

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

UUDEN ASUINALUEEN ELINKAARIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISPOTENTIALI KAAVOITUKSEN KEINAIN

**Decreasing life cycle emissions of newly build neighborhood with
means of zoning**

Työn tarkastaja: Tutkijaopettaja, TkT Mika Luoranen

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Sanni Väisänen

Lappeenrannassa 11.1.2019

Lauri Pulkkinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Lauri Pulkkinen

Uuden asuinalueen elinkaaripäästöjen vähentämispotentiaali kaavoituksen keinoin

Kandidaatintyö

2019

25 sivua, 4 kuvaa

Työn tarkastaja: Tutkijaopettaja, TkT Mika Luoranen

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Sanni Väisänen

Hakusanat: Kaavoitus, elinkaaripäästö, asuinalue, energiankäyttö, liikenne, rakentaminen.

Keywords: Zoning, emissions, neighborhood, energy consumption, transport, construction

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tutkia suomalaisten kuntien keinoja, joiden avulla ne voivat vähentää uuden asuinalueen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöjä jo sen kaavoitusvaiheessa. Työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena.

Asuinalueen merkittävimmät päästöt voidaan rajata rakentamiseen, toiminnan aikaiseen energiankäyttöön, sekä liikenteeseen. Kasvihuonekaasupäästölähteiden suhteet vaihtelevat rakennetuilla asuinalueilla runsaasti. Erot johtuvat pääosin rakennustavoista, paikoista ja alueen sijainnista palveluihin nähden. Nykyinen kaavoitusta koskeva lainsäädäntö antaa kunnille paljon mahdollisuuksia vaikuttaa rakennettavaan uuteen asuinalueeseen. Tutkimuksen perusteella kunnat pystyvätkin vaikuttamaan uuden asuinalueen elinkaaren aikaisiin kasvihuonekaasupäästöihin merkittävässä määrin. Tärkeimmät vaikuttamisen keinot keskusta alueen läheisyydessä perustuvat rakennusten elinkaaripäästöjen rajoittamiseen, sekä rakennusten ohjaamiseen vähäpäästöisen energian piiriin. Etäämmällä palveluista liikenteen päästö voi kasvaa muita päästöjä suuremmaksi ja sen huomioon ottaminen muuttuu merkittävämmäksi. Kaavoituksella liikkumista voidaan vähentää lisäämällä ihmisten tarvitsemia palveluita asuinalueen läheisyyteen, ja liikenteen aiheuttamia päästöjä voidaan vähentää lisäämällä julkista liikennettä ja mahdollistamalla liikkumisen vähäpäästöisillä liikennevälineillä

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. ASUINALUEEN KASVIHUONEKAASULÄHTEET	5
2.1. Rakentaminen	6
2.2 Maankäyttö ja pohjatyöt	7
2.3 Energiankäyttö ja jätteet	8
2.4 Liikenne	10
2.5 Elinkaaren loppu	11
3. KAAVOITUS SUOMESSA	12
3.1. Kunta ja kaavoitus	12
3.2 Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen asemakaavalla	13
4. ASUINALUEEN PÄÄSTÖIHIN VAIKUTTAMINEN	15
4.1 Rakennusten elinkaarimallinnus ja suunnittelu mallinnuksen pohjalta	15
4.1.1 Energiatehokkuus.....	16
4.1.2 Uusiutuvan energian tuotanto	16
4.1.3 Puurakentaminen	18
4.2 Liikenteen päästöjen vähentäminen.....	19
4.2.1 Vähäpäästöisen liikenteen suosiminen	20
4.2.3 Palveluiden riittävä kaavoitus	21
4.3 Rakennuspaikan valinta	22
4.4 Asuinalueen tiiveys.....	22
5 TULOKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET	24
5.1 Merkittävimmät päästölähteet.....	24
5.2 Toimenpidesuosituksset kaavoituksessa	26
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	28
Lähteet	29

1. JOHDANTO

Ilmastonmuutoksesta on tullut yksi suurimmista globaaleista kestävyysaasteista. Koska kasvihuonekaasupäästöt ovat pääsyy ilmastonmuutokseen, on päästöjä pyrittävä vähentämään kaikilla sektoreilla. Asuinrakennukset kuluttavat globaalisti 27 % energiasta ja tuottavat 17 % kasvihuonekaasuista (Nejat et al. 2015, 843). Suomen ilmastolaissa (L 22.5.2015/609 Ilmastolaki) on tavoite vähentää kasvihuonekaasuja 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä.

Asuinalueiden kaavoituksen keinoin päästöihin vaikuttaminen on ollut tähän mennessä Suomessa lähinnä kokeiluasteella, eikä sitä ole kokeiltu läheskään kaikissa kunnissa (Virkamäki et al. 2017, 16). Tästä syystä on erittäin tärkeää tutkia, millainen potentiaali päästöjen vähentämiseksi on kaavoituksessa.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tutkia kuntien keinoja, joiden avulla ne voivat vähentää uuden asuinalueen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöjä jo sen kaavoitusvaiheessa. Tätä varten tunnistetaan ja eritellään suurimmat päästölähteet asuinalueen elinkaaren ajalle. Tutkimuksessa keskitytään päästöjen vähentämisen keinoihin, joita on jo käytetty kaavoituksessa Suomessa. Opinnäytetyö tarjoaa myös ohjeistusta, kuinka päästövähennyksiä voidaan saavuttaa optimaalisesti. Tuloksia on mahdollista hyödyntää kaikkialla Suomessa.

Ensin työssä tutkitaan asuinalueen päästölähteet ja eritellään niistä koko elinkaaren suhteutettuna merkittävimmät päästölähteet. Seuraavassa osiossa selvitetään kaavoitusta koskevaa lainsäädäntöä ja määritetään käytössä olevat mahdollisuudet vaikuttaa päästöihin. Lopuksi työssä tutkitaan näiden keinojen mahdollisuuksia vähentää päästöjä.

2. ASUINALUEEN KASVIHUONEKAASULÄHTEET

Tässä tutkimuksessa käsitellään kasvihuonekaasupäästöjä, joita syntyy asuinalueen elinkaaren aikana. Kasvihuonekaasuilla tarkoitetaan CO₂-ekvivalenteiksi muunnettuja kasvihuonekaasupäästöjä. Hiilidioksidi ei ole ainoa päästö, joka aiheuttaa ilmastonmuutosta. Tässä tutkimuksessa kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä käsitellään käyttäen yksikkönä hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂ eq). Hiilidioksidiekvivalentti on yksikkö, jossa kasvihuonekaasupäästöt muunnetaan vastaamaan hiilidioksidin aiheuttamaa kasvihuonekaasuvaikutusta. Useat kaasut, kuten metaani vaikuttavat ilmastoon huomattavasti vahingollisemmin kuin hiilidioksidi. Siksi tällaisen kaasun muuntamisessa käytetään suurempaa kerrointa, kuin hiilidioksidille, joka toimii referenssikaasuna. (Araujo et al. 2014, 101-102)

Elinkaarimallinnuksessa määritetään jonkin palvelun tai tuotteen valmistamisesta, käytöstä ja käytön jälkeisistä toimenpiteistä johtuvat ympäristövaikutukset. Mallissa käytetään kehdosta hautaan ajattelua, jossa koko elinkaari huomioidaan alusta loppuun. Elinkaaren aikaisen hiilijalanjalan laskennassa huomioidaan edellä mainituissa lähteissä syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Elinkaarimallinnuksessa tulee määrittää tavoite ja rajaukset, kerätä tiedot päästöistä ja suorittaa laskenta päästöjen osalta. (Chau et al 2015, 396-397, Araujo et al. 2014, 100)

Asuinalueen elinkaaren aikaiset päästöt koostuvat alueen infrastruktuurin ja rakennusten rakentamisesta, niiden korjaamisesta, sekä elinkaaren lopussa niiden kierrättämisestä. Asuinalueen käyttövaiheen aikana sen päästöt koostuvat käytetystä lämpö ja sähköenergiasta, jätteiden käsittelystä ja liikenteestä. (Stephan et al. 2013, 36-40) Systeemirajoja havainnollistettu kuvassa 1. Alaluvuissa on käsitelty elinkaaren päästöjä, jotka kuuluvat näihin systeemirajoihin.



Kuva 1. Esimerkki elinkaari päästöjen laskentaan käytettävistä systeimirajoista mukailien Stephan et al. 2013

2.1. Rakentaminen

Asuinalueen elinkaari päästöistä rakentamisen osuus on verrattain suuri, useita kymmeniä prosentteja (Stephan et al. 2013, 42). Chaun (Chau et al. 2015, 405) kirjallisuuskatsauksessa todettiin rakentamisen aikaisten päästöjen osuuden olevan 15-40 % elinkaaren aikaisista päästöistä. Asuinalueen rakentamisessa rakennusten osuus on infrastruktuurin rakentamisen päästöjä suurempi. Stephanin (Stephan et al. 2013, 42) tutkimuksessa tavanomaisen asuinalueen infrastruktuurin rakentamisen energiankulutuksen ja päästöjen osuus asuinalueen rakentamisen kasvihuonekaasupäästöistä on alle 20 %. (Stephan et al. 2013, 42). Suurin osa asuinalueen rakentamisen päästöistä aiheutuu rakennusten rakentamisesta.

Ympäristöministeriön tapaustutkimuksessa (Ruuska et al. 2013) tutkittiin asuntojen rakentamisen osuutta rakennuksen muihin elinkaaren aikaisiin päästöihin. Tutkimuksen mallina toimi 6 kerroksinen kerrostalo, jossa on 28 asuntoa. Päästöjen osuus laskettiin tavanomaiselle Helsingissä rakennetulle kerrostalolle 50 vuoden elinkaarella. Yksittäisen rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki on tuhansia tonneja, mutta se voi vaihdella runsaasti eri rakennusten välillä riippuen rakennustavasta, materiaaleista ja rakennuspaikasta. Materiaalien osuus päästöistä vastasi A-energiarakennukselle samaa kuin koko elinkaaren aikainen tilojen lämmityksestä aiheutuva päästö. Passiivitalolle rakentamisvaiheen kasvihuonekaasupäästöt ovat puolitoistakertaiset tilojenlämmityksessä syntyviin päästöihin verrattuna. (Ruuska et al. 2013, 11, 29-31) Mitä energia- tehokkaammaksi rakennukset rakennetaan, sitä suurempaan rooliin rakentamisen osuus

kasvihuonekaasupäästöistä nousee. Muutos aiheutuu, koska eristemäärät ja asennettavan talotekniikan määrä lisääntyvät yhtäaikaaisesti energiankulutuksen osuuden pienentyessä.

Rakennusten remontointi ja kunnostaminen aiheuttaa päästöjä niiden elinkaaren aikana. Ruuskan raportissa rakennusten korjaamisen ja uusien lisäosien päästöjen osuuksien on laskettu molempien olevan noin kolmasosa rakennuksen rakennusvaiheen päästöistä 50 vuoden jaksolla. Sillä kuinka energiatehokkaaksi rakennus on rakennettu, ei ole suurta vaikutusta korjaus- tai lisärakentamisen päästöjen määrään. (Ruuska et al. 2013, 29-32)

Asuinalueen rakentamisen yhteydessä kunta kaavoittaa alueelle tieverkoston. Tieverkoston asvaltoinnista syntyy päästöjä yli 100 tn CO₂ eq kilometrille, jos tien leveys on yhdeksän metriä. Kahdenkymmenen vuoden elinkaaren aikana asvaltoinnin hiilijalanjäljen on esitetty olevan tuhannesosia liikenteen hiilijalanjäljestä tiealueella (Araujo et al. 2014, 109). Tien pitoon, eli tiestön koko elinkaaren aikaiseen ylläpitoon, kuuluu muutakin kuin asvaltointi. Asvaltoinnin lisäksi päästöjä aiheutuu muistakin elinkaaren vaiheista, kuten kunnossapidosta ja valaisusta, sekä tien perustustöistä. (Hagström et al. 2011, 23-34)

Suomessa tiestön pidon päästöt vaihtelevat runsaasti riippuen kyseessä olevan tien koosta ja liikennemäärästä, yleisesti pienemmillä teillä tienpidon päästöt ovat myös pienempiä. Suomessa tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen osuus on noin 14 kertaa suurempi kuin tiestön elinkaaripäästö. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa vaihtelevat muutamista tonneista useisiin kymmeneen tonneihin vuodessa kilometriä kohti. (Hagström et al. 2011, 23-34) Vaikka pelkän asvaltoinnin päästö Araujon tutkimuksessa (Araujo et al. 2014) todettiin suhteellisen merkitykselliseksi tiestöä käytävään liikenteeseen verrattuna, on koko tienpidon elinkaaren aikainen päästö huomattavasti merkittävämpi. Liikenteen päästöä käsitellään tarkemmin luvussa 2.5.

2.2 Maankäyttö ja pohjatyöt

Rakennuksen paikalla on suuri merkitys rakentamisen päästöihin. Maaperä vaikuttaa tontin pohjatyöiden tarpeeseen. Huonolle maapohjalle rakennettaessa pohjatyöiden ja piharakentamisen

osuus päästöistä 50 vuoden elinkaarella voi nousta talorakenteiden rakentamisen päästöjä suuremmaksi päästölähteeksi. Ruuskan tapaustutkimuksessa (Ruuska et al. 2013) tonttirakentamisen päästö nousi maksimitapauksessa noin 1400 tn CO₂ eq, kun kerrostalon rakenteiden rakentamisen päästö oli noin 1200 tn CO₂ eq. (Ruuska et al. 2013, 29-31)

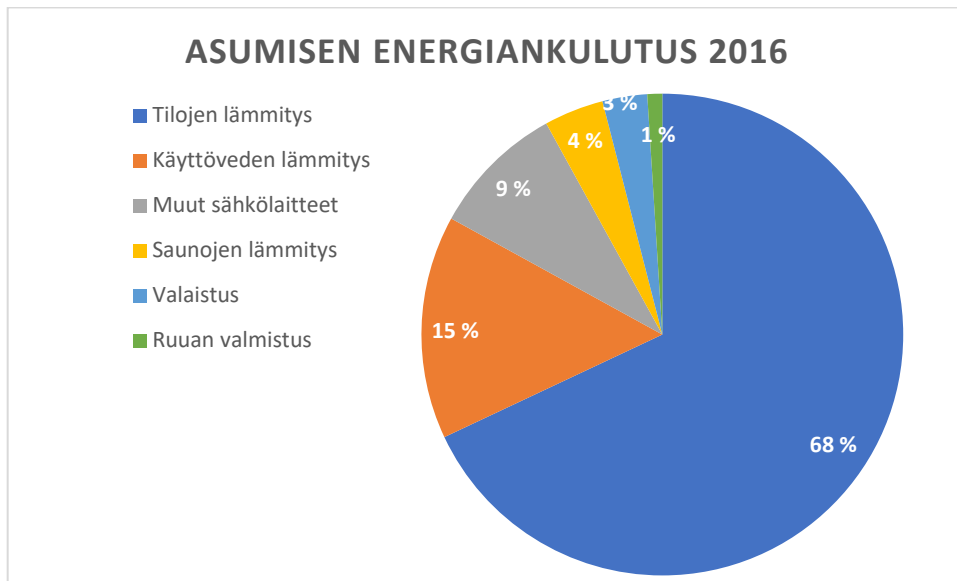
Maa-alaan on sitoutunut eri määriä hiiltä riippuen siitä missä käytössä alue on. Jos alueella on esimerkiksi metsä, on puustoon sitoutunut suuri määrä hiiltä. Maankäytön muutokset, kuten metsän hakkuu muuttaa sitoutuneen hiilen määrää. (Hansis et al. 2015, 1230-1234) Jos uusi asuinalue rakennetaan metsämaalle, on metsä hakattava. Jos rakennettuun alueeseen on sitoutunut vähemmän hiiltä, kuin mitä alueella oli ennen rakentamista, vapautuu muutoksessa hiiltä (Nykänen et al. 2017, 58-59).

Ympäristöministeriön kangasmetsien hiilivarasto on keskimäärin 60-80 tonnia hiiltä hehtaarille. (Lehtonen et al. 2011, 19) Jos tämä hiilivarasto vapautuu, hiilidioksidi ekvivalenteiksi muunnettuna vapautunut päästö on noin 220-300 tn CO₂ eq/hehtaari. Yksittäisen kerrostalon elinkaaren aikainen hiilijalanjälki on useita tuhansia tonneja (Ruuska et al. 2013, 29-31), ja tiivisti rakennettaessa yhdelle hehtaarille mahtuu kymmeniä rakennuksia (Hachem 2016, 465-466). Kuten todettu luvussa 2.1, yhden rakennuksen elinkaaren aikainen hiilidioksidipäästö voi olla tuhansia tonneja. Hiilivaraston muutoksen osuus ei siis ole merkittävän suuri verrattuna asuinalueen elinkaaren päästöihin, mutta huonolle maapohjalle rakennettaessa voidaan aiheuttaa rakentamisessa suuria päästöjä.

2.3 Energiankäyttö ja jätteet

Pohjoismaissa kylmä ilmasto johtaa lämmityksen suureen tarpeeseen. Suomessa noin neljäsosa kaikesta energiatarpeesta menee rakennusten lämmittämiseen. (Mattinen et al. 2014, 70-80) Asumisen energiankulutuksesta suurimman osuuden vievät tilojen ja käyttöveden lämmitys. Vuonna 2016 niiden osuudet koko energiankulutuksesta olivat 68% ja 15%. (SVT 2017) Loput

asumisen energiankäytöstä kuluu muihin sähkölaitteisiin, valaistukseen, saunojen lämmitykseen sekä ruoan valmistukseen. (SVT 2017) Asumisen energiakulutuksen tarkemmat osuudet havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2, Asumisen energiankäyttö vuonna 2016 (SVT 2017)

Kanadassa tehdyssä tapaustutkimuksessa (Hachem 2016, 430-431), jossa tutkittiin mallinnuksen avulla erilaisten asuinalueiden päästöjä, energiatehokkaan asuinalueen energiankäyttö oli 30-50% koko elinkaaren päästöistä. Lämpötilat tutkimuksen alueella ovat viimeisten vuosikymmenien aikana olleet talvella kylmempiä ja kesällä lämpimämpiä, kuin Helsingissä. (Norwegian meteorological institute, Ilmatieteenlaitos) Tästä syystä energiankäyttö voi olla hivenen ylliedustettu tutkimuksessa. Samassa tutkimuksessa heikon energiatehokkuuden asuinalueella, energiakäytön päästöjen osuus oli 65-80%. (Hachem 2016, 431) Asuinalueen energiakulutuksen vähentämisessä on siis suuri potentiaali päästöjen vähentämiseksi.

Myös Chaun (Chau et al. 2015, 403-405) kirjallisuuskatsauksessa todettiin, että yleensä asuinalueen toiminnasta aiheutuvat päästöt ovat elinkaaren alku ja loppupään päästöjä suuremmat. Tutkimuksessa oli selvitetty kymmenien case-tutkimuksien tulokset. Koska asuinalueen energiatehokkuuden parantaminen lisää rakentamisen päästöosuutta suhteessa muihin päästöihin,

voidaan olettaa, että energiatehokkailla asuinalueilla rakentamisen päästö voi olla suurempi kuin energiankulutuksen aiheuttama päästö.

Asuinalueen jätteen käsittelystä aiheutuu päästöjä. Jätteiden kasvihuonekaasupäästöt ilmaan ovat pieniä verrattuna asuinalueen muihin päästöihin (Kellet et al. 2013, 54). Koko elinkaaren verrattuna jätteiden osuus ei siis ole kovinkaan merkittävä. Jätteiden käsittely on kuntien vastuulla, mutta useimmiten siitä vastaavat yksityiset toimijat. (Ympäristöhallinto 2018)

2.4 Liikenne

Liikenne syntyy ihmisten tarpeesta päästä paikasta toiseen. Jos lentoliikennettä ei huomioida, kotimaan liikenteen päästöt olivat vuonna 2017 20,6% Suomen valtakunnallisista kasvihuonekaasupäästöistä (SVT 2018). Tieliikenteen osuus henkilöliikenteen päästöistä oli noin 94%. Muut päästöt johtuvat raideliikenteestä ja lentoliikenteestä. Ajoneuvojen, joita yleensä käytetään henkilöliikenteessä, eli henkilöautoliikenteen, linja-autoliikenteen, kaksipyöräisten sekä mopoautojen osuus tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä on noin 61%. (VTT 2017) Henkilöliikenne aiheuttaa Suomessa merkittävän kasvihuonekaasupäästön.

Stephanin (Stephan et al. 2013, 42) case-tutkimuksessa liikenteen päästöt olivat 33% elinkaaren päästöistä. Hachemin (Hachem et al. 2016) tutkimuksessa liikenteen osuus oli vielä suurempi, erityistapauksessa jopa yli 60%. Saman tutkimuksen perusteella asuinalueella, joka vastaa nykyisiä asuinalueita, rakennukset tuottavat huomattavasti enemmän päästöjä kuin liikenne. Tilanne on kuitenkin päinvastainen, jos asuinalue rakennetaan energiatehokkaaksi. (Hachem 2016, 430-432)

Liikenteen päästöjen osuus on pitkälti riippuvainen päivittäin kuljettujen matkojen pituudesta. Mitä kauempana peruspalveluista asuinalue sijaitsee, sitä suurempaan rooliin kokonaispäästöistä liikenne nousee. Tutkimuksessa 30km päässä palveluista sijaitsevan energiatehokkaan asuinalueen elinkaaren päästöistä liikenteen osuus vastasi yli 60 prosenttia. (Hachem 2016, 431) Tutkimus ei huomionnut kuitenkaan rakentamisen vaikutusta elinkaaren aikaisiin päästöihin.

Rakentamisen osuus on kirjallisuuslähteiden perusteella vähintään 15 % (Chau et al. 2015, 405), joten elinkaaren aikaisista päästöistä liikenteen osuus ei todennäköisesti ylitä 55 %.

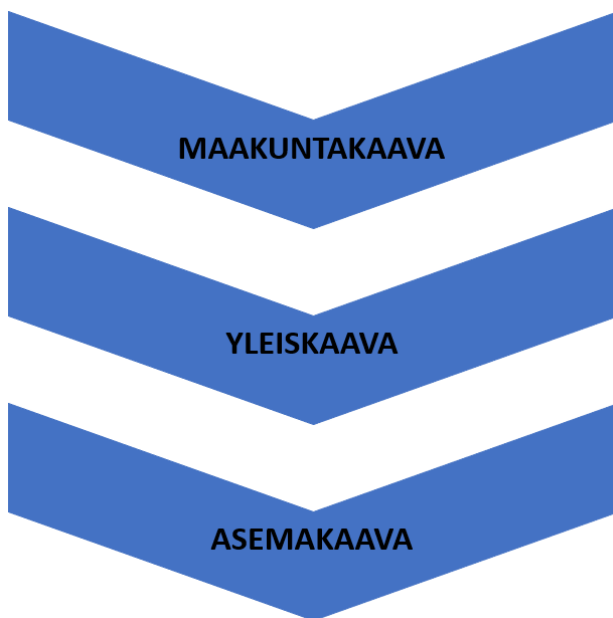
2.5 Elinkaaren loppu

Elinkaaren lopussa asuinalue puretaan. Asuinalueen purkamisesta ja jätteiden käsittelystä aiheutuvat päästöt on otettava huomioon elinkaaritarkastelussa. Elinkaaren lopussa päästöjä syntyy purkamisen energiankulutuksen myötä, sekä jätteenkäsittelyssä. Asuinalueen purkamisesta johtuva energiakäyttö on pieni verrattuna koko elinkaaren aikaiseen energiakäyttöön, jopa alle prosentin suuruusluokkaa. (Stephan et al 2013, 36)

Stephanin (Stephan et al 2013, 36) tutkimuksessa todettiin, että kierrätyksellä voidaan vähentää huomattavasti tulevan rakentamisen hiilijalanjälkeä. Ympäristöministeriön tutkimuksessa (Ruuska et al. 2013, 20-24) laskettiin kerrostalon jätteenkäsittelyn jälkeen kasvihuonekaasupäästö negatiiviseksi, jos materiaalit hyödynnettiin tehokkaasti ja asianmukaisesti. Myös Chau (Chau et al. 2015, 405) kirjallisuuskatsauksessa esitettiin, ettei elinkaaren loppuvaihe aiheuta elinkaaren kannalta merkittäviä päästöjä. Usean tutkimuksen yhteenvetona voidaan todeta, ettei asuinalueen elinkaaren lopun hiilijalanjälki ole merkittävimpiä päästöjä, vaan se voidaan katsoa näiden tietojen valossa olevan pieni muuhun hiilijalanjälkeen verrattuna.

3. KAAVOITUS SUOMESSA

Suomen maankäytön korkeinta valtaa käyttää ympäristöministeriö. Se antaa yleiset ohjenuorat siitä mihin kaavoituksella tulee pyrkiä. Kaavoitusta säädellään lainsäädännön avulla ja lainsäädäntö määrää puitteet mihin kaavoituksella voi ja tulee vaikuttaa. Kaavoituksessa on eri tasoja, joissa tasoltaan ylempi ohjaa alemmaa. Mitä alempi taso on kyseessä, sitä pienempi on kaavan vaikutusalue ja samalla sitä yksityiskohtaisemmin se kuvaa rakentamista alueella. Kaavat ovat järjestyksessä maakuntakaava, yleiskaava ja asemakaava. Alemman kaavatason tulee noudattaa ylemmän kaavatason määräyksiä, eikä siinä näin ollen voida antaa ristiriitaista ohjeistusta ylemmän tasoon nähden. (Ympäristöministeriö 2015) Kuva 3 havainnollistaa kaavatasojen järjestyksen Suomessa.



Kuva 3, Suomen kaavoituslainsäädännön järjestys, ylempi kaavataso ohjaa alemmaa.

3.1. Kunta ja kaavoitus

Kunnat voivat vaikuttaa maankäyttöön alueellaan yleiskaavan ja asemakaavan avulla. Yleiskaava määrittää kaavoituksen yleisen päämäärän. Suomen laissa ohjeistetaan asemakaavasta

näin: ”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.” (L 5.2.1999/132 MRL).

Asemakaava on yleiskaavalle alisteinen. Yleiskaavan lisäksi asemakaavaa laatiessa täytyy ottaa huomioon kunnan määrittämä maapoliittinen ohjelma sekä rakennusjärjestys ja huomioida alueen erityispiirteet. Asemakaava määrää mitkä alueet ovat rakennuskäytössä, mitkä yleisessä käytössä ja mitkä varattu liikenteelle. Asemakaavan vaikutusmahdollisuudet asuinalueeseen ovat laajat. Siinä voidaan antaa yksityiskohtaisia määräyksiä rakentamiseen, kuten määrittää yksittäisten rakennettavien kohteiden sijainti, käyttötarkoitus ja koko. Näin ollen kaavoitus määrittää esimerkiksi alueelle syntyvät palvelut, sekä millaisia asuinrakennuksia alueelle rakennetaan. Lisäksi asemakaavalla voidaan määrätä rakennuksessa käytettäväksi lämmitysjärjestelmäksi kaukolämpö ja kaavoituksessa määritetään yleisten pysäköintipaikkojen määrä. (L 1959/266 Rakennusasetus, L 5.2.1999/132 MRL, Ympäristöministeriö 2015)

3.2 Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen asemakaavalla

Asemakaavassa voidaan antaa määräyksiä, jotka tulee kaavoitettua aluetta käytettäessä ottaa huomioon. Määräykset voidaan tehdä ympäristövaikutusten vähentämisen perusteella (L 5.2.1999/132 MRL). Asemakaavamääräyksillä voidaan esimerkiksi asettaa asuinalueelle vaatimuksia, joiden tavoitteena on vähentää asuinalueen kasvihuonekaasupäästöjä. Kaavassa asetettujen tavoitteiden tai määräysten täytyy olla valvottavissa, muutoin niiden vaikutus voi jäädä vähäiseksi. Tämä onnistuu toteuttamalla ne standardoiduilla arviointimenettelyillä ja numeraalisilla tavoitteilla. Tuloksien varmistamiseksi on hyvä arvioida myös kaavojen vaikuttavuutta päästöihin esimerkiksi työkalujen avulla. (Virkamäki et al. 2017, 12)

Omistamalla maillaan kunta voi tehdä ympäristöpolitiikkaa myös tontteja luovutettaessa. Tontin ostajat voidaan velvoittaa esimerkiksi noudattamaan hiilijalanjälki tavoitteita. Kunta voi hyödyntää tässä myös parhaita tonttejaan, mitä tiukempiin päästötavoitteisiin sitoutuu, sitä parempia tontteja voidaan tarjota. (Virkamäki et al. 2017, 12)

4. ASUINALUEEN PÄÄSTÖIHIN VAIKUTTAMINEN

Tähän mennessä päästöjä on onnistuttu pudottamaan kansallisella tasolla tiukalla energiapolitiikalla, määräämällä tiukkoja rajoituksia rakennusten päästöille, tuottamalla energiaa pienempiä päästöisillä menetelmillä, käyttämällä energiatehokkaampia teknologioita ja sijoittamalla uusiutuvaan energiaan (Nejat et al. 2015, 859). Samoja keinoja on sovellettu Suomessa myös pienemmässä mittakaavassa kaavoitusta suunnitellessa (Virkamäki et al. 2017, 13-16). Suomessa asuinalueen hiilijalanjälkeä on pyritty vähentämään kaavoituksella ainakin Helsingissä, Vantaalla, Porvoossa, Oulussa ja Turussa. Hiilijalanjäljen pienentäminen kaavoituksen keinoin ei ole vielä yleinen käytäntö, vaan se on ollut lähinnä kokeiluasteella. (Virkamäki et al. 2017 13-16)

Edellä mainituissa esimerkkikunnissa tähän mennessä käytettyjä menetelmiä ovat: uusiutuvan energian käyttö, energiatehokkuus, puurakentaminen, hiilijalanjälkien arviointi, rakennuksen suunnittelu elinkaarimallin pohjalta, palveluiden riittävä kaavoitus, rakentaminen raideliikenteen varteen, vähäpäästöisten liikennevälineiden käytön edistäminen, joukkoliikenteen ja kävelämisen suosiminen (Virkamäki et al. 2017, 13-16). Näiden vaihtoehtojen potentiaaliseen päästöjen vähentämiseen paneudutaan myös tässä tutkimuksessa. Lisäksi pohditaan tonttipaikan valinnan ja maankäytön muutosten vaikutusta elinkaaren hiilijalanjälkeen.

4.1 Rakennusten elinkaarimallinnus ja suunnittelu mallinnuksen pohjalta

Hyvä aluetason energiasuunnittelu minimoi energiantarpeen ja tuottaa alueen vaatiman energian mahdollisimman tehokkaasti. Nykyisten rakennussäädösten tavoitteena on minimoida rakennusten energiakulutus lähes nollaenergiatasolle vuodesta 2020 eteenpäin (Paiho et al. 2015, 62). Kuitenkin omakotitalojen, joiden pinta-ala on alle 150 m², energiankulutuksen on pysyttävä alle 200 kwh/m²a ja kerrostalojen 90 kwh/m²a (RakMk 2017 4 §) Rakennukset ovat tällä hetkellä vielä melko kaukana todellisesta nollaenergiarakennuksesta. Energiankulutuksen päästöt ovat vielä tällä hetkellä merkittävässä roolissa elinkaari päästöjen muodostumisessa.

4.1.1 Energiatehokkuus

Asuinalueen päästöjä tutkittaessa tärkeässä roolissa on päästöintensiteetti, eli kuinka paljon hiidioksidia syntyy asuinkelpoista neliötä kohden. Matalampi päästöintensiteetti mahdollistaa useamman ihmisen asuttamisen samalla päästömäärällä. Yleisesti voidaan todeta, että omakotitalojen päästöintensiteetti on korkeampi, kuin kerrostalojen. (Mattinen et al. 2014, 70-80) Tämä johtuu omakotitalojen löyhemmästä lainsäädännöstä, joka sallii kerrostaloja suuremman energiankulutuksen neliötä kohti (RakMk 2017 4 §) ja omakotitalojen väljemmästä asumisesta. (Hachem 2016 423-434) Näin ollen voidaan todeta, että kaavoittamalla omakotitalojen sijasta kerrostaloja, voidaan vähentää asuntojen laskennallista energiankulutusta ja niihin liittyviä päästöjä.

Hachemin (Hachem 2016) tutkimuksessa huomattiin, että rakennusten energiankäytössä on suuri potentiaali vähentää päästöjä. Energiatehokkuuden maksimoinnilla päästöt tippuivat 75 prosenttia, kun niitä verrattiin olemassa olevaan rakennuskantaan Kanadassa. Ruuskan (Ruuska et al. 2013, 29-31) uutta rakennuskantaa koskevassa tutkimuksessa rakennuksen energiatehokkuus ei ollut niin suuressa roolissa, kuin vanhaan rakennuskantaan tehdyssä vertailussa. A-energiatalosta vuoden 2020 ohjeistuksen mukaisesti nollaenergiataloihin muunnettaessa kerrostalon käyttövaiheen aikaiset KHK-päästöt pienenevät noin kolmasosan. Tämä on noin yhtä suuri osuus kuin rakennusmateriaalien ja rakentamistavan valinnalla on saavutettavissa. (Ruuska et al. 2013, 29-31)

4.1.2 Uusiutuvan energian tuotanto

Asuinalueen energiankulutuksen pienentämisen lisäksi energian käytöstä johtuvaan hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa käyttämällä vähäpäästöisiä tai päästöttömiä energiantuotantomuotoja. Jos asuinalue on energiaomavarainen ja sen energiantuotanto on hiilineutraalia, voidaan laskennassa jättää koko asuinalueen energiankulutus tarkastelun ulkopuolelle. (Koskinen 2016, 25-27, 67)

Maksimaalisen aurinkoenergian hyödyntämispotentiaalin saavuttamiseksi tulee rakennusten olla sijoitettu siten, että niiden suurin pinta-ala on etelän suuntainen. Aurinkokeräimien tuotantopotentiaalin kasvun lisäksi näin voidaan vähentää lämmitystarvetta talvella. Pitkän sivun suuntaaminen etelään lisää kuitenkin jäähdystarvetta kesäisin. Pohjoisissa olosuhteissa lämmityksessä saatava hyöty on kuitenkin suurempi kuin lisääntyneen jäähdytyksen tarve. Ulkosivujen suhteiden ja suunnan vaikutus lämmitysenergian tarpeeseen on muutamia kymmeniä prosentteja. (Hachem et al. 2013, 44-46)

Aurinkoenergian potentiaali keskittyy kesälle ja aurinkoenergialla voidaan vähentää kesällä jäähdytyksestä syntyviä päästöjä. Mitä suurempi on etelään suunnattu pinta-ala, sitä suuremman osuuden rakennus pystyy tuottamaan tarvitsemastaan energiasta. Lisäksi aurinkosähköpotentiaalin kannalta suunnittelussa on tärkeää huomioida, etteivät rakennukset tai esimerkiksi puut muodosta varjoja (Hachem et al. 2013, 44-46; Paiho et al. 2015, 63-64). Kolmella eri Suomessa asuinalueella toteutetussa elinkaarimallinnuksessa laskettiin aurinkopaneelien päästöjen vähennyspotentiaalin olevan noin kymmenen prosentin luokkaa energiankulutuksen päästöistä. (Koskinen 2016, 65-74)

Yleisin tapa tuottaa rakennusten käyttämä lämpö Suomessa on kaukolämpö. Kaukolämpö on tehokkaaksi todettu tiheästi rakennettujen asuinalueiden lämmittämisessä. Sitä tuotetaan hyvin erilaisilla polttoaineilla ja menetelmillä eri lämpölaitoksissa. Kaukolämmön tuottaman energian päästöt vaihtelevat siis suuresti alueellisesti. Suurin osa käytetyistä polttoaineista on uusiutumattomia tai hitaasti uusiutuvia, mutta uusiutuvien osuus on kasvussa. Maakaasun, kivihiilen ja turpeen osuus oli vuonna 2014 yli 60%. Bioperäiset polttoaineet voidaan katsoa elinkaarimallinnuksessa lähes päästöttömiksi. (Koskinen 2016, 25-27, 67; Paiho et al. 2015, 23) Näin ollen, kun alueella on tarjolla uusiutuvaan energiaan perustuvaa kaukolämpöä, on siihen ohjaaminen erittäin tehokas tapa päästöjen vähentämiseksi. Silloin energiankäytössä päästöjä aiheuttaisi lähinnä sähkön kulutus.

Asuinaluetta suunnitellessa pitää pystyä tunnistamaan kiinteistöt tai useiden kiinteistöjen ryppäät, joihin energian kulutus on keskittynyt ja pyrkiä vähentämään kulutuksen aiheuttamia päästöjä näillä alueilla. Asuinaluetta suunnitellessa on tärkeää käyttää jonkinlaista mallinnusta siitä, mille alueille päästöt ja energian kulutus keskittyvät. Mallin avulla voidaan valita parhaat energiantuotantolaitosten sijainnit ja tarvittavien energiantuotantoratkaisujen koko. (Mattinen et al. 2014, 70-80)

Uusiutuvaa energiaa, kuten biomassan käyttöä, lisättäessä on tärkeää huomioida rakennusten sijainti. Sama pätee niin talokohtaisiin, kuin useille taloille yhteiseksi rakennettuihin energiantuotantomuotoihin. Jotta olisi mahdollista löytää paras mahdollinen ratkaisu ympäristön kannalta, on mietittävä energianlähteen saatavuutta ja toimitusketjua alueelle. Esimerkiksi kaukolämpöä varten rakennettavat putkilinjat voivat heikentää hyödyn, joka kaukolämmöllä muuten olisi saavutettavissa. (Mattinen et al. 2014, 70-80) Haja-asutusalueilla kaukolämmön sijasta tulisikin kannustaa rakennusten omaan energiantuotantoon ja uusiutuviin lämmitysenergiamuotoihin, tai esimerkiksi kaavoittaa aluekohtaista energiantuotantoa.

4.1.3 Puurakentaminen

Rakennusvaiheen päästöihin vaikuttaa suuresti rakennuksessa käytettävät materiaalit. Useimmiten suuret rakennukset rakennetaan betonista, mutta muutamia kerrostaloja on viime vuosina rakennettu puurunkoisina. Puurakentamisen on todettu vastaavissa kohteissa pystyvän pienentämään rakentamisen hiilijalanjälkeä. Nykäsen (Nykänen 2017) tapaustutkimuksessa betonikerrostalon rakentamisesta aiheutunut päästö oli 75% suurempi, kuin vastaavan puukerrostalon. Puurakenteisiin myös sidotaan hiiltä pitkiksi ajoiksi. Eniten päästöjä puukerrostalossa aiheuttivat betoniosat. (Nykänen 2017, 74)

Myös rakennettavan kohteen suunnittelu ja muotoilu vaikuttavat hiilijalanjälkeen. Jos rakennus on rakennettu lämmön johtumisen tai rakennusmateriaalien tarpeen kannalta epäedullisesti, kasvaa lämmitystarve ja rakentamisen aikainen päästö. Rakennusmateriaalien määrä on pyrittävä minimoimaan rakentamisen hiilijalanjäljen minimoimiseksi. (Nykänen 2017, 75)

Puurakentamisen avulla voidaan lisätä sitoutuneen hiilen määrää rakenteissa. Jos puuhun sitoutunut hiili muutetaan vastaamaan hiilidioksidia, useat puurakennusmateriaaleista sitovat noin puolitoista kertaisena oman massansa verran hiilidioksidia. (Nykänen 2017, 58-59) Jos jo enemminkin mainitun tutkimuksen (Ruuska et al. 2013, 14) perustapauksen kerrostalon seinien, väli- ja yläpohjien ja parvekkeiden materiaalien, että kalusteiden massat lasketaan yhteen, saadaan noin 3250 tn. Jos nämä rakenteet korvattaisiin vastaavalla massalla clt-puuta, joka on kerrostalon kantaviin rakenteisiin sopivaa liimapuuta, sitoutuisi rakenteisiin yli 5000 tn hiilidioksidia. Tämä on suurempi määrä, kuin koko saman tutkimuksen (Ruuska et al. 2013, 29-31) elinkaaren hiilidioksidipäästö vähäpäästöiselle kerrostalolle 50v elinkaarella.

Kerrostalojen lisäksi myös omakotitaloihin voidaan sitoa puurakentamisella hiilidioksidia. Omakotitalo hirsirakennukseen sitoutuneen hiilidioksidin osuus on noin kymmenkertainen rakentamisen hiilidioksidipäästöön verrattuna. Hirsirakennukseen voikin olla sitoutuneena useita kymmeniä tonneja hiiltä. Vastaava päästö rakennuksen lämmityksestä kaukolämmöllä aiheutuu 10-20 vuodessa. (Behm ja Häkkinen 2010, 22-24, 28) Koska hiilivarasto vapautuu rakennusten elinkaaren lopussa, riippuu tutkimuksen rajauksesta, voidaanko tämä päästö laskea negatiiviseksi (Hänninen 2014, 25).

Ilmaston muutoksen torjumiseksi päästöjen on vähennyttävä hyvin nopeasti. (IPCC 2018) Päästöjen on vähennyttävä nopeammin kuin rakennusten elinikä. Hiilivarastojen lisääminen on tästä näkökulmasta tarkasteltuna yksi tapa torjua ilmastonmuutosta. Jos rakennuksille asetetaan elinkaaripäästörajoja, lyhyen aikavälin tarkastelussa voi olla järkevää huomioida puurakentamisen hiilensidonnan mahdollisuudet.

4.2 Liikenteen päästöjen vähentäminen

Liikenteen päästö on riippuvainen käytetystä liikennevälineestä. Liikkumisvälineen valinta on riippuvainen monista tekijöistä. Yksi määräävistä tekijöistä on välimatkojen pituus, esimerkiksi

työpaikan, harrastusten ja asemien etäisyys kotoa. Matkoihin kuluva aika ja matkustamisen mukavuus vaikuttavat myös valintaan. Yksi tärkein keino liikenteen päästöjen vähentämiseksi on vähentää ihmisten riippuvuutta autoista. Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen (Hachem 2016) mukaan autoilua voidaan vähentää rakentamalla tiiviisti, vähentämällä teiden määrää ja parkkipaikkoja. Suunnittelun avulla voidaan vaikuttaa eri kulkuvälineiden houkuttelevuuteen ja välimatkojen pituuteen, ja näin vaikuttaa ihmisten valintoihin. (Hachem 2016, 423)

Mitä lähemmäs kaupungin keskustaa asuinalueet rakennetaan, sitä vähemmän ihmiset tarvitsevat liikennettä. Ajokilometrien määrät alkavat kasvaa nopeasti keskustan ulkopuolisilla asuinalueilla ja asuinalueen sijainnilla keskustaan nähden voidaan havaita merkittäviä eroja. Asuinalueen tiiveydellä ei ole havaittu olevan niin suurta merkitystä, kuin asuinalueen etäisyydellä keskustasta. (Hachem 2016, 428)

4.2.1 Vähäpäästöisen liikenteen suosiminen

Raideliikenteen päästöt ovat huomattavasti alhaisemmat kuin tieliikenteen. Henkilöliikenteen ajoneuvojen päästöissä on suuret erot. Paikallisbussiliikenteen päästö on noin 60% keskimääräisestä henkilöauton päästöstä (VTT 2017) ja raideliikenteen päästö vain muutamia prosentteja (VR group), kun päästöä verrataan kuljetettua henkilöä kohden. Koska liikenteen päästö voi vastata energiatehokkaalla asuinalueella yli puolta elinkaaren aikaisista päästöistä (Hachem 2016, 431), ihmisten ohjaamisella julkisen liikenteen piiriin voidaan saavuttaa huomattavia elinkaaren aikaisia päästövähennyksiä.

Olemassa olevan infrastruktuurin yhteyteen rakennettaessa säästytään uuden infrastruktuurin rakentamiselta ja voidaan lisätä jo valmiiden julkisten yhteyksien täyttöastetta. Kun uusia linjoja ja kulkuyhteyksiä ei tarvitse rakentaa, säästetään rakentamisen aiheuttamalta päästöltä. Infrastruktuurin rakentamisen päästö on yleensä noin 20 % koko asuinalueen rakentamisen aiheuttamasta päästöstä (Stephan et al. 2013, 42), joten valmiin infrastruktuurin yhteyteen rakentamisesta voidaan hyötyä maksimissaan näin paljon. Infrastruktuurin päästöjä voidaan

myös vähentää jakamistaloudella ja mahdollisimman tiivillä rakentamisella. (Stephan et al. 2013, 42)

Yksi keino vähentää autoliikennettä on rakentaa tiestö pyöräilijöitä suosivaksi. Hachemin (Hachem 2016) tutkimuksessa lisäämällä kaikkien teiden varsille polkupyöräkaista, saatiin autolla tehtyjä matkoja vähennettyä 8% Kanadassa. Tutkimuksessa havaittiin myös, että jos pyöräkaistat kattoivat yli 50% tieverkostosta, alkoi se vaikuttaa omistettujen autojen määrään vähentävästi. Muutos tapahtui tilanteessa, jossa palvelut ovat pyöräiltävän matkan päässä. Tutkimuksessa ei mainittu kuitenkaan talven vaikutusta pyöräliikenteeseen. On todennäköistä, että talvi vähentää pyöräilyjen matkojen määrää. Lisäksi on huomioitava, että tiestön rakentaminen ja ylläpito aiheuttaa myös päästöjä (Hagström et al. 2011, 24-31). Autoliikenteen tulee siis vähentyä riittävästi, että pyöräteiden rakentaminen on elinkaaripäästöjen kannalta järkevää. (Hachem 2016, 430)

Ajoneuvojen määrän vähentymisellä on suora liikkumistapoja muuttava vaikutus. Yksityisautojen määrän pudotessa kolmasosaan koko liikenteen päästöt vähenivät 20% vähentyneiden ajokilometrien ja muuttuneiden liikkumistapojen seurauksena. Kaavoituksessa yksityisautojen määrää voidaan vähentää esimerkiksi rajallisella määrällä parkkipaikkoja. (Hachem 2016, 429)

4.2.3 Palveluiden riittävä kaavoitus

Palvelujen kaavoittaminen ja syntyminen asuinalueen yhteyteen vähentää ihmisten tarvetta liikkua kauemmas palvelujen äärelle. Mitä kauempana ollaan palveluiden keskuksesta, sitä enemmän ihmiset liikkuvat ja aiheuttavat päästöjä. Jotta ihmiset siirtyisivät käyttämään myös enemmän kevyttä liikennettä, on palveluiden oltava mahdollisimman lähellä käyttäjiä. (Hachem 2016, 430)

Palvelujen kaavoittamisessa tulee huomioida, että kaikista käytetyimmät palvelut olisivat lähellä, jotta suurin osa matkoista voitaisiin tehdä oman asuinalueen sisällä (Salo 2015, 27). Mitä kauempana asuinalue on palveluista, sitä tärkeämpään rooliin uusien palveluiden rakentaminen

alueelle muodostuu. Hachemin (Hachem 2016, 430) tutkimuksessa 30km etäisyys palveluihin verrattuna hyvin lähellä sijaitseviin palveluihin lisäsi energiatehokkaan asuinalueen päästöjä noin 30%.

4.3 Rakennuspaikan valinta

Asuinalueen elinkaaren päästöissä tonttipaikan valinta vaikuttaa sekä pohjatöiden määrään, että hiilivaraston muutoksista aiheutuvaan päästöön. Kuten todettu luvussa 2.3, näistä jälkimmäinen ei kuitenkaan ole kovinkaan merkittävä elinkaaren päästöistä. Kaavoituksessa merkataan jokaisen rakennuksen paikka, tarvittaessa tarkastikin, joten kaavoittaessa olisi kuitenkin erittäin tärkeää valita rakennuspaikat mahdollisimman vakaalle alustalle ja jättää epävakaa alustat rakentamatta. Näin tonttitöistä aiheutuva päästö, joka voi olla yhtä suuri kuin rakentamisen kasviuonekaasu päästö (Ruuska et al. 2013, 27-31), voidaan välttää.

Kuten aiemmin todettu, tontin maaperällä on suuri vaikutus tarvittavien pohjatöiden määrään. Runsaat pohjatyöt voivat nostaa rakennuksen rakentamisen hiilijalanjäljen jopa kaksinkertaiseksi. Minimitalouksessa pohjatyöt ovat rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen kannalta merkityksettömiä, mutta maksimitalouksessa nousevat merkittävään rooliin.

4.4 Asuinalueen tiiveys

Tiiviillä rakentamisella tarkoitetaan mahdollisimman suuren asuinpinta-alan rakentamista samalle maa-alueelle. Näin rakennettaessa saadaan vähennettyä maankäytön muutosten osuutta päästöistä, kun suurempi määrä rakennuksia saadaan rakennettua samalle maa-alalle. Tiiviimmällä rakentamisella voidaan vähentää myös rakennuksissa ja infrastruktuurissa tarvittavien materiaalien määrää. Mitä tiiviimpi asuinalue on, sitä kannattavammin julkisen liikenteen sekä muiden palveluiden järjestäminen alueelle onnistuu ja sitä tehokkaammin niitä saadaan hyödynnettyä. (Friedman 2015, 17-22)

Hachemin (Hachem 2016, 423) tutkimuksessa todettiin, että asuinalueen tiiveyden vaikutuksesta päästöihin on väitteitä puolesta ja vastaan. Kyseisen tutkimuksen tapaustutkimuksessa asuinalueen tiiveydellä ei havaittu merkitystä kyseisen alueen päästöihin. Tiiveys tosin aiheuttaa sen, että seuraava asuinalue voidaan rakentaa lähemmäs. Samaisessa Hachemin (Hachem 2016, 431) tapaustutkimuksessa etäisyys keskustaan oli merkittävä päästöjen aiheuttaja. Tiiveys ei siis todennäköisesti vaikuta suuresti yhden asuinalueen päästöihin, mutta hyötyä voidaan saada tulevien asuinalueiden rakentamisen myötä.

5 TULOKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

Tässä luvussa arvioidaan kirjallisuuskatsauksessa saatujen tulosten perusteella uuden asuinalueen elinkaaren suurimmat päästölähteet, merkittävimmät vähennyskeinot ja kaavoituksen merkityksen arviointi päästöjen vähentämisessä.

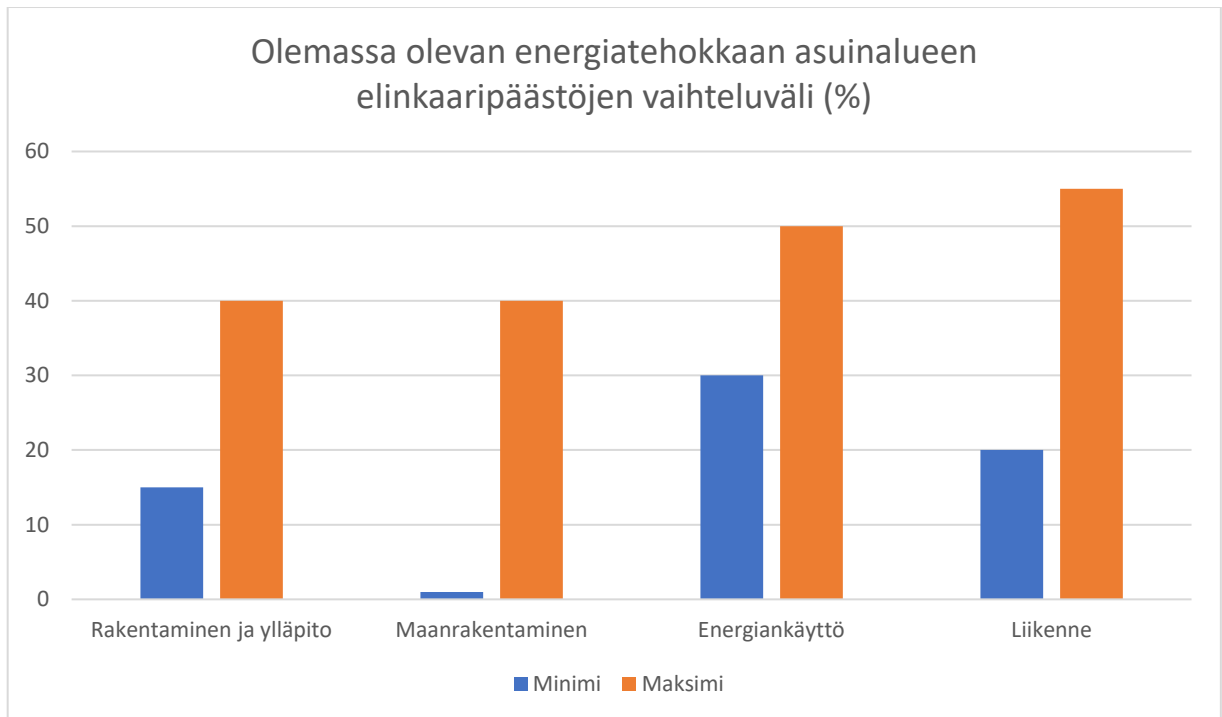
5.1 Merkittävimmät päästölähteet

Lähellä peruspalveluita rakennettaessa asuinalueen päästöt muodostuvat pitkälti rakennusten rakentamisesta ja energiankulutuksesta. Mitä kauemmas palveluista rakennetaan, kasvaa liikenteen ja liikenneinfran osuus päästöistä. (Hachem 2016, 431) Tieliikenteen infrastruktuurin rakentaminen on liikenteeseen verrattuna vain muutamia prosentteja (Hagström et al. 2011, 79). Tulevaisuudessa, jos liikennevälineiden päästöt pienenevät, voi tiestön osuus nousta merkittävämpään rooliin. Tehdyn kirjallisuuskatsauksen valossa liikenteen päästöjen osuus koko elinkaaren päästöistä vaihteli noin välillä 20-55 %, riippuen sijainnista palveluihin nähden.

Tutkittujen lähteiden perusteella rakennusten rakentamisen osuus päästöistä on nykyisillä energiatehokkuusvaatimuksilla yleensä pienempi kuin elinkaaren aikaisen energiankäytön. Tämän tutkimuksen luvun 2.2 valossa energiakäytön osuus energiatehokkaalla asuinalueella on noin 30-50%. Rakennukset ovat kuitenkin muuttumassa huomattavasti energiapiheimmiksi tulevaisuudessa uusien rakennussäädösten myötä (Reinikainen et al 2015, 9). Lähes nollaenergiarakennuksen päästöistä rakentaminen on merkittävässä roolissa ja vastaa noin puolta rakennuksen elinkaaren päästöistä (Ruuska et al. 2013). Kirjallisuuslähteiden perusteella koko asuinalueen elinkaaripäästöistä rakentaminen vastasi noin nykyisellään 15-40 %. Kuten todettu luvussa 2.3, energiatehokkaalla asuinalueella ollaan skaalan korkeammassa päässä, ja energiatehokkuuden vielä noustessa on todennäköistä, että rakentamisen osuus päästöistä tulee vielä nousemaan merkittävämpäänkin rooliin.

Tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella maankäytön muutoksien osuus koko elinkaaren aikaisista päästöistä on pieni. Kuitenkin tonttipaikkojen valinnalla on suuri merkitys tehtävien pohjatöiden ja siten myös aiheutuneiden kasvihuonekaasupäästöjen määrään. Kirjallisuuskatsauksen perusteella pohjatytöt voivat nousta yhtä merkittävään roolin kuin rakennusten rakentaminen.

Yllä listattuja merkittävimpien päästöjen osuuksia nykyisillä energiatehokkailla asuinalueilla havainnollistettu kuvassa 4. Kuvassa esitelty merkittävimmät päästölähteet, sekä niiden maksimi ja minimiosuudet nykyisillä energiatehokkailla asuinalueilla. Kuvasta voidaan havaita, että asuinalueen elinkaaripäästöissä voivat erota toisistaan merkittävästi. Erot johtuvat tutkimuksen perusteella erilaisista rakentamiskäytännöistä ja rakentamispaikasta.



Kuva 4, Kirjallisuuskatsauksen perusteella olemassa olevien energiatehokkaiden asuinalueen elinkaaripäästöt pro-senteissa.

5.2 Toimenpidesuosituksat kaavoituksessa

Liikenteen osuus voi nousta suurimmaksi yksittäiseksi asuinalueen elinkaaripäästöjen lähteeksi (ks. Kuva 4), joten kaavoituksen kannalta ensisijaisinta minimoida kyseinen päästö. Kirjallisuuskatsauksen perusteella luvussa 4.2 todettiin, että tärkein vähennys keino on rakentaminen palveluiden läheisyyteen. Haja-asutusalueiden kaavoituksessa tulisi huomioida palveluiden turvaaminen tai rakentaminen alueelle ja pyrkiä mahdollistamaan pääsy niiden, sekä myös keskustan, äärelle vähäpäästöisillä liikennevälineillä.

Koska tutkimuksen valossa rakennusten rakentamisesta ja käyttövaiheen päästöistä voidaan vähentää reilusti rakennusteknisillä valinnoilla, toinen merkittävä kaavoituksen keino on ohjata rakennuksien rakennuttajat laskemaan rakennusten elinkaaripäästö ja rajoittaa sitä. Jotta rajoittamista voidaan valvoa, on rakennuksille oltava numeeriset päästörajat. Kaavoituksen tulee osaltaan mahdollistaa vähäpäästöinen rakentaminen valitsemalla rakennusten paikat tukevalle pohjalle.

Tämän tutkimuksen luvun 4.1 valossa energiankäytön osalta suurimmat päästövähennykset voidaan saada, jos asuinalueelle tuotettu energia, varsinkin lämpöenergia, voidaan suunnitella mahdollisimman vähäpäästöiseksi. Uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla voidaan lämmöntuotanto suunnitella lähes päästöttömäksi. Rakennusten energiankulutuksesta suurin osa on lämpöä. Alueilla, joilla kaukolämpö on vähäpäästöistä, voidaan rakennusten energiankulutuksen päästöjä vähentää huomattavasti määräämällä rakennukset kaukolämmön piiriin. Jos matalapäästöistä kaukolämpöä ei ole tarjolla, voidaan rakennusten tarvitsema lämpö tuottaa esimerkiksi alueellisella tai rakennuskohtaisella järjestelmällä, ja ohjata rakennukset sen piiriin rajoittamalla niiden elinkaaren aikaista päästöä.

Koska merkittävimmät päästölähteet eroavat huomattavasti riippuen asuinalueen paikasta ja rakennustavasta, ei kaavoitukseen voida antaa yksiselitteistä ratkaisua, jolla päästöjä voidaan vähentää tehokkaasti kaikissa tilanteissa. Kaavoittajan täytyy tunnistaa alueelliset suurimmat

päästöjen aiheuttajat ja pyrkiä vaikuttamaan niihin. Päästöjen vähentämisen painopisteen tulee muuttua alueesta riippuen.

Päästöjen vähentämisen kannalta merkittävimmät kaavoituksessa huomioitavat seikat:

- Etäisyys peruspalveluihin
- Pohjatöiden tarpeen minimointi
- Vähäpäästöisen liikenteen käytön mahdollistaminen
- Numeeriset elinkaaripäästörajat rakennuksille
- Ohjaaminen vähäpäästöisen lämmöntuotannon piiriin

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kandidaatintyössä selvitettiin kuntien mahdollisuuksiin pienentää kaavoitettavien uusien asuinalueiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen potentiaalia. Työssä selvitettiin asuinalueen merkittävimmät päästölähteet, ja kaavoituksessa jo käytössä olevat päästöjen vähentämisen menetelmät. Lisäksi arvioitiin näiden menetelmien tehokkuutta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä.

Kaavoituksella voidaan vaikuttaa syntyvien elinkaaripäästöjen määrään huomattavasti. Kaavoituksessa tehdyt päätökset vaikuttavat asuinalueen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöihin. Saman alueen erilaiset kaavat voivat olla toisiinsa verrattuna olla elinkaaren päästöiltään huomattavan erilaisia.

Merkittävimmät kaavoituksessa käytettävät päästöjen vähentämisen keinot vaihtelevat paikasta ja olosuhteista riippuen, mutta suurimpia päästövähennyksiä voidaan saavuttaa rakentamisen sääntelyllä, vähähiilisellä energiantuotannolla, rakennuspaikkojen määrittelyllä, sekä palveluiden kaavoituksella sekä vähäpäästöisen liikenteen mahdollistamisella. Tähän mennessä kaavoituksen keinoja ei ole vielä käytetty Suomessa laajamittaisesti kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Kuntien sekä kaavoittajien tulisikin työssään tiedostaa kaavoituksen merkitys ja mahdollisuudet kasvihuonekaasujen vähentämisessä.

Tässä tutkimuksessa ei tutkittu eri vaihtoehtojen kustannuksia tai taloudellisia näkökulmia, mutta kunnan sekä rakennuksia rakentavien tahojen resurssit ovat rajalliset. Tulevaisuudessa olisi hyödyllistä toteuttaa lisätutkimus sen osalta, mikä on kustannustehokkain tapa vähentää päästöjä. Rakennuskanta uudistuu suhteellisen hitaasti, joten olisi hyödyllistä tehdä lisätutkimus myös olemassa olevan rakennuskannan kaavamuutosten päästöjen vähennyspotentiaalista. Tutkituista keinoista ainakin palvelujen ja uusiutuvan energiantuotannon lisäämisellä voi olla potentiaalia myös olemassa olevilla alueilla.

Lähteet

Araújo, João, Oliveira, Joel ja Silva, Hugo. 2014. The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements. Julkaisussa: Transportation Research Part D October 2014, Vol.32, pp.97-110, Saatavissa:

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.07.006>

Behm K. ja Häkkinen T. 2010 Hirsitalotoimialan ekokilpailukyky tarkastelu – hirsitalomallin puumateriaalien elinkaariarviointi käsittäen hiilijalanjäljen, energiataseen ja päästöt. VTT Oy. Sivuja 34. Saatavissa: <https://www.hankeportaali.fi/assets/files/uploads/63.pdf>

Chau, C.K., Leung, T.M. ja Ng, W.Y. 2015. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. Julkaisussa: Applied Energy 1 April 2015, Vol.143, pp.395-413, Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.023>

FRIEDMAN, A., 2015. *Fundamentals of Sustainable Neighbourhoods*. Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-10747-9.

Hachem, Caroline, Fazio, Paul ja Athienitis, Andreas. 2013. Solar optimized residential neighborhoods: Evaluation and design methodology. Julkaisussa Solar Energy September 2013, Vol.95, pp.42-64. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.06.002>

Hachem, Caroline. 2016. Impact of neighborhood design on energy performance and GHG emissions. Julkaisussa: Applied Energy 1 September 2016, Vol.177, pp.422-43. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.117>

Hagström M. et al. 2011. Tien ja radanpidon hiilijalanjälki Suomessa. Liikennevirasto. ISBN: 978-952-255-700-1. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts_2011-38_tien_ja_radanpidon_web.pdf

Hänninen P. 2014. Ekologisesti kestävä pientaloasuminen. YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 20. ISBN 978-952-11-4324-3 (PDF). Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.ymp.fi/julkaisut

Ilmatieteenlaitos. Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961. Verkkosivu. [1.1.2019] Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>

IPCC, 2018. Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments. [Lehdistötiedote] Saatavissa: https://www.ipcc.ch/pdf/session48/pr_181008_P48_spm_en.pdf

Kellett, Ronald et al. 2013. A systems approach to carbon cycling and emissions modeling at an urban neighborhood scale Julkaisussa: Landscape and Urban Planning. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.002>

L 22.5.2015/609. Ilmastolaki, FINLEX, Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150609#Pidp445166320>

L 5.2.1999/132 Maankäyttö ja rakennuslaki, FINLEX, Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

L 26.6.1959 Rakennusasetus, FINLEX, Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1959/19590266>

Lehtonen A. et al. 2011. Metsähallituksen hallinnoimien metsien hiilitaseet. ISBN: 978-951-40-2297-5. Sivumäärä 24. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp199.pdf>

Norwegian meteoerological institute. Weather statistics for Coronation, Alberta (Canada). [Verkkosivu] [19.11.2018] saatavissa: <https://www.yr.no/place/Canada/Alberta/Coronation/statistics.html>

Nejat P. et al. A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries). Julkaisussa: Renewable and Sustainable reviews. 2015. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>

Nykänen M. et al. 2017. Puurakentaminen Euroopassa. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. ISBN: 2-4358-83-159-879. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2017/T297.pdf>

Paiho S., Hoang H. ja Hukkalainen M. 2015 Paikallista energiaa asuinalueella. ISBN: 978-951-38-8355-3. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T234.pdf>

Ruuska Antti et al. 2013. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013, Rakennettu ympäristö, s. 39. URN: ISBN: 978-952-11-4154-6. ISBN: 978-952-11-4154-6 (PDF). Julkaisu on saatavana vain sähköisenä: [http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_82013_Rakennusmateriaalien_ymparist\(9056\)](http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_82013_Rakennusmateriaalien_ymparist(9056))

Salo L. 2015. Ekologinen asuinalue Astanaan, Kazakstaniin. TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO. Arkkitehtuurin koulutusohjelma. Diplomityö, 112 sivua. Tarkastaja: Professori Markku Hedman.

Stephan André, Crawford Robert H. ja de Myttenaere Kristel, 2013. Multi-scale life cycle energy analysis of a low-density suburban neighbourhood in Melbourne, Australia. Julkaisussa: Building and Environment October 2013, Vol.68, pp.35-49 saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.06.003>

SVT 2017. Suomen virallinen tilasto (SVT): Asumisen energiankulutus [verkkójulkaisu].

ISSN=2323-3273. 2016, Liitetaulukko 1. Asumisen energiankulutus vuosina 2010-2016, GWh (Korjattu 1.2.2018) . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 16.11.2018].

Saatavissa: http://www.stat.fi/til/asen/2016/asen_2016_2017-11-17_tau_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkajulkaisu].

ISSN=1797-6049. 2017. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 18.11.2018].

Saantitapa: http://www.stat.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-05-24_tie_001_fi.html

Virkamäki P. et al. 2017. Viranomaisnäkökulma rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkiöhtjaukseen. Rakennustarkastusyhtdistys RTY ry

VR group. Ilmastonmuutos. [Verkkosivu] [20.11.2018] Saatavissa:

<http://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/toimintaymparisto/ilmastonmuutos/>

VTT 2017. Liisa laskentajärjestelmä. Suomen tieliikenteen päästöt vuonna 2017. [verkkosivu], [18.11.2018] saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/perustulokset.htm>

Ympäristöhallinto. 2018. Jätehuollon vastuut ja järjestäminen. [verkkosivu] julkaistu 13.6.2013 klo 15.18, päivitetty 2.8.2018 klo 9.00 Ympäristöministeriö. Viitattu 16.11.2018

Ympäristöministeriö 2015. Maankäytön suunnittelun ohjaus – tavoitteena hyvinvoiva elinympäristö. [Verkkosivu] [18.11.2018] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Maankayton_suunnittelun_ohjaus