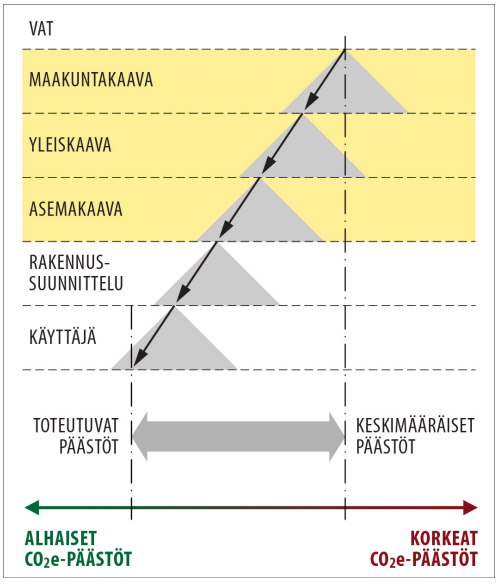
Arkkitehtuurin laitos

Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus

Kimmo Lylykangas, Pekka Lahti,
Tuukka Vainio



Aalto-yliopisto
TIEDE +
TEKNOLOGIA
RAPORTTI

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + **TEKNOLOGIA** 13/2013

Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus

Kimmo Lylykangas, Pekka Lahti, Tuukka Vainio

Aalto-yliopisto
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Arkkitehtuurin laitos
Rakennusoppi

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + **TEKNOLOGIA** 13/2013

© 2013 Aalto-yliopisto, Sitra, Ympäristöministeriö ja kirjoittajat

ISBN 978-952-60-5340-0 (pdf)
ISSN-L 1799-487X
ISSN 1799-487X (printed)
ISSN 1799-4888 (pdf)
http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5340-0

Unigrafia Oy
Helsinki 2013

Sitra (www.sitra.fi), Ympäristöministeriö (www.ymparistoministerio.fi)

Tekijä
Kimmo Lylykangas, Pekka Lahti, Tuukka Vainio

Julkaisun nimi
Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus

Julkaisija Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Yksikkö Arkkitehtuurin laitos

Sarja Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 13/2013

Tutkimusala Rakennussuunnittelu

Tiivistelmä

"Energiakaavoituksen mallit"-tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin Porvoon Skaftkärr-hankkeen tuloksia hyödyntäen kuvata asemakaavoituksen vaikutusmahdollisuudet rakennetun ympäristön CO_2e-päästöihin (kasvihuonekaasupäästöihin) sekä esittää toteutusmalleja energiatehokkuutta edistävälle ja CO_2e-päästöjä vähentävälle asemakaavoitukselle.

Asemakaavoituksen energiatehokkuus- ja päästötavoitteet voivat perustua kansallisten ilmastotavoitteiden johdonmukaiseen toteuttamiseen suunnittelualueella. Ilmastotavoitteiden esittämiä lukuarvoja voidaan kuitenkin erilaisista laskentaperiaatteista johtuen pitää lähinnä asemakaavoituksen tavoitetasojen asettamisen ja suuruusluokkien arvioinnin viitekehyksenä.

Ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta alueiden käytön suunnittelun tavoite on luoda vähäpäästöisen elämän puitteet. CO_2e-päästöjä ohjaava asemakaava ei ole rakentamismääräysten jatke, vaan se on luonteeltaan alueellisia erityispiirteitä ymmärtävä ja erilaisia maankäytön tavoitteita yhteensovittava suunnitelma tulevasta rakentamisesta. Useassa tapauksessa asemakaavoituksella mahdollistetaan vähäpäästöinen ratkaisu ja tuetaan muita ilmastotavoitteita toteuttavia ohjauskeinoja.

Ilmastotavoitteiden toteuttamisen keinot ja painopisteet voivat vaihdella aluekohtaisesti. Hyvä vaikuttavuus saavutetaan, kun aluekohtaista päästövähennysstrategiaa toteutetaan johdonmukaisesti maapolitiikassa, eri kaavatasoilla ja rakennussuunnittelussa.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen asemakaavoituksen keinoin edellyttää uudenlaisia käytäntöjä sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisten asemakaavan ohjauskeinojen täsmentämistä erityisesti kaavamääräysten osalta. Asemakaavoituksen yhteydessä tehtävä CO_2e-päästölaskenta on osa ympäristövaikutusten arviointia sekä suunnittelun apuväline, jonka avulla yksittäisten ratkaisujen vaikutusta ja eri vaihtoehtoja voidaan verrattain luotettavasti arvioida. Laskentaan tarvittavia kansallisia tietokantoja tulisi kehittää ja laskentamenetelmiä täsmentää.

Asemakaavatason CO_2e-päästölaskentamallin tarkoituksena on esittää perusteet yhtenäisille laskentakäytännöille ja parantaa tulosten vertailukelpoisuutta. Mallissa suunnittelun kohteena olevan ympäristön katsotaan standardin ISO 15392 jaottelua soveltaen koostuvan luonnonympäristöstä ja rakennetusta ympäristöstä, joka puolestaan käsittää rakennukset ja infrastruktuurin. CO_2e-päästötarkastelu kattaa hiilijalanjälkilaskentaa koskevien EN-standardien periaatteiden mukaisesti koko elinkaaren. Luonnonympäristöstä laskentamalliin sisällytetään maankäytön muutos, jonka vaikutus on aiemmin yleensä jätetty aluetason CO_2e-päästötarkastelujen ulkopuolelle. Tuloksia voidaan hyödyntää suunnitelman kehittämisessä, vaihtoehtojen vertailussa sekä asemakaavamääräysten ja rakentamistapaohjeiden asettamisessa. Tutkimuksen kuvaamat laskentatulokset osoittavat, että asemakaavoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi CO_2e-päästöihin ja ilmastotavoitteiden toteutumiseen.

Avainsanat asemakaavoitus, ilmastonmuutos, kasvihuonekaasupäästö, ilmastotavoite, hiilijalanjälki

ISBN (painettu) **ISBN (pdf)** 978-952-60-5340-0

ISSN-L 1799-487X **ISSN (painettu)** 1799-487X **ISSN (pdf)** 1799-4888

Julkaisupaikka Helsinki **Painopaikka** Helsinki **Vuosi** 2013

Sivumäärä 125 **urn** http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5340-0

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE **3**

1 JOHDANTO **4**

1.1 TAUSTA 4

1.2 AINEISTO 4

1.3 RAJAUKSET 5

1.4 LASKENTATYÖKALU 5

2 ASEMAKAAVOITUS JA ILMASTOTAVOITTEET **6**

2.1 KANSALLISET ILMASTOTAVOITTEET 6

2.2 ASEMAKAAVOITUKSEN TEHTÄVÄT 10

2.3 ASEMAKAAVOITUS OHJAUSKEINONA 13

Rakentamisen ohjaus 13

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen tähtäävät ohjauskeinot 13

2.4 ILMASTOTAVOITTEITA TOTEUTTAVA ASEMAKAAVOITUS 16

Ilmastotavoitteiden huomioiminen eri kaavatasoilla 16

Aikaulottuvuus: CO_2e-päästöjä leikkaavan kehityksen mahdollistaminen 18

Asemakaavamääräykset 18

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen 23

3 CO_2e-PÄÄSTÖLASKENTA ASEMAKAAVOITUKSESSA **27**

3.1 LASKENNALLINEN TARKASTELU TYÖVÄLINEENÄ 27

Laskentatuloksen merkitys 27

Laskentatuloksen hyödyntäminen 28

3.2 ASEMAKAAVOITUKSEN CO_2e-PÄÄSTÖLASKENTAMALLI 29

Laskentamallin tavoitteelliset ominaisuudet 30

Laskentamenetelmät 31

Laskentatyökalut 33

Päästölaskennan rajaukset ja lähtötiedot 34

Mittayksiköt 39

Laskentatulosten arviointi 42

3.3 RAKENNUSTEN ENERGIANKÄYTTÖ 45

Ostoenergian kulutustasojen asettaminen 47

Normitus 50

Uusiutuva omavaraisenergia 50

Energiamuotojen päästökertoimet 54

Asumisväljyys 56

3.4 LIIKENNE 57
Alueen aiheuttaman henkilöliikenteen suoritteet 57
Käytettävissä olevat lähtötiedot 57
HLT 2010–11 tuloksien käyttö arvioinnin pohjana 57
Vaihtoehtoinen aluetyypitys ja sen käyttö liikennesuoritteen määrityksessä 71
YKEVAKA 71
Kaavoituksen vaikutus kulkutapajakaumaan 75
Energiankulutuksen ja päästöjen ominaisluvut 78
Energiankulutuksen ja päästöjen laskenta 79
3.5 RAKENNUKSEN ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI 80
3.6 INFRASTRUKTUURIN ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI 87
3.7 MAANKÄYTÖN MUUTOS 89
3.8 LASKENNALLISTEN TARKASTELUJEN KEHITTÄMISTARPEET 92
4 KAAVOITUSPROSESSI 95
4.1 OHJELMOINTI 95
4.2 OSALLISTUMIS- JA ARVIOINTISUUNNITELMA 96
4.3 LAADITTAVAT SELVITYKSET 97
4.4 KAAVALUONNOSVAIHTOEHTOJEN MUODOSTAMINEN 98
5 CO_2e-PÄÄSTÖJÄ VÄHENTÄVIÄ ASEMAKAAVARATKAISUJA 101
5.1 YHDYSKUNTARAKENTEEN EHEYTTÄMINEN 101
5.2 UUSIUTUVAN LÄHIENERGIAN TUOTTOPOTENTIAALI 102
5.3 TOIMINNALLINEN ASEMAKAAVAMÄÄRÄYS 107
5.4 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN 109
5.5 RAKENNUSTEN SUUNTAUS JA MUOTO 110
6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ 111
KÄYTETYT LYHENTEET 112
LÄHTEET 114

ESIPUHE

Kaavoitus on ratkaiseva väline ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävän rakennetun ympäristön muodostamisessa. Kaavoituksen suuri merkitys energiatehokkaiden yhdyskuntien suunnittelussa nousi esille ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017-työssä. Kaavoituksen mahdollisuuksia energiatehokkuuden parantamisessa ja kasvihuonekaasujen pienentämisessä lähdettiin määrätietoisesti tutkimaan ja kokeilemaan Porvoon Skaftkärr -hankkeessa vuonna 2008. Sen lähtökohtana oli uusien toimintamallien luominen ja kokeilu alueellisen ja talokohtaisen energiatehokkuuden lisäämiseksi. Hankkeen rahoittivat Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra, Porvoon kaupunki, Porvoon Energia sekä Posintra. Porvoon pilottihanke oli osa Sitran Energiaohjelmaa vuosina 2008–12.

Osana Skaftkärr-hanketta käynnistettiin Aalto-yliopiston koordinoima tutkimus, jonka rahoittivat ympäristöministeriö ja Sitra. Tutkimuksen loppuraportti on tämä julkaisu ”Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus”.

Aalto-yliopiston tutkimuksessa asetettiin tavoitteeksi kuvata kansallisella tasolla asemakaavoituksen vaikutusmahdollisuudet rakennetun ympäristön hiilidioksidiekvivalenttipäästöihin Skaftkärr-hankkeen tulosten ja kokemusten perusteella. Tavoitteena oli myös esittää perusteet ja yleisesti sovellettavia malleja päästövähennyksiin ohjaavalle asemakaavoitukselle.

Raportti osoittaa konkreettisesti, mitä pyrkiminen vähäpäästöiseen rakennettuun ympäristöön merkitsee asemakaavasuunnitteluprosessissa ja sen tuloksena syntyvässä asemakaavassa, mutta raporttia ei ole kuitenkaan tarkoitettu suunnitteluoppaaksi. Raportti kuvaa pääosin Skaftkärr-hankkeen tuottaman tiedon ja kokemuksen perusteella mallin siitä, miten asemakaavoituskäytännöt uudistuvat edistämään rakennetun ympäristön energiatehokkuutta, vähentämään ilmaston lämpenemistä aiheuttavia CO_2e-päästöjä ja toteuttamaan kansallisia ilmastotavoitteita rakennetun ympäristön osalta.

Tutkimustyön toteuttivat Kimmo Lylykangas ja Tuukka Vainio (osa luvusta 3.3 Rakennusten energiankäyttö) Aalto-yliopistosta ja Pekka Lahti (luku 3.4 Liikenne) Teknologian tutkimuskeskus VTT:stä. Hankkeen vastuullisena johtajana toimi professori Antti-Matti Siikala Aalto-yliopiston Arkkitehtuurin laitokselta. Tutkimustyötä ja loppuraportin kirjoittamista on aktiivisesti ohjannut hankkeen ohjausryhmä, johon kuuluivat Jarek Kurnitski ja Markku Inkeroinen Sitrasta, Timo Saarinen, Merja Laitinen, Aila Korpivaara, Anne Jarva ja Antti Irjala ympäristöministeriöstä, Eero Löytönen ja Maija-Riitta Kontio Porvoon kaupungista, Pasi Rajala Pöyry Finland Oy:stä ja Antti-Matti Siikala Aalto-yliopistosta. Kiitokset tekijöille ja ohjausryhmälle.

Kiitämme avusta myös erikoistutkija Ari Nissistä Suomen ympäristökeskuksesta; vanhempaa tutkijaa Raisa Mäkipäätä Metsäntutkimuslaitoksesta; Aalto-yliopiston Energiatekniikan laitoksen professori Risto Lahdelmaa ja DI Jani Lainetta Tuukka Vainion diplomityön ohjaamisesta ja valvomisesta; Mäntyharjun kuntaa sekä Loviisan, Helsingin ja Porvoon kaupunkeja asemakaavan ja siihen liittyvän aineiston toimittamisesta laskennallisia tarkasteluja varten.

Helsingissä 14. elokuuta 2013

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto

Jukka Noponen
Johtaja

Ympäristöministeriö

Helena Säteri
Ylijohtaja

1 JOHDANTO

1.1 TAUSTA

Suomi on Euroopan unionissa yhteisesti hyväksyttyjen tavoitteiden mukaisesti sitoutunut vähentämään ilmastopäästöjään. Valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategia käsittelee ilmasto- ja energiapoliittisia toimenpiteitä yksityiskohtaisesti vuoteen 2020 ja yleisimmin aina vuoteen 2050 asti. Valtioneuvosto on hyväksynyt uusimman strategiapäivityksen 20.3.2013.[1]

Suomessa käytetään luonnostaan paljon energiaa. Energian loppukäytöstä teollisuuden osuus on 45 prosenttia, rakennusten lämmitys muodostaa noin 25 prosenttia ja liikenne noin 17 prosenttia loppukäytöstä. Suomen strategisena tavoitteena on energian loppukulutuksen kasvun pysäyttäminen ja kääntäminen laskuun. Strategiassa esitetyt tavoitteet edellyttävät energiankäytön tehostamista erityisesti asumisessa, rakentamisessa ja liikenteessä.

Ilmastonmuutos on keskeisesti mukana myös nykyisen hallituksen ohjelmassa, jonka mukaan ”[o]tetaan käyttöön keinoja arvioida kaavoituksen ympäristö- ja energiatehokkuusvaikutuksia hyviä käytäntöjä hyödyntäen”[2]. Hallitusohjelman mukaan ”[m]aankäytön suunnittelussa korostetaan tiiviitä ja joukkoliikenteeseen perustuvia taajamia, työssäkäyntialueita, energiatehokkuutta, päästövaikutuksia sekä ekologisten verkostojen huomioon ottamista”[3]. Hallitusohjelman pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta.

1.2 AINEISTO

Tutkimus perustuu keskeisiltä osiltaan Porvoon Skaftkärrin kaavarunko- ja asemakaavoitustyöhön, siihen liittyneeseen CO_2e-päästölaskentaan sekä hankkeen osapuolten kokemuksiin suunnitteluprosessista. Porvoon kaupungin laatimien kaavaluonnosten, kaavarungon ja asemakaavojen CO_2e-päästöjen laskennalliset tarkastelut toteutti Pöyry Finland Oy. Tutkimuksen keskeisiä lähteitä ovat:

- Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta. Skaftkärr, Porvoo. Toukovuoren asemakaavoitus. Raportti 11.9.2012. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra, Porvoon Energia Oy, Pöyry Finland Oy.[4]
- Rajala, Pasi et al: Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä 41. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra Oy, Porvoon Energia Oy, Ympäristöministeriö. Sitra, Helsinki 2010.[5]
- Henkilöliikennetutkimus 2010–11. Liikennevirasto, WSP LT-konsultit Oy.[6]

[1] Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. VNS 2/2013 vp. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 8/2013. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki 2013.
[2] Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma, 22.6.2011. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2011, 71.
[3] Ibid.
[4] *www.sitra.fi/en/julkaisu/2012/asemakaavaprosessin-kehittaminen-energiatehokkuuden-nakokulmasta* (viitattu 19.5.2013).
[5] *sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2041.pdf* (viitattu 19.5.2013).
[6] Henkilöliikennetutkimus 2010–11. Liikennevirasto, WSP LT-konsultit Oy.

1.3 RAJAUKSET

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on ollut kuvata asemakaavan rooli ja vaikutusmahdollisuudet rakennetun ympäristön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Toisaalta tutkimus pyrkii myös kuvaamaan Skaftkärr-hankkeen kokemusten perusteella ne käytännöt, joita ilmastotavoitteiden toteuttaminen edellyttää kaavoitusprosessissa. Tutkimus pyrkii myös osoittamaan ne laskentamallien ja tietokantojen kehitystarpeet, joita tarvitaan laskennallisten päästötarkastelujen vakiinnuttamiseksi osaksi asemakaavoitusprosessia.

Tutkimuksessa arvioidaan erityisesti asemakaavan vaikutusmahdollisuuksia henkilöliikenteen CO_2e-päästöihin, rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeen sekä rakennusten energiankäytön CO_2e-päästöihin. Lisäksi esitettyyn asemakaavoituksen päästölaskentamalliin on sisällytetty metsäpinta-alan muutoksen vaikutus alueen CO_2e-päästöihin. Rakennusmateriaalien ja energiankulutuksen osalta laskentamallit perustuvat olemassa oleviin rakennustason laskentamenettelyihin. Tämä on tarkoituksenmukaista erityisesti energialaskennan osalta, jotta asemakaavanmukaisuuden todentaminen rakennuslupamenettelyn yhteydessä olisi mahdollista toteuttaa ilman uusien energiankulutuksen laskentamallien käyttöönottoa. Tämä on tärkeää myös aluetason ja rakennustason laskentatulosten vertailukelpoisuuden ja rakennuskohtaisten tavoitetasojen asettamisen kannalta.

Hankkeen ohjausryhmän päätöksen mukaisesti laskennallisten tarkastelujen painopiste kohdistuu uudisrakentamiseen ja erityisesti asuinrakentamiseen. Tarkastelut ovat sellaisenaan sovellettavissa myös lisä- ja täydennysrakentamiseen, jolla tulee olemaan tulevaisuudessa yhä suurempi rooli maankäytön suunnittelussa.

Laskennallinen tarkastelu on rajattu käsittämään asemakaava-alueen. Laskentamallia kehitettäessä tarkastelu saattaa olla tarkoituksenmukaista kohdentaa asemakaavan vaikutusalueeseen.

Asemakaavoituksessa huomioitavia toimenpiteitä ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi käsitellään luvussa 2.4 kohdassa ”Ilmastonmuutokseen sopeutuminen”.

1.4 LASKENTATYÖKALU

Pekka Lahti ja Kimmo Lylykangas tekivät tutkimushankkeessa raportin kuvaamaan laskentamalliin perustuvan Excel-pohjaisen päästölaskurin asemakaavoituksen yhteydessä tehtäviä, yksinkertaistettuja CO_2e-päästötarkasteluja varten. Henkilöliikenteen CO_2e-päästöjen sekä rakennusten ja infrastruktuurin elinkaaren päästöjen laskennasta tehtiin kaksi erillistä laskuria, jotka asetetaan veloituksetta ladattavaksi internet-sivulta, jonne löytyy linkki esimerkiksi Skaftkärr-hankkeen kotisivulta[7]. Laskurit konkretisoivat esimerkinomaisesti raportin kuvaaman päästölaskentamallin. Laskureita ei ole tarkoitettu kilpailemaan kaupallisten ohjelmien kanssa, eikä sen käyttöliittymää voitu tämän hankkeen puitteissa kehittää vastaamaan kaikkia käyttäjien tarpeita. Työkalun kehittäminen ei kuulunut hankkeen alkuperäisiin tavoitteisiin, joten sen ylläpito ja päivitys jäävät riippumaan mahdollisten tulevien tutkimus- ja kehitysprojektien tavoitteista.

[7] *www.skaftkarr.fi*.

2 ASEMAKAAVOITUS JA ILMASTOTAVOITTEET

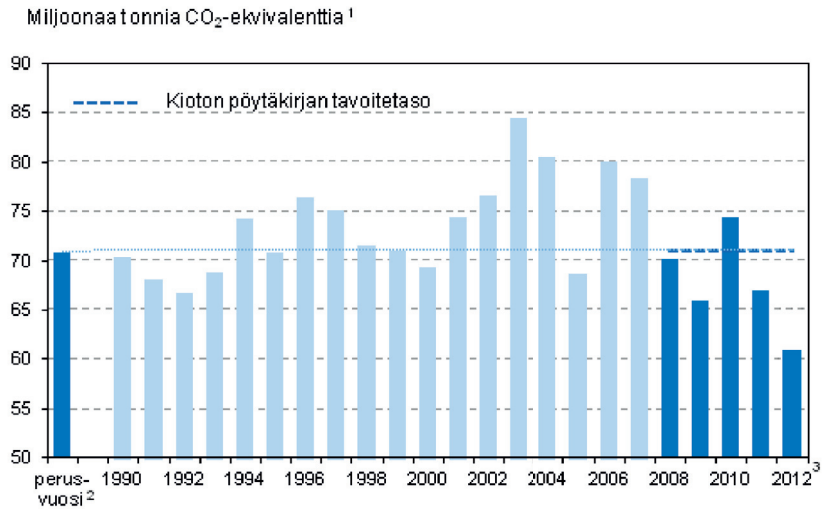
2.1 KANSALLISET ILMASTOTAVOITTEET

Suomi on kansainvälisin sopimuksin sitoutunut vähentämään ilmaston lämpenemistä aiheuttavia päästöjä. Kasvihuonekaasupäästöjä koskevia tavoitteita on asetettu vuosille 2020 ja 2050.

Suomi on osapuolena sekä vuonna 1992 solmitussa YK:n ilmastosopimuksessa että sitä täydentävässä Kioton pöytäkirjassa. Ilmastosopimus astui voimaan vuonna 1994 ja Kioton pöytäkirja vuonna 2005.

Euroopan unionin jäsenmaatovat sitoutuneet vähentämään vuoteen 2020 mennessä yksipuolisesti kasvihuonekaasupäästöjään vähintään 20 prosenttia verrattuna vuoden 1990 tasoon. Vähennystavoite nousee 30 prosenttiin, jos saadaan aikaan kansainvälinen sopimus, jossa muut kehittyneet maat sitoutuvat vastaaviin päästövähennyksiin ja taloudellisesti edistyneemmät kehitysmaat sitoutuvat pyrkimyksiin riittävässä määrin.

Samalla EU on sitoutunut lisäämään vuoteen 2020 mennessä uusiutuvien energialähteiden osuutta 20 %:iin. Suomen velvoitteeksi EU:n sisäisessä taakanjaossa muodostui nostaa uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Komission taakanjakoesityksen mukaisesti Suomen tulee vähentää päästökaupan ulkopuolelle jäävillä aloilla 16 % kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2020 mennessä. Päästökaupan ulkopuolisiksi aloiksi luetaan mm. liikenne, rakentaminen, alueiden käyttö ja jätehuolto.



Kuva 1. Kasvihuonekaasujen päästöt Suomessa 1990–2012 suhteessa Kioton pöytäkirjan tavoitetasoon vuosille 2008–2012. Lähde: Tilastokeskus.[8] Vuoden 2012 osalta perustuu ennakkotietoon.

Samanaikaisesti EU:n ohjeellisena tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä vähentää 20 prosenttia energiankulutusta energiatehokkuutta parantamalla.[9]

[8] Tilastokeskuksen pikaennakko vuoden 2012 päästöistä. Kuvaaja: *http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/.*

Suomen maakohtainen velvoite osana EU-maiden yhteistä taakanjakoa on rajoittaa kasvihuonekaasupäästöt keskimäärin vuoden 1990 päästötasolle vuosien 2008–12 aikana. Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 1990 olivat noin 70,4 miljoonaa CO_2e-tonnia. Tilastokeskuksen arvion[10] mukaan Suomi on saavuttamassa Kioton pöytäkirjan ensimmäisen kauden tavoitteen päästöjen vähentämiseksi.

EU:n tavoitteena on rajoittaa lämpötilan nousu pidemmällä aikavälillä kahteen asteeseen, mikä edellyttää maailmanlaajuisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä vuoteen 2050 mennessä 50 % vuoteen 1990 verrattuna. Teollisuusmailta tämä edellyttää 60–80 %:n päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä.[11]

Valtioneuvoston pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia laadittiin vuonna 2008 ja tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta vuonna 2009. Tulevaisuusselonteossa tavoitteeksi asetettiin vähentää vuoteen 2050 mennessä kasvihuonekaasupäästöjä 60–80 prosenttia verrattuna vuoden 1990 tasoon. Rakennuskannan energiankäyttöä tehostamalla energiankulutusta leikataan 60 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Uusiutuvan energian osuutta kasvatetaan 60 prosenttiin energian loppukulutuksesta. Henkilöautokannan keskipäästöjä leikataan tasolle 20–30 gCO_2e/ajoneuvokilometri.[12]

Valtioneuvosto on hyväksynyt uusimman strategiapäivityksen maaliskuussa 2013. Päivityksen valmistuttua aletaan laatia Suomen tiekarttaa kohti vuotta 2050.[13]

Pekka Lahti ja Paavo Moilanen tarkastelivat vuonna 2010 julkaistussa tutkimuksessaan[14] suurimpien kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteen kehityksen vaikutusta rakentamisen, rakennusten käytön ja henkilöliikenteen aiheuttamiin CO_2e-päästöihin asukasta kohti vuodessa. Lahden ja Moilasen tutkimuksessaan laskema perusura kuvaa aiempaa kehitystä (1980–2005) vastaavan rakennetun ympäristön päästökehityksen kaupunkiseuduilla 2050 asti olettaen, että uusien ja olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta parannetaan merkittävästi. Vuonna 2050 rakennetun ympäristön päästöt ovat perusuran mukaisen kehityksen toteutuessa 5,5 tCO_2e/(asukas, a). Yhdyskuntasuunnittelun toimenpiteillä CO_2e-päästöt voitaisiin leikata Lahden ja Moilasen laskelman mukaan vielä noin 1,3 tCO_2e/(asukas, a) perusuraa pienemmiksi.[15]

---

[9] Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 36/2008. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki 2008, 19.

[10] Suomi saavuttamassa Kioton pöytäkirjan ensimmäisen kauden tavoitteen päästöjen vähentämiseksi. Uutisia 16.5.2013, Tilastokeskus.

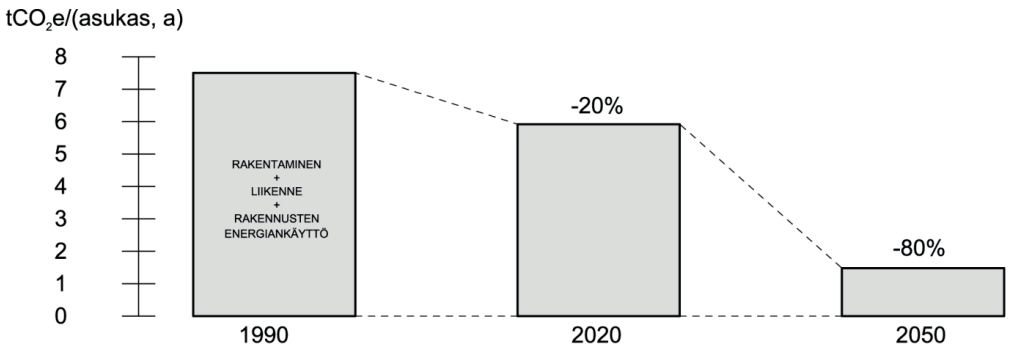
[11] Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008, 18.

[12] Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009. Helsinki 2009, 146.

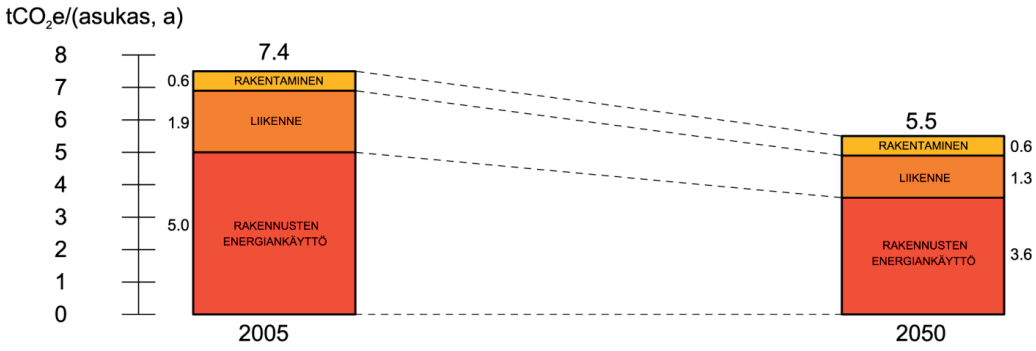
[13] *http://www.tem.fi/index.phtml?s=5039* (viitattu 31.10.2012)

[14] Lahti, Pekka & Moilanen, Paavo: Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Kehitysvertailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki 2010.

[15] Lahti & Moilanen 2010, 78.



Kansallisia ilmastotavoitteita vastaava rakennetun ympäristön päästökehitys.



Päästökehitysskenaario 2005-50, Lahti & Moilanen 2010 (ei toimenpiteitä yhdyskuntarakenteessa).

Kuvat 2–3. Lahden ja Moilasen laskelman perusura (alempi kuva) kuvaa rakennetun ympäristön päästökehitystä kaupunkiseuduilla vuoteen 2050 saakka olettaen, että rakennusten energiatehokkuutta parannetaan merkittävästi esimerkiksi määräysohjauksella. Kehitysura huomioi rakennuskannan ja ajoneuvokannan uudistumisen.[16] Kansallisia ilmastotavoitteita vastaavat päästöleikkaukset olisivat vielä merkittävästi suurempia (ylempi kuva).

Lahden ja Moilasen tutkimus perustuu Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaarioon, joka toteuttaa Kioton pöytäkirjan edellyttämää kansallista kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen laskentaa. YK:n ilmastosopimuksen velvoittamana Suomi raportoi vuosittain päästönsä EU:n komissiolle sekä ilmastosopimuksen sihteeristölle. Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2005 (ilman maankäyttö-, maankäytön muutos- ja metsätaloussektoria) olivat yhteensä 68,6 milj. tCO_2e eli 13,1 tCO_2e/(asukas, a)[17] Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaarion mukaan. Laskennan perustana ovat hallitustenvälisen ilmastopaneelin kansallisten kasvihuonekaasupäästöjen inventaariohjelman, IPCC-NGGIP:n, laatimat ohjeet.

[16] Lahti & Moilanen 2010, 21, 78.

[17] Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2010. Katsauksia 2012/1. Ympäristö ja luonnonvarat. 2. korjattu painos. Tilastokeskus. Helsinki 2012, 14.
Suomen väkiluku vuonna 2005: Suomen virallinen tilasto: Väestörakenne. ISSN 1797-5379. Tilastokeskus, Helsinki 2005.

Päästöt raportoidaan seitsemässä sektorissa, jotka ovat:

- energia
- teollisuusprosessit
- liuottimien ja muiden tuotteiden käyttö
- maatalous
- maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous
- jäte
- muu.

Rakentaminen, rakennusten energiankäyttö ja liikenne kuuluvat tässä luokituksessa energiasektoriin, joka jaotellaan seuraavasti:

- energian tuotanto
- teollisuuden oma energiantuotanto, rakentaminen
- liikenne
- palvelut, kotitaloudet, maa-/ metsätalous
- haihtumapäästöt
- muut.

Kasvihuonekaasuinventaariossa rakentaminen ja teollisuuden oma energiantuotanto sisältyvät samaan tunnuslukuun. Liikenteen päästöihin lasketaan kaikki liikenne, ei ainoastaan henkilöliikennettä. Kasvihuonekaasuinventaarion jaottelutapa on siis varsin toisenlainen kuin mitä tarvitaan uuden alueen asemakaavoituksessa.

Kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä voidaan tarkastella myös kulutusperusteisen hiilijalanjälkilaskennan kautta. Suomen ympäristökeskuksen mukaan vuonna 2005 yksityisen kulutuksen hiilijalanjälki oli 8,7 tCO_2e/(asukas, a). Suomalaisen kasvihuonekaasupäästö vuonna 2005 oli 13,3 tCO_2e/(asukas, a) kaikki päästöt (mukaanlukien vienti ym.) huomioiden. Hiilijalanjälki koostuu seuraavista osatekijöistä:

- asunto
- autolla ajo, kuljetuspalvelut ja valmismatkat, kulkuvälineiden hankinnat
- elintarvikkeet, alkoholijuomat ja tupakka
- terveys, koulutus, sosiaaliturva
- harrastustavarat ja ATK-laitteet, tietoliikennepalvelut
- ravintolat ja hotellit, virkistys ja kulttuuripalvelut
- vaatetus ja jalkineet
- matkailumenot ulkomailla
- sekalaiset tavarat ja palvelut
- infrastruktuuri, hallinto ja maanpuolustus.

Kulutusperusteinen hiilijalanjälkilaskenta jaottelee siis asemakaavoituksen kannalta keskeiset tekijät, toisin kuin esimerkiksi Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaario. Rakentaminen ja rakennusten energiankäyttö kuuluvat molemmat ”asunto”-kategoriaan. ”Autolla ajo”-kategorian sisältö vastaa pitkälti henkilöliikenteen päästöjä, vaikka siihen sisällytetäänkin mm. kulkuvälineiden hankinnat.[18]

[18] Seppälä, Jyri et al: Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki 2009.

2.2 ASEMAKAAVOITUKSEN TEHTÄVÄT

Asemakaavoitus perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin (MRL). MRL 5§:ssä on ilmaistu alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, jotka koskevat kaikkia kaavatasoja.

MRL 5§

Alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet

Alueiden käytön suunnittelun tavoitteena on vuorovaikutteiseen suunnitteluun ja riittävään vaikutusten arviointiin perustuen edistää:

1) *turvallisen, terveellisen, viihtyisän, sosiaalisesti toimivan ja eri väestöryhmien, kuten lasten, vanhusten ja vammaisten, tarpeet tyydyttävän elin- ja toimintaympäristön luomista;*
2) *yhdyskuntarakenteen ja alueiden käytön taloudellisuutta;*
3) *rakennetun ympäristön kauneutta ja kulttuuriarvojen vaalimista;*
4) *luonnon monimuotoisuuden ja muiden luonnonarvojen säilymistä;*
5) *ympäristönsuojelua ja ympäristöhaittojen ehkäisemistä;*
6) *luonnonvarojen säästeliästä käyttöä;*
7) *yhdyskuntien toimivuutta ja hyvää rakentamista;*
8) *yhdyskuntarakentamisen taloudellisuutta;*
9) *elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä;*
10) *palvelujen saatavuutta; sekä*
11) *liikenteen tarkoituksenmukaista järjestämistä sekä erityisesti joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimintaedellytyksiä.*[19]

Asemakaavan sisältövaatimuksista on säädetty MRL 54§:ssä. Asemakaava ohjaa lähiympäristön suunnittelua ja rakentamista. Asemakaavassa määritellään alueen tuleva käyttö: mitä säilytetään, mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Kaavassa osoitetaan esimerkiksi rakennusten sijainti, koko ja käyttötarkoitus. Asemakaava voi koskea kokonaista asuntoaluetta asuin-, työ- ja virkistysalueineen tai joskus jopa vain yhtä tonttia. Asemakaavan laatii kunta. Ranta-alueiden rakentamista voidaan ohjata ranta-asemakaavalla, jonka laatii maanomistaja. Asemakaavaan kuuluvat asemakaavakartta sekä kaavamerkinnät ja -määräykset. Asemakaavaan liittyy selostus, jossa kerrotaan kaavan laatimisesta ja keskeisistä ominaisuuksista.

MRL 54 §:n mukaan asemakaava on laadittava siten, että luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle, palvelujen alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen järjestämiselle. Rakennettua ympäristöä ja luonnonympäristöä on vaalittava, eikä niihin liittyviä erityisiä arvoja saa hävittää. Kaavoitettavalla alueella tai sen lähiympäristössä on oltava riittävästi puistoja tai muita lähivirkistykseen soveltuvia alueita.

[19] Maankäyttö- ja rakennuslaki 5§.

MRL 50§ Asemakaavan tarkoitus

Alueiden käytön yksityiskohtaista järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten laaditaan asemakaava, jonka tarkoituksena on osoittaa tarpeelliset alueet eri tarkoituksia varten ja ohjata rakentamista ja muuta maankäyttöä paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan, olemassa olevan rakennuskannan käytön edistämisen ja kaavan muun ohjaustavoitteen edellyttämällä tavalla.[20]

Asemakaavan vaikutusmahdollisuuksia arvioitaessa on huomioitava se, että asemakaava on suunnitelma alueen rakentamisesta. Toteutus ei välttämättä kaikilta osin vastaa suunnitelmaa. Asemakaavassa ei voida myöskään voida määrätä kaikista rakennetun ympäristön CO_2e-päästöihin vaikuttavista osatekijöistä. CO_2e-päästöihin keskeisesti vaikuttavia ratkaisuja on saatettu tehdä jo yleiskaavassa. Toisaalta asemakaava ei voi ohjata kaikkia rakennussuunnittelun ratkaisuja. Monen osatekijän suhteen asemakaava voi kuitenkin luoda edellytyksiä suotuisan suunnitteluratkaisun toteutumiselle.

Maankäyttö- ja rakennuslaki korostaa osallistumisen ja vuorovaikutuksen sekä vaikutusten arvioinnin merkitystä kaavaprosessissa asemakaavan laatuun vaikuttavana tekijänä . Laskennallinen CO_2e-päästöjen tarkastelu voidaan liittää kaavaprosessiin kiinteästi kuuluvaan kaavan vaikutusten arviointiin. MRL ei kuitenkaan erikseen mainitse tai edellytä laskennallisia CO_2e-päästötarkasteluja. Asemakaavoitukseen liittyvän CO_2e-päästölaskennan toteuttamiseen ei toistaiseksi ole vakiintuneita käytäntöjä.

Asemakaavaa laadittaessa on otettava huomioon kaavahierarkian muut tasot: valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet sekä maakuntakaava ja yleiskaava. Asemakaavamääräys ei saa olla ristiriidassa lainsäädännön kanssa.

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT) ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Maankäyttö- ja rakennuslain 24§ velvoittaa edistämään tavoitteiden toteuttamista maakuntien ja kuntien kaavoituksessa sekä valtion viranomaisten toiminnassa. Maaliskuun alussa 2009 astuivat voimaan tarkistetut valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Keskeiset tarkistukset koskivat mm. yhdyskuntarakenteen eheyttämistä ja alueidenkäytön energiaratkaisuja. Tarkistettujen tavoitteiden mukaan alueidenkäytön suunnittelussa on hillittävä aikaisempaa vahvemmin ilmastonmuutosta. Kaavoituksessa tulee pyrkiä alueidenkäyttöratkaisuihin, joilla säästetään energiaa ja lisätään uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä. Tavoitteet edellyttävät mm. osoittamaan maakuntakaavoissa tuulivoimaloille parhaiten soveltuvat alueet koko maassa.

[20] Maankäyttö- ja rakennuslaki 50§.

Tarkistetut valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet - poimintoja ilmastonmuutokseen liittyvistä tavoitteista

4.3 Eheytyvä yhdyskuntarakenne ja elinympäristön laatu

Yleistavoitteet

Alueidenkäytöllä edistetään yhdyskuntien ja elinympäristöjen ekologista, taloudellista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä.

Yhdyskuntarakennetta kehitetään siten, että palvelut ja työpaikat ovat hyvin eri väestöryhmien savutettavissa ja mahdollisuuksien mukaan asuinalueiden läheisyydessä siten, että henkilöautoliikenteen tarve on mahdollisimman vähäinen. Liikenneturvallisuutta sekä joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn edellytyksiä parannetaan.

Runsaasti henkilöliikennettä aiheuttavat elinkeinoelämän toiminnot suunnataan olemassa olevan yhdyskuntarakenteen sisään tai muutoin hyvien joukkoliikenneyhteyksien äärelle.

Alueidenkäytössä tulee edistää energiansäästämistä sekä uusiutuvien energialähteiden ja kaukolämmön käyttöedellytyksiä.

4.5 Toimivat yhteysverkostot ja energiahuolto

Erityistavoitteet

Alueidenkäytössä tulee varautua uusiutuvia ja jäteperäisiä polttoaineita käyttävien energialaitosten ja niiden logististen ratkaisujen aluetarpeisiin osana alueen energia- ja jätehuoltoa.
Maakuntakaavoituksessa on osoitettava tuulivoiman hyödyntämiseen parhaiten soveltuvat alueet.[21]

[21] Valtioneuvoston päätös valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistamisesta. Annettu julkipanon jälkeen Helsingissä 13 päivänä marraskuuta 2008, 2–7.

2.3 ASEMAKAAVOITUS OHJAUSKEINONA

Rakentamisen ohjaus

Asemakaava on yksi rakentamisen ohjauskeinoista. Rakentamista ja muuta maankäyttöä ohjataan lisäksi muilla maankäyttö- ja rakennuslain mukaisilla ohjauskeinoilla sekä useilla muuhun kuin maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntöön kuuluvilla säännöksillä. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisista ohjauskeinoista keskeisimmät muut ohjauskeinot ovat rakennusvalvonta lupamenettelyineen, katusuunnitelma, tonttijako sekä puiston tai muun yleisen alueen suunnitelma.[22] Kunta voi ohjata maankäyttöä myös tontin luovutussopimuksilla tai maankäyttösopimuksilla.[23]

Jokaisella kunnalla on rakennusjärjestys, jossa ”annetaan paikallisista oloista johtuvia suunnitelmallisen ja sopivan rakentamisen, kulttuuri- ja luonnonarvojen huomioon ottamisen sekä hyvän elinympäristön toteutumisen ja säilyttämisen kannalta tarpeellisia määräyksiä”.[24] Rakennusjärjestyksen määräykset voivat koskea rakennuspaikkaa, rakennuksen kokoa ja sen sijoittumista, rakennuksen sopeutumista ympäristöön, rakentamistapaa, istutuksia, aitoja ja muita rakennelmia, rakennetun ympäristön hoitoa, vesihuollon järjestämistä, suunnittelutarvealueen määrittelemistä sekä muista niihin rinnastettavia paikallisia rakentamista koskevia seikkoja. Rakennusjärjestystä ei noudateta, mikäli Suomen rakentamismääräyskokoelman, oikeusvaikutteisen yleiskaavan tai asemakaavamääräyksen määräys on ristiriidassa rakennusjärjestyksen kanssa.[25]

Tontin luovutussopimuksiin ja maankäyttösopimuksiin voidaan kirjata määräyksiä monista sellaisistakin asioista, joista asemakaavassa ei voi määrätä. Ympäristöministeriön opas ”Asemakaavamerkinnät ja -määräykset” mainitsee esimerkkinä tällaisesta ratkaisusta kiinteistön lämmitystavan.

Käytännössä rakentamista ohjataan myös rakentamistapaohjeilla, joilla kuitenkaan ei ole välittömiä oikeudellisia vaikutuksia.[26] Rakentamistapaohjeet voidaan liittää tontinluovutussopimukseen.

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen tähtäävät ohjauskeinot

Ilmaston lämpenemistä aiheuttavia CO_2e-päästöjä pyritään leikkaamaan säädösohjauksella, taloudellisilla ohjauskeinoilla ja informaatio-ohjauksella. Ohjauskeinoja ovat esimerkiksi:

- energiapolitiikka
- normiohjaus
- verot ja verotuet, verotuksen suuntaaminen
- veroluonteiset maksut
- julkisoikeudelliset maksut
- rangaistuksenluonteiset maksut
- palvelumaksut
- palvelujen kehittäminen
- rahoituksen suuntaaminen valtion ja kuntien investointeihin yhteiskuntarakenteen kehittämiseksi

[22] Maankäyttö- ja rakennusasetus.
[23] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset. Opas 12. Ympäristöministeriö. Helsinki 2003, 25.
[24] Maankäyttö- ja rakennuslaki, 14§.
[25] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 25–26.
[26] Ibid.

- valtion ja Euroopan unionin tuet elinkeinoelämälle, yhteisöille ja kotitalouksille
- tiedon tuottaminen ja jakelu (koulutus, neuvonta ja viestintä)
- päästökauppa.

Erilaisten ohjauskeinojen päällekkäisyyttä ei voida kokonaan välttää. Esimerkiksi päästökauppajärjestelmän piiriin kuuluvat mm. kaukolämmön tuotto ja monien rakennusmateriaalien valmistus. Kun asemakaavasuunnittelussa tähdätään vähäpäästöiseen rakennettuun ympäristöön, tarkastelu kohdistuu myös näihin osatekijöihin. Päästökaupan kanssa päällekkäisiä, ei-markkinaehtoisia ohjauskeinoja on kritisoitu, koska niiden katsotaan vesittävän päästökaupan ohjausvaikutusta.[27] Toisaalta seitsemän eurooppalaisen ympäristötutkimuslaitoksen yhteistyöverkosto PEER kannustaa julkaisussaan *"Climate Policy Integration, Coherence and Governance"* nimenomaan huomioimaan ilmastonsuojelun mm. maankäytön suunnittelussa. PEERin raportin esittämän näkemyksen mukaan päästökauppa voi johtaa toivottuun tulokseen vain, jos se saa tukea muista talous- ja yhteiskuntapoliittisista toimista.[28]

Vähäpäästöinen rakennettu ympäristö hyväksytään yleisesti myös alueidenkäytön suunnittelun tavoitteeksi. Tavoitteen systemaattinen huomioiminen edellyttää uusia toimintamalleja kaikilla kaavatasoilla, mutta johdonmukaisesti toteutettuna vaikuttavuus on todennäköisesti suuri. Valtaosa uudisrakennuksista sekä lisä- ja täydennysrakentamisesta toteutetaan yleis- tai asemakaavan ohjaamana. Ilmastonmuutokseen torjuntaan pyrkivät tavoitteet eivätkuitenkaan korvaa muita maankäytön suunnittelun tavoitteita tai vähennä niiden merkitystä.

Kaavoituksen kautta tapahtuva päästöohjaus poikkeaa ratkaisevalla tavalla rakentamismääräyksistä ohjauskeinona. Rakentamismääräykset kohdistuvat koko uudisrakentamiseen ja asettavat vähimmäisvaatimuksia toteutettavien rakennusten ominaisuuksille. Kaavoituksen tulee luoda mahdollisuudet vähäpäästöiseen elämään kaikkien muidenkin fyysistä elinympäristöä koskevien ratkaisujen kautta.

Rakentamismääräysten energiatehokkuusohjaukseen verrattuna asemakaavoitukseen liittyvä päästötarkastelu kohdistuu yksittäisten rakennusten sijasta kokonaisiin alueisiin ja sisällyttää tarkasteluun useampia näkökulmia kuin vain rakennusten energiankäytön. Asemakaavoitukseen kytkettävään päästötarkasteluun on olennaista sisällyttää kaikki ne kokonaispäästöjen merkittävät osatekijät, joihin kaavasuunnittelun keinoin voidaan vaikuttaa ja joiden suuruus voidaan numeerisesti laskea tai arvioida riittävällä tarkkuudella. Kokonaisvaltaisempi laskennallinen tarkastelu tuo esille alueelliset erot sekä erilaisten ratkaisujen painoarvot ilmastonäkökulmasta.

Rakentamismääräysten energiatehokkuusohjaus kohdistuu suunnittelun tuloksena muodostuviin rakennuksen teknisiin ominaisuuksiin, eikä esimerkiksi rakennuksen maantieteellinen sijainti vaikuta vaatimustasoon. Rakentamismääräysten ohjaukseen verrattuna kaavoituksessa on mahdollista ottaa huomioon

- alueelliset erityispiirteet (esim. maantieteellinen sijainti, yhdyskuntarakenne, väestökehitys, rakennuskannan uusiutuminen)
- kuntien ja kaupunkien erilaiset strategiat ja painotukset päästövähennyksissä
- eri tavoin tuotettavan kaukolämmön päästöt.

[27] mm. "Päästökauppa tuo uusia mahdollisuuksia". Fortum Oy:n kestävän kehityksen päällikön, Kari Kankaanpään mielipidekirjoitus Kauppalehdessä 22.10.2012.
[28] Mickwitz, Per et al: *Climate Policy Integration, Coherence and Governance*. PEER Report No 2. Helsinki 2009, 83. Raportin pääkirjoittaja on erikoistutkija Per Mickwitz Suomen ympäristökeskuksesta. Suomen ympäristökeskus SYKE on yksi PEER-yhteistyöverkoston perustajajäsenistä.

Suhteessa rakentamismääräysten ohjaukseen päästöohjaava asemakaava ei siis ole rakentamismääräysten jatke, vaan se on luonteeltaan alueellisia erityispiirteitä ymmärtävä ja erilaisia maankäytön tavoitteita yhteensovittava suunnitelma tulevasta rakentamisesta. Luonteeltaan mahdollistavan ohjauksen ei tarvitse pyrkiä kattavasti estämään epäedullisiksi katsottuja valintoja rakennusten toteutusvaiheessa. Näkökulmana on pikemminkin se, että kaava esittää vision toteutuksesta, joka johtaa aiempaa vähäpäästöisempään rakennettuun ympäristöön ja luo edellytykset myöhemmille, yhä uusiin päästövähennyksiin tähtääville toimenpiteille suunnittelualueella. Nämä voivat olla esimerkiksi lisä- ja täydennysrakentamista tai hajautettua uusiutuvan energian tuotantoa. Alueen toteutuksessa ei välttämättä seurata kaikkia asemakaavan näkemyksiä – tai niitä toteutetaan vain osittain. Mikäli asemakaavan luonnetta ohjauskeinona halutaan muuttaa velvoittavammaksi, tarvitaan maankäyttö- ja rakennuslain uudistamista tai täsmentämistä.

Toisaalta asemakaavan tulee mahdollistaa muiden ohjauskeinojen, esimerkiksi rakentamismääräysten energiatehokkuusohjauksen toteuttaminen. Asemakaavoituksella tulee käytettävissä olevan tiedon valossa olemaan tärkeä rooli tonteilla tai rakennusten lähialueilla tapahtuvan uusiutuvan energian tuotannon mahdollistajana.

SUUNNITTELUN VAIKUTUSMAHDOLLISUUDET CO_2e-PÄÄSTÖIHIN

	YLEISKAAVA	ASEMAKAAVA	RAKENNUSSUUNNITTELU INFRAN SUUNNITTELU
INFRAN (PERUSRAKENTEEN) HIILIJALANJÄLKI			
kadut, tiestö ja kevyen liikenteen väylät		*määrät*	*rakenteet ja materiaalit*
torit, aukiot ja kaupunkitilat		*määrät*	*rakenteet ja materiaalit*
vesi- ja viemäriverkostot, muu kunnallistekniikka		*määrät*	*rakenteet ja materiaalit*
kaukolämpöverkosto		*määrät*	*rakenteet ja materiaalit*
katuvalaistuksen hiilijalanjälki		*määrät*	*rakenteet ja materiaalit*
INFRAN KÄYTTÖ, LIIKENNE			
rakentamisen sijainti suhteessa palveluihin ja työpaikkoihin		*pääosin yleiskaavassa*	
kevyen liikenteen yhteyksien toimivuus ja houkuttelevuus			
joukkoliikenneyhteydet	*yleis- ja asemakaava luovat edellytykset*		
katuvalaistuksen energiankulutus		*valaistun tiestön määrä*	*katuvalaisintyyppi*
RAKENNUSTEN HIILIJALANJÄLKI			
rakennusten runkomateriaalit			
rakennusten ulkoverhousmateriaalit			
rakennusten perustustapa	*perustamisolosuhteet*	*sijainnin määrittely*	*rakenteet ja materiaalit*
rakennusten muut materiaalit		*kiistanalainen*	
RAKENNUSTEN ENERGIANKÄYTTÖ			
rakennusten ostoenergiankulutus		*rakentamismääräykset*	
rakennusten liittyminen kaukolämpöverkkoon	*yleiskaava luo edellytykset*	*poikkeaminen sallittua, MRL 57a §*	
rakennusten muu lämmitysmuoto kuin kaukolämpö			
rakennusten sähköenergiankulutus			
piha-alueiden ja ulkorakennusten energiankulutus		*vähäinen ohjaus mahdollista*	
uusiutuvan energian tuotanto rakennuksessa		*asemakaava luo edellytykset*	
uusiutuvan energian tuotanto kaava-alueella		*asemakaava luo edellytykset*	
MUUT CO_2-ekv-PÄÄSTÖVAIKUTUKSET			
maankäytön (metsäpinta-alan) muutos			

Taulukko 1. Arvio asemakaavoituksen vaikutusmahdollisuuksista CO_2e-päästöihin. Tumma vihreä väri: vaikutusmahdollisuudet ovat suuret. Vaalea vihreä väri: suunnittelutasolla voidaan jossain määrin vaikuttaa ko. päästöihin tai luoda edellytyksiä vähäpäästöisen ratkaisun toteutumiselle.

2.4 ILMASTOTAVOITTEITA TOTEUTTAVA ASEMAKAAVOITUS

Ilmastonäkökulmasta alueiden käytön suunnittelun tavoite on luoda vähäpäästöisen elämän puitteet.

Tässä raportissa*ilmastotavoitteita toteuttavalla kaavoituksella* tarkoitetaan mallia, jossa maankäytön suunnittelun energiatehokkuus- tai päästötavoitteita ei aseteta mielivaltaisesti tai suhteessa rakentamismääräyksiin, vaan ne perustuvat kansallisten ilmastotavoitteiden ja ilmastonmuutoksen hillinnän johdonmukaiseen toteuttamiseen suunnittelualueella. Tavoitteet vaikuttavat sekä asemakaavan suunnitteluratkaisuihin että niihin vaatimuksiin, joita kaavamääräyksillätai rakentamistapaohjeilla osoitetaan rakennusten toteutukselle. On kuitenkin huomattava, että kansallisetilmastonmuutoksen hillintää koskevat sitoumukset eivät juridisestivelvoita kuntaa, joka vastaa asemakaavoituksesta.

Ilmastotavoitteisiin tukeutuminen auttaa sekä asettamaan aluekohtaisia päästötavoitteita että arvioimaan laskennallisten tarkastelujen tuloksia. Mikäli suunnitelmasta laskettuja kokonaispäästöjä ei suhteuteta keskimääräisiin CO_2e-päästöihin ja tavoitteelliseen kehitysuraan, ei oikeastaan voida arvioida, onko uuden alueen kaavoituksella vaikutettu ilmaston lämpenemiseen myönteisesti vai kielteisesti. Aluekohtaisen päästötavoitteen toteuttamiseksi asemakaavassa saattaa olla tarkoituksenmukaista asettaa erilaisia vaatimuksia yksittäisen rakennuksen ympäristöominaisuuksille, kuten Porvoossa Toukovuoren asemakaavassa tehtiin päästötarkastelujen perusteella. Kansallisten päästötavoitteiden toteuttamisella voidaan perustella sekä asemakaava-alueelle asetettava päästötavoite että yksittäiselle tontille asetettu asemakaavamääräys.

Ilmastotavoitteita toteuttavan asemakaavoituksen on käytännössä

1) mahdollistettava kansalliseen keskiarvoon nähden vähäpäästöinen elämä suunnittelualueella
2) luotava edellytyksiä kokonaispäästöjen myöhemmille vähennyksille lähivuosikymmenten aikana (esimerkiksi investoinnit uusiutuvaan energiaan, täydennysrakentaminen)
3) tuotettava ilmastonmuutokseen sopeutuvaa rakennettua ympäristöä ja luonnonympäristöä
4) tuettava mahdollisuuksien mukaan muita ilmastotavoitteita toteuttavia ohjauskeinoja.

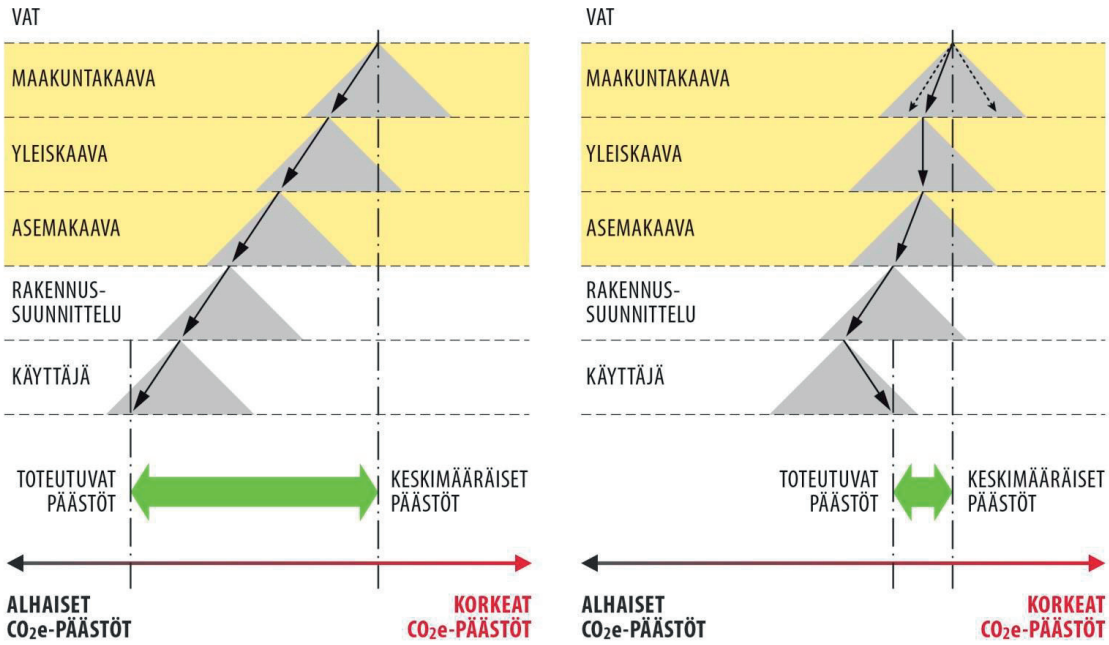
Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus ei myöskään estä rakennetun ympäristön päästöjä vähentäviä vapaaehtoisia investointeja tai heikennä muiden ilmastotavoitteisiin liittyvien ohjauskeinojen vaikuttavuutta tai toteutusmahdollisuuksia.

Asemakaavoituksen muiden reunaehtojen ja hyvän suunnittelun tavoitteiden puitteissa tehdään laskennallisia tarkasteluja hyödyntäen keskimääräistä pienempiin CO_2e-päästöihin johtavia suunnitteluratkaisuja. Laskenta perustuu elinkaaritarkasteluun ja sen tuloksia arvioidaan suhteessa investointikustannuksiin.

Ilmastotavoitteiden huomioiminen eri kaavatasoilla

Asemakaavoitus on osa maankäytön suunnittelun kokonaisuutta. Ilmastopäästöjen vähentämiseen tähtäävät suunnitteluratkaisut tehdään johdonmukaisesti kaikilla kaavatasoilla, jolloin toimenpiteiden vaikuttavuus muodostuu mahdollisimman suureksi. Päästövähennyksiin voidaan pyrkiä erilaisin painotuksin eri alueilla.

Ilmastotavoitteita toteuttava kaavoitus alkaa valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista. Kun strategista tavoitetta toteutetaan johdonmukaisesti kaikilla kaavatasoilla, millään kaavatasolla ei välttämättä tarvita äärimmäisiä päästövähennystoimenpiteitä, jotka puolestaan saattaisivat vaikeuttaa muiden kaavasuunnitelman tavoitteiden toteuttamista tai nostaa kohtuuttomasti rakennuskustannuksia.



Kuva 4. Paras vaikuttavuus (vas.) saavutetaan, kun eri suunnittelutasoilla toteutetaan johdonmukaisesti yhteneväistä näkemystä alueellisista päästövähennyskeinoista ja tavoitteista. Suunnitelman taustalla oleva näkemys on tärkeää välittää asemakaavoituksesta rakennussuunnitteluun ja rakennuksen käyttäjälle saakka. Yhteisen näkemyksen ja kommunikaation puute (oikea kuva) johtaa siihen, että vaikuttavuus jää heikommaksi.

Rakennetun ympäristön ominaispäästöihin voidaan vaikuttaa eri kaavatasoilla. Ylempi kaavataso luo lähtökohdat seuraavan kaavatason valinnoille ja päästövähennysmahdollisuuksille. Rakennussuunnittelu tehdään pääsääntöisesti asemakaavan ohjaamana. Viime kädessä rakennuksen käyttäjä vaikuttaa merkittävästi toteutuvaan CO_2e-päästöön. Kaavahierarkian eri tasoilla tehtävillä ratkaisuilla on erilainen painoarvo kokonaispäästöjen eri osatekijöihin.

Kun eri kaavatasoilla pyritään johdonmukaisesti toteuttamaan yhtenevää näkemystä alueellisista CO_2e-päästövähennyksistä, kaavatasojen rajapinnoisssa tapahtuvan kommunikaation merkitys korostuu. Näkemys suunnittelualueen päästövähennyskeinoista ja painotuksista on pystyttävä välittämään seuraaville kaavatasoille ja edelleen rakennussuunnittelijoille ja rakennusten käyttäjille. Suunnitteluratkaisujen perustelut ja näkemys seuraavan kaavatason tai rakennussuunnittelun ratkaisuista voidaan liittää kaavaselostukseen ja rakentamistapaohjeisiin. Sen ei välttämättä tarvitse merkitä rakentajaa sitovaa kaavamääräystä.

Ilmastotavoitteiden johdonmukainen toteuttaminen koko kaavahierarkian läpi johtaa vaikuttavuudeltaan hyviin tuloksiin. Asemakaavassa voidaan toisaalta tehdä tehokkaasti CO_2e-päästöjä vähentäviä ratkaisuja, vaikka yleiskaava ei tukisikaan niitä kaikilta osin.

Aikaulottuvuus: CO_2e-päästöjä leikkaavan kehityksen mahdollistaminen

Ilmastotavoitteiden toteuttaminen edellyttää kehitysuraa, jossa kansallisia kasvihuonekaasupäästöjä pienennetään vuosi vuodelta kohti tavoitteellista tasoa. Ilmastotavoitteita toteuttavalla kaavoituksella on siten myös ajallinen ulottuvuus. Kansallinen keskiarvopäästö, johon kaava-alueen laskentatulosta verrataan, on vuosi vuodelta pienempi. Ilmastotavoitteita toteuttavalla asemakaavoituksella luodaan lisäksi edellytyksiä ja valmiuksia kaava-alueilla myöhemmin tehtäviin toimenpiteisiin, joilla pienennetään alueen CO_2e-päästöjä. Näitä voivat olla esim. joukkoliikenneyhteyksien tehostaminen, hajautetun uusiutuvan energian tuotannon rakentaminen tai yhdyskuntarakenteen tiivistäminen täydennysrakentamalla. Päästötavoitteita toteuttava asemakaava ennakoi tulevaa kehitystä ja ohjaa osaltaan johdonmukaisesti rakennettua ympäristöä ja yhdyskuntarakennetta kehitysuralle, johon kansallisesti on sitouduttu. CO_2e-päästöjä leikkaavan kehitysuran toteuttamisessa painotukset ovat alueellisesti erilaisia ja riippuvat mm. suunnittelualueen maantieteellisestä sijainnista, yhdyskuntarakenteesta ja kehitysnäkymistä. Asemakaavan tulee siten myös johdonmukaisesti jatkaa ja toteuttaa maapolitiikassa ja ylemmillä kaavatasoilla, erityisesti yleiskaavassa toteutettua päästövähennysstrategiaa.

On mahdollista, että asemakaavoituksessa luotuja varauksia ei koskaan toteuteta. Varaukset on tarkoituksenmukaista tehdä siten, että ne eivät nosta rakentamiskustannuksia tai johda tarpeettoman alhaiseen maankäytön tehokkuuteen. Asemakaavan varaus saattaa kuitenkin myöhemmin toimia jopa kannustimena CO_2e-päästöjä vähentäviin toimenpiteisiin, koska investoinnit voidaan toteuttaa ilman asemakaavamuutosta.

Asemakaavamääräykset

Voiko ilmastotavoitteita toteuttava asemakaava asettaa päästölaskennan perusteella kaavamääräyksen esimerkiksi rakennusmateriaalista, energiatehokkuudesta tai käytettävästä energiamuodosta?

Asemakaavan mahdollisuus ohjata kaavamääräyksellä yksittäisen rakennuksen suunnitteluratkaisuja on laajempi juridinen kysymys, joka ei liity ainoastaan vähäpäästöisyyteen pyrkiviin asemakaavoihin. Ilmastonmuutoksen huomioimisen ei toisaalta myöskään tarvitse automaattisesti johtaa aiempaa vaativampiin kaavamääräyksiin.

Asemakaava on suunnitelma alueen toteutuksesta. Se jättää tyypillisesti liikkumavaraa rakennussuunnittelun ratkaisuille, joihin vaikuttavat monet muutkin näkökulmat ja tavoitteet. Asemakaavoituksen vaikutusmahdollisuuksia CO_2e-päästöihin on siten haastavaa laskea täsmällisesti. Laskennallinen tarkastelu kohdistuu kaavasuunnitelman visioon alueen toteutumisesta, ja siinä on tehtävä oletuksia todennäköisistä ja keskimääräisistä suunnittelu-, toteutus- ja toimintavaiheen valinnoista. Tämän vuoksi asemakaavasuunnitelman tavoitteiden kommunikointi rakennusten toteuttajille on erityisen tärkeää.

Ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta asemakaavalla on muita ohjauskeinoja tukeva ja mahdollistava rooli. Tavoitetta vähäpäästöisestä rakennetusta ympäristöstä ei toisin sanoen tarvitse toteuttaa yksin asemakaavan keinoin.

Toisaalta ilmastonmuutos on yksi aikamme suurimmista uhkakuvista, johon reagoiminen riittävän nopeasti ja tehokkaasti edellyttää radikaalejakin yhteiskunnallisten toimintamallien muutoksia. Tästä näkökulmasta olisi täysin perusteltua laajentaa asemakaavoituksen tehtäviä ja lain sallimaa keinovalikoimaa siten, että asemakaava voi asettaa yksittäisen rakennuksen ympäristöominaisuuksille kokonaiskuvan kannalta perusteltuja vaatimuksia. Runsaspäästöisen rakennuksen haitalliset ilmastovaikutukset eivät rajoitu rakennuttajaan tai asukkaaseen, vaan ne ovat osaltaan aiheuttamassa vahinkoa kaikille ihmisille, ympäristölle ja lopulta myös kansantaloudelle.

Mikäli yksittäiselle rakennukselle asetetaan päästövaatimus, vaadittavan päästötason tulisi olla johdonmukaisesti perusteltu. Suomalaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmän erityispiirrettä, kaavahierarkiaa, voitaisiin hyödyntää ”taakanjaossa”, toisin sanoen rakennuskohtaisen päästötavoitetason määrittelyssä. Aluksi tulisi määritellä rakennetun ympäristön osuus tavoitelluista kansallisista päästövähennyksistä. Muun muassa yhdyskuntarakenteen ja maantieteellisen sijainnin (ilmaston, maaston yms. olosuhteiden) vaihtelun johdosta jokaiselle rakennukselle ei ole tarkoituksenmukaista asettaa samaa vaatimustasoa kokonaispäästöjen suhteen. Aluetason tavoitteenasetannassa tulisi huomioida mm. kuntatason strategiat ja tavoitteet, CO_2e-päästötavoitteiden vaikuttavuus sekä aiheutuvat kustannusvaikutukset.

Nykyinen käsitys maankäyttö- ja rakennuslain sallimasta asemakaavamääräysten asettamisesta kuvataan vuonna 2003 julkaistussa ympäristöministeriön oppaassa nro 12, ”Asemakaavamerkinnät ja -määräykset”.[29]

Asemakaavamääräykset palvelevat asemakaavan tarkoitusta alueiden käytön ja rakentamisen ohjaajana. Kaavamerkinnöiltä, -määräyksiltä ja selostukselta edellytetään selkeyttä ja havainnollisuutta[30]. Maankäyttö- ja rakennuslain 57§:n mukaisesti asemakaavassa voidaan antaa määräyksiä, joita kaavan tarkoitus ja sen sisällölle asetettavat vaatimukset huomioon ottaen tarvitaan asemakaava-aluetta rakennettaessa tai muutoin käytettäessä.[31] Asemakaavamääräykset voivat koskea esimerkiksi haitallisten ympäristövaikutusten rajoittamista.[32]

***[MRL] 57a§** (30.12.2008/1129)*

Kaukolämpöverkkoon liittymisvelvollisuus

Asemakaavassa voidaan antaa määräys rakennuksen liittämisestä kaukolämpöverkkoon, jos määräys on tarpeen energian tehokkaan ja kestävän käytön, ilman tavoiteltavan laadun taikka asemakaavan muiden tavoitteiden kannalta.

Määräystä sovelletaan rakennukseen, jonka rakennuslupaa haettaessa kaukolämpöverkko on toteutettu siten, että siihen liittyminen on mahdollista rakennuspaikan välittömässä läheisyydessä.

Määräystä ei kuitenkaan sovelleta:

1) rakennukseen, jonka laskennallinen lämpöhäviö on enintään 60 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä;

2) rakennukseen, jonka pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä on uusiutuviin energialähteisiin perustuva vähäpäästöinen lämmitysjärjestelmä;

3) olemassa olevan rakennuksen korjaus- tai muutostyöhön taikka laajennukseen; tai

4) olemassa olevaan asuinrakennukseen liittyvään talousrakennukseen.[33]

[29] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003.
[30] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 10.
[31] MRL 57§.
[32] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 14.
[33] MRL 57a§.

Ympäristöministeriön oppaan nro 12 mukaan ”[o]n myös katsottu, ettei esimerkiksi kaukolämpöverkkoon liittymisestä eikä muutenkaan kiinteistön lämmitysjärjestelmästä voida kaavassa määrätä.”[34] Maankäyttö- ja rakennuslakia muutettiin kuitenkin vuonna 2008 siten, että asemakaavassa voidaan määrätä kaukolämpöverkkoon liittymisestä, perusteena energian tehokas ja kestävä käyttö sekä ilman laatu. Liittymisen on oltava mahdollista rakennuspaikan välittömässä läheisyydessä rakennuslupaa haettaessa. Liittymisvelvollisuuden voi välttää valitsemalla rakennukseen uusiutuviin energianlähteisiin perustuvan, vähäpäästöisen lämmitysjärjestelmän (esim. maalämpö, aurinkolämpö) tai rakentamalla matalaenergiatalon.[35]

Ympäristöministeriön opas nro 12 toteaa, että ”[a]sioista, jotka on jo säännelty muun kuin maankäyttö- ja rakennuslainsäädännön nojalla, ei asemakaavamääräyksillä ole yleensä syytä määrätä. - - - Kaavaan eivät kuulu määräykset rakentamismääräyksissä jo säännellyistä asioista. ”[36]. Tämä tarkoittaa esimerkiksi rakennusten energiatehokkuutta, jolle on asetettu vähimmäisvaatimukset Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D3[37].

Salon kaupungissa sijaitsevan Viitannummen asemakaavamääräykset asettavat vaatimuksia alueen rakennusten kokonaisenergiankulutukselle, lämmityksen tehontarpeelle, veden kulutukselle sekä energiankulutuksen kasvihuonekaasupäästöille. Rakennusten laskennallinen kokonaisenergiankulutus saa olla korkeintaan 135 kWh/(brm² a). Energiankulutuksen aiheuttamat laskennalliset kasvihuonekaasupäästöt saavat olla korkeintaan 32 kgCO_2e/(brm²a). Asemakaavamääräykset edellyttävät myös mm. kaksoisvesijärjestelmää, sadevesien talteenottoa ja liittymistä kaukolämpöön. Lämmitysenergiankulutusta koskevien asemakaavamääräysten arvioitiin voimaanastumishetkellä olevan n. 20 % rakentamismääräysten vaatimustasoa tiukempia.[38]

Viitannummen asemakaava vahvistettiin 26.1.2004. Asemakaava-alueella asui keväällä 2012 noin 500 asukasta. Rakentamismääräysten muututtua Salon asemakaavoittajat kuitenkin katsoivat, ettei vastaavanlaisia asemakaavamääräyksiä ole enää sallittua asettaa, koska kunta ei saa asettaa rakentamismääräyksiä tiukempia vaatimuksia rakennuksen energiatehokkuudelle.[39]

Viitannummen tapauksessa rakennuksen kokonaisenergiankulutusta ja energiankäytön CO_2e-päästöjä koskevan asemakaavamääräyksen toteutuminen varmistettiin laskurilla, jonka rakennushankkeeseen ryhtyvä sai veloituksetta rakennusvalvonnasta. Laskuri ja siihen liittyvät todentamismenettelyt kehitettiin Salon kaupungin, Motivan ja VTT:n yhteistyössä. Kaupunginarkkitehti Jarmo Heimon mukaan vaatimustaso oli asetettu siten, että asemakaavamääräysten mukainen rakentaminen ei edellyttänyt merkittäviä teknisiä muutoksia rakennustavassa. Asemakaavamääräykset tai siihen liittyvä todentamismenettely eivät kohdanneet mainittavaa vastustusta rakentajien taholta.[40]

[34] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 20.
[35] MRL 57a§.
[36] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 21.
[37] RakMK D3 Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012.
[38] Viitannnummen asemakaavamääräykset.
[39] Heimo, Jarmo: Viitannummen alue Salossa – Energiatehokkuustavoitteiden toteutuminen. Luentoaineisto. Kuntien kuudes ilmastokonferenssi 3–4.5.2012, Tampere 2012.
[40] Lähde: puhelinkeskustelu Kimmo Lylykankaan ja kaupunginarkkitehti Jarmo Heimon välillä 2.9.2013.

Rakennusmateriaalin määräämisen asemakaavassa on pelätty rajoittavan materiaalivalmistajien vapaata kilpailua. Tämänkaltaisen kaavamääräyksen juridista problematiikkaa ei ole toistaiseksi tyhjentävästi selvitetty. Tätä raporttia kirjoitettaessa käynnissä on valitusprosessi koskien vuonna 2012 hyväksyttyä Helsingin Honkasuon asemakaavaa, jossa kaavamääräyksenä on vaatimus puun käyttämisestä pääasiallisena rakennusmateriaalina.[41]

Honkasuon asemakaavaehdotus valmistui vuonna 2008. Helsingin kiinteistövirasto ja Helsingin kaupungin asuntotuotantotoimisto vastustivat kaavan puurakentamismääräyksiä ja matalaenergiamääräyksiä, eikä kaava edennyt. Alueen rakentamisesta järjestettiin vuonna 2010 tontinluovutuskilpailu, jonka perusteella kaavaehdotus viimeisteltiin.[42] Betoniteollisuus ry valitti syyskuussa 2012 AO-korttelialueen asemakaavamääräyksestä, jonka mukaan ”[AO-korttelialueella] rakennusten tulee olla massiivipuusta rakennettuja ja ilmeeltään moderneja”. Valituksen perusteluissa todetaan, että ”asemakaavassa ei voi antaa määräyksiä rakennuksen rakennusmateriaalista eikä asemakaavaviranomaisen toimivaltaan kuulu antaa määräyksiä rakennusten kantavien rakenteiden materiaalista.”[43]

Myös Porvoon Skaftkärrin kaavarungon alueella, Toukovuoren asemakaavassa on kaavamääräyksiin merkitty AP- ja AO-korttelialueiden kaavamääräykseksi *”Rakennusten pääasiallinen rakennusmateriaali on puu”*. Kaavamääräys perustuu Pöyry Finland Oy:n tekemään CO_2e-päästölaskentaan, jonka mukaan rakennusmateriaalien valmistuksesta aiheutuva CO_2e-päästö on puupientalossa noin puolet kivirakenteisen pientalon päästöistä.[44]

Viime aikoina on monessa eri yhteydessä nostettu esiin kysymys rakennusmateriaalien ottamisesta rakentamisen normiohjauksen piiriin. Rakennusmateriaalien päästöperusteinen säädösohjaus on nostettu esille mm. ERA17-toimintaohjelmassa.[45] Hallitusohjelmassa tavoitteeksi on kirjattu puurakentamisen sekä materiaalien ja tuotteiden valmistuksen huomioivan elinkaarilaskennan edistäminen.[46]

Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistuksessa vuonna 2008 korostettiin ilmastonmuutoksen hillintää ja energiatehokkuuden edistämistä. Rakennusmateriaalien ilmastovaikutusta lasketaan usein energiana (esim. saks. *”graue Energie”,* engl. *”embodied energy”*), joten tässä mielessä myös materiaalivalintojen voidaan katsoa kuuluvan energiatehokkuuden edistämiseen.

Kysymys rakennetun ympäristön materiaalivalintojen ja muiden CO_2e-päästöihin vaikuttavien suunnitteluratkaisujen ohjaamisesta asemakaavalla on osa laajempaa kysymystä rakentamisen ohjauksen kehittämisestä ja kaavoituksen tehtävistä. Ympäristöministeriö on käynnistänyt syksyllä 2011 maankäyttö- ja rakennuslain toimivuuden ja vaikuttavuuden arvioinnin. Kokonaisarviointi suoritetaan vuoden 2013 loppuun mennessä. Alueidenkäytön suunnittelun ja asemakaavoituksen rooli ilmastotavoitteiden toteuttamisessa olisi syytä täsmentää maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisarvioinnin yhteydessä.

---

[41] Valitus Helsingin hallinto-oikeudelle koskien Honkasuon asemakaavaa. Hammarström Puhakka Partners 24.9.2012, valittajana Betoniteollisuus ry.
[42] Tyynilä, Suvi: Honkasuon ekotehokas kaupunkikylä. Luentoaineisto 15.2.2012. Puurakentamisen RoadShow 2012.
[43] Valitus Helsingin hallinto-oikeudelle asemakaavan hyväksymistä koskevassa asiassa. 24.9.2012, Hammarström-Puhakka Partners, valittajana Betoniteollisuus ry.
[44] Rajala, Pasi et al: Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä 41. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra Oy, Porvoon Energia Oy, Ympäristöministeriö. Helsinki 2010.
[45] Martinkauppi, Kirsi (toim.): ERA17. Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. Helsinki 2010, 62.
[46] Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma. 22.6.2011. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2011, 72.

Maankäyttö- ja rakennuslain 57§ (”... asemakaavassa voidaan antaa määräyksiä, joita kaavan tarkoitus ja sen sisällölle asetettavat vaatimukset huomioon ottaen tarvitaan asemakaava-aluetta rakennettaessa tai muutoin käytettäessä (*asemakaavamääräykset*). Asemakaavamääräykset voivat muun ohessa koskea haitallisten ympäristövaikutusten estämistä tai rajoittamista.”)[47] on ymmärrettävissä siten, että kun suunnitellaan aluetta, jonka erityiseksi ja keskeiseksi tavoitteeksi on ennalta asetettu vähäpäästöisyys, olisi tämän tavoitteen toteuttamiseksi tarkoituksenmukaista ohjata kaikkia kokonaispäästöjen kannalta keskeisiä suunnitteluratkaisuja hyvinkin yksityiskohtaisesti. Kasvihuonekaasupäästöt voidaan nykytiedon valossa ymmärtää MRL 57§:n tarkoittamaksi merkittäväksi haitalliseksi ympäristövaikutukseksi, jonka vähentämiseksi tarvitaan vastaavasti yksityiskohtaisia kaavamääräyksiä. Tätä periaatetta on toteutettu Porvoon Skaftkärrin asemakaavoituksessa.

Asemakaavaan on aiemminkin kirjattu yksityiskohtaisia, rakennussuunnittelun ratkaisuja sitovia vaatimuksia silloin, kun tavoitellaan rakentamistavan yhtenäisyyttä tai halutaan sovittaa uudisrakentaminen historiallisesti arvokkaaseen miljööseen. Kattokulmaa, katemateriaalia, rakennuksen korkeutta, julkisivumateriaalia tai julkisivuväritystä koskevia asemakaavamääräyksiä esiintyy asemakaavoissa usein. Ympäristöministeriön opas ”Asemakaavamerkinnät ja -määräykset” toteaa, että ”varsinkin silloin kun rakentaminen tapahtuu jo rakennettuun ympäristöön, on erityisesti kiinnitettävä huomiota uudisrakentamisen sopeutumiseen ympäristöönsä. Tällöin saattaa olla tarpeen antaa varsin yksityiskohtaisiakin määräyksiä rakentamistavasta ja -materiaaleista.”[48]

Vaikka yksittäisen rakennuksen materiaaleja, energiatehokkuutta tai lämmitysmuotoa ei määrättäisikään asemakaavassa, tehdään kaavassa kuitenkin olennaisia ja peruuttamattomia suunnitteluratkaisuja, joilla vaikutetaan suoraan kokonaispäästöihin, esimerkiksi:

- rakennusten sijainti suhteessa työpaikkoihin ja palveluihin vaikuttaa ratkaisevasti liikenteen CO_2e-päästöihin
- rakennustyyppi ja asumisväljyys vaikuttavat lämmitysenergiantarpeeseen ja sitä kautta rakennusten energiankäytön päästöihin
- katujen ja teiden rakentaminen stabilointia edellyttävälle maaperälle johtaa korkeisiin infrarakentamisen CO_2e-päästöihin
- rakentamismääräysten vähimmäisvaatimusten kustannustehokas toteuttaminen vuoden 2020 jälkeen edellyttää käytettävissä olevan tiedon perusteella tontti- tai aluekohtaista uusiutuvan energian tuotantoa, jonka kannattavan toteutuksen edellytykset luodaan yleis- ja asemakaavassa.

Kilpailuvirasto esitti eriävän mielipiteen kaukolämmön liittymisvelvoitetta koskevan MRL:n muutoksen käsittelyn yhteydessä vuonna 2008.[49] Rakennusmateriaalia koskeneesta kaavamääräyksestä valittanut Betoniteollisuus ry vetoaa sekin kilpailun rajoittamiseen. Kilpailullisten ongelmien välttämiseksi yksittäistä kaavamääräystä ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista muotoilla siten, että se ”lukitsee” suunnitteluratkaisun rakennussuunnittelussa (esimerkiksi puu päärakennusmateriaalina, liittyminen kaukolämpöön, passiivitalo). Kaavamääräys voisi vaatia vähäpäästöisten rakennusmateriaalien käyttämistä, vähäpäästöisen lämmitysmuodon käyttämistä tai asettaa vaatimuksen rakennuksen ominaisenergiankulutukselle. Määräystä voitaisiin edelleen täsmentää kaavaselostuksessa tai rakentamistapaohjeessa esimerkkien ja lukuarvojen avulla. Lukuarvot puolestaan perustuvat asemakaavasuunnitelmasta tehtyyn päästölaskentaan. Tämänkaltainen kaavamääräyksen muotoilu sallisi yhtä useamman vaihtoehtoisen suunnitteluratkaisun ja loisi rakennusteollisuudelle insentiivin kehittää uusia, vähäpäästöisiä ratkaisuja.

[47] MRL 57§.
[48] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 104.
[49] Kilpailuvirasto Dnro 147/72/2008, 20.3.2008. *http://www.kilpailuvirasto.fi/cgi-bin/suomi.cgi?sivu=aloitlaus/a-2008-72-0147* (viitattu 16.9.2013).

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen

Ilmastonmuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan luonnon ja ihmisen mukautumista odotettuihin tai jo tapahtuneisiin ilmastollisiin muutoksiin. Sopeutumisessa hyödynnetään muutoksen tuomia etuja ja minimoidaan haittoja. Keskeinen osa ilmastonmuutokseen sopeutumisesta on luonteeltaan riskien hallintaa.Keskeisimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat tulvien, myrskyjen ja rankkasateiden runsastuminen ja voimistuminen sekä muutokset vesivarojen määrässä ja ajallisissa vaihteluissa.[50]

Sopeutumisen haasteet tunnistetaan myös valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa.

VAT

4.3 Eheytyvä yhdyskuntarakenne ja elinympäristön laatu

Erityistavoitteet

”Alueidenkäytössä on otettava huomioon viranomaisten selvitysten mukaiset tulvavaara-alueet ja pyrittävä ehkäisemään tulviin liittyvät riskit.Alueidenkäytön suunnittelussa uutta rakentamista ei tule sijoittaa tulvavaara-alueille. Tästä voidaan poiketa vain, jos tarve ja vaikutusselvityksiin perustuen osoitetaan, että tulvariskit pystytään hallitsemaan ja että rakentaminen on kestävän kehityksen mukaista.
...
Yleis- ja asemakaavoituksessa on varauduttava lisääntyviin myrskyihin, rankkasateisiin ja taajamatulviin.”[51]

Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia valmistui vuonna 2005.[52] Strategiaa varten selvitettiin taloudellisia ja luonnonolojen tulevia kehitystrendejä. Strategia kuvaa ilmastonmuutoksen vaikutuksia mm. alueidenkäytön, yhdyskuntien ja rakentamisen toimialoilla. Kansallisen sopeutumisstrategian päivitys on käynnissä, ja sen on tarkoitus valmistua vuoden 2013 loppuun mennessä.

Suomessa ilmastonmuutos merkitsee ilman ja sisävesien keskilämpötilan kohoamista ja kasvukauden pitenemistä.[53] Sateiden arvioidaan lisääntyvän erityisesti talvisin. Sateen intensiteetti kasvaa ja rankkasateet lisääntyvät.[54] Pohjois-Suomessa lumipeiteajan arvioidaan lyhenevän noin kuukaudella ja Etelä-Suomessa noin kahdella kuukaudella.[55] Vaikutukset roudan muutokseen vaihtelevat eri puolilla Suomea. Tuulisuuden muutosten ennakointiin liittyy suuria epävarmuustekijöitä.[56]

Ilmastonmuutoksen kansallisessa sopeutumisstrategiassa rakennusten kesäajan jäähdytystarpeen arvioidaan lisääntyvän. Lämpötilan nousun vaikutuksesta sade tulee useammin vetenä kuin lumena. Maan vesipitoisuuden kasvaessa maan lujuus pienenee ja kantavuus alenee. Eroosioriski voi sateisuuden myötä kasvaa. Tulvariski kasvaa monilla asutuilla alueilla rankkasateiden lisääntymisen takia.

---

[50] Irjala, Antti: Sopeutuminen ympäristöhallinnon toimialalla. Ympäristöministeriö. Luentoaineisto.
[51] Valtioneuvoston päätös valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistamisesta. Annettu julkipanon jälkeen Helsingissä 13 päivänä marraskuuta 2008, 3.
[52] Marttila, Veikko et al: Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki 2005.
[53] Marttila, Veikko et al. 2005, 26–28.
[54] Marttila, Veikko et al. 2005, 30–32.
[55] Marttila, Veikko et al. 2005, 32.
[56] Marttila, Veikko et al. 2005, 33.

Rakentamisessa ulkopintojen kosteuskuorma kasvaa ja korroosio saattaa lisääntyä sateiden lisääntymisen vuoksi. Viistosateet ja jäätymis-sulamissyklin mahdollinen tihentyminen kuormittavat erityisesti rakennusten julkisivuja ja katteita. Huollon ja ylläpidon tarpeen arvioidaan korostuvan. Toisaalta rakenteet pysyvät ilmaston lämmetessä kuivempina.[57] Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2003 laadittu esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta nostaa lisäksi esille talven aiheuttamien vaurioiden vähenemisen.[58]

Ilmastonmuutoksen seurauksena energian kysynnän kausivaihtelut näyttäisivät jossain määrin pienenevän: lämmityksen tarve vähenee yleisesti talvella ja jäähdytysenergian tarve kasvanee kesällä. Ilmastonmuutoksen aiheuttamien ääri-ilmiöiden lisääntyminen uhkaa sähkönjakelujärjestelmän toimivuutta.[59]

Liikenteen osalta ilmastonmuutoksen vaikutusten merkittävyys vaihtelee liikennemuodoittain. Pyöräilyn ja jalankulun olosuhteiden arvioidaan lämpötilan kohotessa keskimäärin parantuvan, mutta ajoittain olosuhteet voivat olla vaikeita tuulisuuden, rankkasateiden tai liukkauden johdosta. Sään ääri-ilmiöt lisäävät infrastruktuurin vaurioriskejä ja liikenteen häiriöalttiutta.

Alueidenkäytön ja yhdyskuntien osalta strategia tunnistaa tulevaisuudessa sekä yhdyskuntarakennetta hajauttavia että tiivistäviä tekijöitä. Yhdyskunnat ovat yhä riippuvaisempia teknisistä järjestelmistä ja siten myös haavoittuvampia. Strategian mukaan liikenneväylien ja -verkkojen sekä energia-, vesi- ja jätehuollon infrastruktuurin kehittämisen tulisi tapahtua nykyistä tiiviimmässä yhteistyössä yhdyskuntien maankäytön kehittämisen kanssa. Strategia toteaa myös, että ”[m]aankäyttö- ja rakennuslakiin ja –asetukseen sekä kuntien rakennusjärjestyksiin voidaan tehdä täydennyksiä ja kaavoitusprosessiin voidaan liittää esimerkiksi ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisen haavoittuville alueille. Lisäksi voidaan antaa suosituksia eri kaavatasoilla”.[60] Strategian mukaan ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistoimet voidaan jo nykyisellään jossain määrin sisällyttää osaksi ympäristövaikutusten arviointia, mutta arviointimenetelmiä tulee edelleen kehittää.[61]

Toimenpiteiksi sopeutumisstrategia esittää mm. paikallisten lähtökohtien ja muuttuvien rasitusolojen parempaa huomoimista suunnittelussa, tulvariskialueiden määrittelyä, rankkasateiden tulvavesireittien selvittämistä sekä hulevesiviemäröinnin riittävää mitoitusta. Mahdollinen tuulisuuden kasvu voidaan ottaa huomioon rakennusten sijoittamisella, muodolla ja suuntauksella. Liikenteen osalta strategia ehdottaa toimenpiteiksi mm. liikenneverkoston suojaamista ääriolosuhteilta, ilmajohtojen korvaamista maakaapeleilla, suojautumista eroosiolta sekä liukkauden torjuntaa.[62]

VTT:n tutkimus ilmastonmuutoksen vaikutuksista rakennettuun ympäristöön[63] nostaa tulvariskin lisäksi esille sadevesiviemäriverkoston ylikuormittumisen. Kaavoituksessa tulisi varautua ilmastonmuutoksen vuoksi erityisesti tulviin, tuulisuuden, rankkasateiden ja myrskyjen lisääntymiseen, sadannan kasvuun, maan kosteuden ja pohjavesiolosuhteiden muutoksiin. Muutoksiin voidaan varautua

- selvittämällä ja rajaamalla rakentamisen ulkopuolelle tulvariskialueita
- rajoittamalla kaavamääräyksillä rakentamista riskialueille

[57] Marttila, Veikko et al. 2005, 150–151.
[58] Carter, Timothy R. & Kankaanpää, Susanna: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. *A preliminary examination of adaptation to climate change in Finland*. Suomen ympäristö 640. Helsinki 2003, 29.
[59] Marttila, Veikko et al. 2005, 132.
[60] Marttila, Veikko et al. 2005, 217.
[61] Marttila, Veikko et al. 2005, 243.
[62] Marttila, Veikko et al. 2005, 212.
[63] Ala-Outinen, Tiina et al: Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita – Research notes 2227. Espoo 2004, 71–72.

- määräämällä rakentamisen minimikorkeustaso vedenpinnasta
- kiinnittämällä erityistä huomiota pienilmastoon, maastoon ja maaperään
- minimoimalla tuulisuus rakennusten sijoittelulla
- välttämällä rakennusten ja verkostojen sijoittamista huonolle maaperälle.

Raportti arvioi tuulisuutta ja maaperää koskevien selvitysten tarpeen lisääntyvän.[64]

Ympäristöministeriön laatima ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjelma julkaistiin vuonna 2008, ja se päivitettiin vuonna 2010. Toimintaohjelma esittää konkreettisia toimenpiteitä, joista maankäytön suunnittelun kannalta keskeisimmät liittyvät tulvariskien hallintaan. Uudisrakentamista ja uusien alueiden käyttöönottoa voidaan ohjata turvallisemmille alueille kaavoituksella ja rakennusjärjestyksillä. Vaurioiden pienentämiseksi on esitetty myös ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmien kehittämistä. Esimerkkinä asemakaavatasolla käsiteltävistä sopeutumiskysymyksistä ohjelmassa mainitaan

- rakentamisen edellytykset: rakennuspaikan ja rakennuksen alimat korkeudet, tulvalle herkkien toimintojen sijoittamiskielto tulvavaara-alueille
- tulvia kestävät rakenneratkaisut
- tilapäiset ja pysyvät tulvasuojelurakenteet
- hulevesien varastointi- ja erityiskäsittelyt
- katurakentamisen korkeusaseman määritys
- istutukset ja muu vihersuojaus
- ekologiset käytävät.[65]

Ohjelman mukaan ilmastonmuutokseen sopeutuminen ei lähtökohtaisesti edellytä muutoksia maankäyttö- ja rakennuslakiin. Ohjelman mukaan ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja sopeutumisen lisäämistä vaikutusten selvittämistä ja arviointia koskeviin pykäliin tulisi kuitenkin harkita. Ohjelman mukaan kaavaselostuksen tulisi esittää ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset kaavan vaikutusalueella sekä miten mahdolliset riskit on otettu huomioon kaavaratkaisuissa.[66]

Talven 2008–09 aikana toteutettiin vuonna 2005 laaditun sopeutumisstrategian toimeenpanon arviointi.[67] Toimeenpanon arvioinnissa todetaan, että kansallista sopeutumisstrategiaa toteutetaan käytännössä usein alueellisella ja paikallisella tasolla. Arviointiraportin mukaan tarvittaisiin entistä tarkempaa alueellista ja paikallista tietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja sopeutumiskeinoista sekä kartoitusta erityisen haavoittuvista alueista Suomessa.[68] Tämä havainto tarkoittanee sitä, että asemakaavoituksessa ilmastonmuutokseen sopeutumista toteutetaan usein Suomen ilmaston muuttumista koskevien yleisten arvioiden perusteella, ilman yksityiskohtaista tietoa ennakoitavissa olevista muutoksista suunnittelualueella.

Vuosina 2006–10 toteutettiin viisivuotinen tutkimusohjelma, joka rahoitti kaikkiaan 30:tä ilmastonmuutokseen sopeutumista käsittelevää tutkimushanketta. Wahlgren, Kuismanen ja Makkonen tarkastelivat

[64] Ala-Outinen, Tiina et al. 2004, 4.
[65] Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ympäristöhallinnon toimialalla. Toimintaohjelma ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toteuttamiseksi. Ympäristöministeriön raportteja 20 / 2008. Ympäristöministeriö, Helsinki 2008, 42.
[66] Ibid.
[67] Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toimeenpanon arviointi 2009. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 4/2009. Helsinki 2009.
[68] Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toimeenpanon arviointi 2009, 17.

tutkimuksessaan[69] ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja siihen sopeutumista kuuden esimerkkialueen kaavoituksessa. Ilmastonmuutokseen varautumiseksi tutkijat suosittelevat pienilmastoanalyysien ja paikallisten ilmastoennusteiden laatimista asemakaavoituksen tueksi.

Tulvavaara-alueiden huomioiminen sekä sään ääri-ilmiöihin varautuminen mainitaan valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa. Tulva-alueiden osalta kartoitustyötä ohjaa Maa- ja metsätalousministeriö. Koko maan kattavan kartoituksen mukaan tulvariskialueilla asuu yhteensä yli 70 000 asukasta.

[69] Wahlgren, Irmeli; Kuismanen, Kimmo & Makkonen, Lasse: Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. VTT:n tutkimusraportti Nro VTT-R-03986-08. 9.5.2008. VTT, Espoo 2008.

3 CO_2e-PÄÄSTÖLASKENTA ASEMAKAAVOITUKSESSA

3.1 LASKENNALLINEN TARKASTELU TYÖVÄLINEENÄ

Päästölaskenta on osa asemakaavan vaikutusten arviointia, joka perustuu maankäyttö- ja rakennuslain 9§:ään. Lainsäädäntö ei kuitenkaan edellytä laskennallisia tarkasteluja, eikä niille ole toistaiseksi vakiintuneita käytäntöjä. Päästölaskenta on suunnittelun apuväline, jolla pyritään siihen, että CO_2e-päästöjen vähentämisen näkökulma tulee huomioiduksi kaavasuunnittelussa. Päästölaskennan avulla voidaan verrata vaihtoehtoisia kaavaluonnoksia ja todentaa ilmastotavoitteiden toteutuminen asemakaavassa.

Laskentatuloksen merkitys

Laskennalliset tarkastelut ovat yksi työväline vähäpäästöiseen rakennettuun ympäristöön tähtäävässä kaavoituksessa. Kaavoitettavan alueen CO_2e-päästöihin vaikutetaan myös suunnitteluratkaisuilla, joiden vaikutusta ei voida osoittaa laskennallisesti. Esimerkiksi laadukas viherympäristö voi vähentää vapaa-ajan matkailun tai loma-asumisen tarvetta. Lento- tai henkilöautoliikenteen vähenemisen vaikutus kokonaispäästöihin on merkittävä.

Laskentatulos on suuntaa-antava tunnusluku. Tämä johtuu siitä, että kaava on suunnitelma alueen rakentamisesta. Suunnitelma ei välttämättä toteudu kaikilta osiltaan asemakaavan mukaisena. Laskennassa joudutaan väistämättä tekemään myös verrattain paljon oletuksia toteutuvien rakennusten ominaisuuksista. Kaikkia välillisiä päästövaikutuksia ei myöskään voida muuttaa numeerisiksi arvoiksi epävarmuustekijöiden vuoksi. Laskennallisella tunnusluvulla ei siksi tule perustella asemakaavan ei-mitattavista laatutekijöistä tinkimistä.

Asemakaavoitukseen liittyvässä päästölaskennassa osa kulutuskäyttäytymisestä, esimerkiksi rakennusten käyttö tai ajoneuvojen polttoaineenkulutus, oletetaan tiettyjen keskiarvojen mukaisiksi. Keskeisimmät muuttujat perustuvat alueen ominaisuuksiin ja asemakaavoituksen ratkaisuihin (esimerkiksi maantieteellinen sijainti, aluetyyppi, aluetehokkuus, rakennustyyppi). Laskentatuloksen tarkoituksena on tuoda esille suunnitteluratkaisujen vaikutus CO_2e-päästöihin.

Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaarion mukaan Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2005 (ilman maankäyttö-, maankäytön muutos- ja metsätaloussektoria) olivat yhteensä 68,6 milj. tCO_2e eli asukasta kohti 13,1 tCO_2e/(asukas, a)[70]. Hiilijalanjälkenä laskettuna suomalaisen kasvihuonekaasupäästö oli samana vuonna 13,3 tCO_2e/(asukas, a). Vaikka sekä kasvihuonekaasuinventaarion että hiilijalanjälkilaskennan tulos ilmoitetaan samaa mittayksikköä käyttäen kuin alueellisessa päästölaskennassa, on kysymys eri asioista. Alueellisen CO_2e-päästölaskennan tulosta ei siten voi suoraan verrata kasvihuonekaasuinventaarion tuloksiin tai henkilökohtaiseen hiilijalanjälkeen.

[70] Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2010. Katsauksia 2012/1. Ympäristö ja luonnonvarat. 2. korjattu painos. Tilastokeskus, Helsinki 2012, 14. Suomen väkiluku vuonna 2005: Suomen virallinen tilasto: Väestörakenne. ISSN=1797-5379. 2005. Tilastokeskus, Helsinki 2012.

Laskentatuloksen hyödyntäminen

CO_2e-päästölaskentaa voidaan hyödyntää monella tavalla kaavasuunnitteluprosessissa. Olennaista on laskennan toteuttaminen riittävän varhaisessa vaiheessa, kun päästövaikutuksiltaan erilaisten valintojen tekeminen ja suunnitteluratkaisujen muuttaminen on vielä mahdollista.

Herkkyystarkasteluilla tarkoitetaan sitä, että valmiin laskelman yksittäisen lähtötiedon vaikutusta laskentatulokseen arvioidaan muuttamalla lähtötietoa. Herkkyystarkastelu osoittaa kohtuullisen luotettavasti, onko tietyllä kaavasuunnitelman muutoksella päästöjä lisäävä vai vähentävä vaikutus. Tarkastelu osoittaa myös, onko lähtötiedon vaikutus CO_2e-päästöihin suuruudeltaan merkityksellinen.

Laskennallinen tarkastelu voi tuoda esille kokonaispäästöjen kannalta merkittäviä osatekijöitä, joiden merkitys muutoin saattaisi jäädä huomaamatta. Tällaisia voivat olla esimerkiksi henkilöraideliikenteen mahdollisuus rautatiepaikkakunnilla, vähäpäästöisen kaukolämmön merkitys (laskentatulos saattaa motivoida kaukolämpöyhtiön investointeja uusiutuvaan energiaan kaukolämmössä) tai perustamisolosuhteiltaan haastavien alueiden rakentamisen välttäminen.

CO_2e-päästölaskennan tulosten avulla voidaan arvioida kokonaispäästöjen suuruusluokkaa. Eri paikkakuntien laskentatuloksia verratessa on huomattava, että eroja voivat selittää mm. maantieteellinen sijainti ja erilainen yhdyskuntarakenne.

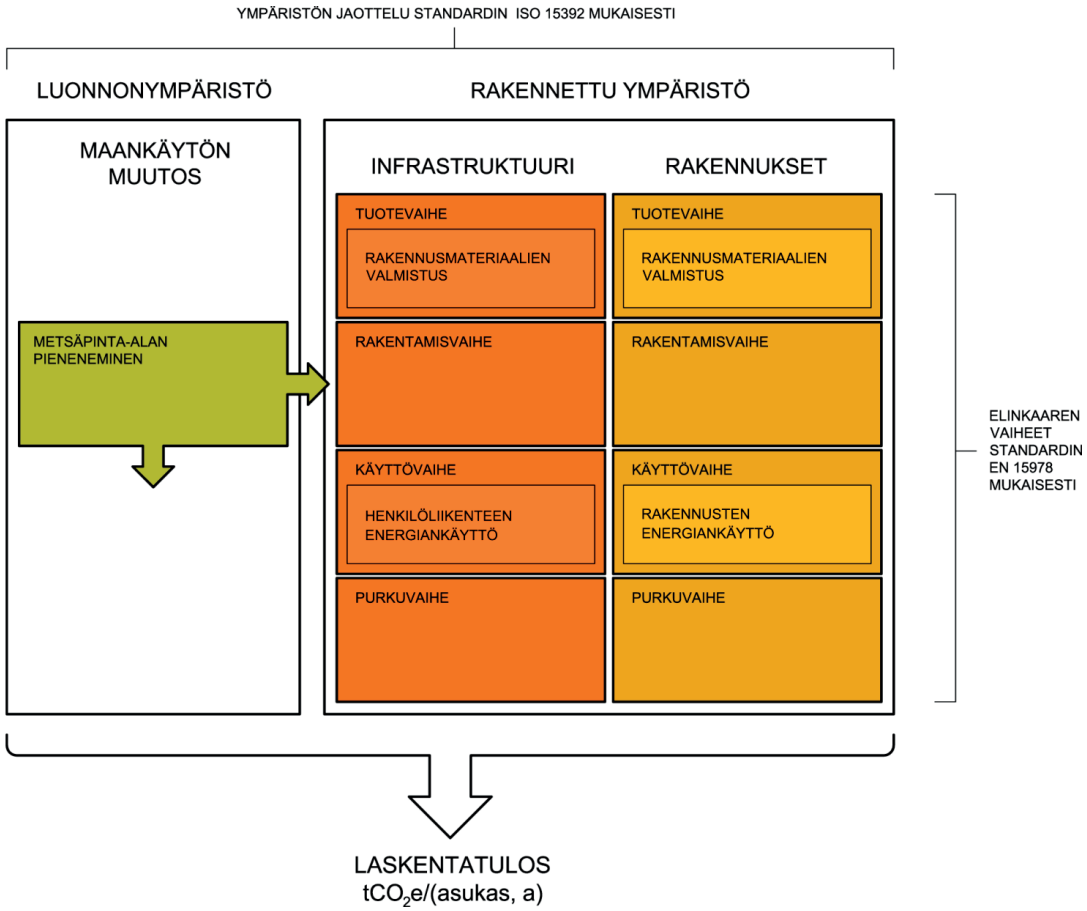
Laskennallisia tarkasteluja on tarkoituksenmukaista käyttää vaihtoehtoisten kaavasuunnitelmien vertailuun. Vertailun pohjaksi voidaan tehdä ns. 0-versio, johon vaihtoehtoisia ratkaisuja verrataan. Tätä menetelmää käytettiin Porvoon Skaftkärrin kaavarunkotyössä. CO_2e-päästölaskentatuloksista tulee kuitenkin tehdä ”lopullisia” johtopäätöksiä vasta kun myös muut kaavan toteuttamisen vaikutusarvioinnit (esim. kustannusarviot) ovat käytettävissä. Porvoon Skaftkärrin asemakaavoituksessa laskettiin erikseen kaavasuunnitelman toteuttamisen kustannukset sekä yhteiskunnalle (infrastruktuuri) että rakennusten toteuttajille. Skaftkärrin tapauksessa vaihtoehtojen joukossa yksi laskentatapaus osoittautui sekä kustannusten että CO_2e-päästöjen kannalta edulliseksi. Vaihtoehdot on muodostettava siten, että niissä tarkastellaan realistisen vaihteluvälin ääriarvoja liikenteen, rakennusten energiankäytön ja rakennusten materiaalivalintojen CO_2e-päästöille. Vaihtoehtoisten mallien reunaehdot syntyvät tavallisesti asemakaavasuunnittelun muista tavoitteista ja lähtötilanteen asettamista rajoituksista.

Laskentatuloksilla voidaan perustella kaavaluonnosvaihtoehdon valintaa, suunnitteluratkaisujen kehittämistä sekä päätöksentekoa, jotka tulee kuvata kaavaselostuksessa. Vähäpäästöinen kaavoitus voi myös olla osa kunnan tai kaupungin strategisten linjausten käytäntöönpanoa. Strategian toteuttaminen voidaan osaltaan todentaa laadittujen laskelmien avulla.

3.2 ASEMAKAAVOITUKSEN CO_2e-PÄÄSTÖLASKENTAMALLI

Rakennetun ympäristön CO_2e-päästöjen laskentamalli on muodostettu tutkimushankkeelle asetettujen tavoitteiden mukaisesti ensisijaisesti uusien asuinalueiden asemakaavoitusta varten. Laskentamalliin voidaan sisällyttää myös olemassa olevia rakennuksia ja muita rakennustyyppejä, jos riittävät lähtötiedot ovat käytettävissä.

Laskentamalli sovittaa Skaftkärr-hankkeessa hyviksi havaittuja menettelyjä yhteen kansainvälisten standardien mukaisten rakennustason laskentakäytäntöjen kanssa. Tavoitteena on esittää päästölaskennan toteutusmalli vakioimaan laskentakäytäntöjä eri kaava-alueilla ja eri kunnissa asemakaavoituksen yhteydessä tehtävää päästölaskentaa varten. Menettely on osa asemakaavan ympäristövaikutusten arviointia, ja sen tavoitteena on saada laskennallista tietoa erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen CO_2e-päästövaikutuksista suunnittelun ja päätöksenteon tueksi.



Kuva 5. Laskentamallissa asukasta kohti määriteltävistä kokonaispäästöistä lasketaan ne osatekijät, joihin asemakaavoituksella voidaan keskeisesti vaikuttaa. Maankäytön muutoksista laskentaan sisällytetään metsäpinta-alan pieneminen. Hiilijalanjälkilaskentaa koskevien EN-standardien mukaisesti rakennusten päästötarkastelu kattaa koko elinkaaren. Vastaava tarkastelu on ulotettu myös infrastruktuuriin.

Päästölaskentamallilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kuvausta kaavasuunnitteluun liittyvän CO_2e-päästölaskennan toteutustavoista. Malli kuvaa

- laskentaan sisällytettävät tekijät ja käytettävät lähtötiedot
- laskentaperiaatteet
- laskentatulosten ilmoittamisessa käytettävän mittayksikön
- laskentatulosten arviointiperusteet.

Laskentamallin tavoitteelliset ominaisuudet

Kaavoitukseen liitettävän päästölaskentamallin tavoitteellisia ominaisuuksia voidaan kuvata seuraavasti:

Hyvä päästölaskentamalli on

- perusrakenteeltaan aikaa kestävä
- ajan myötä kehittyvä ja laskentamenetelmiltään tarkentuva
- läpinäkyvä
- pääosin kaavaluonnoksesta tai asemakaavasta määriteltäviin tietoihin perustuva
- sekä yleispiirteiset että yksityiskohtaiset tarkastelut mahdollistava
- kaavasuunnitelman kehittämiseen kannustava
- laskentaa koskevien kansainvälisten standardien mukainen
- periaatteiltaan yhdenmukainen rakennustason päästölaskentakäytäntöjen kanssa.

Laskentamallin perusperiaatteiden pitkäaikainen käyttökelpoisuus olisi toivottavaa, koska asemakaavan vaikutuspiirissä toimivien suunnittelijoiden ja rakentajien on jatkuvasti omaksuttava muuttuvia vaatimuksia, uusia tarkastelutapoja ja menettelyjä. Siksi on järkevää pyrkiä luomaan menettelyjä, joiden perusteita ei tarvitse jatkuvasti muuttaa tai uudelleenarvioida. Kaavoituksen aikajänteet ovat pitkiä.

Keskeinen tavoite on, että erilaisten suunnitteluratkaisujen vaikutusta kokonaispäästöihin voidaan arvioida kohtuullisella työllä. Tavoitteena on, että laskennallista tarkastelua voidaan hyödyntää suunnitelman kehittämisessä ja vaihtoehtojen vertailussa. Suunnitelman kehityspolku voidaan dokumentoida, jotta tehdyt valinnat voidaan perustella.

Laskentamallin on mitattava tavoitteiden toteutumisen kannalta olennaista ominaisuutta ja annettava kaavasuunnittelijalle kuva valintojen merkityksestä ja painoarvosta. Painoarvoltaan vähäisemmät osatekijät voidaan kuvata vakioiduilla arvoilla, jotka perustuvat keskimääräisiin päästöihin. Laskentamallin tarkentumisella tarkoitetaan sitä, että laskentamallin osioita voidaan korjata tai siihen voidaan lisätä puuttuvia osatekijöitä sitä mukaan kun niitä koskevia laskentamalleja saadaan kehitettyä. Mikä tahansa moduuli voidaan päivittää – toisin sanoen osatekijän laskutapa voidaan korvata uudella laskutavalla, joka osoittaa kyseisen osatekijän päästövaikutuksen asemakaavasta aiempaa tarkemmin.

Asemakaavoituksen päästölaskentamallin on käyttötarkoituksestaan johtuen perustuttava tunnuslukuihin, jotka voidaan mitata tai arvioida luonnostasoisesta asemakaavasuunnitelmasta. Tavoitteena on asemakaavasuunnitteluprosessi, jossa laskentatuloksia hyödynnetään kaavan sisällön kehittämisessä. Kaavakartan suunnitteluratkaisujen kehittämissuuntien lisäksi päästölaskenta saattaa osoittaa, että hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi yksittäisten rakennusten ominaisuuksille kannattaa asettaa normitasosta poikkeavia vaatimuksia. Päästöperusteisesti asetettu asemakaavamääräys tulisi perustella kaavaselostuksessa ja sitä täydentämään tulisi laatia rakentamistapaohje, jossa kuvataan esimerkein vaatimukset täyttäviä rakennussuunnittelun ratkaisuja. Tämä osaltaan helpottaa rakennusvalvontaviranomaisen tehtävää valvoa

kaavamääräysten toteutumista yksittäisissä rakennushankkeissa. Päästötarkastelujen perusteella asetettavia vaatimuksia voidaan kirjata myös rakentamistapaohjeisiin tai tontinluovutusehtoihin.

Mahdollisen asemakaavamääräyksen todentaminen rakennuslupamenettelyn yhteydessä edellyttää sitä, että on olemassa aluetason laskentamallia vastaava rakennustason laskentamalli. Laskennallisten tarkastelujen käyttöönottoa helpottaa tukeutuminen jo käytössä oleviin tunnuslukuihin ja laskentakäytäntöihin esimerkiksi rakennusten energiankulutuksen osalta.

Päästölaskentaan perustuvassa ohjauksessa on mahdollista painottaa erilaisia päästövähennyskeinoja huomioiden alueelliset erityispiirteet ilmasto-olosuhteissa, yhdyskuntarakenteessa ja energiahankinnassa. Kaavamääräyksen asettamiselle on kuitenkin olemassa juridisia rajoitteita, joita on käsitelty tämän raportin luvussa 2.4 kohdassa ”Asemakaavamääräykset” sekä luvussa 5.3 ”Toiminnallinen asemakaavamääräys”. Energiatehokkuusvaatimus voidaan kirjata myös rakentamistapaohjeisiin tai tontinluovutusehtoihin. Viime kädessä asemakaavan laatija tekee johtopäätökset laskentatuloksista.

Laskentamenetelmät

Alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen inventointiin on olemassa lukuisia erilaisia laskentamenetelmiä. Menetelmiä on kehitetty ilman yhtenäistä viitekehystä, ja tämän vuoksi laskentatulokset vaihtelevat ja metodiikka on kirjavaa. Alueelliseen hiilijalanjälkilaskentaan on kehitetty pelkästään Suomessa yli 10 menetelmää.[71] Aluetason laskentamenetelmät eivät välttämättä sovellu asemakaavoituksen yhteydessä toteutettavaan päästölaskentaan.

Kuntien käyttämistä kasvihuonekaasupäästöjen seurantamenetelmistä yleisimmät ovat Suomen ympäristökeskuksen kehittämä Kasvener sekä Benviroc Oy:n ja GWP Oy:n CO2-raportti.[72] Suomen ympäristökeskus kehittää Kasvenerin rinnalle kulutuspohjaista hiilijalanjälkilaskuria, Kuhilasta.[73] Hilma-metodi on kehitetty Kasveneristä pääkaupunkiseudun ilmastostrategiaa varten. Energiayhtiöt ovat käyttäneet EN-standardiin perustuvaa primäärienergiatarkastelua erityisesti erilaisten lämmitystapojen päästövertailua varten. Laskentamenetelmät antavat toisistaan poikkeavia tuloksia. Lounasheimon[74] mukaan menetelmien suurimmat erot liittyvät energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen määrittelyyn.

Yksittäisen asukkaan henkilökohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen seuraamiseen ja vähentämiseen on kehitetty internet-pohjaisia laskentatyökaluja, esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen Ilmastodieetti.fi.[75]

Tämän raportin esittämä laskentamalli perustuu Skaftkärr-hankkeen asemakaavoituksessa toimiviksi havaittuihin laskentakäytäntöihin sekä KURKE-hankkeen kokemuksiin ja tuloksiin. CO_2e-päästölaskennan laajuutta ja tarkastelutapaa on täsmennetty vastaamaan kansainvälisten standardien rakennustason laskentaa koskevaa ohjeistusta. Laskentamalli poikkeaa sekä kuntatason kasvihuonekaasupäästöjen arviointimalleista että henkilökohtaisen hiilijalanjäljen laskennasta.

---

[71] Ryynänen, Erkka et al: Selvitys hiilijalanjälki- ja päästölaskennan menetelmistä ja kehittämistarpeista. 28.11.2012. Gaia Consulting Oy, Helsinki 2012, 3.
[72] Ryynänen et al. 2012, 7.
[73] ibid.
[74] Lounasheimo, Johannes: Kasvihuonekaasupäästöjen alueellisten laskentamenetelmien vertailua. Opinnäytetyö. Laurea-ammattikorkeakoulu, Ympäristö- ja luonnonvara-ala, Kestävän kehityksen koulutusohjelma. Hyvinkää 2009.
[75] *http://www.ilmastodieetti.fi/* (viitattu 3.6.2013).

Rakennusten energiankäytön osalta laskentamalli tukeutuu RakMK D3:n ja D5:n esittämiin laskentatapoihin. Päästötarkastelu ei siten huomioi kulutuskäyttäytymisen mahdollisia alueellisia eroja tai perustu toteutunutta energiankäyttöä kuvastaviin tilastotietoihin. Vastaavanlaista lähestymistapojen eroa on käsitelty esimerkiksi rakennusten energiatodistusta koskevassa keskustelussa, jossa on verrattu mitattuun energiankulutukseen perustuvaa energiatodistusta ja laskennalliseen ominaiskulutukseen perustuvaa energiatodistusta. Kun laskentatuloksen halutaan tuovan esille suunnitteluratkaisujen vaikutuksen CO_2e-päästöihin, on tarkoituksenmukaista käyttää laskennallista ominaiskulutusta, joka perustuu rakennusfysikkaan, rakennusten vakioituun standardikäyttöön ja mallisäävuoteen. Esimerkiksi henkilökohtainen hiilijalanjälki ilmentää elämäntavan ja kulutuskäyttäytymisen päästövaikutuksia, jotka ominaiskulutuksen laskennassa on vakioitu.

Skaftkärr-hankkeessa laskenta kohdennettiin kokemusperäisen tiedon perusteella rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeen, rakennusten energiankäytön CO_2e-päästöihin sekä liikenteen CO_2e-päästöihin.

Tässä raportissa esitettävät laskentamenetelmät perustuvat kaavoitettavien rakennusten päästöjen osalta rakennustason päästölaskentamenetelmiin. Rakennusten osalta mallissa esitetään käytettäväksi CEN/TC350 -standardiperheen ja erityisesti standardien EN 15978[76] ja SFS-EN 15804 mukaisia menettelyjä, joita Suomessa implementoidaan esimerkiksi ”GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit” -ohjeessa[77]. Eurooppalaisten standardien perusperiaatteena on, että rakennusta tarkastellaan aina kokonaisuutena sen elinkaaren ajalta. Rakennuksen energiankulutus on siten yksi osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä. Jotta menetelmät soveltuisivat asemakaavoituksen yhteydessä tehtävään laskentaan, niitä on yksinkertaistettu säilyttäen kuitenkin standardien kuvaamat periaatteet.

Tavoitteena on, että energiankäytön päästölaskentamenetelmä olisi mahdollisimman pitkälle yhteneväinen rakentamismääräysten edellyttämän energialaskennan kanssa. Päästölaskentaa varten määritellään rakennusten ostoenergia. RakMK D3:n mukaisten energiamuotojen kertoimien sijasta käytetään päästökertoimia, jotka määritellään esimerkiksi kaukolämmön osalta kullekin kaukolämpölaitokselle erikseen. Rakennusmääräysten mukaisessa energialaskennassa käytetään pääkaupunkiseudun ilmastoon perustuvaa säädataa. Jotta energiankulutuksen päästölaskentatulos vastaisi paremmin todellisia päästöjä, laskentatulos on lämmitysenergian osalta normitettava vastaamaan paikkakunnan keskimääräisen vuoden säätietoja.

Rakennussuunnitteluvaiheessa on käytettävissä huomattavasti tarkemmat lähtötiedot kuin aluesuunnittelutasolla, mutta laskentatavat ovat samanlaiset. Asemakaavasta tehtävät laskennalliset tarkastelut antavat siten vastaavia ja vertailukelpoisia tuloksia rakennustason tarkastelujen kanssa. Tästä on hyötyä esimerkiksi asemakaavamääräystenmukaisuuden osoittamisessa tai vaihtoehtoisten rakenteiden päästövaikutusten vertaamisessa.

Liikenteen päästölaskennan malli perustuu alueiden tyypittämiseen, henkilöliikennetutkimuksen tietoihin sekä kulkutapojen energiankulutukseen ja päästökertoimiin. Laskentamalliin on lisätty komponentti, jolla huomioidaan asemakaavan ratkaisujen vaikutus kulkutapajakaumaan.

Esitetyssä laskentamallissa kaava-alueen CO_2e-päästölaskentaan sisällytetään myös kaavan toteutumisesta aiheutuva maankäytön muutos. Laskentamalliin on sisällytetty vain vaikutukseltaan merkittävin muutos, metsäpinta-alan väheneminen. Tarkastelua on yksinkertaistettu jättämällä huomiotta muut luonto- ja maankäyttötyypit, joiden päästövaikutus on vähäisempi.

[76] EN 15978 *Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method*.
[77] GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013. Bionova Consulting. Green Building Council Finland, Helsinki 2013.

Metsäpinta-alan vähenemisen CO_2e-päästön laskemiseen esitetään käytettäväksi IPCC:n mallia[78], jonka mukaan kaikki hiili, joka hakkuun myötä poistuu metsästä, lasketaan päästöksi ilmakehään samana vuonna. Syntyvien puutuotteiden hiilivarastoja ei huomioida. Siten metsän hakkuu lasketaan vastaavansuuruiseksi hiilidioksidipäästöksi.

Metsäpinta-alan muutokselle laskettava CO_2e-päästö kuvaa olemassa olevan hiilivaraston purkautumista. Erilaiset metsätyypit voidaan huomioida kertoimilla, jotka perustuvat alueen maantieteelliseen sijaintiin ja metsän kehitysluokkaan. Inventoidun metsän hakkuusta aiheutuva päästö voidaan laskea puulajikohtaisesti tilavuustietojen ja puulajikohtaisten kertoimien avulla.

Metsäpinta-alan vähenemisen CO_2e-laskentamallista on olemassa erilaisia näkemyksiä. Tarve laskentamallin kehittämiseen koskee puun hiilivarastoa, joka säilyy hakatusta puusta tehdyissä puutuotteissa. Mikäli konsensus puuhun varastoituneen hiilidioksidin laskentatavasta syntyy, maankäytön muutoksen laskentamallia on syytä päivittää näiltä osin.

Muiden luonto- ja maankäyttötyyppien muutoksen CO_2e-päästövaikutusta malli ei huomioi. Laskentamallia on mahdollista myöhemmin tarkentaa myös näiltä osin.

Metsäpinta-alan muutoksen huomioiminen tuo osaltaan esille täydennysrakentamisen edun verrattuna kokonaan rakentamattomien alueiden asemakaavoitukseen. Säilytettävät metsät jätetään usein asemakaava-alueen ulkopuolelle. Tämä ei kuitenkaan heikennä mallin esittämää laskentaperustetta, sillä tarkastelu kohdistuu asemakaavan toteuttamisen aiheuttamaan maankäytön muutokseen. Muutoksia asemakaavan ulkopuolelle jäävissä metsissä ei siis tämän mallin mukaan lasketa asemakaavan CO_2e-päästövaikutuksiin.

Heinosen ja Junnilan[79] vuonna 2011 julkaisema tutkimus tarkastelee aluetason CO_2e-päästöjä kulutuspohjaisesti ja aiheuttajaperiaatteen mukaisesti rajattuna. Tutkimuksen menetelmä on kerrostettu hybridi-LCA-mallinnus[80], joka hyödyntää taloudelliseen kulutukseen perustuvaa alueellista tilastotietoa. Johtopäätöksissään tutkimus kyseenalaistaa käsityksen, jonka mukaan yhdyskuntarakenteen tiiviys johtaisi automaattisesti pienempiin CO_2e-päästöihin. Heinosen ja Junnilan mukaan yhteys aluerakenteen ja kasvihuonekaasupäästöjen välillä on niin monimutkainen, ettei tiiveyden avulla voida tehdä arvioita päästöistä suuntaan tai toiseen.

Heinosen ja Junnilan esittämä väite ei kuitenkaan saa tukea muista keskeisistä yhdyskuntarakenteen ilmastovaikutuksia koskevista tutkimuksista.[81] Esimerkiksi henkilöliikennetutkimuksen tulokset tukevat käsitystä, jonka mukaan tiiviimpi yhdyskuntarakenne johtaa pienempiin CO_2e-päästöihin. Päästölaskentamallia kehitettäessä keskusteltiin ns. kulutuskäyttäytymiskertoimesta, mutta ajatuksesta luovuttiin. Elämäntapojen ja kasvihuonekaasupäästöjen yhteyksiä on käytettävissä olevin tiedoin mahdotonta kytkeä aluetyyppeihin.

Laskentatyökalut

Aluekohtaiseen CO_2e-päästölaskentaan on kehitetty ja kehitetään laskentatyökaluja useissa eri hankkeissa. KURKE-projektissa (Kunnallisen rakentamisen kestävät energiaratkaisut) kartoitettiin rakennus- ja

[78] *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
[79] Heinonen, Jukka & Junnila, Seppo: *Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas.* Environmental Research Letters 6, 2011 sekä Heinonen, Jukka & Junnila, Seppo: Yhdyskuntarakenne, elämäntavat ja ilmastonmuutos. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Maankäyttötieteiden laitos. Tiede + teknologia 19/2012. ISBN 978-952-60-4911-3. Aalto-yliopisto, Espoo 2012.
[80] Heinonen & Junnila 2011, 2.
[81] Asukastiheyden ja liikenteen energiankulutuksen riippuvuuden ovat osoittaneet mm. Newman ja Kenworthy 1989; Næss 1995 ja Matinheikki 1995. Lähde: Lahti & Moilanen 2010, 20.

aluehankkeiden energiatehokkuuden arviointitarpeita asiantuntijoille suunnatulla verkkokyselyllä. Vastauksissa mahdolliselta työkalulta edellytettiin yksinkertaisuutta ja havainnollisuutta. Työkalun tulisi olla ensisijaisesti ammattilaisille tarkoitettu ja säännöllisesti päivitetty. Työkalun tulisi kiinnittää huomio eniten vaikuttaviin asioihin, ja toisaalta karsia huonot vaihtoehdot.[82]

Asemakaavoituksen yhteydessä tehtävää CO_2e-päästöjen arviointia varten on jo olemassa muutamia kotimaisia laskentatyökaluja. KURKE-projektissa kehitettiin arviointityökalu, jonka laskentamenetelmä vastaa liikenteen päästölaskennan osalta tässä raportissa kuvattua laskentamallia.[83]

Vuonna 2014 päättyvässä LOCO-hankkeessa (*Low Carbon Neighbourhood Construction*) tuotettiin MALTTI -matalahiilisen aluerakentamisen hiililaskentatyökalu, jonka toteutti Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulun maanmittaustieteiden laitos. MALTTI-hiililaskentatyökalun lisäksi projektissa luodaan kriteeristö matalahiilisen kaupunkikehityksen tueksi.[84]

Kaavoituksen ilmastovaikutusten arviointiin tarkoitetun *Ecocity Evaluator* -arviointityökalun on kehittänyt Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd. Ohjelma pystyy hyödyntämään digitaalista kartta-aineistoa.[85]

Tämän julkaisun ohella Energiakaavan mallit -tutkimushankkeessa tehtiin kaksi yksinkertaista, Excel-pohjaista laskuria henkilöliikenteen sekä rakennusten ja infrastruktuurin elinkaaren hiilijalanjäljen CO_2e-päästöjen laskentaan. Laskureilla voidaan tehdä asemakaavoituksen päästölaskelmia raportin kuvaaman laskentamallin mukaisesti.

Päästölaskennan rajaukset ja lähtötiedot

Tämä tutkimus rajattiin käsittämään ensisijaisesti uusien asuinalueiden päästötarkastelut. Tarkastelut ovat sellaisenaan sovellettavissa myös lisä- ja täydennysrakentamiseen, jolla tulee olemaan tulevaisuudessa yhä suurempi rooli maankäytön suunnittelussa.

Laskentamallin avulla osoitetaan asemakaavan ratkaisujen vaikutus

- rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkeen (rakennusten energiankäyttö sisältyy käyttövaiheeseen)
- infrastruktuurin elinkaaren hiilijalanjälkeen (henkilöliikenne luetaan infrastruktuurin käytöksi)
- maankäytön muutoksesta (metsäpinta-alan vähenemisestä) aiheutuviin CO_2e-päästöihin.

Laskennallinen tarkastelu rajataan käsittämään asemakaava-alue. Kokonaisvaltaisessa tarkastelussa laskenta saattaisi olla tarkoituksenmukaista kohdentaa asemakaavan vaikutusalueeseen, mutta samalla laskenta monimutkaistuu.

Liikenteen osalta laskentamalli käsittää henkilöliikenteen; toisin sanoen teollisuuden kuljetuksista tai vastaavista aiheutunut ympäristökuorma ei sisälly laskettaviin liikenteen CO_2e-päästöihin. Tarkastelu ei sisällä laiva- tai lentomatkoja.

---

[82] Lahti, Pekka; Sepponen, Mari & Virtanen, Mikko: Kunnallisten rakennushankkeiden kestävät energiaratkaisut aluenäkökulmasta. VTT Tutkimusraportti VTT-R-07915-12. Espoo 2012, 7. Kysely lähetettiin 113 asiantuntijalle, joista 19 vastasi kyselyyn.
[83] Lahti, Sepponen & Virtanen 2012.
[84] *http://livingbusiness.fi/uusimaa/hankkeet/8-kaynnissa-olevat-hankkeet/53-tyokaluja-vahahiiliseen-aluerakentamiseen* (viitattu 20.5.2013).
[85] *http://ecocity.fi/tuotteet-ja-palvelut/ecocity-evaluator/* (viitattu 20.5.2013).

Rakennetun ympäristön voi standardin ISO 15392[86] esittämän jaottelun mukaisesti jakaa rakennuksiin ja infrastruktuuriin (perusrakenteeseen). Hiilijalanjälkilaskentaa koskevien eurooppalaisten standardien mukaan päästölaskennassa tarkastellaan aina rakennuksen koko elinkaarta. CO_2e-päästövaikutuksiltaan merkittävä energiankäyttö on EN 15804 -standardin mukaisessa tarkastelussa yksi rakennuksen elinkaaren vaiheista. Vastaavaa jäsennystä voidaan soveltaa infrastruktuuriin.

Rakennusten osalta laskentaan sisällytetään koko elinkaari standardin SFS-EN 15804 mukaisesti. Elinkaari käsittää seuraavat vaiheet:[87]

Tuotevaihe tuotteiden koko valmistusketju	*Product stage*
Rakentamisvaihe kuljetukset työmaalle ja työmaatoiminnot	*Construction Process stage*
Käyttövaihe käyttö, kunnossapito, korjaus, osien vaihto, laajamittaiset korjaukset, energian käyttö, veden käyttö	*Use stage*
Purkuvaihe purkaminen, purkuvaiheen kuljetukset, purkujätteen käsittely, purkujätteen loppusijoitus	*End of life stage*

EN-standardien mukaan laaditun ”GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit” -ohjeen mukaan rakennushankkeen varhaisessa vaiheessa tehtävä päästötarkastelu voidaan tehdä yksinkertaistetusti.[88] Vähämerkityksellisiksi arvioidut päästölähteet voidaan jättää pois tarkastelusta, jos tietoa ei ole saatavissa. Tämän raportin laskentamallissa päästötarkastelua on yksinkertaistetaan edellä mainittua ohjetta soveltaen siten, että merkitykseltään vähäisempien elinkaaren vaiheiden vaikutus huomioidaan oletusarvoina, jotka pyritään asettamaan rakennustyyppikohtaisesti keskiarvoa vastaaviksi. Tarkasteluissa voidaan siten noudattaa EN-standardien esittämää periaatetta laskennan monimutkaistumatta kohtuuttomasti.

Rakennusmateriaalien hiilijalanjälkitarkasteluissa on usein rajattu joitakin rakennusosia tarkastelun ulkopuolelle. Tämä on tyypillisesti johtunut siitä, että päästölaskennan tarkoituksena on ollut tarkastella rakennussuunnittelun materiaalivalintojen päästövaikutusta. Laskenta on kohdistunut runkomateriaalivaihtoehtoihin, ja esimerkiksi maanalaiset rakennusosat ja piharakenteet on usein jätetty laskennan ulkopuolelle. Asemakaavoitukseen liittyvässä päästölaskennassa on oleellista sisällyttää laskentaan myös rakennuksen perustukset ja piharakenteet. Asemakaavassa määriteltävä rakennuksen sijainti vaikuttaa ratkaisevasti perustamistapaan, joka voi muodostaa erittäin merkittävän osan rakentamisen kokonaispäästöistä.[89]

[86] ISO 15392 *Sustainability in building construction – General principles, 8 (Fig 3).*
[87] SFS-EN 15804 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.
[88] GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013, 35–36.
[89] Ruuska, Antti et al: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8 / 2013. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki 2013, 16.

Materiaalien hiilijalanjäljen osalta puupohjaisten rakennusmateriaalien hiilivarasto jätetään huomioimatta, kun noudatetaan CEN/TC350-työryhmän laatimia standardeja.[90]

Infrastruktuurin elinkaaren hiilijalanjäljen laskentaan ei ole olemassa suomalaista laskentaohjetta, mutta vastaavanlaista, EN-standardeihin perustuvaa tarkastelutapaa ja laajuutta kuin ”GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit” -ohjeessa on syytä käyttää myös infrastruktuurin CO_2e-päästöjen laskemisessa.

Kuva 6. Eurooppalaisten EN-standardien mukaan päästölaskennassa tarkastellaan aina koko elinkaarta.[91] Vastaava jaottelu voidaan ulottaa infrastruktuuriin. Tarkempi laskenta on tarkoituksenmukaista kohdentaa tuotevaiheeseen ja energiankäyttöön, koska niihin voidaan vaikuttaa merkittävästi asemakaavoituksella ja niiden vaikutus elinkaaren päästöihin on suuri.

[90] GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013, 40.
[91] Kaavion on piirtänyt Kimmo Lylykangas standardien ISO 15392 ja EN 15978 sekä Panu Pasasen esittämän jäsennyksen mukaisesti.

Mikäli laskentaan sisällytetään kaavoitettavan alueen olemassa oleva rakennuskanta, mallissa esitetään käytettäväksi seuraavia rajauksia:

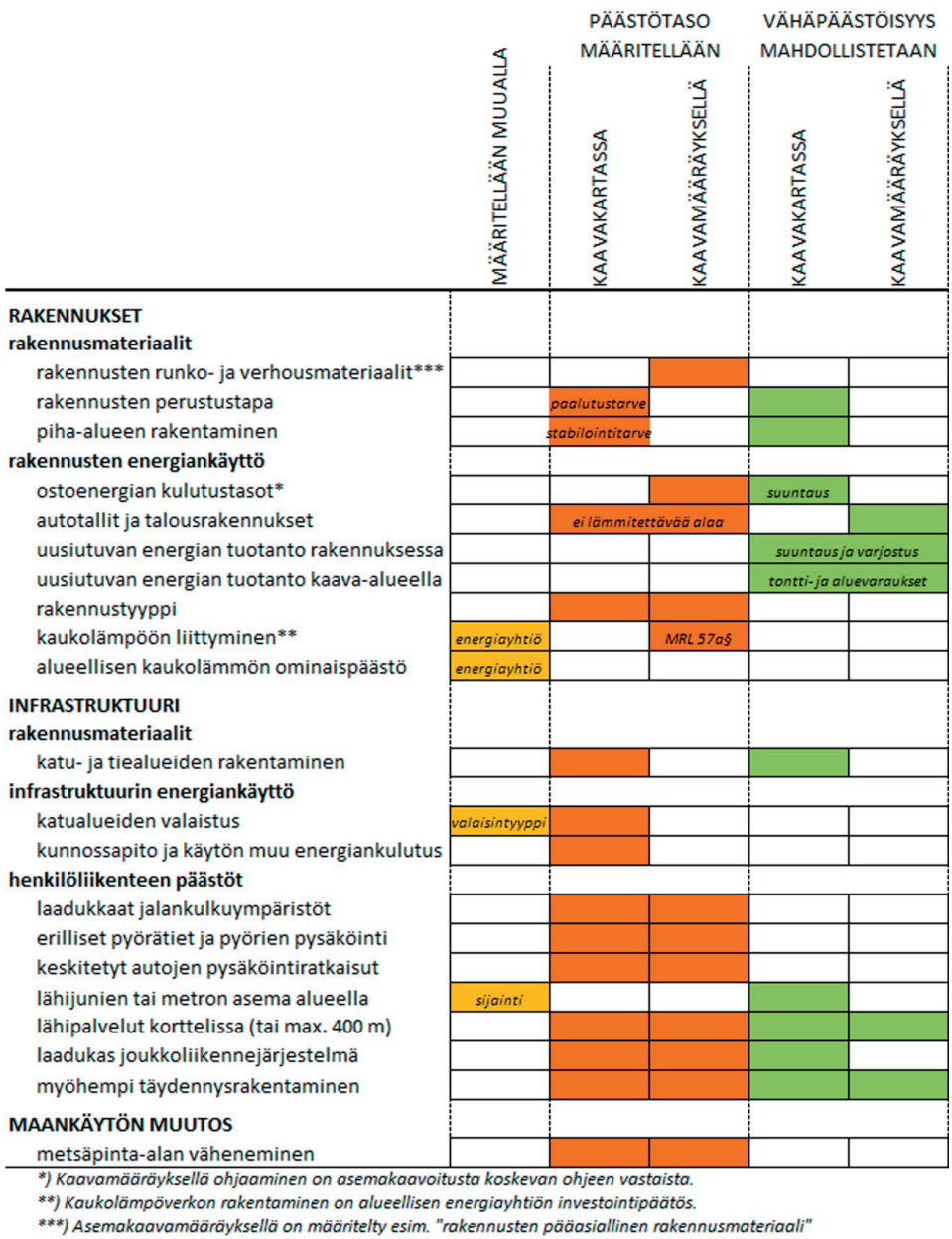
- Olemassa olevien rakennusten elinkaaresta hiilijalanjälkeen sisällytetään ainoastaan jäljellä olevat elinkaaren vaiheet (käyttö- ja purkuvaihe), toisin sanoen laskenta-ajankohtaa edeltäneitä elinkaaren vaiheita ei lueta mukaan laskentaan. Tässä laskentamalli suosii olemassa olevaa rakennuskantaa: uusien rakennusten osalta tuotevaiheen ja rakentamisvaiheen päästöt jaetaan koko käyttöiälle ja ne kuormittavat siten elinkaaren jokaisen vuoden laskennallista CO_2e-päästöä. Taannehtivasti tehtävä päästölaskenta edellyttäisi kuitenkin yksityiskohtaisia selvityksiä mm. rakennetyypeistä ja materiaaleista ja sisältäisi huomattavia epävarmuustekijöitä[92]. Olemassa olevien rakennusten inventointi tällä tarkkuudella ei ole tarkoituksenmukaista asemakaavoituksen päästölaskentaa varten.
- Laajennusten CO_2e-päästö lasketaan kuten uudisrakentamisen elinkaaren hiilijalanjälki.
- Asemakaavassa purettaviksi osoitettujen rakennusten päästö sisällytetään tarkasteluihin laskemalla mukaan niiden elinkaaren purkuvaiheen CO_2e-päästö.

Laskennassa käytetään eri tasoisia lähtötietoja. Lähtötietoja ovat

- asemakaavassa tai kaavaluonnoksessa määriteltävät lähtötiedot ja tunnusluvut
  esimerkiksi asumisväljyys, rakennustyypit, kerrosala, päällystetyn tiestön pituus, metsäpinta-alan väheneminen, kaukolämpöön liittyminen
- muut alueelliset lähtötiedot
  esimerkiksi maantieteellinen sijainti, kaavoitettavan alueen tyyppi henkilöliikennetutkimuksen mukaisessa jaottelussa, paikallisen kaukolämmön päästökerroin
- tietokannat ja niihin rinnastuvat tutkimukset
  esimerkiksi SFS-EN 15804 -standardin mukaiseset ympäristöselosteet, VTT:n LIPASTO- ja ILMARI -tietokannat, henkilöliikennetutkimus
- rakentamismääräyksissä asetetut tunnusluvut, kertoimet ja laskentatavat
  esimerkiksi rakennustyypin standardikäyttö, pinta-alojen laskentatapa
- muut kansallisen tason lähtötiedot
  esimerkiksi työ- ja elinkeinoministeriön skenaario verkkosähkön päästökehityksestä
- kansainvälisiin standardeihin perustuvat kertoimet ja menettelyt
  esimerkiksi elinkaaritarkastelun laajuus ja vaiheiden määrittely
- laskentamallissa tai -työkalussa asetettavat lähtötiedot
  esimerkiksi pinta-alojen muuntokertoimet, tuuli- ja aurinkoenergiajärjestelmien oletettu energiantuotto.

On suositeltavaa myös pitää seuraavat kolme vertailulukua erillisinä: tuote- ja rakentamisvaiheen päästöt asukasta kohti, käyttövaiheen päästöt asukasta kohti vuodessa ja (henkilö)liikenteen päästöt asukasta kohti vuodessa. Kutakin kolmea lukua voidaan verrata vastaaviin lukuihin muista kohteista ja samalla säilyy käsitys siitä, mistä päästölähteestä on kysymys. Koska mihinkään näistä ei sisälly asukkaiden muuta kulutusta (esim. elintarvikeostoksia, kulutustavaroita, matkailua jne.), joiden riippuvuutta asuinympäristön fyysisestä muodosta tai asemakaavaratkaisuista on nykytiedoilla vaikea osoittaa, ei vertailulukuihinkaan pitäisi niitä sisällyttää.

[92] Esimerkiksi erot asumisväljyydessä sekä eri aikoina käytetyissä materiaalien valmistustavoissa, työmenetelmissä ja energiantuotannossa.



Taulukko 2. Päästölaskennan keskeiset lähtötiedot saadaan pääosin asemakaavasta tai kaavaluonnoksesta. Asemakaava määrittelee monien ratkaisujen päästötason (punainen väri) joko kaavakartan merkinnöin tai kaavamääräyksin. Useiden ratkaisujen osalta asemakaava voi luoda edellytyksiä vähäpäästöisyydelle (vihreä väri), mutta ratkaisun toteutumiseen vaikuttavat olennaisesti muilla suunnittelutasoilla tehtävät valinnat.

Mittayksiköt

Päästölaskentamallin laskentatulos esitetään hiilidioksidiekvivalenttitonneina asukasta kohti vuodessa (lyhennettynä tCO_2e/(asukas, a)). Kasvihuonekaasupäästöjen mittayksikköjen ja tunnusten käyttö on suomenkielisessä aineistossa vaihtelevaa. Seuraavassa perustellaan raportissa esiintyvää mittayksikön tunnusta ja valittua kirjoitusasua.

Kasvihuonekaasupäästöihin liittyvien mittayksiköiden käyttöä on ohjeistettu julkaisussa ”Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut”[93] vuodelta 2011. Kaikki sen esittämät lyhenteet (esimerkiksi tonni tn, vuosi v) eivät kuitenkaan ole SI-järjestelmän mukaisia. Suomi on liittynyt jo vuonna 1886 kansainväliseen metrisopimukseen, jonka allekirjoittaminen merkitsee sitoumusta noudattaa julkisissa asiakirjoissa SI-järjestelmää ja käyttää sitä koskevien standardien mukaista terminologiaa ja merkintätapoja.[94] RT-ohjetiedosto ”SI-yksiköt rakennusalalla”[95] kehottaa välttämään vuoden suomenkielisen lyhenteen v käyttämistä teknisissä ja tieteellisissä yhteyksissä.

Standardit EN 15804 ja EN 15978 esittävät, että hiilijalanjälkeä vastaavalle *”Global warming potential”* -indikaattorille käytetään yksikköä kg CO_2 equiv.[96] EN-standardeja soveltavan ”GBC Finland – rakennusten elinkaarimittarit” -ohjeen mukaan rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen yksikkö on vastaavasti kg CO_2e.[97]

Asemakaavoituksessa päästölaskennan tulos on tarkoituksenmukaista ilmoittaa yhtä asukasta ja vuotta kohti. Muodotettu mittayksikkö (tCO_2e/(asukas, a)) yhdistää useita yksikköjä, joista mikään ei varsinaisesti ole SI-järjestelmän yksikkö. Massan yksikkö tonni (t) on hyväksytty SI-järjestelmän kanssa käytettäväksi lisäyksiköksi[98]. Vuodella (a) viitataan kalenterivuoteen. Sillä ei ole SI-järjestelmän lisäyksikön asemaa, mutta SI-järjestelmää koskevassa ohjeistuksessa sitä ei merkityksensä vuoksi myöskään ole luokiteltu vanhentuneeksi tai poistuvaksi yksiköksi. Suomen standardisoimisliitto SFS ry:n SI-opas esittää sekä tonnille (t) että vuodelle (a) käytettävät lyhenteet ja ohjeistaa esittämään jakajan (asukas, a) sulkumerkkien sisällä yksiselitteisyyden vuoksi.[99]

Hiilidioksidiekvivalentin lyhennettä tai asukasta merkitsevää lyhennettä ei esiinny SI-järjestelmää koskevassa suomalaisohjeessa. Tutkimuksissa ja vastaavissa julkaisuissa lyhenteenä on käytetty ainakin muotoja CO_2-ekv ja CO_2e[100]. Tässä ohjeessa käytetään jälkimmäistä muotoa, joka esiintyy myös englanninkielisessä aineistossa. Hiilidioksidin kemiallisessa kaavassa hiiltä (C) ja happea (O) merkitsevät kirjaimet ovat suuria ja atomien määrään viittaava numero kaksi merkitään alaindeksiksi.

Asukasta merkitsevää tunnusta ei esiinny SI-järjestelmän yksiköissä. ”Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut” -julkaisussa ”asukas” esiintyy mittayksikössä lyhentämättömänä, ja vastaavaa merkintätapaa käytetään myös tässä raportissa. Kun yksikköä on jouduttu tilanpuutteen vuoksi lyhentämään, on

[93] Kaleva, Hanna, Lahtinen, Riitta, Sundbäck, Liisa & Niemi, Jessica: Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut. KTI Kiinteistötieto Oy, Helsinki 2011, 26.
[94] SI-opas. Kansainvälinen suure- ja yksikköjärjestelmä. SFS 2013, 4.
[95] RT-ohjetiedosto 02-10377 SI-yksiköt rakennusalalla, kohta 5.
[96] SFS-EN 15978 kohta 11.1.2, 42.
[97] GBC Finland – rakennusten elinkaarimittarit (2013), 18.
[98] SI-opas 2013, 13. Hyväksyjinä ovat CIPM, OIML tai ISO ja IEC yhdessä.
[99] SI-opas 2013, 20.
[100] CO_2-ekv esiintyy esimerkiksi Tilastokeskuksen aineistossa sekä julkaisussa Ruuska et al: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset 2013; CO_2e esiintyy esimerkiksi julkaisussa Kaleva, Lahtinen, Sundbäck & Niemi: Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut 2011.

käytetty lyhennettä ”as”. Asukas ja vuotta merkitsevä ”a” on erotettu toisistaan pilkulla selkeyden vuoksi. SI-järjestelmän mukaisissa mittayksiköissä käytetään aina tunnuksia, joita ei eroteta pilkulla.

”GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit”-ohjeen mukaan elinkaaren hiilijalanjälki ilmoitetaan 1000 kg:n tarkkuudella ja käytön hiilijalanjälki 100 kg:n tarkkuudella. Tuloksen ilmoittamistarkkuus ei kuitenkaan voi ylittää lähtötietojen tarkkuutta eikä kolmea merkitsevää numeroa.[101] Asemakaavoituksen päästölaskentamallissa rakennuksen elinkaaren vaiheiden päästöt lasketaan yhteen ja jaetaan käyttöiällä, jolloin tulos voi esimerkiksi rakennusmateriaalien CO_2e-päästöjen osalta olla satoja tai kymmeniä CO_2e-kilogrammoja asukasta kohti vuodessa. Tonnin tarkkuudella ilmoitettuna esimerkiksi Porvoon Toukovuoren asemakaavavaihtoehtojen energiankäytön päästövertailun erot eivät tulisi esille.[102] Laskentaesimerkkien perusteella vaikuttaa siltä, että yksikköä tCO_2e/(asukas, a) käytettäessä laskennan lopputulos on tarkoituksenmukaista ilmoittaa kahden tai kolmen desimaalin tarkkuudella.

Laskennan lähtötiedot perustuvat eri tavoin määriteltyihin pinta-aloihin, joiden käyttö on esitetty taulukossa 3. Päästölaskentaa varten pinta-alayksiköt on yhdenmukaistettava muuntokertoimilla.

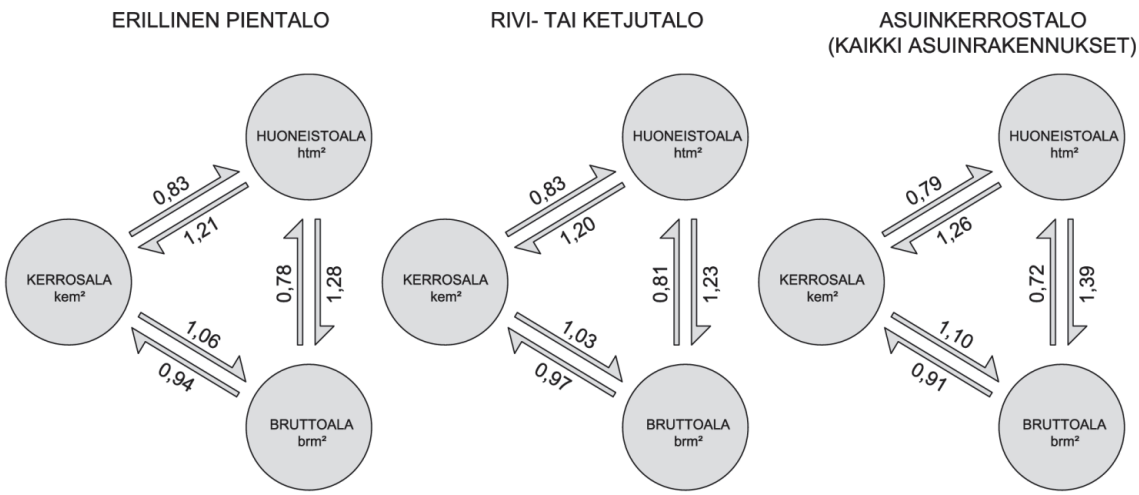
Kuvassa 7 pinta-alojen muuntokertoimet on määritelty rakennustyypeittäin kaikkien vuosina 2011–12 valmistuneiden asuinrakennusten yhteenlaskettujen pinta-alojen perusteella. Kertoimet perustuvat Tilastokeskuksen tietoihin. Asuinrakennuksiksi luetaan rakennukset, joista vähintään puolet on asuinkäytössä. Kerrostalojen osalta taulukossa käytetään koko asuinrakennuskantaan (2011–12) perustuvia muuntokertoimia, koska kerrostalojen kerros- ja kokonaisaloja koskevissa tilastotiedoissa on mukana saman rakennuksen muihin käyttötarkoituksiin osoitettuja tiloja, esimerkiksi päiväkoteja ja liiketiloja. Virhe on mukana myös koko asuinrakennuskantaa koskevissa tiedoissa, mutta erillisten pientalojen ja rivi- tai ketjutalojen osuus korjaa kerrostalojen osalta muuntokerrointa oikeaan suuntaan. On kuitenkin huomattava, että tilastokeskuksen aineisto perustuu rakennuslupahakemuksista koottuihin tietoihin, ja siksi niihin sisältyy epävarmuustekijöitä.

Lämmitetty nettoala on otettu käsitteenä käyttöön vuoden 2012 energiatehokkuusmääräyksissä, ja sitä koskevia muuntokertoimia ei voi määritellä vielä vuosina 2011–12 valmistuneiden asuinrakennusten tilastotiedon perusteella. RakMK D3 2012:n mukaan lämmitetty nettoala lasketaan ulkoseinien sisäpinnan mukaan tai vähentämällä bruttoalasta ulkoseinien rakennusosa-ala.[103] Tilastoituun bruttoalaan sisällytetään myös lämmittämättömät tilat erittelemättä niitä, joten jälkimmäisen laskentatavan soveltaminen tilastoituihin bruttoaloihin on mahdotonta.

[101] GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013, 18.
[102] Porvoon Toukovuoren asemakaavaluonnoksissa kolmen kaavaluonnosvaihtoehdon energiankulutuksen CO_2e-päästöt vaihtelivat kolmessa vaihtoehdossa välillä 0,412–0,672 tCO_2e/(asukas, a) lämmitystavasta riippuen.
[103] RakMK D3 2012, 5.

pinta-ala	laskentatapa	käyttötarkoitus
huoneistoala	SFS 5139	• asumisväljyys (htm²/as)
nettoala	RakMK D3 2012[104]	• rakennuksen energiankulutus (kWh/m²a) 2012 jälkeen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti • energiatodistuksen E-luku vuodesta 2013 alkaen • rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki "GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013" (kg CO_2e/netto-m²)
kerrosala	SFS 5139 (kerrostasoala) MRL 115 §	• asemakaavan osoittama rakennusoikeus (kem²)
bruttoala	SFS 5139	• rakennuksen energiankulutus (kWh/m²a) ennen vuotta 2012 rakentamismääräyskokoelman mukaisesti • energiatodistuksen ET-luku ennen vuotta 2013 • passiivitalon suomalainen määritelmä (VTT 2006)

Taulukko 3. Päästölaskennan lähtötiedoissa esiintyy eri tavoin laskettavia pinta-aloja, jotka on muunnettava samaan muotoon laskentaa varten. Lyhenteet: RT 12-10277 ja RakMK D3 2012.



Kuva 7. Pinta-alojen muuntokertoimet rakennustyypeittäin vuosina 2011–12 valmistuneiden asuinrakennusten tilastoidun pinta-alatiedon perusteella määriteltynä.[105]

[104] RakMK D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012: lämmitetty nettoala A_{netto} (m²).
[105] Muuntokertoimet on laskenut Kimmo Lylykangas. Pinta-aloja koskevat tiedot kerätään RH1-lomakkeista rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Bruttoalaa eli kokonaisalaa koskevien tietojen luotettavuus on muita pinta-alatietoja epävarmempi, koska sitä ei käytetä virallisessa tilastoinnissa. Lähde: Tilastokeskus.

Laskentatulosten arviointi

Laskentatuloksia voidaan arvioida vähintään seuraavilla tavoilla:

- vaihtoehtojen vertailu perustapaukseen
- herkkyystarkastelut
- suuruusluokkien arviointi.

Skaftkärrin kaavarunkotyössä muodostettiin aluksi ns. 0-vaihtoehto, johon sitten verrattiin kolmea vaihtoehtoista ratkaisua. Tämä laskentatulosten arviointitapa perustuu siihen, että kaavasuunnitelmaa kehitetään ns. tavanomaisen suunnittelukäytännön mukaisesta ratkaisusta parempaan suuntaan.

Herkkyystarkastelussa arvioidaan yksittäisen lähtötiedon merkittävyyttä. Yksittäistä lähtötietoa muutetaan realististen ääriarvojen puitteissa ja arvioidaan sen vaikutusta laskentatulokseen.

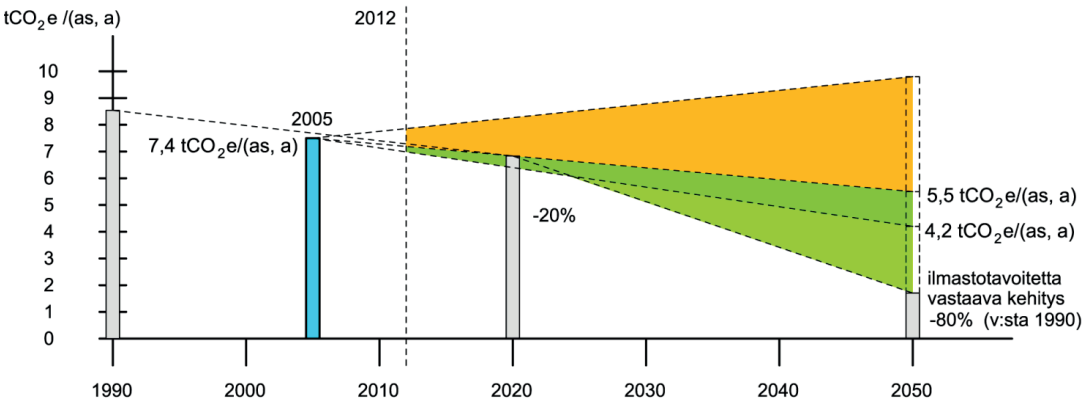
Suuruusluokan arviointia tarvitaan esimerkiksi kun halutaan ymmärtää, onko laskentatulos yleisesti ottaen hyvä vai huono – auttaako se ratkaisemaan ilmastonmuutoksen ongelmia vai onko kaavoitettavan alueen CO_2e-päästö tavanomaisella tasolla. Alueen kokonaispäästönä ilmoitettavaa tulosta on mahdotonta suhteuttaa mihinkään vertailutasoon, ja siksi laskentamallissa esitetään tulos yhtä asukasta ja yhtä elinkaaren vuotta kohti.

Asukas- tai työpaikkakohtaiset luvut mahdollistavat vertailun muihin tapauksiin riippumatta alueen koosta tai vaikkapa vastaaviin koko Suomen keskimääräisiin tilastollisiin lukuihin. Koko suunnittelualueen toteuttaminen kestää yleensä useita vuosia, mutta yhteenlaskettuna suhdelukuna (elinkaarilaskennan mukaisina päästöinä henkeä kohti) sekin mahdollistaa vertailun muihin alueisiin – tai vaikkapa koko Suomen rakennetun ympäristön laskennallisiin päästöihin, jos sellainen olisi saatavilla.

Suuruusluokkien ymmärrettävyys on tärkeää, jotta laskentatuloksia voidaan ylipäätään hyödyntää asemakaavan ratkaisujen kehittämisessä. Kuvassa 8 on esitetty Lahden ja Moilasen[106] skenaariotarkastelu rakentamisen, liikenteen ja energiankäytön CO_2e-päästöistä Suomessa.[107] Kaupunkiseutujen CO_2e-päästöt ovat skenaarion mukaan vuonna 2050 tasolla 5,5 tCO_2e/(asukas, a), kun rakennusten energiatehokkuutta parannetaan merkittävästi, kuten nykyisen kaltaisella[108] rakentamismääräysohjauksella tapahtuu. Yhdyskuntarakennetta eheyttävillä toimenpiteillä tulosta voitaisiin vielä parantaa tasoon 4,2 tCO_2e/(asukas, a).

Kuvassa 8 Lahden ja Moilasen skenaarioon on rinnastettu lisäksi kansallisia ilmastotavoitteita.[109] Vuoden 2050 tavoitetason (-80 % vuoden 1990 päästötasosta) toteuttaminen rakentamisessa, liikenteessä ja rakennusten energiankäytössä edellyttää vielä suurempia päästövähennyksiä kuin Lahden ja Moilasen optimistisin skenaario.

[106] Lahti & Moilanen 2010.
[107] Tarkastelu koskee vain 34 suurinta kaupunkiseutua.
[108] RakMK D3 2012:n mukainen kokonaisenergiatarkasteluun perustuva ohjaus, Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) mukainen kehitys kohti ”lähes nollaenergiarakentamista”.
[109] Tarkan numeerisen tiedon puuttuessa ilmastotavoitteet on projisoitu Lahden ja Moilasen tuloksiin olettamalla vuoden 2020 tavoitetaso perusuraa 2 vastaavaksi.



Kuva 8. Lahden ja Moilasen[110] CO_2e-päästöskenaariot rinnastettuna ilmastotavoitteita vastaavaan kehitykseen. Skenaarioihin on sisällytetty rakentaminen, liikenne ja rakennusten energiankäyttö.

Vaikka kasvihuonekaasuinventaarion, henkilökohtaisen hiilijalanjäljen ja aluetason CO_2e-päästölaskennan tuloksessa käytetään samaa yksikköä, laskentatuloksia voidaan kuitenkin rinnastaa vain suuntaa-antavasti. Eroja syntyy esimerkiksi siitä, että asemakaavoituksen päästölaskentamallissa lasketaan rakennusten koko elinkaaren päästöt yhteen ja jaetaan tulos rakennusten oletetulla käyttöiällä. Kertaluonteisetkin päästöt muuttuvat laskentamallissa alueen vuosittaiseksi päästökuormaksi. Kansallinen kasvihuonekaasuinventaario sen sijaan ei jaa yksittäisiä päästöjä rakennuksen elinkaarelle. Siinä asumiseen sisällytetään kansantalouden tilinpidon mukaan vuoden aikana tehdyt asuinrakennusinvestoinnit sekä rakennusten käyttökulut CO_2e-päästöiksi muunnettuina. Toisin sanoen kasvihuonekaasuinventaariossa esimerkiksi rakentamisvaihe ei kuormita olemassa olevan rakennuskannan käytön aikaista, vuosittaista CO_2e-päästöä. Edelleen kasvihuonekaasuinventaariossa energiankäytön päästöt perustuvat olemassa olevan rakennuskannan vuotuiseen kulutukseen, kun taas aluetason tarkastelussa lasketaan uuden, verrattain energiatehokkaan rakentamisen energiankulutusta tulevaisuudessa (päästövähennysskenaariot huomioiden).

Laskentatapojen erilaisuudesta huolimatta Lahden ja Moilasen skenaariotarkastelun perusteella voidaan olettaa, että yksittäisen asemakaavan kehitystyössä yhden tonnin suuruusluokkaa (1 tCO_2e/(asukas, a)) oleva päästövähennys on merkittävä saavutus. Tarvitaan lisää käytännön kokemusta asemakaavatason päästölaskennasta, jotta osataan arvioida, kuinka pientä päästövähennystä voidaan pitää merkityksettömänä tai laskentatarkkuuden kannalta epäolennaisena. Esimerkiksi Porvoon Toukovuoren asemakaavaluonnoksissa kolmen kaavaluonnosvaihtoehdon energiankäytön CO_2e-päästöt vaihtelivat seuraavasti:

vaihtoehto A: 0,450 – 0,672 tCO_2e/(asukas, a) lämmitystavasta riippuen
vaihtoehto B: 0,483 – 0,571 tCO_2e/(asukas, a) lämmitystavasta riippuen
vaihtoehto C: 0,412 – 0,488 tCO_2e/(asukas, a) lämmitystavasta riippuen

Laskentatulosten perusteella lämmöntuotantomuotojen välillä arvioitiin olevan suurempia eroja kuin muodostettujen kaavaluonnosten välillä.[111] Vertaillut lämmöntuottomuodot olivat erittäin vähäpäästöisiä.

[110] Lahti & Moilanen 2010.

Laskentatulosten suuruusluokkia koskevia arvioita voidaan tehdä käytännössä myös laskentatyökalun avulla. Arviointia varten voidaan sijainnin määrittelyn jälkeen laskea paras ja huonoin saavutettavissa oleva tulos, ja arvioida toteutuskelpoisen kaavaluonnoksen laskentatulosta suhteessa vaihteluväliin.

Asemakaavan päästölaskentatuloksia arvioidessa sekä kansallisista tavoitteista että Lahden ja Moilasen skenaariosta voidaan hyödyntää myös tavoitteellisten kehitysurien kulmakertoimia. Skenaariokaavio osoittaa, että noudattaakseen kansallisia ilmastotavoitteita alueen olisi syytä pyrkiä kokonaispäästöjen asteittaiseen vähentämiseen vielä rakentamisvaiheen jälkeenkin. Tämä voisi asemakaavoituksessa tarkoittaa esimerkiksi varauksia myöhemmin perustettaville uusille joukkoliikenneyhteyksille, edellytysten luomista tulevalle täydennysrakentamiselle tai varauksia uusiutuvan energian tuotannolle suunnittelualueella.Varaukset eivät kuitenkaan saa heikentää suunnitelman laatua tai johtaa tehottomaan maankäyttöön. Ilmastotavoitteiden mukaista kehitystä tapahtuu myös ilman kaavoituksen toimenpiteitä muiden toimenpiteiden ja uuden teknologian ansiosta, esimerkiksi verkkosähkön[112] ja liikennevälineiden päästökertoimien pienentyessä.

[111] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta. Skaftkärr, Porvoo. Toukovuoren asemakaavoitus. Raportti 11.9.2012. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra, Porvoon Energia Oy, Pöyry Finland Oy, 17.

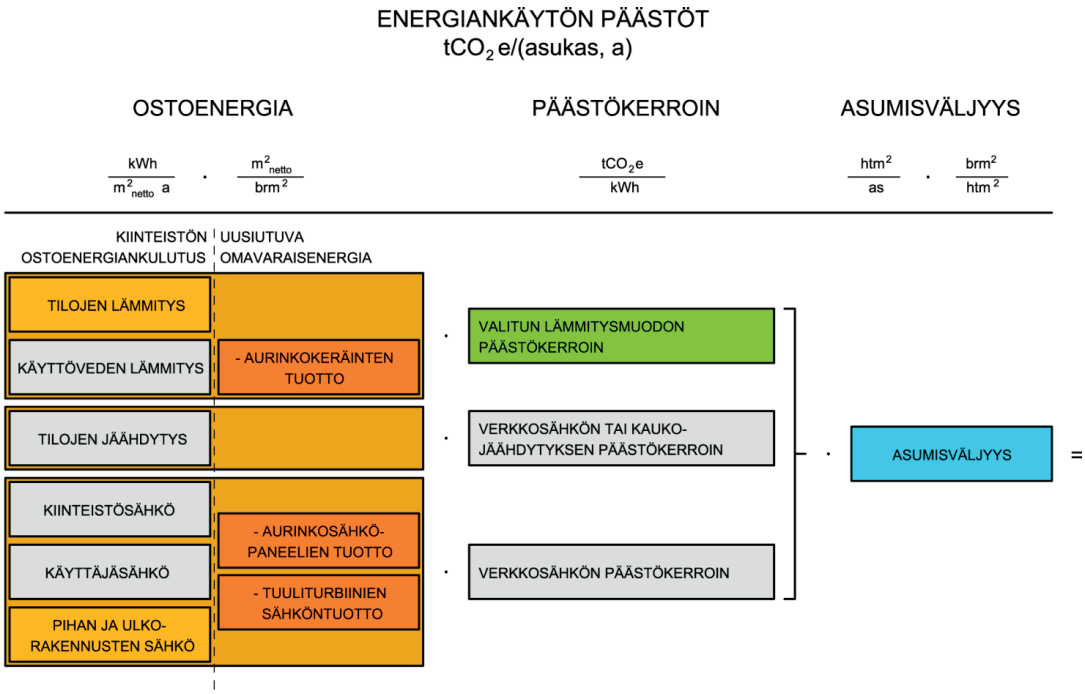
[112] Oletus perustuu Työ- ja elinkeinoministeriön skenaarioon, jota mm. Ruuska et al. käyttävät tutkimuksensa päästölaskennan lähtötietona.

3.3 RAKENNUSTEN ENERGIANKÄYTTÖ

Rakennusten energiankäytön CO_2e-päästölaskenta perustuu energiamuotojen päästökertoimiin sekä ostoenergiankulutuksen määrittelyyn rakennustyypeittäin. Rakennustyypin ostoenergiaa kuvaavat tunnusluvut voidaan ottaa olemassa olevista energialaskelmista tai laskea alusta lähtien asemakaavoituksen päästötarkasteluja varten. Päästölaskenta tuo esille aluelliset erot energiankulutuksessa, kun laskennassa käytetään paikkakunnan säätietoja tai normitetaan tulos paikkakunnan kulutusta vastaavaksi.

Pitkälle yksinkertaistetussa laskennassa yhden mallirakennuksen ostoenergian kulutus voi edustaa kaikkien kaavoitettavien rakennustyyppien energiankulutusta. Jos asemakaavan rakennuskanta kuvataan useamman rakennustyypin avulla, laskentatulos on tarkempi. Sen lisäksi, että rakennustyypeissä erotetaan esimerkiksi asuinkerrostalo, rivitalo ja erillispientalo, voidaan päästölaskentaa varten määritellä ostoenergiankulutus esimerkiksi erilaisille kerrostalotyypeille (lamellitalo, pistetalo tms.). Mitä yksityiskohtaisempi tyypitys on ja mitä paremmin asetetut tunnusluvut vastavat kaavoitettavia rakennuksia, sitä tarkempi on päästölaskennan lopputulos. Periaatteessa tarkimmillaan laskenta voisi perustua jokaisen yksittäisen rakennuksen mallintamiseen, mutta tämä ei yleensä ole tarkoituksenmukaista.

RakMK D3:n tarkoittamaa E-lukua laskettaessa vuotuinen ostoenergian kulutus kerrotaan rakentamismääräysten asettamilla energiamuotojen kertoimilla. Päästölaskennassa ostoenergia kerrotaan päästökertoimilla ja muutetaan asukaskohtaiseksi CO_2e-päästöksi kertomalla tulos asumisväljyydellä.



Kuva 9. Alueen asuinrakennusten energiankulutuksen hiilidioksidipäästöjen laskenta. RakMK D3:n mukaiseen laskentaa sisällytetään käyttäjäsähkö, jota EN 15978 –standardin mukaan ei lasketa rakennuksen hiilijalanjälkeen.

Ostoenergia lasketaan RakMK D3:n ja RakMK D5:n mukaisesti seuraavin erotuksin:

- mallisään sijasta käytetään sijaintipaikkakunnan säätietoja tai normitetaan mallisään perusteella laskettu kulutus paikkakunnan kulutusta vastaavaksi astepäiväluvun mukaan
- asuinrakennuksen energiankulutuksen lisäksi ostoenergiaan lasketaan pihan ja ulkorakennusten sähkönkulutus[113]
- kaukolämmölle käytetään paikkakuntakohtaisia päästökertoimia, jotka vaihtelevat laitoksittain.

Standardin SFS-EN 15978 mukaan käyttäjäsähköä[114] ei lasketa mukaan rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen.[115] Standardi tukeutuu näiltä osin rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) määritelmiin. Aluetason CO_2e-päästölaskennassa kysymys käyttäjäsähkön sisällyttämisestä laskentaan kytkeytyy asemakaavan ohjausmahdollisuuksiin. Jos asemakaavan sallittaisiin jatkossa asettaa E-lukuvaatimuksia, on johdonmukaista sisällyttää E-luvun perusteena olevan ostoenergian kaikki komponentit myös päästölaskentaan. Toisaalta käyttäjäsähköllä on merkitystä myös rakennuskohtaisen energiataseen laskennassa. Rakennuskohtaisesti tuotettua uusiutuvaa sähköenergiaa voidaan käyttää myös käyttäjäsähköön. Päästölaskennan näkökulmasta rakennuksessa käytetty osuus uusiutuvasta omavaraisenergiasta on keskeinen tieto. RakMK D3:n mukainen määrittely on tässä mielessä perusteltu.

Kuva 9 esittää laskennan kulun. Rakennuksen ostoenergia kerrotaan päästökertoimilla. Yhteenlaskettu kokonaispäästö bruttoneliömetriä kohti muutetaan asukaskohtaiseksi luvuksi kertomalla lopputulos asumisväljyydellä. Koska asumisväljyys on yleensä annettu huoneistoalana asukasta kohti, tarvitaan pinta-alan muuntokerroin.

Kuvassa 9 harmaasta poikkeava taustaväri osoittaa ne muuttujat, joihin asemakaavoituksen ratkaisuilla voidaan vaikuttaa. Jos asemakaavamääräyksissä tai tontinluovutusehdoissa vaaditaan esimerkiksi passiivirakentamista tai maalämpöpumppuun perustuvaa lämmitysjärjestelmää, ohjaus kohdistuisi tilojen lämmityksen ostoenergiaan. Jos vaaditaan avointen (lämmittämättömien) autosuojien rakentamista lämmitettävien autotallien sijaan, vaikutetaan pihan ja ulkorakennusten sähkönkulutukseen. Muita ostoenergiankulutuksen osatekijöitä koskeva vaatimus on vaikeammin muotoiltavissa asemakaavoituksen ohjauksessa.

Päästölaskennan näkökulmasta yksi perusteltu ohjauskeino olisi rakennusten yhteenlasketun ostoenergian laskennallisen enimmäiskulutuksen määrittely.[116] Tunnuslukuna tämä vastaisi käytöstä poistuvan energiatodistuksen ET-lukua, sillä erotuksella että tunnusluku olisi normitettava ja siihen olisi lisättävä vielä käyttäjäsähkö sekä ja pihan ja ulkorakennusten sähkönkulutus.

[113] ISO 21931-1 (kohta 5.3) ja SFS-EN 15978 (kohta 7.1) mukaisesti myös tontti (”*site*”) tulisi sisällyttää rakennusten ympäristövaikutusten tarkasteluun. Laskentamallia voidaan yksinkertaistaa olettamalla, että talousrakennuksia tai autotalleja lämmitetään aina suoralla sähkölämmityksellä. Pihan sähkönkulutus on esimerkiksi ulkovalaistuksen, autolämmityspaikkojen, sadevesijärjestelmän saattolämmityksen ja portaan tai ajoluiskan lämmityksen sähkönkulutusta.

[114] RakMK D3:ssa käyttäjäsähkö esiintyy muodossa kuluttajalaitteet. RakMK D3 2012, kohta 1.3.1, 6.

[115] SFS EN 15978, kohta 7.4.4.7, 24. Standardin mukaan käyttäjäsähkö luetaan kategoriaan *”non-building related energy”.*

[116] Tätä menettelyä on käytetty esimerkiksi Salon Viitanummen asemakaavamääräyksissä.

Kiinteistökohtaista tai alueellista uusiutuvan energian tuottoa kutsutaan uusiutuvaksi omavaraisenergiaksi[117]. Se vähentää ostoenergiankulutusta. Laskentatapa on tarkemmin kuvattu tämän luvun kohdassa ”uusiutuva omavaraisenergia”.

Päästökertoimien osalta (kuva 9, vihreä taustaväri) asemakaavoituksessa voidaan vaikuttaa lähinnä lämmitysenergian päästökertoimeen, esimerkiksi edellyttämällä kaukolämpöön liittymistä. Tilojen ja käyttöveden lämmitykseen voidaan käyttää eri lämmitysmuotoja. Lämpöpumppuratkaisuille käytetään verkkosähkön päästökerrointa. Lämpöpumpun hyötysuhde (COP) pienentää tilojen lämmitykseen käytettävän sähkön ostoenergiankulutusta.

Asumisväljyys (kuva 9, sininen taustaväri) vaikuttaa osaltaan siihen, minkälaiseksi energian käytön asukaskohtainen päästövaikutus muodostuu.

Lämpimän käyttöveden energiankulutus lasketaan tässä mallissa rakentamismääräysten mukaisesti tai rakennustyyppikohtaisen oletusarvon avulla. Yksityiskohtaisemmassa laskentatyökalussa valittavana voisi kuitenkin olla toimenpiteitä, jolla lämpimän käyttöveden energiankulutusta voitaisiin pienentää (esim. mittaus ja laskutus).

Ostoenergian kulutustasojen asettaminen

Energiankäytön päästötarkasteluilla selvitetään tyypillisesti kahta asiaa:

- lämmitysmuodon vaikutusta kokonaispäästöihin
- rakennuksille asetettavan energiatehokkuusvaatimuksen vaikutusta kokonaispäästöihin.

Laskennallisen tarkastelun johtopäätöksenä asemakaava (tai rakentamistapaohje) voi esimerkiksi edellyttää rakennuksilta normitasoa parempaa energiatehokkuutta tai kaukolämpöverkkoon liittymistä.

Skaftkärr-hankkeessa Pöyry Finland Oy vertasi asemakaavoitettavan alueen rakennusten lämmitysmuotoja sekä kolmea energiatehokkuustasoa. Laskennan näkökulmasta energiatehokkuustasot tarkoittavat erilaisia ostoenergian kulutustasoja. Perustapauksena käytetään yleensä määräysten vähimmäisvaatimukset täyttävää rakennusta, jolloin asemakaavan tai rakentamistapaohjeen ei tarvitse asettaa mitään vaatimuksia rakennusten energiatehokkuudelle.

Koska rakentamismääräysten energiatehokkuusohjaus perustuu nykyään kokonaisenergiatarkasteluun ja energiamuotojen kertoimiin, ostoenergiankulutuksen normitason määrittäminen ei ole aivan yksinkertaista. Skaftkärrin asemakaavoitukseen liittyvässä päästölaskennassa ostoenergiankulutus määriteltiin rakentamismääräysten asettamasta E-lukuvaatimuksesta ”taaksepäin”. Haasteita syntyy mm. siitä, että pientalojen E-lukuvaatimus porrastuu rakennuksen koon mukaan.[118]

Normitasossa lämmityksen suurin sallittu ostoenergia on riippuvainen lämmitysmuodosta. Käyttöveden ja tilojen lämmityksen ostoenergialle voidaan siis tarkalleen ottaen määritellä vain vaihteluväli. Skaftkärr-hankkeessa oletettiin, että todellisuudessa lämmitysenergian kulutus ei kuitenkaan muodostu korkeammaksi, vaikka

[117] RakMK D3 2012, 7.
[118] Toukovuori – Majberget. Asemakaavatyön taustaselvitykset. Rakennusten energiankulutuksen ilmastovaikutusten arviointi Toukovuoren asemakaavaprosessissa15.6.2011. Pöyry Finland Oy, Vantaa 2011.

kertoimeltaan edullinen lämmitysmuoto sallisi sen.[119] Oletus lämmityksen ostoenergiasta asetettiin tämän mukaisesti.

Vastaavanlaisia haasteita liittyy normitasoa parempien energiatehokkuustasojen asettamiseen päästölaskentaa varten. Normitasoa paremmat vaihtoehdot voivat olla esimerkiksi ”matalaenergiataso” ja ”passiivitaso”. Passiivitaloa ei kuitenkaan ole Suomessa virallisesti määritelty. Useimmat suomalaiset passiivitalot on suunniteltu ja toteutettu täyttämään VTT:n tutkimushankkeessa[120] muodostettu kriteeristö, jossa tilojen lämmitystarve on enintään 20–30 kWh/(brm² a) riippuen rakennuksen sijainnista. Tilojen ostoenergiantarve voidaan laskea tilojen lämmitystarpeesta lisäämällä järjestelmähäviöt ja huomioimalla mahdollinen lämpöpumpun hyötysuhde. Rakentamismääräysten mukaisen energialaskennan pinta-alayksikkönä on nettolattia-ala, mutta passiivitalomääritelmässä käytetään bruttoalaa. Tämä on huomioitava pinta-alan muuntokertoimella. Passiivitalolle on myös olemassa muita, vaihtoehtoisia määritelmiä: asuinrakennuksia koskevan ohjeen RIL 249-2009[121] mukaisesti passiivitalon keskeinen kriteeri asetetaan tilojen ostoenergiankulutukselle (20–30 kWh/(m² a) bruttoalaa kohti. Ostoenergiaan perustuva määritelmä on päästötarkastelujen näkökulmasta helppokäyttöisempi.

Energiatehokkuusvaatimuksena passiivitalo ohjaa ostoenergiankulutuksen pienentämiseen nimenomaan tilojen lämmityksen osalta. Ostoenergian vaihtoehtoiset kulutustasot voitaisiin asettaa kokonaisvaltaisemmin esimerkiksi energiatodistuksen ET-luvun luokituksen mukaisesti. ET-luku ilmaisee rakennuksen kokonaisenergiankäytön bruttoalaa kohti. ET-luku kuitenkin poistuu energiatehokkuutta kuvaavana tunnuslukuna käytöstä.[122]

Asemakaavamääräyksen tai rakentamistapaohjeen vaatimuksen sitominen uuden energiatodistuksen E-lukuperusteiseen luokitukseen saattaa sekin olla ongelmallista. Vaikka uuden energiatodistuksen luokitus on tarkoitettu pitkäikäiseksi, luokituksen raja-arvoja saatetaan kuitenkin päivittää lähitulevaisuudessa rakennusten energiatehokkuuden parantuessa. Esimerkiksi käytöstä poistuvan energiatodistuksen ET-lukuun perustuvaa luokitusta jouduttiin jatkamaan ”A+”- ja ”A++” –luokituksilla, kun haluttiin osoittaa todistuksen A-luokkaa merkittävästi parempaa energiatehokkuutta.

Ostoenergian kulutustasojen asettamiselle ei siis ole olemassa vakiintunutta tapaa. Asemakaavoituksen näkökulmasta on olennaista asettaa päästölaskennan vaihtoehtoiset energiatehokkuustasot siten, että niiden mukainen energiatehokkuus voidaan esittää yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi rakennusten toteuttajille.

Ruuska ja Häkkinen[123] asettivat keväällä 2013 julkaistussa tutkimuksessaan ostoenergian kulutustasoiksi (taulukko 4):

- A-energialuokka
- Passiivitaso
- Lähes nollaenergiataso.

[119] Toukovuori – Majberget 2011, 11, 12.
[120] *PEP – Promotion of European Passive Houses*, esimerkiksi *www.passiivi.info*.
[121] RIL 249-2009. Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki 2009.
[122] Laki rakennuksen energiatodistuksesta, voimaanastumispäivä 1.6.2013.
[123] Ruuska, Antti & Häkkinen, Tarja: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset – Taustaraportti. VTT, Espoo 2013, 85.

kWh/(brm² a)	tilojen lämmitys	käyttöveden lämmitys	tilojen jäähdytys	kiinteistö-sähkö	käyttäjä-sähkö	yhteensä
SKAFTKÄRR, TOUKOVUORI[124] normitaso 2011						
rivi- ketju- ja omakotitalot	65,4	35	0	14	27,1	**141,5**
kerrostalot	65	35	0	14	36	**150**
KERROSTALO HELSINGISSÄ[125] 6 kerrosta, 2013						
A-luokka	33	35	0	24	26	**118**
Passiivikerrostalo	20	35	0	24	26	**105**
Lähes nollaenergiakerrostalo	20	17,5	0	12	26	**75,5**

Taulukko 4. Rakennusten energiankäytön päästölaskennassa käytettyjä kulutustasoja. Toukovuoren rakennusten kulutustasot perustuivat vuoden 2011 normitasoon, ja bruttoalan ja kerrosalan muuntokertoimeksi oletettiin 1. Ruuskan ja Häkkisen tutkimuksessa vuonna 2013 tarkasteltiin voimassa olevaa normitasoa parempia ratkaisuja.

KERROSTALO (Helsinki), KAUKOLÄMPÖ huoneistoala: 2082 htm² asumiväljyys 34,2 htm²/as	kWh/brm² a	ENERGIANKÄYTÖN PÄÄSTÖT 50 vuotta tCO_2e/(asukas,a)	100 vuotta tCO_2e/(asukas,a)
A-energialuokka			
Tilojen lämmitys	33	0,34	0,33
Lämmin käyttövesi	35	0,36	0,35
Kiinteistösähkö	50	0,23	0,16
Yhteensä	118	0,93	0,83
Passiivitaso			
Tilojen lämmitys	20	0,20	0,20
Lämmin käyttövesi	35	0,36	0,35
Kiinteistösähkö	50	0,23	0,16
Yhteensä	105	0,79	0,70
Lähes nollaenergiataso			
Tilojen lämmitys	20	0,20	0,20
Lämmin käyttövesi	17,5	0,18	0,17
Kiinteistösähkö	38	0,17	0,12
Yhteensä	75,5	0,56	0,49

Taulukko 5. Kulutustason vaikutus CO_2e-päästöihin Ruuskan et al.[126] mukaan. Taulukko esittää kaukolämpöverkkoon liitetyn kerrostalon energiankäytön CO_2e-päästöt 50 ja 100 vuoden elinkaaren aikana jaettuna yhtä asukasta ja vuotta kohti. Asumisväljyydeksi on oletettu 34,2 htm²/asukas.

[124] Toukovuori – Majberget 2011, 11–13.
[125] Ruuska & Häkkinen 2013, 88–91. Päästölaskennan tulokset on esitetty taulukossa 5.

Normitus

Rakennusten energialaskentaa varten on kehitetty laskennallinen sääaineisto, testivuosi (TRY2012), jossa määritellään tunnittaiset sääaineistot neljälle energialaskentaa varten muodostetulle vyöhykkeelle.[127] Testivuosi korvaa energialaskennassa aiemmin käytetyn vuoden 1979 säädatan. Testivuodella lasketun energiankulutuksen voi normittaa eri paikkakunnille ilmatieteen laitoksen ilmoittaman kuntakohtaisen lämmitystarveluvun[128] eli astepäiväluvun avulla. Kesäkuun 2013 alusta otettiin käyttöön uusi ilmastollinen vertailukausi 1981–2010 sekä siihen liittyvät kuntakohtaiset korjauskertoimet. Kulutuksen normeerauksessa siirrytään uuden vertailukauden käyttöön vuoden 2013 aikana.

Uusiutuva omavaraisenergia

Asemakaavoitukseen liittyvässä päästötarkastelussa halutaan yleensä tarkastella vaihtoehtoa, jossa uusiutuvaa energiaa tuotetaan rakennuksissa tai niiden läheisyydessä. Rakennuksessa tai rakennuksen lähistössä tapahtuva uusiutuvan energian tuotto (uusiutuva omavaraisenergia[129]) voi olla aurinkolämpöä, aurinkosähköä tai tuulisähköä.

Standardin SFS-EN 15978 mukaan energiankäytön CO_2e-päästöä vähentää ainoastaan se uusiutuva omavaraisenergia, joka käytetään rakennuksessa.[130] Sähkö- tai lämpöverkkoon viety uusiutuva energia ei vähennä energiankäytön päästöjä[131]. Toisin sanoen nettonollaenergiatalo, joka myy kaiken tuottamansa energian verkkoon, ei hyödy energian käytön päästötarkastelussa lainkaan uusiutuvan energian tuottamisesta. EN-standardin soveltaminen käytäntöön saattaa edellyttää vuotuiseen energiataseeseen perustuvaa laskentakäytäntöä, mutta sähkö- tai lämpöverkon CO_2e-päästöihin vaikuttavan tuotannon eriyttäminen rakennuksen elinkaaren päästötarkastelusta on perusteltua. Vastaava periaate esitetään *Greenhouse Gas Protocol* -laskentaohjeessa[132], jonka mukaan päästövähennyksiin ei lasketa pienimuotoista, verkkoon syötettävää uusiutuvaa energiaa, jota ei ole tarkoitettu korvaamaan sähköverkon olemassa olevaa tuotantoa.

Rakennuksessa tai rakennuksen lähistössä tapahtuvaa uusiutuvan energian tuottoa ei yleensä pystytä käyttämään kokonaan rakennuksessa tuoton ja kulutuksen eriaikaisuuden vuoksi. Silloin, kun energiantuottojärjestelmän huipputeho vastaa enintään rakennuksen pohjatehoa[133], tuotto pystytään käyttämään rakennuksessa kokonaan. Mitä enemmän uusiutuvaa energiaa tuotetaan suhteessa ostoenergiaan,

---

[126] Ruuska, Antti et al: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8 / 2013. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki 2013, 17. Laskentatulokset muuntanut yksikköön tCO_2e /(asukas, a) Kimmo Lylykangas.

[127] Jylhä, Kirsti et al: Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Ilmatieteen laitos, raportteja 2011:6. Helsinki 2011.

[128] *http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut* (viitattu 4.6.2013).

[129] RakMK D3 2012, 7.

[130] SFS-EN 15978, kohta 7.4.4.7, 25–26.

[131] Lämpö- tai sähköverkkoon viety uusiutuva energia ilmoitetaan erillisenä lukuna energian käyttöä koskevassa kohdassa, mutta sen ympäristövaikutukset raportoidaan”elinkaaren ulkopuolisena vaikutuksena”, SFS-EN 15978, 26–27.

[132] Broekhoff, Derik et al: *Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects*. World Resources Institute, Washington DC, USA 2007, 14.

[133] Pohjateho kuvaa rakennusten järjestelmien tehontarvetta silloin, kun järjestelmät eivät tuota palveluita rakennuksen käyttäjille, toisin sanoen kun rakennus on tyhjä tai rakennuksen käyttö on alimillaan. GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013, 23.

sitä pienempi osuus siitä pystytään käyttämään suoraan rakennuksessa. Ylimääräinen sähköntuotanto myydään yleensä sähköverkkoon. Rakennuskohtaisten aurinkokeräinten ylimääräistä lämmöntuottoa ei tavallisesti saada lainkaan hyödynnettyä.

Tuoton ja kulutuksen eriaikaisuus koskee erityisesti aurinkosähköä ja -lämpöä. Voss et al.[134] osoittivat, että aurinkosähköön perustuva nettonollaenergiatalo Tukholmassa pystyy käyttämään tuottamastaan sähköenergiasta enintään 28 %. Tämä tulee ilmi, kun tuoton ja kulutuksen vastaavuutta tarkastellaan riittävän lyhyellä aikajaksotuksella.[135]

Tuoton ja kulutuksen eriaikaisuutta voidaan vähentää kahdella tavalla: vaikuttamalla energian käyttöön (DSM eli *demand side management*) tai energian tuottoon (esimerkiksi aurinkopaneelien kallistuskulma tai sähkön varastointi akkuun). Vossin mukaan Espanjassa ja Saksassa aurinkosähkötalon varustaminen akulla nosti rakennuksessa käytettävän osuuden noin kaksinkertaiseksi viikkotason tarkastelussa.[136] Ylimääräistä lämpöä voidaan varastoida esim. kallioperään, josta se otetaan tarvittaessa käyttöön maalämpöpumpuilla. Jäähdytykseen käytettävää energiaa voidaan varastoida esim. vesisäiliöihin. Omavaraisuuden saavuttaminen uusiutuvilla energialähteillä edellyttää vuodenaikojen yli ulottuvaa energian varastointia, joka voidaan toteuttaa erilaisilla tekniikoilla (lämpö-, sähkö-, potentiaali- tai muuna energiana), joista useimmat tulevat nykyisin taloudellisesti perustelluiksi vasta yhteishankkeina ja suurehkoilla alueilla.

Energiankulutuksen ja uusiutuvan omavaraisenergian tuoton ajallisesta vastaavuudesta on käytettävissä toistaiseksi verrattain niukasti tietoa. Vastaavuuden laskennallinen määrittely edellyttäisi rakennuksen käytön yksityiskohtaista mallintamista ajan funktiona. Mallintaminen sisältää väistämättä suuria pelkistyksiä. Erilaisten talouksien kulutuskäyttäytymisessä on suuria eroja, ja uusiutuvan energian todellinen tuotto riippuu aurinkoisuudesta ja tuulisuudesta.[137] Tuoton ja kulutuksen ajallinen vastaavuus on erilainen aurinko- ja tuulienergiajärjestelmillä. Lämpö- ja sähköenergian tuottoa ja kulutusta on tarkasteltava erillisinä taseina.

EN-standardin esittämä periaate tuo esille sen, että nettonollaenergiatalon energiankäyttö ei ole päästötöntä. Verkkoon syötettävällä uusiutuvalla energialla on merkitystä investoinnin kannattavuudelle silloin, kun verkkoon syötetystä sähköstä tai lämmöstä saadaan korvaus energiayhtiöltä.

Asemakaavoituksen päästötarkasteluissa edellä kuvattu laskentaperiaate johtaa helposti tarpeettoman monimutkaiseen laskentaan. Uusiutuvaan omavaraisenergiaan perustuvat laskentatapaukset voidaan muodostaa esittämällä prosentteina, kuinka suuri osa rakennuksen sähkö- ja lämpöenergiankulutuksesta tuotetaan uusiutuvin energiamuodoin rakennuksessa tai sen lähistöllä. Rakennuksessa käytettävästä uusiutuvan omavaraisenergian enimmäisosuuksista on esitetty arvioita kuvassa 10. Asemakaavassa aurinkopaneelien tilavaraus mitoitetaan laskennallisen tuotto-odotuksen mukaan, mutta CO_2e-päästölaskennassa sähköenergiankulutusta pienentää ainoastaan rakennuksessa käytettävä osuus.

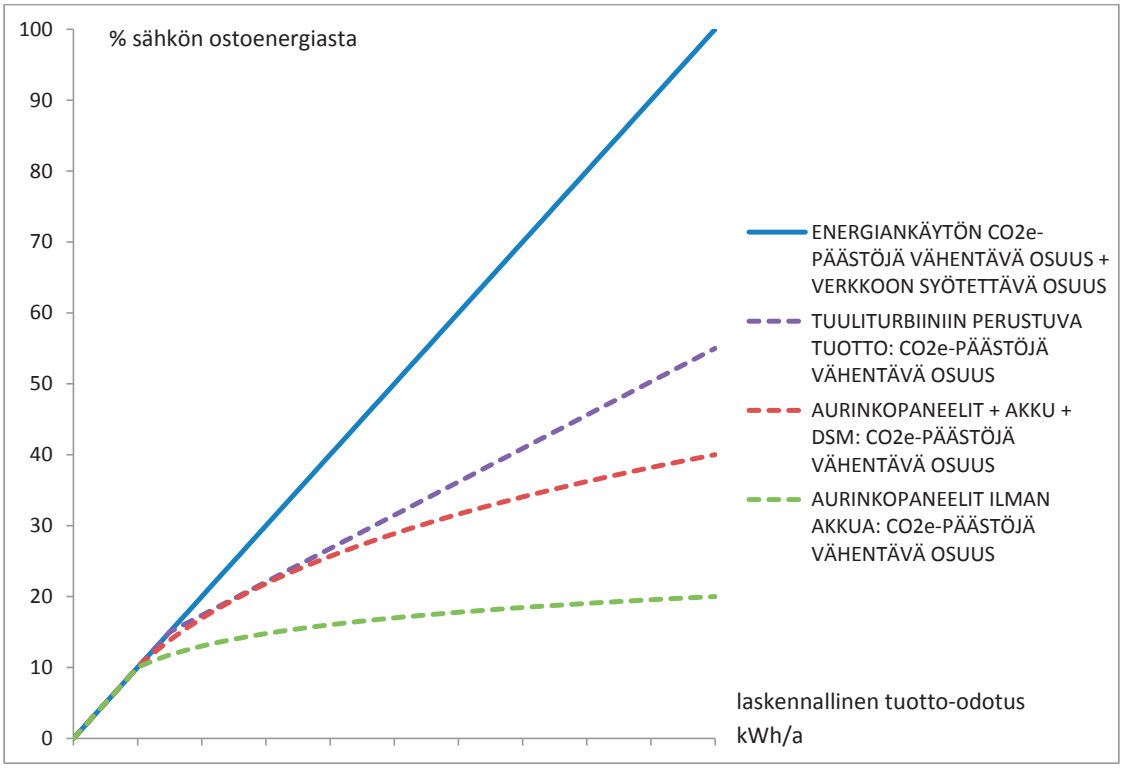
---

[134] Voss, Karsten et al: *Load Matching and Grid Interaction of Net Zero Energy Buildings*. Proceedings of the EuroSun Conference, Graz, 2010, Fig 4. Voss et al. viittaavat simulaatiotulokseen, jonka alkuperäislähde on: Widén, J: *Value of on-site electricity generation – example calculations with different types of metering for an individual household.*

[135] Voss et al. käyttivät 10 minuutin aikajaksotukseen perustuvaa tarkastelua.

[136] Voss, Karsten & Musall, Eike: *Net Zero Energy Buildings – Definition(s), Load Matching and Grid Interaction*. Luentoaineisto 22.9.2011. Energy Science Center – ESC, ETH Zürich, Switzerland 2011, 37.

[137] Esim. Widén, Joakim & Wäckelgård, Ewa: *Net Zero Energy Solar Buildings at High Latitudes: The Mismatch Issue.* EASST 2010 Conference, Practicing Science and Technology, Performing the Social, 2–4 September 2010, Trento, Italy, 6.



Kuva 10. Arvioita rakennuksessa käytettävän uusiutuvan omavaraisenergian enimmäisosuudesta laskennallisen tuoton lähestyessä rakennuksen sähköenergiankulutusta.[138] Asemakaavan tilavaraus aurinkopaneeleille mitoitetaan laskennallisen tuoton perusteella, mutta energiankäytön CO_2e-päästöjä vähentävä osuus riippuu järjestelmän tuotosta suhteessa sähkönkulutukseen.

Aurinkokeräinten osalta RakMK D5 ohjeistaa, että taulukkoarvoja käytettäessä aurinkoenergian voi olettaa kattavan enintään 40 % käyttöveden lämmitysenergiasta. Asemakaavatason päästölaskennassa tätä voidaan pitää myös uusiutuvan omavaraisenergian enimmäisarvona lämpimän käyttöveden osalta, vaikka käytännössä korkeampikin osuus on saavutettavissa ja osoitettavissa tarkemman laskennan avulla.

RakMK D5 2012 esittää aurinkosähköjärjestelmän vuosituoton laskentatavan, jossa huomioidaan erilaiset suuntaukset ja erilaiset tekniset ratkaisut. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto lasketaan kaavalla[139]

VAAKATASOLLE OSUVAN AURINGON KOKONAISENERGIAN MÄÄRÄ VUODESSA	·	**ILMANSUUNNAN JA KALLISTUSKULMAN KORJAUSKERROIN**	·	**AURINKO-SÄHKÖ-JÄRJESTELMÄN HYÖTYSUHDE**	·	**AURINKO-SÄHKÖ-JÄRJESTELMÄN PINTA-ALA**	·	**KÄYTTÖ-TILANTEEN TOIMIVUUS-KERROIN**

[138] Arviot: Kimmo Lylykangas.
[139] RakMK D5 2012:n perustuen, muokannut Kimmo Lylykangas.

Vaakatasolle osuvan auringon kokonaisenergian määrä vuodessa riippuu rakennuksen sijainnista. Arvot on määritelty neljälle säävyöhykkeelle rakentamismääräyskokoelman osassa D3. Ilmansuunnan ja kallistuskulman korjauskerroin lasketaan kahden kertoimen tulona. RakMK D5:n mukaiset kertoimet ovat:

SUUNTAUS	KERROIN
ETELÄ/KAAKKO/LOUNAS	1
ITÄ/LÄNSI	0,8
POHJOINEN/KOILLINEN/LUODE	0,6

·

KALLISTUSKULMA	KERROIN
< 30°	1
30° - 70°	1,2
> 70°	1

Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde[140] riippuu aurinkosähkökennon tyypistä. Käyttötilanteen toimivuuskerroin riippuu aurinkosähkömoduulin tuuletuksesta. Hyvä tuuletus parantaa sähköntuottoa.

Yhden aurinkopaneelineliömetrin tuotoksi (kWh/(m² a)) voidaan olettaa RakMK D5:n perusteella

		KALLISTUSKULMA	
SÄÄVYÖHYKKEET		30° - 70°	<30° tai >70°
I ja II	Helsinki-Vantaa	132	110
III	Jyväskylä	120	100
IV	Sodankylä	107	89

Laskennassa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Aurinkosähköpaneelin suuntaus on etelään, kaakkoon tai lounaaseen.
- Aurinkosähköpaneeli on tyypiltään piipohjainen, yksikiteinen kenno (huipputehokertoimeksi oletetaan 0,15 kW/m² ts. hyötysuhde on 15 %).
- Moduuli on hieman tuuletettu.

RakMK D5 2012 esittää lisäksi laskentakaavan, jolla voidaan huomioida ympäristön aiheuttama varjostus aurinkosähköjärjestelmän tuottoon. On kuitenkin huomattava, että mikäli asemakaava ei mahdollista parhaan mahdollisen vuosituoton saamista aurinkosähköjärjestelmästä, investoinnin kannattavuus heikkenee, ja se saattaa jäädä kokonaan toteutumatta. Jos asemakaavassa tai rakentamistapaohjeessa halutaan ohjata aurinkosähköjärjestelmien rakentamiseen, kannattavuudelle tulisi luoda erinomaiset edellytykset.

RakMK D5 2012 esittää myös aurinkokeräinten tuoton laskemisen käyttöveden lämmitystä varten. Yhden keräinneliömetrin tuotoksi (kWh/(m²a)) voidaan olettaa RakMK D5:n perusteella

		KALLISTUSKULMA	
SÄÄVYÖHYKKEET		30° - 70°	<30° tai >70°
I ja II	Helsinki-Vantaa	156	125
III	Jyväskylä	139	111
IV	Sodankylä	125	100

Edellä kuvatut arvot pätevät, kun keräinten suuntaus on kaakkoon, etelään tai lounaaseen. Epäsuotuisten suuntausten laskentaan käytetään vastaavia kertoimia kuin aurinkopaneelien tuoton laskennassa.

[140] RakMK D5:n lasketantakaavassa hyötysuhde esitetään muodossa suurin sähköteho referenssisäteilytilanteessa P_{maks} jaettuna referenssisäteilytilanteella I_{ref}.

Aurinkopaneelien sijoituspaikaksi tarkoitetun katon kulman ja suuntauksen ei tarvitse olla asteen tarkkuudella optimaalinen, vaan liikkumavaraa on verrattain paljon. RakMK D5 2012:n mukainen laskentamalli pelkistää tuloksia, mutta soveltuu hyvin asemakaavatason tarkasteluihin. Vastaavia laskentamalleja ei voida osoittaa tuuliturbiineille. Turbiinin laskennallinen tuotto riippuu tuuliolosuhteista ja asennuskorkeudesta.

Mikäli aurinkoenergiajärjestelmä suunnitellaan EN 15978:n tarkastelutavan perusteella tuottamaan mahdollisimman paljon rakennuksessa hyödynnettävää energiaa, suuntausten ja kulmien valinnassa ei ole tarkoituksenmukaista pyrkiä vuosittaisen tuoton maksimointiin, vaan tuoton ulottamiseen ajallisesti mahdollisimman paljon syksyyn, talveen ja kevääseen. Tähän tarkoitukseen saattaa soveltua hyvin esimerkiksi pystysuuntaiseen rakennuksen pintaan integroitu järjestelmä, jota lumi ei missään vaiheessa peitä. Tuoton ajallinen optimointi on perusteltua myös taloudellisesti, koska verkkoon syötettävästä pientuotannosta ei makseta ostettavan energian hintaa vastaavaa korvausta.

Energiamuotojen päästökertoimet

Laskentaa varten määritellään energiamuotojen ominaispäästökertoimet. Keskeisimmät käytettävissä olevat tietokannat tai tietokantaa vastaavat tutkimukset ovat

- Energiatilasto 2011, Tilastokeskus[141]
- Polttoaineluokitus 2013, Tilastokeskus[142]
- Kaukolämpötilasto 2011, Energiateollisuus ry[143]
- Motivan päästölaskentaohjeistus (2013)[144].

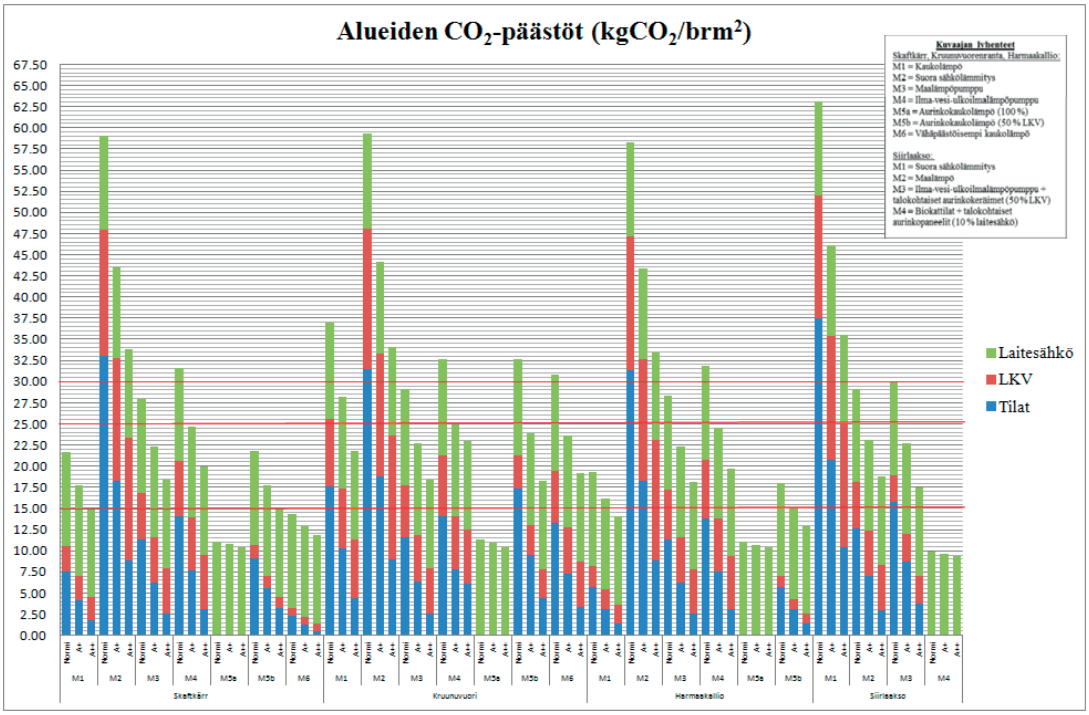
Sähkön ominaispäästökertoimet tulee määrittää erikseen laite- ja lämmityssähkölle. Kaukolämmön ominaispäästökerroin perustuu alueelliseen kaukolämmön tuotantotapaan ja käytettyihin fossiilisiin polttoaineisiin. Yhteistuotannolla tuotetun kaukolämmön ominaispäästökertoimen tulisi olla laskettu kaikilla alueilla samalla menetelmällä. Sekä kaukolämmön että sähkön ominaispäästökertoimien tulisi olla pitkälle ennustettavia, siten että laskenta olisi mahdollista asuinrakennusten käyttöönotosta mahdollisimman pitkälle eteenpäin. Aluelämpösovelluksissa (voittoa tavoittelematonta kaukolämpötoimintaa; esim. pien-CHP tai monen talon yhteiset lämpökattilat) ominaispäästökerroin lasketaan samalla tavoin kuin kaukolämpösovelluksissa.

Kun sähköä käytetään tilojen lämmittämiseen, suurin kulutus ajoittuu yhteen sähköverkon kulutushuippujen kanssa, jolloin verkon sähköntuotanto on päästöintensiivistä. Tällä on perusteltu keskimääräistä sähkön päästökerrointa korkeamman kertoimen käyttämistä lämmityssähkölle. Lämmityssähkölle on käytetty esimerkiksi kerrointa 400 $kgCO_2/MWh$[145], joka on noin kaksinkertainen keskimääräiseen valtakunnallisen sähköverkon päästökertoimeen nähden. Huippukulutuksen aikana sähkön päästökerroin voi ylittää jopa 850 $kgCO_2/MWh$.[146]

[141] Energiatilasto. Vuosikirja 2011. Suomen virallinen tilasto. Energia 2012. Tilastokeskus, Helsinki 2012.
[142] Polttoaineluokitus 2013, Tilastokeskus.
[143] Kaukolämpötilasto 2011. Energiateollisuus ry, Helsinki 2012.
[144] Hippinen, Ilkka & Suomi, Ulla: Yksittäisen kohteen CO_2-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO_2-päästökertoimet, 12/2012. Motiva Oy, Helsinki 2012.
[145] esim. Hilma-metodi (Lounasheimo 2009, 38).
[146] Heljö, Juhani; Nippala Eero & Nuuttila, Harri: Rakennusten energiankulutus ja CO2-ekv päästöt Suomessa. Ympäristöklusterin tutkimusohjelma. Rakennuskannan ekotehokkaampi energiankäyttö (EKOREM) –projekti. Loppuraportti. Tampereeen teknillinen yliopisto. Rakentamistalouden laitos. Raportti 2005:4, Tampere 2005, 66.

Tuukka Vainio[147] tarkasteli vuonna 2012 valmistuneessa diplomityössään energiankäytön CO_2e-päästöjä neljällä asemakaava-alueella: Porvoon Skaftkärrissä, Helsingin Kruunuvuorenrannassa, Loviisan Harmaakalliossa sekä Mäntyharjun Siirlaaksossa. Muuttujina olivat energianhankinta ja rakennusten energiatehokkuustaso (kolme vaihtoehtoa, tulokset esitetty kuvassa 11 vierekkäisinä pylväinä). Rakennusten energiakäytön valinnoilla on merkittävä päästövaikutus: parhaan ja huonoimman aluekohtaisen tuloksen ero on yli 2 tCO_2e/(asukas, a).[148]

Laskentatulokset toivat esille suuren eron alueellisen kaukolämmön CO_2e-päästöissä. Loviisan Harmaakalliossa sekä Porvoon Skaftkärrissä pienin päästötaso saavutettiin kaukolämmöllä. Helsingin Kruunuvuorenrannassa sen sijaan maa- tai ilma-vesi-lämpöpumppuun perustuva ratkaisu tuottaa selvästi kaukolämpöä pienemmät CO_2e-päästöt. Siirlaakson alueella Mäntyharjussa ei ole kaukolämpöverkkoa.



Kuva 11. Rakennusten energiankäytön CO_2e-päästöt neljällä asemakaava-alueella: Porvoon Skaftkärrissä, Helsingin Kruunuvuorenrannassa, Loviisan Harmaakalliossa sekä Mäntyharjun Siirlaaksossa. (CO_2e-päästöt esitettyinä bruttoneliömetriä kohti). Punaiset vaakaviivat kuvaavat tavoite- tai vaatimustasoja, joita tulosten perusteella voitaisiin asettaa energiankäytön CO_2e-päästöille.[149]

[147] Vainio, Tuukka: Asuinrakennusten energiankulutuksen hiilidioksidipäästöjen laskenta osana päästöohjaavaa kaavoitusta. Diplomityö 14.2.2012. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Energiatekniikan laitos.
[148] Vainio 2012. Diplomityössä neljän asemakaava-alueen CO_2e-päästöt on laskettu bruttoneliömetriä kohti. Mittayksikön muunnoksessa on käytetty asumisväljyytenä 50 brm²/asukas.
[149] Vainio 2012, liite 1, 114.

Asumisväljyys

Asumisväljyys ilmoitetaan yleensä huoneistoalaa kohti. Vuosina 2011–12 valmistuneiden asuinrakennusten keskimääräiset asumisväljyydet on esitetty taulukossa 6. Laskennassa on perusteltua käyttää uutta rakennuskantaa edustavia tunnuslukuja eikä esimerkiksi koko olemassa olevan asuinrakennuskannan keskiarvoja. Huoneistoalana ilmoitettu asumisväljyys on muunnettava kerros- ja bruttoaloiksi muuntokertoimien avulla.

Seuraavalla esimerkillä kuvataan asumisväljyyden ja rakennustyypin vaikutusta energiankulutukseen.

Tilojen lämmityksen asukaskohtainen ominaisenergiankulutus taulukon 6 mukaisin asumisväljyyksin on: (esimerkkinä 2010 rakennusmääräysten mukainen talo Jyväskylässä)

- omakotitalo 90 kWh/(brm^2 a) → 4 914 kWh/(as, a)
- kerrostalo 80 kWh/(brm^2 a) → 3 792 kWh/(as, a).

Lämpimän käyttöveden asukaskohtaiseksi ominaisenergiankulutuksi tulee vastaavasti:

- omakotitalo 35 kWh/(brm^2 a) →1 911 kWh/(as, a)
- pari- ja rivitalo 40 kWh/(brm^2 a) → 1 688 kWh/(as, a)
- kerrostalo 40 kWh/(brm^2 a) → 1 896 kWh/(as, a).

Asukaskohtainen kiinteistösähkönkulutus on:

- omakotitalo 50 kWh/(brm^2 a) → 2 730 kWh/(as, a)
- rivitalo 50 kWh/(brm^2 a) → 2 110 kWh/(as, a)
- kerrostalo 50 kWh/(brm^2 a) → 2 370 kWh/(as, a).

Kun muunnetaan rakentamismääräysten kuvaaman laskentamenetelmän bruttoneliötä kohti ilmoitettu energiankulutus oletettujen asumisväljyyksien avulla muotoon kWh/as,a, havaitaan, että näillä oletuksilla rakennustyyppi vaikuttaa selvästi laskennalliseen energiankulutukseen. Omakotitaloasukkaan kokonaisenergiankulutus (9 555 kWh/(as, a)) on lähes 20 % kerrostaloasukkaan laskennallista energiankulutusta (8 058 kWh/(as, a)) suurempi. Vähiten bruttoalaa asukasta kohti syntyy rivitaloissa.

ASUMISVÄLJYYS

Vuosina 2011 - 2012 valmistuneet, vakinaisesti asutut asunnot

Tilastokeskus

Asunnot ja asuinolot 2012

rakennustyyppi	**asumisväljyys huoneistoala** htm²/as	**asumisväljyys kerrosala** kem²/as	**asumisväljyys kokonaisala** brm²/as
ERILLINEN PIENTALO	**42,5**	51,4	54,6
RIVI- TAI KETJUTALO	**34,2**	41,1	42,2
ASUINKERROSTALO	**34,2**	43,1	47,4
YHTEENSÄ	**38,8**	48,8	53,7

Taulukko 6. Vuosina 2011–12 valmistuneiden asuinrakennusten keskimääräiset asumisväljyydet. Lähde: Tilastokeskus, Asunnot ja asuinolot 2012.

3.4 LIIKENNE

Liikennemalli kuvaa kaavoitettavan alueen henkilöliikenteen vuosittaista energiankulutusta ja vastaavia kasvihuonekaasupäästöjä. Liikennemallista on toteutettu taulukkolaskentapohjainen laskuri[150]. Tässä luvussa kerrotaan mallinnuksen perusperiaatteet, tarvittavat lähtötiedot, vaihtoehtoiset menettelytavat ja käytetyt lähdetiedot.

Alueen aiheuttaman henkilöliikenteen suoritteet

Kaavoitettavan alueen aiheuttaman henkilöliikenteen arviointimallin on katettava kaikki tyypilliset suomalaiset kaavoituksen kohteena olevien alueiden olosuhteet. Tutkimussuunnitelman mukaan kaavoituksella tarkoitetaan tässä lähinnä asemakaavoitusta, joka on lainvoimaisena kaavana rakentamista sitova kaavamuoto. Yleis- tai maakuntakaavoitusta mallinnus koskee vain soveltuvin osin, millä tarkoitetaan (asema)kaavoitettavan alueen sijaintivalintoja, jotka tehdään pääosin yleis- ja maakuntatasoisissa kaavoissa. Liikennesuoritteista merkittävä osa eli alueen rajojen ulkopuolelle suuntautuva liikenne, määräytyy alueen sijainnin perusteella eli niistä keskimääräisistä etäisyyksistä, joita alueella on suhteessa lähiseudun työpaikkoihin, palveluihin ja virkistysalueille. Myös asemakaavatasolla on syytä tietää, miten alueen sijainti yhdyskuntarakenteessa tai sitä laajemmassa kaupunkiseudullisessa tai jopa valtakunnallisessa kokonaisuudessa vaikuttaa alueen synnyttämään liikennesuoritteeseen ja sitä kautta energiankulutukseen ja päästöihin. Asemakaavatason valinnoilla ei näihin sijaintivalinnoista johtuviin vaikutuksiin voi vaikuttaa kuin rajoitetusti, mutta kaavoittajan on syytä joka tapauksessa tiedostaa se henkilöliikenteen kokonaistaso, johon vaikutuksia pyritään kohdistamaan.

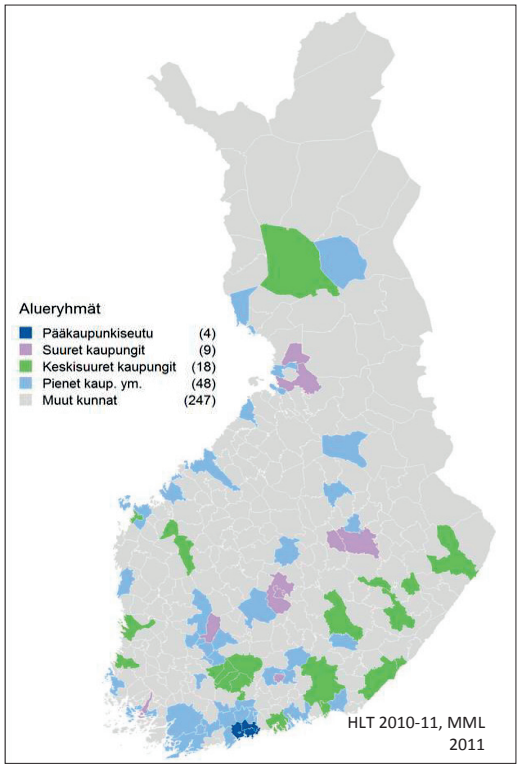
Käytettävissä olevat lähtötiedot

Koko Suomea kattavia henkilöliikennettä koskevia tutkimustietoja on saatavissa noin 5–6 vuoden välein tehdyistä henkilöliikennetutkimuksista (HLT). Viimeisin julkinen tieto on HLT 2010–11 tutkimuksesta[151]. HLT-tutkimukset perustuvat maanlaajuiseen kyselyyn ja matkapäiväkirjoihin, jotka yleistetään ja tyypitellään koko maan kattaviksi aluetyyppi- ja kulkutapakohtaisiksi ominaistiedoiksi. Aineistoa ja sen edustavuutta pidetään hyvinä, joten niiden käyttöä voidaan perustella liikennemallin lähtötietoina. Joka tapauksessa parempaa koko maata kattavaa liikennetietoa ei edes ole saatavissa.Mikäli kaavoitettavalta alueelta tai sitä ympäröivältä laajemmalta kaupunkiseudulta on saatavissa HLT:tä tuoreempaa ja tarkempaa liikennetutkimustietoa, voidaan niitä käyttää HLT-tietojen sijaan.

HLT 2010–11 tuloksien käyttö arvioinnin pohjana

Seuraavassa esitetään keskeisimpiä HLT 2010–11 tutkimuksen tuloksia koskien aluetyyppien luokituksia ja niiden mukaisia kulkutapakohtaisia liikennesuoritteita. Alueiden tyypittely niiden ominaisuuksien mukaan helpottaa tarkasteltavan, kaavoituksen kohteena olevan alueen liikenteellisten ominaisuuksien määrittelyä. HLT 2010–11 tutkimuksen mukaan henkilöliikenteen suoritteet (henkilökilometrit asukasta kohti) riippuvat kohteena olevan alueen yhdyskuntarakenteellisista ja kaupunkiseudullisista ominaisuuksista. Tätä empiiristä tutkimustietoa voidaan hyödyntää myös uusien alueiden liikenteellisten ominaisuuksien määrittelyssä. Vastaavilla uusilla alueilla asukkaiden liikennekäyttäytyminen on todennäköisesti samanlaista kuin HLT-tutkimuksen kohteena olleiden todellisten alueiden liikennekäyttäytyminen.

[150] Ks. Skaftkärr-hanke, *www.skaftkarr.fi*.
[151] Henkilöliikennetutkimus 2010–11. Liikennevirasto, WSP LT-konsultit Oy.



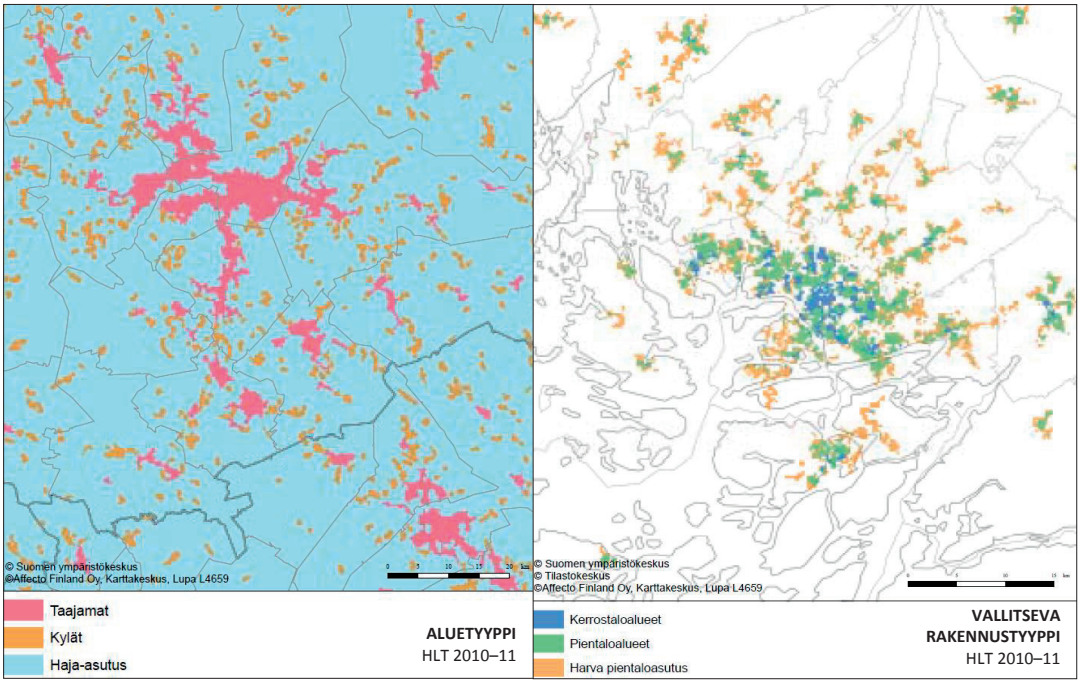
Kuva 12. HLT 2010–11 tutkimuksessa käytetty kuntakoon (asukasluvun) mukainen aluetypologia.

HLT 2010–11 käyttämä *aluetyypitys* perustuu kuntakohtaiseen luokitukseen niiden koon mukaan ryhmiteltyinä (kuva 12). Lisäksi kaupunkiseudut on luokiteltu keskustaajaman[152] koon (asukasluvun) mukaan välillä 15 000–200 000 henkeä (kuva 15, esimerkki Helsingin, Tampereen ja Turun seuduilta):

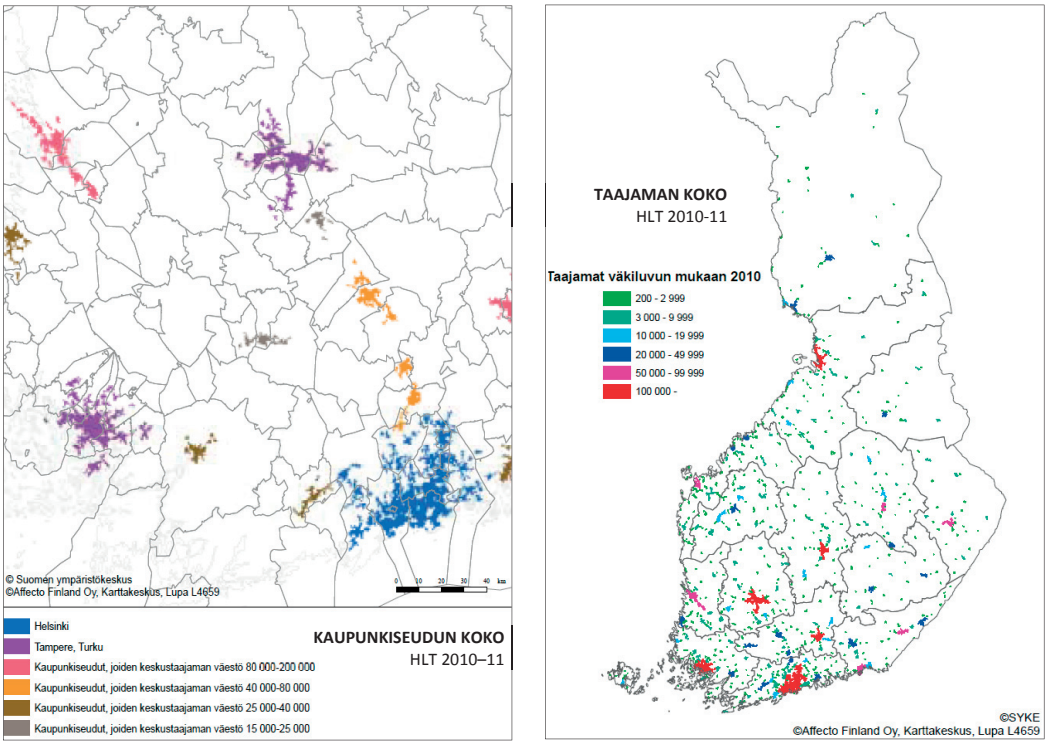
- keskustaajaman väkiluku 80 000–200 000: Oulu, Lahti, Jyväskylä, Kuopio
- keskustaajaman väkiluku 40 000–80 000: Kotka–Hamina, Hyvinkää–Riihimäki, Vaasa, Joensuu, Lappeenranta, Kouvola, Rovaniemi, Hämeenlinna, Seinäjoki
- keskustaajaman väkiluku 25 000–40 000: Kemi–Tornio, Mikkeli, Porvoo, Rauma, Kokkola, Lohja, Kajaani, Imatra, Salo
- keskustaajaman väkiluku 15 000–25 000: Savonlinna, Forssa, Varkaus, Pietarsaari,Raahe, Valkeakoski, Iisalmi, Heinola.

Tutkimuksessa on myös eritelty liikennesuoritetietoa aluetyyppien mukaan sen mukaan, onko kyseessä tilastollinen taajama-alue, kyläalue vai haja-asutusalue (kuva 13), mikä on alueen vallitseva rakennustyyppi (kerrostalo, pientalo vai harva pientaloasutus, kuva 14) ja mikä on kaupunkiseudun keskuskaupungin koko (Helsinki, Turku ja Tampere, keskustaajaman koko neljässä asukasluvun mukaisessa ryhmässä 15 000–200 000, kuva 15).

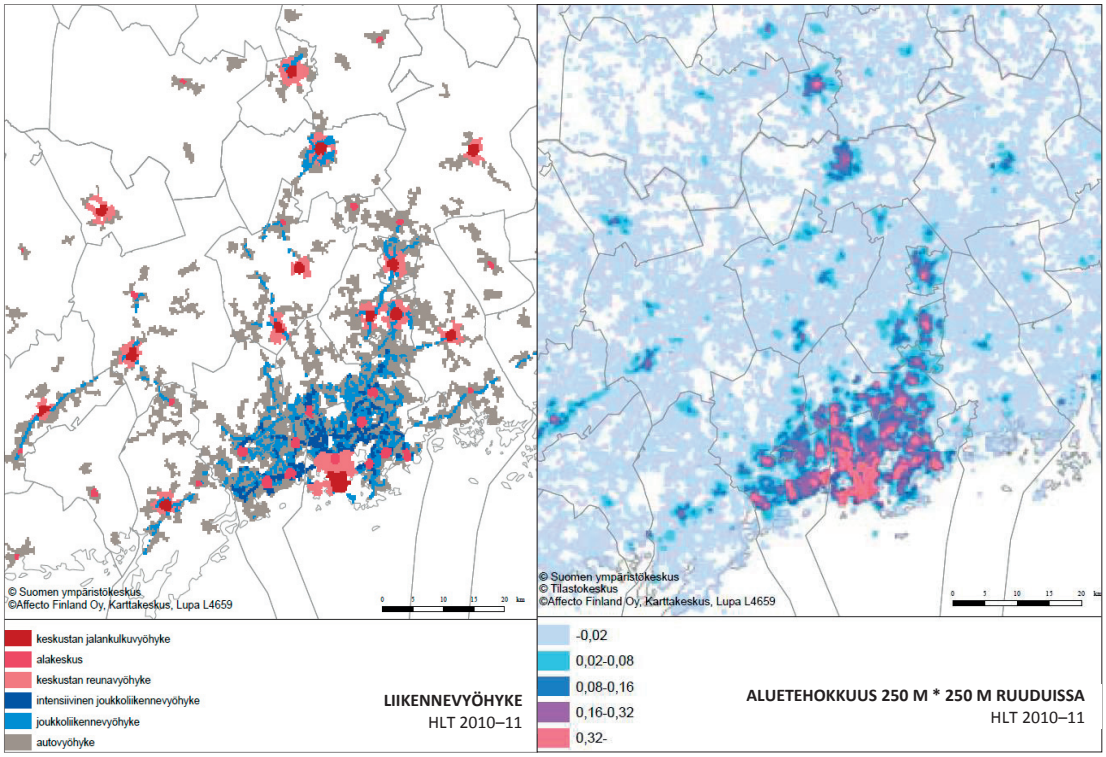
[152] Käsite ”keskustaajama” viittaa kaupunkiseudun suurimpaan eli päätaajamaan, esimerkiksi Helsingin kaupunkiseudun osalta ”Helsingin keskustaajamaan”, joka ulottuu useamman kunnan alueelle. Käsite ”taajama” puolestaan on tilastollinen, hallintorajoista riippumaton aluekäsite, jonka peruskriteereinä ovat asukasluku (pitää olla vähintään 200 asukasta) ja rakennusten keskinäinen etäisyys (pitää olla enintään 200 metriä).



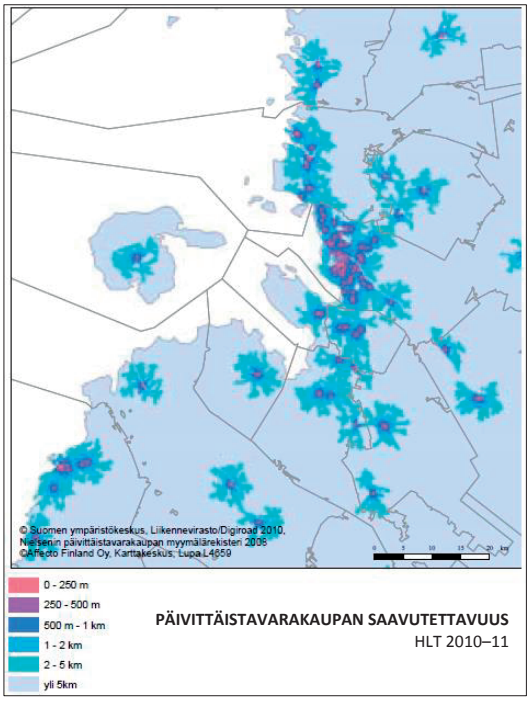
Kuvat 13–14. Henkilöliikennetutkimus 2010–11 käyttämät aluetyypitykset suhteessa taajamoitumiseen ja vallitsevaan aluetyyppiin. Esimerkit Tampereen ja Turun seuduilta.



Kuvat 15–16. Henkilöliikennetutkimus 2010–11 käyttämät aluetyypitykset suhteessa kaupunkiseudun ja sen keskustaajaman kokoon.



Kuvat 17–18. Henkilöliikennetutkimuksen 2010–11 käyttämiä aluetyypityksiä suhteessa alueen liikenteellisiin ominaisuuksiin ja aluetehokkuuteen. Esimerkit pääkaupunkiseudulta ja sen lähialueelta.



Kuva 19. Henkilöliikennetutkimuksen 2010–11 käyttämät päivittäistavarakaupan saavutettavuusvyöhykkeet, esimerkki Oulun seudulta.

Aluetyypitys jatkuu sen mukaan, mikä on taajaman koon mukaan kuudessa asukasluvun mukaisessa ryhmässä (välillä 200– yli 100 000 asukasta, kuva 16), ja liikenteellinen tyyppi (jalankulun, joukkoliikenteen ja henkilöautoliikenteen vallitsevuuden mukaan, kuva 17), mikä on alueen keskimääräinen aluetehokkuus 250 m * 250 m ruuduissa (kuva 18) ja päivittäistavarakaupan saavutettavuus (kuva 19).

Yhdyskuntarakenteen liikenteelliset vyöhykkeet perustuvat Suomen ympäristökeskuksen laatimaan luokitukseen:

- Keskustan jalankulkuvyöhyke on tiiviisti rakennettu, 1–2 kilometrin etäisyydelle kaupallisesta keskuksesta rajoittuva alue.
- Keskustan jalankulkuvyöhykettä ympäröi 1–5 kilometrin laajuinen keskustan reunavyöhyke.
- Alakeskukset ovat joukkoliikenteen, kaupan palveluiden sekä asukkaiden ja työpaikkojen merkittävimpiä keskittymiä.
- Intensiivisellä joukkoliikennevyöhykkeellä joukkoliikenteen palvelutaso on korkein. Pääkaupunkiseudulla vyöhykkeen kriteerinä on bussiliikenteessä enintään5 minuutin ja raideliikenteessä 10 minuutin vuoroväli ruuhka-aikana, muilla kaupunkiseuduilla 10–15 minuutin vuoroväli ruuhka-aikaan. Kävelyetäisyys bussipysäkille on enintään 250 metriä ja raideliikenteen pysäkille enintään 400 metriä.
- Joukkoliikennevyöhykkeellä joukkoliikenteen palvelutaso on hyvä, vuoroväli pääkaupunkiseudulla keskimäärin 15 minuuttiaja pienemmillä kaupunkiseuduilla 30 minuuttia ruuhka-aikana.
- Autovyöhykkeen alueet ovat taajama-alueita, jotka eivät täytä muiden vyöhykkeiden kriteerejä. Ne sijaitsevat usein kaupunkiseudun reunamilla, eikä niillä yleensä ole riittävää väestöpohjaa joukkoliikenteen järjestämiseksi.

Aluetehokkuus on laskettu jakamalla 250 m * 250 m kokoisen ruudun rakennusten kerrosala ruudun maapinta-alalla ja yleistämällä tulos kuvaamaan lähiympäristön rakentamisen tehokkuutta. Tiivein luokka (e > 0,32) vastaa tiiviitä kerrostaloalueita, seuraavaksi tiivein luokka (e = 0,16–0,32) pääosin väljempiä kerrostaloalueita, mutta myös seka-alueita. Kerrostaloalueet vaihtuvat pientaloalueiksi 0,16 tehokkuuden molemmin puolin. Seuraavat luokat kuvaavat tiiviitä (e = 0,08–0,16) ja väljiä (e = 0,02–0,08) pientaloalueita. Väljin luokka (e < 0,02) sisältää sekä haja-asutusaluetta että taajamien reuna-alueiden harvaa omakotitaloasutusta. HLT:n käyttämä aluetehokkuusmäärittely ei vastaa kaavoituksen yleisesti käyttämää, koska ruutumenetelmässä mukaan tulee rakentamattomia ruudun reuna-alueita, jotka laskevat aluetehokkuuslukua.

Kaavoituksessa käytetään aluerajauksena kaavoituksen kannalta käyttökelpoista, vapaamuotoista ja useimmiten kiinteistörajoja noudattavaa toiminnallista aluetta. Aluetehokkuus on näin rajatun alueen kokonaiskerrosala jaettuna maa-alalla. Aluetehokkuus on yleensä 0,4–0,7 kertaa alueen keskimääräinen tontti- tai korttelitehokkuus riippuen siitä kuinka paljon viheralueita tai muita vapaa-alueita sisältyy kohdealueen rajauksen sisään. Jos kaava-alueella on runsaasti laajempaa yhteisöä palvelevia viheralueita, aluetehokkuus laskee.

Tutkimuksessa käytetty henkilömatkojen *kulkutapojen* typologia on seuraava:

- jalankulku
- polkupyöräily
- henkilöauton kuljettaja
- henkilöauton matkustaja
- linja-auto
- metro tai raitiovaunu
- juna
- muu.

"Jalankulkuun" sisältyvät sukset, rullaluistimet, potkukelkat yms.; "muu" sisältää sekä julkista (taksit, lentokoneet, lautat) että yksityistä ajoneuvoliikennettä (mopot, moottoripyörät, mopoautot, mönkijät, traktorit jne.). Vastaava henkilömatkojen tarkoituksen eli *matkatyypin* mukainen typologia on seuraava:

- työmatka
- koulu- ja opiskelumatka
- työasiamatka
- ostos- ja asiointimatka
- vierailumatka
- mökkimatka
- muu vapaa-ajan matka.

Käytännössä henkilömatkasuoritteiden matkatyyppikohtaisia tietoja ei energia- ja päästölaskennassa käytetä, vaan tyydytään kaikkien matkatyyppien keskiarvotietoon, koska kaavasuunnitelmatietojen perusteella on hyvin harvoin mahdollista arvioida keskiarvoista poikkeavaa jakaumaa. Tarvittaessa keskiarvolukuja voidaan tapauskohtaisesti korjata (esimerkiksi palvelujen puutteen tai kaukaisen sijainnin takia lisäämällä asiointimatkojen keskipituutta ja sen mukaisesti kaikkien matkojen keskipituutta) käyttämällä apuna HLT:n antamaa jakaumatietoa.

Keskimääräiset *matkasuoritteet* (henkilökilometriä/henkilö vuorokaudessa) ovat *alue- ja kulkutavoittain* HLT 2010–11:n mukaan seuraavan taulukon mukaisia:

	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	1,2	1,3	1,0	1,1	0,8	1,1
polkupyörä	0,7	1,0	0,8	0,8	0,5	0,7
HA kuljettaja	15,5	19,0	21,7	23,3	23,2	20,8
HA matkustaja	7,4	10,9	8,5	9,0	9,7	9,1
linja-auto	4,3	2,8	1,7	3,0	2,8	3,0
metro, raitiovaunu	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
juna	4,1	2,8	2,7	3,6	1,0	2,7
muu	2,2	2,8	3,2	5,8	5,2	3,9
yhteensä	36,4	40,8	39,5	46,1	42,9	41,4

Alueen sijainnin ja aluetyypin mukaiset henkilöliikenteen keskimääräiset suoritteet (henkilökilometriä asukasta ja vuorokautta kohti) ovat HLT 2010–11 tutkimuksen mukaan seuraavia:

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri kokoisissa kunnissa asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
Pääkaupunkiseutu	1,215	0,661	15,532	7,362	4,339	1,144	4,062	2,149	36,353
Suuret kaupungit	1,312	0,995	19,044	10,938	2,79	0,018	2,777	3,008	40,818
Keskisuuret kaupungit	1,038	0,82	21,696	8,471	1,734	0,011	2,676	3,002	39,469
Pienet kaup. ym.	1,059	0,753	23,26	8,984	2,998		3,58	5,496	46,118
Muut kunnat	0,805	0,545	23,157	9,698	2,783	0,016	0,989	4,851	42,853
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri kaupunkiseuduilla asuvien matkat, kaupunkiseudut luokiteltu keskustaajaman koon mukaan

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
Helsinki	1,283	0,673	16,798	7,491	4,268	0,972	4,33	2,934	38,608
Tampere, Turku	1,23	0,729	17,29	9,433	4,573	0,009	2,925	1,789	37,965
keskustaajaman väestö 80 000 - 200 000	1,178	1,133	21,523	9,733	1,538	0,015	2,867	3,637	41,582
keskustaajaman väestö 40 000 - 80 000	1,183	0,936	18,592	7,296	2,819	0,024	4,034	3,895	38,751
keskustaajaman väestö 25 000 - 40 000	1,197	0,616	21,789	7,686	2,084		1,434	4,671	39,299
keskustaajaman väestö 15 000 - 25 000	1,251	0,836	19,278	8,489	3,359		1,155	0,648	35,143
Ei kaupunkiseudulla	0,737	0,569	24,921	10,683	2,247	0,016	1,342	5,343	45,942
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Erikokoisissa taajamissa asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
200 - 2 999 asukkaan taajamat	0,874	0,559	21,795	9,992	2,466	0,021	1,524	6,422	43,603
3 000 - 9 999 asukkaan taajamat	0,92	0,834	23,172	9,316	2,428	0,024	2,38	4,259	43,087
10 000 - 19 999 asukkaan taajamat	1,131	0,717	24,23	4,959	1,622		3,177	4,485	40,184
20 000 - 49 999 asukkaan taajamat	1,175	0,738	20,475	8,806	2,748		2,915	1,99	38,879
50 000 - 99 999 asukkaan taajamat	1,222	1,174	18,885	7,462	1,937	0,016	2,123	4,536	37,395
Yli 100 000 asukkaan taajamat	1,262	0,801	17,366	8,564	3,765	0,568	3,825	2,388	38,476
Ei vyöhykkeellä	0,588	0,389	27,333	11,618	2,582	0,002	0,824	6,487	50,004
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri yhdyskuntarakenteen alueilla asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
Taajamat	1,155	0,802	19,457	8,585	3,044	0,282	3,104	3,311	39,627
Kylät	0,588	0,482	26,301	9,153	1,839		1,144	5,149	44,721
Haja-asutusalue	0,587	0,326	28,099	13,446	3,12	0,004	0,591	7,482	53,878
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Erilaisilla asuinalueilla asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
Kerrostaloalueet	1,366	0,807	15,242	7,458	3,624	0,641	3,914	1,544	34,447
Pientaloalueet	1,086	0,78	21,841	9,364	2,788	0,047	2,498	4,439	42,799
Harva pientaloasutus	0,663	0,898	24,401	10,321	1,889	0,032	2,947	5,235	46,405
Ei vyöhykkeellä	0,615	0,434	26,666	10,891	2,578	0,026	0,898	6,041	48,306
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri aluetehokkuusalueilla asuvien matkat ("aluetehokkuus" = kerrosala/ruudun pinta-ala naapuriruutumenetelmällä eli 9 ruudun keskiarvona, ruutu = 250 m * 250 m)

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
< 0,02	0,62	0,479	25,825	11,319	2,145	0,012	1,474	5,915	47,946
>= 0,02 ja < 0,08	1,014	0,778	24,26	9,077	2,748	0,038	1,589	4,72	44,094
>= 0,08 ja < 0,16	1,124	0,872	19,152	8,448	2,111	0,083	3,455	2,969	38,136
>= 0,16 ja < 0,32	1,324	0,879	15,563	7,635	4,24	0,427	3,749	2,651	36,151
>= 0,32	1,566	0,696	13,185	7,675	4,18	1,084	4,78	1,212	34,346
Ei kerrosalaa	0,048	2,76	6,6	30,528	192,8			1,584	234,036
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä (liikkumisvyöhykkeillä) asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
jalankulkuvyöhyke	1,703	0,697	14,116	8,163	2,748	0,112	5,777	1,185	34,423
alakeskus	1,137	0,527	14,845	7,313	4,138	1,471	1,93	2,138	33,377
jalankulun reunavyöhyke	1,47	1,022	17,663	7,184	3,152	0,358	3,551	3,034	37,286
intensiivinen JL-vyöhyke	1,117	0,885	16,203	9,517	4,791	0,585	4,469	2,922	40,326
joukkoliikennevyöhyke	0,987	0,806	21,827	8,548	2,745	0,33	2,96	2,799	40,929
autovyöhyke	1,041	0,777	21,077	8,965	3,561	0,064	2,316	4,541	42,223
Ei vyöhykkeellä	0,727	0,555	25,234	10,615	2,129	0,016	1,378	5,499	46,176
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
250 m	1,459	0,73	15,312	7,991	3,618	0,567	4,061	1,507	35,314
500 m	1,229	0,793	17,434	7,393	3,457	0,391	2,933	3,141	36,543
1 km	1,102	0,824	20,129	9,455	2,362	0,231	3,152	3,5	40,831
2 km	0,957	0,857	23,263	7,992	2,362	0,082	1,568	3,939	40,977
5 km	0,766	0,715	23,288	9,938	3,486		2,942	6,55	47,589
Ei vyöhykkeellä	0,617	0,316	28,519	13,156	2,885	0,004	0,984	6,07	52,532
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Supermarkettiin. Vähintään 1000 myynti-m2 päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
500 m	1,363	0,646	14,497	7,156	3,254	0,54	4,887	2,404	34,548
1 km	1,289	0,929	18,468	9,16	3,206	0,432	2,591	2,3	38,255
Ei vyöhykkeellä	0,915	0,687	23,001	9,531	2,824	0,101	2,211	4,683	43,982
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Hypermarkettiin. 2500 myynti-m2 päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
500 m	1,312	0,464	11,853	6,311	4,292	0,984	5,484	3,12	33,445
1 km	1,545	0,939	17,989	9,433	3,418	0,494	3,758	2,402	39,78
Ei vyöhykkeellä	0,989	0,721	21,604	9,207	2,855	0,161	2,449	4,058	42,016
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Ala-asteiden saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
250 m	1,524	0,627	15,685	8,858	3,9	0,579	5,667	0,893	37,711
500 m	1,298	0,708	17,346	8,532	3,269	0,425	2,236	2,135	35,928
1 km	1,208	0,804	17,358	7,346	3,501	0,367	3,368	2,711	36,531
2 km	1,011	0,834	23,233	9,124	2,651	0,077	2,414	4,755	43,934
3 km	0,682	0,866	23,37	10,518	2,041		4,158	6,663	48,307
5 km	0,567	0,558	27,372	10,675	1,428		0,283	7,108	48,081
Ei vyöhykkeellä	0,56	0,328	29,111	13,864	2,509	0,006	0,235	6,038	52,853
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Pienten virkistysalueiden (väh. 1,5 ha) saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
0 m (=alueen sisällä)	0,779	0,511	26,976	12,45	7,813	0,35	1,989	5,747	56,599
100 m	0,932	0,758	22,114	9,257	2,683	0,248	2,445	4,634	43,133
200 m	1,171	0,821	20,214	9,01	3,177	0,2	2,248	3,221	39,971
300 m	1,191	0,718	18,586	8,043	3,048	0,264	2,728	3,595	37,868
Ei vyöhykkeellä	1,183	0,548	18,834	9,202	2,544	0,206	4,409	2,471	39,344
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Suurten virkistysalueiden (väh. 20 ha) saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
0 m (=alueen sisällä)	0,542	0,579	30,817	12,963	3,568	0,339	2,7	7,227	58,75
150 m	0,834	0,646	23,722	9,911	2,734	0,099	1,889	5,195	45,098
300 m	1,171	0,781	20,768	7,577	3,276	0,208	2,215	4,303	40,123
500 m	1,023	0,827	19,906	8,324	2,5	0,25	1,919	1,934	36,785
1 km	1,19	0,732	18,099	9,695	3,212	0,389	4,211	3,034	40,245
Ei vyöhykkeellä	1,401	0,802	17,201	8,302	3,191	0,325	4,065	2,747	38,015
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Liikkuminen ja kodin etäisyys käytetyimmästä joukkoliikenteen pysäkistä ja asemasta

Matkat kulkutavoittain ryhmä	jalankulku	polkupyörä	henkilöauto kuljettaja	henkilöauto matkustaja	linja-auto	metro, raitiovaunu	juna	muu	kaikki
<=100m	1,122	0,658	16,379	9,308	4,347	0,319	1,84	2,422	36,411
100-300m	1,224	0,777	19,696	8,31	2,655	0,249	2,249	2,668	37,78
300-500m	0,996	0,836	18,26	9,665	1,922	0,243	3,286	3,781	38,904
500m-1km	1,095	0,776	21,688	8,936	2,746	0,317	2,411	4,419	42,464
1-3km	0,914	0,821	25,199	8,776	3,866	0,089	2,982	4,606	47,115
3-5km	0,959	0,436	33,472	7,279	0,349		1,073	3,815	47,549
yli 5km	0,743	0,467	31,491	12,938	3,091	0,008	6,595	10,936	66,208
kaikki	1,059	0,73	20,796	9,105	2,963	0,235	2,672	3,846	41,388

Vastaavat henkilöliikenteen suoritetiedot ovat matkatyypeittäin seuraavissa taulukoissa. Näitä tietoja voidaan hyödyntää, kun arvioidaan, kuinka tarkasti kaavoitettavan alueen ominaisuudet osuvat yhteen HLT 2010–11 tutkimuksen keskiarvotietojen kanssa, ja pitääkö niitä mahdollisesti korjata.

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri kokoisissa kunnissa asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
Pääkaupunkiseutu	7,19	1,131	2,595	5,475	7,96	3,206	8,801	36,353
Suuret kaupungit	6,075	0,89	3,936	5,898	9,067	2,707	12,19	40,818
Keskisuuret kaupungit	7,001	1,025	5,34	7,212	6,904	2,352	9,555	39,469
Pienet kaup. ym.	9,747	1,839	6,243	7,668	7,561	1,847	11,251	46,118
Muut kunnat	7,632	1,746	3,767	9,603	7,71	1,223	11,11	42,853
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri kaupunkiseuduilla asuvien matkat, kaupunkiseudut luokiteltu keskustaajaman koon mukaan

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
Helsinki	8,007	1,381	3,267	5,62	7,759	3,138	9,42	38,608
Tampere, Turku	6,509	1,141	3,241	6,491	6,425	1,788	12,399	37,965
keskustaajaman väestö 80 000 - 200 000	5,704	1,216	4,957	6,288	10,527	2,97	9,857	41,582
keskustaajaman väestö 40 000 - 80 000	6,226	0,912	6,254	5,693	7,077	2,416	9,836	38,751
keskustaajaman väestö 25 000 - 40 000	7,92	0,732	8,926	5,702	7,265	1,365	8,682	39,299
keskustaajaman väestö 15 000 - 25 000	6,837	0,271	4,033	7,1	4,193	3,405	9,312	35,143
Ei kaupunkiseudulla	8,899	1,888	3,95	10,111	7,926	1,323	11,796	45,942
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Erikokoisissa taajamissa asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
200 - 2 999 asukkaan taajamat	6,958	2,1	4,474	9,477	7,382	1,076	11,881	43,603
3 000 - 9 999 asukkaan taajamat	7,931	1,556	4,951	6,388	7,904	2,091	12,226	43,087
10 000 - 19 999 asukkaan taajamat	6,857	1,676	4,567	7,432	5,786	2,517	11,359	40,184
20 000 - 49 999 asukkaan taajamat	8,08	0,723	5,254	5,448	7,565	1,974	10,366	38,879
50 000 - 99 999 asukkaan taajamat	4,061	0,589	7,021	7,062	7,793	2,522	8,326	37,395
Yli 100 000 asukkaan taajamat	7,146	1,213	3,348	5,763	8,006	2,853	10,093	38,476
Ei vyöhykkeellä	10,542	2,084	4,55	12,191	8,193	1,046	11,33	50,004
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri yhdyskuntarakenteen alueilla asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
Taajamat	7,044	1,243	4,299	6,421	7,74	2,385	10,473	39,627
Kylät	9,914	1,822	3,218	11,778	7,496	0,54	9,889	44,721
Haja-asutusalue	11,022	2,282	5,525	12,474	8,692	1,412	12,403	53,878
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Erilaisilla asuinalueilla asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
Kerrostaloalueet	6,302	0,775	2,274	5,4	8,658	2,352	8,701	34,447
Pientaloalueet	7,343	1,387	5,787	6,678	7,188	2,491	11,825	42,799
Harva pientaloasutus	8,961	2,497	5,27	10,315	6,126	2,064	11,603	46,405
Ei vyöhykkeellä	10,123	2,035	4,314	11,435	8,383	1,129	10,784	48,306
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri aluetehokkuusalueilla asuvien matkat ("aluetehokkuus" = kerrosala/ruudun pinta-ala naapuriruutumenetelmällä eli 9 ruudun keskiarvona, ruutu =

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
< 0,02	9,985	2,44	4,447	11,414	7,545	1,204	10,689	47,946
>= 0,02 and < 0,08	7,431	1,482	5,912	7,442	7,281	1,939	12,857	44,094
>= 0,08 and < 0,16	6,599	0,838	4,633	6,163	7,005	2,488	10,355	38,136
>=0,16 and < 0,32	7,267	0,777	2,534	4,9	8,492	3,242	8,991	36,151
>= 0,32	5,784	0,839	2,827	4,685	10,036	2,618	7,556	34,346
Ei kerrosalaa	7,26		8,853	15,708			202,169	234,036
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Eri yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä (liikkumisvyöhykkeillä) asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
jalankulkuvyöhyke	5,758	0,393	2,373	5,454	8,275	2,749	9,382	34,423
alakeskus	6,716	0,892	1,475	4,966	8,439	1,419	9,5	33,377
jalankulun reunavyöhyke	6,951	1,369	4,593	4,472	8,214	3,206	8,376	37,286
intensiivinen JL-vyöhyke	6,584	0,925	5,325	5,67	10,646	2,193	9,145	40,326
joukkoliikennevyöhyke	7,989	0,869	4,403	6,101	7,97	3,005	10,474	40,929
autovyöhyke	7,245	1,944	6,193	7,669	5,777	2,052	11,427	42,223
Ei vyöhykkeellä	8,868	1,772	3,983	10,337	7,855	1,335	12,001	46,176
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
250 m	6,127	1	3,415	5,068	8,701	2,253	8,756	35,314
500 m	5,846	0,899	4,15	5,696	7,439	2,674	9,836	36,543
1 km	7,065	0,958	3,58	6,809	8,86	2,251	11,252	40,831
2 km	8,08	1,937	4,791	6,818	6,245	2,327	10,965	40,977
5 km	9,875	1,928	6,038	9,757	5,76	1,951	11,971	47,589
Ei vyöhykkeellä	10,755	2,2	5,192	12,751	9,197	1,061	11,277	52,532
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Supermarkettiin. Vähintään 1000 myynti-m2 päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
500 m	6,345	0,535	3,279	4,78	8,025	2,103	9,452	34,548
1 km	6,61	0,855	2,896	5,685	7,618	2,545	12,003	38,255
Ei vyöhykkeellä	8,257	1,757	5,063	8,561	7,842	2,038	10,432	43,982
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Hypermarkettiin. 2500 myynti-m2 päivittäistavarakauppojen saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
500 m	7,352	0,399	2,408	4,912	8,303	1,152	8,948	33,445
1 km	7,464	0,691	2,694	4,84	10,309	2,47	11,353	39,78
Ei vyöhykkeellä	7,67	1,523	4,637	7,831	7,506	2,159	10,616	42,016
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Ala-asteiden saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
250 m	7,356	1,308	3,358	6,13	9,286	2,597	7,658	37,711
500 m	6,397	0,809	2,608	6,03	8,637	2,461	8,884	35,928
1 km	6,562	0,907	4,178	5,612	6,838	2,483	9,938	36,531
2 km	7,676	1,787	5,047	6,949	7,825	1,954	12,751	43,934
3 km	9,369	1,29	6,06	10,078	6,722	2,458	12,296	48,307
5 km	11,56	2,197	5,169	11,97	7,283	1,394	8,554	48,081
Ei vyöhykkeellä	9,667	2,553	4,889	12,888	9,65	1,125	11,991	52,853
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Pienten virkistysalueiden (väh. 1,5 ha) saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
0 m (=alueen sisällä)	10,886	3,829	6,443	10,704	4,998	2,25	17,602	56,599
100 m	8,252	1,558	5,059	8,1	7,897	1,558	10,756	43,133
200 m	6,991	1,196	3,948	6,987	7,463	2,619	10,816	39,971
300 m	6,458	1,069	3,519	6,202	9,065	2,254	9,057	37,868
Ei vyöhykkeellä	7,393	1,085	3,379	6,566	7,41	3,221	10,194	39,344
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Suurten virkistysalueiden (väh. 20 ha) saavutettavuusvyöhykkeillä asuvien matkat

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
0 m (=alueen sisällä)	12,219	4,958	8,824	9,575	5,551	3,045	14,743	58,75
150 m	8,673	1,825	5,385	9,184	7,61	1,417	11,101	45,098
300 m	6,98	1,264	3,311	7,348	8,898	2,225	9,878	40,123
500 m	6,933	0,882	3,449	6,169	6,027	2,712	10,566	36,785
1 km	7,132	1,123	3,93	5,799	9,036	2,815	10,246	40,245
Ei vyöhykkeellä	6,716	0,91	4,031	6,389	7,421	2,26	10,337	38,015
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

Matkasuorite, km/henkilö/vrk

Liikkuminen ja kodin etäisyys käytetyimmästä joukkoliikenteen pysäkistä ja asemasta

Matkat tarkoituksen mukaan ryhmä	työ	koulu, opiskelu	työasia	ostos, asiointi	vierailu	mökki	muu vapaa-aika	kaikki
<=100m	6,142	1,354	3,126	5,05	8,112	2,139	10,411	36,411
100-300m	6,761	1,036	3,085	6,879	7,675	2,951	9,428	37,78
300-500m	6,864	1,041	2,366	6,742	9,496	2,052	10,371	38,904
500m-1km	7,535	1,638	3,768	8,638	7,442	1,885	11,583	42,464
1-3km	9,159	1,734	7,47	8,12	6,428	1,701	12,54	47,115
3-5km	11,069	1,402	2,24	10,852	8,748	2,971	10,047	47,549
yli 5km	13,803	2,81	15,327	13,589	6,628	0,965	12,608	66,208
kaikki	7,64	1,389	4,354	7,406	7,806	2,15	10,609	41,388

HLT 2010–11 -tutkimuksen mukaisia aluetyyppikohtaisia keskiarvolukuja voidaan siis tapauskohtaisesti korjata vastaamaan paremmin alueen todellisia ominaisuuksia. Sen tulisi kuitenkin perustua paikalliseen tutkittuun tai kokemusperäiseen tietoon.

Taulukoiden antamia liikennesuoritetietoja pidetään liikennemallin pääasiallisina lähdetietoina. Niitä voidaan kuitenkin tarkastella kriittisesti muiden lähdetietojen antamien viitteiden kautta.

Keskiarvotietojen käyttö voi olla jossain tapauksessa liian epätarkkaa, eli jos esimerkiksi paikallisen liikenneolosuhteiden tuntemuksen perusteella tiedetään, että matkojen keskipituudet ovat kohdealueella selvästi pitemmät tai lyhyemmät, on syytä soveltaa keskiarvoista poikkeavaa tietoa. Muunnos tai keskiarvoa korvaavan tiedon käyttö on kuitenkin syytä tehdä vain asiantuntevan henkilön opastuksella. Tukena muunnokseen voi käyttää HLT 2010–11 perustietoja matkojen keskipituuksista (km/matka), matka-ajoista (minuuttia/matka), kokonaismatka-ajoista (minuuttia/henkilö vuorokaudessa) ja matkaluvusta (matkojen lukumäärä/henkilö vuorokaudessa) tai vastaavia tietoja matkatyypeittäin[153]. Jos esimerkiksi kohdealue sijaitsee oheisen luokittelun mukaan ”suuressa kaupungissa”, mutta tiedetään, että kohdealueen keskietäisyys työpaikkojen painopisteestä on ”vain” 5 km (keskiarvon 6,075 km sijasta), voidaan matkojen keskisuoritetta vähentää työmatkojen osuutta (kokonaissuoritteesta) vastaavasti.

Muunnoksissa voidaan käyttää HLT 2010–11 tarkempia tuloksia esimerkiksi alla olevien kaupunkikoon mukaisen ryhmittelyn ominaisluvuilla.

Liikennesuoritteiden riippuvuus kohdealueen sijainnista suhteessa koko valtakunnan tai kaupunkiseudun yhdyskuntarakenteeseen käy ilmi myös ympäristöministeriön aiemmin teettämästä tutkimuksesta (Lahti & Moilanen 2010), jossa käytettiin ns. VALHEA-luokitusta ja jonka mukaisia tunnuslukuja voi myös käyttää silloin kuin paikalliset olosuhteet vastaavat paremmin ao. luokitusta.

[153] *http://www.hlt.fi/*

Vuorokauden keskimääräinen matkasuorite (km/henkilö/vrk)

	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	1,2	1,3	1,0	1,1	0,8	1,1
polkupyörä	0,7	1,0	0,8	0,8	0,5	0,7
HA kuljettaja	15,5	19,0	21,7	23,3	23,2	20,8
HA matkustaja	7,4	10,9	8,5	9,0	9,7	9,1
linja-auto	4,3	2,8	1,7	3,0	2,8	3,0
metro, raitiovaunu	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
juna	4,1	2,8	2,7	3,6	1,0	2,7
muu	2,1	3,0	3,0	5,5	4,9	3,8
yhteensä	36,4	40,8	39,5	46,1	42,9	41,4

Matkan keskipituus (km/matka)

	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	1,5	1,6	1,7	1,9	1,9	1,7
polkupyörä	3,8	3,2	2,7	3,1	2,7	3,1
HA kuljettaja	16,4	17,2	15,9	16,3	17,4	16,7
HA matkustaja	20,2	23,3	19,6	17,8	22,5	20,6
linja-auto	13,6	13,7	25,9	44,1	44,2	21,6
metro, raitiovaunu	7,7	3,0	5,5	0,0	7,8	7,6
juna	45,6	163,4	167,3	108,5	141,4	86,2
muu	23,6	24,9	23,6	32,3	24,4	26,2
yhteensä	12,4	13,4	13,5	15,4	16,1	14,3

Keskimääräinen matka-aika (min/matka)

	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	19,8	21,0	23,2	23,6	25,1	22,3
polkupyörä	17,2	16,3	15,1	16,2	14,2	15,7
HA kuljettaja	20,7	20,3	18,6	18,7	19,1	19,3
HA matkustaja	23,6	26,8	22,3	20,1	25,0	23,5
linja-auto	36,5	34,0	41,9	56,8	56,0	40,8
metro, raitiovaunu	27,6	31,7	27,4	20,0	23,5	27,6
juna	56,3	138,9	135,9	108,7	125,0	85,7
muu	34,2	26,1	29,6	32,6	28,2	29,9
yhteensä	24,2	22,9	21,4	22,3	22,5	22,7

Vuorokauden keskimääräinen kokonaismatka-aika (min/henkilö/vrk)

	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	15,8	17,0	14,3	13,0	10,7	13,8
polkupyörä	3,0	5,1	4,5	3,9	2,8	3,7
HA kuljettaja	19,5	22,4	25,4	26,5	25,5	24,0
HA matkustaja	8,6	12,6	9,6	10,2	10,8	10,4
linja-auto	11,6	6,9	2,8	3,9	3,5	5,6
metro, raitiovaunu	4,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,9
juna	5,0	2,4	2,2	3,6	0,9	2,7
muu	3,1	3,2	3,8	5,5	5,6	4,4
yhteensä	70,9	69,7	62,8	66,9	59,8	65,5

Matkaluku (matkaa/henkilö/vrk)

	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	0,80	0,81	0,62	0,55	0,42	0,62
polkupyörä	0,17	0,31	0,30	0,24	0,20	0,24
HA kuljettaja	0,95	1,11	1,36	1,42	1,33	1,25
HA matkustaja	0,36	0,47	0,43	0,51	0,43	0,44
linja-auto	0,32	0,20	0,07	0,07	0,06	0,14
metro, raitiovaunu	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
juna	0,09	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03
muu	0,09	0,12	0,13	0,17	0,20	0,15
yhteensä	2,93	3,05	2,93	3,00	2,66	2,89

Keskinopeus (km/h)

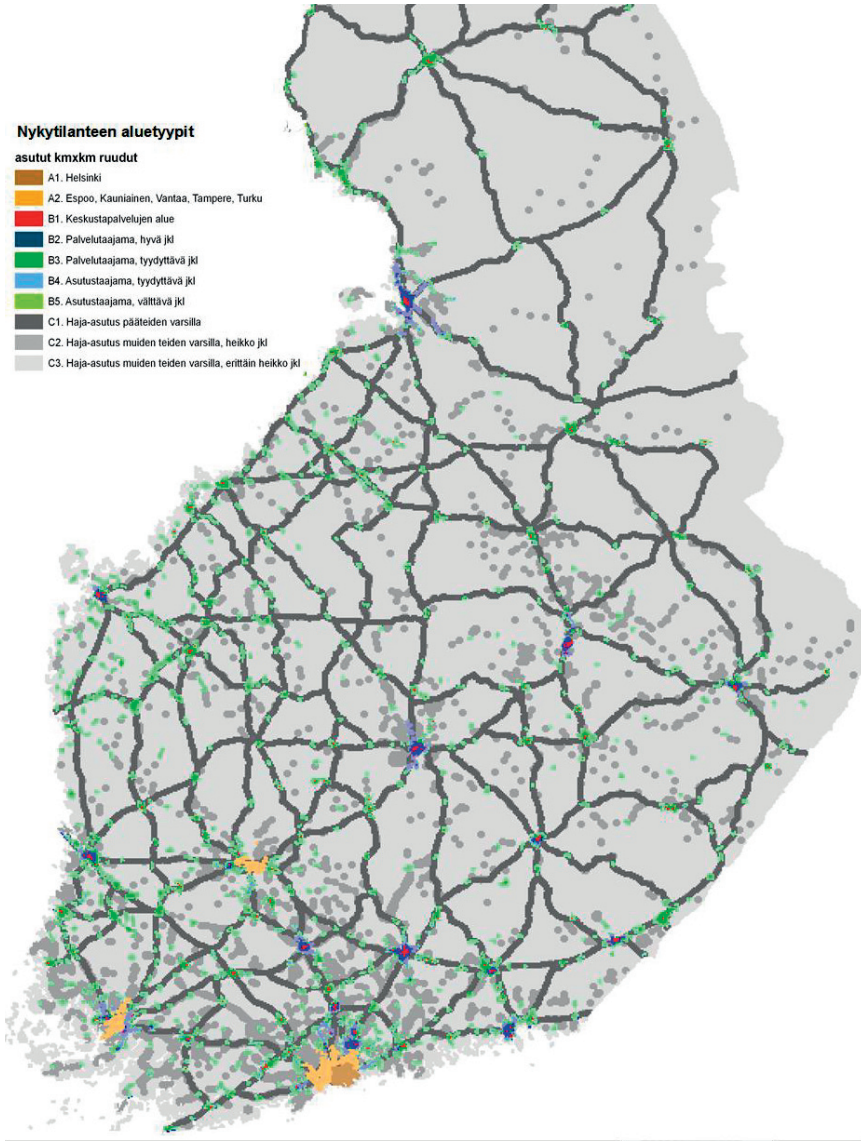
	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupungit	Keskisuuret kaupungit	Pienet kaupungit	Muut kunnat	kaikki
jalankulku	4,6	4,6	4,3	4,9	4,5	4,6
polkupyörä	13,4	11,6	10,8	11,5	11,5	11,7
HA kuljettaja	47,7	51,0	51,2	52,6	54,6	51,9
HA matkustaja	51,4	52,1	52,7	52,9	53,9	52,8
linja-auto	22,4	24,2	37,1	46,6	47,4	31,8
metro, raitiovaunu	16,7	5,7	12,0	0,0	20,4	16,5
juna	48,7	70,5	73,8	59,9	67,8	60,3
muu	41,4	57,2	48,0	59,5	51,9	52,6
yhteensä	30,8	35,1	37,7	41,4	43,0	37,9

Vaihtoehtoinen aluetyypitys ja sen käyttö liikennesuoritteen määrityksessä

YKEVAKA

Ympäristöministeriön rahoittamassa tutkimuksessa YKEVAKA[154] arvioitiin koko Suomen yhdyskuntarakenteen muutos ja sen kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2050 asti. Arviota varten mallinnettiin yhdyskuntarakenne 34 suurimman kaupunkiseudun osalta käyttäen hyväksi SYKE:n YKR:n ruututietokantaa.

Yhdyskuntarakenne luokiteltiin ns. VALHEA-luokituksen mukaan 10 erilaiseen aluetyyppiin (A1…C3).



Kuva 20. YKEVAKA-tutkimuksessa käytetty alueluokitus ja aluetyyppien maantieteellinen jakautuminen (1 km * 1 km ruuduissa).

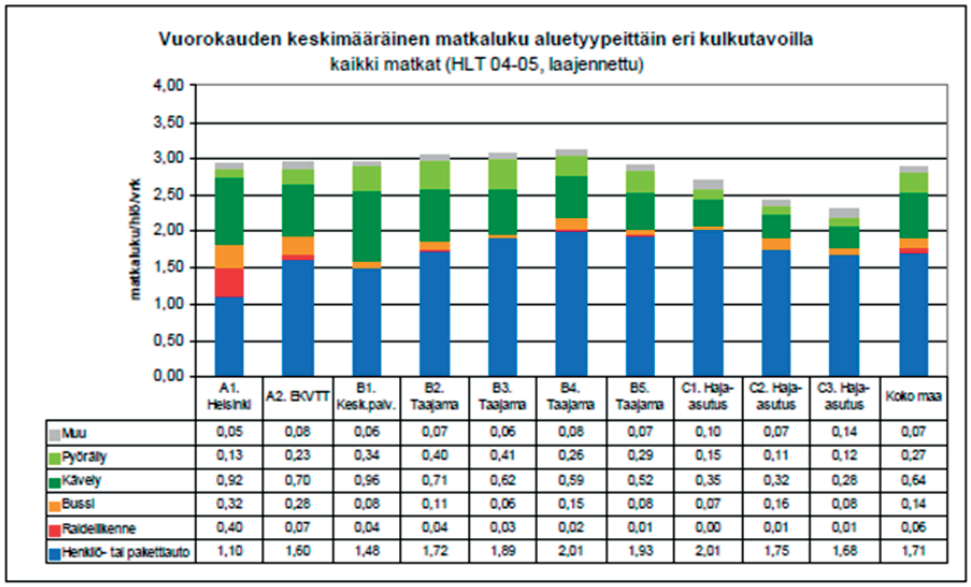
[154] Lahti & Moilanen 2010.

Luokituksen mukaiset vyöhykkeet on kuvailtu liikenteellisten ominaisuuksiensa mukaan seuraavasti:

A1. Helsinki	Helsingin kaupunki on rajattu omaksi alueekseen, koska alueen joukkoliikennejärjestelmä on Suomen oloissa poikkeuksellisen tehokas, mikä heijastuu voimakkaasti autonomistukseen ja ihmisten matkustuskäyttäytymiseen.
A2. Espoo, Kauniainen, Vantaa, Tampere, Turku	Taajama-alueet Espoon, Kauniaisten, Vantaan, Tampereen ja Turun alueella on käsitelty omana luokkanaan, koska näiden kaupunkien joukkoliikennejärjestelmän tehokkuus verrattuna muihin Suomen kaupunkeihin on parempi.
B1. Keskustapalvelujen alue	Keskustapalvelujen alueita ovat kaupunkien keskustat ja muut erikokoiset 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.
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 keskisuurten kaupunkien joukkoliikennevyöhykkeillä ja suurempien kaupunkiseutujen kehyskunnissa. Hyvän joukkoliikenteen palvelutason saavuttaminen edellyttää yleensä paikallisliikennettä.
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.
B4. Asutustaajama, tyydyttävä joukkoliikenne	Asutustaajamassa on vain välttämättömät palvelut, jolloin merkittävä osa päivittäisistä ostos- ja asiointitarpeista edellyttää matkustamista oman asuinalueen ulkopuolelle. Tyypillisesti tyydyttävän joukkoliikenteen asustustaajama levittäytyy hyvän joukkoliikenteen palvelutaajaman ympärille, jolloin se on vielä paikallisliikenteen 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 kylämäisiä asutuskeskittymiä.
C1. Haja-asutus pääteiden 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-asutus muiden teiden varsilla, erittäin heikko joukkoliikenne	Seutu- ja yhdysteiden vaikutuspiirissä oleva haja-asutus, jolle joukkoliikenteen tarjonta on erittäin vähäinen (esim. yksittäisillä pysäkeillä alle 3 vuoroa/vrk).

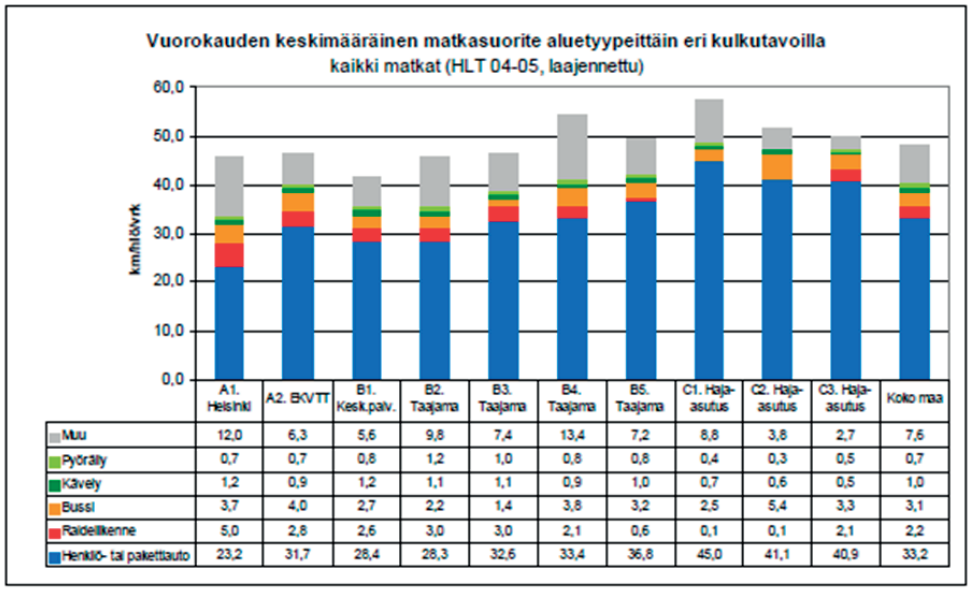
Vyöhykkeillä toteutuvat liikennesuoritteet ovat HLT 2004–05:n ja seuraavien taulukoiden ja kaavioiden mukaisia[155]; ensin matkaluvut ja suoritteet kulkutavoittain (kuvat 21 ja 22) ja sitten matkatyypeittäin (kuvat 23 ja 24):

[155] HLT 2010–11.



	A1. Helsinki	A2. BKVTT	B1. Kesk.palv.	B2. Taajama	B3. Taajama	B4. Taajama	B5. Taajama	C1. Haja-asutus	C2. Haja-asutus	C3. Haja-asutus	Koko maa
Muu	0,05	0,08	0,06	0,07	0,06	0,08	0,07	0,10	0,07	0,14	0,07
Pyöräily	0,13	0,23	0,34	0,40	0,41	0,26	0,29	0,15	0,11	0,12	0,27
Kävely	0,92	0,70	0,96	0,71	0,62	0,59	0,52	0,35	0,32	0,28	0,64
Bussi	0,32	0,28	0,08	0,11	0,06	0,15	0,08	0,07	0,16	0,08	0,14
Raideliikenne	0,40	0,07	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,06
Henkilö- tai pakettiauto	1,10	1,60	1,48	1,72	1,89	2,01	1,93	2,01	1,75	1,68	1,71

Vuorokauden keskimääräinen matkaluku (matkaa/hlö/vrk) kulkutavoittain eri aluetyypeissä (HLT 04-05, laajennettu aineisto, kaikki matkat).

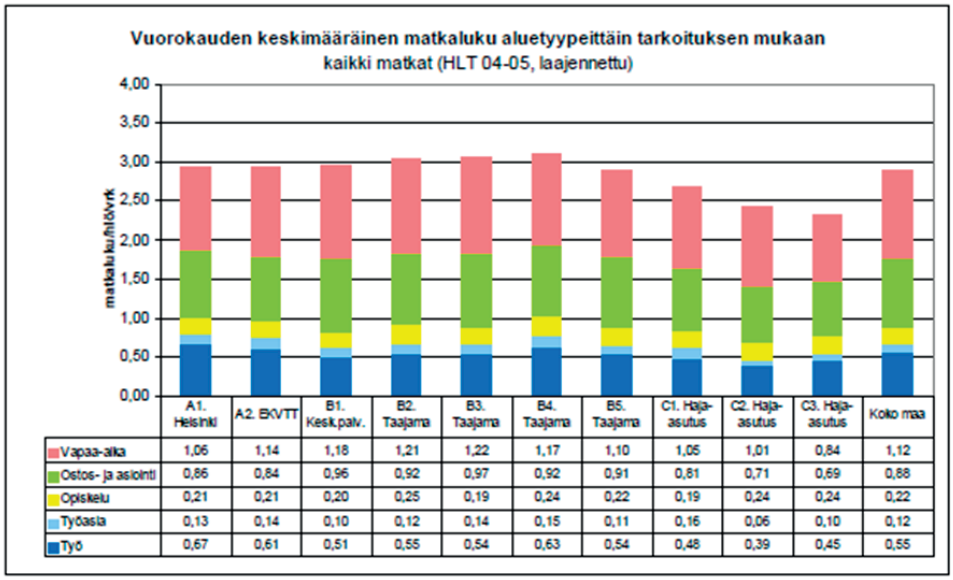


	A1. Helsinki	A2. BKVTT	B1. Kesk.palv.	B2. Taajama	B3. Taajama	B4. Taajama	B5. Taajama	C1. Haja-asutus	C2. Haja-asutus	C3. Haja-asutus	Koko maa
Muu	12,0	6,3	5,6	9,8	7,4	13,4	7,2	8,8	3,8	2,7	7,6
Pyöräily	0,7	0,7	0,8	1,2	1,0	0,8	0,8	0,4	0,3	0,5	0,7
Kävely	1,2	0,9	1,2	1,1	1,1	0,9	1,0	0,7	0,6	0,5	1,0
Bussi	3,7	4,0	2,7	2,2	1,4	3,8	3,2	2,5	5,4	3,3	3,1
Raideliikenne	5,0	2,8	2,6	3,0	3,0	2,1	0,6	0,1	0,1	2,1	2,2
Henkilö- tai pakettiauto	23,2	31,7	28,4	28,3	32,6	33,4	36,8	45,0	41,1	40,9	33,2

Vuorokauden keskimääräinen matkasuorite (km/hlö/vrk) kulkutavoittain eri aluetyypeissä (HLT 04-05, laajennettu aineisto, kaikki matkat).

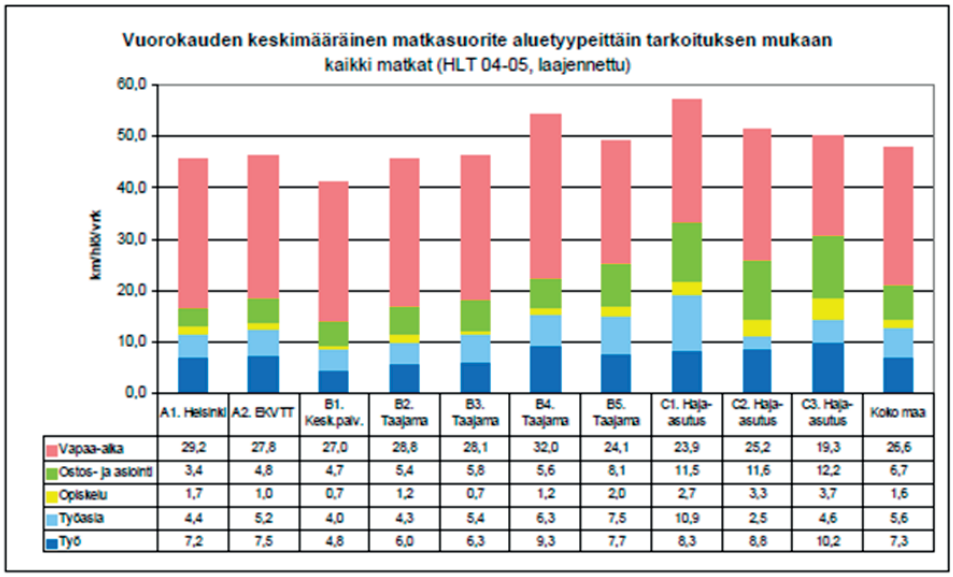
Kuvat 21–22. Aiemman tutkimuksen[156] käyttämän vyöhykejaon mukaiset henkilömatkojen matkaluvut ja kilometrisuoritteet kulkutavoittain.

[156] HLT 2004–05, Henkilöliikennetutkimus 2004–2005, LVM, Tiehallinto, RHK ja WSP LT-Konsultit Oy.



	A1. Helsinki	A2. EKVTT	B1. Kesk.palv.	B2. Taajama	B3. Taajama	B4. Taajama	B5. Taajama	C1. Haja-asutus	C2. Haja-asutus	C3. Haja-asutus	Koko maa
Vapaa-aika	1,06	1,14	1,18	1,21	1,22	1,17	1,10	1,05	1,01	0,84	1,12
Ostos- ja asiointi	0,86	0,84	0,96	0,92	0,97	0,92	0,91	0,81	0,71	0,69	0,88
Opiskelu	0,21	0,21	0,20	0,25	0,19	0,24	0,22	0,19	0,24	0,24	0,22
Työasia	0,13	0,14	0,10	0,12	0,14	0,15	0,11	0,16	0,06	0,10	0,12
Työ	0,67	0,61	0,51	0,55	0,54	0,63	0,54	0,48	0,39	0,45	0,55

Vuorokauden keskimääräinen matkaluku (matkaa/hlö/vrk) matkan tarkoituksen mukaan eri aluetyypeissä (HLT 04-05, laajennettu aineisto, kaikki matkat).



	A1. Helsinki	A2. EKVTT	B1. Kesk.palv.	B2. Taajama	B3. Taajama	B4. Taajama	B5. Taajama	C1. Haja-asutus	C2. Haja-asutus	C3. Haja-asutus	Koko maa
Vapaa-aika	29,2	27,8	27,0	28,8	28,1	32,0	24,1	23,9	25,2	19,3	26,6
Ostos- ja asiointi	3,4	4,8	4,7	5,4	5,8	5,6	8,1	11,5	11,6	12,2	6,7
Opiskelu	1,7	1,0	0,7	1,2	0,7	1,2	2,0	2,7	3,3	3,7	1,6
Työasia	4,4	5,2	4,0	4,3	5,4	6,3	7,5	10,9	2,5	4,6	5,6
Työ	7,2	7,5	4,8	6,0	6,3	9,3	7,7	8,3	8,8	10,2	7,3

Vuorokauden keskimääräinen matkasuorite (km/hlö/vrk) matkan tarkoituksen mukaan eri aluetyypeissä (HLT 04-05, laajennettu aineisto, kaikki matkat).

Kuvat 23–24. Aiemman tutkimuksen[157] käyttämän vyöhykejaon mukaiset henkilömatkojen matkaluvut ja kilometrisuoritteet matkatyypeittäin.

[157] HLT 2004–05.

Kaavoitettavaa kohdealuetta voidaan arvioida myös tämän alueluokituksen mukaisten liikenteellisten ominaistietojen avulla. Jos ominaisuudet poikkeavat selvästi kaavoitettavan kohdealueen ominaisuuksista, on syytä soveltaa muunnettuja liikennesuoritetietoja.

Kaavoituksen vaikutus kulkutapajakaumaan

Tehokkaimmat keinot vaikuttaa henkilöliikenteen liikennesuoritteeseen, sitä kautta sen suhteelliseen (henkilöä kohti laskettuun) energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin (niiden vähentämiseen) ovat:

1) moottoriliikenteen *matkamäärien* vähentäminen (vähemmän matkoja henkilöautoilla tai muilla motorisoiduilla liikennevälineillä)
2) *matkapituuksien* (eli keskietäisyyksien) vähentäminen; sijoittamalla matkoja aiheuttavat toiminnot (asunnot, työpaikat, palvelut ja virkistysalueet) lähemmäksi toisiaan mikä tarkoittaa aluetehokkuuksien ja asumistiheyksien nostamista ja toimintojen sekoittamista
3) asukas- ja työpaikkatiheydeltään riittävän suurien alueiden *joukkoliikennetarjonnan* lisääminen siten, että energiankulutus- ja päästömäärät henkilökilometriä kohti laskevat (johtuen siirtymisestä henkilöauton käyttäjästä joukkoliikenteen käyttäjäksi)
4) valitsemalla motorisoidun kulkumuodon sijaan *kävely tai pyöräily* (sen tekee tietysti helpommaksi em. keskietäisyyksien vähentäminen samoin kuin kävely- ja pyöräilyteiden laadun ja turvallisuuden nostaminen)
5) motorisoitujen liikennevälineiden *energiatehokkuuden* ja *päästöjä vähentävien* polttoaine- ja muiden *teknologioiden* lisääminen (tässä ei riitä tehokkuuden ja päästöttömyyden lisääminen ajoneuvokilometriä kohti vaan sen pitää toteutua henkilökilometriä kohti).

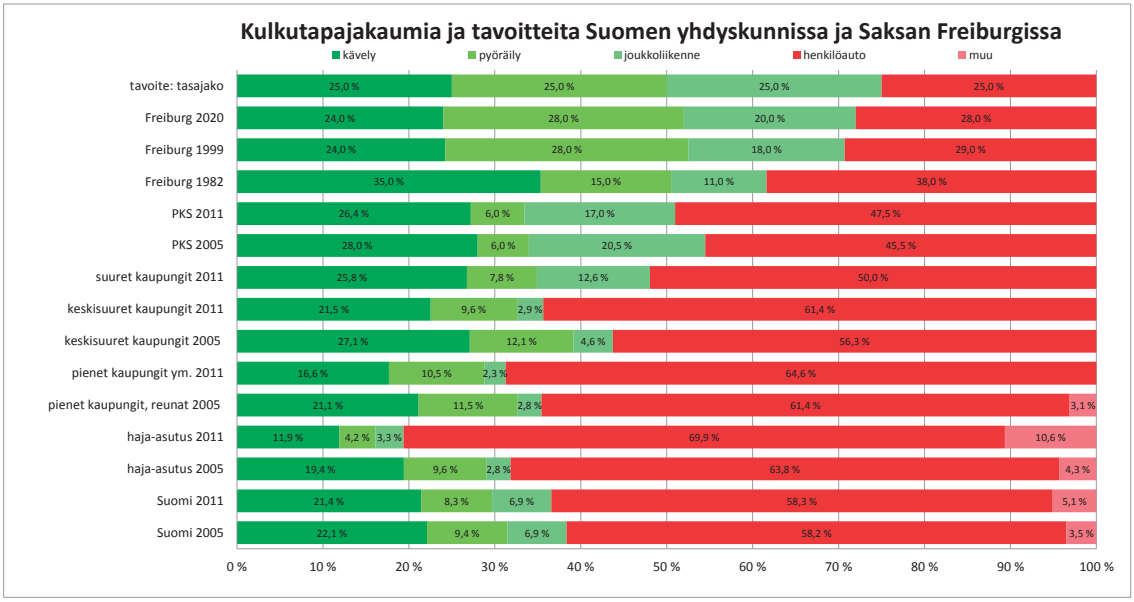
Kaavoituksessa vaikutetaan näistä kaikkiin, erityisesti kuitenkin kohtiin 2–4.

Liikennemallin tavoitteena on tarjota myös välineitä suunnittelussa tehtävien kaavoitusvalintojen vaikutusarviointiin. Tästä syystä arviointityökaluun[158] on otettu mukaan osa, jonka avulla voidaan arvioida tyypillisimpien kulkutapaan vaikuttavien kaavoitusvalintojen merkitystä.

Kaavoittajan vaikutusmahdollisuudet voivat olla hyvinkin suuret, varsinkin tilanteessa, jossa lähtötilanne on energia- ja päästövaikutusten näkökulmasta vaatimaton. Tavoitteeksi voidaan ottaa esimerkiksi ekotehokkuudeltaan tunnetusti esimerkillisen Saksan Freiburgin saavuttama muutos vuodesta 1982 vuoteen 1999, Freiburgin tavoite vuodelle 2020[159] tai nykyisin aika usein esitetty tasajakotavoite 25-25-25-25 (kävely-pyöräily-joukkoliikenne-henkilöauto).

Koko Suomen, pääkaupunkiseudun tai keskisuurten kaupunkienkin tilanne henkilöliikenteen kulkutapajakauma (matkalukumäärien osuuksina mitaten) vuosien 2004–05 tilanteessa on melko henkilöautopainotteinen verrattuna Freiburgin tilanteeseen vuonna 1999 (kuva 25). Tavoitteiden asettamisessa on syytä noudattaa kohtuullista realismia, mutta ei myöskään tyytyä inhorealistisiin trendiennusteisiin.

[158] Ks. Skaftkärr-hanke, *www.skaftkarr.fi*.
[159] Daseking, Wulf. Luentoaineisto 31.3.2009.



Kuva 25. Kulkutapajakaumalle kaavoituksessa asetettavia tavoitteita voidaan verrata Suomen nykytilanteeseen ja viime vuosien muutoksiin erityyppisissä yhdyskunnissa (HLT 2004–05 ja HLT 2010–11) tai muualla (esim. Saksan Freiburgissa[160]) sekä asetettuihin tavoitteisiin (esim. ns. tasajakotavoitteeseen 25-25-25-25).

Henkilöautoliikenteen tarvetta ja henkilöautoriippuvuutta vähentäviä alueellisia suunnitteluratkaisuja ovat mm. seuraavat:

1) **laadukkaat jalankulkuympäristöt**
   Käveleminen on houkutteleva kulkutapa, kun etäisyys on riittävän lyhyt (suunnitteluohjeena käytetään usein alle 400 metrin etäisyyttä), miellyttävä ja turvallinen. Kaupunkiympäristössä kävely on usein myös vapaa-ajanviettotapa, mutta edellyttää erityisesti silloin kävelyreitin varrella olevia maisemallisesti tai kaupunkikuvallisesti kiinnostavia kohteita, kivijalka- tai muita kaupallisia palveluja, kahviloita, ravintoloita jne. Tiheästi rakennetuilla kaupunkialueilla on juuri tästä syystä enemmän kävelijöitä kuin muualla. Aluetehokkuudella, asukas- ja työpaikkatiheydellä, monipuolisella toimintojen tarjonnalla (sekoittuneisuudella), tasokkaalla arkkitehtuurilla ja maisemasuunnittelulla voidaan lisätä jalankulun osuutta kulkutavoissa.
2) **Erilliset pyörätiet ja kunnolliset pyörien pysäköintitilat**
   Kaavassa voidaan varata erillisiä (muusta liikenteestä erotettuja) pyörätiealueita ja pyörätiet voidaan suunnitella mahdollisimman turvallisiksi ja miellyttäviksi. Jalankulkua ja pyöräilyä voidaan myös ohjata samoille alueille muun ajoneuvoliikenteen kanssa (ns. hidaskadut tai vastaavat) pyrkien vähentämään keskinopeuksia ja lisäämään sitä kautta turvallisuutta. Liikenteellisiin ominaisuuksiin ja houkuttelevuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi seuraavilla keinoilla: väyläleveydet, poikkileikkausgeometria, pinnoitteet, ajoratamerkinnät, liikennevalot ja -merkit ym. liikenteen ohjauskeinot, kunnossapidon taso jne. Myös pyörien laatu vaikuttaa valintaan: kunnolliset

[160] Daseking 2009.

tavarankuljetusmahdollisuudet ja polkemisen helppous (esim. sähköavusteisten pyörien tapaan) lisäävät pyöräilyn suosiota. Pyöräilyn valintaan kulkutapana vaikuttaa pyöräily-ympäristön näkökulmasta se, onko suunniteltu matka sujuva, maisemallisesti ja kaupunkikuvallisesti miellyttävä ja turvallinen sekä se mitkä ovat tarjolla olevat vaihtoehdot. Myös se, onko matkan päätepisteessä (tai välisäilytyspaikassa joukkoliikennepysäkin läheisyydessä) mahdollista säilyttää pyörä lukituissa tai muuten turvallisissa tiloissa ja onko esimerkiksi (työmatkan tapauksessa) työpaikalla tarjolla suihku- ja vaatteiden vaihto- ja säilytystiloja. Koko pyörämatkaa on tarkasteltava kokonaisuutena. Jos yksikin matkan osa on heikko, voi koko pyörämatka jäädä aloittamatta ja matka tehdään muulla tavoin. Pyöräilyn valinta henkilöauton sijasta koskee tietysti vain kohtuullisen lyhyitä matkoja, henkilöitä joilla pyörä on käytössään ja joille se on liikuntakykyjen osalta mahdollista. Ajokortittomille pyöräily on vain kävelyn tai joukkoliikenteen vaihtoehto. Työmatkailua harrastetaan käytännössä muutaman kilometrin etäisyydellä, mutta joskus jopa yli 10 km:n etäisyyksillä, kaupassakäyntiä (varsinkin jos kauppakassi on raskas) ehkä kilometrin etäisyydellä. Suunnitteluohjeena pyöräillen saavutettaville palveluille käytetään usein 800 metrin etäisyyttä, mutta kuten edellä on todettu, valintakynnyksen korkeus riippuu henkilöstä ja tilanteesta. Koululaisille pyöräily on silloin suosittu vaihtoehto, kun koulujen etäisyys kodista on kohtuullinen eikä tarvita vanhempia tai koulubusseja koulukuljetuksiin. Vapaa-ajan pyörämatkat voivat olla kuntopyöräilyn kyseessä ollen useampia kymmeniä kilometrejä ja ne koskevat pääosin muita kuin asemakaavoitettavia alueita.

3) **Pysäköintipaikkojen tarjonta, määrä ja sijainti**

Henkilöautojen pysäköinti voidaan järjestää tonttikohtaisesti, korttelikohtaisesti, kadunvarsilla tai keskitetysti, joko maantasoisilla pysäköintialueilla, kansirakenteissa tai pysäköintitaloissa. Kaikilla näillä on itse liikkumisen lisäksi energia- ja päästövaikutuksia myös tarvittavien rakenteiden toteuttamisen ja käytön osalta. Keskitetty pysäköintiratkaisu lisää kävelyetäisyyttä kodin tai työpaikan ovelta pysäköintipaikalle. Tunnettu tosiasia lienee se, että jos etäisyys joukkoliikennepysäkille on lyhyempi kuin pysäköintipaikalle, saattaa asukas henkilöauton sijasta valita bussin, ratikan tai metron. Asiointimatkoilla kohdealueen pysäköintipaikkojen tarjonta vaikuttaa siihen, kuinka halukkaita ollaan valitsemaan joukkoliikenne henkilöauton sijaan. Kunnan harjoittamaa pysäköintipolitiikkaa voidaan toteuttaa asemakaavoituksen kautta esim. vähentämällä kaupunkikeskustan pysäköintipaikkoja tai siirtämällä osa paikoista vain asukaspysäköinnille.

4) **Lähijunien tai metron asema alueella**

Alueilla missä on rataverkko ja sen lisäksi muita henkilöliikennepalveluja, juna valitaan kulkutapana usein matkustusmukavuuden ja nopeuden takia. Edellytyksenä on riittävä junatarjonta (vuorotiheys, istumapaikkojen määrä, asemien sijainnit ”oikeissa” paikoissa jne.), mutta myös liityntämatkat (asemilta ja asemille) ja jatkoyhteydet sekä asemapalvelut (ml. polkupyörien säilytys). Metron osalta valintaperusteena on vielä selvemmin matkan nopeus, sujuvuus ja helppous, jotka ovat mahdollisia vasta riittävän asiakastiheyden ansiosta. Rataliikenteen tarjonta yhtenä joukkoliikennejärjestelmänä edellyttää siis riittävää aluetehokkuutta (kerrosalaa/maa-ala), asukas-, työpaikka- ja palvelutiheyttä (asukas- tai työpaikkamäärää/maa-ala). Ratakäytävät varataan jo yleispiirteisillä kaavatasoilla, siis maakunta- ja yleiskaavoissa. Kaavoitettavan kerrosalan määrä (ja sitä kautta myös aluetehokkuus) määritellään alustavasti jo maakunta- ja yleiskaavoissa (esimerkiksi merkinnällä ”kerrostalovaltainen alue”), mutta sitovasti vasta asemakaavoissa. Kun sekä kaavoittajana että rataliikenteen järjestäjänä on julkinen taho, voidaan sekä rata-alueet, asemapaikat että riittävä asiakastiheys varmistaa julkisten toimijoiden yhteistyönä.

5) **Lähipalvelut korttelissa tai enintään 400 m etäisyydellä**

Päivittäisistä matkoista osa on ostos- ja asiointimatkoja. Jos asuinalueella on tarjolla lähikauppa (päivittäistavarakauppa), siellä voidaan käydä tarpeen mukaan ilman erityistä suunnitelmallisuutta.

Silloin on myös todennäköisempää, että ostosmatka tehdään kävellen tai pyörällä. Jos alueella ei ole tarjolla omaa lähikauppaa, ostosmatka tehdään usein työmatkan yhteydessä lähikeskuksessa tai pelkästään viikonloppuisin joko lähikeskuksessa tai seudullisessa hypermarketissa. Lähipalvelujen tarjonta vaikuttaa suoraan kävely- ja pyöräilymatkojen osuuteen, niiden puute lisää henkilöautoliikennettä sekä viikolla että viikonloppuisin.

6) **Tiheät ja laadukkaat bussi- ja ratikkalinjat.**
Joukkoliikenteen kulkutapaosuus riippuu ratkaisevasti joukkoliikenteen tarjonnasta. Mitä enemmän ja mitä tiheämmin asiakkaita alueella on, sitä kannattavampaa on joukkoliikennepalvelujen tuottaminen. Kannattavuuteen vaikuttaa tietysti myös julkinen rahoitustuki yksityisille liikenteenharjoittajille. Joukkoliikenteen energia- ja päästötehokkuus tulevat siis hyödynnettäviksi vasta, kun riittävä aluetehokkuus ja joukkoliikennepalvelujen yhteiskuntataloudellinen kannattavuus on varmistettu. Yleispätevää ja paikasta riippumatonta aluetehokkuusrajaa ei kuitenkaan voida määritellä johtuen siitä, että joukkoliikennejärjestelmää on tarkasteltava kokonaisuutena (ei vain yhden osa-alueen näkökulmasta) ja siihen vaikuttavat myös muiden kulkutapojen suosio alueella (johon taas vaikuttavat asukkaiden tulo- ja varallisuustaso, autonomistustiheys, pysäköintipolitiikka alueella jne.).

Henkilöautoliikenteen kulkutapaosuuden vähentämistoimet voivat siis olla hyvin monenlaisia ja niitä on laskentamallissa yhdistetty yksinkertaisiksi toimenpidekokonaisuuksiksi (6 kpl), joista voidaan haluttaessa valita yksi tai useampia. Nyrkkisäännöksi valittavien vaihtoehtojen kokonaisvaikutuksille on otettu periaate, jonka mukaan yhteenlaskettu lopputulos ei ylitä mahdollisina tai kohtuudella realistisina pidettyjä ”äärirajoja” eli todellisissa kohteissa havaittuja arvoja kulkutapajakaumassa. Vaihtoehtojen ”realistisuus” on suhteellinen, aikaan ja paikkaan sidottu arvio ja tässä käytettyjä muutosvaikutuksien suuruusluokkia on syytä tarkistaa liikennekäyttäytymisen muuttuessa tulevaisuudessa. Äärirajoja ei ole siis määritelty energiatehokkuuden ja päästöjen vähentymisen tai lisääntymisen suhteen, vaan ne lasketaan suoraan mallin käytössä olevilla ao. kulkutapojen ominaisluvuilla.

Energiankulutuksen ja päästöjen ominaisluvut

Eri liikennevälineiden energiankulutuksen ja tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen (CO_2, CH_4 ja N_2O, yhdistettynä CO_2e) ominaisluvut perustuvat VTT:n LIPASTO-laskentamallin käyttämiin tuoreimpiin lukuihin vuoden 2010 tasolla:

Suomen henkilöautojen keskimääräiset khk-päästöt ja energiankulutus matkayksikköä kohden vuonna 2010								
					Kulutus	Kulutus	Energia	Energia
	CH_4	N_2O	CO_2	CO_2 eq.	[g/km]	[l/100 km]	[MJ/km]	[kWh/km]
Bensiinikäyttöiset, maantieajo	0,0059	0,0026	171	172	55	7,3	2,3	0,65
Bensiinikäyttöiset, katuajo	0,01	0,009	196	199	62	8,3	2,7	0,75
Bensiinikäyttöiset, keskimäärin	0,0075	0,0048	180	181	57	7,6	2,5	0,69
Dieselkäyttöiset, maantieajo	0,00061	0,0042	146	147	46	5,5	2	0,55
Dieselkäyttöiset, katuajo	0,0013	0,0076	222	225	71	8,4	3	0,84
Dieselkäyttöiset, keskimäärin	0,0009	0,0054	172	174	55	6,5	2,4	0,65
Maantieajo	0,0047	0,0029	168	169	54	7	2,3	0,64
Katuajo	0,008	0,0085	196	199	63	8,1	2,7	0,75
Keskimäärin	**0,006**	**0,0049**	**178**	**180**	**57**	**7,4**	**2,4**	**0,68**

Keskiarvoissa dieselajoneuvojen suoriteosuus on 22 %, katuajon suoriteosuus 35 %. Linja-autoliikenteen osalta on käytettävissä vastaavat luvut diesel- ja kaasukäyttöisille busseille ja raideliikenteen osalta sähköjunille. Jos paikalliset olosuhteet poikkeavat merkittävästi keskiarvosta, on syytä käyttää ajoneuvotyyppi- tai liikenneverkkokohtaisia arvoja.

Energiankulutuksen ja päästöjen laskenta

Energiankulutus- ja päästölaskenta tapahtuu yksinkertaisesti kertomalla vuorokautiset liikennesuoritteet (henkilökilometrit) tarkastelun aikavälillä ja ajoneuvokuormituksilla ja energiankulutuksen tai päästöjen ajoneuvokohtaisilla ominaisluvuilla.

Alueen vuosittaisen energiankulutuksen (E) osalta laskentakaava on seuraava:

E = henkilö-km/henkilö,vrk ⋅ vrk/a · henkilöä/ajoneuvo · kWh/ajoneuvo-km · asukasluku

Alueen vuosittaisten kasvihuonekaasupäästöjen (P) osalta vastaava laskentakaava on seuraava:

P = henkilö-km/henkilö,vrk · vrk/a · henkilöä/ajoneuvo · g/ajoneuvo-km · asukasluku.

Mikäli halutaan laskea vuotuisten vaikutusten lisäksi elinkaarivaikutukset, pitää em. laskentakaavoilla saadut tulokset kertoa elinkaaren mukaisilla vuosimäärillä. Energia- ja päästövaikutusten elinkaarivaikutuksiin ei yleensä sovelleta diskonttausmenettelyä, jolloin vuosittaiset luvut kerrotaan suoraan tarkasteluajanjakson vuosien (esim. 50 vuotta) määrällä.

Jotta eri kulkutavat olisivat energiankulutuksen ja päästöjen aiheuttajina tasaveroisessa asemassa, on laskentaan sisällytetty myös kävelyn ja pyöräilyn ominaisluvut. Laskennassa arvioidaan silloin se energiankulutuksen ja päästöjen lisäys, mitä kävely ja pyöräily aiheuttavat verrattuna lepotilaiseen istumiseen.

3.5 RAKENNUKSEN ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI

Hiilijalanjäljellä kuvataan rakennuksen elinkaaren aikana ilmastoon vapautuvia kasvihuonekaasuja, joista tärkeimmät ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4) ja typpioksiduuli (N_2O). Kasvihuonekaasupäästöt muunnetaan laskennassa hiilidioksidiekvivalenteiksi (CO_2e) hallitustenvälisen ilmastopaneelin (IPCC) määrittämillä kertoimilla.[161] Hiilijalanjälki saadaan laskemalla hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnetut kasvihuonekaasupäästöt yhteen.

Yksi varhaisimmista hiilijalanjälkilaskennan ohjeistuksista on BSI:n (*British Standards Institution*) julkaisu PAS 2050 (*Publically Available Specification*)[162], jota on noudatettu monissa suomalaishankkeissa[163]. Hiilijalanjälkilaskentaa ohjeistetaan kansainvälisissä ISO-standardeissa sekä eurooppalaisissa EN-standardeissa. Kun rakennusten hiilijalanjäljen laskentaa aluetasolla halutaan ohjeistaa rakennustason laskennan kanssa yhdenmukaiseksi, relevanteimman ohjeistuksen muodostavat eurooppalaiset CEN/TC 350-työryhmän EN-standardit, joista hiilijalanjälkilaskentaa koskevat:

- CEN/TR 15941 *Sustainability of construction works – Environmental product declarations –Methodology for selection and use of generic data*
- EN 15643-1 *Sustainability of construction works – Sustainability Assessment of buildings – Part 1: General Framework*
- EN 15643-2 *Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*
- EN 15804 *Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*
- EN 15942 *Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Communication format business-to-business.*
- EN 15978 *Sustainability of construction works – Assessment of Environmental Performance of buildings – Calculation method.*[164]

Hiilijalanjälkilaskentaa ohjeistavat EN-standardit ovat verrattain uusia ja niitä suomalaiseen rakentamiseen soveltava GBC Finlandin ohje on julkaistu keväällä 2013. Tämän vuoksi EN-standardien mukaisia käytäntöjä on noudatettu vasta harvan suomalaisen rakennuksen hiilijalanjälkiarvioinnissa. On kuitenkin perusteltua olettaa, että standardisointi yhdenmukaistaa rakennustason laskentaa lähitulevaisuudessa. Vuonna 2013 GBC Finlandin julkaisemia elinkaarimittareita koekäyttävät mm. Tampereen ja Lahden kaupungit, Senaatti-kiinteistöt ja

[161] Solomon, Susan et al. (toim.): *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Cambridge University Press 2007, taulukko 2.13, 212. Kertoimet ovat 100 vuoden aikajänteelle tehtävää tarkastelua varten.
[162] PAS 2050:2011. *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, BSI 2011.
[163] esimerkiksi Hagström et al: Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 38/2011. Liikennevirasto 2011; Behm, Katri & Häkkinen, Tarja: Hirsitalotoimialan ekokilpailukyky tarkastelu – hirsitalomallin puumateriaalien elinkaariarviointi käsittäen hiilijalanjäljen, energiataseen ja päästöt. Tutkimusraportti VTT-R-04737-10. VTT, Espoo 2010.
[164] *http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/Standards.aspx?param=481830&title=Sustainability%20of%20construction%20works* (viitattu 16.9.2013)

Ympäristöministeriö.[165] Koekäyttö tuottaa EN-standardien rajausten ja jaottelun mukaista tietoa eri tyyppisten rakennusten hiilijalanjäljistä.

Jotta aluetason laskenta vastaa jatkossakin rakennustason laskentaa ja noudattaa EN-standardin esittämää periaatetta elinkaariperusteisesta tarkastelusta, myös aluetason laskentaan on syytä sisällyttää rakennusten koko elinkaari. Samalla laskennallista tarkastelua on yksinkertaistettava, koska asemakaavoituksessa ei vielä ole käytettävissä riittävän yksityiskohtaisia tietoja rakennuksen ominaisuuksista.

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen sisällytetään EN 15804 -standardin mukaisesti seuraavat vaiheet:

TUOTEVAIHE
- raaka-aineiden hankinta ja käsittely, kierrätysmateriaalien käsittely
- kuljetus valmistukseen
- valmistus

RAKENTAMISVAIHE
- kuljetukset työmaalle
- työmaatoiminnot

KÄYTTÖVAIHE
- käyttö
- kunnossapito
- korjaus
- osien vaihto
- laajamittaiset korjaukset
- energian käyttö
- veden käyttö

PURKAMISVAIHE
- purkaminen
- purkuvaiheen kuljetukset
- purkujätteen käsittely uudelleenkäyttöä, hyödyntämistä ja/tai kierrätystä varten
- purkujätteen loppusijoitus.

Lisäksi raportoidaan elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset.[166]

Skaftkärr-hankkeessa hiilijalanjälkilaskenta perustui ISO 14040-standardin mukaiseen elinkaariarviontiin.[167] Vaihtoehtoiset tarkastelut kohdistuvat käytännössä materiaalivalintoihin ja energiankäyttöön, joiden painoarvo elinkaaren hiilijalanjäljessä on suuri. Elinkaaren muut vaiheet voidaan käytännössä laskea käyttämällä rakennustyypeittäin asetettavia oletusarvoja. Tämä on perusteltua, koska asemakaavan ratkaisuilla ei yleensä voida vaikuttaa ko. vaiheiden CO_2e-päästöön. Keskimääräistä tai tyypillistä CO_2e-päästöä vastaavan arvon osoittaminen on kuitenkin toistaiseksi vaikeaa, koska koko elinkaaren kattavia CO_2e-päästöanalyyseja on tehty vielä verrattain vähän, eivätkä tarkastelut kata kaikkia rakennustyyppejä.

[165] *http://figbc.fi/kira/elinkaarimittarit/* (viitattu 16.9.2013).

[166] SFS-EN 15804 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.

[167] Toukovuori – Majberget. Asemakaavatyön taustaselvitykset. Osa 2: Rakenteiden hiilijalanjälkitarkastelut. 2.9.2011. Pöyry Finland Oy, Vantaa 2011, 3.

Tuotevaiheen tarkastelu on tarkoituksenmukaista tehdä yksinkertaistetusti. Asemakaavoituksen yhteydessä ei ole mahdollista laskea yksityiskohtaisesti rakennuksen kaikkien materiaalien määrää. Laskennassa on siksi tarkoituksenmukaista tarkastella asemakaavaohjauksen vaikutuspiirissä olevien rakennetyyppien ja rakennusosien vaihtoehtoisia ratkaisuja. Muiden materiaalivalintojen osalta laskenta voi perustua rakennustyypeittäin asetettaviin tyypillisiin tunnuslukuihin (oletusarvoihin), jotka kerrotaan asemakaavasta tai kaavaluonnoksesta saatavilla määrätiedoilla. Skaftkärr-hankkeessa hiilijalanjälkiarvioinnin tarkoituksena oli verrata erilaisia vaihtoehtoja keskenään, jolloin tarkastelun ulkopuolelle jätettiin samanlaisina toistuvia rakennusosia, kuten perustukset, ovet ja ikkunat.[168]

Tuotevaiheen osalta näkemykset rakennusmateriaaleihin varastoituneen hiilen huomioimisesta hiilijalanjälkilaskennassa vaihtelevat. Eurooppalaisen CEN/TC 350-työryhmän laatimien standardien mukaisessa hiilijalanjälkilaskennassa puumateriaaliin varastoitunutta hiiltä ei vähennetä muusta hiilijalanjäljestä. EN 15804-standardin mukaan hiilivaraston voi kuitenkin ilmoittaa rakennustuotteen ympäristöselosteen kohdassa ”elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset”. Puutuotteiden ympäristöselosteita koskevassa tuoteryhmäsäännössä prEN 16485 esitetään, että puutuotteiden biopohjaista hiilijalanjälkeä ei huomioida (*biogenic carbon neutrality*) silloin, kun puu on peräisin sertifioidusta metsästä.[169]

Kansainvälisen standardisoimisorganisaation, ISO:n, julkaisema ISO TS 14067 esittää hiilivaraston huomioimista hiilijalanjäljen laskennassa, mutta se ei ole varsinainen standardi vaan *”technical specification”.* Iso-Britannian PAS 2050-laskentaohjeen mukaan varastoitunut hiili pienentää elinkaaren hiilijalanjälkeä, ja se lasketaan painotetun keskimääräisen varastointiajan perusteella.[170]

Koskela et al. ovat osoittaneet erilaisten hiilivaraston laskentatapojen vaikuttavan erittäin merkittävästi laskentatulokseen.[171] Vuonna 2011 julkaistussa raportissaan tutkijat pitävät hiilivaraston huomioimista tärkeänä:

” Selvää on kuitenkin se, että hyvityksiä tulisi antaa puutuotteille elinkaarilaskentaa tehtäessä. Metsässä tapahtuva hiilen sitoutuminen puuhun merkittävä prosessi ilmastonmuutoksen kannalta. Myös suorat ja epäsuorat maankäytöstä aiheutuvat päästöt tulisi huomioida, mutta niiden arvioimiseen kaikilta osin ei ole vielä käyttökelpoisia menetelmiä.”[172]

Tuotevaiheeseen sisältyvän rakennusmateriaalien päästölaskennan ensisijainen tietolähde on EN 15804-standardin mukainen ympäristötuoteseloste.[173] Suomalaisia RT-Ympäristöselosteita[174] on laadittu vuodesta 1998 alkaen. RT-Ympäristöseloste-käytäntöä on uudistettu vuoden 2012 aikana siten, että selosteissa noudatetaan standardin EN 15804 periaatteita. Vanhempien RT-ympäristöselosteiden tiedot ovat jo pääsääntöisesti vanhentuneita, ja niiden tunnuslukujen laskennassa on käytetty EN-standardeista poikkeavia

[168] Toukovuori – Majberget 2011. Osa 2, 9.
[169] prEN 16485:2012, kohta 6.3.4.2, 15–17.
[170] PAS 2050:2011, 10.
[171] Koskela, Sirkka, Korhonen, Marja-Riitta, Seppälä, Jyri, Häkkinen, Tarja & Vares, Sirje: Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2011. Suomen ympäristökeskus, Helsinki 2011, 22–25.
[172] Koskela et al. 2011, 22.
[173] GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013, 37.
[174] Saari, Arto: Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet. TKK Rakentamistalous. Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy. Helsinki 2001.

käytäntöjä.[175] Hiilijalanjälkilaskennassa tulisi siis käyttää ensisijaisesti vuoden 2012 jälkeen laadittuja RT-Ympäristöselosteita.

Rakennetyppien ja päärakennusosien hiilijalanjälkilaskentaan voidaan käyttää esimerkiksi RT-Ympäristöselosteiden kuvaamaa laskentamallia, Synergia Hiilijalanjälki -työkalua tai Ilmari-arviointipalvelua.

Synergia Hiilijalanjälki -työkalu on Suomen ympäristökeskuksen kehittämä ilmainen rakennussuunnittelutason työkalu keskeisten rakennusosien CO_2e-päästöjen laskentaan. Laskuria käytettiin vuonna 2010 Suomen ympäristökeskuksen oman toimitalon suunnittelukilpailussa ehdotusten arviointiin. Pöyry Building Services Oy ja Suomen ympäristökeskus kokosivat laskurin liitteeksi luettelon rakennusmateriaalien CO_2e-päästöistä. Laskuriin syötetään keskeisimpien rakennusosien materiaalimäärät tilavuuksina. Määrät muutetaan tiheystiedon avulla massoiksi ja päästökertoimien avulla kasvihuonekaasupäästöiksi, joiden summa on rakennusmateriaalien hiilijalanjälki. Materiaalimäärät lasketaan päärakennetyypeistä

- alapohja
- ulkoseinärakenteet
- ikkunat ja lasiseinät
- kantavat väliseinät
- runko
- välipohjat
- yläpohja/kattorakenteet, eritys ja yläpohjan pinnoitteet.

Laskentaa varten annetaan myös arvio rakenteiden kiinnitys- ja liitososien määrästä.[176]

Ilmari-arviointipalvelu on VTT:n kehittämä internet-sovellus hiilijalanjäljen arviointiin rakennussuunnittelussa. Ilmari-ohjelmassa hiilijalanjälki lasketaan määrittelemällä rakennetyypit ja syöttämällä ohjelmaan rakennusmääräluettelo. Määrälaskennan voi syöttää suunnitteluohjelmasta saatavan taulukon muodossa, mikä nopeuttaa työskentelyä. Laskenta keskittyy CO_2e-päästöiltään merkittävimpiin rakennusosiin, kuten perustuksiin, rakennusrunkoon, julkisivuihin, seiniin, päällysteisiin ja piharakenteisiin.[177]

Ruuska, Häkkinen, Vares, Korhonen ja Myllymaa laskivat kuusikerroksisen asuinkerrostalon materiaalien hiilijalanjäljen yksityiskohtaisesti Ympäristöministeriön tutkimushankkeessa ”Rakennusmateriaalien merkitys rakentamisen ympäristövaikutusten kentässä”[178], joka päättyi keväällä 2013. Laskennalliset tarkastelut tehtiin parametrisesti, toisin sanoen päästölaskennan yhteydessä arvioitiin eri osatekijöiden merkitystä osoittamalla vaihtoehtoisten ratkaisujen muodostama vaihteluväli kullekin rakennusosalle ja elinkaaren vaiheelle.

Ruuskan ja Häkkisen[179] laskemat elinkaaren vaiheiden hiilijalanjäljet on esitetty taulukossa 7.

[175] GBC Finland – Rakennusten elinkaarimittarit 2013, 55.
[176] Nissinen, Ari & Rintala, Timo: Materiaalitehokkuus ja hiilijalanjälki, lähtötiedot ja hiilijalanjälkilaskennan tuloslomakkeet. Synergiatalo. Ohje 17.5.2010. SYKE ja Pöyry Building Services Oy, Helsinki 2010.
[177] *http://www.vtt.fi/sites/ilmari/index.jsp* (viitattu 31.5.2013).
[178] Ruuska, Antti et al: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Helsinki 2013.
[179] Ruuska & Häkkinen 2013.

RAKENNUKSEN ELINKAAREN AIKAISET CO_2e-PÄÄSTÖT		
ASUINKERROSTALO, 6 krs	vaihteluväli	vaihteluväli
	tCO_2e/rakennus	tCO_2e/(asukas, a)
TUOTEVAIHE		elinkaari 100 vuotta
materiaalit	530...1265	0,087...0,208
RAKENTAMISVAIHE		
työmaavaiheen energiankäyttö	90...240	0,015...0,039
KÄYTTÖVAIHE		
korjausmateriaalien kasvihuonekaasupäästöt	490...919	0,080...0,151
korjausrakentaminen	20...30	0,003...0,005
energiankäyttö	2989...3283	0,491...0,539
PURKUVAIHE		
	40...90	0,007...0,015

Taulukko 7. Ruuska ja Häkkinen[180] laskivat rakennuksen elinkaaren vaiheiden hiilijalanjäljen kuusikerroksisessa asuinkerrostalossa. Parametrinen tutkimus arvioi myös vaihteluvälit.

Asemakaava osoittaa yleensä rakennuksen sijainnin ja kerrosluvun, jonka perusteella määräytyy perustamistapa. Paaluperustus sekä pihojen pohja- ja pintarakenteet voivat aiheuttaa suuren ympäristökuorman.[181] Paalutusta tai stabilointia edellyttävien rakennuspaikkojen välttäminen on yksi tapa vähentää tuotevaiheen ja työmaatoimintojen CO_2e-päästöjä.

Rakennusmateriaalien CO_2e-päästöjä voi pyrkiä ohjaamaan asettamalla vaatimuksia rakennuksen rungon ja ulkovaipan päärakennusmateriaaleille, kuten Helsingin Honkasuon ja Porvoon Toukovuoren asemakaavoissa tehtiin. Edellä kuvatuissa asemakaavoissa kaavamääräykset muotoiltiin seuraavasti:

> ”Rakennusten pääasiallinen rakennusmateriaali on puu.”[182]
> ”AO- ja AO-1 korttelialueella...
> -tulee rakennusten olla puurakenteisia. Julkisivumateriaalina on käytettävä puuta.”[183]
> ”AO-1 korttelialueella...
> -rakennusten tulee olla massiivihirrestä rakennettuja.”[184]

Ensiksi kuvatun asemakaavamääräyksen toteutumista valvoessaan rakennusvalvonnan on muodostettava tulkinta ”pääasiallisesta” rakennusmateriaalista, ellei sitä ole erikseen määritelty esimerkiksi rakentamistapaohjeissa.

[180] Ruuska & Häkkinen 2013, 85. Tulokset on jäsennellyt EN-standardin mukaisiin elinkaaren vaiheisiin ja muuntanut vuotta ja asukasta kohti aiheutuneiksi päästöiksi Kimmo Lylykangas.
[181] Vares, Sirje; Häkkinen, Tarja & Shemeikka, Jari: Kestävän rakentamisen tavoitteet ja niiden toteutuminen – Espoon Suurpellon päiväkodin arvio. VTT Tiedotteita 2573. Espoo 2011.
[182] Porvoon kaupunki. Toukovuoren asemakaava ja asemakaavan muutos. Kaupunginosat 12 ja 13. Asemakaava 7.2.2012. Pöyry Finland Oy ja Arkkitehdit Anttila & Rusanen Oy. AP-korttelialueita ja AO-korttelialueita koskeva asemakaavamääräys.
[183] Honkasuo. 33. kaupunginosa, Kaarela, Malminkartano. Korttelit 33350–33379. Asemakaava 1 : 1000. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Asemakaavaosasto, 11.12.2008.
[184] ibid.

Asemakaavamääräyksen edellä kuvattujen muotoilujen perusteella asemakaavatasoisen päästöohjauksen piirissä ovat itse asiassa vain seuraavat rakennusosat (taulukon 8 mukaisesti jaoteltuna):

- maa-ainekset (sijainnin perusteella)
- paalutus (sijainnin perusteella)
- perustukset (sijainnin perusteella)
- erillinen, kantava rakennusrunko (mahdollisen asemakaavamääräyksen perusteella)
- ulkoseinät (mahdollisen asemakaavamääräyksen perusteella)
- välipohjat (mahdollisen asemakaavamääräyksen perusteella tai välillisesti muun kantavan rakenteen määrittelemänä[185])
- yläpohjat (mahdollisen asemakaavamääräyksen perusteella).

Rakennusosien CO_2e-päästö voi olla huomattavasti Ruuskan ja Häkkisen laskemaa pienempi, kun rakennuksen paloluokka on vähemmän vaativa. P2-luokan asuinkerrostaloissa sekä rivitaloissa ja pientaloissa (paloluokka P3) vaihteluvälin alaraja muodostuu huomattavasti pienemmäksi. Kuusikerroksisessa esimerkkitalossa ulkoseinän CO_2e-päästöille annetun vaihteluvälin pienin arvo on (rakennusosan neliömetriä kohti) noin 51 kgCO_2e/m².[186] Ääriesimerkkinä mainittakoon, että 200 mm hirrestä rakennetun ulkoseinärakenteen CO_2e-päästö on noin 11 kgCO_2e/m² (seinäneliömetriä kohti).[187]

Myös työmaatoimintojen energiatehokkuudelle voitaisiin periaatteessa asettaa päästövaatimuksia, mutta niiden kontrollointi olisi todennäköisesti ongelmallista.

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki lasketaan kumulatiivisesti yhteen koko elinkaaren ajalta ja jaetaan asukasmäärällä sekä elinkaaren pituudella. Rakennustason CO_2e-päästölaskennan rajausta on ohjeistettu EN-standardeissa. Kun halutaan esittää kokonaiskuva alueen rakentamisen CO_2e-päästöistä, tarkasteluun tulisi sisällyttää kaikki rakentaminen tonteilla. Esimerkiksi lämmitettävän autotallin ja avoimen autosuojan elinkaaren CO_2e-päästöissä on merkittävä ero, ja ratkaisuun voidaan vaikuttaa asemakaavoituksella. Toisaalta liian yksityiskohtainen tarkastelu kuormittaa tarpeettomasti CO_2e-päästöjen arviointiprosessia. Tarkoituksenmukainen rajaus saattaisi olla esimerkiksi sisällyttää kaikki luvanvaraiset rakennukset ja rakennelmat tonteilla aluetason CO_2e-päästölaskentaan.

[185] Esimerkiksi betonirunkoiseen rakennukseen ei yleensä tehdä puurakenteista välipohjaa.
[186] Ulkoseinän yhteenlaskettu pinta-ala on 1630 m². Ruuska & Häkkinen 2013, taulukko 2, 6.
[187] Behm & Häkkinen 2010, 14. Laskelma käsittää hirren elinkaaren tehtaan portille asti. Tutkimuksessa on noudatettu PAS 2050 –ohjeistusta, mutta luku ei sisällä hiilivarastoa eikä PAS 2050:n painokerrointa.

MATERIAALIEN HIILIJALANJÄLKI RAKENNUSOSITTAIN ASUINKERROSTALO, 6 krs	perustapaus massa (t)	vaihteluväli	perustapaus tCO_2e/rakennus	vaihteluväli
Maa-ainekset	252	0...1508	1	0...7
Paalutus	146	0...518	21	0...75
Perustukset	292	164...460	34	19...54
Alapohjat	286	232...407	23	21...45
Erillinen, kantava rakennusrunko	0	60...0	0	21...0
Ulkoseinät	664	302...1028	185	83...267
Väliseinät	624	213...1028	126	59...126
Välipohjat	1143	529...1611	212	121...256
Yläpohjat	204	51...358	58	24...82
Parvekkeet	461	130...461	93	35...93
Hormit	78	9...78	16	4...16
Portaat	6	1...6	1	0...1
Ei-kantavat väliseinät	48	39...77	17	14...30
Ikkunat, ovet, lasitukset	30	23...38	54	42...69
Kalusteet, varusteet, pintamat.	99	75...125	65	49...82
Rak. Kiinnittämättömät määrät	35	26...44	18	13...22
Talotekniset järjestelmät	22	14...29	31	23...38
Korjaukset, 50 v elinkaari	322	238...408	281	211...354
Korjaukset, 100 v elinkaari	886	604...1291	713	489...918
Yht., 50 v elinkaari	4712	2106...7780	1235	741...1617
Yht., 100 v elinkaari	5276	2472...8663	1667	1020...2181
Yht. tCO_2e /(as, a) 50 vuodelle			0,41	0,24...0,53
Yht. tCO_2e /(as, a) 100 vuodelle			0,27	0,17...0,36

Taulukko 8. Ruuska et al. laskivat materiaalien hiilijalanjäljen kuusikerroksisessa asuinkerrostalossa. Parametrinen tutkimus arvioi myös vaihteluvälit kullekin rakennusosalle.[188]

[188] Ruuska & Häkkinen 2013, 14. Muokannut Kimmo Lylykangas, asukaskohtaiset hiilijalanjäljet laskettu olettaen, että asumisväljyys on 34,2 htm²/as.

3.6 INFRASTRUKTUURIN ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI

Infrastruktuurin (perusrakenteen) elinkaaren hiilijalanjäljen tarkastelu kestävän rakentamisen EN-standardien mukaisella jaottelulla ei perustu suoraan olemassa oleviin ohjeisiin tai standardeihin. Se on tämän raportin esittämä malli, jolla infrastruktuurin hiilijalanjälkeä pyritään tarkastelemaan elinkaariperusteisesti ja analogisesti rakennuksiin nähden.

Mallissa henkilöliikenne luetaan infrastruktuurin käytöksi. Esimerkiksi Liikennevirasto on käyttänyt vastaavanlaista käsitteistöä arvioidessaan Suomen liikenneverkon hiilijalanjälkeä.[189] Jaottelua voidaan kritisoida siitä, että liikenteessä energiaa kuluttavat varsinaisesti kulkuneuvot, joiden hiilijalanjälkeä (energiankulutusta lukuunottamatta) ei sisällytetä aluetason CO_2e-päästölaskentaan. Liikenteen päästöihin vaikutetaan kuitenkin olennaisesti asemakaavoituksen ratkaisuilla. Standardin ISO 15392 jaottelua soveltaen laskenta kattaa suunnittelun kohteena olevan rakennetun ympäristön, johon infrastruktuuri kuuluu, mutta kulkuneuvot eivät.

Henkilöliikenteen päästöjen arviointiin tarkoitettu liikennemalli on kuvattu luvussa 3.4. Muuta infrastruktuurin energiankulutusta on mm. katuvalaistus ja vesihuollon sähköenergiankulutus. Skaftkärr-hankkeen päästölaskennan toteuttanut Pöyry Finland Oy käytti seuraavia katuvalaistukseen liittyviä oletusarvoja:

- katuvalojen lamppujen keskimääräinen vuotuinen paloaika on 3000 h/a
- yksittäisen lampun keskimääräinen teho on 150 W
- katuvaloja sijoitetaan 50 metrin välein.

Aalto-yliopiston ja Siemens AG:n tutkimusprojektissa tarkasteltiin lampputyypin vaikutusta Helsingin katuvalaistuksen energiankulutukseen. Katuvalaistuksessa käytetään yleensä kaasupurkauslamppuja. Helsingin katuvalaistuksessa yhden lampun käyttöaika oli vuonna 2010 noin 4000 h/a. Tutkimuksen mukaan LED-valaistus vähentäisi katuvalaistuksen energiankulutusta merkittävästi, mutta tekniikka on vielä keskeneräistä ja vähäinen kokemus LED-valaistuksesta vähentää kuntien kiinnostusta uusien ratkaisujen käyttämiseen.[190]

Skaftkärr-hankkeessa vesihuollon energiankäytön ominaiskulutustasot perustuivat Porvoon Energian antamiin tietoihin, ja ne olivat

- puhtaan veden tuottaminen 0,6 kWh/m³
- jätevesien käsittely 0,5 kWh/m³
- veden käyttö asukasta kohti 0,12 m³/vrk
- jäteveden tuotto asukasta kohti 0,15 m³/vrk.[191]

Liikenneviraston teettämässä tutkimuksessa[192] laskettiin tien- ja radanpidon hiilijalanjälki 100 vuoden tarkastelujaksolla noudattaen PAS 2050:n ohjeistusta. Esimerkkitapausten laskentatulosten ja tilastotietojen perusteella voitiin laskea koko Suomen maantie- ja rataverkon hiilijalanjäljet. Liikennettä ei sisällytetty hiilijalanjälkeen. Tarkastelu rajattiin ainoastaan CO_2-päästöihin, sillä muiden kasvihuonekaasupäästöjen osuus arvioitiin vähäiseksi.[193]

[189] Hagström et al. 2011, 85.
[190] Kestävän kehityksen urbaani infrastruktuuri. Näkymä vuoteen 2030. Helsinki. Aalto-yliopisto 2012, 66–67.
[191] Rajala et al 2010: Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä 41. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra Oy, Porvoon Energia Oy, Ympäristöministeriö, Sitra, Helsinki 2010, 95.
[192] Hagström et al. 2011.
[193] Hagström et al. 2011, 14.

Tutkimuksessa tiestö jaoteltiin tietyypin (moottoritie, valtatie, kantatie, seututie, yhdystie) ja tien leveyden perusteella.[194] Esimerkkitapausten perusteella tutkimuksessa luotiin yleistysmalli, jolla päästökerroin voidaan määritellä tietyypin ja leveyden mukaan.[195] Maantien ominaispäästökertoimeksi saatiin 4–46 tCO_2/(km a) tietyypistä riippuen.[196]

Liikenneviraston tutkimuksessa maantie- ja rataverkon elinkaari jaettiin kolmeen vaiheeseen: rakentamiseen, käyttöön ja kunnossapitoon. EN-standardien mukaista elinkaaren jaottelua käytettäessä rakentaminen tulee jakaa tuotevaiheeseen ja rakentamisvaiheeseen. Käyttö ja kunnossapito muodostavat yhden vaiheen (käyttövaiheen). Liikenneviraston laskelmassa käytöstä poisto (purkuvaihe) rajattiin tietoisesti elinkaaren ulkopuolelle sen perusteella, että infrastruktuurin elinkaari on tyypillisesti pidempi kuin PAS 2050:n mukainen tarkasteluajanjakso (100 vuotta).

Infrastruktuurin CO_2e-päästöjen laskenta sisältyy vaihtelevassa laajuudessa useisiin aluetason työkaluihin (esimerkiksi Ecocity Evaluator, KURKE, Optimaze.net[197]). Liikenneviraston edellä kuvatussa tutkimuksessa[198] kehitettiin laskentatyökalu tien- ja radanpidon CO_2-päästölaskentaan.

[194] Hagström et al. 2011, 67.
[195] Hagström et al. 2011, 68.
[196] Hagström et al. 2011, 69, taulukko 5.
[197] *http://optimaze.net/fi/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/ympäristölaskenta* (viitattu 16.9.2013)
[198] Hagström et al. 2011.

3.7 MAANKÄYTÖN MUUTOS

Esitetyssä laskentamallissa CO_2e-päästölaskentaan sisällytetään myös asemakaavan toteutumisesta aiheutuva maankäytön muutos. Tarkastelua on yksinkertaistettu sisällyttämällä laskentaan ainoastaan metsäpinta-alan pieneneminen. Muiden luonto- ja maankäyttötyyppien muutoksen päästövaikutus on vähäisempi.

Maankäytön muutoksen CO_2e-päästön esitetään käytettäväksi IPCC:n mallia, jonka mukaan kaikki hiili, joka hakkuun myötä poistuu metsästä, lasketaan päästöksi ilmakehään samana vuonna. Syntyvien puutuotteiden hiilivarastoja ei huomioida. Siten metsän hakkuu lasketaan vastaavansuuruiseksi hiilidioksidipäästöksi.

Greenhouse Gas Protocol -laskentaohjeen[199] mukaan käsitys metsähakkuun päästövaikutuksen laskentatavasta on muuttumassa. Asemakaavoituksen päästölaskentamallia on tarkoituksenmukaista päivittää näiltä osin, kun yhteinen näkemys maankäytön muutoksen ja metsäpinta-alan muutoksen laskentatavasta muodostuu.

Yksinkertaisimmillaan laskennassa voidaan käyttää täysikasvuiselle suomalaiselle metsälle määriteltävää keskimääräistä kerrointa. Yksityiskohtaisemmassa laskennassa erilaiset metsätyypit voidaan huomioida käyttämällä sijainnin ja metsän valtapuulajin perusteella määritettävää tarkempaa päästökerrointa. Laskentamallia voidaan myöhemmin tarkentaa muiden luonto- ja maankäyttötyyppien osalta.

Jos kohteen puustoa on inventoitu ja runkopuun tilavuus (V) arvioitu, niin hiilimäärä (C) voidaan laskea käyttäen biomassan muunnoskertoimia (BEF:jä, *Biomass Expansion Factor*) sekä hiilen osuutta (keskimäärin 50%) biomassasta. Useimmiten runkopuun tilavuusestimaatit on saatavissa keskiarvona hehtaaria kohti (m^3/ha). BEF:it ovat männylle 0,7051 Mg/m^3, kuuselle 0,8139 Mg/m^3 ja koivulle 0,7 Mg/m^3. Näinollen hiilen määrän voi laskea kaavoilla

$$C_{mänty} = V_{mänty} \cdot 0{,}7051\ Mg/m^3 \cdot 0{,}5$$

$$C_{kuusi} = V_{kuusi} \cdot 0{,}8139\ Mg/m^3 \cdot 0{,}5$$

$$C_{koivu} = V_{koivu} \cdot 0{,}7\ Mg/m^3 \cdot 0{,}5$$[200]

jossa

C = puun hiilimäärä (ml. maanpäällinen ja maanalainen) [Mg eli tonnia]

V = runkopuun tilavuus [m^3]

0,5 = hiilen osuus biomassasta.

Puuston tilavuus voidaan määritellä myös metsän kehitysluokan mukaan ao. kehitysluokalle ilmoitetun keskitilavuuden mukaan (Metsätilastollinen vuosikirja). Tässä tapauksessa tilavuus voidaan muuntaa puuston hiilimääräksi kertoimilla 0,736 Mg/m^3 · 0,5, joka vastaa puulajien painotettua keskiarvoa[201].

[199] Greenhalgh, Suzie, Daviet, Florence & Weninger, Emily: *The Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Guidance for GHG Project Accounting*. World Resources Institute, 7.

[200] Männyn ja kuusen kertoimet: Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. ja Liski, J: *Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests.* Forest Ecology and Management 188 (2004), 211–224. Koivun kerroin on annettu maanpäälliselle biomassalle ja sen korjaamiseksi on lisätty aiemmasta kirjallisuudesta tieto juurten biomassaosuudesta.

		Aukea uudistusala	Pieni taimikko	Varttunut taimikko	Nuori kasvatusmetsikkö	Varttunut kasvatusmetsikkö	Uudistuskypsä metsikkö	Suojuspuumetsikkö	Siemenpuumetsikkö	Metsämaa keskimäärin
Koko maa		**6**	**10**	**26**	**88**	**162**	**206**	**88**	**25**	**111**
0-10	**Etelä-Suomi**	**6**	**9**	**28**	**106**	**183**	**252**	**117**	**35**	**136**
0	Ahvenanmaa	4	18	33	122	184	229	147	72	152
1	Rannikko	6	15	29	115	185	231	75	49	140
	Etelärannikko	18	30	29	127	204	241	75	47	164
	Pohjanmaa	0	9	29	109	168	218		56	121
2	Lounais-Suomi	16	11	31	107	189	250	106	38	150
3	Häme-Uusimaa	1	16	38	116	213	284	178	44	162
4	Kaakkoi-Suomi	9	7	32	118	205	266		15	149
5	Pirkanmaa	2	11	29	116	195	269	98	27	148
6	Etelä-Savo	15	11	29	112	201	276	61	44	142
7	Etelä-Pohjanmaa	4	6	26	82	150	199	79	27	108
8	Keski-Suomi	2	10	23	103	170	240		37	129
9	Pohjois-Savo	2	6	27	105	177	275		8	131
10	Pohjois-Karjala	6	7	22	105	173	249	155	27	122
11-13	**Pohjois-Suomi**	**5**	**12**	**22**	**72**	**114**	**131**	**71**	**22**	**77**
11	Kainuu	5	6	18	82	130	192		27	90
12	Pohjois-Pohjanmaa	5	9	23	80	127	154	86	35	89
13	Lappi	5	15	24	64	95	104	70	21	65
	Eteläosa	5	15	23	66	97	107	66	23	66
	Enontekiö, Inari, Utsjoki	23	18	26	46	68	96	73	18	56

Kehitysluokat kuvaavat metsiköiden kehitysvaiheita ja seuraavaa puuntuotannon toimenpidettä.
Aukea uudistusala: puuton tai alue, jolla voi olla raivattavaa puustoa ja/tai yksittäisiä jättöpuita.
Pieni taimikko: valtapituus on alle 1,3 metriä.
Varttunut taimikko: valtapituus on yli 1,3 metriä, mutta puiden rinnankorkeusläpimitta on yleensä alle 8 cm ja on suurimmillakin puilla enintään noin 10 cm.
Nuori kasvatusmetsikkö: harvennushakkuuvaiheessa, hakkuusta saadaan pääosin kuitupuuta.
Varttunut kasvatusmetsikkö: metsikössä pääosin tukkipuukokoisia runkoja.
Uudistuskypsä metsikkö: seuraava hakkuu on uudistushakkuu.
Suojuspuumetsikkö: uudistushakkuu on tehty, ja alueelle on jätetty noin 150-300 puuta hehtaarille taimettumista varten. Siemenpuumetsikkö: uudistushakkuu on tehty ja siementämään on jätetty noin 30-150 puuta hehtaarille.

Taulukko 9. Puuston tilavuus metsän kehitysluokittain ja alueittain. Lähde: Metsäntutkimuslaitos.[202]

[201] Kertoimen 0,736 on määritellyt Metsäntutkimuslaitoksen vanhempi tutkija, MMT Raisa Mäkipää puulajikohtaisista BEF:stä tilavuudella painotettuna keskiarvona. Puulajien tilavuudet: Metsätilastollinen vuosikirja 2012, taulukko 1.15.

[202] Ylitalo, Esa (toim.): Metsätilastollinen vuosikirja 2012. Suomen virallinen tilasto. Maa-, metsä- ja kalatalous 2012. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa 2012, 70.

Puuston hiilimäärä muutetaan hiilidioksidiekvivalenteiksi kuvaamaan puuston häviämisestä ilmakehään syntyvää hiilidioksidimäärää, edellä saadut luvut kerrotaan kertoimella 3,66.[203]

Esimerkiksi Etelä-Suomessa varttuneen taimikon keskitilavuus on 28 m^3/ha, joten puuston hiilimääräksi tulee edellä kuvatulla tavalla laskettuna 28 m^3/ha · 0,736 Mg/m^3 · 0,5 = 10,3 Mg/ha. Uudistuskypsän metsän hiilimäärä on keskimäärin yli 75 t/ha. Uudistuskypsän metsähehtaarin raivaamisesta puuttomaksi rakennusmaaksi syntyy 275 tCO_2e/ha:n päästö.

Laskentamallia voidaan täydentää lisäämällä siihen lisäämällä siihen muu maankäytön muutos. Esimerkiksi kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa käytetään IPCC:n esittämän luokittelun mukaisia maankäyttöluokkia, jotka ovat

- metsämaa
- maatalousmaa
- ruohikkoalueet
- kosteikot
- rakennettu maa
- muu maa.[204]

Lisäys edellyttäisi tarvittavien päästökerrointen asettamista. Maankäytön muutoksen CO_2e-päästölaskenta voisi yksinkertaisimmillaan perustua asemakaavan toteutumisesta seuraavien maankäyttöluokkien pinta-alamuutosten laskemiseen.

Vaikutusta metsän hiilinieluun ei tässä yhteydessä pyritä laskemaan. Hiilinielun laskentamalli voisi Liikenneviraston teettämän selvityksen[205] mukaan perustua metsän vuotuiseen kasvuun (m³ puuta/ha) ja puun kasvun sitoman hiilen määrään (tonnia hiiltä per m³ puuta).

[203] Tarkemmin 44/12, joka perustuu molekyylipainoihin: CO_2:ssa on yksi hiiliatomi (12g/mol) ja kaksi happiatomia (2 · 16 g/mol)).
[204] Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2011. Katsauksia 2013/1. Ympäristö ja luonnonvarat. Tilastokeskus, Helsinki 2013, 34, taulukko 9.
[205] Hagström et al. 2011, 15.

3.8 LASKENNALLISTEN TARKASTELUJEN KEHITTÄMISTARPEET

Ilmastotavoitteiden toteuttamiseksi laskennalliset päästötarkastelut olisi syytä vakiinnuttaa osaksi asemakaavoitusta. Laskenta antaa käsityksen asemakaavoitettavan alueen keskeisimmistä päästötekijöistä, ja ohjaa puuttumaan vaikuttavuudeltaan merkittäviin ratkaisuihin. Asemakaavoitusprosessiin systemaattisesti liitettävä CO_2e-päästölaskenta edellyttää kuitenkin tietokantojen kehittämistä ja laskentakäytäntöjen vakiinnuttamista laskentatulosten vertailukelpoisuuden varmistamiseksi. Merkittävä osa päästölaskennasta on luonteeltaan arviointia. Kokonaiskuvan muodostamiseksi luotettavien referenssiarvojen määrittely on tärkeää.

Ryynäsen et al.[206] mukaan aluetason hiilijalanjälkilaskelmien raportoinnin tulisi mahdollistaa tulosten vertailu. Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen rakennustasoisen laskennan käytännöt ovat vakiintumassa eurooppalaisen standardointityön myötä.

Rakennustason laskennassa ensisijainen materiaalien hiilijalanjälkeä koskeva tietolähde on EN 15804 -standardin mukainen ympäristöseloste. Standardin mukaisia ympäristöselosteita on kuitenkin tehty vasta osasta rakennusmateriaaleja. Infrastruktuurin hiilijalanjälkilaskentaan lähtötietoja on löydettävissä vielä niukemmin kuin rakennustason laskentaan. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälkilaskennan avoin tietokanta helpottaisi merkittävästi sekä rakennus- että aluetason hiilijalanjälkilaskennan tekemistä ja parantaisi tulosten vertailukelpoisuutta.

Erilaisten rakennustyyppien ja infrastruktuurin osien elinkaaren vaiheiden tyypillisten päästötasojen määrittely auttaisi oletusarvojen asettamisessa ja lisäisi laskennan tarkkuutta. Parametrinen tarkastelu lisää merkittävästi tietoa erilaisten osatekijöiden vaikutuksesta CO_2e-päästöihin. Eri rakennustyypeistä tarvittaisiin vastaavanlainen tarkastelu kuin Ruuska et al. tekivät kuusikerroksisesta asuinkerrostalosta.

Liikenteen päästölaskennan keskeisimmät tietolähteet ovat henkilöliikennetutkimus ja VTT:n Lipasto-tietokanta. Liikenteen päästöjen arviointi- ja laskentamenetelmät ovat vakiintumassa erityisesti uusien laskentamallien ja arviointityökalujen (mm. HEKO, YKEVAKA, Skaftkärr, KURKE, KEKO ja tämä tutkimus) lisääntyvän käytön myötä.

Rakennusten energiankulutuksen laskentakäytäntöjä on juuri päivitetty ottamalla vuonna 2012 käyttöön uudet energiatehokkuutta koskevat määräykset ja ohjeet. Rakennuksen ostoenergiankulutus voidaan määritellä päästölaskentaa varten rakentamismääräysten mukaisesti, mutta energiankulutus on syytä normittaa vastaamaan paikkakuntakohtaisia sääolosuhteita. Lisäksi energiankulutukseen on syytä sisällyttää ulkorakennusten ja piha-alueen energiankäyttö. RakMK D5 2012 esittää yksinkertaistetun laskentatavan aurinkopaneelien ja -keräinten tuoton laskemiseen. Puuttuu kuitenkin tietoa siitä, kuinka suuri osa uusiutuvasta omavaraisenergiasta saadaan käytettyä rakennuksessa.

Energiankäytön CO_2e-päästöä laskettaessa merkittävä epävarmuustekijä liittyy sähkölämmityksen päästökertoimeen, jonka osalta asiantuntijoiden näkemykset vaihtelevat suuresti. Laskelmissa käytetyt päästökertoimet vaihtelevat välillä 200–800 kgCO_2e/MWh. Esimerkiksi KURKE-hankkeessa kehitetyssä laskentatyökalussa laskelman tekijä valitsee itse lämmityssähkön päästökertoimen määrittelyperiaatteen kolmesta vaihtoehdosta.[207] Laskentakäytäntöjä yhtenäistäisi esimerkiksi laskentaohje, jossa asetettaisiin sähkön lämmityskäytön päästökerroin.

[206] Ryynänen et al. 2012, 12.
[207] Lahti, Sepponen & Virtanen 2012, 14.

Asemakaavatason yksinkertaistetussa päästölaskennassa on verrattain suuri määrä osatekijöitä, joille kannattaa käyttää oletusarvoa tai joiden vaihteluväli toistuu samanlaisena alueesta riippumatta. Esimerkiksi rakennustyön tai purkamisen CO_2e-päästöjen vaihteluväli rakennettavaa bruttoneliömetriä kohti on rakennustyypeittäin samankaltainen kaikkialla. Asemakaavoitukseen liittyvää päästölaskentaa tukisi merkittävästi tietokanta, joka kuvaa rakennustyypeittäin elinkaaren vaiheiden tyypillisen CO_2e-päästön tai päästöjen vaihteluvälin rakennuksen bruttoneliömetriä kohti.

Ilmastovaikutusten tutkimus on sektoroitunutta. Metsäpinta-alan vähenemisen tai yleisemmin maankäytön muutoksen päästövaikutusta ei ole aiemmin sisällytetty asemakaavoituksen päästötarkasteluihin. Päästölaskennan tarkentuessa päästökertoimet voidaan asettaa luonto- tai maankäyttötyypeittäin, jolloin laskentamalli kattaa muutkin maankäytön muutokset kuin metsäpinta-alan vähenemisen.

Edellä kuvatut kehittämistarpeet voidaan jakaa kuvan 26 mukaisesti tietokantojen sekä arviointi- ja laskentamenetelmien kehittämistarpeisiin. Päästölaskennan yleistymistä ja käytäntöjen yhtenäistämistä voitaisiin kokonaisvaltaisimmin tukea avoimella tietokannalla sekä aluetason laskentaohjeella. Ohjeen ja tietokannan laatiminen edellyttää tutkimusta, jossa puuttuvia lähtötietoja ja tyypillisinä pidettäviä oletusarvoja määritellään rakennustyypeittäin ja riittävän laajan aineiston perusteella. Erilaisten laskentatyökalujen kehittäminen edistää sekin päästölaskennan yleistymistä, mutta työkalujen laskentamenetelmät ovat harvoin läpinäkyviä, eikä laskentatuloksen perusteita tai vertailukelpoisuutta voida aina arvioida. Ohjeistuksella voidaan luoda työkalukehitykselle yhtenäinen, kansainvälisiin standardeihin nojaava perusta. Laskentamenetelmien ohjeistaminen ja harmonisoiminen on välttämätöntä erityisesti silloin, kun asemakaavoituksessa aletaan laajemminkin asettaa päästölaskentaperusteisia vaatimuksia rakennusten toteuttajille.

*) Lahti & Moilanen 2010.

**) KEKO on alueellisen ekotehokkuustyökalun kehityshanke, joka päättyy v. 2014, kehittäjinä SYKE, Aalto ja VTT, ks. https://wiki.aalto.fi/display/KEKO/.

Kuva 26. Keskeisimmät tietokannat, -lähteet sekä arviointi- ja laskentamenetelmät täydentämis- ja kehittämistarpeineen. Kansainväliset standardit ohjeistavat laskentaa rakennusten osalta. Aluetason ekotehokkuuden arviointiin on olemassa lukuisia muitakin työkaluja kuin kaaviossa mainitut. Esimerkiksi Kaupunkien ja kuntien aluetasoiset ekolaskurit -hankkeessa analysoitiin 40 erilaista arviointityökalua.[208]

[208] Säynäjoki, Eeva et al: Kaupunkien ja kuntien aluetasoiset ekolaskurit: katsaus tarjolla oleviin ekolaskureihin. KEKO A väliraportti 1.2.2012 (pieneltä osin päivitetty 30.11.2012). Tekes, Aalto-yliopisto, SYKE, VTT, Espoo, Helsinki, Joensuu, Kuopio, Lahti, Tampere, Vantaa, Skanska, YIT, Ympäristöministeriö 2013, 7.

4 KAAVOITUSPROSESSI

Pyrkimys CO_2e-päästöjen vähentämiseen asemakaavoituksessa merkitsee kaavoitusprosessin täydentymistä yhdellä uudella näkökulmalla, joka tuo mukanaan uusia menettelyjä. Uusi näkökulma ei korvaa tai poista mitään olemassa olevaa näkökulmaa tai asemakaavoituksen tavoitetta.

Skaftkärr-hankkeessa energiatehokkuus- ja hiilitasetarkastelut kytkettiin systemaattisesti kaavoitusprosessin osaksi. Porvoon keskustan läheisyydessä sijaitsevan Skaftkärrin alueen kaavarunko valmistui syksyllä 2010. Ensimmäinen kaavarunkoon perustuvista asemakaavoista, Toukovuoren asemakaava, valmistui vuonna 2012.

Yleiskaava toimii asemakaavoituksen lähtökohtana. Skaftkärr-hankkeessa osayleiskaavaan perustuvassa kaavarungossa osoitettiin alueen maankäytön periaateratkaisut ja toteutuksen vaiheistus. Jo kaavarunkotyö osoitti, että kaavoituksella voidaan merkittävästi vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen.[209]

Energiatehokkuuden kannalta Skaftkärrin kaavarungon keskeisinsisältö liittyialueen maankäytön kokonaisratkaisuun, jonka keskeiset osatekijät olivat:

- rakentamisen määrä ja sijoittuminen
- uudisrakentamisen liittyminen liikenne- ja energiaverkostoihin
- joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen mahdollisimman sujuvat ja kattavat yhteydet.[210]

Oleellisimmat kaavarungossa määritellyt periaatteet ja ratkaisut olivat:

- alueen korttelirakenne sekä rakentamistapa ja tehokkuudet osa-alueittain
- liikennejärjestelmä ja katuverkosto
- viherverkosto ja ulkoilureitit
- alueelliset energiaratkaisut.

Asemakaavoitusvaiheessa energiatehokkuuden kannalta keskeistä oli parantaa edelleen joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen yhteyksiä henkilöautoliikenteen päästöjen vähentämiseksi. Skafkärrin asemakaavoituksessa rakennusten sijoittelu pyrittiin ratkaisemaan siten, että verkostoihin kytkeytyminen olisi mahdollisimman tehokasta ja palvelut sujuvasti saavutettavissa.[211]

Seuraavassa kuvataan kaavoitusprosessin uusia menettelyjä perustuen Skaftkärr-hankkeen kokemuksiin.

4.1 OHJELMOINTI

Asemakaavoitusta varten on tarpeen laatia työohjelma, jossa määritellään myös miten energiatehokkuus- ja päästönäkökulma huomioidaan suunnittelutyössä. Ilmastotavoitteisiin liittyen työohjelmassa määritellään mm. seuraavat seikat

- ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät tavoitteet
- ilmastonmuutokseen sopeutumisen huomioiminen
- laskennallisten tarkastelujen toteutustapa (toteuttajatahot, menetelmät)
- osallistuvat tahot

[209] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta 2012, 4.
[210] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta 2012, 6.
[211] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta 2012, 7.

- vuorovaikutuksen järjestäminen kaavaprosessin eri vaiheissa
- laadittavat selvitykset (myös energia- ja päästölaskennan näkökulmasta).

Keskeiset osat ohjelmasta sisällytetään osallistumis- ja arviointisuunnitelmaan.

Skaftkärr-hankkeessa onnistumisen edellytyksenä pidettiin eri osapuolten laaja-alaista ja tiivistä yhteistyötä, joka aloitettiin riittävän varhaisessa vaiheessa.[212]

4.2 OSALLISTUMIS- JA ARVIOINTISUUNNITELMA

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa.

MRL 63 §

Kaavaa laadittaessa tulee riittävän aikaisessa vaiheessa laatia kaavan tarkoitukseen ja merkitykseen nähden tarpeellinen suunnitelma osallistumis- ja vuorovaikutusmenettelyistä sekä kaavan vaikutusten arvioinnista.

CO_2e-päästölaskentaa voidaan pitää osana ympäristövaikutusten arviointia.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmassa kuvataan asemakaavoitustyön tavoitteet sekä se, miten tavoitteita käytännössä toteutetaan. Ohjelmoinnissa on huomattava rakentamisen ohjauksen eri vaiheet ja käytettävissä olevat ohjausvälineet myös ilmastotavoitteiden näkökulmasta:

- asemakaava
- asemakaavan selostus
- rakentamistapaohjeet
- tontinluovutusehdot
- rakennusvalvonnan rooli.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmassa kuvataan laadittavat selvitykset, vaikutusten arvioinnin periaatteet sekä vuorovaikutuksen järjestäminen. Suunnitelmaan sisällytetään laskennallisten tarkastelujen toteuttaminen kaavaluonnosvaihtoehdoista sekä kaavaehdotuksesta.

Kaavoitettavan alueen päästötarkasteluja varten kaavoitusprosessiintarvitaan energiatehokkuuteen ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyvää osaamista. Nämä tehtävät voidaan tarvittaessa osoittaa erillisen asiantuntijatahon hoidettavaksi, kuten Skaftkärr-hankkeessa tehtiin.

Ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta kaavoitusprosessiin on hyvä osallistaa kaikki alueen suunnitteluun ja toteutukseen osallistuvat keskeiset tahot, esimerkiksi

- kuntatekniikka
- kaupunkimittaus
- ympäristösuojelu
- rakennusvalvonta
- vesilaitos
- energiayhtiö
- lähialueiden asukkaat, erityisryhmiä edustavat järjestöt tms.

[212] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta 2012, 2.

4.3 LAADITTAVAT SELVITYKSET

Selvitysten laatiminen perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin.

MRL 9 §

Kaavaa laadittaessa on tarpeellisessa määrin selvitettävä suunnitelman toteuttamisen ympäristövaikutukset, mukaan lukien yhdyskuntataloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset. Selvitykset on tehtävä koko siltä alueelta, jolla kaavalla voidaan arvioida olevan olennaisia vaikutuksia.

MRA 1 § osa 1 momentista:

...Selvitysten on annettava riittävät tiedot, jotta voidaan arvioida suunnitelman toteuttamisen merkittävät välittömät ja välilliset vaikutukset:
ihmisten elinoloihin ja elinympäristöön;
maa- ja kallioperään, veteen, ilmaan ja ilmastoon;
kasvi- ja eläinlajeihin, luonnon monimuotoisuuteen ja luonnonvaroihin;
alue- ja yhdyskuntarakenteeseen, yhdyskunta- ja energiatalouteen sekä liikenteeseen
kaupunkikuvaan, maisemaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön.

MRL:n mukaan olemassa olevien tai laadittavien suunnitelmien ja selvitysten on annettava riittävät lähtötiedot suunnittelualueesta myös kokonaispäästöihin vaikuttavien keskeisten suunnitteluratkaisujen ja laskennallisten tarkastelujen tekemiseksi.

Kaukolämpöverkon toteuttaminen alueelle on alueellisen kaukolämpöyhtiön päätös, joka perustuu liiketaloudelliseen kannattavuuteen. Kaukolämpöverkon rakentamisen kannattavuuteen vaikuttavat rakentamisen sijainti ja tiiviys (rakennettavan verkoston pituus) sekä kaukolämpöön liitettävien kiinteistöjen määrä. Ensiksi mainittuun voidaan vaikuttaa ratkaisevasti vielä vaihtoehtoisia ratkaisuja muodostettaessa ja valintaa tehtäessä.

Energia-alan osaaminen on kytkettävä mukaan maankäyttöratkaisujen ideointiin ja suunnitteluun jo työn alkuvaiheessa. Energiatehokkuuteen ja CO_2e-päästöihin liittyvä vaikutusten arviointi on merkittävässä roolissa MRL:n mukaisen vertailun rinnalla.[213]

Mikäli asemakaavoitettava alue tulee osittain tai kokonaan kaukolämmön piiriin, kaukolämmön tuotantotavan kehitysnäkymät ovat tärkeä lähtötieto päästölaskennalle. Investoinnit uusiutuvaan energiaan saattavat merkittävästi laskea kaukolämmön päästökerrointa lähitulevaisuudessa. Kaukolälmmön päästökertoimen pieneneminen laskee kaikkien kaukolämpöön liitettyjen rakennusten energiankäytön CO_2e-päästöjä. Mikäli energiayhtiöllä on kunnianhimoinen suunnitelma uusiutuvien energiamuotojen käytön merkittävästä lisäämisestä, tämä on syytä huomioida energianhankinnan vaihtoehtoja punnittaessa. Päästökertoimen laskeva tendenssi johtaa vastaavaan kokonaispäästöjen laskuun kaava-aluella. Tämä tukee osaltaan kansallisten ilmastotavoitteiden mukaista kehitystä.

Skaftkärrin alueella Toukovuoren asemakaavatyön yhteydessä laadittiin seuraavat aiempia tietoja täydentävät selvitykset:

- asemakaavan luontoselvitys
- rakennusten energiankulutuksen ilmastovaikutusten arviointi

[213] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta 2012, 20.

- kunnallistekninen vaikutusten arviointi
- rakenteiden hiilijalanjälkitarkastelut.

Lisäksi käytettävissä olivat kaavarunkovaiheen selvitykset koskien maankäyttöä, energiantuotantoa, liikennettä, rakentamistapaa sekä materiaali- ja rakennevalintoja. Kaavarunkovaiheen liikenneselvitystä tarkennettiin asemakaavavaiheessa. Lisäksi hyödynnettiin Porvoon kaupungin laatimaa palveluverkkoselvitystä.[214]

4.4 KAAVALUONNOSVAIHTOEHTOJEN MUODOSTAMINEN

Laadittavien vaihtoehtojen määrä asetetaan ohjelmoinnin yhteydessä. Kaavaluonnokset muodostetaan siten, että ne kartoittavat suunnittelualueella mahdollisimman kattavasti liikenteen, rakennusten energiankäytön ja rakennusmateriaalien päästöihin keskeisesti vaikuttavia, toteutuskelpoisia ratkaisuja. Vaihtoehdoissa on hyvä tutkia ”ääriratkaisuja”, jotta erilaisten vaihtoehtojen vaikuttavuus kokonaispäästöihin tulee mahdollisimman hyvin esille.

Vaihtoehtoja muodostettaessa on valittava, pidetäänkö alueen asukasmäärä kaikissa vaihtoehdoissa vakiona, vai onko alueen asukasmäärä yksi muuttujista vaihtoehdoissa. Asumisväljyyttä voidaan pitää yhtenä muuttujana. Vaihtoehdoista laaditaan päästövaikutusten arviointi, joka käsittää vaihtoehtojen CO_2e-päästölaskennan , kustannusarvion ja tulosten arvioinnin.

Kaavaluonnosvaihtoehdoissa varioitavia, kokonaispäästöjen kannalta keskeisiä suunnitteluratkaisuja ovat:

- rakentamisen tehokkuus
    - rakennustyypit
    - rakentamisväljyys
    - korttelitypologia
- rakentamisen sijoittelu: asuntojen etäisyys joukkoliikennekadusta ja kaukolämpöverkosta
- joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen ratkaisut
- pysäköintijärjestelyt
- energiantuotannon vaihtoehdot.

CO_2e-päästöihin vaikuttavien ratkaisujen reunaehdot muodostuvat tyypillisesti:

- alueen maantieteellisestä sijainnista
- yhdyskuntarakenteesta
- yleiskaavasta
- alueen topografiasta ja muista erityispiirteistä
- olemassa olevista rakennuksista ja infrasta
- kaavasuunnittelun muista tavoitteista
- kustannustehokkuudesta.

CO_2e-päästöjen laskenta kaavaluonnosvaihtoehdoista on yksi kaavan vaikutusten arvioimiseksi suoritetuista selvityksistä. Vaihtoehtoisten kaavaluonnosten kesken tehtyä valintaa voidaan perustella CO_2e-päästöjen ja kustannusten laskentatuloksilla.

[214] Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta 2012, 13.

Energia- ja päästölaskennan tuloksia on syytä arvioida suhteessa toteutuskustannuksiin. Skaftkärr-hankkeessa laskettiin eri kaavaluonnosvaihtoehtojen kustannukset sekä kaupungin että asukkaan näkökulmasta.

Ehdotusvaiheessa kaavaluonnoksen vaikutukset arvioidaan samoilla periaatteilla kuin kaavaluonnosvaihtoehtojen arviointi tehdään. Suunnitelmaa kehitetään herkkyystarkastelujen perusteella. Herkkyystarkastelussa laskelman lähtötietoja muuttamalla tunnistetaan olennaiset kokonaispäästöihin vaikuttavat tekijät. Herkkyystarkastelut ovat suositeltava työtapa silloin kun muuttujien määrä laskennassa on suuri ja muuttujien painoarvoa ei varmuudella voida ennakolta tietää.

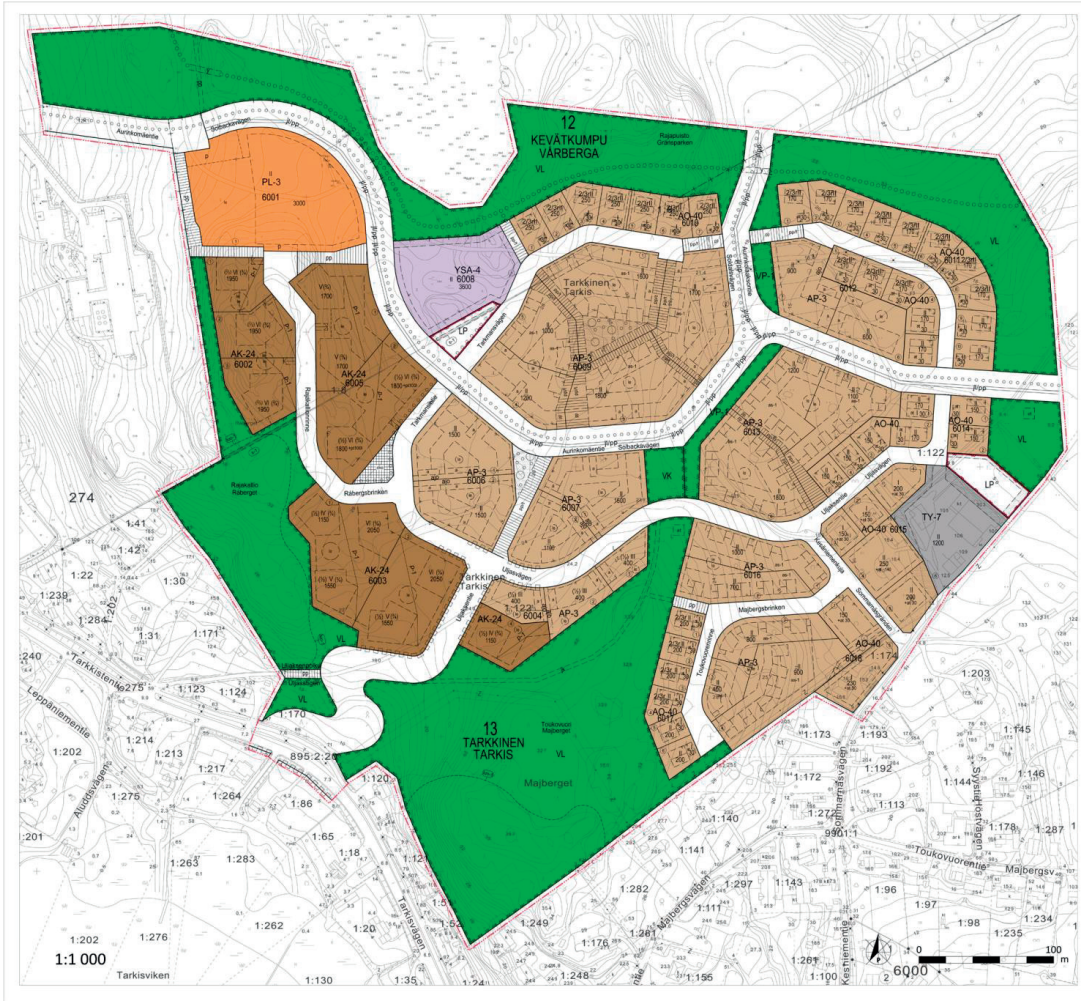
Asemakaavan kaavaselostuksessa on MRA 25§:n mukaan esitettävä mm. suunnittelun lähtökohdat, tavoitteet ja esillä olleet vaihtoehdot, yhteenveto kaavan vaikutusten arvioimiseksi suoritetuista selvityksistä ja kaavan merkittävät vaikutukset. Kaavaselostuksessa on kuvattava valitun kaavaratkaisun keskeinen sisältö ja perusteet sekä selvitys siitä, miten vaikutusselvitysten tulokset on otettu huomioon.[215] Mikäli päästölaskentaa on hyödynnetty suunnitelman kehittämisessä ja eri vaihtoehtojen laskentatulokset on dokumentoitu, aineistoa voidaan käyttää kaavaselostuksessa suunnittelun vaiheiden kuvauksessa.

ASEMAKAAVA	RAKENTAMISTAPA-OHJEET	TONTINLUOVUTUS-EHDOT	RAKENNUSVALVONTA
Asemakaavassa määritelty ja osoitettu: -kaavan tavoitteet energiatehokkuuden osalta -rakennusten massoittelu ja suuntaus -joukkoliikennekatu -kevyen liikenteen yhteydet. **Asemakaavassa määrätty:** -liittymisestä kaukolämpöön -hulevesien käsittelystä -varautumisesta aurinkoenergian hyödyntämiseen -pienilmastollisten tekijöiden huomioimisesta -autopaikkojen ja polkupyöräpaikkojen määrästä ja sijoittumisesta -yhteistilojen toteuttamisesta -rakennusten täydentävistä tiloista (esim. puolilämpimät tilat) -pääasiallisesta rakennusmateriaalista.	**Määritelty velvoitteita, joita rakentajan tulee noudattaa:** -rakennusten massoittelusta -yhteistilojen toteuttamisesta -asuntojen ja talousrakennusten lämmitysjärjestelmästä -rakennusten rakenneteknisistä ratkaisuista (esim. yläpohja, alapohja ja ulkoseinät) -rakennusten rakennusmateriaalista (puu) -rakennusten tilaratkaisuista ja täydentävistä rakenteista -aurinkoenergian hyödyntämisestä. **Annettu suosituksia:** -sähkönkulutusta pienentävistä toimenpiteistä.	rakentamistapa-ohjeiden noudattaminen sidottu tontinluovutusehtoihin -edellytys rakentamisen toteuttamisesta vähintään v. 2012 rakentamismääräysten vaatimalla tasolla -energiatehokkuustavoitteiden täyttyminen rakennushankkeessa ja niiden huomioiminen myynti- / vuokrahinnassa -ehdot puurakentamisen edistämiseksi tai sähkönkäytön pienentämiseksi -korvaavat toimenpiteet puurakentamisen vaatimusten kompensoimiseksi esim. sähköntarpeen tuottaminen paikallisesti.	-energiatehokkuustavoitteiden toteutumisen varmistaminen -tontinluovutusehtojen toteutumisen valvonta -rakentamismääräysten 2012 mukaisen E-lukuvaatimuksen täyttymisen tarkastaminen -energiatehokkuusneuvonta ja –tiedotus -rakentamisen ennakoiva laadunohjaus ja tiiviysmittaukset rakennusten vastaanotossa.

Taulukko 10. Energiatehokkuuteen ja CO_2e-päästöihin liittyvä ohjaus Porvoon Skaftkärrin alueella Toukovuoren asemakaavoituksessa. Lähde: Toukovuoren asemakaavan selostus.[216]

[215] MRA 25§.

[216] Toukovuoren asemakaava ja asemakaavan muutos. Asemakaavan selostus (Asemakaava osalle Tarkkisten kylää, 13. kaupunginosa ja asemakaavan muutos kaupunginosassa 12). 7.2.2012, 6.3.2012, Porvoon kaupunki.



Kuva 27. Toukovuoren asemakaava Skaftkärrin alueella, Porvoossa. Rakennukset liitetään kaukolämpöverkkoon, jonka energian CO_2e-päästö on erittäin pieni, vain noin 80 kg/MWh.[217] Asemakaavamääräyksissä edellytetään rakennusten liittämistä kaukolämpöverkkoon sekä AP-korttelialueilla puurakentamista.[218]

[217] Toukovuori – Majberget 2011. Osa 3, 9.
[218] Toukovuoren asemakaava ja asemakaavan muutos 2012.

5 CO_2e-PÄÄSTÖJÄ VÄHENTÄVIÄ ASEMAKAAVARATKAISUJA

5.1 YHDYSKUNTARAKENTEEN EHEYTTÄMINEN

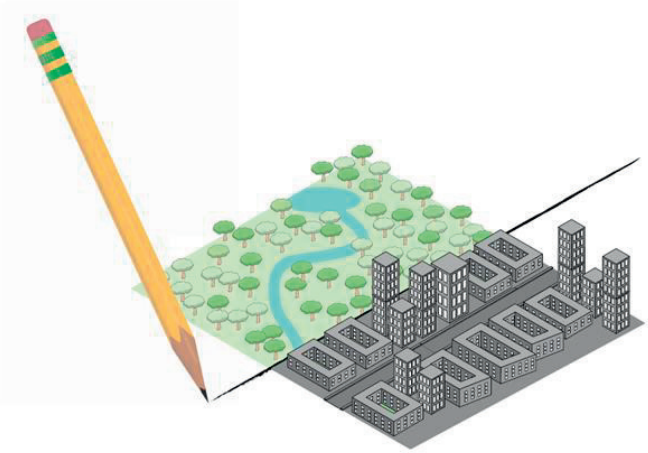
Yhdyskuntarakenteen eheyttämistä on jo pitkään pidetty maankäytön suunnittelun keskeisenä tavoitteena. Eheyttäminen merkitsee käytännössä uudisrakentamisen ja kasvun ohjaamista olemassa olevaa yhdyskuntarakennetta tiivistäväksi ja täydentäväksi rakennetun alueen laajentumisen sijasta. Eheyttäminen merkitsee myös infrastruktuurin ja palveluiden tehokasta hyödyntämistä ilman henkilöautoriippuvuuden lisääntymistä.

Suomalaiset taajamat ovat keskimäärin harvempia kuin muissa pohjoismaissa ja tuottavat siksi keskimäärin enemmän liikennesuoritteita ja energiankulutusta asukasta kohti. Muiden pohjoismaiden tasoon pääseminen edellyttäisi suomalaisten taajamien tiivistämistä noin kaksinkertaiseksi nykyisestä.[219]

Lahti ja Moilanen[220] tarkastelivat yhdyskuntarakenteen vaihtoehtoisten kehityskulkujen vaikutusta suurimpien kaupunkiseutujen CO_2e-päästöihin. Laskennallisten tarkastelujen perusteella he arvioivat selvityksessään, että

- tiivistyvä yhdyskuntarakenne voimistaa muiden kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien toimenpiteiden vaikutusta 5–20 %
- laajeneva ja hajautuva yhdyskuntarakenne vähentää muiden toimenpiteiden vaikutusta 10–30 %.[221]

Kaavoitettujen alueiden ulkopuolelle sijoittuva, suunnittelutarveratkaisuun perustuva haja-asutus on pääsääntöisesti luonteeltaan yhdyskuntarakennetta hajauttavaa. Ilmastotavoitteiden toteuttaminen merkitsee tämänkaltaisen rakentamisen kriittisempää arviointia.



CASE STUDY: Growth Boundaries for Portland, Oregon.

In 1973, the State of Oregon required each municipality to draw a boundary which would contain within it the anticipated growth for the next twenty years. Urbanization could not advance beyond these boundaries without specific justification and legislative action. Currently, all 241 of Oregon's cities are surrounded by Urban Growth Boundaries (UGB).

While Portland has had multiple limited expansions of its UGB in recent years, the overall 'Smart Growth' effectiveness of the strategy was confirmed by a 53% increase in the density of new development after the first ten years. More importantly, the creation of the UGB as a measurable framework (with powerful land use and planning mandates plus public hearings on progress and modifications) was an essential precedent for sustainable planning.

Kuva 28. Sitran *Low2No*-suunnittelukilpailussa Rex-arkkitehtitoimiston johtama ryhmä esitti *Urban Growth Boundary* -mallin käyttöönottoa Suomessa.[222] *Urban Growth Boundary* -mallissa kaupungin kasvulle sovitaan rajat ja ohjataan kasvu rajojen sisäpuolelle.

[219] Lahti & Moilanen 2010, 20.
[220] Lahti & Moilanen 2010.
[221] Lahti & Moilanen 2010, 8.

5.2 UUSIUTUVAN LÄHIENERGIAN TUOTTOPOTENTIAALI

Euroopan Unionin jäsenmailla on yhteinen tavoite kansallisten rakentamismääräysten kehittämiselle: energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) mukaisesti vuoden 2020 jälkeen kaiken uudisrakentamisen tulee olla ”lähes nollaenergiarakentamista”. Kukin jäsenmaa muodostaa itse ”lähes nollaenergiarakennuksen” määritelmän. Suomalaista määritelmää ei ole tätä raporttia kirjoitettessa vielä julkistettu. Kansallisesta määritelmästä riippumatta direktiivin tavoite painottaa uusiutuvan lähienergian – eli rakennuksessa tai rakennusten läheisyydessä tuotetun uusiutuvan energian – merkitystä energiahuollossa.

Uusiutuvan energian tontti- ja aluekohtainen tuottopotentiaali muodostetaan asemakaavoituksessa. Asemakaavoituksen on siis mahdollistettava rakentamismääräysohjauksen vaatimusten kustannustehokas toteuttaminen kaupunkikuvallisia laatutekijöitä vaarantamatta. Seuraavassa arvioidaan uusiutuvan lähienergian tuottovaihtoehtoja asemakaavoituksen näkökulmasta.

Vaikka lämpöpumppujen tuottamaa energiaa ei luettaisi uusiutuvaksi lähienergiaksi, tehokkaalla lämpöpumpulla pienennetään tilojen lämmityksen ostoenergiaa merkittävästi. Maalämpöpumppu hyödyntää maaperään, kallioon tai veteen varastoitunutta auringon lämpöä. Keruupiiri asennetaan tyypillisesti porakaivoihin tai vaakaputkistoon. Vaakaputkisto on rakentamiskustannuksiltaan edullisempi vaihtoehto, mutta se vaatii tarkoitukseen sopivaa asennuspinta-alaa tontilla. Vaakaputkisto asennetaan ilmastovyöhykkeestä riippuen noin metrin syvyyteen. Lämmöntuoton näkökulmasta savimaa on maalajeista tehokkain ja hiekkamaa heikoin. Lämmönkeruupiiri voidaan sijoittaa myös järveen, mereen tai jokeen. Vesistöön sijoitetun putkiston asennussyvyyden tulisi olla yli kaksi metriä.[223] Maalämpöjärjestelmä voidaan toteuttaa myös korttelikohtaisena ratkaisuna.[224]

Asuinkäyttöön tarkoitetulle tontille voidaan harvoin sijoittaa niin suurta tuulivoimalaa, että sen tuotto olisi merkittävä suhteessa rakennuksen ostoenergian kulutukseen. Luontevimmin rakennukseen voidaan integroida pystyakseliset tuuliturbiinit. Rakennuksiin integroitavan tuuliturbiinin tuotosta on vaikea esittää arviota, sillä tuotetun energian määrä riippuu turbiinin koosta ja paikan tuulioloista. Keskimäärin tuulen nopeus kasvaa ylöspäin mentäessä, eli korkealle sijoitetun tuuliturbiinin tuotto muodostuu matalalle sijoitettua paremmaksi. Yksityiskohtaisempaa tietoa paikan tuulisuudesta saadaan mittaamalla. Rakennuksen katolle sijoitettava pieni turbiini ei käytännössä aiheuta häiriötä asuinympäristölle, mutta sen tuotto jää verrattain pieneksi rakennuksen vuotuisessa energiataseessa.

Tuulivoimarakentamisen osoittamista asemakaavassa käsitellään julkaisussa ”Ympäristölainsäädännön soveltaminen tuulivoimarakentamisessa”[225], jonka painopiste on suuremmissa tuulivoimalayksiköissä. Julkaisun mukaan tuulivoimalan asemakaavoituksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota meluun, turvallisuuteen, maisemaan ja kaupunkikuvaan sekä virkistyskäyttöön liittyviin kysymyksiin.

---

[222] Kilpailuehdotus “*Rebuilding 2.0*”. Rex Architecture, Transsolar Energietechnik, Magnusson Klemencic Associates, Bureau Bas Smets, Now Architecture 2009. Kilpailuehdotus esitellään julkaisussa Edelman, Harry & Kirkinen, Johanna: Low2No – kestävän rakentamisen kilpailu. Sitra, Helsinki 2010, 68.

[223] *http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu* (viitattu 10.6.2013).

[224] esimerkiksi Vanhanen, Juha, Pesola, Aki, Vehviläinen, Iivo: Koukkurannan lämpöenergiaratkaisujen vertailu. Loppuraportti 1.12.2011. Gaia Consulting Oy 2011, 18–24.

[225] Ympäristölainsäädännön soveltaminen tuulivoimarakentamisessa. Työryhmän mietintö. Suomen ympäristö 584. Ympäristöministeriö, Alueidenkäytön osasto, Helsinki 2002, 22.

Aurinkoenergiajärjestelmät sijoitetaan usein rakennuksen katolle. Aurinkoenergian tuottomahdollisuuksiin vaikuttaa siksi rakennusten kattomuoto, kattokulma ja suuntaus. Rakentamistapaohjeissa on syytä muistuttaa, että talotekniikan läpiviennit vesikatolla on keskitettävä korkeimpaan kohtaan, mikäli katolle rakennetaan aurinkoenergiajärjestelmiä tai tehdään niille varaus. Kattokulmaa koskevan ohjeistuksen tulisi kuitenkin viime kädessä perustua kaupunkikuvallisiin tavoitteisiin.

Optimisuuntauksesta ja -kallistuksesta voi poiketa melko paljon energiantuoton heikentymättä merkittävästi. Esimerkiksi Tampereelle rakennetun Lantti-nollaenergiatalon aurinkosähköjärjestelmän sijoittelusta ja suuntauksesta tehtiin laskennallisten tarkastelujen perusteella seuraavat johtopäätökset:

- Aurinkosähköpaneelien suuntaus voi poiketa etelästä ± 40° (optimi etelään)
- Etelään suunnatun lappeen kallistuskulma voi olla 20°–50° (optimi Tampereella 40°)
- Aurinkopaneelit kannattaa sijoittaa mahdollisimman ylös, jotta naapuritalojen ja puuston varjostus voidaan minimoida.[226]

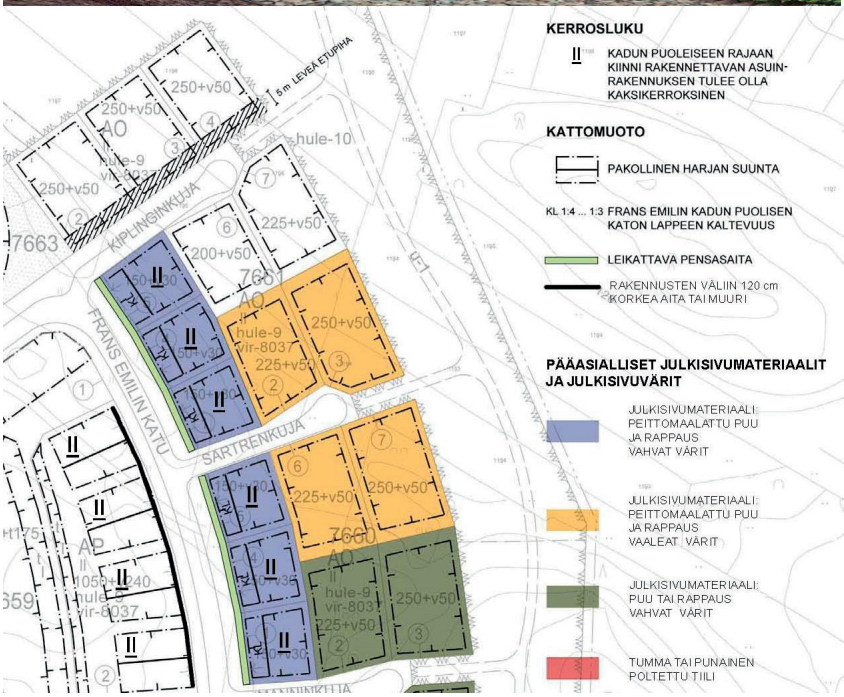
Edellä kuvatut tarkastelut perustuvat tarkempaan laskentaan kuin RakMK D5:n esittämä laskentatapa, mutta tulokset ovat samansuuntaiset.

Asemakaavoituksessa luodaan suotuisat lähtökohdat rakennuskohtaiselle aurinkoenergian tuotannolle, kun

- rakennuksen katon lape on mahdollista tehdä lounaaseen, etelään tai luoteeseen viettäväksi
- rakennus sijaitsee tontin pohjoisreunalla (kiinteistön omistaja päättää rakennuksen eteläpuolella sijaitsevasta puustosta ja rakentamisesta)
- välittömässä läheisyydessä rakennuksen aurinkoisella puolella ei ole varjostavia tekijöitä kuten rakennuksia tai puustoa.

Mikäli asemakaavalla halutaan ohjata aurinkoenergiajärjestelmien rakentamiseen, on asemakaavan ratkaisuilla pyrittävä luomaan erittäin suotuisat lähtökohdat aurinkoenergian tuottamiselle. Mikäli tuotto-odotus jää merkittävästi järjestelmän maksimituottoa pienemmäksi, investoinnin kannattavuus heikkenee. Toisaalta kannattavuustarkasteluissa on huomioitava ero rakennuksessa käytettävän ja verkkoon myytävän energian arvossa. Aurinkoenergiajärjestelmien tuoton ajallinen optimointi merkitsee todennäköisesti muutosta suositeltavissa kallistuskulmissa ja suuntauksissa.

[226] Haikala, Antti et al: Lantti-talo – puinen nollaenergiatalo 2020. Loppuraportin luonnos 1.12.2012. Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, Puurakentaminen. Espoo 2013, 22–23.



Kuvat 29–30. Aalto-yliopiston nettonollaenergiatalo Lantti rakennettiin Tampereen asuntomessualueelle tontille, jossa rakentamisohje edellytti harjakattoa ja lähes pohjois-etelä-suuntaista harjan suuntaa. Jos talo olisi voitu sijoittaa tontille siten, että pitkä, jyrkempi lape olisi suuntautunut etelään, vastaavan 7000 kWh:n vuotuisen energiamäärän tuottamiseen olisi riittänyt 33 paneelia 40 paneelin sijaan.[227]

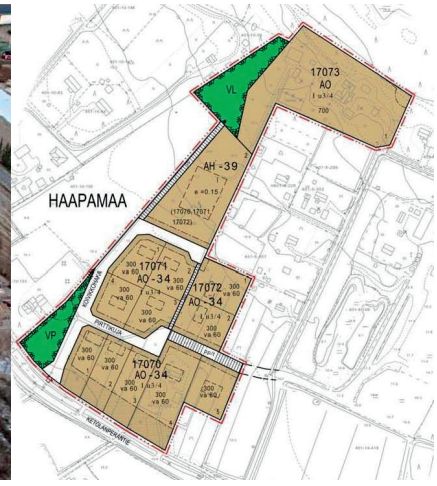
[227] Lantti-talo – puinen nollaenergiatalo 2020, 23. Kuvalähteet: (ylh.) Havainnekuva, Lantti-talo Tampereen asuntomessuilla 2012. Arkkitehtisuunnittelu: Pekka Heikkinen, Ioana Maftei, Einari Sutinen ja Tomi Tulamo / Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, Puurakentaminen; (alh.) Asuntomessut 2012. Vuores, Tampere. Pientalotonttien rakentamisohje (päiväämätön), 6.

Pien-CHP-laitos on pienimuotoista (kortteli- tai jopa rakennuskohtaista) lämmön ja sähkön yhteistuotantoa. Koska energiaa tuotetaan tuulisuudesta tai aurinkoisuudesta riippumatta, pien-CHP-laitoksella voidaan toteuttaa ns. *off grid* -ratkaisuja eli sähkö- ja lämpöverkoista riippumattomia rakennuksia tai rakennusryhmiä. Puupelleteillä tai puuhakkeella toimiva pien-chp-laitos tuottaa erittäin vähäpäästöistä energiaa.[228]

”Lähes nollaenergiarakennusten” energiataseessa pien-CHP-laitoksen energiaa ei kuitenkaan lasketa uusiutuvan lähienergian tuotannoksi, vaan energiatasetarkastelussa se rinnastuu esimerkiksi lämpökattilaan. Energiaa ei tämän tarkastelun mukaan tuoteta rakennuksessa tai sen läheisyydessä, vaan sen katsotaan tulevan laskennan taserajan sisäpuolelle polttoaineen muodossa. Primäärienergiaan perustuvissa nettonollaenergiarakentamisen tarkasteluissa puulla toimivasta pien-CHP-laitteesta on kuitenkin etua, sillä se muuntaa uusiutuvan polttoaineen lämmön lisäksi sähköksi, jonka kerroin RakMK D3:n mukaisessa tarkastelussa on korkea.

Omakotitaloryhmää tai rivitalokorttelia palveleva, puuhakkeen kaasutukseen perustuva pien-CHP-laitos voidaan sijoittaa asuinrakennusten kanssa samalle tontille lämpökattilan tapaan, ilman erillistä asemakaavamerkintää. Savuhormi vastaa kooltaan pienen tulisijan savuhormia. Pien-CHP-laitoksen yhteyteen tehdään hakesiilo, jota täytetään määrävälein esimerkiksi kuorma-autosta.

Asemakaavoituksessa muodostettava lähienergiantuottopotentiaali voidaan laskea verrattain helposti. Tämä on välttämätöntä erityisesti jos kaavoitetaan nettonollaenergiarakentamiseen tarkoitettua aluetta. Nettonollaenergiarakentamisessa uusiutuvan lähienergian vuosituotto vastaa vuotuista ostoenergiankulutusta primäärienergiassa laskettuna. Yksikerroksisessa pientalossa katon pinta-alalla voidaan yleensä tuottaa helposti nettonollaenergiarakentamisen edellyttämä määrä aurinkoenergiaa, kun rakennus on kohtuullisen energiatehokas. Kerrostalossa kattopinta-alaa vastaavan aurinkoenergianjärjestelmän tuotto ei yleensä riitä tekemään rakennuksesta nettonollaenergiataloa.



Kuvat 31–32. Kempeleen energiaomavaraisessa *off-grid*-asuntokorttelissa omakotitalojen tarvitsema energia tuotetaan tuulivoimalalla sekä puun kaasutukseen perustuvalla pien-CHP-laitoksella. Tuulivoimala ja pien-CHP-laitos on sijoitettu AH-kaavamerkinnällä varustetulle tontille.[229]

[228] Esimerkiksi Motivan laskentaohjeen mukaan puuperäisten polttoaineiden CO_2-päästökerroin on nolla. Hippinen & Suomi 2012, 6.

[229] Kuvat: Salmela, Pekka: Kempeleen Ekokylä. Luentoaineisto. Kuntien ilmastokonferenssi 6.5.2010.

Hajautetun energiantuotannon alueita voidaan osoittaa esimerkiksi seuraavin asemakaavamerkinnöin[230]:

Asumista palveleva yhteiskäyttöinen korttelialue.

Alueelle voidaan rakentaa esimerkiksi vähäinen asuntoalueen omaan tarpeeseen tarkoitettu lämpökeskus tai asuntoalueen yhteispalvelujen tarvitsemia tiloja.

Yhdyskuntateknisen huollon alue.

Merkinnällä osoitetaan yhdyskuntateknisen huollon rakennusten ja laitosten, kuten voimaloiden, alueet. Merkintää voi käyttää myös kun toteuttajana on yksityinen. Vähäinen asuntoalueen omaan tarpeeseen tarkoitettu lämpökeskus voidaan osoittaa asumista palvelevalle yhteiskäyttöiselle korttelialueelle AH.

Energiahuollon alue.

Asemakaavamerkinnällä osoitetaan energiantuotanto- ja muuntamoalueet. Pienehkö varavoimala voidaan sijoittaa myös ET-alueelle.

Energiahuollon alue tuulivoimaloita varten.

Tuulivoimaloita varten alue voidaan osoittaa myös varsinaisen aluevarausmerkinnän päällä viivamerkinnällä *176 tv*.

[230] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 34–64.

5.3 TOIMINNALLINEN ASEMAKAAVAMÄÄRÄYS

Rakennussuunnittelun ratkaisuja rajoittavia asemakaavamääräyksiä on toisinaan pidetty kilpailua rajoittavina. Tällaisiä määräyksiä ovat olleet esimerkiksi lämmitysmuotoa tai päärakennusmateriaalia koskevat asemakaavamääräykset. Toiminnallinen asemakaavamääräys voisi merkitä tavoitetason asettamista suunnitteluratkaisua yksilöimättä.

Asemakaavamerkinnöiltä, -määräyksiltä ja selostukselta edellytetään selkeyttä ja havainnollisuutta.[231] Käytännössä toiminnallinen asemakaavamääräys voisi merkitä sitä, että asemakaavamääräyksissä asetetaan vaatimus toiminnallisena tavoitearvona. Määräyksenmukaisen ratkaisun toteuttaminen ja osoittaminen sekä vaihtoehtoisia ratkaisuja kuvataan yksityiskohtaisemmin rakentamistapaohjeissa. Tämä voisi käytännössä tarkoittaa esimerkiksi seuraavanlaisen, rakennusmateriaalien valintaa ohjaavan kaavamääräyksen asettamista:

AK-alueella kantava rakennusrunko ja rakennuksen ulkovaippa on toteutettava vähäpäästöisistä rakennusmateriaaleista.

Lisäksi asemakaavamääräyksessä määritellään rakennetyypeittäin, mitä vähäpäästöisellä tarkoitetaan. Vaatimus ilmaisee suurimman sallitun arvon materiaalivalmistuksen (tuotevaiheen) hiilijalanjäljelle yhtä rakennusosan neliömetriä kohti ($kgCO_2e/m^2$). Lisäksi rakentamistapaohjeessa kuvataan esimerkkejä vaatimuksen täyttävistä, vähäpäästöisistä rakennetyypeistä, perustellaan asetetut raja-arvot ja ohjeistetaan vaatimuksen täyttymisen osoittaminen rakennuslupamenettelyn yhteydessä.

Vastaavasti energiankäytön CO_2e-päästöille voitaisiin asettaa toiminnallinen vaatimus ilman suunnitteluratkaisun määrittelemistä. Salon Viitannummen asemakaavan kaavamääräyksissa vaaditaan, että rakennusten energiankulutuksesta aiheutuu enintään 32 $kgCO_2/(brm^2\ a)$:n päästö. Vaatimus ei ole vaikeuttanut rakentamista asemakaava-alueella.

Tuukka Vainio tarkasteli diplomityössään Helsingin Kruunuvuorenrannan, Porvoon Skaftkärrin, Loviisan Harmaakallion ja Mäntyharjun Siirlaakson rakennusten energiankäytön CO_2e-päästöjä. Tarkastelut käsittivät sekä kerrostalovaltaisen kaukolämpöalueen että kaukolämpöverkon ulkopuolelle sijoittuvan pientaloalueen. Laskentatulosten perusteella Vainio määritteli kolme vaihtoehtoista tavoitetasoa, jotka ovat

- 30 $kgCO_2/(brm^2\ a)$
- 25 $kgCO_2/(brm^2\ a)$
- 15 $kgCO_2/(brm^2\ a)$.

Laskentatulokset on esitetty tämän raportin kuvassa 11. Vaatimustaso 30 $kgCO^2/(brm^2\ a)$ edellyttäisi Kruunuvuorenrannassa sijaitsevilta kaukolämpötaloilta normitasoa pienempää tilojen lämmitystarvetta. Siirlaakson omakotitaloissa vaatimus rajaisi sähkölämmityksen pois lämmitystapavaihtoehtojen joukosta. Harmaakallion ja Skaftkärrin alueilla vähäpäästöinen kaukolämpö sallisi normitasoisen rakentamisen. Kaikkein kunnianhimoisin päästötavoite (15 $kgCO^2/(brm^2\ a)$) rajaisi lämmitystapavaihtoehtoja radikaalisti.[232]

Toiminnallinen tavoitearvo kaavamääräyksenä voisi toimia insentiivinä teollisuudelle kehittää vaatimustasoa vastaavia, kustannustehokkaita ratkaisuja eri materiaaleista. On kuitenkin huomattava, että edellä kuvatun kaltaisen asemakaavamääräyksen toteutettavuus ja lainmukaisuus vaativat erillisen selvityksen.

[231] Asemakaavamerkinnät ja -määräykset 2003, 10.
[232] Vainio 2012, 99.

AO-49 1/2kII e=0.25 20%
Erillispientalojen korttelialue.

Autopaikkoja on rakennettava vähintään seuraavasti:

AO - kortteleissa: 2 autopaikkaa asuntoa kohti.

Asuinrakennuksen kattomateriaalin on oltava punaista kattotiiltä tai betonikattotiiltä. AO - kortteleissa saa rakentaa asemakaavassa osoitetun kerrosalan lisäksi enintään 20% tontin kerrosalasta autotalli-, autokatos-, varasto-, kasvihuone-, sauna- tai verantatilaa. Rakennusoikeutta on varattava vähintään yhden autotallin rakentamiseksi jokaista asuntoa kohti. Niissä kortteleissa, joissa ei ole osoitettu t-merkittyä rakennusalaa, saa asumista palvelevat aputilat autosuojia lukuun ottamatta sijoittaa sopivaksi katsottavaan paikkaan tontilla.

Kerrosalasta saa 10 % olla ympäristöhäiriötä aiheuttamatonta työtilaa.

Tontille saa rakentaa kaksi asuntoa, joista pienemmän kerrosala saa olla enintään 60 m2. Pienemmälle asunnolle tulee varata yksi autopaikka.

Asuinrakennuksen julkisivumateriaalin on oltava pääosin tiiltä tai rappausta. Rakennusten tulee täyttää Sisäilmayhdistyksen "Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus" -julkaisun mukaiset tavoitetasot: sisäilman tavoitetaso S2 ja pintamateriaalien päästöluokka M1.
Asuinrakennusten laskennallinen kokonaisenergiakulutus saa olla korkeintaan 135 kWh/brutto-m2/vuosi sisältäen tilojen ja käyttöveden lämmityksen sekä sähkön kokonaiskulutuksen. Tilojen lämmityksen mitoittava tehontarve saa olla korkeintaan 45 W/brutto-m2.
Veden laskennallinen kokonaiskulutus saa olla enintään 110 l/hlö/vrk.
Vesipisteelliset uudisrakennukset tulee varustaa kaksoisvesijärjestelmällä. Energiankulutuksen aiheuttamat laskennalliset kasvihuonekaasujen päästöt saavat olla korkeintaan 32 kg CO_2-ekv/brutto-m2/vuosi.
Alueella edellytetään kiinteistökohtaista sadevesien talteenottoa.

Kuva 33. Salon Viitannummen kaavakartta ja esimerkki asemakaavamääräyksistä.[233]

[233] Asemakaava Viitannummen (28) kaupunginosan kortteleille 1–23, Salon kaupunki 2002.

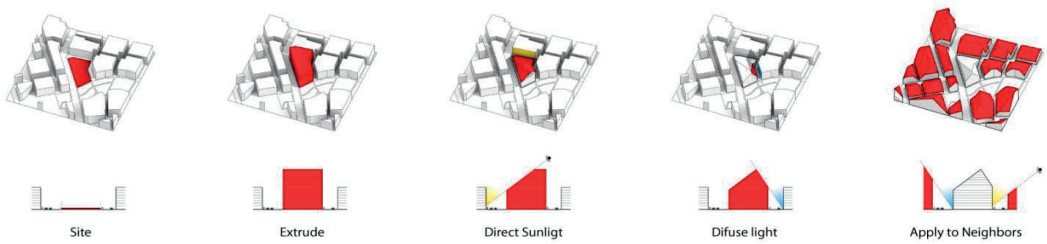
5.4 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen merkitsee käytännössä ääri-ilmiöihin ja lisääntyviin tulviin varautumista. Ilmastonmuutosta voidaan ennakoida aluellisesti simulaatioiden avulla.

VTT:n tutkimus ilmastonmuutoksen vaikutuksista rakennettuun ympäristöön[234] arvioi, että tuulisuutta ja maaperää koskevien selvitysten tarve lisääntyy.

Wahlgren, Kuismanen ja Makkonen tarkastelivat tutkimuksessaan[235] ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja siihen sopeutumista kuuden esimerkkialueen kaavoituksessa. Kohdealueille laadittiin ilmastonmuutosta koskevat ennusteet. Ennusteiden mukaan muutokset ovat merkittäviä ja paikkakuntien välillä on suuria eroja. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta keskeiseksi näkökulmaksi osoittautui tulvavaara-alueiden huomioiminen toimintoja sijoitettaessa. Lähimittakaavassa keskeiset haasteet ovat tuulisuus ja sateiden lisääntyminen. Tutkimuksen mukaan ilmastonmuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen eivät käytännössä ole ristiriidassa keskenään. Tutkimus nostaa molempien tavoitteiden kannalta keskeisiksi suunnittelutavoitteiksi yhdyskuntarakenteen hajautumisen välttämisen, hyvän mikroilmaston muodostamisen, sadevesien hallinnan, vähäpäästöiset energiamuodot, joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edellytysten tukemisen, toimintojen sekoittumisen sekä vaikutusten arvioinnin.[236]

Väitöstutkimuksessaan[237] Kuismanen on kehittänyt suunnitteluprosessiin kytkeytyvää pienilmaston arviointimenetelmää. Kuismasen kehittämä CASE-menetelmä höydyntää mm. pienoismallin tuulitestausta. Uusia mahdollisuuksia pienilmasto-olosuhteiden hallintaan avautuu digitaalisen mallinnuksen ja aluetason simulaatiotyökalujen avulla.



Kuva 34. Sitran *Low2No*-suunnittelukilpailussa BIG-arkkitehtitoimiston johdolla laadittu kilpailuehdotus esitti mallin, jossa rakennusten muoto määritellään siten, että auringonvalon saanti maksimoidaan.[238]

---

[234] Ala-Outinen, Tiina at al: Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. Espoo 2004. VTT Tiedotteita – Research notes 2227, 4.
[235] Wahlgren, Irmeli; Kuismanen, Kimmo & Makkonen, Lasse: Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. VTT:n tutkimusraportti Nro VTT-R-03986-08. Espoo 2008.
[236] Wahlgren et al. 2008, 152–162 (liite 1).
[237] Kuismanen, Kimmo: *Climate-concious architecture – Design and wind testing method for climates in change*. Acta Universitatis Ouluensis C Technica 307. Oulun yliopisto, Oulu 2008, 235.
[238] Kilpailuehdotus "*Reciprocity*". Bjarke Ingels Group BIG, Vahanen, ARUP Foresight Innovation, Transsolar Energietechnik, Anttinen Oiva Arkkitehdit AoA, Masu Planning, Passiivitalo.fi, Pasi Mäenpää ja Mikko Jalas 2009.

5.5 RAKENNUSTEN SUUNTAUS JA MUOTO

Energiatehokkaaseen rakentamiseen tähtäävässä suunnittelussa pohditaan usein sitä, voidaanko rakennusten lämmitysenergiantarvetta pienentää rakennusten suuntauksella. Mahdollisuus ikkunoiden eteläsuuntaukseen luo edellytykset aurinkoenergian passiiviselle hyödyntämiselle, mutta ilman muita toimenpiteitä rakennuksen suuntaus ei välttämättä lainkaan pienennä tilojen lämmitystarvetta. Aurinkoenergia pienentää lämmitystarvetta vasta, kun rakennuspaikka on riittävän varjostamaton, ikkunapinta-ala suunnataan johdonmukaisesti aurinkoiseen ilmansuuntaan ja ikkunoihin valitaan lasitus, jonka g-arvo on riittävän hyvä auringon lämpöenergian saamiseksi sisätiloihin.

Käytännössä riittävän hyvä lasituksen g-arvo (> 50 %) saavutetaan korkeintaan kolminkertaisella lämpölasielementillä. Esimerkiksi avattava ”passiivitaloikkuna”, jossa on kaksinkertaiset lämpölasit sisä- ja ulkopuitteessa, on g-arvoltaan tähän tarkoitukseen soveltumaton.

On tärkeää estää sisätilojen kesäaikainen ylilämpeneminen, johon ikkunoiden eteläsuuntaus helposti johtaa. Tarvittava ikkunoiden varjostus voidaan toteuttaa oikein mitoitetuilla rakenteilla tai esimerkiksi kaihtimilla. Eteläjulkisivun ikkunoiden eteen sijoittuva katettu kuisti toimii varjostavana rakenteena, kun rakenteet mitoitetaan oikein. Rakentamismääräykset edellyttävät kesäajan lämpötilojen hallinnan laskennallista tarkastelua muissa rakennustyypeissä paitsi omakotitaloissa. Rakentamistapaohjeessa voidaan edellyttää kesäajan sisälämpötilatarkasteluja myös erillispientaloilta. Ylilämpenemisen estäminen tilojen koneellisella jäähdytyksellä lisää energiankulutusta, ja siksi koneellista viilennystä pyritään usein välttämään.

Auringosta saadaan ilmaista lämpöenergiaa myös matalaenergia- ja passiivitaloissa, joiden lämmityskausi on verrattain lyhyt. Tämä ei välttämättä tule ilmi kuukausitason energiatarkasteluissa.

Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen kuuluu keskieurooppalaisen passiivitalosuunnittelun perusperiaatteisiin. Suomalaisissa passiivitaloissa aurinkoenergiaa on hyödynnetty edellä kuvatulla tavalla vain erittäin harvoin. Suurimmassa osassa suomalaisista passiivitaloista pieni energiantarve perustuu lämpöhäviöiden pienentämiseen. Silloin ikkunoilta vaaditaan mahdollisimman hyvää lämmöneristävyyttä. Lämpöhäviöiden pienentämiseen perustuvassa passiivitalossa suuntaus ei käytännössä vaikuta tilojen lämmitystarpeeseen. Kesäaikaista ylilämpenemistä kuitenkin esiintyy, ellei ikkunoita ja sisätiloja varjosteta.

Kysymys aurinkoenergian passiivisesta hyödyntämisestä on kiinnostava erityisesti rakennussuunnittelun kannalta. Kun aurinkoenergiaa hyödynnetään passiivisesti, optimaalinen ikkunapinta-ala voidaan laskea ilmansuunnittain ja ikkunatyypeittäin (lasityypeittäin). Silloin kun aurinkoenergiaa ei hyödynnetä passiivisesti, ikkunapinta-alan pienentäminen vähentää tilojen lämmitystarvetta, ja lämmitystarpeen näkökulmasta optimaalinen ikkunapinta-ala olisi nolla.[239]

Asemakaavoituksella voidaan luoda edellytykset aurinkoenergian passiiviseen hyödyntämiseen, mutta tilojen lämmitysenergiantarpeen pieneneminen riippuu lopulta rakennussuunnittelun ratkaisuista. Mikäli aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen on asemakaavan erityisenä tavoitteena, tilojen ja ikkunoiden suuntaus sekä vaatimukset lasivalinnoille, varjostaville rakenteille, laskentamenetelmille ja ylilämpenemistarkasteluille voidaan kuvata rakentamistapaohjeissa.[240]

[239] Ikkunoiden U-arvo on ulkoseinän U-arvoa huonompi.
[240] Lylykangas, Kimmo: Passiivisen ja aktiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen huomioiminen rakennussuunnittelussa ja kaavoituksessa. Luentoaineisto 14.5.2013.

6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Asemakaavan roolin ja päästöohjausmahdollisuuksien selkeyttämiseksi tarvittaisiin asemakaavoitusta koskevan ohjeistuksen sekä maankäyttö- ja rakennuslain täsmentämistä erityisesti kaavamääräysten asettamisen osalta.

Päästölaskennan vakiinnuttaminen osaksi kaavoitusprosessia edellyttää päästölaskennan kansallisten tietokantojen kehittämistä ja laskentamenetelmien harmonisointia. Laskenta voidaan toteuttaa yksinkertaistaen rakennustason laskentamenetelmiä ja soveltaen kansainvälisiä standardeja. Rakennustason menetelmiä käytettäessä aluetason ja yksittäisen rakennuksen laskentatulokset ovat yhteismitallisia. Rakennusten energiankäytön CO_2e-päästöjen laskennassa voidaan hyödyntää RakMK D3:n ja RakMK D5:n mukaisesti laskettua ostoenergiankulutusta, joka rakennushankkeessa lasketaan joka tapauksessa E-luvun määrittämistä varten. Koska rakentamismääräysten mukainen energiankulutuksen laskenta perustuu standardikäyttöön, laskentatulos tuo esille suunnitteluratkaisujen vaikutuksen.

Jos asemakaavoitettavan alueen laskentatulosta halutaan verrata kansallisiin ilmastotavoitteisiin, laskentamenetelmän tulisi olla analoginen kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion menetelmien kanssa. Tämä ei välttämättä tuo esille kaikkia asemakaavoituksen mahdollisuuksia CO_2e-päästöjen leikkaamiseen.

Asemakaavoituksen vaikutusmahdollisuuksien näkökulmasta olennaiset tarkastelut liittyvät henkilöliikenteen, rakennusmateriaalien ja rakennusten energiankäytön päästöihin sekä maankäytön muutokseen. Rakennusten osalta EN-standardien mukainen hiilijalanjälkilaskenta on vasta vähitellen yleistymässä, ja vertailutietoa on olemassa toistaiseksi erittäin vähän. Laskennan yksinkertaistamiseksi useiden elinkaaren vaiheiden päästövaikutus voidaan asemakaavoituksen päästölaskennassa kuvata oletusarvoilla. Tyypillisten arvojen asettamiseksi tarvittaisiin lisää tutkimusta. Erityisesti tarvittaisiin lisätietoa infrastruktuurin (perusrakenteen) elinkaaren hiilijalanjäljestä.

Jotta osatekijöiden vaikuttavuutta ja merkityksellisyyttä voidaan arvioida asemakaavoituksessa, alueen erilaiset CO_2e-päästöt on tarkoituksenmukaista muuntaa CO_2e-päästöksi yhtä asukasta ja yhtä vuotta kohti. Tuloksessa ilmenee siten myös asumisväljyyden sekä rakennusten ja infrastruktuurin oletetun käyttöiän verrattain suuri merkitys. Laskentatulosta esitettäessä henkilöliikenteen, rakennusten ja infrastruktuurin elinkaaren vaiheiden sekä maankäytön muutoksen päästövaikutukset on syytä säilyttää itsenäisinä tunnuslukuina. CO_2e-päästölaskennan tuloksia on syytä arvioida suhteessa elinkaarikustannuksiin.

Alueen CO_2e-päästöjen laskentaa voidaan hyödyntää monin tavoin asemakaavaprosessissa. Vaikka asemakaavaan ei kirjattaisikaan erityisiä CO_2e-päästöjä tai energiatehokkuutta koskevia kaavamääräyksiä, laskentatulos antaa tärkeää tietoa asemakaavan ympäristövaikutuksista.

Kun rakennusten energiankäytön (rakennusten energiatehokkuus ja energianhankinta) vaihtoehtojen päästövaikutus laskettiin neljästä keskenään hyvin erilaisen alueen asemakaavasta, voitiin havaita että yksin rakennusten energiankäyttöön liittyvillä valinnoilla voi kaikilla esimerkkialueilla olla yli 2 tCO_2e/(asukas, a):n vaikutus CO_2e-päästöihin. Lisäksi asemakaavoituksen ratkaisuilla voidaan vaikuttaa rakennusten ja infrastruktuurin materiaaleihin, henkilöliikenteeseen sekä metsäpinta-alan muutokseen. Sekä Skaftkärr-hankkeessa että tämän raportin laskentamallin muodostamisen yhteydessä toteutetut laskelmat osoittavat, että asemakaavoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi alueen energiankäyttöön ja kasvihuonekaasupäästöihin.

KÄYTETYT LYHENTEET

MITTAYKSIKÖIDEN TUNNUKSET

lyhenne	merkitys	lähde
tCO_2e/(asukas, a)	hiilidioksidiekvivalenttitonneja asukasta kohti vuodessa	katso luku 3.2 kohta ”Mittayksiköt”
a	vuosi	SI-opas. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2013.
as	asukas	
brm^2	kokonaisala (bruttoala)	RT 12-10277 Rakennuksen pinta-alat
htm^2	huoneistoala	RT 12-10277 Rakennuksen pinta-alat
kem^2	kerrosala	RT 12-10277 Rakennuksen pinta-alat
	Esiintyy asemakaavoitusta koskevissa julkaisuissa myös muodossa $k\text{-}m^2$.	
t	tonni (1000 kg)	SI-opas. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2013.

MUUT LYHENTEET

lyhenne	merkitys
BSI	*(BSI Group) British Standards Institution* Iso-Britannian standardeja tuottava ja kansainvälisiä standardeja Iso-Britanniassa julkaiseva organisaatio
CHP	*combined heat and power* yhdistetty lämmön ja sähkön tuottaminen
CO_2e-päästö	hiilidioksidiekvivalenttipäästö Esiintyy muissa julkaisuissa myös muodossa khk-päästö (kasvihuonekaasupäästö).
COP	*coefficient of performance* lämpöpumpun hyötysuhdetta ilmaiseva suorituskerroin
Dnro	diaarinumero
DSM	*demand side management* vaikuttaminen kuluttajan energiankäyttöön
E-luku	energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyypin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti (RakMK D3 2012)
EN	eurooppalaisessa standardisoimisjärjestössä CENissä vahvistettu standardi
ENVIMAT	Suomen talouden materiaalivirtojen ympäristövaikutukset Suomen ympäristökeskuksen projekti 2006–09
EPBD	*Energy Performance of Buildings Directive* EU: n rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2002), uudistettu vuonna 2010
ERA17	Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017 rakennetun ympäristön toimintaohjelma
ET-luku	rakennuksen energiatehokkuusluku käytöstä poistuvassa energiatodistuksessa
EU	Euroopan unioni

GBC Finland	*Green Building Council Finland*
HLT	henkilöliikennetutkimus
ibid	sama lähdeviite kuin edeltävä (myös sivunumero sama)
ILMARI	VTT:n kehittämä ja ylläpitämä rakennuksen hiilijalanjäljen arviointipalvelu
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change* hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
IPCC-NGGIP	*The IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme* kansallisten kasvihuonekaasupäästöjen inventaariohjelma
ISO	kansainvälisessä standardisoimisjärjestössä (*International Organization for Standardization*) vahvistettu standardi
KURKE	Kunnallisen rakentamisen kestävät energiaratkaisut Aalto-yliopiston ja VTT:n tutkimushanke 2010–12
LCA	*Life-cycle assessment* elinkaariarviointi
LIPASTO	VTT:ssä toteutettu Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä
LOCO	*Low Carbon Neighbourhood Construction* Culminatum Innovation Oy Ltd:n koordinoima tutkimushanke 2010–14
MRA	maankäyttö- ja rakennusasetus
MRL	maankäyttö- ja rakennuslaki
PAS	*Publically Available Specification* BSI-organisaation kaupallisesta tilauksesta laatima, standardin kaltainen ohje
PEER	*Partnership for European Environmental Research* seitsemän eurooppalaisen ympäristötutkimuslaitoksen yhteistyöverkosto
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma
SFS	Suomessa vahvistettu standardi
SI-järjestelmä	*Systéme International d'Unités* kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä
SVT	Suomen virallinen tilasto
SYKE	Suomen ympäristökeskus
SYNERGIA Hiilijalanjälki	Suomen ympäristökeskuksen kehittämä laskuri rakennuksen päämateriaalien ja päärakenteiden hiilijalanjäljen arviointiin
VAT	valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet
VNS	valtioneuvoston selonteko
YK	Yhdistyneet kansakunnat

LÄHTEET

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html (viitattu 25.8.2013).

Ala-Outinen, Tiina, Harmaajärvi, Irmeli, Kivikoski, Harri, Kouhia, Ilpo, Makkonen, Lasse, Saarelainen, Seppo, Tuhola, Markku & Törnqvist, Jouko: Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita – Research notes 2227. Espoo 2004. http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf (viitattu 11.6.2013).

Asemakaava Viitannummen (28) kaupunginosan kortteleille 1–23, Salon kaupunki 2002.

Asemakaavamerkinnät ja –määräykset. Opas 12. Ympäristöministeriö, Helsinki 2003. http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=24175&lan=fi (viitattu 19.5.2013).

Asemakaavaprosessin kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta. Skaftkärr, Porvoo. Toukovuoren asemakaavoitus. Raportti 11.9.2012. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra, Porvoon Energia Oy, Pöyry Finland Oy. www.sitra.fi/en/julkaisu/2012/asemakaavaprosessin-kehittaminen-energiatehokkuuden-nakokulmasta (viitattu 29.10.2012).

Asuntomessut 2012. Vuores, Tampere. Pientalotonttien rakentamisohje (päiväämätön).

Behm, Katri & Häkkinen, Tarja: Hirsitalotoimialan ekokilpailukyky tarkastelu – hirsitalomallin puumateriaalien elinkaariarviointi käsittäen hiilijalanjäljen, energiataseen ja päästöt. Tutkimusraportti VTT-R-04737-10. VTT, Espoo 2010. http://www.kontio.fi/files/hirsitalotoimiala_raportti_2010.pdf (viitattu 16.9.2013).

Broekhoff, Derik et al: *Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects*. ISBN 978-1-56973-655-5. World Resources Institute, Washington DC, USA 2007. http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/electricity_final.pdf (viitattu 12.08.2013).

Carter, Timothy R. & Kankaanpää, Susanna: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. *A preliminary examination of adaptation to climate change in Finland*. Suomen ympäristö 640. Helsinki 2003.

Daseking, Wulf. Luentoaineisto 31.3.2009. http://www.low2no.org/competition/webcast/ (viitattu 16.4.2009).

Edelman, Harry & Kirkinen, Johanna: Low2No – kestävän rakentamisen kilpailu. Sitra, Helsinki 2010. http://www.sitra.fi/julkaisut/muut/Low2no_raportti.pdf?download=Lataa+pdf (viitattu 2.6.2013).

Energiakaavoituksen mallit. Tutkimussuunnitelma 26.05.2011. Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, Rakennusoppi 2011. Kirjoittajan hallussa.

Energiatilasto. Vuosikirja 2011. Suomen virallinen tilasto. Energia 2012. Tilastokeskus, Helsinki 2012. ISBN 978-952-244-369-4.
http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yene_enev_201100_2012_6164_net.pdf
(viitattu 4.6.2013).

GBC Finland - Rakennusten elinkaarimittarit (2013). Bionova Consulting. Green Building Council Finland, Helsinki 2013.http://figbc.fi/wp-content/uploads/2013/01/Rakennusten_elinkaarimittarit_2013.pdf (viitattu 21.5.2013).

Greenhalgh, Suzie, Daviet, Florence & Weninger, Emily: *The Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Guidance for GHG Project Accounting.* World Resources Institute. http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/lulucf-final.pdf (viitattu 4.8.2013).

Hagström, Markku; Illman, Julia; Pesola, Aki; Vanhanen, Juha & Gilbert, Ylva: Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki. Liikennevirasto tutkimuksia ja selvityksiä 38/2011. Liikennevirasto, Helsinki 2011. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-38_tien_ja_radanpidon_web.pdf (viitattu 4.6.2013).

Haikala, Antti, Heikkinen, Pekka, Helenius, Harri, Jokinen, Liisa, Niemelä, Jouko, Nuora, Harri, Peittola, Markku, Juntunen, Mikko, Tulamo, Tomi & Vuolle, Mika: Lantti-talo – puinen nollaenergiatalo 2020. Loppuraportin luonnos 1.12.2012. Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, Puurakentaminen, Espoo 2013.

Heimo, Jarmo: Viitanummen alue Salossa – Energiatehokkuustavoitteiden toteutuminen. Luentoaineisto. Kuntien 6. ilmastokonferenssi 3–4.5.2012, Tampere-talo, Tampere 2012. http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2012/2012-05-03-ilmasto/Documents/2012-05-04-08-jarmo_heimo.pdf (viitattu 2.9.2013).

Heinonen, Jukka & Junnila, Seppo: *Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas*. Environmental Research Letters. Volume 6, Number 1,2011.http://iopscience.iop.org/1748-9326/6/1/014018/fulltext/ (viitattu 19.5.2013).

Heinonen, Jukka & Junnila, Seppo: Yhdyskuntarakenne, elämäntavat ja ilmastonmuutos. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Maankäyttötieteiden laitos. Tiede + teknologia 19/2012. Aalto-yliopisto, Espoo 2012. ISBN 978-952-60-4911-3. http://lib.tkk.fi/TIEDE_TEKNOLOGIA/2012/isbn9789526049113.pdf (viitattu 25.8.2013).

Heljö, Juhani; Nippala Eero & Nuuttila, Harri: Rakennusten energiankulutus ja CO_2-ekv päästöt Suomessa. Ympäristöklusterin tutkimusohjelma. Rakennuskannan ekotehokkaampi energiankäyttö (EKOREM) –projekti. Loppuraportti. Tampereeen teknillinen yliopisto. Rakentamistalouden laitos. Raportti 2005:4, Tampere 2005. http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_Loppuraportti_051214.pdf (viitattu 28.5.2013).

Hippinen, Ilkka & Suomi, Ulla: Yksittäisen kohteen CO_2-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO_2-päästökertoimet, 12/2012. Motiva Oy, Helsinki 2012. http://www.motiva.fi/files/6817/CO2-laskenta_yksittainen_kohde.pdf (viitattu 4.6.2013).

Henkilöliikennetutkimus 2004–2005, LVM, Tiehallinto, RHK ja WSP LT-Konsultit Oy. http://www2.liikennevirasto.fi/hlt20042005/index.htm (viitattu 29.10.2012).

Henkilöliikennetutkimus 2010–2011. Liikennevirasto, WSP LT-konsultit Oy. http://www.hlt.fi/ (viitattu 29.10.2012).

Honkasuo. 33. kaupunginosa, Kaarela, Malminkartano. Korttelit 33350–33379. Asemakaava 1 : 1000. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Asemakaavaosasto, 11.12.2008

Ilmastodieetti-laskuri. Suomen Ympäristökeskus. http://www.ilmastodieetti.fi/ (viitattu 25.11.2012).

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toimeenpanon arviointi 2009. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 4/2009. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki 2009.

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ympäristöhallinnon toimialalla. Toimintaohjelma ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toteuttamiseksi. Ympäristöministeriön raportteja 20 / 2008. Ympäristöministeriö, Helsinki 2008.

Irjala, Antti: Sopeutuminen ympäristöhallinnon toimialalla. Luentoaineisto 17.10.2012. http://www.nessling.fi/fi/ajankohtaista/irjala_sopeutuminen.pdf (viitattu 18.12.2012).

ISO 15392: 2008 *Sustainability in building construction – General principles*.

Jylhä, Kirsti; Kalamees, Targo; Tietäväinen, Hanna; Ruosteenoja, Kimmo; Jokisalo, Juha; Hyvönen, Reijo; Ilomets, Simo; Saku, Seppo & Hutila, Asko: Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Ilmatieteen laitos, raportteja 2011:6. Helsinki 2011. *http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=dbdff25e-e174-440a-a7b2-46ef9f54380b&groupId=30106* (viitattu 4.6.2013).

Kaleva, Hanna, Lahtinen, Riitta, Sundbäck, Liisa & Niemi, Jessica: Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut. KTI Kiinteistötieto Oy, Helsinki 2011. *http://www.kti.fi/kti/doc/ajankohtaista/KTI_eko-_ja_energiatehokkuus_raportti.pdf* (viitattu 4.8.2013).

Kankaanpää, Kari: Päästökauppa tuo uusia mahdollisuuksia. Mielipidekirjoitus. Kauppalehti 22.10.2012.

Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. VNS 2/2013 vp. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 8/2013. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki 2013.*http://www.tem.fi/files/36266/Energia_ja_ilmastostrategia_nettijulkaisu_SUOMENKIELINEN.pdf* (viitattu 22.5.2013).

Karjalainen, Timo: Pienimuotoisen lämmön ja sähkön yhteistuotannon tilannekatsaus – laitteet ja niiden käyttöönotto. Oulun yliopisto, Kajaanin yliopistokeskus. Oulu, 2012. http://www.motiva.fi/files/6677/Pien_CHP_raportti_final.pdf (viitattu 11.6.2013).

Kaukolämpötilasto 2011. Energiateollisuus ry, Helsinki 2012. *http://energia.fi/sites/default/files/kaukolampotilasto_2011_web.pdf* (viitattu 4.6.2013).

Kestävän kehityksen urbaani infrastruktuuri. Näkymä vuoteen 2030. Helsinki. Aalto-yliopisto, 2012. *http://innovatiivinenkaupunki.aalto.fi/fi/current/news/helsinki_study_2012_web-1.pdf* (viitattu 12.9.2013).

Kilpailuvirasto Dnro 147/72/2008, 20.3.2008. *http://www.kilpailuvirasto.fi/cgi-bin/suomi.cgi?sivu=aloit-laus/a-2008-72-0147* (viitattu 16.9.2013).

Kuismanen, Kimmo: *Climate-concious architecture – Design and wind testing method for climates in change.* Acta Universitatis Ouluensis C Technica 307. ISBN 978-951-42-8911-8. Oulun yliopisto, Oulu 2008.

Lahti, Pekka & Moilanen, Paavo: Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Kehitysvertailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Helsinki 2010. *http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=120281&lan=fi* (viitattu 11.6.2013).

Lahti, Pekka; Sepponen, Mari & Virtanen, Mikko: Kunnallisten rakennushankkeiden kestävät energiaratkaisut aluenäkökulmasta. VTT Tutkimusraportti VTT-R-07915-12. VTT, Espoo 2012. *http://ene.aalto.fi/fi/tutkimus/kurke_loppuraportti_vtt_30_11_2012.pdf* (viitattu 11.56.2013).

Laki rakennuksen energiatodistuksesta. *http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050* (viitattu 16.9.2013).

Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen J., Sievänen, R. & Liski, J: *Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests.* Artikkeli, Forest Ecology and Management 188 (2004), 211–224.

Lounasheimo, Johannes: Kasvihuonekaasupäästöjen alueellisten laskentamenetelmien vertailua. Opinnäytetyö. Laurea-ammattikorkeakoulu, Ympäristö- ja luonnonvara-ala, Kestävän kehityksen koulutusohjelma. Hyvinkää 2009.

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2232/Kasvihuonekaasupaastojen%20alueellisten%20laskentamenetelmien%20vertailua_Johannes%20Lounasheimo.pdf?sequence=1 (viitattu 11.6.2013).

Lylykangas, Kimmo: Passiivisen ja aktiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen huomioiminen rakennussuunnittelussa ja kaavoituksessa. Luentoaineisto 14.5.2013. http://laicahanke.files.wordpress.com/2013/05/lylykangas.pdf (viitattu 17.9.2013).

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132 (viitattu 29.5.2013).

Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999. http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895 (viitattu 29.5.2013).

Marttila, Veikko, Granholm, Heikki, Laanikari, Jussi, Yrjölä, Tiia, Aalto, Aimo, Heikinheimo, Pirkko, Honkatuki, Juha, Järvinen, Heikki, Liski, Jari, Merivirta, Raija & Paunio, Mikko: Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki 2005.http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/5entWjJli/MMMjulkaisu2005_1.pdf (viitattu 11.6.2013)

Martinkauppi, Kirsi (toim.): ERA17. Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes, Helsinki 2010.

Mickwitz, Per, Aix, Francisco, Beck, Silke, Carss, David, Ferrand, Nils, Görg, Christoph, Jensen, Anne, Kivimaa, Paula, Kuhlicke, Christian, Kuindersma, Wiebren, Máñez, María, Melanen, Matti, Monni, Suvi, Brandth Pedersen, Anders, Reinert, Hugo, van Bommel, Séverine: *Climate Policy Integration, Coherence and Governance*. PEER Report No 2. Helsinki 2009. http://www.peer.eu/fileadmin/user_upload/publications/PEER_Report2.pdf (viitattu 11.6.2013).

Nissinen, Ari & Rintala, Timo: Materiaalitehokkuus ja hiilijalanjälki, lähtötiedot ja hiilijalanjälkilaskennan tuloslomakkeet. Synergiatalo. Ohje 17.5.2010. Suomen ympäristökeskus ja Pöyry Building Services Oy, Helsinki 2010.

PAS 2050:2011 *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, BSI 2011. http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/ (viitattu 12.09.2013)

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 36/2008. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki 2008.

Polttoaineluokitus 2013, Tilastokeskus. http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html (viitattu 4.6.2013).

Porvoo, Toukovuori. Toukovuoren alueen asemakaava ja asemakaavamuutos. Rakentamistapaohje 7.2.2012. Liite 9. Arkkitehdit Anttila & Rusanen Oy, Pöyry Finland Oy 2012. http://www.porvoo.fi/easydata/customers/porvoo2/files/muut_liitetiedostot/rakentaminen_ja_kaavoitus/asemakaavat/456_toukovuori/liite_9_toukovuori_raktapa_2012-02-07-pieni.pdf (viitattu 21.5.2013).

prEN 16485:2012 *Round and sawn timber – Environmental Product Declarations – Product category rules for wood and wood-based products for use in construction.*

Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma. 22.6.2011. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2011. http://valtioneuvosto.fi/hallitus/hallitusohjelma/fi.jsp (viitattu 29.10.2012).

Rajala, Pasi, Hirvonen, Heikki, Perttula, Sampo, Lähde, Elisa, Pulkka, Perttu, Jarmala, Leo, Laukkanen, Jouni, Patronen, Jenni, Jokinen, Minna, Rintala, Timo, Rajakallio, Karoliina & Kauppinen, Tiina: Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä 41. Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra Oy, Porvoon Energia Oy, Ympäristöministeriö, Sitra, Helsinki 2010. www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2041.pdf (viitattu 29.10.2012).

Rakennusten energiankulutuksen ilmastovaikutusten arviointi Toukovuoren asemakaavaprosessissa 15.6.2011. Pöyry Finland Oy, Vantaa 2011. http://www.porvoo.fi/easydata/customers/porvoo2/files/muut_liitetiedostot/rakentaminen_ja_kaavoitus/asemakaavat/456_toukovuori/456_toukovuori_asemakaavatyon_taustaselvitykset.pdf (viitattu 21.5.2013).

Rebuilding 2.0. Ehdotus *Low2No*-kilpailuun. Rex Architecture, Transsolar Energietechnik, Magnusson Klemencic Associates, Bureau Bas Smets, Now Architecture 2009.

Reciprocity. Ehdotus *Low2No*-kilpailuun. Bjarke Ingels Group BIG, Vahanen, ARUP Foresight Innovation, Transsolar Energietechnik, Anttinen Oiva Arkkitehdit AoA, Masu Planning, Passiivitalo.fi, Pasi Mäenpää ja Mikko Jalas 2009.

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html (viitattu 25.8.2013).

RIL 249-2009. Matalaenergiarakentaminen. Asuinrakennukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki 2009.

Ruuska, Antti et al: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Helsinki 2013.

Ruuska, Antti & Häkkinen, Tarja: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset – Taustaraportti. VTT, Espoo 2013. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/YM_Taustaraportti.pdf (viitattu 4.6.2013).

Ryynänen, Erkka, Oja, Laura, Vehviläinen, Iivo, Kumpulainen, Anna & Vanhanen, Juha: Selvitys hiilijalanjälki- ja päästölaskennan menetelmistä ja kehittämistarpeista 28.11.2012. Gaia Consulting Oy, Helsinki 2012.

http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=140635&lan=fi (viitattu 3.6.2013).

Saari, Arto: Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet. TKK Rakentamistalous. Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy, Helsinki 2001.

Salmela, Pekka: Kempeleen Ekokylä. Luentoaineisto 6.5.2010. Kuntien viides ilmastokonferenssi 2010. http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2010/viides-ilmastokonferenssi/Documents/2_Salmela_Kempeleen_ekokortteli.pdf (viitattu 17.9.2013)

Seppälä, Jyri, Mäenpää, Ilmo, Koskela, Sirkka, Mattila, Tuomas, Nissinen, Ari, Katajajuuri, Juha-Matti, Härmä, Tiina, Korhonen, Marja-Riitta, Saarinen, Merja & Virtanen, Yrjö: Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009. ISBN 978-952-11-3460-9. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki 2009. http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108589&lan=fi (viitattu 16.9.2013).

SFS-EN 15804 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.

SFS-EN 15978 *Sustainability of construction works – Assessment of Environmental Performance of buildings – Calculation method.*

Skaftkärr. Energiatehokas asuinalue Porvoossa. Sitra, Helsinki 2012. http://www.sitra.fi/julkaisut/Esitteet/2012/Skaftkarr_energiatehokas_asuinalue_porvoossa.pdf (viitattu 17.9.2013).

Skaftkärr. Energiatehokkuus kaavoituksessa. Kaavarungon selostus.Pöyry Finland Oy, Vantaa 2010. http://www.skaftkarr.fi/easydata/customers/skaftkarr/files/kaavaprosessi/skaftkarr_kaavarungon_selostusluonnos_29092010.pdf (viitattu 21.5.2013).

Solomon, Susan et al. (toim.): *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Cambridge University Press 2007. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf (viitattu 16.9.2013).

Strandell, Anna: Asukasbarometri 1998. Asukaskysely suomalaisista asuinympäristöistä. Suomen ympäristö 343, Alueiden käyttö. Ympäristöministeriö, Helsinki 1999. ISBN 952-11-1597-1 (PDF), URN:ISBN:9521105585. http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=49203 (viitattu 31.5.2013).

Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990 – 2010. Katsauksia 2012/1. Ympäristö ja luonnonvarat. 2. korjattu painos. Tilastokeskus, Helsinki 2012. http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yymp_kahup_1990-2010_2012_7976_net_p2.pdf (viitattu 29.10.2012).

Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2011. Katsauksia 2013/1. Ympäristö ja luonnonvarat. Tilastokeskus, Helsinki 2013. http://www.tilastokeskus.fi/tup/khkinv/suominir_2013.pdf (viitattu 10.9.2013)

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Helsinki 2011.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Helsinki 2013.

Suomen virallinen tilasto: Kasvihuonekaasut. ISSN=1797-6049. Tilastokeskus, Helsinki 2010. http://www.stat.fi/til/khki/2010/khki_2010_2012-04-26_kuv_004_fi.html (viitattu 10.09.2013).

Suomen virallinen tilasto: Väestörakenne. ISSN=1797-5379. Tilastokeskus, Helsinki 2005. http://www.stat.fi/til/vaerak/2005/vaerak_2005_2006-03-21_tie_001.html (viitattu 31.10.2012).

Säynäjoki, Eeva, Heinonen, Jukka, Rantsi, Jari, Ristimäki, Mika, Nissinen, Ari, Seppälä, Jyri, Lahti, Pekka & Haapio, Appu: Kaupunkien ja kuntien aluetasoiset ekolaskurit: katsaus tarjolla oleviin ekolaskureihin. KEKO A väliraportti 1.2.2012 (pieneltä osin päivitetty 30.11.2012). Tekes, Aalto-yliopisto, SYKE, VTT, Espoo, Helsinki, Joensuu, Kuopio, Lahti, Tampere, Vantaa, Skanska, YIT, Ympäristöministeriö 2013. https://wiki.aalto.fi/download/attachments/69894786/4A.Katsaus%2arjolla%20oleviin%20ekolaskureihin.pdf?version=1&modificationDate=1354289346000&api=v2 (viitattu 9.6.2013).

Teerihalme, Henna: Liikenneviraston hiilijalanjälki. Luentoaineisto, RATA 2012, 24.–25.1.2012 Hämeenlinna. http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/uutiset/tapahtumat/rata2012/250112/rautatieliikenne/RATA2012_Teerihalme.pdf (viitattu 4.6.2013).

Toukovuoren asemakaava ja asemakaavan muutos. Asemakaavan selostus (Asemakaava osalle Tarkkisten kylää, 13. kaupunginosa ja asemakaavan muutos kaupunginosassa 12). 7.2.2012, 6.3.2012, Porvoon kaupunki.

Toukovuori – Majberget. Asemakaavatyön taustaselvitykset. http://www.porvoo.fi/easydata/customers/porvoo2/files/muut_liitetiedostot/rakentaminen_ja_kaavoitus/asemakaavat/456_toukovuori/456_toukovuori_asemakaavatyon_taustaselvitykset.pdf (viitattu 12.9.2013). Taustaselvitykset käsittävät kolme osaa:

Rakennusten energiankulutuksen ilmastovaikutusten arviointi Toukovuoren asemakaavaprosessissa. 15.6.2011. Pöyry Finland Oy, Vantaa 2011.

Rakenteiden hiilijalanjälkitarkastelut. 2.9.2011. Pöyry Finland Oy, Vantaa 2011.

Toukovuoren asemakaavaluonnosten ja kaavaehdotuksen kunnallistekninen vaikutusten arviointi. 20.6.2011. Pöyry Finland Oy, Vantaa 2011.

Tyynilä, Suvi: Honkasuon ekotehokas kaupunkikylä. Luentoaineisto 15.2.2012. Puurakentamisen RoadShow 2012. http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurakentamisen-roadshow-2012/17_Tyynil%C3%A4_Honkasuo_Puurakentamisen%20roadshow.pdf (viitattu 29.10.2012).

Vainio, Tuukka: Asuinrakennusten energiankulutuksen hiilidioksidipäästöjen laskenta osana päästöohjaavaa kaavoitusta. Diplomityö 14.2.2012. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Energiatekniikan laitos, Espoo 2012.

Valitus Helsingin hallinto-oikeudelle koskien Honkasuon asemakaavaa. Hammarström Puhakka Partners 24.9.2012. http://www.betoni.com/ajankohtaista/2012/10/08/betoniteollisuus-ry-jattanyt-valituksen-helsingin-hallinto-oikeudelle-honkasuon-alueen-asemakaavasta (viitattu 29.10.2012).

Valtioneuvoston päätös valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistamisesta. Annettu julkipanon jälkeen Helsingissä 13 päivänä marraskuuta 2008. http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=94400&lan=fi (viitattu 18.12.2012) .

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009. Helsinki 2009. http://vnk.fi/julkaisukansio/2009/j28-ilmasto-selonteko-j29-klimat-framtidsredogoerelse-j30-climate_/pdf/fi.pdf (viitattu 19.5.2013).

Vanhanen, Juha, Pesola, Aki, Vehviläinen, Iivo: Koukkurannan lämpöenergiaratkaisujen vertailu. Loppuraportti 1.12.2011. Gaia Consulting Oy, Helsinki 2011. http://www.tampere.fi/material/attachments/e/6F6hK1qqi/Koukkurannan_energiajarjestelmat_loppuraportti_13012012.pdf (viitattu 10.6.2013).

Vares, Sirje, Häkkinen, Tarja & Shemeikka, Jari: Kestävän rakentamisen tavoitteet ja niiden toteutuminen – Espoon Suurpellon päiväkodin arvio. VTT Tiedotteita 2573. VTT, Espoo 2011. http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2573.pdf (viitattu 4.6.2013).

Voss, Karsten & Musall, Eike: Net Zero Energy Buildings – Definition(s), Load Matching and Grid Interaction. Luentoaineisto 22.9.2011. Energy Science Center – ESC, ETH Zürich, Switzerland 2011. http://www.esc.ethz.ch/ses11/Voss_presentation.pdf (viitattu 12.8.2013).

Wahlgren, Irmeli, Kuismanen, Kimmo & Makkonen, Lasse: Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. VTT:n tutkimusraportti Nro VTT-R-03986-08 9.5.2008. VTT, Espoo 2008.

Widén, Joakim & Wäckelgård, Ewa: Net Zero Energy Solar Buildings at High Latitudes: The Mismatch Issue. EASST 2010 Conference, Practicing Science and Technology, Performing the Social, 2–4 September 2010, Trento, Italy. http://www.anst.uu.se/jowid957/publications/widen_wackelgard_easst_2010.pdf (viitattu 12.8.2013).

Ylitalo, Esa (toim.): Metsätilastollinen vuosikirja 2012. Suomen virallinen tilasto. Maa-, metsä- ja kalatalous 2012. ISBN 978-951-40-2391-0. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa 2012.

Ympäristölainsäädännön soveltaminen tuulivoimarakentamisessa. Työryhmän mietintö. Suomen ympäristö 584. Ympäristöministeriö, Alueidenkäytön osasto, Helsinki 2002. ISBN 952-11-1248-4. *http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=8570&lan=fi* (viitattu 2.6.2013).

http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/Standards.aspx?param=481830&title=Sustainability%20of%20construction%20works (viitattu 16.9.2013).

http://ecocity.fi/tuotteet-ja-palvelut/ecocity-evaluator/ (viitattu 20.5.2013).

http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut (viitattu 16.9.2013).

http://livingbusiness.fi/uusimaa/hankkeet/8-kaynnissa-olevat-hankkeet/53-tyokaluja-vahahiiliseen-aluerakentamiseen (viitattu 20.5.2013).

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu (viitattu 16.9.2013).

http://optimaze.net/fi/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/ympäristölaskenta (viitattu 16.9.2013).

www.passiivi.info (viitattu 16.9.2013).

www.skaftkarr.fi (viitattu 16.9.2013).

http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/ (viitattu 16.9.2013).

http://www.vtt.fi/sites/ilmari/index.jsp (viitattu 31.5.2013).

www.ymparisto.fi/syke/envimat (viitattu 16.9.2013).

Puhelinkeskustelu Kimmo Lylykankaan ja kaupunginarkkitehti Jarmo Heimon välillä 2.9.2013.

”Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus” on ”Energiakaavoituksen mallit” -tutkimuksen (2011–12) raportti. Tutkimuksen tavoitteena oli Porvoon Skaftkärr-hankkeen tuloksia hyödyntäen kuvata asemakaavoituksen vaikutusmahdollisuudet asemakaavoitettavan alueen CO_2e-päästöihin ja esittää toteutusmalleja päästöohjaavalle asemakaavoitukselle. Asemakaavoituksen yhteydessä tehtävä CO_2e-päästölaskenta on osa ympäristövaikutusten arviointia ja suunnittelun apuväline, jonka avulla ratkaisujen vaikutusta ja merkittävyyttä voidaan verrattain luotettavasti arvioida. Raportissa esitetään asemakaavoituksen CO_2e-päästölaskentamalli sekä esimerkkejä ilmastotavoitteita toteuttavista asemakaavoituksen ratkaisuista.

Aalto-TT 13/2013

SITRA

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

ISBN 978-952-60-5340-0 (pdf)
ISSN-L 1799-487X
ISSN 1799-487X
ISSN 1799-4888 (pdf)

Aalto-yliopisto
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Arkkitehtuurin laitos
www.aalto.fi

KAUPPA + TALOUS

TAIDE + MUOTOILU + ARKKITEHTUURI

TIEDE + TEKNOLOGIA

CROSSOVER

DOCTORAL DISSERTATIONS