,07	11	5.1	H
4	Aurinkosähkö, autokatos Ympäristö- toimeen	19 000	2 100	9,0	Sähkö	0,02	3	5.1	H
5	Aurinkosähkö, Yritystilan kiinteistö	105 100	13 700	7,7	Sähkö	0,12	21	5.1	H
6	Aurinkosähkö, Lentoasema, katto- asennus	53 200	7 100	7,5	Sähkö	0,06	11	5.1	E
7	Aurinkosähkö, Lentoasema, maavoi- mala	99 500	12 300	8,1	Sähkö	0,11	18	5.1	H
8	Aurinkosähkö, Ylämaan päiväkot	15 700	1 900	8,3	Sähkö	0,02	3	5.1	H
9	Aurinkosähkö, Ylämaan koulu	32 900	4 100	8,0	Sähkö	0,04	6	5.1	P
10	Aurinkosähkö, Parjalan koulu	9 600	1 200	8,0	Sähkö	0,04	2	5.1	E
11	Aurinkosähkö, Ravattilan koulu	6 400	900	7,1	Sähkö	0,05	1	5.1	E
12	Aurinkosähkö, Kesämäenrinteen koulu	43 600	5 900	7,4	Sähkö	0,05	9	5.1	T
13	Aurinkolämpö, Lappeenrannan uima- halli (1 200 m ²)	173 700	9 600	18,1	Turve, maakaasu, kevyt polttoöljy	0,13	28	5.2	E
14	Aurinkolämpö, Lappeenrannan uima- halli (2 400 m ²)	229 700	11 400	20,1	Turve, maakaasu, kevyt polttoöljy	0,16	32	5.2	E
15	Aurinkolämpö, Lauritsalan uimahalli ja rinneasennus	197 600	10 300	19,2	Turve, maakaasu, kevyt polttoöljy	0,07	24	5.2	E
16	Pellettilaitos, Kanavakoti	82 300	18 800	4,4	Öljy	0,36	98	5.3	-
17	Pellettilaitos, Ylämaan koulu	78 800	15 700	5,0	Öljy	0,30	82	5.3	P

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www. LCA-Consulting.fi

18	Pellettilaitos, Ylämaan päiväkoti	70 900	3 800	18,8	Öljy	0,07	20	5.3	E
19	Maalämpö, Muukonniemen koulu ja liikuntahalli	56 100	7 100	7,9	Öljy	0,10	20	5.4	E
20	Maalämpö, Pontuksen nuorisotalo	43 100	5 100	8,4	Öljy	0,07	15	5.4	E
21	Maalämpö, Pajarilan kuntoutusyksikkö	174 800	27 300	6,4	Öljy	0,39	78	5.4	H
22	Maalämpö, Parjalan koulu	63 300	7 700	8,3	Öljy	0,11	22	5.4	E
23	Maalämpö, Ravattilan koulu	50 000	5 700	8,8	Öljy	0,08	16	5.4	E
23	Maalämpö, Ylämaan koulu	149 200	21 400	7,0	Öljy	0,30	62	5.4	P
24	Ilmalämpö, Ylämaan nuorisotalo	10 500	2 800	3,8	Öljy	0,05	10	5.4	E
25	Ilmalämpö, Partalan koulu	4 700	1 300	3,6	Sähkö	0,02	2	5.4	E
26	Hybridi (aurinkosähkö + maalämpö), Parjalan koulu	80 300	8 900	9,0	Öljy/sähkö	0,12	24	5.5	E
27	Hybridi (aurinkosähkö maalämpö), Ravattilan koulu	65 900	6 600	10,0	Öljy/sähkö	0,09	19	5.5	E
28	Hybridi (aurinkosähkö maalämpö), Ylämaan koulu	199 300	25 500	7,8	Öljy/sähkö	0,34	74	5.5	P
	YHTEENSÄ	2 734 600	329 200	8,3		4,1	828		

* T=Toteutettu, P = Päätetty toteuttaa tai jatkaa hankkeen selvityksiä, H = Harkitaan toteutusta tai hankkeen jatkoselvityksiä, E= Ei toteuteta

2 KOHTEEN PERUSTIEDOT

2.1 Yleistä

Lappeenranta sijaitsee Etelä-Karjalan maakunnassa. Maantieteellisesti Lappeenranta sijoittuu aivan Venäjän rajalle, ja sen naapurikuntia ovat Luumäki, Lemi, Taipalsaari, Ruokolahti, Imatra ja Miehikkälä. Nykyinen Lappeenranta on muodostunut lukuisten kuntaliitosten myötä (Lappeen kunta ja Lauritsalan kauppa 1967, Nuijamaan kunta 1989, Joutsenon kaupunki 2009 ja Ylämaan kunta 2010). Alla olevaan taulukkoon 3 on kirjattu perustietoja katselmoitavasta kohteesta, ja kuvassa 4 on kuvattu kaupungin sijainti.

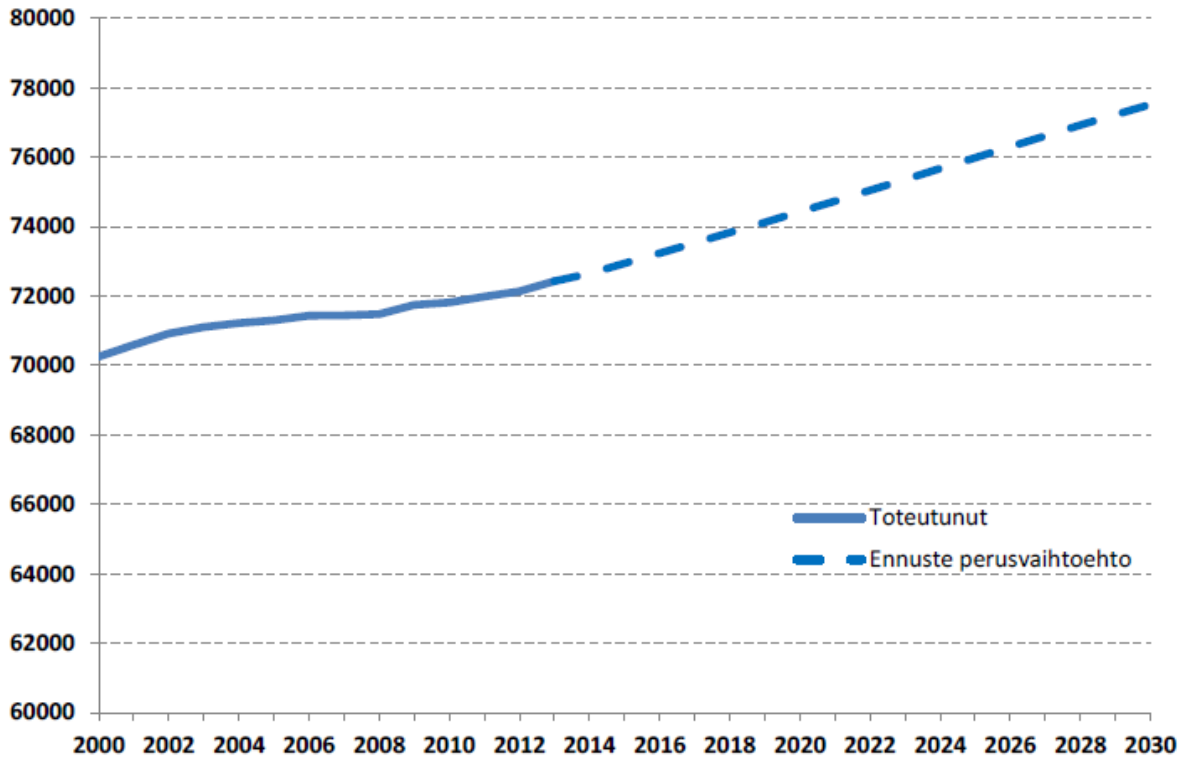
Taulukko 3. Yleistietoa Lappeenrannan kaupungista (Maanmittauslaitos 2016; Tilastokeskus 2018a)

Kaupungin kokonaispinta-ala	1723,55 km ²
Maapinta-ala	1433,44 km ²
Vesistöjen pinta-ala	290,11 km ²
Asukasluku 2016	72 872 as
Taajama-aste (taajamissa asuvien osuus kuntalaisista, 2016)	89,9 %
Asukastiheys	50,8 as/maa km ²



Kuva 4. Lappeenrannan sijainti (Etelä-Karjalan liitto 2015)

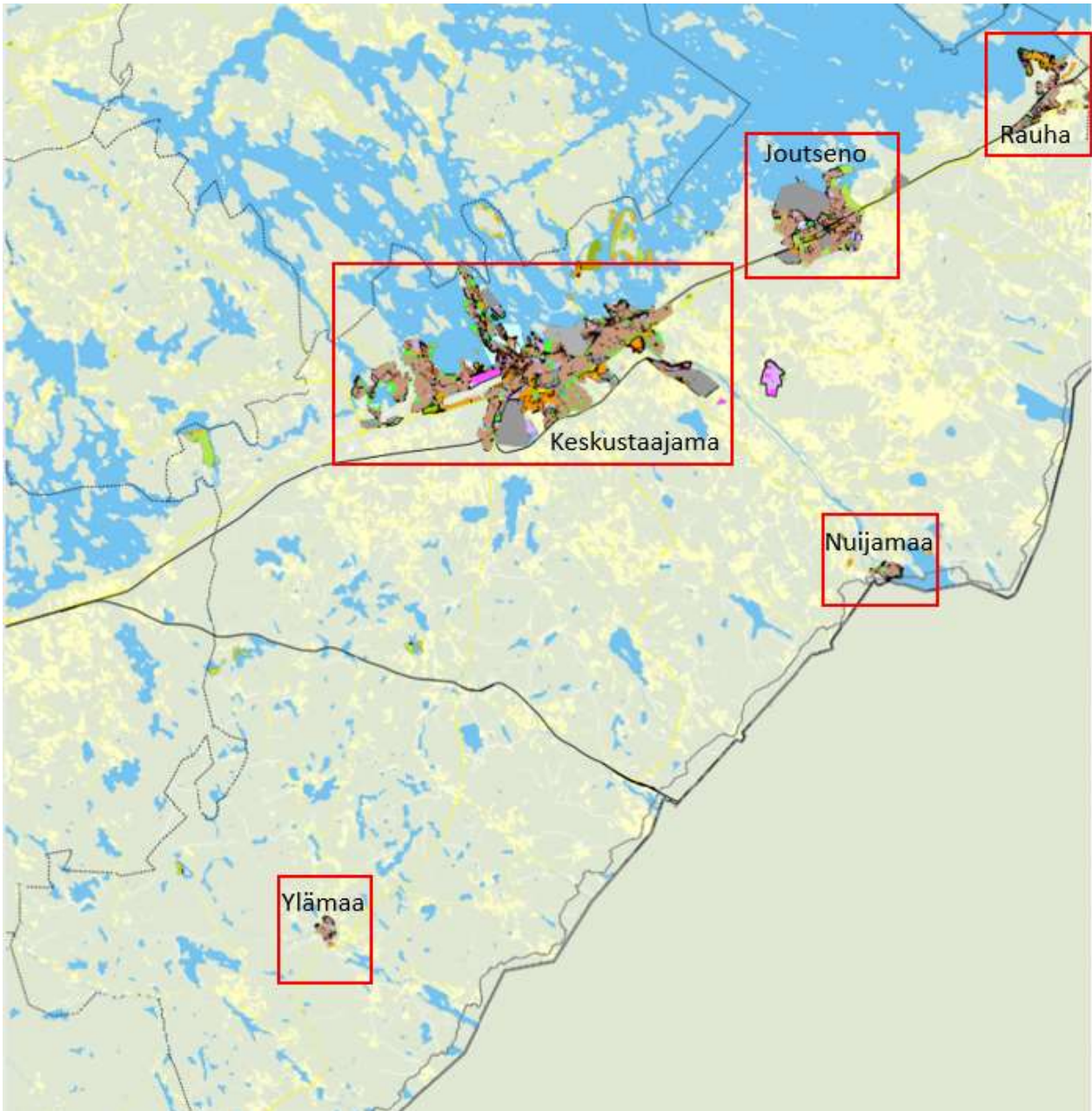
Vuonna 2016 Lappeenrannan kaupungin väkiluku oli 72 872. Kuvassa 5 on esitetty Lappeenrannan kaupungin väestöennuste vuosien 2013-2030 välillä. Lappeenrannan väestön odotetaan kasvavan noin 300 henkilöllä vuosittain. Luonnollisen väestömuutoksen oletetaan kuitenkin painuvan negatiiviseksi, eli vuosittain kuolee asukkaita enemmän kuin syntyy. Kuntien välisen muuton ja maahanmuuton oletetaan kasvattavan väkimäärää Lappeenrannassa. (Lappeenrannan kaupunki 2014.)



Kuva 5. Lappeenrannan väestöennuste (Lappeenrannan kaupunki 2014)

2.2. Rakentaminen sekä kaavoitustilanne

Lappeenrannan kaupungissa asutaan eniten asemakaava-alueilla. Taajamissa asuu 89,9 % kaupungin asukkaista, ja loput 10,1 % kaupunkilaisista asuu haja-asutusalueella. Kuntaliitoksista johtuen Lappeenrannan alueella on useita toisistaan erillisiä taajama-alueita. Iso keskustaajama-alue on kauimmin Lappeenrantaan kuulunutta aluetta. Nuijamaan, Joutsenon (ml. Rauhan alue), ja Ylämaan alueet on liitetty Lappeenrantaan vasta myöhemmin (Tilastokeskus 2018a). Lappeenrannan asemakaava-alueet on merkitty kuvaan 6.



Kuva 6. Lappeenrannan asemaakaava-alueet ja keskustaajamat (Lappeenrannan karttapalvelu 2018)

Lappeenrannan kaupungin kaavoitus on jakautunut asemaakaavoitusalueiksi taulukon 4 mukaisesti. Elinvoiman ja kaupunkikehityksen toimialan kaupunkisuunnittelu on laatinut Lappeenrannan kaupungin kaavoitusohjelman 2018-2020, ja se sisältää alueet, joille kaavoitustoimenpiteitä kohdistetaan lähivuosina. Lappeenrannan kaupungin tavoitteena on muodostaa jatkuvasti päivittyvä ”Green-Lappeenranta”-osayleiskaava, jossa teemoina ovat mm. viheralueverkosto, ekologinen verkosto, uusiutuva energia, luonnonvarat ja ekosysteempipalvelut. (Lappeenrannan kaupunki 2018a.)

Taulukko 4. Kaavoitustilanne Lappeenrannassa

Kaavoitustilanne	<p>Asemakaava: Lappeenrannan keskustaajaman alue ulottuen itä-länsi suunnassa Rutolasta Kiiskinmäkeen ja Mustolaan asti ja etelä-pohjois-suunnassa Voisalmesta Kuuselaan, Hiessiltaan ja Karhuvuoreen saakka</p> <p>Muita asemakaava-alueita on mm. Joutsenossa, Rauhassa, Nuijamaalla, Ylämaalla, Tuosassa sekä Hirvi- ja Hautasaaren ranta-alueilla</p>
-------------------------	--

Lappeenranta on pientalovaltainen kaupunki, jossa myös kerrostaloja on runsaasti. Taulukkoon 5 on koottu Lappeenrannan alueen kiinteistöjen tiedot. Rivi- ja pientaloissa asuvien osuus asutokunnista oli 46,7 %, mikä on 7 prosenttiyksikköä enemmän kuin Suomessa keskimäärin. Myös vuokralla asuvien osuus (34,9 %) oli Lappeenrannassa hiukan suurempi kuin koko maan keskiarvo. (Tilastokeskus 2018a.) Lappeenrannan alueella on myös runsaasti (yli 3100) vapaa-ajan asuntoa (Tilastokeskus 2018b).

Taulukko 5. Lappeenrannan kiinteistöjakauma (Tilastokeskus 2018b)

LAPPEENRANTA	Yhteensä	
Kiinteistötyyppi	Rakennuksia [lkm]	Rakennuksen kerrosala [m ²]
Erilliset pientalot	14 721	2 045 333
Rivi- ja ketjutalot	731	320 857
Asuinkerrostalot	1 037	1 478 674
Liikerakennukset	409	602 566
Toimistorakennukset	149	191 615
Liikenteen rakennukset	599	161 729
Hoitoalan rakennukset	117	135 585
Kokoontumisrakennukset	170	124 447
Opetusrakennukset	100	224 858
Teollisuusrakennukset	553	826 460
Varastorakennukset	370	363 108
Muut rakennukset	56	14 012

2.3 Elinkeinorakenne

Lappeenrannan elinkeinorakenne työpaikkojen jakautumisen suhteen (alkutuotantoon, jalostukseen, ja palveluiden työpaikkoihin) vastaa hyvin pitkälti koko Suomen keskiarvoa. Merkittävä osa Lappeenrannassa asuvista käy kaupungin alueella töissä. Vain noin 15 % lappeenrantalaisista työskentelee muualla (mm. Imatralla, Kouvolassa) kuin Lappeenrannassa.

Taulukko 6. Tietoa kaupungin elinkeinorakenteesta ja työpaikoista (Tilastokeskus 2018a)

Elinkeinorakenne: (2015)	
Alkutuotannon työpaikkojen osuus	1,9 % (koko Suomi 3,2 %)
Jalostuksen työpaikkojen osuus	21,3 % (koko Suomi 20,5 %)
Palveluiden työpaikkojen osuus	75,7 % (koko Suomi 75,1 %)
Kaupungissa olevien työpaikkojen lukumäärä (2015)	30 844 kpl
Asuinkunnassa työssäkäyvien osuus työllisestä työvoimasta (2015)	85,8 % (koko Suomi 67 %)
Eläkkeellä olevien osuus väestöstä (2015)	26,5 % (koko Suomi 24,9 %)

Suurimmat työllistäjät Lappeenrannassa ovat Etelä-Karjalan sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä, Lappeenrannan kaupunki, UPM-Kymmene Oyj, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Saimaan ammattikorkeakoulu, Stora Enso Wood Products Oy Ltd, Metsä Fibre Oy, Vaasan Oy, The Switch Drive Systems Oy, Kemira Chemicals Oy, Nordkalk Oy Ab, Metehe Oy, VR-yhtiöt, Fazer Makeiset Oy, Puolustusvoimat (maasotakoulu) ja Outotec Oyj. (Lappeenrannan kaupunki 2018b.)

Lappeenrannassa on runsaasti suuria teollisia toimijoita, joilla on merkittävä työllistävä vaikutus sekä vaikutuksia myös mm. Lappeenrannan maantieteellisen alueen päästötaseeseen ja energiankäyttöön. Metsäteollisuuden toimijoita Lappeenrannassa ovat UPM Kymmene Oy:n Kaukaan tehtaat ja biojalostamo sekä Joutsenossa toimivat sellunvalmistajat Metsä Board Oy ja Metsä Fibre Oy.

Lappeenrannassa on myös kaivostoimintaa. Kalkkikiveä louhii Nordkalk Oy Ab. Muita teollisuuden toimijoita ovat Finnsementti Oy:n sementtitehdas ja elintarviketeollisuuden toimijat Vaasan Oy:n leipomo, Fazer Leipomot Oy ja Fazer Makeiset Oy:n makeistehdas. Lappeenrannan kaupungissa on myös runsaasti pieniä ja keskisuuria konepajateollisuuden toimijoita. Yliopiston ja ammattikorkeakoulun tutkimusten myötä on Lappeenrantaan syntynyt uusia innovatiivisia yrityksiä.

2.4 Keskeisiä lähtötietoja energiantuotannosta ja -käytöstä

Lappeenrannassa on energiantuotantoa sekä kaupungin (Lappeenrannan Energia Oy) omistuksessa että teollisuuden omistuksessa. Teollisuuslaitoksista mm. metsäteollisuuden toimijat (UPM Kymmenen Kaukas, Metsä Board ja Metsä Fibre) ja muut teollisuuden toimijat Kemira Chemicals, Stora Enso Wood Productsin Honkalahden saha ja Finnsementti tuottavat energiaa omiin tarpeisiinsa.

Kaukaan Voiman CHP-laitos tuottaa prosessihöyryä ja sähköä UPM Kymmenelle sekä kaukolämpöä verkkoon. Kaukolämpöä tuotetaan myös erillisillä pienemmillä lämpölaitoksilla eri puolilla Lappeenranta. Lappeenrannan alueella on useita erillisiä aluelämpöverkkoja. Lappeenrannan keskustaaajama-alueen lisäksi erillisiä lämpöverkkoja on Selkäharjulla, Mustolassa, Pelkolantiellä, Joutsenossa, Rauhasa ja Vipelentiellä (Pollari 2018).

Lappeenrannan alueella on sähkön erillistuotantoa Muukon tuulipuistossa. Lisäksi Mertaniemessä on Fingrid Oy:n häiriöreservinä käyttämät maakaasuturbiinit.

Lappeenrannan alueen energiantuotantoon, -käyttöön ja -siirtoon liittyviä keskeisiä tietoja on koottu taulukoon 7.

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

Taulukko 7. Energiantuotantoon ja siirtoon liittyvät omistukset Lappeenrannassa (Lappeenrannan Energia Oy 2018a)

Kaupungin omistus alueen energiantuotannosta	<p>Lappeenrannan kaupunki omistaa kokonaan Lappeenrannan Energia – konsernin, johon kuuluu Lappeenrannan Energia Oy ja sen sataprosenttisesti omistamat Lappeenrannan Lämpövoima Oy ja Lappeenrannan Energiaverkot Oy.</p> <p>Lappeenrannan Lämpövoima huolehtii kaukolämmön ja puhtaan veden tuotannosta, jäteveden käsittelystä ja varavoimakapasiteetin ylläpidosta. Lappeenrannan Energiaverkkojen liiketoimintana on sähkön ja veden myynti ja siirto. Se omistaa, hallinnoi ja kehittää vesi-, jätevesi-, sähkö- ja maakaasuverkkoja.</p> <p>Lappeenrannan Energia on myös osakkaana Kaukaan Voima Oy:ssä, Suomen Hyötytuuli Oy:ssä, Tuulisaimaa Oy:ssä, Vainikkalan Vesi Oy:ssä ja Elvera Oy:ssä.</p>
Kaupungin alueen sähköverkon haltija	Lappeenrannan Energiaverkot Oy
Kaukolämpöverkkojen haltija	Lappeenrannan Energia Oy

Lappeenrannan kaupunki omistaa noin 3 600 hehtaaria metsää, josta 28 % on talousmetsää. Lappeenrannan kaupungin alueella on seitsemän turvetuotannon aluetta. Seitsemästä alueesta kuitenkin vain viisi on tuotannossa. Turvetuotannon tuotantopinta-ala on kokonaisuudessaan 273 hehtaaria (ha). Merkittävimmät turvetuotantoalueet ovat Vapon hallinnoimat Konnunsuo, Lampsansuo sekä Huuhansuo. Nämä turvetuotantoalueet ovat ympärivuotisessa käytössä. Huuhtaansuon tuotannossa olevan alueen pinta-ala auma-alueineen on noin 30 ha, Lampsansuolla noin 53 ha ja Konnunsuolla noin 147 ha. Lisäksi Vapolla on tällä hetkellä vireillä uusi hanke Hyötiönsuolle, jonka tuotantopinta-ala olisi auma-alueineen noin 90 ha. Tuotannosta on poistunut lopullisesti kaksi aluetta, yhteensä 57 ha. (Lappeenrannan kaupunki 2018c, Aluehallintovirasto 2018.)

2.5 Keskeisiä lähtötietoja energiansäästöstä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä

Lappeenrannan kaupunki on profiloitunut Suomen ilmastopääkaupungiksi. Lappeenranta on tehnyt itse ja yhdessä muiden Lappeenrannan alueen toimijoiden kanssa merkittäviä toimia kohti vähäpäästöisempää kaupunkia. Lappeenranta on myös yksi Kohti resurssiviisasta kaupunkia –hankkeen edelläkävijäkunnista (FISU-verkosto) lähdettyään ensimmäisten neljän kaupungin joukossa laatimaan omaa resurssiviisaukartaan vuonna 2015. Kohti resurssiviisasta kaupunkia –hankkeessa kaupungin tavoitteena on etsiä keinoja, joilla Lappeenrannasta tulee hiilineutraali ja jätteen sekä kestävää kulutusta noudattava kaupunki ja jossa kuntalaisten keskuudessa vallitsee kestävä hyvinvointi vuoteen 2050 mennessä. Kansainvälisinä sitoumuksina Lappeenranta on mukana ICLEI-verkostoissa (Local Governments for Sustainability ja Covenant of Mayors), joissa kaupungit sitoutuvat vähintään 40 %:n päästövähennyksiin vuoteen 2030 mennessä.

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www. LCA-Consulting.fi

Jo ennen ICLEI-verkoston sitoumuksia on Lappeenrannalla ollut oma ilmasto-ohjelma kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä ja ilmastomuutokseen varautumista varten. Ilmasto-ohjelmaa tukee vuonna 2016 laadittu Lappeenrannan ympäristöohjelma. Lappeenrannan kaupungin laatimassa Lappeenranta strategia 2033:ssa tavoitellaan ympäristökaupunkina kehittymistä edistämällä toimintaa mm. Puhdasta ja kestävää -erillisohjelman avulla.

Lappeenranta viestii Greenreality-brändin avulla ja Greenreality.fi-sivuston kautta kaupungin alueen vihreistä teoista ja pyrkii aktiivisesti kokoamaan asukkaat, yritykset ja muut sidosryhmät mukaan ilmastotalkoihin. Lappeenrannassa toimii Greenreality Network paikallisen asiantuntemuksen vaihtamiseksi ja puhtaampien energiaratkaisujen löytämiseksi.

Tietoa ja ohjeita uusiutuvan energian käyttöönotosta ja puhtaammista energiavalinnoista on annettu asukkaille energianeuvonnan avulla. Koululaisten ja päiväkotikäikäisten lasten tietämystä ympäristöasioista ja kestävästä kehityksestä lisätään eritoten kaupungin alueella toimivissa Vihreä lippu –kouluissa. Lappeenrannan kaupunki on mukana energiavalinta.fi –palvelussa, jossa yritykset ja kaupunkilaiset voivat vertailla oman kiinteistönsä uusiutuvan energian lisäämismahdollisuuksia. Verkossa toimiva energiavalinta.fi-palvelun käyttäjä saa kiinteistökohtaisen arvion uusiutuvan energian järjestelmän investointikustannuksista, takaisinmaksuajasta ja hiilidioksidipäästövähennyksistä nykyiseen järjestelmään verraten.

2.5.1 Tehdyt toimenpiteet

Lappeenranta on voittanut useita palkintoja tekemästään ilmastotyöstä. Lappeenranta on osallistunut mm. WWF:n Earth Hour City Challenge –kilpailuun vuonna 2014 ja 2016 ja sijoittui ensimmäisellä kerralla 14 parhaan joukkoon ja pääsi myös vuonna 2016 finaaliin. Kilpailussa arvioitiin kaupunkien toimia ilmastonsuojelun edistämiseksi. Lappeenranta on valittu Suomen pyöräilykaupungiksi vuonna 2015. Kaupungissa on saatu myös julkisen liikenteen matkustajamääriä nostettua esimerkiksi erilaisilla kampanjoilla ja tempauksilla. Kaupunki on myös pilotoinut sen omistamien ajoneuvojen yhteiskäyttöä.

Uusiutuvia energialähteitä – mm. aurinkoenergiaa ja maalämpöä – on otettu kaupungin omissa toiminna käyttöön. Kaupungin rakennuksista aurinkopaneeleita on tähän mennessä asennettu läntisen alueen paloaseman, Myllymäen päiväkodin ja Pontuksen päiväkotikoulun katoille. Lisäksi mm. Lappeenrannan Energian, LUT:n ja LOAS:n katoille on asennettu aurinkopaneeleita. Kaupungin omistamissa kohteissa maalämpö on käytössä Kasukalan koulussa.

Lappeenrannassa on toteutettu useita hankkeita, joilla on voitu vaikuttaa ympäristön tilaan myönteisesti. Näistä esimerkkeinä ovat mm. vesistöihin liittyvät hankkeet: Kivisalmen pumppaamon toteuttaminen ja useiden kosteikkojen rakentaminen Lappeenrantaan. Sähkön käytön osalta Lappeenranta siirtyi ensimmäisenä suomalaisena kaupunkina ostamaan EKOenergiaa. Kaupungin kiinteistöissä käytetään siis vain hiilidioksidivapaasti tuotettua metsävoimaa ja tuulivoimaa. Sähkön käyttöä on alettu tehostaa kaupungissa esim. asentamalla katuvaloihin valaistusteholtaan säädettyvät LED-valaisimet ja toteuttamalla energiakatselmuksia kaupungin rakennuksille.

2.5.2 Energiatehokkuussopimus ja kasvihuonekaasupäästöt

Lappeenrannan kaupunki on sitoutunut Motiva Oy:n hallinnoimaan kuntien energiatehokkuussopimukseen (KETS) edeltävällä kaudella 2008 – 2016 ja meneillään olevalla kaudella 2017-2025. Lappeenrannan kaupunki on myös liittynyt hiilineutraalien kuntien HINKU-verkostoon vuonna 2014. Lappeenranta on sitoutunut tavoittelemaan 80 %:n kasvihuonekaasupäästövähennyksiä vuodesta 2007 vuoteen 2030 mennessä parantamalla energiatehokkuutta sekä ottamalla käyttöön uusiutuvaa energiaa. Lappeenrannan kaupungin alueella ei ole aiemmin toteutettu uusiutuvan energian kuntakatselmusta, mutta rakennuksista 96 % on energiakatselmoitu vuoden 2013 lopussa.

Lappeenrannan kaupunki seuraa aktiivisesti kasvihuonekaasupäästöjen määrän kehittymistä. Kasvihuonekaasupäästötavoitteiden toteutumista seurataan vuosittain tilatun CO₂-raportin ja Kasvener-mallilla toteutetun päästölaskennan avulla.

2.5.3 Suunnitellut toimenpiteet

Lappeenrannan kaupunki huomioi rakennusten peruskorjauksissa ja uudisrakentamisen investoinneissa uusiutuvan energian lisäämismahdollisuuden. Tästä esimerkkinä on Lappeenrannan kaupungin urheilutalon peruskorjaus, jonka yhteydessä urheilutalon katolle asennetaan 600 m² aurinkopaneeleja tuottamaan osan rakennuksen käyttämästä energiasta.

Kaupungin meneillään olevaan EAKR-hankkeeseen Kohti hiilineutraalia Etelä-Karjalaa pyritään sisällyttämään energiavalinta.fi-sivusto. Lisäksi sivusto lisätään mahdollisesti kaupungin omaan sivustoon, ja se sisältää lämpövuotokartan kiinteistöistä. Lämpövuotokartta perustuu Lappeenrannan Energia Oy:n teettämään ilmakuvaukseen kaukolämpöputkistoista.

Lappeenrannan kaupungissa on päätetty vuonna 2017, että kaupunki hankkii uusiutuvia polttoaineita käytäviä ajoneuvoja. Tulevia ajoneuvoja hankinnan yhteydessä otetaan huomioon myös ympäristö- ja ilmasto-kriteerit ja arvioidaan käytön aikaiset elinkaarikustannukset. Vuonna 2018 kaupunkikonserni jatkaa ajoneuvokannan uusimista biokaasuautoja hankkimalla. (Lappeenrannan kaupunki 2018d.)

3 ENERGIANTUOTANNON JA -KÄYTÖN NYKYTILA

3.1 Lähtötiedot

Tarkastelussa käytetty referenssivuosi on 2016. Lähtötiedot on kerätty pääosin julkisista lähteistä ja Lappeenrannan kaupungin aiemmin tekemistä selvityksistä. Tietoa on myös pyydetty Lappeenrannan kaupungin eri toimijoilta. Lappeenrannan kaupungin rakennuskannan kerrosalat sekä ikä- ja lämmitystapajakaumat rakennustyypeittäin on selvitetty Tilastokeskukselta. Tilastokeskuksen tilastoissa on pieniä vääristymiä, sillä vain rakennuslupaa vaativat lämmitystapamuutokset kirjautuvat Tilastokeskuksen tietoihin. Rakennuskannan tietojen päivittämiseksi pitäisi esimerkiksi rakennusvalvonnan kautta tarkastaa koko Lappeenrannan alueen kiinteistöjen lämmitystapa.

Tieto Lappeenrannan kaupungin kokonaissähkönkulutuksesta on saatu Energiateollisuus ry:n sähkötilastoista. Polttoaineiden ja sähköntuotannon ominaispäästökertoimien lähteinä on käytetty Tilastokeskuksen energiatilastoja ja Motivan ohjeistusta. Energiataseiden laskennassa käytetyt oletukset hyötysuhteista ja häviöistä on esitetty alaluvussa 3.6.1.

3.2 Sähköntuotanto

Lappeenrannan alueella on sekä erillissähköntuotantoa että yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa (CHP-tuotantoa). Erillissähköä Lappeenrannassa tuotetaan tuulivoimalla. CHP-laitokset sen sijaan käyttävät polttoaineinaan pääsääntöisesti metsäteollisuuden sivuvirtoja ja biopolttoaineita.

3.2.1 Sähkön erillistuotanto

Lappeenrannan Muukossa sijaitsee TuuliSaimaa Oy:n hallinnoima seitsemän voimalan tuulipuisto. Muukon tuulipuisto on ensimmäinen Etelä-Karjalan alueella, ja se oli käynnistyessään sisämaan suurin tuulipuisto. TuuliMuukon turbiinien yhteenlaskettu teho on 21 MW. (Greenreality 2018a.)

Voimalat ovat Alstom ECO 110 –turbiineja, ja niiden napakorkeus on 90-100 metriä ja roottoreiden halkaisija 110 m. Vuonna 2016 Muukon tuulivoimalat tuottivat vain 34 GWh sähköä, koska vuosi oli vähätuulinen. (TuuliSaimaa 2017.)

3.2.2 Yhdistetty sähkö- ja lämmöntuotanto

Lappeenrannan alueella yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotannon laitoksia (CHP) ovat paperiteollisuuden toimijoiden UPM Kymmene Oyj Kaukaan tehtaan yhteydessä (UPM Kymmenen ja Kaukaan Voiman laitokset) ja Metsä Board Oyj:n tuotantolaitoksen yhteydessä Joutsenossa. Näistä UPM Kymmenen ja Metsä Boardin tuotantolaitokset tuottavat sähköä ja lämpöä kyseisten tuotantoprosessien tarpeisiin. Kaukaan Voima Oy tuottaa UPM Kymmenelle johdettavan prosessihöyryn ja sähkön lisäksi myös kaukolämpöä asukkaiden tarpeisiin.

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www. LCA-Consulting.fi

3.2.2.1 Kaukaan Voima Oy

Kaukaan Voima Oy (KauVo) tuottaa kaukolämpöä, prosessihöyryä sekä sähköä. KauVon omistaa Pohjolan Voima Oy (54 %) yhdessä Lappeenrannan Energia Oy:n (46 %) kanssa. Laitos on otettu käyttöön vuonna 2009, ja se käyttää polttoaineinaan pääasiassa bioperäisiä polttoaineita, kuten kuorta, kantoja, metsätähdehaketta ja metsäteollisuuden sivuvirtoja. UPM Kymmene Kaukaan tehtailta saadaan vuodessa noin 50 % KauVon polttoainetarpeesta. (Pohjolan Voima 2018.)



Kuva 7. Kaukaan Voima Oy (KauVo) (Pohjolan Voima 2018)

Puuperäisten polttoaineiden lisäksi KauVossa poltetaan myös turvetta. Vara- ja käynnistyspolttoaineena KauVossa käytetään maakaasua ja kevyttä polttoöljyä. KauVon sähköteho on 125 MW ja lämpöteho 262 MW (kaukolämpöteho 110 MW ja prosessihöyry 152 MW). (Pohjolan Voima 2018; Lappeenrannan Energia 2018b.)

3.2.2.2 UPM Kymmene Oy Kaukas sekä Metsä Board Oy ja Metsä Fibre Oyj Joutsenon tehtaat

UPM Kymmenen Kaukaan tehtaiden prosessihöyryn ja sähkön tarpeisiin vastataan KauVon CHP-voimalan lisäksi tehtaan omilla sooda- ja kuorikattilalla sekä meesauunilla. Kuorikattila on teholtaan 108 MW ja soodakattila 384 MW. (Itä-Suomen ympäristölupavirasto päätös 125/05/2, 2005).

Joutsenossa sijaitsevilla Metsä Boardin ja Metsä Fibren sellutehtailla tuotetaan sähköä ja prosessihöyryä soodakattilalla (450 MW), primäärikattilalla (80 MW), meesauunilla ja kuorenkaasutuslaitoksella. (Itä-Suomen ympäristölupavirasto päätös 109/06/2, 2006.)

3.3 Sähkönkulutus

3.3.1 Alueen merkittävimmät sähkönkuluttajat

Lappeenrannan alueen vuotuinen sähkön kokonaiskulutus on vähentynyt vuosien 2010-2014 välillä melko tasaisesti. Nimenomaan teollisuus on vähentänyt sähkönkulutustaan. Vuonna 2016 Lappeenrannan alueella kulutettiin sähköä 2 762 GWh, ja tästä teollisuuden osuus oli 2 213 GWh (80 %). Asumiseen ja maatalouteen sekä palveluihin ja rakentamiseen sähköä käytettiin suunnilleen yhtä paljon: asumiseen ja maatalouteen 246 GWh, palveluihin ja rakentamiseen 303 GWh. (Energiateollisuus ry 2016.)

Taulukko 8. Lappeenrannan kaupungin alueella sähkönkulutuksen jakautuminen sektoreittain vuonna 2016 (Energiateollisuus ry 2016)

Asuminen ja maatalous [GWh]	Teollisuus [GWh]	Palvelut ja rakentaminen [GWh]	Yhteensä [GWh]
246	2 213	303	2 762

3.3.2 Kaupungin sähkönkulutus

Lappeenrannan kaupunki kulutti vuonna 2016 sähköä 49 564 MWh. Eniten eli 36 066 MWh sähköä kului kiinteistöissä (ml. lämmitys). Tämä on noin 73 % kaupungin kokonaissähkönkulutuksesta. Toiseksi eniten eli 7 500 MWh sähköä (15 %) kului katu- ja muuhun ulkovalaistukseen. Kiinteistöjen sähkönkulutuksessa on mukana sekä kiinteistöjen käyttösähkö että sähkölämmitteisten kiinteistöjen kokonaissähkönkulutus.

Taulukko 9. Lappeenrannan kaupungin sähkönkulutus vuonna 2016

Kiinteistötyyppi	Sähkönkulutus [MWh]
Kiinteistöjen sähkönkulutus (myös lämmitys)	36 066
Katu- ja muu ulkovalaistus	7 500
Liikennevalot	310
Jätevesipumppaamot ja laitokset	2 285
Käyttöveden tuotanto	3 403
Yhteensä	49 564

3.4 Lämmöntuotanto

Lappeenrannan Energian keskustaajaman alueella on yksi suuri kaukolämpöverkko, jonka alueella on seitsemän lämmöntuotantolaitosta: KauVo, Mertaniemi, Skinnarila, Kahilanniemi, Lauritsala, Ihalainen ja Hyrymäen lämpölaite. Nämä laitokset (pl. KauVo) ovat teholtaan yhteensä 250 MW. Näiden lisäksi erillisiin aluelämpöverkkoihin tuottaa lämpöä kahdeksan lämpölaite, joiden yhteenlaskettu teho on noin 28 MW. Erillisiä aluelämpöverkkoja on Joutsenossa, Mustolassa, Rauhan kylpylän alueella ja Rauhassa Vipelentiellä ja Selkäharjussa. (Lappeenrannan Energia 2018c.)

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

3.4.1 Kaukolämmön tuotanto

3.4.1.1 Mertaniemen voimalaitos

Mertaniemen voimalaitos koostuu kahdesta voimalaitosrakennuksesta: Mertaniemi 1 (MRT 1) ja Mertaniemi 2 (MRT 2). Mertaniemien kaukolämpökattilat ovat käytössä silloin, kun KauVon kaukolämmön tuotanto ei riitä kattamaan kulutusta. Lisäksi Mertaniemessä on Fingrid Oyj:n häiriöreservinä toimivia kaasuturbiineja. Ennen KauVon tuotantolaitoksen valmistumista tuotettiin Mertaniemessä suurin osa kaupungin lämmöntarpeesta.



Kuva 8. Mertaniemen voimalaitos (Pollari 2012)

Mertaniemi 1:ssä on kaksi 15 MW:n maakaasukäyttöistä kaukolämpökattilaa (tulitorvi-kattilat). Kattiloilla tuotetaan vuosittain lämpöä 33-95 GWh kaukolämpöä. MRT 1:ssä on myös 40 MW sähkökattila.

Mertaniemi 2:ssä on käytössä myös kaksi kaukolämpökattilaa (vesiputkikattilat), joiden pääpolttoaineena on maakaasu ja varapolttoaineena kevyt polttoöljy. Näiden MRT 2:n kaasukattiloiden kaukolämpöteho on 2 x 40 MW ja polttoaineteho noin 2 x 42,5 MW. Vuosittainen arvioitu käyttöaika on noin 1000 tuntia kattilaa kohden, ja se vaihtelee vuosittain 400-2000 tunnin välillä per kattila. Keskimääräinen vuosituotanto on noin 100 GWh kaukolämpöä. (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto päätös nro 66/2012/1, 2012; Itä-Suomen ympäristölupavirasto päätös nro 1/07/2, 2007.)

3.4.1.2 Lauritsalan lämpökeskus

Lauritsalan lämpökeskuksessa on yksi 12 MW:n tulitorvi-tuliputkikattila, jota käytetään kaukolämmön tuotantoon silloin, kun KauVon tuotanto ei riitä vastaamaan kaukolämmön kysyntään. Lauritsalan lämpökeskuksessa lämpö tuotetaan maakaasulla ja kevyellä polttoöljyllä. Laitos on otettu käyttöön vuonna 1975. (Pollari 2018.)

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www. LCA-Consulting.fi

3.4.1.3 Kahilanniemen lämpökeskus

Kahilanniemessä tuotetaan kulutushuippujen ja KauVon seisakkien aikaan kaukolämpöä keskustaajaman kaukolämpöverkkoon maakaasulla ja kevyellä polttoöljyllä. Kahilanniemen 12 MW:n tulitorvi-tuliputkikattila on otettu käyttöön vuonna 1982. (Pollari 2018.)

3.4.1.4 Ihalaisen lämpökeskus

Ihalaisen lämpökeskuksessa on neljä 15 MW:n Ahlströmin tuliputki-tulitorvikattilaa, jotka tuottavat tarvittaessa kaukolämpöä Lappeenrannan Energian kaukolämpöverkkoon. Kattiloiden pääpolttoaine on maakaasu, varapolttoaineena toimii kevyt polttoöljy. Vastaavasti kuin muutkin pienet lämpölaitokset, toimii Ihalaisen lämpölaitos huippu- ja varavoimalaitoksena niissä tilanteissa, kun KauVon tuotanto ei riitä vastaamaan kaukolämmön kysyntään. (Pollari 2018.)

3.4.1.5 Hyrymäen lämpökeskus

Hyrymäen lämpökeskuksen kaksi tulitorvi-tuliputkikattilaa on otettu käyttöön vuonna 1987. Toinen kattiloista on teholtaan 2,5 MW ja toinen 5 MW. 2,5 MW:n kattila tuottaa kaukolämpöä öljyllä ja 5 MW:n kattila öljyllä ja maakaasulla. Myös Hyrymäen lämpökeskus on käytössä huippu- ja varavoimalaitoksena. (Pollari 2018.)

3.4.1.6 Skinnarilan lämpökeskus

Skinnarilan lämpökeskuksessa on käytössä neljä 15 MW:n öljykattilaa. Huippu- ja varavoimalaitoksena toimivan Skinnarilan lämpölaitoksen kattilat on otettu käyttöön vuonna 2001. (Pollari 2018.)

3.4.2 Aluelämmön tuotanto

3.4.2.1 Vipelentien lämpölaitos - Rauha

Rauhassa, kesän 2012 loma-asuntomessualueella, on oma noin 60 loma-asunnon kattava aluelämpöverkko. Tämä Vipelentiellä sijaitseva aluelämpöverkko on erillään Rauhan kylpyläalueen verkosta ja tuottaa lämpöä sekä järvilämmöllä että aurinkopaneeleilla. Järveen on sijoitettu noin 6,4 kilometriä keruupiiriä, ja se tuottaa lämpöä noin 350 kW:n teholla. Lämpölaitoksen katto- ja seinäpinnoille on sijoitettu aurinkopaneelit, jotka tuottavat osan laitoksen kokonaislämmöntuotannosta. Noin 80 % laitoksen kokonaisenergiantuotannosta tapahtuu uusiutuvalla energialla. Varavoimalana laitoksessa on myös maakaasukattila. (Greenreality 2018b; Pollari 2012.) Vuonna 2016 Vipelentien lämpölaitoksella tuotettiin aluelämpöä noin 930 MWh. Kuvassa 9 on vasemmalla esitetty Vipelentien lämpölaitoksen aluelämpöverkko ja oikealla on kuva lämpölaitoksesta. (Lappeenrannan Energia 2018d; Ojapelto 2018).



Kuva 9. Vipeleentien aluelämpöverkko ja aluelämpölaitos (Lappeenrannan Energia 2018d; Ojapelto 2018)

3.4.2.2 Joutsenon keskusta – FC Power Oy ja Joutsenon lämpölaitos

FC Powerin tuotantolaitoksella tuotetaan suurin osa Joutsenon keskusta-alueen kaukolämmön tarpeesta. Lappeenrannan Energia on ostanut FC Powerin tuottamaa lämpöä vuodesta 2012 alkaen. FC Powerilla kaukolämmön tuotantoon käytetään Kemira Chemicalsin hukkalämpöä ja Kemiran tuotantoprosessin sivutuotteena syntyvää vetyä. Vedystä tuotetaan lämpöä sitä polttamalla. FC Powerin tuottama kaukolämpö on siis päästötöntä energiaa, koska vedyn poltosta syntyy ainoastaan vesihöyryä. (Lappeenrannan Energia 2018e.)

Vuonna 2016 Joutsenon keskustan verkkoon syötettiin 21 GWh FC Powerin tuottamaa kaukolämpöä (Lappeenrannan Energia Oy 2016.) FC Power on ilmoittanut VAHTI-järjestelmään käyttäneensä vähäisiä määriä (0,63 GWh) myös moottoripolttoöljyä vuonna 2016. FC Power on ollut aiemmin Leppäkosken Sähkö Oy:n ja Kemira Chemicals Oy:n omistuksessa, mutta se siirtyi vuoden 2018 alkupuolella Adven Oy:n omistukseen (Leppäkosken Sähkö 2018).

Varavoimana Joutsenon keskustassa käytetään Joutsenon taajamassa ja Lampikankaalla sijaitsevia lämpölaitoksia. Joutsenon keskustan lämpölaitoksessa on kolme tulitorvi-tuliputkikattilaa, teholtaan 2 MW, 4 MW ja 2,32 MW. Kattiloiden käyttöönottovuodet ovat 1978 ja 1984. Joutsenon keskustan lämpökeskuksen kattilat käyttävät polttoaineenaan maakaasua ja kevyttä polttoöljyä. Lampikankaan alueella sijaitseva lämpökeskus koostuu kahdesta tulitorvi-tuliputkikattilasta, tehoiltaan 1,25 MW ja 0,58 MW. Isompi kattila on otettu käyttöön vuonna 2004 ja pienempi vuonna 1984. Lampikankaan ja Joutsenon keskustan lämpölaitokset tuottivat vuonna 2016 yhteensä noin 3 300 MWh kaukolämpöä. (Pollari 2018.)

Kuvassa 10 on esitetty Joutsenon keskusta-alueen ja siihen yhdistyvän Lampikankaan alueen aluelämpöverkko.



Kuva 10. Joutsenon aluelämpöverkko kahteen eri kuvaan jaettuna (Lappeenrannan energia 2018d)

3.4.2.3 Rauha – Kylpylän alue

Rauhan kylpylän alueella on Vipelentien lämpölaitoksesta erillinen oma aluelämpöverkko (kuva 11), johon lämpö tuotetaan kahdella tulitorvi-tuliputkikattilalla. Molemmat kattilat on otettu käyttöön vuonna 2010. Pienempi kattila on kooltaan 3 MW ja suurempi 6 MW. Molemmissa polttoaineena käytetään maakaasua ja kevyttä polttoöljyä. Rauhan aluelämpöverkkoon on tuotettu kaukolämpöä vuonna 2016 noin 13 500 MWh. (Pollari 2018.)



Kuva 11. Rauhan kylpyläalueen aluelämpöverkko (Lappeenrannan energia 2018d)

3.4.2.4 Selkäharju

Selkäharjun lämpölaitos on yhden 2 MW:n tulitorvi-tuliputkikattilan laitos, jonka kattila on käyttöönotettu vuonna 1990. Selkäharjun lämpölaitoksella polttoaineena käytetään maakaasua ja kevyttä polttoöljyä. Vuonna 2016 sen tuotanto on ollut noin 250 MWh. Kuvassa 12 on esitetty Selkäharjun lämpöverkko. (Pollari 2018.)



Kuva 12. Selkäharjun aluelämpöverkko (Lappeenrannan energia 2018d)

3.4.2.5 Mustolan ja Pelkolantien lämpölaitokset

Mustolan ja Pelkolantien lämpöverkot ovat toisistaan erilliset (kuva 13). Pelkolantien lämpölaite on siirrettävä kahden tulitorvi-tuliputkikattilan lämpölaite, joka tuotti vuonna 2016 noin 720 MWh lämpöä. Laitoksen polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä ja maakaasua. Laitoksen kaksi kattilaa ovat tehoiltaan 0,81 MW ja 1,1 MW. (Pollari 2018.)

Myös Mustolan lämpölaite on kahden tulitorvi-tuliputkikattilan laite. Kattilat on otettu käyttöön vuosina 1989 ja 1996. Maakaasulla ja kevyellä polttoöljyllä käyvä laite tuotti noin 3 100 MWh aluelämpöä vuonna 2016. Kattilat ovat tehoiltaan 4 MW ja 2 MW. (Pollari 2018.)



Kuva 13. Mustolan ja Pelkolantien lämpölaitosten lämpöverkot (Lappeenrannan energia 2018d)

3.5 Kiinteistöjen lämmitys

3.5.1 Rakennuskanta

Lappeenrannan alueen kiinteistöjen päälämmitystapa kiinteistöjen lukumäärän mukaan vuonna 2016 on esitetty taulukossa 10. Taulukossa esitetyissä luvuissa ei ole mukana vapaa-ajan asunnot, joissa osassa voi olla lämmitys. Tilastokeskuksen rakennustilastossa on mukana kivihiihilämmitteisiä kiinteistöjä, ja nämä on lisätty osioon ”Muu, tuntematon”, sillä kivihiihilämmityksestä on jo vuosikymmeniä sitten siirrytty muihin lämmitystapoihin. Alla olevasta taulukosta huomioitavaa on myös, että ”Puu, turve” –sarakkeen kiinteistöt ovat hyvin todennäköisesti puulämmitteisiä. Tilastossa on myös mahdollisia muita pieniä vääristymiä, sillä vain rakennuslupaa vaativat lämmitystapamuutokset kirjautuvat näihin tietoihin.

Päälämmitystapojen rinnalla voi monissa kiinteistöissä olla rinnakkaisia lämmitysjärjestelmiä, kuten puun pienpolttoa tai vaikkapa aurinkopaneeleita.

Taulukko 10. Lappeenrannan alueen kiinteistöjen lämmitystavat (kiinteistöjen lukumäärien mukaan) (Tilastokeskus 2018b; Pollari 2018)

KIINTEISTÖTYYPPI	Kauko- tai aluelämpö	Öljy	Kaasu	Sähkö	Puu, turve	Maalämpö	Muu, tuntematon
Erilliset pientalot	5 380	3 021	444	4 926	2 618	315	249
Rivi- ja ketjutalot	3 015	59	30	124	3	1	2
Asuinkerrostalot	521	15		7	9	2	1
Liikerakennukset	987	54	28	78	24	2	2
Toimistorakennukset	224	9		38	0	0	0
Liikenteen rakennukset	94	42		173	15	12	0
Hoitoalan rakennukset	99	17		15	4	0	0
Kokoontumisrakennukset	75	10		55	13	1	0
Opetusrakennukset	64	17		20	0	1	0
Teollisuusrakennukset	55	114	50	117	18	3	1
Varastorakennukset	178	16	0	41	3	3	1
Muut rakennukset	52	7	0	18	9	0	1

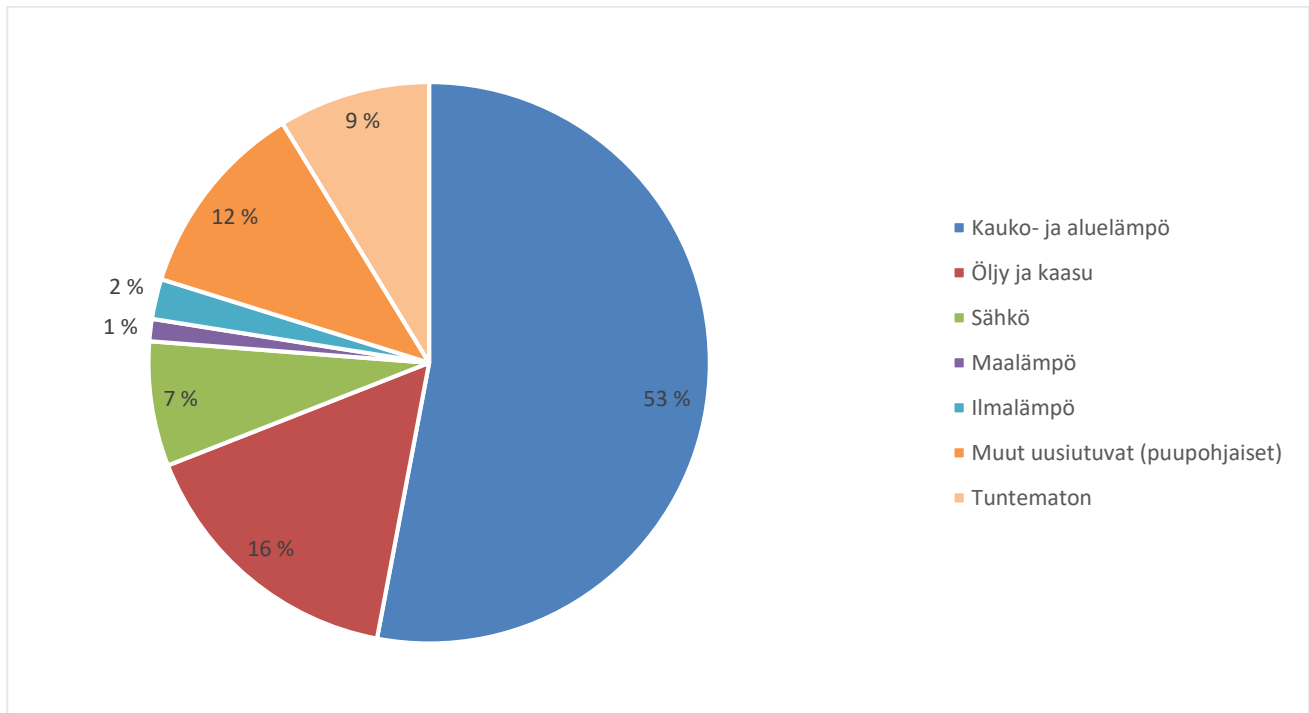
Lappeenrannan alueen koko kiinteistökannan lämmitykseen tarvittava lämpöenergia ja polttoaine-energia, joita tarvitaan lämmityksen tuottamiseen, on esitetty taulukossa 11. Sähkö-, kaukolämpö- ja maalämpökiinteistöjen kohdalla on oletettu hyötysuhteeksi 100 %, koska kaukolämmön ja sähkölämmityksen osalta tuotanto- ja siirtohäviöt huomioidaan myöhemmin kokonaisenergiataseessa tuotanto- ja siirtohäviöinä.

Erillislämmitysjärjestelmien osalta on puupohjaiselle lämmitykselle oletettu hyötysuhteeksi 65 %, tuntemattomille 75 % ja öljykattiloille 9 %. Todellisuudessa nämä hyötysuhteet vaihtelevat käytetyn tekniikan mukaan ja voivat näin ollen olla jopa parempia tai huonompia. Maakaasun osalta hyötysuhteen on oletettu olevan 93 %. Ilmalämpöpumppujen määrän kaupungissa on arvioitu olevan vastaava kuin Suomessa keskimäärin, eli noin viisinkertainen maalämpöjärjestelmiin verrattuna. Ilmalämpöpumppujen on lisäksi oletettu olevan sähkölämmitteisissä kiinteistöissä ja jakautuvan eri kiinteistötyypeille niiden rakennusalaosuuksien mukaisesti.

Taulukko 11. Lämmönkäyttö Lappeenrannan rakennuskannassa sekä tarvittavat polttoaine-energiat

Lämmitystapa	Lämmönkäyttö [GWh/a]	Polttoaine-energia	
		[GWh/a]	[%]
Kauko- ja aluelämpö	637,4	637,4	53,0 %
Öljy ja kaasu	176,8	193,3	16,1 %
Sähkö	86,5	86,5	7,2 %
Maalämpö	15,4	15,4	1,3 %
Ilmalämpö	27,8	27,8	2,3 %
Muut uusiutuvat (puupohjaiset)	89,5	137,6	11,4 %
Tuntematon	78,9	105,2	8,7 %
Yhteensä	1 112,3	1 203,2	100 %

Lappeenrannan kaupungin alueella olevien kiinteistöjen lämmitystapajakauma käytetyn polttoaine-energian mukaan on kuvattu havainnollisemmin kuvassa 14.



Kuva 14. Lämmitystapajakauma polttoaine-energian mukaan

3.6 Energia- ja päästötaseet

Lappeenrannan kaupungin alueen lämpötase on esitetty sekä alueen kokonaislämpötaseena (kuva 16) sisältäen teollisuuden polttoainekäytön ja lämmön sekä prosessihöyryn tuotannon, mutta myös erillisenä kiinteistökannan lämpötaseena (kuva 15). Erillinen kiinteistöjen lämpötase mahdollistaa tarkastelun ilman teollisuuden merkittävää osuutta polttoaineiden käytössä ja energiantuotannossa sekä –kulutuksessa. Kokonaislämpötaseessa on huomioitu kaupungin alueen lämmöntuotannon polttoainejakauma, polttoaineiden energiasältö, tuotantohäviöt lämmöntuotannosta sekä kaukolämmön siirtohäviöt.

Sähkötase (kuva 17) on laadittu vain kokonaistaseena. Sähkötaseessa on huomioitu vastaavasti kuin lämpötaseessa sähkön tuotantoon käytetyt energialähteet, sähkön tuotanto- ja siirtohäviöt sekä sähkön loppukäytön jakautuminen. Sähkötaseessa ei ole huomioitu muiden teollisten toimijoiden kuin metsäteollisuuden mahdollista omaa sähköntuotantoa, sillä muiden toimijoiden mahdollinen oma sähköntuotanto ei ollut täysin tiedossa.

Kokonaisenergiataseessa (kuva 18) on yhdistetty kokonaislämpötaseessa ja sähkötaseessa esitetyt tiedot. Kokonaisenergiataseeseen on lisätty myös Lappeenrannan alueen teollisten toimijoiden erittelemätön polttoainekäyttö, jota ei ole huomioitu lämpö- tai sähkötaseessa. Osittain tämä polttoainekäyttö on energiantuotannon tarpeisiin ja osittain prosessin muihin tarpeisiin.

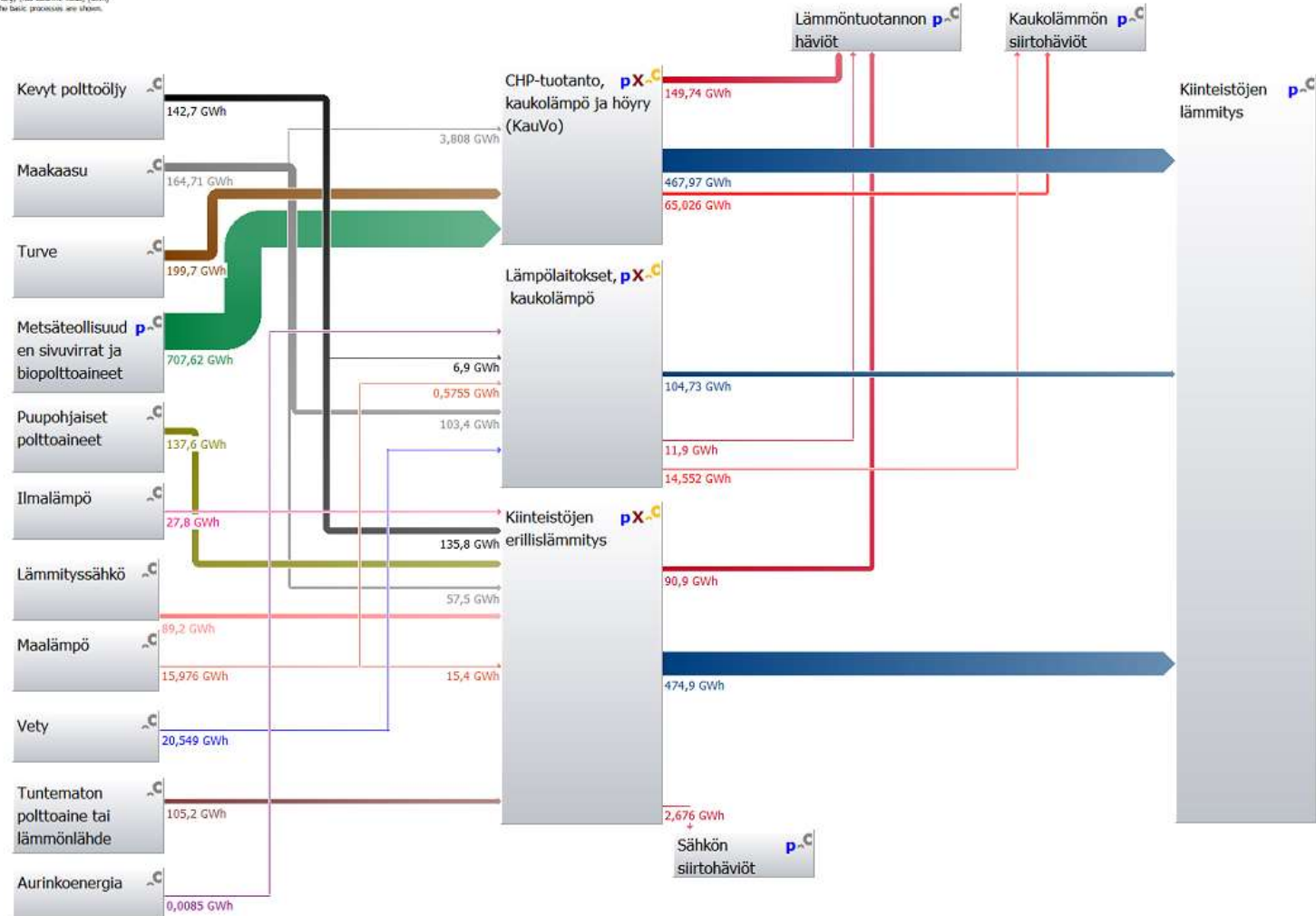
3.6.1 Laskentaoletuksia

Lämmöntuotannon häviöt aiheutuvat energiantuotantolaitosten hyötysuhteista. Myös erillislämmityskiinteistöissä aiheutuu häviöitä käytetystä lämmöntuotantotekniikasta riippuen. Erillislämmityskiinteistöjen kohdalla lämmöntuotannon hyötysuhteina on käytetty öljylämmitykselle 90 %, puulämmitykselle 65 %, maalämmölle 100 %, ja maakaasulle 95 % ja kiinteistöille, joiden lämmitystapa on tuntematon, 75 %. Sähkölämmitteisille kiinteistöille on käytetty 100 %:n hyötysuhdetta, jolloin häviöt huomioidaan sähkön siirron häviössä.

Sähkön siirtohäviönä on käytetty Suomen sähköverkon vuoden 2015 siirto- ja jakeluhäviöiden lukua 3,0 % (Energiateollisuus ry 2015). Kaukolämpölaitosten häviöt perustuvat ilmoitettuihin tietoihin. Kaukolämpöverkon siirtohäviönä on käytetty Lappeenrannan Energian ilmoittamaa kokonaishäviötä 12,2 %.

CO₂-päästöt, jotka on merkitty kokonaisenergiataseeseen, aiheutuvat energiantuotantoon käytetyistä polttoaineista. Energiantuotannon polttoaineista fossiilista alkuperää olevat polttoaineet aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä, bioperäisten polttoaineiden on oletettu olevan hiilineutraaleja. Myös muualla tuotettu sähkö (nettosähkö) aiheuttaa CO₂-päästöjä, ja tälle on käytetty Suomen keskimääräisen sähköntuotannon päästökerrointa. CO₂-päästöjen laskentaan polttoaineiden osalta on käytetty Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen mukaisia CO₂-päästökertoimia tarkasteluvuodelta 2016.

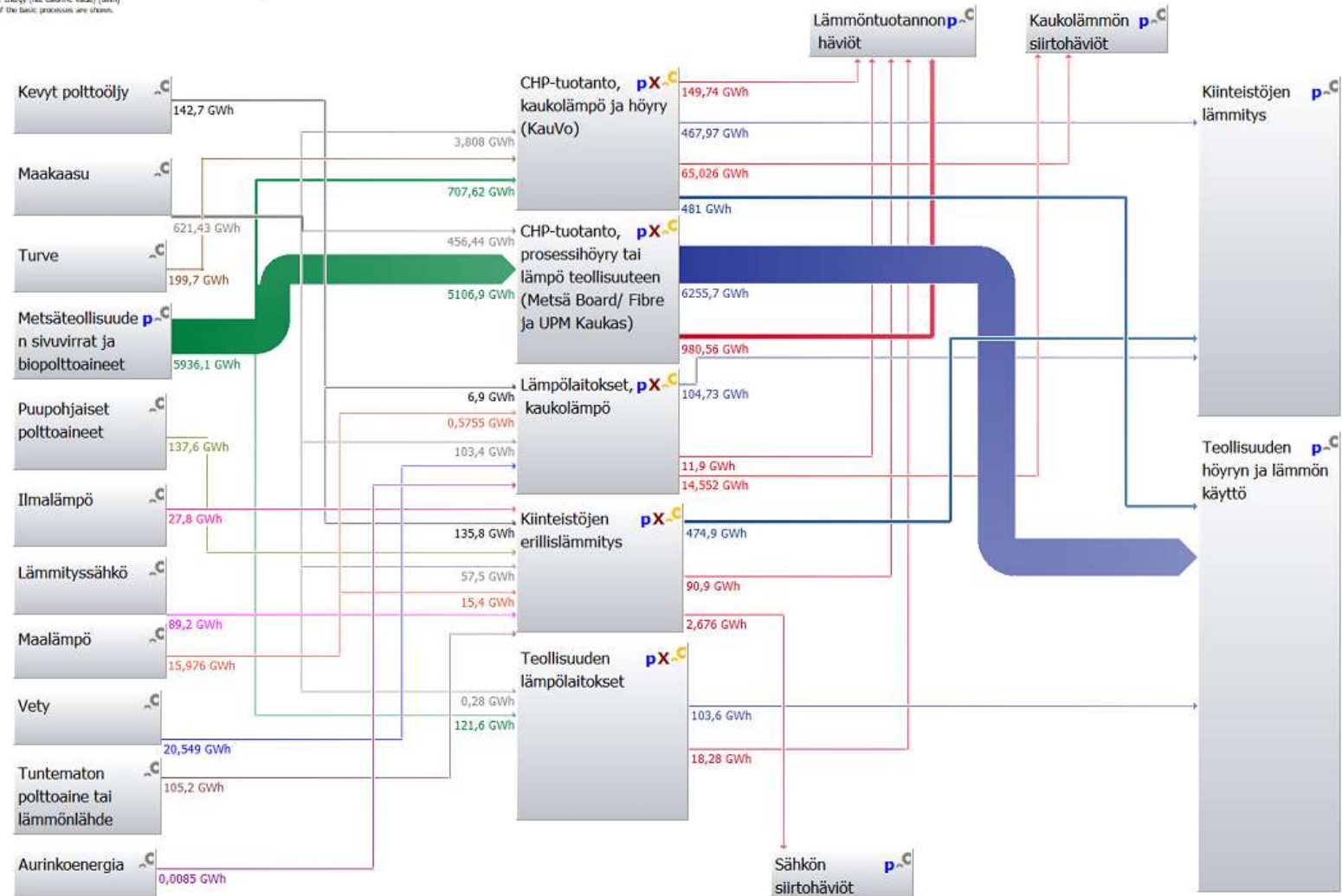
Lämpötase (vain kiinteistökanta)

Process plant energy (net calorific value) [GWh]
The names of the basic processes are shown.

Kuva 15. Lämpötase sisältäen Lappeenrannan alueen kiinteistökannan

Kokonaislämpötase (sis. metsäteollisuus)

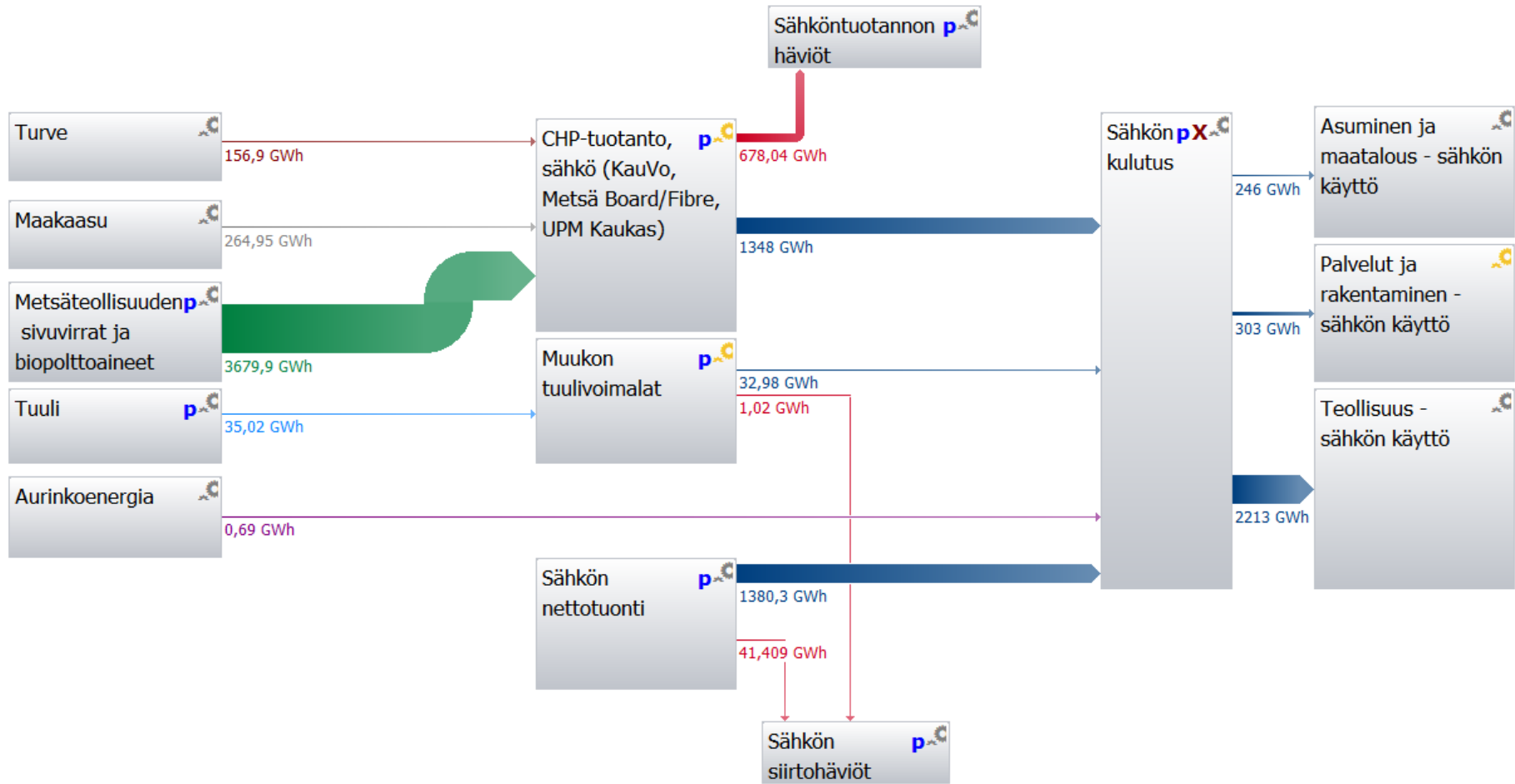
Process plant Energy (net calorific value) [GWh]
The names of the basic processes are shown.



Kuva 16. Kokonaislämpötase sisältäen rakennuskannan ja (metsä)teollisuuden lämmönkäytön

Sähkötase

Process plan: Energy (net calorific value) [GWh]
The names of the basic processes are shown.



Kuva 17. Lappeenrannan alueen sähkötase

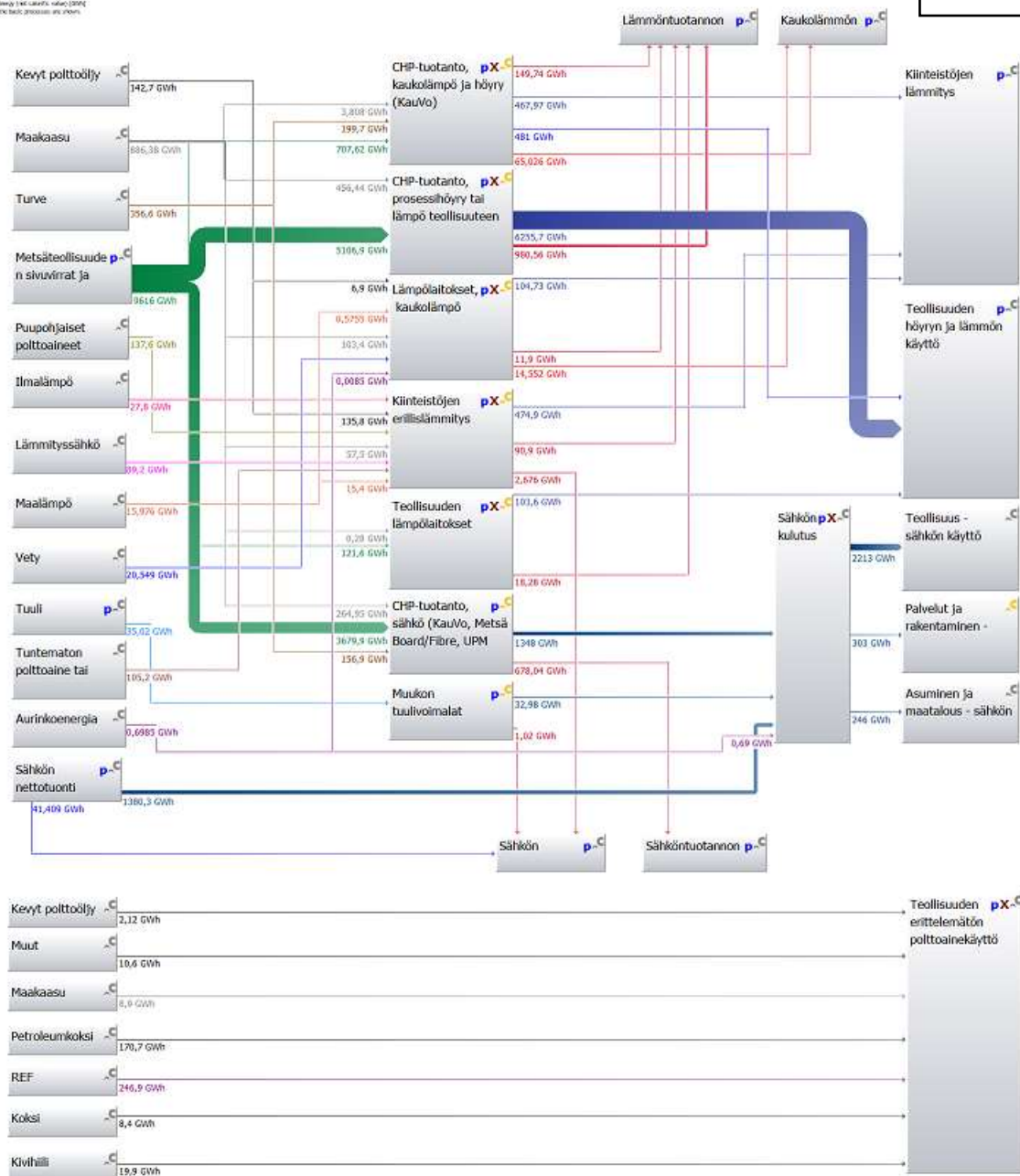
LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

Kokonaisenergiatase
Process plant energy balance (LCA) 2008
The name of the block processes are shown

708 321,9 tCO₂-ekv



Kuva 18. Lappeenrannan alueen kokonaisenergiatase sisältäen teollisuuden erittelemättömän polttoainekäytön

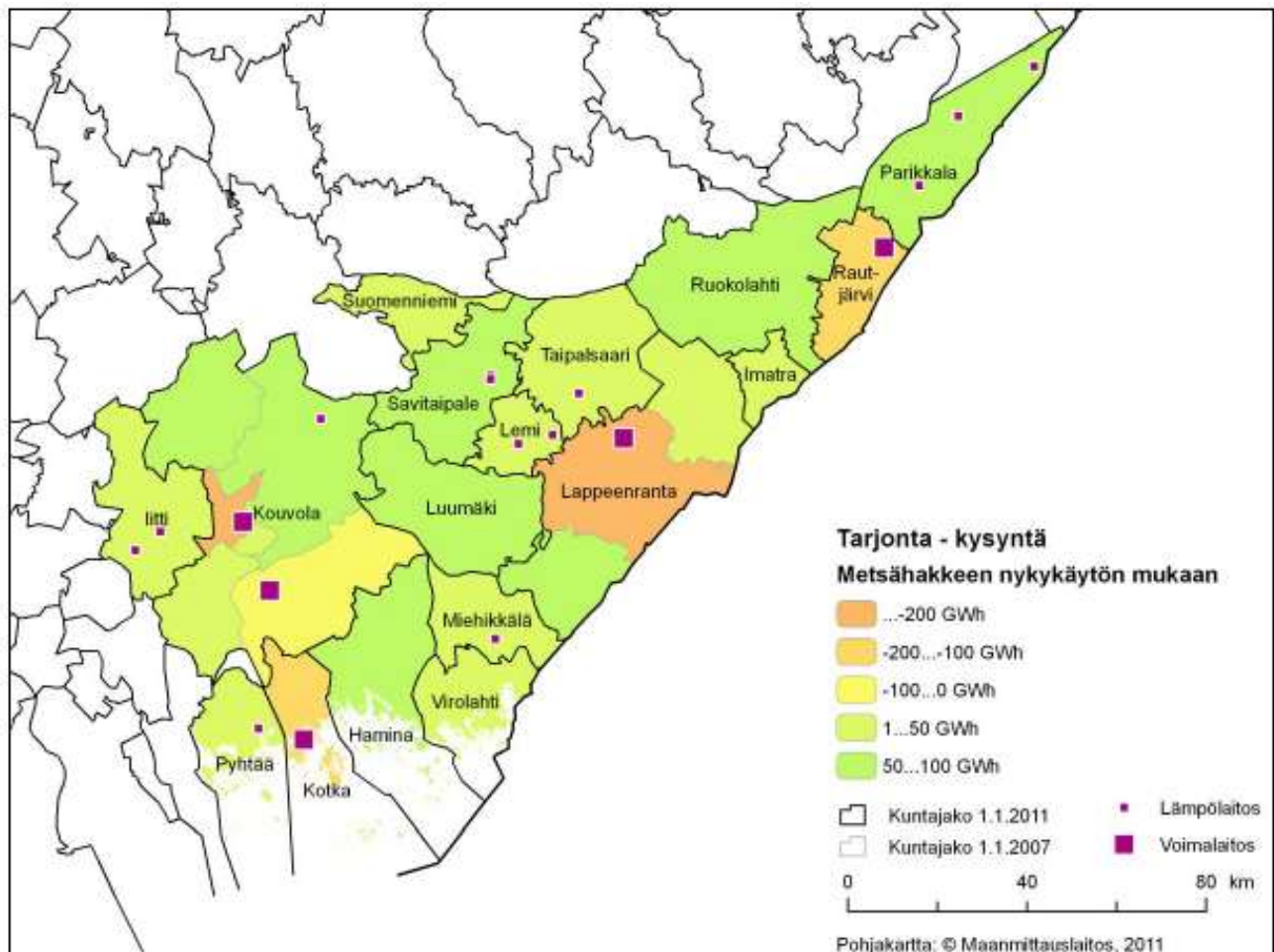
4 UUSIUTUVAT ENERGIALÄHTEET

4.1 Puupolttoaineet

4.1.1 Nykykäyttö

Lappeenrannan teknillinen yliopisto (Laihanen et al.) on tehnyt selvityksen Kaakkois-Suomen (mukaan luetuna Etelä-Karjala) alueen metsäenergian käytön kasvusta ja liiketoimintamahdollisuuksista vuonna 2011. Laihasen et al. selvityksessä tarkasteltiin metsähakkeen tarjontaa ja kysyntää. Metsähakkeeksi Laihasen et al. (2011) selvityksessä on laskettu pienpuun korjuu nuoren metsän kunnostuskohteista ja ensiharvennuksista, hakkuutähteet (kuusi, mänty ja koivu) ja kannot (kuusi ja mänty) päätehakuista.

Vuonna 2010 Lappeenrannan kaupungin alueella on metsähakkeen kysyntä ollut tarjontaa suurempaa (kuva 19). Tässä kuvassa ei ole huomioitu erillislämmitteisten kiinteistöjen puupolttoaineen kulutusta eikä teollisuuden metsähakkeen kulutusta. Lappeenrannan tapauksessa mukana on siis kaupungin maantieteellisen alueen metsähakkeen tuotanto ja KauVon kysyntä.



Kuva 19. Metsäpolttoaineen vuoden 2010 kysyntä suhteutettuna ko. vuonna toteutuneiden hakkuiden mukaisen energian saatavuuteen (Laihanen et al. 2011)

Koska Lappeenrannassa on monta metsäteollisuuden toimijaa, on myös puuperäisten polttoaineiden käyttö merkittävää. UPM Kymmene Kaukaan tehtailla, Stora Enso Wood Products Honkalahden sahalla ja Metsä Group Joutsenon tehtailla käytetään merkittävä määrä metsäteollisuuden sivuvirtoja energiantuotantoon. Lisäksi Lappeenrannassa on puulämmitteisiä kiinteistöjä. Alla olevaan taulukkoon 12 on koottu KauVon, metsäteollisuuden toimijoiden ja rakennusten lämmitykseen vuonna 2016 käytetyt puuperäiset polttoaineet.

Taulukko 12. Puupolttoaineiden käyttö Lappeenrannassa 2016 (teollisuus ja kiinteistöjen erillislämmitys)

Käyttö	Polttoaine-energiaa [GWh/a]
Metsäteollisuuden sivuvirrat ja biopolttoaineet teollisuuden energiantuotannossa ja KauVossa	9 617
Puupohjaisten polttoaineiden käyttö erillislämmitteisissä kiinteistöissä	138
Yhteensä	9 755

4.1.2 Varannot

4.1.2.1 Uudishakkuiden hakkuutähteet ja pienpuun korjuu

Hakkuutähteiden ja kantojen määrään vaikuttaa merkittävästi ainespuun tarve metsäteollisuudessa, sillä hakkuutähteet ja kannot syntyvät ainespuun hakkuiden yhteydessä. Sen sijaan pienpuuta saadaan normaaleista metsänhoidolle välttämättömistä hakkuista (Laihanen et al. 2011), mutta osa siitä saattaa ohjautua ainespuuksi, riippuen vuodesta.

Laihasen et al. (2011) selvityksen mukaan metsähakkeen tarjonta ja (teollinen/lämpölaitosten) käyttö vuonna 2010 on ollut Lappeenrannassa taulukon 13 kaltainen. Metsähakkeen tarjonnassa on huomioitu kaikki sen tuotantoa rajoittavat tekniset, taloudelliset, ekologiset ja metsänomistajan tarjoushalukkuuteen liittyvät tekijät.

Taulukko 13. Metsähakkeen tarjonta ja käyttö vuonna 2010 Lappeenrannassa (Laihanen et al. 2011)

Hakkuutähteet [GWh]	Kannot [GWh]	Pienpuu [GWh]	Tarjonta yhteensä [GWh]	Käyttö vuonna 2010 [GWh]
106	58	68	232	330

Uudemman Biomassa-atlaksen kerätyn potentiaalitiedon mukaan Lappeenrannan alueen metsähakkeen tarjonta on hiukan pienempi kuin Laihasen et al. (2011) selvityksessä arvioitu. Laihasen et al. (2011) selvityksen mukaan tarjonta olisi vuositasolla 232 GWh, kun taas Biomassa-atlaksen mukaan vuosittainen toteutuneiden hakkuiden mukainen tarjonta, tuotantoa rajoittavat tekijät huomioituna, olisi noin 193 GWh/a. Vuonna 2016 KauVon metsätähdehakkeen ja –murskeen käyttö on ollut noin 210 GWh, eli pienempi kuin yllä olevassa taulukossa vuodelle 2010 ilmoitettu käyttö.

Taulukkoon 14 on kirjattu Biomassa-atlaksen arvioitu toteutuneiden hakkuiden mukainen potentiaali, suurin ekologisesti kestävä potentiaali sekä metsäomistajien tarjoushalukkuuden mukainen potentiaali metsä-

puuhakkeen osalta. Toteutuneiden hakkuiden mukainen potentiaali kuvaa nimensä mukaisesti keskimääräistä vuosittaista toteutuneiden ainespuuhakkuiden ja pienpuun metsänhoidollisten hakkuiden tuottamaa energiamäärää, kun hakkuumäärien oletetaan pysyvän samoina kuin keskimäärin vuosien 2008-2012 välillä. Suurin ekologisesti kestävä potentiaali kuvaa maksimaalista puunkorjuun tilannetta. Tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali kuvastaa metsänomistajan myyntihalukkuutta, jonka on oletettu olevan hakkuutähteille 65 %, kannoille 50 % ja pienpuulle 80 % osuudet teknis-taloudellisesta ja ekologisesta potentiaalista. (Laihanen et al. 2011.)

Taulukko 14. Vuosittainen metsäpuuhakkeen saatavuus Lappeenrannassa (Biomassa-atlas 2018, Laihanen et al. 2011)

Potentiaalit	Suurin kestävä aines- ja energiapuun hakkuukertymä		Toteutuneen hakkuukertymän mukaan		Tarjoushalukkuuden mukaan	
					Suurin kestävä	Toteutuneiden hakkuiden mukainen
	[m ³ /a]	[GWh/a]	[m ³ /a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Pienpuu	32 313	58	32 313	58	47	47
Latvusmassa, mänty	25 768	52	15 479	31	34	20
Latvusmassa, kuusi	45 064	95	34 776	73	62	47
Latvusmassa, lehtipuu	11 859	29	6 183	15	19	10
Kannot, mänty	33 270	78	19 983	47	39	23
Kannot, kuusi	55 168	118	42 629	91	59	45
Yhteensä	203 442	430	151 363	316	259	193

Korjuutähteiden, pienpuun ja kantojen lisäksi Lappeenrannan alueen teollisilla toimijoilla voi syntyä toiminnastaan jonkin verran puuperäisiä sivuvirtoja, joita voisi olla mahdollista hyödyntää energiantuotantoon esim. teollisten symbioosien myötä. Tällaisia teollisuuden nykyhetkellä hyödyntämättömiä puuperäisiä, polttoainekäyttöön mahdollisesti soveltuvia virtoja voidaan kartoittaa esim. FISS-työpajojen avulla.

4.1.3 Energiantuotantopotentiaali

Suurin potentiaali puupolttoaineiden lisäämiseen Lappeenrannassa olisi kaukolämmön tuotannossa. Kaukaan Voimassa käytettiin vuonna 2016 noin 350 GWh:n edestä turvetta, joka olisi mahdollista korvata kokonaan puuperäisillä polttoaineilla. Turve on kuitenkin erityisesti talvella hyvä polttoaine kattila- ja palamisteknisistä syistä. Lisäksi turvetta käytettäessä ei esiinny jäätymis- tai holvaantumisongelmia, ja sen palaminen on parempaa. (Pollari 2018)

Muissa Etelä-Karjalan alueen kunnissa on viime vuosina korvattu maakaasu- tai öljykäyttöisiä lämpölaitoksia puupohjaisia polttoaineita käyttävillä laitoksilla. Lappeenrannassa kaikki pienemmät lämpölaitokset Rauhan hybridilämpölaitosta lukuun ottamatta käyttävät fossiilisia polttoaineita. Jotkut lämpöverkoista ovat kuitenkin kooltaan ja käyttäjämääriltään varsin pieniä, joten uuteen puhtaampaan tekniikkaan investoiminen ei

välttämättä ole kannattavaa. Sen sijaan keskustaajaman alueen lämpöverkkoon kuuluvia lämpölaitoksia käytetään lähinnä huippu- ja varavoimalaitoksina. Tämänkään tyyppinen käyttö ei ole optimaalisin puupolttoaineille, koska laitokset tulee saada melko nopeasti käyttöön otettua. Kun vanhoja lämpölaitoksia tulee käyttökänsä päähän, on erittäin tarkoituksenmukaista pohtia polttoaineen vaihtamista uusiutuvaan.

Selkeimmin puupolttoaineiden käyttöä kannattaneekin lisätä kiinteistöjen erillislämmitysjärjestelmiin. Vanhoja lämmitysjärjestelmiä uusittaessa puupolttoaine kilpailee tosin tällä hetkellä esim. maalämmön kanssa päälämmönlähteen paikasta. Maalämmölle on kuitenkin jonkin verran alueellisia rajoittavia tekijöitä, kun taas puuperäiseen lämmitykseen, esim. pellettilämmitykseen, vaihtaminen voi olla melko helppoa vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän kiinteistöissä, kuten öljylämmitteisissä taloissa. Öljystä pellettilämmitykseen siirryttäessä voidaan koko kattilajärjestelmä uusida tai voidaan investoida vain pelletille sopivaan polttimeen ja polttoaineen varastosiiloon vanhaa öljykattilaa edelleen polttilana hyödyntäen.

Joissain sähkölämmitteisissä kiinteistöissä voi olla käytössä vesikiertoinen lämmitys sähköpattereiden sijaan. Tilastotietoa ei kuitenkaan ole olemassa vesikiertoisten sähkölämmitysjärjestelmien määrstä, joten tässä ei arvioida niissä olevaa puupolttoaineiden lisäämispotentiaalia.

Suinkaan kaikki öljylämmittäjät eivät kattilan käyttöään umpeuduttua vaihda pellettilämmitykseen, joten energiantuotantopotentiaali pellettilämmityksen lisäämiselle on laskettu puolelle öljylämmitteisistä kiinteistöistä. Vuonna 2016 öljyn käyttö on öljylämmitteisillä kiinteistöillä Lappeenrannassa ollut noin 135 GWh. Lämmönkäytön on oletettu pysyvän samana, mutta laskennassa on huomioitu nykytekniikan mukaisten pellettikattiloiden hieman parempi hyötysuhde (öljykattiloille keskimäärin 80 % ja pellettikattiloille keskimäärin 90 %). Pelletin tuottama energia olisi puolet öljykattiloista pellettikattiloilla korvattaessa noin 76 GWh vuodessa.

4.2 Peltobiomassat

Peltobiomassaa on mahdollista hyödyntää kiinteänä polttoaineena poltossa, tai siitä voidaan valmistaa biokaasua tai nestemäistä biopolttoainetta. Peltojen sivutuote-energialla on mahdollista merkitystä hajauteissa energiantuotannossa sekä muiden uusiutuvien energiamuotojen tukena keskitetyssä energiantuotannossa. Tämä siitäkin huolimatta, että osa korjuutähteistä on jätettävä pellolle maaperän eloperäisen aineksen määrän pitämiseksi riittävänä.

Peltobiomassan hyötykäyttöön energiaksi polttamalla liittyy kuitenkin vielä monenlaisia haasteita, kuten rajusti vaihtelevat satomäärät, alhainen energiatiheys sekä suuri tuhkapitoisuus. (Alakangas, 2000.) Nykyisellään peltobiomassojen, kuten nurmen, hyödyntämistä biokaasun tuotantoon voikin olla mielekkäämpää tarkastella kuin vaikkapa energiapajun polttoa.

4.2.1 Nykykäyttö

Lappeenrannassa ei hyödynnetä peltobiomassoja poltossa eikä biokaasun tai nestemäisen biopolttoaineen tuotannossa.

4.2.2 Varannot ja energiantuotantopotentiaali

Lappeenrannan maantieteellisellä alueella on viljelysmaata yhteensä 20 844 ha. Taulukossa 15 on jaoteltu Lappeenrannan viljelysmaa viljelyn tyypin mukaan. Eniten viljelysmaata käytetään rehunurmien viljelyyn, viljalajeista eniten viljellään kauraa. (Luonnonvarakeskus 2018.)

Taulukko 15. Maatalousmaa Lappeenrannassa 2016 (Luonnonvarakeskus 2018)

Viljelty kasvi	Viljelyala [ha]
Syysvehnä	183
Kevätvehnä	2 064
Ruis	243
Rehuohra	3 806
Kaura	3 499
Rehunurmet	4 538
Laidun	621
Peruna	29
Vihantavilja	85
Kesannot	600
Luonnonhoitopellot*	2 731
Viherlannoitusnurmi	852
Nurmet väh. 5 vuotta	103
Kotitarvepuutarha	9
Mallasohra	377
Seosvilja	334
Muut viljat	25
Siemenheinä	254
Herne	14
Härkäpapu	198
Rypsi	358
Rapsi	368
Kumina	201
Ruokohelpi	107
Puutarhakasvit	85
Muut kasvit	16
Monivuotiset puutarhakasvit	21
Kasvihuoneviljely	1
Käytössä oleva viljelysmaa yhteensä	20 844

Peltoviljelyn sivuvirtana energiantuotantoon sopivina voidaan pitää olkea, valkuaiskasvien varsia, öljykasvien kortta, siementuotannon nurmea ja kesantonurmea. Pelloilta korjattavissa oleva maksimipotentiaali, ilman teknisten ja muiden mahdollisten rajoitteiden tunnistamista, on esitetty taulukossa 16. Luku perustuu vuoden 2015 satotasoon, viljelypinta-alaan ja satoindeksiin. (Biomassa-atlas 2018.)

Taulukko 16. Peltoviljelyn sivuvirrat (teoreettinen maksimi) (Biomassa-atlas 2018)

Peltoviljelyn sivuvirta	Määrä [tonnia k-a/a]
Olki	23 201
Valkuaiskasvien varret	264
Öljykasvien korsi	1065
Siementuotannon nurmi	245
Kesantonurmi	8011

Yllä luetelluista sivuvirroista olkea voisi olla mahdollista polttaa isoissa voimalaitoskattiloissa pieniä määriä. Oljen energiahyödyntämisen potentiaali on laskettu alla olettaen, että oljen kuiva-aineen energiasisältö on 18 MJ/kg, oljen kuiva-aine pitoisuus on 50 % ja että oljesta 30 % on mahdollista hyödyntää teknis-taloudellisesti. Suurin rajoittava tekijä oljen ja muidenkin sivutuotteiden energiakäytössä on pellon kasvukunnon säilyttäminen ja tästä syystä kaikkea syntyvää sivutuotetta ei voida hyödyntää. Taulukossa 17 on esitetty oljen tekninen ja teknis-taloudellinen energiapotentiaali Lappeenrannassa.

Taulukko 17. Lappeenrannan alueella syntyvän oljen energiapotentiaali

Sivuvirta	Kuiva-ainemäärä [t]	Tekninen energiapotentiaali [GWh]	Teknistaloudellinen energiapotentiaali [GWh]
Olki	23 201	81	35

Taulukosta 17 nähdään, että oljen sisältämä teknis-taloudellisesti hyödynnettävissä oleva energiasisältö on 35 GWh. Oljen polton onnistuminen edellyttää kuitenkin sitä, että olki saadaan kerättyä talteen mahdollisimman kuivana, ja Suomessa syksyjen sää on usein kostea ja epävakainen. Lisäksi olki sisältää klooria ja alkali-metalleja, jotka voivat poltettaessa aiheuttaa korroosiota ja liata kattilaa. Suurin rajoittava tekijä oljen poltossa on sopivan vastaanottajan löytäminen.

4.3 Biokaasu

Biokaasua muodostuu eloperäisten aineiden hajotessa hapettomissa aloissa. Biokaasua syntyy kaatopaikoilla (kaatopaikkakaasu) ja sitä tuotetaan mädätyslaitoksissa eloperäisistä aineksista. Biokaasu sisältää metaania ja hiilidioksidia sekä pieniä osuuksia muita kaasuja, kuten rikkiä, vetyä ja typpeä. (Motiva 2018a.) Energiantuotannon näkökulmasta merkittävintä on biokaasun metaanipitoisuus, joka kaatopaikkakaasussa on usein huomattavasti pienempi kuin hallituissa olosuhteissa mädätyslaitoksessa syntyneen biokaasun. Eri käyttötarkoituksia varten biokaasua tulee puhdistaa erilaisilla menetelmillä joko metaanipitoisuuden nostamiseksi hiilidioksidia erottamalla tai likaavien aineiden poistamiseksi kaasusta.

Biokaasua voidaan käyttää joko energiantuotantoon CHP-laitoksessa tai pelkkään lämmöntuotantoon lämpölaitoksessa. Vaihtoehtoisesti biokaasu voidaan jalostaa pidemmälle korvaamaan liikennepolttoaineita kaasukäyttöisissä ajoneuvoissa tai syöttää puhdistuksen jälkeen maakaasuverkkoon korvaamaan maakaasun käyttöä muissa käyttökohteissa.

Biokaasun tuotantoon mädätyslaitoksilla käytetään raaka-aineina esimerkiksi biojätteitä, eläinten lantaa, erilaisia vihermassoja (esim. maatalouden sivutuotteet, kotitalouksien piha- ja haravointijätteet), elintarviketeollisuuden ja teurastamoiden sivuvirtoja, jätevesilietteitä tai muita eloperäisiä sivuvirtoja. (Motiva 2018a.)

4.3.1 Nykykäyttö

Lappeenrannassa ei ole biokaasun tuotantoa, mutta kaksi biokaasulaitosta on suunnitteilla Lappeenrantaan. Toinen suunnitteilla oleva biokaasulaitos on UPM Kymmenen ja Lappeenrannan Energian yhteinen ja toinen Etelä-Karjalan Jätehuollon (EKJH).

Etelä-Karjalan Jätehuollon biokaasulaitoksella on tarkoitus mädättää EKJH:n toimialueelta kerättävä biojäte ja jätevesilietteitä. Laitoksen suunniteltu käsittelykapasiteetti on noin 19 900 t/a, jakautuen 7200 t/a biojätteelle ja 12 700 t/a puhdistamolietteelle. Suunniteltu laitostyyppi on kuivamädätyslaitos. EKJH:n biokaasulaitoksella on tarkoitus tuottaa biokaasua jalostettuna liikennepolttoainekäyttöön, mutta valmiudet myös CHP-tuotantoon on suunniteltu toteutettavan. AVI on myöntänyt laitokselle toiminnan aloittamisluvan 30.10.2017 ja Työ- ja elinkeinoministeriö energiatuen 8.5.2017. Laitoksen oli määrä valmistua vuoden 2018 aikana, mutta laitoksen hankinnan kilpailutus on jouduttu uusimaan. Uuden aikataulun mukaan laitoksen on määrä valmistua vuoden 2019 aikana. Nykyisellään mädätyslaitoksen aiotut syötteet kompostoidaan Kekkilän hallinnoimalla, Kukkuroinmäen jätekeskuksessa sijaitsevalla, kompostointilaitoksella. (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto päätös nro 205/2017/1, 2017.)

UPM Kymmenen ja Lappeenrannan Energian kaavailemasta biokaasulaitoksesta ei ole vielä julkisesti saatavilla olevia tiedotteita ja laskelmia. Lappeenrannan Energia on ilmoittanut, että suunnitellulla biokaasulaitoksella käsiteltäisiin sekä UPM Kymmenen että Lappeenrannan Energian jätevesilietteet ja että laitoksen suunniteltu käsittelykapasiteetti olisi yli kaksinkertainen EKJH:n suunnittelemaan biokaasulaitokseen verrattuna. (Etelä-Saimaa 2017.)

4.3.2 Varannot

4.3.2.1 Kaatopaikat

Lappeenrannassa toimii sekä teollisuuden omia kaatopaikkoja että Etelä-Karjalan Jätehuollon omistama yhdyskuntajätteelle tarkoitettu Kukkuroinmäen kaatopaikka.

Stora Enso Wood Productsin Honkalahden sahalla ja Metsä Groupin tehtailla on yhteinen Kilteisten teollisuuskaatopaikka. Kaatopaikalle ei kuitenkaan sijoiteta ympäristöluvan mukaan biohajoavia jätteitä, joten kaatopaikkakaasun muodostuminen on erittäin vähäistä (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto päätös nro 227/2017/1, 2017). Myös UPM Kymmene Kaukaan tehtailla on oma teollisuuskaatopaikkansa Tuosassa. Sinne on vuonna 2016 sijoitettu lähinnä soodasakkaa orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon astuttua voimaan vuoden 2016 alusta. Tuosan kaatopaikan kaatopaikkakaasut käsitellään passiivisesti eikä niitä kerätä talteen. (UPM 2017.)

Vuonna 2016 on ollut käytössä myös Paroc Oy:n teollisuuskaatopaikka Ihalaisen kaupunginosassa. Kyseisen kaatopaikan käyttö loppuu, kun Parocin kivivillatehtaan tuotantorakennukset on purettu, arviolta vuosien

2018-2019 aikana. Parocin pysyvän jätteen kaatopaikalle on sijoitettu viimeisinä vuosina lähinnä kiven seurlonta-alitetta ja karkaistua vuorivillajätettä, jotka eivät muodosta kaatopaikkakaasua.

Kukkuroinmäen kaatopaikalla muodostuvaa kaatopaikkakaasua ei oteta talteen, vaan se vapautuu ilmaan. Vuonna 2016 Kukkuroinmäen loppusijoitusalueelta vapautui laskennallisten arvioiden mukaan hyödyntämättömää metaania ilmaan noin 309 tonnia. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2016.) EKJH:n Kukkuroinmäen käsittelykeskuksen ympäristöluvan mukaan kaasun hyödyntäminen ei ole suunnitteilla. Tulevaisuudensuunnitelmina on vain kaasun pumppaaminen ja soihutpolto vähemmän ilmastoa kuormittavaksi hiilidioksidiksi, sillä Kukkuroinmäen alueella ei ole tarvetta biokaasulla tuotetulle lämmölle tai sähkölle. (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto päätös nro 205/2017/1, 2017.)

Toikansuon suljetulla kaatopaikalta on kerätty myös kaatopaikkakaasua. Vuonna 2016 kaatopaikkakaasun tuotanto oli 402 000 m³, josta metaanin osuus oli 32 %. Tätä kaasua ei johdettu hyötykäyttöön. (Huttunen ja Kuittinen 2017.) Aikaisemmin Toikansuon kaatopaikalta kerätty kaasu on hyödynnetty osittain. Syntyvän kaasun määrä kuitenkin vähenee vuosittain, sillä kaatopaikka ei ole enää käytössä. (Kiviluoma-Leskelä 2010.)

Taulukkoon 18 on koostettu muodostuva metaani ja sen energiasisältö niiltä Lappeenrannan alueella sijaitsevilta kaatopaikoilta, joilta tieto oli saatavilla.

Taulukko 18. Kaatopaikoilla syntyvä metaani

Kaasun lähde	Muodostuva kaatopaikkakaasu [m ³]	Metaanin osuus [%]	Metaanimäärä [t]	Energiasisältö [MWh]
Toikansuo	402 000	32	92,6	1,4
Kukkuroinmäki			309	4,7

4.3.2.2 Jätevesilietteet

Lappeenrannassa on useampi jätevedenpuhdistamo, joiden poistolietteet käsitellään tällä hetkellä Kekkilän kompostointilaitoksella Kukkuroinmäellä. Toikansuon puhdistamolle johdetaan Lappeenrannan lisäksi jätevesiä myös Lemiltä ja Taipalsaarelta. Joutsenon keskustaajaman vedet johdetaan Oravaharjun puhdistamolle. Nuijamaan ja Ylämaan keskustaajamissa on omat pienpuhdistamot. Taulukkoon 19 on koottu kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden lietemäärät vuonna 2016. Lisäksi siinä on mainittu lietteiden biokaasupotentiaalit.

Taulukko 19. Kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden lietemäärät ja biokaasupotentiaali (Saimaan Vesi- ja Ympäristötutkimus Oy 2017a-d)

Puhdistamo	Toikansuo	Orava-harju	Nuijamaa	Ylämaa	Vainikkala
Poistolietteen määrä, [t]	9 611	839	Kuljetetaan Toikansuolle. Nuijamaalta, Ylämaalta ja Vainikkalasta Toikansuolle tuotu lietemäärä oli yhteensä 2 632 m ³ .		
Poistolietteen kuiva-ainemäärä, [t]	2 095	174	Mukana Toikansuon luvuissa.		
Metaanintuottopotentiaali, [m ³]	389 246	33 980	Mukana Toikansuon luvuissa.		
Energiasisältö, [MWh]	4 305	376	Mukana Toikansuon luvuissa.		

Kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden lisäksi metsäteollisuuden toimijoilla UPM Kymmene Kaukaalla ja Metsä Groupilla Joutsenossa on omat jätevedenpuhdistamonsa. Myös näissä käsitellyissä paperiteollisuuden jätevesilietteisissä on biokaasupotentiaalia. Primääriliete on jätevedenpuhdistamon esiselkeytyksessä syntyvää kuitupitoista lietettä ja bioliete jätevedenpuhdistusprosessin lopussa poistettavaa ylijäämaliettä. Näistä primäärilietteen biokaasupotentiaali on noin kolme kertaa suurempi kuin biolietteen (kun molemmat on kuivattu samaan kuiva-ainepitoisuuteen) (Rasi et al. 2012).

Joutsenon Metsä Boardin/Fibren biolietteen kuiva-aineen määrä vuonna 2016 oli 3 800 tonnia ja primäärilietteen määrä noin 8 500 tonnia (kuiva-ainepitoisuus noin 40 %) (Leino 2018). UPM Kaukaan tehtaiden ympäristöluvan mukaan kuivattua jätevesilietettä syntyi vuonna 2004 noin 63 000 tonnia, ja tästä osa on biolietettä ja osa primäärilietettä. Näissä voidaan erittäin karkeasti arvioida olevan biokaasupotentiaalia 30 GWh:n verran vuositasona.

4.3.2.3 Maatalouden biohajoavat jakeet

Tuotantoeläinten lantaa on mahdollista käyttää biokaasun tuotantoon. Lappeenrannan tuotantoeläinten ja hevosten lukumäärä on kirjattu taulukkoon 20. Lisäksi taulukossa on mainittu lantavarastosta saatava lantamäärä, metaanituotto ja metaanin energiasisältö. Näistä lantavarastoon kerätyistä lantamääristä on poistettu laidunmaille jäävä lanta. Metaanintuottopotentiaalissa on huomioitava, että erityisesti kuivalannan osalta eläinsuojissa käytetty kuiviketyyppi vaikuttaa energiasisältöön. Esimerkiksi oljen käyttö lisää potentiaalisesti saatavan biokaasun määrää

Taulukko 20. Tuotantoeläinten lantamäärä ja metaanintuottopotentiaali (Biomassa-atlas 2018)

Lantajae	Eläinten määrä	Lantamäärä varastosta vuodessa	Metaanintuottopotentiaali, [MWh]
Lypsykarjan lietelanta	5 638	31 251	2 660
Lypsykarjan kuivalanta		14 310	4 760
Lihakarjan lietelanta		13 551	1 150
Lihakarjan kuivalanta		13 566	4 520
Emakot ja porsaas lietelanta	7 114	3 682	370
Emakot ja porsaas kuivalanta		191	160
Lihasiat, lietelanta		7 150	730
Lihasiat, kuivalanta		50	40
Munituskanat, lietelanta	19 194	97	97
Munituskanat, kuivalanta		598	600
Lampaat ja vuohet, kuivalanta	680	13	4
Hevoset, kuivalanta	776	8 257	3 740
Yhteensä			18 830

Lannan lisäksi maatalouden biohajoavia jakeita, joita Lappeenrannassa olisi mahdollista käyttää biokaasun tuotantoon, ovat viljelyn sivutuotteena syntyvät oljet ja nurmet siementuotantopelloilta tai kesantopelloilta. Peltobiomassan kaasuntuottopotentiaali on parempi kuin lannan, ja siinä on yleensä korkeampi kuiva-ainepi-

toisuus kuin lannassa. Korkeampi kuiva-ainepitoisuus vähentää biokaasulaitoksen syötteiden logistiikasta aiheutuvia kustannuksia, ja kuivempi jae soveltuu paremmin kuivämädätyslaitoksiin, joita nykyään rakennetaan enemmän kuin märkämädätyslaitoksia. (ProAgria 2018.)

Taulukkoon 21 on kirjattu keskeisimpiä viljelyn sivutuotteita ja niiden metaanintuottopotentiaali. Sivuvirtojen määrät perustuvat nykyiseen viljelyalaan, satotasoon, ja satoindeksiin eli siihen osuuteen kasvista, joka hyödynnetään pääsatona. (Biomassa-atlas 2018.) Oljen osalta on huomioitu, että vain 30 % on teknis-taloudellisesti hyödynnettävissä.

Taulukko 21. Peltoviljelyn sivuvirtapotentiaalit ja metaanintuottopotentiaali (Biomassa-atlas 2018)

Sivuvirta	Kuiva-ainemäärä (potentiaali) [t]	Metaanintuottopotentiaali [MWh]
Olki (viljat)	23 201	16 110
Öljykasvien korsi	1 065	2 700
Siementuotannon nurmi	245	750
Kesantonurmi	8 011	24 620
	Yhteensä	44 190

4.3.2.4 Biojätteet

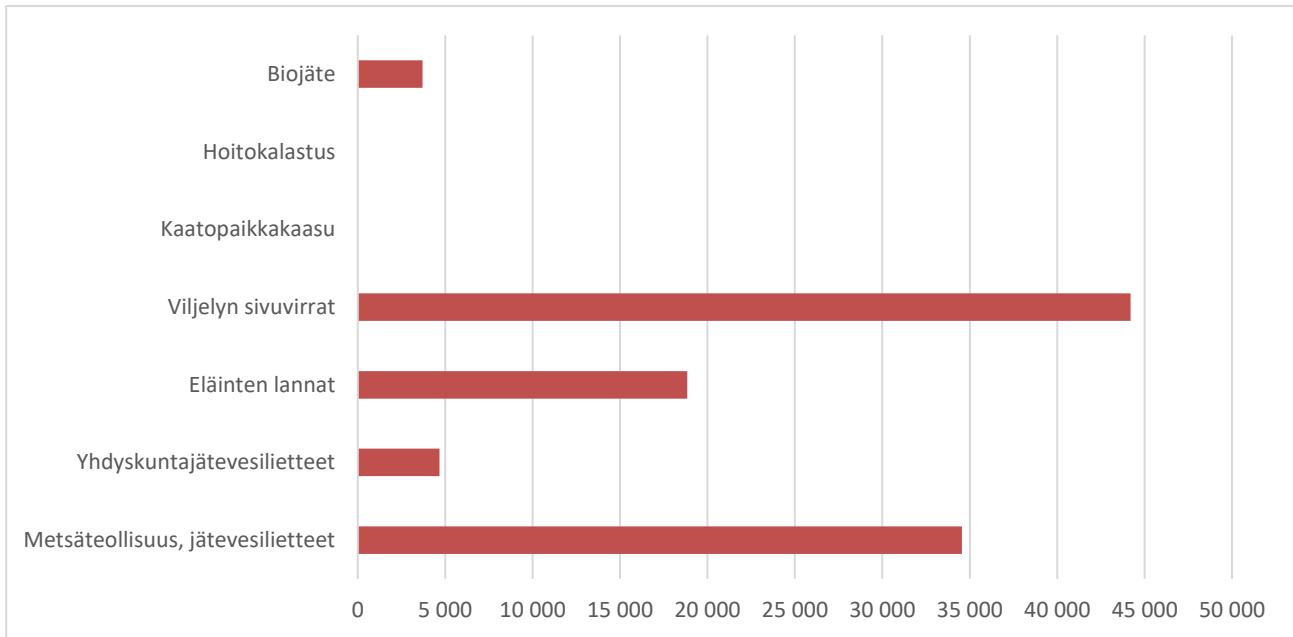
Lappeenrannan alueella syntyvät biojätteet käsittelee keskitetysti Etelä-Karjalan Jätehuolto. Biojätteiden käsittely tapahtuu Kekkilän Kukkuroinmäen laitoksessa kompostoimalla. Lappeenrannan kaupungin kasvihuonekaasupäästölaskennassa on aiemmin arvioitu biojätteitä kerättävän 3 444 tonnia vuonna 2016. Lappeenrannan osuus EKJH:n keräämästä biojätteestä on laskettu suhteessa asukasmäärään. Biojätteen metaanintuottopotentiaaliksi voidaan arvioida noin 3 700 MWh/a.

4.3.2.5 Hoitokalastus

Vuosittain Lappeenrannan alueella hoitokalastuksen myötä saatava kalamäärä on kymmenen tonnia. Hoitokalastuksesta saatava kalasaalis olisi mahdollista ohjata biokaasulaitukseen yhdessä muiden biohajoavien jätteiden kanssa. Kymmenestä tonnista hoitokalastuksen myötä saadusta saaliista voitaisiin tuottaa noin 12 MWh energiaa. Tällä hetkellä osa kaloista päättyy lemmikkien herkuiksi, osa kompostointiin (ei EKJH:lle), ja osa murskataan ja levitetään peltoja lannoittamaan.

4.3.3 Energiantuottopotentiaali

Kuvassa 20 on esitetty metaanintuottopotentiaalit tarkastelluille biohajoaville virroille. Huomioitavaa on, että viljelyn sivuvirtojen metaanintuottopotentiaali on laskettu niin, että kaikki viljelyn sivutuotteet kerättäisiin talteen ja hyödynnettäisiin. Vastaavasti eläinten lannan potentiaali perustuu arvioon lannan energiasisällöstä, jos kaikki muualle kuin laitumelle päätyvä lanta hyödynnettäisiin. Myös metsäteollisuuden jätevesilietteiden energiasisältö on arvioitu karkeasti. Kuvasta 20 voidaan kuitenkin tarkastella eri biohajoavien virtojen keskinäistä suhdetta biokaasupotentiaaleiltaan.



Kuva 20. Metaanintuottopotentiaali biohajoaville virroille

Energiantuotantopotentiaaliin vaikuttaa erityisesti viljelyn sivuvirtojen ja lannan osalta biokaasun tuotantoon saatava syötteiden määrä. Osa lannasta esimerkiksi käytetään peltojen lannoitukseen. Myös osa viljelyn sivuotteista jätetään/ajetaan takaisin peltoon. Jätevesilietteet ja biojätteet sen sijaan tulee käsitellä jollain tapaa. Myös biokaasun tuotantoon valittu tekniikka ja biokaasulaitoksen lopputuote vaikuttavat lopulta ja-keista saatavaan energiamäärään. Biokaasulaitoksilla voidaan tuottaa sähköä ja/tai lämpöä tai liikennepolttoainetta.

4.4 Jätepolttoaineet

Jätettä voidaan joko jalostaa polttoaineeksi (REF) tai polttaa sellaisenaan energiantuotantolaitosten kattiloissa. Jätteen polttoon voimalaituskattiloissa tarvitaan kuitenkin erilliset luvat, ja sitä poltetaan erillisissä jätteenpoltto- tai rinnakkaispolttolaitoksissa. Lappeenrannan alueella jätehuollon järjestää Etelä-Karjalan Jätehuolto, jonka keräämät sekajätteet viedään Riihimäelle Ekokemin jätteenpolttolaitokseen. Lappeenrannan alueen jätteistä tuotetaan siis energiaa, mutta tuotantolaitos ei sijaitse kaupungin alueella.

Lappeenrannassa on yksi jätteen rinnakkaispolttolaitos, Finnsementti Oy. REF:n käyttö Finnsementillä oli vuonna 2016 noin 250 GWh. Finnsementti on Lappeenrannan alueen ainoa jätteen rinnakkaispolttoon hyväksytty laitos. Yhtään varsinaista jätteenpolttolaitosta Lappeenrannassa ei ole.

Finnsementillä on lupa käyttää lihaluujauhoa (02 02 99), kierrätyspolttoainetta (13 07 03) ja REF-polttoainetta (19 12 10) sementtiuunin lämmöntuotantoon. Voimassa oleva ympäristölupa ei rajoita kierrätyspolttoaineiden käytön määrää. Vuonna 2017 Finnsementti on myös hakenut lupaa laajempaan kierrätyspolttoaineiden valikoimaa käyttöön toiminnoissaan. (KASELY/1525/2017.) Taulukossa 22 on listattu Finnsementin käyttämät polttoaineet vuonna 2016.

Taulukko 22. Finnsementi Oy:n polttoainekäyttö 2016

Polttoaine	Polttoainekäyttö [GWh]	Osuus [%]
Öljytuotteet	12,7	2,8
Petroleumkoksi	170,7	37,9
Kivihili	19,9	4,4
REF	247	54,9

Vaikka miltei puolet Finnsementin vuonna 2016 käyttämästä polttoaine-energiasta olikin peräisin jättepolttoaineista, on lisäämispotentiaalia vielä noin 203 GWh. Lisäämispotentiaalia on siis jättepolttoaineiden käytössä. Rajoittavana tekijä jättepolttoaineiden käytölle on Finnsementillä vain sementin tuotannon asettamat rajoitukset kierrätyspolttoaineen käytölle.

Kierrätyspolttoaineen poltto ei saa aiheuttaa häiriöitä klinkkerin tuotannossa, muutoksia sementin laadussa tai haitallisia palamispäästöjä. Lisäksi polttoaineen käsittelyn ja syötön tulee tapahtua sujuvasti ja sen lämpöarvon on oltava riittävä. Polttoaineen käyttöönotossa tutkitaan aina myös sen kemiallinen koostumus. Jos kierrätyspolttoaine vastaa sille asetettuihin vaatimuksiin, on Finnsementin mahdollista korvata koko polttoainekäyttö jätteperäisillä polttoaineilla. Sementtiunit soveltuvat hyvin jätteenpoltoon, sillä tuhkaa ei synny ja uunissa on korkea palamislämpötila sekä pitkä viipymäaika ilmapäästöille. (Leveelahti 2018.)

Finnsementille ohjautuvat jättepolttoaineet eivät kuitenkaan välttämättä ole peräisin uusiutuvista lähteistä, vaan ne voivat olla myös fossiilisperäisiä. Ylipäätään jättepolttoaineiden käyttöä voitaisiin kuitenkin lisätä vuoden 2016 polttoainekäyttötietojen perusteella noin 203 GWh/a.

4.5 Tuulivoima

4.5.1 Nykykäyttö

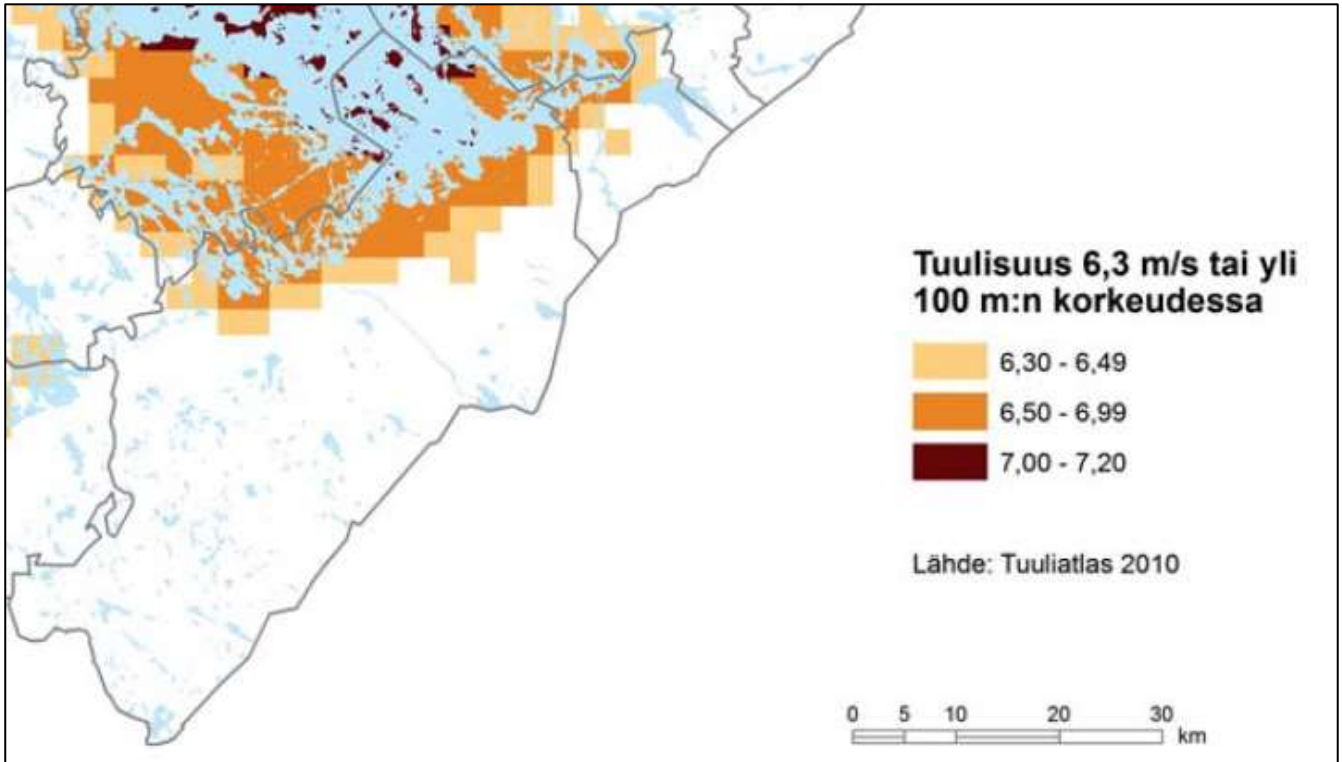
Lappeenrannassa on tuulivoiman tuotantoa Muukonkankaalla. Muukon tuulipuiston perustiedot on esitetty luvussa 3.1.1. Vuonna 2016 tuulivoimaloiden tuotto oli 34 GWh (TuuliSaimaa 2017). Muukon alueelle, Joutsenon Kaukorkonkankaalle oli suunnitteilla rakentaa vielä kaksi voimalaa lisää, reilun kilometrin etäisyydellä nykyisiin voimaloihin. Hallinto-oikeuden päätöksellä voimaloiden suunnittelutyö kuitenkin lopetettiin vuonna 2017.

Muukon voimaloiden lisäksi Lappeenrannan teknillisellä (LUT) yliopistolla on opetus-, tutkimus- ja demonstraatiokäytössä pieni, 20 kW:n tuulivoimala. Sen vuosituotanto vuonna 2016 oli 2 462 kWh (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2018).

4.5.2 Varannot

Vuonna 2011 valmistui Sisä-Suomen tuulivoimaselvitys, jossa kuusi maakuntaliittoa tarkasteli tuulivoimatuotannon potentiaaleja alueillaan. Selvityksessä löydettiin tuulivoiman tuotantoon potentiaaliset alueet Etelä-

Karjalan alueelta. (Etelä-Karjalan liitto 2011.) Kuvaan 21 on merkitty tuuliolosuhteiltaan tuulivoimalle suotuisat alueet Lappeenrannassa. Tuulivoiman rakentamisessa pidettiin riittävänä tuulennopeutena 6,3 m/s 100 metrin korkeudessa. Tällä tuulennopeudella tuulivoima on kannattavaa tuulivoiman vanhan syöttötariffijärjestelmän tukien avulla. Lappeenrannassa tuuliolot ovat otolliset tuulivoiman tuotannolle Saimaan saarissa ja lähellä ranta-alueita.



Kuva 21. Tuuliolosuhteiltaan suotuisat alueet Lappeenrannassa tuulivoiman tuotannolle (Etelä-Karjalan liitto)

Kuvassa 21 on huomioitava 2,5 kilometrin hilakoon aiheuttama karkeus ja suotuisien alueiden raja. Todellisuudessa suotuisat tuuliolosuhteet eivät täysin noudattele kuvan mukaisia rajoja, koska hilakoon suuruuden takia mm. alueen korkeuserojen vaikutukset tuuliolosuhteisiin eivät näy näissä kuvissa.

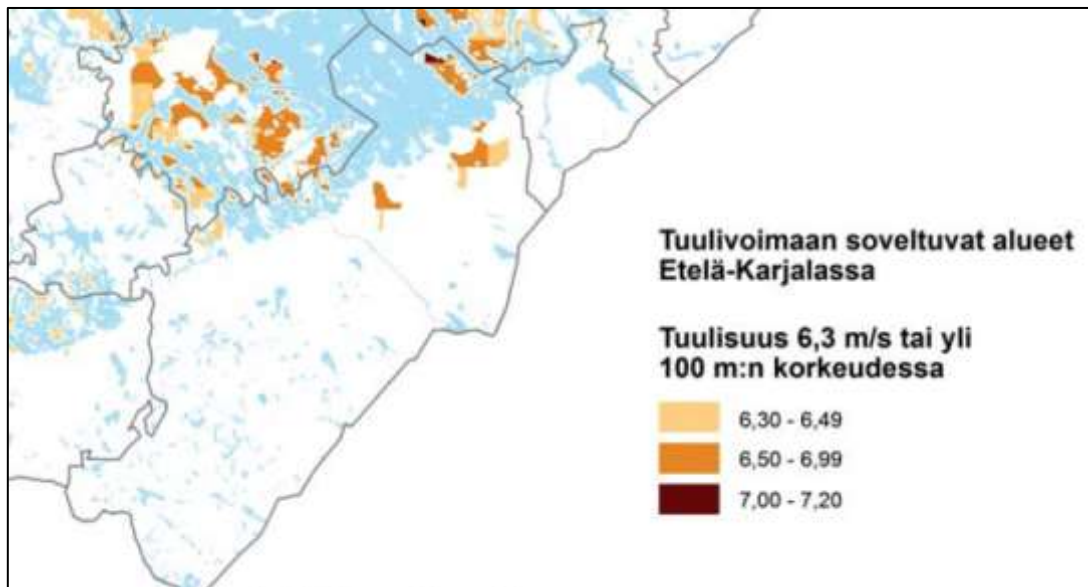
4.5.3 Energiantuotantopotentiaali

Sisä-Suomen tuulivoimaselvityksessä sopivia tuulivoimarakentamisen kohteita etsittäessä otettiin huomioon riittävät tuuliolosuhteet sekä tuulivoiman rakentamista rajoittavat tekijät. Tuulivoiman rakentamista rajoittavista tekijöistä selvityksessä huomioitiin taulukkoon 23 kirjatut seikat. (Etelä-Karjalan liitto 2011.) Osa taulukkoon kirjatusta rajoittavista tekijöistä liittyy tuulivoiman tuotannon kustannuksiin, kuten olemassa oleva tieverkosto ja etäisyys sähköverkkoon, ja osa muihin rajoittaviin tekijöihin, kuten asutukseen ja luontoympäristöön.

Taulukko 23. Sisä-Suomen tuulivoimaselvityksessä huomioitujen tuulivoiman tuotantoa rajoittavat tekijät

Tuulivoimarakentamista rajoittavat tekijät
Maakuntakaavan aluevaraukset
Sähköverkkojen ja tiestön sijainti suhteessa kohteeseen
Maastotiedot
Tiedot elinkeinotoiminnasta ja asutuksesta kohteessa
Lentoturvallisuus
Rantavyöhykkeet ja vesistöt
Arvokkaat luonto – ja kulttuuriympäristöt
Suojelualueet ja linnuston tärkeimmät muuttoreitit sekä levähdysalueet
Puolustusvoimien toiminta alueella

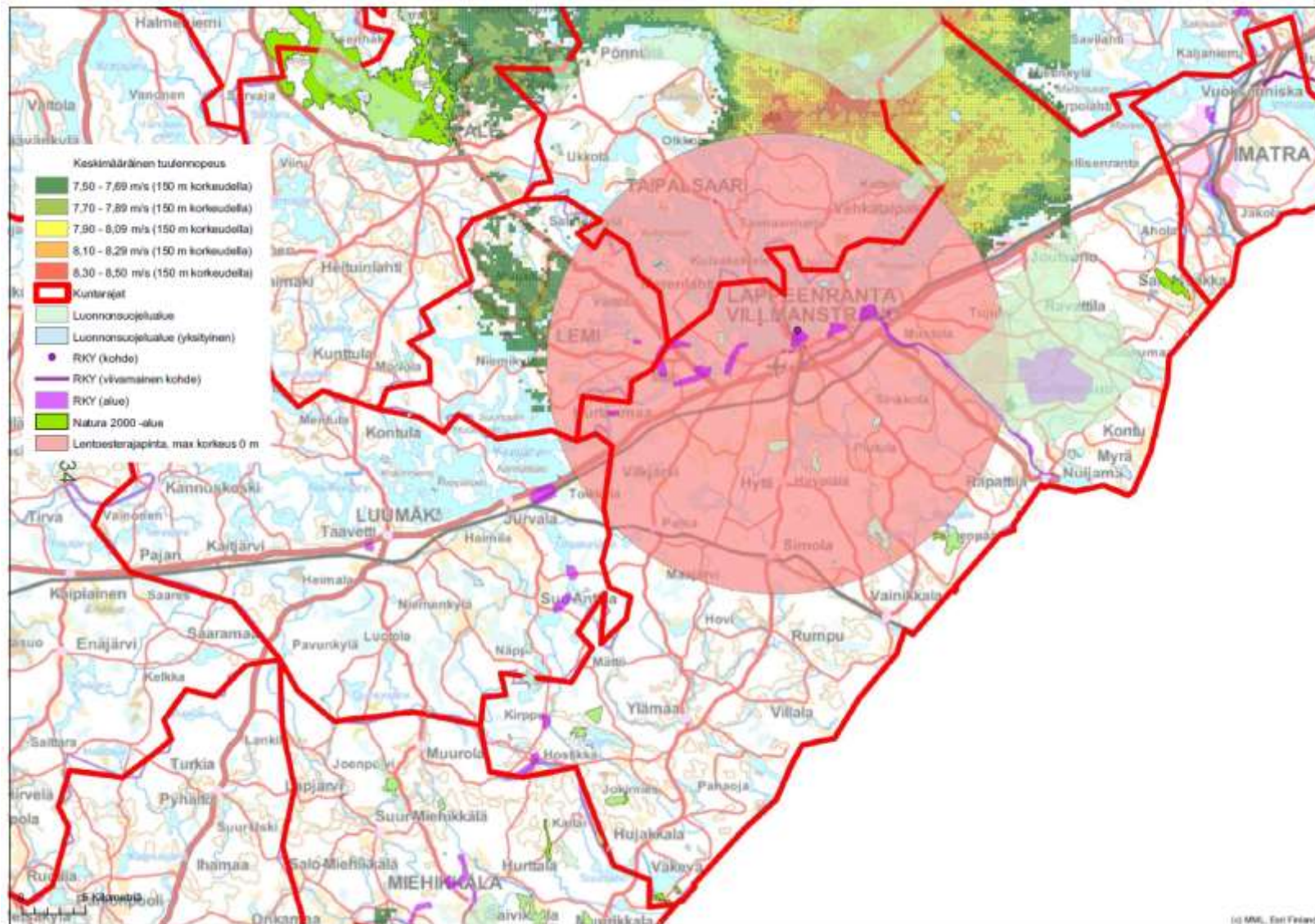
Kuvaan 22 on merkitty tuulivoimarakentamiselle suotuisa alue. Siitä on rajattu pois yllä olevien, taulukkoon 23 kirjattujen tekijöiden kannalta merkittävät alueet, jolloin tuulivoimalle suotuisat alueet vähenevät merkittävästi.



Kuva 22. Lappeenrannan tuulivoiman tuotannolle suotuisa alue kartalla (Etelä-Karjalan liitto 2011)

Kuten kuvasta 22 nähdään, on Lappeenrannan alueella tuulivoiman rakentamiseen soveltuvimmat alueet Muukon nykyisen tuulipuiston lähellä sekä Joutsenossa Aholan alueella. Myös Taipalsaaren rajalla on joitain tuulivoimarakentamiselle suotuisaksi ja mahdolliseksi tunnistettuja kohteita.

Sisä-Suomen tuulivoimaselvityksen jälkeen Lappeenrannan kaupungin alueen tuulivoimapotentiaalia ja mahdollisia tuulivoiman rakentamiskohteita on tarkasteltu Rejlersin vuonna 2017 tekemässä Uusiutuvan energian investointioppaassa. Rejlersin selvityksessä hyödynnettiin myös Tuuli-atlaksen tietoja, hilakoolla 250m x 250 m, niin, että tuulen nopeus on yli 7,5 m/s 150 metrin korkeudella. Tuulivoiman rajoittavista tekijöistä Rejlersin selvityksessä tarkasteltiin Natura- ja luonnonsuojelualueet, rakennetun kulttuuriympäristön (RKY) alueet, ilmatieteenlaitoksen säätutkien tuottama data, Lappeenrannan lentokenttätoiminnan aiheuttamat rajoitteet ja maakuntakaavan sisältö. Rejlersin raportissa esittelemä tuuliolosuhdekartta on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Rejlersin laatima tuuliolosuhdekartta tuulioloiltaan suotuisista alueista ja tuulivoimarakentamista rajoittavista tekijöistä Lappeenrannassa (Rejlers 2017)

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta

Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6

www.LCA-Consulting.fi

Tuuliatlaksen mukaan yksittäisen Joutsenon edustalle sijoitetun 3 MW:n voimalan vuosittainen tuotto Rejlerin (2017) tunnistamalla soveltuvilla alueilla vaihtelee 100 metrin korkeudessa 7000-8000 MWh:n välillä voimalan sijainnista riippuen. Esimerkiksi viiden voimalan tuulipuiston tuotanto voisi hyvänä tuulivuonna olla siis keskimäärin 35 GWh vuodessa.

Tuulivoimarakentaminen on hankaloitunut viime vuosina, joten sen todellinen rakentamispotentiaali on tällä hetkellä hankalasti arvioitavissa. Tuulivoimarakentamiseen vaikuttavat lukuisat seikat, jotka yhdessä tai yksin voivat kaataa suunnitellun tuulipuiston rakentamisen. Kokonaispotentiaalın arvioimiseksi tulisi pystyä arvioimaan mahdolliset tuulipuistojen rakennuskohteet ja tuulipuistojen koko (voimaloiden lukumäärä ja koko).

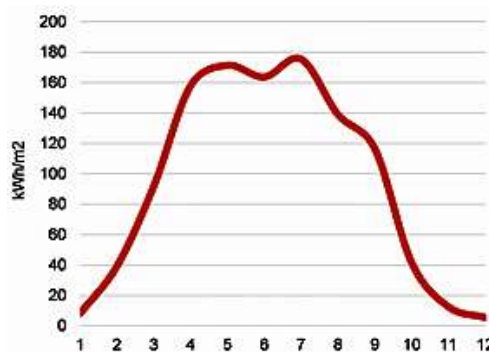
4.6 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää rakennuksissa sekä passiivisesti että aktiivisesti. Aktiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan aurinkosähkön ja aurinkolämmön tuotantoa aurinkopaneeleilla ja –keräimillä. Aurinkoenergiaa käytetään passiivisesti talojen rakenne- ja sijoitteluratkaisujen avulla: auringonvaloa hyödynnetään erillisen valaistuksen sijaan ja auringon lämpöä kiinteistön erillislämmitysjärjestelmän tukena. (Motiva 2018b.) Kaupunki voi kaavoituksella ja rakennusmääräyksillä edesauttaa aurinkoenergian passiivista hyödyntämistä uudisrakennuskohteissa.

Sähköä aurinkoenergiasta tuotetaan aurinkopaneeleilla, joiden hyötysuhde auringon energiasta saatavan säteilyn sähköksi muuntamiseen on noin 15 %. Lämmöntuotantoon käytettävien aurinkokeräinten hyötysuhteet taas vaihtelevat 25–35 %:n välillä. Aurinkopaneelisiin osuvan säteilyn määrää voidaan lisätä vuosittain noin 20–30 %:n verran asentamalla paneelit 45 asteen kulmaan etelään päin sen sijaan, että ne olisivat vaakatasossa. Yleisimmin käytetty aurinkopaneelityyppi on yksikiteiseen piihin perustuva paneeli, kun taas aurinkolämpöratkaisuihin käytetään sekä tasokeräimiä että tyhjiöputkikeräimiä. (Motiva 2018b.)

Aurinkopaneelit on sijoitettu perinteisesti rakennusten katoille, mutta niitä voidaan hyödyntää myös rakennusten julkisivuissa tai vaikkapa autokatoksissa. Erikokoisia aurinkopaneelivoimaloita voidaan rakentaa myös sopiville maa-aloille, joilla ei ole energiantuotantoa rajoittavia tekijöitä, kuten puita tai muuta varjostusta.

Aurinkosähkö ja aurinkolämpöjärjestelmät eivät riitä ainoiksi lämmön- ja sähkönlähteiksi Suomessa auringon säteilyn kausittaisen vaihtelun takia (kuva 24). Joulutammikuussa auringon säteilyn määrä on vähäisintä (Motiva 2018b). Aurinkolämpöä voidaan käyttää tukilämmitysmuotona öljy-, lämpöpumppu-, sähkö-, pelletti- tai puulämmitteissä kiinteistöissä, mutta myös kaukolämpökohteissa (Motiva 2018c).



Kuva 24. 45 asteen kulmassa etelään päin suunnatun pinnan auringon kokonaissäteilyenergian määrä Suomessa (Motiva 2018b)

4.6.1 Nykykäyttö

Etelä-Karjalan alueella on ollut aurinkoenergian tuotantoa vuonna 2016 runsaasti asukasluvuun nähden. Vuonna 2016 uutisoitiin, että Lappeenrannassa on Suomen kaupungeista eniten aurinkopaneeleja asukasluvuun suhteutettuna. Lappeenrannan kaupungin kiinteistöistä kahden, Läntisen paloaseman ja Myllymäen päiväkodin, katoille asennettiin aurinkopaneelijärjestelmät vuonna 2016. (Lappeenrannan uutiset 2016; Yle 2018)

Kaikki Lappeenrannan aurinkosähkökohteet, jotka ovat rekisteröityneet saksalaisen invertterivalmistajan Sunny Portal –palveluun, ja LUT:n aurinkovoiman tuotanto on kuvattu taulukossa 24. Sunny Portal -palveluun kirjautuminen on täysin vapaaehtoista, joten alla olevassa taulukossa ei ole mukana kaikki Lappeenrannan alueen aurinkovoimalat.

Taulukko 24. Aurinkosähkökohteita Lappeenrannassa (Sunny Portal 2018, Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2018)

Aurinkovoimalan nimi	Teho [kWp]	Vuosituotanto [kWh]
Aurinkovoimala Liekki	5,28	4,752
Aurinkovoimala Suokankaankatu	5,2	5,2
Breyer-Lappeenranta	6,27	5,33
Huopalan Voima	11,22	6,732
Kallioisenkatu	8,08	6,464
Kallioisenkatu 13	2,95	ei tiedossa
Kotavoima 1	4,08	3,264
LaaksonVoima	5,35	4,013
Lahdenpellonkatu	7,575	6,06
Lauritsala 1	6,22	4,976
Leirivoima	5,04	4,284
LOAS Seppo	9	7,74
Matin voimala	5,58	4,743
Saarenmaankatu	5,02	4,468
SpruceHill Sun	4,4	3,52
TAM Power	6,12	4,529
Vuorelan Vatti	20,55	ei tiedossa
Harjula	16,065	16,065
Yhteensä, Sunny portaliin ilmoitetut	134	92,14
LUT Tasakattovoimala	51,5	125 160
Autokatosvoimala	108	
Julkisivuvoimala	39	
Solar Tracker	5	
Fixed installation	5	
Yhteensä, LUT	208,5	125 160

Lappeenrannassa oli vuonna 2016 yhteensä 72 sähköverkkoon liitettyä voimalaa, joiden yhteisteho oli noin 810 kWp. Kun energiantuotannon määrittämiseksi käytetään keskimääräistä 850 kWh/m²:n säteilyä, saadaan vuosittaiseksi energiantuotannoksi keskimäärin 690 MWh/a. (Reinikainen 2018).

4.6.2 Varannot

Auringon kokonaissäteilyn määrä vaakatasolle on eteläisimmässä Suomessa 980 kWh/m²/a ja Keski-Suomessa 890 kWh/m²/a (Motiva 2018b). Lappeenrannalle käytetään auringonsäteilyn Keski-Suomen arvoa 890 kWh/m²/a. Tällöin vuosittain koko Lappeenrannan alueelle auringosta säteilevän energian määrä on noin 1 534 000 GWh, ja maapinta-alalle osuvan säteilyn energiamäärä 1 276 00 GWh.

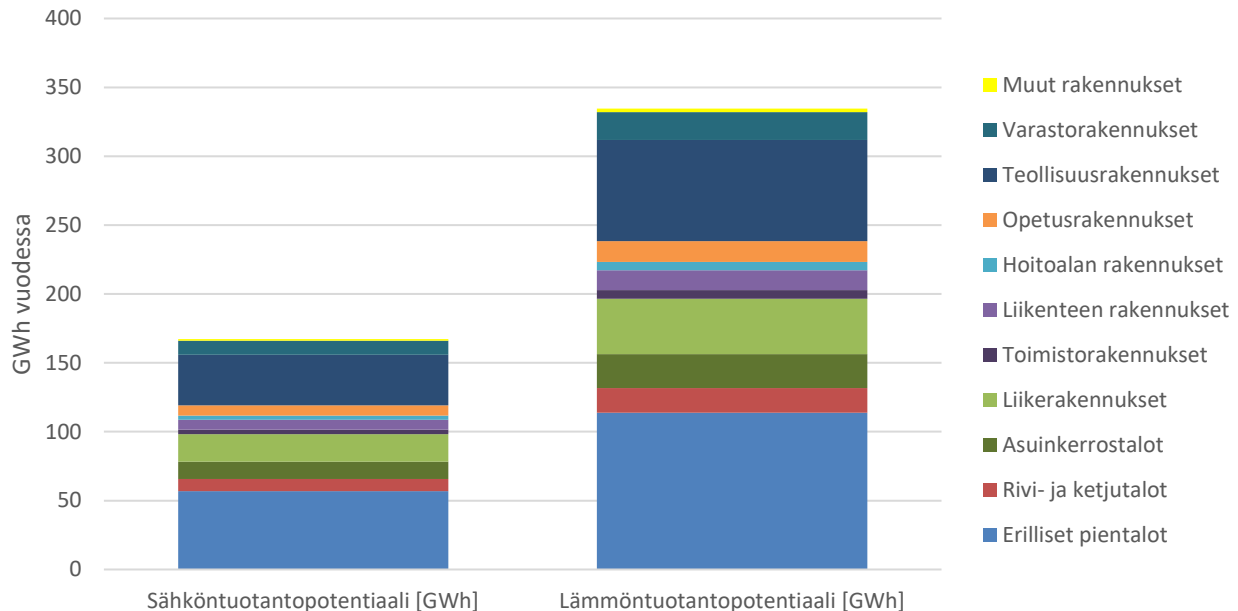
Taulukkoon 25 on koottu koko Lappeenrannan alueella olevan kiinteistökannan aurinkoenergian tuotantoon soveltuva kattopinta-ala rakennustyyppien mukaan jaoteltuna. Taulukossa kuvatut luvut soveltuvasta kattopinta-alasta ja auringon säteilyenergiasta kuvaavat siis tilannetta, jossa kaikkien Lappeenrannan alueen kiinteistöjen katoille, soveltuvalle pinta-alalle, kiinnitettäisiin aurinkopaneeleja tai –keräimiä. Taulukkoon kirjatuisissa tuloksissa ei ole vielä huomioitu aurinkopaneelien tai –keräimien hyötysuhteita, vaan ainoastaan soveltuvalle kattopinta-alalle osuva auringon säteilyenergia. Käyttökelpoisen kattopinta-alan laskentaan on käytetty keskimääräisiä arvoja rakennustyyppien kerroslukumääristä ja aurinkoenergian tuotantoon soveltuvasta kattopinta-alasta.

Taulukko 25. Auringonsäteilyn määrä aurinkopaneelien tai -keräinten pinta-alalle, jos koko rakennuskannan mahdolliselle kattopinta-alalle rakennettaisiin aurinkokeräimiä tai -paneeleita (Tilastokeskus 2018b; Motiva 2018b)

Rakennustyyppi	Kerrosala, [m ²]	Käyttökelpoinen kattopinta-ala aurinkoenergian tuotantoon, [m ²]	Auringon säteilyenergiaa, [GWh/a]
Erilliset pientalot	2 045 333	426 111	379,2
Rivi- ja ketjutilat	320 857	66 845	59,5
Asuinkerrostalot	1 478 674	92 417	82,3
Liikerakennukset	602 566	150 642	134,1
Toimistorakennukset	191 615	23 952	21,3
Liikenteen rakennukset	161 729	53 910	48,0
Hoitoalan rakennukset	135 585	22 598	20,1
Kokoontumisrakennukset	124 447	8 296	7,4
Opetusrakennukset	224 858	56 215	50,0
Teollisuusrakennukset	826 460	275 487	245,2
Varastorakennukset	363 108	75 648	67,3
Muut rakennukset	14 012	701	0,6

Kuva 25 kuvaa tilannetta, jossa on huomioitu myös aurinkopaneelien ja –keräinten hyötysuhteet. Kuvassa esitetty tilanne on vaihtoehtoinen, eli joko Lappeenrannan alueen koko soveltuvalle pinta-alalla tuotetaan aurinkolämpöä tai -sähköä, ei molempia samanaikaisesti. Aurinkosähkölle hyötysuhteeksi on oletettu 15 % ja aurinkolämmölle 30 %. Aurinkoenergian hyödyntämiseen suurin potentiaali on erillisten pientalojen, teollisuusrakennusten ja liikerakennusten katoilla.

Kun kuvan 25 potentiaalisia aurinkosähkön- ja lämmön tuotantomääriä verrataan nykyiseen kulutukseen Lappeenrannan alueella, voidaan todeta, että aurinkolämmöllä voitaisiin tuottaa noin 30 % kaikesta kiinteistöjen lämmöntarpeesta tai vaihtoehtoisesti 30 % koko Lappeenrannan alueen sähkönkulutuksesta (teollisuus pois lukien).



Kuva 25. Aurinkoenergian tuotantopotentiaali, jos kaikkien Lappeenrannan kiinteistöjen soveltuville katoille asennettaisiin aurinkopaneeleita (sähkö) tai -keräimiä (lämpö)

4.6.3 Energiantuotantopotentiaali

Osana Lappeenrannan HINKU-tiekartan laatimista on Suomen Ympäristökeskus (SYKE) arvioinut aurinkoenergian tuotannon lisäämistarvetta, jotta kaupungissa voitaisiin saavuttaa HINKU-päästövähennystavoitteet. HINKU-tiekartan mukaan Lappeenrannassa sekä asukkaiden että kaupungin tai energiayhtiön tulisi lisätä aurinkosähkön tuotantoa. Yksittäisten asukkaiden tulisi investoida aurinkosähkön tuotantoon noin 11 000 (5 kWp:n) aurinkopaneelin verran. Asukasta kohden tämä tekisi noin kolme paneelia. Kaupungin rakennuksiin ja erilliseen aurinkosähkövoimalaan tulisi SYKEN HINKU-tiekartan mukaan saada lisättyä 100 MW:n verran.

Lappeenrannan kaupunki on tehnyt kiinteistöilleen aurinkoenergiapotentiaalın kartoitus. Potentiaaliset kohteet on valittu sellaisista kaupungin kiinteistöistä, joilla on riittävästi käyttöikää jäljellä. Aurinkoenergiajärjestelmien koko on arvioitu kattopinta-alan ja kohteen kulutustietojen mukaisesti. Osassa kohteista on suoritettava katteen kunnostus ennen paneelijärjestelmän asennusta. Kaupungin potentiaalisiksi tunnistetut kohteet ja järjestelmien suunniteltu koko on listattu alle taulukkoon 26 (Kero, 2018).

Taulukko 26. Kaupungin aurinkoenergialle potentiaaliset kohteet

Kohde	Suunniteltu järjestelmäkoko [kWp]
Lyseon lukio	29
Lauritsalan uimahalli	90
Itä-Suomen koulu ja Kesämäen koulu	33
Kimpisen koulu	80
Kimpisen lukio	20
Lappeen koulu	85
Harjoitusjäähalli	30
Joutsenon kirjasto	15-20

Rejlers Oy:n vuonna 2017 laatimassa uusiutuvan energian investointioppaassa on esitetty potentiaalisten aurinkoenergiakohteiden kartat. Tarkastelualueena ei ole ollut koko Lappeenrannan maantieteellinen alue, vaan keskustaaajama-alue, Joutsenon alue ja Nuijamaan taajama-alue. Rejlers Oy:n selvityksessä aurinkoenergian tuotantoon soveltuviksi kohteiksi on tunnistettu ne mainitun tarkastelualueen rakennukset, joiden kattopinta-ala on hyödynnettävissä ja joiden tontilla olevissa rakennuksissa voidaan käyttää kaikki paneeleilla tuotettu sähkö. Rejlers Oy on tuottanut selvityksessään karttapohjat, joihin on merkitty kaikki potentiaaliset kohteet. Nämä kohteet kattavat tarkasteltujen alueiden kokonaiskattopinta-alasta noin 30 %, eli noin 378 000 m² kattopinta-alaa. Tälle kattopinta-alalle olisi mahdollista asentaa noin 49 MW:n edestä aurinkoenergiakapasiteettia. Sen kokonaistuotto olisi optimaalisella paneelien suuntauksella ja kallistuksella yhteensä noin 39 GWh vuodessa. (Rejlers 2017.)

Tällä hetkellä aurinkoenergiaa on järkevintä ottaa talteen aurinkosähkön muodossa. Kesällä, kun aurinkoenergiaa saadaan parhaiten talteen paneeleilla, lämpöä ei tarvita Aurinkosähköä tuottaessa voidaan osa tuotetusta sähköstä ohjata kuitenkin esimerkiksi lämminvesivaraajalle käyttövettä lämmittämään. Kun lämönvarastointiteknologiat kehittyvät, voi aurinkolämmön talteenotosta tulla varteenotettavampi vaihtoehto. Tällä hetkellä soveltuvimmat aurinkolämmön hyötykäyttökohteita ovat esimerkiksi uimahallit, joissa lämpöä tarvitaan vuoden ympäri. Suomessa aurinkoenergiaa hyödynnetään mm. Porin uimahallissa, jossa paneeleilla saadaan tuotettua 3 % uimahallin tarvitsemasta sähköstä ja 5 % lämmöntarpeesta.

4.7 Vesivoima

Lappeenrannassa ei ole suuria vesivoimalaitoksia. Nykyisen Lappeenrannan alueella on ollut aikaisemmin saha-, mylly- ja vesivoimalatoimintaa useassa koskessa. Ylämaalla sijaitsevalla Urpalanjoella toimii edelleen Joutsenkosken mylly, joka valmistaa jauhoja ja tuottaa sähköä. Taulukkoon 27 on koottu Lappeenrannan alueen kosket ja niiden historia mylly-, saha- tai vesivoiman tuotannossa.

Taulukko 27. Lappeenrannan alueen koskia ja niiden historia mylly-, saha- ja voimalatoiminnassa (Vesihallitus 1980)

	Joki/Koski	Virtaama, [m ³ /s]	Putouskorkeus, [m]	Käyttöönotto- vuosi/ käytöstä- poistovuosi	Rakenteet
Ylämaa	Tervajoki/ Rautakoski	0,7	2,5	1921/1967	pato, mylly
Ylämaa	Vilajoki/ Leinonkoski	1,4	4,9	1934/x	pato, mylly
Lappeenranta	Vilajoki/ Rovatunkoski	0,3	2,5	1923/x	voimala, pato, saha, mylly
Ylämaa	Kavenoja/ Kavi- nojan koski	0,2	2,9	1866/x	voimala, pato, mylly
Ylämaa	Urpalanjoki/ Joutsenkoski	3,0	6,2	1957/x	voimala, pato, saha, mylly
Ylämaa	Urpalanjoki/ Kasarinmyllykoski	2,5	2,8	1899/1968	pato, mylly, saha
Joutseno	Suokumaanjoki/ Matturinkoski	1,2	1,1	1916/x	pato, saha, mylly
Lappeenranta	Alajoki/ Yläkoski	1,4	3,5	1770/x	voimala, pato, saha, mylly
Lappeenranta	Alajoki/ Myllymäenkoski	0,1	2,5	1856/x	mylly
Lappeenranta	Rakkolanjoki/ Illukankoski	0,8	1	1882/1958	voimala, saha, pato, mylly

Kauppa- ja teollisuusministeriölle tehdyssä pienvesivoimaselvityksessä koski-inventoinnin perusteella lasketut pienvesivoiman teoreettiset lisäämispotentiaalit Lappeenrannan kaupungin alueella on koottu taulukoon 28. Lappeenrannan alueella virtaavat Hounijoki, Tervajoki, Vilajoki ja Urpalanjoki on kartoitettu pienvesivoimaselvityksessä. Vilajoen ja Urpalanjoen koskia on myös Lappeenrannan naapurikuntien alueella, joten koko teoreettinen tehotaso ei ole Lappeenrannan alueella.

Taulukko 28. Teoreettinen minivesivoiman potentiaali Lappeenrannan kaupungin alueella (PR Vesisuunnittelu Oy 2005)

Joki	Teoreettinen teho [MW]	Teoreettinen vuosenergia [GWh/a]
Hounijoki	0	0
Tervajoki	0,02	0,15
Vilajoki	0,2	1,74
Urpalanjoki	0,53	4,62

4.8 Lämpöpumput

Lämpöpumppuja on yleisesti käytössä neljää eri tyyppiä: maalämpöpumput, poistoilmalämpöpumput, ilma-vesilämpöpumput ja ilma-ilmalämpöpumput. Niiden merkittävimmät erot aiheutuvat lämmönlähteestä (ulkoilman lämpö, maaperän lämpö, poistoilman lämpö) ja siitä, voivatko ne toimia kiinteistön peruslämmönlähteenä vai tukilämpöjärjestelmänä.

Maalämpöpumpulla hyödynnetään auringosta maaperään, kallioon tai vesistöön sitoutunutta lämpöä. Maalämpöjärjestelmän lämpökerroin on vuositasolla keskimäärin kolme. Maalämpöjärjestelmä voidaan rakentaa joko osatehomitoituksella tai täystepomitoituksella, jolloin se riittää kiinteistön ainoaksi lämmitysjärjestelmäksi. Lämpö voidaan kerätä joko syvästä porakaivosta tai tontin alueella rakennettavasta vaakaputkistosta. Lämpöä saadaan maalämpöjärjestelmällä tuotettua sekä käyttöveteen että kiinteistön vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. (Motiva 2018d.)

Poistoilmalämpöpumpuilla otetaan lämpö talteen rakennuksen poistoilmasta ja puhalletaan se takaisin rakennukseen. Poistoilmalämpöpumpulla saatava teho ei ole siis riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Lämmin poistoilma imetään usein rakennuksen kosteista tiloista ja siitä saatava lämpöenergia siirretään tuloilmaan, käyttöveden lämmitykseen ja rakennuksen lämmitysjärjestelmän käyttöön. (Motiva 2018d.) Poistoilmalämpöpumpun vastuksilla voidaan yleensä tuottaa rakennuksen lisälämmitys suurimman lämmönkulutuksen aikaan, mutta myös esimerkiksi puulla voidaan vähentää sähkönkulutusta kylmimmillä säillä (Motiva 2018d).

Ilma-ilmalämpöpumput ottavat lämmön ulkoilmasta ja luovuttavat sen yleensä suoraan huoneilmaan. Ilmalämpöpumppuja voidaan Suomen olosuhteissa käyttää vain tukilämmönlähteenä. Lämmityksen lisäksi ilmalämpöpumppuja voidaan käyttää kiinteistöjen jäähdytykseen. Ilmalämpöpumpun lämpökerroin vuositasolla on noin 2, eli sen tuottama lämpömäärä on noin kaksinkertainen pumpun tarvitsemaan sähköenergiämäärään verrattuna. Ilmalämpöpumppuja voidaan hyödyntää esimerkiksi sähkölämmityksen rinnalla, ja kannattavampaa se on sähköpatterijärjestelmässä kuin vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä. (Motiva 2018d.)

Ilma-vesilämpöpumput ottavat nimensä mukaisesti lämmön ulkoilmasta ja siirtävät sen rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumppu voi riittää kiinteistön lämmitysenergian tuottamiseen aina -20 asteen lämpötilaan asti, mutta sen jälkeen se tarvitsee varajärjestelmän, esimerkiksi omat sähkövastukset tai puulämmityksen. Vesi-ilmalämpöpumpun vuosilämpökertoimet vaihtelevat Suomessa 1,4–2,7 välillä. (Motiva 2018d.)

4.8.1 Nykykäyttö

Lappeenrannassa on 319 pientaloa, joissa on maalämpöjärjestelmä kiinteistön päälämmönlähteenä. Tämän lisäksi maalämpöpumppuja on muutamissa kerros- ja rivitalossa, kokoontumis- ja liikerakennuksissa, sekä teollisuus- ja varistorakennuksissa. Yhteensä maalämpöä on käytössä 340 rakennuksessa Lappeenrannan kaupungin alueella. Ilmalämpöpumppujen määrä Lappeenrannan kaupungin alueen kiinteistöissä ei ole kaupungin tiedossa, sillä niiden asentamiseen ei vaadita rakennus- tai toimenpidelupaa. Voidaan kuitenkin arvioida Suomen ilmalämpöpumppuyhdistyksen tilastojen perusteella, että ilmalämpöpumppujen määrä on noin 4,5-5-kertainen maalämpöjärjestelmiin verrattuna (Motiva 2018d). Ilmalämpöpumppujen määrän Lappeenrannassa arvioidaan olevan noin 1 700. Ilma-vesi- ja poistoilmalämpöpumppuja on suhteessa huomattavasti vähemmän kuin ilma-ilma- ja maalämpöpumppuja. Suomen ilmalämpöpumppuyhdistyksen tilastojen perusteella ilma-vesi-lämpöpumppuja voidaan arvioida olevan vajaa puolet (n. 140) ja poistoilmalämpöpumppuja noin neljännes (alle 100) maalämpöpumppujen määrästä.

Lappeenrannan kaupungin omistamissa kohteissa maalämpö on käytössä Kasukalan koulussa, jossa on kaksi maalämpöpumppua, jotka tuottavat lämpöä 60 kW:n teholla. Lappeenrannan Rauhan loma-asuntomessualueella otetaan Saimaasta talteen geotermistä lämpöä. Saimaaseen on sijoitettu noin 6,4 kilometriä keruupiiriä ja se tuottaa lämpöä noin 350 kW:n teholla. Lappeenrannan kaupungin kiinteistöissä on muutamia lämmitykseen käytössä olevia ilma-ilmalämpöpumppuja. Kimpisen koululla on käytössä ilmalämpöpumppu 1,72 kW:n teholla. Lisäksi satamapaviljongissa ja satamatoimistossa on molemmissa yksi yksikkö. Keltun päiväkodissa on yksi ilma-ilmalämpöpumppu jäähdytyskäytössä ja Ylämaan koulua/kirjastoa lämmittää 7,0 kW:n lämpötehon ilmalämpöpumppu.

4.8.2 Varannot

Maalämpöpumput – vaakakeräysjärjestelmän rajoitukset

Vaakakeräysjärjestelmä asennetaan pintamaahan tai upotetaan vesistöön. Pintamaahan asennettava vaakakeruuputkisto ei sovellu routavaikutusten vuoksi kiviseen maaperään tai kohteisiin, joissa maanpinnan ja kalliion välinen etäisyys on pieni. Lähtökohtaisesti maaperään asennettavalle vaakakeruupiirille on vähemmän käyttökohteita kuin lämpökaivoille. Maahan asennettulle vaakakeruuputkistolle asetetut vaatimukset erikoisille tonteille on esitetty taulukossa 29.

Taulukko 29. Vaakakeruuputkiston vaatimukset

Omakotitalo 150 brm ^{2*}		Putkiston pituus		Tarvittava tontin pinta-ala	
Ilmastovyöhyke	Energiaa maaperästä [kWh/a]	Savi [m]	Hiekka [m]	Savi [m ²]	Hiekka [m ²]
I	14 000	230	470	690	970
II	15 500	310	620	780	1 200
III	17 000	380	1 130	990	1 970
IV	18 500	530	1 850	1 190	3 040

*= bruttoala

Vaakakeräysjärjestelmän voi asentaa myös vesistöön. Putket tulee viedä veteen routarajan alapuolelle, jolloin myöskään jäät eivät pääse vahingoittamaan putkistoa. Käyttöön soveltuvat vesistöt, joiden syvyys jo rannassa on vähintään 2 metriä. Pohja ei saa olla liian kivinen, vaan tasainen mutapohja on paras asennukseen. Putkisto asennetaan joko ankkuroimalla se pohjaan, upottamalla vapaasti vesistön pohjalle tai upottamalla se pohjasedimenttiin. Ennen asennusta on selvitettävä pohjaolosuhteet, veden virtaukset ja veden korkeusvaihtelut.

Vaakakeräysjärjestelmää varten on kaupungin ohjeistuksen mukaan haettava joko toimenpidelupa tai rakennuslupa, jossa tulee esittää piirustukset suunnitellusta maalämmön keruupiiristä sekä tiedot suunnitellun maalämmön keruupiirin sijoitussyvyydestä, keruuputkiston pituudesta ja läpimitasta sekä materiaalista. Lisäksi on huolehdittava siitä, että käytettävä lämmönsiirtoneste on pohjavedelle vaaratonta. Lämmönsiirtonesteenä on suositeltu käytettävän etanolipohjaista nestettä.

Vesistöön sijoitettavasta lämmönkeruupiiristä tulee tehdä Aluehallintovirastoon vesirakentamisolmoitus, johon sisällytetään vesialueen omistajan ja lähinaapureiden suostumus. Aluehallintovirasto antaa myös tarvittaessa lausunnon vesistöhankeeseen tarvitsemasta vesilain mukaisesta luvasta.

Maalämpöpumput – lämpökaivon rajoitukset

Lämpökaivo on kannattavinta porata kallioperäiselle tonttimaalle, sillä paksu maakerros kallion päällä lisää porauskustannuksia. Vaakakeräysjärjestelmästä poiketen lämpökaivoon perustuva maalämpöjärjestelmä sopii myös pienemmille tonteille. (Motiva 2018d.) Kaupungin rakennusmääräysten ja muiden maalämpöjärjestelmien rakentamista ohjaavien sääntöjen lisäksi seuraavat ympäristöministeriön ympäristöoppaan ohjeetäisyydet olisi kuitenkin huomioitava lämpökaivon sijaintia valitessa (taulukko 30). Lappeenrannan seudun ympäristötoimi on antanut suositukseksi samaisen ympäristöministeriön ohjeistuksen maalämpöjärjestelmiä suunnitellessa Lappeenrannan alueelle.

Taulukko 30. Suositellut etäisyydet lämpökaivosta eri kohteisiin

Kohde	Suosittelut minimietäisyys
Energiakaivo	20 m
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	10 m
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m Harmaat jätevedet 20 m
Viemärit ja vesijohdot	5 m
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitettävä tapauskohtaisesti

Lappeenrannan seudun ympäristötoimen antaman ohjeistuksen mukaan maalämpökaivojen sijoittelussa suhteessa vedenottamoon tulee noudattaa 500 metrin suojaetäisyyttä. Jätevesien purkupaikan ja maalämpökaivojen välisen suojaetäisyyden tulee olla 30 metriä. Mahdollinen imeytyskenttä tulee huomioida kaivojen sijoittelussa siten, että jäteveden purkupaikan eli imeytyskentän ja kaivojen välinen etäisyys on 30 metriä.

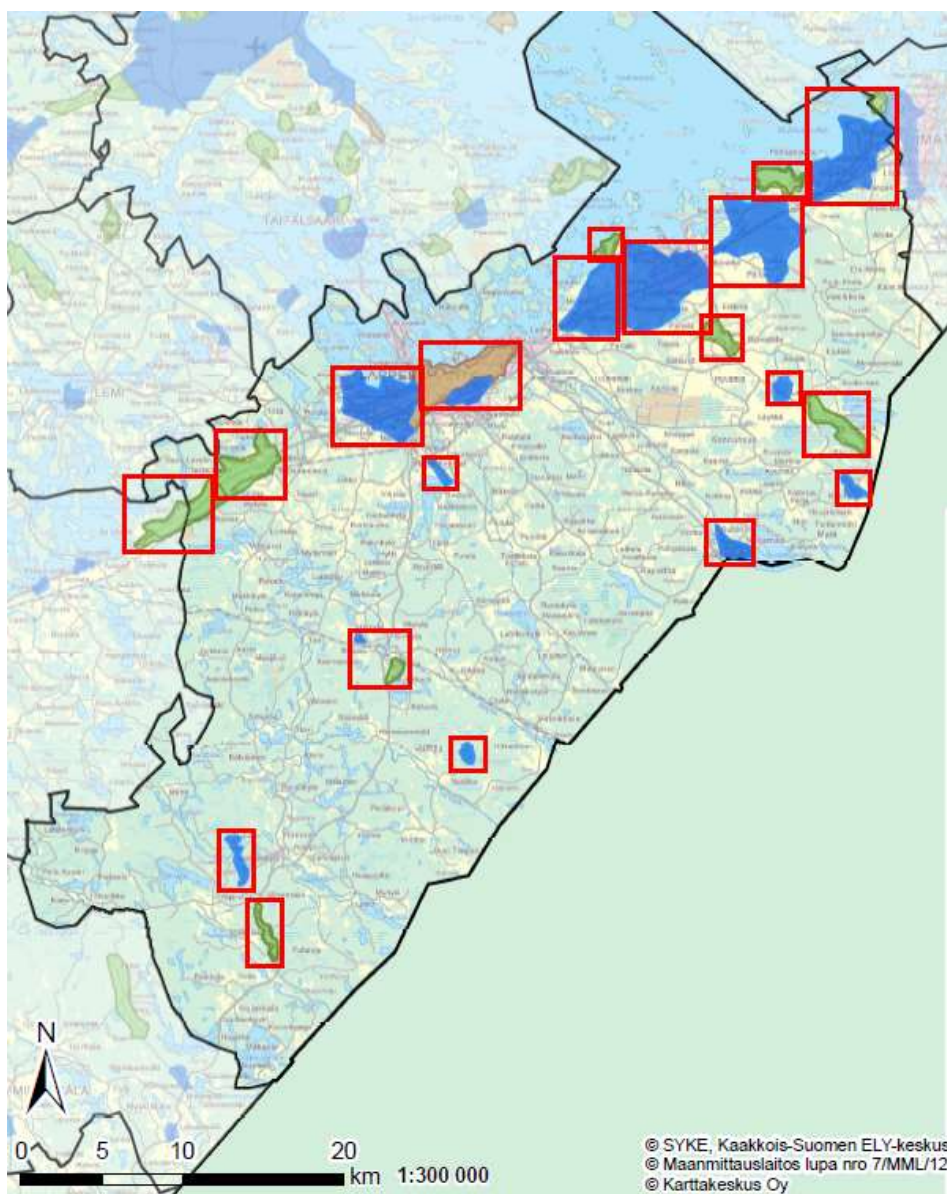
LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

Teollisista toimijoista Nordkalk Oy Ab, joka toimii Lappeenrannan keskustan eteläpuolella, on esittänyt, että vähintään 500 metrin ja ohjeellisesti 1000 metrin päähän Ihalaisen kaivospiirin lähimmästä rajasta ei tehtäisi lämpökaivoja. (Rejlers, 2017.)

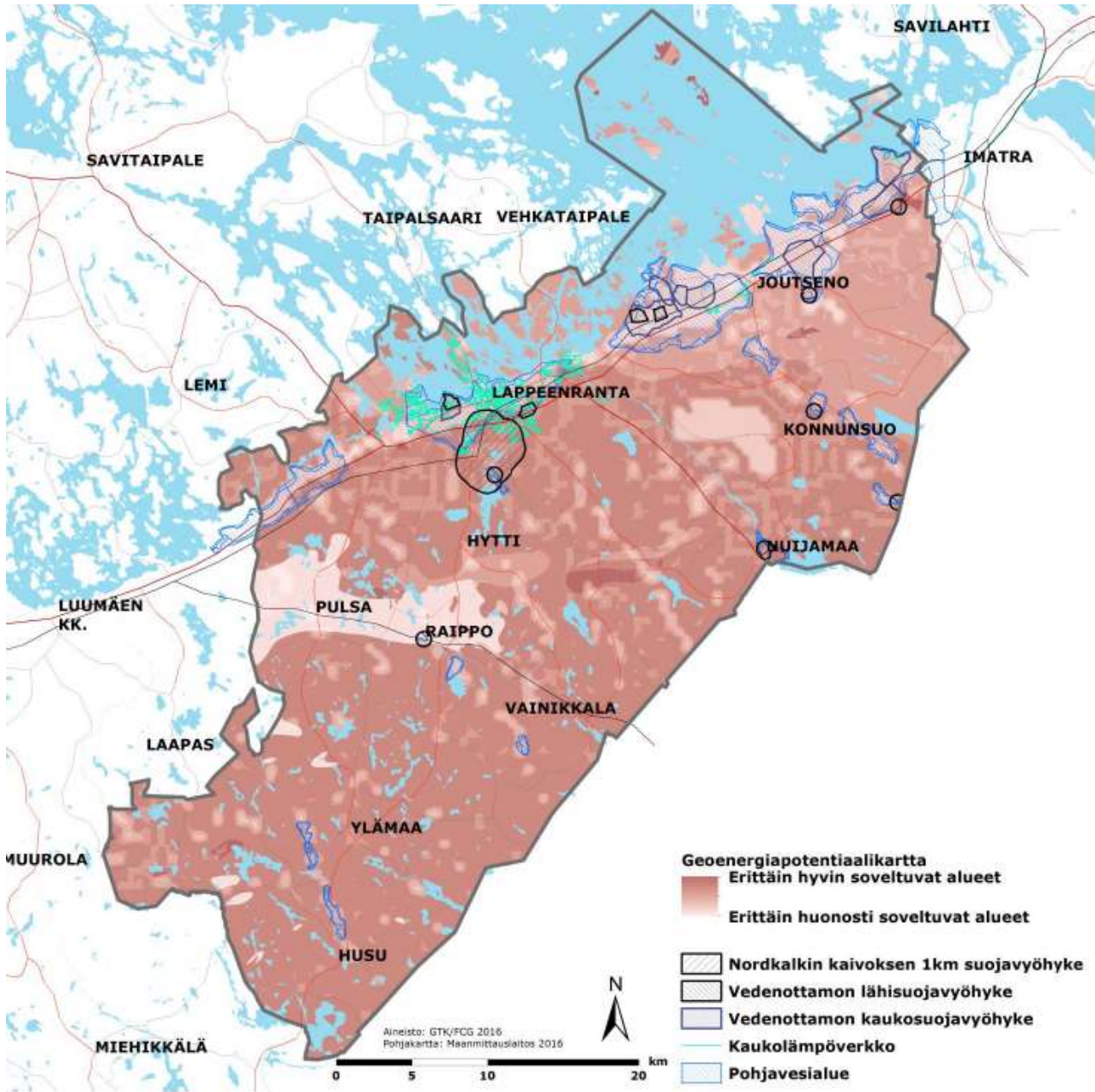
Vesilain mukainen vesilupa Aluehallintovirastolta (AVI, Etelä-Suomi) ja tämän jälkeen toimenpidelupa Lappeenrannan seudun ympäristötoimelta tulee pyytää kaivojen poraamiseen, mikäli maalämpökaivojen määrä on > 10. Aluehallintovirastolta ja Lappeenrannan seudun ympäristötoimelta tulee myös pyytää lausunto, jos maalämpöjärjestelmä halutaan rakentaa I- tai II-luokan pohjavesialueelle. Mikäli maalämpöjärjestelmään tulee vain muutamia kaivoja, ei lupaa tarvita AVI:lta. Tällöin maalämpöjärjestelmien rakentamista varten on haettava toimenpidelupa Lappeenrannan seudun ympäristötoimelta. Seuraavassa kuvassa on esitetty Lappeenrannan alueella olevat pohjavesialueet (kuva 26). Lappeenrannassa toimii yhdeksän vedenottamo, jotka ovat Ilottula, Nuijamaa, Ylämaa, Huhtiniemi, Myllypuro, Peräsuonniitty, Honkala, Tiuru ja Korvenkylä.



Kuva 26. Lappeenrannan kaupungin alueella sijaitsevat pohjavesialueet (Ympäristö 2018)

Maalämpövarannot

Tärkeimmät maalämpöjärjestelmillä hyödynnettävät maalämpövarannot tai -potentiaalit on selvitetty FCG Consulting Oy:n toteuttamassa Lappeenrannan alueen geoenergiapotentialiselvityksessä.



Kuva 27. Geoenergian hyödyntämiseen liittyvät rajoitukset Lappeenrannan kaupungin alueella (FCG 2016)

Vesistöistä kerättävän lämpötehon on arvioitu olevan 20–25 W/m Etelä-Suomessa. Geotermisen lämmön keräykseen soveltuvat kokemuksen mukaan parhaiten vähintään 2 metrin syvyiset järvet, lammet ja merenrannat. Vesistössä sijaitseva keruupiiri on hyvä niissä tapauksissa, joissa matka vesistöistä lämpöpumpulle on mahdollisimman lyhyt eikä muita keruupiirimuotoja ole käytettävissä. Pohjavesialueet jotka sijaitsevat vesistölämmöksi soveltuvan alueen tuntumassa, voivat rajoittaa vesistöistä kerättävän lämmön saatavuutta.

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

Lappeenrannan kaupungin alueella ei ole vuonna 2016 myönnetty yhtään vesistörakennuslupaa geotermisen lämmön keräämiseksi vesistöistä. Lappeenrannan pinta-alasta n. 17 % on vesistöä, josta rakennusten sijainnen ja vesistön soveltuvuuden kannalta potentiaalista lämmönkeruualuetta olisi keskustataajaman alueella. Tämä alue on luokiteltu pohjavesialueeksi Huhtiniemi A ja B (I-alue) ja Lappeenrannan keskusta – Lauritsala (III-alue). Pohjavesialueiden luokitukset ovat uudistumassa. Pohjavesialueiden luokittelu luokkiin I-III on voimassa rinnakkain uuden 1- ja 2-luokan luokittelun kanssa, kunnes pohjavesialueille tehdyt tarkistukset valmistuvat.

Muut lämpöpumput

Ilma-vesi- ja ilma-ilmalämpöpumppujen lämmönlähteenä toimii ulkoilma, joten lämmöntuotannon potentiaalia on sinällään rajattomasti käytettävissä. Toki sääolot vaikuttavat lämpöpumpuilla tuotettavan uusiutuvan energian lisäyksen potentiaaliseen määrään. Poistoilmalämpöpumppujen varantoja ei arvioida tässä selvityksessä, sillä se on haastavaa lämmönlähteen ollessa rakennusten poistoilma. Lisäksi poistoilmalämpöpumppujen määrä on Suomessa huomattavasti pienempi kuin maa- tai ilma-ilmalämpöpumppujen.

4.8.3 Energiantuotantopotentiaali

Maalämpöpumput

Maalämpöjärjestelmän rakentaminen vanhaan kiinteistöön on kannattavinta, kun nykyinen lämmitysjärjestelmä on vesikiertoinen. Energiantuotantopotentiaali maalämmölle lasketaan sen perusteella, että puolet kaupungin alueen öljylämmitteisistä kiinteistöistä siirtyisi maalämpöön. Öljyllä tuotetun energian vuosittainen kulutus on näissä kiinteistöissä noin 68 GWh. Kun näihin kiinteistöihin asennetaan maalämpöpumppu, jonka lämpökerroin on 3, lisääntyy sähkön määrä 20 GWh vuodessa ja itse maasta saatavan lämmön määrä 40,7 GWh vuositasolla.

Ilma-ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppuja käytetään yleisesti sähkölämmitteisten kiinteistöjen tukilämmityslähteenä. Mikäli kaikkiin Lappeenrannan kaupungin sähkölämmitteisiin kiinteistöihin lisättäisiin ilmalämpöpumppu, voitaisiin lämmitykseen tarvittavan sähkön määrää vähentää noin 28,1 GWh vuodessa. Tämä sähkömäärän vähennys syntyy silloin, kun ilmalämpöpumpun lämpökerroin on 2 ja ilmalämpöpumpulla tuotetaan 65 % yksittäisen kiinteistön vuosittaisesta lämmitystarpeesta. Todellisuudessa sähkön käytön vähennys voi olla enemmän tai vähemmän riippuen siitä, kuinka paljon lämpöpumppua käytetään jäähdytykseen kesäaikana ja millainen sää kyseisenä vuonna on.

4.9 Teollisuuden hukkalämpö

Teollisuuden tuotannossa muodostuu hukkalämpöä, jota voidaan ottaa talteen. Ylijäämälämpö voidaan hyödyntää omassa kohteessa mm. raaka-aineen esilämmityksessä tai tehtaan/tehdasalueen kiinteistöjen lämmityksessä. Vaihtoehtoisesti ylijäämälämpöä voidaan myydä alueelliseen kaukolämpöverkkoon. Yleisesti Suomessa ylijäämälämmön hyödyntäminen on vielä vähäistä. Kaikista Suomen kaukolämmön energianlähteistä 8 % oli hankittu lämmön talteenotolla tai lämpöpumppuratkaisulla.

4.9.1 Nykykäyttö

Teollisuuden ylijäämlämpöä hyödynnetään Lappeenrannan kaupungin kaukolämpöverkossa. Kaukolämpöverkossa teollisuuden hukkalämmön osuus kaikista kaukolämmön energialähteistä vuonna 2016 oli 3,5 %.

Finnsementti Oy:n sementtitiunien hukkalämpö hyödynnetään Lappeenrannan kaupungin kaukolämpöverkoissa. Vuonna 2016 Finnsementti Oy:n toimittama hukkalämpö Lappeenrannan kaukolämpöverkkoon oli 2 228 MWh. (Kangasmuukko 2018.)

Joutsenossa sijaitsevalla FC Power Oy:llä kaukolämmön tuotantoon käytetään Kemira Chemicals Oy:n hukkalämpöä ja Kemiran tuotantoprosessin sivutuotteena syntyvää vetyä. Vedystä tuotetaan lämpöä sitä polttamalla. (Lappeenrannan Energia Oy 2018e.) Vuonna 2016 Joutsenon keskustan verkkoon syötettiin FC Power Oy:n tuottamaa kaukolämpöä 21 GWh. (Lappeenrannan Energia Oy 2016.)

4.9.2 Varannot

Yhdyskuntien puhdistetuista jätevesistä voidaan ottaa lämpöä talteen lämpöpumppujen avulla. Lämmön talteenotto on kannattavampaa puhdistetusta jätevedestä jätevedenkäsittelyn prosessiteknisistä seikoista johtuen. Lappeenrannan jätevedenpuhdistamon puhdistetusta jätevedestä on mahdollista ottaa lämpöä talteen, ja tämä lämpö voidaan hyödyntää puhdistamon omassa käytössä. Nykyisellään puhdistamon virtaus on 16 000 m³/vrk ja keskimääräinen lämpötila 11,5 °C. Riippuen lämpöpumpulta lähtevän poistoveden lämpötilasta voidaan puhdistetusta jätevedestä saada lämpöä talteen noin 5 000 – 6 600 kW/vrk.

Kiinteistökohtaisesti voidaan harmaista vesistä (pesu- ja suihkuvedet) ottaa lämpöä talteen. Haasteen kiinteistökohtaiseen harmaan veden lämmöntalteenottoon aiheuttavat suhteellisen vähäinen massavirta ja virtaaman epätasaisuus. Kiinteistökohtaiset jätevesien lämmöntalteenottojärjestelmät ovat edelleen kehitysteella.

Lappeenrannassa on merkittäviä teollisuuden keskittymiä, joiden prosesseista muodostuva hukkalämpö voidaan hyödyntää esimerkiksi alueellisesti lämmönlähteenä. Hyötykäyttö on kannattavaa niissä tapauksissa, joissa infra on aluelämmölle valmiina. Vaihtoehtoisesti teollisuuskeskittymissä muodostunutta hukkalämpöä (90 – 600 °C) voidaan Organic Rankine Cycle-tekniikan (ORC-tekniikka) avulla muuttaa sähköksi ja hyödyntää alueellisissa tuotantokeskittymissä. Tällöin ylijäämlämpöä tulee olla saatavilla noin 600-800 tuntia vuodessa.

4.9.3. Energiantuottopotentiaali

Lappeenrannassa syntyy metsäteollisuuden laitoksilla merkittäviä sekundäärisiä energiamääriä, joita ei saada hyödynnettyä laitoksilla. Tätä ns. hukkalämpöä voidaan hyödyntää lämpöpumpun lämmönlähteenä ja syöttää paikalliseen kaukolämpöverkkoon. UPM Kymmen Oyj:n Kaukaan tehtaan jätevedestä hyödynnettävissä oleva lämpöteho esimerkiksi lämpöpumpun lämmönlähteeksi on 0-40 MW. Lisäksi käyttämätöntä kapasiteettia löytyy UPM Kymmenen Kaukaan prosessihöyryn osalta.

4.10 Biopolttoaineet

Lappeenrannassa valmistetaan myös uusiutuvia biopolttoaineita. UPM Kaukaan sellu- ja paperitehtaan kanssa samalla tehdasalueella UPM Kymmene tuottaa myös puupohjaista dieseliä ja naftaa. Biopolttoaineiden tuotanto vuositasolla on noin 120 milj. litraa. (UPM Kymmene Oyj 2018.) Lappeenrannassa valmistettua biodieseliä kulutetaan myös Lappeenrannan alueella, mutta suuri osa siitä käytetään alueen ulkopuolella.

4.11 Yhteenveto

Lappeenrannan uusiutuvien energialähteiden käyttö sekä arvioidut potentiaalit uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseksi on koottu taulukkoon 31. Arvioidut potentiaalit ovat energiantuotantopotentiaaleja Lappeenrannasta pääsääntöisesti lähtöisin olevista uusiutuvista energiavaroista. Maalämmön ja ilmalämpöpumppujen kohdalla on sekä käytössä että arvioidussa potentiaalissa huomioitu vain maasta tai ilmasta saatava lämpö, ei pumppujen sähkönkulutuksia.

Taulukko 31. Uusiutuvien energialähteiden nykykäyttö sekä arvioitu potentiaali Lappeenrannassa

	Käyttö vuonna 2016 [GWh/a]	Arvioitu potentiaali [GWh/a]	Käyttö suhteessa potentiaaliin [%]
Puupolttoaineet	9 755	259	3 766
Peltobiomassat	0	35	0
Biokaasu	0	106	0
Jätepolttoaineet	247	450	55
Tuulivoima	34	70	49
Aurinkolämpö*	0	84	0
Aurinkosähkö*	1	167	0
Vesivoima**	0	3	0
Maalämpö***	15	41	38
Ilmalämpöpumput	28	28	99
Yhteensä	10 080	996	

*Yksi viiden 3 MW voimalan tuulipuiston lisäys

**jaettu potentiaali puoliksi, puolet potentiaalisesta pinta-alasta lämmöntuotantoon ja puolet sähköntuotantoon

*** jaettu Vilajoen ja Urpalkanjoen teoreettinen potentiaali puoliksi Lappeenrannalle, koska joissa on koskia myös Lappeenrannan alueen ulkopuolella

5 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Katselmuksen jatkotoimenpide-ehdotuksissa tarkastellaan uusiutuvan energian käytön lisäämistä ja fossiilisten polttoaineiden korvaamista kaupungin omistamissa kiinteistöissä. Uusiutuvan energian käytön lisäämistä tarkastellaan aurinkosähkön ja aurinkolämmön osalta. Fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa tarkastellaan öljylämmityksen korvaamista uusiutuvaan energiaan perustuvilla eri lämmitysmuodoilla: ilmalämmöllä, maalämmöllä, pellettiratkaisulla, aurinkosähkön ja maalämmön hybridiratkaisulla. Lisäksi tarkastellaan yhden sähkölämmitteisen kiinteistön lämmityksen osittaista korvaamista ilmalämmöllä.

Jatkotoimenpide-ehdotuksien säästölaskelmissa on käytetty taulukossa 32 esitettyjä polttoaineiden ja sähkön hintoja. Alla olevassa taulukossa 32 on myös esitetty CO₂-päästövähennämien laskennoissa käytetyt polttoaineiden CO₂-päästökertoimet.

Taulukko 32. Jatkotoimenpide-ehdotusten laskennassa käytetyt energian ja polttoaineiden hinnat, sekä CO₂-päästökertoimet (Tilastokeskus 2016; Motiva 2018e, Määttä, 2018)

Polttoaine	Hinta [€/MWh]	CO ₂ -päästökerroin [kg/MWh]
Sähkö	110	164
Kevyt polttoöljy	87	204
Kaukolämpö yhteistuotanto	82	188
Pelletti	57	0

Investointien kustannuksille säästöille, takaisinmaksuajoille ja CO₂-vähennyille on laskettu keskiarvot laite-toimittajien antamien tietojen perusteella. Työ- ja elinkeinoministeriöltä on mahdollista saada investointitukea 25 % aurinkosähkön investointikustannuksista, 20 % aurinkolämmön investointikustannuksista, 15 % lämpöpumppujen investointikustannuksista ja 10–15 % puupolttoaineilla toimivien lämpölaitoksien investointikustannuksista. Raportin laskelmissa puupolttoaineilla suunniteltuun kohteeseen investointituen osuudeksi on laskettu 12,5 %. (Business Finland 2018a).

5.1. Aurinkosähkö

Aurinkosähköä hyödyntämällä voidaan lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä niissä kaupungin kiinteistöissä, jotka ovat kauko- tai aluelämpöverkossa. Aurinkosähkön hyödyntämismahdollisuuksia selvitettiin rakennusten katolle sijoitettavien asennusten osalta, ja muutaman kohteen osalta tarkasteltiin maavoimalan mahdollisuutta. Lähtökohtaisesti aurinkopaneelijärjestelmillä katetaan kohteiden omaa sähkönkulutusta, mutta poikkeuksena on Lappeen koulun läheisyyteen erilliselle läjitysalueelle suunnitellun maavoimalan tuottama aurinkosähkö, jota voidaan Lappeen päiväkodin/koulun sähkönkulutuksen lisäksi hyödyntää esimerkiksi erillisessä älykkään sähköverkon kokeilussa Ruoholammen kaupunginosan alueella.

Aurinkosähkön osalta selvitettiin kohteiden investointikustannukset, korottomat takaisinmaksuajat, vuosisäästöt ja CO₂-päästöjen vähennykset. Lähtötietona vuosittaisen säästön laskennassa on käytetty laite-toimittajan tuotto-odotuksia aurinkopaneeleille. Tulokset on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33. Aurinkosähkön kustannukset, vuosisäästö, koroton takaisinmaksuaika ja CO₂-vähenemä

Kohde	Investointikustannus* [€]	Vuosisäästö [€]	Takaisinmaksuaika [a]	CO ₂ -vähenemä [t]
Keltun päiväkot	50 900	6 800	7,5	10
Lappeen koulu, maavoimala	503 800	76 400	6,6	109
Ympäristötoimi	64 700	7 800	8,3	11
Ympäristötoimi autoka- tos	19 000	2 100	9,0	3
Yritystilän kiinteistö	105 100	13 700	7,7	21
Lentoasema, asennus katolle	53 200	7 100	7,5	11
Lentoasema, maavoimala	99 500	12 300	8,1	18
Ylämaan päiväkot	15 700	1 900	8,3	3
Ylämaan koulu	32 900	4 100	8,0	6
Parjalan koulu	9 600	1 200	8,0	2
Ravattilan koulu	6 400	900	7,1	1
Kesämäenrinteen koulu	43 600	5 900	7,4	9

* Investointikustannus TEM:n 25 % investointituen jälkeen

Investointikustannuksissa on mukana arvonlisävero, ja taulukossa esitetty investointikustannus on kaupungille jäävä osuus TEM:n 25 % investointituen jälkeen. TEM tukee aurinkosähköhankkeita 25 %:lla vuonna 2018 (Business Finland 2018a).

Optimaalisin aurinkosähkön ympärivuotinen tuotto Suomessa saadaan asentamalla paneelit 40-42 asteen kulmaan poikkitasosta etelään päin suunnattuna. Osassa Lappeenrannan kaupungin kohteista tämä asettaa asennusteknisesti haasteita, sillä loiville, alle 10 asteen katoille tulee tehdä lisäkallistus telinein. Toisaalta tasakatot antavat suuntausteknisesti mahdollisuuksia enemmän, sillä aurinkopaneelit voidaan telineiden avulla suunnata etelään. Lisäkallistuksia tehtäessä tulee huomioida kuitenkin erikseen tuulikuormat.

5.2 Aurinkolämpö

Aurinkokeräimiä voidaan käyttää joko pelkästään lämpimän käyttöveden tuottamiseen tai sekä käyttöveden että tilojen lämmittämiseen. Tässä katselmuksessa aurinkokeräimiä on suunniteltu käytettävän ainoastaan lämmittämään käyttövettä ja korvaamaan veden lämmityksessä käytettävän kaukolämpöä.

Aurinkolämmön käyttömahdollisuutta on tarkasteltu Lappeenrannan keskustassa sijaitsevan uimahallin ja Lauritsalassa sijaitsevan uimahallin lämpimän käyttöveden lämmityksessä. Lappeenrannan keskustan uimahallin tarkastelussa on huomioitu nykytila ja tulevaisuuden vaihtoehto. Nykytilan tarkastelussa puolet todellisesta kattopinta-alasta on käytettävissä aurinkokeräinten asentamiseen. Tulevaisuuden vaihtoehdossa uimahallin kattoikkunat on poistettu ja koko kattopinta-ala on käytettävissä aurinkokeräinjärjestelmille. Lauritsalan uimahallin tarkastelussa on huomioitu uimahallin välittömässä läheisyydessä olevaan rinteeseen

asennettavissa oleva aurinkokeräinjärjestelmä. Aurinkokeräinjärjestelmä on mitoitettu 10 m x 25 m:n kokoiselle alueelle. Lämmönsiirtohäviötä lämminvesivaraajalle ei ole huomioitu. Lähtötietona vuosittaisen säästön laskennassa on käytetty laitetoimittajan aurinkokeräinten mitoitustietoja.

Aurinkolämmön osalta selvitettiin kohteiden investointikustannukset, korottomat takaisinmaksuajat, vuosisäästöt ja CO₂-päästöjen vähenemät. Tulokset on esitetty taulukossa 34.

Taulukko 34. Aurinkolämmön kustannukset, vuosisäästö, koroton takaisinmaksuaika ja CO₂-vähenemä

Kohde	Investointikustannus* [€]	Vuosisäästö [€]	Takaisinmaksuaika [a]	CO ₂ -vähenemä [t]
Lappeenrannan uimahalli (nykytila)	173 700	9 600	18,1	28
Lappeenrannan uimahalli (tulevaisuuden vaihtoehto)	229 700	11 400	20,1	32
Lauritsalan uimahalli ja rinneasennus	197 600	10 300	19,2	24

* Investointikustannus TEM:n 20 % investointituen jälkeen

Investointikustannuksissa on mukana arvonlisävero, ja taulukossa esitetty investointikustannus on kaupungille jäävä osuus TEM:n 20 %:n investointituen jälkeen. TEM tukee aurinkolämpöhankkeita 20 %:lla vuonna 2018. (Business Finland 2018a).

Optimaalisin aurinkolämmön vuotuinen tuotto Suomessa saadaan asentamalla paneelit 45 asteen kulmaan etelään päin suunnattuna. Tuotto on kannattavinta silloin, kun aurinkolämpöä hyödynnetään käyttövesijärjestelmän lämmityksessä ja kosteiden tilojen lattialämmityksessä. Kevään ja syksyn aurinkolämmön tuottoa maksimoidaan, silloin kun aurinkolämpöä käytetään tilojen lämmityksessä. Tällöin aurinkokeräimet suositellaan nostamaan vähintään 60 asteen kulmaan, pohjoisemmassa Suomessa jopa 70-80 asteen kulmaan. Lappeenrannan uimahallin tasakaton osalta tulee tehdä kallistus lisätelinein. Toisaalta tasakatot antavat suuntausteknisesti mahdollisuuksia enemmän, sillä aurinkokeräimet voidaan telineiden avulla suunnata käyttötarkoituksen mukaiseen optimikulmaan.

5.3 Pellettilaitokset

Öljylämmityksen korvaamista pellettilämmityksellä on tarkasteltu Kanavakodin, Ylämaan koulun ja Ylämaan päiväkodin kohteissa. Pellettilämmitystä on tarkasteltu ns. pellettikonttiratkaisuna. Pellettikontit ovat EN 1090-standardin mukaisia teräsrunkoisia lämpökeskuksia pelletille, joissa on valmiina asennettuna kaikki lämpökeskuksen tarvitsemat laitteet. Pellettikonttiin voidaan liittää mukaan erillinen pellettisiilo. Kontti voidaan maisemoida ympäröiviä rakennuksia vastaavaksi. Kontit ovat siirrettäviä ja tarpeen mukaan skaalautuvia.

Kattilan tehomitoitus on laskettu vuosittaisen lämmitysenergian tarpeen ja lämmityshuipun käyttöajan perusteella. Säästöjen laskennassa on oletettu, että kattilalla voidaan tuottaa 90 % tarvittavasta lämmöstä vuosittain. Pellettilämmityksen osalta selvitettiin kohteiden investointikustannukset, korottomat takaisinmaksuajat, vuosisäästöt ja CO₂-päästöjen vähenemät. Kanavakodin investointikustannuksissa on huomioitu 180 kW:n pellettilämmityskontti varusteineen. Ylämaan koulun investointikustannuksissa on huomioitu

150 kW:n pellettilämmityskontti varusteinen ja Ylämaan päiväkodin investointikustannuksissa 45 kW:n pellettilämmityskontti varusteinen. Tulokset on esitetty taulukossa 35.

Taulukko 35. Pellettilaitosten kustannukset, vuosisäästö, koroton takaisinmaksuaika ja CO₂-vähenemä

Kohde	Investointikustannus* [€]	Vuosisäästö [€]	Takaisinmaksuaika [a]	CO ₂ -vähenemä [t]
Kanavakoti	82 300	18 800	4,4	97,8
Ylämaan koulu	78 800	15 700	5,0	81,8
Ylämaan päiväkot	70 900	3 800	18,8	19,6

* Investointikustannus TEM:n 12,5 % investointituen jälkeen

TEM:ltä on mahdollista saada energiatukea puupolttoaineilla toimiviin lämpölaitoksiin 10–15 % laitoksen investointikustannuksista. Biopolttoainepohjaisiin lämpökeskushankkeisiin on vakiintunut käytäntö 15 % tuesta. Taulukon 35 investointikustannus on kaupungille jäävä osuus laskettuna varovaisuutta noudattaen 12,5 % tuen jälkeen. (Business Finland 2018a).

5.4 Ilmalämpöpumput

Sähkö- ja öljylämmitteisissä kohteissa voidaan vähentää lämmityksestä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ja säästää kustannuksia asentamalla kohteisiin maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppuja. Öljystä maalämpöön tehtävää muutosta tarkasteltiin Muukonniemen koulun ja liikuntahallin, Pontuksen nuorisotalon, Pajarilan kuntoutusyksikön, Parjalan, Ravattilan ja Ylämaan koulujen osalta. Edellisten lisäksi toimenpiteisiin on sisällytetty jo toteutettavaksi päätetty Nuijamaan paloaseman lämmitystapamuutos öljystä maalämmöksi. Ilma-vesilämpöpumpun käyttöönottoa tarkasteltiin Ylämaan nuorisotalolla, jossa ilma-vesilämpöpumppu oletetaan rakennettavan päälämmönlähteeksi öljylämmityksen rinnalle. Ilma-ilmalämpöpumpun käyttöönottoa taas tarkasteltiin Partalan koululla, jossa korvataan päälämmönlähteenä olevaa suoraa sähkölämmitystä.

Maalämmön ja ilma-vesilämpöpumpun tehomitoitukset on laskettu vuosittaisen lämmitysenergian tarpeen perusteella. Säästöjen laskennassa on laitetoimittajan toimittamien tietojen perusteella oletettu, että maalämmöllä voidaan tuottaa 95 % tarvittavasta lämmöstä vuosittain ja ilma-vesilämpöpumpulla 88 %. Lähtötietona maalämmön ja ilma-vesilämmön osalta vuosittaisen säästön laskennassa on käytetty laitetoimittajien ilmoittamia maalämpöpumpun ja ilma-vesilämpöpumpun energian kulutusta ja lisäenergiantarvetta. Ilma-ilmalämpöpumpun tehomitoitus on laskettu vuosittaisen lämmitysenergian tarpeen perusteella. Säästöjen laskennassa on oletettu, että ilma-ilmalämpöpumpulla voidaan tuottaa 65 % tarvittavasta lämmöstä vuosittain. Säästöjen laskennassa on käytetty laitetoimittajan ilmoittama ilma-ilmalämpöpumpun energiankulutusta, ja lisäksi on huomioitu, että ilma-ilmalämpöpumpulla tuotettavasta lämpökuormasta puolet voidaan tuottaa suoraan ilmasta.

Maalämmön ja ilmalämmön osalta selvitettiin kohteiden investointikustannukset, korottomat takaisinmaksuajat, vuosisäästöt ja CO₂-päästöjen vähenemät. Tulokset on esitetty taulukossa 36.

Taulukko 36. Maa- ja ilmalämpöpumppujen kustannukset, vuosisäästö, koroton takaisinmaksuaika ja CO₂-vähenemä

Kohde	Investointikustannus [€]	Vuosisäästö [€]	Takaisinmaksuaika [a]	CO ₂ -vähenemä [t]
Muukonniemen koulu ja liikuntahalli	56 100	7 100	7,9	20
Pontuksen nuorisotalo	43 100	5 100	8,4	15
Pajarilan kuntoutusyksikkö	174 800	27 300	6,4	78
Parjalan koulu	63 300	7 700	8,2	22
Ravattilan koulu	50 000	5 700	8,8	16
Ylämaan koulu	149 200	21 400	7,0	62
Ylämaan nuorisotalo	10 500	2 800	3,8	10
Partalan koulu	4 700	1 300	3,6	2

* Investointikustannus TEM:n 15 % investointituen jälkeen

Investointikustannuksissa on mukana arvonlisävero, ja taulukossa esitetty investointikustannus on kaupungille jäävä osuus TEM:n 15 %:n investointituen jälkeen. TEM tukee lämpöpumppuhankkeita 15 %:lla vuonna 2018. (Business Finland 2018a).

Optimaalisin ilmalämpöpumppujen ja ilma-vesilämpöpumppujen käyttöaika on keväisin ja syksyisin, jolloin ulkoilmanlämpötila voidaan hyödyntää tehokkaammin. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asettaa kohteessa myös päälämmönlähteeksi, asettamalla öljylämmitysjärjestelmän säätökäyrä hieman alemmaksi kuin ilma-vesilämpöpumppujen säätökäyrä. Ulkolämpötilan asetusarvo määrittelee lämpötilan, jonka jälkeen lämmitys siirtyy pelkälle öljykattilalle. Ilmalämpöpumppujen ja ilma-vesilämpöpumppujen eduksi luetaan ylläpitolämmitystoiminto, jolle laite voidaan asettaa. Ylläpitolämmitystoiminnosta on hyötyä kohteissa, joiden käyttöaste on pieni ja epäsäännöllinen.

5.5 Hybridiratkaisut

Hybridilämmityksessä hyödynnetään vähintään kahta energialähdettä samanaikaisesti tai vuorotellen. Uusiutuvista energianlähteistä päälämmönlähteenä voidaan hyödyntää maalämpöä ja toissijaisena lämmönlähteenä voidaan hyödyntää esimerkiksi aurinkoa tai tuulta. Tässä katselmuksessa tarkasteltiin aurinkosähkön ja maalämmön hybridiratkaisua Parjalan, Ravattilan ja Ylämaan koulun kohteissa.

Hybridiratkaisujen osalta selvitettiin kohteiden investointikustannukset, korottomat takaisinmaksuajat, vuosisäästöt ja CO₂-päästöjen vähenemät. Maalämmön tehomitoitus on laskettu hyödyntäen vuosittaista lämmitysenergian tarvetta. Säästöjen laskennassa on laitetoimittajan toimittamien tietojen perusteella oletettu, että maalämmöllä voidaan tuottaa 95 % tarvittavasta lämmöstä vuosittain. Edellisen lisäksi lähtötietona maalämmön vuosittaisen säästön laskennassa on käytetty laitetoimittajan ilmoittamaa maalämpöpumpun energian kulutusta ja lisäenergiantarvetta. Aurinkosähkön osalta lähtötietona vuosittaisen säästön laskennassa on käytetty laitetoimittajan tuotto-odotuksia aurinkopaneelleille. Tulokset on esitetty taulukossa 37.

Taulukko 37. Hybridiratkaisujen kustannukset, vuosisäästö, koroton takaisinmaksuaika ja CO₂-vähenemä

Kohde	Investointikustannus* [€]	Vuosisäästö [€]	Takaisinmaksuaika [a]	CO ₂ -vähenemä [t]
Parjalan koulu	80 300	8 900	9,0	24
Ravattilan koulu	65 900	6 600	10,0	19
Ylämaan koulu	199 300	25 500	7,8	74

* Investointikustannus TEM:n 25% ja 15 % investointituen jälkeen

Investointikustannuksissa on mukana arvonlisävero, ja taulukossa esitetty investointikustannus on kaupungille jäävä osuus TEM:n 25 %:n investointituen aurinkosähköinvestointituen ja 15 %:n maalämmön investointituen jälkeen. Hybridijärjestelmien energiainvestoinnit ja niiden kannattavuus tarkastellaan tuen määrittämisen vaiheessa erillisinä. Tukipäätöksessä asiakkaalle ilmoitetaan yhdistelmäprosentti koostettuna valituista uusiutuvan energian muodoista. Hybridijärjestelmän energianinvestointituki valituille lämmitysmuodoille voidaan hakea samalla hakemuksella. (Business Finland 2018a).

6 TOIMENPITEIDEN RAHOITUSMALLIT

Kaupungeilla on useita erilaisia mahdollisuuksia rahoittaa uusiutuvan energian lisäämiseen tähtääviä investointeja. Kaupunki voi toimia itse toteuttajana investoinneissa ns. perinteisesti omalla rahalla tai suoralla lainalla. Vaihtoehtoisesti voidaan kartoittaa ja hyödyntää Energy Service Company -palvelun (ESCO-palvelun) mahdollisuuksia tai hyödyntää erityyppisiä leasing-vaihtoehtoja tai joukkorahoitusta. Yrittäjävetoisen toiminnan lisäämiseksi ja siten uusien työpaikkojen muodostumiseksi, uusiutuvan energian toimenpiteiden toteutus ja ylläpito voidaan kokonaisuudessaan ulkoistaa kolmannelle osapuolelle.

Uusiutuvan energian käyttämistä edistäviin hankkeisiin voidaan hyödyntää ESCO-palveluliiketoimintamallia. ESCO-palveluliiketoiminnassa ulkopuolinen energia-asiantuntija, ESCO-toimija, toteuttaa kaupungin investointeja ja toimenpiteitä energiankäytön tehostamiseksi sekä energiansäästämiseksi. Energiatoteuttamistoimenpiteet toteutetaan kokonaistoimituksena, johon voi sisältyä ESCO-toimijan hankkima rahoitus. ESCO-toimijapalveluun liittyy takuu syntyvästä energiansäästöstä. Energiansäästöinvestoinnit ja palvelun kustannukset ESCO-palveluntarjoajalle maksetaan palvelukauden säästöillä, jotka syntyvät pienentyneistä energiakustannuksista.

Leasing-vaihtoehdossa voidaan hyödyntää mm. osamaksukauppaa, rahoitus- tai käyttöleasingmalleja. Etuna leasing-vaihtoehdossa on investointien toteuttamismahdollisuus ilman erityisiä vakuuksia. Osamaksukaupassa ostaja maksaa uusiutuvan energian investoinnin myyjälle tai rahoittajalle sovituissa erissä sovittun ajan kuluessa. Omistus investoinnista siirtyy myyjältä ostajalle, kun määrätty osa eristä on maksettu. Rahoitusleasing toimii vastaavalla tavalla kuin osamaksukauppa, mutta omistus siirtyy myyjältä ostajalle vasta sopimuskauden päätyttyä. Käyttö-leasingin mallissa uusiutuvan energian investointi vuokrataan pitkäksi ajaksi, eikä omistusoikeus siirry sopimuskauden jälkeen. Käyttö-leasing-sopimukset ovat osamaksukauppaan ja rahoitus-leasingiin verrattuna pidempiaikaisia, jopa 30 vuotta pitkiä. Joukkorahoituksen mallissa kerätään vastikkeellisia piensijoituksia tai mikrolainoja, joista saa vastineeksi ajan myötä investoinnista syntyvää tuottoa osingon tai korkotuoton muodossa.

Yrittäjävetoisella toiminnalla tarkoitetaan paikallisen yrittäjän palveluiden hankintaa, jossa yrittäjä, yritys, tai osuuskunta ottavat uusiutuvan energian tuottamisen haltuun ja myyvät uusiutuvaa energiaa sovittuun hintaan kaupungille, alueella toimiville yrityksille tai suoraan sähköverkkoon. Yrittäjävetoista toimintaa voivat olla mm. lämpöyrittäjyystoiminta tai aurinkovoimalayrittäjyystoiminta. Esimerkiksi lämpöyrittäjä hankkii polttoaineen ja huolehtii lämpökeskuksen toiminnasta, ja saa tuloa kiinteistöön tai lämpöverkkoon tuotetusta energiasta.

6.1 Toimenpiteiden vaikutus

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksessa suunniteltujen jatkotoimenpide-ehdotusten aluetalousvaikutuksia on arvioitu Etelä-Karjalan alueen kokonaistuotoksen, arvonlisäyksen ja työllisyyden näkökulmasta. Lähtöaineistona arvioinnissa käytettiin muun muassa tilastokeskuksen tilastoimia aineistoja, kuten Etelä-Karjalan aluetilinpitoa ja valtakunnallista pano-tuotos-aineistoa. Jatkotoimenpide-ehdotusten aiheuttamat vaikutukset on määritetty panos-tuotos-mallin ja Leontiefin käänteismatriisia hyödyntäen.

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www. LCA-Consulting.fi

Toimialojen tarkastelu toteutettiin jakamalla toimiala-aineisto yhdeksään pääkategoriaan; alkutuotantoon, teollisuuteen, energiahuoltoon, rakentamiseen, logistiikkaan, kiinteistöalaan, tutkimukseen, koulutukseen sekä palveluihin. Toimenpiteiden vaikutuksen arvioinnissa keskityttiin energiahuoltoon. Vaikutusten arvioinnin lähtökohtana oletetaan, että suunnitelluista jatkotoimenpide-ehdotuksista kolmasosa päätettäisiin toteuttaa ja toteutukset kohdistuisivat suoraan energiahuoltoon. Energiahuollon toimialaan lukeutuvat tilastokeskuksen luokittelun mukaisesti sähkön, kaasun, lämmön ja vastaavien kiinteän verkoston tai putkiston kautta jaeltavien energiahyödykkeiden tuotantoon, jakeluun ja kauppaan liittyvät toiminnot sekä tilojen jäähdytykseen käytettävän ilman ja veden tuotanto ja jakelu. Energiahuollon toimialaan tässä yhteydessä on yhdistetty vesihuoltoon ja jätehuoltoon yhdistetyt toiminnot.

Energiahuolto työllistää Etelä-Karjalassa noin 480 henkeä, joka on noin 1 % koko Etelä-Karjalan työssä käyvien määrästä. Yhteensä Etelä-Karjalassa oli vuonna 2016 noin 49 600 työssä käyvää asukasta. Energiahuollon kokonaistuotos, 340 milj. €, vastaa noin 4 %:a Etelä-Karjalan alueen kokonaistuotoksesta. Taulukossa 38 on esitetty Etelä-Karjalan aluetaloudellisia tunnuslukuja.

Taulukko 38. Etelä-Karjalan maakunnan aluetaloudellisia tunnuslukuja.

Toimiala	Työlliset [hlö]	Kokonaistuotos [milj. €]	Arvonlisäys [milj. €]
Alkutuotanto	1 950	350	160
Teollisuus	9 700	3 700	2 600
Energiahuolto	480	340	160
Rakentaminen	3 400	610	360
Logistiikka	8 600	960	430
Kiinteistöala	450	690	220
Tutkimus	2 100	250	190
Koulutus	3 600	310	80
Palvelut	21 300	1 970	80
Yhteensä	49 600	9 180	4 310

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksessa tehtävien toimenpiteiden alueelliset talousvaikutukset Etelä-Karjalaan on esitetty taulukossa 39. Tehtävien toimenpiteiden, joista oletetaan kolmanneksen toteutuvan ja kohdistuvan suoraan energiahuollon toimialaan, vaikutukset kohdistuvat positiivisesti energiahuollon toimialaan ja osittain myös teollisuuteen ja palveluihin. Tässä jatkotoimenpiteitä on tarkasteltu hankintakokonaisuutena, erittelemättä jatkotoimenpiteitä mm. polttoainehankintoihin, laiteinvestointeihin ja teknologian hankintoihin. Näillä on vaikutusta toimialojen tuotokseen, arvonlisäykseen ja henkilöstöön.

Taulukko 39. Etelä-Karjalan maakunnan energiahuoltoon tehtävien toimenpiteiden aluetaloudellisia vaikutuksia.

Toimiala	Työlliset [hlö]	Kokonaistuotos [milj. €]	Arvonlisäys [milj. €]
Alkutuotanto	0	0,0	0
Teollisuus	0	0,2	-0,1
Energiahuolto	2	1,0	0,9
Rakentaminen	0	0,1	0
Logistiikka	1	0,1	-0,1
Kiinteistöala	0	0,0	0,1
Tutkimus	0	0,0	0,1
Koulutus	0	0,0	0
Palvelut	1	0,1	0,2
Yhteensä	4	1,5	1,1

7 JATKOSELVITYKSET

7.1 Älykkäät sähköverkot -tarkastelu

Älykäs sähköverkko, Smart grid, on sähkönsiirrossa käytettävä järjestelmä, jossa perinteiseen sähkövoimatekniikkaan yhdistetään automaatio-, tieto- ja viestintäteknologian ratkaisuja. Tällä pyritään parantamaan sähköverkkojen luotettavuutta ja kannattavuutta. Älykkään sähköverkon avulla pyritään löytämään ratkaisuja tuotannon ja kulutuksen eriaikaisuuden tuottamiin tehopiikkeihin ja sähkön saatavuuden ongelmiin. Älykäs sähköverkko vastaa sähköenergian tehokkaamman käytön haasteisiin, kuten laajemman mittakaavan sähkön varastoinnin haasteisiin. (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus 2018)

Älykäs sähköverkko mahdollistaa käytetyn sähkön samanaikaisen tuottamisen. Myös uusiutuvan energian laajamittainen hyödyntäminen sekä vähäisen hajautetun energiantuotannon liittäminen valtakunnan verkkoon tulevat älykkään sähköverkon myötä mahdollisiksi. (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus 2018.) Älykkäisiin sähköverkkoihin yhdistyvät jakeluverkoissa hyödynnettävät uudet teknologiat, kuten etävalvonta- ja ohjaus, automaattiset kytkennät ja nopeat vianpaikannukset. Uudet teknologiat parantavat sähkönlaatua, lyhentävät katkosaikoja sekä tehostavat ylläpitoa. (ABB 2018a)

Älykkäät sähköverkot mahdollistavat verkkojen toimimisen hajautetusti pienempinä saarekkeina. Saareke on energiaomavarainen alue, joka ei hyödynnä yleisestä sähköverkosta saatua sähköenergiaa. Saareke on vähemmän haavoittuva, sillä älykäs verkko pystyy toimimaan mahdollisissa häiriötilanteissa ja pitämään sähköä paikallisesti yllä. Toimintaa edistää hajautettu ja monimuotoinen energiantuotanto.

Haasteina älykkäiden sähköverkkojen käytössä ovat sen toimitusvarmuus sekä sähköverkon uudet komponentit, kuten hajautettu tuotanto, kaapelointi, sähköautot, ohjattava kulutus sekä energiavarastot. Toteutuksen tukena ovat kuitenkin uudet tietotekniset ratkaisut, kuten etäluettavat sähkömittarit, avoimet tietolähteet sekä mobiililaitteet. Mikäli älykkään sähköverkon haasteet saadaan selätettyä, saadaan muodostettua uusia älykkäitä toimintoja, joista esimerkkinä ovat itsekorjattavat verkot, kysynnän jousto sekä ennakoiva kunnonvalvonta. (Smart Grids and Energy Markets)

Älykäs sähköverkko on vielä kehityksensä alussa, Suomessa sitä on kuitenkin kokeiltu erilaisissa käytännön demonstraatioissa. Vaasassa sijaitsevassa Sundomin kylässä käynnistyi vuonna 2014 hanke (?), jossa tavoitteena on parantaa sähkönjakelun luotettavuutta sekä luoda edellytykset tuuli- ja aurinkovoiman hyödyntämiselle alueen kotitalouksissa. (ABB 2018b.) Älykkäitä sähköverkkoja hyödynnetään myös Kirkkonummella, jossa Masalan sähköaseman yhteyteen on kehitetty ratkaisu, joka mahdollistaa vikojen automaattisen paikantamisen ja eristämisen sekä sähkönsyötön nopean palauttamisen. (ABB 2018c.) Espoon Leppävaaraan on rakennettu kerrostalo, jossa on toteutettu reaaliaikainen energian-, veden- ja lämmönkulutuksen mittaus huoneistokohtaisella seurantajärjestelmällä. (ABB 2018d.) Näiden lisäksi tällä hetkellä Helsingin kalasatamaan kehitetään energiatehokasta ja älykkäitä ratkaisuja hyödyntävää energijärjestelmää. Kalasataman uuden alueen häiriötön sähkönsaanti pyritään turvaamaan ainutlaatuisella suljetulla rengasverkolla keskijänniteverkossa, jossa sähkönsyöttö on päällä jatkuvasti kahdesta suunnasta. (ABB 2018e)

Eräs uusimmista älykkään sähköverkon testialueista on Ahvenanmaa. Tavoitteena on tehdä Ahvenanmaasta saareke, joka demonstroi 100-prosenttisesti uusiutuvaan sähköön perustuvaa yhteiskuntaa, jossa osajärjestelmät toimivat niin, ettei asiakkaiden palvelutaso tai toiminnallisuus vaarannu. Ahvenanmaa soveltuu hyvin

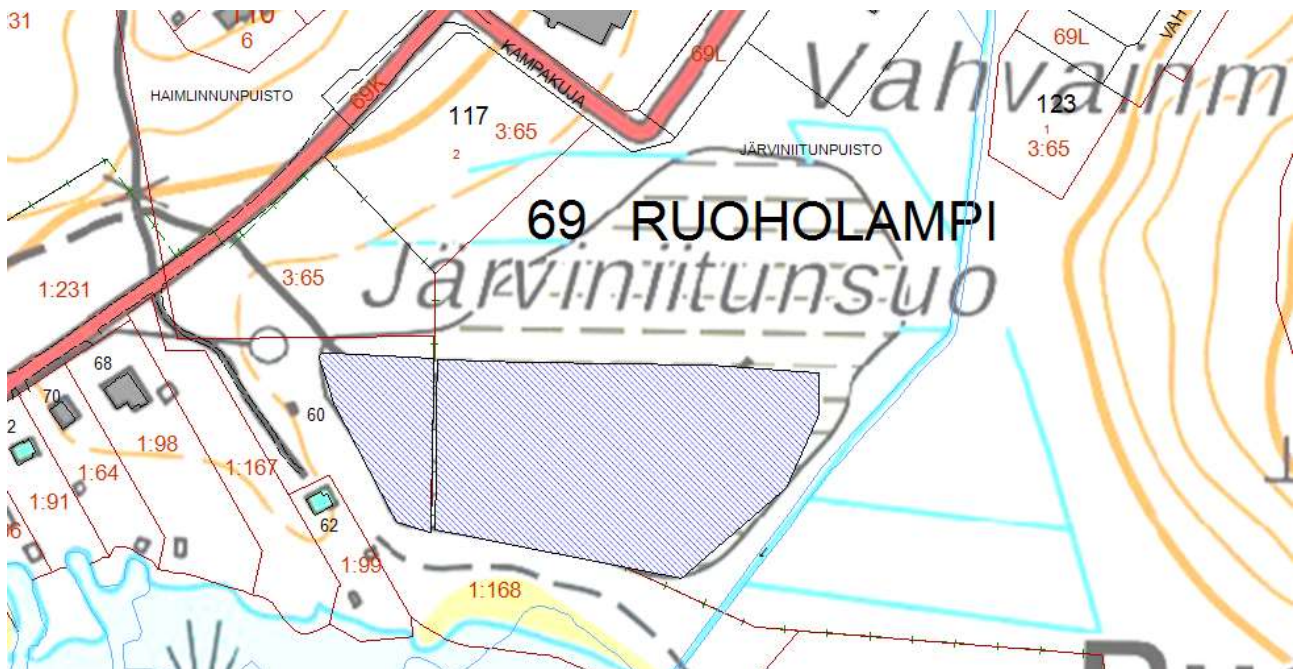
älykkään sähköverkon testialueeksi, sillä alueella on vahva biotalous, suuri tuontisähkön osuus, valmius uusiutuvan sähkön tuotantoon, itsemääräämisoikeus, riittävän pieni koko ja skaalautuvuus sekä asukkaiden hyväksyntä asialle. (Business Finland 2018b)

7.1.1 Älykkäät sähköverkot Lappeenrannassa

Älykkään sähköverkon hyödyntäminen tarjoaa mahdollisuuksia myös Lappeenrannan alueelle. Lappeenrannan teknillisen yliopiston Green Campus -alueella toimii nykyisellään opetus-, tutkimus-, ja pilotointikäytössä oma älykäs sähköverkko. Älykkään sähköverkon kokonaisuus toimii osana Smart Grid -tutkimusohjelmaa. Green Campuksella hyödynnetään tuulivoimaa ja aurinkopaneeleja osana hajautettua energiantuotantoa. Lisäksi älykkääseen sähköverkkoon on kytketty akkuja energiavarastoiksi, joita käytetään kuormitushuippujen tasaamiseen ja ladataan hiljaisemman kulutuksen aikana.

Lappeenrannan keskustan alue on levittäytynyt melko laajalle alueelle, joten koko keskustan alueen sisällyttäminen pilotointikohteeksi voi olla haastavaa. Älykästä sähköverkkoa on mahdollista pilotoida Lappeenrannassa pienemmillä asuinaluekeskittymillä, joissa voidaan hyödyntää mm. uusiutuvaa energiaa osana hajautettua energiantuotantoa.

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksessa yhtenä jatkotoimenpiteenä on suunniteltu aurinkopaneeleista koostuvaa maavoimalaa Ruoholammen kaupungin osassa sijaitsevan Lappeen koulun vieressä olevalle jäätyskentälle. Käytettävissä oleva alue on kooltaan 1,2 hehtaaria (kuva 28). Tämän toimenpiteen toteuttamista Ruoholammella voitaisiin hyödyntää osana älykkäiden sähköverkkojen demonstraatiota. Alueella toimii päiväkotikoulu, ja sen asutus koostuu pääosin pientaloista.



Kuva 28. Ruoholammelle suunniteltu aurinkosähkön maavoimala (Räsänen 2018)

Ruoholammella sijaitsevien pientalojen määrä on noin 350, ja niiden kokonaissähkönkulutukseksi on arvioitu runsaat 1 900 MWh. Arvio perustuu keskimääräisen kaukolämmitteisen omakotitalon sähkönkulutukseen.

Jatkotoimenpide-ehdotuksen mukaisesti mitoitettun järjestelmän perusteella kaikkien pientalojen muuttaminen pelkästään uusiutuvasta energiasta sähkönsä saaviksi saarekekokeilua varten vaatisi suunnitellun 1,2 hehtaarin alueen laajentamisen noin kolminkertaiseksi. Vaihtoehtoisesti kokeilu voidaan rajata sisällyttämällä kokeiluun reilut 120 omakotitaloa.

Älykkään sähköverkon määritelmän mukaisesti älykäs sähköverkko mahdollistaa automaation kautta sähkön kulutuksen ja tuotannon tasapainottamisen. Hajautettu, uusiutuvaan energiaan perustuva sähköntuotanto täydentää keskitettyä tuotantoa. Verkkoon voidaan liittää myös vähäistä hajautettua energiantuotantoa, kuten pienkuluttajien tai mahdollisesti liike-elämän tuottamaa energiaa. Ruoholammen alueella on pientaloissa vapaaehtoiseen Sunny Portaliin ilmoitettujen tietojen perusteella pienkuluttajien seitsemän aurinkopaneelikohtetta, jotka ovat yhteisteholtaan vajaat 50 kWp. Lisäksi päiväkotikoulun sähkönkulutusta voitaisiin korvata katolle asennettavilla aurinkopaneeleilla. Aurinkosähkön tuotannon monimuotoisuus, aurinkovoimala, pientalot ja päiväkotikoulu tekevät Ruoholammesta soveltuvan pieneksi älykkään sähköverkon pilot-kohdeksi.

7.2 Toimenpidesuunnitelma

Lappeenrannan kaupunki on jo aiemmin toteuttanut merkittäviä selvityksiä uusiutuvan energian käytön lisäämiseksi niin Lappeenrannan kaupungin kuin koko Etelä-Karjalan alueella. Selvityksiä on toteutettu osana kaupungin omia sitoumuksia, kuten energiatehokkuutta lisääviä ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentäviä ohjelmia (KETS, HINKU ja Covenant of Mayors). Lisäksi kaupunki on toteuttanut hankkeita eri toimijoiden, kuten Lappeenrannan teknillisen yliopiston, Maakuntaliiton ja muiden toimijoiden kanssa. Selvitysten tuloksia on koottu yhteen tämän raportin luvussa 4.

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen aikana on tullut esille selkeän toimenpidesuunnitelman puuttaminen, jota ohjaisi uusiutuvan energian käytön ja kokonaisenergiatehokkuuden lisääminen sekä kasvihuonekaasupäästövähennyksen ja hiilineutraaliuden tavoitteet. Tämän katselmuksen luvussa 5 on kartoitettu useiden kohteiden uusiutuvan energian käytön lisäämisen mahdollisuuksia eri energiamuodoilla. Jatkotoimenpiteistä laaditaan selkeä suunnitelma: miten ja milloin toimenpiteet toteutetaan ja miten vastuu jaetaan kaupunkiorganisaatioiden kesken.

Lisäksi ehdotetaan toteutettavan konkreettista toimenpiteistä kokonaissuunnitelma, jossa kootaan yhteen kaikki kaupungin sitoumukset, hankkeet ja ohjelmat. Kokonaissuunnitelmaa ohjaavat tavoitteet uusiutuvan energian käytön, kokonaisenergiatehokkuuden ja resurssiviisauden lisäämiseksi sekä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ja hiilineutraaliuden saavuttamiseksi.

8 SEURANTA

Lappeenrannan kaupunki on mukana monissa ohjelmissa ja sitoumuksissa, jotka velvoittavat kaupunkia seuraamaan ja raportoimaan energian käyttöä: kulutuksia ja muutoksia. Myös uusiutuvaan energiaan liittyviä muutoksia tulee seurata. Ohjelmien ja sitoumuksien myötä kaupunki on velvollinen raportoimaan edellisten lisäksi kasvihuonekaasupäästöistä, niiden muutoksista ja uusiutuvan energian käytöstä. Lappeenrannan kaupunki pyrkii lisäämään omilla toimillaan uusiutuvan energian käyttöönottoa ja aktivoimaan asukkaitaan uusiutuvan energian käytön lisäämiseen ja energian säästämiseen. Velvollisuuksia ja toimenpiteitä, jotka tukevat Lappeenrannan kaupungin strategiaa, voidaan selkeyttää ja aikatauluttaa erillisellä seurantaohjelmalla, josta ehdotus on esitetty taulukossa 40.

Taulukko 40. Seurantaohjelman runko

Toimenpide	Seurattavat tekijät	Toteutus	Seurantaväli
Kiinteistöjen ja toimien energian käytön systemaattinen seuranta	Energiankulutus Uusiutuvan energian käyttö ja tuotanto	2018	Vuosittain
Energian käytön muutosten systemaattinen seuranta	Energiatehokkuus Polttoainemuutokset Uusiutuvan energian muutos Muut toimenpiteet	2018	Vuosittain
Kaupungin omien toimien kasvihuonekaasupäästöjen seuranta	Kasvihuonekaasupäästöjen muutos Uusiutuvan energian osuus	2018	Kvartaaleittain
Kaupungin alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen seuranta	Kasvihuonekaasupäästöjen muutos Uusiutuvan energian osuus ja vaikutus	2018	Vuosittain
Kaupungin asukkaiden sitouttaminen	Uusiutuvan energian käyttöönoton aktivoiminen Energiankäytön tehostamisen ohjaaminen	2018	Vuosittain
Uusiutuvan energian kuntakatselmus	Uusiutuvan energian käyttöönotto Kokonaiskuva uusiutuvan energiasta	2021	Joka kolmas vuosi

8.1 Energian käytön seuranta

Lappeenrannan kaupunki on mukana Kuntien energiatehokkuusohjelmassa KETS:ssä. Ohjelmassa mukana oleminen velvoittaa kaupunkia seuraamaan ja raportoimaan kaupungin energiankäytön, uusiutuvan energian käytön muutokset sekä kaupungin kiinteistöjen kokonaisenergiankulutuksen ja kulutuksien muutokset. Kaupungin osallistuminen HINKU-hankkeeseen puoltaa vuosittaista energiankäytön seurantaa ja tehtyjen energiansäästö- tai uusiutuvaa energiaa lisäävien toimenpiteiden vaikutusten arvioimista ja muistiin kirjaamista.

Energiankäytön systemaattinen seuranta ja tehtyjen muutosten (energiatehokkuus, uusiutuvan energian ja polttoaineiden muutokset sekä muut toimenpiteet) vaikutusten arviointi säännöllisesti mahdollistaa energiankäytön kokonaiskuvan muodostamisen. Tulevaisuuden toimenpiteet ovat toteutettavissa helpommin ja

seuraavien parannustoimien tarve on huomattavissa helpommin, kun energian käytön kokonaiskuva on tiedossa. Kokonaiskuvan avulla voidaan tunnistaa merkityksellisimmät ja relevantteimmat parannustoimet sen sijaan, että tehtäisiin yksittäisiä eteen tulevia toimenpiteitä ilman toimenpiteiden vaikutusten seuranta.

8.2 Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta

Lappeenranta on mukana ICLEI-verkostoissa (Local Governments for Sustainability ja Covenant of Mayors), joissa kaupungit sitoutuvat vähintään 40 %:n päästövähennyksiin vuoteen 2030 mennessä. Näiden lisäksi Lappeenrannan kaupunki seuraa Lappeenrannan maantieteellisen alueen kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä aktiivisesti.

Seuraamalla systemaattisesti vuositason tai kvartaaleittain kaupungin omien toimien ja Lappeenrannan maantieteellisen alueen kasvihuonekaasupäästöjen kehittymistä Lappeenrannan kaupunki voi arvioida tavoitteiden saavuttamisen tilaa niin hiilineutraaliuden kuin kasvihuonekaasupäästövähennysten osalta. Etenkin omien toimien kasvihuonekaasupäästöihin kaupunki voi vaikuttaa lisäämällä uusiutuvaan energiaan perustuvia ratkaisujen kaupungin omistamissa kohteissa. Kasvihuonekaasupäästöjen systemaattinen seuranta voidaan toteuttaa Lappeenrannan maantieteellisen alueen ja kaupungin toimintokohtaisen kasvihuonekaasulaskennan avulla.

8.3 Kaupunkilaisten aktivoiminen

Pelkkää omaa toimintaansa muuttamalla kaupungin ei ole mahdollista vähentää päästöjä tai lisätä uusiutuvien energiavarojen käyttöä loputtomiin. Tarvitaan myös kaupungin asukkaiden tekoja suurempien päästövähennysten saavuttamiseksi, energian käytön tehostamiseksi ja uusiutuvien energialähteiden lisäämisen toteuttamiseksi.

Kaupunkilaisia voidaan ohjata tehostamaan energiankäyttöään ja lisäämään uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämistä. Heitä voidaan ohjata ja opastaa vähäpäästöisempään energiankäyttöön muun muassa energianeuvonnalla ja aktivoimalla energiavalinta.fi-sivuston käyttö. Kaupunkilaisia voidaan tukea myös tekemällä helpommaksi uusiutuvien energialähteiden käyttöönoton, esimerkiksi maalämpöjärjestelmiin vaihtamisen tai aurinkoenergian hyödyntämisen. Myös esimerkiksi kaavoituksessa ja rakennusvalvonnan ohjeissa voidaan varsinkin uudisrakentamista ohjata kohti kaukolämmön tai uusiutuvien energialähteiden käyttöä.

8.4 Uusiutuvan energian käyttöönoton seuranta

Lappeenrannan kaupungilla on omissa kohteissaan käytössä uusiutuvaa energiaa (ks. lukua 4). Näiden kohteiden vuosituotannon lisäksi kaupungin tulisi seurata uusiutuvan energian kuntakatselmuksessa laadittujen jatkotoimenpiteiden toteutumista ja aikataulutusta vuosittaisella tasolla. Näin saadaan muodostettua kokonaiskuva Lappeenrannan kaupungin uusiutuvan energian käyttöönotosta vuositason tasolla.

Uusiutuvan energian kuntakatselmus on suositeltavaa päivittää sopivin väliajoin, sillä sen avulla pystytään helposti seuraamaan tehtyjen toimenpiteiden muutoksia ja niiden vaikutuksia kaupungin energian käytön

kokonaisuuteen. Uusiutuvan energian kuntakatselmusten teko ja päivitys tukevat kaupungin HINKU-tavoitteita, kun löydetään sopivia keinoja siirtyä uusiutumattomien luonnonvarojen käytöstä kohti uusiutuvia.

Uusiutuvan energian kuntakatselmukseen on mahdollista hakea tukea kolmen vuoden välein. Kerran kunnolla tehty kuntakatselmus antaa hyvän pohjatiedon mutta myös vertailukohtana tulevaisuuden uusiutuvan energian kuntakatselmuksille.

LÄHTEET

- ABB. 2018a. Älykäs sähköverkko. [Internetsivut] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/alykas-sahkoverkko/mika-on-alykas-sahkoverkko>
- ABB. 2018b. Älykkään sähköverkon pilottialue Sundom. [Internetsivut] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/teknologia/sundom>
- ABB. 2018c. Case Masala. [Internetsivut] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/teknologia/masala>
- ABB. 2018d. Case Adjutantti. [Internetsivut] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/teknologia/adjutantti>
- ABB. 2018e. Case Kalasatama. [Internetsivut] Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/teknologia/adjutantti>
- Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/685/t2045.pdf>
- Aluehallintovirasto. 2018. Lupa-tietopalvelu. [Internetsivut] Saatavissa: <https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/>
- Biomassa-atlas. 2018. [Internetsivut] Saatavissa: <https://biomassa-atlas.luke.fi/>
- Business Finland. 2018a. Energiatuki. [Internetsivut]. Saatavissa: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/pk-ja-midcap-yritys/energiatuki/>
- Business Finland. 2018b. Ahvenanmaa, älykkään energijärjestelmän mallialue ja testialusta. [Internetsivut]. Saatavissa: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/verkotot/biotalous-ja-cleantech/ahvenanmaa/>
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Päätös KASELY/1525/2017.
- Energiateollisuus ry. 2015. Sähkön siirtohäviö. [Internetsivut] Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkonkulutus/sahkon-kaytto-ja-verkostohaviot>
- Energiateollisuus ry. 2016. Materiaalipankki. [Internetsivut] Saatavissa: https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkonkaytto_kunnittain_2007-2016.html
- Etelä-Saimaa. 19.7.2017. Uutiset [Internetsivut] Saatavissa: <https://esaimaa.fi/uutiset/lahella/8e5e5a94-d80b-499e-9430-7b01b758460a>
- Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2016. Vuosikertomus. [Internetsivut] Saatavissa: <https://indd.adobe.com/view/c7142d82-315a-4eff-83ce-a62f57ca6106>
- Etelä-Karjalan liitto. 2011. Sisä-Suomen tuulivoimaselvitys. Etelä-Karjala. [Internetsivut] Saatavissa: http://www.ekarjala.fi/liitto/wp-content/uploads/2013/12/Sisa-Suomen-tuulivoimaselvitys_Etela-Karjala.pdf
- Etelä-Karjalan liitto. 2015. Karttapankki. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.ekarjala.fi/liitto/tietopalvelu/karttapankki/>
- Etelä-Karjalan liitto. 2018. Lappeenranta, kaupunginlahti. [Internetsivut] Saatavissa: http://kuvapankki.ekarjala.fi/main.php?g2_itemid=23802
- Etelä-Suomen Aluehallintovirasto. 2012. Päätös Nro 66/2012/1. Ympäristölupahakemus, joka koskee Lappeenrannan Lämpövoima Oy:n Mertanimen voimalaitoksille rakennettävien uusien kaukolämpökattiloiden toimintaa.
- Etelä-Suomen Aluehallintovirasto. 2017. Päätös Nro 205/2017/1. Biokaasulaitoksen ympäristölupa ja toiminnan aloitamisluva, Lappeenranta.

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

Etelä-Suomen Aluehallintovirasto. 2017. Päätös nro 227/2017/1. Kildeisten teollisuusjätteen käsittelyalueen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen ja luvan muuttaminen, Lappeenranta.

FCG Consulting Oy. 2016. Geoenergiapotentiaaliselvitys.

Greenreality. 2018a. TuuliMuukko. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.greenenergyshowroom.fi/yriytykset/tuulimuukko>

Greenreality 2018b. Teot. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.greenreality.fi/teot/rauhan-hybridilampolaitos-toimii-uusiutuvalle-energialla>

Huttunen ja Kuittinen. 2017. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 20. [Internetsivut] Saatavissa: http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-2553-4/urn_isbn_978-952-61-2553-4.pdf

Itä-Suomen ympäristölupavirasto. 2005. Päätös nro 125/05/2. Kaukaan tehtaiden ympäristöluva.

Itä-Suomen ympäristölupavirasto. 2006. Päätös nro 109/06/2. Metsä Botnian Joutsenon tehtaiden ympäristöluva sekä kaasutuslaitoksen toiminnan aloittamislupa, Joutseno.

Itä-Suomen ympäristölupavirasto. 2007. Päätös nro 1/07/2. Mertaniemen voimalaitoksen ympäristöluva, Lappeenranta.

Kangasmuukko, Piia. 2018. Tiedonkeruu, potentiaalit. Sähköposti.

Kero, Petri. 2018. Tiedonkeruu, potentiaalit. Sähköposti.

Kiviluoma-Leskelä Leena. 2010. Biokaasun tuottaminen ja hyödyntäminen Lappeenrannassa. [Internetsivut] Saatavissa: <https://core.ac.uk/download/pdf/39935795.pdf>

Laihanen, Mika; Karhunen, Antti; Ranta, Tapio. 2011. Metsäenergian käytön kasvun liiketoimintamahdollisuudet Kaakkois-Suomessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/98754/Tutkimusraportti%20Mets%C3%A4energiatase.pdf?sequence=2>

Lappeenrannan Energia Oy. 2016. Vuosikertomus. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/konserni/vuosikertomukset/vuosikertomus2016/lappeenrannan-l%C3%A4mp%C3%B6voima-oy/Sivut/default.aspx>

Lappeenrannan Energia Oy. 2018a. Lappeenrannan Energian Oy 1901-2017. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/konserni/historia/Sivut/default.aspx>

Lappeenrannan Energia Oy. 2018b. Kaukaan Voima Oy:n biovoimalaitos. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/konserni/osakkuusyhtiot/kaukaanvoimaoy/Sivut/default.aspx>

Lappeenrannan Energia Oy. 2018c. Lappeenrannan Lämpövoima Oy. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/konserni/lampovoima/Sivut/default.aspx>

Lappeenrannan Energia Oy. 2018d. Katkokartta. [Internetsivut] Saatavissa: <https://katkokartta.lreoy.fi/Keskeytykset/kartta/>

Lappeenrannan Energia Oy. 2018e. Hiilidioksidivapaata lämpöä Joutsenoon. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/ymparisto/hankkeetjymparisto/hiilidioksidivapaatalampoajoutsenoon/Sivut/default.aspx>

Lappeenrannan karttapalvelu. 2018. Lappeenrannan kartta. [Internetsivut] Saatavissa: <https://kartta.lappeenranta.fi/IMS/?layers=Ajantasa-asebakaava>

Lappeenrannan kaupunki. 2014. Lappeenrannan väestösuunnite 2014-2030. Lappeenrannan kaupunginkanslian julkaisu 2014:3.

Lappeenrannan kaupunki. 2018a. [Internetsivut] Saatavissa: [Sahttps://www.lappeenranta.fi/loader.aspx?id=764f6022-70b2-4fb0-a3b0-a6194edd0ed0](https://www.lappeenranta.fi/loader.aspx?id=764f6022-70b2-4fb0-a3b0-a6194edd0ed0)

LCA Consulting Oy

Laserkatu 6, 53850 Lappeenranta
Puhelin +358 40 7628 444

Y-tunnus 2525393-6
www.LCA-Consulting.fi

- Lappeenrannan kaupunki. 2018b. Tilastotietoja Lappeenrannasta. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.lappeenranta.fi/fi/Palvelut/Paatoksenteke-ja-talous/Kaupunkitutkimus/Tilastotietoja>
- Lappeenrannan kaupunki. 2018c. Metsätalous. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenranta.fi/fi/Palvelut/Rakentaminen-ja-maankaytto/Metsatalous>
- Lappeenrannan kaupunki. 2018d. Kaupungin ajoneuvot vähäpäästöisiksi -toimintasuunnitelma ja toimenpiteiden seuranta. Julkaisu EAKR- hanke: Kohti hiilineutraalia Etelä-Karjalaa
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2018. Tuotantolukemia. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lut.fi/green-campus/alykas-sahkoverkko-smart-grid/tuotantolukemia>
- Lappeenrannan uutiset. 15.1.2.2016. Etelä-Karjala on aurinkovoiman edelläkävijä. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannan uutiset.fi/artikkeli/465174-etela-karjala-on-aurinkovoiman-edellakavija>
- Leino, Mika. 2018. Tiedonkeruu potentiaalit. Sähköposti.
- Leppäkosken Sähkö. 2018. Saatavissa: <https://leppakoski.fi/blogi/fc-energian-ja-fc-powerin-voimalaitososakkeet-aden-oylle/>
- Leveelahti, Ulla. 2018. Tiedonkeruu potentiaalit. Sähköposti.
- Luonnonvarakeskus. 2018. Käytettävissä oleva maatalousmaa. [Internetsivut] Saatavissa: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__22%20Kaytossa%20oleva%20maatalousmaa/02_Kaytossa_oleva_maatalousmaa_kunta.px/table/table-ViewLayout1/?rxid=01ba3399-b159-413f-b01d-7237a004136f
- Maanmittauslaitos. 2016. [Internetsivut] Saatavissa: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/alat16_su_nimet_korj.pdf
- Motiva. 2018a. Biokaasu. [Internetsivut] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu
- Motiva. 2018b. Aurinkosähkö. [Internetsivut] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko
- Motiva. 2018c. Aurinkolämpö. [Internetsivut] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo
- Motiva. 2018d. Lämpöpumput. [Internetsivut] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput
- Motiva. 2018e. CO₂-päästökertoimet. [Internetsivut.] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian-kaytto-suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet
- Määttä, Timo. 2018. Päästökertoimet. Sähköposti.
- Pohjolan Voima. 2018. Energiantuotanto, Lämpövoima, Lappeenranta. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.pohjolanvoima.fi/energiantuotanto/lampovoima/lappeenranta>
- Pollari, Marko. 2012. Kaasu Lappeenrannassa ja energiaratkaisut Rauhasessa. [Internetsivut] Saatavissa: http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/pdf/esitykset/20120524_paivat/pollari.pdf
- Pollari, Marko. 2018. Tiedonkeruu Lappeenrannan Energian toiminnoista. Sähköpostit ja suulliset tiedonannot.
- ProAgria. 2018. Maatalouden biomassat biokaasulaitoksissa. [Internetsivut] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/maatalouden_biomassat_biokaasulaitoksessa_opas_s.pdf
- PR Vesisuunnittelu Oy. 2005. Pienvesivoimakartoitus. Minivesivoimasektori <1 MW.
- Rasi, Elina et al. 2012. From Waste to Traffic Fuel –projects. Final Report. ISBN: 978-952-487-376-5.
- Reinikainen, Ville. 2018. Tiedonkeruu, potentiaalit. Sähköposti.

Rejlers Oy. 2017. Lappeenranta. Uusiutuvan energian investointiopas.

Räsänen, Ilkka. 2018. Ruoholammen läjitysalueen kartta. Sähköposti.

Saimaan Vesi- ja Ympäristötutkimus Oy. 2017a. Lappeenrannan Toikansuon jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun neljännesvuosiyhteenveto loka-joulukuu 2016 ja vuosiyhteenveto 2016. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/palvelut/LRE%20tiedostot/LPRPMO%202016.pdf>

Saimaan Vesi- ja Ympäristötutkimus Oy. 2017b. Joutsenon Oravaharjun jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun neljännesvuosiyhteenveto loka-joulukuu 2016 ja vuosiyhteenveto 2016. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/palvelut/LRE%20tiedostot/JOUTPMO%202016.pdf>

Saimaan Vesi- ja Ympäristötutkimus Oy. 2017c. Lappeenrannan Nuijamaan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto 2016. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/palvelut/LRE%20tiedostot/NUIJAPMO%202016.pdf>

Saimaan Vesi- ja Ympäristötutkimus Oy. 2017d. Lappeenrannan Ylämaan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun puolivuosisyhteenveto heinä-joulukuu 2016 ja vuosiyhteenveto vuodelta 2016. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/palvelut/LRE%20tiedostot/YL%C3%84MPPMO%202016.pdf>

Smart Grids and Energy Markets. 2018. Älykkäät sähköverkot ja energiamarkkinat.

Sunny Portal. 2018. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPagesPlantList.aspx>

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. 2018. [Internetsivut] Saatavissa: <https://stek.fi/alykas-sahkon-kaytto/alykas-sahkoverkko/>

Tilastokeskus. 2018a. Kuntien avainluvut. Lappeenranta. [Internetsivut] Saatavissa: <https://www.stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?year=2017&active1=405&active2=SSS>

Tilastokeskus 2018b. Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2016 – tilasto. Lappeenranta. [Internetsivut] Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/?table-list=true

Tilastokeskus. 2016. Polttoaineluokitus. [Internetsivut] Saatavissa: https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html

TuuliSaimaa. 2017. Sähköposti.

UPM Kymmene Oyj. 2017. [Internetsivut] Saatavissa: <http://assets.upm.com/Responsibility/Documents/EMAS2016/Kaukas-EMAS-2016-FI.pdf>

UPM Kymmene Oyj. 2018. Biopolttoaineet. [Internetsivut] Saatavissa: <http://www.upmbiopolttoaineet.fi/upm-biopolttoaineet/lappeenrannan-biojalostamo/Pages/Default.aspx>

Vesihallitus. 1980. Koski-inventointi. Tiedotus 188.

Yle. 18.1.2018. Uutiset. [Internetsivut] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10028413>

Ympäristö. 2018. Pohjavesialueet. [Internetsivu.] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu/Pohjavesialueet?f=KaakkoisSuomen_ELYkeskus