

# Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt

**Iivo Vehviläinen, Aki Pesola, Gaia Consulting Oy**  
**Juhani Heljo, Jaakko Vihola, Tampereen teknillinen yliopisto**  
**Saara Jääskeläinen, Liikenne- ja viestintäministeriö**  
**Hanna Kalenoja, Tampereen teknillinen yliopisto**  
**Pekka Lahti, VTT**  
**Kaisa Mäkelä, Ympäristöministeriö**  
**Mika Ristimäki, Suomen ympäristökeskus**

# Sisällysluettelo

<b>Esipuhe</b>	<b>4</b>
<b>Executive Summary</b>	<b>5</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>7</b>
1.1 Selvityksen tausta ja tavoitteet	7
1.2 Lähestymistapa ja rajaukset	8
1.3 Työn toteutus	8
<b>2 Suomen nykyinen energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt</b>	<b>10</b>
2.1 Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja päästövaikutukset	10
2.2 Energiankulutus	11
2.2.1 Energian loppukäyttö	11
2.2.2 Primäärienergian käyttö	12
2.3 Kasvihuonekaasupäästöt	15
2.4 Rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö	19
2.4.1 Lämmitys ja sähkönkäyttö rakennustyypeittäin	19
2.4.2 Lämmitystavat, energialähteet ja energian tarpeet	22
2.4.3 Asuin- ja palvelurakennusten energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2007	25
2.5 Rakennusmateriaalit ja rakentaminen	26
2.6 Liikenne	28
2.7 Teollisuus	32
2.8 Muu energiankulutus, häviöt ja päästöt	34
2.8.1 Muu energiankulutus ja päästöt	34
2.8.2 Siirtohäviöt	37
2.8.3 Hyötysuhteet	38
2.9 Energialähteet ja uusiutuvien asema	39
2.9.1 Sähköntuotanto	39
2.9.2 Kaukolämmön tuotanto	39
<b>3 Rakennusten energian-käyttö ja päästöt</b>	<b>41</b>
3.1 Rakennuskannan ja energiankulutuksen käsitteet	41
3.2 Energiankulutuslaskelmien toteutus ja laskentaperiaatteet	42
3.3 Vuoden 2007 ja 2050 rakennuskanta	44
3.4 Rakennuskannan energiankulutuksen kehittyminen	46
3.5 Rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen	50
<b>4 Liikenteen suoritteet ja päästöt</b>	<b>55</b>
4.1 Liikennesuoritteet ja kulkumuotojakaumat	55
4.2 Ajoneuvoteknologian kehitys sekä uusiutuvien polttoaineiden käyttö liikenteessä	57

<b>5 Energiahuoltoratkaisujen vaikutus päästöihin</b>	<b>59</b>
5.1 Tulevan energiahuollon vaihtoehdot	59
5.2 Sähkön keskitetty tuotanto	60
5.2.1 Sähkönkulutus	60
5.2.2 Sähköntuotantorakenne	61
5.2.3 Uusiutuvien osuus sähköntuotannossa	64
5.3 Kauko- ja aluelämmön tuotanto	64
5.3.1 Kaukolämmön tuotanto	64
5.3.2 Uusiutuvien osuus kaukolämmön tuotannossa	65
5.4 Sähkön ja lämmön hajautettu tuotanto	66
5.5 Energiahuollon päästöjen kehittyminen	67
<b>6 Yhdyskuntarakenteen muutosten vaikutus päästöihin</b>	<b>70</b>
6.1 Yhdyskuntarakenteen vaikutus tutkimuskohteena	70
6.2 Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt – kehitysvertailuja 2005–2050	72
6.2.1 Tausta	72
6.2.2 Yhdyskuntarakenne	73
6.2.3 Mallinnus Suomen yhdyskuntarakenteesta vuonna 2050	74
6.2.4 Päästöjen arviointi	76
6.2.5 Perusuran yhdyskuntarakenteen päästöt	78
6.2.6 Vaihtoehtoisten kehitysurien yhdyskuntarakenteen päästöt	79
6.2.7 Kaikkien vaihtoehtoisten kehitysurien yhteistarkastelu	83
6.2.8 Päätelmät	84
6.3 Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyys ja liikkumiskäyttäytyminen ilmastovaikutusten arviointivälineinä	86
<b>7 Yhteenveto</b>	<b>93</b>
7.1 Rakennetun ympäristön merkittävimmät päästövaikutukset	93
7.1.1 Energian käyttö, tuotanto ja vaikutus päästöihin	93
7.1.2 Tuleva kehitys	103
7.2 Vuosien 2020 ja 2050 velvoitteiden täyttäminen	109
7.2.1 Velvoitteet 2020 ja 2050	109
7.2.2 Sektorikohtaiset painopistealueet	110
7.3 Tulosten epävarmuudet ja jatkotutkimustarpeet	113
7.3.1 Tietopohjan parantaminen	113
7.3.2 Jatkotutkimustarpeet	114
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>116</b>
Liite 1 – Yhdyskuntarakenne	119
Liite 1.A Yhdyskuntarakenteen mallinnuksen kaupunkiseudut	119
Liite 1.B Yhdyskuntarakenteen luokittelu	120
Liite 1.C Oletuksia energiatehokkuuden parantumisesta	122
Liite 1.D Toimenpiteiden ryhmittely	123

## Esipuhe

Energiankäytön tehostamisen ja kasvihuonekaasupäästöjen leikkaamisen toimenpiteiden valmistelu edellyttää ajantasaista ja yksityiskohtaista taustatietoa rakennetun ympäristön eri osa-alueiden energiankäytöstä ja päästöistä. Toimenpiteitä olisikin vaikea kohdistaa oikein ilman kirkasta kokonaiskuvaa energiankäytön nykytilanteesta ja sen todennäköisestä kehittämisestä.

Tässä taustaselvityksessä on tarkasteltu rakennetun ympäristön eli rakennusten ja liikenteen lisäksi koko yhdyskuntatason energiankäytön ja päästöjen osuuksia ja rakennetta. Selvityksessä on myös arvioitu yhdyskuntarakenteen ja energiahuoltoratkaisujen vaikutuksia päästöjen muodostumiseen. Tulosten mukaan rakennettu ympäristö vastaa lähes 60 %:sta koko Suomen energiankäytöstä ja päästöistä. Lisäksi selvityksessä on hyödynnetty useita aiemmin tehtyjä skenaarioita ja tarkasteltu niiden pohjalta todennäköistä tulevaisuuden kehitystä.

Tämä taustaselvitys on tehty kansallisen toimintaohjelman ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017 – laatimista varten. ERA17-toimintaohjelman laatii vuoden 2010 aikana ympäristöministeriön, Sitran ja Tekesin koolle kutsuma ja asuntoministeri Jan Vapaavuoren johtama työryhmä.

Taustaselvitysraportin ovat kirjoittaneet Iivo Vehviläinen ja Aki Pesola Gaia Consulting Oy:stä, Juhani Heljo ja Jaakko Vihola Tampereen teknillisestä yliopistosta, Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Kaisa Mäkelä ympäristöministeriöstä, Pekka Lahti VTT:ltä, Mika Ristimäki Suomen ympäristökeskuksesta ja Hanna Kalenoja Tampereen teknillisestä yliopistosta.

Taustaselvitysraportin kirjoittamista on ohjannut ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana allekirjoittanut on toiminut. Ohjausryhmän muut jäsenet ovat olleet Juhani Heljo Tampereen teknillisestä yliopistosta, Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Reijo Kangas Tekesistä, Pekka Lahti VTT:ltä, Teppo Lehtinen ja Kaisa Mäkelä ympäristöministeriöstä sekä Iivo Vehviläinen Gaia Consulting Oy:stä.

Tekijät toivovat, että työn tuloksena on saatu kokonaisvaltainen yhteenveto rakennetun ympäristön energiankäytön ja kasvihuonekaasupäästöjen muodostumisesta sekä pystytty erottamaan isot ja vähempimerkitykselliset tekijät. Työn tuloksia on jo hyödynnetty ERA17-toimintaohjelman toimenpide-ehdotusten valmistelussa ja niille löytyy käyttöä jatkossakin erilaisissa kehitys- ja opetustehtävissä.

Helsingissä 17.9.2010

**Jarek Kurnitski**  
johtava asiantuntija  
Sitran Energiaohjelma



## Executive Summary

This report analyses energy use and greenhouse gas emissions in the Finnish built environment. Main emphasis is on the current situation represented by the year 2007. The study analyses future energy use and greenhouse gas emissions until 2050 on the basis of current policy measures and market trends. Scenarios from previous studies provide additional insights on potential alternative developments.

The built environment accounted for 59 % of the final energy use and 56 % of the greenhouse gas emissions in Finland in 2007. Energy use and emissions of the built environment have been increasing at least until the first years of the 2000's. Energy use varies due to the variations in temperature dependent heating.

The largest share of energy use and emissions in the built environment originates from the energy use in buildings. Heating with fossil fuels, district heating, and electric heating are responsible for the majority of emissions. Electricity use in lighting, appliances, and equipment also contributes to this.

Majority of the energy use and emissions in the transport sector results from the use of fossil fuels in road traffic. Private cars are responsible for more than half of the road emissions, but the share of trucks and vans is also sizeable. Slightly less than half of the passenger traffic consists of daily trips to work, to school or to run errands. Other passenger traffic originates from free-time activities.

Energy related emissions result from the use of fossil fuels in the Finnish energy production. District heating, as well as combined heat and power production rely largely on fossil fuels. Emissions from electricity production have varied from one year to another. During some years, electricity is produced with domestic fossil fuel fired condensing power while during others it is imported.

Energy use for heating in buildings is expected to peak and start to decline after 2020. Short term effects are dependent on the amount of energy efficiency improvements carried out in the current building stock. Energy efficiency requirements set for new buildings affect total energy use later on. The purchased energy use and emissions of buildings are also affected by the selected heating system. For example heat pumps can reduce the energy use for heating, but require additional electricity.

The amount of traffic is expected to increase. Vehicle technology has the potential to mitigate some of the increases in energy use or emissions. New fuel motor vehicles are becoming more efficient. Electric cars are even more energy efficient than fuel motor cars. Emissions can also be reduced through the use of sustainable fuels.

The reduction of fossil fuels in the energy production system reduces all greenhouse gas emissions significantly. Carbon neutral energy production contains some uncertainties relating to the large scale deployment of new technologies, the cost of investments, and the strain caused to the sustainable use of natural resources.

The choices made for the urban structure affect all aspects of energy use and greenhouse gas emissions in the built environment. Urban planning can affect the daily needs for passenger traffic. Urban structure affects the energy use in buildings through the choice of building types. Emissions can also be affected by the selection the urban structure allows for energy production.

Dynamics of the energy use and emissions in the built environment require further studies. Finland lacks a comprehensive view on the costs and other implications to improve energy efficiency or to reduce greenhouse gases. Many of the current estimates are based on historical trends without taking into account e.g. changes in consumption patterns or the upcoming EU regulations. In addition, several sectors have been difficult to analyse due to lack of data or insufficient resources. This is especially evident within the built industrial environment and within the construction and manufacturing of building materials.

# 1 Johdanto

## 1.1 Selvityksen tausta ja tavoitteet

Tämä selvitys analysoi Suomen rakennetun ympäristön energiankäyttöä ja kasvi-huonekaasupäästöjä. Selvitys on luonteeltaan taustaselvitys, joka tukee kansallisen ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017 -toimintaohjelman valmistelutyössä tehtävää analyysiä rakennetun ympäristön ilmastovaikutuksista. ERA17-toimintaohjelma laaditaan vuoden 2010 aikana ympäristöministeriön, Sitran ja Tekesin yhteistyönä.<sup>1</sup>

Taustaselvityksessä keskitytään rakennetun ympäristön energiankäytön ja kasvi-huonekaasupäästöjen nykytilan analyysiin. Tavoitteena on tunnistaa energiankäytön ja kasvihuonekaasupäästöjen muodostumisen kannalta merkitykselliset tekijät eri osa-alueilla sekä osa-alueiden väliset keskeiset vuorovaikutussuhteet. Tarkasteltavat osa-alueet on esitetty kuvassa 1.1.



**Kuva 1.1.** Selvityksessä tarkasteltavat osa-alueet.

Nykytilan lisäksi tarkastellaan esitettyjä kehitysennusteita vuosille 2020 ja 2050. Kehitysennusteet laaditaan olemassa olevien ennusteiden yhteenvetona. Samalla esitetään myös keskeiset lähtöoletukset, epävarmuustekijät, ennusteiden hajonta ja jatkotutkimustarpeet.

Työn tuloksena syntyy kokonaisvaltainen yhteenveto rakennetun ympäristön kasvi-huonekaasupäästöjen muodostumisesta ja eri osa-alueiden merkityksellisyydestä.

<sup>1</sup> Ympäristöministeriö, Energiatehokas rakennettu ympäristö, asettamispäätös, 7.1.2010.

## 1.2 Lähestymistapa ja rajaukset

Tehty analyysi perustuu pääosin nykyiseen tietopohjaan, tilastoaineistoon ja julkisiin selvityksiin. Nykytilan osalta on hyödynnetty käytössä olevaa tilastollista aineistoa. Tietoja on täydennetty tarpeen mukaan erillisistä selvityksistä.

Rakennetun ympäristön energiakäytön ja kasvihuonekaasupäästöjen nykytilan analyysissä on lähdetty liikkeelle olemassa olevasta yhdyskuntarakenteestamme. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt on jaettu sektori-kohtaisesti loppukäytön mukaisesti.

Suomen nykyistä energiankäyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjä on kuvattu yhden tarkasteluvuoden avulla. Tarkasteluvuodeksi on valittu vuosi 2007, jolla kuvataan 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen tyypillisiä olosuhteita. Vuonna 2008 alkaneen taloustaantumun vaikutukset eivät näy tarkastelussa. Taloustaantumun suurimmat vaikutukset kohdistuvat teollisuuden energiankulutukseen ja päästöihin sekä rakentamiseen. Hankkeen puitteissa ei ole yksityiskohtaisesti arvioitu näitä vaikutuksia lähivuosien energiankulutukseen tai päästöihin.

Vuosien 2020 ja 2050 kehitysennusteita on analysoitu sektorikohtaisesti vaihtoehtoisten kehityspolkujen avulla. Rakennusten energiankäytölle, liikennesuoritteille, energiahuoltoratkaisuille ja yhdyskuntarakenteelle on esitetty vaihtoehtoisia tulevaisuuden kehityskulkuja perustuen pääosin aiempiin selvityksiin. Esitettyjen kehityskulkujen tarkoituksena ei ole toimia tulevaisuuden ennusteena, vaan luoda tietopohjaa tuleville päätöksille.

Keskeisten oletusten osalta sektoreiden kehityspolut on yhdistetty kokonaisvaltaiseksi skenaarioiksi. Skenaarioiden avulla voidaan tunnistaa kasvihuonekaasujen kannalta merkittäviä tekijöitä sekä näiden välisiä riippuvuussuhteita.

Selvityksessä on myös esitelty mitä mahdollisia toimenpiteitä eri kehityspolkujen energiankäytön ja kasvihuonekaasujen muutokset edellyttävät.

## 1.3 Työn toteutus

Tämä raportti on kirjoitettu touko–syyskuussa 2010. Raportti on koostettu joukosta aiempia selvityksiä. Rakennusten energiankäytön ja kasvihuonekaasupäästöjen sekä energiahuollon osalta on tämän selvityksen yhteydessä tehty lisälaskelmia. Liikenteen tarkastelussa esitetään päähuomioita aiempien skenaario-arvioiden pohjalta. Yhdyskuntarakenteen kohdalla selvitystyössä on nojaututtu tuoreeseen tutkimustyön, josta tässä raportissa esitetään keskeisiä tuloksia.

Raportin sisältö ja kirjoittajat on esitetty taulukossa 1.1. Raportin kirjoittamista on ohjannut ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut Jarek Kurnitski Sitran Energiaohjelmasta. Ohjausryhmän muut jäsenet ovat olleet Juhani Heljo Tampereen teknillisestä yliopistosta, Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Reijo Kangas Tekesistä, Pekka Lahti VTT:ltä, Teppo Lehtinen ja Kaisa Mäkelä ympäristöministeriöstä sekä Iivo Vehviläinen Gaia Consulting Oy:stä.

**Taulukko 1.1.** Raportin sisällys ja kirjoittajat.

Luku	Aihepiiri	Kirjoittajat
1	Johdanto	Iivo Vehviläinen, Aki Pesola / Gaia
2 (pl. 2.4, 2.6)	Suomen nykyinen energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt	Iivo Vehviläinen, Aki Pesola / Gaia
2.4	Rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö	Juhani Heljo, Jaakko Vihola / TTY
2.6	Liikenne	Kaisa Mäkelä / YM, Saara Jääskeläinen, LVM
3	Rakennusten energiankäyttö ja päästöt	Juhani Heljo, Jaakko Vihola / TTY
4	Liikenteen tuotteet ja päästöt	Saara Jääskeläinen / LVM
5	Energiahuoltoratkaisujen vaikutus päästöihin	Iivo Vehviläinen, Aki Pesola / Gaia
6	Yhdyskuntarakenteen muutosten vaikutus päästöihin	
6.1	Yhdyskuntarakenteen vaikutus tutkimuskohteena	Kaisa Mäkelä / YM, Pekka Lahti / VTT
6.2	Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt – kehitysvertailuja 2005 – 2050	Pekka Lahti / VTT
6.3	Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyys ja liikkumiskäyttäytyminen ilmastovaikutusten arviointivälineinä	Mika Ristimäki / SYKE, Hanna Kalenoja / TTY
7	Yhteenveto	Iivo Vehviläinen, Aki Pesola / Gaia

Raportin luvussa 2 kuvataan Suomen nykyinen energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt esimerkkivuonna 2007 sekä historiallista kehitystä. Rakennusten osalta analyysiä on kuvattu luvussa 3 ja liikenteen osalta luvussa 4. Luku 5 kuvastaa energiahuoltoratkaisujen merkitystä erityisesti kasvihuonekaasupäästöille ja luvussa 6 tarkastellaan yhdyskuntarakenteen vaikutuksia. Yhteenveto keskeisistä tuloksista, Suomen veloitteiden täyttämiseksi soveltuvista toimenpiteistä sekä tulosten epävarmuuksista ja jatkotutkimuskohteista esitetään luvussa 7.

## 2 Suomen nykyinen energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt

### 2.1 Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja päästövaikutukset

Rakennettu ympäristö vastaa merkittävästä osuudesta Suomen energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Nykyinen kulutus- ja päästöseuranta sekä tilastointi tarjoavat kuitenkin vain rajallisen kokonaiskuvan rakennetun ympäristön näkökulmasta<sup>2</sup>. Puutteellisten tilastotietojen valossa energiankäytön tehostamiseen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden kohdistaminen on haastavaa.

Tässä luvussa on jäsennetty energiankäyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjä koskevia tilastotietoja rakennetun ympäristön näkökulmasta.

Suomen energian loppukäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt on tässä tarkastelussa jaettu viidelle sektorille:

1. *Rakennukset* eli kaikkien rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö
2. *Rakentaminen* eli rakennusmateriaalien valmistus ja rakentaminen
3. *Teollisuus* ilman rakennusten osuutta
4. *Liikenne*
5. *Muut* eli maa- ja metsätalous, teollisuusprosessit, jätteet ja muut.

*Rakennukset* -luokkaan kuuluvat asuin-, palvelu-, maatalous- sekä teollisuusrakennusten loppuenergian käyttö. Rakennusten loppuenergiaan sisältyy sekä rakennusten lämmitys että sähkön käyttö. *Rakentaminen* sisältää rakennusten sekä tie-, katu- ja raideinfrastruktuurin rakennusmateriaalien valmistukseen kuluvan energian sekä rakentamisaikaisen sähköenergian ja polttoaineiden kulutuksen. *Teollisuuden* energiankulutukseen lasketaan mukaan teollisuussektorin kuluttama sähköenergia sekä polttoaineet, pois lukien teollisuusrakennusten lämmitysenergia ja kiinteistö-sähkö. *Liikenne* -luokkaan kuuluu kotimaisen liikenteen kuluttama energia ja luokkaan *muut* sisällytetään energiankulutus, jota ei voida allokoida mihinkään edellä mainittuun luokkaan.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Esimerkiksi energiatilastointia ja tulevia kehityssuuntia on kuvattu Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksessä Energiatilastointi ja sen kehittämistarpeet – Tilastovastuuryhmän loppuraportti, 2010.

<sup>3</sup> Sisältää maa- ja metsätalouden energiankulutuksen, palveluiden ja muun julkisen sähkönkulutuksen (esim. jätteiden käsittely ja katuvalaistus) sekä kotitalouksien polttoainekulutuksen.

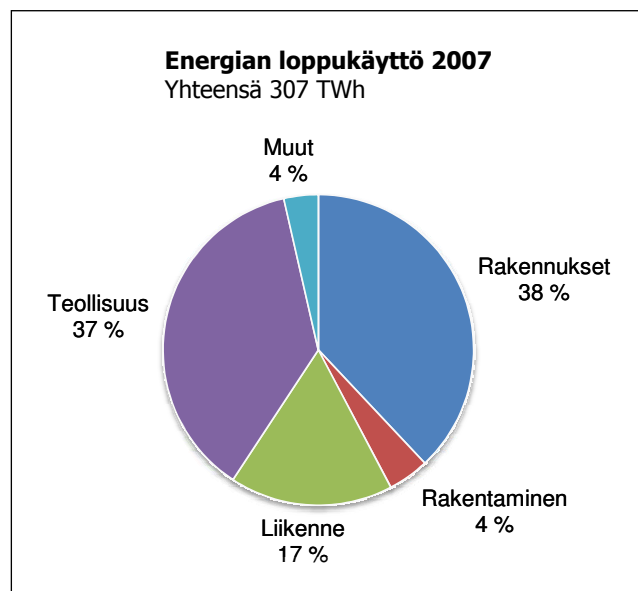
Tarkastelussa on osin turvauduttu laskennallisiin arvioihin. Käytetyt laskentamenetelmät ja oletukset kuvataan kunkin kohdan osalla keskeisin osin. Lähtötiedot perustuvat suurimmaksi osaksi Tilastokeskuksen tietoihin<sup>4</sup>. Muut käytetyt lähteet on mainittu raportissa erikseen.

## 2.2 Energiankulutus

### 2.2.1 Energian loppukäyttö

Tämän luvun sektorikohtaisessa tarkastelussa keskitytään energian loppukäyttöön. Energian loppukäytöllä tarkoitetaan tässä sitä energiaa, joka rakennuksiin ostetaan. Energian loppukäyttö ei pidä sisällään energian tuotannon, siirron ja jakelun häviöitä, eikä kiinteistökohtaisesti tuotettua uusiutuvaa energiaa.

Energian loppukäyttö vuonna 2007 oli 307 TWh<sup>5</sup>. Sektorit ja niiden osuudet energian loppukäytöstä vuonna 2007 on esitetty kuvassa 2.1. Rakennetun ympäristön energiankulutuksesta rakennukset (38 %) ja liikenne (17 %) vastaavat suurinta osaa. Rakentamisen osuus on suhteellisen pieni (4 %). Muu energian loppukäyttö on pääasiassa teollisuuden kulutusta (37 %) ja vähäisissä määrin muuta energian loppukäyttöä (4 %).



**Kuva 2.1.** Energian loppukäyttö jaettuna sektoreittain.

<sup>4</sup> Tilastokeskus, Energiatilasto, Vuosikirja 2009.

<sup>5</sup> Esitetty arvo poikkeaa Tilastokeskuksen arvosta 313 TWh. Suurin selittävä ero syntyy teollisuuden omistamien lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitosten polttoainekäytön jakamisesta lämmöntuotantoon, joka lasketaan teollisuuden loppukäytöksi, ja sähköntuotantoon, joka ei ole loppukulutusta. Tilastokeskuksen laskelmassa jako on tehty energiamenetelmällä kun tässä selvityksessä on käytetty hyödynjakomenetelmää.

Rakennusten lämmitykseen on laskettu mukaan asuin- ja palvelurakennusten, maatalouden rakennusten sekä teollisuuden rakennusten lämmitykseen käytetty ostoenergia. Ostoenergia pitää sisällään lämmityksen käytetyt polttoaineet, kaukolämmityksen ja sähkölämmityksen. Lämpöpumppujen osalta mukaan on laskettu lämpöpumppujen kuluttama sähköenergia<sup>6</sup>.

Rakennusten sähkökäytössä mukana ovat tilastoidut kotitalouksien, kiinteistöjen ja loma-asuntojen sähkökulutukset. Palveluiden ja julkisen kulutuksen osalta on tehty oletus, että tilastoidusta kulutuksesta 90 % kuluu rakennuksissa ja loppu 10 % on muuta kulutusta, esimerkiksi katu- ja tievalaistusta. Teollisuuden sähkökulutuksesta rakennuksiin on kohdistettu lämmityssähkön lisäksi kiinteistösähkön osuus, jonka on arvioitu olevan 5 % teollisuuden kokonaissähkökulutuksesta<sup>7</sup>.

Rakentamiseen kuuluvat rakennustoiminnan tilastoitu polttoainekäyttö ja sähkönkulutus sekä arvio rakennusmateriaalien valmistuksen kulutuksesta. Rakentamisen ja rakennusmateriaalien energiankulutuksen osuus on epävarma, mutta sitä voitaneen pitää suuntaa antavana (ks. luku 2.5).

Teollisuuden tilastoidusta sähkönkulutuksesta on vähennetty yllä esitetyt teollisuuden rakennusten lämmityssähkö, kiinteistösähkö sekä rakentamisen ja rakennusmateriaalin valmistuksen sähkönkulutus. Teollisuuden tilastoidusta polttoaineiden kulutuksesta on puolestaan vähennetty rakennusten lämmityksen polttoaineet sekä teollisuuden yhteistuotantolaitoksissa tuotetun sähkön polttoaineet. Teollisuuden energiankulutukseen kuuluu kaivannaisteollisuus.

Liikenteeseen kuuluvat kotimaan tieliikenteen, lentoliikenteen ja laivaliikenteen polttoaineet. Mukaan on laskettu myös liikenteen sähkönkulutus. Ulkomaan laiva- ja lentoliikenteen polttoaineiden kulutusta ei ole otettu huomioon.

Muussa energiankulutuksessa on otettu huomioon energiankulutus, jota ei voida lukea yllä kuvattuihin sektoreihin. Muuhun energiakulutukseen on laskettu maa- ja metsätalouden polttoainekäyttö ja sähkönkulutus, kotitalouksien ja muu pienpolttainekäyttö sekä osuus palveluiden ja julkisen sektorin sähkönkulutuksesta, joka ei kulu rakennuksissa.

### 2.2.2 Primäärienergian käyttö

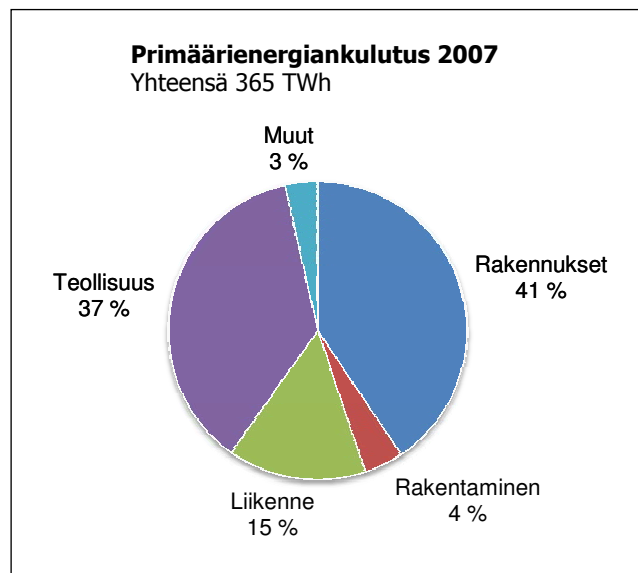
Primäärienergialla tarkoitetaan loppukäytössä kulutettavan energian tuottamiseksi tarvittavaa energiamäärää. Loppukäytössä kulutetaan energiaa esimerkiksi polttoaineina, sähköinä, kaukolämpönä ja höyrynä. Polttoaineiden primäärienergia määräytyy niiden energiasisällön mukaisesti. Muiden energialähteiden osalta primäärienergian kulutukseen vaikuttavat käytetyt tuotantotavat.

<sup>6</sup> Lämpöpumppujen osalta on lähtötietona käytetty Tilastokeskuksen raportointia lämpöpumppujen osuutta asuin- ja palvelu-rakennusten energialähteistä. Keskimääräisenä lämpökertoimena kaikille lämpöpumpuille on käytetty lukuarvoa 2,4. Tämä vastaa maalämpöpumpuille noin lämpökertoimaa 2,9 ja ilmalämpöpumpuille 1,9.

<sup>7</sup> Teollisuuden suhdannevaihteluiden tasaamiseksi kiinteistösähkön osuus on laskettu viiden edellisen vuoden sähkönkulutuksen keskiarvosta.



Primäärienergiankulutus vuodelta 2007 on esitetty kuvassa 2.2. Primäärienergian kulutus on suurempi kuin loppuenergian käyttö energian siirrossa, jakelussa ja tuotannossa tapahtuvien häviöiden vuoksi. Sektorien suhteelliset osuudet vastaavat likimain loppuenergian käytön suhteellisia osuuksia. Eniten häviöitä syntyy sähköntuotannossa. Primäärienergian tarve on alhaisen sähkökulutuksen vuoksi liikenteessä suhteessa hieman pienempi kuin energian loppukäytössä ja rakennuksissa hieman suurempi.



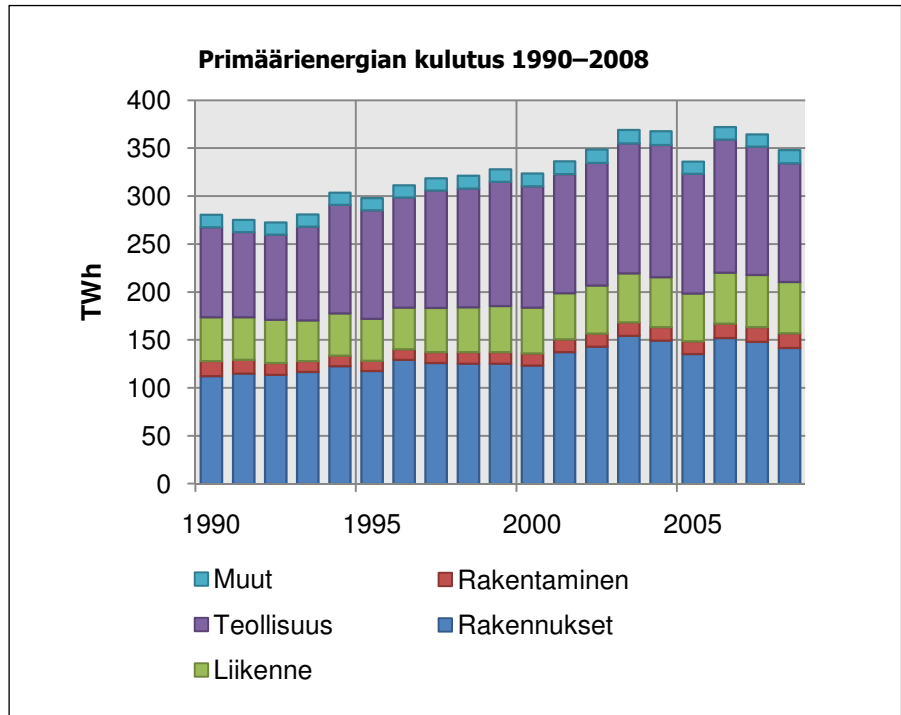
**Kuva 2.2.** Primäärienergian kulutus jaettuna sektoreittain <sup>8</sup>.

Kuvassa 2.3 on esitetty tarkasteltavien sektoreiden primäärienergiankulutuksen kehitys vuodesta 1990 vuoteen 2008. Primäärienergian kulutus on kasvanut vuoteen 2003 asti melko tasaisesti. Vaihtelut ovat seurausta energian loppukäytön vaihtelusta ja erityisesti sähköntuotannon vaihteluista. Esimerkiksi vuonna 2005 voidaan havaita selkeä lasku primäärienergiankulutuksessa. Loppuenergian käyttö oli vuonna 2005 alhaisempi kuin ympäröivinä vuosina. Loppuenergian käyttöä vähensivät lämmin vuosi, joka alensi lämmitysenergian tarvetta, sekä metsäteollisuuden työselkkaus, joka vähensi teollisuuden energian käyttöä. Lisäksi suhteellisen alhaiseen primäärienergian kulutukseen vaikutti alhainen lauhdesähkön tuotanto. Vuonna 2005 sähköä puolestaan tuotiin enemmän, mutta ulkomailta tuotetun sähkön primäärienergian käyttöä ei lasketa mukaan Suomen kulutukseen.<sup>9</sup> Vuoden 2008 kulutuksessa näkyy teollisen tuotannon supistuminen ja jälleen lämmin vuosi <sup>10</sup>.

<sup>8</sup> Ydinvoiman primäärienergiankulutuksena on laskelmissa käytetty ydinsähkön tuotantomäärää.

<sup>9</sup> Tilastokeskus, Energian kokonaiskulutus laski selvästi, Energiankulutuksen katsaukset, 16.3.2006.

<sup>10</sup> Tilastokeskus, Teollisuuden energiankäyttö laski 7 prosenttia vuonna 2008, 26.1.2010.

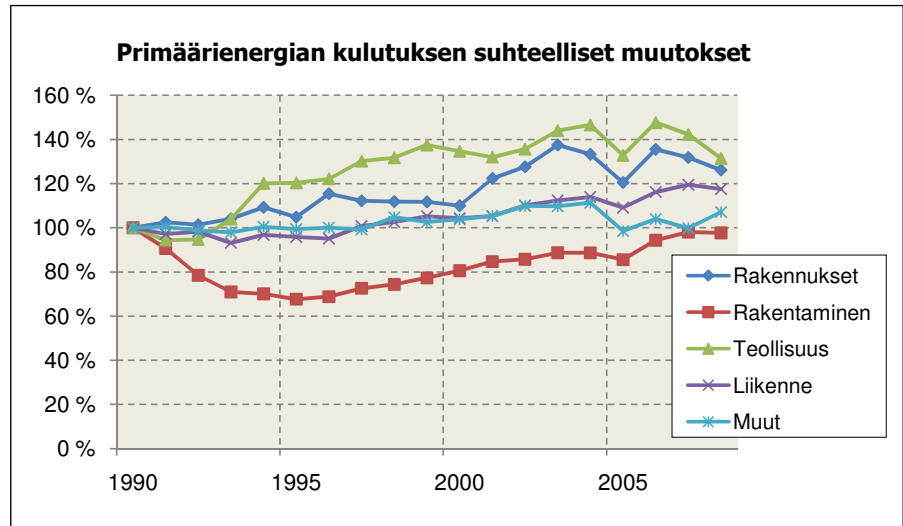


Kuva 2.3. Primäärienergian kulutuksen kehitys sektoreittain 1990–2008.<sup>11</sup>

Sektorikohtainen primäärienergian kulutuksen kehittyminen on esitetty kuvassa 2.4. Primäärienergian kulutus on kasvanut erityisesti teollisuudessa ja rakennuksissa, jotka ovat suurimmat energiankuluttajat. Teollisuudessa näkyy tuotantomäärien vaihtelu ja rakennusten energiankulutuksessa vuotuisen lämmitysenergian tarpeen vaihtelu. Liikenteessä primäärienergian kulutuksen kasvu on ollut tasaisempaa. Ainoa sektori, jossa primäärienergian kulutus on pienempää nykyään kuin vuonna 1990, on rakentaminen. Vuosi 1990 oli rakentamisen suhteen ennätysellinen ja tämän jälkeen rakentamisen vähentyminen näkyy alhaisempana energiankulutuksena<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Ydinvoiman primäärienergiankulutuksena on laskelmissa käytetty ydinsähkön tuotantomäärää.

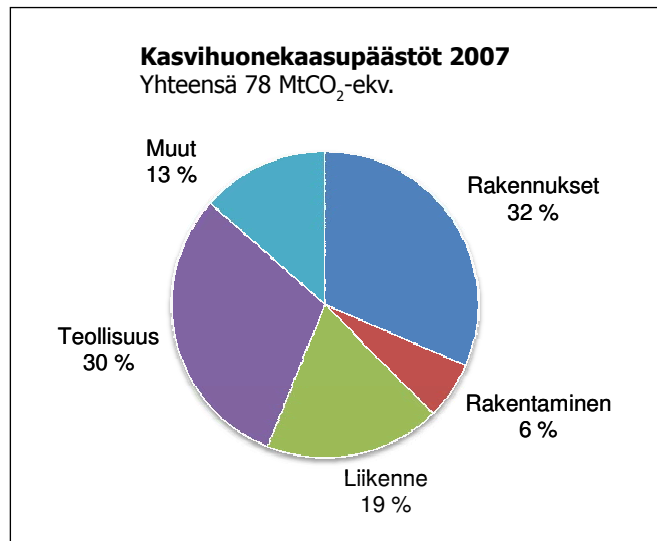
<sup>12</sup> On syytä huomata, että energiankulutuslaskelma perustuu laskentamalliin, jossa energiankulutus lasketaan perustuen rakentamisen määrään.



Kuva 2.4. Primäärienergian kulutuksen kehitys sektoreittain indeksitarkasteluna 1990–2008.

### 2.3 Kasvihuonekaasupäästöt

Suomessa syntyi vuonna 2007 kasvihuonekaasupäästöjä noin 78 MtCO<sub>2</sub>-ekv. Kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen sektoreittain on esitetty kuvassa 2.5. Muun sektorin kasvihuonekaasupäästöjen osuus kaikista päästöistä on suhteessa selkeästi suurempi kuin sektorin osuus primäärienergian kulutuksesta (13 % vs. 4 %). Muu sektori pitää sisällään energiankulutukseen liittymättömiä, pääosin maatalouden, päästöjä. Tämän seurauksena teollisuus- ja rakennussektoreiden kasvihuonekaasupäästöjen suhteelliset osuudet pienenevät. Liikenteessä päästöjen osuus on jonkin verran primäärienergian kulutusta suurempi (19 % vs. 15 %), koska liikennepolttoaineet tuottavat keskimääräistä energiankulutusta enemmän päästöjä. Sama ilmiö näkyy myös rakentamisen päästöissä, joiden osuus on suurempi kuin rakentamisen osuus primäärienergiankulutuksesta. Lisäksi rakentamisen päästöjä lisäävät rakennusmateriaalien valmistuksessa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt, esimerkiksi sementin valmistuksen päästöt.



**Kuva 2.5.** Kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain.

Kasvihuonekaasupäästöjen sektorikohtainen jaottelu perustuu pääosin kasvihuonekaasupäästöjen virallisiin tilastoihin. Tässä selvityksessä käytetyn sektorijaon poikkeamien vuoksi on kuitenkin jouduttu tekemään joukko laskennallisia oletuksia päästöjen jakautumisesta sektoreiden kesken.

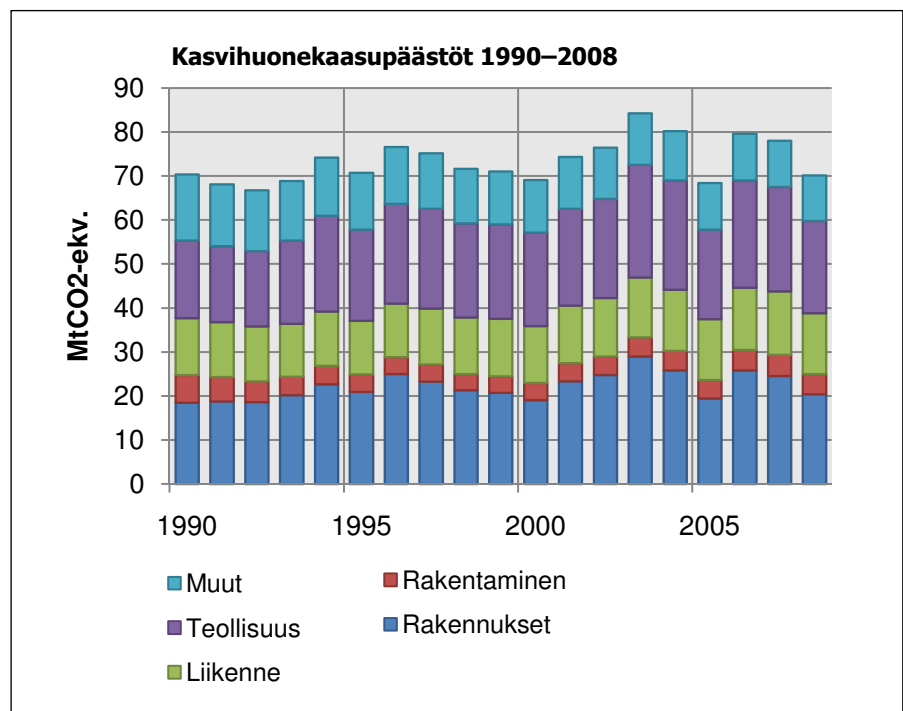
Sähkön tuotannossa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt on jaettu sektoreiden kesken perusteella, kuinka paljon sähköä kukin sektori on kuluttanut. Samoin on menetelty kaukolämmön osalta. Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannossa syntyvät päästöt on jaettu hyödynjakomenetelmällä<sup>13</sup>.

Rakennuksien päästöihin on luettu niiden lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden päästöt, kaukolämmön päästöt sekä rakennuksen sähkön kulutuksen mukainen osuus sähköntuotannon päästöistä. Liikenteessä päästöt koostuvat pääasiassa polttoaineiden käytöstä, mutta mukaan on laskettu myös sähkönkulutuksen osuus. Rakentamisen päästöjen laskenta perustuu näiden sähkönkulutukseen ja polttoainekäyttöön. Rakennusmateriaalien valmistuksen päästöjen laskenta perustuu arvioihin materiaalien käytöstä ja materiaaliikohtaisista päästöarvioista.

Teollisuuden päästöt koostuvat teollisuuden polttoaineiden, kaukolämmön ja sähkön kulutuksen mukaisista päästöistä. Lisäksi monet teollisuusprosessit aiheuttavat päästöjä. Sektoriin muut on laskettu muun polttoainekäytön, polttoaineiden haihtumapäästöjen, liuottimien ja muiden tuotteiden käytön, kotieläinten ruoansulatuksen, lannankäsittelyn, viljelymaiden sekä niittojäännostön käsittelyn päästöt. Lisäksi mukaan on laskettu maatalouden päästöt perustuen polttoainekäyttöön.

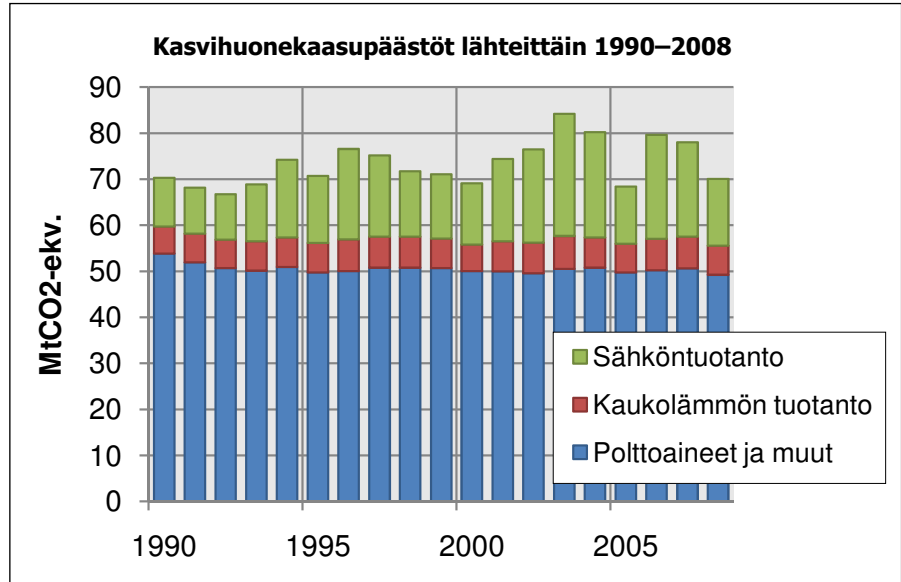
<sup>13</sup> Hyödynjako menetelmä on yksi lukuisista mahdollisista tavoista jakaa polttoaineiden kulutus ja päästöt kaukolämmön, sähkön ja teollisuushöyryn tuotannon välillä. Jako perustuu oletuksiin vaihtoehtoisten tuotantotapojen edellyttämästä polttoaineiden kulutuksesta. Toinen yleisesti käytetty menetelmä on nk. energiamenetelmä, jossa polttoaineiden kulutus jaetaan suoraan tuotantomäärien suhteessa eri energialajeille.

Suomen kasvihuonekaasujen sektorikohtainen kehitys on esitetty kuvassa 2.6. Vuotuinen kokonaispäästö määrä on vaihdellut 67–84 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. välillä vuosina 1990–2008. Vuosittainen vaihtelu riippuu ennen kaikkea energiantuotantorakenteesta. Kun sähköä tuodaan runsaasti, tarvitaan kotimaista tuotantoa vähemmän. Kun taas sähköä tuodaan vähemmän, tarvitaan kotimaista tuotantoa enemmän. Suurempi kotimainen tuotanto tuottaa laskennallisesti enemmän päästöjä, koska tuodun sähkön mahdollisia päästöjä ei oteta huomioon. Sähkön tuontiin ja vientiin vaikuttavat mm. Pohjoismaiden vesitilanne, polttoaineiden sekä päästöoikeuksien hinnat.



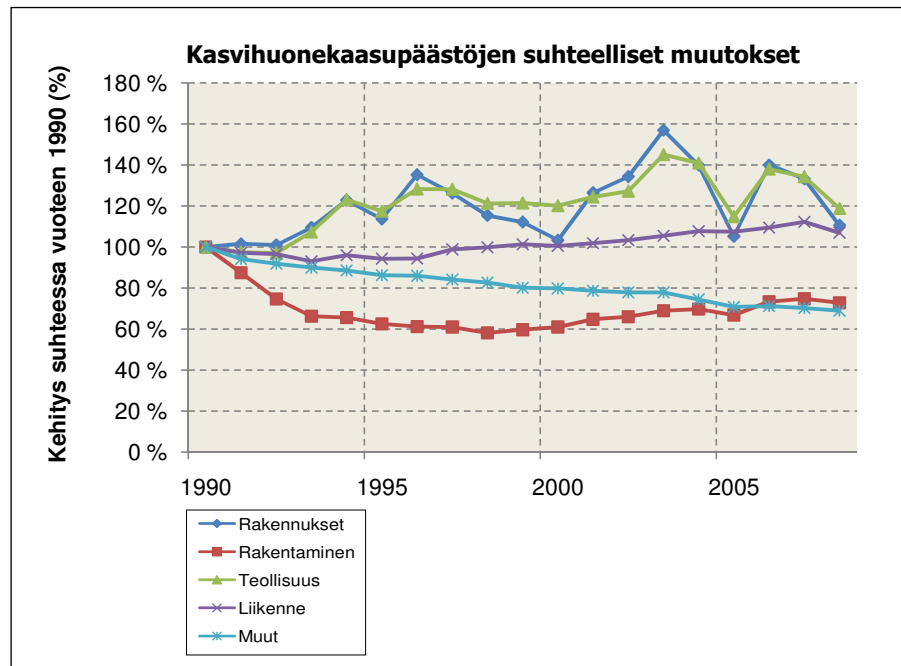
Kuva 2.6. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys sektoreittain 1990–2008.

Päästöjen jakaantuminen sähköntuotannon päästöihin, kaukolämmön tuotannon päästöihin ja muihin päästöihin on esitetty kuvassa 2.7. Kaukolämmön tuotannon ja muiden päästöjen kehitys on tasaisempaa kuin sähköntuotannon päästöjen kehitys.



**Kuva 2.7.** Sähköntuotannon ja kaukolämmön tuotannon kasvihuonekaasupäästöjen sekä muiden päästöjen kehittyminen vuosina 1990–2008.

Sektorikohtainen kasvihuonekaasujen kehittyminen on esitetty kuvassa 2.8. Rakentamisen ja luokan muut kasvihuonekaasupäästöt ovat nykyään pienemmät kuin vuonna 1990. Liikenteen päästöt ovat kasvaneet kuitenkin melko tasaisesti tarkasteltavan ajanjakson aikana ja ovat nykyään noin 10 % suuremmat kuin 1990-luvun alussa. Rakennusten päästöissä näkyy lämmitystarpeen ja sähköntuotantotavan vaihtelu samaan tapaan kuin primäärienergiatarkastelussa. Vastaavasti teollisuudessa on nähtävissä tuotantomäärien vaihtelua ja sähköntuotannon päästöjen vaihtelua.



Kuva 2.8. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys sektoreittain indeksitarkasteluna 1990–2008.

## 2.4 Rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö

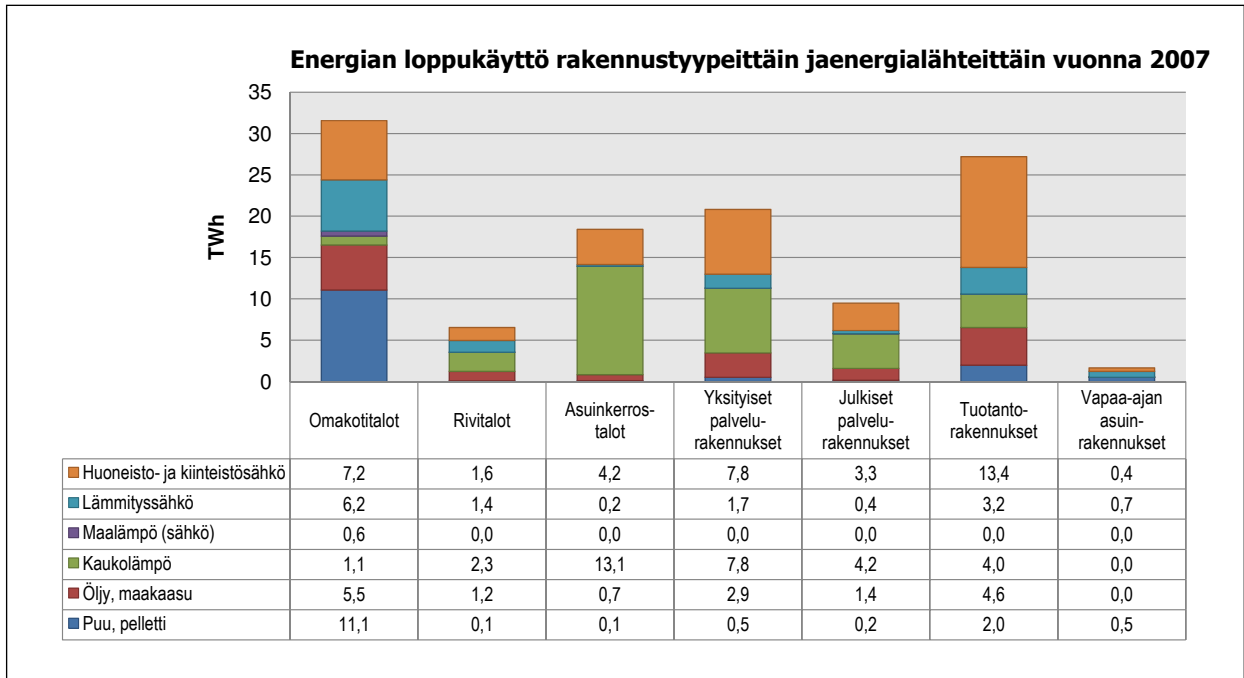
### 2.4.1 Lämmitys ja sähkönkäyttö rakennustyypeittäin

Rakennuskannan energiankäyttö voidaan jakaa karkeasti neljään suuruusluokaltaan yhtä suuren osaan (kuva 2.9):

- Omakotitalot ja vapaa-ajan asuinrakennukset
- Asuinkerrostalot ja rivitalot
- Palvelurakennukset (julkiset ja yksityiset)
- Tuotantorakennukset (teollisuus, maatalous, varastot)

Koska tuotantorakennusten lämmitysenergian ja sähkön käytöstä on selvästi vähemmän tietoa kuin asuin- ja palvelurakennusten energiankäytöstä, on useissa tarkasteluissa mukana vain asuin- ja palvelurakennukset. Energiatilastoissakin ”rakennukset” tarkoittavat vain asuin- ja palvelurakennuksia. Aikaisemmin on palvelurakennuksista käytetty tilastoissa nimitystä ”liike- ja julkiset rakennukset”.

Kaikissa lämmitysenergian kulutuslaskelmissa on käytetty rakennuskannan sijainnilla painotettua lämmitystarvelukua 4150 Kd ( $S_{17}$ ). Se kuvaa 2000 -luvun loppuosan normaalia kulutustasoa, joka on 7 % alempi kuin ajanjaksolta 1971–2000 laskettu normaalivuoden kulutustaso ja 3 % korkeampi kuin vuoden 2007 kulutustaso.



**Kuva 2.9.** Netto-ostoenergian kulutus vuonna 2007 rakennustyypeittäin ja energialähteittäin (EKOREM-malli). Tuotantorakennusten osalta tieto on epävarmin. Tuotantorakennuksissa ”huoneisto- ja kiinteistösähkö” tarkoittaa muista poiketen arviota valaistuksen, pumppujen ja puhaltimien sähkönkäytöstä.

Puuta käytetään lämmitykseen pääasiassa omakotitaloissa, maatalouden tuotantorakennuksissa ja vapaa-ajan asuinrakennuksissa. Lisäksi puuta käytetään runsaasti saunojen lämmittämiseen. Puun käyttö kokonaisuudessaan on kasvanut seitsemässä vuodessa (2001–2008) 9 prosenttia<sup>14</sup>. Lämmityskaudella 2007/2008 puuta poltettiin yhteensä 6,7 kiintokuutiometriä. Puusta käytetään asuinrakennuksissa 73 %, vapaa-ajan asuinrakennuksissa 5 %, saunoissa 15 %, maatalojen tuotanto- ja talousrakennuksissa 5 % ja muualla 2 %. Omakotitaloissa poltettiin keskimäärin 4,6 kuutiometriä polttopuuta vuodessa.

Asuinkerrostaloista lähes kaikki ovat kaukolämmössä. Palvelurakennuksista suuret taajamissa sijaitsevat palvelurakennukset ovat kaukolämmössä ja taajamien ulkopuolella öljylämmityksessä. Pieniä palvelurakennuksia lämmitetään usein sähköllä. Sähkölämmitystä on omakotitaloissa, rivitaloissa, pienissä palvelurakennuksissa ja vapaa-ajan rakennuksissa. Vapaa-ajan asuinrakennuksissa sähkönkäyttö on lisääntymässä ehkä enemmän kuin millään muulla osa-alueella johtuen siitä, että peruslämmössä olevien vapaa-ajan asuntojen määrä lisääntyy. Koko mökkikannassa peruslämmössä on noin 20 % mökeistä ja uusista mökeistä peruslämpöön menee 60 %.

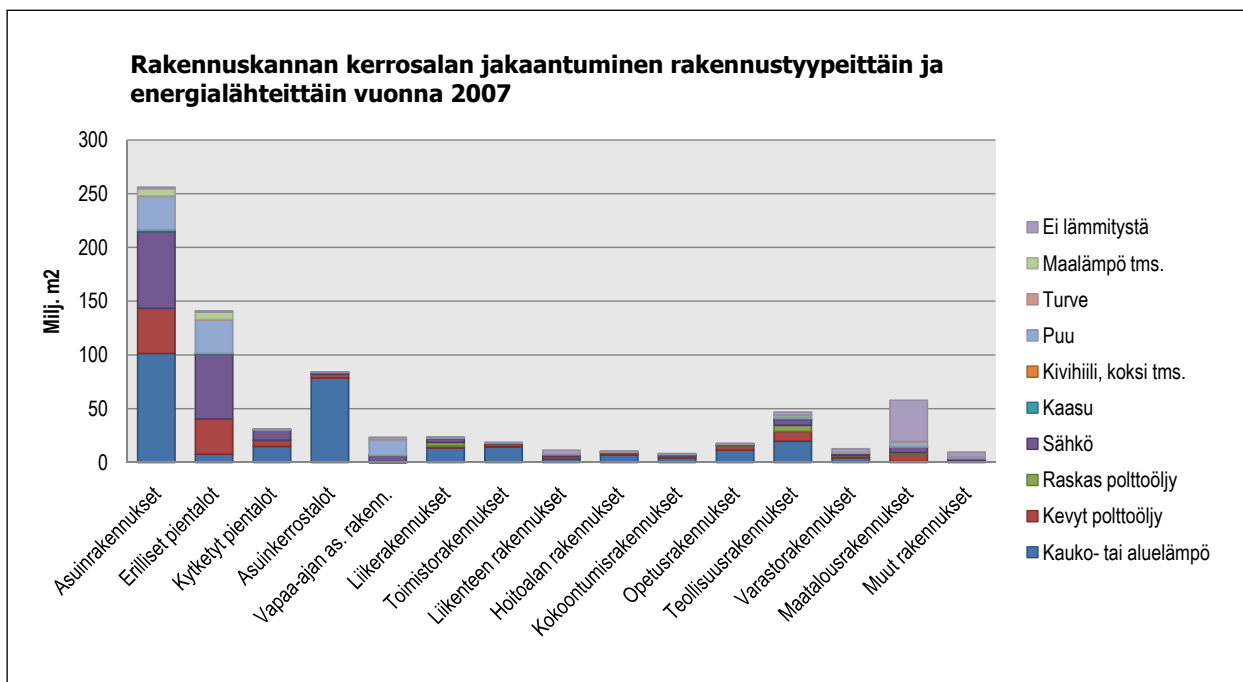
<sup>14</sup> Torvelainen, J., Pientalojen polttopuun käyttö 2007/2008. Metsätilastotiedote 26/2009. Metsätutkimuslaitos, Metsätilastollinen tietopalvelu. 2.7.2009. 3 s.



Huoneisto- ja kiinteistösähkön osuus on suurin palvelurakennuksissa. Sähkönkäytön jakaantumisesta on kuitenkin huonommin tietoa kuin lämmitysenergian jakaantumisesta. Varsinkin palvelurakennusten osalta olisi tarvetta tehdä selvitys sähkökäytöstä.

Rakennuskannan kerrosalan jakaantuminen energialähteittäin on esitetty kuvassa 2.10. tilastokeskuksen käyttötarkoitukseluokituksen pääjaolla. Lähteenä on Energiatilastojen laskentamallissa käytetty rakennuskantatieto. Se poikkeaa hieman Tilastokeskuksen virallisesta rakennuskantatiedosta energialähdejaon osalta. Energiatilastoissa on jakoa jouduttu korjaamaan, jotta on saatu jaettua energiat saatujen tietojen mukaan rakennustyypeille. Korjauksen syynä on, että tieto vanhan kannan lämmitystapamuutoksista ei mene kovin hyvin viralliseen rakennuskantarekisteriin. Kuvassa esitetty jako on neliöperusteinen. Esimerkiksi maatalousrakennuksissa on runsaasti lämmittämättömiä rakennuksia ja siksi niiden osuus energiankäyttöperusteisessa jaossa on selvästi vähäisempi.

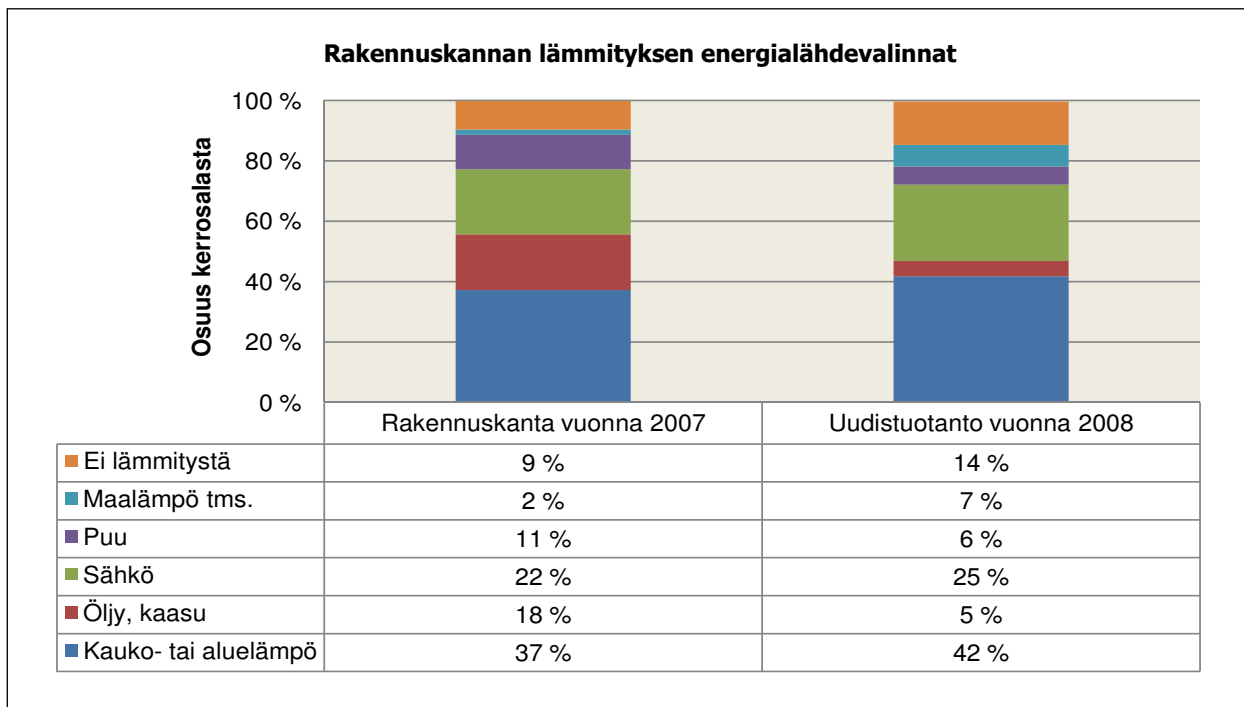
Palvelurakennukset jakaantuvat hyvin monenlaisiin rakennuksiin ja siksi energia- tehokkuuden tarkastelu palvelurakennussektorilla on selvästi hankalampaa kuin asuinrakennussektorilla.



**Kuva 2.10.** Rakennuskannan kerrosalan jakaantuminen rakennustyypeittäin ja energialähteittäin vuonna 2007. Energialähdejako perustuu Energiatilastoissa käytettyyn jakoon, joka poikkeaa hieman virallisen rakennuskantatilaston jaosta.

### 2.4.2 Lämmitystavat, energialähteet ja energian tarpeet

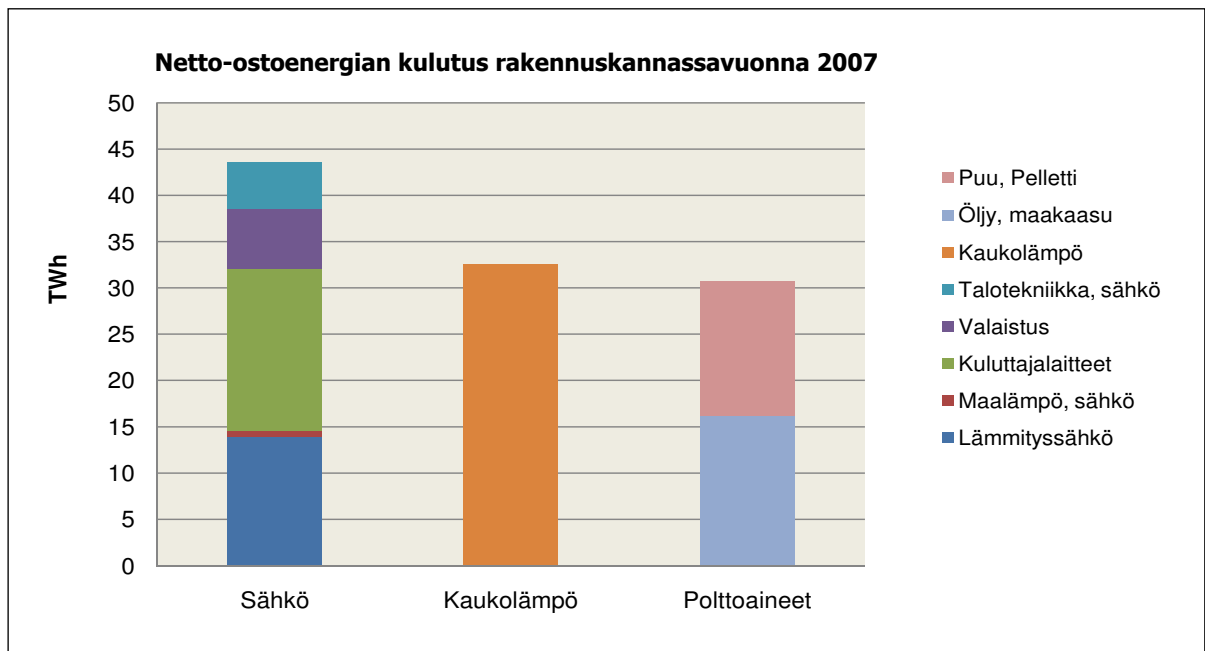
Rakennuskannassa kaukolämmön, sähkölämmityksen ja maalämmön osuudet ovat kasvamassa. Puulämmityksen ja öljylämmityksen osuudet ovat vähenemässä (kuva 2.11). Vaikka puulämmitys päälämmitystapana on vähenemässä, säilyy puu toissijaisena lämmityspolttoaineena takoissa ja saunakiukaissa. Öljylämmityksen väheneminen on ollut voimakasta viime vuosina. Väheneminen voi hidastua, jos öljyn hinta ei nousekaan kovin voimakkaasti ja erilaisten hybridilämmitysten ja bioöljyn osuudet kasvavat. Hybridilämmityksessä voidaan esimerkiksi lämmittää käyttövesi kesällä aurinkokeräimillä, säästää lämmitysenergiaa keväällä ja syksyllä ilmalämpöpumpuilla ja lämmittää öljyllä vain kylmimpään aikaan.



**Kuva 2.11** Rakennuskannan lämmityksen energialähdevalinnat vuoden 2007 rakennuskannassa sekä vuoden 2008 uudistuotannossa osuuksina kerrosalasta. Vuoden 2007 osalta lähteenä on Energiatilastoissa käytetty polttoaine jakauma ja vuoden 2008 osalta Tilastokeskuksen uudistuotanto ilman laajennuksia.

Asuin- ja palvelurakennusten ostoenergiasta reilu kolmasosa on sähköä, vajaa kolmannes kaukolämpöä ja vajaa kolmannes polttoaineita (kuva 2.12). Sähköstä suurin osa kuluu kuluttajalaitteiden energiankulutukseen, jolla tarkoitetaan asuinhuoneistoissa käytettyä sähköä kodinkoneisiin, viihde-elektronikkaan ym. sekä palvelurakennuksissa käytettyä sähköä tietokoneisiin, tulostimiin, tutkimuslaitteisiin ja monenlaisiin laitteisiin, joita työnteossa ja palvelujen tuottamisessa tarvitaan. Tämän kuluttajalaitteiden energiankulutuksen määrä on esimerkiksi liikimain yhtä paljon kuin öljyenergian määrä.

Jäähdytyksen energiankulutus on vielä Suomessa vähäistä. Se on kuitenkin lisääntymässä. Suuressa osassa uusista palvelurakennuksista on jäähdytys. Omakotitaloissa jäähdytys lisääntyy ilmalämpöpumppujen yleistymisen myötä. Uusiin asuinkerros- ja rivitaloihinkin koneellinen jäähdytys tulee lisääntymään, koska rakentamismääräykset vaativat välttämään liiallisia ylälämpöjä ja asukkaiden vaatimustaso nousee. Aiemmissa selvityksissä on päädytty jäähdytysenergian tarpeeseen 0,8 TWh vuonna 2009, josta vain osa on kuitenkin sähköä. Jäähdytysenergian tarpeen arvioidaan kasvavan vuoden 2009 arvosta 0,8 TWh arvoon 2,4 TWh vuonna 2020 ja arvoon 5,5 TWh vuonna 2050. Jäähdytys­sähkön tarve vuonna 2009 olisi ollut noin 0,2-0,3 TWh ja tarpeen arvioidaan olevan vuonna 2020 noin 0,7 TWh ja vuonna 2050 noin 1,4 TWh.<sup>15</sup>



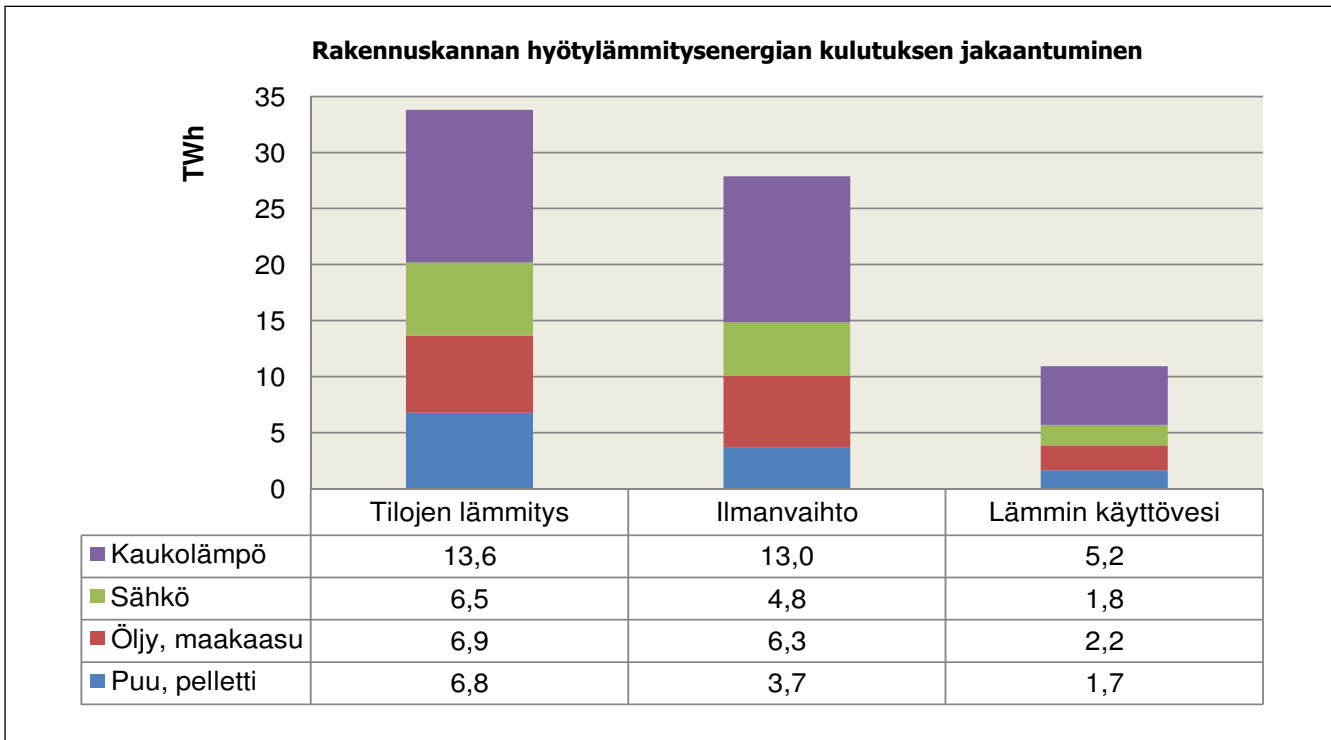
**Kuva 2.12.** Netto-ostoenergian kulutus rakennuskannassa vuonna 2007 energialähteittäin jaettuna sähkseen, kaukolämpöön ja polttoaineisiin.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S., Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästöissä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto/Sähköenergiatekniikan laitos. Raportti 12.10.2009. 132 s.

<sup>16</sup> Lähde: EKOREM-malli.

Lämmitysenergian kulutuksesta suurin osa kuluu tilojen lämmitykseen ja lähes yhtä suuri osa ilmanvaihtoilman lämmittämiseen (kuva 2.13). Vähäisempi osuus kuluu käyttöveden lämmittämiseen. Ilmanvaihtoilman lämmitysosuus on hankalin arvioida ja se myös herkästi muuttuu käyttötottumusten vaikutuksesta. Kosteus-, home- ja terveyshaittojen ennaltaehkäiseminen kasvattaa todennäköisesti ilmanvaihtomääriä rakennuskannassa. Lisääntyvä ilmanvaihdon lämmöntalteenotto toisaalta vähentää energian tarvetta. Lämmöntalteenoton lisääntyminen lisää jonkin verran kiinteistösähkön kulutusta. Yksittäisissä kiinteistöissä voidaan kuitenkin saada suuriakin säästöjä aikaan ilmanvaihdon käyntiaikoja säätämällä käyttöaikoja vastaavaksi ja lisäämällä tarpeenmukaista ohjausta esim. hiilidioksidipitoisuuksien perusteella.

Suomessa käyttövesi lämmitetään tyypillisesti samalla lämmitysjärjestelmällä kuin rakennusten tilat. Tämä tulee kuitenkin muuttumaan, koska käyttövedestä voidaan iso osa lämmittää tulevaisuudessa aurinkoenergialla (esim. aurinkokeräimillä ja ilma-vesilämpöpumpuilla).



**Kuva 2.13.** Rakennuskannan hyötylämmitysenergian kulutuksen jakaantuminen tilojen lämmitykseen, ilmanvaihtoilman lämmittämiseen ja lämpimään käyttöveteen.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Lähde: EKOREM-malli

### 2.4.3 Asuin- ja palvelurakennusten energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2007

Asuin- ja palvelurakennusten netto-ostoenergian käyttö vuonna 2007 kokonaisuudessaan on esitetty taulukossa 2.1 ja kasvihuonekaasupäästöt taulukossa 2.2 jaetuna sähkönkäyttöosuuksiin ja polttoaineosuuksiin. Lämmityssähkö tarkoittaa sähköä, jota käytetään lämmityslaitteissa. Rakennuksia lämmitetään kuitenkin entistä enemmän myös kuluttajalaitteiden energiankulutuksella sekä valaistus- ja talotekniikkasähköllä. Arviot näiden hyödyntämisestä lämmityksessä vaihtelevat 50–70 % välillä.

Omakotitaloissa ja vapaa-ajan asuinrakennuksissa kuluu 38 % asuin- ja palvelurakennusten ostoenergiasta, kerros- ja rivitaloissa 28 % ja palvelurakennuksissa 34 %. Ostoenergiasta kaukolämpöä on 32 %, polttoaineita 27 % ja sähköä 41 %.

**Taulukko 2.1.** Asuin- ja palvelurakennusten sähkön ja polttoaineiden käyttö vuonna 2007.

Rakennusten netto-ostoenergian kulutus v.2007, TWh/a	Omakotitalot ja vapaa-ajan asuinrakennukset	Kerros- ja rivitalot	Palvelurakennukset	Yhteensä	%
<b>SÄHKÖ</b>					
kuluttajalaitteet	5,3	3,9	4,6	13,9	16 %
valaistus	1,1	0,8	4,2	6,0	7 %
talotekniikka	1,2	1,1	1,9	4,2	5 %
jäähdytys	0,3	0,2	0,3	0,8	1 %
lämmityssähkö	7,5	1,6	2,1	11,3	13 %
<b>KAUKOLÄMPÖ</b>	1,1	15,4	12,0	28,5	32 %
<b>POLTTOAINEET</b>					
öljy	5,5	1,9	4,4	11,7	13 %
puu ja pelletti	11,6	0,2	0,7	12,5	14 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>33,5</b>	<b>25,1</b>	<b>30,2</b>	<b>88,9</b>	<b>100 %</b>
%	38 %	28 %	34 %	100 %	

Asuin- ja palvelurakennusten kasvihuonekaasupäästöistä aiheutui vuonna 2007 31 % omakotitalojen ja vapaa-ajan asuinrakennusten energiankäytöstä. Asuin- ja rivitalojen osuus oli yhtä suuri 31 % ja palvelurakennusten osuus 38 %. Omakotitalojen osuus kasvihuonekaasupäästöistä on pienempi kuin energiankäytöstä, koska puunpolton aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä ei lasketa mukaan kasvihuonekaasupäästöihin.

**Taulukko 2.2.** Asuin- ja palvelurakennusten sähkön ja polttoaineiden käytön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2007. Käytetyt päästökertoimet on esitetty myöhemmin taulukossa 3.2.

Rakennusten CO <sub>2</sub> -päästöt v.2007, MtCO <sub>2</sub> -ekv.	Omakotitalot ja vapaa-ajan asuinrakennukset	Kerros- ja rivitalot	Palvelurakennukset	Yhteensä	%
<b>SÄHKÖ</b>					
kuluttajalaitteet	1,5	1,1	1,3	3,9	20 %
valaistus	0,3	0,2	1,2	1,7	9 %
talotekniikka	0,3	0,3	0,5	1,2	6 %
jäähdytys	0,1	0,1	0,1	0,2	1 %
lämmityssähkö	2,1	0,5	0,6	3,1	16 %
<b>KAUKOLÄMPÖ</b>	<b>0,2</b>	<b>3,4</b>	<b>2,6</b>	<b>6,3</b>	<b>32 %</b>
<b>POLTTOAINEET</b>					
öljy	1,5	0,5	1,2	3,1	16 %
puu ja pelletti	0,2	0,0	0,0	0,2	1 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>6,2</b>	<b>6,0</b>	<b>7,5</b>	<b>19,7</b>	<b>100 %</b>
%	31 %	31 %	38 %	100 %	

## 2.5 Rakennusmateriaalit ja rakentaminen

Rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisen osuus Suomen energiankulutuksesta oli 4 % ja kasvihuonekaasupäästöistä 6 % vuonna 2007. Rakennusmateriaalien energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen selvittäminen on muita tarkastelun sektoreita haastavampaa. Rakennusmateriaalien valmistuksen energiankäyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjä ei tilastoida erikseen. Rakennusmateriaalien energiankulutusarvion perustana ovat aiemmin tehdyt selvitykset talorakentamisen ja väylärakentamisen energiankulutuksesta. Tässä esitetty arvio perustuu aiempiin selvityksiin, jotka on tehty jo noin 10–15 vuotta aiemmin. Rakennusalan hitaiden muutoksien vuoksi arvioita voitaneen kuitenkin pitää vaikutusten suuruusluokkaa kuvaavana. Rakennusmateriaalien valmistuksen osalta on rakentamiseen luettu mukaan Suomessa kulutettavien rakennusmateriaalien osuus.

Aiemmissa selvityksissä on arvioitu uudisrakentamisen rakennusmateriaalien primäärienergiankäytön olleen noin 9 TWh vuonna 1990 ja kasvihuonekaasupäästöjen 0,7 Mt CO<sub>2</sub>-ekv<sup>18</sup>. Tässä selvityksessä uudisrakentamisen energiankulutuksen ja päästöjen on oletettu pysyvän vakiona rakennettavia kerrosneliöitä kohden. Korjausrakentamisessa käytettävien rakennusmateriaalien valmistuksen energiankäyttöä ja päästöjä on arvioitu epäsuorasti korjausrakentamisessa syntyvien jätemäärien kautta. Energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä voidaan arvioida olettaen, että vastaava määrä rakennusmateriaaleja käytetään syntyvän jätteen sijaan. Rakennustyömailla syntyvän korjausjätteen määräksi on arvioitu noin 0,6 miljoonaa tonnia vuonna 1997<sup>19</sup>. Laskelmassa oletetaan, että korjausrakentamisessa käytetään rakennusmateriaaleja syntyviä jätteitä vastaava määrä. Oletuksena on myös, että vuotuinen korjausrakentamisen määrä kasvaa 2 % ja että korjausrakentamisessa käytetyt materiaalit vastaavat uudisrakentamisen materiaalien käyttöä. Vuonna 2007 talonrakennusmateriaalien valmistuksen energiankulutuksen on arvioitu olleen 5,8 TWh ja päästöjen 1,0 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

Väylärakentamisessa on käytetty lähtökohtana vuoden 2003 tilanteesta tehtyä selvitystä<sup>20</sup>. Väylärakentamisen energiankulutuksen ja päästöjen on oletettu kehittyvän suhteessa väyläkilometreihin<sup>21</sup>. Vuonna 2007 energiankulutuksen on arvioitu olleen 3,2 TWh ja kasvihuonekaasupäästöjen 0,9 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä arvio pitää sisällään teiden, katujen ja raiteiden rakentamisessa käytettyjen rakennusmateriaalien valmistuksen energiankulutuksen ja päästöt.

Yhteensä rakennusmateriaalien valmistuksessa käytettiin yllä esitetyin oletuksin 9,0 TWh energiaa vuonna 2007. Tästä kolmanneksen, eli 3,0 TWh on arvioitu olevan sähköä ja lopun polttoainekäyttöä<sup>22</sup>. Kasvihuonekaasupäästöt rakennusmateriaalien valmistuksesta olivat 1,9 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2007.

Rakentamisen energiankulutus on rakennusmateriaalien valmistusta vähäisempi. Rakennustoiminnan polttoaineiden käyttö oli noin 3,8 TWh ja rakentamisen sähkönkulutus noin 0,3 TWh vuonna 2007. Rakentamisessa syntyvät päästöt on laskettu perustuen polttoainekäyttöön ja rakentamisen sähkönkulutuksen osuuteen sähkön tuotannon päästöistä. Rakennustoiminnan päästöt olivat vuonna 2007 arviolta 2,3 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

<sup>18</sup> K. Pingoud ja A.-L. Perälä, Arvioita puurakentamisen kasvihuonevaikutuksista, VTT julkaisu- ja 840/2000 sekä A.-L. Perälä et. al, Rakennusten energiasäilytys, TTKK Rakentamistalouden julkaisuja 10/1995.

<sup>19</sup> A.-L. Perälä ja E. Nippala, Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö, VTT tiedotteita 1936/1998.

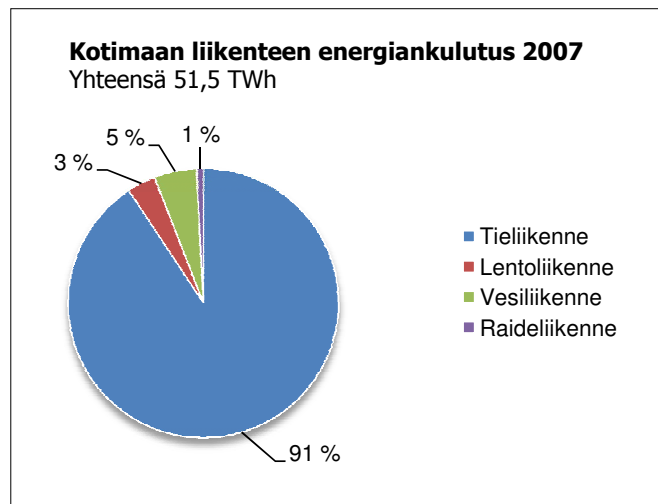
<sup>20</sup> L. Korkiala-Tanttu et al., Väylärakentamisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit, Tiehallinnon selvityksiä 22/2006.

<sup>21</sup> Oletuksen mukaan väyläverkoston laajeneminen edellyttää uusien väylien rakentamista ja lisää korjausinvestointien määrää. Korrelaatiokertoimena väyläverkoston pituuden ja energiankulutuksen välillä on käytetty lukua 0,80.

<sup>22</sup> Oletus perustuu teollisuuden sektorikohtaisiin sähkönkulutuksiin, arvioihin rakennusmateriaalien valmistuksen osuuteen teollisuudenalojen kulutuksesta sekä alakohtaisiin vientiarvioihin.

## 2.6 Liikenne

Kotimaan tie-, raide-, lento- ja vesiliikenne kulutti vuonna 2007 energiaa noin 51,5 TWh. Kulutuksesta noin 99 % muodostuu polttoaineista ja noin 1 % sähkön kulutuksesta. Alla olevassa kuvassa (Kuva 2.14) ei ole huomioitu liikenteen sähkönkulutusta, mikä ei toisaalta muuta kuvassa esitettyä kulutusrakennetta, sillä sähkön yhteenlaskettu kulutus liikennesektorilla on vain noin 0,7 TWh. Tieliikenteen osuus sektorin energiankulutuksesta oli 49,9 TWh eli noin 91 %.



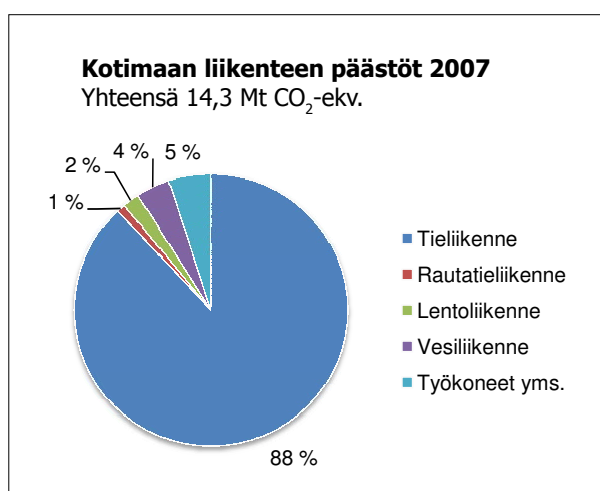
**Kuva 2.14.** Kotimaan liikenteen energiankulutus sektoreittain vuonna 2007 (Tilastokeskus)

Suomen kotimaan liikenteen yhteen lasketut kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2007 noin 14,3 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia (Mt CO<sub>2</sub>-ekv.). Tämä tarkoittaa noin 18 prosenttia maan kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Liikenteen päästöt ovat 1990-luvun alkupuolen laman jälkeen kasvaneet noin kahdella miljoonalla tonnilla (noin 14 prosenttia vuosina 1994–2007). Päästöjen oletetaan ilman uusia toimenpiteitä kasvavan edelleen noin 0,5 miljoonalla tonnilla (noin neljällä prosentilla) vuoteen 2020 mennessä.

Merkittävin kasvihuonekaasu liikennesektorilla on hiilidioksidi, jota on yli 97 prosenttia liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä. Vuonna 2007 liikenne tuotti yhteensä 14,0 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Typpioksiduulia syntyi noin 600 tonnia ja metaania samaten noin 2 000 tonnia.



Valtaosa, 12,5 MtCO<sub>2</sub>-ekv eli 88 prosenttia kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä syntyy tieliikenteessä. Rautatieliikenteen osuus päästöistä on noin prosentin verran, lentoliikenteen noin kaksi prosenttia ja vesiliikenteen noin neljä prosenttia. Tieliikenteen päästöistä 59 prosenttia aiheutui henkilöautoliikenteestä, 36 prosenttia taas paketti- ja kuorma-autoista. Tieliikenteen suhteellinen osuus pienenee, jos mukaan lasketaan LIPASTO-järjestelmän<sup>23</sup> mukaisesti myös kansainvälinen vesi- ja ilmailiikenne Suomen talousalueella sekä rautatieliikenteen vaatima energiantuotanto. Tällä tavoin laskien liikenteen päästöt Suomessa olivat vuonna 2007 noin 17,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.. Tieliikenteen osuus kaikista liikenteen päästöistä on noin 80 prosenttia, meriliikenteen noin 15 prosenttia, lentoliikenteen noin kolme prosenttia ja rautatieliikenteen osuus 1–2 prosenttia. Kansainvälisen liikenteen päästöt eivät toistaiseksi kuulu kansainvälisten sopimusten sopimusalaa eikä niitä näin ollen raportoida sopimusten toteutumista seurattaessa.



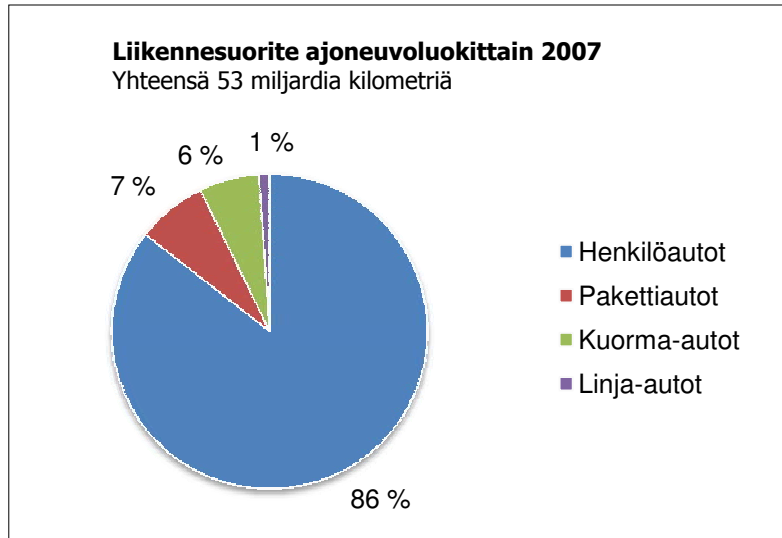
**Kuva 2.15.** Kotimaan liikenteen päästöt sektoreittain 2007.<sup>24</sup>

Tieliikenne voidaan karkeasti jakaa henkilöliikenteeseen ja tavaraliikenteeseen. Henkilöliikenne tapahtuu pääosin henkilöautolla ja pieni osa linja-autolla. Kuorma-autoilla ja pakettiautoilla ajettut kilometrit ovat pääosin tavaraliikennettä. Henkilöautojen osuus koko tieliikenteen suoritteesta eli ajetuista ajoneuvokilometreistä on noin 83 prosenttia, mutta osuus kasvihuonekaasupäästöistä on noin 59 prosenttia. Linja-autojen osuus suoritteesta on vain noin yksi prosentti, ja päästöistä noin neljä prosenttia.

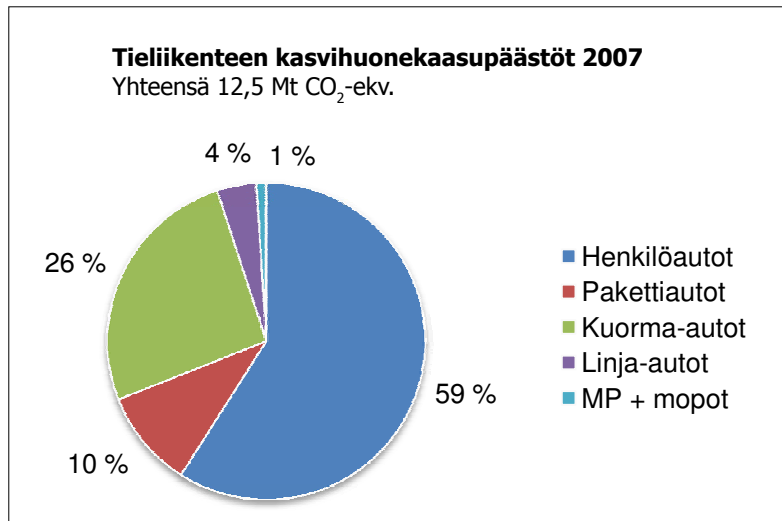
Tavaraliikenteessä liikennesuoritteisiin vaikuttaa taloudellisen aktiviteetin määrä sekä toiminnan luonne. Liikennesuoritteiden määrät vaihtelevat alkutuotannon, teollisuuden ja palvelusektorin välillä sekä myös näiden sektoreiden sisällä.

<sup>23</sup> LIPASTO on VTT:ssä toteutettu Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä, joka pitää sisällään neljä erillistä alamallia: tieliikenteen LIISA, rautatieliikenteen RAILI, vesiliikenteen MEERI ja ilmailiikenteen laskentamallin ILMI. LIPASTO -niminen keskusyksikkö yhdistää kaikki alamallit kokonaisuudeksi. LIPASTO-järjestelmän luvut sisältävät kansainvälisen ilma- ja vesiliikenteen Suomen talousalueella sekä rautatieliikenteen vaatiman energiantuotannon. Tärkeimmät tulokset julkaistaan www-sivuilla osoitteessa <http://lipasto.vtt.fi>. Laskentajärjestelmän päivityksen rahoituksesta vastaavat Tilastokeskus ja LVM, joiden toimittamiin tietoihin laskentatulokset perustuvat.

<sup>24</sup> Tilastokeskus.



**Kuva 2.16.** Tieliikenteen suoritteiden (ajoneuvokilometriä) jakauma ajoneuvotyypeittäin 2007.<sup>25</sup>

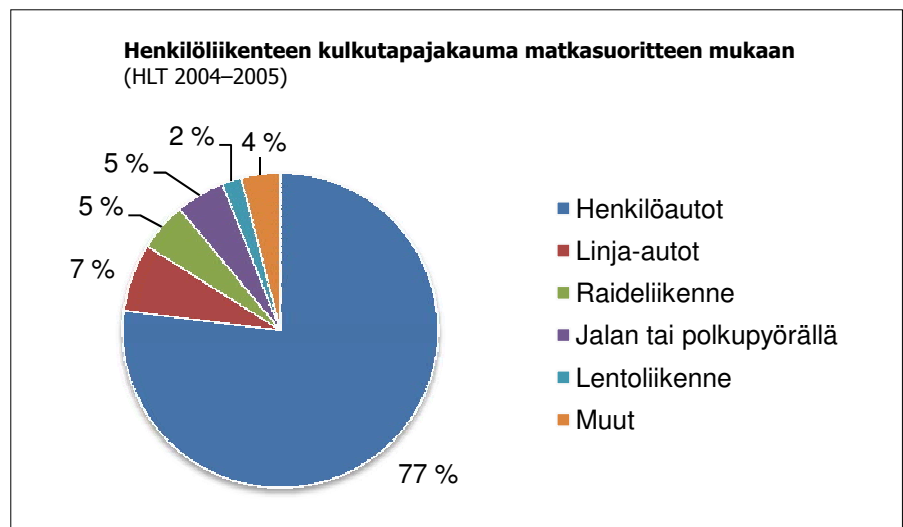


**Kuva 2.17.** Tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen jakauma ajoneuvotyypeittäin 2007.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> VTT Lipasto

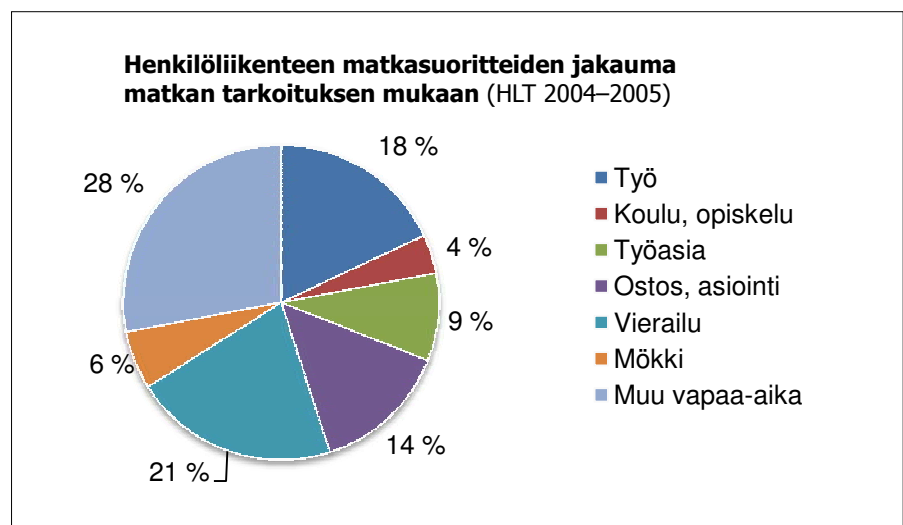
<sup>26</sup> VTT Lipasto

Henkilöliikenteen matkoista noin 77 prosenttia tehtiin henkilöautolla. Joukkoliikenteen osuus oli 12 prosenttia ja jalan tai polkupyörällä tehtiin vain noin viisi prosenttia matkoista (kuva 2.18)



**Kuva 2.18.** Henkilöliikenteen kulkutapajakauma matkasuoritteiden mukaan.<sup>27</sup>

Henkilöliikenteen suoritteesta 31 prosenttia on työhön tai opiskeluun liittyviä matkoja. Ostos- ja asiointimatkojen osuus on 14 prosenttia, ja loput 55 prosenttia on erilaisia vapaa-aikaan liittyviä matkoja kuvan 2.19 mukaisesti.

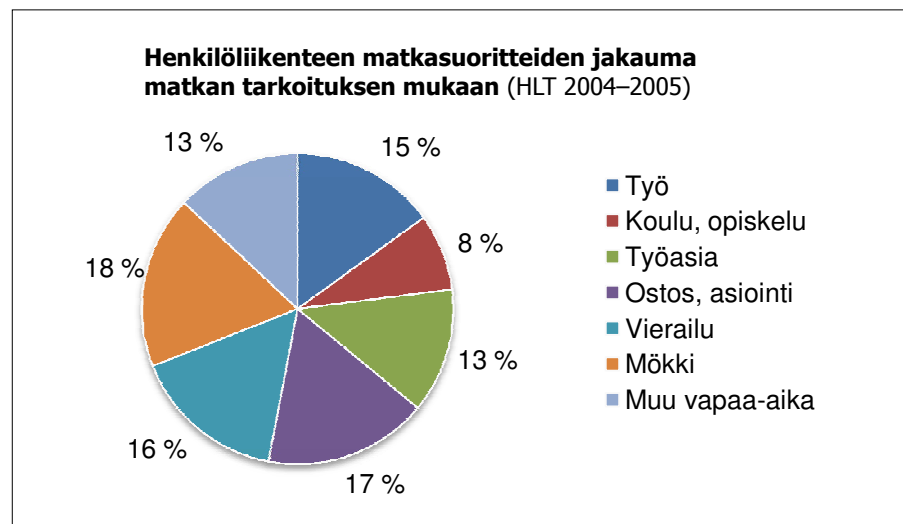


**Kuva 2.19.** Henkilöliikenteen matkasuoritteiden jakauma matkan tarkoituksen mukaan.<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Henkilöliikennetutkimus 2004–2005.

<sup>28</sup> Henkilöliikennetutkimus 2004–2005.

Henkilöautolla tehtyjen matkojen suoritteesta 36 prosenttia on työhön tai opiske- luun liittyviä matkoja. Ostos- ja asiointimatkojen osuus on 17 prosenttia, ja loput 47 prosenttia on erilaisia vapaa-aikaan liittyviä matkoja kuvan 2.20 mukaisesti. Henkilöautoa käytetään siten suhteellisesti enemmän työmatkoilla, kun taas vapaa-ai- kana käytetään enemmän myös muita kulkutapoja. Henkilöautolla tehdyistä matkoista mökkimatkojen osuus on huomattavan iso, ja yhdyskuntarakenteen vaikutus siihen on vähäinen. Sen sijaan työ-, asiointi- ja ostosmatkoihin sekä muihin vapaa-ajan matkoihin voidaan vaikuttaa toimintojen sijoittumisella.



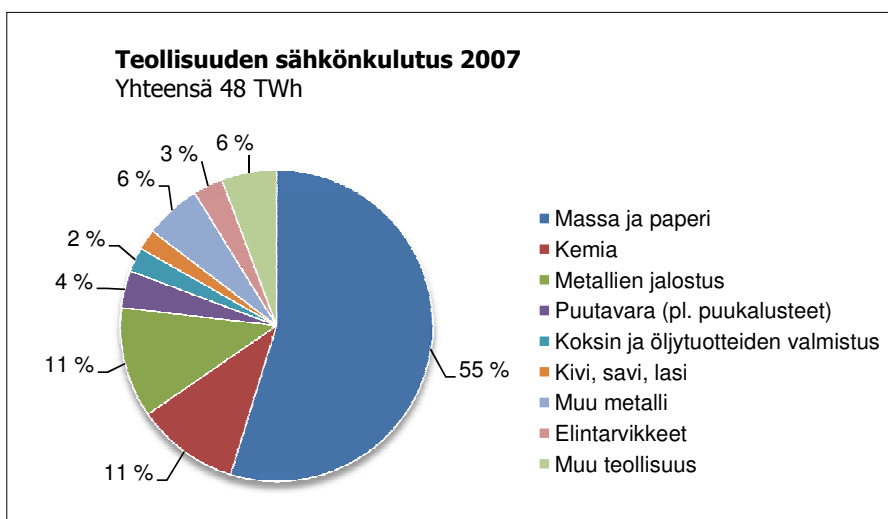
**Kuva 2.20.** Henkilöautolla tehtyjen matkojen suoritteiden jakauma valtakunnallisen henkilö- liikennetutkimuksen 2004–2005 mukaan<sup>29</sup>.

## 2.7 Teollisuus

Teollisuuden osuus Suomen energiankäytöstä ja kasvihuonekaasupäästöistä on merkittävä. Tässä selvityksessä keskitytään kuitenkin rakennetun ympäristön vai- kutuksiin energiankäyttöön ja kasvihuonekaasupäästöihin. Teollisuuden osalta on esitetty lyhyesti energiankulutuksen jakaantuminen eri teollisuuden alojen kesken.

<sup>29</sup> Henkilöliikennetutkimus 2004–2005.

Teollisuus pitää sisällään kaikki muut teollisuudenalat paitsi rakentamisen ja kotimaiseen käyttöön suuntautuvien rakennusmateriaalien valmistuksen, joka käsiteltiin edellä omana sektorinaan. Teollisuudenalat sekä näiden välinen sähkönkulutuksen jakautuminen on esitetty kuvassa 2.21. Kolme suurinta sektoria, eli massa ja paperi, kemia sekä metallien jalostus kuluttavat yhteensä yli 80 % kaikesta teollisuuden tarvitsemasta sähköstä. Jäljelle jäävä sähkönkulutus jakautuu melko tasaisesti muiden teollisuussektoreiden kesken. Vuonna 2007 teollisuus kulutti sähköä yhteensä 47,7 TWh. Teollisuuden energiankulutuksessa yleensä raportoidut tuotantorakennusten lämmitys ja kiinteistösähkö on tässä selvityksessä laskettu mukaan rakennusten energiankäyttöön. Näiden osuus vuonna 2007 oli yhteensä noin 16 TWh (ks. luku 2.4). Lisäksi kotimaiseen käyttöön suunnattujen rakennusmateriaalien kulutus on raportoitu osana rakentamisen yhteydessä (ks. luku 2.5). Jäljelle jäävä teollisuuden prosessien sähkönkulutus oli 29,7 TWh.

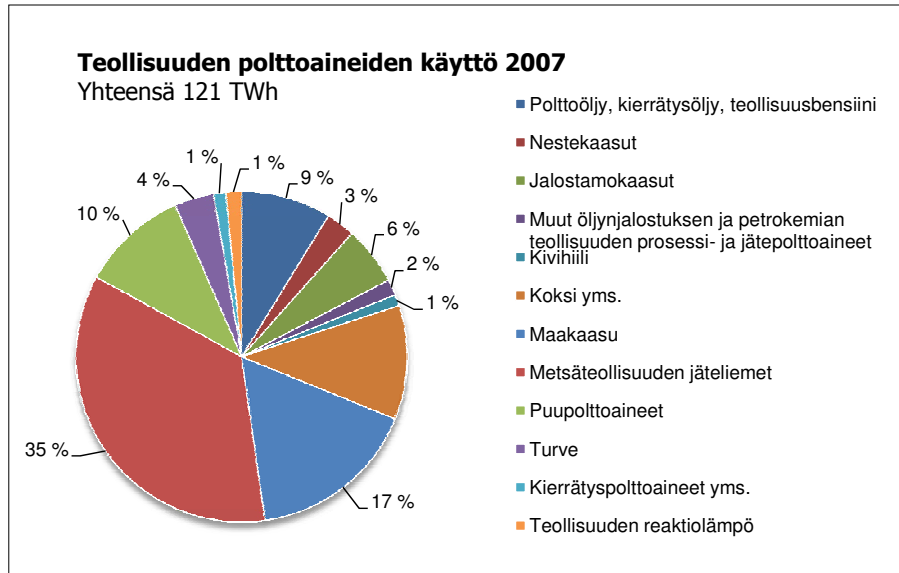


**Kuva 2.21.** Teollisuuden sähkönkulutus sektoreittain.<sup>30</sup>

Teollisuudessa kului polttoaineita vuonna 2007 yhteensä noin 121 terawattitunnin edestä. Kuvassa 2.22 on esitetty teollisuuden käyttämien polttoaineiden suhteelliset osuudet. Metsäteollisuuden sivutuotteina syntyvien jäteliemien osuus on suurin. Myös maakaasun, koksin, puupolttoaineiden ja erilaisten öljyjen käyttö teollisuudessa on huomattavaa.

Teollisuuden polttoainekäyttö pitää sisällään teollisuusrakennusten lämmitykseen ja rakennusmateriaalien valmistukseen kuluvia polttoaineita, jotka on raportoitu rakennusten ja rakentamisen osioissa. Lisäksi teollisuuden polttoainekäytössä on mukana teollisuuden yhdistetyn lämmön ja sähköntuotannon polttoaineita. Teollisuusprosessien yhteydessä tapahtuva muu polttoainekäyttö oli yhteensä 85 TWh vuonna 2007.

<sup>30</sup> Muu metalli pitää sisällään koneiden, sähkö- ja teknologiatuotteiden sekä ajoneuvojen valmistuksen. Muuhun teollisuuteen kuuluvat kaivannaistoiminta, kumi- ja muovituotteiden valmistus, metallituotteet, kustantaminen ja muut pienemmät teollisuudenalat.



**Kuva 2.22.** Teollisuuden polttoaineiden kulutus 2007.

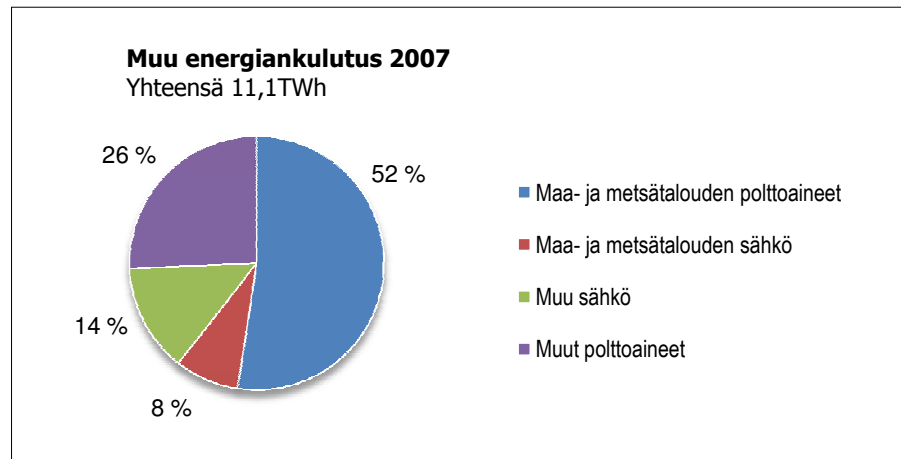
Vuonna 2007 teollisuudessa prosesseissa syntyi kasvihuonepäästöjä 23,7 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Nämä päästöt sisältävät teollisuuden prosessien arvioidun polttoainekäytön sekä sähkönkulutuksen aiheuttamat päästöt. Teollisuuden tuotantorakennuksien lämmityksen ja sähkönkäytön päästövaikutus on puolestaan luettu mukaan rakennuksien päästöihin. Samoin rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisen päästöt on otettu huomioon rakentamisen päästöissä.

## 2.8 Muu energiankulutus, häviöt ja päästöt

### 2.8.1 Muu energiankulutus ja päästöt

Muu energiankulutus ja päästöt pitävät sisällään maa- ja metsätalouden energiankulutuksen, palveluiden ja muun julkisen sähkönkulutuksen sekä kotitalouksien polttoainekulutuksen.

Kuvassa 2.23 on esitetty tämän luokan energiankulutuksen jakautuminen vuonna 2007. Yli puolet energiankulutuksesta voidaan kohdistaa maa- ja metsätaloussektorille. Muu sähkö pitää sisällään palveluiden ja julkisen sektorin kiinteistöjen ulkopuolisen sähkönkulutuksen. Ryhmään muut polttoaineet kuuluu pääasiassa kotitalouksien pienpolttoainekulutus. Yhteensä energiaa kului tässä luokassa vuonna 2007 noin 11 TWh.



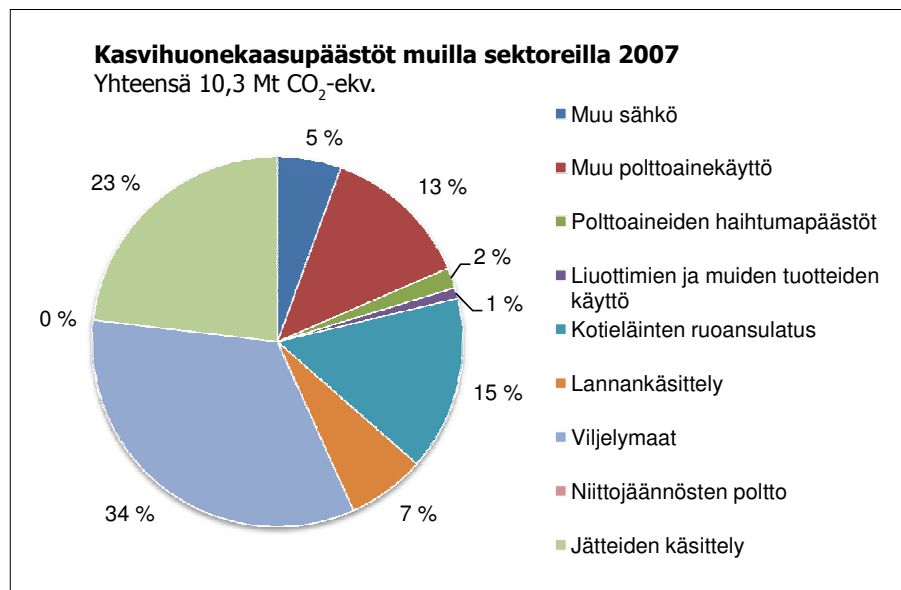
**Kuva 2.23.** Muu energiankulutus vuonna 2007.

Osa julkisten ja yksityisten palveluiden kuluttamasta sähköstä käytetään rakennusten ulkopuolella. Merkittävin tunnistettu yksittäinen kulutuskohde on katu- ja tievalaistus. Yksityiskohtaista päivitettyä tietoa palveluiden energiankulutuksen jakaantumisesta ei ole käytettävissä. Katu- ja tievalaistuksen sähkönkulutuksen on arvioitu vuonna 2009 olleen noin 800 GWh. Arvio perustuu kunnille ja Tiehallinnolle tehtyyn kyselytutkimukseen käytössä olevien ulkovalaisimien määristä sekä näiden keskimääräisiin sähkönominaiskulutuksiin.<sup>31</sup> Vastaava arvio on esitetty myös muualla.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> V. Sippola, Eco-design -direktiivin täytäntöönpanotoimenpiteiden vuoksi poistuvien lampujen korvaaminen ulkovalaistuksessa, Aalto-yliopisto, diplomityö, 1.3.2010.

<sup>32</sup> Valoa Design, EuP-direktiivin vaikutusten arviointi: tie- ja katuvalaistus sekä toimistovalaistus, 2009.

Kuvassa 2.24 on jaoteltuna muihin sektoreihin kuulumattomat päästölähteet. Muun energiankulutuksen lisäksi päästöjä syntyy lähteistä, jotka eivät kuluta energiaa. Suurin osa kasvihuonekaasuista syntyi viljelymaiden käytöstä sekä jätteiden käsittelystä. Yhteensä näitä päästöjä syntyi vuonna 2007 noin 10 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

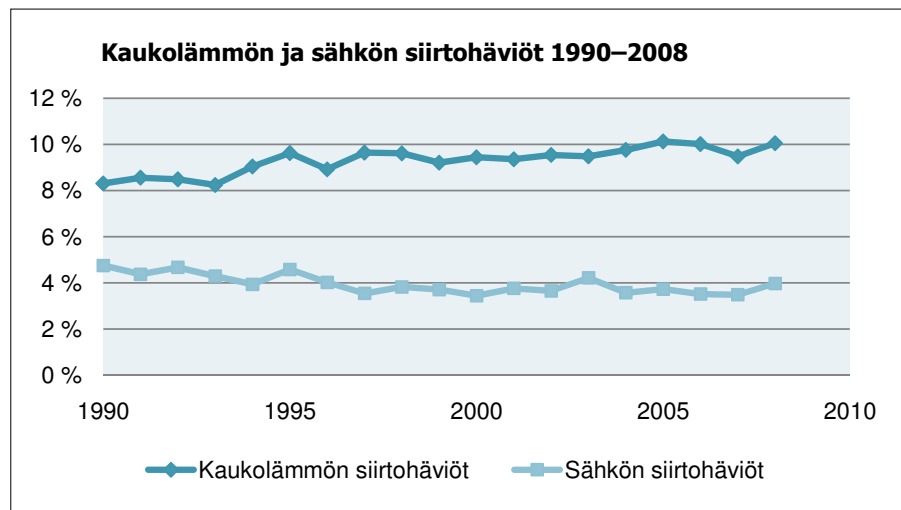


**Kuva 2.24.** Muiden kuin aiemmin käsiteltujen sektoreiden kasvihuonekaasupäästöt 2007.



## 2.8.2 Siirtohäviöt

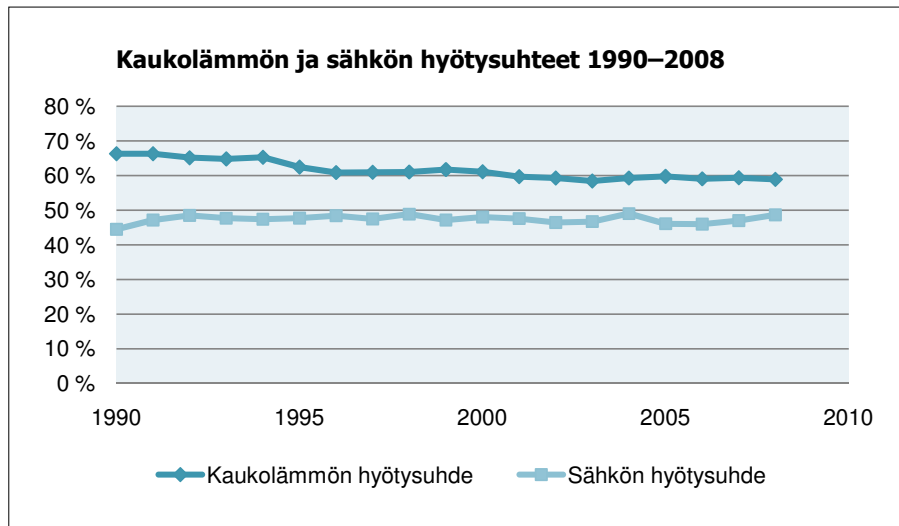
Kuten kuvasta 2.25 nähdään, ovat kaukolämmön ja sähkön siirtohäviöt pysyneet melko samansuuruisina viimeiset vuosikymmenet, vaikkakin pieniä muutoksia on tapahtunut. Sähkön siirrossa syntyvät häviöt vuonna 1990 olivat noin 5 % tuotannosta. Vuoden 1995 jälkeen sähkön siirtohäviöt ovat vain kerran ylittäneet 4 %. Kaukolämmön tapauksessa siirtohäviöt ovat kasvaneet 90-luvun alun reilusta 8 %:sta arvoon 10 % vuonna 2008. Yhtenä osatekijänä voi olla, että kaukolämmön siirtoverkon levittäytyessä yhä laajemmalle alueelle, kasvavat myös kaukolämpöverkon häviöt siirtoverkoston pidentyessä.



**Kuva 2.25.** Kaukolämmön ja sähkön siirtohäviöt 1990–2008.

### 2.8.3 Hyötysuhteet

Kaukolämmön ja sähkön tuotannon hyötysuhteet on esitetty kuvassa 2.26. Hyötysuhteiden määrittämisessä on käytetty energiamenetelmää, sillä hyödynjakomenetelmällä kaukolämmön hyötysuhde olisi tarkasteltavana ajanjaksona jatkuvasti yli 100 % (noin 110 %). Mikäli käytetään hyödynjakomenetelmää, on sähköntuotannon hyötysuhde keskimäärin 5 prosenttiyksikköä heikompi tarkasteltavina vuosina. Erot johtuvat siitä, että hyödynjakomenetelmässä sähköntuotannolle kohdistuu suurempi, ja vastaavasti kaukolämmöntuotannolle pienempi, primäärienergiankulutus kuin energiamenetelmässä. Ydinvoiman hyötysuhteena on käytetty laskennassa arvoa 100 %.

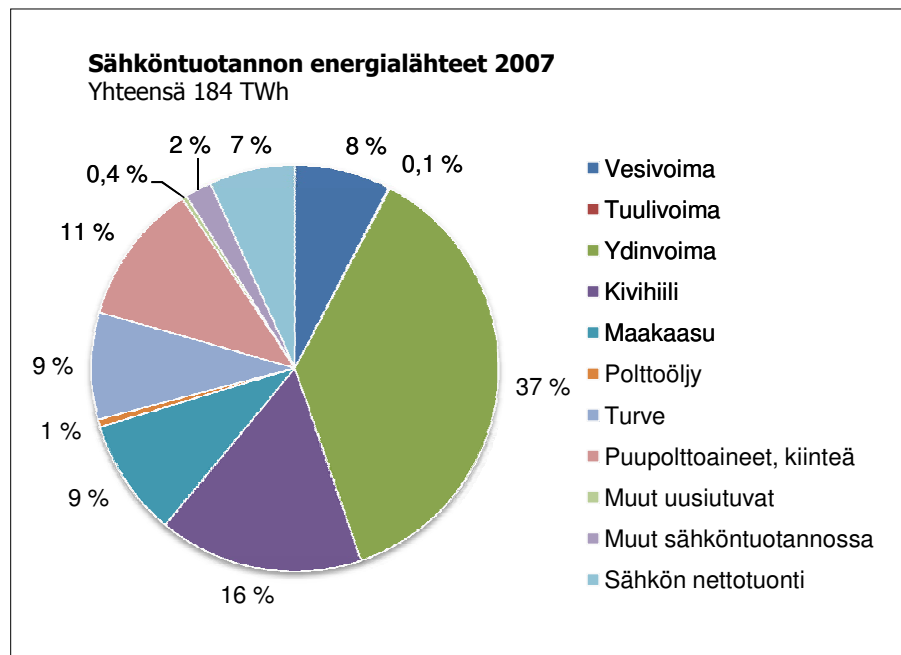


Kuva 2.26. Kaukolämmön ja sähkön hyötysuhteet 1990–2008.

## 2.9 Energialähteet ja uusiutuvien asema

### 2.9.1 Sähköntuotanto

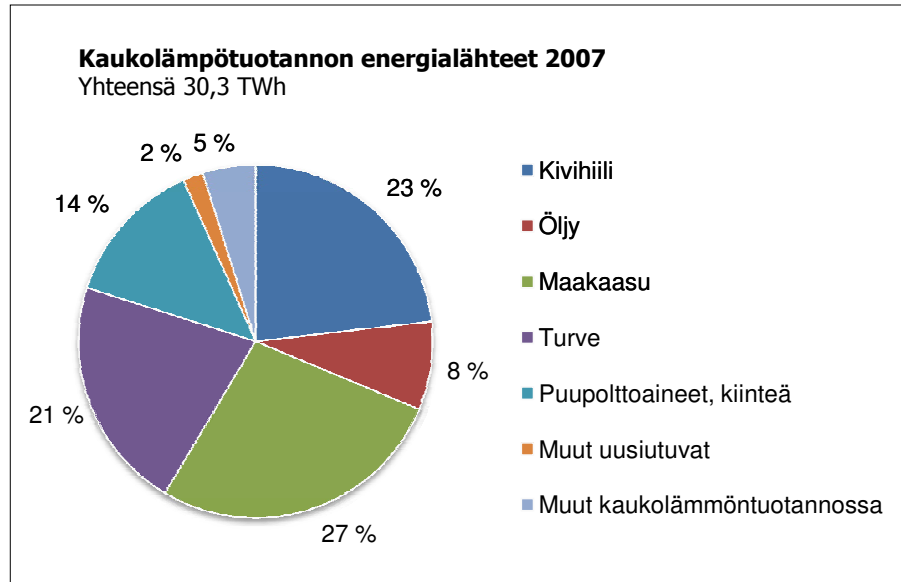
Kuvassa 2.27 on esitetty sähköntuotannon primäärienergiankulutus. Laskenta on tehty hyödynjakomenetelmällä siten, että ydinvoiman hyötysuhteena on käytetty arvoa 100 %. Ydinvoima on suurin sähköntuotannon energialähde 37 %:n osuudellaan. Uusiutuvien osuus sähköntuotannon energialähteistä on noin 28 %. Kaiken kaikkiaan sähköntuotannon primäärienergiankulutus vuonna 2007 oli noin 184 TWh.



**Kuva 2.27.** Sähköntuotannon energialähteet 2007.

### 2.9.2 Kaukolämmön tuotanto

Kaukolämpöä tuotettiin vuonna 2007 noin 30 TWh. Kuvassa 2.28 on esitetty kaukolämmön energialähteiden jakautuminen hyödynjakomenetelmää käyttäen. Kaukolämmön laskennallinen polttoainekäyttö on pienempi, kuin kaukolämmön tuotanto. Tämä on seurausta käytetystä hyödynjakomenetelmästä. Neljä eniten hyödynnettyä polttoainetta – maakaasu, kivihiili, turve ja puupolttoaineet – vastaavat noin 85 % kaikista kaukolämmön energialähteistä. Uusiutuvien osuus kaukolämmön polttoaineista on noin 15 %.



**Kuva 2.28.** Kaukolämpötuotannon energialähteet 2007.

## 3 Rakennusten energiankäyttö ja päästöt

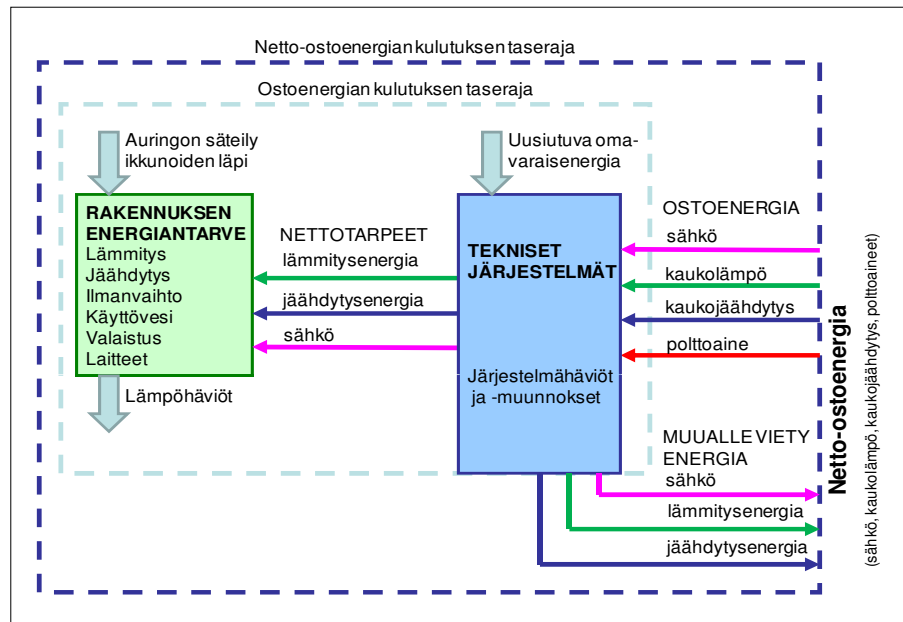
### 3.1 Rakennuskannan ja energiankulutuksen käsitteet

Rakennuskannan jaottelu noudattaa tässä selvityksen osuudessa Tilastokeskuksen käyttötarkoitukseluokitusta ja sen yhdistelmiä (kuva 3.1). Rakennuksen käyttötarkoitus määräytyy sen mukaan mitä toimitilaa tai asuinkäyttöä on rakennuksessa pinta-alallisesti eniten. Rakennustyyppien pääjaottelu on esitetty kuvan 3.1 vasemmalla puoliskolla. Vähäinen ”muut rakennukset” on yhdistetty yksityisiin palvelurakennuksiin. Usein käytetään yhdistelmää asuin- ja palvelurakennukset, joka tarkoittaa siis kaikkia muita paitsi tuotantorakennuksia. Palvelurakennukset on jaettu yksityisiin ja julkisiin palvelurakennuksiin. Yksityisistä palvelurakennuksista käytettiin aikaisemmin nimitystä liike- ja toimistorakennukset.

	Rakennusten käyttötarkoitukseluokitus	Käyttötarkoitukseluokkien yhdistelmät	
	<b>Nykyinen luokitus (1994 –)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erilliset pientalot (=omakotitalot)</li> <li>• Kytkeytyt pientalot (=rivi- ja ketjutalot)</li> <li>• Asuinkerrostalot</li> <li>• Vapaa-ajan asuinrakennukset (=kesämökkit)</li> </ul>	Asuinrakennukset	Asuinrakennukset
yksityiset palvelurakennukset = liike- ja toimistorakennukset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liikerakennukset</li> <li>• Toimistorakennukset</li> <li>• Liikenteen rakennukset</li> </ul>	(Yksityiset ja julkiset) palvelurakennukset	Toimitila
julkiset palvelurakennukset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoitoalan rakennukset</li> <li>• Opetusrakennukset</li> <li>• Kokoontumisrakennukset</li> <li>• Pelastustoimen rakennukset</li> </ul>		
tuotantorakennukset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teollisuusrakennukset</li> <li>• Varastorakennukset</li> <li>• Maatalousrakennukset</li> <li>• Muut rakennukset</li> </ul>	Tuotanto- ja muut rakennukset	

**Kuva 3.1.** Rakennusten käyttötarkoitukseluokitus.

Tässä selvityksen osuudessa energian kulutukset esitetään pääsääntöisesti netto-ostoenergiämäärinä (kuva 3.2). Käytännössä netto-ostoenergia tarkoittaa vielä samaa kuin ostoenergia. Ostoenergia on sama kuin kohdassa 2.2.1 määritelty energian loppukäyttö. Lämmönkulutusjaotteluissa on käytetty ”hyötyenergiajakoa”, joka vastaa samaa kuin kuvassa 3.2 esitetty ”nettotarve”.



**Kuva 3.2.** Rakennusten energiankäytön terminologia. Laskelmissa on pääsääntöisesti laskettu netto-ostoenergian määriä. Joissain yksittäisissä kuvissa on tarkasteltu myös tilojen netto-energiantarvetta, jota kutsutaan myös hyötyenergiaksi.

### 3.2 Energiankulutuslaskelmien toteutus ja laskentaperiaatteet

Laskelmat on tehty pääsääntöisesti EKOREM-laskentamallilla<sup>33</sup>. Mallissa rakennuskanta on jaettu Tilastokeskuksen 13 pääluokkaan käyttötarkoituksen mukaan ja viiden vuoden ikäryhmiin. Poistuma painottuu mallissa vanhimpiin ikäryhmiin. Energian kulutukset lasketaan perustuen rakentamismääräyskokoelman vuoden 1985 D5 version laskentatapaan.

Malliin ei ole vielä päivitetty uusinta väestöennustetta. Mallin rakennuskantatietoja on korjattu tässä selvityksessä vastaamaan Energiatilastojen laskentamallissa käytettyjä rakennustyyppikohtaisia energialähdejakoja.

EKOREM -mallin energiankulutustietoja on tässä hankkeessa päivitetty ja samalla on verrattu, että kulutusluvut vastaavat mahdollisimman hyvin Energiatilastoissa esitettyjä vuoden 2007 kulutuslukuja. Eroja jäi jonkin verran palvelurakennusten ja teollisuusrakennusten osalta. Niiden vaikutus kokonaisuudessa on kuitenkin pieni.

<sup>33</sup> Heljo, J., Nippala, E., Nuutila, H., Rakennusten energiankulutus ja CO.

Uudistuotannossa on käytetty vuoden 2010 määräyksiä ja tilastokeskuksen vuoden 2009 tietoa uusien rakennusten lämmitystapajakaumasta (kuva 3.1). Ennustetta uudistuotannon lämmitystapajakauman kehittymisestä ei ole tehty. Huoneisto- ja kiinteistösähkön ominaiskulutus on pidetty nykytasolla.

Korjaustoiminnassa vain omakotitalojen osalta on tehty arvio lämmitystapamuutosten kehittymisestä. Se perustuu Rakennustutkimus RTS Oy:n selvityksiin<sup>34</sup>. Vuoteen 2020 asti on käytetty viimeaikaisia siirtymisiä lämmitystavasta toiseen. Sen jälkeen muutosnopeutta on hidastettu siten, että vuoteen 2050 mennessä öljylämmitys poistuu omakotitaloista. Muissa taloissa öljylämmitystä on vielä vuonna 2050, mikä ei siinä laajuudessa todennäköisesti pidä paikkaansa, mitä laskelmissa on esitetty. Toisaalta bioöljyn markkinoilletulo ja erilaiset hybridilämmitykset voivat säilyttää öljylämmityksen markkinoilla.

Huoneisto- ja kiinteistösähkö on jaettu ilmanvaihtojärjestelmän, valaistusjärjestelmän ja muiden laitteiden osuuksiin perustuen pitkälti rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitettyihin ominaiskulutuksiin<sup>35</sup>. Laskentamallissa lämmöntalteenoton lisääntyminen lisää sähkön kulutusta. Muilta osin sähkön ominaiskulutuksia ei ole muutettu vuosien 2020 ja 2050 laskelmissa. Sähkön kulutuksen arvioinnissa ongelmia syntyy siitä, että entistä enemmän lämmityssähköä siirtyy asuntojen sähkömittareiden taakse (pesutilojen lattialämmitykset ja tuloilman jälkilämmitys).

Rakennusten energiankäytön ennusteen tekemisessä on rajoituksia ja yksinkertaistuksia:

- Poistuman määrää ei tunneta kovin hyvin ja ennustekin pystytään tekemään vain karkeasti. Tästä syntyy epätarkkuutta pääasiassa siihen, missä suhteessa vuonna 2050 on uudistuotantoa ja jäljellä olevaa nykyistä rakennuskantaa.
- Lämmitysjärjestelmien vaihtomääriä ei tiedetä kovin hyvin, koska ne eivät päivitty Tilastokeskuksen rakennuskantatietoihin. Tilastokeskuksessa on korjattu rakennuskannan lämmönlähdejakaumaa Energiatilastojen laadinnan yhteydessä. Tässä selvityksessä on käytetty tätä korjattua rakennuskantaa. Vuoden 2007 osalta jakauman pitäisi siis olla laskelmissa kunnossa. Lämmitysjärjestelmävaihtojen ja muutosten ennustaminen on kuitenkin puuttuvien tietojen takia pitkälti arvaamista. Omakotitalojen osalta on laskelmissa tehty oma arvio muutosten kehittymisestä pohjautuen Rakennustutkimus RTS Oy:n selvityksiin<sup>36</sup>. Muiden kuin omakotitalojen osalta ei ole tehty ennustetta lämmitysjärjestelmämuutoksista. Tästä ei välttämättä aiheudu kovin suurta virhettä, koska muut kuin omakotitalot lämmitetään suurimmaksi osaksi kaukolämmöllä. Mallissa poistuma kohdistuu voimakkaimmin vanhaan kantaan, joten mallissa poistuu eniten niitä lämmitystapoja, joita oli eniten vanhimmassa kannassa.

<sup>34</sup> Asuntokorjaaja 2009. Rakennustutkimus RTS Oy. Kesäkuu 2009.

<sup>35</sup> Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. 72 s.

<sup>36</sup> Asuntokorjaaja 2009. Rakennustutkimus RTS Oy. Kesäkuu 2009.

- Tuotantorakennusten osalta on vähemmän tietoa energian kulutuksista kuin asuin- ja palvelurakennusten osalta. Osa kuvista ja taulukoista ei sisällä tuotantorakennuksia. Silloin niissä on mainittu, että ne koskevat asuin- ja palvelurakennuksia.
- Palvelurakennusten sähkönkäyttöä ei tunneta kovin hyvin.

### 3.3 Vuoden 2007 ja 2050 rakennuskanta

Uudistuotannon määrä muodostuu rakennusten lisätarpeesta ja poistumaa korvaavasta tuotannosta. Asuinrakennusten osalta väestökasvu ja väljyyden kasvu kasvattaa rakennuskantaa. Väestökasvu lisää myös palvelurakennusten tarvetta, mutta tämä tarpeen kasvu on vaikeammin ennustettavissa.

Asuinrakennusten poistuman arvioidaan olleen 2000-luvun lopulla 0,3 % koko asuinrakennuskannasta vuositasona. Palvelurakennusten vuosittaisen poistuman arvioidaan olevan 0,8–1,3 %. Arvioiden mukaan tulevaisuudessa poistuma kasvaisi. Tällä hetkellä rakennuskanta on keskimäärin niin nuorta, että poistuma on sen takia vähäinen. Jos rakennuskannan määrä pysyisi vakiona ja rakennukset poistuisivat 100 vuoden iässä, johtaisi se yhden prosentin vuosittaiseen poistumaan.

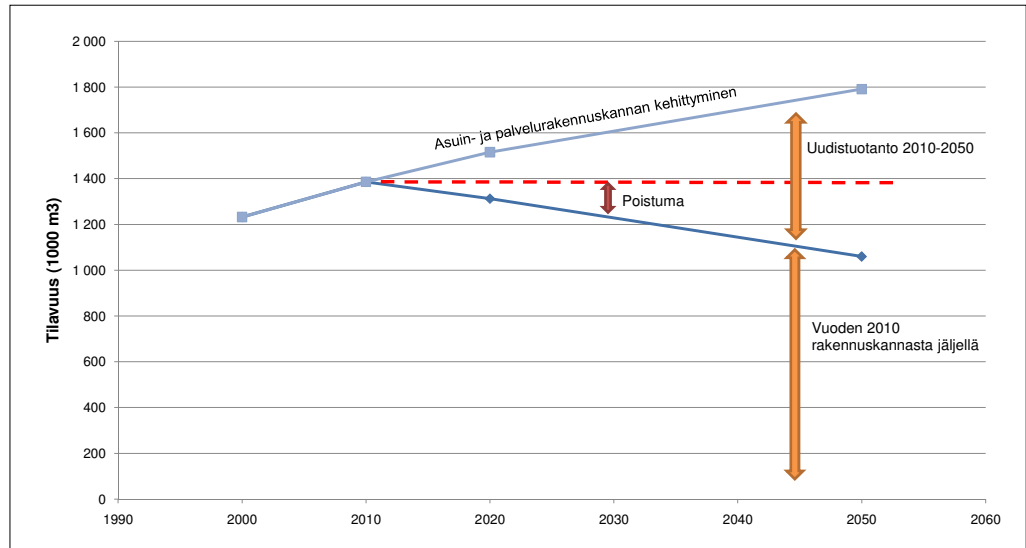
Vuoden 2010 asuin- ja palvelurakennuskannasta poistuu eli puretaan vuoteen 2050 mennessä neljännes (kuva 3.3). Poistuma on palvelurakennuksissa suurempi kuin asuinrakennuksissa. Poistumaa ei kuitenkaan tunneta kovin tarkasti ja sen kehittämisen ennustaminen on epävarmaa.

Uudistuotannolla korvataan suurelta osin poistuman osuus. Asukasmäärän lisääntymisen, väljyyden kasvun sekä palvelujen lisätarpeen takia tarvitaan lisäksi lähes 30 % rakennuskannan koon kasvua vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoden 2010 kantaan.

Vuonna 2050 vuoden 2010 asuin- ja palvelurakennuskannasta jäljellä oleva osuus on lähes 60 % senhetkisestä koko asuin- ja palvelurakennuskannasta. Vuoden 2010 jälkeen rakennettua uudistuotantoa olisi tällöin hieman yli 40 % (kuva 3.3).

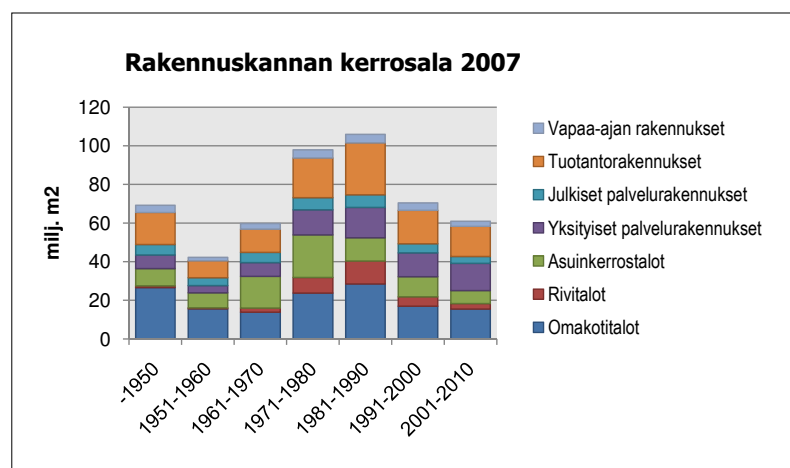
Poistuma-arvioilla on merkitystä energiansäästötoiminnassa, koska vanhaa rakennusta korvaava uusi rakennus on helpompi rakentaa energiatehokkaaksi kuin vanha rakennus. Rajanveto purkamisen (poistuman) ja perusparantamisen välillä ei ole kuitenkaan selkeä. Perusparannuksessa voidaan jättää vanhasta talosta vain runko jäljelle. Tällaisissa perusparannuksissa voidaan rakennus korjata lähes yhtä energiatehokkaaksi kuin uudet rakennukset.



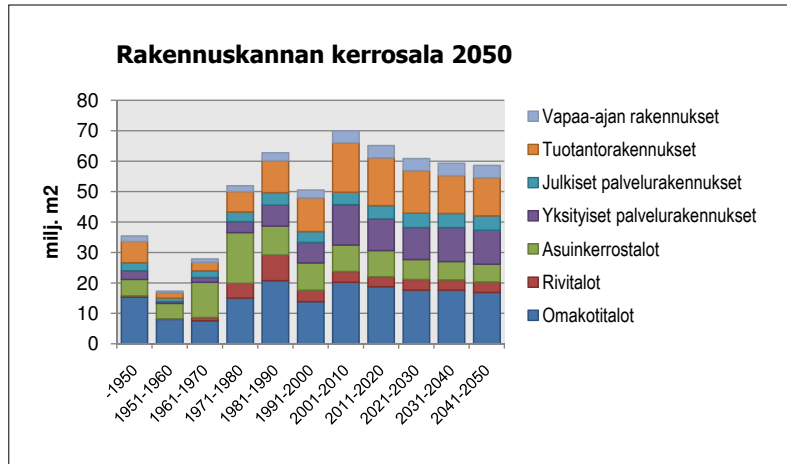


**Kuva 3.3** Asuin- ja palvelurakennuskannan kehittyminen vuosina 2000–2050 jaettuna vuoden 2010 kantaan ja vuoden 2010 jälkeen rakennettuun kantaan.

Tehdyn ennusteen mukaan asuinrakentaminen painottuu edelleen enemmän pientalojen kuin kerrostalojen rakentamiseen (kuvat 3.4 ja 3.5). Siten pientalorakentamisella tulee olemaan suuri merkitys rakennuskannan energiatehokkuuden kehittymisessä. Toinen merkittävä ryhmä uudistuotannossa tulee olemaan yksityiset palvelurakennukset (3.5).



**Kuva 3.4.** Laskelmissa käytetty rakennuskanta vuonna 2007.



**Kuva 3.5.** Laskelmissa käytetty rakennuskanta vuonna 2050. Vapaa-ajan rakennusten rakentamismääräarvio poikkeaa virallisista tilastoista ja VTT:n arviosta siten, että uudistuotantoon on luettu myös ”lähes uudenveroiset perusparannukset” ja vapaa-ajan rakennuksiin on sisällytetty myös mökkitonteille rakennettavat saunarakennukset<sup>37</sup>.

### 3.4 Rakennuskannan energiankulutuksen kehittyminen

Rakennuskannan energiankulutuksen kehittymistä on tarkasteltu tekemällä kolme energiataloudellisen korjaustoiminnan määrään liittyvää laskelmaa. Peruslaskelmana on jäljessä esitetty laskelma 1, joka kuvaa toteutettavissa olevaa tavoitetta. Vertailulaskelmina on tehty laskelma 2, jossa korjaustoimia ei tehdä ja laskelma 3, jossa kaikki rakennukset korjattaisiin vastaamaan vuoden 2010 rakentamismääräysten tasoa.

Muilta osin laskennassa ovat voimassa perusoletukset, jotka on esitetty kohdassa 3.2. Uudistuotantoa koskevat merkittävät energiamääräysten kiristykset on tehty vuosina 2003 ja 2010.

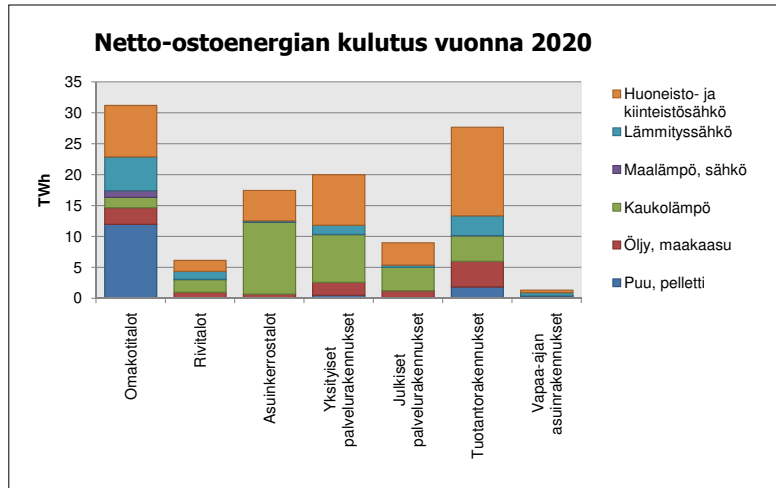
<sup>37</sup> Rytkönen, A., Kirkkari, A-M. (toim.), Vapaa-ajan asumisen ekotehokkuus. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 6/2010. 112 s.

Korjaustoiminnan energiansäästötarkasteluista on tehty kolme laskelmaa:

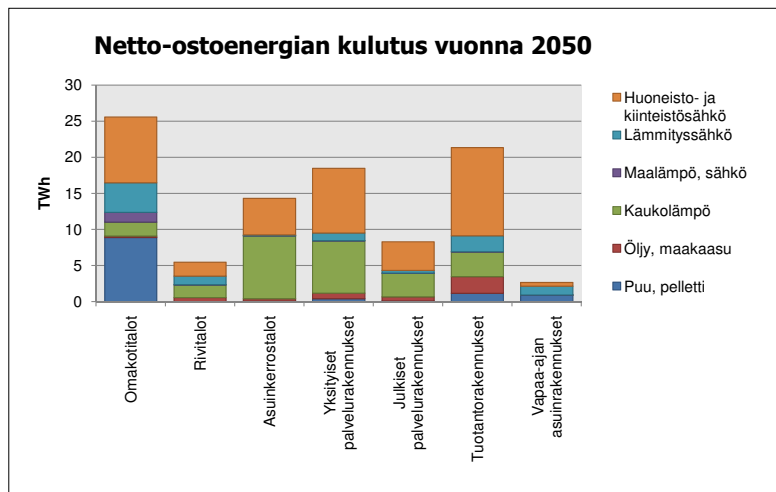
1. Perustarkastelussa suunnitelmallisten korjaustoimenpiteiden yhteydessä tehdään aina myös energiansäästötoimenpiteet korjauskohteena oleviin rakennusosiin ja järjestelmiin. Energiansäästötoimilla vähennetään korjauksissa rakennusosissa energiankulutusta keskimäärin suuruusluokaltaan puolet. Korjausmäärät perustuvat mm. kymmenen vuotta sitten VTT:n tekemään selvitykseen rakennusosien korjausmääristä. Selvitys uusitaan lähiaikoina, jolloin saadaan päivitettyä tietoa korjaustoiminnasta. Arviossa korjaukset kohdistuvat keskimäärin noin 2 prosenttiin rakennuksista vuosittain ja energian säästöä syntyy suuruusluokaltaan 0,5–0,75 prosenttia lisää vuosittain verrattuna koko kannan lämmitysenergian kulutukseen. Korjauksissa on tarkasteltu vain lämmön kulutuksen säästöjä (vaippa, ilmanvaihto ja lämmin käyttövesi). Lisäksi voidaan energiaa säästää ja erityisesti päästöjä vähentää lämmitystapamuutoksilla. Nämä voivat kuitenkin olla vaihtoehtoja energiansäästöille, minkä takia tarkastelu on mutkikas. Omakotitalossa voidaan esim. miettiä, asennetaanko ilmalämpöpumppu vai lisäeristetäänkö taloa. Ilmalämpöpumppujen lisävaikutus energiansäästöön ei ole laskelmissa mukana. Laskenta perustuu EKO-REM-mallin kehityksen yhteydessä tehtyihin tarkasteluihin<sup>38</sup>.
2. Vertailuna edelliseen on laskettu kulutus myös ilman korjaustoiminnan energiansäästötoimia. Tämä laskelma voidaan tulkita myös siten, että laatutason noston energiansäästölisä on yhtä suuri kuin energiansäästö energiansäästötoimenpiteistä. Tämä on tehty mm. siksi, että monissa perusparannuksissa ei laatutason noston takia synnykään energian säästöä. Arviolta nykyinen korjaustoiminta ilman aktivointia johtaa likimain 1. ja 2. arvion puoleen väliin.
3. Lisäksi on tehty vertailun vuoksi teoreettinen laskelma, jossa koko rakennuskanta on muutettu vuoden 2010 energiamääräysten mukaisiksi. Tämä ei ole kuitenkaan käytännössä mahdollista, koska eri syistä läheskään kaikkia rakennuksia ja rakennusosia ei aikavälillä 2010–2050 korjata. Osa on jo 2000-luvulla korjattu tekemättä energiansäästötoimenpiteitä ja osa rakennuksista on liian huonoja tai sellaisilla paikoilla, että niiden korjaamiseen ei ole taloudellisia edellytyksiä.

Jäljessä on esitetty kuvassa 3.6 laskelman 1. mukainen netto-ostoennergian kulutusjakauma vuonna 2020 ja kuvassa 3.7 vuonna 2050. Laskelmia 1, 2 ja 3 on vertailtu kuvassa 3.8. Kulutusmuutokset on esitetty taulukossa 3.1. Kuvassa 3.9 on jaettu laskelman 1. tulos erikseen vuoden 2010 rakennuskannan osalle ja vuoden 2010 jälkeen rakennetun uudistuotannon osalle.

<sup>38</sup> Heljo, J., Nippala, E., Nuuttila, H., Rakennusten energiankulutus ja CO<sub>2</sub>-ekv päästöt Suomessa. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakentamistalouden laitos. Raportti 2005:4. Tampere 2005. 105 s.



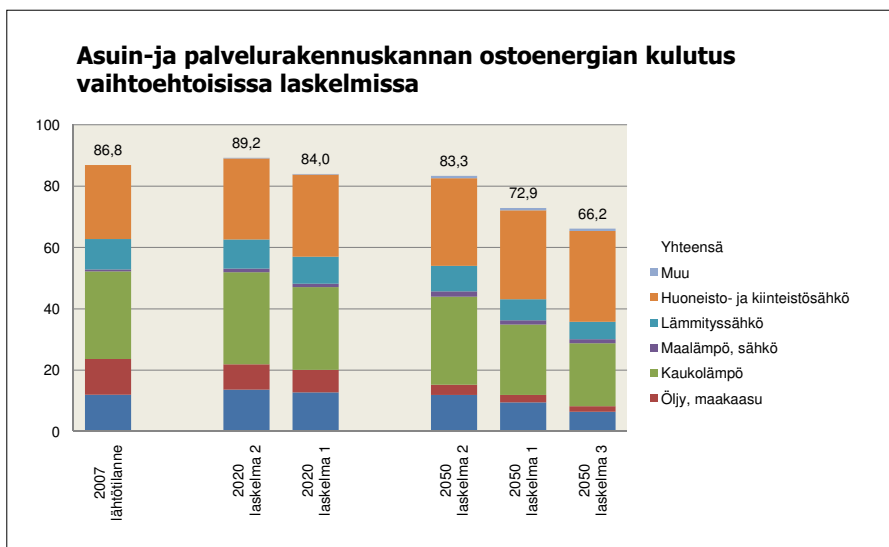
**Kuva 3.6.** Laskelman 1. mukainen netto-ostoenergian kulutus rakennustyypeittäin ja energialähteittäin vuonna 2020.



**Kuva 3.7.** Laskelman 1. mukainen netto-ostoenergian kulutus rakennustyypeittäin ja energialähteittäin vuonna 2050.

Nykyisenlainen korjaustoiminta johtaa arviolta likimain laskelmien 1. ja 2. puolen väliin<sup>39</sup>. Aktivointi voisi siis aikaansaada noin 6 % lisäsäästön energian kulutukseen vuoteen 2050 mennessä.

<sup>39</sup> Heljo, J., Nippala, E., Hekkanen, M., Kurvinen, A., Energiatohokkuuden parantaminen nykyisessä rakennuskannassa. Käsikirjoitus 10.8.2010.



**Kuva 3.8.** Laskelmien 1, 2 ja 3 vertailu. Todennäköinen kehitys on laskelmien 1 ja 2 välissä. Laskelma 3 on teoreettinen laskelma, jossa koko rakennuskanta on muutettu vuoden 2010 rakentamismääräysten mukaiseksi. Kulutuserot on esitetty taulukossa 3.1.

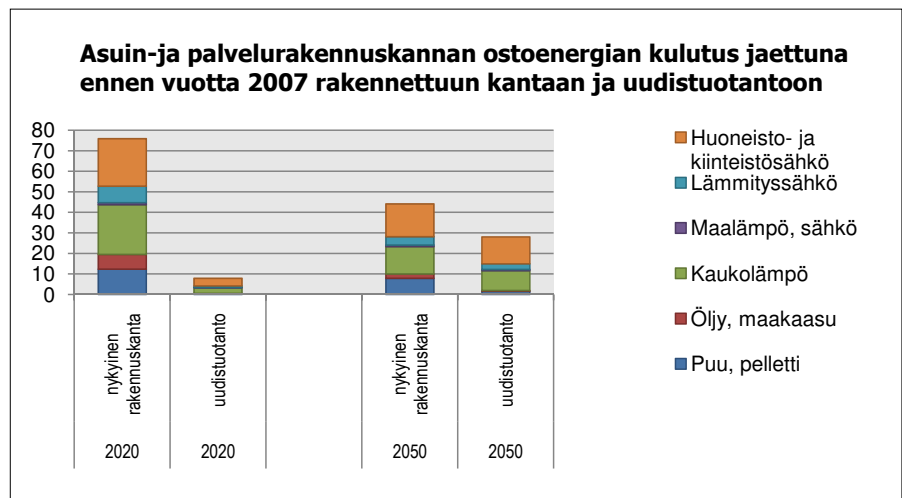
Asuin- ja palvelurakennuskannan energiankulutus vähenee vuoden 2007 kulutukseen verrattuna 4 % vuoteen 2050 mennessä, jos uudistuotanto tehdään vuoden 2010 määräysten mukaan ja nykyiseen rakennuskantaan ei tehdä energiansäästötoimenpiteitä (taulukko 3.1, laskelma 2). Jos koko rakennuskanta muutettaisiin vuoden 2010 rakentamismääräysten mukaisiksi, tulisi säästöä 24 % (laskelma 3). Toteutettavissa oleva<sup>40</sup> energiansäästön tavoite on noin 16 % (laskelma 1). Tällöin suunnitelmallisen normaalin korjaustoiminnan yhteydessä korjattavien rakennusosien energiankulutus vähennetään keskimäärin puoleen.

**Taulukko 3.1** Netto-ostoennergian kulutusmuutokset asuin- ja palvelurakennuksissa vuosina 2020 ja 2050 verrattuna vuoteen 2007. Laskelman 1 mukaisen säästön toteutuminen on todennäköistä, jos huolehditaan, että korjausten yhteydessä korjattavien rakennusosien energiankulutus vähennetään keskimäärin puoleen.

Asuin- ja palvelurakennukset					
Netto-ostoennergian kulutuksen muutos GWh/a:					
	2007	2020		2050	
	GWh/a	GWh/a	%	GWh/a	%
Lähtötilanne	86846				
Laskelma 1.		-2880	-3 %	-13972	-16 %
Laskelma 2.		2378	3 %	-3518	-4 %
Laskelma 3.				-20668	-24 %

<sup>40</sup> Heljo, J., Nippala, E., Hekkanen, M., Kurvinen, A., Energiatohokkuuden parantaminen nykyisessä rakennuskannassa. Käsikirjoitus 10.8.2010.

Vuoden 2050 ostoenergian kulutuksesta muodostuu vuoden 2007 jälkeen rakennetuissa uudistuotannon rakennuksissa noin 40 % ja nykyisestä vuoden 2007 rakennuskannasta jäljellä olevissa rakennuksissa 60 % (kuva 3.9).



**Kuva 3.9.** Nykyisen vuoden 2007 asuin- ja palvelurakennuskannan sekä vuoden 2007 jälkeen rakennetun asuin- ja palvelurakennuskannan ostoenergian kulutus vuosina 2020 ja 2050.

### 3.5 Rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen

Rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöjen kehittymistä on tarkasteltu edellä luvussa 3.3 esitettyjen laskelmien 1. ja 2. mukaan. Kuvassa 3.10 on laskelman 1. tulokset ja kuvassa 3.11 laskelman 2. tulokset. Laskelmia 1, 2 ja 3 on vertailtu kuvassa 3.12.

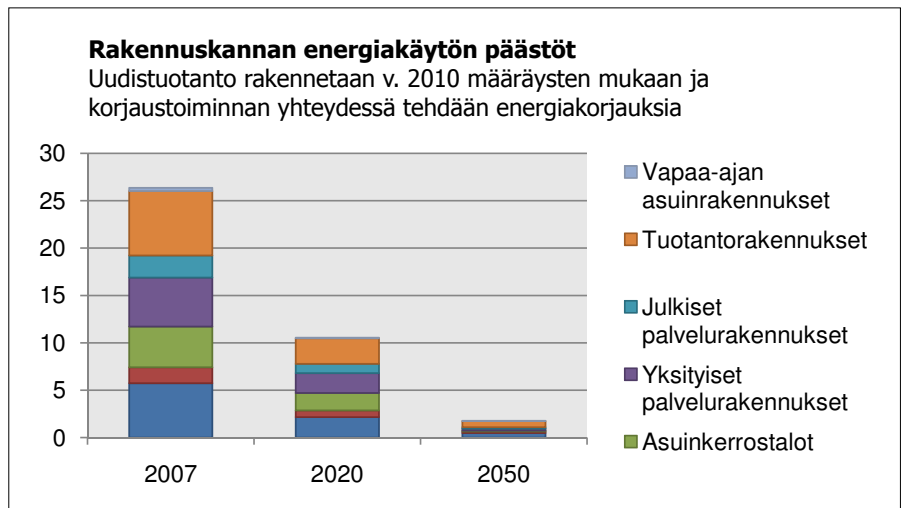
Laskelmissa käytettiin taulukossa 3.2 esitettyjä päästökertoimia. Kaukolämmön ja sähkön tuotannon päästökertoimien taustoja on käsitelty luvussa 5.5. Laskelmissa ei ole muutettu öljyn päästökertoimia. Öljynkäytön päästökertoimen putoaa, jos bio-öljyä aletaan ottaa laajemmin käyttöön. Puunpoltossa lasketaan päästökertoimeen vain metaanipäästöjen vaikutus. Hiilidioksidipäästöjä ei lasketa, vaikka puunkäytön lisääminen lisäisikin ilmakehän hiilidioksidipitoisuuksia joksikin aikaa. Metaanipäästöjä tulee eniten pienpuun epätäydellisen palamisen yhteydessä. Pelletin poltosta metaanipäästöjä tulee hyvin vähän.

Paikallisesti kaukolämmön päästökertoimet voivat olla hyvinkin erilaisia riippuen kaukolämpölaitoksen käyttämistä polttoaineista sekä kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannon osuudesta.

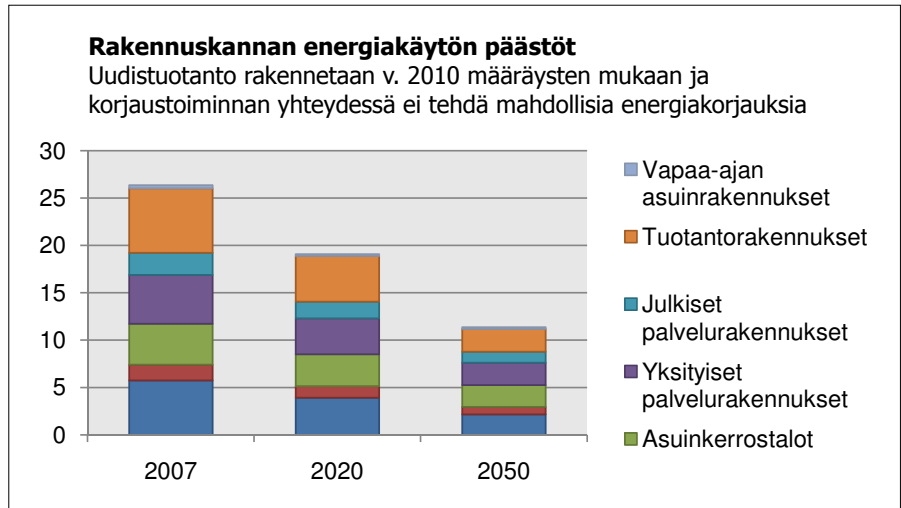
**Taulukko 3.2.** Rakennuskannan kasviuonekaasupäästöjen laskennassa käytetyt päästökertoimet laskelmissa 1 ja 2.

Päästökertoimet (kg CO <sub>2</sub> -ekv/MWh):				
	2007	2010	2020	2050
<b>Sähkö</b>				
Laskelma 1.	280	237	60	0
Laskelma 2.	280	237	169	87
<b>Kaukolämpö</b>				
Laskelma 1.	219	174	120	0
Laskelma 2.	219	174	177	144
<b>Kevyt polttoöljy</b>	267	267	267	267
<b>Puu</b>	18	18	18	18

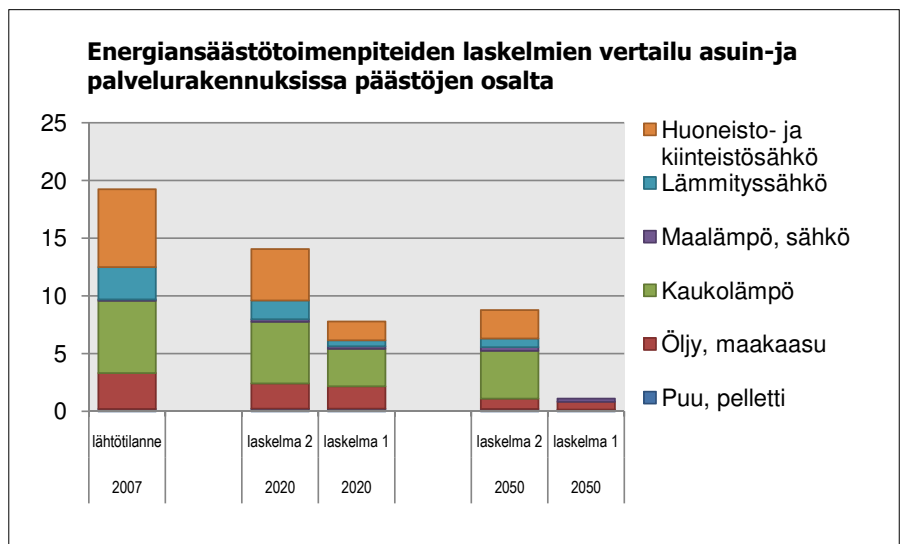
Rakennuskannan kasviuonekaasupäästöjen tarkasteluissa korostuvat voimakkaasti valitut erisuuruiset sähkön ja kaukolämmön päästökertoimet (taulukko 3.2) kun tarkastelu ulottuu pitkälle tulevaisuuteen (kuvat 3.10, 3.11 ja 3.12). Tämä johtuu siitä, että vuonna 2050 Suomen rakennuskanta lämmitetään pääasiassa kaukolämmöllä, sähköllä (ml. lämpöpumput) ja puulla. Koska puunpolton hiilidioksidipäästöjä ei lasketa mukaan kasviuonekaasupäästöihin, vaikuttamassa ovat vain kaukolämmön ja sähkön tuotannon päästöt ja ehkä vähän öljyä (kuva 3.8).



**Kuva 3.10.** Rakennuskannan kasviuonekaasupäästöjen kehittyminen talotyypeittäin laskelman 1 mukaan ja laskettuna taulukossa 3.2 esitettyjen päästökertoimin avulla. Suunniteltujen korjaustoimenpiteiden yhteydessä tehdään aina korjauskohteena oleviin rakennusosiin energiansäästötoimet. Uudistuotanto on vuoden 2010 määräysten mukainen.



**Kuva 3.11.** Rakennuskannan kasviuonekaasupäästöjen kehittyminen talotyypeittäin laskelman 2 mukaan ja laskettuna tekstissä esitettyjen päästökertoimin avulla. Korjaustoiminnassa ei synny energiansäästöä. Uudistuotanto on vuoden 2010 määräysten mukainen. Kasviuonekaasupäästöt alenevat voimakkaasti johtuen pienenevistä kasviuonekaasupäästökertoimista (taulukko 3.2).



**Kuva 3.12.** Laskelmien 1. ja 2. vertailu. Laskelma 1 kuvaa kehitystä, johon voidaan käytännössä päästä. Kulutuserot on esitetty taulukossa 3.3. Päästökertoimet ovat laskelmissa erilaiset ja ne pienenevät voimakkaasti (taulukko 3.2). Laskelmassa 1 kaukolämmön ja sähköntuotannon kasviuonekaasupäästökertoimen on vuonna 2050 nolla.



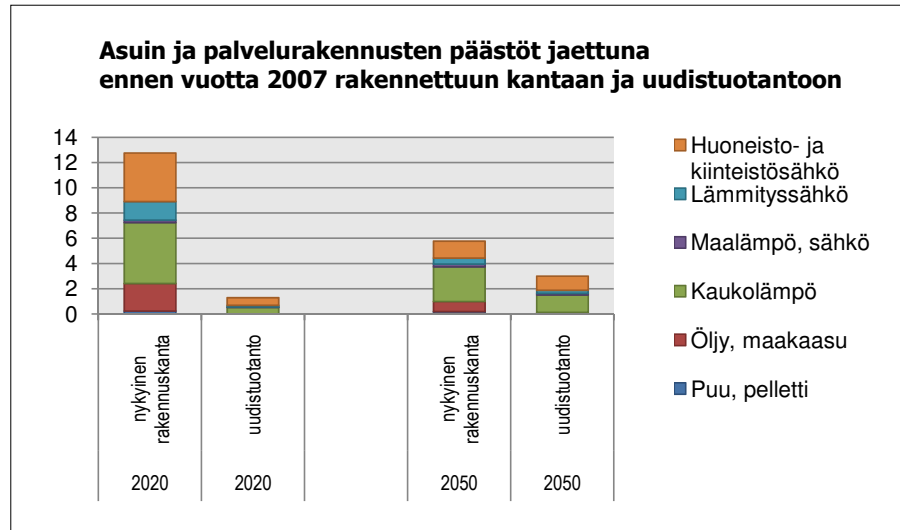
Asuin- ja palvelurakennuskannan kasvihuonekaasupäästöt vähenevät vuoden 2007 päästöihin verrattuna 54 % vuoteen 2050 mennessä, jos uudistuotanto tehdään vuoden 2010 määräysten mukaan ja nykyiseen rakennuskantaan ei tehdä energiansäästötoimenpiteitä ja päästökertoimet ovat taulukon 3.2 mukaiset (taulukko 3.3, laskelma 2). Toteutettavissa oleva energiansäästön tavoite on noin 16 % (taulukko 3.1)<sup>41</sup>. Tällöin suunnitelmallisen normaalin korjaustoiminnan yhteydessä korjattavien rakennusosien energiankulutus vähennetään keskimäärin puoleen. Kun samalla kasvihuonekaasujen ominaispäästöt kaukolämmön ja sähkön tuotannossa pienenevät voimakkaasti (taulukko 3.2), päästään vuonna 2020 60 % päästövähennykseen ja vuonna 2050 94 % päästövähennykseen.

**Taulukko 3.3.** Kasvihuonekaasupäästöjen kulutusmuutokset asuin- ja palvelurakennuksissa vuosina 2020 ja 2050 verrattuna vuoteen 2007. Suurimpana vaikuttavana tekijänä ovat kaukolämmön ja sähkön tuotannon ominaispäästöjen voimakas pieneneminen eri tavoilla laskelmissa 1 ja 2 (taulukko 3.2).

Asuin- ja palvelurakennukset					
CO <sub>2</sub> -päästöjen määrän muutos MtCO <sub>2</sub> -ekv:					
	2007	2020		2050	
	MtCO <sub>2</sub> -ekv	MtCO <sub>2</sub> -ekv	%	MtCO <sub>2</sub> -ekv	%
Lähtötilanne	19,2				
Laskelma 1.		-11,5	-60 %	-18,1	-94 %
Laskelma 2.		-5,2	-27 %	-10,4	-54 %

Uudistuotannon vaikutus koko rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöihin on vuonna 2020 vielä vähäinen. Vuonna 2050 uudistuotannon osuus on reilu kolmannes ja jäljellä olevan nykyisen rakennuskannan osuus vajaa kaksi kolmasosaa (kuva 3.13). Vertailu on tehty laskelman 2 mukaan, koska laskelmassa 1 ei päästövertailua voi vuonna 2050 tehdä kaukolämmön ja sähkön nollapäästöjen takia. Laskelmasta siis puuttuvat korjaustoiminnan säästötoimenpiteet, jotka vähentävät jonkin verran nykyisen kannan osuutta päästöistä.

<sup>41</sup> Heljo, J., Nippala, E., Hekkanen, M., Kurvinen, A., Energiatehokkuuden parantaminen nykyisessä rakennuskannassa. Käsikirjoitus 10.8.2010.



**Kuva 3.13.** Vuoden 2007 asuin- ja palvelurakennuskannasta jäljellä olevan kannan kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2020 ja 2050 sekä vuoden 2007 jälkeen rakennettavan asuin- ja palvelurakennuskannan kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2020 ja 2050 laskelman 2. mukaan (korjaustoiminnassa ei säästää, uudet rakennukset vuoden 2010 määräysten mukaan).

## 4 Liikenteen suoritteet ja päästöt

### 4.1 Liikennesuoritteet ja kulkumuotojakaumat

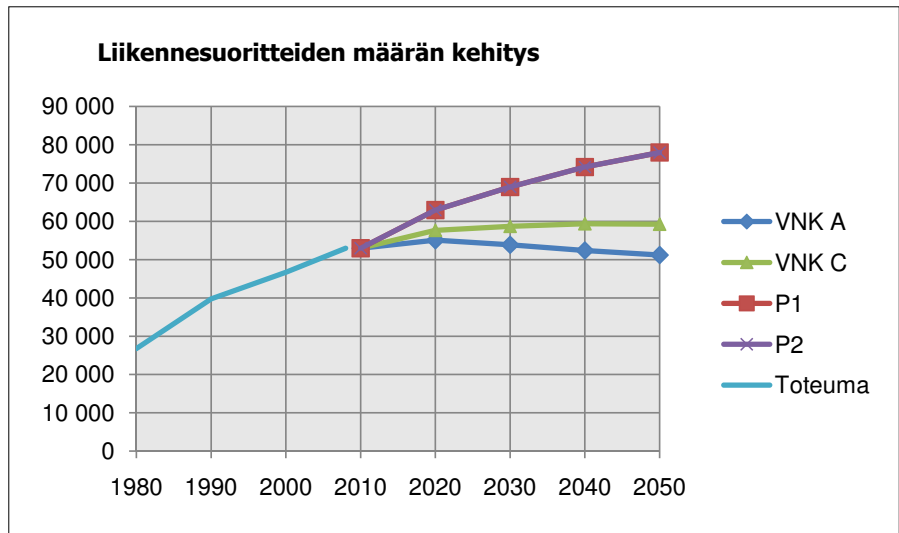
Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kehittymistä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä on tarkasteltu useissa eri yhteyksissä viime vuosina. Liikenteen ns. baseline-skenaario, joka toimii pohjana kansallisen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian liikennettä koskeville toimenpiteille, perustuu Tiehallinnon liikenne- ja autokantaennusteisiin, VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmään sekä VTT:n ja LVM:n arvioihin henkilöautojen energiatehokkuuden paranemisesta (ennen autoverouudistusta ja EU:n sitovaa CO<sub>2</sub>-raja-arvoa uusille henkilöautoille). Skenaario valmisteltiin LVM:ssä vuonna 2007 ja se toimii vertailukohteenä kaikille myöhemmin tuotetuille skenaarioille.

Merkittävimpiä tekijöitä liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ennustamisessa ovat liikennesuorite ja kulkumuotojakaumat, ajoneuvoteknologian kehitys sekä uusiutuvien polttoaineiden käyttömäärät. Liikenteen baseline-skenaariossa henkilöliikenteen kasvun on oletettu olevan hieman BKT:n kasvua hitaampaa, ennustejakson alkupäässä keskimäärin 1,5 % vuodessa ja loppupäässä alle 0,5 % vuodessa. Henkilöautoliikenteen kasvu olisi näin ollen 19 % vuonna 2020 ja 38 % vuonna 2050 (perusvuosi 2006). Kulkumuotojakaumien on baseline-skenaariossa oletettu pysyvän hyvin samankaltaisina kuin nykyisinkin, eli pääosa (noin 60 % matkoista, yli 80 % suoritteesta) tehtäisiin henkilöautolla, loput joukkoliikenteellä, kävellen ja pyöräillen. Tavaraliikenteen kasvun on oletettu olevan hieman BKT:n kasvua hitaampaa, mutta kasvavan joka tapauksessa.

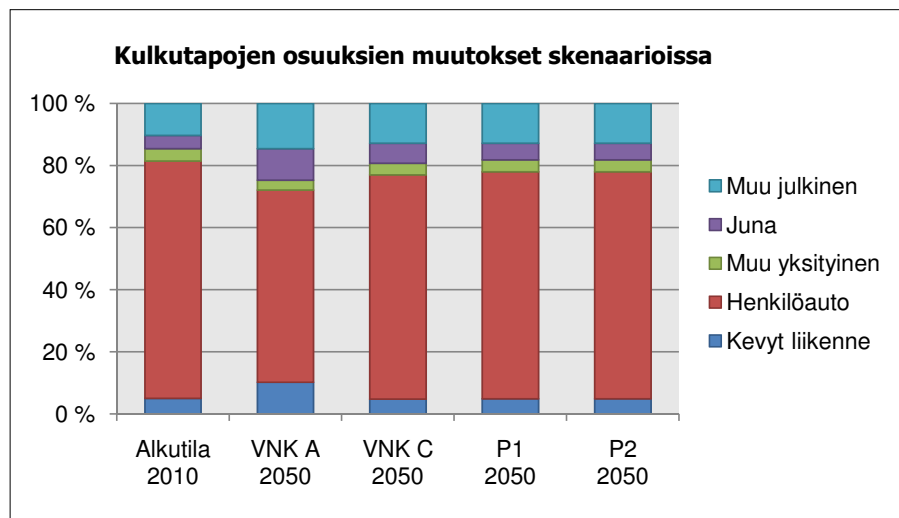
Ilmastopoliittisen tulevaisuusselonteon skenaariossa A ("Tehokkuuskumous") liikennesuorite on pudonnut noin 10 % laskettuna henkilöä kohden. Liikennetarvetta ovat vähentäneet mm. etätyö ja -palvelut, mutta myös tiivis yhdyskuntarakenne sekä 8-12 aluekeskukseen keskittynyt aluerakenne. Kaupunkiseuduilla ja kaupunkien välillä on vahva joukkoliikennetarjonta, ja joukkoliikenteen osuus matkojen määrästä on noussut yli kolmanneksella. Tiiviin yhdyskuntarakenteen ansiosta myös kävelyn ja pyöräilyn osuuksia on saatu huikeasti nousemaan: skenaariossa kävelyn ja pyöräilyn osuudet ovat noin kaksinkertaiset nykypäivään nähden. Tavaraliikenteen suoritteet ovat pysyneet vuosien 2008–2009 tasolla.

Skenaariossa C ("Omassa vara parempi") aluerakenne on hajautunut 20 vahvaan aluekeskukseen. Myös yhdyskuntarakenne on hajautunut, mutta liikennesuoritteen oletetaan silti pysyvän entisellään. Myös kulkumuotojakaumat ovat C-skenaariossa pysyneet melko lailla entisellään. Kansainvälinen liikenne on tässä skenaariossa vähentynyt. Teollisuuden kuljetukset sen sijaan ovat kasvaneet 2/5.

Kuva 4.1 esittää yhteenvetona liikennesuoritteiden määrän kehittymisen skenaariokohtaisesti. Perusskenaarioissa on siis oletettu liikennesuoritteiden trendinomaisen kasvu, kun taas VNK-skenaarioissa kasvun oletetaan taittuvan ja VNK A -skenaariossa kääntyvän laskuun. Kuvassa 4.2 esitetään puolestaan skenaarioiden taustalla olevia oletuksia kulkutapaosuuksien muutoksista. Muutokset ovat suurimpia skenaariossa VNK A, jossa oletetaan kevyen liikenteen ja raideliikenteen osuuksien kasvavan voimakkaasti.



Kuva 4.1. Liikennesuoritteiden määrän kehittyminen.



Kuva 4.2. Kulkutapavalintojen oletetut muutokset skenaarioittain henkilöliikenteessä.

## 4.2 Ajoneuvoteknologian kehitys sekä uusiutuvien polttoaineiden käyttö liikenteessä

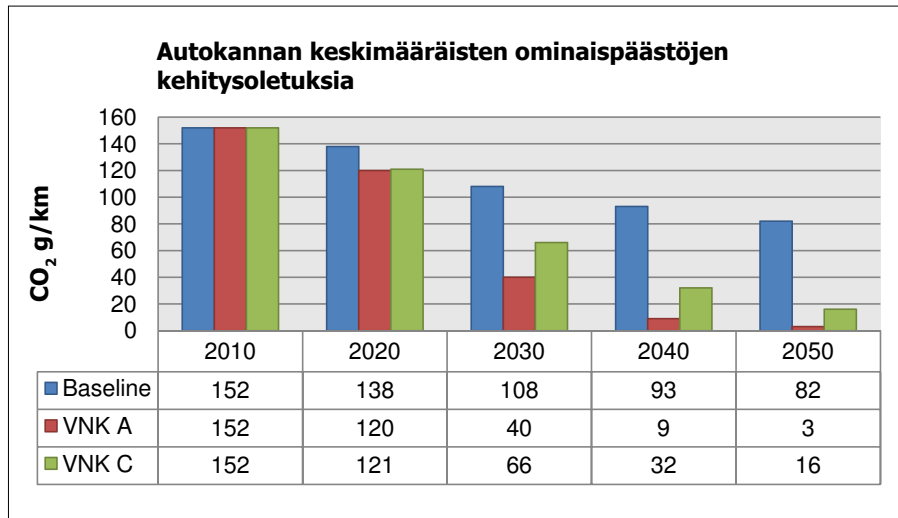
Kulkumuotojakaumien ja liikennesuoritteiden ohella toinen suuresti liikenteen päästöihin vaikuttava tekijä on ajoneuvoteknologian kehitys sekä uusiutuvien polttoaineiden osuus kaikesta liikenteessä käytetystä polttoaineesta. Liikenteen baselineskenaariossa ajoneuvoteknologian vaikutus on arvioitu ehkä yllättävänkin pieneksi. Arviota selittää se, että skenaariota valmisteltiin alkuvuodesta 2007 eli ennen vuonna 2008 voimaan tullutta autoverouudistusta ja EU:n uusia henkilöautoja koskevaa sitovaa CO<sub>2</sub>-raja-arvoa vuodelta 2009. Baseline-skenaariossa henkilöautojen energiatehokkuuden oletetaan paranevan vain noin 2 % vuoteen 2020 mennessä ja noin 16 % vuoteen 2050 mennessä (perusvuosi 2006). Vuonna 2007 tämäkin arvio näytti jopa liian optimistiselta, sillä uusien rekisteröityjen dieselkäyttöisten henkilöautojen keskimääräinen ominaiskulutus ja -päästöt kasvoivat vuosina 2000–2007 jatkuvasti, kun kuluttajat suosivat autovalinnoissaan yhä suurempia ja tehokkaampia autoja. Myöskään bensiinikäyttöisten henkilöautojen päästöt eivät vielä tuolloin laskeneet toivotulla tavalla. Tilanne muuttui varsin radikaalisti vuosina 2008 ja 2009 autoverouudistuksen jälkeen.

Biopolttoaineiden ja muiden vaihtoehtoisten energialähteiden osuudeksi on baselineskenaariossa arvioitu 5,75 % vuonna 2010 ja 10 % vuodesta 2020 lähtien. Arvion taustalla olivat EU:n voimassa ollut indikaatiivinen tavoite biopolttoaineiden osuuksista liikennepolttoaineiden käytöstä sekä poliittisen tason päätös vuotta 2020 koskevasta tavoitteesta. Vaihtoehtoisten energialähteiden osuuden oletettiin kasvavan vasta siinä vaiheessa, kun kansainvälisesti sovitut tavoitteet astuvat voimaan. Biopolttoaineiden ja muiden vaihtoehtoisten energiamuotojen tuotantomenetelmiin ja raaka-aineisiin ei liikenneskenaarion valmistelussa otettu kantaa eikä vaihtoehtoisten polttoaineiden tuottamisen ja jakelun hiilidioksidipäästöjä otettu laskelmassa huomioon.

Ilmastopoliittisen tulevaisuuselonteon valmistelussa ajoneuvoteknologian kehitykselle laskettiin huikeasti suurempi painoarvo kuin liikenteen baselineskenaariossa tehtiin. Lisäksi on huomattava, että tulevaisuuselonteossa tarkastelu kohdistettiin samanaikaisesti myös biopolttoaineiden käytön päästöjä vähentävään vaikutukseen eli teknologia ja biopolttoaineet laskettiin VNK-skenaariossa ikään kuin yhteen. Niinpä VNK:n A-skenaariossa henkilöautojen ominaiskulutus ja -päästöt (gCO<sub>2</sub>/km) ovat yli puolittuneet osin ajoneuvoteknologian kehittymisen ja sähköautoistumisen, osin biopolttoaineiden käytön lisääntymisen vuoksi. Sähköautoja on vuonna 2050 skenaarion mukaan 90 % koko henkilöautokannasta. Lisäksi noin 50 % tavarakuljetuksista hoidetaan sähköllä. Kuitenkin ajoneuvoteknologia ja biopolttoaineet hoitavat A-skenaariossa vain osan liikenteen päästövähennystavoitteesta. Loppu katetaan yhdyskuntarakenteeseen, kulkumuotojakaumiin ja liikennemääriin liittyvillä toimilla.

VNK:n C-skenaariossa sähköautojen määrä on vain noin 20 % koko autokannasta, mutta biopolttoaineiden käyttömäärät ovat suuria. Sähköä ja biopolttoaineita käytetään enenevässä määrin myös joukkoliikenteessä: henkilöliikenne suurissa kaupungeissa ja niiden välillä hoidetaan pitkälti raiteilla ja hybridibiusseilla. Liikenteen päästöjä ei C-skenaariossa yritetäkään vähentää yhdyskuntarakenteeseen liittyvillä toimenpiteillä. Liikenteen päästövähennykset katetaan 100 prosenttisesti siirtymällä uusiin teknologioihin sekä erityisesti biopolttoaineisiin. Biopolttoaineiden tuotannosta syntyvät päästöt puolestaan lasketaan maatalouden, ei liikenteen päästölukuihin.

Kuvassa 4.3 on esitetty autokannan ominaispäästöjen kehittyminen eri skenaarioissa. Vaikuttavina tekijöinä VNK-skenaarioissa on ollut sekä ajoneuvoteknologian kehitys, erityisesti liikenteen sähköistyminen ja myös lisääntyvä biopolttoaineiden käytön osuus. Baseline-skenaariossa päästöihin vaikuttaa taas ainoastaan ajoneuvoteknologian kehitys.



**Kuva 4.3.** Autokannan ominaispäästöt eri skenaarioissa.

# 5 Energiahuoltoratkaisujen vaikutus päästöihin

## 5.1 Tulevan energiahuollon vaihtoehdot

Rakennetun ympäristön energiantarve katetaan energiahuollolla, jolla tarkoitetaan energiantuotantoon, -siirtoon ja -jakeluun liittyvää kokonaisuutta. Tässä luvussa tarkastellaan energiahuoltoratkaisujen vaikutusta rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöihin. Energiahuoltoratkaisut liittyvät rakennetun ympäristön sähkön ja lämmön tarpeen tyydyttämiseen.

Energiahuollon tulevaan kehitykseen liittyy merkittäviä epävarmuuksia. Näitä epävarmuuksia on tarkasteltu neljän toisistaan poikkeavan vuoteen 2050 ulottuvan tulevaisuuden kehityspolun eli skenaarion avulla. Skenaarioiden avulla on haarukoitu energiahuollon vaihtoehtojen vaikutuksia rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöihin.

Selvityksen puitteissa on hyödynnetty jo aiemmin tehtyä skenaariotyötä. Suomessa on viimeisen vuoden aikana laadittu useita energiaskenaarioita. Esimerkiksi Valtioneuvoston ilmasto- ja energiapolitiittisen selonteon taustaksi luotiin neljä skenaariota<sup>42</sup>, Energiateollisuus ry on luonut Visio 2050 -kehityspolun<sup>43</sup> ja monet muut järjestöt, kuten WWF Suomi<sup>44</sup> ja Maan ystävät<sup>45</sup>, ovat esittäneet omia skenaarioitaan.

Selvityksen skenaariot on valittu niin, että ne kuvastavat tulevan energiankäytön ja kasvihuonekaasupäästöjen kehityksen epävarmuutta riittävällä tavalla. Kaikissa skenaarioissa lähdetään siitä, että vuoteen 2050 mennessä on saavutettu merkittävä, vähintään 80 % vähennys kasvihuonekaasupäästöihin suhteessa vuoden 1990 tilanteeseen. Skenaarioita on valittu yhteensä neljä. Peruslähtökohtana on nykyisten päätöksien mukaisen kehityskulun kaksi toteumaa, *Perusskenaario 1 (P1)* ja *Perusskenaario 2 (P2)*. Tarkasteltavina skenaarioina ovat myös erittäin voimakkaasti energiatehokkuuteen ja uusiutuvaan energiaan panostava *Tehokkuuskumous (VNK A)*, sekä omavaraisuuteen panostava *Omassa vara parempi (VNK C)*<sup>46</sup>.

Energiahuolto voidaan järjestää keskitetysti isoissa tuotantoyksiköissä tai hajautusti lähellä kulutuskohdetta alueellisina tai kiinteistökohtaisina ratkaisuin. Tarkastelussa keskitytään erityisesti energiantuotantoon, jonka merkitys energiahuollon päästöjen osalta on suurin.

<sup>42</sup> Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta, 2009.

<sup>43</sup> Energiateollisuus ry, Haasteista mahdollisuuksia — sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050, 2009.

<sup>44</sup> Gaia Consulting Oy, Suomelle kilpailukykyä älyenergiasta, 2010 (julkaisijana WWF Suomi).

<sup>45</sup> Stockholm Environment Institute, Europe's Share of the Climate Challenge: Domestic Actions and International Obligations to Protect the Planet, 2009 (yhteistyössä Maan ystävät ry:n kanssa).

<sup>46</sup> Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

Lähtökohtana kaikissa skenaarioissa on oletus, että kotimainen energiajärjestelmä rakennetaan likimain vastaamaan kotimaiseen energiatarpeeseen. Kukin skenaario on rakennettu itsenäiseksi ja sisäisesti yhdenmukaiseksi kokonaisuudeksi. Aiemmissä luvuissa kuvatut sektoreiden energiankulutukset vaikuttavat tarvittavien energianhuoltoratkaisujen määrään ja päästöihin.

Perusskenaariot 1 ja 2 on mallinnettu käytettävissä olevien tietojen puitteissa perustuen ilmasto- ja energiapolitiisiin linjauksiin ja päätöksiin. Suomen kansallisia tavoitteita energiapolitiikassa on linjattu mm. kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa vuodelta 2008<sup>47</sup> sekä valtioneuvoston ydinvoimaloiden lisärakentamista koskevilla periaatepäätöksissä<sup>48</sup> ja uusiuvutiven energialähteiden edistämisen velvoitepaketissa vuodelta 2010<sup>49</sup>.

Perusskenaario 2 on energia- ja ympäristöpolitiikan onnistumisen kannalta pessimistisempi kuin Perusskenaario 1. Tällä tuodaan esille, että vaikka valtiovallan päätöksillä ohjataan tehokkaasti esimerkiksi energiantuotannon rakennetta, on päätöksien lopputulemalla kuitenkin liikkumavaraa. Skenaariossa oletetaan, että ydinvoiman ja tuulivoiman lisärakentaminen viivästyy. Lisäksi biopolttoaineiden käyttöä rajoittaa niiden saatavuus kestävällä tavalla.

VNK A eli Tehokkuuskumous -skenaariossa energiankäytön tehokkuus parantuu ja energian loppukulutus vähenee puoleen vuoteen 2050 mennessä. Kaikki energia tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä Suomessa. Auerakenne kehittyy kohti 8–12 vahvaa, kaupunkimaista aluekeskusta ja samanaikaisesti elinkeinorakenne palveluvaltaistuu voimakkaasti.

VNK C eli Omassa vara parempi -skenaariossa painotetaan asetettujen päästövähennystavoitteiden lisäksi laajasti omavaraisuuden merkitystä ja arvostetaan paikallisuuteen liittyviä näkökulmia. Tällaisessa tavoitetilassa yhdyskuntarakenne on melko hajautunutta ja uusi asutus on ohjautunut pariinkymmeneen vahvaan aluekeskukseen. Omassa vara parempi -skenaariossa energian loppukulutus kokonaisuutena vähenee noin kolmanneksella nykyiseen verrattuna.

## 5.2 Sähkön keskitetty tuotanto

### 5.2.1 Sähkönkulutus

Energiaskenaarioissa on esitetty varsin vaihtelevia näkemyksiä tulevasta sähkönkulutuksesta. Suurimmat erot skenaarioiden sähkönkulutuksen välillä liittyvät erityisesti teollisuuden sähköntarpeeseen. Perusskenaarioissa on oletuksena energiaintensiivisen teollisuuden vahva asema Suomessa myös jatkossa. VNK A -skenaariossa siirrytään palveluvaltaisempaan elinkeinorakenteeseen, jossa teollisuuden kulutus on vähäisempi. Myös VNK C -skenaariossa teollisuuden energian tarve vähenee.

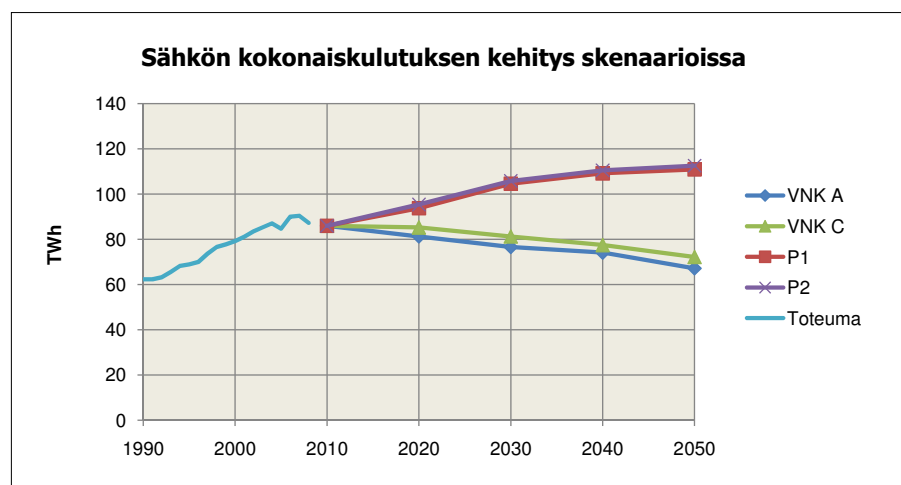
<sup>47</sup> Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 6.11.2008.

<sup>48</sup> Valtioneuvoston periaatepäätös Teollisuuden Voima Oyj:n hakemukseen ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta ja Valtioneuvoston periaatepäätös Fennovoima Oy:n hakemukseen ydinvoimalaitoksen rakentamisesta, 6.5.2010.

<sup>49</sup> Elinkeinoministeri Pekkarinen, Kohti vähäpäästöistä Suomea – Uusiutuvan energian velvoitepaketti, esitys 20.4.2010.



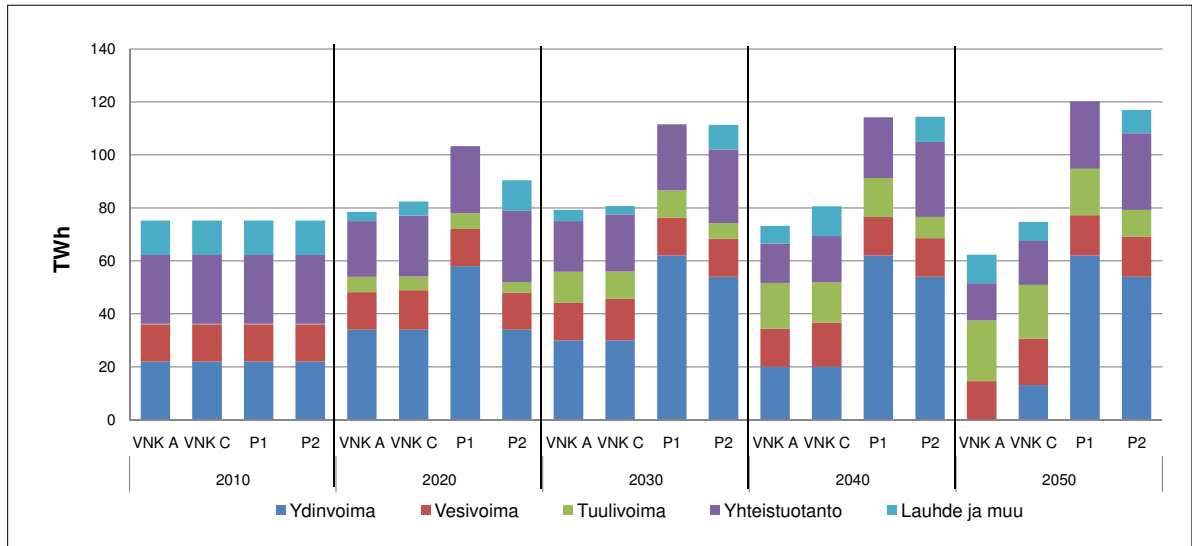
Kuvassa 5.1 on esitetty skenaariokohtainen sähkön kokonaiskulutus vuosina 2010–2050. VNK A ja VNK C -skenaarioissa sähkön loppukulutus pienenee nykytilanteesta noin 20 % vuoteen 2050 mennessä. Molemmissa perusskenaarioissa sähkönkulutus kasvaa samassa ajassa noin 30 %. Erot johtuvat siitä, että VNK A ja VNK C -skenaarioissa energiatehokkuus paranee huomattavasti ja rakennemuutokset vähentävät teollisuuden kulutusta. Perusskenaarioissa taas energiatehokkuus paranee maltillisesti ja teollisuuden, palveluiden ja kotitalouksien sähköntarve kasvaa.



**Kuva 5.1.** Sähkön kokonaiskulutuksen kehittyminen eri skenaarioiden mukaisesti 2010–2050.

### 5.2.2 Sähköntuotantorakenne

Sähköntuotantorakenteen kehittymisen on esitetty kuvassa 5.2. Tuotantokapasiteetin on oletettu kehittyvän vastaamaan likimain kysyntää. Eniten kysyntä ja tätä vastaava tuotanto kasvaa perusskenaarioissa. VNK-skenaarioissa sähkön kulutus ja tuotanto puolestaan kääntyvät laskuun vuosien 2020–2030 jälkeen.



Kuva 5.2. Sähköntuotanto skenaariokohtaisesti.

Selkein ero skenaarioiden välillä on ydinvoiman määrässä. Kaikissa skenaarioissa ydinvoimatuotantoa tulee lisää Olkiluoto 3:n valmistumisen myötä vuoteen 2020 mennessä. Perusskenaarioissa ydinvoiman osuus kasvaa tämän jälkeenkin. Perusskenaario 1 noudattaa vuoden 2010 periaatepäätöksiä, joiden mukaan Suomessa olisi seitsemän ydinvoimayksikköä vuonna 2020<sup>50</sup>. Tämän jälkeen oletuksena on, että käyttöikänsä päähän tulevat ydinvoimayksiköt korvataan nykyistä tehokkaammilla yksiköillä, kuitenkin välttämättä kokonaan vientiin suuntautuvaa ydinvoimatuotantoa. Ydinvoiman osuus nousee perusskenaario 1:ssä yli 50 %:iin. Perusskenaarioissa 2 oletetaan, että Olkiluoto 3:n jälkeen uutta ydinvoimaa valmistuu vasta vuoteen 2030 mennessä. Tarkastelluissa VNK -skenaarioissa ydinvoiman määrä on pienentynyt tai jopa poistunut kokonaan vuoteen 2050 mennessä.

Vesivoimatuotanto lisääntyy kaikissa skenaariossa hieman tuotantolaitosten modernisointien ja ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvän sadannan vuoksi. Vesivoiman merkittävä lisärakentaminen edellyttää nykyisten suojelukohteiden (mm. Ounasjoki, Vuotos ja Kollaja) käyttöönottoa, kuten VNK C-skenaariossa oletetaan<sup>51</sup>.

Tuulivoima nousee kaikissa skenaarioissa merkittäväksi tuotantomuodoksi vuoteen 2050 mennessä. Hitainta kehityksen oletetaan olevan perusskenaario 2:ssa, kuten muunkin vähäpäästöisen tuotannon suhteen. Tuulivoiman osuus tuotannosta on suurin VNK A -skenaariossa. Osuus nousee 36 % prosenttiin vuoteen 2050 mennessä.

<sup>50</sup> Valtioneuvoston periaatepäätös Teollisuuden Voima Oyj:n hakemukseen ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta ja Valtioneuvoston periaatepäätös Fennovoima Oy:n hakemukseen ydinvoimalaitoksen rakentamisesta, 6.5.2010.

<sup>51</sup> Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

Yhteistuotannolla tuotettavan sähkön määrä vähenee VNK A ja C -skenaarioissa. Tämä on seurausta oletetusta lämpökuormien vähenemisestä. Lämmön ja sähkön yhteistuotanto määräytyy lämmön tarpeen mukaan. Myös perusskenaarioissa erityisesti kaukolämpökuormat vähenevät jonkin verran (ks. luku 5.3). Yhteistuotannosta saatavan sähkön määrän on oletettu kuitenkin nousevan tekniikan kehittymisen myötä. Tällöin samalla lämpökuormalla saadaan tuotettua enemmän sähköä. Laajamittainen siirtyminen uusiutuviin polttoaineisiin luo kuitenkin epävarmuutta uusiutuvien polttoaineiden kestävään saatavuuteen ja uusien teknologioiden vaikutuksiin.

Lauhdetuotanto poistuu Perusskenaariossa 1 kevään 2010 linjausten mukaisesti kokonaan tai lähes kokonaan. Perusskenaariossa 1 oletetaan olevan muuta tuotantoa kaikkina aikoina riittävästi, jolloin lauhdekapasiteettia ei tarvita. Muissa skenaarioissa lauhdetuotantoa käytetään edelleen vuonna 2050. Osassa skenaarioita oletetaan sähkön nettotuontia vielä vuonna 2050, kun taas osassa oletetaan pientä vientiä.

Yhteenveto sähköntuotannosta vuonna 2050 on kuvattu taulukossa 5.1.

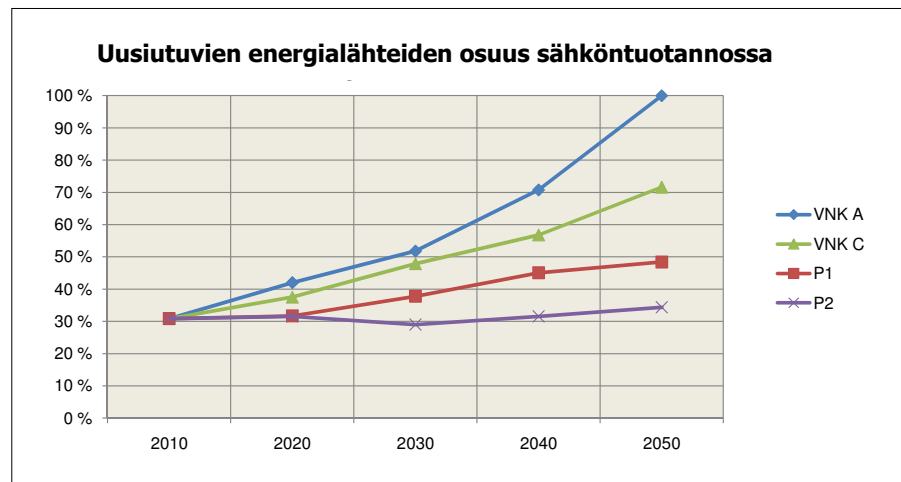
**Taulukko 5.1.** Skenaarioissa määritelty sähköntuotanto 2050 ja viitteellinen lähtötilanne 2010.

TWh	Nykytaso 2010	VNK A 2050	VNK C 2050	P1 2050	P2 2050
Ydinvoima	22	0	13	62	54
Vesivoima	14	15	18	15	15
Tuulivoima	0	23	20	18	10
Yhteistuotanto	26	14	17	26	29
Lauhde	13	10	7	0	9
Muut	0	1	0	0	0
Tuonti (+) tai vienti (-)	8	7	0	-5	0
Kulutus yhteensä	83	70	75	115	116
Tuotanto yhteensä	75	62	75	120	117

Tässä selvityksessä ei ole tarkasteltu sähköntuotantokapasiteetin muutoksien vaikutuksia tarvittavaan säätökapasiteettiin. Sekä ydinvoiman että tuulivoiman merkittävästi nykyistä suurempi osuus sähköntuotantokapasiteetista edellyttää, että käytössä on riittävästi säätökapasiteettia vastaamaan kulutuksen lyhyen aikavälin vaihteluihin. Säätökapasiteetti lisääntyy hieman kasvavan vesivoiman tuotannon myötä. Osa säätökapasiteetin tarpeesta voidaan kattaa mikäli sähkön rajasiirtoyhteydet vahvistuvat ja mikäli sähkönkulutuksessa voidaan hyödyntää kysyntäjoustoa nykyistä laajemmin.

### 5.2.3 Uusiutuvien osuus sähköntuotannossa

Uusiutuvien energialähteiden käyttö sähköntuotannossa eri skenaarioiden mukaisesti on esitetty kuvassa 5.3. Uusiutuvien hyödyntämisen suhteen VNK-skenaariot ovat optimistisempia kuin perusskenaariot. Tämä johtuu ennen kaikkea sähköntuotannon biopolttoainemäärien oletuksista, jotka ovat huomattavasti suuremmat VNK-skenaarioissa. Myös tuulivoiman osuus on näissä skenaarioissa suurempi kuin P1 ja P2 -skenaarioissa. Tehokkuuskumous -skenaariossa sähkö tuotetaan Suomessa vuonna 2050 pelkästään uusiutuvia hyödyntäen, kun taas Perusskenaario 1:ssä uusiutuvien osuus sähköntuotannon energialähteistä on noin 40 %. Perusskenaario 1:ssä näkyy ydinvoiman suuri osuus sähköntuotannosta.

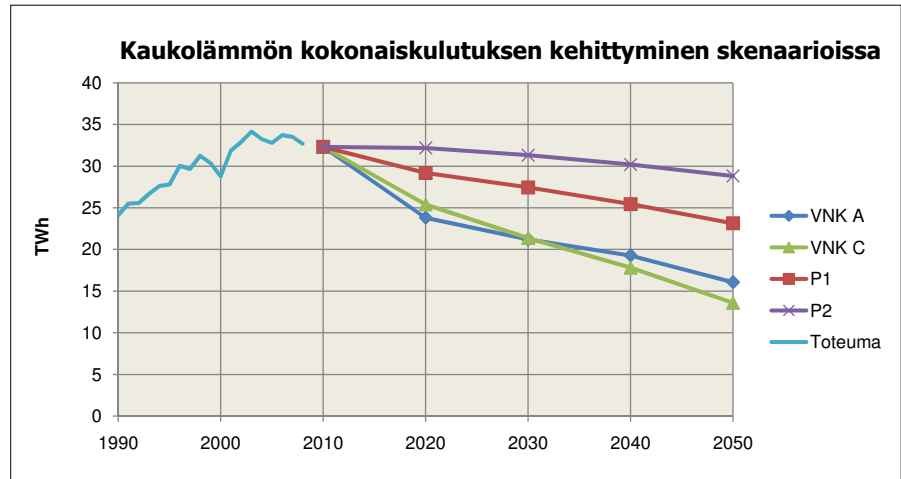


**Kuva 5.3.** Uusiutuvien energialähteiden osuus sähköntuotannossa eri skenaarioiden mukaisesti 2010–2050.

## 5.3 Kauko- ja aluelämmön tuotanto

### 5.3.1 Kaukolämmön tuotanto

Kaukolämpöä tuotetaan kysyntää vastaava määrä. Kaukolämmön kokonaiskulutus laskee tulevaisuudessa kaikissa tarkasteltavissa tulevaisuuden poluissa (ks. kuva 5.4). VNK:n skenaariossa on oletettu lämmöntarpeen vähenevän voimakkaasti. VNK-skenaarioissa oletetaan uudisrakentamisen olevan energiatehokkuudeltaan lähes nolla-energia tasoa vuoden 2020 jälkeen. Lisäksi nykyisen rakennuskannan ostoenegian tarpeen oletetaan vähenevän noin puoleen.



**Kuva 5.4.** Kaukolämmön kokonaiskulutuksen kehittyminen eri skenaarioiden mukaisesti 2010–2050.<sup>52</sup>

Suomen kaukolämmöntuotannosta 70–75 % on tuotettu yhteistuotannolla vuosina 2000–2009<sup>53</sup>. Taulukossa 5.2 on esitetty kaukolämmön tuotantorakenne nykytilanteessa sekä skenaariokohtaisesti vuonna 2050. Omassa vara parempi -skenaariossa kaukolämmön tuotanto pienenee kolmannekseen nykytasosta. Perusskenaario 2:ssa tuotannon taso pysyy lähes samana.

**Taulukko 5.2.** Skenaarioissa määritellyt kaukolämmöntuotanto 2050 ja viitteellinen lähtötilanne 2010.

TWh	Nykytaso 2010	VNK A 2050	VNK C 2050	P1 2050	P2 2050
Yhteistuotanto	25	12	11	19	21
Erillistuotanto	7	4	3	5	8
Tuotanto yhteensä	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>29</b>

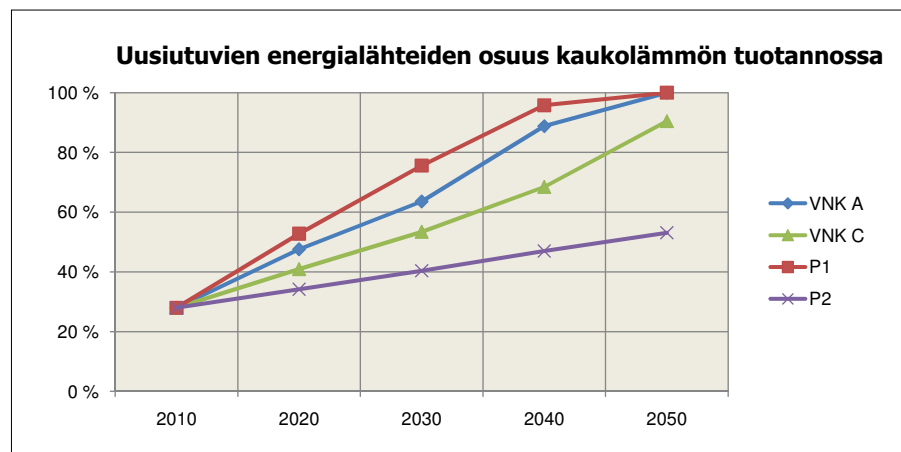
### 5.3.2 Uusiutuvien osuus kaukolämmön tuotannossa

Uusiutuvien energialähteiden käyttö kaukolämmön tuotannossa eri skenaarioiden mukaisesti on esitetty kuvassa 5.5. VNK A ja P1 -skenaarioissa uusiutuvien osuuden oletetaan saavuttavan kaukolämmön tuotannossa 100 % osuuden jo vuonna 2040. Perusskenaario 1 on optimistisin; sen mukaan kaukolämpöä tuotetaan 60-prosenttisesti uusiutuvilla energialähteillä jo vuonna 2020, kun taas Perusskenaario 2:ssa uusiutuvien osuus tuotannon polttoaineista vuonna 2050 on juuri ja juuri saavuttanut 80 % osuuden.

<sup>52</sup> Toteuman lähde Tilastokeskus, Energiakirja 2009.

<sup>53</sup> Tilastokeskus, Energiaennakko 2009, 24.3.2010.

Uusiutuviissa energialähteissä on huomioitu myös jätteenpolto. Suomessa on tällä hetkellä 14 toimivaa jätteenpolttolaitosta, joiden kapasiteetti on noin 670 000 t/a. Tämän lisäksi ympäri Suomea on suunnitteilla tai rakenteilla 18 laitosta, joka tarkoittaa lisäkapasiteettina yhteensä noin 3 milj. t/a. Osa näistä laitoshankkeista on toisilleen vaihtoehtoisia, eikä näin montaa hanketta kannata toteuttaa 1,2 miljoonan tonnin energiahyödyntämiskelpoista yhdyskuntajättemäärää varten. Arviolta alle kymmenen jätevoimalaa tullaan toteuttamaan.<sup>54</sup> Mikäli kaikki energiahyödyntämiskelpoinen jäte poltetaan voimalaitoksissa, vastaa tämä energiamääränä noin 2,3–3,7 terawattituntia, eli noin 10 % nykyisestä tuotetusta kaukolämmöstä<sup>55</sup>.



**Kuva 5.5.** Uusiutuvien energialähteiden osuus kaukolämmöntuotannossa eri skenaarioiden mukaisesti 2010–2050.

## 5.4 Sähkön ja lämmön hajautettu tuotanto

Sähkön ja lämmön keskitetyn tuotannon ohella hajautettu ja uusiutuva energiantuotanto lisääntyy skenaarioissa voimakkaasti. Erityisesti rakennusten lämmityksen yhteydessä lämpöpumppujen ja aurinkokeräimien avulla hyödynnetyn uusiutuvan energian osuus kasvaa.

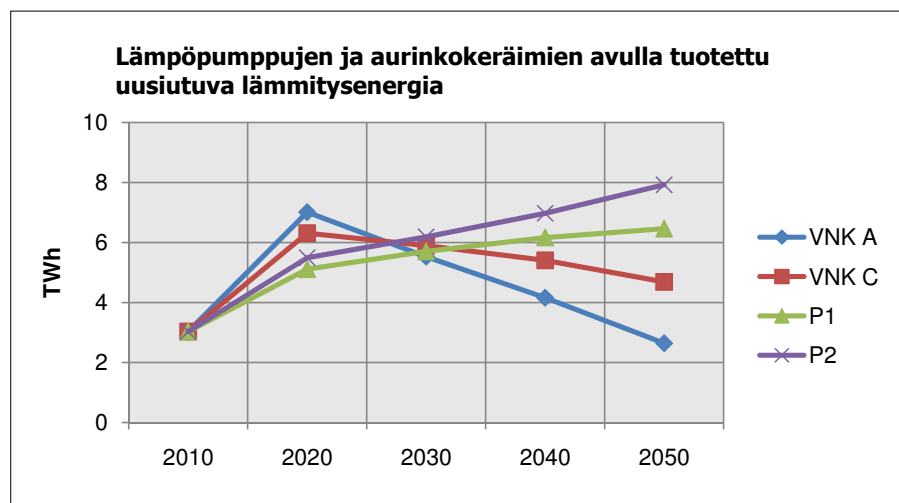
Kaikissa skenaarioissa lämpöpumppujen määrän oletetaan kasvavan nykyisessä rakennuskannassa voimakkaasti vuoteen 2020 mennessä perustuen viime vuosien kasvuun.<sup>56</sup> Lämpöpumppujen määrän vuoden 2010 lopussa on arvioitu olevan 250 000 ilmalämpöpumppua, 80 000 maalämpöpumppua. Lisäksi aurinkokeräimiä on oletettu olevan käytössä 4 000. Yhteensä näiden avulla oletetaan tuotettavan 3,4 TWh uusiutuvaan lämmitysenergiaa. Skenaariokohtainen uusiutuvan hajautetun

<sup>54</sup> Jätelaitosyhdistys ry. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia5.php?treeviewid=tree3&nodeid=5>

<sup>55</sup> Syntypaikkalajittelussa muodostuvan sekajätteen energiasisältö on noin 7-11 GJ/t. Jätelaitosyhdistys ry. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia2.php?treeviewid=tree3&nodeid=2>

<sup>56</sup> Suomen lämpöpumppuyhdistys, <http://www.sulpu.fi>

lämmitysenergian kasvu on esitetty kuvassa 5.6. Oletuksissa lämpöpumppujen ja aurinkokeräimien käytöstä on suuria eroja vuoden 2020 jälkeen. VNK skenaarioissa on oletettu, että lämpöpumppujen sijaan rakennusten lämmitysenergian tarvetta alennetaan muilla keinoin. Perusskenaarioissa puolestaan oletetaan, että lämpöpumput säilyvät kilpailukykyisenä ratkaisuna myös vuoden 2020 jälkeen.

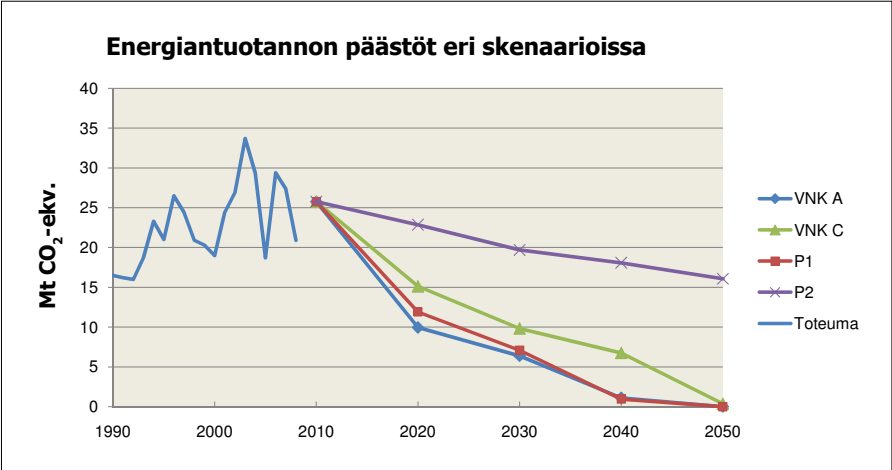


**Kuva 5.6.** Lämpöpumppujen ja aurinkokeräimien avulla tuotettu uusiutuva lämmitysenergia skenaarioittain.

Hajautetun sähköntuotannon on oletettu lisääntyvän kaikissa skenaarioissa hieman. Erityisesti rakennusten osalta aurinkosähkön kasvaa skenaariossa VNK A. Aurinkosähkön tuotannossa on oletettu, että rakenteisiin integroituvia aurinkopaneeleja asennetaan vuoden 2020 jälkeen 33 m<sup>2</sup> uudisrakennuksiin, niin, että markkinaosuus uusista rakennuksista on 80 % vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi 10 m<sup>2</sup> paneelia asennetaan vuoteen 2050 mennessä 50 %:iin vanhoista rakennuksista. Olettaen paneelien aurinkosähkö vuosituotoksi 0,8 kWh/Wp ja hyötysuhteeksi 15 % on asuinrakennusten tuotanto yhteensä noin 1,4 TWh. Olettaen, että vastaava määrä tuotetaan myös palvelu- ja teollisuusrakennusten rakenteisiin integroituna, on aurinkosähkön vuosituotanto yhteensä noin 3 TWh vuonna 2050.

## 5.5 Energiahuollon päästöjen kehittyminen

Energiantuotannon vaihtoehdot polut heijastuvat energiahuollon päästöihin. Energiantuotannon päästöjen kehittyminen on esitetty kuvassa 5.7. Kaikille skenaarioille on yhteistä päästöjen voimakas vähentyminen sekä alhainen päästötaso vuoden 2050 tilanteessa. Tämä johtuu sekä uusiutuvan energian kasvavasta hyödyntämisasteesta että tuotantoteknologian kehitymisestä.



**Kuva 5.7.** Energiantuotannon päästöjen kehittyminen skenaarioissa vuosina 2010–2050 sekä tilastoarvot vuosille 1990–2008.<sup>57</sup>

Nopeinta päästöjen vähentyminen on Perusskenaario 1:ssä sekä VNK A -skenaariosa. Perusskenaario 2:ssa päästöjen vähentäminen ei etene suunnitellun mukaisesti. P2-skenaariossa sähköntuotannossa ydinvoimatuotannon viivästyminen hidastuttaa päästöjen vähenemistä ja kaukolämmöntuotannossa ei siirrytä odotuksien mukaisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöön. VNK C -skenaariossa päästöt vähenevät aluksi nopeammin alenevan energiankulutuksen seurauksena. VNK C -skenaariossa oletetaan päästöjen vähentyvän hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (CCS) myötä erityisesti 2040 luvun jälkeen. Vuonna 2050 sähkön ja kaukolämmön tuotanto on Perusskenaario 2:ta lukuun ottamatta joko täysin tai ainakin lähes päästötöntä.

Energiahuollon kokonaispäästöt voidaan jakaa lämmön ja sähkön yhteistuotannon osalta eri tavoin. Kuvissa 5.8 ja 5.9 on esitetty sähkön ja kaukolämmön ominaispäästökertoimien kehittyminen vuosina 2010–2050. Kertoimet on laskettu hyödynjakomenetelmällä, jolloin sähkön ominaispäästökerroin on nykytilanteessa hiukan kaukolämmön ominaispäästökerrointa suurempi. Ominaispäästökertoimien muutokset tarkasteltavana ajanjaksona riippuvat skenaariokohtaisista oletuksista.

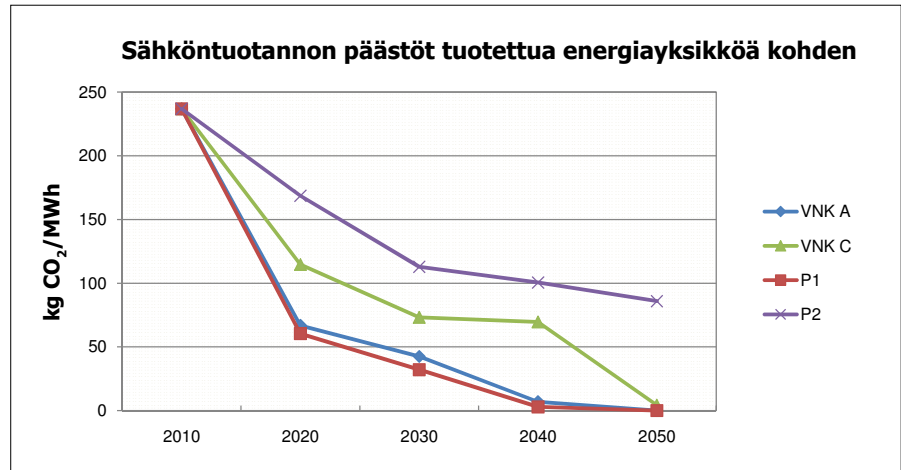
Päästökertoimien määrittämisessä on huomioitu energiantuotannon CO<sub>2</sub>-päästöt. Metaania ja typpioksideja ei ole energiantuotannon päästöissä otettu huomioon. Vuonna 2007 metaanipäästöt olivat 0,02 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja typpioksidi-päästöt 0,33 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Metaanin ja typpioksidien päästöt saavat lisääntyä, mikäli Biomassojen polttamisen lisääntyminen voi kasvattaa näitä muista päästöistä. Toisaalta energiantuotannon päästöjä säädellään esimerkiksi EU-tasolla IPPC-direktiivin puitteissa<sup>58</sup>.

<sup>57</sup> Lähde: Tilastokeskus, Greenhouse gas emissions in Finland 1990–2008 – National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, 2010.

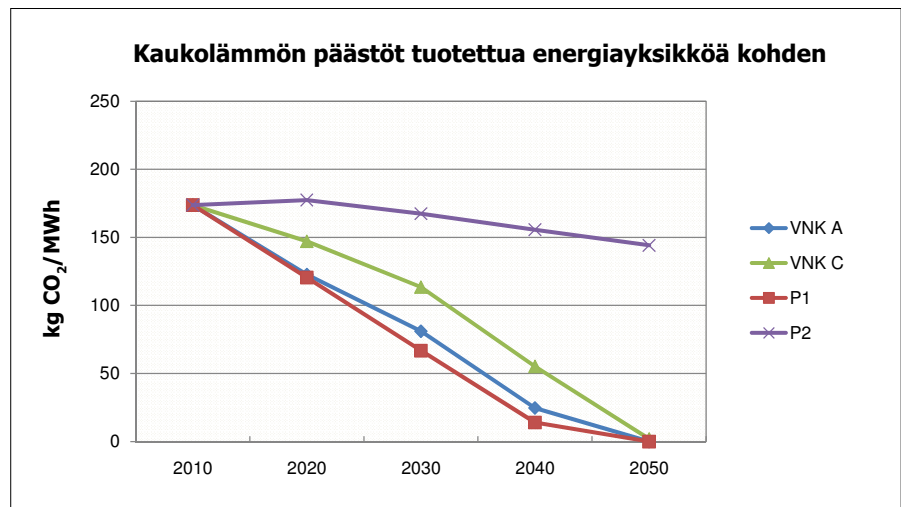
<sup>57</sup> Tilastokeskus, Energiatilasto, 2009.

<sup>58</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/1/EY, annettu 15 päivänä tammikuuta 2008, ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi.





Kuva 5.8. Sähkön ominaispäästökertoimen kehittyminen skenaariokohtaisesti.



Kuva 5.9. Kaukolämmön ominaispäästökertoimen kehittyminen skenaariokohtaisesti.

## 6 Yhdyskuntarakenteen muutosten vaikutus päästöihin

### 6.1 Yhdyskuntarakenteen vaikutus tutkimuskohteena

Yhdyskuntarakenteella on hyvin moniulotteisia vaikutuksia rakennusten, perusrakenteen ja liikenteen aiheuttamaan energian kulutukseen ja vastaaviin kasvihuonekaasupäästöihin. Vaikutusketjut voivat olla aika suoraviivaisia (kuten yhdyskuntarakenteen tiheyden vaikutus etäisyyksiin ja sitä kautta liikenteen määriin) mutta joskus myös aika monimutkaisia (kuten yhdyskuntarakenteellisen sijainnin kautta valikoituvien talotyyppivalintojen vaikutukset elämäntapoihin ja sitä kautta liikkumistottumuksiin ja henkilöauton käyttöön).

Rakentamistehokkuus, rakennustyyppit ja niihin kytkeytyvät energiantuotantotavat kuten mahdollisuus kaukolämpöön (yhdistettyyn lämmön ja sähkön tuotantoon) tai joukkoliikennejärjestelmään vaikuttavat syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Yhdyskuntarakenteen muoto ja rakennettujen alueiden tehokkuus vaikuttavat liikenne- ja yhdyskuntateknisten verkkojen suhteelliseen määrään ja sitä kautta materiaalien ja energiankulutukseen ja päästöihin sekä rakentamis- että ylläpitovaiheissa.

Yhdyskuntarakenteella on erityisen merkittävä ja suora vaikutus liikkumisen ja kuljetuksien määrään. Toimintojen sijoittuminen suhteessa toisiinsa määrittelee etäisyyksien kautta liikkumis- ja kuljetustarvetta ja kulkutapaa. Kävely ja polkupyöräily ovat mahdollisia, jos työpaikka ja päivittäiset palvelut ovat kohtuetaisyydellä. Liikkumisen sujuvuus ja turvallisuus vaikuttavat haluan ja mahdollisuuksiin käyttää joukkoliikennettä tai vaikkapa polkupyörää. Joukkoliikenteen palvelutason kehittäminen ei ole mahdollista ilman riittävää asiakaspohjaa riittävällä tiheydellä.

Yhdyskuntarakenteen vaikutuksia tässä taustaselvityksessä pyritään kuvaamaan kahden tutkimuksen kautta. Tutkimusten tekijöiltä on pyydetty artikkelityyppiset tiivistelmät keskeisistä menetelmistä ja tuloksista.

Kappaleessa 6.2 on kuvattu kolmen ministeriön (YM, LVM ja TEM) rahoittamaa selvitystä "Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt, kehitysvertailuja 2005–2050", joka kokonaisuudessaan on julkaistu ympäristöministeriön julkaisusarjassa (Suomen ympäristö 12/2010). Tutkimuksessa tehtiin yhdyskuntien realistisiin kehitysvaihtoehtoihin pohjautuva arvio kaupunkiseutujen rakenteen aiheuttamasta kasvihuonekaasupäästöjen määrästä ja sen muutosmahdollisuuksista vuoteen 2050 asti. Tutkimuksessa on tarkasteltu Suomen 34 suurinta kaupunkiseutua.

Lähtökohtana on Suomen ympäristökeskuksen mallintama ns. taajamakasvun perusuran maankäyttö, joka on muodostettu toistamalla vuosien 1980–2005 välistä hajautumiskehitystä kunkin kaupunkiseudun väestöennusteeseen perustuvan taajamakasvun puitteissa. Tutkimuksessa on muodostettu perusuran rinnalle neljä hajautumis- ja keskittymisasteeltaan erilaista skenaariota, joissa 34 suurimmalle kaupunkiseudulle on laskettu asukastiheyksistä, rakennuskannasta, aluetyypeistä ja taajaman leviämisestä riippuvat rakentamisen, rakennuskannan ja perusrakenteen käytön sekä henkilöliikenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Neljän perusskenaarion lisäksi arvioitiin eräiden lisätoimenpiteiden vastaavat vaikutukset.

Selvitys osoittaa, että yhdyskuntarakenteella on merkittävä vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Suurimpien kaupunkiseutujen osalta vähennys on vuoden 2050 tilanteessa yli 7 miljoonaa CO<sub>2</sub>ekv tonnia vuodessa, joka vastaa noin 10 % tämänhetkisistä Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Tämä vähennys ei sisällä niitä rakennuskannan energiatehokkuuden parantumisesta aiheutuvia, merkittäviä vähennyksiä, jotka laskennassa oletettiin joka tapauksessa tehtävän.

Kappaleessa 6.3 on kuvattu Suomen ympäristökeskuksen, Tampereen teknillisen yliopiston ja Aalto-yliopiston yhteistä Urban Zone -tutkimushanketta. Tämä vielä julkaisematon, syksyn 2010 aikana valmistuva hanke keskittyy selvittämään yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyyttä ja liikkumiskäyttäytymistä ilmastovaikutusten arviointivälineinä.

Yhdyskuntarakenteen vyöhyketarkastelussa kaupunkiseudut jaetaan jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeisiin, missä vyöhyketietoihin on yhdistetty liikkumistarvetta, maankäyttöä ja liikennejärjestelmää kuvaavia tietoja. Tutkimuksessa on myös laadittu erikseen metropolialuetta kuvaava yhdyskuntarakenteen vyöhykejako.

Yhdyskuntarakenteen merkitys henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöihin on suurin kasvuseuduilla, jossa uutta yhdyskuntarakennetta luodaan. Metropolialueen eri rakennevaihtoehtojen aiheuttamat erot henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöjen osalta ovat suurimmillaan noin 15 % suhteutettuna alueen koko väestöön ja noin 30 % oletetun väestölisäyksen osalta.

Molempien kuvattujen selvitysten tulokset osoittavat, että yhdyskuntarakenteen muutoksen ohjaamisella on mahdollista vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Yhdyskuntarakenne muuttuu hitaasti, mutta ohjaavien toimenpiteiden vaikutukset ovat pitkäaikaisia. Toimenpiteet on tehtävä ajoissa. Suomen kansainvälisesti verrattuna hyvin hajanaista yhdyskuntarakennetta on syytä tiivistää ja alueellista laajenemista rajoittaa. Yhdyskuntarakenteen tiivistämisen avulla voidaan vahvistaa muiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimien vaikuttavuutta.

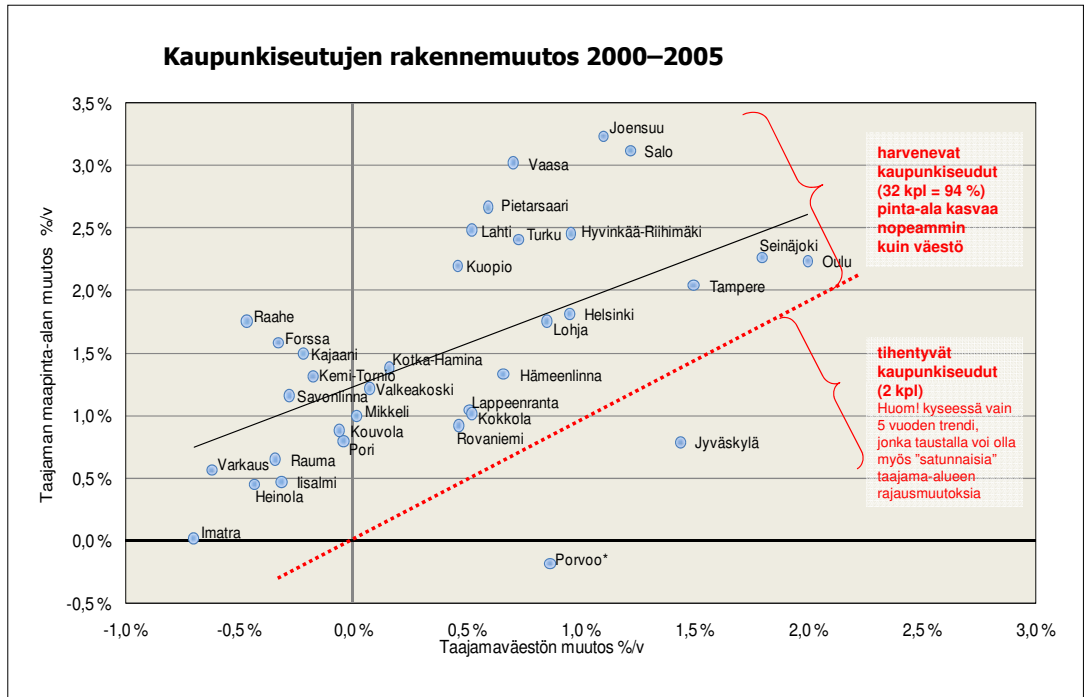
## 6.2 Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt – kehitysvertailuja 2005–2050

### 6.2.1 Tausta

Yhdyskuntarakenteen ja kasvihuonekaasujen välisiä yhteyksiä alettiin tutkia vasta 1980-luvun lopulla, samalla kun ilmastonmuutos alkoi näyttäytyä yhä ilmeisempänä ja perustua yhä vahvempaan tieteelliseen näyttöön. Sitä ennen rakennusalan ”luontosuhde” perustui ensin kokemuseräiseen ja paikalliseen tietoon rakennusmateriaalien ja polttoaineiden saatavuudesta, materiaalien keskinäisistä yhdistelymahdollisuuksista ym. ominaisuuksista ja sitten teollisella aikakaudella yhä enemmän uusien materiaalien, polttoaineiden, voimanlähteiden ym. teknologioiden tuotteistukseen. Valintojen vaikutusarviointi on ollut markkinointiin verrattuna aika intuitiivista ja satunnaista.

Rakennusosalalla materiaalien, työn ja energian säästäminen ovat olleet perinteisiä ”rakennustaloudellisia” tavoitteita. 1970-luvulla öljyn ym. energiavarojen poikkeuksellisen nopeiden hinnannousujen ja taloudellisen kasvun rajoihin suuntautuneen tutkimustoiminnan takia huomio rakennusosalalla kiinnitettiin voimakkaasti lähinnä lämmitysenergian säästöön eli ulkoseinien, ikkunoiden ja ovien lämmöneristyskykyyn, laitteistojen lämpöhäviöihin sekä passiivisen aurinkoenergian hyödyntämiseen (esimerkkinä Torpparinmäen asunomessualue, Helsinki 1981). Samalla aloitettiin uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen (esim. aurinkolämmön ja lämpöpumputekniikan alueellisena kokeiluna Keravan aurinkokylässä 1982). Vastaavia kokeilua jatkettiin myös muilla asunomessualueilla ja joillakin ”ekologisen asumisen” kokeilualueilla (esim. Eko-Viikki, Helsinki 1994-). Yhdyskuntarakenteelliset innovaatiot ovat jääneet aika harvinaisiksi ja pääasiassa asuntoaluetasolle. Kaupunkiseudut ja muutkin yhdyskunnat ovat rakenteellisesti jatkuvasti hajautuneet ja niiden taloudelliset, toiminnalliset ja ekologisetkin seuraukset ovat olleet tiedossa pitkään ilman merkittäviä vastatoimia.

Yhdyskuntarakenteen eheyttämisen tavoitetta oli 1960-luvulta asti perusteltu lähinnä yhdyskuntataloudellisesti (perusrakenteen ja liikenteen kustannuksien säästönä), mutta myöhemmin samaa tavoitetta on voitu perustella fossiilisten energialähteiden säästöllä ja sen jälkeen ilmastonmuutoksen torjunnalla. Tavoite on kuitenkin jatkuvasti etäännyntynyt yhdyskuntarakenteen hajautumisen jatkuessa (kuva 6.1).



**Kuva 6.1.** Suomen 34 suurimman kaupunkiseudun yhdyskuntarakenteen hajoaminen (pinta-alan lisääntyminen suhteessa asukasmäärään) on jatkunut myös viimeisimmän tilastotiedon mukaan<sup>59</sup>. Vain Porvoossa ja Jyväskylässä taajama-alan kasvu on ollut hitaampaa kuin väestönkasvu ja Porvoon tapauksessa sekin johtuu tilastollisista syistä, Sköldvikin alueen irtoamisesta tilastollisesta Porvoon taajamasta.

### 6.2.2 Yhdyskuntarakenne

Yhdyskuntarakenne – silloin, kun tarkoitetaan yhdyskuntien fyysistä (eikä toiminnallista) rakennetta, sen rakennettua ympäristöä – koostuu rakennuksista ja perusrakenteista (kuva 6.2).



**Kuva 6.2.** (Fyysinen) yhdyskuntarakenne koostuu rakennuksista ja perusrakenteesta.

<sup>59</sup> Helminen, Ristimäki, Oinonen 2010, SYKE/ YKR.

Yhdyskuntarakenteen "vaikutus" kasviuonekaasupäästöihin kattaa tässä ne päätöt, joita yhdyskuntien fyysisten rakenteiden (rakennusten ja perusrakenteiden) *tuottaminen* (rakentaminen alkaen rakennusmateriaalien ja raaka-aineiden valmistamisesta ja kuljettamisesta työmaalle), *käyttö* (lämmitys, ilmanvaihto, jäähdytys, vesi- ja jätehuolto ja muu sähkönkäyttö) ja yhdyskunnissa asuvien *henkilöliikenne* (työ-, asiointi- ja vapaa-ajan matkat) "aiheuttavat" mitattuna hiilidioksidiekvivalentitonneina (tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.) vuodessa.

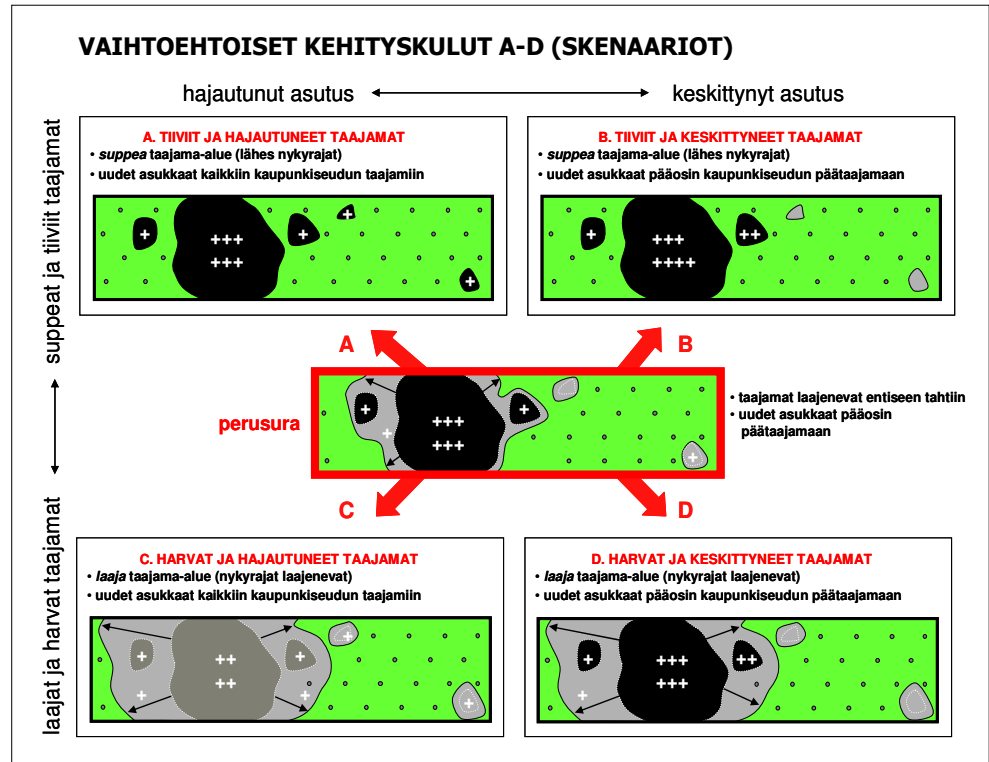
Osa päästöistä "aiheutuu" yhdyskuntatasolla tehtävistä päätöksistä eli siitä, miten rakenneosat on sijoitettu suhteessa toisiinsa ja millaisella aluetehokkuudella yhdyskunta ja sen osa-alueet rakennetaan. Osa taas "aiheutuu" vasta rakennus-, rakenne- tai laitetasolla tehtävistä ratkaisuista (esimerkkinä rakennusten muoto-, ulkovaippa- ja talotekniikkaratkaisut). Yhdyskunta-, rakennus-, rakenne- tai laitetason valinnat eivät ole kokonaan toisistaan riippumattomia. Yhdyskuntatason aluetehokkuusvalinnat ohjaavat myöhempiä kortteli- ja talotyypivalintoja, jotka puolestaan ohjaavat rakennetyypivalintoja. Vaikutussuhteet eivät ole välttämättä suoria ja sitovia, vaan kysymys on usein valinnanmahdollisuuksien kaventumisesta tietyn rakentamiskulttuurin ja sille tavanomaisten ratkaisujen olosuhteissa. Alhaisen aluetehokkuuden esikaupunkialueille ja lähiöihin ei useimmiten suunnitella tiivistä umpikorttelirakennetta eikä kaupunkikeskustoihin matalia puisia omakotitaloja, vaikka molemmat ovat periaatteessa mahdollisia.

Päästöihin vaikuttavia yhdyskuntarakenteellisia ominaisuuksia ovat erityisesti ne valinnat, joissa määritellään *minne* rakennetaan (sijainti ilmasto- ym. maantieteellisissä olosuhteissa ja liikennejärjestelmässä, suhteessa naapuriyhdyskuntiin, seudulliseen rakenteeseen sekä työpaikka- ja palvelukeskittyisiin, rakennuspaikat suhteessa maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöihin jne.), *millä aluetehokkuudella* tai *kortteli- ja talotyypeillä* ja minkäläisten *energia- ja liikennejärjestelmien* varaan yhdyskunnat toteutetaan.

### 6.2.3 Mallinnus Suomen yhdyskuntarakenteesta vuonna 2050

Tehty Suomen yhdyskuntarakenteen muutosta koskeva mallinnus (Lahti & Moilanen 2010<sup>60</sup>) perustuu yhdyskuntarakenteen nykytilasta ja sen aiemmasta kehityksestä oleviin tilastollisiin tietoihin. Tietopohja kattaa 34 suurinta kaupunkiseutua, joiden väestö edustaa noin 68 % koko Suomen väestöstä (liite 1.A). Tulevaa kehitystä on näiden 34 suurimman kaupunkiseudun alueella ennakoitu sekä menneen kehityksen jatkumona ("perusura") että vaihtoehtoisina skenaarioina ("kehitysurina"), jotka edellyttävät toteutuakseen erityisiä toimenpiteitä (kuva 6.3). Mallinnus perustuu vaihtoehtoisienkin kehitysurien osalta menneeseen kehitykseen siltä osin, että yhdyskuntarakennetta tiivistävässä skenaariossa kaupunkiseutujen malliksi on otettu kehitys, joka on toteutunut eniten tiivistyvässä suomalaisessa kaupunkiseudussa ja hajautuvassa vastaavasti eniten hajautuvan kaupunkiseudun muutos.

<sup>60</sup> Lahti, P. & P. Moilanen 2010. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasviuonekaasupäästöt. Kehitysvertailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Edita Prima Oy, Helsinki 2010. 88 s.



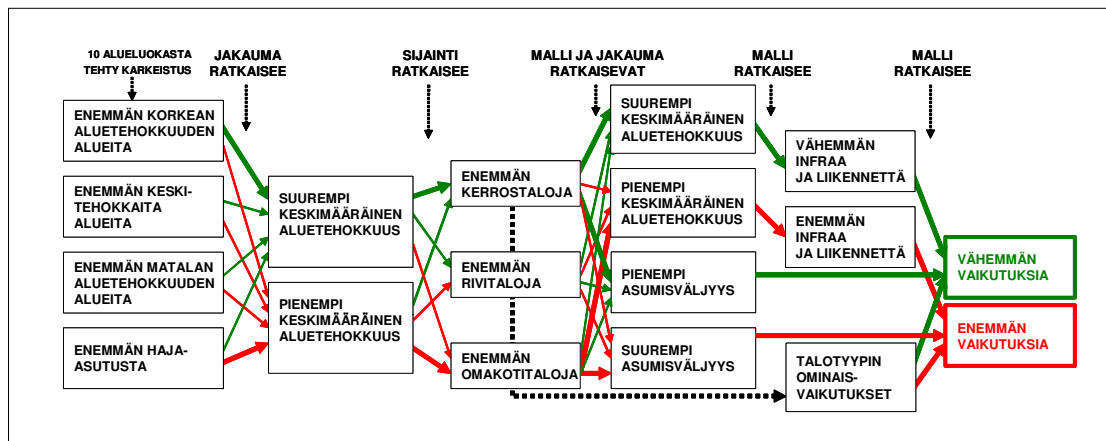
**Kuva 6.3.** Vaihtoehtoiset kehityskulut ("perusura" kuvan keskellä ja muut "kehitysurat" A-D kuvan kulmissa) vuodesta 2005 vuoteen 2050. Kehityskulku B on näistä vaihtoehdoista lähinnä VNK A skenaariota ja kehityskulku C puolestaan VNK C skenaariota (ks. aiemmat luvut).

Kaupunkiseutujen kehityksessä ja taajama-alueen laajentumisessa on noudatettu periaatetta, jossa parhaiten saavutettavissa olevat alueet otetaan ensin käyttöön ja seuraavaksi siirrytään toiseksi parhaalle alueelle jne. Saavutettavuus arvioidaan alueen sijaintina, joka lasketaan liikenneverkkoa pitkin mitattuina etäisyyksinä lähimmistä keskuksista. Saavutettavuus on sitä suurempi mitä lähempänä ja mitä suurempi keskus on. Väestön kasvun perusteella arvioitu rakentamistarve (uudisrakentamisen kerrosneliömetrit) sijoitetaan tarvittaville uusille rakentamisalueille em. saavutettavuusfunktiota käyttävän laskentamallin avulla. Kaupunkiseudun taajama-alue kasvaa siten reunoiltaan "orgaanisella" tavalla seuraten liikenneväyliä ja leviämismuhti riippuu ao. kaupunkiseudun ennakoitusta kasvusta.

Perusurassa kaupunkiseudut jatkavat menneiden vuosien kehitystä kukin omalla nopeudellaan ja vaihtoehtoisissa kehitysurissa kaikkiin kaupunkiseutuihin sovelletaan 34 kaupunkiseudun kehityshistoriassa havaittua eniten tiivistyvää tai harventuvaa mallia. Vuoden 2050 tilanteessa mallilla on siten muodostettu viisi erilaista yhdyskuntarakenneskenaariota kaikille 34 suurimmalle kaupunkiseudulle.

### 6.2.4 Päästöjen arviointi

Yhdyskuntarakenteen aiheuttamat päästöt on arvioitu kaikille 34 kaupunkiseudulle 1 km \* 1 km ruuduittain sen mukaan, millaista yhdyskuntarakennetyyppiä ao. ruutuun oletetaan em. saavutettavuustarkastelun avulla syntyvän. Tyypittelyssä on käytetty ns. Valhea-luokitusta, jossa on 10 aluetyyppiä (liite 1.B). Niistä on muodostettu karkeistettu rakentamistehokkuutta kuvaava nelijakoinen luokitus: korkean, keskitason ja matalan tehokkuuden alueet sekä haja-asutusalueet. Luokitusta on käytetty määriteltäessä miten erilaiset yhdyskuntarakenteelliset sijaintivalinnat vaikuttavat aluetehokkuuksien ja talotyyppien kautta päästömääriin (kuva 6.4). Jokaiselle aluetypille on arvioitu sille tyypillinen rakennustapa, joka kuvaa lähinnä erilaisten pien- ja kerrostalojen jakaumaa ao. aluetyyppissä. Talotyypeillä on laskentamallissa sekä rakentamisen että käytön (lämmitys, valaistus, ym. sähkön käyttö) osalta omat ominaispäästölukunsa kerrosneliötä ja vuotta kohti.



**Kuva 6.4.** Aluetehokkuuden ja talotyyppien keskinäissuhteet sekä niistä johtuvat tarvittavan liikenne- ym. infrastruktuurin sekä liikenteen määrät ja sitä kautta aiheutettuihin päästöihin.

Ominaispäästöluvut kuvaavat nykyistä rakentamistapaa ja rakennusten käyttötottumuksia yhtä merkittävää poikkeusta lukuun ottamatta: rakennusten energiamääräyksien jo alkanut tiukentuminen on otettu huomioon siten, että rakennuskannan eri-ikäisille osille on kullekin oletettu oma peruskorjaustahtinsa koskien sekä vaipan että ilmanvaihtokoneiden perusparannuksia VTT:n Visio 2050-mallinnuksen<sup>61</sup> mukaan. Sen sisältämiä oletuksia on sovellettu niin, että ns. optimistista strategiaa (nopeampaa korjaustahtia) on sovellettu asuinkerrostaloissa, rivitaloissa sekä toimisto- liike- ja palvelurakennuksissa, varovaista skenaariota (hitaampaa korjaustahtia) vapaa-ajan asunnoissa, teollisuus-, varasto- yms. rakennuksissa sekä optimistisen ja varovaisen skenaarion välimuotoa asuinpienaloissa (liite 1.C).

<sup>61</sup> Teknologiapolut 2050. Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa”. VTT Tiedotteita 2432. Espoo 2008. 215 s.



Liikenteen ominaispäästöt (g CO<sub>2</sub>-ekv./ajoneuvo-km) ovat VTT:n LIPASTO/LIISA-tietokannan mukaisia. LIISA-mallissa on sisäänrakennettuna oletukset ajoneuvojen ominaispäästöjen muutoksesta eli parantumisesta nykyisten trendien mukaan vuoteen 2027 asti, jonka jälkeinen aika on ekstrapoloitu lineaarisesti. Liikenteen määrätiedot ja kulkutapajakaumat perustuvat henkilöliikennetutkimuksen (HLT 2004–2005) tietoihin.

Tässä käytetty liikenteen mallinnus (Lahti & Moilanen 2010) perustuu 34 kaupunkiseudun nykyisen yhdyskuntarakenteen vähittäiseen muutokseen 2005–2050, jonka perusperiaate on se, että saavutettavimmat alueet, joilla on rakennustietokannan mukaan vielä täydennys- ja lisärakennusmahdollisuuksia otetaan käyttöön ensin, minkä jälkeen siirrytään seuraavaksi saavutettavimmille alueille jne. Yhdyskuntarakenne kasvaa tämän mukaan ”orgaanisesti” liikenneverkkoa seuraten ilman tarpeetonta hajautumista. Liikenteen määrä (suoritteet) lasketaan näin muodostuneessa vuoden 2050 yhdyskuntarakenteessa toimintojen (asuminen, työpaikat, palvelut) keskinäisen sijainnin, etäisyyksien ja kulkutapajakauman perusteella. Mallin arvioima henkilö- ja pakettiautojen liikennesuorite kasvaa nykytilanteeseen (2005) verrattuna (34 kaupunkiseudulla vuonna 2050) mallissa 16 %, kun se LIISA-mallissa kasvaa (koko maassa vuoteen 2028 mennessä) valtakunnallisen trendin mukaisesti 27 %. Tässä käytetyssä mallissa ennakoitu yhdyskuntarakenteellinen muutos on siis jo perusurassa huomattavasti nykytrendiä tiivistävämpi, mistä seuraa oletettu liikennesuoritteiden kasvun hidastuminen.

LIISA-malli perustuu tieliikenteen menneen kehityksen jatkumiseen seuraavan 20 vuoden aikajänteellä (2008–2028), joka merkitsee yhdyskuntarakenteen hajautumista entiseen tapaan. Tästä periaatteellisesta yhdyskuntarakenteellisestä erosta aiheutuvat vastaavat erot tässä käytetyn mallin ja LIISA-mallin liikennesuoritteissa ja päästöarvioissa. Myös LVM:n perusennuste (baseline-skenaario<sup>62</sup>) hyödyntää LIISA-mallin ennustetta, mutta sitä on jatkettu vuoteen 2050 asti, ja siinä on lisäksi käytetty tiehallinnon liikenne- ja autokantaennustetta sekä LVM:n omaa henkilöautojen energiatehokkuuden paranemisennustetta. LVM:n perusennusteen mukaan henkilöautojen liikennesuorite kasvaa vuoden 2007 noin 45 000 miljoonasta km:stä 61 477 miljoonaan ajoneuvo-km:iin vuonna 2050 eli noin 37 %. Hallituksen tulevaisuusselonteossa vastaavaksi kasvuksi on ennakoitu 33 %.

Erot ovat selviä verrattuna tässä lähteenä käytetyn mallinnuksen eli yhdyskuntarakenteen ”orgaaniseen” kasvuun perustuvan mallinnuksen aiheuttamaan liikenteen kasvuun. Kun yhdyskuntarakennetta tiivistävät vaihtoehdot (ks. kuva 6.3 ja luku 6.6) on rakennettava jo valmiiksi tiivistyvän perusuran päälle, ovat vaikutusmahdollisuudet pienempiä kuin jos ne olisi laskettu hajautuvaa kehitystä jatkavan perusuran päälle<sup>63</sup>. Sähköautojen yleistymistä ei LIISA-malli ennakoit ja biopolttoaineille on arvioitu 10 % osuus liikenteen polttoaineista vuoden 2020 jälkeen, joten näiden muutostekijöiden mahdollisesti aiheuttamat suuremmat muutokset arvioituihin päästövaikutuksiin on arvioitava erikseen.

<sup>62</sup> Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020 (luonnos 27.5.2010) ja sen seurantaraportti (9.7.2010).

<sup>63</sup> Kuvattu liikenteen mallinnuksessa noudatettu periaate vastaa rakennuskannan energiatehokkuuden perusuran oletusta, joka edellyttää jo merkittäviä energiateknisiä parannustoimia eli nykytrendin selvää muuttumista.

Liikenteestä mukana on maanpäällinen henkilöliikenne mukaan luettuina ns. pitkämatkainen (yli 200 km) vapaa-ajanliikenne. Niitä ei ole haluttu karsia pois, koska henkilöliikennetutkimuksen HLT 2004-5 mukaan mökki- ja muunkin vapaa-ajan liikenteen määrään vaikuttaa jonkin verran se asuuko matkustaja kaupunkiseudun keskuskunnassa vai reunakunnassa <sup>64</sup>. Esimerkiksi keskisuurten työssäkäyntialueiden keskuskunnista tehtävät mökkimatkat ovat yli 50 km pitempiä kuin reunakunnista. Yhdyskuntarakenteellisilla tekijöillä on vapaa-ajan matkoihin oma vaikutuksensa, mutta sen tarkempi analyysi edellyttäisi lisätutkimuksia.

Tieliikenteen tavaraliikenteen tonnisuoritteesta noin puolet oli vuonna 2009 yli 200 km etäisyydelle ja alle 100 km kuljetusetäisyydelle tonnisuoritteesta on noin 1/4 <sup>65</sup>. Alle 100 km kuljetuksista kertyi koko Suomen tasolla vuonna 2009 yhteensä 6 200 miljoonaa tonnikilometriä ja 858 miljoonaa ajoneuvokilometriä. Näistä osa pitäisi periaatteessa laskea tässä tarkasteltujen yhdyskuntarakenteesta aiheutuvan liikenteen joukkoon, koska ainakin tavaroiden ja palvelusten jakeluliikenne kaupunkiseuduilla riippuu yhtä lailla yhdyskuntarakenteen hajautumisesta ja toimintojen sijoittumisesta kuin työ-, koulu-, ostos- ja asiointimatkat, mutta tässä lähteenä käytetyssä tutkimuksessa tehty mallinnus ei tavaraliikennettä sisällä. Karkean suuruusluokka-arvion puuttuvista kaupunkiseutujen sisäisistä tavarakuljetuksista ja niiden päästöistä voi saada kun suhteuttaa alle 100 km tavarakuljetusten ajoneuvosuoritteet (858 miljoonaa ajoneuvo-km/v) henkilömatkojen ajoneuvosuoritteeseen. Alle 100 km pituisia henkilömatkoja on 97,6 % kaikista kotimaisista henkilömatkoista <sup>66</sup> ja niiden suorite on noin 48 mrd. hlö-km (noin 27 mrd. ajoneuvo-km). Tavaraliikenteen osuus koko Suomen liikenteen energiankulutuksesta (ja päästöistä) on 35 % <sup>67</sup>, mutta pääosa tavarakuljetusten tonnimääristä tapahtuu kaupunkiseutujen ulkopuolella. Ottaen huomioon tavarakuljetusajoneuvojen suuremmat painot ja ominaispäästöt, pitäisi tässä arvioitujen henkilöliikenteen päästöihin lisätä noin 5 % <sup>68</sup> jotta myös kaupunkiseutujen sisäinen tavaraliikenne olisi mukana.

### 6.2.5 Perusuran yhdyskuntarakenteen päästöt

Perusuran mukaisessa yhdyskuntarakenteessa ja ominaispäästöjen kehitysurassa rakennuskannan suhteellinen kokonaisenergian kulutus (per kerrosneliö) lähes puolittuu vuoteen 2050 mennessä (-44 % verrattuna nykytilanteeseen). Vähentyminen ei siis johdu varsinaisista yhdyskuntarakenteellisista valinnoista vaan rakennusten ja rakenteiden energiatehokkuuden merkittävästä parantumisesta sekä oletettujen määräysten kiristymisten että rakentajien ja peruskorjaajien omien, vapaaehtoisten valintojen ansiosta. Koska yhdyskuntien rakennuskanta kuitenkin samanaikaisesti kasvaa johtuen sekä väestönkasvusta, muuttoliikkeestä että asumisväljyyden lisääntymisestä, kokonaisvaikutus koko rakennuskannan tasolla on selvästi pienempi.

Rakennusten ohella myös perusrakenteen ja liikenteen määrät kasvavat. Kokonaisvaikutus (kuva 6.5) yhdyskuntarakenteen aiheuttamissa kasvihuonekaasupäästöissä on perusurassa (2050) noin 26 % pienempi kuin nykytilanteessa (2005). Henkilöliikenteessä ja rakennusten käytössä vähennys on lähes 30 %, mutta samanaikaisesti rakennusten ja perusrakenteen rakentamisen aikana aiheutuneet päästöt puolestaan kasvavat johtuen rakennuskannan jatkuvasta kasvusta.

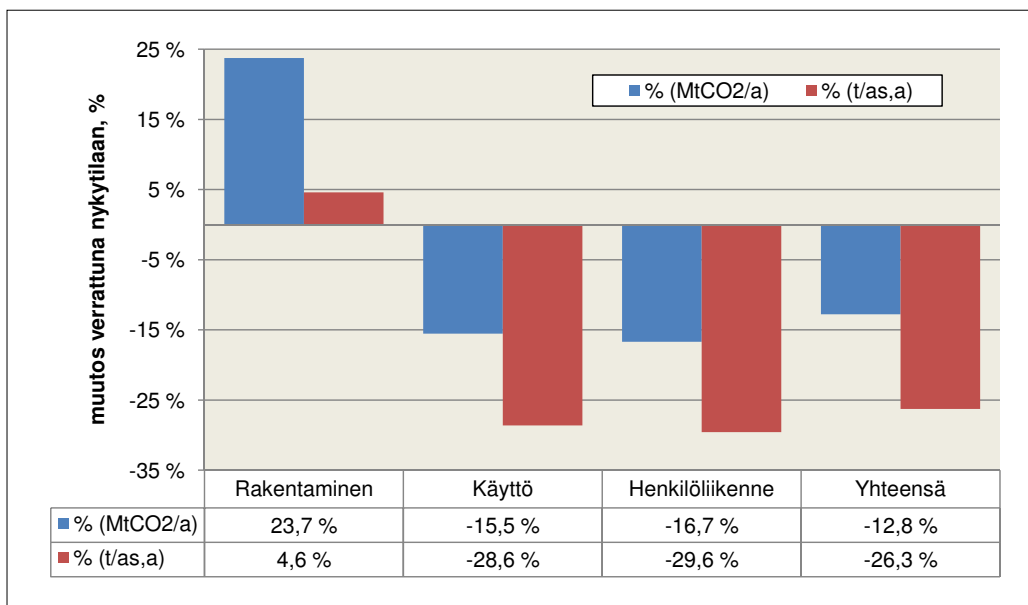
64 Lahti P., Mökkiliikenteen energia- ja ekotehokkuus (Vapaa-ajan ekotehokkuus, Suomen ympäristö 6, 2010, s. 64–88).

65 Tilastokeskus, Tieliikenteen tavarankuljetukset 2009. <http://www.stat.fitil/2009/>.

66 Henkilöliikennetutkimuksen HLT 2004-5.

67 VTT Teknologiapolut 2050, s. 128.

68 luku on suuruusluokka-arvio, jonka täsmentäminen edellyttää erillisselvitystä.



**Kuva 6.5.** Yhdyskuntarakenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt perusurassa vuonna 2050 verrattuna nykytasoon (2005)<sup>69</sup>. Kokonaispäästöt asukasta kohti ovat vuoden 2050 yhdyskuntarakenteessa n. 26 % pienempiä kuin tällä hetkellä (2005).

### 6.2.6 Vaihtoehtoisten kehitysurien yhdyskuntarakenteen päästöt

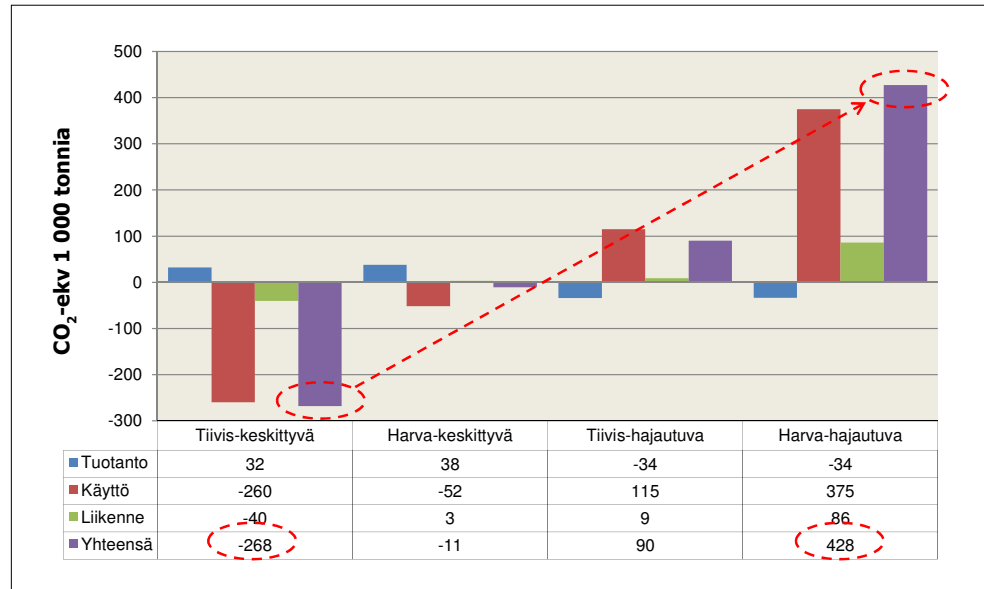
Vaihtoehtoisia kehitysuria (skenaarioita) on arvioitu neljä:

- tiivistyvä-keskittyvä
- harventuva-keskittyvä
- tiivistyvä-hajautuva
- harventuva-hajautuva.

Näistä "tiivistyvät" ja "harventuvat" ottavat kantaa kaupunkiseudun keskimääräisen asutustiheyden muutokseen (kasvava tai vähentyvä asutokuntien määrä/km<sup>2</sup>), "keskittyvät" ja "hajautuvat" puolestaan asutuksen sijoittumisen painopisteeseen suhteessa kaupunkiseutujen taajamiin akselilla suuret keskuskeskukset – pienet taajamat (enemmän tai vähemmän suuriin keskuksiin).

Kehitysurien vaihteluväli kasvihuonekaasupäästöjen määrässä on noin 0,7 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa (kuva 6.6).

<sup>69</sup> Perusuraa on tässä korjattu ajoneuvoteknologian kehityksen osalta. Oletuksena on, että ajoneuvoteknologia kehittyy vähäpäästöisemmäksi EU:n toivomalla tavalla, että Suomen autokannan päästöt seuraavat EU:n keskimääräistä kehitystä noin 10 % korkeammalla tasolla ja että autokanta uusiutuu Suomessa 7 % vuosivauhtia.



**Kuva 6.6.** Vaihtoehtoisten kehitysurien (skenaarioiden) yhdyskuntarakenteen aiheuttamat kasviuonekaasupäästöt vuonna 2050 verrattuna perusuraan. Ero vaihtelee välillä -268 000 ... +428 000 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. eli yhteensä noin 0,7 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa. Vaihteluväli on runsaat 3 % perusuran yhdyskuntarakenteen kasviuonekaasupäästöistä vuonna 2050 (22,9 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.). "Tuotanto" tarkoittaa rakennetun ympäristön (rakennusten ja perusrakenteen) tuottamista alkaen rakennusmateriaalien tuotannosta ja päättyen rakennustyömaalla tapahtuvaan varsinaiseen rakentamiseen. "Käyttö" tarkoittaa vastaavasti kaikkien rakenteiden käyttämistä eli lämmitystä, jäähdytystä, valaistusta ja muuta sähkön käyttöä hoito- ja korjaustoimintaan. "Liikenne" tarkoittaa kaikkea kaupunkiseuduilta alkavaa ja sinne päättyvää henkilöliikennettä. Tavaraliikenteen osalta päästöihin olisi lisättävä noin 5 % (ks. luku 6.2.4).

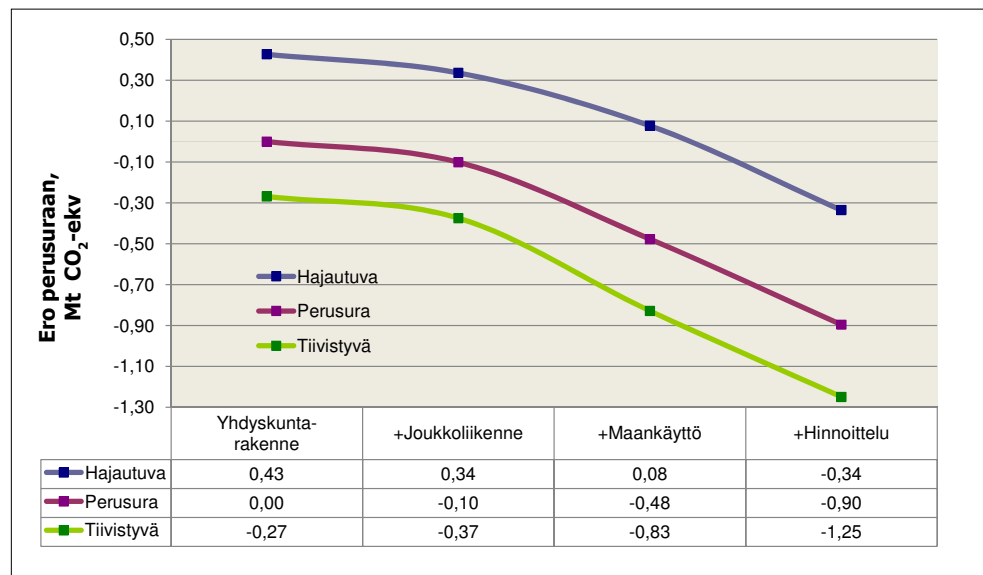
### Lisätoimenpiteet

Vaihtoehtoisten kehitysurien joukkoa lisättiin tarkastelemalla erilaisten mahdollisten toimenpidejoukkojen yhteisvaikutuksia.

Perusuran ja vaihtoehtoskenaarioiden laskennan tuloksien perusteella tarkasteltiin, millä toimenpiteillä voisi olla suurin kasviuonekaasupäästöjä alentava vaikutus. Laskelma tehtiin kolmen oletetun toimenpideryhmän ja niiden vaikuttavuuden pohjalta:

1. toteuttamalla toimenpiteitä, joilla joukkoliikenteen matkamääriä saataisiin lisättyä 20 %,
2. tiivistämällä yhdyskuntarakennetta, jolloin asukkaiden asunnonhankintavalmiint kohdistuvat aiempaa enemmän kaupunkimaisiin asumismuotoihin, joissa keskimääräinen asumisväljyys kasvaa 10 asunto-m<sup>2</sup>:n sijasta 5 asunto-m<sup>2</sup> ja
3. hinnoittelemalla liikenteeseen liittyviä maksuja ja palveluja niin, että saadaan henkilöautosuoritetta alennettua 9 % verrattuna perusuraan.

Toimenpiteiden yhteisvaikutus on perusuraan verrattuna 0,30–1,25 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa (kuva 6.7). Suhteellinen muutos perusuran tasoon (22,9 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.) verrattuna on 5,5 %.

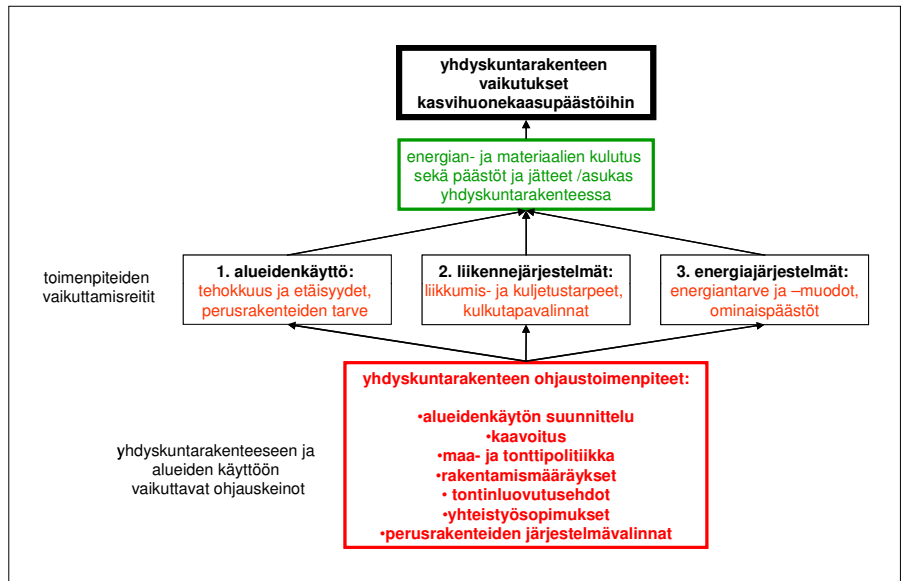


**Kuva 6.7.** Lisätoimenpiteiden vaikutukset yhdyskuntarakenteen kasvihuonekaasupäästöihin verrattuna perusuraan vuonna 2050 (milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa). Toimenpiteet lisätään toistensa päälle lähtien vasemmasta reunasta, jolloin oikeassa reunassa kohdassa "Hinnoittelu" vaikuttavat kaikki kolme toimenpideryhmää yhdessä. Vaikutukset ovat enimmillään 1,25 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa pienempiä kuin perusurassa (vaihtoehdossa "tiivistyvä-keskittyvä" kehitysura) ja pienimmillään 0,34 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa pienempiä kuin perusurassa (vaihtoehdossa "harventuva-hajautuva" kehitysura).

Toimenpiteitä ei laskennan yhteydessä yksityiskohtaisesti nimetty tai määritelty, vaan laskenta lähti oletuksesta, että monien toimenpiteiden joukosta löytyy riittävä määrä tehokkaita keinoja, joiden avulla haluttu vaikutus saadaan aikaan. Mahdollisten toimenpiteiden kirjoa kartoitettiin yleisellä tasolla ja laatimalla luetteloita ja toimenpiteiden jäsentelyä ja ryhmittelyä niiden vaikutuskohteen tai menettelytavan perusteella (kuvat 6.8–9 ja liite 1D).



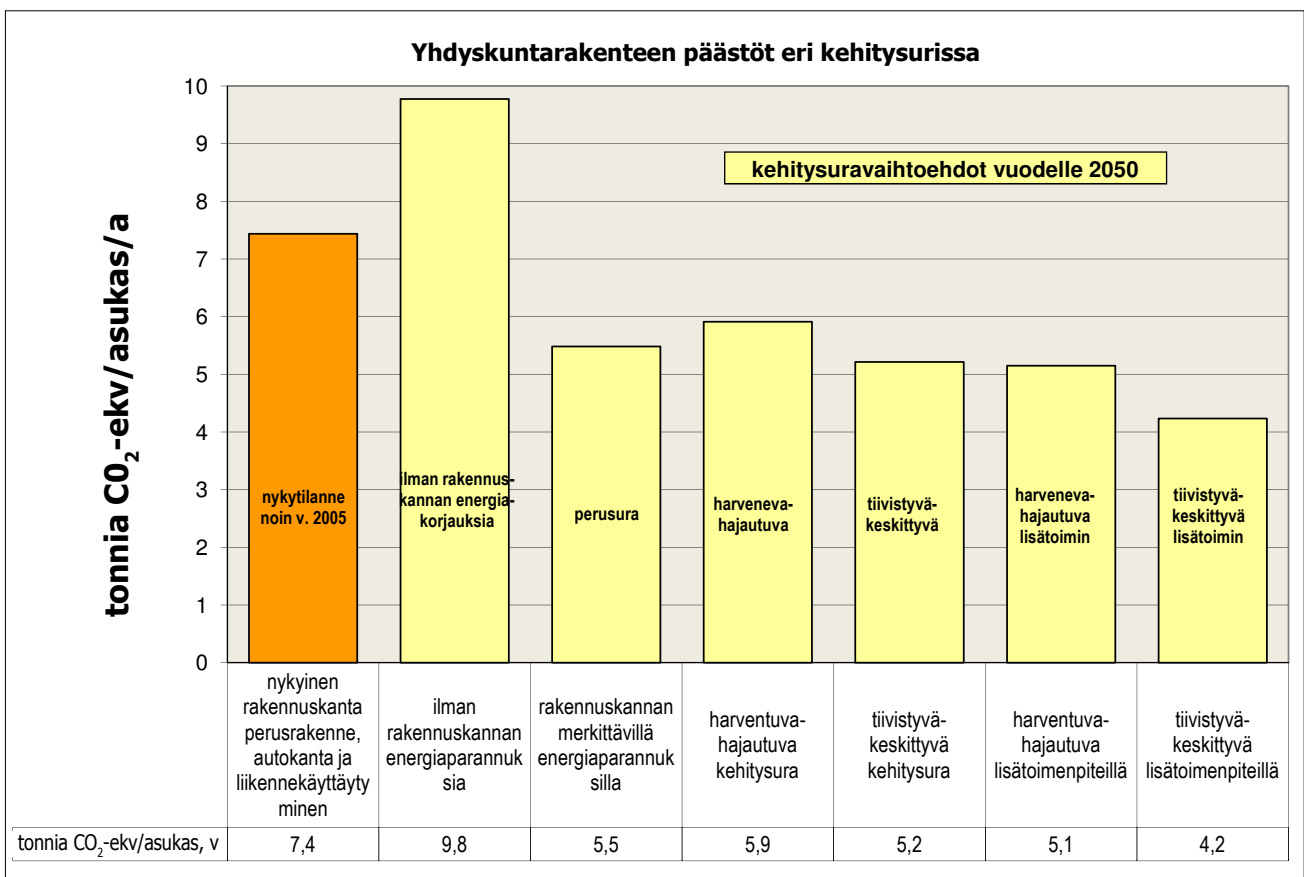
Kuva 6.8. Yhdyskuntarakenteen keinoja kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttamisessa.



Kuva 6.9. Yhdyskuntarakenteen keinojen pääryhmittely kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttamisessa. Tarkempi jäsentely on esitetty liitteessä 1.D.

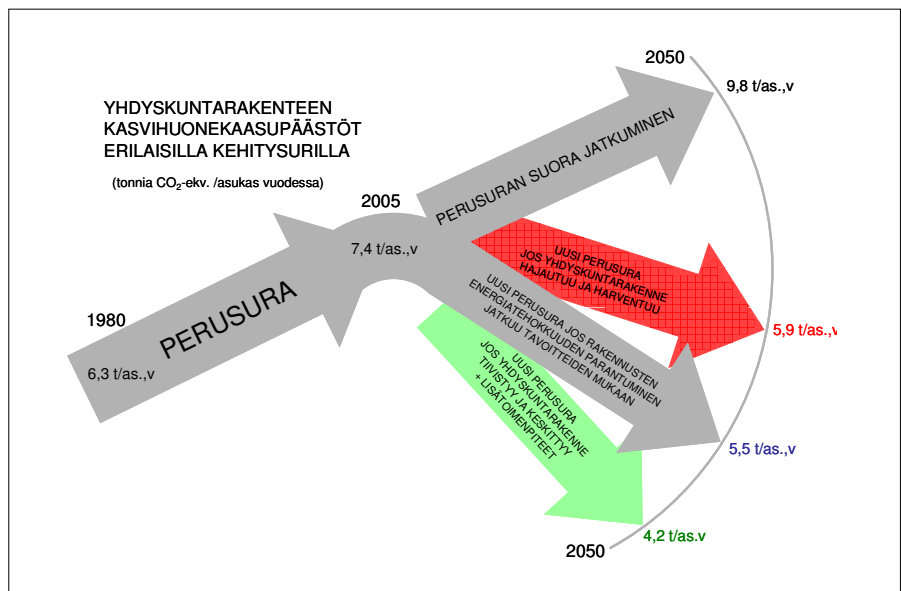
### 6.2.7 Kaikkien vaihtoehtoisten kehitysurien yhteistarkastelu

Kaikkien tarkasteltujen vaihtoehtoisten arvioiden yhteistarkastelu (kuva 6.10) osoittaa, että yhdyskuntarakenteellisilla kehitysvaihtoehdoilla voidaan merkittävästi vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöjen määrään. Tarkasteltujen vaihtoehtoisten kehitysurien ja kolmen toimenpideryhmän yhteisvaikutus (vaihteluväli) vuoden 2050 tilanteessa on noin 1,7 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv./asukas vuodessa, mikä on noin 31 % kaikista yhdyskuntarakenteen aiheuttamista päästöistä (5,5 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv./asukas) perusrussa. Kaikkien 34 kaupunkiseudun osalta (4,2 miljoonaa asukasta) vaikutusten kokonaismääräksi tulee noin 7,1 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa. Tämä on noin 10 % koko Suomen nykyisistä kasvihuonekaasupäästöistä (n. 70,1 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. v. 2008).



**Kuva 6.10.** Tarkasteltujen vaihtoehtoisten kehitysurien kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2050. Mukana vertailussa on arvio nykytilanteesta (oranssi pylväs vasemmalla). Korkein (vaaleankeltainen) pylväs edustaa teoreettista vaihtoehtoa, jossa rakennuskannan kasvu jatkaa entistä tahtiaan ilman uusia energiansäästötoimenpiteitä. Viisi viimeistä pylvästä edustavat perusruraa ja vaihtoehtoisten kehitysurien ääripäitä joko ilman lisätoimenpiteitä tai niiden kanssa.

Vaihtoehtoisten kehitysurien vaihteluväli nykyhetkestä vuoteen 2050 on suuri (kuva 6.11). Perusura ilman energiatehokkuutta parantavia rakennuskannan toimenpiteitä johtaisi tasoon joka on lähellä 10 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv./asukas vuodessa. Energiatarkkuustoimenpiteet rakennusten ulkovaipassa ja ilmanvaihtojärjestelmissä laskevat päästötason jo tasolle 5,5 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv./asukas vuodessa ja vaihtoehtoiset yhdyskuntarakenteelliset kehitysurat lisäävät vaihteluväliä tämän tason molemmin puolin. Yhdyskuntarakenteellisten toimenpiteiden vaikutus voi siten olla ainakin 1,7 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv./asukas vuodessa, mikä on yli 30 % yhdyskuntarakenteellisten päästöjen kokonaismäärästä.



**Kuva 6.11.** Yhdyskuntarakenteen vaihtoehtoisten kehitysurien merkitys kasvihuonekaasupäästöjen määrässä vuoteen 2050 mennessä. Yksi tonni asukasta kohti vastaa 34 suurimman kaupunkiseudun vuoden 2050 väestömäärällä (4,2 miljoonaa asukasta) 4,2 miljoonaa tonnia. Yhdyskuntarakenteellisten kehitysuriin vaihteluväli (4,2...5,9 tonnia/asukas, vuosi eli 1,7 tonnia/asukas, vuosi) merkitsee tällöin kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärässä 7,1 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv./vuosi.

### 6.2.8 Päätelmät

Arvioinnin lopputulokset osoittavat tiivistetysti, että yhdyskuntarakenteeseen vaikuttavilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa merkittävästi yhdyskuntarakenteen tiivistymiseen/harvenemiseen tai keskittymiseen/hajautumiseen ja sitä kautta alentaa kasvihuonekaasupäästöjen määrää. Lisäksi oikein valituilla ja tehokkailla lisätoimenpiteillä voidaan edelleen tehostaa kasvihuonekaasupäästöjen alenemismisvauhtia.



Yhdyskuntarakenteeseen voidaan vaikuttaa lukuisalla joukolla erilaisia toimenpiteitä. Niihin sisältyy sekä kannustavia että säädösten ja normien luonteisia toimia. Parhaimpia ovat yleensä keinot, jotka lisäävät asukkaiden, yritysten ja muiden toimijoiden tietoisuutta omien päätöksien seurauksista – varsinkin siitä, miten ne kohdistuvat omaan talouteen (ylimääräisinä kustannuksina tai vaikka verohelpotuksina) ja siitä, että mitä myöhemmin toimenpiteitä toteutetaan sitä kalliimmaksi ne yleensä tulevat. Yhdyskuntarakenteen ja erityisesti kaavoituksen osalta päätökset tehdään valtaosaltaan kunnissa, mutta samanaikaisesti tehdään vastaavia päätöksiä mm. tieviranomaisten ja kaupan keskusliikkeiden toimesta. Suomalaiset kaupunkiseudut ja muutkin yhdyskunnat ovat rakenteellisesti jatkuvasti hajautuneet. Kaupunkiseuduilla kuntien välinen yhteistyö ja sitoutuminen yhteisiin päätöksiin ovat välttämättömiä edellytyksiä, jotta yhdyskuntarakenteeseen saadaan eheytyään ja kasvihuonekaasujen päästöt alenevalle uralle.

Pääosa (noin 80 %) Suomen asukkaista, työpaikoista ja rakennuskannasta sijaitsee kaupunkiseuduilla ja muilla taajama-alueilla. Ne maankäyttö- ja muut yhdyskuntarakenteelliset päätökset, joita kaupunkiseuduilla tehdään heijastuvat melko suoraan koko maan tilanteeseen. Valtioneuvosto asetti tulevaisuusselonteossaan 2009 tavoitteeksi vähentää Suomen ilmastopäästöjä vuoteen 2050 mennessä vähintään 80 prosenttia vuoden 1990 noin 70 miljoonan tonnin tasosta. Tavoitetaso vuodelle 2050 on siis noin 14 miljoonaa tonnia. Vähennystarve, noin 56 miljoonaa tonnia verrattuna nykytilanteeseen, on merkittävä. Tutkituilla yhdyskuntarakenteellisilla toimilla voidaan tukea tämän tavoitteen saavuttamista noin 7 miljoonalla tonnilla.

Tavoitteeseen pääseminen edellyttää aiempaa huomattavasti tiukempaa yhdyskuntarakenteen kasvun ohjausta nykyisen yhdyskuntarakenteen sisälle, sisäiseksi kasvuksi. Tämä kehitysura lähentäisi suomalaista kaupunkikehitystä muun Euroopan tilanteeseen ja lisäisi kaupunkiemme kilpailukykyä. Lisähajautumisen vapaa jatkuminen aiheuttaisi puolestaan päästöjen kasvua ja eliminoisi muilla keinoilla aikaansaatuja vähennyksiä. Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen tuo myös merkittäviä kustannussäästöjä ja tilaisuuden kaupunkiympäristön eheyttämiseen ym. laadullisiin parannuksiin. Keskieurooppalaista perinteistä tiivistä kaupunkimuotoa pidetään paitsi ekotehokkaana niin myös laadukkaana elinympäristönä, joka tuo palvelut lähelle, mahdollistaa päivittäisen kävelyn ja pyöräilyn, tarjoaa joukkoliikennemahdollisuuksia ja säästää luontoalueet suurempina kokonaisuuksina lähelle kaupungin reunoja. Täydentävä ja eheyttävä yhdyskuntasuunnittelu edellyttää kuitenkin huolellista paneutumista paikallisiin olosuhteisiin ja uuden taitavaa sovittamista vanhan lomaan. On tarpeen tutkia ja kehittää myös uusia kaupunkirakentamisen malleja, ekotehokkaita kortteli- ja talotyyppejä. Tutkimuksen ja suunnittelun kustannukset tulevat kuitenkin takaisin moninkertaisina säästöinä rakentamisessa, ylläpidossa ja liikenteessä.

## 6.3 Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyys ja liikkumiskäyttäytyminen ilmastovaikutusten arviointivälineinä

### **Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyys ja liikkumiskäyttäytyminen ilmastovaikutusten arviointivälineinä**

Yhdyskuntarakenteen vyöhyketarkastelussa kaupunkiseudut jaetaan jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeisiin tarkoin laadittujen ja tutkittujen kriteereiden avulla. Liikkumisvyöhykkeet ovat osa Suomen ympäristökeskuksen valtakunnallisen yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän (YKR) kehitystyötä. Viimeisten kahden vuoden ajan SYKE:n, Tampereen teknillisen yliopiston ja Aalto yliopiston yhteisessä Urban Zone -tutkimushankkeessa on laadittu erikseen metropolialuetta kuvaava yhdyskuntarakenteen vyöhykejako. Hankkeessa on yhdistetty laajemmin Uudella- maalla kerättyihin liikennetutkimusaineistoihin maankäyttöä ja liikennejärjestelmää kuvaavia tietoja. Tutkimus- ja suunnittelyyhteistyön kautta vyöhykeanalyysia kehitetään parhaillaan suunnittelumenetelmäksi, jota on mahdollista soveltaa erilaisissa maankäytön ja liikennesuunnittelun tarpeissa.

Hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä korostetaan usein teknologian merkitystä. Liikenteen osalta on arvioitu, että teknologiset innovaatiot eivät yksinomaan riitä päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Yhdyskuntarakenteen kehittämisellä voidaan vahvistaa teknologisilla innovaatioilla saavutettavaa päästövähennystä. Käytännössä tämä tarkoittaa tiheää yhdyskuntarakennetta, jossa arkimatkat voidaan tehdä pääasiassa kävellen, pyörällä tai joukkoliikenteellä. Vastaavasti jos yhdyskuntarakenteen kehittämistä ei oteta huomioon ilmastotavoitteissa, valuvat teknologian kautta saavutettavat hyödyt hajautuneesta yhdyskuntarakenteesta johtuvan energiankulutuksen kasvuun.

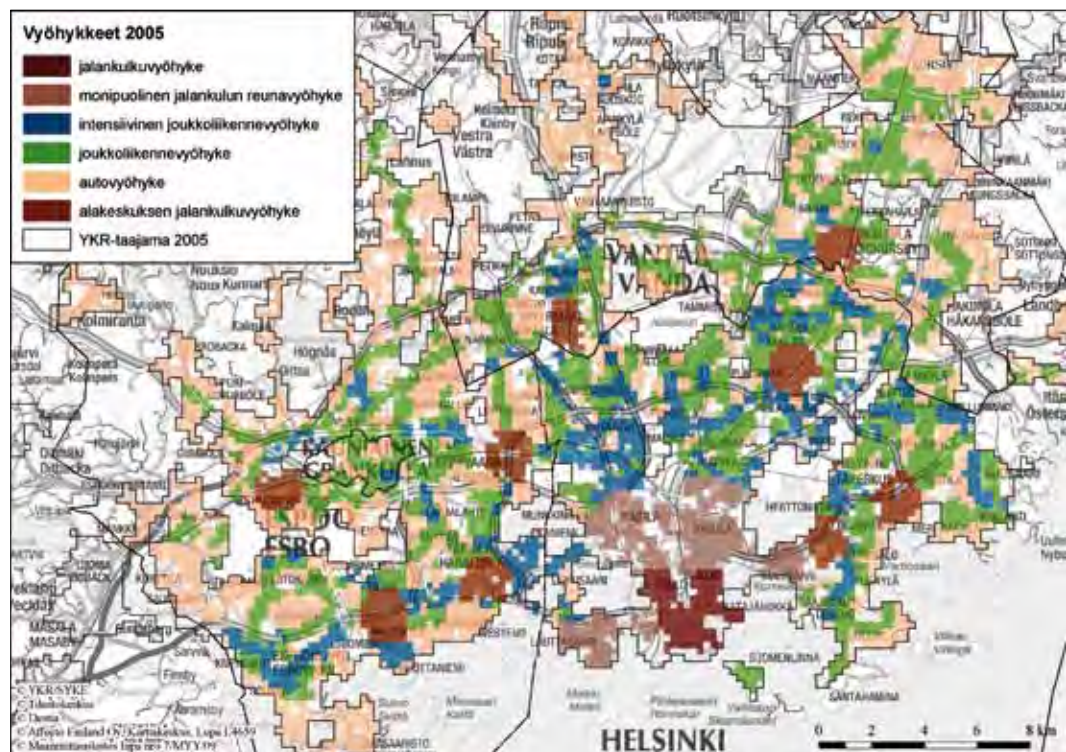
Kaupungistuminen jatkuu ja valtakunnalliset alueelliset erot väestökehityksessä ovat voimistuneet 1990-luvun jälkeen voimakkaasti. Alueellinen eriytyvä kehitys asettaa erilaiset kaupunkiseudut yhdyskuntarakenteen kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteiden näkökulmasta varsin erilaiseen asemaan. Yhdyskuntarakenteen ohjaukseen tarvitaan erilaisia toimenpiteitä eri alueille. Ydinkysymykseksi muodostuu, miten kaupungistumisen tuoma väestökasvu saadaan kasvualueilla hyödynnettyä yhdyskuntarakenteen kehittämisessä ja vastaavasti miten väestötappioalueilla minioidaan yhdyskuntarakenteen haittavaikutukset.

### Yhdyskuntarakenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämispotentiaali jopa 30 prosenttia Uudenmaan rakennemallitarkastelussa

Uudenmaan liiton rakennemallityössä on arvioitu vuoden 2035 yhdyskuntarakenteen eri rakennemallivaihtoehtojen henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöjä vyöhykeanalyysin menetelmin. Tulosten perusteella yhdyskuntarakenteen eri rakennevaihtoehtojen aiheuttamat erot henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöjen osalta ovat suurimmillaan noin 15 % suhteutettuna alueen koko väestöön ja noin 30 % oletetun väestölisäyksen osalta. Rakennemallien noin 400 000 uuden asukkaan sijoittuminen eri vaihtoehtoisissa osoittaa, että yhdyskuntarakenteella on erittäin suuri merkitys henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöihin. Yhdyskuntarakenteen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin on luonnollisesti suurin kasvuseuduilla, jossa uutta yhdyskuntarakennetta luodaan.

### Liikkumistottumukset muodostuvat yhdyskuntarakenteen eri vyöhykkeillä erilaisiksi

Yhdyskuntarakenteen tarkastelu eri liikkumisvyöhykkeillä tarjoaa hyvän menetelmän analysoida yhdyskuntarakenteen aiheuttamia henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöjä. Vyöhyketarkasteluissa yhdyskuntarakenteen jaetaan jalankulku-, joukkoliikenne ja autovyöhykkeisiin erikseen määritettyjen kriteerien avulla (kuva 6.12). Suomen ympäristökeskuksessa on laadittu Suomen 34 kaupunkiseudulle yhdyskuntarakenteen liikkumisvyöhykkeet. Uudenmaan eri alueluokkien liikkumisvyöhykkeille on laskettu myös erikseen henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöt ( kuvat 6.13 ja 6.14).



Kuva 6.12. Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakenteen liikkumisvyöhykkeet.<sup>70</sup>

<sup>70</sup> SYKE /YKR

Arvioitaessa yhdyskuntarakenteen vaikutuksia liikenteen kysyntään on tarpeen tarkastella erikseen arkiliikettä, joka tehdään suurelta osin omassa elinpiirissä, sekä pitkämatkaista liikkumista, joka koostuu pääosin vapaa-ajan matkoista ja työasiointimatkoista. Pitkien luonteeltaan satunnaisten matkojen merkitys kokonaissuorituksen kannalta on huomattavan suuri – noin 45 % suomalaisten vuosittain liikkumista kilometreistä muodostuu yli 100 km pitkistä oman elinpiirin ulkopuolelle ulottuvista erityis- ja lomavapaa-ajan matkoista ja työasiointimatkoista, vaikka näiden matkojen osuus kaikista matkoista on vain muutama prosentti. Pitkiin, oman elinpiirin ulkopuolelle ulottuviin matkoihin ei juurikaan ole mahdollista vaikuttaa yhdyskuntarakenteen ja liikennejärjestelmäsunnittelun keinoin, joten ne on mielekästä jättää tarkastelun ulkopuolelle, kun tavoitteena on selvittää ensisijaisesti yhdyskuntarakenteen vaikutuksia liikkumiseen. Eri vyöhykkeillä asuvien asukkaiden liikkumistottumuksia laskettaessa on tämän takia otettu huomioon vain alle 100 kilometrin mittaiset matkat.

Erot henkilöautosuoritteessa ovat suuria yhdyskuntarakenteen eri osissa – esimerkiksi kehyskuntien autovyöhykkeillä asuvilla henkilöautolla päivittäin ajettujen kilometrien määrä on 3–4-kertainen pääkaupunkiseudun joukkoliikennevyöhykkeellä asuviin verrattuna. Kilometrien määrä heijastuu suoraan henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöihin (kuva 6.14). Autovyöhykkeellä asuvat käyttävät suhteellisesti joukkoliikennettä noin kolmanneksen harvemmin kuin jalankulkuvyöhykkeellä ja intensiivisellä joukkoliikennevyöhykkeellä asuvat ja noin neljänneksen harvemmin kuin joukkoliikennevyöhykkeellä asuvat. Päivittäinen henkilöautosuorite on autovyöhykkeellä asuvilla noin kolmanneksen suurempi kuin joukkoliikennevyöhykkeellä asuvilla ja yli 70 prosenttia suurempi kuin intensiivisellä joukkoliikennevyöhykkeellä asuvilla.

Pääkaupunkiseudun kehyskunnat eroavat liikkumisprofiileiltaan huomattavasti pääkaupunkiseudusta. Kehyskunnat on jaettu kahteen ryhmään raideliikennetarjonnan perusteella. Kehyskunnat, joissa on intensiivinen raideyhteys, eroavat liikkumisprofiileiltaan selvästi muista kehyskunnista. Intensiivisen raideyhteyden kehyskunnissa autovyöhykkeellä asuvien päivittäinen henkilöautosuorite on noin 60 prosenttia ja seudullisella autovyöhykkeellä asuvien noin 70 prosenttia suurempi kuin hyvällä joukkoliikennevyöhykkeellä asuvilla. Erot autovyöhykkeen ja joukkoliikennevyöhykkeiden välillä jäävät muissa kehyskunnissa huomattavasti pienemmiksi, sillä joukkoliikenteen palvelutaso ei ilman raideyhteyttä nouse niin korkeaksi, että joukkoliikenne saisi merkittävää kulkutapaosuutta.

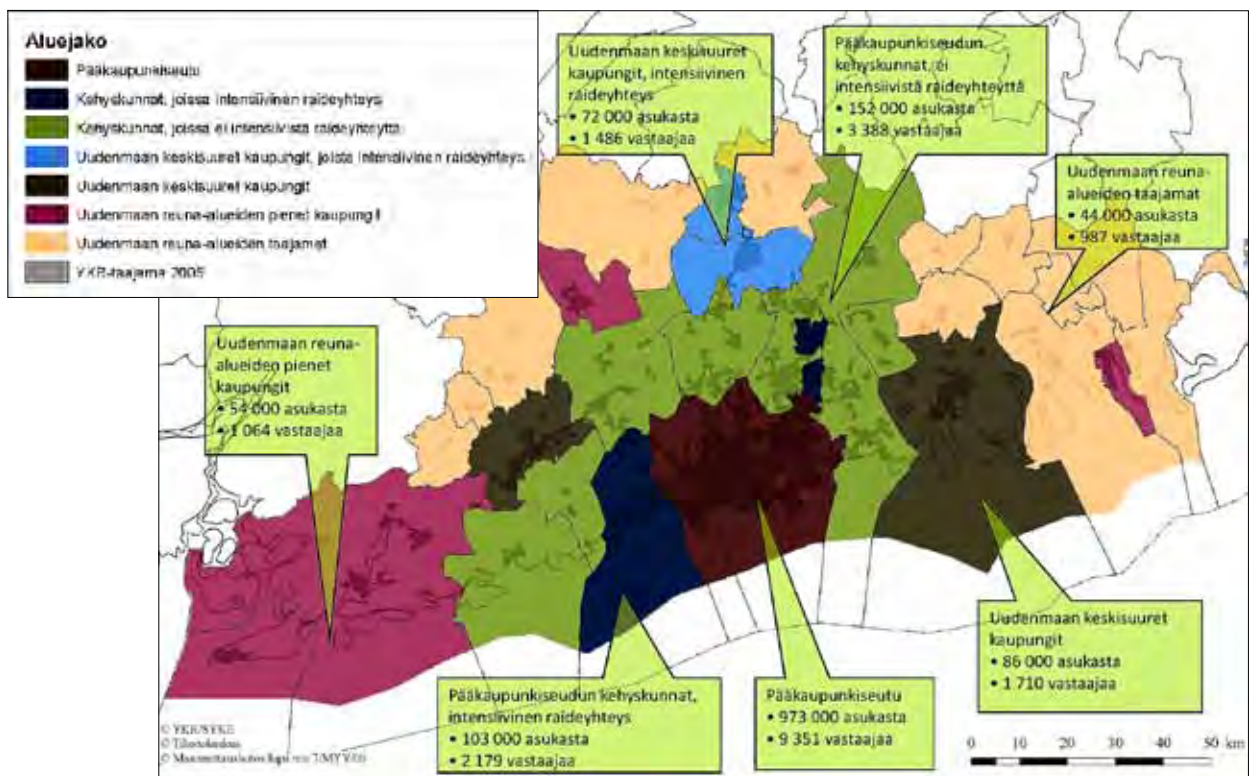
Kehyskunnissa, joissa ei ole intensiivistä raideyhteyttä, asukkaiden päivittäinen henkilö-autosuorite on noin puolet suurempi kuin intensiivisen raideyhteyden kehyskunnissa. Erot ovat suurimmat jalankulkuvyöhykkeillä, joissa henkilöautosuorite on 40–60 % suurempi kuin intensiivisen raideyhteyden kehyskunnissa. Ilman intensiivistä raideyhteyttä olevissa kehyskunnissa joukkoliikenne- ja autovyöhykkeillä asuvien päivittäinen henkilöautosuorite on noin kolmanneksen suurempi kuin intensiivisen raideyhteyden kehyskunnissa. Kaikista vyöhyketyypeistä pisimmät henkilöautosuoritteet ovat ilman intensiivistä raideyhteyttä olevien kehyskuntien autovyöhykkeillä asuvilla.

Polkupyörän merkitys arkiliikumisessä on suurin intensiivisen raideyhteyden kehyskunnissa, joissa pyörää käytetään erityisesti jalankulku- ja joukkoliikennevyöhykkeillä. Polkupyörän osuus matkoista ja suoritteesta on huomattavasti pienempi kehyskunnissa, joissa ei ole intensiivistä raideyhteyttä. Tulosten perusteella intensiivisen raideyhteyden kunnissa yhdyskuntarakenne tukee joukkoliikenteen lisäksi myös jalan ja pyörällä tehtäviä matkoja.



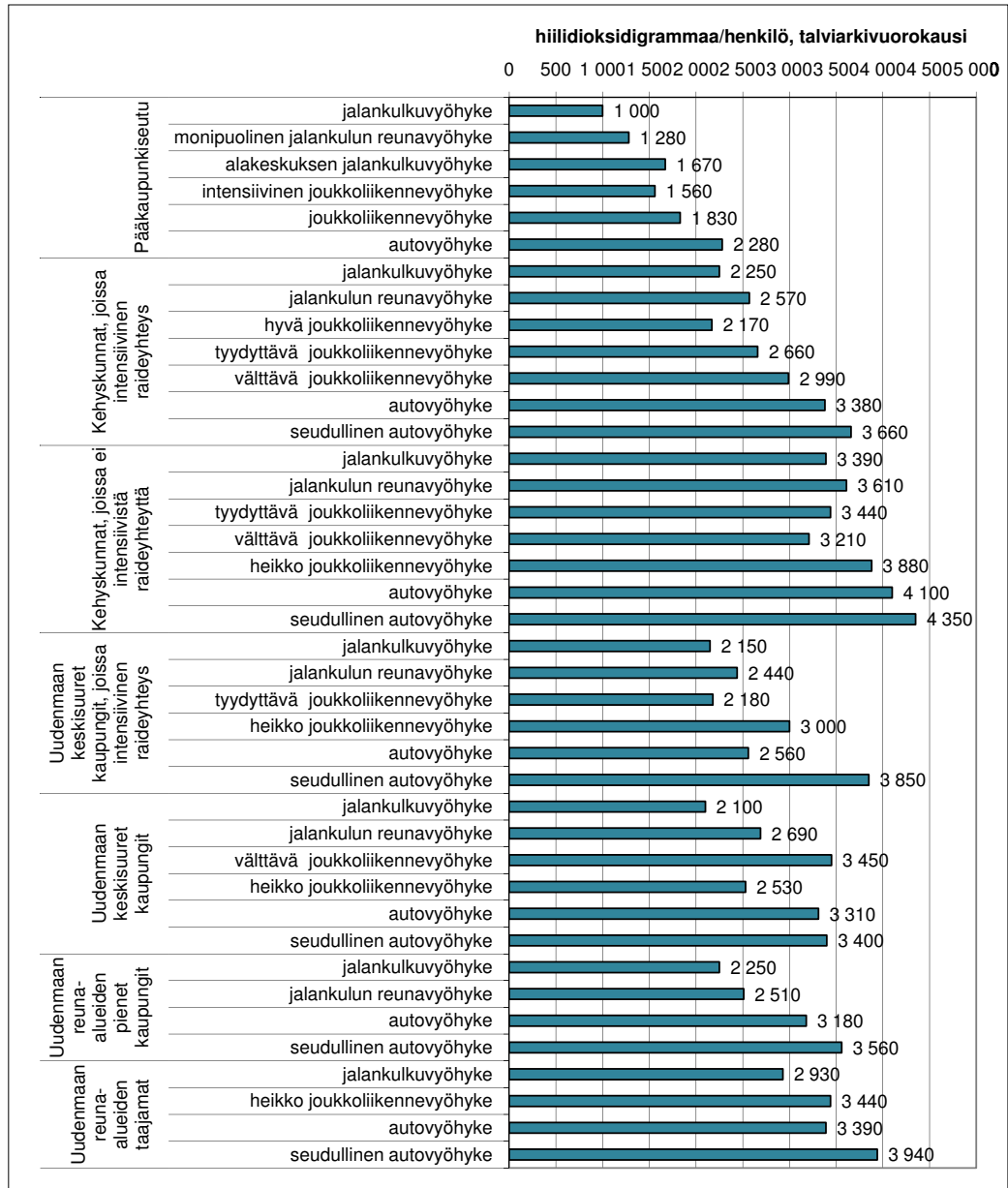
Liikkumisesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat pääkaupunkiseudun autovyöhykkeellä noin puolet suuremmat kuin intensiivisellä joukkoliikennevyöhykkeellä. Kehyskunnissa, joissa on intensiivinen raideyhteys, autovyöhykkeellä asuvien liikenteen hiilidioksidipäästöt ovat noin 1,1 kg vuorokaudessa suuremmat kuin pääkaupunkiseudulla. Intensiivisen raideliikenteen kehyskuntien jalankulkuvyöhykkeellä ja hyvällä joukkoliikennevyöhykkeellä hiilidioksidipäästöt ovat hieman suuremmat kuin pääkaupunkiseudun autovyöhykkeellä. Sen sijaan niissä kehyskunnissa, joissa ei ole raideliikenneyhteyttä, hiilidioksidipäästöt ovat kaikilla vyöhykkeillä muita alueryhmiä selvästi suurempia. Uudenmaan keskisuurissa kaupungeissa ja reuna-alueiden kaupungeissa ja taajamissa liikkumisen hiilidioksidipäästöt jäävät pääosin alle 3,5 kilogrammaan vuorokaudessa seudullista autovyöhykettä lukuun ottamatta.

Erlaisissa alueryhmissä ja vyöhykkeillä on melko erilainen väestön ikä- ja elinvaihejakama. Esimerkiksi jalankulkuvyöhykkeillä asuu muita vyöhykeitä enemmän yksin asuvia, iäkkäitä sekä opiskelijatalouksia ja vastaavasti kehyskuntien joukkoliikenne- ja autovyöhykkeillä asuu muita alueita enemmän lapsiperheitä. Vyöhyke- ja alueryhmäkohtaiset erot liikkumistottumuksissa ovat havaittavissa myös demografisissa ryhmissä, mikä osoittaa, että vyöhykekohtaisten keskiarvojen erot eivät johdu väestön erilaisesta demografiasta. Tulosten perusteella esimerkiksi eri vyöhykkeillä asuvien lapsiperheiden matkustustottumuksissa on havaittavissa samansuuntaisia eroja kuin väestön keskiarvoissakin – jalankulkuvyöhykkeellä kulkutapoina suositetaan muita vyöhykeitä enemmän jalankulkua ja joukkoliikennettä ja autovyöhykkeellä asuvat puolestaan käyttävät enemmän henkilöautoa kuin muilla vyöhykkeillä asuvat.



**Kuva 6.13.** Uudenmaan kuntien luokittelu yhdyskuntarakenteen ja liikennejärjestelmän mukaan. Luokkien nimet, asukasluku ja henkilöliikennetutkimuksen haastateltavien lukumäärä vastaa kuvan 3 henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöjen alueluokitusta.<sup>71</sup>

<sup>71</sup> SYKE /YKR.



**Kuva 6.14.** Päivittäinen keskimääräinen henkilöliikenteen hiilidioksidipäästömäärä eri yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä (grammaa / henkilö vuorokaudessa).<sup>72</sup>

<sup>72</sup> SYKE, YKR, TTY, VTT-lipasto, YTV.

### **Työpaikkojen sijainnilla on tärkeä merkitys liikkumisen päästöjen ja energiankulutuksen kannalta**

Asumisen lisäksi myös työpaikkojen sijainnin yhdyskuntarakenteessa on havaittu vaikuttavan merkittävästi liikkumistarpeeseen. Pienille paikkakunnille ja kaupunkiseutujen alakeskuksiin tulisi sijoittaa työpaikkoja, jotka ovat luonteeltaan erikoistumattomia. Sen sijaan erikoistuneet asiantuntijuutta edellyttävät työpaikat, suuret työpaikkakeskittymät ja paljon asiointimatkoja aiheuttavat työpaikkatoiminnot tulisi ensisijaisesti sijoittaa kaupunkiseutujen ydinalueille hyvien joukkoliikenneyhteyksien varrelle.

Kaupunkiseutujen keskustojen jalankulkuvyöhykkeillä ja alakeskuksissa sijaitsevilla työpaikka-alueilla jalan ja pyörällä tehdään huomattavasti muita alueita enemmän matkoja. Jalankulun osuus työmatkoista on suurin suurten ja keskisuurten kaupunkien keskustoissa ja niiden lähialueilla. Polkupyörää käytetään eniten pienten ja keskisuurten kaupunkien keskustaajamissa.

### **Palvelujen sijoittuminen joukkoliikenteen ydinalueille ja asumisrakenteen lähelle**

Liikennetarpeeltaan suuret yksiköt tulisi sijoittaa yhdyskuntarakenteeseen siten, että niille on korkeatasoiset joukkoliikenneyhteydet. Myös kaupan suuryksiköiden tulisi tukeutua asumisrakenteeseen, jolloin matkoja niihin voidaan tehdä myös jalan ja pyörällä. Kaupan suuryksiköiden matkoista jalan, pyörällä ja joukkoliikenteellä tehtyjen matkojen osuus on jalankulku- ja joukkoliikennevyöhykkeillä huomattavasti suurempi kuin niissä yksiköissä, jotka ovat sijoittuneet asumisrakenteen ulkopuolelle taajaman reuna-alueille tai kokonaan taajaman ulkopuolelle.

Vapaa-ajan asuntoihin tehdystä matkoista suurin osa tehdään henkilöautolla. Myös muilla vapaa-ajanmatkoilla henkilöauton osuus on suuri, sillä pääosa vapaa-ajankohteista ei sijaitse kodin lähiympäristössä. Vapaa-ajanmatkat ajoittuvat usein iltaan ja viikonloppuajaksi, jolloin joukkoliikenteen tarjonta ei ole yhtä hyvä kuin ruuhka-aikoina. Hieman yli kolmannes kaikista vapaa-ajanmatkoista tehdään viikonloppuisin.

Vapaa-ajanmatkojen määrän on tulevaisuudessa ennakoitu kasvavan. Uusien vapaa-ajankohteiden sijoittelussa tulisi ottaa huomioon joukkoliikenteen tarjonta ja asumisrakenteen läheisyys, jotta niihin olisi mahdollista tulla myös muilla kulkutavoilla kuin henkilöautolla. Erityisesti lasten ja nuorten omaehtoisten liikkumismahdollisuuksien lisääminen takia jalankulku-, pyöräily- ja joukkoliikenneyhteyksien merkitys on tärkeää.

### **Tavoitteeksi korkeintaan yhden auton yhdyskuntarakenne**

Analyyseissa esitettyjen tulosten perusteella yhdyskuntarakenteella on erittäin suuri merkitys erityisesti liikennesuoritteeseen ja kulkutapajakaumaan ja sitä kautta hiilidioksidipäästöjen määrään. Realistisena tavoitteena voidaan tulosten perusteella pitää yhdyskuntarakennetta, jossa asutokunnat tarvitsisivat korkeintaan yhden auton käyttöönsä. Erityiseksi kehittämiskohteeksi osoittautuvat pääkaupunkiseudun kehyskunnat, joissa ei ole intensiivistä raideyhteyttä. Raideyhteyteen tukeutuvat kehyskunnat ja työpaikkojen ja palvelujen suhteen omavaraiset metropolialueen kaupunkiseudut ovat selvästi paremmassa asemassa yhdyskuntarakenteen kehittämisen osalta. Uudenmaan joukkoliikennevyöhykkeiden osalta tarvitaan monia kehittämistoimia, sillä raskasta raideliikennettä ei ole realistista saada kaikille tarvittaville

alueille. Ilmastotavoitteiden näkökulmasta bussiliikenteen linjatarjonnan merkittävä kehittäminen ja integrointi raideliikenteeseen nouseekin tärkeään asemaan ilmastotavoitteiden toteuttamisessa.

Tulosten perusteella seuraavat teemat on nostettu tärkeimmiksi metropolialueen yhdyskuntarakenteen kehittämistoimenpiteiksi:

1. Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakenteen monikeskuksisuutta on edelleen kehitettävä. Alakeskusanalyysit osoittavat selkeästi alakeskusten liikkumisprofiilien tukevan ilmastotavoitteiden saavuttamista.
2. Pääkaupunkiseudun autovyöhykkeen kehittäminen joukkoliikennevyöhykkeeksi on analyysien perusteella onnistunut kohtuullisen hyvin. Keskeistä tässä on laajan bussiverkoston ja sen palvelutason ylläpito ja edelleen kehittäminen.
3. Uudenmaan kehyskunnat, jotka sijaitsevat intensiivisen raideyhteyden varrella ovat tulosten perusteella onnistuneet luomaan yhdyskuntarakennetta, jossa on selvästi muita kehyskuntia pienemmät henkilöliikenteen päästöt. Tätä kehitystä tulee jatkaa ja entisestään kehittää.
4. Uudenmaan kehyskuntien osalta ne alueet, joissa ei ole intensiivistä raideyhteyttä, ovat ilmastotavoitteiden kannalta vaikeassa tilanteessa. Voimistuneen hajakentän tuloksena syntyy alhaisen tehokkuuden taajama-alueita. Tämä kehitys on tuottanut moniautoista autovyöhykettä, jonka hajautumiskehitys jatkuu edelleen voimakkaana ja autoriippuvuuden voidaan ennakoida tältä osin kasvavan. Joukkoliikennevyöhykkeiden kehittämistä ei ole näillä alueilla saatu toteutettua siinä määrin, että sillä olisi merkittävää vaikutusta kulkutapajakaumaan. Asukastiheyden lisääminen on välttämätöntä, mikäli tavoitteena on tuottaa monipuolisempaa liikkumiskäyttäytymistä.



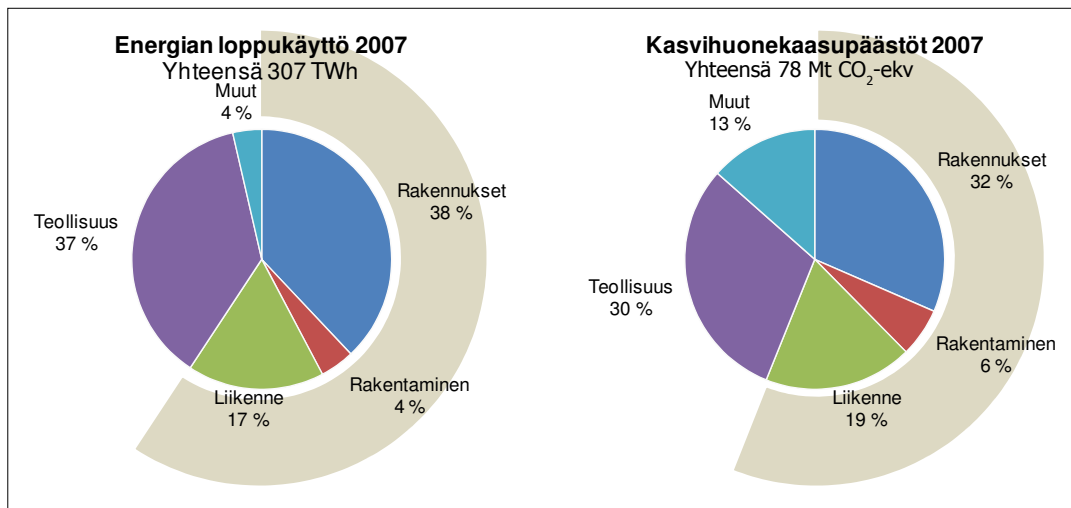
## 7 Yhteenveto

### 7.1 Rakennetun ympäristön merkittävimmät päästövaikutukset

#### 7.1.1 Energian käyttö, tuotanto ja vaikutus päästöihin

##### Rakennetun ympäristön merkitys

Rakennetulla ympäristöllä on keskeinen rooli energian käytössä ja kasvihuonekaasupäästöjen muodostumisessa. Suomessa käytetystä energiasta valtaosa kuluu rakennetussa ympäristössä. Kulutetun energian tuottamisesta ja käytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt muodostavat valtaosan Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Kuvassa 7.1 on esitetty energian loppukäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2007. Vuosi 2007 kuvastaa melko tyypillistä energiankäyttöä 2000-luvulla.



**Kuva 7.1.** Suomen nykyinen energian loppukäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Rakennetun ympäristön osuus (korostettu) energian loppukäytöstä oli 59 % ja päästöistä 56 % vuonna 2007.<sup>73</sup>

Energian loppukäyttö vuonna 2007 oli 307 TWh. Rakennetun ympäristön osuus loppukäytöstä oli 59 %. Suurin sektori oli rakennuksissa käytetty sähkö- ja lämmitysenergia, joka vastasi 38 % osuutta koko maan energian loppukäytöstä. Talo- ja infrastruktuurirakentamiseen ja rakennusmateriaalien valmistukseen kului arviolta 4 % loppukäytöstä. Liikenteen polttoaineiden ja sähkön kulutus oli 17 % energian loppukäytöstä.

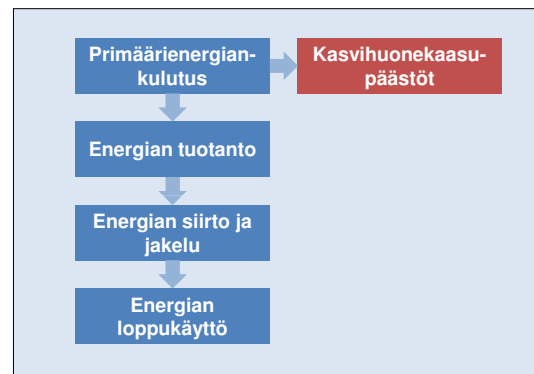
<sup>73</sup> Laskelmat Gaia Consulting Oy ja Tampereen teknillinen yliopisto.

Suomen kansainvälisten ilmastovelvoitteiden mukaisesti lasketut kasvihuonekaasupäästöt olivat 78 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2007. Rakennetun ympäristön kasvihuonekaasut syntyvät valtaosin energiankäytöstä. Rakennuksien, rakentamisen ja liikenteen osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli 56 %. Rakennetun ympäristön suhteellinen osuus päästöistä on pienempi kuin energiankäytöstä, koska päästöjä aiheutuu rakennetun ympäristön ulkopuolella muusta kuin energiankäytöstä johtuen, erityisesti maataloudessa.

Rakennuksissa käytetyn sähkön ja lämmitysenergian tuottamisesta syntyi 32 % kasvihuonekaasupäästöistä. Rakentamisessa ja rakennusmateriaalien valmistuksessa kasvihuonekaasupäästöt olivat 6 % ja liikenteessä 19 % koko maan päästöistä. Rakentamisen ja liikenteen päästöjen osuus on energian käyttöä suurempi, koska niissä käytetään keskimääräistä enemmän päästöjä aiheuttavia polttoaineita. Lisäksi rakennusmateriaalien valmistuksessa betonin valmistus nostaa suhteellista osuutta.

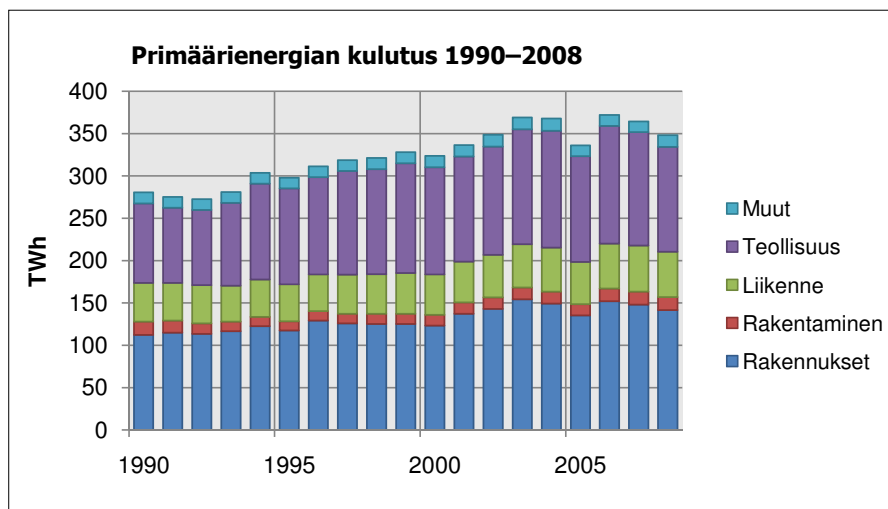
### Energian kulutuksen kehitys

Energian loppukäyttöä vastaava energiamäärä tuotetaan joko sähköinä tai lämpönä taikka energia käytetään suoraan polttoaineina. Energiantuotannon energialähteet ja polttoaineiden käyttö muodostavat yhteensä primäärienergian kulutuksen. Primäärienergian kulutus on suurempi kuin energian loppukäyttö, koska energiaa hukataan sähkön ja lämmön tuotannossa ja siirrossa. Primäärienergian kulutukseen vaikuttaa energian loppukäyttö, tuotantotapa sekä siirrossa ja jakelussa hukatun energian määrä. Yksinkertaistettu esitys vaikutusketjusta ja tässä käytetyistä termeistä on esitetty kuvassa 7.2.



**Kuva 7.2.** Energian käytön ja kasvihuonekaasupäästöjen välinen yhteys yksinkertaistettuna.

Primäärienergian kulutuksen kehittyminen jaettuna eri sektoreiden kesken on esitetty kuvassa 7.3. Rakennetun ympäristön primäärienergian kulutus on kasvanut 1990-luvun laman taitekohdasta lähtien 2000-luvun alkuvuosiin asti. Tämän jälkeen rakennetun ympäristön primäärienergian kulutus on vaihdellut noin 200 ja 220 TWh:n välillä.



Kuva 7.3. Primäärienergian kulutus sektoreittain vuosina 1990–2008.<sup>74</sup>

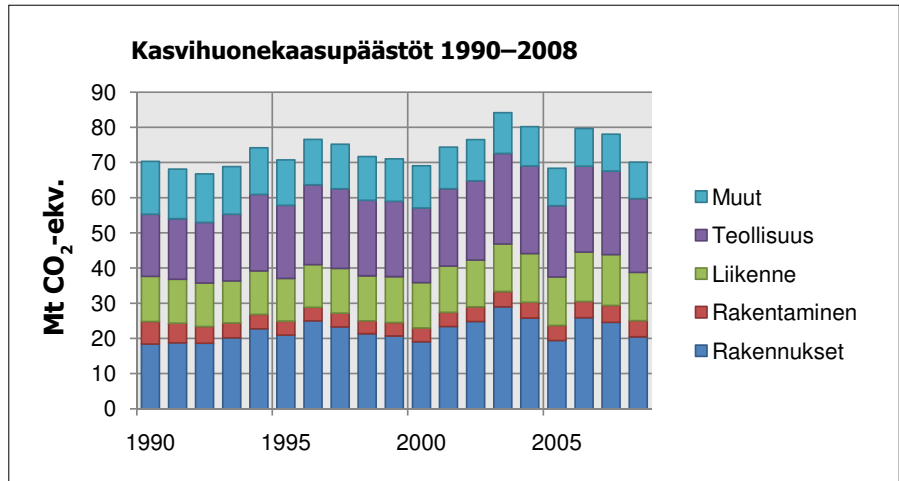
Erityisesti energian loppukäyttö vaihtelee lämmitystarpeen mukaisesti. Esimerkiksi vuodet 2000, 2005 ja 2008 ovat olleet lämpimämpiä kuin niitä ympäröivät vuodet. Vaihtelu lämmitysenergian loppukäytössä vuosien välillä on noin  $\pm 10\%$  suuruusluokkaa.

Lisäksi primäärienergian määrän muutoksiin on vaikuttanut käytetty sähkön tuotantotapa. Vaikutus on sähköntuotannon osalta osin laskennallinen. Niinä vuosina, jolloin Suomeen tuodaan paljon sähköä, tarvitaan omaa tuotantoa vähemmän. Tämä on ollut tilanne esimerkiksi vuonna 2005. Toisaalta niinä vuosina, jolloin tuonti Suomeen on vähäistä, tarvitaan omaa sähköntuotantoa enemmän. Samalla kotimaisessa sähköntuotannossa kulutetaan enemmän primäärienergiaa. Tuodun sähkön osalta mahdollisia tuotantohäviöitä ei oteta huomioon. Laskennallisesti tuontisähkön primäärienergiankulutus on täten yhtä suuri kuin tuodun sähkön määrä. Lauhdetuotannossa primäärienergiaa puolestaan kuluu tyypillisesti noin 2,5-kertainen määrä tuotettuun sähköön verrattuna. Sähköntuotannon muutoksien vaikutuksesta vuotuisen primäärienergian käyttö vaihtelee noin  $\pm 20\%$ .

### Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuodesta 1990 on esitetty kuvassa 7.4. Rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöt ovat olleet kasvussa 1990 luvun alusta 2000 luvun alkuun. Vuonna 2003 rakennetun ympäristön päästöt olivat korkeimmillaan, jolloin niiden määrä oli 47 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

<sup>74</sup> Laskelmat Gaia Consulting Oy. Ydinvoimatuotannon primäärienergiankulutuksessa ei ole otettu huomioon tuotannon häviöitä.



Kuva 7.4. Kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen vuosina 1990–2008.<sup>75</sup>

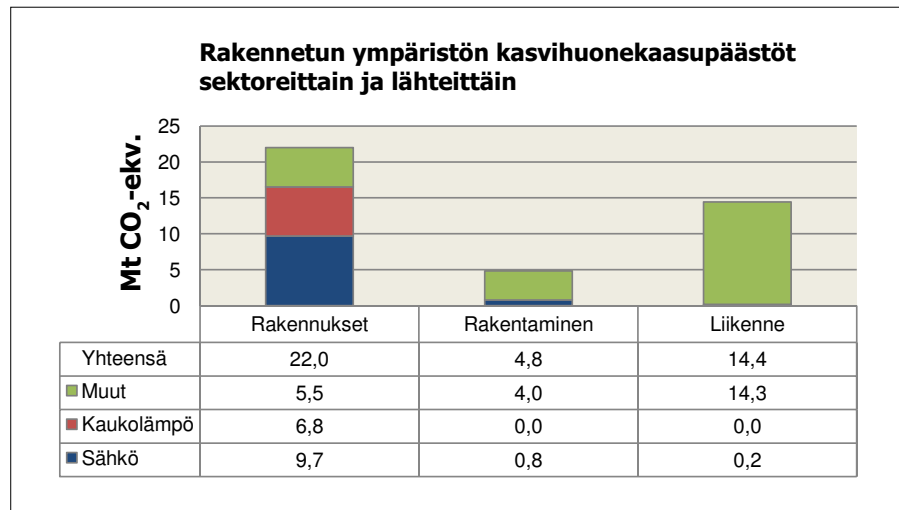
Rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöt vaihtelevat voimakkaasti vuodesta toiseen. Vuoden 2000 jälkeen päästöt ovat vaihdelleet välillä 36–47 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Päästöjen vaihtelu on osin seurausta energian loppukäytön vaihtelusta. Vuosina, jolloin energiaa on käytetty vähän, tarvitaan vähemmän energian tuotantoa ja aiheutetaan vähemmän päästöjä.

Energian tuotantotavoilla on suuri vaikutus rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöihin. Esimerkiksi vuonna 2005 Suomessa tuotettiin lauhdesähköä vain 5 TWh ja sähkön nettotuonti oli 17 TWh. Tällöin kotimaisen sähköntuotannon päästöt jäivät alhaisiksi. Toisaalta vuonna 2003 tuotettiin lauhdesähköä 21 TWh ja tuonti oli vain 5 TWh. Kotimaisessa lauhdesähköntuotannossa on käytetty polttoaineena pääasiassa fossiilisia polttoaineita. Toisaalta ulkomailta tuodulle sähkölle ei lasketa päästövaikutusta. Tästä syystä energiantuotannon kotimaiset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2003 ovat huomattavasti suuremmat kuin vuonna 2005. Sama vaikutus näkyy myös rakennetun ympäristön aiheuttamissa päästöissä.

### Kasvihuonekaasupäästöjen jakaantuminen rakennetussa ympäristössä

Rakennetun ympäristön päästöt on jaettu sähköntuotannon päästöihin, lämmitysenergian päästöihin ja muihin päästöihin sektorikohtaisesti kuvassa 7.5. Merkittävimmät päästöt vuonna 2007 syntyivät liikenteen polttoainekäytöstä, rakennuksissa tapahtuvasta sähkönkäytöstä ja kaukolämmityksestä. Sähköntuotannon päästöt on jaettu sähkönkulutuksen osuuksien perusteella eri sektoreille.

<sup>75</sup> Laskelmat Gaia Consulting Oy.



**Kuva 7.5.** Rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöjen jakaantuminen sektoreittain ja energialähteittäin vuonna 2007.<sup>76</sup>

Rakennusten päästöt jakaantuvat sähkön kulutuksen, kaukolämmön ja muiden lämmityspolttoaineiden käytön kesken. Jako kaukolämmön ja sähkön kulutuksen välillä on osin laskennallinen, koska yhteistuotannossa kulutettujen polttoaineiden päästöt on kohdistettava jollain tavoin sähkölle ja lämmölle<sup>77</sup>.

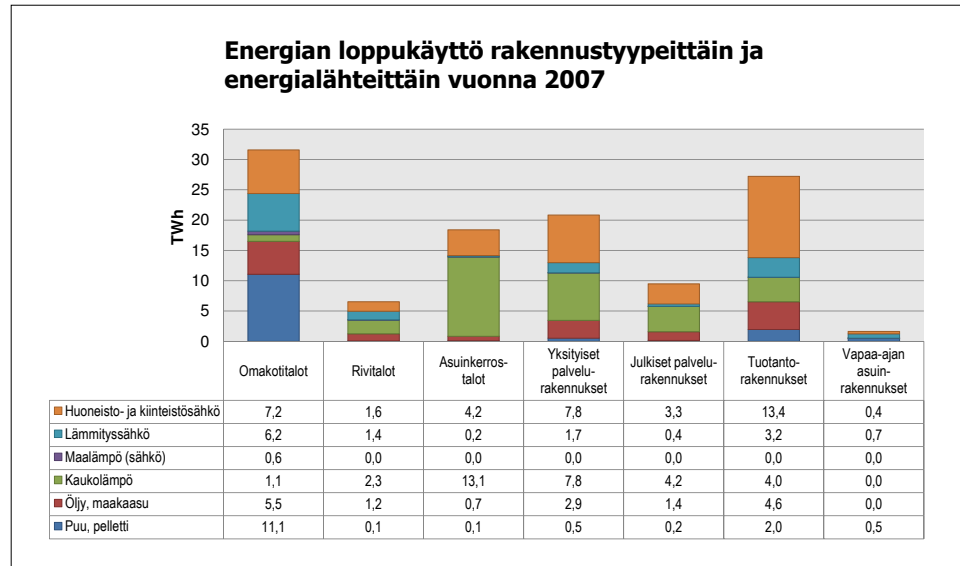
Talo- ja infrastruktuurirakentamisessa ja rakennusmateriaalien valmistuksessa polttoainekäytön ja materiaalien valmistuksen aiheuttamien päästöjen osuus on merkittävä. On syytä huomioida, että rakentamisen ja rakennusmateriaalien päästöihin liittyy merkittävää epävarmuutta puutteellisen tietopohjan vuoksi. Liikenteen päästöt aiheutuvat lähes yksinomaan polttonesteiden käytöstä.

### Rakennukset

Energian loppukäyttö jakaantui rakennuksissa mallilaskelmien perusteella kuvan 7.6 osoittamalla tavalla vuonna 2007. Energian käyttö on jaoteltu rakennustyypeittäin ja energialähteiden mukaan. Sähkön käyttö on lisäksi jaoteltu lämmityssähköön sekä huoneisto- ja kiinteistösähköön.

<sup>76</sup> Laskelmat Gaia Consulting Oy.

<sup>77</sup> Tässä esitetyt luvut perustuvat ns. hyödynjakomenetelmään.



**Kuva 7.6.** Energian loppukäytön jakaantuminen rakennustyypeittäin ja energialähteittäin vuonna 2007.<sup>78</sup>

Yllä esitetyn jaon perusteella rakennuksissa käytettiin vuonna 2007 yhteensä noin 38 TWh huoneisto- ja kiinteistö sähköä, 14 TWh lämmitys sähköä, 33 TWh kaukolämpöä, 16 TWh öljyä ja maakaasua sekä 14 TWh puuta ja pellettejä. Lisäksi maalämpöä tuottavat lämpöpumpit kuluttivat sähköä noin 0,6 TWh.

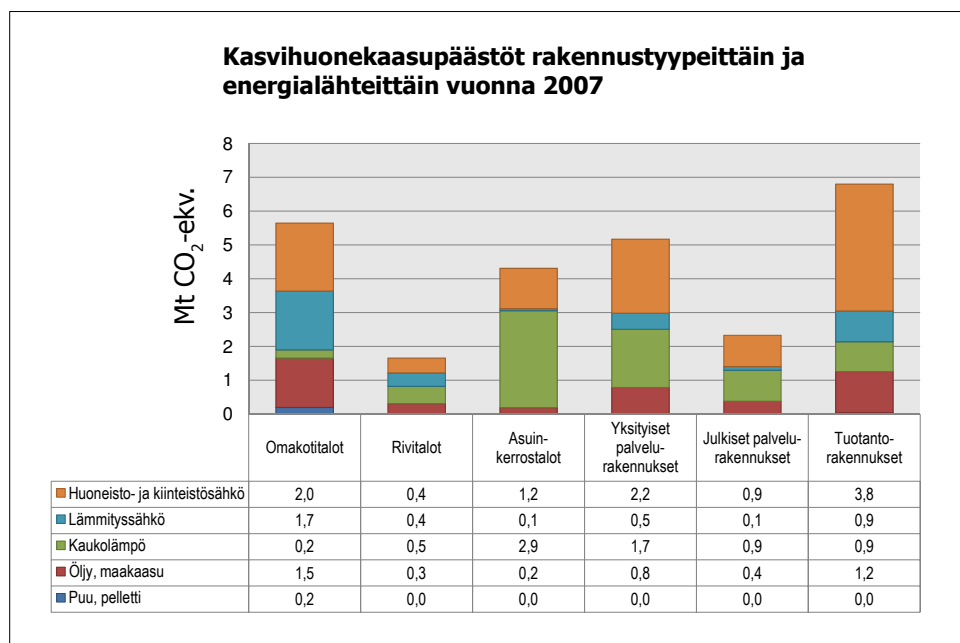
Huoneisto- ja kiinteistö sähköä käytetään vaihtelevasti eri talotyypeissä. Asuinrakennuksissa ja vapaa-ajan rakennuksissa käyttö on noin 20–25 %, palvelurakennuksissa noin 35–40 % ja tuotantorakennuksissa noin 50 % energian loppukäytöstä. On huomattava, että tuotantorakennusten osalta tiedot ovat epävarmempia lähtötietojen puutteellisuuden vuoksi.

Lämmitys sähköä käytetään eniten omakotitalojen ja tuotantorakennusten lämmittämiseen. Asuinkerrostaloista yli 90 % ja palvelurakennuksista 60–70 % lämmitetään kaukolämmöllä. Kaukolämpöä kuluu myös tuotantorakennuksissa ja rivitaloissa sekä vähäisemmissä määrin omakotitaloissa.

Tuotantorakennuksista noin kolmannes lämmitetään öljyllä. Palvelurakennuksien, omakotitalojen ja rivitalojen lämmityksestä öljyn osuus on noin 20–25 %. Muuten öljyn käyttö on vähäistä. Puun ja pellettien käyttö lämmityksessä on yleisintä omakotitaloissa. Myös tuotantorakennuksissa käytetään jonkin verran puuta lämmitykseen.

<sup>78</sup> Laskelmat Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakennuksien energiankulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on jaoteltu alla kuvassa 7.7 rakennustyypeittäin ja energialähteittäin perustuen mallilaskelmiin. Kasvihuonekaasupäästöt on laskettu perustuen ominaispäästökertoimiin, jotka vuonna 2007 olivat sähkölle 280 gCO<sub>2</sub>/kWh, kaukolämmölle 219 gCO<sub>2</sub>/kWh, kevyelle polttoöljylle 267 gCO<sub>2</sub>/kWh ja puulle 18 gCO<sub>2</sub>/kWh. Puun päästöt aiheutuvat lähinnä pienpolton yhteydessä syntyvistä metaanipäästöistä.



**Kuva 7.7.** Kasvihuonekaasupäästöjen jakaantuminen rakennustyypeittäin ja energialähteittäin vuonna 2007.<sup>79</sup>

Kasvihuonekaasupäästöjen jakauma oli vuonna 2007 melko läheisesti energian loppukäytön jakauman kaltainen. Poikkeuksen muodosti puun ja pellettien käyttö, jonka päästöt olivat huomattavasti vähäisempiä kuin muiden energiamuotojen. Tämän vuoksi omakotitalojen kasvihuonekaasupäästöt suhteessa loppuenergian käyttöön olivat muita pienemmät.

Rakennusten sähkönkulutukseen liittyvät päästöt syntyvät lähes yksinomaan keskitetyn sähköntuotannon fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käytöstä. Lämmityksessä päästöjä aiheuttaa sekä kaukolämmöstä että öljylämmityksestä.

### Rakentaminen ja rakennusmateriaalien valmistus

Rakentamisen ja rakennusmateriaalien valmistuksen energiankulutus ja päästöt tunnetaan muita sektoreita huonommin. Arvioihin energiankulutuksen ja päästöjen muodostumisesta ja kehityksestä liittyy muita sektoreita suurempaa epävarmuutta.

<sup>79</sup> Laskelmat Tampereen teknillinen yliopisto.

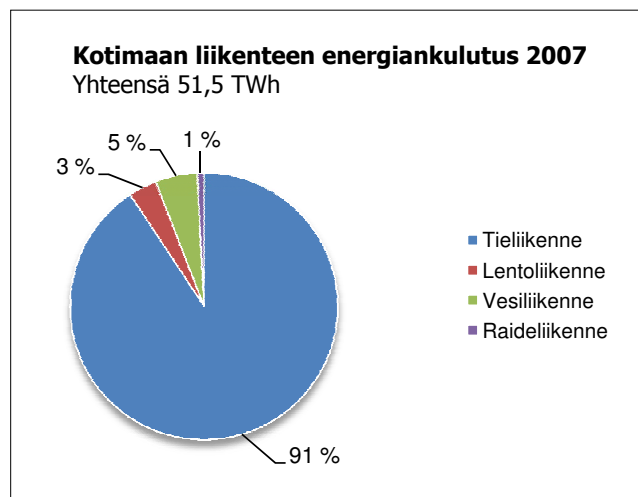
Rakentamisen ja rakennusmateriaalien valmistuksen energian loppukäyttö oli 13 TWh vuonna 2007. Valtaosa energiasta, arviolta 9 TWh, kului rakennusmateriaalien valmistukseen. Rakentamisen aikainen polttoaineiden kulutus oli noin 3,5 TWh ja sähkönkulutus 0,4 TWh.

Rakentamisen ja rakennusmateriaalien valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt olivat arviolta vajaa 5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv vuonna 2007. Tästä rakentamisen ja rakennusmateriaalien valmistuksen sähkönkulutuksen osuus oli arviolta vajaa 1 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Rakentamisen polttoainekäyttö oli vajaa 2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Rakennusmateriaalien valmistuksen osuus oli noin 2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv, johon on luettu mukaan sementin valmistuksen osuus 0,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

Selvityksessä ei ole tehty yksityiskohtaista analyysiä eri rakennusmateriaalien vaikutuksista energian loppukäyttöön tai kasvihuonekaasupäästöihin.

### Liikenne

Liikenne voidaan jaotella henkilöliikenteeseen ja tavaraliikenteeseen tai toisaalta tieliikenteeseen, raideliikenteeseen, lentoliikenteeseen ja vesiliikenteeseen. Kotimaan tie-, raide- ja lentoliikenteen yhteenlaskettu energiankulutus oli kuvan 7.8 mukaisesti 51,5 TWh vuonna 2007. Valtaosa eli 91 % energiasta kuluu tieliikenteessä. Liikenteen energiankulutus ja päästöt aiheutuvat lähes kokonaisuudessaan polttoaineiden käytöstä. Vuonna 2007 vain raideliikenteessä käytettiin merkittävässä määrin sähköä, mutta sähkön kokonaiskulutus jäi alle 1 TWh:n.

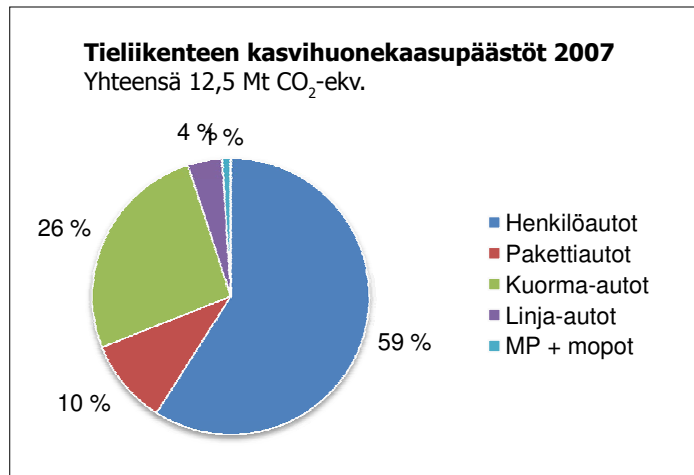


Kuva 7.8. Liikenteen energiankäyttö.<sup>80</sup>

Tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä 59 prosenttia on henkilöautoliikenteen aiheuttamaa kuvan 7.9 mukaisesti. Kuorma- ja pakettiautojen osuus on 36 prosenttia, ja linja-autojen osuus 4 prosenttia.

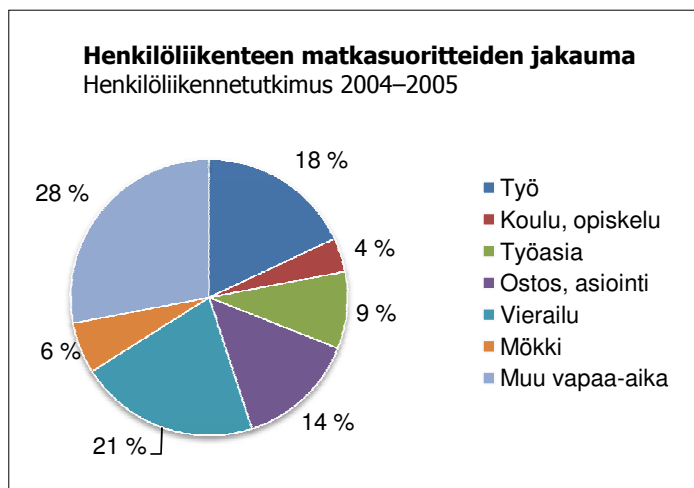
<sup>80</sup> Tilastokeskus, Energiakirja 2009.





**Kuva 7.9.** Tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen jakauma.<sup>81</sup>

Henkilöliikenteen suoritteesta 31 prosenttia on työhön tai opiskeluun liittyviä matkoja. Ostos- ja asiointimatkojen osuus on 14 prosenttia, ja loput 55 prosenttia on erilaisia vapaa-aikaan liittyviä matkoja kuvan 7.10 mukaisesti. Tavaraliikenteessä liikennesuoritteisiin vaikuttaa taloudellisen aktiviteetin määrä sekä toiminnan luonne. Liikennesuoritteiden määrät vaihtelevat alkutuotannon, teollisuuden ja palvelusektorin välillä sekä myös näiden sektoreiden sisällä.



**Kuva 7.10.** Henkilöliikenteen matkasuoritteiden jakauma.<sup>82</sup>

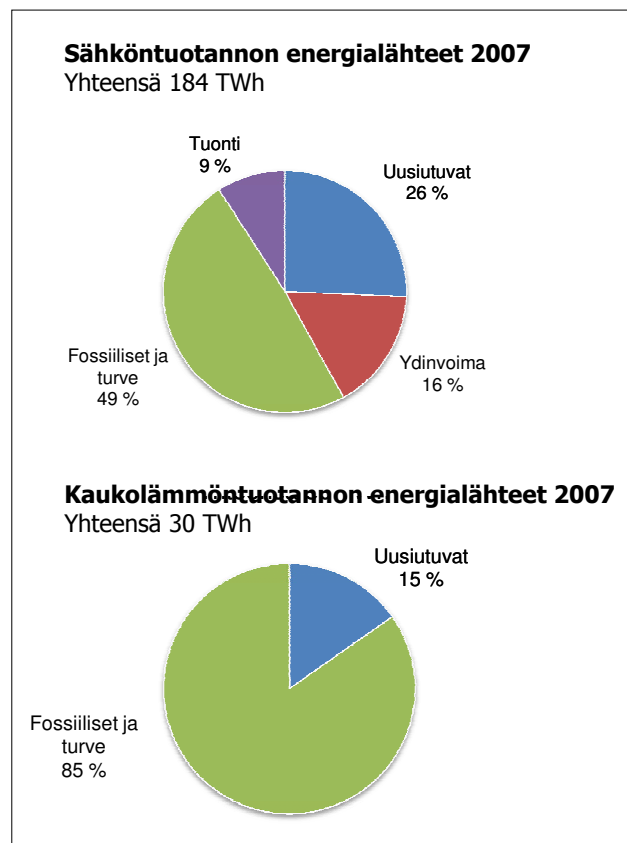
<sup>81</sup> VTT Lipasto.

<sup>82</sup> Henkilöliikennetutkimus 2004–2005.

Henkilöautolla tehtyjen matkojen suoritteesta 36 prosenttia on työhön tai opiske- luun liittyviä matkoja. Ostos- ja asiointimatkojen osuus on 17 prosenttia, ja loput 47 prosenttia on erilaisia vapaa-aikaan liittyviä matkoja. Henkilöautoa käytetään siten suhteellisesti enemmän työmatkoilla, kun taas vapaa-aikana käytetään enem- män myös muita kulkutapoja.

**Energiahuoltoratkaisut**

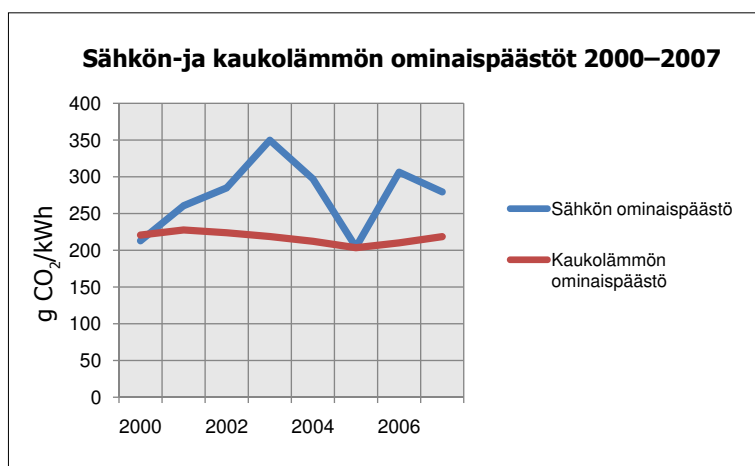
Energiantuotannossa käytetyt polttoaineet on esitetty kuvassa 7.11. Sähköntuotan- nossa uusiutuvien polttoaineiden osuus oli vuonna 2007 noin neljännes. Yhdessä ydinvoiman ja tuonnin kanssa Suomen kannalta päästöneutraalit energialähteet muodostivat noin puolet sähköntuotannon energialähteistä. Toinen puoli energia- lähteitä olivat fossiiliset polttoaineet ja turve. Kaukolämmöntuotannossa uusiutuvien energialähteiden osuus oli 15 % vuonna 2007. Loput kaukolämmöstä tuotettiin fossiilisilla polttoaineilla ja turpeella.



**Kuva 7.11.** Energiantuotannossa käytetyt polttoaineet.<sup>83</sup>

<sup>83</sup> Tilastokeskus, Energiatilasto 2009.

Sähkön ja kaukolämmön tuotannon aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen tuotettua energiayksikköä kohden on esitetty kuvassa 7.12. Sähkön ominaispäästöt vaihtelevat voimakkaasti. Tämä on suurelta osin seurausta kotimaisen lauhdetuotannon määrästä. Mikäli fossiilisilla polttoaineilla on tuotettu paljon lauhdesähköä, nousee tämä koko maan sähköntuotannon ominaispäästöjä. Esimerkiksi vuosi 2003 on ollut tällainen. Vaihtoehtoisesti mikäli sähköä on tuotu paljon ulkomailta, on tarve kotimaiseen tuotantoon ollut vähäisempi. Tämä laskee päästöjä, kuten on käynyt esimerkiksi vuonna 2005. Kaukolämmön ominaispäästöt ovat kehittyneet tasaisemmin. Kaukolämmityksen loppukäyttö on suhteellisen tasaista, vaikkakin lämmitystarve vaihtelee sääolosuhteiden seurauksena.



**Kuva 7.12.** Sähkön ja kaukolämmön tuotannon ominaispäästöjen kehitys. Ominaispäästö kuvastaa kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä on syntynyt tuotettua energiayksikköä kohden<sup>84</sup>.

## 7.1.2 Tuleva kehitys

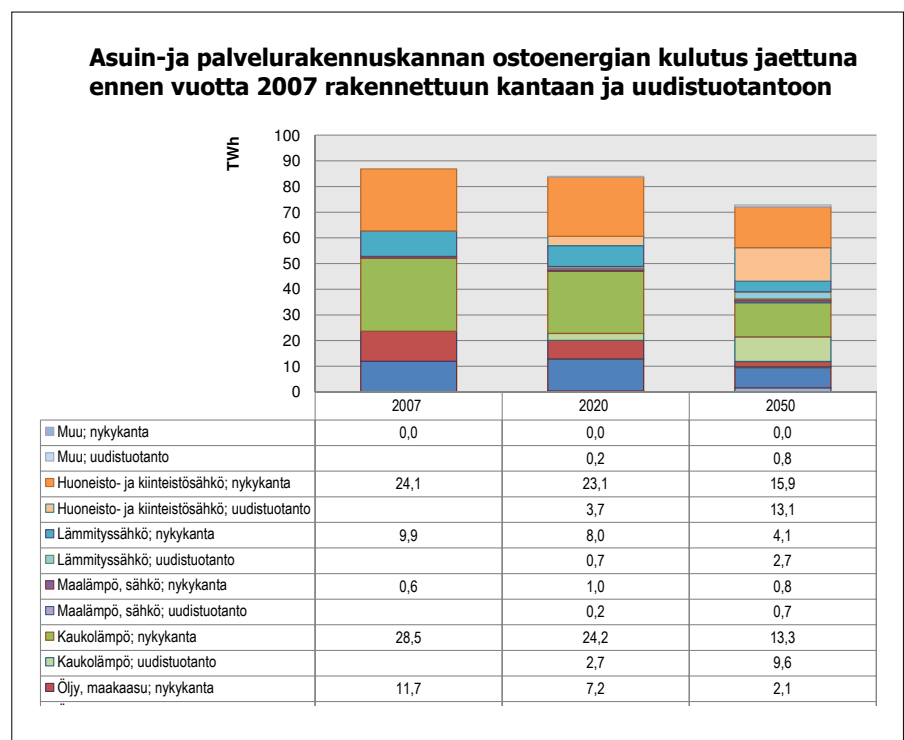
### Rakennukset

Rakennetun ympäristön energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen tulevaan kehitykseen liittyy merkittävää epävarmuutta. Merkittävimpiä tuntemattomia tekijöitä energiankulutuksen kannalta ovat nykyisen rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen ja liikennesuoritteiden määrä. Yhdistettynä suomalaisen elinkeinorakenteen esitettyihin vaihtoehtoihin kehityskuviin, on hajonta energian loppukäytön kehittämisessä suuri. Kasvihuonekaasupäästöjen osalta tulevaisuudessa tehtävien energiahuoltoratkaisujen merkitys on keskeinen.

Rakennuksien energiankulutus on kääntymässä laskuun. Energiaa enemmän kuluttavan vanhan rakennuskannan poistuma ja korvaantuminen uusilla energiatehokkaammilla rakennuksilla vähentää energiankulutusta. Energiatehokkuutta lisäävillä korjaustoimilla voidaan vähentää jäljelle jäävän nykyisen rakennuskannan energiankulutusta.

<sup>84</sup> Lähde: Tilastokeskus. Lämmön ja sähkönyhteistuotannon päästöt on jaettu nk. hyödynjakomenetelmällä.

Kuvassa 7.13 on esitetty kehityspolku, jossa uusien rakennuksien ostoenergian tarve määäräytyy keskimäärin vuoden 2010 energiatehokkuusvaatimusten mukaisesti ja nykyisen rakennuskannan lämmitysenergian tarvetta vähennetään muiden korjaus- toimien yhteydessä. Huoneisto- ja kiinteistösähkön kulutuksen ei ole tässä oletettu tehostuvan ja rakennusten lämmitystapavalintojen on oletettu seuraavan nykytilan mukaista kehitystä. Kulutus on jaoteltu vuoden 2007 rakennuskantaan ja sen jäl- keen rakennettavaan uudistuotantoon.



**Kuva 7.13.** Energian loppukäyttö rakennuksissa olettaen, että merkittävien korjaushank- keiden yhteydessä toteutetaan energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ja uudisrakenta- minen on normien 2010 tasolla.<sup>85</sup>

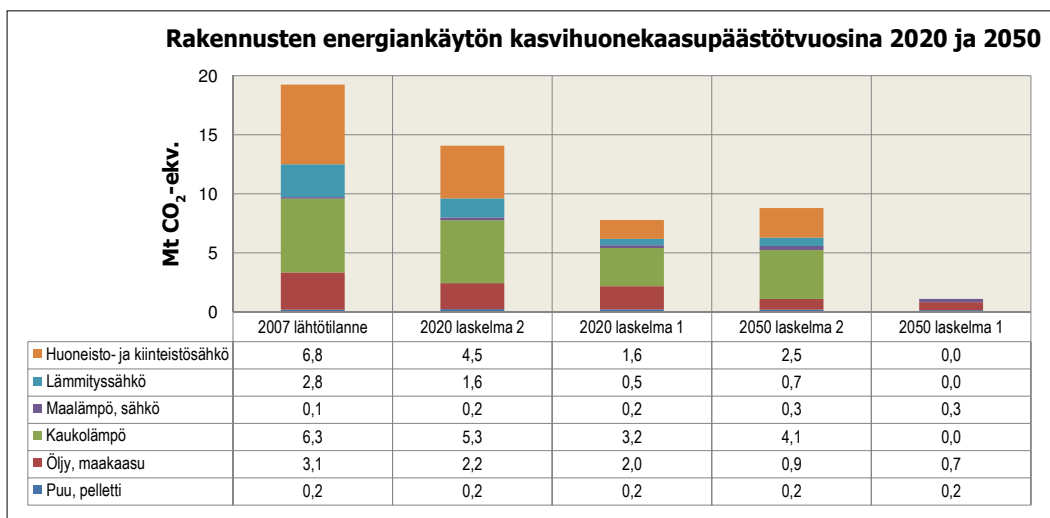
Energian loppukäyttöä pienenee esitetystä edelleen, mikäli uudisrakentamisen normiohjaus kiristyy vuoden 2010 tasosta. Erityisesti uudisrakentamisen normioh- jauksella voidaan vaikuttaa vuoden 2050 uudistuotannon energiankulutukseen.

<sup>85</sup> Laskelmat Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakennusten energiankulutuksen kehittymistä on tarkasteltu erityisesti asuin- ja palvelurakennusten osalta. Mikäli nykyisen rakennuskannan energiatehokkuutta ei korjaustoimin onnistuta parantamaan, on asuin- ja palvelurakennusten lämmitysenergian tarve noin 57 TWh vuonna 2050. Olettamalla, että energiakorjauksia toteutetaan aina muiden korjausten yhteydessä, vähenee lämmitysenergian tarve noin 20 %. Mikäli rakennuksia korjataan vuoden 2010 normeja vastaavalle tasolle, vähenee energiankulutus noin kolmanneksella vuoteen 2050 mennessä. Energia- tehokkuustoimien lisäksi muiden peruskorjausten yhteydessä tehtävien korjausten avulla saataviin säästöihin vaikuttaa korjausrakentamisen määrä.

Rakennuksien ostoenergian tarpeeseen voidaan näiden toimien lisäksi vaikuttaa myös lämmitystapavalinnoilla. Esimerkiksi lämpöpumppujen voimakkaampi lisääntyminen mahdollistaa lämmitykseen kulutettavan ostoenergian tarpeen pienentämisen, mutta kasvattaa toisaalta sähkönkulutusta.

Rakennuskannan päästöjen kehittyminen on esitetty kuvassa 7.14 kahden vaihtoehdoisen laskelman kautta. Laskelmassa 1 asuin- ja palvelurakennusten lämmitysenergian tarvetta on oletettu vähennettävän muun korjausrakentamisen yhteydessä tehtävin energiatehokkuustoimin. Toimien vaikutuksesta lämmitysenergian tarve vähenee noin 20 %. Uudisrakentamisessa on oletettu rakentamisen noudattavan vuoden 2010 normitasoa. Sähkön ja kaukolämmön päästöjä vähentää aleneva energiantuotannon päästöjen aleneminen. Energiantuotannon päästöjen kehityksen on oletettu noudattavan valtioneuvoston kevään 2010 linjauksia. Linjauksien mukaan ydinvoiman tuotanto lisääntyy sähkössä ja metsähakkeen käyttö kaukolämmön tuotannossa merkittävästi jo vuoteen 2020 mennessä.<sup>86, 87</sup> Mikäli energianhuollon ratkaisut eivät etene linjausten mukaisesti ja energiakäytön tehostamista ei saada toteutettua, jäävät rakennuskannan energiankäytön päästöt huomattavasti korkeammalle tasolle laskelman 2 mukaisesti. Tässäkin skenaariossa uusiutuvien energialähteiden lisääntyminen vähentää päästöjä vuoteen 2020 mennessä noin 5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv verran ja vuoteen 2050 mennessä päästöt noin puolittuvat.



**Kuva 7.14.** Asuin ja palvelurakennusten energiankäytön aiheuttamien päästöjen kehittyminen.<sup>88</sup>

<sup>86</sup> Valtioneuvoston periaatepäätös Teollisuuden Voima Oyj:n hakemukseen ydinvoimalaitos-yksikön rakentamisesta ja Valtioneuvoston periaatepäätös Fennovoima Oy:n hakemukseen ydinvoimalaitoksen rakentamisesta, 6.5.2010.

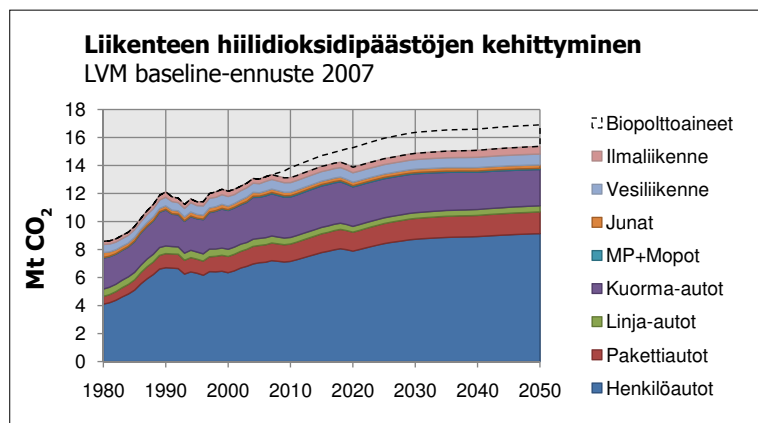
<sup>87</sup> Elinkeinoministeri Pekkarinen, Kohti vähäpäästöistä Suomea – Uusituvan energian velvoitepaketti, esitys, 20.4.2010.

<sup>88</sup> Laskelmat Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakentamisen ja rakennusmateriaalien energiankäytön tulevaa kehitystä ei ole tässä selvityksessä tarkasteltu erikseen. Aiempien selvitysten perusteella esimerkiksi puurakentamisen lisäämisen avulla voitaisiin saavuttaa yli 10 % säästöt sekä rakennusmateriaalien valmistuksen energiankulutuksessa että päästöissä <sup>89</sup>.

## Liikenne

Liikenteen energiankulutukseen ja päästöihin vaikuttavat liikkumisen tarve, kulkutapa- ja kuljetustapavalinnat sekä kulkuneuvojen teknologia. Liikenteen CO<sub>2</sub>-päästöjen kehittyminen ilman uusia toimenpiteitä on esitetty kuvassa 7.15. Energiankulutusta ja päästöjä lisäävät liikennesuoritteiden määrän oletettu 19 % lisääntyminen vuoteen 2020 mennessä ja 38 % lisääntyminen vuoteen 2050 mennessä suhteessa vuoden 2006 tilanteeseen.



**Kuva 7.15.** Liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehittyminen perustapauksessa.<sup>90</sup>

Suurin osa yllä esitystä liikenteen päästöjen kasvusta aiheutuu henkilöautoliikenteen päästöjen kasvusta. Perusennusteessa on oletettu ajoneuvojen keskimääräisten päästöjen kehittyvän varsin maltillisesti. Ajoneuvoa kohden päästöjen on vuonna 2020 oletettu olevan 2 % alhaisempia kuin vuonna 2006 ja 16 % alhaisempia vuonna 2050. Myöskään kulkutapavalinnoissa ei ole oletettu tapahtuvan merkittäviä muutoksia.

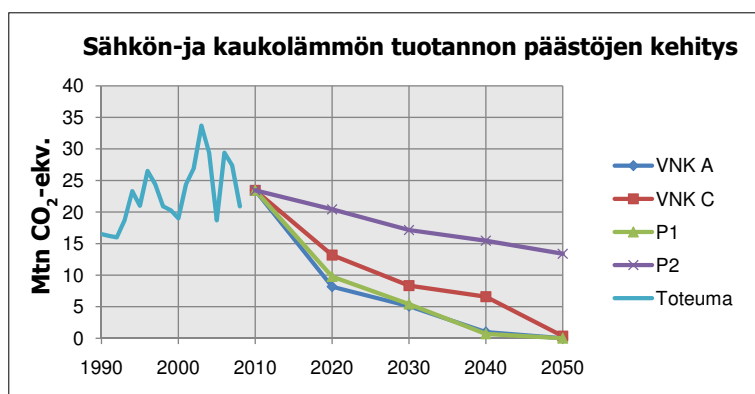
## Energiahuolto

Rakennetun ympäristön energiasta suuri osuus käytetään sähkönä ja kaukolämpönä. Näiden energiamuotojen tuotantotapojen kehittymisellä on täten suuri vaikutus rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöjen kehittymiseen.

<sup>89</sup> K. Pingoud ja A.-L. Perälä, Arvioita puurakentamisen kasvihuonevaikutuksista, VTT julkaisu- ja 840/2000 sekä A.-L. Perälä et. al, Rakennusten energiasäilytys, TTKK Rakentamistalouden julkaisu 10/1995.

<sup>90</sup> Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020.

Energiahuollon tulevaan kehitykseen liittyy merkittäviä epävarmuuksia. Näitä epävarmuuksia on tarkasteltu neljän toisistaan poikkeavan vuoden 2050 ulottuvan tulevaisuuden kehityspolun avulla. Peruslähtökohtana on nykyisten päätöksien mukaisen kehityskulun kaksi toteumaa, *Perusskenaario 1 (P1)* ja *Perusskenaario 2 (P2)*. Lisäksi tarkastellaan Valtioneuvoston ilmastopoliittiseen tulevaisuusselontekoon pohjautuvia skenaarioita *Tehokkuuskumous (VNK A)* ja *Omassa vara parempi (VNK C)* <sup>91</sup>. Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen näissä skenaarioissa on esitetty kuvassa 7.16.



Kuva 7.16. Rakennuskannan energiankäytön päästöjen kehittyminen.<sup>92</sup>

Energiantuotannon päästöt vähenevät kaikissa skenaarioissa, koska päästöjä aiheuttava fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa vähenee. Skenaariossa VNK C on lisäksi oletettu, että hiilidioksidin talteenotto- ja varastointi tulee laajamittaiseen käyttöön vuoden 2040 jälkeen.

Päästöjen aleneminen on nopeinta Perusskenaariossa 1 ja VNK A -skenaariossa. Perusskenaariossa 1 oletetaan, että fossiilista lauhdesähköntuotantoa korvataan nopeasti ydinvoimatuotannolla ja tuulivoimatuotannolla. Lisäksi oletetaan, että kaukolämmöntuotannossa siirrytään nopeasti käyttämään merkittävässä määrin lisää biopolttoaineilla, lähinnä metsähaketta. VNK A -skenaariossa oletetaan, että energiatehokkuus paranee merkittävästi perusskenaarioita enemmän, jolloin tuulivoiman lisärakentaminen yhdessä biopolttoaineiden lisäämisen kanssa johtaa nopeasti aleneviin päästöihin.

Perusskenaario 2:ssa on tarkasteltu kehitystä, jossa ydinvoiman ja tuulivoiman lisärakentaminen viivästyy. Lisäksi biopolttoaineiden käyttöä rajoittaa niiden saataavuus. Tuotannossa joudutaan näistä syistä turvautumaan fossiilisten polttoaineiden käyttöön myös vuonna 2050. Myöskään hiilidioksidin talteenotosta ja varastoinnista ei oleteta päästöjen vähentäjää.

<sup>91</sup> Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

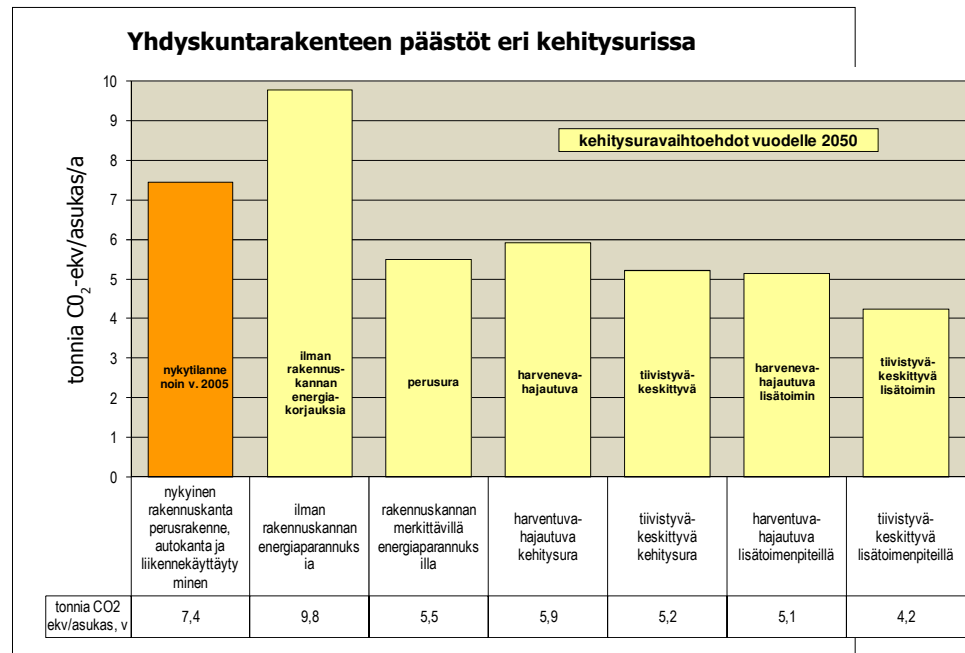
<sup>92</sup> Laskelmat Gaia Consulting Oy.

### Yhdyskuntarakenne

Yhdyskuntarakenteen tuleva kehitys heijastuu kaikkien rakennetun ympäristön sektoreiden energiankulutukseen ja päästöihin. Yhdyskuntarakenteen osalta tehtävät valinnat vaikuttavat tarvittavan rakentamisen määrään sekä erityisesti asuinrakennusten talotyyppisiin. Tiiviiseen kaupunkimaiseen ympäristöön keskittyvässä yhdyskuntarakenteessa on vähemmän väljästi asuttuja omakotitaloja kuin harvassa haja-asutusmallissa. Rakennusten energiankulutus on täten alhaisempi ja päästöt vähäisempiä.

Yhdyskuntarakenne määrittää merkittävän osan liikkumisen tarpeesta. Erityisesti vaikutukset kohdistuvat työ-, koulu- ja asiointimatkoihin. Tiivis yhdyskuntarakenne selviää kevyemmin infrastruktuuri-investoinnein ja samalla liikennesuoritteet vähenevät. Matkojen pituuden lisäksi yhdyskuntarakenne vaikuttaa myös kulkutapavalintoihin, esimerkiksi joukkoliikenteen mahdollisuuksien ja kevyen liikenteen osalta.

Kuvassa 7.17 on esitetty yhteenveto yhdyskuntarakenteen vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin VTT:n ja Straficin tutkimuksen mukaan. Kaupunkiseutujen rakennetta eheyttämällä yhdyskuntarakenteen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä asukasta kohden voidaan vähentää noin 30 %:lla verrattuna tilanteeseen, jossa rakenteen annetaan hajautua entiseen tapaan. Vaihtoehtoisten kehityspolkujen päästöjen vaihteluväli on 1,7 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv asukasta kohti, mikä 34 suurimman kaupunkiseudun (4,2 miljoonaa asukasta vuonna 2050) osalta vastaa noin 7,1 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Tämä edellyttää nykyistä selkeästi voimakkaampia toimenpiteitä.



**Kuva 7.17.** Vaihtoehtoisten kehitysurien yhdyskuntarakenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohti vuonna 2050. Kuvassa esitetty "Ilman rakennuskannan energia-korjauksia" -vaihtoehto on siinä suhteessa teoreettinen, että jo alkanut rakennuskannan energiatehokkuustoimien toteuttaminen jatkuu hyvin todennäköisesti entisestään kiristyvien rakentamismääräysten ansiosta.<sup>93</sup>

<sup>93</sup> Lähde: Lahti, P. ja Moilanen P. 2010. Rakennusten energiatehokkuuden on tässä laskelmassa oletettu parantuvan selkeästi, mutta energiantuotannon ominaispäästöjen on oletettu pysyvän ennallaan ja liikenteen ajoneuvojen ominaispäästöjen parantuvan maltillisesti.



## 7.2 Vuosien 2020 ja 2050 velvoitteiden täyttäminen

### 7.2.1 Velvoitteet 2020 ja 2050

Suomi on asettanut tavoitteeksi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kestäväälle tasolle vuoteen 2050 mennessä. Vuoden 2009 Valtioneuvoston ilmastopoliittisen selonteon mukaan tämä edellyttää 80 % vähennyksiä kasvihuonekaasupäästöihin suhteessa vuoden 1990 tasoon osana kansainvälistä yhteistyötä.<sup>94</sup>

EU on yksipuoleisesti sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2020 mennessä 20 % vuoden 2005 tasosta. Päästövähennyksiä tavoitellaan EU tason päästöoikeuksien kaupankäyntijärjestelmän sekä maakohtaisten velvoitteiden avulla<sup>95</sup>. Kaupankäyntijärjestelmän osuus päästövähennyksistä on 21 % ja loppu velvoite on jaettu maakohtaisiin päästövähennysvelvoitteisiin. Suomen osalta velvoite tarkoittaa 16 % vähennystä vuoden 2005 tasosta päästöoikeuksien kaupankäyntijärjestelmän ulkopuolissa päästöissä vuoteen 2020 mennessä.<sup>96</sup>

Päästöoikeuksien kaupankäyntijärjestelmä kattaa suuren osan teollisuuden ja energiatuotannon kasvihuonekaasupäästöistä. Päästöoikeuksien kaupankäyntijärjestelmän luomisen yhtenä tarkoituksena on ollut, että päästöjen vähentäminen tapahtuu siellä, missä se on kustannustehokkainta.

Päästökauppajärjestelmän ulkopuoliset päästöt koostuvat pääosin liikenteen, maatalouden ja rakennuksien lämmityksen polttoaineiden käytöstä. Näille sektoreille ei ole asetettu sektorikohtaisia tavoitteita päästöjen vähentämisestä. Täten tässä selvityksessä voidaan tarkastella rakennettua ympäristöä vain osana kokonaisuutta.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteen lisäksi EU on asettanut jäsenmailleen sitovan tavoitteen uusiutuvien energiamuotojen lisäämiseksi. Tavoitteena on lisätä uusiutuvilla energialähteillä tuotetun energian osuus 20 %:iin loppuenergiankäytöstä vuoteen 2020 mennessä. EU:n kokonaistavoitteen perusteella on asetettu jäsenmaakohtaiset velvoitteet. Suomen osalta velvoite on nostaa uusiutuvan energian osuus loppuenergiankäytöstä 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvien energialähteiden osuus loppuenergian käytöstä oli 28,5 % järjestelmän perusvuotena olleena vuonna 2005.<sup>97</sup>

<sup>94</sup> Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, 2009.

<sup>95</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/29/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kauppaa koskevan yhteisön järjestelmän parantamiseksi ja laajentamiseksi.

<sup>96</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY, tehty 23 päivänä huhtikuuta 2009, jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä.

<sup>97</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä.

EU:n tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta 20 % vuoteen 2020 mennessä, mutta kasvihuonekaasupäästöjen ja uusiutuvien energialähteiden lisäämisen velvoitteista poiketen tavoite ei ole sitova. EU:n energiapalveludirektiivin mukaan jäsenvaltioiden tulee asettaa tavoite energiatehokkuuden parantamiseksi 9 % vuoteen 2016 mennessä ja esittää toimenpiteitä tavoitteen saavuttamiseksi<sup>98</sup>. Energiapalveludirektiivin vaatimuksiin on otettu kantaa kansallisessa energiatehokkuuden toimintasuunnitelmasta vuodelta 2007<sup>99</sup>.

Suomen kansallisia tavoitteita ja toimenpiteitä energiatehokkuuden lisäämiseksi on linjattu kansallisessa ilmasto- ja energiastategiassa vuodelta 2008<sup>100</sup>, valtioneuvoston ilmastopoliittisessa tulevaisuusselonteossa vuodelta 2009<sup>101</sup> sekä valtioneuvoston periaatepäätöksessä energiatehokkuudesta vuodelta 2010<sup>102</sup>.

Vuoden 2010 periaatepäätöksen mukaan tavoitteena on energian loppukäytön kasvun pysäyttäminen ja kulutuksen kääntämisen laskuun. Tavoitteena on saavuttaa 37 TWh eli noin 11 % säästö energian loppukäytössä vuoteen 2020 mennessä suhteessa kehitykseen ilman tehostamistoimenpiteitä. Merkittävä osuus tavoitteesta kohdistuu rakennettuun ympäristöön. Rakennuksien lämmitysenergian osuus arvioiduista säästöistä on noin 7 TWh, liikenteen 13 TWh, kotitalouksien 1 TWh ja laitteiden energiatehokkuuden 2 TWh.

## 7.2.2 Sektorikohtaiset painopistealueet

### Rakennetun ympäristön ohjaustoimet

Rakennetun ympäristön energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen ohjaaminen yhteiskunnan toimesta tulee tehdä harkiten. Yhteiskunnan rajallisten resurssien puitteissa taloudellista ohjaamista ei voida rakentaa suurien tukien varaan. Toisaalta kustannuksia lisäävien toimien kohdistamisessa tulisi harkita myös kustannustehokkuutta ja laajempia taloudellisia vaikutuksia. Tässä selvityksessä on keskitytty energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyviin kysymyksiin. Taloudellisia tarkasteluja ei ole selvityksen puitteissa tehty. Esitetyt toimenpiteet kuvastavat täten enemmän niitä teknisiä keinoja ja painopistealueita, joiden perusteella voidaan tehdä tarkempia kustannusarvioita ja poliittisia valintoja tulevista kehityssuunnista.

### Rakennusten energiankulutus

Energian loppukäyttö rakennusten lämmityksessä määräytyy lämmitettävän rakennuskannan koon ja yksittäisten rakennusten ostoenergian tarpeen perusteella. Lisäksi ilmastonmuutoksen on ennakoitu vähentävän lämmitysenergian tarvetta<sup>103</sup>.

<sup>98</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY, annettu 5 päivänä huhtikuuta 2006, energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista eli nk. energiapalveludirektiivi.

<sup>99</sup> Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma (NEEAP 2008–2010), 26.6.2007.

<sup>100</sup> Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastategia, 6.11.2008.

<sup>101</sup> Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

<sup>102</sup> Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä, 4.2.2010.

<sup>103</sup> Ilmatieteenlaitos, Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomessa, www-sivusto, www.ilmatieteenlaitos.fi, viitattu 24.8.2010.

Rakentamisen energiankulutuksessa uudisrakentamisen energiatehokkuutta voidaan ohjata rakennusmääräyksiensä kautta annettavien energiatehokkuusnormien perusteella. Uudisrakennusten energiankulutusta on tässä selvityksessä tarkasteltu olettaen ostoenergian keskimääräisen tarpeen vastaavan vuoden 2010 normitasoa. Energiankulutusta voidaan pienentää kiristämällä normiohjausta tai luomalla markkinapohjaista kiinnostusta energiatehokkaampaan rakentamiseen. Liian tiukan ja yksipuolisen normiohjauksen haittapuolena voi olla, että vapaaehtoisia normitasot alittavia ratkaisuja ei synny markkinaehtoisesti.

Nykyisellä rakennuskannalla on merkittävä rooli energiankulutuksessa vielä pitkälle tulevaisuuteen. Rakennuskannan korjaamisen yhteydessä tehtävien energiatehokkuutta parantavien energiakorjausten avulla voidaan energiankulutusta pudottaa merkittävästi. Haasteena nykytilassa on löytää keinot, jolla peruskorjausten ja perusrannusten yhteydessä toteutettaisiin myös energiatehokkuutta lisääviä toimia.

### **Keskitetty vai hajautettu lämmöntuotanto?**

Rakennusten ostoenergian tarpeeseen voidaan vaikuttaa rakennusten energiatehokkuutta parantamalla ja lisäämällä kiinteistökohtaisten uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Lämpöpumput ovat yleistyneet viime vuosina voimakkaasti ja nousseet suosituimmaksi tavaksi kiinteistökohtaisen uusiutuvan energian käyttöön. Toisaalta lämpöpumppujen käyttö lisää sähkön kulutusta.

Rakennuksien lämmitysenergian tuottamisen vaihtoehtona voi olla hajautettujen ratkaisujen lisäksi alueellinen lämmöntuotanto. Kaukolämpö ja alueelliset lämmitysratkaisut edellyttävät riittävää alueellista lämpökuormaa, jotta keskitetty lämmöntuotanto on teknis-taloudellisesti järkevää. Rakennusten ostoenergian tarpeen vähetessä kaukolämmön ja aluetason ratkaisujen kannattavuus heikkenee.

Alueellinen lämmöntarve määrittää pitkälti sähkön ja lämmön yhteistuotannon edellytykset. Yhteistuotannon perusajatuksena on, että sähköntuotannon yhteydessä syntyvä hukkalämpö voidaan ottaa talteen ja käyttää hyödyksi. Yhteistuotannon avulla energialähteiden käyttö on tehokkaampaa, kuin saman sähkö- ja lämpö määrän tuottaminen vastaavilla erillisillä ratkaisulla.

Kasviuonekaasupäästöjen kannalta lämpöpumppujen ja kaukolämmön välinen ero riippuu lämpöpumppujen käyttämän sähkön tuotannon päästöistä ja kaukolämmön tuotannon päästöistä. Kaukolämmön tuotannon päästöt vaihtelevat merkittävästi paikkakuntaakohtaisesti. Tähän vaikuttavat ensisijassa käytetyt polttoaineet ja toissijaisesti yhteistuotannon osuus kaukolämmön tuotannosta sekä teollisuuden sekundäärlämmön hyödyntäminen.

### **Rakentaminen ja rakennusmateriaalien valmistus**

Rakentamisessa ja rakennusmateriaalien valmistuksessa merkittävimpiä tekijöitä kasviuonekaasupäästöjen muodostumiseen ovat polttoaineiden käyttö ja rakennusmateriaalien valmistuksen päästöt. Polttoaineiden osalta päästöjä voidaan vähentää lisäämällä biopolttoaineiden osuutta. Rakennusmateriaalien päästöjä voidaan vähentää suosimalla vähemmän päästöjä aiheuttavia materiaaleja.

### **Liikennemäärät ja ajoneuvoteknologia**

Liikennesektorilla tieliikenne vastaa vajaasta viidenneksestä koko maan energiankulutuksesta ja kasvihuonekaasupäästöistä. Tieliikenteen päästöjä voidaan alentaa liikennesuoritteita vähentämällä, parantamalla kulkuvälineiden energiatehokkuutta tai siirtymällä käyttämään vähäpäästöisempiä energialähteitä. Liikennesuoritteiden määrää voidaan ohjata yhdyskuntarakenteen suunnittelun kautta sekä matkan tarkoituksen mukaisesti tieto- ja viestintäteknologian tai muiden vaihtoehtoisten toiminta- tai palvelumallien avulla. Lisäksi liikennesuoritteiden määrää voidaan vähentää, mikäli joukkoliikenteen osuutta kulkutapavalinnoista onnistutaan lisäämään.

Kulkuneuvojen energiatehokkuutta voidaan parantaa siirtymällä polttomoottoritekniologiasta sähköautoihin. Sähkömoottori tarvitsee 2–3 kertaa vähemmän energiaa ajoneuvon liikuttamiseen kuin perinteinen polttomoottori, jossa suuri osa energiasta hukataan lämpöhäviöinä. Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaistarkastelun kannalta on kuitenkin otettava huomioon, että näin lisääntynyt ajoneuvojen energiatehokkuus kasvattaa sähköenergian tarvetta. Jotta kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärä vähenee, on tarjolla oltava riittävästi päästötöntä sähköntuotantokapasiteettia.

Liikenteen polttonesteiden korvaaminen uusiutuville biopolttoaineilla vähentää myös ajoneuvokohtaisia päästöjä. Lisääntyvä biopolttoaineiden käyttö edellyttää kuitenkin riittävää määrää kestävästi tuotettua raaka-ainetta. Bioaineksista kilpailevat Suomessa energiantuotannon lisäksi metsäteollisuus ja myös uusia korkean jalostusasteen sovelluksia ollaan kehittämässä.

### **Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen**

Yhdyskuntarakenteen suunnittelulla voidaan ohjata rakennuskannan kokoa ja kehittymistä. Moni energiakäyttöön ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyvä seikka puoltaa eheidän aluerakenteiden synnyttämistä ja kasvun ohjaamista nykyisten yhdyskuntien sisälle. Liikenne-etäisyyksien lyhentämisen ja infrastruktuurien rakentamisen vähenemisen lisäksi yhdyskuntarakenne voi vaikuttaa asuinrakentamisen talotyyppeihin. Talotyyppien väliset erot omakotitaloasumisen ja kerrostaloasumisen lämmitysenergian ja kiinteistösähkön kulutuksen välillä ovat nykyteknologialla suhteellisen pieniä. Talotyyppien asumisväljyyden ja huoneistosähkön kulutuksen välillä on kuitenkin todettu olevan eroja. Tiivis yhteiskuntarakenne tuo myös parempia vaihtoehtoja alueellisille energiantuotantoratkaisuille ja joukkoliikenteelle.

### **Rakennetun ympäristön kokonaiskuva**

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäviä toimenpiteitä voidaan rakennetussa ympäristössä toteuttaa sektorikohtaisin toimenpitein. Perussuuntaviivat ovat selkeitä. Rakennusten, koneiden ja laitteiden sekä ajoneuvojen energiatehokkuuden parantaminen vähentää energiantuotannon tarvetta ja polttoaineiden käyttöä. Uusiutuvien energialähteiden lisääminen puolestaan vähentää energiantuotannon päästöjä.

Osa rakennetun ympäristön toimenpiteistä edellyttää huolellista kokonaisuuksien arviointia. Kaukolämmitettyjen talojen energiatehokkuuden parantaminen tai siirtyminen lämpöpumppujen käyttöön voi heikentää yhteistuotannon edellytyksiä, vähentää yhteistuotetun sähkön määrää ja lisätä primäärienergian kulutusta. Toisaalta mikäli yhteistuotanto on tuotettu fossiililla polttoaineilla ja sähkö suuremmassa osin päästöneutraaleilla lähteillä voivat kasvihuonekaasupäästöt kokonaisuudessaan vähentyä.

Liikenteen sähköistämällä voidaan parantaa ajoneuvojen energiatehokkuutta ja vähentää fossiilisten polttoaineiden liikennekäyttöä. Samalla kuitenkin lisätään sähkön kulutusta. Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta oleellinen kysymys on, onko tarjolla riittävästi päästötöntä sähköntuotantokapasiteettia lisääntyvää kysyntää vastaamaan.

Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämisessä tulee huomioida kotimaisten luonnonvarojen kestävä käyttö ja riittävyys. Kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää energiantuotannossa ja liikenteessä hyödyntämällä vielä nykyistä enemmän kotimaisia biomassavaroja. Rakentamisessa puurakentamisella voidaan vähentää rakennusmateriaalien päästöjä. Samoja metsäperäisiä luonnonvaroja voidaan kuitenkin käyttää metsä- ja bioteollisuuden raaka-aineina.

Rakennettu ympäristö muodostaa merkittävän osan Suomen energiankulutuksesta ja kasvihuonekaasupäästöistä. Osaa rakennettuun ympäristöön vaikuttavista toimenpiteistä tarkastellaan kuitenkin laajemmassa kontekstissa. Energiatehokkuus ja kasvihuonekaasupäästöt ovat vain osa rakennusten ominaisuuksia. Sähköntuotannon ratkaisut tehdään osana pohjoismaista tai eurooppalaista sähkömarkkinaa. Yhdyskuntarakenteella vaikutetaan myös elinkeinoelämän toimintaedellytyksiin.

Teknisten valintojen lisäksi rakennetun ympäristön energiankäyttöön ja kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavat kulutustottumukset. Toimenpiteiden avulla voidaan ohjata kulutustottumuksia säästösten, taloudellisten vaikuttimien tai vapaaehtoisuuteen perustuvien toimien muodossa.

## 7.3 Tulosten epävarmuudet ja jatkotutkimustarpeet

### 7.3.1 Tietopohjan parantaminen

Rakennetun ympäristön energiankulutusta ja päästöjä tunnetaan niiden yhteiskunnallinen merkitys huomioita ottaen yllättävän huonosti. Nykyisin käytettävissä oleva tietopohja rakentuu pääosin erilaisille mallilaskelmille. Mittaustietojen tai tilastollisen lähtötiedon puuttuessa on tässä selvityksessä monin osin jouduttu turvautumaan asiantuntija-arvioihin.

Vaikka monilla osa-alueilla esitetyt asiantuntija-arviot voivat kuvastaa oikeaa suuruusluokkaa, on arvioiden perusteella haastavaa luoda toimivaa mittaus- ja seurantajärjestelmää yksityiskohtaisten toimenpiteiden tehokkaan toteuttamisen varmistamiseksi.

Merkittäviä tietopohjaan liittyviä epävarmuuksia on lähes kaikilla alueilla:

- Rakennusten lämmitystapavalinnat tunnetaan uudisrakentamisen osalta kohtuullisen hyvin, koska rakennuslupavaiheessa tilastoidaan ensisijainen lämmitysmuoto. Vanhassa rakennuskannassa tapahtuva siirtymää esimerkiksi lämpöpumppujen käyttöön ei kuitenkaan tilastoida vastaavalla tarkkuudella.

- Lämpöpumppujen määrä on lisääntynyt voimakkaasti viime vuosina.<sup>104</sup> Lämpöpumppujen avulla säästettyä ostoenergian määrää ei voida suoraan mitata, vaan se perustuu arvioon käytöstä. Lämpöpumppujen energian käytön tilastointia ollaan parasta aikaa kehittämässä osana laajempaa energiatilastoinnin kehittämishanketta.<sup>105</sup>
- Rakennuskannan poistuman nykytilaa tai tulevaa kehityskulkua ei tunneta kovin hyvin. Tästä syntyy epätarkkuutta pääasiassa siihen, missä suhteessa vuonna 2050 on uudistuotantoa ja jäljellä olevaa nykyistä rakennuskantaa. Epätarkkuutta syntyy jonkin verran myös lämmitystapajakaumaan, koska jakaumat ovat erilaisia vanhassa kannassa ja uudistuotannossa.
- Tuotantorakennusten energiankäyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajia tunnetaan asuin- ja palvelurakennuksia huonommin. Epävarmuutta sisältyy sekä teollisuuden, että maatalousrakennusten tietoihin.<sup>106</sup>
- Palveluiden ja teollisuuden sähkönkäyttöä seurataan hyvin yleisellä tasolla. Sähkönkulutuksen kohdistaminen yksittäisiin laiteryhmiin perustuu pitkälle rajoitetun otannan perusteella tehtyihin mallilaskelmiin.
- Rakentamisen energiankulutuksesta tilastoihin liittyy epävarmuutta. Esi-merkiksi korjausrakentamisen osalta koneiden sähkönkäyttöä on vaikea erottaa kiinteistösähköstä. Myös rakentamisen epäsuorat vaikutukset esimerkiksi tilojen kuivatuksen osalta on vaikea laskea mukaan. Yksittäisten kohteiden erot energiankäytössä ovat suuria.
- Rakennusmateriaalien valmistuksen tilastoinnissa on haasteena selvittää kotimaassa tuotettujen rakennusmateriaalien energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Lisäksi tilastoinnista ei välttämättä selviä, mikä osuus kotimaisista raaka-aineista päättyy vientiin ja mitä rakennuksille tuodaan muualta.

Tietopohjaan liittyviä moninaisia kehitystarpeita on osin jo huomioitu kansallisen energiatilastoinnin kehittämissuunnitelmissa.<sup>107</sup>

### 7.3.2 Jatkotutkimustarpeet

Energian loppukäyttöön pyritään vaikuttamaan voimakkaasti EU:n toimesta. Energian loppukäytön tulevaa kehitystä ei ole Suomessa arvioitu järjestelmällisesti perustuen eri sektoreiden todennäköiseen kehityskulkuun. Monilla sektoreilla käytetyt ennusteet pohjautuvat pitkälti historialliseen kehityskulkuun, joita on jatkettu ilman, että toiminnan teknistä, taloudellista tai yhteiskunnallista ulottuvuutta olisi otettu huomioon. Yksittäisten selvitysten avulla on haasteellista muodostaa kokonaiskuva, jonka perusteella voitaisiin tehdä perusteltuja kustannustehokkaita valintoja ohjauskeinoista.

<sup>104</sup> Suomen Lämpöpumppuyhdistys, [www.sulpu.fi](http://www.sulpu.fi).

<sup>105</sup> Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksessä Energiatilastointi ja sen kehittämistarpeet – Tilastovastuuryhmän loppuraportti, 2010.

<sup>106</sup> Ks. esim. Maatalouden kehitysarvio kansallista ilmasto-ohjelmaa varten, työryhmämuistio MMM 2001:2, jossa maatalouden sähkönkulutukseksi vuonna 1999 oli ilmoitettu 2,34 TWh. Tilastokeskuksen arvio samalle vuodelle on 1,50 TWh.

<sup>107</sup> Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksessä Energiatilastointi ja sen kehittämistarpeet – Tilastovastuuryhmän loppuraportti, 2010.

Kulutustottumuksien muutoksia ei ole tässä selvityksessä tarkasteltu. Tekniikan kehittämisestä huolimatta ja osin siitä johtuen energiatehokkuuden toteutuminen merkittävässä määrin edellyttää muutoksia ihmisten käyttäytymisessä. Näiden käyttäytymisprosessien ymmärtäminen osana muutosta on keskeinen osa, jotta politiikkatoimin voidaan saavuttaa haluttuja vaikutuksia.

Energiantuotantojärjestelmien tarkastelussa on esitetyissä skenaarioissa rajauduttu Suomen tilanteen tarkasteluun. Energiantuotantoon liittyvät investoinnit tapahtuvat kuitenkin markkinaehtoisesti. Erityisesti sähköntuotannon osalta kotimainen sähkömarkkina on pitkälti integroitunut muuhun pohjoismaiseen markkina-alueeseen. Markkinaintegraation ja lähialueiden kehityksellä tulee olemaan merkittävä vaikutus kotimaisen energiantuotannon toimintaedellytyksiin. Näiden näkökulmien huomioon ottaminen osana poliittista päätöksentekoa edellyttäisi toimialan muutosajureiden tarkempaa selvittämistä.

Lämpöpumppujen voimakas lisääntyminen on uusi ilmiö rakennusten lämmittämisessä. Lämpöpumppujen voimakas lisääntyminen vaikuttaa esimerkiksi energiatehokkuutta parantavien korjausrakentamistoimien kannattavuuteen ja sähkönkulutukseen. Vaikutusten kokonaiskuva on tarvetta edelleen selvittää lisää.

Yhdyskuntarakenteen, rakentamisen ja energiajärjestelmien välistä yhteyttä on pyritty jossain määrin kuvaamaan tässä selvityksessä ja lähteinä käytetyissä aiemmissa selvityksissä. Yhdyskuntarakenteen muutokset voivat vaikuttaa sekä energiantarpeeseen että käytettyihin energiantuotantotapoihin. Erityisesti lämmitystapavalinnoilla voi olla suuri vaikutus energiahuollon kokonaiskuvaan ja kasvihuonekaasupäästöihin. Näitä vaikutusmekanismeja on edelleen tarve selvittää kokonaisvaltaisemmin.

Täydentävä ja eheyttävä yhdyskuntasuunnittelu edellyttää huolellista paneutumista paikallisiin olosuhteisiin ja uuden taitavaa sovittamista vanhan lomaan. On tarpeen tutkia ja kehittää myös uusia kaupunkirakentamisen malleja sekä ekotehokkaita kortteli- ja talotyyppejä.

Yhdyskuntarakenteellisten tekijöiden vaikutusta liikennesuoritteiden kokonaismäärään tunnetaan vain osittain arkiliikkumisen osalta. Yhdyskuntarakenteen vaikutuksia päivittäisten rutiinimatkojen lisäksi vapaa-ajan matkustamiseen voitaisiin selvittää tarkemmin. Lisäksi vaikutuksia palvelu- ja tavaraliikenteeseen tunnetaan toistaiseksi rajoitetusti.

## Lähdeluettelo

- A.-L. Perälä et. al, Rakennusten energiasisältö, TTKK Rakentamistalouden julkaisuja 10/1995.
- A.-L. Perälä ja E. Nippala, Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö, VTT tiedotteita 1936/1998.
- Asuntokorjaaja 2009. Rakennustutkimus RTS Oy. Kesäkuu 2009.
- Elinkeinoministeri Pekkarinen, Kohti vähäpäästöistä Suomea – Uusiutuvan energian velvoitepaketti, esitys 20.4.2010.
- Energiateollisuus ry, Haasteista mahdollisuuksia — sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050, 2009.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/29/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kauppaa koskevan yhteisön järjestelmän parantamiseksi ja laajentamiseksi.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/1/EY, annettu 15 päivänä tammikuuta 2008, ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY, annettu 5 päivänä huhtikuuta 2006, energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista eli nk. energiapalveludirektiivi.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY, tehty 23 päivänä huhtikuuta 2009, jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä.
- Gaia Consulting Oy, Suomelle kilpailukykyä älyenergiasta, 2010 (julkaisijana WWF Suomi).
- Heljo, J., Nippala, E., Nuutila, H., Rakennusten energiankulutus ja CO<sub>2</sub>-ekv päästöt Suomessa. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakentamistalouden laitos. Raportti 2005:4. Tampere 2005. 105 s.
- Helminen Ville, Ristimäki Mika, Oinonen Kari (2010): Taajamakasvun perusrakentamisen laskentamalli Suomen 34 suurimmalle kaupunkiseudulle 2005–2050. SYKE Sähköinen julkaisu. [www.ymparisto.fi/YKR](http://www.ymparisto.fi/YKR).
- Henkilöliikennetutkimus 2004–2005, WSP LT-Konsultit Oy, Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto ja Ratahallintokeskus, 2006.
- Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S., 2009. Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto/Sähköenergiatekniikan laitos. Raportti 12.10.2009. 132 s.
- Ilmatieteenlaitos, Ilmastomuutoksen vaikutuksia Suomessa, [www-sivusto](http://www.ilmatieteenlaitos.fi), [www.ilmatieteenlaitos.fi](http://www.ilmatieteenlaitos.fi), viitattu 24.8.2010.
- Jätelaitosyhdistys ry., [www-sivusto](http://www.jly.fi), [www.jly.fi](http://www.jly.fi).
- K. Pingoud ja A.-L. Perälä, Arvioita puurakentamisen kasvihuonevaikutuksista, VTT julkaisuja 840/2000.



L. Korkiala-Tanttu et al., Väylärakentamisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit, Tiehallinnon selvityksiä 22/2006.

Lahti P., Mökkiliikenteen energia- ja ekotehokkuus (Vapaa-ajan ekotehokkuus, Suomen ympäristö 6, 2010, s. 64–88).

Lahti, P. & P. Moilanen 2010. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Kehitysverailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Edita Prima Oy, Helsinki 2010. 88 s.

Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020 (luonnos 27.5.2010) ja sen seurantaraportti (9.7.2010).

Tilastokeskus, Energiaennakko 2009, 24.3.2010.

Tilastokeskus. Energiatilasto, Vuosikirja 2009.

Tilastokeskus, Greenhouse gas emissions in Finland 1990–2008 – National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, 2010.

Tilastokeskus, 2006. Energian kokonaiskulutus laski selvästi, Energiankulutuksen katsaukset, 16.3.2006.

Tilastokeskus, 2008. Teollisuuden energiankäyttö laski 7 prosenttia vuonna 2008, 26.1.2010.

Torvelainen, J., 2009. Pientalojen polttopuun käyttö 2007/2008. Metsätalastiedote 26/2009, Metsäntutkimuslaitos, Metsätalastollinen tietopalvelu, 2.7.2009. 3 s.

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010. Energiatilastointi ja sen kehittämistarpeet – Tilastovastuuryhmän loppuraportti.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. 72 s.

Rytkönen, A., Kirkkari, A-M. (toim.), Vapaa-ajan asumisen ekotehokkuus. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 6/2010. 112 s.

Stockholm Environment Institute, Europe's Share of the Climate Challenge: Domestic Actions and International Obligations to Protect the Planet, 2009 (yhteistyössä Maan ystävät ry:n kanssa).

Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma (NEEAP 2008–2010), 26.6.2007. Suomen lämpöpumppuyhdistys, www.sivusto, www.sulpu.fi.

Teknologiapolut 2050. Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa". VTT Tiedotteita 2432. Espoo 2008. 215 s.

Tilastokeskus, Energiakirja 2009.

Tilastokeskus, Tieliikenteen tavarankuljetukset 2009.

Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksessä Energiatilastointi ja sen kehittämistarpeet – Tilastovastuuryhmän loppuraportti, 2010.

V. Sippola, Eco-design -direktiivin täytäntöönpanotoimenpiteiden vuoksi poistuvien lamppujen korvaaminen ulkovalaistuksessa, Aalto-yliopisto, diplomityö, 1.3.2010.

Valoa Design, EuP-direktiivin vaikutusten arviointi: tie- ja katuvalaistus sekä toimistovalistus, 2009.

Valtioneuvoston periaatepäätös Teollisuuden Voima Oy:n hakemukseen ydinvoimalaitos-yksikön rakentamisesta ja Valtioneuvoston periaatepäätös Fennovoima Oy:n hakemukseen ydinvoimalaitoksen rakentamisesta, 6.5.2010.

Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 6.11.2008.

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä, 4.2.2010.

Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 6.11.2008.

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009.

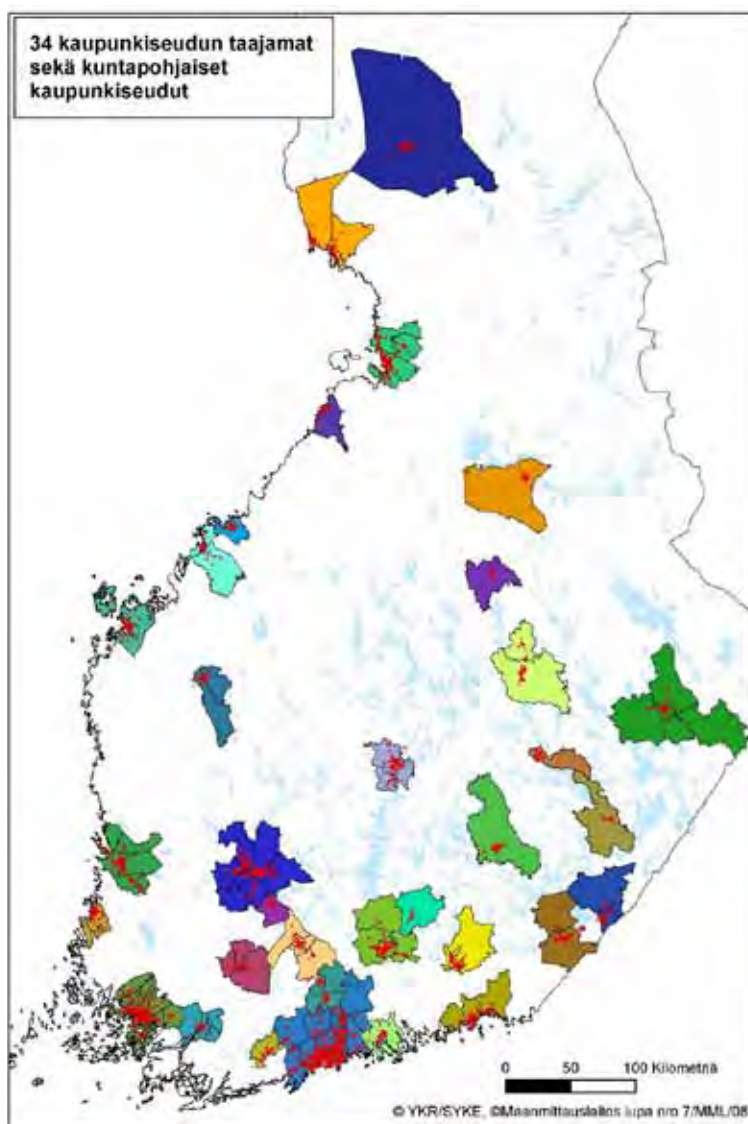
VTT, LIISA, [www-sivusto, lipasto.vtt.fi/liisa](http://www.sivusto.lipasto.vtt.fi/liisa).

VTT, LIPASTO, [www-sivusto, lipasto.vtt.fi](http://www.sivusto.lipasto.vtt.fi).

Ympäristöministeriö, 2010. Energiatehokas rakennettu ympäristö, asettamispäätös, 7.1.2010.

## Liite 1 – Yhdyskuntarakenne

### Liite 1.A Yhdyskuntarakenteen mallinnuksen kaupunkiseudut



**Kuva L1A-1.** Suomen yhdyskuntarakenne kuvattuna 34 suurimman kaupunkiseudun taajama-alueina (punaiset alueet kuntapohjaisten aluerajojen mukaan määritellyillä kaupunkiseuduilla).<sup>108</sup>

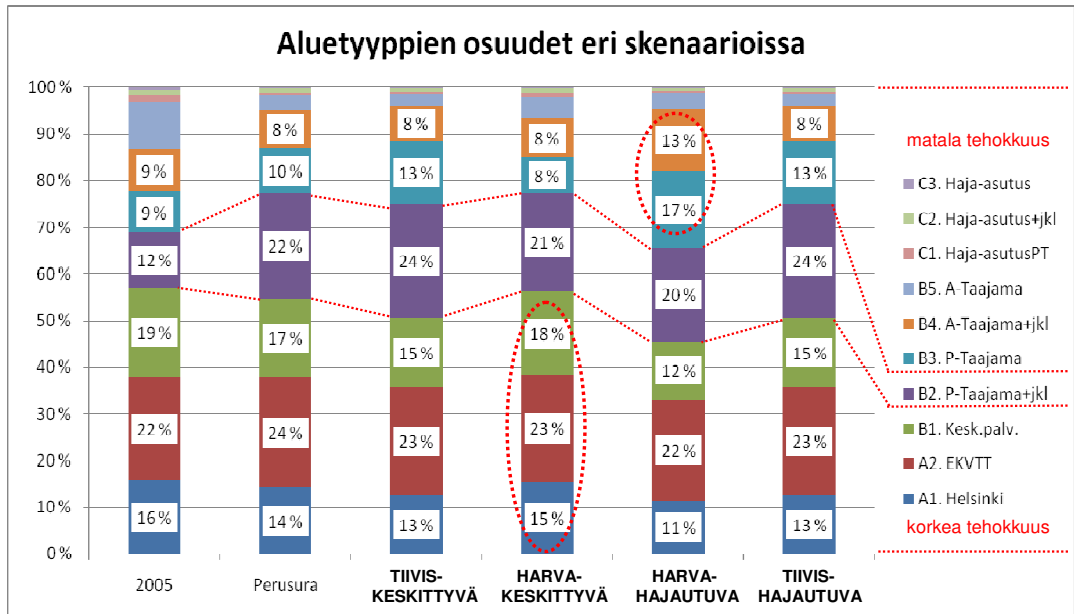
<sup>108</sup> Helminen, Ristimäki, Oinonen 2010, SYKE/ YKR.

## Liite 1.B Yhdyskuntarakenteen luokittelu

A1. Metropoliydin / "ratikkakaupunki" (Helsinki)	Alueen joukkoliikennejärjestelmä on Suomen oloissa poikkeuksellisen tehokas tukeutuen sekä metron että raitiovaunuihin, mikä heijastuu voimakkaasti autonomistukseen ja ihmisten matkustuskäyttäytymiseen. Nykytilanteessa vain Helsingin kaupunki on tällainen alue.	KORKEA TEHOKKUUS
A2. Lähimetroli "Lähiraidekaupunki" (Espoon, Kauniainen, Vantaa)	Tiiviit taajama-alueet jotka joko jo tukeutuvat tai voisivat tukeutua kaupunkiraidejärjestelmään, on käsitelty omana luokkana, koska näiden kaupunkien joukkoliikennejärjestelmän tehokkuus verrattuna muihin Suomen kaupunkeihin on ratkaisevasti parempi. Nykytilanteessa Espoon, Kauniainen, Vantaa, Tampereen ja Turun kaupunkialueet ovat tällaisia alueita, ja tämä alue laajenee tulevaisuudessa PKS:Ita radanvarren ympäryskuntiin.	
B1. Keskustapalvelujen alue	Keskustapalvelujen alueita ovat kaupunkien keskustat ja muut erikoiset keskukset, joiden alueella on erikoiskaupan liikkeitä ja monipuolista palvelutarjontaa. Keskisuurissa kaupungeissa keskustapalvelujen alueen laajuus on tyypillisesti 3 - 5 km (halkaisija), pienissä kaupungeissa ja suurten kaupunkien kehyskunnissa alueen laajuus on tyypillisesti 1 - 2 km. Suuressa osassa kuntia edes kunnan keskusta ei kuulu tähän luokkaan vaan jompaankumpaan palvelutaajamien luokkaan.	KESKITASON TEHOKKUUS
B2. Palvelutaajama, hyvä joukkoliikenne	Palvelutaajaman alueella on hyvät päivittäistavarakaupan palvelut ja muita palveluita siten, että oman alueen palvelut yleensä riittävät normaaleihin päivittäisiin tarpeisiin. Hyvän joukkoliikenteen palvelutaajamia on lähinnä keskisuuren kaupunkien joukkoliikennevyöhykkeillä ja suurempien kaupunkiseutujen kehyskunnissa. Hyvän joukkoliikenteen palvelutason saavuttaminen edellyttää yleensä paikallisiikennettä.	
B3. Palvelutaajama, tyydyttävä joukkoliikenne	Palvelutaajaman alueella on hyvät päivittäistavarakaupan palvelut ja muita palveluita siten, että oman alueen palvelut yleensä riittävät normaaleihin päivittäisiin tarpeisiin. Tyydyttävän joukkoliikenteen palvelutaajamia on lähinnä pienten kuntakeskusten ympärillä. Tyydyttävä palvelutaso voidaan saavuttaa myös ilman omaa paikallista linjastoa.	MATALA TEHOKKUUS
B4. Asutustaajama, tyydyttävä joukkoliikenne	Asutustaajamassa on vain välttämättömät palvelut, jolloin merkittävä osa päivittäisistä ostos- ja asiointitarpeista edellyttää matkustamista oman asuinalueen ulkopuolelle. Tyypillisesti tyydyttävän joukkoliikenteen asutustaajama levittäytyy hyvän joukkoliikenteen palvelutaajaman ympärille, jolloin se on vielä paikallisiikenteen piirissä. Tyydyttävä joukkoliikenne voidaan saavuttaa myös pääväylien varrella, jolloin riittävän palvelutason tuottaa alueen läpi kulkeva seudullinen joukkoliikenne.	
B5. Asutustaajama, välttävä joukkoliikenne	Asutustaajamassa on vain välttämättömät palvelut, jolloin merkittävä osa päivittäisistä ostos- ja asiointitarpeista edellyttää matkustamista oman asuinalueen ulkopuolelle. Välttävän joukkoliikenteen asutustaajamat levittäytyvät yleensä tyydyttävän joukkoliikenteen palvelutaajaman ympärille tai ovat yksittäisiä kylämaisiiä asutuskeskittymiä.	HAJA-ASUTUS
C1. Haja-asutus päteiden varsilla	Valta- ja kantateiden vaikutuspiirissä oleva haja-asutus.	
C2. Haja-asutus muiden teiden varsilla, heikko joukkoliikenne	Seutu- ja yhdysteiden vaikutuspiirissä oleva haja-asutus, jolle kuitenkin on tarjolla joukkoliikennepalveluja (esim. yksittäinen pysäkki, jolla vähintään 3 vuoroa/vrk).	
C3. Haja-as. muiden teiden varsilla, eritt. heikko j-liikenne	Seutu- ja yhdysteiden vaikutuspiirissä oleva haja-asutus, jolle joukkoliikenteen tarjonta on erittäin vähäinen (esim. yksittäisillä pysäkeillä alle 3 vuoroa/vrk).	

**Kuva L1B-1.** Yhdyskuntarakenteen muutoksen ja kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa käytetty alueluokitus, luokkien kuvaukset sekä sijoittuminen määriteltyyn aluetehokkuusluokkaan.<sup>109</sup>

<sup>109</sup> Lahti, P. ja Moilanen P. 2010. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Kehitysvertailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Helsinki. 88 s.



**Kuva L1B-2.** Yhdyskuntarakenteen muutoksen ja kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa käytettyjen aluetyyppien (ks. kuva L1B-1) osuudet nykytilanteessa ja eri skenaarioissa. Vaihtelu eri kehitysurien välillä ei ole kovin suuri, mikä osoittaa sen, ettei yhdyskuntarakenteessa ole mahdollista saada aikaan radikaaleja muutoksia lyhyellä aikavälillä. Muita suurempi poikkeama on "harvassa-hajautuvassa" skenaariossa, jossa matalan aluetehokkuustyyppien osuus on muita jonkin verran suurempi.

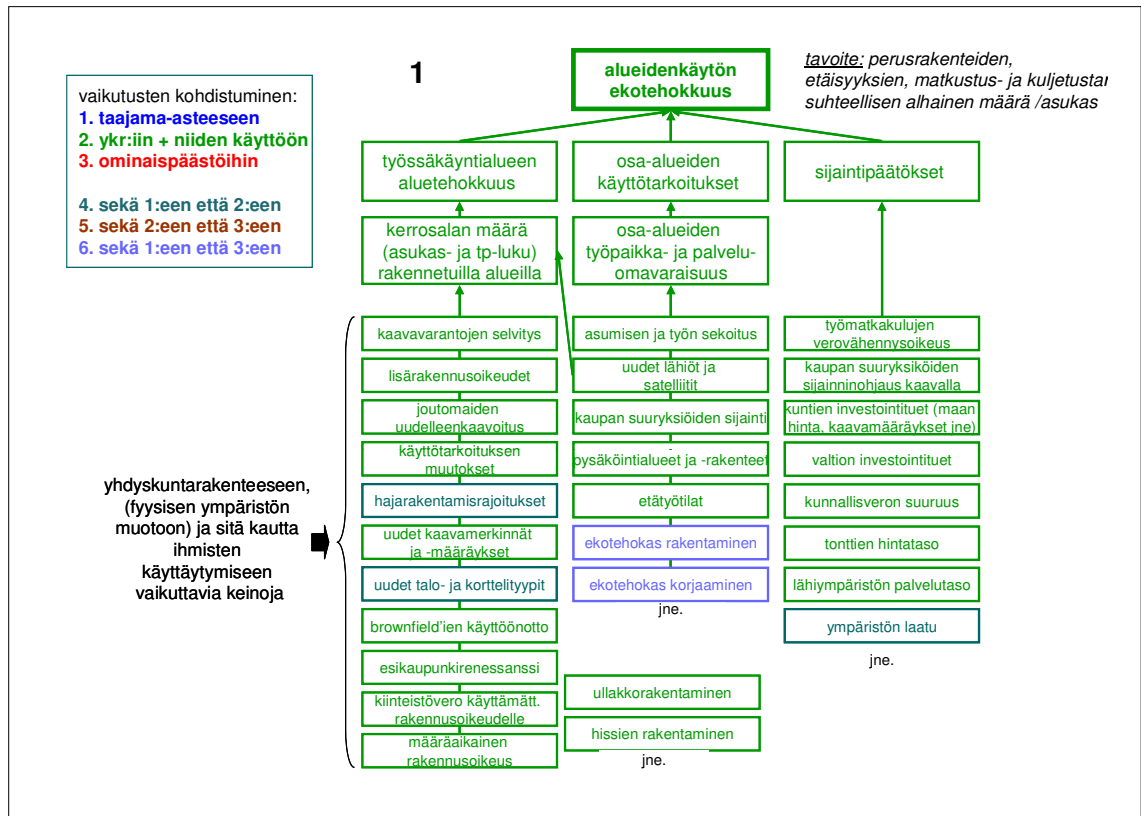
## Liite 1.C Oletuksia energiatehokkuuden parantumisesta

**Taulukko L1C-1.** Yhdyskuntarakenteen muutoksen ja kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa käytetyt oletukset rakennuskannan energiatehokkuuden (ominaiskulutuslukujen) parantumisesta VTT:n Visio 2050-mallinnuksessa käytetyillä rakennuskannan korjaustoimenpiteillä ja -vauhteilla (vuosina 2020 ja 2050). Keskimääräinen rakennuskannan kokonaisenergiankulutus per kerrosneliö laskee vuoteen 2050 mennessä tämän mukaan n. 44 % nykytasosta.

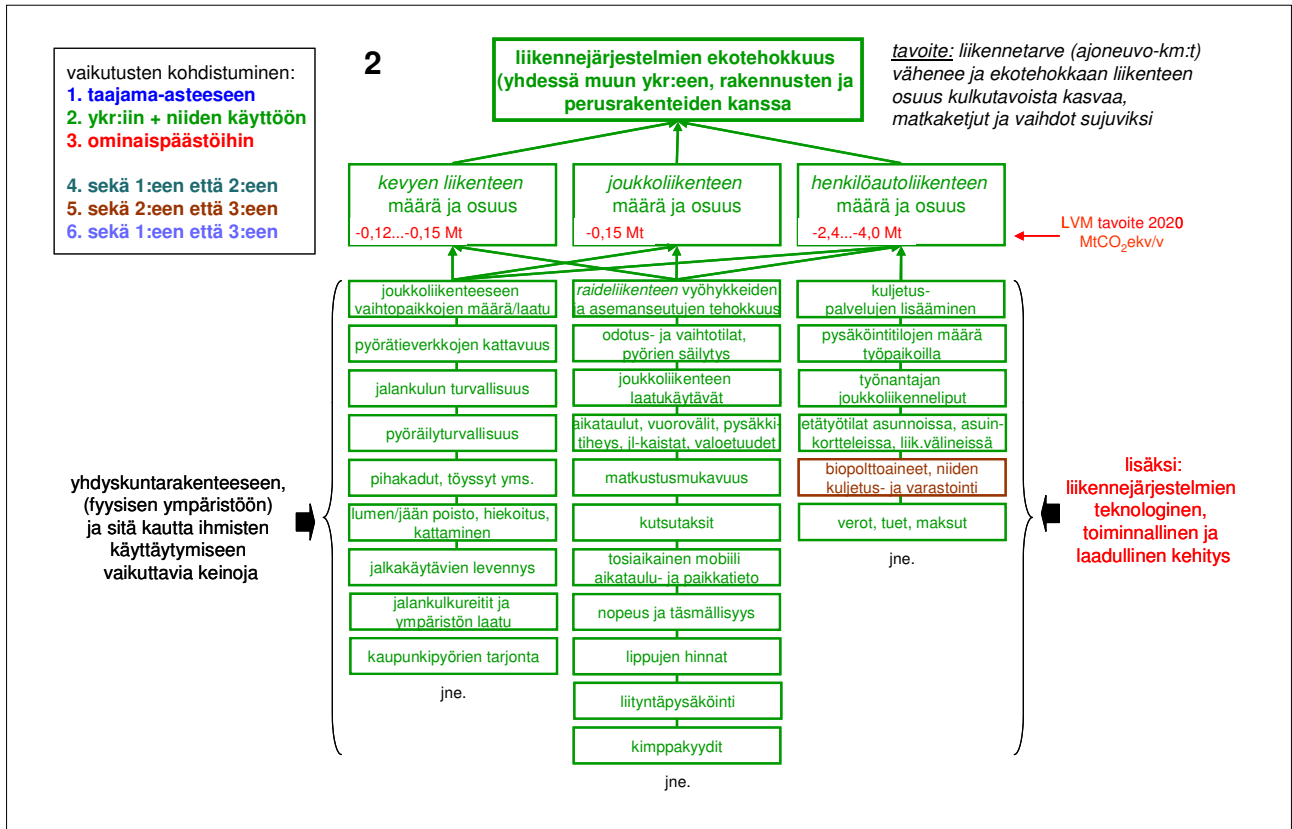
	energiakerroin	
	2020	2050
<b>VTT Visio 2050, varovainen:</b>		
ulkovaipan parannus U-arvo 0,3 W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> -> 0,2 W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>		0,762
IV-parannus LTO -10%		0,970
yhteensä ml. muut rakennustekniset toimenpiteet	0,830	0,630
yhteensä koko energiantarpeesta	0,856	<b>0,723</b>
<b>VTT Visio 2050, optimistinen:</b>		
ulkovaipan parannus U-arvo 0,3 W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> -> 0,12 W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>		0,671
IV-parannus LTO -50%		0,850
yhteensä ml. muut rakennustekniset toimenpiteet	0,670	0,240
yhteensä koko energiantarpeesta	0,720	<b>0,430</b>

2050 rakennuskanta	energiankulutuksen muutoskerroin
erillispientalot	0,576
kytketyt pientalot	0,430
asuin kerrostalot	0,430
vapaa-ajan asuinrakennukset	0,723
toimisto-, liike- ja palvelurakennukset	0,430
teollisuusrakennukset ja varastot	0,723
muut rakennukset	0,723
painotettu keskiarvo	0,561

## Liite 1.D Toimenpiteiden ryhmittely

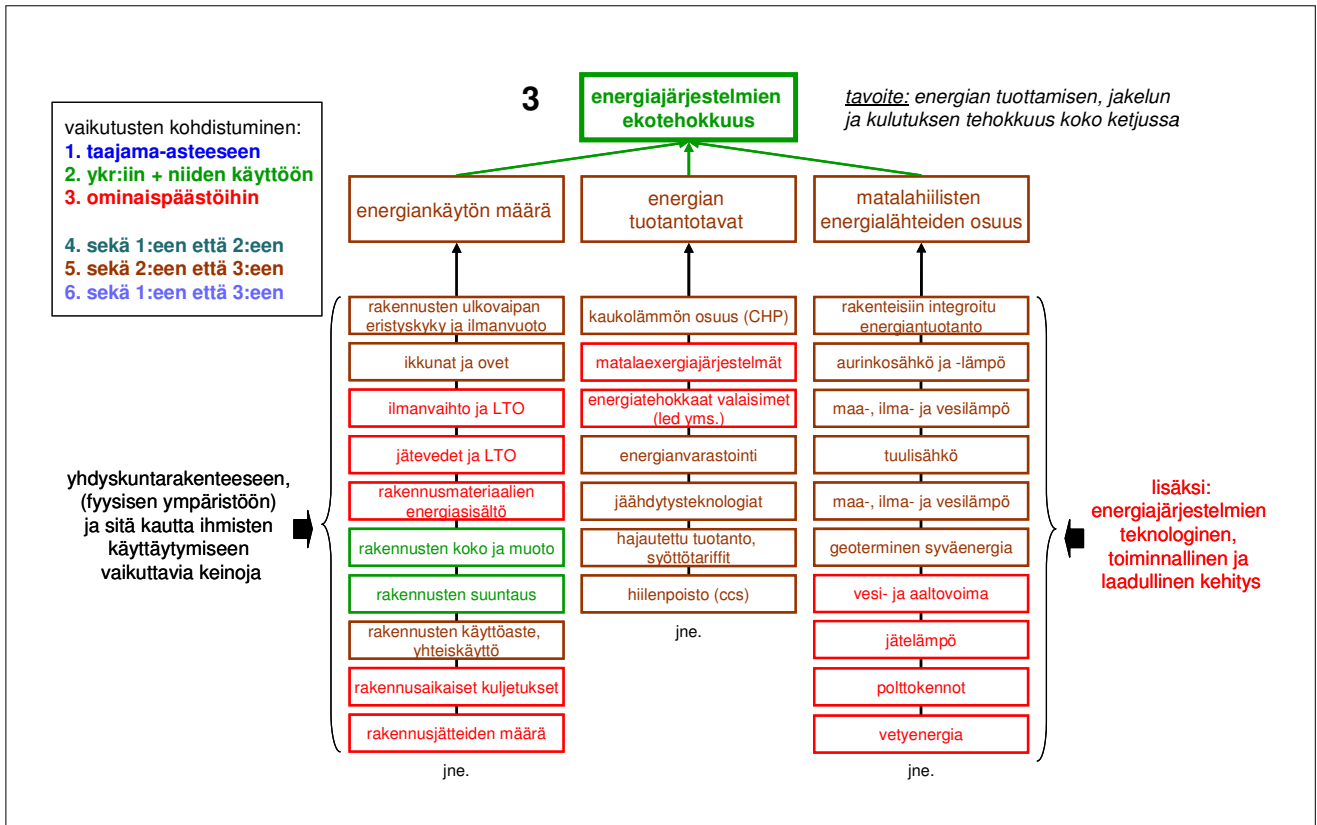


**Kuva L1D-1.** Yhdyksuntarakenteen keinojen ryhmittely kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttamisessa koskien alueiden käytön tehokkuuteen vaikuttamista.



**Kuva L1D-2.** Yhdyskuntarakenteen keinojen ryhmittely kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttamisessa koskien alueiden liikennejärjestelmään ja perusrakenteisiin vaikuttamista.





**Kuva L1D-3.** Yhdyskuntarakenteen keinojen ryhmittely kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttamisessa koskien energiajärjestelmiin vaikuttamista.