LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖLASKENTA KUNNASSA

Työn tarkastajat: TkT, professori Lassi Linnanen
TkL Risto Soukka
Työn ohjaaja: FM, ympäristöjohtaja Ilkka Räsänen

Lappeenrannassa 18.9.2007

Jenni Huttula
Orkoniitynkatu 9 A 16
53850 Lappeenranta
Puh. 040 58 38 023

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Jenni Huttula

Kasvihuonekaasupäästölaskenta kunnassa

Diplomityö

2007

95 sivua, 13 kuvaa, 41 taulukkoa ja 3 liitettä.

Tarkastajat: TkT, professori Lassi Linnanen
TkL Risto Soukka

Hakusanat: kasvihuonekaasu, päästölaskenta, KASVENER
Keywords: green house gas, emissions calculation, KASVENER

Kiihtyvän kasvihuoneilmiön aiheuttama ilmaston lämpeneminen on modernin yhteiskunnan suurimpia haasteita. Ympäristöteknologian tavoitteena on hidastaa tämän ilmiön haitallisia vaikutuksia maailmanlaajuisesti, kansallisesti sekä kunnallisella tasolla. Tässä työssä on selvitetty, kuinka kunnallinen kasvihuonekaasupäästölaskenta toteutetaan ja voidaanko siitä saada luotettavia tuloksia. Lisäksi tulosten pohjalta on laadittu kunnallinen kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennuste sekä toimenpide-ehdotus päästöjen leikkaamiseksi. Esimerkkikuntana on Lappeenrannan kaupunki ja päästölaskenta on kohdistettu vuoteen 2004.

Lappeenrannan kaupungin alueen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 olivat 1 156 500 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Alueen luonnon nieluvaikutus oli 23 500 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Laskennassa käytetty aineisto, eli yritysten ja kunnallisten toimintojen päästö- ja polttoainetiedot, saatiin kirjallisuudesta, virallislähteistä sekä henkilökohtaisina tiedonantoina. Laskentaohjelmistona käytettiin Suomen Kuntaliiton kehittämää Excel-pohjaista kasvihuonekaasu- ja energiataseohjelmisto KASVENER:ia.

Työssä on osoitettu, että kasvihuonekaasupäästölaskennan tarkkuus ja onnistuminen ovat riippuvaisia käytettävissä olevista resursseista, ennen kaikkea laskennan lähtötietojen laajuudesta ja tarkkuudesta. Laskentatuloksista selviää, että esimerkkikunnan kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet Suomen keskiarvoa vastaavalla tavalla. Toimenpide-ehdotuksia listatessa kävi lisäksi ilmi, että kasvihuonekaasupäästöjen leikkaaminen on melko helppoa olemassa olevalla teknologialla tiettyyn pisteeseen asti. Isompien tavoitteiden saavuttaminen edellyttää laajamittaisia investointeja ja kunnan infrastruktuurin muuttamista.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Degree Programme of Environmental Technology

Jenni Huttula

Greenhouse Gas Emissions Calculation in Municipalities

Master's Thesis

2007

95 pages, 13 figures, 41 tables and 3 appendices.

Examiners: Professor Lassi Linnanen (D.Sc.)
Risto Soukka (L.Sc.)

Keywords: greenhouse gas, emissions calculation, KASVENER

Global warming created by increased greenhouse effect is one of the greatest challenges facing modern society. The aim of environmental technology is to slow down negative consequences of increased global warming worldwide, nationally and in municipalities. This thesis studies the calculation of greenhouse gas emissions for municipalities and the accuracy of such calculations. Based on the calculation results, a greenhouse gas emissions forecast is made and suggestions given on how emissions could be effectively reduced.

The data for the study were from the Finnish city of Lappeenranta for the year 2004. Greenhouse gas emissions in the Lappeenranta city area were 1 156 500 tonnes carbon dioxide equivalent in 2004. The area's immediate natural environment absorbed 23 500 tonnes of carbon dioxide equivalent. Data for the calculations, including emissions and fuel data of industrial and municipal activities, were sourced from literature, official records and personal information. Excel-based software for greenhouse gas and energy balance calculation, KASVENER, developed by the Finnish Municipal Society was used as the calculation programme.

The accuracy and success of greenhouse gas calculation is highly dependent on the data sources used, in particular the precision and breadth of the base data. The results show that greenhouse gas emissions in the sample municipality have grown at the same pace as the Finnish average. When considering actions to cut emissions, it became evident that existing technology could relatively easily reduce greenhouse gas to a certain degree but achieving greater reductions requires considerable investments and re-building of municipal infrastructure.

ALKUSANAT

Tämä on Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa toteutettu diplomityö. Työ on tehty Lappeenrannan kaupungin ympäristötoimen toimeksiannosta. Työn tarkastajina ovat toimineet tekniikan tohtori, professori Lassi Linnanen ja tekniikan lisensiaatti Risto Soukka Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta sekä työn ohjaajana filosofian maisteri, ympäristöjohtaja Ilkka Räsänen Lappeenrannan kaupungilta. Kiitos asiantuntijuudesta sekä keskusteluista, jotka ovat siivittäneet työtä ja antaneet sille tuoreita näkökulmia. Kiitokset myös työn ohjausryhmään kuuluneelle filosofian maisteri, ympäristötarkastaja Sara Piutuselle, jota ilman monet oivallukset olisivat jääneet tekemättä.

Erityisesti haluan kiittää kaikkia niitä yritysten ja yhteisöjen edustajia, jotka pyyteettömästi ovat antaneet tietojaan laskennassa käytettäväksi ja näin omalla panoksellaan tehneet tästä työstä mahdollisen.

Kiitokset perheelleni kannustuksesta ja hyvistä neuvoista koko 18-vuotisen koulutieni aikana. Artulle tuesta ja rakkaudesta. Tiukulle asioiden asettamisesta oikeisiin mittasuhteisiin.

Lappeenrannassa 18.9.2007

Jenni Huttula

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
ALKUSANAT
KUVALUETTELO
TAULUKKOLUETTELO
YHDISTE- JA LYHENNELUETTELO

1 JOHDANTO 11
1.1 Työn tausta 11
1.1.1 Ilmastonmuutos maailmanlaajuisesti 11
1.1.2 Ilmastosopimus ja Kioton pöytäkirja 12
1.1.3 Suomen päästövähennysvelvoite 14
1.1.4 Esimerkkitutkimus kunnallisesta kasvihuonekaasupäästölaskennasta 15
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset 16
1.3 Työn rakenne 17

2 KASVIHUONEKAASUT JA ILMASTONMUUTOS 18
2.1 Merkittävimmät kasvihuonekaasut 18
2.2 Ilmastonmuutoksen periaate 19
2.2.1 Mitä on ilmastonmuutos? 19
2.2.2 Ilmastonmuutoksen keskeisimmät vaikutukset 21
2.3 Päästöjen rajoittamisen politiikat 22
2.4 Päästöjen rajoittamisen tekniset vaihtoehdot 25

3 TUTKIMUSMENETELMÄ 28
3.1 Määritelmiä 28
3.2 Aiempi tutkimus 29
3.3 Laskennassa käytettävä tieto 32
3.3.1 Laskennan perustiedot 32
3.3.2 VAHTI-tietojärjestelmä 32
3.3.3 LIPASTO-laskentajärjestelmä 34
3.4 KASVENER-laskentamalli 35

4 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT JA -NIELUT VUONNA 2004 37
4.1 Lappeenrannan kaupungin kuvaus 37
4.2 Energiantuotanto ja -kulutus 38
4.2.1 Energiantuotannon ja -kulutuksen erityispiirteet 38
4.2.2 Lappeenrannan Energia Oy 38
4.2.3 Teollisuuden energiantuotanto 39
4.2.4 Ostosähkö 40
4.2.5 Rakennusten erillislämmitys 41
4.2.6 Yhteenveto energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöistä 42
4.3 Tuotantoprosessit 44
4.4 Liikenne 46
4.5 Maa- ja karjatalous 47
4.6 Jätehuolto 48
4.6.1 Kiinteät jätteet 48
4.6.2 Jätevedet 49
4.7 Luonnon kasvihuonekaasulähteet ja -nielut 50
4.7.1 Luonnon kasvihuonekaasulähteiden ja -nielujen erityispiirteet 50
4.7.2 Metsät 51
4.7.3 Suot 55
4.7.4 Vesistöt 57
4.7.5 Yhteenveto luonnon kasvihuonekaasulähteistä ja -nieluista 60

5 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖ- JA ENERGIATASE VUONNA 2004 ... 61

5.1 Tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt ... 61

5.2 Kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt ... 62

5.3 Energiatase ... 63

6 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN KEHITYS ... 66

6.1 Kasvihuonekaasupäästöt 1990 - 2004 ... 66

6.1.1 Tuotantoperusteiset päästöt ... 66

6.1.2 Kulutusperusteiset päästöt ... 70

6.1.3 Kasvihuonekaasupäästöt suhteessa muihin kuntiin ... 72

6.2 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennuste 2014 ja 2024 ... 73

7 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN RAJOITTAMISEN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ... 77

7.1 Päästövähennystavoite vuoteen 2020 ... 77

7.2 Energiantuotanto ja -kulutus ... 78

7.3 Liikenne ... 81

7.4 Maa- ja karjatalous ... 82

7.5 Jätehuolto ... 83

7.6 Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista ... 84

8 JOHTOPÄÄTÖKSET ... 86

9 YHTEENVETO ... 87

LÄHDELUETTELO ... 89

LIITELUETTELO

KUVALUETTELO

Kuva 1. Maapallon lämpötilan muutos eri skenaarioissa ……... 20
Kuva 2. Luonteenomaisia aikajänteitä maapallon järjestelmässä …….. 20
Kuva 3. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen teknisiä vaihtoehtoja ….. 26
Kuva 4. VAHTI-raporttipalvelun hakuehtojen valintaikkuna ……33
Kuva 5. Lappeenrannan tuotantoperusteiset päästöt sektoreittain vuonna 2004 ……..62
Kuva 6. Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt sektoreittain vuonna 2004……...63
Kuva 7. Lappeenrannan sähkönkulutus eri vuosina, GWh …… 64
Kuva 8. Lappeenrannan kulutusperusteinen primäärienergian kulutus eri vuosina, GWh ……..65
Kuva 9. Lappeenrannan tuotantoperusteiset päästöt vuosina 1990 – 2004 …70
Kuva 10. Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt vuosina 1990 – 2004 …. 71
Kuva 11. Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet …….. 76
Kuva 12. Eri tekijöiden osuus rakennuksen elinkaaren aikana aiheutuvista kasvihuonekaasupäästöistä ……... 80
Kuva 13. Eri rakennustyyppien energiankulutus ……..80

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Kioton pöytäkirjan tavoitteet …… 13

Taulukko 2. Kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut Suomessa päästösektoreittain 1990 ja 1995 – 2005, Mt CO_2-ekv. ……..... 14

Taulukko 3. Kioton pöytäkirjan kasvihuonekaasut ……...18

Taulukko 4. Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt eri sektoreittain vuosina 1990 ja 1997 ….. 29

Taulukko 5. Lappeenrannan kaupungin alueen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1990 ja 1997 …….30

Taulukko 6. Lappeenrannan kaupungin alueen sähköntuotanto ja -kulutus vuosina 1990 ja 1997, GWh ……..31

Taulukko 7. Lappeenrannan kaupungin alueen polttoaineiden primäärienergian kulutus vuosina 1990 ja 1997, GWh …….31

Taulukko 8. Lappeenrannan kaupungin teollisuuden kokonaispäästöt ilmaan …34

Taulukko 9. Lappeenrannan Energia Oy:n energian tuotanto sekä kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..39

Taulukko 10. Lappeenrannan teollisuuden polttoaineiden käyttö ja niiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 …….. 40

Taulukko 11. Lappeenrannan alueen rakennusten energian kulutus vuonna 2004 .41

Taulukko 12. Lappeenrannan kaupungin alueen rakennusten erillislämmityksen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……... 42

Taulukko 13. Lappeenrannan kaupungin alueen energiankäytön tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 …….. 43

Taulukko 14. Lappeenrannan energian kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..43

Taulukko 15. Lappeenrannan tuotantoprosessien kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..45

Taulukko 16. Lappeenrannan alueen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..46

Taulukko 17. Lappeenrannan maa- ja karjatalouden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..47

Taulukko 18. Lappeenrannan kaupungin alueella tuotettujen kiinteiden jätteiden määrät ja kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 …….. ….49
Taulukko 19. Lappeenrannan jätevesihuollon kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..….50
Taulukko 20. Lappeenrannan metsä-ala (ha) vuonna 2004 …… ….52
Taulukko 21. Puuston kasvu puuntuotannon metsä- ja kitumaalla Kaakkois-Suomessa VMI10 mukaan …….52
Taulukko 22. Lappeenrannan markkinahakkuumäärät (1 000 m^3/a) vuonna 2004 …..53
Taulukko 23. Lappeenrannan metsien kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut vuonna 2004 …….. …55
Taulukko 24. Lappeenrannan suomaat suotyypeittäin vuonna 2006 …….. ….56
Taulukko 25. Lappeenrannan soiden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……. ….57
Taulukko 26. Eräiden suomalaisten vesiekosysteemeiden metaanipäästöt …… ….58
Taulukko 27. Lappeenrannan vesistöpinta-ala luokittain ……... ….59
Taulukko 28. Lappeenrannan vesistöjen kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut ……..….59
Taulukko 29. Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasulähteet ja -nielut ……. ….60
Taulukko 30. Lappeenrannan tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..….61
Taulukko 31. Lappeenrannan kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 ……..….63
Taulukko 32. Lappeenrannan sähköntuotanto- ja kulutus eri vuosina, GWh ……. ….64
Taulukko 33. Primäärienergioiden kulutus Lappeenrannassa eri vuosina, GWh …….65
Taulukko 34. Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset päästöt vuosina 1990 – 2004 …… ….67
Taulukko 35. Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut vuosina 1997 ja 2004 …… ….68
Taulukko 36. Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt vuosina 1990 – 2004 …. ….71
Taulukko 37. Eri kuntien kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt, 1000 t sekä t/as ……..….72
Taulukko 38. Vuonna 2010 käynnistyvän biovoimalan vaikutus Lappeenrannan energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöihin …… ….74

Taulukko 39. Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet vuosille 2014 ja 2024, 1 000 t CO_2-ekv. ……...75

Taulukko 40. Lappeenrannan kunnan ja teollisuuden päästöt vuosina 1990 ja 2004, 1 000 t CO_2-ekv. ……. 78

Taulukko 41. Lappeenrannan päästövähennysten toimenpide-ehdotukset …….85

YHDISTE- JA LYHENNELUETTELO

Yhdisteet

C	hiili
$CaCO_3$	kalkkikivi
CaO	kalsiumoksidi eli poltettu kalkki
CH_4	metaani
CO	hiilimonoksidi
CO_2	hiilidioksidi
NO_x	typen yhdisteet
NO_2	typpidioksidi
N_2O	dityppioksidi eli typpioksiduuli eli ilokaasu
O_3	otsoni
SF_6	rikkiheksafluoridi
SO_2	rikkidioksidi

Lyhenteet

BIO	biopolttoaineesta vapautunut hiilidioksidi
BOD_7	biological oxygen demand, biologinen hapenkulutus seitsemän päivän aikana
CCP	Cities for Climate Protection, ICLEI:n kunnallinen ilmastokampanja
CO_2-ekv.	hiilidioksidiekvivalentti
COD	chemical oxygen demand, kemiallinen hapenkulutus
COP	Conference Of Parties, ilmastosopimuksen osapuolten konferenssi
ECCP	European Climate Change Programme, Euroopan ilmastonmuutosohjelma
EU-15	Euroopan Unionin 15 alkuperäistä jäsenmaata Alankomaat, Belgia, Espanja, Irlanti, Iso-Britannia, Italia, Itävalta, Kreikka, Luxemburg, Portugali, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi, Tanska

FOSS	fossiilisesta polttoaineesta vapautunut hiilidioksidi
GWP100	global warming potential, globaalisen lämmityspotentiaalin kerroin, $CO_2 = 1$
HERTTA	Ympäristötiedon hallintajärjestelmä
HFC	fluorihiilivety
ICLEI	The International Council for Local Environmental Initiatives, kuntien kansainvälinen ympäristöpaneeli
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry; maan käyttö, maan käytön muutos ja metsätalous –sektori
METLA	Metsätalouden tutkimuslaitos
NMVOC	non-methane volatile organic compounds, muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet (ei metaani)
PFC	perfluorihiilivety
PM10	alle 10 mm hiukkaset
POK	kevyt polttoöljy
POR	raskas polttoöljy
ppmv	parts per million in volume, tilavuuden miljoonasosa
Tekes	Teknologian kehittämiskeskus
TRS	total reduced sulfur, haisevat rikkiyhdisteet
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, YK:n ilmastonmuutosta koskeva puitesopimus
VAHTI	Ympäristönsuojelun tietojärjestelmä
VMI10	valtakunnan metsien kymmenes inventointi, toteutettu vuosina 2004 - 2006
VOC	volatile organic compounds, haihtuvat orgaaniset yhdisteet
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

1.1.1 Ilmastonmuutos maailmanlaajuisesti

Kasvihuoneilmiö on luonnollinen ilmiö, joka syntyy, kun ilmakehän ns. kasvihuonekaasut pidättävät osan auringon maanpinnalle tulevasta lämpösäteilystä ja pitävät näin maapallon lämpötilan nykyisenkaltaiselle elämälle suotuisana. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon lämpötila olisi keskimäärin -18 astetta nykyisen +15 asteen sijasta. (Ympäristöministeriö 2003, s. 7)

Kasvihuonekaasuiksi kutsutaan sellaisia ilmakehän kaasuja, jotka aiheuttavat kasvihuoneilmiön. Näistä tärkein on vesihöyry, mutta sen pitoisuuksiin eivät ihmisen toimet suoranaisesti vaikuta. Merkittävimmät ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), dityppioksidi (N_2O) sekä halogenoidut hiilivedyt (ns. F-kaasut) eli HFC-yhdisteet, PFC-yhdisteet ja rikkiheksafluoridi (SF_6). (Ympäristöministeriö 2003, s. 7)

Ihminen on toiminnallaan lisännyt kasvihuonekaasujen pitoisuutta ilmakehässä, mikä voimistaa kasvihuoneilmiötä ja lämmittää ilmastoa. Ilmaston lämpeneminen saattaa puolestaan johtaa huomattaviin ympäristönmuutoksiin suuressa osassa maapalloa. (Ympäristöministeriö 2003, s. 7)

Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan mitä tahansa ilmaston muuttumista, joka voi johtua niin ilmastosysteemin sisäisestä vaihtelevuudesta kuin ulkoisistakin tekijöistä. Ulkoiset tekijät voivat olla luonnollisia (esimerkiksi pilvisyys, tulivuorten purkaukset ja vaihtelut auringon säteilyssä) tai ihmisen aiheuttamia (esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden käytön ja metsänhävityksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt). (Ympäristöministeriö 2003, s. 9)

1900-luvulla keskilämpötila nousi noin 0,6 °C koko maailmassa ja yli 0,9 °C Euroopassa. Maailmanlaajuisesti 10 lämpimintä vuotta kautta aikojen on mitattu vuoden 1991 jälkeen. Ilmastojärjestelmän viiveiden vuoksi aikaisemmat päästöt nostavat lämpötilaa entisestään 2000-luvulla, ja päästöjen odotetaan entisestään lisääntyvän tulevina vuosikymmeninä. Tämän seurauksena lämpötilan odotetaan nousevan vuoteen 2100 mennessä (vuoden 1990 lämpötiloihin verrattuna) 1,4-5,8 °C koko maailmassa ja 2,0-6,3 °C Euroopassa. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005, s. 3)

1.1.2 Ilmastosopimus ja Kioton pöytäkirja

Vuonna 1988 Yhdistyneet Kansakunnat (YK) otti ilmastonmuutoksen ensimmäistä kertaa esille yleiskokouksessaan. Samana vuonna Maailman ilmatieteellinen järjestö (WMO, World Meteorological Organisation) ja YK:n ympäristöohjelma (UNEP, United Nations Environment Programme) perustivat poliittisen päätöksenteon tueksi hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n (Intergovermental Panel on Climate Change). Sen tehtävänä on laatia arvioita ilmastonmuutoksesta, sen vaikutuksista ja muutoksen lieventämismahdollisuuksista. (Ympäristöministeriö 2003, s. 13)

Kansainväliset neuvottelut ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi käynnistettiin vuonna 1990. Niiden tuloksena vuonna 1992 avattiin allekirjoitettavaksi Brasiliassa Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa ilmastonmuutosta koskeva YK:n puitesopimus (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) eli ns. ilmastosopimus. Se astui voimaan vuonna 1994. (Ympäristöministeriö 2003, s. 13)

Ilmastosopimuksen tavoitteena on vakiinnuttaa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuudet sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminnasta aiheudu vaarallisia häiriöitä ilmastojärjestelmässä. Sopimus asetti teollisuusmaiden yhteistavoitteeksi päästöjen palauttamisen vuoden 1990 tasolle vuosituhannen vaihteeseen mennessä. Ilmastosopimus loi näin yhteiset sitoumukset ja puitteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi pitkällä aikavälillä. (Ympäristöministeriö 2003, s. 13)

Ilmastosopimuksen täsmentämiseksi ja sitovuuden lisäämiseksi YK:n ilmastosopimuksen osapuolet hyväksyivät teollisuusmaille sitovia velvoitteita sisältävän Kioton pöytäkirjan vuonna 1997 Japanin Kiotossa pidetyssä osapuolten kolmannessa konferenssissa (COP3). Vuoden 2001 marraskuussa Marokon Marrakeshissa pidetyssä osapuolten seitsemännessä konferenssissa (COP7) saatiin valmiiksi Kioton pöytäkirjan toimeenpanosääntöjä koskevat yksityiskohtaiset päätösehdotukset. Pöytäkirja tuli voimaan 16.2.2005, kun sen oli ratifioinut yhteensä 55 maata, joiden yhteenlaskettu CO_2-päästömäärä oli vähintään 55 % vuoden 1990 päästöistä. 14.2.2007 mennessä pöytäkirjan on ratifioinut yhteensä 167 maata. (Ympäristöministeriö 2003, s. 13, 14 & 2007a)

Kioton pöytäkirja velvoittaa kehittyneitä maita vähentämään kuuden kasvihuonekaasun päästöjä yhteensä 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2008 - 2012. Tämä sitova yleisvelvoite on jaettu maakohtaisiksi velvoitteiksi, jotka ovat erisuuruisia eri maissa (Taulukko 1). USA ja Australia ovat ilmoittaneet jättäytyvänsä pöytäkirjan ulkopuolelle. (Ympäristöministeriö 2007a)

Taulukko 1. Kioton pöytäkirjan tavoitteet (UNFCCC 2007)

Valtio	**Tavoite vuoden 1990 tasosta kaudella 2008 - 2012**
EU-15, Bulgaria, Tshekki, Viro, Latvia, Liechtenstein, Liettua, Monaco, Romania, Slovakia, Slovenia, Sveitsi	-8 %
Yhdysvallat	-7 %
Kanada, Unkari, Japani, Puola	-6 %
Kroatia	-5 %
Uusi-Seelanti, Venäjä, Ukraina	0
Norja	+1 %
Australia	+8 %
Islanti	+10 %

Kioton pöytäkirjassa Euroopan unionin (EU-15) yhteinen päästövähennysvelvoite on edelleen jaettu EU:n sisäisen taakanjakosopimuksen mukaisesti maakohtaisiksi velvoitteiksi. Osa maista joutuu vähentämään päästöjä, kun taas osa saa lisätä niitä vertailuvuodesta. Suomen velvoitteena on pitää kasvihuonekaasujen päästöt vuosina 2008 - 2012 keskimäärin vuoden 1990 tasolla. (Ympäristöministeriö 2007a)

1.1.3 Suomen päästövähennysvelvoite

Vuonna 2005 Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat 69,3 miljoonaa ekvivalenttista hiilidioksiditonnia (Taulukko 2). Päästöt olivat lähes 3 prosenttia perusvuoden 1990 päästöjä alhaisemmat ja laskivat edellisvuoden tasosta melkein 15 prosenttia. Suomen vuosittaiset päästömäärät ovat vaihdelleet huomattavasti etenkin sähkön tuonnin ja fossiilisen lauhdesähkön tuotannon mukaan, joiden määrät puolestaan seuraavat vesivoiman saatavuutta Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Päästökehitykseen vaikuttavat lisäksi kulloisenkin vuoden taloudellinen tilanne energiaintensiivisillä teollisuuden aloilla, vuoden keskimääräiset sääolot sekä uusiutuvilla energialähteillä tuotetun energian määrät. (Tilastokeskus 2007b, s. 9)

Taulukko 2. Kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut Suomessa päästösektoreittain 1990 ja 1995 – 2005, Mt CO_2-ekv. (Tilastokeskus 2007b, s. 9)

Päästösektori	**1990**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**
Energia	54,8	56,6	62,4	60,7	57,6	57,1	55,1	60,4	63,0	70,7	66,6	55,0
Teollisuus-prosessit	5,0	4,5	4,6	4,9	4,8	4,9	5,0	4,9	4,8	5,3	5,4	5,3
F-kaasut	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,5	0,7	0,7	0,9
Liuottimet ja muut tuotteet	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Maatalous	7,1	6,3	6,2	6,2	6,1	5,9	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,6
Jäte	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2	3,0	2,8	2,7	2,5
Yhteensä	**71,2**	**71,6**	**77,3**	**76,0**	**72,5**	**71,9**	**70,0**	**75,1**	**77,3**	**85,3**	**81,1**	**69,3**
Nielut	21,4	15,4	22,9	16,9	16,2	17,0	16,3	19,1	18,9	17,9	18,5	30,9

Euroopan unioni on päättänyt vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä riippumatta siitä, millä aikataululla EU:n ulkopuoliset maat etenevät. Mikäli aikaan saadaan maailmanlaajuinen sopimus, EU sitoutuu vähentämään päästöjään 30 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteen toimeenpano perustuu sopimukseen erillisestä taakanjaosta EU:n sisällä. Taakanjaossa otetaan huomioon kansalliset olot ja sosiaalistaloudelliset vaikutukset. (Ympäristöministeriö 2007b)

EU:n -20 %:n tavoite tarkoittaa sitä, että myös Suomen on osaltaan leikattava päästöjä merkittävästi. Jotta Suomen valtiolle asetetut päästövähennystavoitteet toteutuisivat, tulee päästöjä leikata myös kuntien toiminnoissa. Kuntien päästövähennystavoitteiden asettamisprosessi aloitetaan kasvihuonekaasupäästölaskennalla, jolla kartoitetaan kunnan alueen tuotanto- ja kulutusperusteiset päästöt. Laskennasta saatujen tulosten avulla voidaan laatia kunnallinen päästöjen vähentämisohjelma.

1.1.4 Esimerkkitutkimus kunnallisesta kasvihuonekaasupäästölaskennasta

Tässä työssä käytetään kunnallisen kasvihuonekaasupäästölaskennan esimerkkitapauksena Lappeenrannan kaupunkia. Lappeenrannan kaupunki on liittynyt Kuntaliiton organisoimaan Kunnat ilmastonmuutosta vastaan -kampanjaan vuonna 2000. Vuoden 2005 syksyyn mennessä kampanjaan oli liittynyt 48 kuntaa (Tanskanen 2006).

Ilmastokampanjan tarkoituksena on edistää kuntien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimia kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Kampanja liittyy kuntien maailmanlaajuisen ympäristöjärjestön ICLEI:n kampanjaan Cities for Climate Protection (CCP). Kampanjaa on täydennetty varautumis- ja sopeutumisstrategioilla keväällä 2006. (Huhtinen 2006)

Ilmastokampanjaan liittyneen kunnan toimenpiteisiin kuuluu (Huhtinen 2006):

1. Kartoittaa oman alueensa kasvihuonekaasupäästöt ja –nielut
2. Tehdä 10 tai 20 vuoden kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennuste
3. Asettaa omat päästöjen vähentämistavoitteet (prosentteina vuoden 1990 tai kartoitusajankohdan osalta)
4. Tehdä oma vähentämissuunnitelma ja hyväksyttää se valtuustossa (vähennysmäärä, keinot ja toteutusjärjestys)
5. Toimeenpanna suunnitelma ja seurata sitä

Vihreiden ym. (2007) 15.1.2007 valtuustolle jättämässä aloitteessa esitettiin kampanjan pikaista loppuun viemistä Lappeenrannan kaupungin osalta. Vihreiden ym. mukaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyvät toimenpiteet, kuten energian säästö, tarkoittavat säästöjä myös kunnalle ja kaupunkilaisille. Aloite on ollut tämän tutkimuksen toimeenpaneva voima. Samoin Lappeenrannan kaupunki on teettänyt kasvihuonekaasupäästöistään selvityksen vuonna 2001. Tuolloin päästöt laskettiin vuoden 1990 ja 1997 tiedoilla (Liponen 2001). Aiempaa selvitystä tullaan käyttämään tässä tutkimuksessa vertailtaessa ja arvioitaessa päästöjen kehitystä perusvuodesta kuluneiden 14 vuoden aikana.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on luoda selkeä malli kunnalliselle kasvihuonekaasuinventaariolle. Tavoitteena on päivittää Lappeenrannan kaupungin kasvihuonekaasupäästölaskenta vuoden 2004 tiedoilla sekä ennustaa päästöjen kehitys 10 ja 20 vuoden päähän. Lisäksi tavoitteena on laatia kunnalle laskennasta saatujen tulosten pohjalta toimenpide-ehdotus ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi paikallisesti.

Työn tarkoituksena on toimia esimerkkinä kunnalliselle kasvihuonekaasupäästölaskennalle. Sitä voidaan soveltaa vastaavaan tutkimukseen missä tahansa suomalaisessa kunnassa. Kasvihuonekaasuinventaarion ja ilmasto-ohjelman avulla voidaan lisäksi tuottaa tietoa kunnan päätöksentekijöille sekä kuntalaisille ilmastonmuutoksesta. Tutkimuksen pohjalta voidaan markkinoida ja edistää muita hankkeita ja kampanjoita sekä tuottaa tiiviimmässä muodossa olevia tiedotteita.

Tutkimuksessa on käytetty ajankohtaisinta tutkimushetkellä saatavilla olevaa tietoa. Työn sisältämä laskenta on toteutettu käytettävissä olleiden resurssien sallimalla tarkkuudella. Yksityiskohtaisemmat rajaukset on esitetty kulloinkin kyseessä olevassa asiayhteydessä.

1.3 Työn rakenne

Tämä työ etenee laaja-alaisen taustoittavan teorian kautta case-tutkimukseen ja sen tulosten esittelyyn. Luvussa kaksi esitellään merkittävimmät kasvihuonekaasut sekä niiden voimistaman ilmastonmuutoksen pääperiaatteet. Näiden lisäksi luvussa käydään läpi myös kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemisen tärkeimmät politiikat ja tekniset vaihtoehdot.

Luvussa kolme käsitellään työn tutkimusmenetelmät, mikä sisältää esimerkkitutkimuksena olevan Lappeenrannan kaupungin edellisen kasvihuonekaasu-laskennan päätulokset sekä laskennassa käytettävän tiedon hankinnan päämenetelmät. Luvussa kolme esitellään lisäksi laskentaohjelmistona käytettävä Suomen ympäristökeskuksen Kuntaliitolle kehittämä KASVENER-laskentaohjelma.

Luvussa neljä käydään läpi Lappeenrannan kaupungin kasvihuonekaasupäästölaskenta tuotantoaloittain ja esitellään laskennan merkittävimmät tulokset. Luvussa viisi tulokset kootaan yhteen päästö- ja energiataseeksi. Luvussa kuusi osoitetaan Lappeenrannan kaupungin päästöjen kehitys vuosina 1990-2004 sekä laaditaan paikallisiin olosuhteisiin perustuen päästöjen kehitysennuste vuosille 2014 ja 2024.

Laskennan jälkeen luvussa seitsemän esitetään toimenpide-ehdotus ilmastonmuutoksen torjumiseksi Lappeenrannassa laskennasta saatujen tulosten perusteella. Luvussa asetetaan Lappeenrannan kaupungin päästövähennystavoite vuoteen 2020 sekä esitetään joukko päästöjen rajoittamisen toimenpide-ehdotuksia. Toimenpide-ehdotusten jaottelu on tehty luvun neljä päästösektoreiden mukaisesti.

Työn lopuksi esitetään tutkimuksen johtopäätökset sekä yhteenveto. Työn tekstiosan jälkeen tulevat työssä viitatut liitteet.

2 KASVIHUONEKAASUT JA ILMASTONMUUTOS

2.1 Merkittävimmät kasvihuonekaasut

Merkittävimmät ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi sekä halogenoidut hiilivedyt (ns. F-kaasut) eli HFC-yhdisteet, PFC-yhdisteet ja rikkiheksafluoridi. Kasvihuonekaasun vaikutus ilmastoon riippuu sen pitoisuudesta ja eliniästä ilmakehässä sekä sen voimakkuudesta eli globaalisesta lämmityspotentiaalista. Globaalinen lämmityspotentiaali (ns. GWP100-kerroin) ilmaisee kasvihuonekaasun lämmitysvaikutuksen suhteessa hiilidioksidiin, jonka GWP100-kerroin on 1. Kertoimen avulla voidaan yhteismitallistaa ja laskea yhteen kasvihuonekaasujen päästöt. Edellä mainitut kuusi kaasua/kaasuryhmää kuuluvat Kioton pöytäkirjaan ja niihin sovelletaan pöytäkirjan toimeenpanon säännöksiä (Taulukko 3). (Ympäristöministeriö 2003, s. 7, 8)

Taulukko 3. Kioton pöytäkirjan kasvihuonekaasut (mukaillen Ympäristöministeriö 2003, s. 8)

Kaasu	Elinikä ilmakehässä	GWP100-kerroin
Hiilidioksidi (CO_2)	50 - 200 v.	1
Metaani (CH_4)	10 - 15 v.	21
Dityppioksidi (N_2O)	120 v.	310
Fluorihiilivedyt (HFC)	2 - 260 v.	140 - 11 700
Perfluorihiilivedyt (PFC)	2 600 - 50 000 v.	6 500 - 9 200
Rikkiheksafluoridi (SF_6)	3 200 v.	23 900

Kasvihuoneilmiöön vaikuttavat lisäksi epäsuorasti muun muassa otsoninmuodostuksen (O_3) kautta esim. hiilimonoksidi (CO), typen oksidit (NO_X) ja muut kuin metaania sisältävät haihtuvat orgaaniset yhdisteet (NMVOC). Nämä kaasut eivät kuitenkaan ole mukana Kioton pöytäkirjassa. Eräiltä osin niitä koskevia rajoituksia sisältyy muihin ympäristösopimuksiin. (Ympäristöministeriö 2003, s. 8)

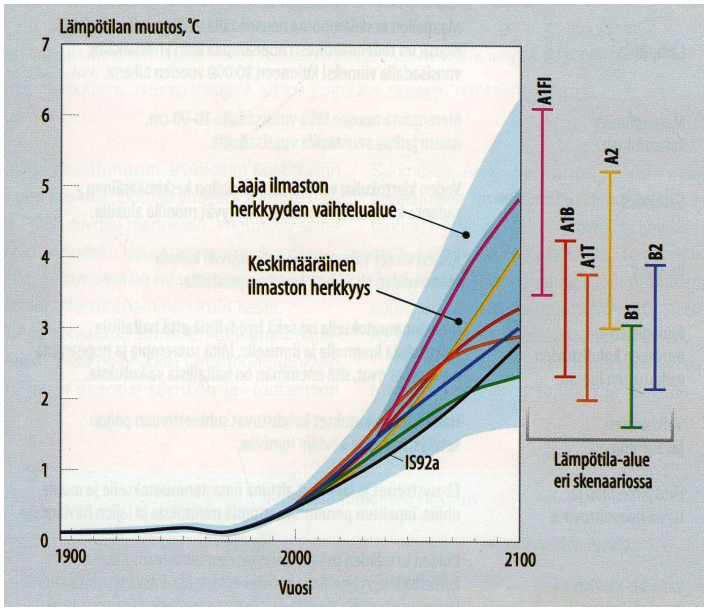
2.2 Ilmastonmuutoksen periaate

2.2.1 Mitä on ilmastonmuutos?

Ihmisen toiminta lisää ilmakehän niin sanottujen kasvihuonekaasujen pitoisuuksia. Tämä vaikuttaa maapallon säteilytasapainoon. Ilmastonmuutos johtuu siitä, että maapallon säteilytase on muuttumassa nopeasti. Tasapainotilassa maapallolle tulee yhtä paljon säteilyenergiaa kuin lähtee. Ilmakehän lisääntyneet kasvihuonekaasut kuitenkin viivästävät energian siirtymistä lämpönä avaruuteen, mutta toisaalta nämä kaasut eivät estä auringosta tulevaa säteilyä. (Savolainen et al. 2003, s. 15)

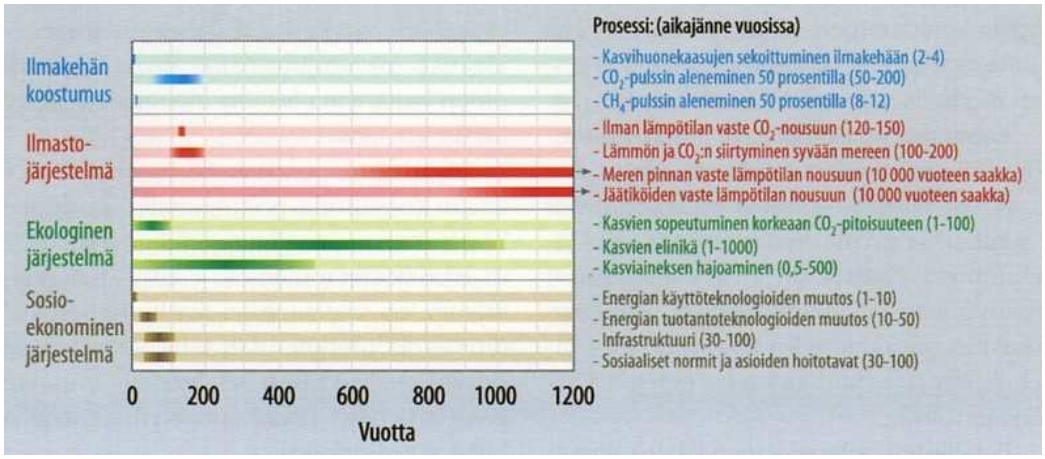
Kasvihuonekaasujen lisäksi maapallon säteilytasapainoon vaikuttavat monet muut seikat, joista useimmat tunnetaan toistaiseksi melko epätarkasti. Stratosfäärin otsonikato ja yläilmakehässä olevat polttoperäiset hiukkaset viilentävät ilmakehää, kun taas alailmakehän otsonin lisääntyminen ja nokihiukkaset lämmittävät ilmakehää. (Savolainen et al. 2003, s. 15)

Koska kasvihuonekaasupitoisuudet lisääntyvät ilmakehässä, ilmaston arvioidaan lämpenevän. IPCC on arvioinut ilmaston lämpenemistä erilaisten päästöskenaarioiden pohjalta. Lähtöoletuksena on käytetty maapallon sosioekonomista kehitystä. Eri skenaarioissa päästöt kehittyvät hyvin eri tavalla, mutta kaikissa lämpötila nousee. Kuvassa 1 tummalla varjostettu alue kuvaa lämpenemistä olettaen ilmastolle keskimääräinen herkkyys, jolloin vaihtelualue johtuu eri päästöskenaarioista. Vaalealla varjostetussa alueessa otetaan huomioon myös ilmakehän prosesseihin liittyvän tuntemuksen epävarmuus. (Savolainen et al. 2003, s. 18, 19)



Kuva 1. Maapallon lämpötilan muutos eri skenaarioissa (Savolainen et al. 2003, s. 19)

Monet ilmastonmuutokseen liittyvät asiat muuttuvat hitaasti (Kuva 2). Tämän vuoksi ilmastonmuutoksen eteneminen seuraa päästöjen kehitystä suurella viiveellä. Ennustamistulosten epävarmuutta lisää se, että ilmaston muuttumista ei osata arvioida tietyn päästöjen kehityskulun seurauksena kovin tarkasti. Arvioiden mukaan lämpötilat kohoaisivat lähes kaikilla maa-alueilla enemmän kuin keskimäärin koko maapallolla. (Savolainen et al. 2003, s. 18, 27)



Kuva 2. Luonteenomaisia aikajänteitä maapallon järjestelmässä (Savolainen et al. 2003, s. 26)

2.2.2 Ilmastonmuutoksen keskeisimmät vaikutukset

Tässä luvussa esitellään Euroopan yhteisöjen komission (2005, s. 13 - 14) listaamat ilmastonmuutoksen keskeisimmät vaikutukset maapallolla.

Meren pinnan nousu tulee olemaan vuoteen 2100 mennessä 0,09-0,88 m. Meren pinnan nousu aiheuttaa tulvia, rannikon eroosiota ja matalien rannikkoalueiden menettämistä. Lisäksi se lisää hyökyaaltojen todennäköisyyttä, meriveden tunkeutumista sisämaahan päin sekä vaarantaa rannikkoekosysteemejä. Meren pinnan nousulla on myös sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia elinalueiden menettämisen ja pakolaisuuden lisääntymisen kautta.

Maatalous Euroopassa saattaa hyötyä ilmastonmuutoksesta pidentyvien kasvukausien ja pohjoisemmaksi siirtyvien kasvuvyöhykkeiden myötä. Toisaalta ilmastonmuutos lisää helleaaltoja, ääreviä sääilmiöitä, tuhoeläimiä ja kasvitauteja, jotka aiheuttavat satojen pienentymistä.

Energian kulutuksen muutokset ovat todennäköisiä lämpötilan muutosten myötä. Energian säästöt lämmityskuluissa saattavat kumoutua lisääntyneellä ilmastoinnin tarpeella keskimääräisen kesälämpötilan noustessa.

Vaikutukset terveyteen tulevat mm. lämpöstressin ja tartuntatautien lisääntymisen kautta. Lämpöaaltojen tiheyden ja voimakkuuden ennustetaan lisääntyvän 2000-luvulla aiheuttaen entistä enemmän lämpökuolemia. Toisaalta keskilämpötilan nousu saattaa pienentää talven kylmyyden aiheuttamia kuolemia. Tartuntataudeista luultavimmin lisääntyvät hyönteisten levittämät sairaudet, kuten puutiaisaivokuume, borrelioosi, malaria ja denguekuume.

Ekosysteemit tulevat muuntumaan ilmastonmuutoksen seurauksena. Muutokset näkyvät alueiden tuottavuudessa sekä lisääntyneissä metsäpaloissa ja tuhoeläinten määrässä. Herkimpiä ovat ääriekosysteemit, kuten koralliriutat ja napa-alueet. Myös eläinlajien vyöhykkeiden siirtyminen ja sukupuuton lisääntyminen on todennäköistä.

Vesivarantojen määrän ja laadun muuntuminen sekä tulvien lisääntyminen aiheuttavat lisääntyvää pakolaisuutta ja vaikutuksia ihmisen terveyteen.

Äärevöityvät sääilmiöt ja myrskytuhot tulevat todennäköisesti lisääntymään. Euroopassa tuhoisien sääilmiöiden lukumäärä kaksinkertaistui 1990-luvulla edelliseen vuosikymmeneen verrattuna. Tuhoisia sääilmiöitä ovat mm. kylmät jaksot, lämpöaallot, kuivuus, tulvat, myrskyt ja pyörremyrskyt. Nämä aiheuttavat mittavia taloudellisia ja ympäristöllisiä tuhoja.

Alueelliset konfliktit ja pakolaisuus todennäköisesti lisääntyvät alueilla, jotka ovat ilmastonmuutoksen ympäristövaikutuksille alttiimpia. Tällaisia alueita ovat ennen kaikkea kehitysmaat, joissa talouden kehitys on epävakaata ja ihmisten riippuvuus maaperän tuottavuudesta korkea. Maan tuottavuuden ja vesiolojen heikentyminen johtaa lisääntyvään köyhyyteen ja alueellisiin ristiriitoihin ja sitä kautta lisääntyvään muuttoliikkeeseen.

Jyrkkä ilmastonmuutos on myös mahdollinen. On vielä epävarmaa, kuinka maapallon ilmastolliset järjestelmät reagoivat keskilämpötilan kohoamiseen. Lämpötilan kynnysarvon ylittyminen saattaa aiheuttaa kiihtyvän ilmastonmuutoksen, jonka seurauksena mm. maapallon lämpimät merivirrat saattavat pysähtyä ja napajäätiköt sulaa.

2.3 Päästöjen rajoittamisen politiikat

Euroopan yhteisöjen komission (2005, s.3) mukaan EU:n tavoitteena on rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu enintään kahteen asteeseen suhteessa esiteollisella kaudella vallinneeseen tasoon. Teknisesti tämä esitetään usein kasvihuonekaasujen pitoisuutena ilmakehässä ja ilmaistaan tilavuuden miljoonasosana (ppmv). Kasvihuonekaasujen pitoisuus ilmakehässä oli vuonna 2005 427 ppmv CO_2-ekvivalenttitonnia, ja noussut 54 % esiteolliseen aikaan verrattuna (EEA 2006). Mikäli pitoisuus on 550 ppmv, mahdollisuus saavuttaa kahden asteen tavoite on enintään yksi

kuudesta. Mikäli pitoisuus nousee tasolle 650 ppmv, mahdollisuus saavuttaa tavoite on yksi kuudestatoista. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005, s. 3,4)

Torjuntatoimista aiheutuvat kustannukset ja vaikutukset kilpailukykyyn voidaan minimoida, mikäli toimet koskevat kaikkia aloja ja kasvihuonekaasuja, päästöjen vähentämistoimiin osallistuvat kaikki merkittävät päästöjä aiheuttavat maat, päästökauppaa ja hankemekanismeja hyödynnetään maksimaalisesti ja toimissa käytetään mahdollisimman hyvin synergiaa muiden politiikkojen kanssa. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005, s. 4)

Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen välillisesti vaikuttavia politiikkoja ovat mm. kilpailukykyä ja kestävää talouskehitystä edistävä Lissabonin strategia, strategia kestävän, kilpailukykyisen ja varman energiahuollon turvaamiseksi (ns. Euroopan komission Vihreä kirja), yhteinen maatalouspolitiikka sekä ilmastopolitiikat, kuten Euroopan Unionin ilmastonmuutosstrategia ja Eurooppalainen ilmastonmuutosohjelma ECCP.

Ympäristöpoliittisen keskustelun arvomuutoksia koskevat johtopäätökset eivät ole helposti käännettävissä yleistettäviksi valintakriteereiksi, jotka koskevat ympäristöpolitiikan toiminnallisia keinoja. Päättäjien tulee ratkaista, miten ympäristöpolitiikkaan valitut strategiat vaikuttavat ihmisten käyttäytymiseen ja ympäristöön, kun ne tarkennetaan toiminnallisiksi keinoiksi. (Järvelä et al. 1996, s. 191)

Keinot voidaan jakaa neljään eri toiminta-alueeseen (Järvelä et al. 1996, s. 191, 219):

1) Tuotanto ja lopputuotteet eli ympäristöystävälliset tuotteet, päästörajoitukset, elinkaaritarkastelu
2) Kuluttaminen eli kulutustottumusten muuttaminen
3) Markkinoiden toiminta eli (ympäristö)verot ja niiden vaikutus tuottajiin, kuluttajiin ja markkinoihin
4) Tieto ja tiedostaminen eli asiantuntijatieto, visiotieto, tiedon sosiaalinen organisoituminen tuotantoyksiköissä sekä tiedon ja kansalaisuuden väliset jännitteet

Teknologiaohjelmien vaikutukset ilmastonmuutokseen voivat olla välittömiä tai välillisiä. Välittömät teknologiset vaikutukset syntyvät, kun kehitetään uusia tuotteita, tuotantomenetelmiä ja palveluja, joilla voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä tai korvata saastuttavaa teknologiaa kokonaan uudella. Välillisiä vaikutuksia syntyy niistä teknologiaohjelmista, joilla esimerkiksi parannetaan tuotanto- ja materiaalitehokkuutta. Suurin osa teknologiaohjelmista pyrkii vaikuttamaan kasvihuonekaasupäästöihin välittömästi. (Rissa 2003, s. 7)

Kaikilla talouden sektoreilla tarvitaan lisää teknologian muutoksia sen lisäksi, että vähennetään muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin päästöjä ja ylläpidetään tai parannetaan hiilinieluja. Tämän saavuttaminen edellyttää tarjontaan liittyvien *push*-toimien ja kysyntään liittyvien *pull*-toimien yhdistelmää. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005, s. 6)

Pull-toimien avulla saadaan teknologinen muutos houkuttelevaksi. Kun kasvihuonekaasuille asetetaan markkina-arvo esimerkiksi päästökaupan tai verotuksen kautta, luodaan taloudellinen kannustin, joka hillitsee kysyntää, lisää ilmastoa säästävän teknologian laajaa käyttöä sekä edistää edelleen teknologian kehitystä. Samoin lopettamalla ympäristölle haitalliset tuet (esim. öljy ja kiinteät fossiiliset polttoaineet) asetetaan eri energialähteet tasa-arvoisempaan asemaan. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005, s. 6)

Euroopan yhteisöjen komission (2005, s. 6, 7) mukaan *pull*-toimet edistävät uuden teknologian käyttöönottoa varhaisessa vaiheessa, sillä niillä poistetaan käyttöönoton esteitä ja helpotetaan teknologian esittelyä. Niiden avulla pystytään nopeammin luomaan pitkän aikavälin poliittinen perusta teknologian vaiheittaiselle muutokselle, mikä on erittäin tärkeää, sillä investoinnit määräävät CO_2-päästöt monen vuosikymmenen ajan.

Push-toimet tarkoittavat teknologisen muutoksen tukemista investointien avulla. Tällaisia investointeja ovat esim. ilmastoon, energiaan, liikenteeseen sekä tuotantoon ja kulutukseen liittyvät tutkimusmäärärahat. Edelläkävijän eduista ja kilpailueduista

hyödytään keskittymällä resursseja tehokkaammin hyödyntävään ilmastoteknologiaan. Tämän saavuttamiseksi on läpimurtoteknologioiden kehittämistä tuettava julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuuksien avulla. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005, s. 7)

Muita ilmastopolitiikan ohjauskeinoja ovat lainsäädäntö ja lupa-asiat, ostovelvoitteet, vapaaehtoiset sopimukset, ympäristö- ja energiamerkit, julkiset hankinnat sekä muut ohjauskeinot, kuten yleinen tiedotus, koulutus ja neuvonta. (Rissa 2003, s. 36)

2.4 Päästöjen rajoittamisen tekniset vaihtoehdot

Kasvihuonekaasuja voidaan vähentää teknisesti useilla tavoilla (Kuva 3). Pitkällä aikavälillä on tärkeää tehostaa energian käyttöä eri kulutussektoreilla. Tehokkuutta voidaan lisätä uusilla teknisillä konsepteilla ja järjestelmillä, joihin kuuluvat uudet käyttötavat. (Savolainen et al. 2003, s. 34)

1. **Energian ja materiaalien käytön tehokkuuden parantaminen eri kulutussektoreilla (teollisuus, rakennukset, palvelut)**
   - prosessien ja tuotantolaitosten energia- ja ainevirtojen integrointi ja tehostettu yhteistyö
   - korkeahyötysuhdemoottoreiden, lämpöpumppujen ja taajuusmuuttajien käyttöönotto
   - uudet energia- ja materiaalitehokkaammat prosessit
   - infrastruktuurin ja yhdyskuntarakenteen kehittäminen
   - matalaenergiaratkaisut uudis- ja korjausrakentamisessa
   - vähän energiaa kuluttavien sähkölaitteiden käyttöönotto
2. **Energian tuotannon, siirron ja jakelun tehokkuuden parantaminen**
   - sähkön ja lämmön yhteistuotannon lisäys ja rakennusasteen nosto
   - lauhdesähkön tuotannon hyötysuhteen parantaminen
   - siirto- ja jakeluhäviöiden minimointi kulutuksen ja tuotannon painopisteitä
   - sekä siirto- ja jakeluverkkoja optimoimalla
3. **Siirtyminen vähemmän hiiltä sisältäviin fossiilisiin polttoaineisiin**
   - hiilestä ja öljystä maakaasuun
4. **Uusiutuvan energian osuuden lisääminen**
   - biomassa, jätepolttoaineet, tuulivoima, vesivoima, aurinkoenergia, maalämpö
5. **Ydinvoiman osuuden lisääminen**
   - jos hyväksyttävissä muista syistä
6. **Hiilidioksidin erottaminen savukaasuista ja loppusijoitus**
   - toistaiseksi kallis ja energiavaroja kuluttava
7. **Teollisuuden ja energiantuotannon muiden päästöjen hallinta**
   - typpihapon valmistuksen N_2O-päästöjen katalyyttinen vähentäminen
   - tuhkien ja masuunikuonien käyttö kalkkikiven korvaamiseen esim. sementin valmistuksessa
   - kylmälaitteiden HFC-päästöjen vähentäminen tiiviyttä ja huoltokäytäntöjä
   - parantamalla tai käyttämällä korvaavia aineita
8. **Jätehuollon metaanipäästöjen rajoittaminen**
   - jätteiden synnyn vähentäminen (esim. optimoidut pakkaukset)
   - materiaalikierrätys ja jätteen poltto/kaasutus
   - biojätteen kompostointi/anaerobikäsittely
   - CH_4 :n talteenotto kaatopaikoilta
9. **Maatalouden päästöjen rajoittaminen (CH_4 ja N_2O)**
   - eläinten ruoansulatuksen parantaminen
   - lannan käsittely kompostoimalla tai anaerobikäsittelyllä
   - typpilannoituksen optimointi
10. **Ekosysteemin hiilivaraston lisäys (hiilinielu)**

Kuva 3. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen teknisiä vaihtoehtoja (Savolainen et al. 2003, s. 36)

Hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää siirtymällä vähähiilisempiin polttoaineisiin sekä korvaamalla fossiilisia energialähteitä ydinvoimalla ja uusiutuvalla energialla. Päästöjä voidaan vähentää myös erottamalla hiilidioksidia energia- ja teollisuuslaitosten savukaasuista. Erotettu hiilidioksidi voidaan pumpata esimerkiksi käytettyihin maakaasu- ja öljykenttiin. (Savolainen et al. 2003, s. 34)

Metaanipäästöjä voidaan vähentää ensisijaisesti estämällä jätteiden syntyä ja lisäämällä kierrätystä. Metaania voidaan vähentää myös muuttamalla jätehuoltojärjestelmää ja ottamalla metaani talteen kaatopaikoilla. Jätettä voidaan myös käyttää energialähteenä. Maataloudessa syntyy metaani- ja dityppioksidipäästöjä muun muassa eläinten ruoansulatuksesta ja peltojen lannoittamisesta. Näiden päästöjen rajoittaminen on melko kallista verrattuna esimerkiksi jätehuoltoon. (Savolainen et al. 2003, s. 35)

F-kaasujen päästöt syntyvät valtaosin erilaisista jäähdytysjärjestelmistä (mm. kodinkylmälaitteet ja teollisten prosessien jäähdytysjärjestelmät) vuotavasta kylmäaineesta. Samat laitteet kuluttavat myös paljon sähköä, jonka tuotannossa vapautuu hiilidioksidipäästöjä. (Oinonen et al. 2003, s. 160)

Kylmälaitteiden energiatehokkuuden parantamisella sekä vuotojen vähentämiseen tähtäävillä toimenpiteillä voitaisiin vähentää F-kaasujen päästöjä huomattavasti, arviolta jopa puoleen. Toinen tapa vähentää päästöjä on tuottaa jäähdytysenergiaa soveltuvissa osin keskitetysti tai käyttää kylmälaitteissa vaihtoehtoisia kylmäaineita. (Oinonen et al. 2003, s. 161, 162, 163)

Kasvihuonekaasujen vähentämistä edistävillä teknologioilla on monia muitakin ympäristön ja ihmisten hyvinvointia parantavia vaikutuksia, sillä uudet teknologiat voivat myös siivittää talouden kasvua, lisätä vaurautta ja vahvistaa veropohjaa. Näin on mahdollista helpottaa hyvinvointipalvelujen tuottamista ja hankintaa. (Rissa 2003, s. 6)

Täysin uuden teknologian on oltava selvästi vanhaa parempaa, halvempaa tai sen on tuotettava uusia hyötyjä, jotta se otettaisiin käyttöön. Pienin askelin kehittyvä teknologia on useimmiten helpompaa omaksua kuin kokonaan uudet teknologiset ratkaisut. Vähitellen on helpompi muuttaa infrastruktuuria, normeja ja toimintatapoja sekä esimerkiksi huoltoverkostoa. (Savolainen et al. 2003, s. 43)

3 TUTKIMUSMENETELMÄ

3.1 Määritelmiä

Laskentatutkimuksessa selvitetään kunnan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt tiettynä vuonna. Esimerkkikuntana käytetään Lappeenrannan kaupunkia ja laskentavuotena vuotta 2004. Kasvihuonekaasupäästöt lasketaan kunnan osalta kahdella tavalla, tuotanto- ja kulutusperusteisesti.

Tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt tarkoittavat kunnan alueella energian ja muusta tuotannosta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Ne sisältävät sähkön ja lämmön tuotannon niin erillislaitoksissa, kuin teollisuudessakin, teollisuuden tuotantoprosessien prosessiperäiset päästöt, Lappeenrannassa lähinnä kalkkikiviteollisuus (sementin, kalkin ja vuorivillan valmistus), liikenteen, jätehuollon sekä maatalouden toiminnan aiheuttamat päästöt, esim. kaatopaikkojen ja eläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt.

Kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt sisältävät kunnan alueella kulutetusta energiasta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Näitä aiheuttavat tuotantoprosessien, liikenteen, jätehuollon sekä maatalouden energiankulutus (termi ”Muu kulutus”), rakennusten lämmitys, (kaikki) muu polttoaineen käyttö ja (kaikki) muu sähkön käyttö. Muu polttoaineen ja sähkön käyttö ovat suurelta osin ostosähkön aiheuttamaa energian kulutusta, mutta ne voivat lisäksi sisältää esimerkiksi teollisuuden muuta kuin energiantuotantoon tarkoitettua kulutusta.

Voidaan sanoa, että kulutusperusteinen kasvihuonekaasupäästö on kunnan päästötaseen kannalta kuvaavin luku, sillä se on käytännössä kunnan alueen tuotanto lisättynä ostosähköllä (Luoma 2007). Kulutuksen aiheuttamien päästöjen laskeminen on merkittävää myös päästöjen hallintaa suunniteltaessa, sillä suurimmat päästövähennysmahdollisuudet yleensä löytyvät kunnan kulutussektorilta.

3.2 Aiempi tutkimus

Lappeenrannan kaupungin kasvihuonekaasupäästö- ja energiataselaskenta on toteutettu edellisen kerran vuonna 2001 vuosien 1990 ja 1997 tiedoille. Työ toteutettiin insinöörityönä Mikkelin ammattikorkeakoululle ja sen tekijänä toimi Janne Liponen.

Laskenta suoritettiin KASVENER-ohjelmalla lukuun ottamatta sementin ja kalkin valmistusta sekä luonnon kasvihuonekaasupäästöjä ja -nieluja. Luonnon kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut laskettiin pinta-alojen ja erilaisten kertoimien avulla. Sementin valmistuksesta aiheutuvat päästöt saatiin suoraan kyseiseltä yhtiöltä, kalkin valmistuksesta aiheutuvat päästöt laskettiin kalkin tuotantomääristä laitokselta saatujen päästökertoimien avulla. (Liponen 2001, s. 9)

Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt olivat 1 062 000 CO_2-ekvivalenttitonnia vuonna 1990 ja 1 084 000 CO_2-ekvivalenttitonnia vuonna 1997 (Taulukko 4). Suurimmat päästöt aiheutuivat energiantuotannosta, joka oli 44 % Lappeenrannan kaupungin alueen kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä vuonna 1990 ja 46 % vuonna 1997. (Liponen 2001, s. 35)

Taulukko 4. Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt eri sektoreittain vuosina 1990 ja 1997 (Liponen 2001, s. 35)

	Vuosi	**CO_2 (1000 t)**	**CH_4 (t)**	**N_2O (t)**	**CO_2-ekvivalentti (1000 t)**
Energia	1990	457,3	90,6	16,2	464
	1997	486,2	224,4	25,1	499
Liikenne	1990	99,9	26,1	4,8	102
	1997	97,0	22,6	8,6	100
Tuotanto-prosessit	1990	400,9	0,0	0,0	401
	1997	397,2	0,0	0,0	397
Jätteet	1990	0,0	3 133,7	8,9	69
	1997	0,0	3 016,6	4,8	65
Maatalous	1990	0,0	604,4	43,9	26
	1997	0,0	525,4	37,3	23
Yhteensä	**1990**	**958**	**3 855**	**74**	**1 062**
	1997	**980**	**3 789**	**76**	**1 084**

Lappeenrannan kaupungin alueen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt olivat 1 108 000 CO_2-ekvivalenttitonnia vuonna 1990 ja 1 201 000 CO_2-ekvivalenttitonnia vuonna 1997. Taulukon 5 lopussa oleva muu kulutus koostuu liikenteen, jätehuollon, maatalouden ja teollisuusprosessien kasvihuonekaasupäästöistä. Niiden osuus on sama kuin vastaavien tuotantoperusteisten kasvihuonekaasupäästöjen, koska ostosähköllä ei ole niihin vaikutusta. (Liponen 2001, s. 36, 37)

Taulukko 5. Lappeenrannan kaupungin alueen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1990 ja 1997 (Liponen 2001, s. 37)

	Vuosi	**CO_2 (1000 t)**	**CH_4 (t)**	**N_2O (t)**	**CO_2-ekvivalentti (1000 t)**
Rakennusten lämmitys	1990	203,6	65,9	7,5	207
	1997	201,4	84,7	11,1	207
Muu poltto-aineen käyttö	1990	117,3	17,3	5,3	119
	1997	89,7	64,8	8,0	94
Muu sähkön käyttö	1990	182,5	9,3	4,4	184
	1997	309,6	80,1	11,0	315
Muu kulutus	1990	500,8	3 764,2	57,6	598
	1997	494,2	3 564,6	50,7	585
Yhteensä	**1990**	**1 004**	**3 857**	**75**	**1 108**
	1997	**1 095**	**3 794**	**81**	**1 201**

Lappeenrannan kaupungin alueen metsien kokonaisnieluvaikutus oli 51 000 CO_2-ekvivalenttitonnia. Soiden kokonaiskasvihuonekaasupäästöt olivat 10 000 CO_2-ekvivalenttitonnia ja vesistöjen 25 000 CO_2-ekvivalenttitonnia. Yhteensä Lappeenrannan alueen luonnon kokonaiskasvihuonekaasutase oli negatiivinen, eli sen nieluvaikutus oli 16 000 CO_2-ekvivalenttitonnia. (Liponen 2001, s. 34, 36)

Lappeenrannan alueen sähkönkulutus oli 1 305 GWh vuonna 1990 ja 1 714 GWh vuonna 1997. Tähän lisättynä paikalliset sähkön siirto- ja jakeluhäviöt saadaan sähkön kokonaiskulutukseksi 1 356 GWh vuonna 1990 ja 1 777 GWh vuonna 1997 (Taulukko 6). Sähkön kulutuksen kasvu johtui suurimmaksi osaksi teollisuuden sähkön käytön lisääntymisestä, mutta myös kotitalouksien sähkön käyttö kasvoi. (Liponen 2001, s. 37, 38)

Taulukko 6. Lappeenrannan kaupungin alueen sähköntuotanto ja -kulutus vuosina 1990 ja 1997, GWh (Liponen 2001, s. 38)

	1990	**1997**	**Muutos perusvuoteen (%)**
Paikallinen sähköntuotanto	779,8	1 010,0	29,5
Ostosähkö	576,2	766,9	33,1
Sähkönkulutus	1 305,3	1 713,8	31,3
Paikalliset sähkön siirto- ja jakeluhäviöt	50,7	63,1	24,5
Sähkön kulutus yhteensä, GWh	**1 356**	**1 777**	**31**

Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteinen primäärienergian kulutus oli 5 087 GWh vuonna 1990 ja 6 683 GWh vuonna 1997. Kulutusperusteinen primäärienergian kulutus oli 6 267 GWh vuonna 1990 ja 8 377 GWh vuonna 1997 (Taulukko 7). Suurin syy lisääntyneeseen energian kulutukseen on teollisuuden kasvanut energiankulutus, ennen kaikkea puupolttoaineiden ja mustalipeän käytön lisääntyminen. (Liponen 2001, s. 39, 40)

Taulukko 7. Lappeenrannan kaupungin alueen polttoaineiden primäärienergian kulutus vuosina 1990 ja 1997, GWh (Liponen 2001, s. 39)

	Vuosi	**Tuotantoperusteinen**	**Kulutusperusteinen**
Kivihiili	1990	313,9	425,7
	1997	330,9	606,2
Turve	1990	0,0	15,8
	1997	0,0	52,0
Maakaasu	1990	2 017,7	2 026,3
	1997	2 164,8	2 174,7
Raskas polttoöljy	1990	32,9	36,2
	1997	13,1	16,3
Kevyt polttoöljy	1990	64,6	65,4
	1997	63,6	63,9
Bensiini ja dieselöljy	1990	369,6	369,6
	1997	362,2	362,2
Koksi	1990	195,4	195,4
	1997	232,2	232,2
Puupolttoaineet ja mustalipeä	1990	2 092,7	2 093,4
	1997	3 516,2	3 528,7
Muut uusiutuvat energialähteet	1990	0,0	116,1
	1997	0,0	159,6
Ydinvoima ja sähkön tuonti ulkomailta	1990	0,0	923,0
	1997	0,0	1 181,3
Yhteensä, GWh	**1990**	**5 087**	**6 267**
	1997	**6 683**	**8 377**

3.3 Laskennassa käytettävä tieto

3.3.1 Laskennan perustiedot

Tämän työn laskennassa käytetään perusvuotena vuotta 2004. Aiempi laskenta on toteutettu vuosien 1990 ja 1997 tiedoilla. Näin laskentaan saadaan seitsemän vuoden tasavälit. Teollisuuslaitosten ja yritysten kasvihuonekaasupäästö- ja polttoainetiedot on saatu henkilökohtaisina tiedonantoina yrityksistä sekä kunnallisesta VAHTI-tietojärjestelmästä. Liikenteen päästötiedot on saatu Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) LIPASTO-tietokannasta, jonka osat ovat LIISA (tieliikenne), RAILI (rautatieliikenne), MEERI (vesiliikenne) ja ILMI (ilmaliikenne). Luonnon kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen laskentaan tarvittavat pinta-alatiedot on saatu henkilökohtaisina tiedonantoina valtion laitoksista ja laskennan kertoimet kirjallisuudesta.

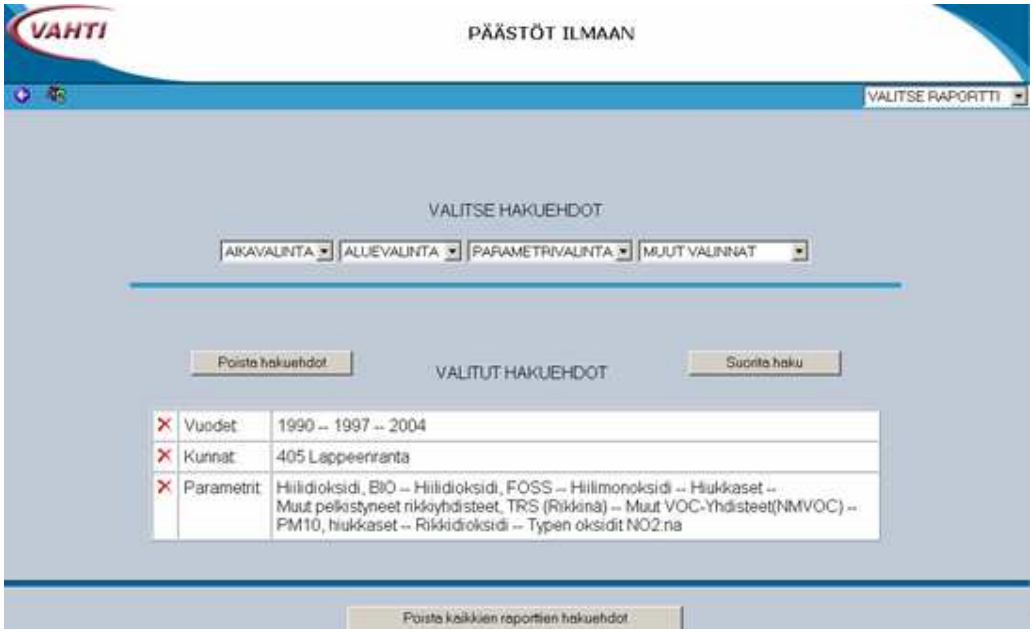
3.3.2 VAHTI-tietojärjestelmä

VAHTI on Suomen ympäristöhallinnon luoma ympäristönsuojelun tietojärjestelmä, johon tallennetaan ja jossa ylläpidetään tietoja mm. ympäristölupavelvollisten luvista ja päästöistä vesiin sekä ilmaan ja jätteistä. Ensisijaisena tarkoituksena tietojärjestelmällä on toimia alueellisten ympäristökeskusten lupakäsittelyn ja -valvonnan työvälineenä. Samalla tietojärjestelmä tuottaa perustiedot koko maan ympäristökuormituksesta ilmaan ja vesiin sekä jätetiedot**.** Tietojärjestelmässä ylläpidetään myös tietoja eräistä lainsäädännön mukaisista ilmoittautumisista ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Asiakas itse toimittaa tietoja järjestelmään. Muut tiedot syntyvät viranomaistoiminnan (ympäristölupa tai valvonta) kautta. (Ympäristöhallinto 2001/2007)

Tietojärjestelmästä on tuotettu raporttipalvelu (ns. VAHTI-raporttipalvelu 2003) asiakkaiden käyttöön ja käyttöliittymä kunnille tietojen selailuun sekä omien asiakastietojen ylläpitoon. Rekisterin käyttö perustuu käyttäjätunnukseen ja salasanaan. (Ympäristöhallinto 2001/2007) Kyseistä raporttipalvelua on käytetty tässä työssä

päästö- ja polttoainetietojen lähteenä Lappeenrannan kaupungin ympäristötoimen luvalla ja käyttäjätunnuksilla.

Kuvassa 4 näkyy VAHTI-raporttipalvelun hakuehtojen valintaikkuna. Esimerkkiraporttina on käytetty raporttia ”Päästöt ilmaan”. Hakuehtoina tietoja haettaessa käytetään aikavalintaa (tässä tapauksessa vuodet 1990, 1997 ja 2004), aluevalintaa (tässä tapauksessa kunta 405 Lappeenranta), parametrivalintaa (valitun raportin mukaan päästöt ilmaan, päästöt vesiin, käytetyt polttoaineet tai tuotetut jätteet) sekä mahdollisesti muita hakuehtoja (esim. lupaviranomainen).



Kuva 4. VAHTI-raporttipalvelun hakuehtojen valintaikkuna (VAHTI 2007)

VAHTI-raporttipalvelu suorittaa haun tietokannasta annettujen hakuehtojen perusteella. Tiedot näkyvät selaimessa taulukoituna. Luvut on mahdollista tallentaa Excel-muodossa (Taulukko 8) datan jatkokäsittelyä varten. Jokaisen vuosisumman alle (esim. hiilimonoksidi vuonna 2004) on eritelty päästöjen aiheuttajat yrityksittäin, jolloin pystytään seuraamaan yrityksen vuosittaisia päästöjä sekä laatimaan yrityskohtaisia päästöjen rajoittamissuunnitelmia.

Taulukko 8. Lappeenrannan kaupungin teollisuuden kokonaispäästöt ilmaan (VAHTI 2007)

PARAMETRI	1990	1997	2004
Hiilidioksidi, BIO (t)			1751783
Hiilidioksidi, FOSS (t)	580516	814007	879918,2
Hiilimonoksidi (t)	5200	6346	393,3
Hiukkaset (t)	2683,35	407	300,05
Muut pelkistyneet rikkiyhdisteet, TRS (Rikkinä) (t)	1558,8	525,9	52,7
Muut VOC-Yhdisteet (NMVOC) (kg)		246067	158655
Rikkidioksidi (t)	219,97	772	1595,03
Typen oksidit NO2:na (t)	4248,1	3572,7	3948,63
PM10, hiukkaset (t)			279,3

3.3.3 LIPASTO-laskentajärjestelmä

LIPASTO on VTT:n kehittämä liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Järjestelmä sisältää neljä alamallia: LIISA tieliikenteelle, RAILI rautatieliikenteelle, MEERI vesiliikenteelle ja ILMI ilmaliikenteelle. Mallien avulla voidaan laskea Suomen liikenteen aiheuttamat pakokaasupäästöt seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), hiukkaset (PM), metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O), rikkidioksidi (SO_2) sekä hiilidioksidi (CO_2). Tämän lisäksi mallit laskevat liikennemuotojen energiankulutuksen. (VTT 2005b) RAILI-mallia ei tässä työssä käsitellä, sillä rautatieliikenne on rajattu laskennan ulkopuolelle kuntakohtaisten tietojen puuttuessa.

LIISA on VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan kehittämä päästöjen inventointimalli, jota on käytetty Suomen tieliikenteen päästöjen kokonaismäärän laskentaan yli kymmenen vuoden ajan. LIISA-ohjelmiston käyttämistä lähtötiedoista kuntakohtaiset liikennesuoritetiedot ovat tietokantana ja muut lähtötiedot tiedostoina. Tietokanta on tehty yhdistelyohjelmilla tielaitoksen tierekisteristä poimitusta erillisrekisteristä ja katujen liikennesuoritetiedoista. Suoritetietojen lisäksi lähtötietona on polttonesteenkulutus. (Mäkelä et al. 2005, s. 7, 8)

MEERI-laskentajärjestelmän perustan muodostavat satamien liikennöintitiedot. Järjestelmä laskee vesiliikenteen aiheuttamien pakokaasujen määrän ja energiankulutuksen väylillä ja satamissa, jaoteltuna laivan tyypin (matkustajalaiva,

rahtilaiva), liikennöintialueen (kotimaanliikenne, ulkomaanliikenne), alkuperän (suomalainen, ulkomaalainen) ja koon (bruttorekisteritonnit) mukaan. Valtakunnallisessa laskennassa on laivatyyppi mahdollista valita vielä tarkemmin (esim. matkustaja-autolautta, säiliöalus). (VTT 2005c)

ILMI-laskentajärjestelmä laskee siviililentoliikenteen päästöt kaikille lentotyypeille (kotimaan, kansainväliset saapuvat ja lähtevät lennot sekä ylilennot) Suomen lentotiedotusalueilla. ILMI-laskentajärjestelmä koostuu sovelluksesta, jolla lasketaan liikenneilmailun (suihku- ja potkuriturbiinikoneiden) polttoaineenkulutus ja päästöt sekä erillisestä osasta, jolla lasketaan karkeammalla menetelmällä yleisilmailun (mäntämoottorikoneiden) polttoaineenkulutus ja päästöt. ILMI -laskentajärjestelmä on tehty Ilmailulaitos Finaviassa. (VTT 2005a)

3.4 KASVENER-laskentamalli

Tässä työssä käytetään laskentaohjelmistona KASVENER-laskentamallia, joka on Suomen ympäristökeskuksen kehittämä Microsoft Excel -pohjainen kuntatason kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli. Mallin avulla voidaan laskea kunnan vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt sekä energiantuotanto ja -kulutus. Laskennassa noudatetaan IPCC:n metodiikkaa ja käytetään Suomen päästöinventaarioiden laskentaparametreja. Energiasektorilta malli laskee varsinaisten kasvihuonekaasujen lisäksi myös päästökomponentit, joilla on vaikutusta paikalliseen ilmanlaatuun tai jotka ovat välillisiä kasvihuonekaasuja. Mallin päästösektorit ovat energia, teollisuuden prosessit (ei energiaperäiset), maatalous ja jätehuolto. Päästöt lasketaan sekä kunnan alueen energiantuotannon (tuotantoperusteiset päästöt) että kunnan energiankulutuksen (kulutusperusteiset päästöt) mukaan. (Petäjä 2007)

Mallin kasvihuonekaasupäästöjä ovat hiilidioksidi, metaani ja typpioksiduuli. Kioton sopimuksessa olevia ns. kolmea uutta kaasua (rikkiheksafluoridi, fluorihiilivedyt ja perfluorivedyt) malli ei sisällä. Malli ei sisällä myöskään maankäytön muutoksista aiheutuvia päästöjä eikä näihin osittain kytkeytyviä polttoaineiden haihdunnan päästöjä. (Petäjä 2007)

Mallissa lasketaan energiasektorin päästöistä myös hiilimonoksidi, hiukkaset, rikkidioksidi ja typen oksidit. Hiukkasia lukuun ottamatta nämä kaasut kuuluvat myös IPCC:n laskentaohjeiden piiriin, koska niillä on välillisiä vaikutuksia kasvihuoneilmiöön. Näitä kaasuja ei oteta kuitenkaan huomioon, kun mallissa lasketaan kasvihuonekaasujen hiilidioksidi-ekvivalentti -päästöt, koska ko. päästökomponentit eivät kuulu Kioton sopimukseen. (Petäjä 2007)

Malli sisältää yhteensä 95 Excel-taulua. Näitä ovat mm. laatumuunnosten, valikkojen, kertoimien ja vakioiden taulut sekä lähtötietojen syöttötaulut. Lisäksi laskentamallissa on tauluja myös laskentaa, tuloksia, raportointia ja kuvaajia varten. Mikäli mallissa valmiina olevat tulostaulut eivät vastaa käyttäjän tarpeita, laskentataulujen pohjalta on kohtuullisen helppo laatia uusia tulostauluja tarpeen mukaan. (Petäjä 2007)

KASVENER käyttää oletuksena laskennassa perusvuotena vuotta 2005. Tämän työn laskentaan on valittu vuosi 2004 paitsi seitsemän vuoden laskentasyklin, myös tarvittavien päästö- yms. tietojen saamiseksi kaikilta alueella toimivilta yrityksiltä. Näin ollen laskennan aluksi perusvuosi tulee vaihtaa laskentamalliin. Tämä saattaa aiheuttaa joiltain osin laskentaan marginaalista virhettä, jota ei kuitenkaan ole syytä pitää oleellisena lopputuloksen kannalta.

4 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT JA -NIELUT VUONNA 2004

4.1 Lappeenrannan kaupungin kuvaus

Lappeenranta on Suomen 11. suurin kaupunki. Se on Etelä-Karjalan maakunnan keskus, joka on tunnettu teollisuus- ja yliopistokaupunki. Kaupunkirakenne on pitkänmallinen ja laajalle levittäytynyt. Etäisyydet kaupungin sisällä ovat kaupungin kokoon nähden suuret ja kaupungissa onkin kaksi aluekeskusta keskustan molemmin puolin, idässä Lauritsala ja lännessä Sammonlahti; kaupungin maapinta-ala on noin 760 m^2. (Lappeenrannan kaupunki 2005b & 2005c, Tilastokeskus 2006a)

Lappeenrannassa on noin 59 000 asukasta, joista työssä käyviä on 41,6 % ja eläkkeellä olevia 23,3 %. Kymmenen merkittävimmän työllistäjän listalla ovat puunjalostus-, kaivos- ja elintarviketeollisuus sekä Lappeenrannan kaupunki ja teknillinen yliopisto. Vuokra-asunnoissa asuvien asuntokuntien osuus on 38,5 % ja rivi- ja pientaloissa asuvien osuus 41,6 %. (Lappeenrannan kaupunki 2005b & 2005c, Tilastokeskus 2006a)

Tässä tutkimuksessa termiä ”Lappeenrannan kaupunki” käytetään Lappeenrannan kaupungin omien tai sen omistamien toimintojen kuvaamiseen. Muista Lappeenrannan kunnan alueella tapahtuvista tai koko kuntaa koskevista toiminnoista käytetään termejä ”Lappeenrannassa”, ”Lappeenrannan alueella”, ”Lappeenrannan kaupungin alueella” ja niin edelleen.

4.2 Energiantuotanto ja -kulutus

4.2.1 Energiantuotannon ja -kulutuksen erityispiirteet

Energiasektori on selkeästi suurin kasvihuonekaasupäästöjen lähde Suomessa, kuten useimmissa muissakin teollisuusmaissa. Suomessa kylmä ilmasto, pitkät välimatkat sekä energiaintensiivinen teollisuus näkyvät energiasektorin korkeina päästöinä. Energiasektorin päästökehitykseen vaikuttaa voimakkaasti vesivoiman saatavuus Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Mikäli sademäärät jäävät tiettynä vuonna tai vuosina normaalia vähäisemmiksi, päästötöntä vesivoimaa on niukasti saatavilla ja sähkön nettotuonti Suomeen putoaa. Tällaisina vuosina Suomi on tuottanut sekä omiin tarpeisiinsa että Pohjoisille sähkömarkkinoille myyntiin korvaavaa sähköä hiili- ja turvelauhdevoimalla. Tämä heijastuu suoraan energiasektorin päästötrendeihin. (Tilastokeskus 2007b, s. 11)

Lappeenrannan energiantuotanto koostuu Lappeenrannan Energia Oy:n tuottamasta sähköstä ja kaukolämmöstä, teollisuuden omasta energiantuotannosta, ostosähköstä sekä rakennusten erillislämmityksen energiankulutuksesta.

4.2.2 Lappeenrannan Energia Oy

Lappeenrannan Energia Oy tuotti vuonna 2004 sähköä 280 GWh ja lämpöä 507 GWh. Lämpöä tuotettiin erillisissä kaukolämpöyksiköissä sekä CHP-laitoksessa Mertaniemessä. Sähkön kulutus oli 581 GWh ja lämmön 523 GWh. Lappeenrannan Energia Oy on osakkaana Hyötytuuli Oy:ssä, joka tuottaa sähköä tuulivoimalla. Sähköä tuotettiin Lappeenrannassa tuulivoimalla 0,7 % koko sähkön kulutuksesta. (Lappeenrannan Energia Oy 2004, s.16, 17)

Sähkön kulutus jakaantui seuraavasti eri sektoreille: yksityinen 170 GWh, maatalous 11 GWh, julkinen sektori 75 GWh, palvelusektori 118 GWh, teollisuus (jolla ei omaa sähkön tuotantoa) 207 GWh (Pollari 2007). Lämmön kulutus puolestaan jakaantui seuraavasti: teollisuusrakennukset 32 GWh, asuinrakennukset 295 GWh ja muut

rakennukset eli kunnan omat, muut julkiset ja palvelurakennukset 196 GWh (Lappeenrannan Energia Oy 2004, s. 9). Tuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt näkyvät taulukossa 9.

Taulukko 9. Lappeenrannan Energia Oy:n energian tuotanto sekä kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Kaukolämpölaitokset	**Kaukolämpövoimalaitos**		**Yhteensä**
		Lämmön tuotanto	**Sähkön tuotanto**	
Polttoaineiden käyttö, GWh	103,1	467,6	482,1	1 052,8
Energian tuotanto, GWh	86,2	420,8	280,0	787
Hyötysuhde, %	83,6	90,0	58,1	
CO_2, 1 000 t	22,1	92,2	95,0	209,3
CH_4, t	0,4	1,7	1,7	3,8
N_2O, t	0,5	1,7	1,7	3,9
CO, t	7,4	33,7	34,7	75,8
Hiukkaset, t	0,6	0,0	0,0	0,6
SO_2, t	6,4	0,0	0,0	6,4
NO_x, t	28,7	134,7	138,8	302,2
Kasvihuonekaasut, 1 000 t CO_2-ekv.	**22,2**	**92,8**	**95,6**	**210,6**

4.2.3 Teollisuuden energiantuotanto

Teollisuuden energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöt on laskettu polttoaineiden käytön mukaan (Taulukko 10). Suurimmat teollisuusyritykset ovat UPM-Kymmene Kaukas Oyj, Paroc Oy Ab Lappeenrannan vuorivillatehdas, Nordkalk Oy sekä Finnsementti Oy. Pienempiä toimijoita ovat Delta Motor Group Oy, Lemminkäinen Oyj Lappeenrannan asfalttiasema sekä Schauman Wood Oy Viipurin vaneritehdas.

Taulukko 10. Lappeenrannan teollisuuden polttoaineiden käyttö ja niiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Kivi-hiili	**Maa-kaasu**	**POK**	**Koksi**	**Muu foss.**	**Kuori**	**Bio-kaasu**	**Muu bio**	**Yhteensä**
Polttoaineiden käyttö, GWh	398,6	1 111,0	5,4	77,5	175,5	689,2	51,2	3 355,5	5 863,8
Hyötyenergia, GWh	280,6	782,0	3,8	54,5	123,5	485,1	36,0	2 361,9	4 127,6
Hyötysuhde, %	70,4	70,4	70,4	70,4	70,4	70,4	70,4	70,4	70,4
CO_2, 1 000 t	134,4	219,0	1,4	29,8	49,5	0,0	0,0	0,0	434,2
CH_4, t	5,7	4,0	0,0	1,1	0,6	24,8	0,2	120,8	157,3
N_2O, t	7,2	4,0	0,1	1,1	1,3	5,0	0,2	24,2	42,9
CO, t	71,7	80,0	0,4	13,9	12,6	1 240,6	3,7	6 039,9	7 462,9
Hiukkaset, t	215,2	0,0	0,1	41,8	47,4	496,2	0,0	2 416,0	3 216,8
SO_2, t	904,0	0,0	1,4	175,7	44,2	99,2	1,8	1 691,2	2 917,5
NO_x, t	243,9	280,0	1,9	47,4	113,7	248,1	12,9	1 208,0	2 156,0
Kasvihuone-kaasut, 1 000 t CO_2-ekv.	**136,8**	**220,3**	**1,4**	**30,2**	**49,9**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**438,6**

4.2.4 Ostosähkö

Ostosähkön osuus kunnan sähkönkulutuksesta saadaan vähentämällä kunnassa kulutetun sähkön määrästä kunnassa tuotetun sähkön määrä. Lappeenrannan Energia Oy:n sähkön tuotanto vuonna 2004 oli 280 GWh kokonaiskulutuksen ollessa 581 GWh. Näin ollen Lappeenrannan Energia Oy osti sähköä 301 GWh:n verran.

UPM Kymmene Kaukas Oyj osti sähköä vuonna 2004 616 GWh (UPM-Kymmene Oyj Kaukas 2004, s. 10). Ihalaisen teollisuusalueella Nordkalk Oyj hallinnoi ostosähköä, jonka määrä vuonna 2004 oli 254,8 GWh (Kälvälä 2007). Tästä Paroc Oy Ab Lappeenrannan vuorivillatehtaan 23,5 GWh sekä Nordkalk Oyj:n yhdessä tytäryhtiö Suomen Karbonaatti Oy:n kanssa 185,0 GWh. Finnsementti Oy:n osuus Ihalaisen teollisuusalueen ostosähköstä oli 46,3 GWh. Finnsementti Oy ostaa ostosähkönsä itse.

Yhteensä sähköä on ostettu kulutukseen siis 1 171,8 GWh. Kun tähän lisätään vielä sähkön siirto- ja jakeluhäviöt 116,1 GWh, saadaan ostosähkön kokonaismääräksi 1 287,9 GWh. Sähkön siirto- ja jakeluhäviöt on laskettu KASVENER-ohjelmalla.

4.2.5 Rakennusten erillislämmitys

Rakennusten erillislämmityksen polttoaineiden kulutustiedot on saatu kertomalla lämmitysaineittain jaoteltu rakennusten kerrosala kunkin polttoaineen ominaiskulutuskertoimella (taulukko 11). Tiedot on saatu Tilastokeskukselta henkilökohtaisena tiedonantona (Hermiö 2007, Aalto 2007). Keskimääräiset ominaiskulutuskertoimet on laskettu Tilastokeskuksen kehittämän rakennusten lämmitysenergian laskentamallin tilastojen perusteella (Aalto 2007). Kertoimia voidaan pitää suuntaa antavina.

Taulukko 11. Lappeenrannan alueen rakennusten energian kulutus vuonna 2004

Kaikki rakennukset yhteensä (pl. teollisuus-rakennukset)	**Kauko- tai aluelämpö**	**Öljy, kaasu**	**Sähkö**	**Kivihiili**	**Puu, turve**	**Muu**
Kerrosala, 1 000 m^2	2649396	468086	430389	23154	215813	131740
Ominaiskulutuskerroin, kWh / m^2	172	212	146	187	249	154
Ominaiskulutus, GWh	**456**	**99**	**63**	**4**	**54**	**20**

Rakennusten erillislämmityksen laskennassa ei oteta huomioon teollisuusrakennuksia, sillä ne sisältyvät teollisuuden energiankulutuksen lukuihin. Erillislämmitykseen eivät myöskään kuulu kaukolämmöllä ja sähköllä lämmitettävät rakennukset. Muu -sarake tarkoittaa lämpöpumpulla lämmitettäviä rakennuksia (Aalto 2007). Lämpöpumppulämmitys tuotti hyötyenergiaa 20,3 GWh vuonna 2004.

Laskennassa maakaasu ja kevyt polttoöljy on syötetty lähtötietojen perusteella KASVENERissa kevyen polttoöljyn sarakkeeseen. Puu ja turve on KASVENERissa syötetty ”muu puu” -sarakkeeseen. Rakennusten erillislämmityksen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2004 yhteensä 28 400 t CO_2-ekv (taulukko 12). Hyötyenergian määrä on laskettu käyttämällä KASVENER-ohjelman ohje-taulussa annettuja hyötysuhteen kertoimia.

Taulukko 12. Lappeenrannan kaupungin alueen rakennusten erillislämmityksen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Kivihiili	**Öljy, kaasu**	**Puu, turve**	**Yhteensä**
Polttoaineiden käyttö, GWh	4,3	99,1	53,7	157,2
Hyötyenergia, GWh	2,9	67,6	36,6	107,2
Hyötysuhde, %	68,2	68,2	68,2	68,2
CO_2, 1 000 t	1,5	26,3	0,0	27,8
CH_4, t	0,8	1,8	9,7	12,2
N_2O, t	0,1	0,7	0,4	1,2
CO, t	3,1	7,1	406,3	416,5
Hiukkaset, t	6,2	2,5	77,4	86,1
SO_2, t	9,8	25,0	3,9	38,6
NO_x, t	1,6	28,5	19,3	49,4
Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.	**1,7**	**26,7**	**0,0**	**28,4**

4.2.6 Yhteenveto energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöistä

Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöt voidaan jakaa tuotanto- ja kulutusperusteisiin päästöihin niiden syntymekanismien mukaan. Lappeenrannan energiankäytön tuotantoperusteinen primäärienergian kulutus sekä kasvihuonekaasupäästöt on esitetty taulukossa 13. Vuonna 2004 Lappeenrannan kaupungin alueen energiantuotannossa käytettiin energiaa yhteensä 5 021,8 GWh ja kasvihuonekaasupäästöjä syntyi 683 400 t CO_2-ekv.

Taulukko 13. Lappeenrannan kaupungin alueen energiankäytön tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Kaukolämpö-voimalaitokset	**Prosessivoima-laitokset**	**Kaukolämpö-laitokset**	**Muu teollisuus**	**Rakennusten erillislämmitys**	**Yhteensä**
Primäärienergia, GWh	700,8	3 910,0	86,2	217,6	107,2	5 021,8
CO_2, 1 000 t	187,2	136,8	22,1	297,3	27,8	671,2
CH_4, t	3,4	23,9	0,4	10,9	12,2	50,8
N_2O, t	3,4	19,3	0,5	11,5	1,2	35,9
CO, t	68,4	1 713,2	7,4	222,5	416,5	2 428
Hiukkaset, t	0,0	165,9	0,6	342,0	86,1	594,6
SO_2, t	0,0	213,9	6,4	1 132,9	38,6	1 391,8
NO_x, t	273,5	1 046,6	28,7	531,6	49,4	1 929,8
Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.	**188,4**	**143,3**	**22,2**	**301,1**	**28,4**	**683,4**

Energian kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt Lappeenrannassa vuonna 2004 on esitetty taulukossa 14. Kulutusperusteiset päästöt olivat 762 500 t CO_2-ekv. ja primäärienergian kulutus 9 680 GWh.

Taulukko 14. Lappeenrannan energian kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Rakennusten lämmitys	**Muu poltto-aineiden käyttö**	**Muu sähkönkäyttö**	**Yhteensä**
Primäärienergia, GWh	1 373,1	5 241,6	3 065,3	9 680
CO_2, 1 000 t	169,8	443,1	136,5	749,5
CH_4, t	15,4	33,0	5,3	53,7
N_2O, t	4,3	29,2	5,0	38,6
CO, t	513,4	1 748,7	273,5	2 535,6
Hiukkaset, t	92,0	518,4	25,8	636,3
SO_2, t	58,3	1 345,0	64,9	1 468,2
NO_x, t	278,7	1 457,2	323,1	2 058,9
Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.	**171,5**	**452,9**	**138,2**	**762,5**

4.3 Tuotantoprosessit

Teollisuuden prosessipäästöjen kehitykseen vaikuttavat lähinnä tuotannon muutokset. Päästöt ovat riippuvaisia raaka-aineiden käytöstä tai valmistusmääristä. Teollisuusprosessien aiheuttamat päästöt eivät ole juurikaan vaihdelleet 1990-luvulla. Suurin muutos suomalaisen teollisuuden päästöissä on ollut F-kaasupäästöissä, joiden määrä on jopa kahdeksankertaistunut vuodesta 1990 lähtien. F-kaasuilla on korvattu otsonia tuhoavia yhdisteitä monissa kylmä- ja jäähdytyslaitteissa ja sovelluksissa. (Tilastokeskus 2007b, s. 13)

Lappeenrannassa prosessiperäisiä kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavat Ihalaisen teollisuusalueella sijaitsevat Nordkalk Oyj, Paroc Oy Ab Lappeenrannan vuorivillatehdas sekä Finnsementti Oy. Nordkalk Oyj valmistaa Lappeenrannassa rikastusprosessissa erilaisia kalkkikivituotteita sekä kalsinoitumisreaktiolla poltettua kalkkia. Kalsinoitumisessa kalkkikivi ($CaCO_3$) hajoaa kalsiumoksidiksi eli poltetuksi kalkiksi (CaO) ja hiilidioksidiksi (CO_2). (Nordkalk Oyj 2007)

Sementin valmistuksen pääraaka-aine on kalkkikivi. Kiertouunissa kalkki-, pii-, alumiini- ja rautayhdisteet muuttuvat kalsiumyhdisteiksi ja sintraantuvat sementtiklinkkeriksi. Klinkkerin poltossa syntyy huomattava määrä hiilidioksidia. Suurin osa tästä hiilidioksidista on peräisin kalkkikiven hajoamisesta kemiallisessa (kalsinoitumis)reaktiossa. (Finnsementti Oy 2007a & 2007b) Vuorivillan valmistuksessa käytettävä dolomiittikalkkikivi reagoi valmistusprosessissa kalkkikiven tavoin.

Vuonna 2004 Nordkalk Oyj tuotti poltettua kalkkia yhteensä 55 080 tonnia (Bergbacka 2007). Paroc Oy Ab Lappeenrannan vuorivillatehdas käytti tuotannossaan dolomiittikalkkikiveä 13 200 tonnia (Ratilainen 2007). Finnsementti Oy:n sementin-tuotanto oli puolestaan 400 979 tonnia, johon käytettiin 507 454 tonnia kalkkikiveä (Hänninen 2007). Tuotantoprosessien aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt on laskettu KASVENER-ohjelmalla poltetun kalkin tuotantomäärästä sekä sementin ja vuorivillan tuotannossa käytetyn kalkkikiven määrästä. Tulokset on esitelty taulukossa 15.

Taulukko 15. Lappeenrannan tuotantoprosessien kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Nordkalk Oyj	**Finnsementti Oy**	**Paroc Oy Ab**
Tuotanto / kalkkikiven käyttö, t	55 080	507 454	13 200
CO_2, 1 000 t	41,0	209,9	5,9
Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.	**257**		

Lappeenrannan kaupungin alueella toimivien prosessiperäisiä kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavien teollisuuslaitosten päästöt ovat voimakkaasti sidoksissa vuotuiseen tuotantoon. Myös seurantajaksolla päästöt ovat vaihdelleet eri vuosina. Päästöjä pystytään osaltaan rajoittamaan tehostamalla prosessia, mutta esimerkiksi raaka-aineen vaihto tai kehittäminen ei liene mahdollista.

Hendriksenin et al. (1999, Savolainen et al. 2001, s. 143, 144 mukaan) listaamia mahdollisia keinoja vähentää sementin valmistuksessa käytettävästä kalkkikivestä aiheutuvia päästöjä ovat lisäaineiden käytön kasvattaminen, jolloin kalkkikivestä valmistettavaa klinkkeriä tarvitaan vähemmän, vaihtoehtoiset sementtilaadut sekä pidemmällä aikavälillä hiilidioksidin talteenotto savukaasuista.

Paroc Oy Ab Lappeenrannan Vuorivillatehdas on leikannut omia päästöjään ottamalla biokaasun pääpolttoaineekseen. Vuonna 2004 yritys käytti lakkautetulta Toikansuon kaatopaikalta johdettua biokaasua 710 000 m^3 eli 3,5 GWh (Ratilainen 2007). Yrityksellä on käytössään yhdistetty poltin, joka ottaa käyttöön maakaasun silloin, kun biokaasuputken paine kaatopaikalta laitokselle laskee liian alhaiseksi. Ratilaisen mukaan laitos voisi toimia kokonaan biokaasulla, mikäli kaasuputken paine saataisiin nostettua riittävän korkeaksi. Tämä vaatii yrityksen ja kunnan välistä yhteistyötä.

4.4 Liikenne

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2005 noin viidennes kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (14.1 Milj. t CO_2-ekvivalenttia). Suomessa päästöjen kasvu on ollut maltillisempaa kuin monessa muussa teollisuusmaassa. Tähän on saattanut vaikuttaa 1990-luvun alkupuolen lama. (Tilastokeskus 2007b, s. 12)

Lappeenrannan kaupungin osalta on tarkisteltu maantie- ja ilmaliikennettä vuoden 2004 tiedoilla ja vesiliikennettä vuoden 2005 tiedoilla. Yksityiskohtaiset liikennetiedot näkyvät liitteessä 1. Ajosuoritetiedot ovat vain maantieliikenteen osalta. Rautatieliikenteestä ei ollut saatavilla kuntakohtaisia tietoja, joten se on jätetty laskennan ulkopuolelle. Laskennan tulokset näkyvät taulukossa 16.

Taulukko 16. Lappeenrannan alueen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

Päästö, t	**Maantieliikenne**	**Vesiliikenne**	**Ilmaliikenne**	**Yhteensä**
Polttoaineiden käyttö, GWh	436,6	3,0	1,6	441,2
Ajosuorite, milj. km	439,2			439,2
CO_2, 1 000 t	112,2	0,8	0,6	113,6
CH_4	16,0	0,0	0,0	16,0
N_2O	15,5	0,0	0,0	15,5
CO	2 061,8	1,2	10,6	2 073,6
Hiukkaset	28,9	0,4	0,0	29,3
SO_2	0,8	5,3	0,1	6,2
NO_x	572,5	14,4	1,8	588,7
Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.	**117,4**	**1,4**		**118,8**

4.5 Maa- ja karjatalous

Maa- ja karjataloussektorin päästöihin luetaan mukaan N_2O- ja CH_4-päästöt eläinten ruuansulatuksesta, lannankäsittelystä sekä peltojen viljelystä. Maataloussektorin osuus Suomen kokonaispäästöistä on ollut viime vuosina noin 6-8 prosenttia. Suurin osa maataloussektorin päästöistä on peltojen viljelyn suoria ja epäsuoria N_2O-päästöjä. Suoriin päästöihin luetaan peltojen lannoituksen (synteettiset lannoitteet) ja lannan ja lietelannan levityksen päästöt, typpeä sitovien viljelykasvien päästöt ja pelloille hajoavien kasvintähteiden päästöt sekä turvepeltojen viljelyn päästöt. Lisäksi epäsuorina N_2O-päästöinä raportoidaan ilmakehän typpilaskeuman päästöt sekä typen huuhtoutumisesta vesistöihin aiheutuvat N_2O-päästöt. (Tilastokeskus 2007b, s. 15)

Suomen maa- ja karjataloussektorin päästöt ovat vähentyneet maatalouden rakennemuutoksen myötä, minkä seurauksena tilakoot ovat kasvaneet, mutta eläinmäärät vähentyneet. Eläinmäärien lasku on näkynyt sekä vähentyneinä eläinten ruuansulatuksen metaanipäästöinä että vähentyneinä lannankäsittelyn N_2O-päästöinä. Samoin lietelantaloiden lisääntyminen on vähentänyt lannankäsittelyn päästöjä Suomessa. (Tilastokeskus 2007b, s. 15, 16)

Maa- ja karjatalouden tiedot eläinmääristä ja viljelyaloista on saatu Lappeenrannan kaupungin ympäristötoimelta henkilökohtaisena tiedonantona (Piutunen 2007). Ryhmien jaottelua on yksinkertaistettu ja yhdistelty KASVENER-ohjelman syöttötauluihin sopivaksi (Liite 2). Taulukossa 17 näkyvät Lappeenrannan kunnan alueen maa- ja karjatalouden eläinmäärät ja pinta-alat sekä niiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt.

Taulukko 17. Lappeenrannan maa- ja karjatalouden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

	Määrät	**CH_4, t**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.**
Viljelyala, ha	4 432		48,6	15,1
Eläimet, kpl	67 635	464,7	7,9	12,2
Yhteensä		**464,7**	**56,5**	**27,3**

4.6 Jätehuolto

4.6.1 Kiinteät jätteet

Jätesektorin päästöt kokonaisuudessaan ovat vähentyneet selkeästi 1990-luvun alkuvuosiin verrattuna. Vuonna 1994 astui voimaan uusi jätelaki, jonka seurauksena kaatopaikkojen kasvihuonekaasupäästöt vähenivät. Jätelaki on vähentänyt kaatopaikoille menevää jätemäärää edistämällä kierrätystä ja jätemateriaalin uusio- ja energiakäyttöä. Myös kaatopaikkakaasun talteenotto on lisääntynyt merkittävästi vuoden 1990 jälkeen. Nykyisin saadaan talteen lähes kolmasosa kaatopaikoilla syntyvästä metaanista. Myös 1990-luvun alkupuoliskon lama vähensi yleisesti kulutusta ja syntyviä jätemääriä. (Tilastokeskus 2007b, s. 18)

Lappeenrannan kaupungin alueen kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa kolme kaatopaikkaa. Kaatopaikalle loppusijoitetut jätteet vaikuttavat kunnan kasvihuonekaasupäästötaseeseen riippumatta siitä, sijoitetaanko jätteet jonkin toisen kunnan alueelle. Lappeenrannan kaupungin alueella tuotetulle yhdyskuntajätteelle osoitettu kaatopaikka on Etelä-Karjalan Jätehuoltoyhtiön Kukkuroinmäen kaatopaikka, joka sijaitsee Joutsenon kunnassa. Teollisuuden kaatopaikat ovat UPM Kymmene Kaukas Oy:n Tuosan kaatopaikka sekä Partek Paroc Oy:n tehdasalueen kaatopaikka, jotka sijaitsevat Lappeenrannan kaupungin alueella.

Alueella on lakkautettu vanha Toikansuon yhdyskuntajätteen kaatopaikka vuoden 2001 lopussa. Suljetun kaatopaikan rakenteista kehittyy anaerobisen hajoamisprosessin tuloksena metaania, joka vapautuu ilmakehään. Laskennassa suljetun kaatopaikan kasvihuonekaasutase on rajattu ulkopuolelle.

KASVENER-ohjelmalla lasketaan erikseen loppusijoitettavien ja kompostoitavien jätteiden kasvihuonekaasupäästöt. Etelä-Karjalan Jätehuoltoyhtiöltä saatuja tietoja (Villanen 2007) on yhdistelty sopimaan KASVENER-ohjelman sarakkeisiin Villasen ohjeiden mukaan. Taulukossa 18 on nähtävillä jätejakeiden jaottelu, määrä tonneissa sekä niiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt vuodelta 2004.

Taulukko 18. Lappeenrannan kaupungin alueella tuotettujen kiinteiden jätteiden määrät ja kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

Jätejae		**Jätemäärä, t**	**CH_4, t**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt (1 000 t CO_2-ekv.)**
Kaatopaikka					4,6
	Yhdyskuntajäte	11 722	193,7	0,0	
	Rakennusjäte	1 867	4,8	0,0	
	Teollisuusjäte	50 356	19,3	0,0	
Kompostointi					6,6
	Biojäte, yhdyskunnat	4 144	19,9	1,5	
	Biojäte, kotikompostointi	34	0,2	0,0	
	Biojäte, teollisuus	1 328	6,4	0,5	
	Jätevesiliete, yhdyskunta	8 597	111,8	6,7	
	Jätevesiliete, teollisuus	2 076	24,9	1,5	
Yhteensä		**80 126**	**380,9**	**10,2**	**11,2**

4.6.2 Jätevedet

Toikansuon jätevedenpuhdistamolla käsitellään kaikki Lappeenrannan kaupungin asemakaavoitetuilta alueilta koottavat jätevedet, sekä Lemin ja Taipalsaaren kuntien viemäröintialueen jätevedet. Nuijamaan ja Vainikkalan taajamien jätevedet puhdistetaan paikallisissa pienpuhdistamoissa, sekä Muukossa teollisuusalueella sijaitsevassa lammikkopuhdistamossa. (Moisio 2007, Lappeenrannan kaupunki 2005a) Laskennassa pienpuhdistamoiden osuus koko jätevedenpuhdistuksen kasvihuonekaasupäästöistä jää niin pieneksi, ettei osuutta ole eritelty (Taulukko 19).

Taulukko 19. Lappeenrannan jätevesihuollon kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

		Jätevesikuorma, t
Yhdyskuntien jätevedet		
	BOD_7 tuleva	2 105
	N vesistöön	125
	CH_4	60,6
	N_2O	2,8
Teollisuuden jätevedet		
	COD tuleva	12 775
	N vesistöön	200
	CH_4	16,0
	N_2O	3,1
Kasvihuonekaasut, 1 000 t CO_2-ekv.		**3,5**

4.7 Luonnon kasvihuonekaasulähteet ja -nielut

4.7.1 Luonnon kasvihuonekaasulähteiden ja -nielujen erityispiirteet

Nieluilla tarkoitetaan kasvihuonekaasujen sitoutumista ilmakehästä hiilivarastoihin esim. biomassaan. Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous -sektori (LULUCF, Land Use, Land Use Changes and Forestry) on ollut Suomessa selkeästi hiilinielu, mutta se tuottaa myös merkittäviä päästöjä. Suurimmat päästöt raportoidaan ojitettujen turvemaiden maaperästä sekä metsistä että maatalousmailta. Myös ruohikkoalueilta on raportoitu merkittäviä päästöjä. Suomessa ruohikkoalueisiin luetaan yli 5-vuotiaat nurmet ja laitumet sekä hylätyt metsittymässä olevat pellot, jotka eivät ole vielä muuttuneet metsiksi. Lisäksi vähäisempiä päästöjä tulee turvetuotantoalueilta, metsäpaloista, metsien typpilannoituksesta sekä viljelysmaiden kalkituksesta. (Tilastokeskus 2007b, s. 17)

Kuntatason kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli KASVENER ei laske luonnon kasvihuonekaasupäästöjä ja -nieluja, joten ne on laskettu käsin käyttämällä kirjallisuudesta löytyneitä päästö- ja nielukertoimia. Lähtötiedot metsien, soiden ja vesistöjen pinta-aloihin on saatu henkilökohtaisina tiedonantoina.

4.7.2 Metsät

Hiiltä on metsissä sitoutunut puustoon, pintakasvillisuuteen ja maahan. Suurin osa hiilestä on karikkeessa, humuksessa sekä humuskerroksen alla kivennäismaassa, lisäksi soilla turpeessa. Puustossa hiiltä on eniten runkopuussa, huomattava määrä myös juurissa, vähemmän oksissa ja lehdissä tai neulasissa. Pintakasvillisuuden osuus metsäekosysteemin hiilivaroista on pieni. (Kellomäki 1996, s. 97, 98)

Suomen maapinta-ala jaetaan maaluokkiin käyttötarkoituksensa perusteella. Metsätalousmaaksi luokitellaan maa, joka ei ole maatalousmaata tai rakennettua maata yms. Metsätalousmaa sisältää puuntuotantoon käytettävissä olevan maan lisäksi suojelualueet, joita ei käytetä puuntuotantoon. Muu maa on metsätalousmaahan kuulumatonta maata, jonka maaluokkia ovat maatalousmaa, rakennettu maa, liikenneväylät ja voimansiirtolinjat. (Peltola et al. 2006, s. 36)

Taulukossa 20 on esitetty Lappeenrannan metsätalousmaan pinta-ala vuonna 2004 metsätyypeittäin jaoteltuna metsä-, kitu- ja joutomaahan (Weckroth 2007). Lappeenrannassa on puuntuotannon ulkopuolelle jääviä luonnonsuojelulain mukaisia suojelualueita yhteensä 377 ha ja suojeluohjelmien mukaisia suojelualueita 522 ha. Metsätalousmaan kokonaispinta-ala on 54 300 ha.

Taulukko 20. Lappeenrannan metsä-ala (ha) vuonna 2004

Omistaja	Metsämaa	Kitumaa	Joutomaa	Metsätalousmaa yhteensä	Kokonais-maa-ala	Metsä-%
Yksityiset, kunnat, srk	49 500	300	500	50 300		
Yhtiöt ja metsähallitus	4 000	0	0	4 000		
Yhteensä	**53 500**	**300**	**500**	**54 300**	**76 000**	**71**

Metsäntutkimuslaitos METLA:n toteuttamassa valtakunnan metsien kymmenennessä inventoinnissa (VMI10) Kaakkois-Suomen metsien keskimääräinen kasvu oli 7,1 m^3/ha/a (Taulukko 21) (MetInfo 2007). Käyttämällä koko metsäkeskuksen keskimääräistä kasvua Lappeenrannan alueella Lappeenrannan puuston kokonaiskasvuksi saadaan 385 530 m^3.

Taulukko 21. Puuston kasvu puuntuotannon metsä- ja kitumaalla Kaakkois-Suomessa VMI10 mukaan

Puulaji	Metsämaa			Kitumaa			Metsä- ja kitumaa yht.		
	m^3/ha/a	1 000 m^3/a	%	m^3/ha/a	1 000 m^3/a	%	m^3/ha/a	1 000 m^3/a	%
Mänty	3,1	2 380	43,0	1,2	12	76,3	3,0	2 393	43,1
Kuusi	2,6	2 006	36,2	0,0	0	2,1	2,6	2 006	36,1
Koivu	1,1	827	14,9	0,3	3	17,0	1,1	830	14,9
Muu lehtipuu	0,4	329	5,9	0,1	1	4,6	0,4	329	5,9
Yhteensä	**7,2**	**5 541**	**100,0**	**1,5**	**16**	**100,0**	**7,1**	**5 558**	**100,0**

Lappeenrannan markkinahakkuumäärät on esitetty taulukossa 22 (Weckroth 2007). Taulukkoon on merkitty sekä mahdollinen hakkuun määrä että toteutunut hakkuumäärä. Yhteensä Lappeenrannassa toteutettiin markkinahakkuita 298 000 m^3 vuonna 2004.

Taulukko 22. Lappeenrannan markkinahakkuumäärät (1 000 m^3/a) vuonna 2004

Omistaja	**Mänty**		**Kuusi**		**Lehtipuu**		**Yhteensä**	
	Hakkuu-mahd.	Tot.	Hakkuu-mahd.	Tot.	Hakkuu-mahd.	Tot.	Hakkuu-mahd.	Tot.
Yksityiset, kunnat, srk	110		195		23		328	
Yhtiöt ja metsähallitus	16		13		2		31	
Yhteensä	**126**	**93**	**208**	**181**	**25**	**24**	**359**	**298**

Puuston poistuma koostuu hakkuukertymästä (metsästä eri käyttötarkoituksiin hakattu runkopuun määrä), metsään hakkuutähteinä jäävästä runkopuusta (metsähukkapuu) ja luontaisesti kuolleesta, metsään jäävästä runkopuusta (luonnonpoistuma). Hakkuukertymään kuuluu myös kotitarvepuun osuus, mutta se on rajattu tästä laskennasta pois epävarmuustekijöiden vuoksi. Vuosina 1995–2004 hakkuukertymän (eli markkinahakkuumäärän) osuus kokonaispoistumasta oli keskimäärin 88 prosenttia. (Peltola et al. 2006, s. 39). Näin ollen Lappeenrannan puuston kokonaispoistuma on yhteensä 339 000 m^3 ja puuston nettokasvu 46 530 m^3.

Puustoon sitoutuvan hiilen nettomäärä saadaan, kun kasvusta vähennetään hakkuut, luonnonpoistuma ja metsätähde. Nettomäärä vaihtelee vuosittain kasvun ja hakkuiden suhdetta noudattaen. Metsämaassa hiiltä on puustoon verrattuna kaksinkertaisesti. Metsämaan hiilivarasto vaihtelee alueittain. Hiiltä on sitä enemmän, mitä viljavampi on kasvupaikka ja mitä korkeampi on vuoden keskilämpötila. (Kellomäki 1996, s. 100)

Puuston runkotilavuus (m^3) on tässä muunnettu puustobiomassan sisältämäksi hiilimääräksi (t) seuraavilla kertoimilla: mänty 0,3091, kuusi 0,3715 ja lehtipuut 0,4152. 1 kg hiiltä vastaa 3,67 kg hiilidioksidia. (Peltola et al. 2006, s. 74) Puustoon sitoutuvan hiilen laskennassa käytetään eri puulajien keskiarvoa 0,3653 t/m^3. Lappeenrannan metsien puiden kasvuun sitoutuu hiiltä siis 16 997,4 t, mikä vastaa 62 380,5 t CO_2.

Luonnontilaisessa metsäekosysteemissä typpi kiertää lähes kokonaan ekosysteemin sisällä. Metsämaan nitrifikaatiota rajoittaa ammoniumin vähäinen saatavuus, jolloin myös dityppioksidia muodostuu vähän. Luonnontilaisten metsämaidemme dityppioksidipäästö onkin vain noin 0,05 - 0,1 kg N_2O/ha/a. Ravinteikkaassa metsämaassa päästö voi olla hakkuuta seuraavana vuotena noin 1 kg/ha/a, mutta laskee sen jälkeen nopeasti. Metsiemme keskimääräiseksi dityppioksidipäästöksi oletetaan 0,1 - 0,3 kg N_2O/ha/a. (Savolainen 1996, s. 186, 188)

Lappeenrannan metsämaan typpioksiduulipäästöjen laskennassa käytetään keskiarvoa 0,2 kg N_2O/ha/a. Metsätalousmaan kokonaispinta-alan ollessa 54 300 ha saadaan Lappeenrannan metsien typpioksiduulipäästöksi 10 860 kg. Saatu luku kerrotaan typpioksiduulin GWP100-kertoimella 310, jolloin typpioksiduulin päästöt ovat 3 366,6 t CO_2-ekv.

Kangasmetsien maaperä toimii ilmakehän metaanin nieluna. Nielun synnyttävät mikrobit, jotka hapettavat metaania hiilidioksidiksi maannoksen pintaosissa. Suomalaisten kangasmetsien metaaninielu on 1 - 3 kg CH_4/ha/a. (Savolainen 1996, s. 188)

Lappeenrannan metsämaan metaaninielun laskennassa käytetään keskiarvoa 2 kg CH_4/ha/a. Metsätalousmaan kokonaispinta-alan ollessa 54 300 ha saadaan Lappeenrannan metsien kokonaismetaaninieluksi 108 600 kg. Kerrottuna metaanin GWP100-kertoimella 21 saadaan metaanin nieluksi 2 280,6 t CO_2-ekv.

Lappeenrannan metsien kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut vuonna 2004 on esitetty taulukossa 23. Negatiivinen etumerkki tarkoittaa nettonielua, positiivinen puolestaan nettopäästöä. Lappeenrannan metsien kokonaisnieluvaikutus on 61 294,5 t CO_2-ekv.

Taulukko 23. Lappeenrannan metsien kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut vuonna 2004

Yhdiste	Kasvihuonekaasupäästöt, t CO_2-ekv.
CO_2	- 62 380,5
N_2O	+ 3 366,6
CH_4	- 2 280,6
Yhteensä	**- 61 294,5**

4.7.3 Suot

Pohjoisiin soihin on arvioitu sitoutuneen noin 60 % ilmakehän hiilivarastosta ja kolmasosa maaperään sitoutuneesta kokonaishiilimäärästä. Boreaalisilla soilla nettoperustuotanto on pienempi kuin useimmissa muissa ekosysteemeissä, vedenpinta on jatkuvasti suopinnan lähellä, maa on suurimmaksi osaksi hapetonta ja hajotustoiminta on hidasta. Tästä seuraa, että kasvillisuuden nettoperustuotanto on hajotusta suurempi ja ilmakehästä sitoutuu hiiltä turpeeseen. Hiilen kerrostumisnopeus vaihtelee suon alueellisen sijainnin, iän ja suotyypin mukaan. (Crill et al. 2000, s. 9, 12)

Veden kyllästämässä hapettomassa turvekerroksessa hajotusprosessit ovat hitaita ja suuri osa hajoavasta hiilestä vapautuu ilmakehään metaanina. Metaania muodostuu hapettomissa turvekerroksissa elävien metanogeenisten bakteerien hajotustuotteena orgaanisesta tai kaasumaisesta hiilestä. Suot voivat alkuvaiheessaan toimia metaanipumppuina muuttaen ilmakehän hiilidioksidia metaaniksi. Kun suo kasvaa paksuutta, sidotun hiilidioksidin osuus suhteessa vapautuvaan metaaniin kasvaa. (Crill et al. 2000 s. 13)

Luonnontilaiset suot kerryttävät hiilidioksidia turpeeseen keskimäärin 75,3 $g/m^2/a$. Metaania vapautuu soista keskimäärin 13,5 $g/m^2/a$. Typpioksiduulipäästöt luonnontilaisilta soilta ovat pieniä, keskimäärin vain noin 0,005 $g/m^2/a$. Luvut ovat pinta-alalla painotettuja keskiarvoja vuodelle 2000. (Crill et al. 2000, s. 20)

Metsäojitettujen soiden arvioidaan kerryttävän hiilidioksidia 164,4 g/m^2/a. Metaanin päästöt ovat keskimäärin 1,6 g/m^2/a, typpioksiduulin puolestaan 0,124 g/m^2/a. (Crill et al. 2000, s. 21)

Lappeenrannan suomaat on esitetty suotyypeittäin taulukossa 24. Suopinta-ala on yhteensä 8 350,3 hehtaaria, mikä poikkeaa merkittävästi aiemmassa laskennassa esitetystä 5 090 hehtaarista (Liponen 2001, s. 31). Kyseinen tieto on vuodelta 1981, ja siinä on mukana yli 20 hehtaarin suuruisten ns. geologisten soiden pinta-ala. Tässä laskennassa soiden kokonaispinta-alassa otetaan huomioon myös turvemaalla sijaitsevat metsämaat avosoiden ja turvetuotantomaiden lisäksi (Laine 2007). Luvut on saatu Suomen ympäristökeskuksen Corine2000-aineistosta (Törrönen 2007). Työssä asetetaan oletus, että turvemaalla sijaitsevat metsät ovat metsäojitettuja. Tämä arvio lienee oikeansuuntainen.

Taulukko 24. Lappeenrannan suomaat suotyypeittäin vuonna 2006

Suotyyppi		**Pinta-ala, ha**
Luonnontilainen suo		**1 058,8**
	Sisämaan kosteikot maalla	13,8
	Sisämaan kosteikot vedessä	303,4
	Avosuot	741,6
Metsäojitettu suo		**7 291,5**
	Lehtimetsät turvemaalla	407,6
	Havumetsät turvemaalla	4405,5
	Sekametsät turvemaalla	2387,1
	Turvetuotantoalueet	91,3
Yhteensä		**8 350,3**

Edellä esitettyjen kertoimien ja pinta-alojen perusteella lasketut Lappeenrannan soiden metaanin ja typpioksiduulin päästöt kerrotaan näiden kaasujen GWP100-kertoimella kaasujen yhteismitallistamiseksi. Ympäristöministeriön (2003, s. 8) mukaan metaanin GWP100-kerroin on 21 ja typpioksiduulin 310. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 25. Negatiivinen luku merkitsee nieluvaikutusta, positiivinen puolestaan päästövaikutusta.

Taulukko 25. Lappeenrannan soiden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

Suotyyppi	**CO_2, t**	**CH_4**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt (t CO_2-ekv.)**
Luonnontilainen suo	- 797,3	+ 142,9	+ 0,05	+ 2 219,1
Metsäojitettu suo	- 11987,2	+ 116,7	+ 9,0	- 6 746,5
Yhteensä	**- 12 784,5**	**+ 259,6**	**+ 9,05**	**- 4 527,4**

4.7.4 Vesistöt

Vesiekosysteemeihin sitoutuu hiiltä levien, synobakteerien (”sinilevät”) ja vesikasvillisuuden perustuotannossa. Hiilidioksidia sitoutuu myös bakteeritoiminnassa, mutta tällöin ei ole kyse perustuotannosta. Osa orgaanisesta hiilestä vapautuu hajotuksessa, osa poistuu järvialtaasta menovirtaaman matkassa ja osa sedimentoituu. Sedimentoituminen on altaan pitkäaikaista hiilen nettosidontaa. Myös virtaamien mukana poistuvasta aineksesta osa sedimentoituu myöhemmin alapuolisiin vesistöihin. (Savolainen 1996, s. 189)

Hyväkuntoisissakin vesistöissä vain sedimentin pintaosa on hapellinen. Hapettomassa sedimentissä orgaanisen aineksen hajotessa muodostuu hiilidioksidin ohella metaania. Sen tuottonopeus riippuu hajoavan aineen laadusta ja määrästä sekä vesistön happitilanteesta. Vesiprofiilin säilyessä hapellisena osa sedimentissä syntyvästä metaanista hapettuu, erityisesti sedimentin hapellisessa pintaosassa. Mikäli metaania muodostuu runsaasti, kupliminen voi vastata pääosasta metaanipäästöjä. Metaanin tuotto ei rajoitu avovesikauteen, vaan kaasua voi syntyä myös talvella jään alla. Mahdollinen hapen loppuminen vesiprofiilista edistää talvikautista metaanin tuottoa. Kasvillisuudeltaan rikkailla rantavyöhykkeillä ja matalissa vesistöissä on hyvät edellytykset metaanin synnylle. Monet vesikasvit johtavat myös solukoissaan kaasuja sedimentistä tehostaen näin päästöjä, sillä kasvisolukoissa kulkeva metaani on suojassa hapetukselta. (Savolainen 1996, s. 189)

Savolainen (1996, s. 190) on tutkinut eräiden suomalaisten vesiekosysteemeiden metaanipäästöjä (Taulukko 26). Tästä saadaan vesistöjen keskimääräiseksi metaanipäästöksi 30 g $CH_4/m^2/a$. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa järvien vuosisedimentaation vaihteluväli puolestaan on ollut 7-66 g $C/m^2/a$ (Savolainen 1996, s. 191) eli keskimäärin 36,5 g $C/m^2/a$.

Taulukko 26. Eräiden suomalaisten vesiekosysteemeiden metaanipäästöt (Savolainen 1996, s. 190)

Ekosysteemi	**mg $CH_4/m^2/d$**	**Arvioitu kasvukauden päästö, g CH_4/m^2**
Pääjärvi, Lammi kortevyöhyke	 10 – 800	 43
Mekrijärvi, Ilomantsi oligotrofiset rantakosteikot	 0 – 200	 2 – 10
Heposelkä, Siikasalmi järviruokovyöhyke mesotrofiset rantakosteikot	 200 – 600 100 – 300	 75 30
Lokan tekojärvi 1994 avovesialue	 6 – 1 100	 20 – 120

Vesiekosysteemit ovat myös dityppioksidin lähteitä. Alustavien tulosten mukaan Suomen sisävesissä näiden päästöjen ilmastollinen merkitys on kuitenkin metaaniin verrattuna pieni. (Savolainen 1996, s. 191) Dityppioksidin päästöistä ei ole saatavilla luotettavia kertoimia, ja niinpä tässä työssä dityppioksidin päästöt on rajattu laskennan ulkopuolelle.

Lappeenrannan kaupungin alueen vesistöjen pinta-alatiedot on saatu Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksesta henkilökohtaisena tiedonantona (Taulukko 27). Tiedot on poimittu Ympäristötiedon hallintajärjestelmä HERTAN Slices-maankäyttöaineistosta (Törrönen 2007). Yhteensä Lappeenrannan vesistöjen pinta-ala on 8760,26 hehtaaria.

Taulukko 27. Lappeenrannan vesistöpinta-ala luokittain

Vesistöluokka	Pinta-ala, ha
Säännöstelemättömät luonnonvedet	7925,94
Säännöstellyt luonnonvedet	669,19
Säännöstelemättömät muut vedet	165,13
Säännöstellyt muut vedet	0
Merialueet	0
Yhteensä	**8760,26**

Törrösen (2007) mukaan Kaakkois-Suomen alueella ei ole laadittu metaanipäästö- tai sedimentin hiilen sitoutumisarvioita. Vesistöjen kasvillisuusvyöhykkeistä ei myöskään ole kartoitustietoja, sillä olemassa olevat maankäyttöaineistot eivät sisällä vesistöjen kasvillisuusvyöhykkeitä. Järjestelmällisempää tietoa järvien kasvillisuudesta tullaan Törrösen mukaan saamaan osana ekologisen tilan arviointia vuoteen 2015 (-2027) mennessä. Tarkempien tietojen puuttuessa tässä työssä käytetään edellä esitettyjä keskimääräisiä arvioita sedimentoituvan hiilen määrästä sekä metaanipäästöistä.

Lappeenrannan vesistöjen sedimentin hiilikertymäksi saadaan 3 197,5 t, mikä on hiilidioksidiksi muutettuna 11 734,8 t CO_2. Metaanin päästöt puolestaan ovat 2 628,1 t CH_4 eli 55 190,1 t CO_2-ekv. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Lappeenrannan vesistöjen kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut

Päästö	Kasvihuonekaasupäästöt, t CO_2-ekv.
CO_2	- 11 734,8
CH_4	+ 55 190,1
Yhteensä	**+ 43 455,3**

4.7.5 Yhteenveto luonnon kasvihuonekaasulähteistä ja -nieluista

Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasulähteet ja -nielut näkyvät taulukossa 29. Lappeenrannan alueella metsät ja suot toimivat kasvihuonekaasujen nieluna, eli hiilidioksidia sitoutuu niihin enemmän, kuin niistä vapautuu. Soiden nieluvaikutus selittyy ennen kaikkea ojitetun metsäsuon suurella pinta-alalla. Lappeenrannan alueen vesistöt puolestaan ovat kasvihuonekaasujen nettopäästäjiä. Kokonaisuudessaan Lappeenrannan luonnon nieluvaikutus on -23 452,6 t CO_2-ekv.

Taulukko 29. Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasulähteet ja -nielut

	Kasvihuonekaasupäästöt, t CO_2-ekv.
Metsät	- 62 380,5
Suot	- 4 527,4
Vesistöt	+ 43 455,3
Yhteensä	**- 23 452,6**

5 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖ- JA ENERGIATASE VUONNA 2004

5.1 Tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt

Tuotantoperusteisina kasvihuonekaasupäästöinä pidetään päästöjä, jotka ovat syntyneet ihmisen tuotantoprosessien yhteydessä. Tällaisia ovat mm. teollisuuden, energiantuotannon ja liikenteen aiheuttamat päästöt.

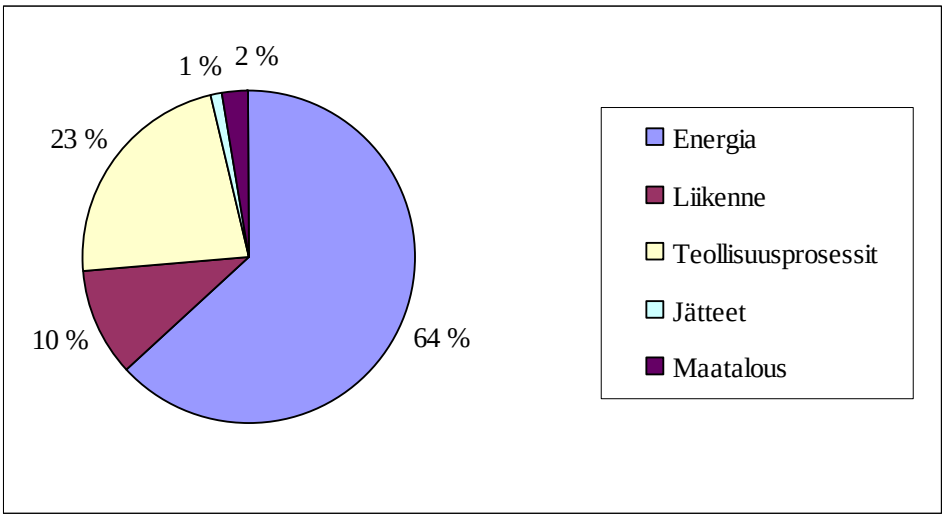
Tuotantoperusteisessa päästöjen laskennassa kuntataso on määritelty kunnan alueellisten rajojen mukaan. Tämän laskentaperiaatteen ainoa poikkeus on jätehuolto, jossa kuntataso on määritelty jätteiden syntypaikan mukaan. Kaatopaikkojen ja jätevesipuhdistamoiden päästöjä ei siis lasketa mallissa näiden laitosten sijaintipaikkojen mukaan. Sen sijaan energiasektorin päästöt lasketaan laitosten sijaintipaikan mukaan. (Petäjä 2007)

Lappeenrannan tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 olivat 1 133 000 t CO_2-ekv (Taulukko 30). Energian päästöihin on tässä lisätty alueen muun tuotantoperusteisen polttoaineen kulutuksen päästöt (mm. maa- ja metsätalous) 32 100 t CO_2-ekv. (vrt. taulukko 13, s. 43).

Taulukko 30. Lappeenrannan tuotantoperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

Päästösektori	**CO_2, 1 000 t**	**CH_4, t**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.**
Energia	702,8	53,0	37,5	715,5
Liikenne	113,6	16,1	15,5	118,7
Teollisuusprosessit	256,8	0,0	0,0	256,8
Jätteet	0,0	457,5	16,2	14,6
Maatalous	0,0	464,7	56,5	27,3
Yhteensä	**1 067,3**	**991,3**	**125,6**	**1 133,0**

Suurin osuus päästöistä muodostuu energiasektorilta, yhteensä 64 %. Toiseksi suurin osatekijä on teollisuuden tuotantoprosessit, josta aiheutuu 23 % tuotantoperusteisista päästöistä (Kuva 5).



Kuva 5. Lappeenrannan tuotantoperusteiset päästöt sektoreittain vuonna 2004

5.2 Kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt

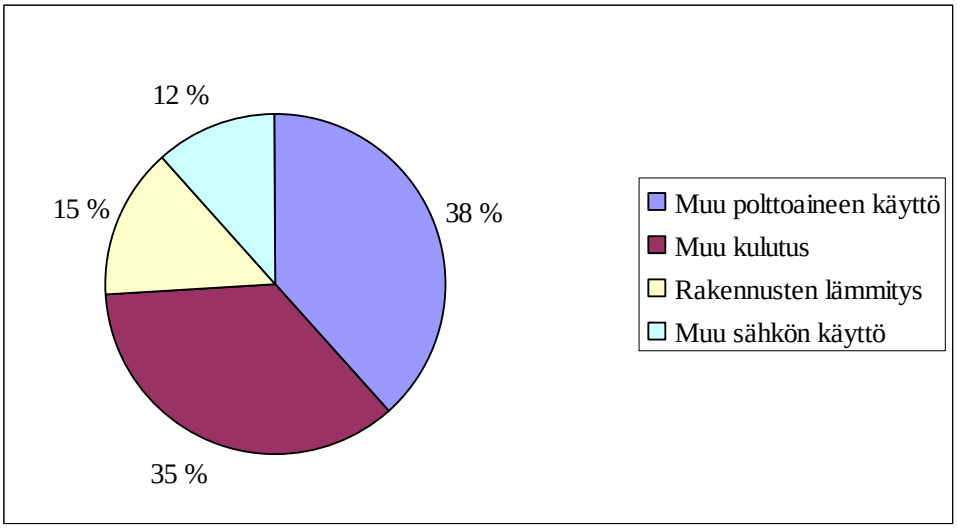
Kulutusperusteiset päästöt kuvaavat kunnan päästömäärää kokonaisuudessaan, sillä siinä lasketaan yhteen kunnan alueen tuotetun ja kulutetun energian aiheuttamat päästöt sekä kunnan alueelle ostetun ostosähkön aiheuttama päästölisäys (Luoma 2007). Kyseessä ovat siis kunnan alueella tavalla tai toisella syntyneet päästöt. Tämän työn kasvihuonekaasupäästöjen laskentaennusteissa sekä toimenpide-ehdotuksissa päästöjen rajoittamiseksi käytetään tästä johtuen kunnan päästöjä kuvaavana lukuna juuri kulutusperusteisten kasvihuonekaasupäästöjen lukuarvoa.

Kulutusperusteisessa päästöjen laskennassa kuntataso on jätehuollon, maatalouden sekä teollisuusprosessien osalta sama kuin tuotantoperusteisessa laskennassa. Liikenteen osalta laskennat ovat samat lukuun ottamatta liikenteen sähkön käyttöä. (Petäjä 2007) Nämä luvut sisältyvät laskennassa kohtaan muu kulutus (Taulukko 31).

Taulukko 31. Lappeenrannan kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

Päästösektori	**CO_2, 1 000 t**	**CH_4, t**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.**
Rakennusten lämmitys	169,8	15,4	4,3	171,5
Muu polttoaineen käyttö	443,1	33,0	29,2	452,9
Muu sähkön käyttö	136,5	5,3	5,0	138,2
Muu kulutus	370,4	938,3	88,2	417,4
Yhteensä	**1 119,9**	**992**	**126,7**	**1 180**

Kuten taulukosta 31 voidaan nähdä, Lappeenrannan kaupungin alueen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 olivat 1 180 000 t CO_2-ekv. Tästä suurimmat osan muodostavat muu polttoaineen käyttö, 38 %, ja muu kulutus, 35 % (Kuva 6).



Kuva 6. Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt sektoreittain vuonna 2004

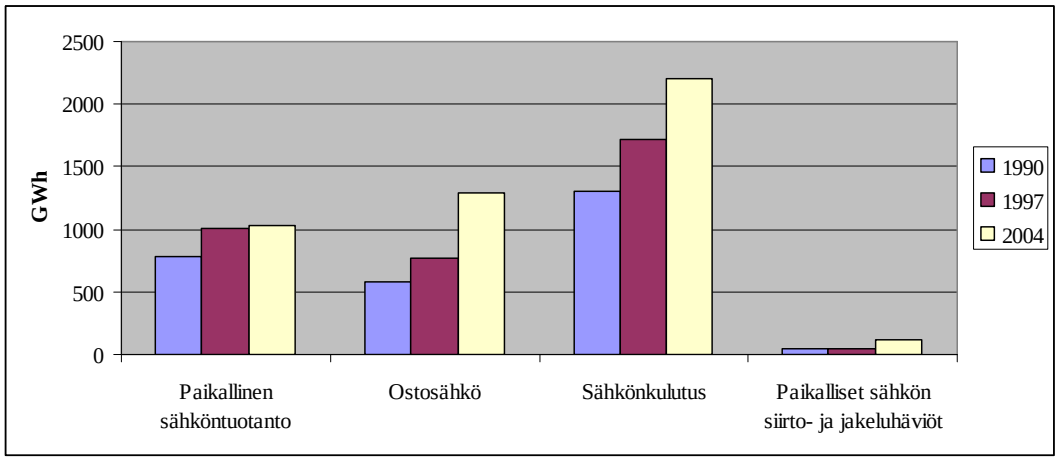
5.3 Energiatase

Lappeenrannan sähkönkulutus on kasvanut merkittävästi edellisen selvityksen (Liponen 2001, s. 38) jälkeen (taulukko 32). Sähkön kulutus vuonna 2004 oli 2 205,8 GWh. Siirto- ja jakeluhäviöiden ollessa 116,1 GWh, saadaan sähkön kokonaiskulutukseksi Lappeenrannassa 2 321,9 GWh.

Taulukko 32. Lappeenrannan sähköntuotanto- ja kulutus eri vuosina, GWh

	1990	**1997**	**2004**
Paikallinen sähköntuotanto	779,8	1 010,0	1 034,0
Ostosähkö	576,2	766,9	1 287,9
Sähkönkulutus	1 305,3	1 713,8	2 205,8
Paikalliset sähkön siirto- ja jakeluhäviöt	50,7	53,1	116,1
Sähkön kokonaiskulutus	**1 356**	**1 777**	**2 321,9**

Sähkön kokonaiskulutus on kasvanut 31 % vuodesta 1997 vuoteen 2004 (Kuva 7). Ostosähkön määrä puolestaan on kasvanut 68 % samana ajanjaksona. Tällä on ollut merkittäviä vaikutuksia Lappeenrannan primäärienergian kulutukseen ja sitä kautta kulutusperusteisiin päästöihin sektorilla muu polttoaineen kulutus.



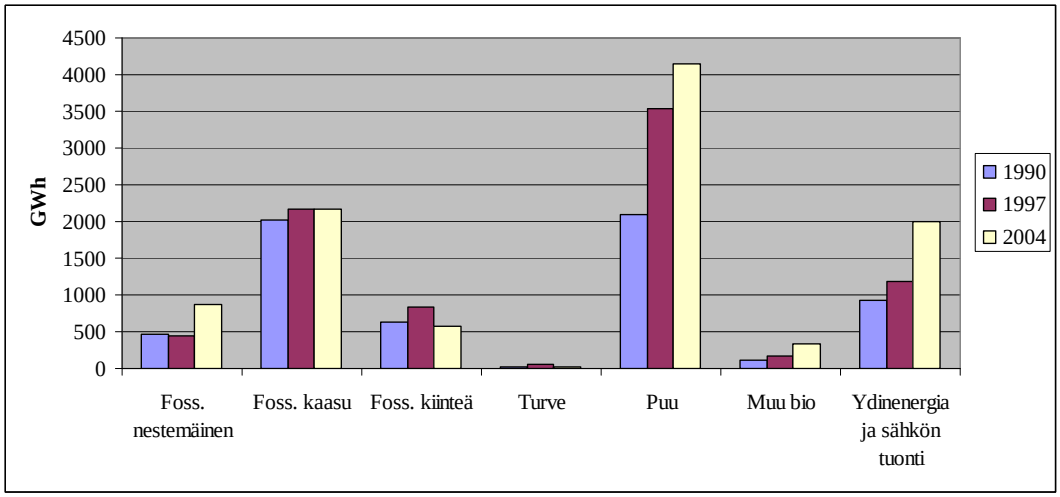
Kuva 7. Lappeenrannan sähkönkulutus eri vuosina, GWh

Lappeenrannassa on tapahtunut merkittävä primäärienergiakannan muutos verrattuna edellisen laskennan tietoihin. Liposen (2001, s. 39) erittelemä primäärienergioiden kulutus on jaoteltu tässä työssä käytetyn KASVENER-version mukaan siten, että raskas ja kevyt polttoöljy sekä bensiini ja dieselöljy on yhdistetty sarakkeeseen ”fossiilinen, nestemäinen”, maakaasu sarakkeeseen ”fossiilinen, kaasu” sekä kivihiili ja koksi sarakkeeseen ”fossiilinen, kiinteä”. Tuotanto- ja kulutusperusteinen primäärienergian kulutus on esitelty taulukossa 33. Kulutusperusteinen primäärienergian kulutus saadaan lisäämällä tuotantoperusteiseen kulutukseen ostosähkön aiheuttama primäärienergian kulutus.

Taulukko 33. Primäärienergioiden kulutus Lappeenrannassa eri vuosina, GWh

Primäärienergia	**Tuotantoperusteinen**			**Kulutusperusteinen**		
	1990	**1997**	**2004**	**1990**	**1997**	**2004**
Fossiilinen, nestemäinen	467,1	438,9	865,5	471,2	442,4	870,5
Fossiilinen, kaasu	2 017,7	2 164,8	2 138,1	2 026,3	2 174,7	2 161,6
Fossiilinen, kiinteä	509,3	563,1	480,4	621,1	838,4	574,8
Turve	0,0	0,0	0,0	15,8	52,0	23,4
Uusiutuvat, puu	2 092,7	3 516,2	4 125,2	2 093,4	3 528,7	4 141,3
Uusiutuvat, muu bio	0,0	0,0	63,5	116,1	159,6	338,3
Ydinenergia ja sähkön tuonti	0,0	0,0	0,0	923,0	1 181,3	1 991
Yhteensä	**5 087**	**6 683**	**7 672,7**	**6 267**	**8 377**	**10 100,9**

Ennen kaikkea kivihiilen, raskaan polttoöljyn ja turpeen korvaamista biopolttoaineilla voidaan pitää merkittävänä kasvihuonekaasupäästöjen kehityksen kannalta, samoin kevyen polttoöljyn sekä liikennepolttoaineiden kulutuksen voimakasta kasvua. Kasvun on aiheuttanut pääasiassa rakennusten erillislämmityksen polttoainevalinta sekä liikennemäärien lisääntyminen. Lappeenrannan kulutusperusteisen primäärienergian käytön kehitys on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Lappeenrannan kulutusperusteinen primäärienergian kulutus eri vuosina, GWh

6 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN KEHITYS

6.1 Kasvihuonekaasupäästöt 1990 - 2004

6.1.1 Tuotantoperusteiset päästöt

Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset päästöt on esitetty taulukossa 34. Vuoden 2004 lukuarvot poikkeavat taulukon 30 (s. 61) arvoista energia- ja teollisuusprosessit -sektoreiden osalta siten, että energia -sektorilta on siirretty Paroc Oy Ab Lappeenrannan vuorivillatehtaan, Nordkalk Oyj Abp:n sekä Finnsementti Oy:n käyttämien polttoaineiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt teollisuusprosessit -sarakkeeseen. Tämä on tehty edellisen ja tämän selvityksen laskennan yhteismitallistamiseksi.

Huomionarvoista on, että edellisessä Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästölaskennassa ei ole teollisuusprosessien kohdalla mainittu, että Paroc Oy Ab Lappeenrannan vuorivillatehtaan tuotannossa syntyviä päästöjä olisi otettu huomioon (vrt. Liponen 2001, s. 19-20). Näin ollen teollisuusprosessien päästöjä ei voida pitää näiden tutkimusten kesken täysin vertailukelpoisina.

Tuotantoperäisten kasvihuonekaasupäästöjen kasvu on ollut merkittävintä teollisuusprosessit -sektorilla, jossa päästöt ovat kasvaneet 19 % vuodesta 1990 vuoteen 2004. Liikenteen aiheuttamat päästöt ovat kasvaneet 16 %, energian puolestaan 7 % vastaavana ajanjaksona. Kokonaisuudessaan tuotantoperusteiset päästöt ovat kasvaneet 7 % vuodesta 1990.

Jätehuollon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat pienentyneet huomattavasti, 79 % vuoden 1990 tasosta. Merkittävä vaikutus Lappeenrannan jätehuollosta peräisin olevien kasvihuonekaasupäästöjen kehitykseen on ollut siirtyminen biojätteen ja jätevesilietteiden kompostointiin uuden kaatopaikan käynnistämisen yhteydessä.

Maatalouden kokonaispäästöt ovat pysyneet samalla tasolla, mutta merkittävää on, että metaanin päästöt ovat pienentyneet 23 % vuodesta 1990 ja 12 % vuodesta 1997. Tämä selittynee eläinkannan pienentymisellä. Vuonna 1990 eläinten yhteismäärä oli 78 779 kpl ja vuonna 1997 74 038 kpl (Liponen 2001, s. 23), kun vuonna 2004 eläimiä oli enää 67 635 kpl. Eläinten lukumäärä on siis pienentynyt perusvuodesta 14 %. Vastaavasti maatalouden typpioksiduulin päästöt ovat lisääntyneet mitä ilmeisimmin maanviljelyyn käytettävän pinta-alan lisääntymisen johdosta.

Taulukko 34. Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset päästöt vuosina 1990 - 2004

Päästösektori		**CO_2, 1 000 t**	**CH_4, t**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.**
Energia	1990	457,3	90,6	16,2	464
	1997	486,2	224,4	25,1	499
	2004	482,2	53,0	37,5	494,9
Liikenne	1990	99,9	26,1	4,8	102
	1997	97,0	22,6	8,6	100
	2004	113,6	16,1	15,5	118,7
Teollisuusprosessit	1990	400,9	0,0	0,0	401
	1997	397,2	0,0	0,0	397
	2004	477,4	0,0	0,0	477,3
Jätteet	1990	0,0	3 133,7	8,9	69
	1997	0,0	3 016,6	4,8	65
	2004	0,0	457,5	16,2	14,6
Maatalous	1990	0,0	604,4	43,9	26
	1997	0,0	525,4	37,3	23
	2004	0,0	464,7	56,5	27,3
Yhteensä	**1990**	**958**	**3 855**	**74**	**1 062**
	1997	**980**	**3 789**	**76**	**1 084**
	2004	**1 067,3**	**991,3**	**125,6**	**1 133,0**

Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen laskentaan liittyy useita epävarmuustekijöitä. Lähinnä ne liittyvät hiilen sidonnan sekä metaanin ja typpioksiduulin päästöjen kertoimiin, joita ei ole saatavilla kuntatasolla, vaan laskennassa joudutaan käyttämään valtakunnallisista inventoinneista saatujen kertoimien keskiarvoja. Vuosien 1997 (Liponen 2001, s. 34) ja 2004 tulokset on esitetty taulukossa 35.

Taulukko 35. Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut vuosina 1997 ja 2004

	Kasvihuonekaasupäästöt, t CO_2-ekv.	
	1997	**2004**
Metsät	- 51 000	- 62 380,5
Suot	+ 10 000	- 4 527,4
Vesistöt	+ 25 000	+ 43 455,3
Yhteensä	**- 16 000**	**- 23 452,6**

Taulukon 35 lukuja Lappeenrannan luonnon kasvihuonekaasutaseesta ei voida pitää täysin vertailukelpoisina, sillä käsin tehty laskenta on selvityksissä toteutettu eri tavalla. Muiden muassa lähtötiedot ja käytetyt kertoimet vaihtelevat. Tuloksia voidaan näin ollen pitää ainoastaan suuntaa antavina ja erityisesti metsien nieluvaikutus lienee todellisuudessa laskennan osoittamaa suurempi.

Metsien kokonaiskasvu on laskettu käyttäen Kaakkois-Suomen metsien keskimääräistä kasvun kerrointa. Tätä ei voida pitää täysin edustavana Lappeenrannassa, missä puun kasvu on voimakkaampaa, kuin Kaakkois-Suomessa keskimäärin (Tuominen 2007). Näin ollen saatu tulos jää todellista metsän kasvua pienemmäksi.

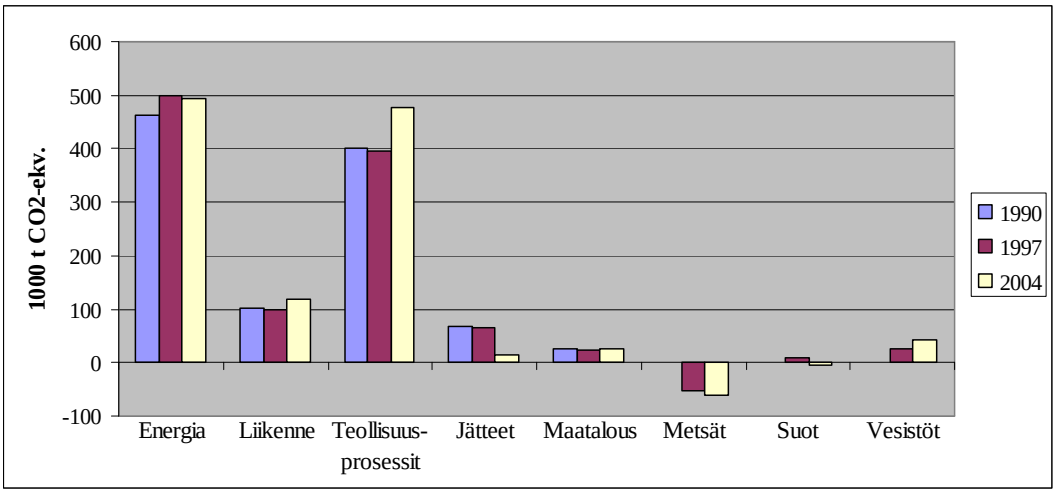
Metsän kasvutasetta selittää lisäksi, että Lappeenrannassa on viime vuosina hakattu puuta hakkuumahdollisuuksien verran, eikä ns. hakkuusäästöjä ole jätetty (Repo 2007). Lisäksi Lappeenrannan alueen metsien kasvu on nuorissa metsissä, mikä voimakkaiden hakkuiden ollessa käynnissä vääristää tasetta (Vaario 2007).

Metsän kasvun mittatarkkuuden virhemarginaalina voidaan Revon (2007) mukaan pitää 5-10 prosenttiyksikköä, jolloin saatu tulos mahtuu mittatarkkuuden sisään. Laskennan luotettavuutta lisäisi Vaarion (2007) mukaan myös se, että tarkastelussa olisi 5-10 vuoden aikajana, eikä yksittäinen pistemäinen vuosi.

Soiden pinta-alatiedot tässä ja edellisessä laskennassa eivät ole täysin vertailukelpoiset. Vuoden 2001 laskennassa on käytetty pinta-alatietoa vuodelta 1981 (Liponen 2001, s. 31), ja se sisältää ainoastaan yli 20 hehtaarin suuruiset ns. geologiset suot. Tässä laskennassa mukaan otettiin myös turvemaalla kasvavien metsien pinta-ala, jotta laskennassa päästäisiin suurimpaan saavutettavissa olevaan tarkkuuteen. Näin ollen suon kokonaispinta-ala on noin kaksinkertaistunut edelliseen laskentaan verrattuna. Toisaalta turvemaalla kasvavien metsien luokittelun ollessa metsäojitettu suo, tulee Lappeenrannan suoalueista nettonielu.

Vesistöpinta-ala on myös hieman kasvanut. Vuonna 1997 Lappeenrannan vesistöjen pinta-ala oli 8 500 ha (Liponen 2001, s. 33) ja 8 760 ha vuonna 2004. Vesistöstä vapautuvan metaanin määrän laskemiseksi on tässä työssä käytetty kerrointa 30 g $CH_4/m^2/a$, joka on laskennallinen keskiarvo suomalaisten järvien metaanipäästöistä. Edellisessä laskennassa käytettiin arvoa 20 g $CH_4/m^2/a$ (Liponen 2001, s. 33), jolloin saadut tulokset poikkeavat toisistaan merkittävästi. Edellisessä selvityksessä ei ole perusteltu millä tavoin kyseinen kerroin on valittu, jolloin ei ollut luotettavaa käyttää tässä työssä samaa lukuarvoa.

Lappeenrannan kaupungin alueen tuotantoperusteiset päästöt sekä luonnon kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut eri vuosina on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Lappeenrannan tuotantoperusteiset päästöt vuosina 1990 – 2004

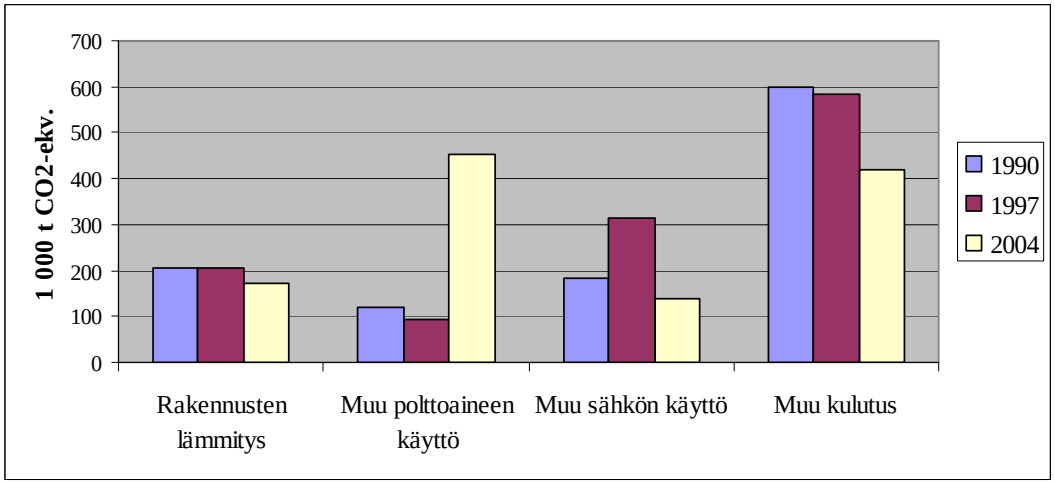
6.1.2 Kulutusperusteiset päästöt

Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt ovat pysyneet seurantajakson aikana suunnilleen samantasoisina (Taulukko 36). Kasvua kokonaispäästöissä on ollut vajaa seitsemän prosenttia vuodesta 1990 vuoteen 2004. Päästöt ovat pienentyneet kaikilla sektoreilla muu polttoainekäyttö -sektoria lukuun ottamatta. Tällä sektorilla kasvu on ollut lähes nelinkertainen perusvuoteen 1990 verrattuna ja lähes viisinkertainen vuoteen 1997 verrattuna. Kasvua selittää voimakas energiankulutuksen ja sitä kautta ostosähkön kuluttaman primäärienergian määrän kasvu.

Rakennusten lämmityksen kasvihuonekaasupäästöt ovat pienentyneet 17 % vuoteen 1990 verrattuna, muun sähkönkäytön puolestaan noin neljäsosan. Muun kulutuksen eli jätehuollon, maatalouden, teollisuusprosessien ja liikenteen päästöt ovat pienentyneet 30 % verrattuna vuoteen 1990. Lappeenrannan alueen kulutusperusteisten kasvihuonekaasupäästöjen kehitys on esitetty graafisesti kuvassa 10.

Taulukko 36. Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt vuosina 1990 - 2004

Päästösektori		**CO_2, 1 000 t**	**CH_4, t**	**N_2O, t**	**Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.**
Rakennusten lämmitys	1990	203,6	65,9	7,5	207
	1997	201,4	84,7	11,1	207
	2004	176,9	15,8	4,7	171,5
Muu polttoainekäyttö	1990	117,3	17,3	5,3	119
	1997	89,7	64,8	8,0	94
	2004	443,1	33,0	29,2	452,9
Muu sähkön käyttö	1990	182,5	9,3	4,4	184
	1997	309,6	80,1	11,0	315
	2004	100,7	4,4	4,0	138,2
Muu kulutus	1990	500,8	3 764,2	57,6	598
	1997	494,2	3 564,6	50,7	585
	2004	364,5	938,3	88,2	417,4
Yhteensä	**1990**	**1 004**	**3 857**	**75**	**1 108**
	1997	**1 095**	**3 794**	**81**	**1 201**
	2004	**1 085,2**	**991,5**	**126,1**	**1 180,0**



Kuva 10. Lappeenrannan kulutusperusteiset päästöt vuosina 1990 - 2004

6.1.3 Kasvihuonekaasupäästöt suhteessa muihin kuntiin

Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitys on ollut tasaista viimeksi kuluneiden 14 vuoden aikana. Kehitystä voidaan pitää Suomen arvoihin nähden keskimääräisenä. Asukaslukuun verrattuna samansuuruisista kunnista Kuntaliiton ilmastonsuojelukampanjaan ovat liittyneet Joensuu ja Kotka (Tanskanen 2006), mutta kumpikaan ei ole laatinut kasvihuonekaasuselvitystä. Sama tilanne on myös kahden muun samansuuruisen kunnan, Rovaniemen ja Vaasan, kohdalla. Näin ollen suoria vertailuarvoja kasvihuonekaasupäästöistä ei saada.

Ilmastonsuojelukampanjaan liittyneistä kunnista kasvihuonekaasuselvityksiä tehneiden kuntien asukasluvut ovat tyypillisesti n. 30 000 (Lohja, Rauma) tai n. 90 000 (Kuopio, Lahti, Oulu). (Tanskanen 2006) Jotta eri kuntien kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vertailla suuntaa antavasti, tulee laskea niiden päästöt asukasta kohden (Taulukko 37).

Taulukko 37. Eri kuntien kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt, 1000 t sekä t/as (Elektrowatt-Ekono Oy 2003, s. 25; Hämäläinen 2000, s. 13; Kaasalainen 2007, s. 14; Kuopion kaupunki 2003, s. 4; Kuusinen 2001)

Kunta	**Asukasluku**	**Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.**	**Kasvihuonekaasupäästöt, t / as**
Lohja	36 218	1 065 (v. 2000)	29,4
Rauma	36 673	699 (v. 2000)	19,1
Lappeenranta	58 982	1 180 (v. 2004)	20,0
Kuopio	90 518	1 140 (v. 2001)	12,6
Lahti	98 281	1 380 (v. 2003)	14,0
Oulu	127 226	2 302 (v. 2001)	18,1
Koko maa	5 228 814	69 300 (v. 2005)	13,3

Taulukosta 37 nähdään, että Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden ovat tyypilliset vertailtaessa eri teollisuuskaupunkeja. Kaupungit, joissa ei ole raskasta teollisuutta, sijoittuvat vertailussa lähelle koko maan lukuarvoa. Huomioitavaa vertailussa on, että päästöluvut ovat eri vuosilta. Energiankulutuksen ja teollisuuden kehitys vaikuttavat Lappeenrannan päästöjä nostavasti suhteessa muihin kuntiin, sillä

muut laskennat on toteutettu vuosituhannen alun tiedoille. Vuonna 2004 Lappeenrannan päästöt olivat 1,7 % koko Suomen päästöistä kun vastaavasti asukasluku oli noin 1,1 % koko Suomen asukasmäärästä.

6.2 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennuste 2014 ja 2024

Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen tuleva kehitys on pitkälti riippuvainen alueen teollisen tuotannon ja energiankulutuksen kehityksestä. Vuosittaiset suhdanteet voivat vaihdella suurestikin, jolloin keskimääräisten arvioiden tekeminen vaikeutuu.

Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöihin tulee merkittävä muutos vuonna 2010, jolloin Lappeenrannan Energia Oy:n ja UPM Kymmene Kaukas Oyj:n yhteinen bioenergiakattila otetaan käyttöön. Kuorta ja metsäenergiapuuta polttoaineenaan käyttävä voimalaitos korvaa Kaukaan tehtaan kattilalaitoksen sekä pääosan Lappeenrannan Energia Oy:n Mertaniemen voimalaitoksen tuotannosta. (UPM Kymmene 2007)

UPM Kymmenen (2007) mukaan uusi voimalaitos tuottaa prosessihöyryä ja sähköä UPM Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaille sekä sähköä ja kaukolämpöä Lappeenrannan Energia Oy:lle. Vanha Mertaniemen maakaasuvoimalaitos säilytetään varavoimalaitoksena tasaamaan kuormitushuippuja.

Tässä työssä asetetaan oletus, jonka mukaan todellisuudessa uuden biovoimalaitoksen polttoainejakaumasta 30 % tulee olemaan turvetta. Tästä seuraa, että Lappeenrannan energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöt vähenevät 144 600 t CO_2-ekv. vuonna 2010 olettaen, että nykyisin olemassa olevat kaukolämpöyksiköt jatkavat edelleen toimintaansa (Taulukko 38). Laskenta on tehty KASVENER-ohjelmalla vuoden 2004 polttoainekulutustietojen mukaisesti.

Taulukko 38. Vuonna 2010 käynnistyvän biovoimalan vaikutus Lappeenrannan energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöihin

		Kaukolämpö-voimalaitokset		**Prosessivoima-laitokset**		**Kaukolämpö-laitokset**		**Yhteensä**	
		2004	**2010**	**2004**	**2010**	**2004**	**2010**	**2004**	**2010**
Primäärienergia, GWh		949,6	949,6	4 725,0	4 725,0	103,1	103,1	5 777,7	5 777,7
	Maakaasu	949,6	0,0	694,0	0,0	77,8	77,8	1 721,4	77,8
	Kevyt polttoöljy	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	25,3	25,3	25,3
	Turve	0,0	284,9	0,0	208,2	0,0	0,0	0,0	493,1
	Puuperäinen pa	0,0	664,7	4 031,0	4 516,8	0,0	0,0	4 031,0	5 181,5
CO_2, 1 000 t		187,2	107,5	136,8	78,6	22,1	22,1	346,1	208,2
CH_4, t		3,4	10,3	23,9	31,4	0,4	0,4	27,7	42,1
N_2O, t		3,4	8,9	19,3	23,3	0,5	0,5	23,2	32,7
CO, t		68,4	488,9	1 713,2	2 020,5	7,4	7,4	1 789	2 516,8
Hiukkaset, t		0,0	68,4	165,9	215,9	0,6	0,6	166,5	284,9
SO_2, t		0,0	191,4	213,9	353,8	6,4	6,4	220,3	551,6
NO_x, t		273,5	393,1	1 046,6	1 134,0	28,7	28,7	1 348,8	1 555,8
Kasvihuonekaasupäästöt, 1 000 t CO_2-ekv.		**188,4**	**107,5**	**143,3**	**79,6**	**22,2**	**22,2**	**353,9**	**209,3**

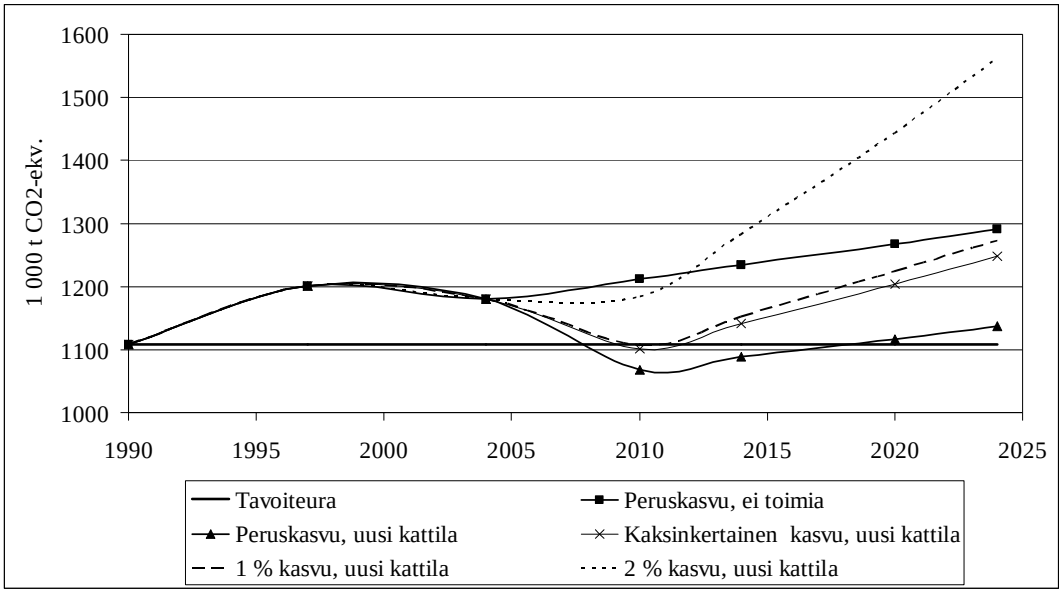
Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet 8,4 % vuosina 1990-1997 ja vähentyneet 1,7 % vuosina 1997-2004. Kokonaisuudessaan päästöt ovat kasvaneet perusvuodesta 6,7 % vuoteen 2004. Vuosittain kasvua on ollut siis 0,45 prosenttiyksikköä.

Laskemalla vuosittainen kasvu edelleen vuosiin 2014 ja 2024 saadaan Lappeenrannan päästöennusteesta taulukko 39. Tämä vastaa Kuntaliiton ilmastonmuutoskampanjassa asetettua tavoitetta. Taulukossa 39 on eri skenaariot edellä esitetylle vuosikasvulle ilman uutta voimalaitosta, uuden voimalaitoksen kanssa sekä kaksinkertaistetulla vuosittaisella kasvulla. Mukana ovat lisäksi niin sanotut voimakkaan kasvun ennusteet, joissa kasvu on vuositasolla yksi ja kaksi prosenttiyksikköä. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet laaditaan päästöjen kokonaissummalle sektorikohtaisen jaon sijaan, jotta pystytään minimoimaan laskentaan liittyvät epävarmuustekijät.

Taulukko 39. Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet vuosille 2014 ja 2024, 1 000 t CO_2-ekv.

Vuosi	Peruskasvu, ei toimia	Peruskasvu, uusi kattila	Kaksinkertainen kasvu, uusi kattila	1 % kasvu, uusi kattila	2 % kasvu, uusi kattila
1990	1 108	1 108	1 108	1 108	1 108
1997	1 201	1 201	1 201	1 201	1 201
2004	1 180	1 180	1 180	1 180	1 180
2010	1 212	1 068	1 101	1 107	1 184
2014	1 234	1 089	1 141	1 153	1 282
2020	1 268	1 117	1 204	1 224	1 444
2024	1 291	1 137	1 248	1 273	1 563

Taulukosta 39 nähdään, että uuden bioenergiakattilan avulla päästään hyvin lähelle vuoden 1990 tavoitetasoa vuoteen 2020 mennessä. Se ei kuitenkaan ratkaise tavoitetta, vaan sen lisäksi täytyy kehittää muitakin menetelmiä, joilla päästöjä voidaan pienentää. Vuosittainen kasvu saattaa lisäksi olla huomattavasti näiden skenaarioiden lukuja suurempaa, sillä esimerkiksi vuonna 2004 alueen kalkintuotanto oli n. 20 000 tonnia pienempi, kuin vuosina 1990 ja 1997. Mikäli vuosittainen kasvu oletetaan tasolle 1-2 prosenttiyksikköä vuodessa (ns. voimakkaan kasvun ennuste), nousevat päästöt huomattavasti yli Kioton rajan uudesta bioenergiakattilasta huolimatta. Kehitysennusteet on koottu yhteen kuvaan 11 sekä liitteeseen 3. Kuvassa esitetään päästöjen kehitys edellä esiteltyjen skenaarioiden mukaan.



Kuva 11. Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet

Kauppa- ja teollisuusministeriön (2005, s. 9) laatiman kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan Suomessa kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet vuodesta 1990 vuosiin 2000-2004 enimmillään noin 20 prosenttia. Vuoden 2004 kokonaispäästöt olivat 14 % vuoden 1990 päästöjä suuremmat (Tilastokeskus 2006b). Suomen kasvihuonekaasupäästöt kääntyvät laskuun Kioton pöytäkirjakaudella vuosina 2008-2012 viidennen ydinvoimalaitosyksikön valmistumisen myötä. Tehtyjen arvioiden mukaan päästöt ylittävät näinä vuosina kuitenkin perusvuoden mukaisen tason yhteensä noin 56 miljoonalla tonnilla eli noin 15 prosentilla. Kioton sitoumuskauden jälkeen kasvihuonekaasupäästöt kääntyvät ilman uusia toimenpiteitä uudelleen nousuun. Kasvuvauhti jää kuitenkin aiempaa selvästi hitaammaksi. (KTM 2005, s. 9)

Lappeenrannan päästökehitystä voidaan siis pitää maltillisena Suomen päästöjen kokonaiskasvuun verrattuna. Erityisen positiivisena voidaan pitää kaupungin suuntautumista uusiutuviin energialähteisiin sekä kunnallisessa että teollisuuden energiantuotannossa. Vaikutus ei kuitenkaan liene pitkäaikainen, mikäli kasvussa olevaa energian kulutusta ei saada hallintaan. Jo nyt Lappeenrannan kaupungin alueella kulutetaan suuri määrä ostosähköä, mikä voimakkaasti lisää Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjä. Ostosähköä tulisi tulevaisuudessa leikata investoimalla omaan (bio)energiantuotantoon yhä enemmän.

7 LAPPEENRANNAN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN RAJOITTAMISEN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

7.1 Päästövähennystavoite vuoteen 2020

Suomi on sitoutunut vähentämään päästöjään vuoteen 2020 mennessä 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Näin ollen on aiheellista, että myös suomalaiset kunnat asettavat itselleen saman päästöjen vähentämistavoitteen. Lappeenrannan kaupungin kohdalla tämä tarkoittaa, että vuonna 2020 kasvihuonekaasupäästöjen ilman teollisuuden aiheuttamia päästöjä tulisi olla 320 800 CO_2-ekvivalenttitonnia.

Vuoteen 2020 mennessä uusiutuvan energian osuus energiantuotannosta tulisi olla myös 20 prosenttia. Tämä tavoite on Lappeenrannan osalta jo saavutettu, sillä vuonna 2004 energiantuotannon biopolttoaineiden osuus koko kulutetusta primäärienergiamäärästä oli 55 %. Tämä selittyy kunnassa toimivalla paperitehtaalla, joka käyttää lähes ainoana polttoaineena puuperäisiä polttoaineita. Vuonna 2010 uusiutuvan energian osuus Lappeenrannan energiataseessa kasvaa edelleen uuden biovoimalaitoksen myötä.

Toimenpide-ehdotuksista on rajattu pois luonnon kasvihuonekaasulähteet ja -nielut, sillä niiden syntymekanismeja ei tunneta riittävällä tarkkuudella, jotta niitä voitaisiin tässä yhteydessä tarkastella luotettavasti. Toisekseen toimenpide-ehdotuksissa asetetaan oletus, jonka mukaan teollisuuden -20 prosentin päästövähennystavoite toteutuu voimassa olevan päästökauppalainsäädännön mukaisesti. Näin ollen toimenpide-ehdotuksissa tarkastellaan ainoastaan Lappeenrannan kaupungin omien tai sen asukkaiden aiheuttamien toimintojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä.

Toimenpide-ehdotusten päästövähennysten laskemiseksi Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kokonaissummasta on eriytetty kunnan ja teollisuuden toiminnot. Luvut ovat nähtävillä taulukossa 40. Erittelyn tarkkuuteen sisältyy vuoden 1990 osalta todennäköisesti jonkin verran virhettä, sillä jaottelu on tehty käytettävissä olleen selonteon pohjalta ilman alkuperäisen laskennan lähtötietoja.

Taulukko 40. Lappeenrannan kunnan ja teollisuuden päästöt vuosina 1990 ja 2004, 1 000 t CO_2-ekv.

Päästösektori		**Kunta**	**Teollisuus**
Energiantuotanto ja -kulutus	1990	230,0	280,0
	2004	283,2	262,6
Teollisuusprosessit	1990	0,0	401,0
	2004	0,0	477,3
Liikenne	1990	102,0	0,0
	2004	118,7	0,0
Maa- ja karjatalous	1990	26,0	0,0
	2004	27,3	0,0
Jätehuolto	1990	43,0	26,0
	2004	12,6	3,0
Yhteensä	**1990**	**401,0**	**707,0**
	2004	**441,8**	**742,9**

Kuten taulukosta 40 nähdään, Lappeenrannan kunnan omien toimintojen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrä vuonna 2004 on ollut 441 800 CO_2-ekvivalenttitonnia. Kunnan tulee siis vähentää päästöjään 121 000 tonnia CO_2-ekvivalenttia vuoteen 2020 mennessä.

7.2 Energiantuotanto ja -kulutus

Energiantuotannon ja -kulutuksen päästökehitys on Lappeenrannassa ollut kahtalaista. Toisaalta alueella on tapahtunut merkittävä primäärienergiakannan muutos, toisaalta taas energian kulutus on kasvanut voimakkaasti. Sähkön kokonaiskulutus on kasvanut 71 % vuodesta 1990 vuoteen 2004. Erityisesti ostosähkön määrä on kasvanut voimakkaasti, yli kaksinkertaiseksi vuosien 1990 ja 2004 välillä, koska alueella ei ole riittävästi omaa sähköntuotantoa asukaslukuun ja teolliseen toimintaan nähden.

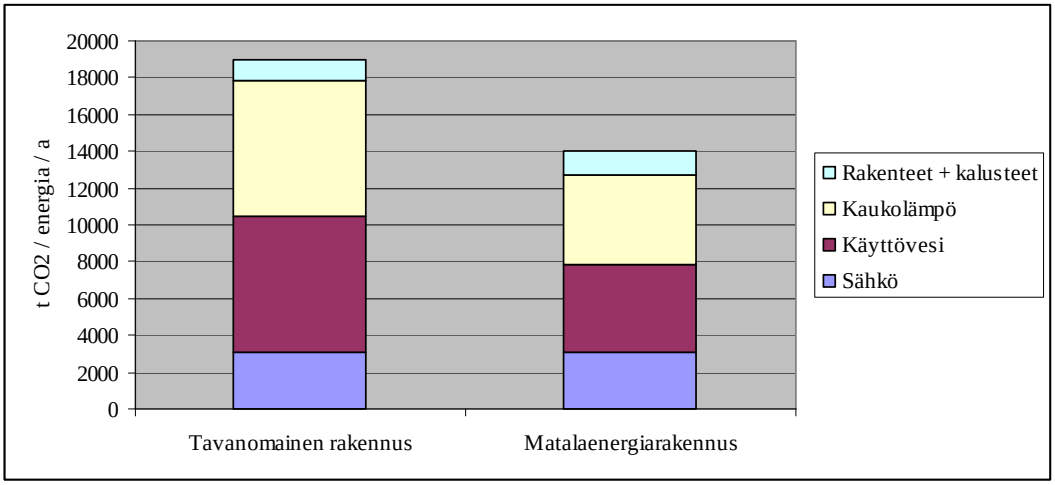
Vuodesta 1990 vuoteen 2004 energiantuotannon päästöt ovat kasvaneet 14 %. Alueen teollisuuden polttoainerakenne on terve, sillä alueen yritykset käyttävät hyvin pitkälle polttoaineenaan uusiutuvaa energiaa sekä kierrätyspolttoaineita. Lappeenrannan Energia Oy:n yhteistuotannolla sähköä ja lämpöä tuottavan kaukolämpövoimalaitoksen

pääpolttoaine on maakaasu. Kivihiiltä ja öljyä Lappeenrannan alueella käytetään lähinnä varavoiman tuottamiseen. Vuosien 1990 ja 2004 välillä fossiilisten polttoaineiden kulutus energiantuotannossa on kasvanut 16 % ja biopolttoaineiden kulutus on kaksinkertaistunut.

Kunnan omassa energian tuotannossa tärkeä askel eteenpäin otetaan uuden kaukolämpöä ja sähköä tuottavan biovoimalaitoksen käynnistyessä vuonna 2010. Puuperäistä polttoainetta käyttävä laitos vähentää Lappeenrannan kunnan kasvihuonekaasupäästöjä 80 900 t CO_2-ekvivalenttia oletuksella, että 30 % polttoaineesta on turvetta. Lisäksi voidaan myös olettaa, että biovoimalaitoksen energiantuotannon kapasiteettia saadaan kasvatettua ja turpeen määrää supistettua vuoteen 2020 mennessä siten, että päästöleikkaus on yhteensä noin 90 000 t CO_2-ekvivalenttia. Mikäli tavoitteeksi otetaan pienten kaukolämpöyksiköiden käyttämän maakaasun vaihtaminen biopolttoaineeksi eli käytännössä biokaasuksi, on päästövähennyksiä mahdollista saada tältä sektorilta lisäksi jopa 15 000 t CO_2-ekvivalenttia.

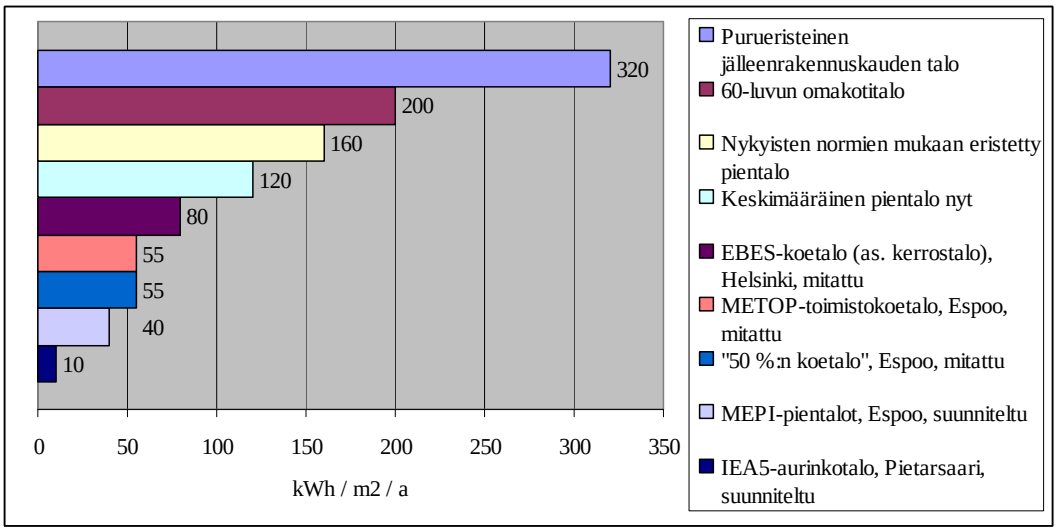
Pitkällä tähtäimellä tarkoituksenmukaisinta on asettaa tavoitteeksi energian kulutuksen merkittävä leikkaaminen eli kunnan asukkaiden kulutustottumusten muuttaminen energiaa säästäviksi. Myös kunnan toiminnoissa voidaan pienillä investoinneilla siirtyä energiaystävällisempään suuntaan.

Häkkinen et al. (1999, s. 20) ovat tutkineet tavanomaisen rakennustavan mukaan rakennetun sekä vähän energiaa kuluttavan rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjä rakennuksen elinkaaren aikana (Kuva 12). Esimerkkilaskelma koskee betonirakenteista kerrostaloa 50 vuoden elinkaarella. Tavanomaisen rakennuksen päästöt ovat noin 19 000 tonnia hiilidioksidia käytettyä energiaa kohti vuodessa. Tästä 16 % muodostuu sähkön kulutuksesta, 39 % sekä käyttöveden että kaukolämmön kulutuksesta ja 6 % rakenteiden ja kalusteiden kulutuksesta. Matalaenergiarakennuksen päästöt puolestaan ovat noin 14 000 t CO_2 / energia / a. Kulutusjakauma matalaenergiarakennuksessa poikkeaa vain hieman tavanomaisesta rakennuksesta: sähkö 22 %, käyttövesi 34 %, kaukolämpö 35 % sekä rakenteet ja kalusteet 9 %.



Kuva 12. Eri tekijöiden osuus rakennuksen elinkaaren aikana aiheutuvista kasvihuonekaasupäästöistä (mukaillen Häkkinen et al. 1999, s. 20)

Leppäsen (1994, s. 10) mukaan vanhat talot saattavat kuluttaa satoja kilowattitunteja energiaa neliömetriä kohden vuodessa. Nykyisten lämmöneristysnormien vähimmäisvaatimusten mukaan eristetty pientalo kuluttaa noin 160 kWh / m^2 / a. Nykyisten omakotitalojen kulutus on kuitenkin keskimäärin 120 kWh / m^2 / a. Tavanomaisesti rakennettujen sekä eräiden matalaenergiarakennusten energiankulutusta on vertailtu kuvassa 13. Energiaa säästävien pientalojen alueena pidetään 40-80 kWh / m^2 / a.



Kuva 13. Eri rakennustyyppien energiankulutus (mukaillen Leppänen 1994, s. 10)

Tutkimusten ja koerakentamistulosten mukaan uusien asuntojen rakentamisessa voidaan heti ottaa käyttöön tekniikka, joka laskisi lämmitysenergian tarpeen Etelä-Suomessa 60-80 kilowattituntiin neliölle vuodessa. Vähäisillä, noin viiden prosentin rakennusaikaisilla lisäkustannuksilla saadaan vuotuinen lämmitysenergiankulutus laskemaan Etelä-Suomessa 40-50 kWh / m^2/a. (Leppänen 1994, s. 13)

Rakentamisessa ja rakennusten käytössä voidaan Leppäsen (1994, s. 23) mukaan erottaa neljä osa-aluetta, joilla tehdyillä ratkaisuilla on vaikutusta energian kokonaiskulutukseen. Nämä ovat:

- Yhdyskuntasuunnittelu: rakennettujen alueiden sijoittamisella vaikutetaan tie- ja johtoverkostojen rakentamistarpeeseen ja luodaan tietty liikennetarve
- Rakennukset: rakennusten suunnitteleminen ja rakentaminen energiaa säästäviksi
- Kodin koneet ja laitteet: vähän energiaa kuluttavien laitteiden valinta
- Ihmisten käyttötottumukset ja valinnat: huonelämpötila, valaistus, vedenkäyttö, koneiden käyttö käsityön asemesta

Kunnalla on mahdollisuus vaikuttaa rakennusten energian kulutukseen antamalla määräyksiä ja suosituksia rakentamisesta sekä ohjaamalla rakentamista tiiviin kaupunkirakenteen suuntaan. Rakennusten sijoittaminen sääoloihin nähden suotuisasti (tuuliolot, etelärinne) vähentää myös lämmittämisen tarvetta. Esimerkiksi rakennusten erillislämmityksessä öljynkulutuksen pieneneminen 10 % vähentäisi Lappeenrannan alueen päästöjä 6 500 t CO_2-ekv.

7.3 Liikenne

Lappeenrannan alueen liikennemäärät ovat olleet kasvussa. Liikenteen kasvua selittää yhtäältä kauttakulkuliikenne Venäjälle, toisaalta laajalle levittäytyvä ja yhä kasvava kaupunkirakenne. Liikennemääriin voidaan vaikuttaa tehostamalla joukkoliikennettä ja ohjaamalla yksityisautoilu pois kaupunkikeskustasta. Joukkoliikenteen aikataulujen yhteensovittaminen, reittilisäykset sekä lippujen hinnan alentaminen lisäävät

potentiaalista käyttäjäkuntaa. Kaupunkikeskustan vapauttaminen autoista vähentää lyhyiden matkojen autoilua ja lisää joukkoliikenteen käyttöastetta.

Kaupunkirakenteen tiivistäminen on myös merkittävää ajateltaessa liikenteestä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Kaupungin sisäisten välimatkojen tulisi pysyä suhteellisen alhaisina. Samoin kevyen liikenteen käyttömahdollisuuksien parantaminen vähentää ennen kaikkea lyhyiden matkojen yksityisautoilua.

Henkilöautoilun liikennesuoritteen pieneneminen 10 %:lla vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä noin 6 500 t CO_2-ekvivalenttia. Hyvinkin pienillä toimenpiteillä saavutettaisiin siis merkittäviä leikkauksia alueen liikenneperäisiin kasvihuonekaasupäästöihin. Toteuttamalla Suomen asettama tavoite, jonka mukaan 10 % liikenteen käyttämästä polttoaineesta tulee olla biopolttoainetta vuoteen 2020 mennessä, saadaan Lappeenrannan liikenteen päästöjä vähennettyä arviolta 1000 t CO_2-ekvivalenttia olettaen, että biopolttoaineella korvataan dieselin käyttöä.

7.4 Maa- ja karjatalous

Lappeenrannan maa- ja karjatalouden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat laskussa. Tämä johtuu eläinmäärien vähentymisestä. Suomen maatalouden kasvihuonekaasutaseessa maatalouden energiankulutus, kotieläintuotanto, peltojen typpilannoitus ja turvemaiden viljely muodostavat neljä lähes yhtä suurta päästölähdettä (Pipatti et al. 2000, s. 29).

Pipatti et al. (2000, s. 34, 43) ovat laskeneet nautojen ruokinnan muuttamisen vaikutusta maatalouden kasvihuonekaasupäästöihin Maaseutukeskusten Liiton ruokinnan suunnitteluohjelma RUSU:lla. Saatujen tulosten mukaan ruokintatavan muutos muuttaa päästöjä hyvin vähän ja tuotostason nostaminen (kg tuotetta / eläin / vuosi) vähentää päästöjä merkittävästi. Lannankäsittelymenetelmän valinnan merkitys on suurempi, sillä esimerkiksi maitokiloa kohti lietelantamenetelmän CH_4-päästöt ovat 7-8 kertaa suuremmat kuin kuivalantamenetelmän päästöt. Kuitenkin lannankäsittelystä aiheutuvat CH_4-päästöt ovat vain kymmenesosa ruoansulatuksen vastaavista päästöistä.

Ruokintaa tehostamalla Pipatti et al (2000, s. 39, 51, 54, 66) arvioivat päästöjä voitanen pienentää 7 % vuoteen 2010 mennessä vuoden 1998 tasosta. Väkirehuvaltaisella ruokinnalla ruoansulatuksen päästöt olivat maidontuotantotiloilla 2-4 % ja lihanautatiloilla 5-10 % pienemmät kuin karkearehuvaltaisella ruokinnalla. Lihasikaloissa ruokinnan muuttaminen vaiheruokinnaksi vähentää päästöjä 4-5 %. Lappeenrannan osalta tämä tarkoittaisi vuoden 1997 päästöistä laskettuna arviolta 1 600 t CO_2-ekv. päästövähennystä vuoteen 2010 mennessä.

Vuoteen 2020 mentäessä päästövähennykset maa- ja karjataloudessa ovat riippuvaisia tilojen määrästä ja koosta sekä eläinten ravintona käytettävän rehun koostumuksesta. Oletettavaa kuitenkin on, että sektorin päästövähennys vuoteen 2020 mennessä on ainakin 3 000 t hiilidioksidiekvivalenttia.

7.5 Jätehuolto

Lappeenrannan jätehuolto on uudistettu vuosituhannen alussa. Tehokkaan jätteen lajittelun ja sekä biojätteen että jätevesilietteen kompostoinnin ansiosta kunnan jätehuollon tuottamat kasvihuonekaasupäästöt on saatu leikattua merkittävän alas.

Eräänlaisena jätehuollosta syntyvien kasvihuonekaasujen nieluna alueella voidaan pitää biokaasua polttoaineenaan käyttävää Paroc Oy Ab Lappeenrannan Vuorivillatehdasta. Lakkautetulta Toikansuon kaatopaikalta polttoaineeksi johdettava metaani luetaan hiilidioksidivapaaksi, jolloin se ei lisää alueen nettopäästöä. Metaanin hyötykäyttöastetta voitaisiin edelleen nostaa yrityksen ja kunnan välisellä yhteistyöllä.

Ajateltaessa uusiutuvan energian tavoitetta voidaan pohtia, pystyttäisiinkö Lappeenrannan alueella tuottamaan lämpöenergiaa polttamalla erilliskerättyä lajiteltua jätejaetta. Vuonna 2004 Lappeenrannasta meni loppusijoitukseen noin 9 800 tonnia lajiteltua kuivajätettä ja haketuskelpoista puhdasta puuta (Villanen 2007).

Näitä voitaisiin uudella teknologialla käyttää kaukolämmön tuottamiseen joko omana polttolaitoksenaan tai rinnakkaispolttoaineena esim. puupolttoaineen kanssa. Tämä vähentäisi kaatopaikalta peräisin olevia metaanipäästöjä noin 160 tonnia eli 3 500 t CO_2-ekvivalenttia. Päästövähennys kohdistuisi myös liikenteeseen, koska jätteitä ei tarvitsisi kuljettaa kunnan ulkopuolelle loppusijoitettavaksi vaan lähelle syntypaikkaa jalostettavaksi ja poltettavaksi.

7.6 Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista

Pohdittaessa kunnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä tulee huomio keskittää ensiksi energiantuotantoprosessien tehostamiseen ja polttoainevalintoihin, toiseksi energiankulutuksen pienentämiseen. Suuria leikkauksia saadaan toteutettua helposti investoinneilla, esimerkiksi kokonaan uuden voimalaitoksen perustaminen tai fossiilisen polttoaineen vaihtaminen biopolttoaineeseen. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää suurten kertaleikkausten lisäksi pitkäjänteistä kaupunkisuunnittelua, jonka avulla muutetaan kaupunkirakennetta ja sitä kautta energiankulutusta.

Lappeenrannan päästövähennystavoite on -20 % vuoden 1990 kasvihuonekaasu-päästöistä vuoteen 2020 mennessä eli päästöjen tulisi olla 320 800 CO_2-ekvivalenttitonnia vuonna 2020. Vuoden 2004 päästöjä tulee siis leikata 121 000 tonnia CO_2-ekvivalenttia vuoteen 2020 mennessä. Taulukosta 41 nähdään edellä esitetyt toimenpide-ehdotukset kootusti. Esitetyt toimenpide-ehdotukset leikkaavat toteutuessaan Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjä yhteensä 129 000 t CO_2-ekv. Tämä on 8 000 tonnia CO_2-ekv. eli 6,6 % päästövähennystavoitetta enemmän.

Esitetyt toimenpiteet ovat suhteellisen helposti toteutettavissa olemassa olevilla tekniikoilla. Koko tavoitteen saavuttaminen lienee kuitenkin melko hankalaa ennen kaikkea biopolttoaineiden eli biokaasun ja kierrätyspolttoaineiden osalta, koska niiden käyttöönotto vaatii olemassa olevien laitosten polttotekniikan uudistamista ja sitä kautta laajamittaisia investointeja. Potentiaali päästövähennyksiin löytyy ennen kaikkea energiankulutuksen ja sitä kautta ostosähkön määrän leikkaamisessa. Kunta pystyy

ohjaamaan alueellaan tapahtuvaa rakentamista energiatehokkaammaksi paitsi uudis- myös saneerauskohteissa. Yksi vaikuttamiskeinoista on lisäksi yhdyskuntarakenteen ohjaaminen kaavoituksen avulla tiiviimpään suuntaan. Myös liikenteen aiheuttamien päästöjen vähentäminen toimenpide-ehdotusta voimakkaammin on tärkeää päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi.

Taulukko 41. Lappeenrannan päästövähennysten toimenpide-ehdotukset

Päästösektori		**Toimenpide-ehdotus, t CO_2-ekv.**
Energiantuotanto ja -kulutus		**111 500**
	Biovoimala	90 000
	Kaukolämpölaitosten biopolttoaine	15 000
	Rakennusten energiatehokkuus	6 500
Liikenne		**7 500**
	Liikennesuorite -10 %	6 500
	Biopolttoaineen osuus 10 %	1 000
Maa- ja karjatalous		**3 000**
	Ruoansulatuksen tehostaminen	1 600
	Muut toimenpiteet	1 400
Jätehuolto		**3 500**
	Kierrätyspolttoaine	3 500
Yhteensä		**129 000**

Epävarmana voidaan pitää myös kunnan vaikutusmahdollisuuksia alueen maa- ja karjatalouden päästöjen rajoittamisessa. Eläinten ruokinnan ja viljelyalojen lannoittamisen tehostaminen ovat pitkälti kiinni ihmisten oma-aloitteisuudesta ja tietämyksestä. Loppujen lopuksi ratkaisevimpaan asemaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä kunnan kannalta muodostuu ihmisten tietoisuuden kasvattaminen ja sitä kautta kulutustottumusten muuttaminen siten, että energian kulutus ja syntyvän jätteen määrä henkeä kohti kääntyvät laskuun.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmastonmuutoksen torjuminen on paitsi kansallisia, myös kunnallisia toimia vaativa haaste. Tällä työllä on osoitettu, että Kuntaliiton ilmastonmuutoskampanjan asettamat toimenpidevelvollisuudet on mahdollista toteuttaa hyvin tuloksin.

Laskenta on toteutettu yritysten kanssa yhteistyössä. Kommenttikierroksen järjestämisellä on taattu, että kaikki laskentaan vaikuttava tieto ja mahdolliset puutteet ovat käyneet ilmi, minkä jälkeen ne on voitu korjata ja laskentaa edelleen täydentää. Laskennan tuloksia voidaan näin ollen pitää luotettavina. Ainoastaan luonnon kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen osalta tuloksia on syytä pitää keskiarvoina, sillä tältä osin laskenta on toteutettu kirjallisuudesta löytyneiden kertoimien avulla.

Tämän työn ja edellisen selvityksen välillä vertailuissa on syytä käyttää harkintaa. Lähtötiedot sekä luonnon kasvihuonekaasupäästöjen laskennan kertoimet vaihtelevat töiden välillä, jolloin niiden tuloksia ei voida pitää täysin lineaarisina. Tulokset antavat kuitenkin alueen kasvihuonekaasupäästöjen kehitykselle suuntaviivat ja näin ollen niiden pohjalta voidaan laatia keskimääräisiä ennusteita.

Työssä on osoitettu, että kasvihuonekaasupäästöjen leikkaaminen on tiettyyn pisteeseen asti melko helppoa, eikä vaadi suuria investointeja, mikäli kunnan alueella on käytössä muokattavissa olevaa tekniikkaa. Suurempiin tavoitelukuihin pääseminen edellyttää laajempia investointeja ja kunnan infrastruktuurin muuttamista.

Päätöksiä tehtäessä tulee toisaalta ottaa huomioon kasvihuonekaasujen leikkaamiseen investoinnin painoarvo verrattaessa todennäköisiä ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen aiheuttamien vahinkojen korjaamiseen kuluvia kustannuksia, mikäli ilmastonmuutosta ei päätetä yrittää hillitä. Nykyinen sukupolvi on siinä valintatilanteessa, jossa vielä on mahdollista omalta osaltaan vaikuttaa ilmastonmuutoksen hidastamiseen ja potentiaalisten vahinkojen syntyyn.

9 YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, kuinka kasvihuonekaasupäästölaskenta toteutetaan kunnallisella tasolla. Työn tarkoituksena oli laskea toimeksiantajana ja esimerkkikuntana toimineen Lappeenrannan kunnan alueen kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut vuonna 2004 sekä laatia päästöille kasvuennuste vuosille 2014 ja 2024. Lisäksi työssä laadittiin esimerkkikunnalle toimenpide-ehdotus, jonka avulla kunnalla on mahdollisuus leikata päästönsä Kioton tavoitteen mukaisiksi vuoteen 2020 mennessä.

Tutkimuksen lähtökohtana on yhä voimistuva huoli ilmastonmuutosmuutoksen vaikutuksista maapallolla. Ihmisen toiminnoista vapautuvat kasvihuonekaasut voimistavat luonnollista kasvihuoneilmiötä ja aiheuttavat ilmastonmuutoksena tunnetun ilmiön, jonka seurauksia ei vielä täysin tunneta.

Suomi on sitoutunut vähentämään omia kasvihuonekaasupäästöjään Kioton sopimuksen mukaisesti 20 % vuoteen 2020 mennessä ja jokaisen suomalaisen kunnan on osaltaan annettava oma panoksensa haasteeseen toteuttamalla vähennystoimenpiteet omalla alueellaan. Lappeenrannan kaupunki on liittynyt Suomen Kuntaliiton ilmastonmuutoskampanjaan ja se on saanut Vihreiltä ym. valtuustoaloitteen, jonka mukaan kampanjan toimenpiteet on toteutettava mahdollisimman nopeasti.

Kunnan toimenpiteisiin kuuluu kartoittaa alueen kasvihuonekaasupäästöt ja -nielut, tehdä kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennuste 10 tai 20 vuoden päähän, asettaa päästöjen vähentämistavoitteet sekä laatia päästöjen vähentämissuunnitelma. Toimenpiteiden edellyttämät tutkimukset on Lappeenrannan kunnan osalta toteutettu tässä työssä. Suunnitelman hyväksyttäminen valtuustossa sekä sen toimeenpaneminen ja seuranta eivät luonnollisesti kuulu työn rajauksiin.

Lappeenrannan kaupungin alueen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004 olivat 1 156 500 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Alueen luonnon nieluvaikutus oli 23 500 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Päästöt ennen nieluvähennystä olivat siis 1 180 000 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Vuodesta 1990 päästöt ovat kasvaneet 6,5 % ja pienentyneet 1,7 % vuodesta 1997. Kasvu laskettiin nieluvähennyksettömästä luvusta, jotta se on yhteismitallinen edellisen selvityksen kanssa.

Työssä laaditun ennusteen mukaisesti Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2014 tulevat olemaan välillä 1 089 000 – 1 282 000 tonnia CO_2-ekv. ja vuonna 2024 välillä 1 137 000 – 1 563 000 tonnia CO_2-ekv. vuosittaisesta kasvusta riippuen. Näiden väliin osuvan Kioton tavoitevuoden 2020 päästöt Lappeenrannassa ovat ennusteen mukaan 1 117 000 – 1 444 000 tonnia CO_2-ekv.

Toimenpide-ehdotuksia laadittaessa huomattiin, että Kioton päästövähennystavoite vuoteen 2020 mennessä on mahdollista saavuttaa olemassa olevia tekniikoita hyväksi käyttäen. Lappeenrannassa kunnan omien toimintojen päästövähennysmahdollisuudet ovat jopa 8 000 t CO_2-ekv. suuremmat, kuin tavoitetasoksi asetettu 121 000 t CO_2-ekv. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää kunnan sitoutumista energiantuotannon ja -kulutuksen sekä kunnan infrastruktuurin muuttamiseen. Suuri painoarvo on myös kunnan asukkaiden valistamisessa ja kulutustottumusten muuttamisessa.

Tämä työ kuvastaa kasvihuonekaasulaskennan ja Lappeenrannan kunnan kasvihuonekaasupäästöjen tilaa tutkimushetkellä. Tämän työn ja muiden vastaavien tutkimusten tuloksia ja tarkkuutta verrattaessa tulee ottaa huomioon käytettävissä olleet resurssit. Tutkimus on toteutettu yritysten ja yhteisöjen kanssa tiiviissä vuorovaikutuksessa, jolloin sen tuloksia voidaan pitää luotettavina ja työlle lähtötilanteessa asetettuja tavoitteita saavutettuina. Työtä voidaan käyttää esimerkkitapauksena laadittaessa vastaavia kasvihuonekaasuselvityksiä muissa suomalaisissa kunnissa.

LÄHDELUETTELO

Säädökset ja virallislähteet

Euroopan yhteisöjen komissio 2005. ***Maailmanlaajuisen ilmastonmuutoksen torjuminen.*** Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. {SEC(2005) 180}. KOM(2005) 35 lopullinen. Bryssel 9.2.2005. 18 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url=http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2005/com2005_0035fi01.pdf]. [Viitattu 5.4.2007].

MetInfo 2007. Metsätietopalvelut. Metsäntutkimuslaitos METLA 2007. Saatavilla: [url= http://www.metla.fi/metinfo/index.htm]. [Viitattu 3.7.2007].

Räsänen Ilkka 2007. ***Vastaus valtuustoaloitteeseen kuntien ilmastokampanjan loppuun viemisestä.*** Esitys 61/01/012/2007. Lappeenrannan kaupungin ympäristö- ja rakennuslautakunta 6.3.2007. 2 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://kokoushallinta.lappeenranta.fi/dynastyweb/kokous/2007965-14.PDF]. [Viitattu 23.5.2007].

VAHTI 2007. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmä. VAHTI-raporttipalvelu 2003. Saatavilla: [url=http://wwwp.ymparisto.fi/scripts/vahtiR2003/VahtiR2003.asp?Method =StartPage]. [Viitattu 21.5.2007]. [Päivitetty 13.12.2005]

Vihreät ym. 2007. ***Valtuustoaloite kuntien ilmastokampanjan loppuun viemisestä.*** Valtuustoaloite 61/012/2007. Lappeenrannan kaupungin ympäristö- ja rakennuslautakunta 15.1.2007. 1 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://kokoushallinta.lappeenranta.fi/dynastyweb/kokous/2007965-14-5043.PDF]. [Viitattu 23.5.2007].

Ympäristöministeriö 2003. ***Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt.*** Suomen ympäristö julkaisu 607. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto 2003. ISBN 951-37-38787. Oy Edita Ab. Helsinki 2003. 78 s. Saatavilla myös PDF-muodossa, ISBN 952-11-1320-0: [url=http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=5168& lan=FI] (alkuosa) [url=http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=5166&lan=FI] (loppuosa).

Kirjallisuus

Crill Patrick, Hargreaves Ken, Korhola Atte 2000. ***Turpeen asema Suomen kasvihuonekaasutaseissa.*** Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 20/2000. 70 s. Oy Edita Ab. ISBN 951-739-560-4.

Häkkinen Tarja, Saari Mikko, Vares Sirje, Vesikari Erkki, Leinonen Jarkko 1999. ***Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu.*** VTT Rakennustekniikka ja Rakennustieto Oy. 109 s. Tammer-Paino Oy. Tampere 1999. ISBN 951-682-576-1.

Järvelä Marja, Wilenius Markku 1996. ***Ilmastoriski ja ympäristöpolitiikka. Suomalaiset ympäristövaikuttajat ja nykyajan ympäristöongelmat.*** 254 s. Tammer-Paino Oy. Tampere 1996. ISBN 951-662-658-0.

Kellomäki Seppo (toim.) 1996. ***Metsät.*** Teoksessa: Kuusisto Esko, Kauppi Lea, Heikinheimo Pirkko. Ilmastonmuutos ja Suomi. S. 71-106. Yliopistopaino. Helsinki 1996. ISBN 951-570-296-8.

Lappeenrannan Energia Oy 2004. ***Vuosikertomus 2004.*** 19 s. Mediakolmio 2004.

Leppänen Pekka 1994. ***Rakennan energiaa säästävän pientalon.*** Rakennustieto Oy Rakentajain Kustannus. 62 s. Tammer-Paino Oy. Tampere 1994. ISBN 051-682-315-7.

Liponen Janne 2001. ***Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöt sekä kasvihuonekaasu- ja energiatase vuosina 1990 ja 1997.*** Insinöörityö. 47 s + liitt. 1 s. Mikkelin ammattikorkeakoulu 2001.

Oinonen Teemu, Soimakallio Sampo 2003. ***Fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen tärkeää.*** Teoksessa: Savolainen Ilkka, Ohlström Mikael, Kärkkäinen Anne. Ilmasto – haaste teknologialle. Näkemyksiä ja tuloksia Climtech-ohjelmasta. Tekes. s. 159-164. Edita Prima Oy. Helsinki 2003. ISBN 951-37-3883-3.

Pipatti Riitta, Tuhkanen Sami, Mälkiä Pirjo, Pietilä Riitta 2000. ***Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus.*** Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen julkaisuja 841. 72 s. Otamedia Oy. Espoo 2000. ISBN 951-38-5017-X.

Rissa Kari 2003. ***Ilmastonmuutos – teknologiapolitiikan vaikutukset.*** Tekes. 136 s. Uudenmaan Paino-Center Oy. Sipoo 2003. ISBN 952-457-088-2.

Savolainen Ilkka 1996. ***Suomen kasvihuonekaasujen päästöt ja nielut.*** Teoksessa: Kuusisto Esko, Kauppi Lea, Heikinheimo Pirkko. Ilmastonmuutos ja Suomi. S. 179-196. Yliopistopaino. Helsinki 1996. ISBN 951-570-296-8.

Savolainen Ilkka, Tuhkanen Sami, Lehtilä Antti 2001. ***Teknologia ja kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen – Taustatyö kansallista ilmasto-ohjelmaa varten.*** Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 1/2001. 198 s. Edita Oy. Helsinki 2001. ISBN 951-739-585-X.

Savolainen Ilkka, Ohlström Mikael, Syri Sanna 2003. ***Ilmastonmuutos – miten voimme vaikuttaa.*** Teoksessa: Savolainen Ilkka, Ohlström Mikael, Kärkkäinen Anne. Ilmasto – haaste teknologialle. Näkemyksiä ja tuloksia Climtech-ohjelmasta. Tekes. s. 11-52. Edita Prima Oy. Helsinki 2003. ISBN 951-37-3883-3.

UPM-Kymmene Oyj Kaukas 2004. ***Ympäristönsuojelun kehitys 2004.*** 15 s. F. G. Lönnberg 2004.

Sähköiset julkaisut

Elektrowatt-Ekono Oy 2003. ***Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja energiansäästötoimet Oulussa.*** 68 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.oulu.ouka.fi/ymparisto/pdf/ilmastopolitraportti.pdf}]. [Viitattu 10.7.2007].

European Environment Agency (EEA) 2006. ***Atmospheric greenhouse gas concentrations (CSI 013) – Assesment Draft created Nov 2006.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url = http://themes.eea.europa.eu/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131717/IAssessment1164879386411/view_content]. [Viitattu 12.6.2007].

Finnsementti Oy 2007. ***Sementit – valmistus.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.finnsementti.fi/sementit/valmistus.htm]. [Viitattu 21.6.2007].

Finnsementti Oy 2007. ***Sementit – ympäristövaikutukset.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.finnsementti.fi/sementit/ymparistovaikutukset.htm]. [Viitattu 21.6.2007].

Huhtinen Katri 2006. ***Kuntien ilmastonsuojelukampanja.*** Suomen kuntaliitto. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.kunnat.net/k_peruslistasivu.asp?path=1;29;356;1033;36689;36692]. [Viitattu 23.5.2007]. [Päivitetty 13.6.2006].

Hämäläinen Pekka 2000. ***Lohjan kasvihuonekaasujen päästöt vuonna 1990, 1997 ja 2000.*** 56 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.kaupunki.lohja.fi/Kaupunkisuunnittelukeskus/html/ymparistokeskus/ys/ilmansuo/kasvihuonekaasut.pdf]. [Viitattu 10.7.2007].

Kaasalainen Kaarina 2007. ***Ilmanlaatu Lahdessa vuonna 2006.*** 58 s. Lahden kaupunki, tekninen ja ympäristötoimiala. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.lahti.fi/www/cms.nsf/pages/12FFCAA61150FB78C2256F1F002D98F7/$file/Ilmanlaatu+Lahdessa+2006.pdf]. [Viitattu 10.7.2007].

Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) 2005. ***Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – Kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi (Kansallinen energia- ja ilmastostrategia).*** Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 24. päivänä marraskuuta 2005. 46 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.ktm.fi/files/15789/Strategia_211105_.pdf]. [Viitattu 12.7.2007].

Kuopion kaupunki 2003. ***Kuopion ilmastostrategia.*** 38 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.kuopio.fi/attachments.nsf/Files/170504105707912/$FILE/ILMASTOSTRATEGIA.pdf]. [Viitattu 10.7.2007].

Kuusinen Teemu 2001. ***Rauman energiatase sekä kasvihuonekaasupäästöselvitys.*** Satakunnan energiatoimisto. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.rauma.fi/ymparisto/html/kasvih2.htm]. [Viitattu 10.7.1007]. [Päivitetty 17.12.2001].

Lappeenrannan kaupunki 2005a. ***Jätevesien käsittely jätevedenpuhdistamolla.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.lappeenranta.fi/?deptid=12209]. [Viitattu 12.6.2007].

Lappeenrannan kaupunki 2005b. ***Perustietoa kaupungista.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.lappeenranta.fi/?deptid=12315]. [Viitattu 29.3.2007].

Lappeenrannan kaupunki 2005c. ***Tilastotietoja Lappeenrannasta.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url: http://www.lappeenranta.fi/?deptid=12047]. [Viitattu 29.3.2007].

Mäkelä Kari, Laurikko Juhani, Kanner Heikki 2005. ***Suomen tieliikenteen päästöt. LIISA 2004 -laskentajärjestelmä.*** Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Tutkimusraportti RTE 2881/05. 49 s. + liitt. 46 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/liisa/liisa2004raportti.pdf]. [Viitattu 22.5.2007].

Mäkelä Kari 2006a. ***Suomen satamissa käyneiden matkustajalaivojen päästöt ja energiankulutus vuonna 2005.*** LIPASTO-laskentajärjestelmä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2006. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/meeri/satamat_matkustaja.htm]. [Viitattu 6.6.2007]. [Päivitetty 21.12.2006].

Mäkelä Kari 2006b. ***Suomen satamissa käyneiden rahtilaivojen päästöt ja energiankulutus vuonna 2005.*** LIPASTO-laskentajärjestelmä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2006. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/meeri/satamat_rahti.htm]. [Viitattu 6.6.2007]. [Päivitetty 21.12.2006].

Mäkelä Kari 2006c. ***Tieliikenteen pakokaasupäästöt ja polttonesteen kulutus [t/a]. LIISA 2004 -laskentajärjestelmä.*** Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2006. Excel-dokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/liisa/etelasuomi2004.xls]. [Viitattu 2.5.2007]. [Päivitetty 28.8.2006].

Nordkalk Oyj 2007. ***Poltettu ja sammutettu kalkki.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=341]. [Viitattu 21.6.2007].

Peltola Aarre, Ihalainen Antti 2006. ***Metsävarat – Forest Resources.*** Teoksessa: Aarne Martti, Peltola Aarre. Metsätilastollinen vuosikirja 2006. S. 33-74. Metsäntutkimuslaitos METLA 2006. Saatavilla pdf-muodossa: [url= http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2006/vsk06_01.pdf]. [Viitattu 1.7.2007]. [Päivitetty 7.5.2007].

Petäjä Jouko 2007. ***KASVENER – kuntatason kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli.*** Laskentaohjelman ohje-taulu. Suomen ympäristökeskus. [Päivitetty 10.5.2007].

Tanskanen Marketta 2006. ***Ilmastonsuojelukampanjakunnat ja niiden yhteyshenkilöt.*** Suomen kuntaliitto. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.kunnat.net/k_perussivu.asp?path=1;29;356;1033;36689;36692;37940]. [Viitattu 23.5.2007]. [Päivitetty 10.11.2006].

Tilastokeskus 2006a. ***Lappeenranta – Villmanstrand.*** Kuntien perustiedot. Tilastokeskuksen kuntaportaali. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.stat.fi/tup/kunnat/kuntatiedot/405.html]. [Viitattu 29.3.2007]. [Päivitetty 30.8.2006].

Tilastokeskus 2006b. ***Vuoden 2004 kasvihuonekaasupäästöt 14 % yli Kioton tavoitetason.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.stat.fi/til/khki/2004/khki_2004_2006-01-16_tie_001.html]. [Viitattu 12.7.2007]. [Päivitetty 16.1.2006].

Tilastokeskus 2007a. ***Rakennukset käyttötarkoituksen mukaan 31.12.2004. Alue 405 Lappeenranta.*** StatFin-tilastopalvelu 2007. Saatavilla: [url= http://statfin.stat.fi/statweb/start.asp?LA=fi&DM=SLFI&lp=catalog&clg=asuminen]. [Viitattu 12.4.2007]. [Päivitetty 4.12.2007].

Tilastokeskus 2007b. ***Suomen kasvihuonekaasupäästöt.*** 26 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.tilastokeskus.fi/tup/khkinv/suominir_2007.pdf]. [Viitattu 24.5.2007].

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 2007. ***Kyoto Protocol.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/items/3145.php]. [Viitattu 24.5.2007]

UPM Kymmene Oyj 2007. ***UPM:n Kaukaan tehdasalueelle Lappeenrantaan rakennetaan biopolttoaineita hyödyntävä yhteisvoimalaitos.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.lappeenrannanenergia.fi/?tiedote=16]. [Viitattu 11.7.2007]. [Päivitetty 8.5.2007].

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2005a. ***ILMI 2005. Suomen ilmaliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/ilmi/index.htm]. [Viitattu 21.6.2007].

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2005b. ***LIPASTO 2005. Liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/index.htm]. [Viitattu 21.6.2007].

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2005c. ***MEERI 2005. Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä.*** Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://lipasto.vtt.fi/lipasto/meeri/index.htm]. [Viitattu 21.6.2007].

Viinikainen Mikko, Hänninen Tuija, Mäkelä Kaisa, Rusko Niina 2004. ***Ilmailulaitoksen ympäristöraportti 2004.*** Ilmailulaitos Finavia 2004. 36 s. PDF-dokumentti. Saatavilla: [url= http://www.finavia.fi/files/finavia/ymparistoraportit_pdf/Ymparistoraportti2004.pdf]. [Viitattu 15.6.2007].

Ympäristöhallinto 2001/2007. ***VAHTI, ympäristönsuojelun tietojärjestelmä, operatiivinen osa.*** Rekisteriseloste. Laatimispvm. 1.8.2001/2.5.2007. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=67046&lan=FI]. [Viitattu 21.5.2007].

Ympäristöministeriö 2007a. ***Kioton pöytäkirja.*** Valtion ympäristöhallinto. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url= http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi]. [Viitattu 24.5.2007]. [Päivitetty 9.5.2007].

Ympäristöministeriö 2007b. ***Ympäristöneuvosto sopi EU:n päästövähennystavoitteista.*** Valtion ympäristöhallinto. Sisältödokumentti. Saatavilla: [url=http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=223568&lan=fi]. [Viitattu 25.5.2007]. [Päivitetty 20.2.2007].

Julkaisemattomat lähteet

Aalto Kirsi-Marja 2007. ***Rakennusten ominaiskulutuskertoimet 2004.*** Henkilökohtainen tiedonanto 25.6.2007. Tilastokeskus.

Bergbacka Matti 2007. ***Tuotanto 2004; Polttoaineiden käyttö 2004; Päästöt ilmaan 2004; Kuormitus vesistöön 2004***. Henkilökohtaiset tiedonannot. 12.4.2007, 31.5.2007 ja 8.6.2007. Nordkalk Oyj Abp, Lappeenrannan tehdas.

Hermiö Marja-Liisa 2007. ***Lappeenrannan rakennukset käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2004.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 12.6.2007. Tilastokeskus.

Hänninen Timo 2007. ***Sementin tuotanto 2004; Käytetty kalkkikiven määrä 2004; Käytettyjen polttoaineiden määrä 2004.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 20.6.2007. Finnsementti Oy, Lappeenrannan tehdas.

Kälvälä Marko 2007. ***Ihalaisen teollisuusalueen sähkönkulutus.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 3.7.2007. Nordkalk Oyj Apb, Lappeenrannan tehdas.

Laine Yki 2007. ***Corine-aineiston luokkien kuvaukset.*** Henkilökohtaiset tiedonannot. 5.9.2007. Suomen ympäristökeskus. Geoinformatiikka- ja alueidenkäyttöyksikkö.

Luoma Kalevi 2007. ***Tuotanto- ja kulutusperusteisten päästöjen määritelmästä.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 7.9.2007. Suomen Kuntaliitto.

Moisio Riitta 2007. ***Jätevesitarkkailun yhdistelmätaulukko (2 kpl).*** Henkilökohtaiset tiedonannot. 30.3.2007 ja 18.6.2007. Lappeenrannan kaupunki, vesilaitos.

Nummikoski Pekka 2007. ***Lappeenrannan Lämpövoima Oy:n NO_x-päästöt 2004.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 25.4.2007. Lappeenrannan Energia Oy.

Piutunen Sara 2007. ***Eläimet eläinlajeittain 2004; Kasvilajiyhteenveto 2004.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 28.3.2007. Lappeenrannan kaupunki, ympäristötoimi.

Pollari Marko 2007. ***Sähkön jakelu ja käyttö [MWh] sekä käyttäjät [kpl].*** Henkilökohtainen tiedonanto. 14.6.2007. Lappeenrannan Energia Oy.

Pöntinen Ari 2007. ***Lappeenrannan Energian tunnuslukuja 2004.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 16.4.2007. Lappeenrannan Energia Oy.

Ratilainen Markku 2007. ***Jätteet ja jätehuolto 2004; Polttoaineiden käyttö 2004; Ilmaan johdettu kuormitus 2004; Tuotanto 2004; Energian käyttö 2004.*** Henkilökohtaiset tiedonannot. 30.3.2007 ja 26.7.2007. Paroc Oy Ab, Lappeenrannan vuorivillatehdas.

Repo Seppo 2007. ***Kunnittaista metsävaratietoa.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 3.7.2007. Kaakkois-Suomen Metsäkeskus.

Tuominen Sakari 2007. ***Kunnittaista metsävaratietoa.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 3.7.2007. Metsäntutkimuslaitos.

Törrönen Jouni 2007. ***Lappeenrannan vesistötietoja; Lappeenrannan suotietoja.*** Henkilökohtaiset tiedonannot. 5.7.2007 ja 3.9.2007. Kaakkois-Suomen Ympäristökeskus.

Vaario Markku 2007. ***Kunnittaista metsävaratietoa.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 3.7.2007. Etelä-Karjalan Metsänhoitoyhdistys.

Villanen Arja 2007. ***Lappeenrannan jätetiedot 2004.*** Henkilökohtaiset tiedonannot. 30.3.2007, 10.4.2007 ja 30.5.2007. Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy.

Weckroth Timo 2007. ***Kunnittaista metsävaratietoa.*** Henkilökohtainen tiedonanto. 3.4.2007. Kaakkois-Suomen Metsäkeskus.

LIITELUETTELO

LIITE 1	Liikenteen yksityiskohtaiset lähtötiedot
Liite 1A	Lappeenrannan tieliikenteen pakokaasupäästöt ja polttonesteen kulutus vuonna 2004, t/a
Liite 1B	Lappeenrannan vesi- ja ilmaliikenteen pakokaasupäästöt ja polttonesteen kulutus vuonna 2004, t/a
LIITE 2	Lappeenrannan eläinten ja maatalousmaan kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004, t/a
LIITE 3	Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet vuosille 2014 ja 2024, 1 000 t CO_2-ekv.

Lappeenrannan tieliikenteen pakokaasupäästöt ja polttonesteen kulutus vuonna 2004, t/a (Mäkelä 2006c)

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	CH4	N2O	SO2	CO2	Polttoneste	Suorite [Mkm/a]
Pääkadut	847,141	109,295	174,949	10,333	5,749	5,73	0,32	42857,297	13646,821	164,43
Kokoojakadut	135	17,041	20,669	1,319	0,711	0,718	0,04	5225,374	1664,227	20,554
Tonttikadut	232,165	28,659	19,744	1,247	0,733	0,75	0,042	5299,897	1689,086	20,554
Rakennuskaavatiet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taajaman päätiet	240,535	28,182	103,607	4,68	2,262	2,069	0,117	16606,092	5282,506	58,698
Taajaman muut tiet	114,201	14,55	29,18	1,519	1,018	1,007	0,04	5372,782	1710,689	28,188
Maaseudun päätiet	343,285	39,03	174,265	7,448	3,942	3,601	0,197	28089,887	8935,282	102,201
Maaseudun muut tiet	149,461	15,829	50,042	2,339	1,625	1,589	0,064	8788,412	2797,606	44,567
Yhteensä	**2061,79**	**252,586**	**572,456**	**28,886**	**16,04**	**15,463**	**0,819**	**112239,74**	**35726,219**	**439,193**

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	CH4	N2O	SO2	CO2	Polttoneste	Suorite [Mkm/a]
Henkilöautot ei kat	1168,092	140,34	115,468	0,456	9,78	0,481	0,106	12414,369	3962,034	70,657
Henkilöautot kat	675,466	50,797	83,758	0,262	3,15	12,299	0,298	35017,824	11175,896	223,818
Henkilöautot diesel	71,262	9,339	48,672	10,088	0,282	0,735	0,088	13750,519	4368,118	65,693
Pakettiautot ei kat	43,399	4,971	2,763	0,015	0,294	0,016	0,004	498,01	158,939	2,075
Pakettiautot kat	1,68	0,113	0,151	0,001	0,023	0,004	0,001	121,547	38,792	0,555
Pakettiautot diesel	35,675	7,406	36,8	6,581	0,157	0,673	0,071	11128,229	3535,096	36,617
Linja-autot	14,091	6,205	49,378	1,914	0,398	0,187	0,034	5357,461	1701,901	5,785
Kuorma-autot ip	17,469	11,899	61,207	3,042	0,59	0,322	0,058	9061,923	2878,693	10,251
Kuorma-autot peräv	34,656	21,517	174,259	6,528	1,366	0,746	0,159	24889,873	7906,747	23,742
Yhteensä	**2061,79**	**252,587**	**572,456**	**28,887**	**16,04**	**15,463**	**0,819**	**112239,76**	**35726,216**	**439,193**

Lappeenrannan vesiliikenteen pakokaasupäästöt ja polttonesteen kulutus vuonna 2004, t/a (Mäkelä 2006a & 2006b)

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	CH4	N2O	SO2	CO2	Polttoaineen kulutus
Rahtilaiva	0,93	0,337	11	0,24	0,042	0,014	4,70	568	176
Matkustajalaiva	0,3	0,1	3,40	0,1	0	0	0,6	216	67
Yhteensä	**1,23**	**0,437**	**14,4**	**0,34**	**0,042**	**0,014**	**5,3**	**784**	**243**

Lappeenrannan ilmaliikenteen pakokaasupäästöt ja polttonesteen kulutus vuonna 2004, t/a. (Viinikainen et al. 2004, s. 33)

	LTO-sykli, kpl	CO	HC	NOx	Hiukkaset	SO2	CO2	Polttoaine
Lentokoneet	2700	10	0,5	1,1		0,1	500	100
Maakalusto		0,6	0,2	0,7	0,04	0,001	90	30
Yhteensä	**2700**	**10,6**	**0,7**	**1,8**	**0,04**	**0,101**	**590**	**130**

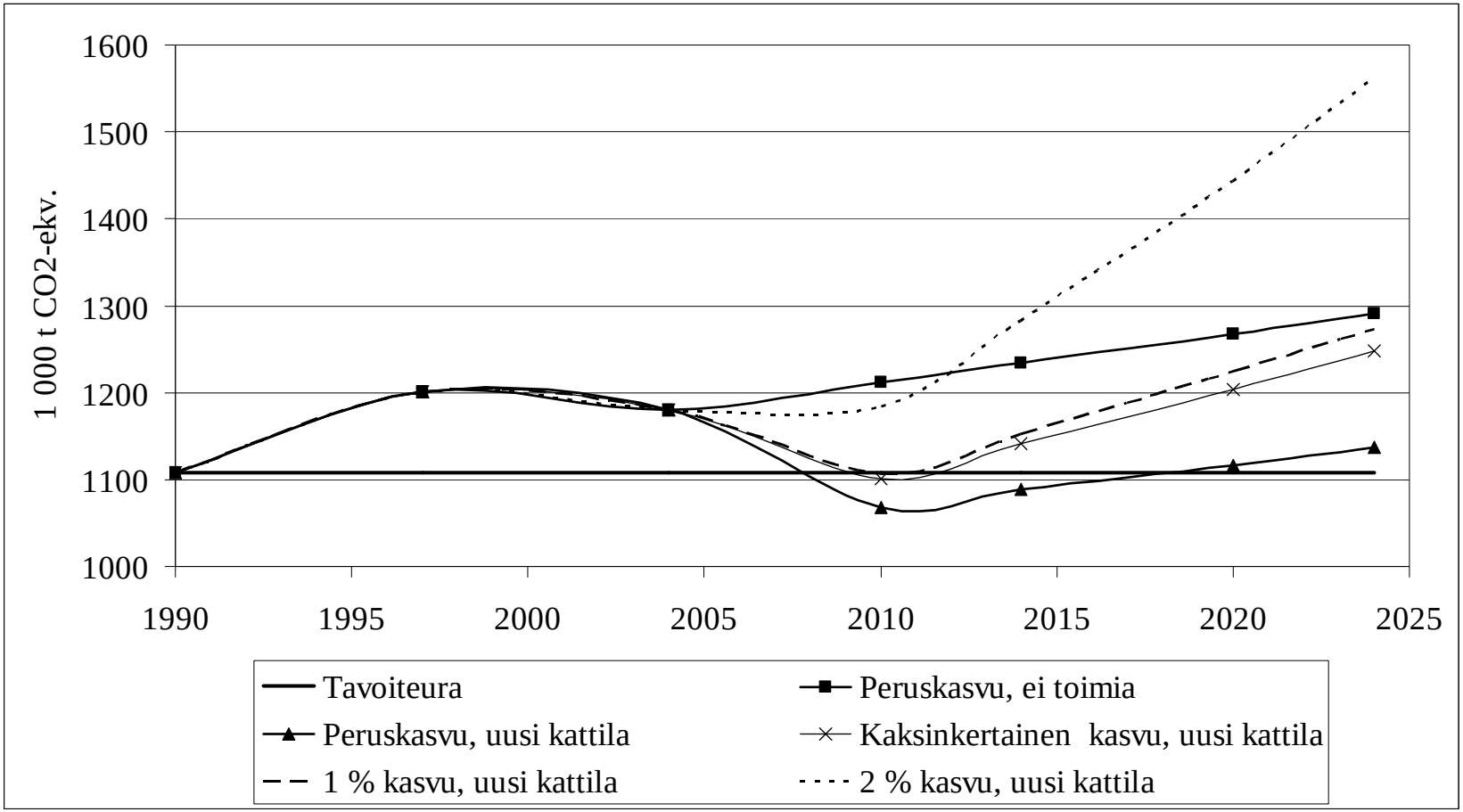
Lappeenrannan eläinten kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2004

Eläin	**Kpl**	**Lannankäsittelyn N_2O-päästöt, t**	**Ruoansulatuksen CH_4-päästöt, t**	**Lannankäsittelyn CH_4-päästöt, t**
Lypsylehmät	1 502	1,5	178,3	19,9
Emo- ja imettäjälehmät	406	0,4	26,8	1,2
Hiehot	1 041	0,7	58,5	2,9
Sonnit, yli 1 v.	680	0,9	42,3	3,1
Vasikat, alle 1 v.	1 948	0,9	63,0	3,3
Siat	9 754	2,4	14,6	34,3
Lampaat	565	0,1	4,6	0,1
Vuohet	9	0,0	0,0	0,0
Hevoset	132	0,2	2,4	0,2
Kanat	24 543	0,5	0,0	4,4
Kananpoikaset	27 040	0,3	0,0	4,8
Kukot	15	0,0	0,0	0,0
Kalkkunat	3	0,0	0,0	0,0
Muu siipikarja	49	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	**67 635**	**8**	**390**	**74**

Lappeenrannan maatalousmaan typpioksiduulipäästöt vuonna 2004

Päästön aiheuttaja	**N_2O-päästöt, t**
Väkilannoitteiden levitys	6,5
Lannan levitys	6,2
Lietteiden levitys	0,3
Niittojäännös	2,9
Typpeä sitovat kasvit	0,1
Laiduntamisen lanta	2,1
Suopellot	23,1
Laskeuma	3,1
Valuma	4,3
Yhteensä	**49**

Lappeenrannan kasvihuonekaasupäästöjen kehitysennusteet



LIITE 3