



Östersundomin hiilijalanjälkitarkastelu



Östersundomin
hiilijalanjälkitarkastelu

© Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011

Teksti: Juha Vanhanen, Mikko Halonen, Aki Pesola ja Anna Kumpulainen; Gaia Consulting Oy
Jouko Kunnas, Tuomo Vesajoki ja Sonja Aarnio; Liidea Oy

Graafinen suunnittelu ja taitto: Sari Yli-Tolppa
Julkaisusarjan graafinen suunnittelu: Timo Kaasinen

ISSN 0787-9024

Esipuhe	5
1 Taustaa	6
2 Lähestymistavan kuvaus	7
3 Skenaariokuvaukset	8
3.1 Yleistä skenaarioista	8
3.2 Skenaario 1: "Hajanainen pientalovaltainen alue"	8
3.3 Skenaario 2: "Tiivistetty pientalovaltainen alue"	9
3.4 Skenaario 3: "Tiivis kaupunkipientaloalue"	9
4 Liikennesuoritteet	10
4.1 Lähtökohdat ja laskentaoletukset	10
4.2 Henkilöautoliikennesuoritteet	10
4.3 Joukkoliikenteen suoritteet	13
4.4 Erytystarkasteluja	14
5 Rakennusten energiankulutus ja lämmitystavat	15
5.1 Energian tarve	15
5.2 Lämmitystapavalinnat	16
5.3 Rakennusten energiankulutus	17
5.4 Erytystarkasteluja	21
6 Hiilijalanjälkilaskelmat	22
6.1 Laskentaperiaatteet	22
6.2 Laskentatulokset	23
6.3 Herkkyystarkasteluja	26
7 Pohdintoja	27
7.1 Liikkumistarve ja liikenteen hiilijalanjälki	27
7.2 Rakennusten energiatehokkuus ja lämmitystapavalinnat	27
7.3 Rakentamisen hiilijalanjälki	28
7.4 Alueen hiilinielut	28
8 Johtopäätökset	29
Liite 1 Skenaariokuvaukset	31
Liite 2 Liikennesuoritteiden laskentaoletukset	33
Liite 3 Puu- ja verkkomaisen tieverkon vertailu	34
Liite 4 Lämpösaarekeilmiö	36
Liite 5 Umpikorttelirakenteen lämpöhäviötarkastelu	38
Kuvailulehti	41

Rakennetun ympäristön kehittäminen hiiliniukaksi on yksi avaintekijä ilmastomuutoksen hillinnässä. Vuonna 2007 Suomen kasvihuonekaasupäästöistä rakennusten ja rakentamisen osuus oli yhteensä 38 %. Lisäksi yhdyskuntarakenteeseen tiiviisti nivoutuvan liikenteen osuus oli 19 %. Rakennusten energiankulutus ja lämmitystavat sekä liikennesuoritteiden määrä ovat juuri sellaisia asioita, joihin aktiivisella kaupunkisuunnittelulla voidaan vaikuttaa ja joilla on suora kytke alueiden hiilijalanjälkeen.

Tässä hankkeessa on tarkasteltu Östersundomin alueen erilaisten suunnitelmavaihtoehtojen hiilijalanjälkeä. Työ on toteutettu skenaariotarkasteluna, jonka tavoitteena on ollut tunnistaa kaupunkisuunnittelun kannalta keskeiset hiilijalanjälkeen vaikuttavat asiat. Työssä ei ole ollut tarkoituksena tehdä alueen yksityiskohtaista suunnittelua eikä tarkastella hiilijalanjälkeä absoluuttisena suuree-

na, vaan tunnistaa keskeiset keinot, joilla alueesta voidaan tehdä niukkahiilinen. Työn laajempaan tarkoituksena on palvel- la alueen yleiskaavasunnittelua tuoden ilmastonäkökulma esille jo riittävän var- haisessa vaiheessa suunnittelutyötä.

Työ on tehty Helsingin kaupunkisuun- nitteluviraston toimeksiannosta. Työtä on ohjannut laaja ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet Alpo Tani, Rikhard Man- ninen, Matti Visanti, Teemu Holopainen, Ari Karjalainen, Sakari Pulkkinen, Olavi Veltheim, Maria Isotupa, Kaisa Yli-Jama, Ina Liljeström, Sari Piela ja Pekka Leivo. Työn tekijät lausuvat kiitokset ohjausryh- mälle hyvistä kommentteista ja monipuoli- sesta keskustelusta hankkeen aikana. Eri alojen asiantuntijoiden kohtaaminen hankkeen ohjausryhmän kokouksissa on mahdollistanut asioiden pohtimisen laa- ja-alaisesti. Työn tekijät uskovat tämän edistävän hankkeiden tulosten hyödyn- tämistä yleiskaavasunnittelun aikana.

Helsingissä 30.11.2010

Työn tekijöiden puolesta
TkT Juha Vanhanen, Gaia Consulting Oy

1 Taustaa

Östersundomiin suunnitellaan puutarha-kaupunkimaista ja pääosin kaupunkipientalovaltaista asumista. Alueen suunnittelussa ja kaavoituksessa on tarkoitus huomioida alueen ilmastovaikutukset. Tämän vuoksi Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto on päättänyt teettää selvityksen alueen hiilijalanjälkeen vaikuttavista tekijöistä. Suunnittelualueen valmistuttua arvioidaan, että Östersundomin suunnittelualueella asuu 50 000 – 80 000 asukasta, joten kyseessä on myös hiilijalanjäljen kannalta merkittävästä tarkastelukohteesta.

Tämän selvityksen tavoitteena on arvioida erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen hiilijalanjälkeä sekä tuottaa tämän perusteella suosituksia alueen suunnitteluun ilmastönäkökulmasta. Työ on toteutettu muodostamalla vaihtoehtoisia skenaarioita, jotka poikkeavat toisistaan erityisesti rakentamisen tiiveyden, liikkumistarpeen ja rakennusten energiaratkaisujen osalta. Tarkastelun keskeisenä lähtöoletuksena on ollut, että Östersundomiin kulkee tulevaisuudessa metro, mikä määrittää pitkälti alueen liikennetarpeiden päälinjat. Muita alueen suunnitteluun vaikuttavia asioita ovat rakennettun alueen rajausta ja alueen tiiveys. Myös alueen energiaratkaisuilla sekä rakennusten energiatehokkuudella on huomattava vaikutus alueen hiilijalanjälkeen.

Östersundomin alueen hiilijalanjälkeä tarkastellaan sekä kokonaismääränä että suhteutettuna alueen arvioituun asukaslukuun. Tarkastelu kohdistuu erityisesti seuraaviin osa-alueisiin:

1. Liikenteen aiheuttama hiilijalanjälki, jossa tarkastellaan erityisesti liikkumisen ja palveluiden järjestämisen vaihtoehtoja eri skenaarioissa. Koska alueen metrolinjaus on alustavasti tehty, tässä hankkeessa keskeisessä roolissa ovat erilaiset vaihtoehtoiset tieverkoston ratkaisut sekä alueelle syntyvä palveluverkon rakenne ja pendelöinti.
2. Rakennuskannan aiheuttama hiilijalanjälki, jossa tarkastellaan erityises-

ti rakennusten energiatehokkuuden vaikutusta hiilijalanjälkeen. Tähän vaikuttaa erityisesti se, minkä tyyppistä rakennuskantaa alueelle syntyy niin asuin- kuin palvelurakennusten osalta ja miten tämän rakennuskannan lämmitystapavalinnat tehdään.

3. Energiaratkaisujen vaikutus hiilijalanjälkeen, mikä kytkeytyy erityisesti rakennusten lämmitysratkaisuihin sekä osaltaan myös liikenteeseen sähköautojen kautta. Erityisen kiinnostava kysymys on, kuinka rakennuskannan lämmitysratkaisut toteutetaan ja mikä on eri lämmitysmuotojen ominaispäästöjen kehitys tulevaisuudessa.

Näiden asioiden lisäksi selvityksessä tarkastellaan erityiskysymyksinä umpikorttelirakenteen ja lämpösaarekeilmiön vaikutusta alueen lämmitysenergian tarpeeseen sekä puumaisen ja verkkomaisen tiestön merkitystä alueen liikenteen aiheuttamaan hiilijalanjälkeen.

Raportin luvussa 2 on kuvattu selvityksessä käytetty lähestymistapa ja eri vaiheiden toteutuksen periaatteet lyhyesti. Luvussa 3 on esitetty selvityksessä tarkastellut skenaariot, jotka poikkeavat toisistaan lähinnä rakentamisalueen tiiveyden suhteen, millä on suora vaikutus liikennesuoritteisiin ja rakennuskannan lämmitystapavalintoihin eri skenaarioissa. Alueen liikennesuoritteita on tarkasteltu lähemmin luvussa 4. Rakennusten energiankulutusta ja lämmitystapavalintoja on tarkasteltu puolestaan luvussa 5. Varsinaiset hiilijalanjälkilaskelmat oletuksineen, tuloksineen ja herkkyystarkasteluineen on esitetty luvussa 6. Työn tekijöiden pohdinnat ja näkemykset hiilijalanjälkeen liittyvistä asioista on koottu lukuun 7. Johtopäätökset ja suositukset alueen jatkosuunnitteluun on esitetty tiivistetysti luvussa 8.

2 Lähestymistavan kuvaus

Östersundomin alueen rakentaminen tapahtuu vaiheittain ja koko alueen rakentaminen kestää vuosikymmeniä. Tällä hetkellä on käytännössä mahdotonta ennustaa tarkasti, miltä alue näyttää vuonna 2050. Alueen suunnittelun erilaisia vaihtoehtoja voidaan kuitenkin tutkia skenaarioiden avulla. Skenaarioiden tarkoituksena on kuvata erilaisia vaihtoehtoisia kehityspolkuja, jotka kertovat millaiseksi alue muodostuu niin rakennusten, liikenteen kuin energiankäytön osalta. Skenaarioiden avulla on tarkoitus havainnollistaa erilaisten suunnitteluratkaisujen vaikutuksia – tässä tapauksessa vaikutuksia alueen hiilijalanjälkeen.

Tarkastelussa on käytetty kuvassa 2.1 esitettyä lähestymistapaa. Työn lähtökohdina ovat erilaiset tulevaisuutta kuvaavat skenaariot, jotka määrittelevät alueen kehityksen päälinjat. Skenaarioissa määritetään muun muassa minne rakentaminen kohdistuu, mikä on rakentamisen tehokkuus, millainen tieverkosto alueelle syntyy ja miten rakennusten energiahuolto toteutetaan. Lisäksi skenaarioissa otetaan kantaan alueen palveluverkostoon, joukkoliikennelratkaisuihin ja työpaikkojen määrään.

Skenaarioiden määrittämisen jälkeen työn toisessa vaiheessa tarkastellaan tarkemmin hiilijalanjälkeen vaikuttavia keskeisiä sektoreita (liikenne, rakennukset, paikalliset energiaratkaisut) sekä mallinnetaan nämä siten, että niiden avulla voidaan tuottaa lähtötiedot hiilijalanjäljen laskentaan. Perusteluna tarkastelun rajaamiseksi edellä mainituille rakennetun ympäristön osa-alueille on se, että nämä osa-alueet kattavat suurimman osan alueen hiilijalanjäljestä ja niihin voidaan vaikuttaa kaupunkisuunnittelun toimesta. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty teollisuus, koska mahdollinen alueelle tuleva teollisuus ei palvele lähtökohteisesti itse aluetta, vaan on osa laajempaa teollista tuotantojärjestelmää. Samoin tarkastelun ulkopuolelle on jätetty keskitetyt energiantuotantolaitokset, joiden voidaan katsoa palvelevan laajempaa energiajärjestelmää.

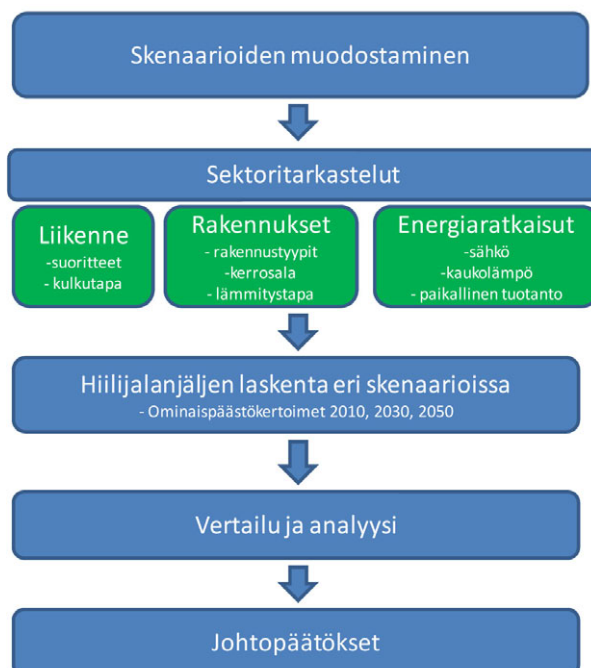
Työn kolmannessa vaiheessa suoritetaan hiilijalanjälkilaskelmat. Liikenteen osalta laskelmia varten määritetään ensin liikennesuoritteet (henkilöautot ja joukkoliikenne) eri skenaarioissa, minkä jälkeen liikenteen hiilijalanjälki voidaan määrittää kulkutapakohtaisten ominaispäästökertoimien avulla. Liikennesuoritteiden tarkastelu kohdistetaan arkiliikkumiseen.

Rakennusten lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden kulutuksen tarkastelu perustuu erityyppisten rakennusten kerrosinta-alaan ja ominaiskulutukseen huomioiden, että osa rakennuksista on liitetty kaukolämpöön, osassa käytetään erilaisia lämpöpumppuratkaisuja ja osassa hyödynnetään bio- ja aurinkoenergiaa. Lisäksi tarkastelussa huomioidaan, että rakentamisessa siirrytään nykyisistä normitaloista tulevaisuudessa matalaenergiarakentamisen kautta passiivitaloihin. Lisäksi huomioidaan korttelirakenteen (umpikortteli vs. pistetalot) vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Paikallisen energiantuotannon osalta huomioidaan eri skenaarioissa erityisesti aurinkosähkön hyödyntämisen vaikutukset hiilijalanjälkeen. Hiilidioksidipäästöjen ominaiskertoimien muutosten ajallista vaikutusta pyritään havainnollistamaan tarkastelemalla alueen kehitystä nykypäivästä vuoteen 2050 asti.

Hiilijalanjäljen laskennan perusteella suoritetaan työn neljännessä vaiheessa eri skenaarioiden keskinäinen vertailu. Vertailun tarkoituksena on yhtäältä nostaa esille skenaariot, joissa kokonaishiilijalanjälki on erityisen suuri tai pieni; sekä toisaalta tuoda esille, millä hiilijalanjäljen osa-alueilla kestäväällä kaupunkisuunnittelulla voidaan saada merkittävimmät vaikutukset. Tarkoituksena ei siis ole pelkästään skenaarioiden vertailu, vaan sen lisäksi tarkoituksena on tuottaa kokonaisnäkemys siitä, millaisia vaikutuksia erilaisilla ratkaisuilla on ja miten näitä hyviä käytäntöjä voitaisiin hyödyntää kaupunkisuunnittelussa.

Tehdyn vertailun ja analyysin perusteella tuotetaan vielä johtopäätökset, joissa painotetaan erityisesti niitä toimenpiteitä, joilla hiilijalanjälkeä voitaisiin pienentää kaupunkisuunnittelun keinoin. Lisäksi tarkastelu nostaa esille asioita, joihin olisi syytä kiinnittää huomioita jatkosuunnittelussa nykyistä enemmän, mikäli ilmastonäkökulmaa halutaan alueen suunnittelussa edelleen vahvistaa.

Kuva 2.1: Lähestymistavan kuvaus



3 Skenaariokuvaukset

3.1 Yleistä skenaarioista

Skenaario on johdonmukainen kuvaus siitä, miten tietty asia voisi kehittyä vallittujen oletusten valossa. Kyse ei siis ole ennusteesta, vaan erilaisten, sisäisesti loogisten ja johdonmukaisten kehityspolkujen tunnistamisesta, minkä pohjalta voidaan avoimesti keskustella vaihtoehtoisista tulevaisuuden poluista.

Mitä pidemmän aikavälin tarkasteluista on kyse, sitä epätodennäköisempää on, että mikään laadituista skenaarioista toteutuisi sellaisenaan – eikä tämä olekaan skenaariotarkasteluiden ensisijainen tarkoitus. Vaihtoehtoisia skenaarioita rakennetaan ennen kaikkea sen vuoksi, että niitä voidaan hyödyntää strategisessa suunnittelussa sekä osallistavan ja avoimen päätöksentekoprosessin tukena.

Skenaarioita voidaan rakentaa monista eri lähtökohdista. Niissä voidaan painottaa käyttötarkoituksen mukaan esimerkiksi poliittisia, taloudellisia, yhteiskunnallisia, ympäristöllisiä tai teknologisia asioita. Maankäytön suunnittelun yhteydessä skenaariotarkastelut voivat auttaa hahmottamaan esimerkiksi rakentamisen tehokkuuteen, liikkumistapoihin ja -tarpeisiin, energiatuotanto- ja kulusratkaisuihin ja niiden vaikutuksiin liittyviä eroja. Skenaariotyö auttaa kohdistamaan huomion niihin valintoihin, joilla on oikeasti merkittäviä vaikutuksia suunnittelun ja päätöksenteon kannalta.

Tässä hankkeessa on tarkasteltu kolme eri skenaariota, joille on annettu seuraavat työnimet:

- Skenaario 1: "Hajanainen pientalovaltainen alue"
- Skenaario 2: "Tiivistetty pientalovaltainen alue"
- Skenaario 3: "Tiivis kaupunkipientaloalue"

Kutakin skenaarioita tarkastellaan kahdella eri väestömäärällä (50 000 ja 80 000 asukasta). Alueella on tällä hetkellä noin 6500 asukasta ja tämän asukasmäärän oletetaan pysyvän alueella myös tule-

vaisuudessa. Kun alueelle muuttaa lisää asukkaita, myös vanhojen alueiden oletetaan tiivistyvän siten, että niiden asukasmäärä kasvaa 1,5-kertaiseksi lukuun ottamatta valmiiksi rakennetuiksi arvioituja Länsimäen ja Landbon alueita. Tällöin vanhoilla alueilla asuu noin 9500 henkilöä.

Kaikissa skenaarioissa metro toimii joukkoliikenteen ytimenä. Skenaarioissa oletetaan samanlainen rakennusten energiatehokkuuden kehitys perustuen kiristytviin energiatehokkuusnormeihin. Sähkön ominaisuudet ovat kaikissa skenaarioissa yhtäläiset valtakunnan keskiarvon mukaan. Samoin kaukolämmön ominaispäästöjen kehittyminen on oletettu samanlaiseksi kaikissa skenaarioissa. Tämän lisäksi kaikissa skenaarioissa oletetaan sama työpaikkaomavaraisuus, vaikka joissain skenaarioissa voi olla muita parempia edellytyksiä työpaikkojen määrän kasvattamiselle.

Skenaarioiden keskeisimmät erot liittyvät rakennettavan alueen laajuuteen ja rakentamisen tehokkuuteen. Tämä puolestaan vaikuttaa liikennesuoritteisiin ja rakennusten lämmitystapojen valintaan. Tiiviillä alueilla rakennusten on oletettu liittyvän kaukolämpöjärjestelmään ja hajanaisemmillä pientaloalueilla käytössä on joko pieniä alueellisia ratkaisuja tai erillisiä talokohtaisia lämmitysratkaisuja perustuen pääosin erilaisiin lämpöpumppuratkaisuihin. Skenaariokuvaukset on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 1.

3.2 Skenaario 1: "Hajanainen pientalovaltainen alue"

Skenaario 1 kuvaa kehityspolkua, jossa pientalovaltaiset ratkaisut ovat vallitsevia ja rakentaminen on levittäytynyt laajalle alueelle, myös moottoritien pohjoispuolelle. Vaikka kaupalliset toiminnot ovat pääosin keskittyneet yhteen keskukseen Porvoon moottoritien liittymään, pientaloalueilla on lähikauppoja ja metroasemien yhteydessä myös jonkin verran palve-

luja. Asuinkerrosalasta vajaa kolmannes sijaitsee matalissa kerrostaloissa metroasemien ympärillä ja hieman yli kaksi kolmannesta erillis-, pari- tai rivitaloissa. Metroasemien ympäristössä, noin 400 metrin säteellä, aluetehokkuus on keskimäärin 0,55. Pientaloalueilla aluetehokkuus on 50 000 asukkaan muutettua alueelle keskimäärin 0,07. Väestömäärän kasvaessa 80 000 asukkaaseen alueet tiivistyvät siten, että pientaloalueilla aluetehokkuus on 0,12. Alueella on paikallisten palveluiden ansioista kohtuullisesti työpaikkoja ja jonkin verran toimistoja. Työpaikat ovat keskittyneet kauppakeskusalueen ympäristöön.

Kuten muissakin skenaarioissa, metro toimii joukkoliikenteen ytimenä halitun työmatkaliikennettä keskusta. Metroasemien yhteydessä on laajat liityntäparkit, jotka kokoavat yksityisautoja pientaloalueilta. Yksityisautoilua Helsingin suuntaan tapahtuu tässä skenaariossa kuitenkin kohtuullisen paljon. Tämän lisäksi skenaariossa bussiyhteydet täydentävät joukkoliikennetarjontaa palvelun mm. kehäteiden työmatkaliikennettä. Alueen tieverkosto on pääosin puumainen ja kokoojatiet ohjaavat liikenteen metroasemien ympäristöön pientaloalueilta.

Kaukolämpöverkko seuraa karkeasti metron linjausta ja toimii pääasiallisena lämmitysratkaisuna metroasemien läheisyydessä olevissa kerrostaloissa ja palvelurakennuksissa. Pientaloissa lämmitysmuotoina ovat ensisijaisesti erilaiset lämpöpumppuratkaisut. Osassa pientaloalueita on myös alueellisia kevennettyjä kauko- tai aluelämpöratkaisuja. Sähkö saadaan pääosin yleisestä sähköverkosta. Tämän lisäksi alueen rakennuksiin on integroitu aurinkopaneeleja, joiden vuosituotanto vastaa keskimäärin 20 % alueen sähkön tarpeesta.

3.3 Skenaario 2: "Tiivistetty pientalovaltainen alue"

Skenaario 2 kuvaa kehityspolkua, jossa alue kehittyy hieman skenaariota 1 tiiviimmäksi. Tiivistymistä tapahtuu keskittämällä rakentaminen lähes kokonaan Porvoon moottoritien eteläpuolelle, sijoittuen kuitenkin suhteellisen tasaisesti metrolinjan molemmille puolille. Samalla metroasemien ympäristöt tiivistyvät hieman luoden edellytykset laajemmille palveluille metroasemien yhteydessä. Myös tämä skenaario on pientalovaltainen. Asuinkerrosalasta noin kolmannes sijaitsee matalissa kerrostaloissa metroasemien ympärillä ja noin kaksi kolmannesta erillis-, pari- tai rivitaloissa. Metroasemien ympäristössä, noin 400 metrin säteellä, on matalahkoja kerrostaloja pistetaloina. Näiden matalien kerrostaloalueiden aluetehokkuus on keskimäärin 0,55. Pientaloalueilla aluetehokkuus on noin 0,17. Skenaariosta 1 poiketen pientalorakentamista ohjataan voimakkaammin siten, että eri osa-alueet rakennetaan kerralla valmiiksi lopulliseen tehokkuuteen. Asukasmäärän kasvaessa 50 000 asukkaasta 80 000 asukkaaseen alueet eivät siis tiivisty, vaan rakennettavaksi otetaan uusia alueita.

Alueen hallitsevan palvelukeskuksen muodostaa Porvoon moottoritien liittymän ja suunnitellun metroaseman leikkauspisteeseen syntyvä kauppakeskusalue. Tämän lisäksi kohtuullisen tiiviiden metroasemien ympäristössä on päivittäistavarakauppoja sekä jonkin verran muita palveluja. Alueella on paikallisten palveluiden ansioista kohtuullisesti työpaikkoja ja jonkin verran toimistoja. Työpaikat keskittyvät pääosin kauppakeskusalueen ympäristöön.

Metro on keskeinen joukkoliikenteen ratkaisu, joka hallitsee myös työmatkaliikennettä. Metroasemien yhteydessä on liityntäparkit, jotka kokoavat yksityisautoja pientaloalueilta. Yksityisautoilua Helsingin suuntaan tapahtuu myös tässä skenaariossa kohtuullisen paljon. Tämän

lisäksi skenaariossa on mukana bussiyhteydet kehäteille mm. työmatkaliikennettä varten. Alueen tieverkosto on pääosin puumainen ja kokoojatiet ohjaavat liikenteen metroasemien ympäristöön pientaloalueilta.

Kuten skenaariossa 1, kaukolämpöverkko seuraa karkeasti metron linjausta ja toimii pääasiallisena lämmitysratkaisuna kerrostaloissa. Pientaloissa lämmitysmuotoina ovat ensisijaisesti erilaiset lämpöpumppuratkaisut, mutta osassa pientaloaluetta esiintyy alueellisia kevennettyjä kauko- tai aluelämpöratkaisuja. Sähkön tarve katetaan samalla tavalla kuin skenaariossa 1.

3.4 Skenaario 3: "Tiivis kaupunkipientaloalue"

Skenaario 3 kuvaa kehityspolkua, jossa maanäytön määrätietoisemmalla ohjauksella luodaan muita skenaarioita tiiviimpää kaupunkirakennetta. Lopputuloksena syntyy kaupunkimainen rakenne, jossa noin puolet asukkaista asuu kerrostaloissa alueen keskustoissa lähellä metroasemia ja noin puolet asukkaista townhouse-tyyppisillä kaupunkipientaloalueilla. Metroasemien ympäristössä toteutuu nauhakaupunkimainen, matalahko umpikorttelirakenne. Näillä alueilla aluetehokkuus on keskimäärin 0,75. Pientaloalueilla, nauhakaupungin laidoilla, aluetehokkuus on keskimäärin 0,25.

Palvelut jakautuvat tässä skenaariossa suhteellisen tasaisesti pääkatujen varsille ja palveluverkosto seuraa metroasemien linjausta. Kaikkien metroasemien yhteydessä tarjotaan varsin monipuoliset palvelut alueen asukkaille. Alueella on paikallisten palveluiden ansioista kohtuullisesti työpaikkoja, jotka jakaantuvat kohtuullisen tasaisesti kaupunkimaiselle alueelle.

Metro on keskeinen joukkoliikenteen ratkaisu, joka hallitsee myös työmatkaliikennettä Helsingin keskustaan. Tiivis kaupunkimainen rakenne mahdollis-

taa tehokkaan alueen sisäisen bussiliikenteen ja tukee alueen palveluja. Pääosa alueen asukkaista asuu jalankulkuehtaisyydellä metroasemista, mikä mahdollistaa autottoman elämäntavan. Alueen katuverkolle antavat kaupunkimaista leimaa metrolinjaa kohtisuorassa leikkaavat kauppakadut, ja asuntokadut muodostavat muita skenaariota voimakkaammin verkkomaista hahmoa. Vaikka metroasemat edelleen kokoavat palveluja lähistölleen, luo tiivis rakenne edellytyksiä palveluiden sijoittumiselle myös muille alueille kulmakauppojen tapaan.

Lämmitysratkaisujen osalta tässä skenaariossa kaukolämpöverkko seuraa myös metron linjausta, johon asuminen on keskittynyt. Keskustassa yleinen umpikorttelirakenne parantaa hieman rakennusten energiatehokkuutta ja tuottaa muita skenaarioita voimakkaamman lämpösaarekeilmiön. Kerrostaloissa lämmitysmuotona on pääosin kaukolämpö. Pientaloalueilla lämmityksessä hyödynnetään sekä kaukolämpöä että erilaisia lämpöpumppuratkaisuja. Sähkö saadaan pääosin yleisestä sähköverkosta kuten skenaarioissa 1 ja 2. Aurinkosähkö, joka kattaa 20 % alueen sähköntuotannosta kuten skenaarioissa 1 ja 2, tuotetaan tässä skenaariossa erillisillä tuotantokentillä.

4 Liikennesuoritteet

4.1 Lähtökohdat ja laskentaoletukset

Vaihtoehtoisten maankäyttöskenaarioiden liikennesuoritteet ovat hiilijalanjälkilaskelmien yksi oleellisimmista lähtötiedoista. Liikennesuoritteiden tarkastelu on rajattu koskemaan arkiliikettä eli liikennesuoritetta, johon yhdyskuntarakenteella ja liikennejärjestelmäsuunnittelulla voidaan vaikuttaa. Arkiliikenteeksi luetaan muun muassa työ-, opiskelu- ja asiointimatkat sekä vapaa-ajan matkat harrasteisiin. Tarkastelun ulkopuolelle jäävät esimerkiksi lomamatkat sekä pitkät työasiamatkat.

Kaikissa tarkasteltavissa skenaarioissa lähtöoletuksina ovat seuraavat tekijät:

- Metro toimii joukkoliikenteen ytimenä
- Bussiyhteydet täydentävät joukkoliikennetarjontaa kehäteille
- Kaikki palvelut ovat saatavissa alueelta
- Kaupan palveluiden mitoitus on sama (sijoittumisessa pieniä eroja)
- Työpaikkaomavaraisuus on noin 60 %
- Pendelöinti Helsinkiin on noin 35 %
- Alueen tieverkossa erot ovat suhteellisen pienet

Liikennesuoritteiden laskenta perustuu eri skenaarioiden aluetehokkuuteen sekä asuinalueiden sijaan metroasemien ja näiden yhteydessä sijaitsevien palvelukeskittymien ympärillä. Tarkemmat laskelmien lähtöoletukset on kuvattu liitteessä 2.

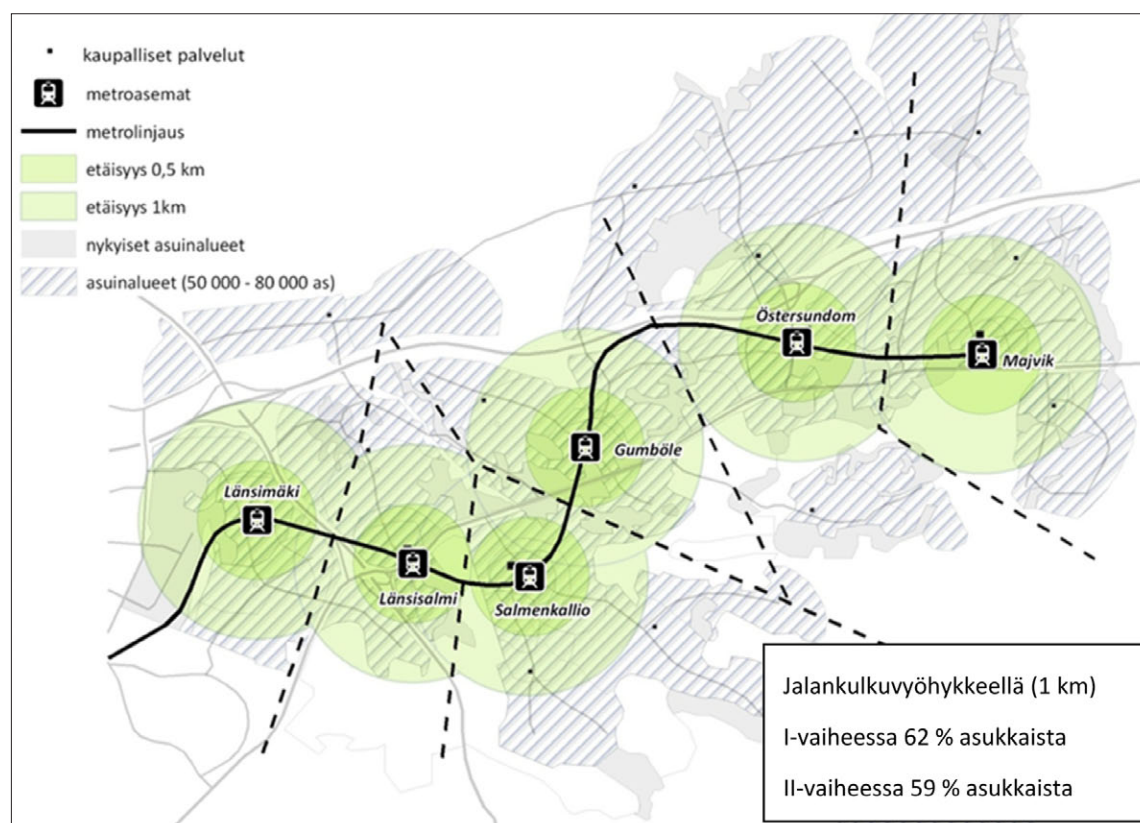
4.2 Henkilöautoliikennesuoritteet

4.2.1 Skenaario 1

Skenaario 1 on tarkastelluista maankäyttötöratkaisuista hajanaisin. Metroasemien jalankulkuyöhykkeen (1 km) ulkopuolelle sijoittuu noin 40 prosenttia väestöstä (ks. kuva 4.1). Yksityisautoiluun tukeutuvan maankäytön laajuus kasvattaa skenaarion 1 liikennesuoritteet muita vaihtoehtoja suuremmaksi.

Aluetehokkuudeltaan matalat pientaloalueet moottoritien pohjoispuolella lisäävät merkittävästi henkilöautoliikennettä ja kasvattavat yksityisautoilla tapahtuvaa pendelöintiä muualle pääkaupunkiseudulle. Moottoritien ja erityisesti sen ramppien läheisyys kannustaa henkilöauton käyttöön. Myös alueen eteläosan laajat pientaloalueet lisäävät yksi-

Kuva 4.1. Asuinalueet ja niiden etäisyydet metroasemista skenaariossa 1.



tyisautoilua. Henkilöautosuoritteen arvioidaan olevan ensimmäisessä vaiheessa (50 000 asukasta) keskimäärin 21,6 kilometriä asukasta kohden ja toisessa vaiheessa (80 000 asukasta) keskimäärin 18,9 kilometriä asukasta kohden.

Tässä skenaariossa on oletettu, että pientaloalueet rakentuvat tasaisesti siten, että ne ovat jo alkuvaiheessa kattaen asuttuja ja sen jälkeen tiivistyvät tasaisesti. Maankäytöskenaarioiden ensimmäisessä vaiheessa pientaloalueiden aluetehokkuus on varsin matala (0,07), mikä vaikeuttaa erityisesti kannattavan joukkoliikenteen järjestämistä. Alhaisesta aluetehokkuudesta johtuen myös kaupan lähipalveluverkko jää harvaksi ja vaikeuttaa asiointimatkojen pituuteen näitä

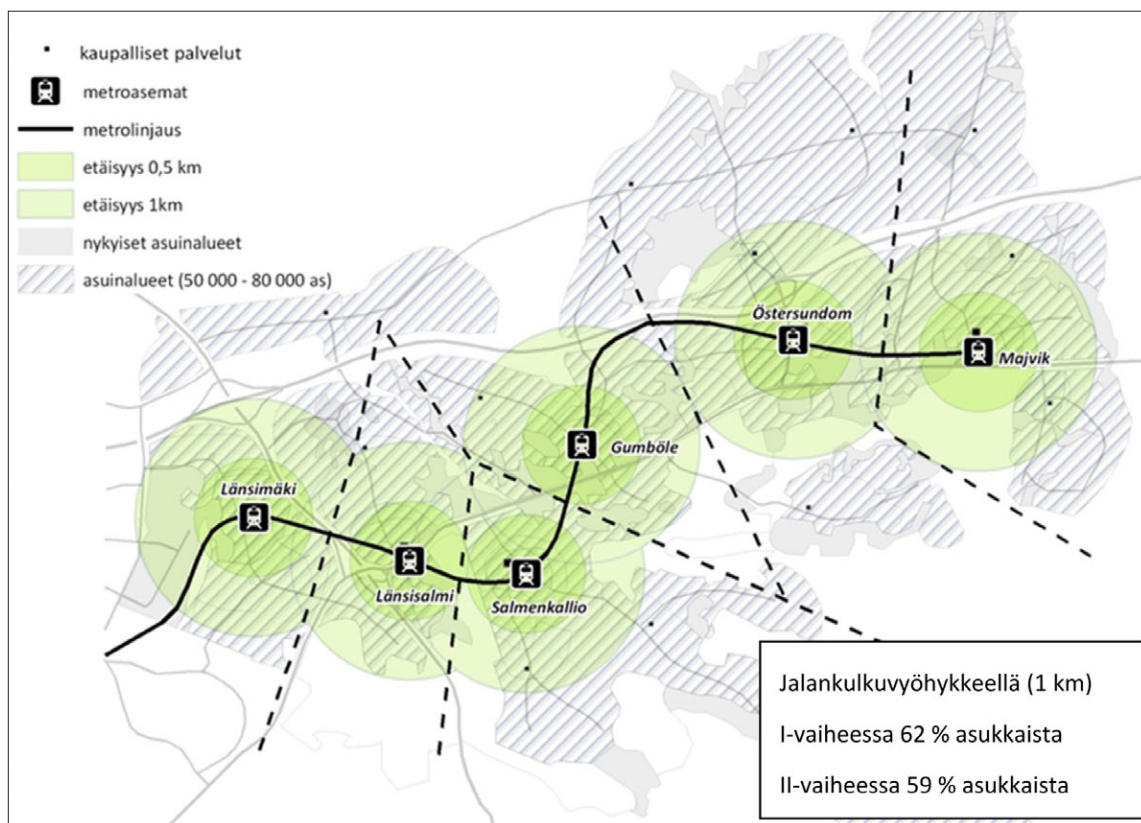
kasvattavasti. Toisessa vaiheessa liikenesuoritteet pienenevät hieman aluetehokkuuden kasvaessa (0,12). Täydennysrakentaminen ja ostovoiman lisääntyminen luo mahdollisuuksia kaupan palveluverkon täydentymiselle sekä joukkoliikenteen palvelutason parantamiselle. Näiden vaikutus liikenesuoritteen pienemiseen jää kuitenkin kokonaisuudessaan vähäiseksi.

4.2.2 Skenaario 2

Skenaario 2 sijoittuu aluetehokkuudeltaan skenaarioiden 1 ja 3 välimaastoon. Metroasemien ympärille sijoittuvien palvelukeskittymien jalankulkuvyöhykkeelle sijoittuu ensimmäisessä vaiheessa noin 84 prosenttia asukkaista ja toisessa vaiheessa noin 77 prosenttia asukkaista (ks. kuva 4.2).

Moottoritien pohjoispuolella sijaitsevat asuinalueet lisäävät jonkin verran yksityisautoilua Helsingin suuntaan skenaarion 1 tapaan, mutta alueiden ollessa pienempiä vaikutus on vähäisempi. Yksityisautoiluun tukeutuvan asutuksen alue on selvästi pienempi kuin skenaariossa 1. Pientaloalueiden korkeampi aluetehokkuus mahdollistaa hieman paremman joukkoliikenteen ja kaupan lähipalveluverkon. Henkilöautosuorite on ensimmäisessä vaiheessa keskimäärin 17 kilometriä asukasta kohden ja toisessa vaiheessa noin 16,5 kilometriä asukasta kohden.

Kuva 4.2. Asuinalueet ja niiden etäisyydet metroasemista skenaariossa 2.



4.2.3 Skenaario 3

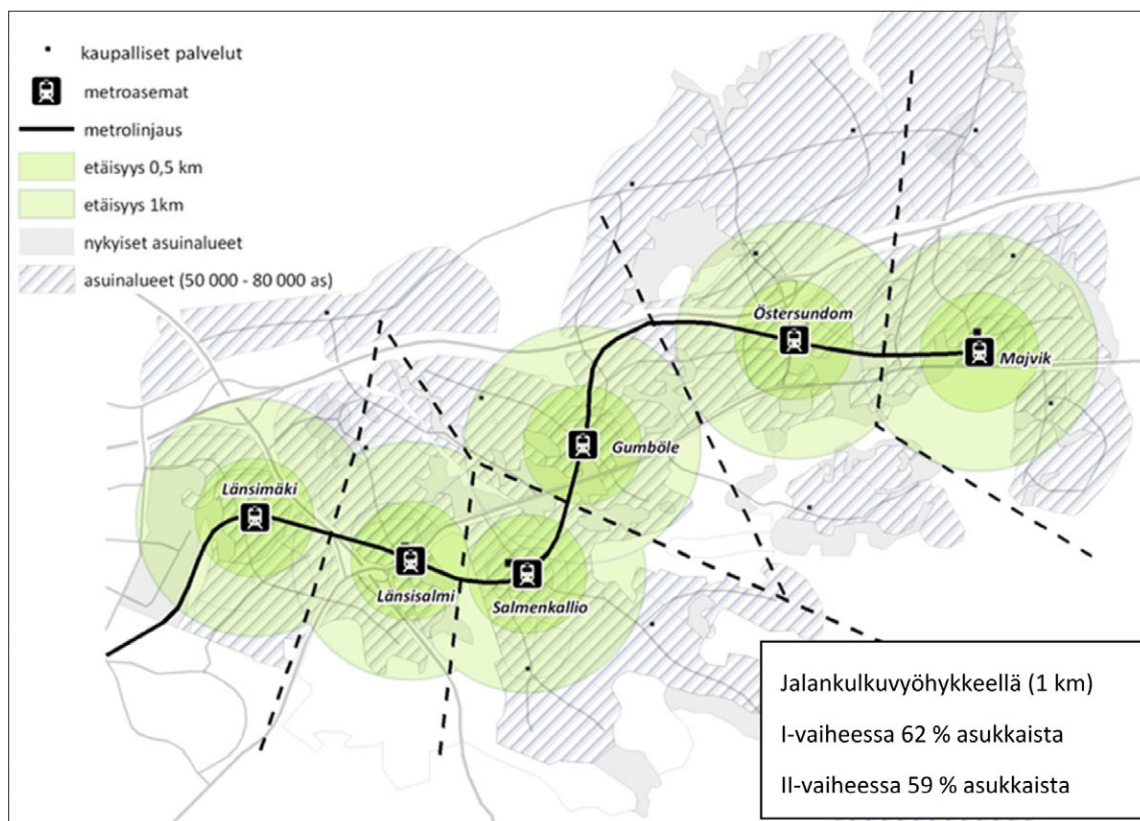
Skenaario 3 on tarkastelluista maankäyttövaihtoehdoista tehokkain ja aiheuttaa vähiten liikennesuoritteita. Metroasemien ja palvelukeskittyminen jalankulkueätäisyydelle sijoittuu jopa 95 prosenttia asukkaista (ks. kuva 4.3.).

Tehokas alueidenkäyttö tuottaa tiiviin kaupunkimaisen rakenteen, joka tarjoaa riittävän asukaspohjan joukkoliikenteelle ja muille palveluille sekä luo mahdollisuudet autottomaan elämäntapaan. Pientaloalueiden tehokkuus mahdollistaa kattavan kaupan lähipalveluverkon muotoutumisen ja vaikuttaa positiivisesti asiointimatkojen pituuteen ja kulkumuotojakaumaan. Henkilöautosuoritteeksi on ensimmäisessä vaiheessa arvioitu noin 12,4 kilometriä asukasta kohden ja toisessa vaiheessa noin 11,9 kilometriä asukasta kohden.

4.2.4 Yhteenveto henkilöautoliikenteestä

Taulukossa 4.1. on esitetty yhteenveto eri skenaarioiden henkilöautosuoritteista. Taulukosta nähdään, että tiivis maankäyttö vähentää merkittävästi arkiliikuttamisen henkilöautosuoritteita. Samoin voidaan havaita, että erityisesti skenaariossa 1 henkilöautosuorite henkilöä kohti vähenee, kun alueen väkilukua kasvatetaan aluetehokkuutta nostamalla.

Kuva 4.3. Asuinalueet ja niiden etäisyydet metroasemista skenaariossa 3.



	Alue tehokkuus	Asukkaat vaihe 1 (50 000)	Asukkaat vaihe 2 (80 000)	Henkilö- autosuorite / asukas	Vaihe 1 Henkilö- autosuorite / asukas	Vaihe 2 Henkilö- autosuorite / asukas	Vertailu
SKENAARIO 1							Henkilöautosuorite (2008)* Helsinki, kantakaupunki: 7,8 km Helsinki, esikaupunkialue: 12 km Espoo, Kauniainen, Vantaa: 18 km Pääkaupunkiseutu yht: 14 km muu Helsingin seutu: 28 km
keskustat	0,55	13 024	21 109	8,8 km	21,6 km	18,9 km	
pientaloalueet	0,07–0,12	30 514	49 455	22–25,6 km			
vanhat asuinalueet	0,05–0,07	6 456	9 434	25,6–28,6 km			
SKENAARIO 2							
keskustat	0,55	14 333	23 199	8,8 km	17 km	16,5 km	
pientaloalueet	0,17	29 182	47 250	18,5 km			
vanhat asuinalueet	0,05–0,07	6 456	9 434	25,6–28,6 km			
SKENAARIO 3							
keskustat	0,75	21 870	35 325	8 km	12,4 km	11,9 km	* Liikkumistottumukset Helsingin seudun työssäkäyntialueella vuon- na 2008
pientaloalueet	0,25	21 725	35 235	12,1 km			
vanhat asuinalueet	0,05–0,07	6 456	9 434	25,6–28,6 km			

Taulukko 4.1. Eri maankäyttöskenaarioiden henkilöau-
toliikennesuoritteiden arviointi

4.3 Joukkoliikenteen suoritteet

Arviot skenaarioiden joukkoliikennesuoritteista perustuvat asuinalueiden aluete-hokkuuteen, sijaintiin sekä joukkoliiken-teen palvelutasoon. Joukkoliikenteen lii-
kennesuoritteiden laskemisessa on so-
vellettu yhdyskuntarakenteen vyöhykkei-
syyttä tutkivassa Urban Zone -hankkees-
sa esitettyjä tuloksia erityyppisten aluei-
den liikkumistottumuksista.

4.3.1 Skenaario 1

Skenaario 1 on joukkoliikenteen kannalta
kaikkein epäedullisin. Aluete-hokkuudel-
taan matalat ja laajat pientaloalueet eivät
luo kaikilta osin toimintaedellytyksiä kan-
nattavalle joukkoliikenteelle. Asuinaluei-
den tehokkuuden ja sijainnin perusteella
joukkoliikenteen kulkumuoto-osuudeksi
on arvioitu vanhoilla asuinalueilla ja uu-
silla pientaloalueilla noin 12 prosenttia.
Linja-auton kulkumuoto-osuuden arvi-
oidaan olevan noin neljä prosenttia (pal-
velutaso välillä tyydyttävä–hyvä). Tiiviillä
keskusta-alueella joukkoliikenteen kul-
muoto-osuus on selvästi yli kolmannes
liikennesuoritteesta.

Joukkoliikenteen keskimääräisek-
si suoritteeksi on arvioitu koko alueel-

la noin 7,1 km/asukas/vrk. Linja-autolii-
kenteen keskimääräinen suorite on noin
2,7 km/asukas/vrk (vrt. Pääkaupunkiseu-
dun asukkaan keskimääräinen joukkolii-
kennesuorite 8,6 km/asukas/vrk, Helsin-
gin seudun asukkaan joukkoliikennesuo-
rite 7,7 km ja muun LITU-alueen asuk-
kaan joukkoliikennesuorite 5,7 km, HSL
2008).

4.3.2 Skenaario 2

Skenaariossa 2 pientaloalueiden aluete-
hokkuus on korkeampi kuin vaihtoehdos-
sa 1. Riittävä väestöpohja vaikuttaa posi-
tiivisesti asuinalueilla järjestettävän jouk-
koliikenteen palvelutasoon (palvelutaso
hyvä) ja tätä kautta joukkoliikenteen käyt-
tämääriin. Joukkoliikenteen kulkumuoto-
osuudeksi on arvioitu 14 prosenttia, josta
linja-autoliikenteen osuus on noin
kuusi prosenttia. Puumainen tieverkko
suuntaa asuinalueiden liikennettä metro-
asemille (syöttöliikenne), mutta ei kuiten-
kaan tue parhaalla tavalla tehokkaan lin-
ja-autoliikenteen järjestämistä, sillä pitkät
kävelymatkat pysäkeille laskevat joukko-
liikenteen houkuttelevuutta. Keskimää-
räinen joukkoliikenteen suorite on noin
7,8 km/asukas/vrk, josta linja-autoliiken-

teen osuus on 3,3 km/asukas/vrk.

4.3.3 Skenaario 3

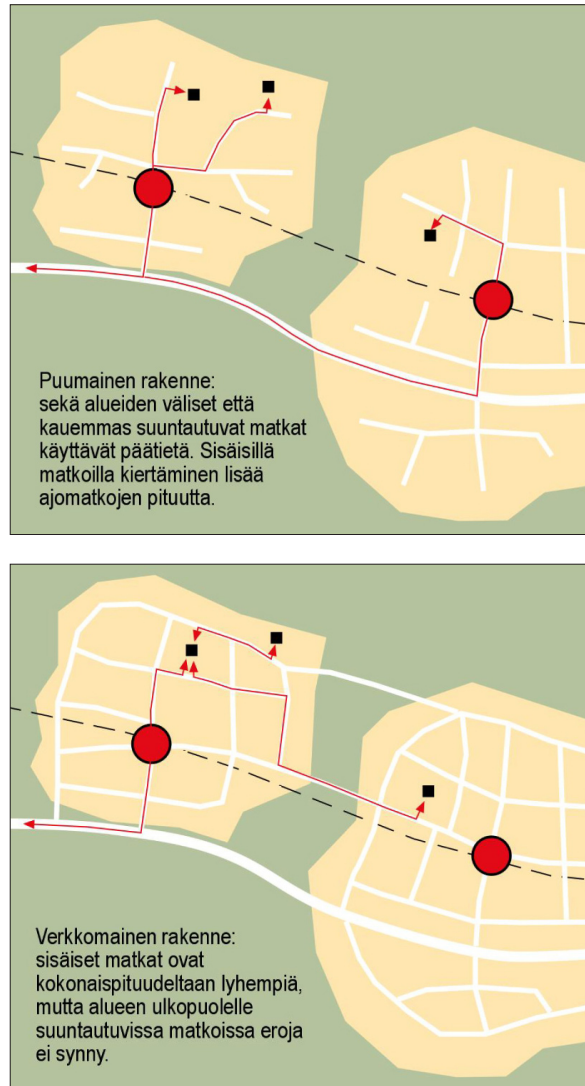
Skenaario 3 luo parhaat mahdollisuudet
autottomaan elämäntapaan ja näin ollen
tukee sekä linja-autoliikenteen että met-
ron kulkumuoto-osuuden kasvua. Valta-
osa väestöstä sijoittuu tiiviisti rakenne-
tuille keskusta-alueille ja kävelyetäisyy-
delle metroasemilta. Pientaloalueet ovat
laajuudeltaan suppeita, mutta aluete-
hokkuudeltaan niin tehokkaita, että kan-
nattavan joukkoliikenteen ja hyvän pal-
velutason järjestäminen on mahdollista.
Asukkaiden sijoittuminen kävelyetäisyy-
delle metroasemista ja palveluista vähen-
tää linja-autoliikenteen tarvetta keskusta-
alueilla. Toisaalta linja-autoliikenne täy-
dentää tehokkaasti joukkoliikennepalve-
luja niillä suunnilla, joita metro ei palve-
le (esim. yhteydet kehäteille). Keskimää-
räiseksi joukkoliikennesuoritteeksi on ar-
vioitu 9,9 km/asukas/vrk (vrt. Helsingin
esikaupunkialue 9,3 km/asukas/vrk), jos-
ta linja-autoliikenteen osuus on vajaat 4,7
km/asukas/vrk.

4.4 Erityistarkasteluja

4.4.1 Puu- ja verkkomaisen tieverkon vertailu

Katuverkon rakennetta tarkasteltiin sen arvioimiseksi, olisiko verkkomaisella ja puumaisella rakenteella eroa liikennesuoritteiden ja hiilijalanjäljen näkökulmasta. Verkkomainen rakenne lyhentää paikallisia ajomatkoja tarjotessaan oikoteitä, mutta sen vaikutus pitemmällä matkoilla on vähäinen (ks. kuva 4.4.). Östersundomin olosuhteissa metroasemien keskittävä vaikutus ja tukeutuminen olevaan liikenneverkkoon antavat liikenneverkolle puumaisen luonteen, mutta tiiviimmissä vaihtoehtoissa osa palveluista voi sijoittua myös asuntoalueille luoden toiminnallisesti sekoittunutta kaupunkirakennetta. Tähän verkkomainen rakenne soveltuu hyvin.

Tiiviissä rakenteessa lyhyiden ajomatkojen määrä on vähäinen, ja kokonaissuoritetta verkkomainen rakenne vähentää vain vähän, arviolta noin prosentin. Toisaalta sujuvampi ajoyhteys lyhyillä matkoilla voi houkutella joissakin tapauksissa valitsemaan auton kävelyn tai pyöräilyn sijaan. Katuverkon rakenteen vaikutus hiilijalanjälkeen onkin vaikeasti arvioitavissa, mutta se on joka tapauksessa suuruusluokaltaan vähäinen. Verkollisen rakenteen valintaan vaikuttavat enemmän muut perusteet. Kevyen liikenteen yhteyksien on syytä aina olla verkkomaisia, jolloin käveltävät tai pyöräiltävät matkat ovat lyhyitä. Turvallisuuden ja viihtyisyyden vaatiessa autoliikenne on eroteltava omille pääväylilleen. Kevyen liikenteen tulisi kuitenkin aina olla autoa houkuttelevampi vaihtoehto. Metroliikennettä täydentävän bussiliikenteen toimivuuden kannalta olennaista on reittien johtaminen asuinalueiden läpi, mikä on toteutettavissa sekä verkko- että puumaisessa liikenneverkossa. Ulkoasyöttöinen liikenneverkko on bussiliikenteen kannalta ongelmallisin kävelymatkojen pidentyessä pysäkeille. Puu- ja verkkomaisia tieverkkoa on tarkemmin vertailtu liitteessä 3.



Kuva 4.4. Puumaisen ja verkkomaisen tieverkon ajomatkojen vertailu.

5 Rakennusten energiankulutus ja lämmitystavat

5.1 Energian tarve

Rakennuskannan hiilijalanjälkeä tarkastellaan sekä rakennusten kuluttamaa lämmitysenergian että sähköenergian osalta. Tarkastelu sisältää tilojen ja käyttöveden lämmityksen sekä kiinteistö- ja kotitaloussähkön. Tarkastelu perustuu rakennusten kerrospinta-alaan, ominaiskulutukseen sekä lämmitystapavalintaan. Rakennukset jaetaan kolmeen erityyppiin: pientaloihin (omakoti-, pari- ja rivitalot), asuinkerrostaloihin sekä muihin rakennustyyppisiin (liike- ja toimistorakennukset sekä julkiset palvelurakennukset). Östersundomin aluerakenteesta johtuen tuotantorakennuksien ja vapaaajan asuinrakennuksien osuus on oletettavasti niin pieni, ettei niitä tarkastella omina rakennustyyppinä.

Tarkastelussa huomioidaan, että rakentamisessa siirrytään nykyisistä normitaloista tulevaisuudessa matalaenergiarakentamisen kautta passiivitaloihin. Taulukossa 5.1 on esitetty normi-, matala-

energia- sekä passiivitalojen ominaisenergiankulutukset.

Östersundomissa oletetaan siirryttävän asteittain energiatehokkaampaan rakentamiseen. Rakentamisen oletetaan alkavan vuonna 2015, jolloin rakennusten kokonaisenergian² ominaiskulutus on pientaloissa 94 kWh/m². Asuinkerrostaloissa ominaiskulutus on 91 kWh/m² ja muissa rakennuksissa 103 kWh/m². Rakentamisen energiatehokkuustaso kehittyy siten, että uudispientaloissa ja uudiskerrostaloissa kokonaisenergian ominaiskulutus tarkastelun viimeisenä vuosikymmenenä (2040–2050) on noin 70 kWh/m². Muissa rakennuksissa vastaava arvo on oletusten mukaan 83 kWh/m². Kuviissa 5.1 ja 5.2 on esitetty lämmön ja sähkön ominaiskulutuksen oletettu kehittyminen ajanjaksolla 2000–2050. Kuviista nähdään, lämmön ominaislämmönkulutus laskee tarkastelun alussa nopeasti. Kiinteistö- ja kotitaloussähkön tarve pienenee maltillisemmin. Tämä on selitet-

² Kokonaisenergialla tarkoitetaan rakennuksen kuluttamaa lämmön ja sähkön määrää.

Taulukko 5.1. Normi-, matalaenergia- ja passiivitalon ominaiskulutukset.¹

¹ Suomen Rakennusinsinöörien liitto, 2009. RIL 249-2009. Matalaenergiarakennukset. Asuinrakennukset.

Asko Sarjan esitys

	Rakennuksen lämmitys-järjestelmän ominaiskulutus (lämmitys, jäähdytys, lämmin käyttövesi) [kWh/m ² a]	Sähköenergian omi- naiskulutus (kiinteistö- ja kotitaloussähkö) [kWh/m ² a]	Kokonaisenergian ominaiskulutus (lämmitys- ja sähkö-energia yhteensä), [kWh/m ² a]
Normitalo 2010	130 (kerrostalo) 155 (pientalo)	20–40 (kerrostalo) 25–40 (pientalo)	150–170 (kerrostalo) 160–175 (pientalo)
Matalaenergiatalo M-26...M-50	48–80	30–35	78–115
Passiivitalo P-15...P-25	35–51	25–35	60–86

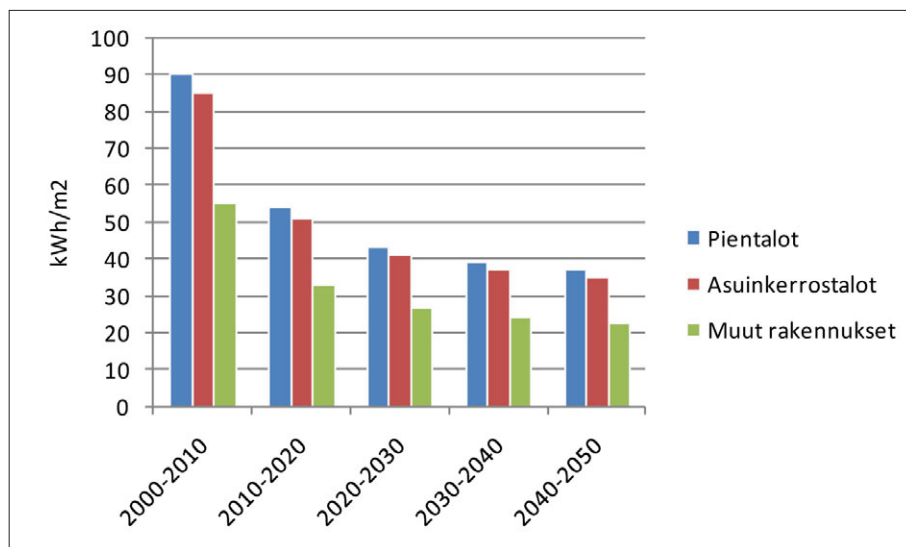
tävissä sillä, että rakennusten lämmitysenergian tarpeeseen voidaan vaikuttaa tekemällä rakennuksista tiiviimpiä ja lisäksi erilaisten lämmön talteenottojärjestelmien ja lämpöpumppujen avulla lämmitysenergian tarve edelleen vähenee.

Sähkön ominaiskulutuksen pienentäminen on vaativampaa, sillä rakennusten suhteellinen sähköintensiteetti tulee ennusteiden mukaan kasvamaan lisääntyvien kodinkoneiden ja elektroniikan sekä sähköpohjaisten lämmitysmuotojen (lämpöpumput) yleistymisen vuoksi. Toisaalta koneiden ja laitteiden energiakulutusta tullaan jatkossa säätämään minimienergiatehokkuusvaatimuksilla, mikä johtaa kone- ja laitekannan sähkön ominaiskulutuksen vähentymiseen. Tämän jälkimmäisen tekijän odotetaan olevan kokonaisuudessaan hieman voimakkaampaa kuin laitteiden lisääntymisen aiheuttama sähkönkulutus, mikä johtaa maltilliseen ominaissähköntarpeen laskuun (ks. kuva 5.2.).

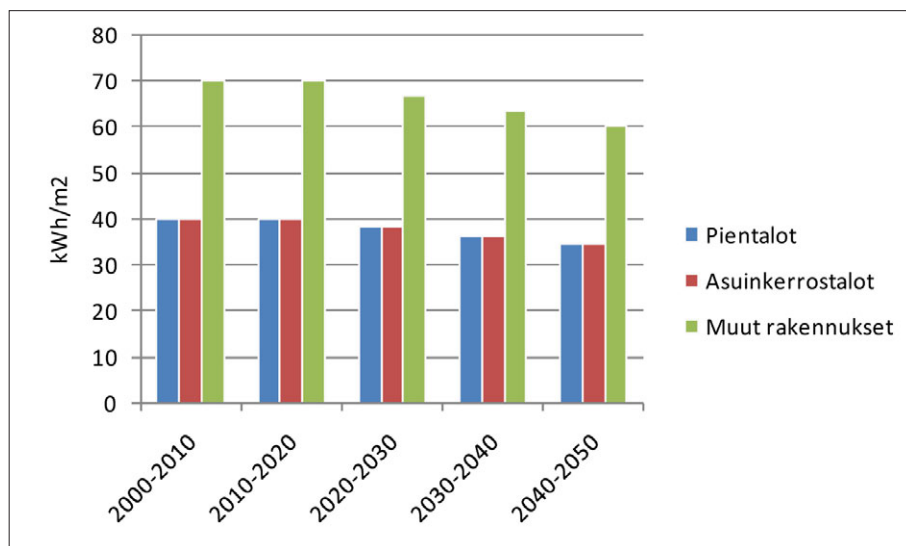
Vuonna 2050 koko Östersundomin rakennuskannan kokonaisenergian ominaiskulutus on oletettu olevan noin 80 kWh/m². Koko alueen rakennusten sähkönkulutuksesta 20 % oletetaan katettavan aurinkosähköllä. Aurinkosähkö tuotetaan aurinkokennojen avulla, jotka voidaan asentaa erillisinä järjestelminään alueelle tai integroida talojen rakenteisiin.

Muiden rakennusten ominaissähköntarve on korkeampi kuin asuinrakennuksissa. Tämä johtuu siitä, että liike-, toimisto- ja palvelurakennuksissa sähköä kuluu hyvin paljon tietotekniikkaan, valaistukseen, koneelliseen ilmanvaihtoon ja jäähdytykseen.

Rakennusten ominaislämmöntarpeeseen vaikuttaa myös korttelirakenne. Tällä on vaikutusta lähinnä skenaariossa 3, jossa on merkittävässä määrin umpikortteleita, joiden ansioista alueelle muodostuu myös paikallinen lämpösaareke. Korttelirakenteen vaikutus koskee noin 60 % alueen asuinrakennuksista ja lämmitystarpeen aleneminen näissä rakennuksissa on vuositasolla noin 15 %. Koska asuinrakennuksia alueella on noin kolmannes koko rakennuskannasta, on vaikutus koko rakennuskannan lämmönkulutuksen alenemiseen noin 3 %. Korttelirakennetta ja sen vaikutusta lämmitystarpeeseen tarkastellaan tarkemmin luvussa 5.4.



Kuva 5.1. Östersundomin alueen uudisrakennusten ominaislämmöntarve eri vuosikymmeninä.



Kuva 5.2. Östersundomin alueen uudisrakennusten ominaissähköntarve eri vuosikymmeninä.

5.2 Lämmitystapavalinnat

Osa Östersundomin alueen rakennuksista liitetään kaukolämpöjärjestelmään, osassa käytetään lämpöpumppujen tukemaa sähköpohjaista lämmitystä. Lisäksi pienessä osassa rakennuksia on oletettu hyödynnettävän bio³- ja aurinkolämpöjärjestelmiä. Kuvissa 5.3–5.5 on esitetty lämmitystapajakauma eri rakennustyypeissä skenaarioittain.

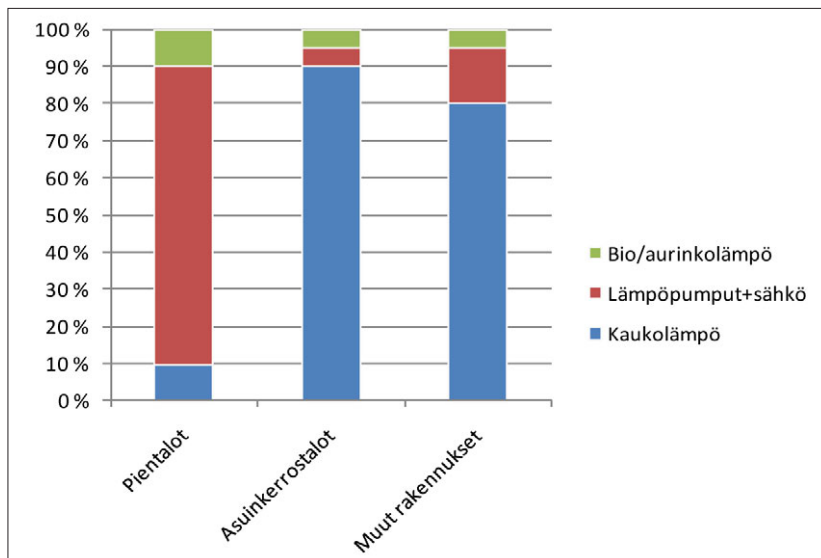
Kaikissa skenaarioissa asuinrakennukset ja palvelurakennukset ovat pääosin

kaukolämmön piirissä (markkinaosuus 80–90 %), koska nämä rakennustyypit sijaitsevat skenaariosta riippumatta suhteellisen tiiviillä alueella. Pientaloissa kaukolämmön markkinaosuus on 10–45 %, skenaariosta (alueen tiiviyydestä⁴) riippuen. Osa kohteista voidaan toteuttaa matalalämpötilaisella kevennetyn kaukolämmön ratkaisulla.

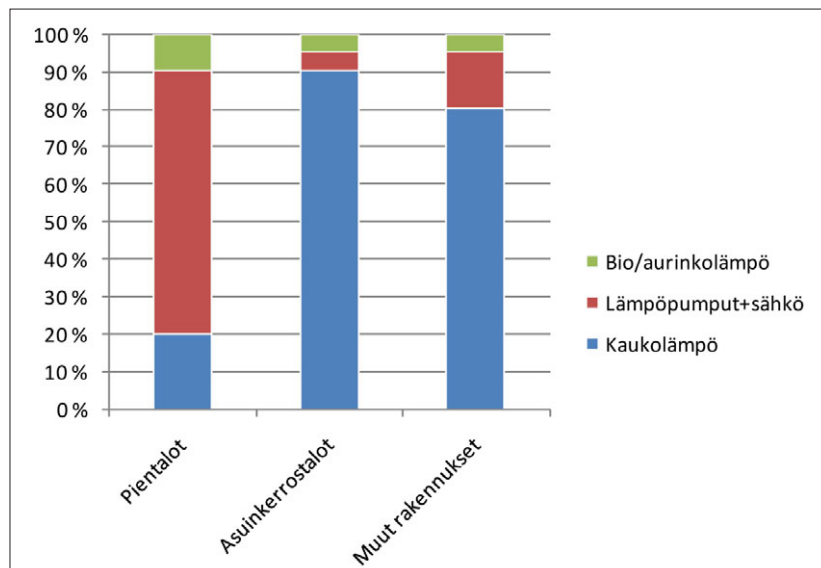
Pientaloissa merkittävin lämmitystapa on erilaiset lämpöpumppuratkaisut (markkinaosuus 45–80 %), jotka voivat

3 Puupolttoainetta (hake ja pelletti) käyttävät kiinteistökohtaiset kattilat.

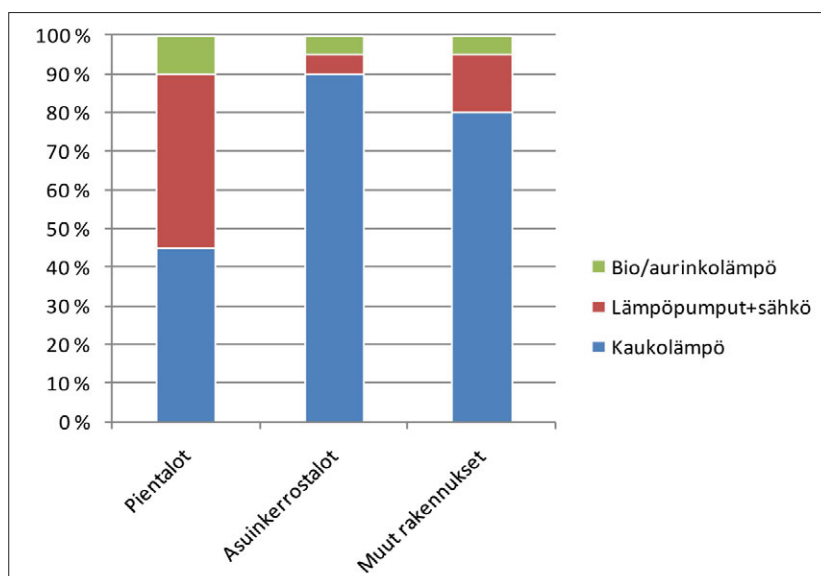
4 Aluetehokkuus Skenaariossa 1 on alhaisin, eli 0,07. Tiiveimmässä, eli Skenaariossa 3, aluetehokkuus on 0,25.



Kuva 5.3. Lämmitystapajakauma eri rakennustyypeissä skenaariossa 1.



Kuva 5.4. Lämmitystapajakauma eri rakennustyypeissä skenaariossa 2.



Kuva 5.5. Lämmitystapajakauma eri rakennustyypeissä skenaariossa 3.

olla joko alueellisia tai talokohtaisia. Osa näistä ratkaisuista voi olla alueellisia hybridiratkaisuja⁵, joita energiayhtiöt tarjoavat "avaimet käteen" -periaatteella. Asuinkerrostaloissa ja muissa rakennuksissa lämpöpumpuilla tuotetaan 5–15 % rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta. Bio- ja aurinkolämpöratkaisut kattavat kaikissa skenaarioissa pienen osan rakennuskannan lämmöntarpeesta. Pientaloissa osuus on 10 %; asuinkerrostaloissa ja muissa rakennuksissa 5 %.

5.3 Rakennusten energiankulutus

Skenaariosta riippumatta, rakentamisen nopeus riippuu Östersundomin asukasmäärän lopputilan oletuksista. Rakentaminen oletetaan alkavan vuonna 2015, jolloin vuosien 2015–2020 aikana alueen lopputilan rakennuskannasta oletetaan valmistuvan 10 %. Tämä oletus pätee sekä 50 000 että 80 000 asukkaan tarkastelussa.

Mikäli alueella oletetaan olevan 50 000 asukasta vuonna 2050, on vuotuinen rakentamismäärä ja tätä kautta muuttovirta alueelle korkeimmillaan vuosina 2020–2040, jona aikana alueelle muuttaa 80 % alueen asukkaista. Valmiin alueen rakennettu kerrosala 50 000 asukkaan oletuksella on noin 2,2 miljoonaa neliometriä.

Kun tarkastellaan 80 000 asukkaan lopputilaa, oletetaan että rakentaminen on yhtä nopeaa jokaisen vuosikymmenen ajan, jolloin lopputilan rakennuskannasta valmistuu 30 % joka vuosikymmenenä ajanjaksolla 2020–2050. Valmiin alueen rakennettu kerrosala 80 000 asukkaan oletuksella on noin 3,5 miljoonaa neliometriä.

Vaikka uusi rakennuskanta on oletettu joka vuosikymmen edellistä energiatehokkaammaksi, johtaa asumisväljyyden oletettu kasvu⁶ lähes lineaariseen rakennuskannan vuotuisen kokonaisenergian kulutuksen kasvuun (50 000 asukkaan tapauksessa vuoteen 2040 asti, jonka jälkeen kasvu hidastuu).

⁵ Esimerkiksi maa-, bio- ja aurinkolämmön yhdistelmä.

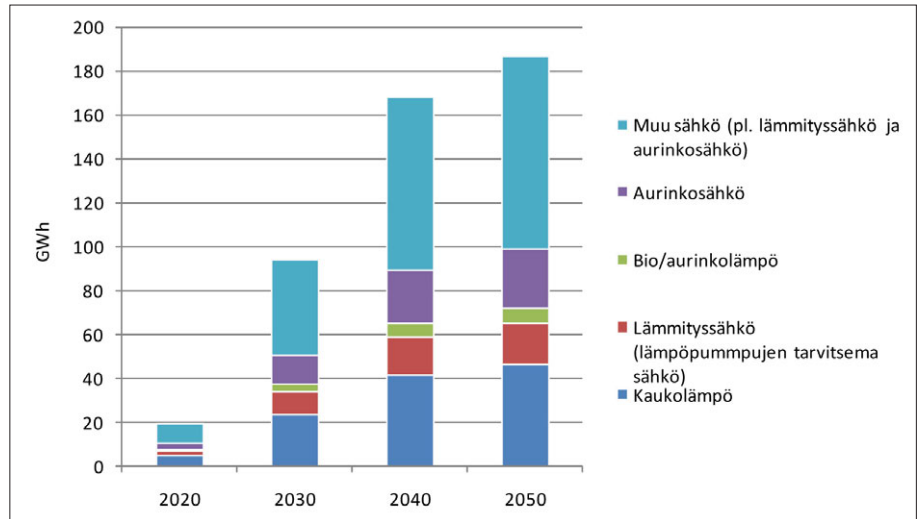
⁶ Asumisväljyyden oletetaan kasvavan vuosina 2010–2050 arvosta 39 m²/asukas arvoon 47,5 m²/asukas.

5.3.1 Skenaario 1

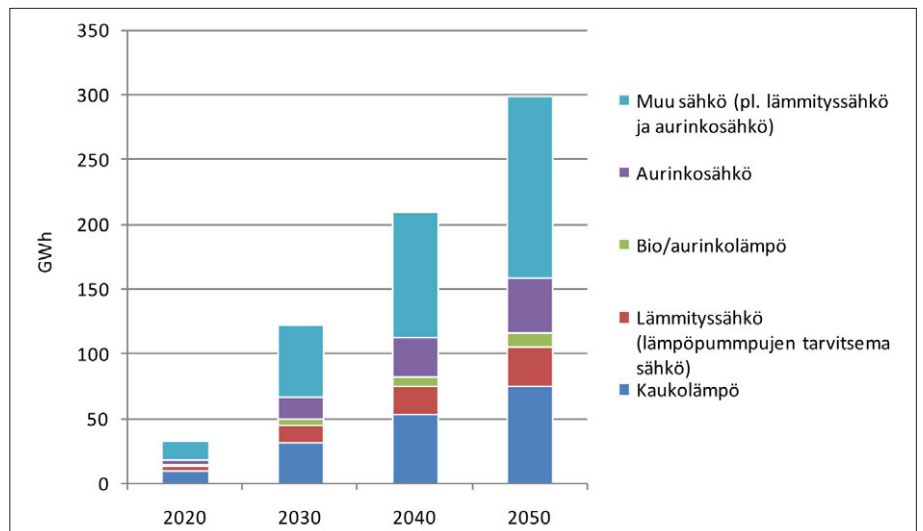
Skenaarion 1 mukaisen rakennuskannan vuotuinen sähkön- ja lämmönkulutus aikajaksolla 2020–2050 on esitetty kuvassa 5.6. Energiankulutukseen vaikuttaa rakennetun kannan koko, rakennustyyppien ominaisenergiankulutus sekä rakennustyyppien keskinäiset osuudet. Kuvis-
sa tarkastellaan kahta lopputilaa, joissa toisessa asukasmäärä vuonna 2050 on 50 000 ja toisessa 80 000.

Kun tarkastellaan rakennuskannan energiankulutuksesta aiheutuvia päästöjä, on tärkeää tietää, miten energia tuotetaan. Östersundomissa 20 % alueen rakennusten sähköntarpeesta katetaan alueellisella aurinkosähkötuotannolla. Muu alueella kulutettu sähkö on oletettu olevan peräisin valtakunnan sähköverkosta. Lämmöntarve puolestaan katetaan kaukolämmöllä, lämpöpumpuilla, biopolttoaineilla ja aurinkolämmöllä skenaariokoh-
taisten oletusten mukaisesti.

Skenaarion 1 mukaisen rakennuskannan energian tuotantotarve eri väkiluvun arvoilla on esitetty kuvissa 5.7 ja 5.8. Energian tuotantotarvetta laskettaessa on huomioitu, että kulutuksen kattamiseksi tuotannon on oltava siirto- ja muuntohäviöiden verran kulutusta suurempaa. Mikäli asukasmäärä on 80 000, jatkuu energiankulutuksen kasvu voimakkaampana vielä 2040-luvulla, koska alueelle muuttaa suhteessa enemmän asukkaita. Rakennuskannan kokonaisenergiatarpeen kattamiseksi tarvitaan 50 000 asukkaan tapauksessa energiantuotantoa noin 190 GWh/v ja 80 000 asukkaan tapauksessa noin 300 GWh/v. Vuosittaisena energiantuotantona asukasta kohti molemmat vastaavat noin 3,8 MWh/asukas,v.

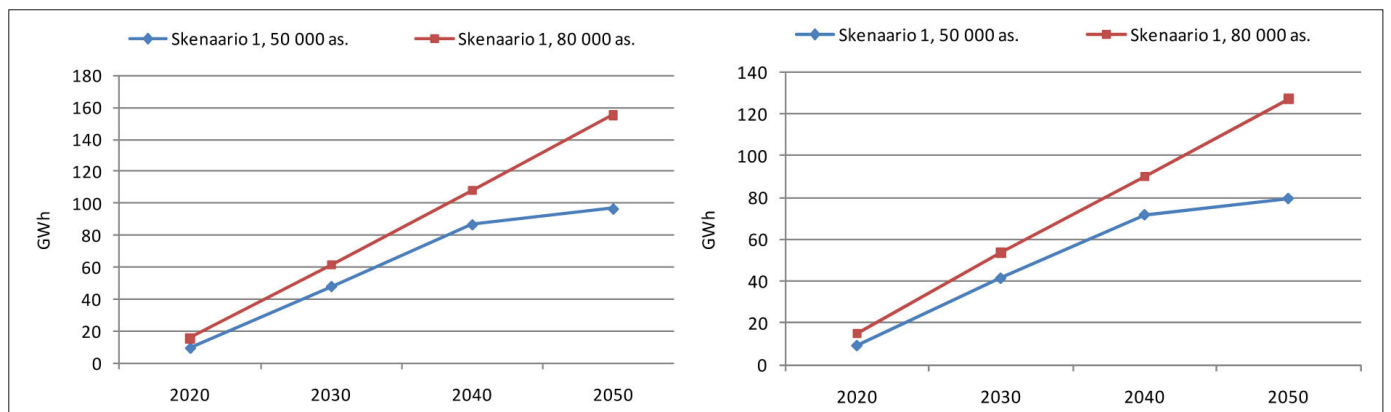


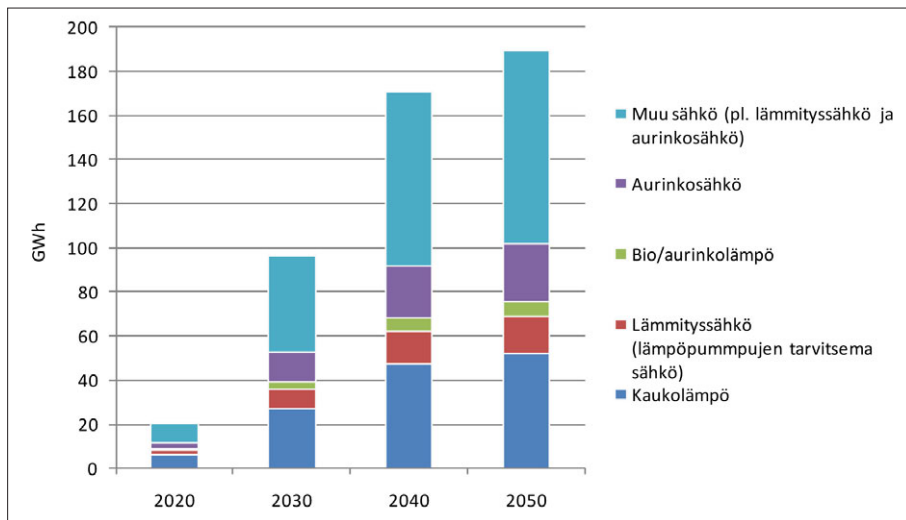
Kuva 5.7. Rakennuskannan vaatima vuotuinen energiantuotanto skenaariossa 1, kun alueella on 50 000 asukasta vuonna 2050.



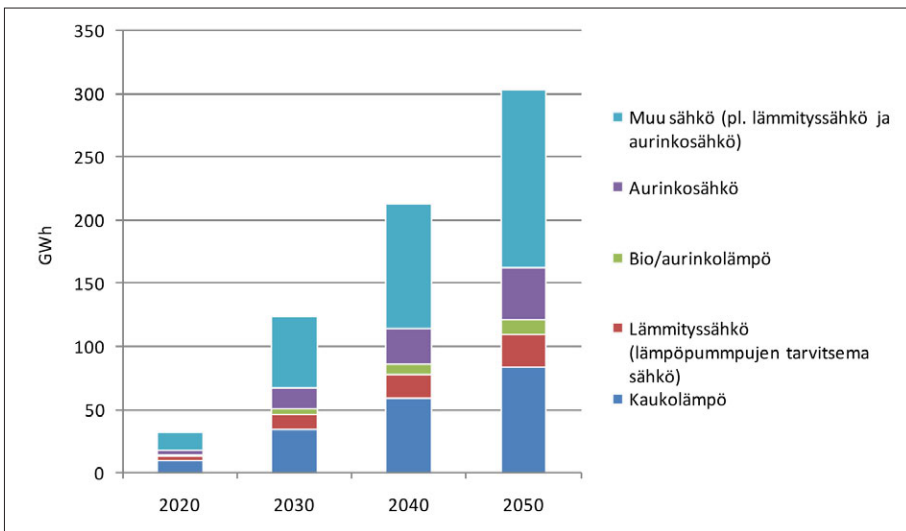
Kuva 5.8. Rakennuskannan vaatima vuotuinen energiantuotanto skenaariossa 1, kun alueella on 80 000 asukasta vuonna 2050.

Kuva 5.6. Rakennuskannan vuotuinen sähkön- ja lämmönkulutus eri asukasmäärillä skenaariossa 1.





Kuva 5.10 Rakennuskannan vaatima vuotuinen energiantuotanto skenaariossa 2, kun alueella on 50 000 asukasta vuonna 2050.



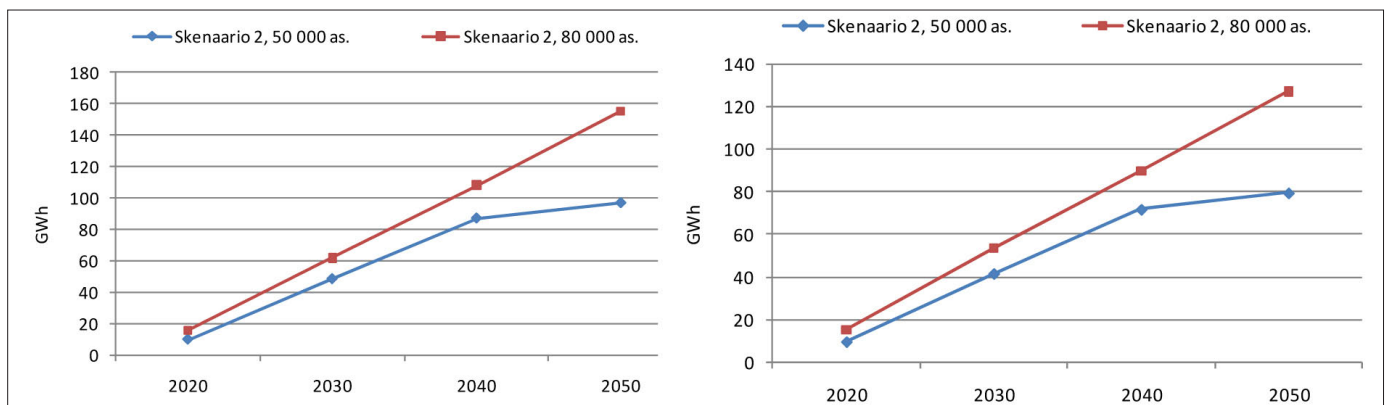
Kuva 5.11. Rakennuskannan vaatima vuotuinen energiantuotanto skenaariossa 2, kun alueella on 80 000 asukasta vuonna 2050.

5.3.2 Skenaario 2

Skenaario 2 ei poikkea rakennusten energiankulutuksen osalta juurikaan skenaariosta 1, sillä molemmissa rakennustyyppien keskinäiset osuudet ovat melko samansuuruiset. Lisäksi molemmissa skenaarioissa rakennuskanta on harvaa ja asuinkerrostalojen osuus sen verran pieni, ettei korttelirakenteella ole merkitystä lämmöntarpeen alenemiseen. Skenaariossa 2 mukaisen rakennuskannan vuotuinen sähkön- ja lämmönkulutus aikajaksolla 2020–2050 on esitetty kuvassa 5.9. Kuvassa tarkastellaan kahta lopputilaa, joissa toisessa asukasmäärä vuonna 2050 on 50 000 ja toisessa 80 000.

Skenaariossa 2 mukaisen rakennuskannan energian tuotantotarve eri väkiluvun arvoilla on esitetty kuvissa 5.10 ja 5.11. Eri energiamuotojen jakauma poikkeaa vain hieman skenaarioista 1. Lähinnä kaukolämmön suhteellinen osuus on hieman suurempi alueen ollessa skenaariota 1 tiiviimpi.

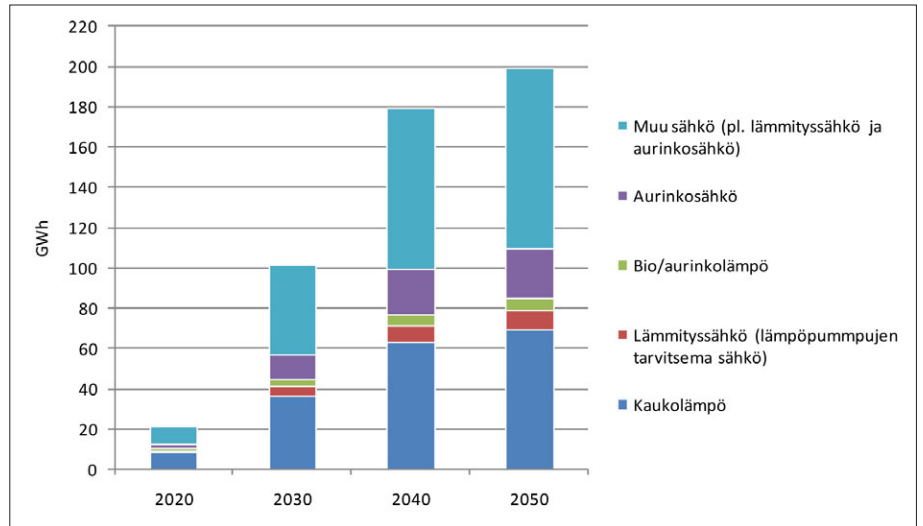
Kuva 5.9. Rakennuskannan vuotuinen sähkön- ja lämmönkulutus eri asukasmäärillä skenaariossa 2.



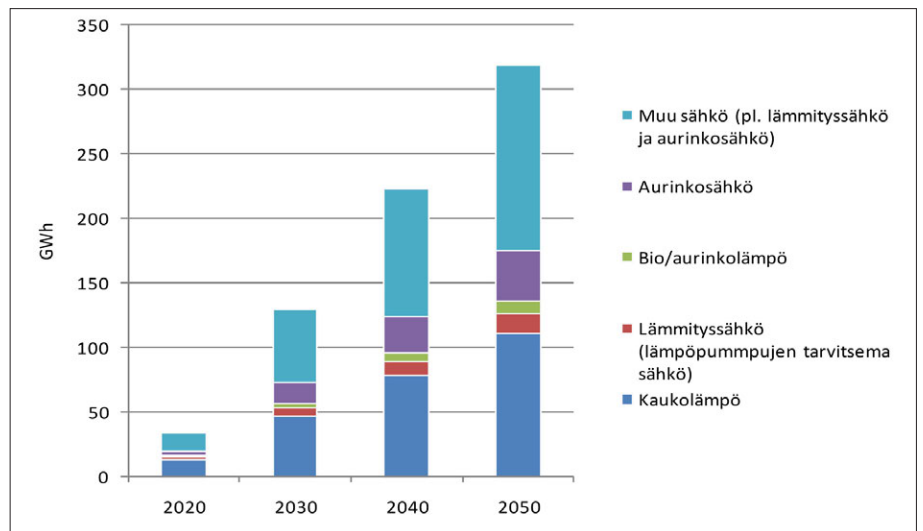
5.3.3 Skenaario 3

Skenaariossa 3 rakennuskannan sähkönkulutus ei poikkea skenaarioista 1 ja 2. Lämmönkulutus on hiukan pienempi skenaariossa 3, sillä siinä asuinkerrostalojen - joiden ominaislämmönkulutus on pientaloja matalampi - osuus rakennuskannasta on suurempi kuin skenaarioissa 1 ja 2. Lisäksi korttelirakenne alentaa hieman lämmöntarvetta, mutta sen vaikutus on kokonaisuudessaan noin 3 %. Skenaariossa 3 mukaisen rakennuskannan vuotuinen sähkön- ja lämmönkulutus aikajaksolla 2020–2050 on esitetty kuvassa 5.12.

Skenaariossa 3 mukaisen rakennuskannan vaatima energiantuotannon tarve on esitetty kuvissa 5.13 ja 5.14. Vaikka energian kulutus on hieman alempi umpikorttelirakenteen vuoksi, energian tuotannon kokonaistarve on skenaariossa 3 hieman suurempi kuin kahdessa edellä mainituksa skenaariossa. Tämä johtuu siitä, että tiheään rakennetulla alueella käytetään enemmän kaukolämpöä, jonka siirtohäviöt ovat suuremmat kuin sähköpohjaisilla lämmitysmuodoilla.

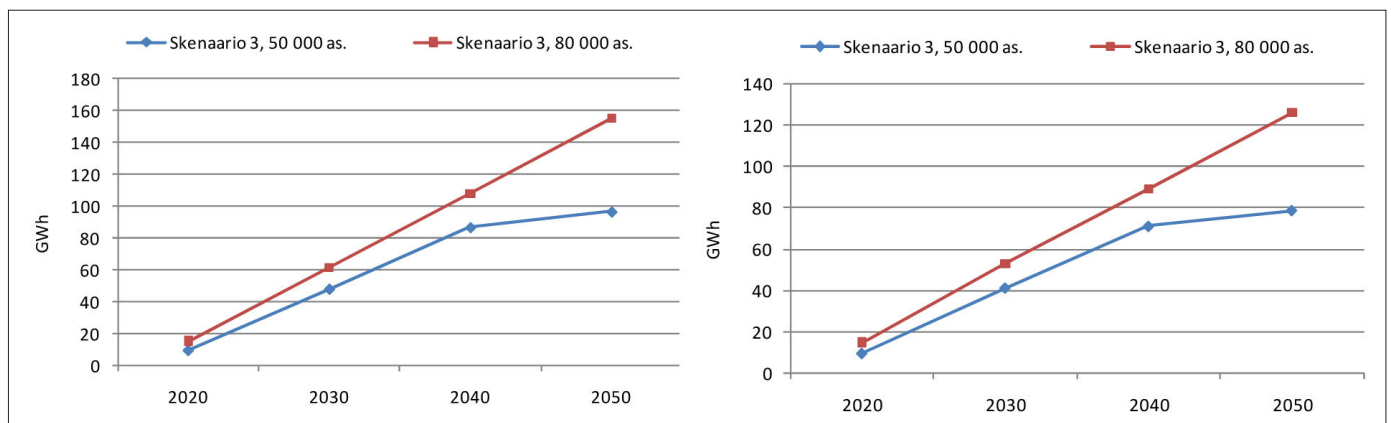


Kuva 5.13. Rakennuskannan vaatima vuotuinen energiantuotanto skenaariossa 3, kun alueella on 50 000 asukasta vuonna 2050.



Kuva 5.14. Rakennuskannan vaatima vuotuinen energiantuotanto skenaariossa 3, kun alueella on 80 000 asukasta vuonna 2050.

Kuva 5.12. Rakennuskannan vuotuinen sähkön- ja lämmönkulutus eri asukasmäärillä skenaariossa 3.



5.3.4 Yhteenveto rakennusten energiakulutuksesta

Yhteenvetona voidaan todeta, että kaavoituksella ei voida merkittävästi vaikuttaa rakennusten energiankulutukseen, vaan rakennusten energiankulutus määräytyy pitkälti rakennusmääräyksistä. Ainoastaan siinä tapauksessa, että asuinrakennustyyppien (pien- ja kerrostalot) ominaisenergiankulutuksissa olisi selkeitä eroja, voisi kaavoituksella olla vaikutusta alueen rakennuskannan kokonaisenergiankulutukseen.

5.4 Erityistarkasteluja

5.4.1 Lämpösaarekeilmiö

Päivällä, kun auringonsäteilyä on saatavilla, kaupungin rakennukset varastoivat lämpöä huomattavasti enemmän kuin maaseudun maanpinta ja kasvillisuus. Lämpösaarekkeen yläreuna, jossa lämmin kaupunki-ilma ja viileämpi vallitseva ilmassa kohtaavat, voi olla hyvinkin matalalla. Usein lämpökupu on vain 3–5 kertaa rakennusten korkuinen. Lämpösaarekkeen keskustan ja ympäröivän maaseudun lämpötilaero voi olla useita asteita.

Lämpösaareke kehittyy voimakkaimmin aikavälillä keväästä loppukesään, jolloin auringon säteilyä on runsaasti saatavilla. Lämpösaareke kehittyy parhaiten tyynellä ja pilvettömällä säällä sekä yöllä⁷. Kesäkaudella öinen lämpösaareke voisi Östersundomin keskustassa olla sopivissa sääolosuhteissa useita asteita, kun taas lämmityskaudella keskimääräinen lämpösaareke tuskin olisi 1–2 astetta enempää. Ratkaisevaa on rakentamisen tiiveys/väljyys, rakennusgeometria, rakennusten lämpöhäviöt, keskustan asukastiheys ja liikenne. Vastaavalla tavalla kuin rakennusten sisälämpötilan laskeminen vähentää lämmitysenergian

tarvetta noin 5 % per aste, ulkolämpötilan nousu vähentäisi lämmitysenergian tarvetta saman verran.⁸

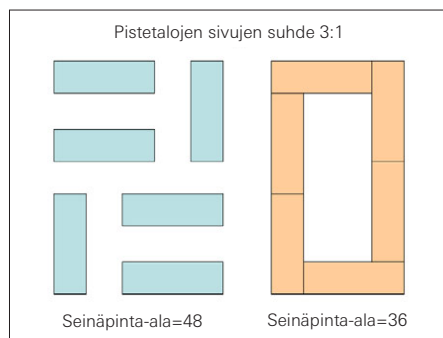
Lämpösaarekkeen syntymistä ja siten lämmitysenergian tarpeen vähenemistä Suomen olosuhteissa voidaan haluttaessa edistää mm. lämpökänjoneilla (korkeat rakennukset ja kapeat kadut), jolloin sekä tuleva auringon säteily että pois pyrkivä lämpösäteily loukkuuntuvat ja absorboituvat kanjoneihin. Myös tummilla katu- ja kattopinnoilla, erilaisilla lämpöloukuilla, markiiseilla ikkunoiden päällä ja puistoilla kaupunkialueen reunamilla voidaan edesauttaa lämpösaarekeilmiön syntymistä. Tarkemmin lämpösaarekeilmiötä on tarkasteltu liitteessä 4.

5.4.2 Umpikorttelirakenne

Lämpöhäviöt rakennusten seinien läpi ovat yksi tärkeimmistä lämpöhäviöiden lähteistä nykyisessä rakennuskannassa. Rakennusten lämmityksen tarvetta voidaan pienentää umpikorttelirakenteella (ks. kuva 5.15), koska tällöin rakennuksissa on vähemmän lämpöhäviöitä aiheuttavaa seinäpinta-alaa pistetaloihin verrattuna.

Koska rakennusten geometria ja ikkunapinta-alan suhde seiiniin voi vaihdella merkittävästikin, voidaan karkeasti sanoa, että nykynormien mukaisessa rakennuksessa umpikorttelirakenne säästää lämmitystarvetta 2–18 %. Tulevaisuuden passiivitaloissa vastaava vaihteluväli on 3–25 %. Määrällisesti säästö on suurempaa nykyisessä rakennuskannassa, koska energiankulutus on nykykannassa huomattavasti suurempi kuin tulevaisissa rakennuksissa. Nykynormien mukaan rakennetuissa asuinrakennuksissa umpikorttelirakenteen säästövaikutus on 3–23 kWh/m² ja passiivitaloissa 1–11 kWh/m².⁹ Tarkemmin umpikorttelirakenteen vaikutusta lämpöhäviöihin on tarkasteltu liitteessä 5.

Kuva 5.15. Umpikorttelirakennetta havainnollistava kuva. Kuvassa oikealla esitetyssä tapauksessa seinäpintojen läpi tapahtuvat lämpöhäviöt pienenevät noin 25 %.



7 Aamulla lämpösaareke yleensä hajoo nopeasti ja päivisin saattaa esiintyä jopa heikkoja kylmäsaarekeita.

8 Niinä tunteina kun lämmitystarvetta on ja lämpösaareke vallitsee.

9 Alempi arvo vastaa tilannetta jossa pistetalon pohjan sivujen suhde on 7:1, rakennus on 1-kerroksinen, ikkunaa on 20 % julkisivun kokonaispinta-alasta ja ilmanvaihtoon kuluu 60 % lämmitysenergiasta. Ylempi arvo vastaa tilannetta, jossa sivujen suhde on 2:1, rakennus on 10-kerroksinen, ikkunaa on 50 % julkisivusta ja ilmanvaihto vie 40 % lämmitysenergiasta.

6 Hiilijalanjälkilaskelmat

6.1 Laskentaperiaatteet

Hiilijalanjäljen laskenta kohdistuu tässä selvityksessä rakennusten ja liikenteen energiankulutukseen. Rakennusten osalta huomioidaan rakennuksissa kulutettu sähkö, kaukolämpö ja polttoaineet. Liikenteen osalta huomioidaan polttoaineiden ja sähkön kulutus. Alueelle sijoittuu mahdollisesti energiantuotantolaitoksia tai teollisuuslaitoksia, mutta niitä ei tässä tarkastelussa huomioida, sillä ne eivät palvele pelkästään Östersundomin aluetta.

Hiilijalanjälkeä tarkastellaan sekä vuositaisena arvona että kumulatiivisena. Kumulatiivisessa tarkastelussa huomioidaan sekä alueen kokonaispäästöt että asukasta kohti lasketut päästöt. Näin ollen eri skenaarioiden eri asukasmäärät tulevat huomioiduiksi oikealla tavalla.

Paikallisen energiantuotannon osalta huomioidaan aurinkosähkön hyödyntämisen vaikutukset hiilijalanjälkeen. Skenaario-oletusten mukaisesti viidenes alueen sähköntuotannosta on aurinkosähköä kaikissa skenaarioissa. Tämä huomioidaan kaikessa alueen sähkönkulutuksessa, myös liikenteen osalta, kun tarkastellaan sähköautojen yleistymistä. Aurinkolämmön hyödyntäminen on myös huomioitu, samaten bioenergian paikallinen käyttö. Näiden markkinaosuudet on kuvattu luvussa 5.2.

Hiilidioksidipäästöjen ominaiskertomien muutosten vaikutusta pyritään havainnollistamaan käyttämällä nykyisten (vuosi 2010) ominaispäästökertoimien sijaan ennustettuja tulevaisuuden päästökertoimia. Kertoimien on oletettu laskevan kaukolämmön ja etenkin sähkön tuotannossa merkittävästi seuraavien vuosikymmenien aikana. Ennusteet perustuvat sähkön osalta suunniteltuihin ydinvoimainvestointeihin sekä uusiutuvan energian osuuden kehittymiseen EU:n tavoitteiden mukaisesti.¹⁰ Kaukolämmön osalta on arvioitu paikallista kehitystä suunniteltujen investointien valossa, jolloin biopolttoaineiden osuus kaukoläm-

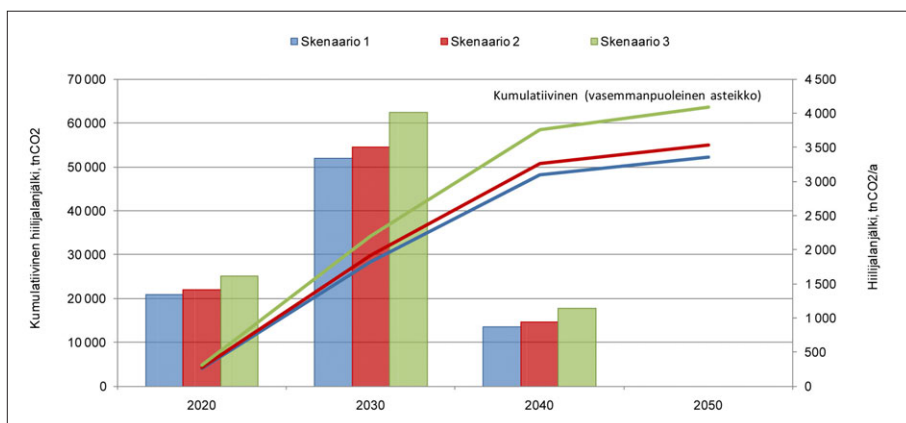
	2010	2020	2030	2040	2050
Sähkö (gCO ₂ /kWh)	237	60	32	3	0
Kaukolämpö (gCO ₂ /kWh)	174	120	67	14	0

Taulukko 6.1. Sähkön ja kaukolämmön päästökertoimien oletettu kehitys.

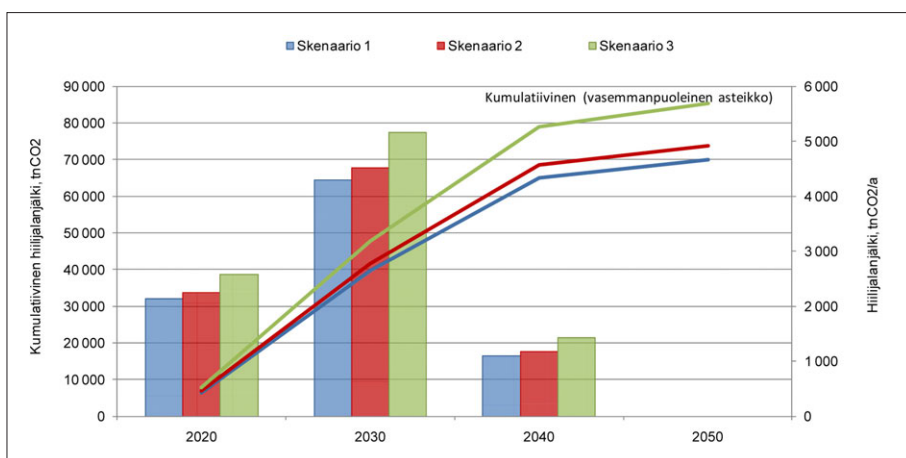
möntuotannossa tulee kasvamaan merkittävästi. Laskennassa käytetyt energiantuotannon päästökertoimet on esitetty taulukossa 6.1. Koska ominaispäästöjen kehitykseen sisältyy merkittäviä epävarmuuksia, on näiden osalta tehty erilliset herkkyystarkastelut luvussa 6.3.

Liikenteessä bensiiniä ja dieseliä käyttävien henkilö- ja linja-autojen ominaispäästöjen on oletettu pienenevän teknologian kehittyessä. Bensiinikäyttöisten henkilöautokannan ominaispäästöjen on oletettu tippuvan nykyisestä tasosta 181 gCO₂/km tasolle 163 gCO₂/km vuoteen 2020 mennessä ja laskevan siitä edelleen tasolle 94 gCO₂/km vuoteen 2050 mennessä. Vastaavasti dieselkäyttöisissä henkilöautoissa ominaispäästöt putoavat nykyiseltä tasolta 175 gCO₂/km tasolle 91 gCO₂/km vuoteen 2050 mennessä. Ominaispäästöjen arvioinnissa on oletettu henkilöautokannan uudistuvan nykyisellä vauhdilla. Dieselkäyttöisten linja-autojen osalta ominaispäästöjen on oletettu putoavan tasolta 62 gCO₂/km tasolle 50 gCO₂/km vuoteen 2050 mennessä. Sähköautojen ja metron ominaispäästöjen kehitys puolestaan määräytyy sähkön ominaispäästön kehityksen mukaisesti (ks. taulukko 6.1) ottaen huomioon, että alueella ladattavasta sähköstä 20 % on päästötöntä aurinkosähköä. Liikenteen biopolttoaineiden ominaispäästöt ovat tarkastelussa 0 gCO₂/km. Ajoneuvokannan jakautuminen käyttövoiman perusteella on kuvattu luvussa 6.2.2.

¹⁰ Vehviläinen et al., Rakennetun ympäristön, energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Sitran selvityksiä 39, 2010.



Kuva 6.1. Rakennuskannan energiankulutuksen hiilijalanjälki eri skenaarioissa, kun alueella 50 000 asukasta vuonna 2050.



Kuva 6.2. Rakennuskannan energiankulutuksen hiilijalanjälki eri skenaarioissa, kun alueella 80 000 asukasta vuonna 2050.

Kuvissa 6.1 ja 6.2 on esitetty skenaariokohtaisesti Östersundomin rakennuskannan energiankulutuksen hiilijalanjälki sekä vuosittaisena arvona kunkin vuosikymmenen aikana (oikeanpuoleinen asteikko) että kumulatiivisesti (vasemmanpuoleinen asteikko). Kuvista nähdään selkeästi sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöjen alenemisen vaikutus hiilijalanjäljen suuruuteen. Vuotuinen hiilijalanjälki kääntyy laskuun jo vuoden 2030 jälkeen, vaikka alueen väkimäärä lisääntyy senkin jälkeen.

Rakennuskannan hiilijalanjälkeen vaikuttaa laskennassa eniten lämmitystapa. Oletusten mukaan kaukolämmön ominaispäästökerroin laskee tarkastelussa maltillisemmin kuin sähkön, jota käytetään lämpöpumpppujaiseen lämmitykseen. Koska tiiviissä skenaariossa 3 kaukolämmön markkinaosuus on suurin, muodostuu skenaarion 3 rakennuskannalle suurempi hiilijalanjälki kuin skenaarioissa 1 ja 2, kuten kuvista 6.1 ja 6.2 käy ilmi.

Mikäli Östersundomissa on 50 000 asukasta vuonna 2050, muodostuu rakennuskannan kumulatiiviseksi hiilijalanjäljeksi vuosina 2015–2050 skenaariossa 1 noin 52 000 tnCO₂, skenaariossa 2 noin 55 000 tnCO₂ ja skenaariossa 3 noin 64 000 tnCO₂. Asukasmäärän ollessa 80 000, ovat vastaavat luvut noin 70 000 tnCO₂, 74 000 tnCO₂ ja 85 000 tnCO₂. Kumuloituvaa hiilijalanjälkeä asukasta kohti on tarkasteltu tarkemmin luvussa 6.2.3.

Kuvista 6.1 ja 6.2 nähdään, että vuonna 2050 rakennuskannan energiankulutuksesta ei synny päästöjä lainkaan eli päästöt laskevat nolnaan vuosien 2040 ja 2050 välisenä aikana. Tämä johtuu siitä, että sekä sähkön- että kaukolämmön tuotannon oletetaan olevan tällöin päästöttömiä (ks. taulukko 6.1). Mikäli ominaispäästöjen aleneminen on hitaampaa, kasvattaa se luonnollisesti hiilijalanjälkeä. Tätä asiaa on tarkasteltu lähemmin luvun 6.3 herkkyytarkastelujen yhteydessä.

6.2 Laskentatulokset

6.2.1 Rakennuskanta

Rakennuskannan tarkastelussa hiilijalanjälki on laskettu vuosikymmenen välein yhdelle vuodelle. Tässä on tehty oletus, että jokaisena vuosikymmenenä rakennetaan tietty määrä uusia tietyn ener-

giatehokkuuden omaavia rakennuksia ja vuotuiset rakennusten energiankulutuksen aiheuttamat päästöt kehittyvät aina vuosikymmenen aikana lineaarisesti. Näin voidaan laskea vuosina 2015–2050 muodostuva rakennuskannan kumulatiivinen hiilijalanjälki.

6.2.2 Liikenne

Liikenne on jaettu tässä tarkastelussa henkilöautoliikenteeseen ja joukkoliikenteeseen, johon kuuluvat linja-auto- ja metroliikenne. Henkilöautoliikenteessä sähkön käyttövoimaosuuden oletetaan kasvavan 65 %:iin vuoteen 2050 mennessä. Huomattavin sähköautojen markkinapenetraatio tapahtuu vuosien 2020 ja 2040 välillä, jolloin markkinaosuus kasvaa 5 %:sta 55 %:iin. Bensiinikäyttöiset autot menettävät markkinaosuuttaan tasaisesti nykyisestä 80 %:sta 10 %:iin vuoteen 2040 mennessä ja vuonna 2050 bensiinikäyttöiset autot ovat poistuneet kokonaan markkinoilta. Dieselin osuus henkilöautoliikenteessä käytössä olevasta käyttövoimasta kasvaa vielä vuoteen 2020 asti, jonka jälkeen dieselautojen markkinaosuus hitaasti pienenee ollessaan 5 % vuonna 2050. Biopolttoaineiden osuus käyttövoimasta kasvaa vuosien 2020 ja 2050 välillä 10 %:sta 30 %:iin. Osa biopolttoaineista käytetään hybridi-sähköautoissa.

Joukkoliikenteessä on nykyisin käytössä sekä diesel- että maakaasukäyttöisiä linja-autoja, joiden on oletettu korvautuvan biopolttoaineita käyttävillä linja-autoilla. Tarkastelussa on oletettu, alussa alueella on dieselä käyttäviä linja-autoja. Niiden markkinaosuus linja-autojen käyttövoimasta laskee tasaisesti nolnaan vuoteen 2050 mennessä. Samanaikaisesti biopolttoaineet korvaavat fossiilista dieselä ja vuonna 2050 joukkoliikenteen linja-autoissa käytetään pelkästään biopolttoaineita. Metroliikenteen päästöt alenevat sähkön päästökertoimen laskiessa, jolloin metroliikenne on täysin päästötöntä vuonna 2050. Lisäksi henkilö- ja linja-autojen sekä metron energiatehokkuuden oletetaan parantuvan tarkastelujaksolla tekniikan kehittyessä.

Liikenteen hiilijalanjälki on laskettu vuosikymmenen välein yhdelle vuodelle. Tässä on tehty oletus, että jokaisena vuosikymmenenä alueelle rakennetaan tietty määrä uutta rakennuskantaa, johon muuttaa tietty määrä ihmisiä vuosikymmenen lopussa liikennesuorite on kasvanut asukasmäärän lisääntymistä vastaava määrä. Vuotuiset liikenteen aiheuttamat päästöt kehittyvät oletuksen mukaan kunkin vuosikymmenen aikana lineaarisesti.

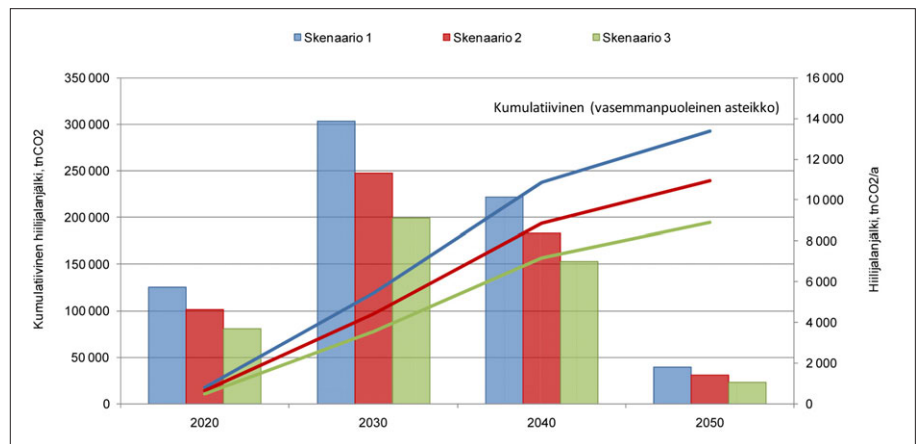
Kuvissa 6.3 ja 6.4 on esitetty skenaariokohtaisesti Östersundomin liikenne-

suoritteiden aiheuttama hiilijalanjälki sekä vuosittaisena arvona (oikeanpuoleinen asteikko) että kumulatiivisesti (vasemmanpuoleinen asteikko). Kuvista nähdään, että myös liikenteessä liikennepolttoaineiden ominaispäästöjen laskeminen yhdessä teknologian kehittymisen kanssa kääntää vuotuisen liikenteen hiilijalanjäljen laskuun 2030-luvulla, vaikka alueen väkimäärä lisääntyy. Liikenteessä ominaispäästöjen vähentyminen on kuitenkin hieman hitaampaa kuin rakennuksissa (ks. kuvat 6.1 ja 6.2).

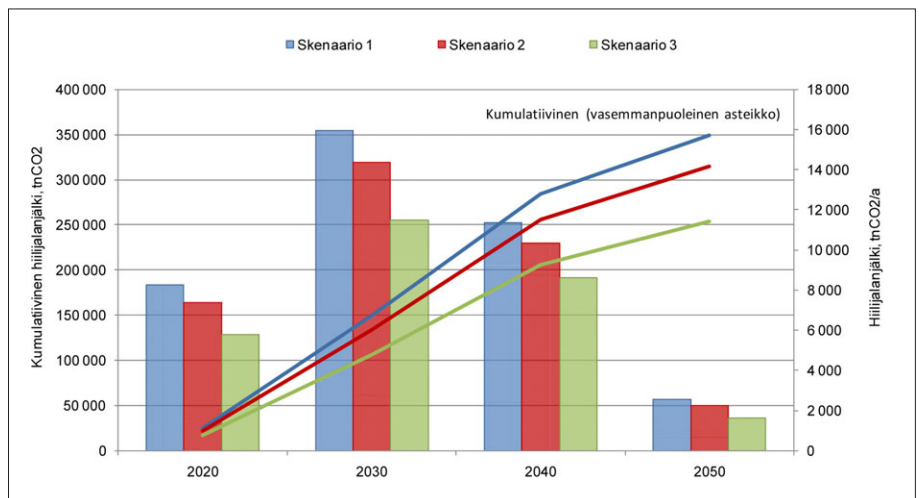
Liikenteen osalta hiilijalanjäljen suuruus on skenaarioittain päinvastainen kuin rakennuskannassa. Skenaariossa 1 syntyy suurin ja skenaariossa 3 pienin hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen suuruus on riip-

uvainen alueen tiiveydestä; tiivis aluerakenne vähentää asukasta kohden tehtyä liikennesuoritetta, kuten luvussa 4 on todettu. Tällä on puolestaan suora vaikutus alueen hiilijalanjälkeen.

Mikäli Östersundomissa on 50 000 asukasta vuonna 2050, muodostuu liikennesuoritteiden kumulatiiviseksi hiilijalanjäljeksi vuosina 2015–2050 skenaariossa 1 noin 293 000 tnCO₂, skenaariossa 2 noin 239 000 tnCO₂ ja skenaariossa 3 noin 194 000 tnCO₂. Asukasmäärän ollessa 80 000, ovat vastaavat luvut noin 349 000 tnCO₂, 315 000 tnCO₂ ja 254 000 tnCO₂. Kumuloituvaa hiilijalanjälkeä asukasta kohti on tarkasteltu tarkemmin luvussa 6.2.3.



Kuva 6.3. Liikennesuoritteiden hiilijalanjälki eri skenaarioissa, kun alueella 50 000 asukasta vuonna 2050.



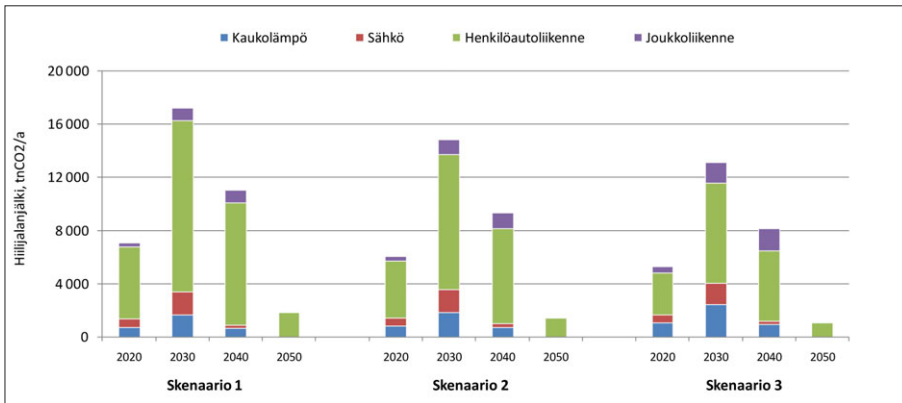
Kuva 6.4. Liikennesuoritteiden hiilijalanjälki eri skenaarioissa, kun alueella 80 000 asukasta vuonna 2050.

6.2.3 Kokonaishiilijalanjälki

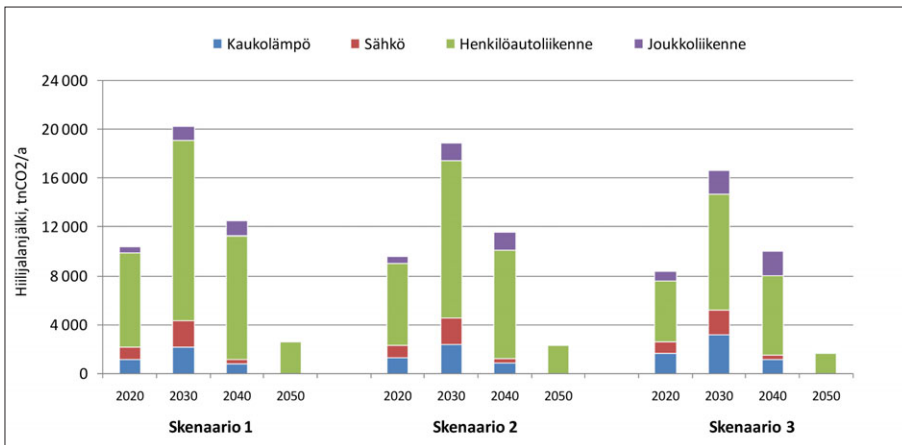
Östersundomin kokonaishiilijalanjälki muodostuu rakennusten ja liikenteen energiankulutuksesta. Liikenteen merkitys on asumista suurempi. Tämä nähdään kuvista 6.5 ja 6.6, joissa on esitetty alueen vuotuisen hiilijalanjäljen lähteet skenaariokohtaisesti eri asukasmäärillä. Kuvista huomataan, että henkilöautoliikenne aiheuttaa kaikissa skenaarioissa suurimman osan alueen hiilijalanjäljestä. Rakennuskannan energiankulutuksesta aiheutuvan hiilijalanjäljen suhteellinen alaisuus johtuu sekä uudisrakentamisen kehittyneestä energiatehokkuudesta että sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöjen pienenemisestä.

Kun huomioidaan tarkasteluun rajatut päästölähteet, joita ovat rakennusten energiankulutus sekä liikenne, on skenaario 3 hiilijalanjäljen kannalta paras vaihtoehto. Korkeimmillaan vuotuiset päästöt ovat kaikissa skenaarioissa noin puolessa välissä alueen rakentamista, asukasmäärästä riippumatta. Sen jälkeen sähkön, kaukolämmön ja liikenteen ominaispäästökertoimien lasku kääntää kokonaishiilijalanjäljen laskuun.

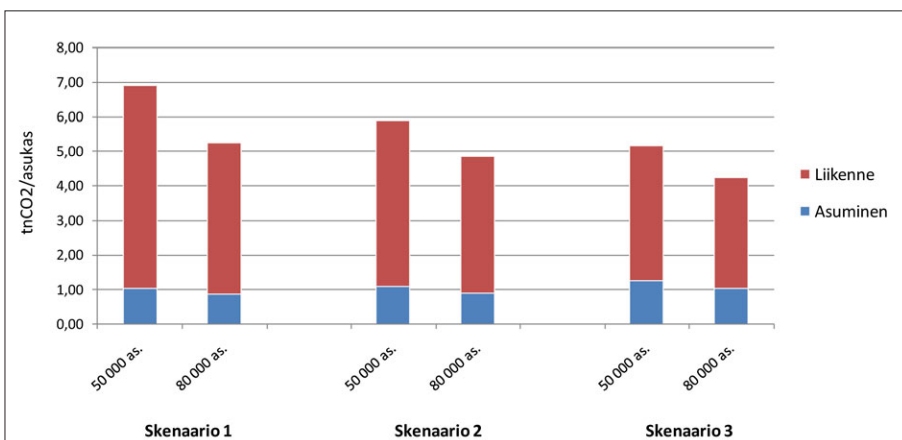
Kuvassa 6.7 on esitetty Östersundomin alueen vuosina 2015–2050 kumuloitunut hiilijalanjälki alueen lopulliseen asukasmäärään suhteutettuna. Vertailussa on esitetty kaikki kolme tarkasteltavaa skenaariota eri asukasmäärillä. Kuten edellä jo todettiin, syntyy pienin hiilijalanjälki tiiveimmässä skenaariossa (skenaario 3), jossa on vähiten liikennesuoritteita. Alueen asukasmäärän kasvattaminen tiivistää rakennetta edelleen, etenkin skenaarioissa 1, jolloin hiilijalanjälki pienenee. Skenaariossa 1 asumisen osuus on noin 15 % Östersundomin koko kumuloituneesta hiilijalanjäljestä, kun se jaetaan asukasta kohden. Skenaariossa 2 asumisen osuus on noin 20 % ja skenaariossa 3 noin 25 %.



Kuva 6.5. Östersundomin vuotuinen hiilijalanjälki eri skenaarioissa, kun alueella 50 000 asukasta vuonna 2050.



Kuva 6.6. Östersundomin vuotuinen hiilijalanjälki eri skenaarioissa, kun alueella 80 000 asukasta vuonna 2050.



Kuva 6.7. Vuoteen 2050 mennessä kumuloitunut hiilijalanjälki asukasta kohden.

6.3 Herkkyystarkasteluja

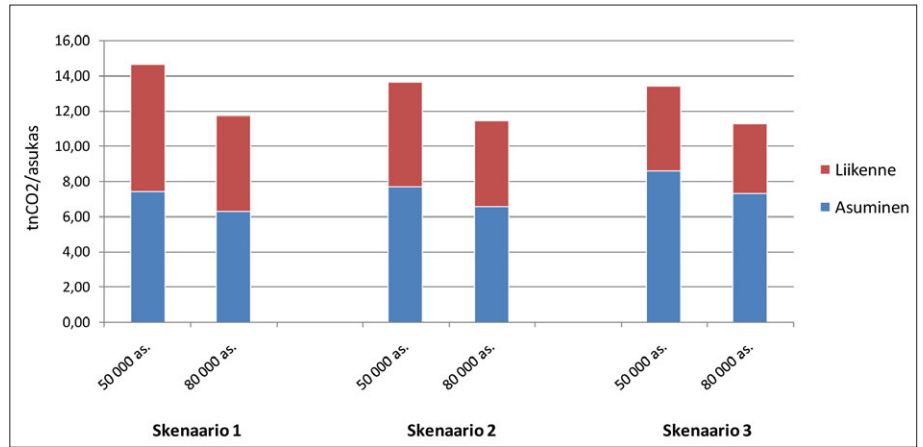
Koska laskelmien oletuksiin liittyy epävarmuuksia, on syytä tehdä herkkyystarkasteluja niiden laskentaoletusten osalta, joilla on selkeä vaikutus alueen hiilijalanjäljen suuruuteen. Aluksi tarkastellaan sähkön ja kaukolämmön päästökertoimia. Laskennassa sähkön päästökertoimennusteet perustuvat suunniteltuihin ydinvoimainvestointeihin sekä uusiutuvan energian osuuden kehittymiseen EU:n tavoitteiden mukaisesti. Kaukolämmön osalta on arvioitu paikallista kehitystä suunniteltujen investointien valossa, jolloin biopolttoaineiden osuus kaukolämmöntuotannossa tulee kasvamaan. Mikäli investoinnit tai uusiutuvan energian osuudelle asetetut tavoitteet eivät kuitenkaan toteudu ennusteiden mukaisesti, saattaa sähkö- ja kaukolämpötuotannon päästökertoimet olla selvästi oletettua korkeammat. Jos alkuperäisessä laskennassa käytettyjä sähkön ja kaukolämmön päästökertoimia voisi kuvata jossain määrin optimistisiksi, on herkkyystarkastelussa käytetty selvästi pessimistisempiä lähtöarvoja (ks. taulukko 6.2).

Taulukon 6.2 päästökertoimilla rakennusten energiankulutuksesta syntyvä kumulatiivinen hiilijalanjälki vuonna 2050 on skenaariosta ja asukasmäärästä riippumatta noin 7-kertainen alkuperäiseen laskentaan verrattuna. Tämä kuvaa hyvin hiilijalanjäljen herkkyyttä sähkö ja lämmön ominaispäästöjen kehittymisestä.

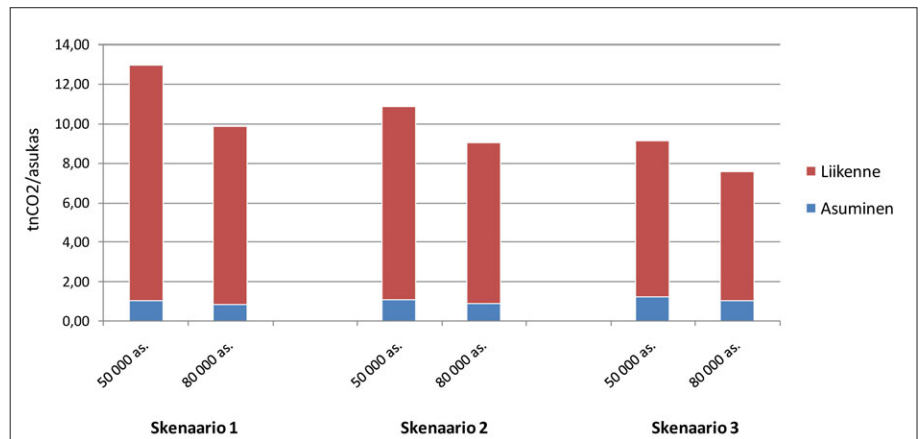
Liikenteen hiilijalanjälki kasvaa alle neljänneksen, johtuen sähköautojen suuremmista päästöistä. Suurempien sähkön ja kaukolämmön päästökertoimien käyttäminen johtaa tilanteeseen, jossa liikenne ei enää vastaa suurimmas- ta osasta alueen päästöjä, vaan asuminen on merkittävimmissä roolissa (ks. kuva 6.8.). Mikäli sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöjen kehitys olisi näin hidasta, olisi myös liikenteen ominaispäästöjen väheneminen todennäköisesti hitaampaa. Tämä ei kuitenkaan muu-

Taulukko 6.2. Sähkön ja kaukolämmön päästökertoimet herkkyystarkastelussa (pessimistinen tarkastelu).

	2010	2020	2030	2040	2050
Sähkö (gCO ₂ /kWh)	237	169	113	101	86
Kaukolämpö (gCO ₂ /kWh)	174	177	167	156	144



Kuva 6.8. Vuoteen 2050 mennessä kumuloitunut hiilijalanjälki asukasta kohti. Herkkyystarkastelu sähkön ja kaukolämmön korotetuilla päästökertoimilla.



Kuva 6.9. Vuoteen 2050 mennessä kumuloitunut hiilijalanjälki asukasta kohti. Herkkyystarkastelu sähköautojen hitaammalla markkinapenetraatiolla.

ta sitä tosiseikkaa, että asumisen hiilijälkeen vaikuttaa erittäin merkittävästi sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöjen kehittyminen – ei pelkästään rakentamisen energiatehokkuus.

Toinen herkkyystarkastelu tehdään liikenteen käyttövoimajakaumalle. Alkuperäisessä laskennassa oletettiin, että sähköautojen ja biopolttoaineiden markkinaosuus kasvaa henkilöautoliikenteessä vahvasti ja biopolttoaineet syrjäyttävät joukkoliikenteessä dieselin täysin vuoteen 2050 mennessä. Herkkyystarkastelussa sähköautojen markkinapenetraatio on oletettua hitaampi, jolloin vuonna 2050 sähkö vastaa noin 35 % henkilöautoliikenteen käyttövoimasta. Biopolttoaineiden osuus henkilöautoliikenteen polttoaineista on 20 % ja joukkoliikenteen linja-autoissa 40 %. Nämä oletukset johtaisivat liikenteen kumulatiivisen hiilijalanjäljen kaksinkertaistumiseen alkuperäiseen laskentaan verrattuna. Kun alueen kumulatiivinen kokonaishiilijalanjälki las-

ketaan asukasta kohden, johtaa tämä kuvan 6.9 mukaiseen tilanteeseen. Kuvasta nähdään, että liikenteen osuus kokonaishiilijalanjäljestä kasvaa alkuperäiseen tilanteeseen nähden.

Kolmas herkkyystarkastelu koskee aurinkosähkön osuutta alueen kokonaissähkönkulutuksesta. Alkuperäisen oletuksen mukaan aurinkosähköllä katetaan 20 % Östersundomin sähkön tarpeesta. Mikäli aurinkosähköä ei hyödynnettäisi alueella lainkaan, olisi asumisen hiilijalanjälki skenaariosta riippuen noin 9–12 % suurempi. Vaikutus liikenteen hiilijalanjälkeen on lähes olematon (noin 0,5 %). Jos taas aurinkosähkön osuus alueen sähkönkulutuksesta olisi 50 %, laskisi asumisen hiilijalanjälki 14–18 %, riippuen tarkasteltavasta skenaariosta. Vaikutus liikenteen hiilijalanjälkeen on pieni, alle yhden prosenttiyksikön. Suurin vaikutus aurinkosähkön tuotantomäärän muutoksilla on harvemmin rakennettujen skenaarioiden hiilijalanjälkeen.

7.1 Liikkumistarve ja liikenteen hiilijalanjälki

Kaavoituksella voidaan vaikuttaa alueen asukkaiden arkiliikkumisesta aiheutuvaan hiilijalanjälkeen, joka riippuu asukkaiden liikennesuoritteista ja kulkumuo-
tojakaumasta. Arkiliikkumisella on merkittävä vaikutus hiilijalanjälkeen, sillä se kattaa noin puolet kaikista liikennesuoritteista¹¹. Arkiliikkumisen kannalta on oleellista havaita, että riittävän tiivis rakentaminen mahdollistaa toimivan joukkoliikenneverkoston syntyminen.

Työmatkaliikenteen osalta metro tarjoaa hyvän yhteyden Helsingin keskustan suuntaan kaikissa skenaarioissa. Tulevaisuudessa yhä suurempi osuus työpai-
koista sijainnee kehäteiden varrella, mikä edellyttää tämän huomioimista joukkoliikenteen suunnittelussa – muutoin oman auton käyttöä työmatkoilla on käytännössä vaikea syrjäyttää. Lisäksi on muistettava, että moottoriteiden ja etenkin moottoritie-
liittymien läheisyys kannustaa henkilöautopainotteiseen liikkumiseen.

Työmatkojen vähentämisessä olisi suotuisaa, mikäli alueen työpaikkaomavaraisuus olisi mahdollisimman korkea. Tosin on huomattava, että kehitys on menossa siihen suuntaan, että työpaikat klusteroituvat yhä enemmän tietyn teeman ympärille, joten työpaikkaomavaraisuus ei suoraan määritä työpaikkaliikenteen määrää. Siksi olisi varsin suotuisaa, että Östersundomilla olisi syntyvien työpaikkojen suhteen oma klusterinsa, joka houkuttelisi alueelle asumaan myös tämän alan osaajia. Toisena vaihtoehtona olisi etätyö, jota voisi edistää esimerkiksi alueelle syntyvien viihtyisien etätyökeskusten avulla. Sen sijaan, että alueelta lähdetäisiin muualle töihin, voisi ainakin osa työmatkoista korvautua alueellisella etätyöllä.

Ostosmatkojen minimoimiseksi on tärkeää kaavoittaa asuinalueet niin, että ostovoima riittää lähipalveluiden tarjontaan. Lähikaupan edellyttämän ostovoiman, johon käytännössä tarvitaan vähintään 2000–3000 asukasta, tulisi sijaita enintään 500 m kävelyetäisyydellä. Lähipalvelujen syntymistä voidaan edistää myös varmistamalla mahdollisimman sujuvat kevyen liikenteen yhteydet, jotka on syytä suunnitella autoliikenteen reiteistä poiketen verkkomaiseksi rakenteeksi.

Toisaalta on myös tunnustettava, että kaavoituksella ei voida vaikuttaa kaikkiin liikenteeseen liittyviin asioihin. Kolmannes matkoista liittyy työhön, koulunkäyntiin ja opiskeluun. Nämä ovat hyvin ennakoitavissa ja kaavoituksella voidaan hyvin vaikuttaa siihen, millaiset edellytykset asukkaalla on tehdä nämä matkat joukkoliikenteellä, kävellen tai pyöräillen. Vajaa kolmannes on ostos- ja asiointimatkoja, joiden suoritteeseen kaavoituksella voidaan myös vaikuttaa luomalla edellytyksiä kaupan toiminnoille riittävän lähellä asuntoja. Sen sijaan yli kolmannes matkoista liittyy vapaa-aikaan ja näistä kertyy myös suoritetta enemmän kuin työ- ja asiointimatkoista yhteensä.¹² Vapaa-ajan matkat ovat luonteeltaan yksilöllisiä ja vaikeasti ennakoitavissa. Silti tiivis kaupunkirakenne on omiaan vähentämään myös näitä matkoja, vaikka niiden moninaiseen kirjoon soveltuvien joukkoliikennepalvelujen järjestäminen onkin vaikeaa.

7.2 Rakennusten energiatehokkuus ja lämmitystapavalinnat

Rakennusten energiatehokkuus määrittyy pitkälti rakennusmääräysten perusteella. Tulevaisuudessa rakennusmääräysten oletetaan kiristyvän voimakkaasti ja Östersundomin alueen rakennukset tulevat olemaan pääosin matalaenergia-

tai passiivitaloja. Kaavoituksella ei voida suoraan vaikuttaa rakennusten energiatehokkuuteen, mutta kaavoituksessa voitaisiin harkita mahdollisia kannustimia energiatehokkaaseen rakentamiseen. Yksi tällainen keino voisi olla rakennusoi-
keuden korotus, mikäli rakennus täyttää passiivitalon määritelmän.

Kaavoituksella voidaan merkittävästi vaikuttaa rakennusten lämmitystapavalintaan. Erityisesti kaukolämpö edellyttää riittävän tiivistä rakentamista - tulevaisuudessa entistäkin tiiviimpää, koska rakennusten lämmön ominaiskulutus pienenee merkittävästi nykyiseen rakennuskantaan verrattuna. Se, miten kaukolämmön ominaispäästöt kehittyvät esimerkiksi sähköön verrattuna on vielä epävarmaa, mutta varmuudella voidaan sanoa, että tiivis rakentaminen mahdollistaa useamman lämmitystavan valinnan tulevaisuudessa.

Kaukolämmön rakentamisen kannalta oleellinen kysymys on myös alueen rakentamisjärjestys. Tärkeää on ohjata rakentamisen painopiste yhdelle alueelle kerralla, jolloin kaukolämmön käytön edellytykset paranevat. Samoin oleellinen merkitys on sillä, miten kaukolämmön runkolinja tullaan linjaamaan ja miten sen rakentaminen ajoitetaan muuhun rakentamiseen. Nämä asiat tarkentuvat vasta suunnittelun edetessä, mutta niihin olisi hyvä ottaa kantaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Tulevaisuudessa keskitetyn kaukolämmön ja rakennuskohtaisten lämmitysratkaisujen väliin tulee uusia vaihtoehtoja. Ne voivat olla joko kevennettyjä kaukolämpöratkaisuja – esimerkiksi matalalämpötilaverkkoja – tai paikallisia energialähteitä (aurinko, bioenergia, maalämpö) hyödyntäviä alueellisia ratkaisuja. Tällaisia ratkaisuja kohtaan on kasvava kiinnostusta myös alueen energiyhtiöiden piirissä. Energiyhtiöt voivat tarjota näitä ratkaisuja asiakkaille ”avaimet käteen”-periaatteella tehden itse investoinnit tuotantolaitteisiin ja myymällä asi-

¹¹ Vehviläinen et al., Rakennetun ympäristön, energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Sitran selvityksiä 39, 2010.

¹² Henkilöliikennetutkimus 2004–2005, loppuraportti.

akkaalle energiaa sovitulla hinnalla ja toimitusehdoilla.

Tulevaisuudessa aurinkoenergialla voi olla huomattava merkitys Östersundomin alueen energiantuotannossa. Tässä selvityksessä oletettiin, että alueen sähkökulutuksesta 20 % olisi aurinkosähköä. Tämä luku voisi olla teoriassa suurempi, mikäli alueen sähköverkko suunnitellaan alusta pitäen sellaiseksi, että se pystyy joustavasti ottamaan vastaan tämän tuotannon ja tasaamaan tuotannon vaihteluja esimerkiksi sähköautojen tai muiden energian varastointiratkaisujen avulla. Aurinkoenergian mahdollisuuksia on tarkastelu tarkemmin erillisessä selvityksessä.¹³

7.3 Rakentamisen hiilijalanjälki

Rakentamisen aiheuttama hiilijalanjälki ei ollut tämän selvityksen kohteena, mutta sillä on tulevaisuudessa yhä suurempi merkitys, kun rakennusten käytönaikainen energiankulutus vähenee. Nykyisessä rakennuskannassa rakennusten hiilijalanjäljestä tyypillisesti 80 – 90 % syntyy rakennusten käytön aikana, kun rakentamisen ja rakennusmateriaalien osuus on vain 10 – 20 % luokkaa. Tulevaisuudessa rakennusmateriaalien valmistus, niiden kuljettaminen ja rakentaminen tulevat olemaan elinkaarimielessä käyttöä merkittävämpiä hiilijalanjäljen kannalta. Tämän vuoksi Östersundomia rakennettaessa on tärkeää kiinnittää huomiota myös rakentamiseen ja rakennusmateriaalien valintaan, vaikka kaavoituksella voidaan vain rajallisesti vaikuttaa näihin.

Kaavoituksella voidaan kuitenkin vaikuttaa merkittävästi infrastruktuurien rakentamistarpeeseen ja maansiirtotöiden määrään. Yleisellä tasolla voidaan tode-

ta, että mitä hajanaisempi rakennettava alue on, sitä enemmän on rakennettava teitä, sähkö-, kaukolämpö- ja vesijohtoverkkoja. Tämä puolestaan aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä, sillä suurin osa rakentamisen vaatimasta energiasta on peräisin vielä pitkään fossiilisista polttoaineista.

7.4 Alueen hiilinielut

Östersundomin rakentamattomilla alueilla on nykyisin metsää, suota ja peltoa. Kun rakentaminen kohdistuu näille rakentamattomille alueille, on sillä vaikutusta maa-alueiden hiilitaseeseen. Mitä suurempi rakentamisen piirissä oleva alue on, sitä suurempi vaikutus sillä on maan ja ilmakehän vuorovaikutukseen ja mahdollisten luonnollisten hiilinielujen katoamiseen.

Yleisesti ottaen metsät ja suot ovat merkittäviä hiilivarastoja, joihin hiili on sitoutunut vuosikymmenien ja soiden tapauksessa vuosisatojen aikana. Metsä on elinkaarensa aikana välillä hiililähde ja välillä hiilinielu. Hiililähteenä metsikkö on uudistushakkuun jälkeen parikymmentä vuotta ja harvennushakkuun jälkeen muutaman vuoden. Kasvavat metsät puolestaan ovat erityisen hyviä hiilinieluja. Täysikasvuinen luonnontilainen metsä vapauttaa yhtä paljon hiiltä kuin se sitoo.¹⁴ Kokonaisuudessa elinkaaren yli tarkasteltaessa metsät ovat selkeästi hiilinieluja, joten niiden säilyttäminen on hiilitaseen kannalta perusteltua.

Soiden osalta tarkastelu on hieman monimutkaisempaa, sillä soiden hiilitase riippuu suotyyppistä ja siitä onko sojojitettu vai ojitattamaton. Yleisesti tarkasteltuna soiden puusto toimii hiilinieluna, kun taas maaperästä vapautuu haitalli-

sia kasvihuonekaasuja, kuten metaania ja typpioksiduulia. Yleensä ojitus vähentää metaanipäästöjä ja kiihdyttää puuston toimimista hiilinieluna, mutta lisää samalla typpioksiduulipäästöjä ravinteikailla soilla. Yhteisvaikutus vaihtelee suotyypeittäin eikä täysin yleispätevää vastausta kokonaisvaikutuksista voida antaa. Östersundomin tapauksessa soiden tarkastelu edellyttäisi asian tarkempaa tutkimista, mikä ei kuulunut tämän toimeksiannon piiriin.

¹³ R. Alanen et al., Aurinkosähkön mahdollisuudet Helsingin Östersundomin alueella, tutkimusraportti VTT-R-06910-10, 2010.

¹⁴ Ilmastonmuutos ja metsätalous, Tapio: www.ilmastomuutos.info

8 Johtopäätökset

Östersundomin alueen hiilijalanjälkeen vaikuttaa ensisijassa liikenteen ja rakennusten energiankulutus. Tarkasteltaessa tulevaisuuden asuinaluetta on oleellista tunnistaa, miten rakennusten energiatehokkuus, eri lämmitysmuotojen ominaispäästöt sekä liikennevälineiden teknologia ja ominaispäästöt kehittyvät tulevana vuosikymmeninä. Tässä hankkeessa tehtyjen laskentaoletusten ja laskelmien perusteella näyttäisi, että tulevaisuuden Östersundomissa liikenteen hiilijalanjälki on suurempi kuin asumisen hiilijalanjälki. Keskeisenä syynä tähän on tulevana vuosina valmistuvien uusien rakennusten hyvä energiatehokkuus sekä oletettu sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöjen varsin nopea alentuminen. Sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöjen kehittymiseen liittyy kuitenkin merkittävästi epävarmuuksia, joten panostaminen energiatehokkaaseen rakentamiseen Östersundomissa on hiilijalanjäljen pienentämisen näkökulmasta valinta, jolla on paljon voitettavaa mutta vain vähän hävittävää.

Liikenteen hiilijalanjälkeen, joka on Östersundomin tapauksessa merkittävin asia, vaikuttaa ennen kaikkea alueen tiiveys. Mitä tiiviimpi alue on sitä paremmat edellytykset on pienentää alueen hiilijalanjälkeä. Riittävän tiiviillä rakentamisella, jossa matalat asuinkerrostalot ja kaupunkipientalot täydentäisivät toisiaan, yli 90 % alueen asukkaista voisi sijaita kävelytäisyyden päässä metroasemasta. Tällöin liikenteen aiheuttama hiilijalanjälki olisi merkittävästi pienempi kuin hajanaisen pientalovaltaisen alueen tapauksessa.

Liikenteen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä työmatkaliikenne muodostaa merkittävän osan. Työmatkaliikennettä voitaisiin vähentää, mikäli Östersundomin alueelle muodostuisi jonkun toimialan työpaikkaklusteri, joka houkuttelisi alueella asumaan tämän alan työntekijöitä. Samoin työmatkaliikenteen hiilijalanjälkeä voitaisiin vähentää tarjoamalla joukkoli-

kenneyhteydet myös kehäteiden varrella sijaitseville työpaikoille sekä kehittämällä alueellisia etätyömahdollisuuksia.

Tiivis rakentaminen mahdollistaa myös useamman eri lämmitysvaihtoehdon käyttämisen, kun taas hajanainen rakentaminen pienentää kaukolämmön toimintaedellytyksiä. Varsinkin kun eri lämmitysmuotojen ominaispäästöjen kehittymiseen liittyy epävarmuuksia, olisi kaavoituksella varmistettava, ettei mitään mahdollisuutta suljettaisi pois tässä vaiheessa, vaan luotaisiin edellytykset monille eri vaihtoehdoille.

Tiivistä rakentamista puoltaa myös rakentamisen aiheuttaman hiilijalanjäljen minimointi. Mitä hajanaisempi rakenne on, sitä enemmän on tehtävä erilaisten infrastruktuurien (mm. tie-, sähkö-, vesi- ja kaukolämpöverkot) rakentamista. Eri-tyisesti tulevaisuudessa materiaalien valmistamisen, kuljettamisen ja rakentamisen hiilijalanjäljen on arvioitu olevan nykyistä suhteellisesti merkittävämpää, kun sekä asumisen että liikenteen käytön aikaisten kasvihuonekaasupäästöjen on oletettu vähenevän.

Osana tätä hiilijalanjälkiselvitystä tehtiin myös erillistarkasteluja, jotka koskivat lämpösaarekilmiötä, umpikorttelirakenteen vaikutusta lämmitysenergiatarpeeseen sekä puu- ja verkkomaisen tie-rakenteen vaikutusta alueen hiilijalanjälkeen. Lämpösaarekilmiö, joka syntyy tiiviissä kaupunkimaisessa ympäristössä, voisi vähentää rakennusten lämmitystarvetta jonkin verran. Sen kokonaisvaikutus jäisi alustavien arvioiden perusteella parhaimmillaankin alle 5 %:iin alueen rakennusten energiatarpeesta. Umpikorttelirakenteella voitaisiin myös alentaa rakennusten lämmitysenergiankulutusta – kokonaisuudessaan sen merkitys jäisi kuitenkin kohtuullisen vähäiseksi ja siitä saatava hyöty voitaisiin ulosmitata esimerkiksi vähentämällä eristepaksuuksia seinissä tai kasvattamalla rakennusten ikkunapinta-alaa. Tieverkoston tarkastelun osalta verkkomainen rakenne mahdollis-

taisi kaupallisten palveluiden paremman sijoittumisen, mutta sillä ei olisi oleellista vaikutusta alueen hiilijalanjälkeen.

Kokonaisuutena tulevaisuuteen liittyy monia epävarmuuksia, joilla on suuri merkitys Östersundomin alueen hiilijalanjäljen muodostumiseen. Tämän vuoksi alueen kaavoituksessa ja jatkokehityksessä kannattaa panostaa sellaisiin ratkaisuihin, jotka varmuudella edistävät hiilijalanjäljen pienentämistä. Tällaisia asioita ovat erityisesti

- 1) panostaminen tiiviiseen kaupunkirakenteeseen, mikä mahdollistaa arki-liikkumisen liikennesuoritteiden vähentämisen sekä pitää samalla ovet avoimena kaikille vaihtoehtoisille lämmitysenenergiaratkaisuille;
- 2) energiatehokkaaseen rakentamisen kannustaminen, mikä vähentää päästöjä myös siinäkin tapauksessa, että sähkön ja kaukolämmön ominaispäästöt alenevat oletettua hitaammin;
- 3) uusituvan energian, esimerkiksi aurinkosähkön, käyttöön kannustaminen, sillä se tuottaa kiistatta hiilijalanjäljen kannalta suotuisan lopputuloksen korvaamalla hiilijalanjäljen kannalta huonompia vaihtoehtoja.

Kokonaisuudessaan tämän selvityksen pohjalta voidaan todeta, että tiivis kaupunkirakenne on hiilijalanjäljen kannalta suotuisa vaihtoehto. Todennäköisesti tiivis kaupunkirakenne on myös kaupungin palvelutuotannon kustannusten kannalta myös parempi vaihtoehto kuin hajanainen, laajalle levinnyt kaupunkirakenne. Samoin tiiviit asuinalueet mahdollistavat paremmin myös erilaisten palvelujen syntymisen kaupalliselta pohjalta. Tiiviin kaupunkirakenteen toteuttamisessa yksi oleellinen tekijä on alueen rakentamisjärjestys. Ainoastaan asioiden oikealla vaiheistuksella ja rakentamisjärjestyksellä voidaan varmistaa, että alue kehittyy todella riittävän tiiviiksi, palveluitaan elinvoimaiseksi ja energiaratkaisuihin kestäväksi.

Tässä selvityksessä ei ole tehty analyysiä eri vaihtoehtojen hyödyistä ja kustannuksista. Tarkempi kustannushyötytarkastelu olisikin yksi mahdollisista jatkotutkimuskohteista. Kustannusten ja hyötyjen tarkasteluja voitaisiin tehdä ainakin erilaisista liikenneratkaistuista (puumainen vs. verkkomainen rakenne), rakennusten vaihtoehtoisista energiaratkaistuista (kaukolämpö vs. kevennetyt alue-lämpöratkaisut vs. rakennuskohtaiset lämmitysratkaisut) sekä aurinkosähkötuotannon erilaisista vaihtoehtoista (rakennusintegraatio vs. keskitetyt tuotantokentät). Toisena mahdollisena jatkotutkimuskohteena olisi rakentamisen aikaisen hiilijalanjäljen arviointi eri toteutusvaihtoehtoisissa, sillä materiaalien valmistuksen, rakentamisen ja maansiirtotöiden hiilijalanjäljen suhteellinen merkitys kasvaa tulevaisuudessa, kun käytönaikainen hiilijalanjälki vähenee sekä rakennusten paremman energiatehokkuuden että energiantuotannon ominaispäästöjen alenemisen ansiosta.

Liite 1 Skenaariokuvaukset

	Skenaario 1: "Hajanainen pientalovaltainen alue"	Skenaario 2: "Tiivistetty pientalovaltainen alue"	Skenaario 3: "Tiivis kaupunkipientaloalue"
Yleiskuvaus	Pientalovaltainen ratkaisu, jossa rakentaminen on levittäytynyt laajalle alueelle; kaupalliset toiminnot keskittyneet pääosin yhteen keskukseen, muutoin lähikauppoja	Pientalovaltainen ratkaisu, jossa on pyritty tiivistämään rakentamista; kohtuullisen hyvät kaupalliset toiminnot metroasemien yhteydessä; yksi isompi kaupallinen keskus	Tiivis kaupunkimainen rakenne, jossa kaupalliset toiminnot ovat jakautuneet tasaisesti koko kaupunkialueelle; rakennukset ovat pienkerrostaloja ja kaupunkipientaloja
Joukkoliikenneratkaistu (kaikissa skenaarioissa metro toimii joukkoliikenteen ytimenä)	Metro keskeinen ratkaisu; asemien yhteydessä laajat liityntäparkit, jotka kokoavat yksityisautot pientaloalueilta; lisäksi bussiyhteydet mm. kehäteiden työmatkaliikennettä varten	Metro keskeinen ratkaisu; asemien yhteydessä laajat liityntäparkit, jotka kokoavat yksityisautot pientaloalueilta; lisäksi bussiyhteydet mm. kehäteiden työmatkaliikennettä varten	Metro keskeinen ratkaisu, alueen sisällä myös merkittävästi bussiliikennettä, joka vahvistaa Östersundomin kaupunkiluonnetta ja tukee palveluja
Palveluverkosto (kaikissa skenaarioissa lähes kaikki palvelut on saatavissa alueelta, mutta niiden sijainti poikkeaa skenaariokohdasta)	Pientaloalueilla lähikauppoja; Porvoon moottoritien liittymässä suuri kauppakeskusalue, joka on alueen selkeä kaupallinen keskus; metroasemien yhteydessä jonkin verran palveluita	Metroasemien ympäristössä päivittäistavarakauppoja ja jonkin verran muita palveluita; Porvoon moottoritien liittymässä suuri kauppakeskusalue, joka on alueen kaupallinen keskus	Kaupunkimainen rakenne; monipuoliset palvelut tasaisesti jakautuneena pääkatujen varrella; palveluverkosto seuraa metroverkoston linjasta; kaikkien metroasemien yhteydessä varsin monipuoliset palvelut
Työpaikat (kaikissa skenaarioissa oletettu saman verran työpaikkoja, vaikka joissain skenaarioissa paremmat edellytykset työpaikkojen määrän kasvattamiselle)	Alueella on paikallisten palveluiden ansioista kohtuullisesti työpaikkoja ja jonkin verran toimistoja; työpaikat ovat keskittyneet lähes täysin kauppakeskusalueen ympäristöön	Alueella on paikallisten palveluiden ansioista kohtuullisesti työpaikkoja ja jonkin verran toimistoja; työpaikat ovat keskittyneet pääosin kauppakeskusalueen ympäristöön	Alueella on paikallisten palveluiden ansioista kohtuullisesti työpaikkoja; työpaikat jakautuneet kohtuullisen tasaisesti kaupunkimaiselle alueelle
Rakennusten jakauma ja sijainti	Pientalovaltainen ratkaisu, jossa asuminen levittäytyy laajalle alueelle - myös kohtuullisessa määrin moottoritien pohjoispuolelle. Asuin-kerrosalasta vajaa 1/3 matalissa kerrostaloissa metroasemien ympäristössä, hiekan yli 2/3 erillis-, pari- tai rivitaloissa	Pientalovaltainen ratkaisu, jossa asuminen on tasaisesti metrolinjan molemmilla puolilla pysytellen kuitenkin käytännössä moottoritien eteläpuolella. Asuin-kerrosalasta 1/3 matalissa kerrostaloissa metroasemien ympäristössä, 2/3 erillis-, pari- tai rivitaloissa	Nauhakaupunkimainen ratkaisu, jossa on matalia umpikortteleita etenkin metroasemien lähellä. Pientaloalueet nauhakaupungin laidoilta, Asuin-kerrosalasta 1/2 kerrostaloja; 1/2 erillis-, pari ja rivitaloja

Korttelirakenne ja rakentamisen tehokkuus (vanhoilla alueilla aluetehokkuus 0,05–0,07)	Metroasemien ympäristössä matalahkoja pistetaloja, aluetehokkuus 0,55. Pientaloalueilla aluetehokkuus 0,07	Metroasemien ympäristössä matalahkoja pistetaloja, aluetehokkuus 0,55. Pientaloalueilla aluetehokkuus 0,17	Metroasemien ympäristössä kaupunkimainen umpikortteli-rakenne, aluetehokkuus 0,75 Pientaloalueilla aluetehokkuus 0,25
Tieverkosto	Pääosin puumainen tieverkko; kokoojatiet ohjaavat liikenteen metroasemien ympäristöön pientaloalueilta	Pääosin puumainen tieverkko; kokoojatiet ohjaavat liikenteen metroasemien ympäristöön pientaloalueilta	Pääosin verkkomainen tiestö, joka tukee kaupunkimaista rakennetta; metrolinjaa kohdittuun leikkaavia asemille suuntautuvia kaup-pakatuja
Työmatkaliikenne (kaikissa skenaarioissa oletetaan sama työpaikkaomavaraisuus, vaikka joissain skenaarioissa paremmat edellytykset paikallisten työpaikkojen määrän kasvattamiselle)	Metro keskustaan; bussiyhteydet kehäteille; kohtuullisessa määrin yksityisautoilua pientaloalueilta Helsingin suuntaan; liityntäparkit metroasemien yhteydessä	Metro keskustaan; bussiyhteydet kehäteille; kohtuullisessa määrin yksityisautoilua pientaloalueilta Helsingin suuntaan; liityntäparkit metroasemien yhteydessä	Metro keskustaan; bussiyhteydet kehäteille; metroasemat ovat pääosin kävelyetäisyydellä lähes kaikille alueen asukkaille.
Energia- ja lämmitys- ja jäähdytys (kaikissa skenaarioissa rakentamisen energiatehokkuus oletettujen tulevaisuuden normien mukaan)	Kaukolämpöverkko seuraa metron linjausta; kerrostaloissa pääosin kaukolämpö, pientaloissa pääosin erilaiset lämpöpumppuratkaisut; osassa pientaloalueita alueellisia kevennettyjä kaukotai aluelämpöratkaisuja	Kaukolämpöverkko seuraa metron linjausta; kerrostaloissa pääosin kaukolämpö, pientaloissa pääosin erilaiset lämpöpumppuratkaisut; osassa pientaloalueita alueellisia kevennettyjä kaukotai aluelämpöratkaisuja	Kaukolämpöverkko seuraa metron linjausta; kerrostaloissa pääosin kaukolämpö, keskustassa umpikorttelit ja lämpösaarekeilmiö alentavat lämmön tarvetta; pientaloissa sekä kaukolämpöä että erilaisia lämpöpumppuratkaisuja
Energia- ja sähkö (kaikissa skenaarioissa sähkön ominaisuudet valtakunnan keskiarvon mukaan samalla tavalla huomioituna)	Sähkö pääosin yleisestä sähköverkosta; rakennuksiin on integroitu aurinkopaneeleja – vuosituotanto keskimäärin 1/5 alueen sähkön tarpeesta	Sähkö pääosin yleisestä sähköverkosta; rakennuksiin on integroitu aurinkopaneeleja – vuosituotanto keskimäärin 1/5 alueen sähkön tarpeesta	Sähkö pääosin yleisestä sähköverkosta; kaupungin liepeillä on keskitettyä aurinkosähkön tuotantokenttiä, jotka tuottavat 1/5 alueen sähkön tarpeesta

Liite 2 Liikennesuoritteiden laskentaoletukset

Arviot eri skenaarioiden liikennesuoritteista perustuvat yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyyttä tutkivassa Urban Zone -hankkeessa¹⁵ esitettyihin tuloksiin erityyppisten alueiden liikkumistottumuksista.

Lähtökohtaisesti uusien metroasemien ympäristön voidaan katsoa kuuluvan samaan vyöhykkeeseen kuin nykyisten metroasemien (Esim. Itäkeskus ja Herttoniemi = alakeskuksen jalankulkuvyöhyke). Parempi kuva alueen liikennetarpeesta saadaan kuitenkin tarkastelemalla erikseen aluetehokkuudeltaan erilaisia keskusta- ja pientaloalueita ja arvioimalla liikennesuoritteet sen alueluokan perusteella, johon aluetehokkuus antaa perusteet.

Keskusta-alueet: tarkasteltavissa skenaarioissa metroasemien ympärille suunnitellut keskusta-alueet vastaavat aluetehokkuudeltaan parhaiten monipuolista jalankulun reunavyöhykettä ($e=0,53$). Skenaarioissa 1 ja 2 keskusta-alueen aluetehokkuus ($e=0,55$) vastaa suoraan monipuolisen jalankulun reunavyöhykettä, jolla keskimääräinen henkilöautoliikennesuorite on Urban Zone -hankkeen arvion mukaan 8,8 km / asukas / vrk. Skenaariossa 3 keskusta-alueiden aluetehokkuus on huomattavasti suurempi ($e=0,75$), mutta ei kuitenkaan aluetehokkuudeltaan tai muilta ominaisuuksiltaan vastaa pääkaupunkiseudun jalankulkuvyöhykettä (aluetehokkuus 1,35). Aluetehokkuuden noustessa 0,55:sta 0,75:seen välimatkat toiminto-

jen välillä lyhenevät ja liikennetarpeen arvioidaan pienenevän hieman ($e=0,75 > 8$ km/asukas/vrk).

Pientaloalueet: Pientaloalueiden aluetehokkuus on matalin skenaariossa 1, jossa se on ensimmäisessä vaiheessa 0,07 ja toisessa vaiheessa 0,12. Aluetehokkuudeltaan ja sijainniltaan pientaloalueet sijoittuvat joukkoliikennevyöhykkeen ja autovyöhykkeen rajamaastoon. Ensimmäisessä vaiheessa pientaloasukkaiden liikennesuoritteeksi on arvioitu keskimäärin 25,6 km/asukas (alueprofiili = välttävä joukkoliikennevyöhyke / kehyskunnat, joissa intensiivinen raideyhteys) ja toisessa vaiheessa 22 km /asukas (tydyttävä joukkoliikennevyöhyke / kehyskunnat, joissa intensiivinen raideyhteys).

¹⁵ Kalenoja, Ristimäki; Tiitu, Urban Zone – yhdyskuntarakenteen vyöhykeanalyysi, 5/2010.

Taulukko L2.1. Vyöhykkeiden tyypillisiä alueprofiileja
(Lähde: Urban Zone – yhdyskuntarakenteen vyöhykeanalyysi, Kalenoja, Ristimäki; Tiitu 5/2010)

	aluetehokkuus (kerrosala/ maapinta-ala)	asuntokunta- tiheys (asuntokuntien lkm/ hehtaari)	asukastiheys (asukasta/ hehtaari)	työpaikkatiheys (työpaikkoja/ hehtaari)	vähittäiskaupan työpaikkatiheys (työpaikkoja/ hehtaari)
pääkaupunkiseutu					
jalankulkuvyöhyke	1,35	60	101	160-190	12,4
monipuolinen jalankulun reunavyöhyke	0,53	36	59	56	1,4
intensiivinen joukkoliikennevyöhyke	0,25	18	34	19	1,0
joukkoliikennevyöhyke	0,16	12	26	9	0,5
alakeskuksen jalankulkuvyöhyke	0,35	25	46	26	3,1
autovyöhyke	0,07	4	11	3	
Kehyskunnat, joissa intensiivinen raideyhteys					
jalankulkuvyöhyke	0,16	12	24	8	1,0
jalankulun reunavyöhyke	0,06	4	10	2	
joukkoliikennevyöhyke	0,10	8	17	3	0,2
autovyöhyke	0,02	1	3	<1	
Kehyskunnat, joissa ei intensiivistä raideyhteyttä					
jalankulkuvyöhyke	0,08	6	12	4	0,4
jalankulun reunavyöhyke	0,04	2	6	1	
joukkoliikennevyöhyke	0,05	3	7	2	0,1
autovyöhyke	0,02	<1	2	<1	

Liite 3 Puu- ja verkkomaisen tieverkon vertailu

Työn yhtenä tehtävänä oli selvittää, onko puumaisen ja verkkomaisen katuverkon välillä eroja hiilijalanjäljessä. Verkkomaisesta rakenteesta on esimerkkinä perinteinen ruutukaava, jossa kahden pisteen välillä on valittavissa useita vaihtoehtoisia reittejä. Viimeisen vuosisadan kaupunkisuunnittelussa liikenneverkko on ollut usein puumainen, minkä taustalla on pyrkimys erottaa nopeat pääväylät paikallista liikennettä palvelevista kaduista. Myös vanhoja ruutukaavakeskustoja on tässä tarkoituksessa jäsennelty uudelleen muistuttamaan puumaista rakennetta.

Autoliikenteen ja kevyen liikenteen erottelu omille väylilleen on parantanut liikenneturvallisuutta, mutta monessa tapauksessa se on johtanut liikenneverkon ylimitoitukseen autoliikenteen ja kevyen liikenteen vaatiessa omat väylänsä. Liikenne on rauhoittunut, mutta samalla on menetetty kaupunkielämään olennaisesti kuuluvia mahdollisuuksia kohtaamiin. Puumaisessa rakenteessa läpikulkevat liikennevirrat ohjautuvat muutamille pääkaduille, jotka rakennetaan palvelemaan sujuvaa liikennettä; verkkomaisessa rakenteessa liikenne hajautuu useille reiteille, joilla kuormitus on pääkatuja vähäisempää. Läpikulkuliikenteen mahdollistaminen myös autoille parantaa kaupallisen toiminnan edellytyksiä muuallakin kuin pääkatujen varsilla. Näistä syistä johtuen tiukasti jäsennöidyn puumaisen verkon sijaan on etsitty muita keinoja varmistua liikkumisen turvallisuudesta pihakatujen tai ns. shared space -ajattelu kautta.

Hiilijalanjäljen näkökulmasta liikenneverkkojen eroa voi hakea kahdesta suunnasta. Monet reittivaihtoehdot salliva verkkomainen rakenne mahdollistaa aina lyhimmän reitin valinnan ja vähentää siten liikennesuoritetta. Toisaalta autoliikenteen tekeminen sujuvammaksi saat-
taa lisätä auton käyttöä alueen sisäisillä lyhyillä matkoilla, jolloin suorite kasvaa.

Östersundomin alueella päätieverk-

ko on jo olemassa, ja mikäli palvelut keskittyvät päätien tuntumassa sijaitseville metroasemille, syntyy kaupunkirakenteeseen alakeskustoja, joihin useimmat matkat suuntautuvat. Aluetasolla liikenneverkosta muodostuu tältä osin puumainen. Syrjäisemmillä alueilla rakentaminen on puolestaan ryhmittynyt teiden varsille, nämä tiet suuntautuvat kohti pääväyliä ja myös nämä kaupunkirakenteen latvaoskat ovat liikenneverkoltaan puumaisia. Etenkin moottoritien pohjoispuolisten alueiden liittyminen päätieverkkoon tapahtuu harvalukuisten moottoriteliittymien tai moottoritien ylittävien siltojen kautta, jolloin nämä ”pullonkaulat” keskittävät liikenteen tiettyihin pisteisiin vahvistaen verkon puumaista luonnetta.

Sen sijaan uusi tiiviikö kaupunkirakenne, joka muotoutuu moottoritien eteläpuolelle keskustojen ympärille, voi olla luonteeltaan sekä puu- että verkkomainen. Tämä alue on luonteeltaan jalan-kulkuvyöhykettä, jossa valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (HLT 2004–2005) tuloksia soveltaen kävelyn osuus matkoista on noin kolmannes ja kevyen liikenteen yhteensä noin 40 prosenttia. Autoa käytetään vajaan puolessa matkoista. Matkojen keskipituus on 18,3 km.

Pitemmillä, alueelta toisaalle suuntautuvilla automatkoilla puumaisella ja verkkomaisella rakenteella ei ole suuria eroja Östersundomin alueella, jossa kaupunkirakenne ryhmittyy nauhakaupungiksi ja tukeutuu metroasemiin, joiden tuntumaan palvelut keskittyvät. Puumainen rakenne suunnitellaan lähtökohtaisesti sellaiseksi, että liikenne puun juurelle eli päätien liittymään tai keskustaan on mahdollisimman sujuvaa. Verkkomaisen rakenteen sisältää monien reittivaihtoehtojensa joukossa myös tämän puumaisen verkon reitin. Verkkomaisen rakenteen vahvuudet korostuvat kenttämaaisessa kaupunkirakenteessa, johon liittyy verkkomainen joukkoliikennejärjestelmä ja jossa palvelut sirottuvat tasaisesti eri

puolille aluetta. Jos pitemmät matkat vielä suuntautuvat tasaisemmin eri ilman-suuntiin, tarjoaa verkkomainen rakenne lyhyemmät yhteydet. Östersundomissa pitemmät matkat suuntautuvat valtaosin länteen, osa itään, pohjoiseen tuskin lainkaan ja etelässä on meri vastassa.

Sen sijaan myös Östersundomin oloissa lyhyehköillä alueen sisäisillä automatkoilla on verkoston eroilla merkitystä. Henkilöliikennetutkimuksen mukaan henkilöautolla tehdään keskimäärin 600 matkaa vuodessa. Automatkoista 28 prosenttia on alle kolmen kilometrin pituisia, näitä olisi silloin noin 200 matkaa vuodessa. Mikäli oletetaan, että verkkomaisen rakenteen lyhentäisi näitä matkoja keskimäärin 500 metriä, vuotuinen ajosuorite vähenisi 100 km eli vajaan prosentin. Arvio on korkeahko, sillä sisäistäkin matkoista suuri osa suuntautuu aluekeskukseen, eikä verkkomaisuus juurikaan lyhennä näitä.

Matkoista noin 20 prosenttia on alle kilometrin pituisia ja saman verran on 1–3 km matkoja. Alle kilometrin matkoilla kevytliikenteen osuus on 78 prosenttia ja 1–3 km matkoillakin 41 prosenttia matkoista. Verkkomaisen rakenteen lyhentäessä ajomatkoja auton käytön houkuttelevuus kasvaa, mikä syö osan edellä kuvatusta vajaan prosentin suoritteen vähenemisestä. On varsin mahdollista, että sujuvampi autoilu lähietäisyyksillä tuo lisäkilometrejä enemmänkin kuin ne sata, jotka reittien lyhyys säästää. Lisäksi auton käyttö saattaa houkuttaa esimerkiksi asioimaan kauempana sijaitsevilla liik-
keissä oman lähikaupan sijaan.

Voidaan myös arvioida, että varsinkin talvella auton päästöt ovat suurimmat käynnistettäessä ja ensimmäisten satojen metrien aikana. Vaikka kokonais-suorite pienenisi, saattaa lähtökertojen lisääntyminen kasvattaa päästöjä. Tulevaisuudessa hybridi- ja sähköautojen yleisyydessä tilanne muuttuu, sillä varsinkin lyhyet matkat voidaan ajaa kokonaan sähkö-
n turvin.

Liikenneverkon periaateratkaisun vai-
kutukset hiilijalanjälkeen ovat vaikeas-
ti arvioitavissa, mutta joka tapaukses-
sa ne ovat varsin vähäisiä. Vaihtoehto-
illa on muita ja merkittävämpiä eroja, jota
on edellä kuvattu. Autoliikenteen osalta
puumaisesta ratkaisusta luopumiseen ei
energiataloudellinen tarkastelu anna suo-
raan perusteita. Lyhyiden automatkojen
sujuvuus ei ole tavoitteista ensisijaisia,
kun lyhyitä matkoja pyritään ensisijaises-
ti ohjaamaan kevyelle liikenteelle.

Kevyen liikenteen yhteyksien on syy-
tä aina olla verkkomaisia, jolloin käveltä-
vä tai pyöräiltävä yhteys on mahdollisim-
man lyhyt ja sujuva. Kun Östersundomis-
sa tavoitteena on kevyen liikenteen mah-
dollisimman suuri osuus, on keskusta-
alueiden perusrakenteen syytä olla en-
sisijaisesti verkkomainen. Tapauskohtai-
sesti on arvioitava, onko syntyvän autoli-
ikenteen suorite niin suuri, että se ei enää
mahdu samoille kaduille ja samoilla peli-
säännöillä kuin kevyt liikenne, vaan se on
ohjattava erotelluille ja sujuville pääväylil-
leen. Lyhyillä matkoilla jalankulun ja pyö-
räilyn tulisi kuitenkin aina olla autoa hou-
kuttelevampi vaihtoehto. Puumaisessa
verkossa tämä toteutuu, kun autot joutu-
vat kiertämään pitemmän matkan; verk-
korakenteessa auton houkuttelevuutta
vähentää se, että ajoneuvoliikenteen no-
peus tulee liikenneturvallisuussyistä ra-
joittaa kevyen liikenteen tasolle.

Östersundomin tilanteessa ja erityi-
sesti tiiviimmissä malleissa palveluiden
syntymiselle on edellytyksiä myös muual-
la kuin metroasemien yhteydessä. Asun-
tojen lähipalveluita tukeva ostovoima on
myös asukkaiden etu, vaikka eurot tulisi-
vatkin jalankulkuetäisyyden ulkopuolelta.
Tällöin on varmistettava, että tämä sinän-
sä vähäinen asuntoalueiden sisäinen poi-
kittaisliikenne on mahdollista. Lähipalve-
luiden olemassaolo on itsessään omiaan
pientämään hiilijalanjälkeä. Kohtuulli-
nen läpikulkuliikenne parantaa myös so-
siaalista turvallisuutta; tällöin kävely ja
pyöräily ovat houkuttelevia vaihtoehtoja

myöhemminkin illalla.

Bussi- tai raitioliikenteen luonteeseen
kuuluu lyhyt pysäkkiväli, mikä tukee pal-
veluiden sijoittamista tasaisemmin alu-
eelle ja sopii hyvin verkkomaiseen liiken-
neratkaisuun. Puumainen verkko toteu-
tetaan usein ulkoasyöttöisenä, mikä sopii
huonosti bussiliikenteeseen, sillä kävely-
matkat asunnoista pysäkeille muodostu-
vat pitkiksi. Puumaisessakin rakenteessa
bussiliikenne voidaan suunnitella toimi-
vaksi, mikäli bussireitit pystytään johta-
maan alueen läpi ja siten varmistamaan
mahdollisimman monelle asukkaalle ly-
hyt kävelymatka pysäkille. Verkkomai-
sessa katujäsentelyssä kävely-yhteydet
pysäkeille muodostuvat usein lyhyiksi.

Liite 4 Lämpösaarekeilmiö

Lämpösaarekeilmiön syntyminen¹⁶

Kaupunki-ilman lämpötilaa kohottavista mekanismeista kolme merkittävintä ovat rakennusmateriaalien korkea ominaislämpökapasiteetti, ilmansaasteiden aiheuttama infrapuna-alueen ulossäteilyn väheneminen sekä rakennuksista ja liikenteestä syntyvä hukkalämpö. Maaseudun ja kaupunkialueen pintamateriaalien lämpökapasiteetit poikkeavat toisistaan huomattavasti. Maaseudulla maanpinnan peittää yleensä kasvillisuus (erityisesti puusto), joka päästää jonkin verran säteilyä lävitseen. Kasvillisuus haihduttaa kosteutta ja sen lämpökapasiteetti on alhainen. Niinpä esimerkiksi metsän latvustokerroksen varjossa on viileämpää kuin avomaalla. Kaupungeissa suuri osa pinnoista on betonia, asfalttia, tiiltä tai muuta materiaalia, jolla on korkea lämpökapasiteetti. Tällaiset pintamateriaalit varastoivat lämpöä tehokkaasti. Kaupunkien laajat vettä läpäisemättömät pinnat ja tehokas viemärinto poistavat sadeveden nopeasti, joten säteilyenergiaa kuluu haihduntaan vähemmän kuin rakentamattomassa ympäristössä. Kaupunki-ilman korkeampi hiukkaspitoisuus vähentää lämmön ulossäteilyä ja vaikuttaa mm. näkyvyyteen, ilman suhteelliseen kosteuteen ja paikalliseen tuulijakaumaan.

Päivällä, kun auringonsäteilyä on saatavilla, kaupungin rakennukset varastoivat lämpöä huomattavasti enemmän kuin maaseudun maanpinta ja kasvillisuus. Illalla maanpinta kaupungin ulkopuolella jäähtyy nopeasti, mutta kaupungin sisällä lämmin rakennusmassa jäähtyy hitaasti ja luovuttaa lämpöenergiaa

ilmaan useita tunteja. Yöllä kaupungin pienilmasto muodostaa ns. lämpösaarekkeen (urban heat island) eli lämpimän ilman kuvun kaupungin ylle. On arvioitu, että keskiuurissa kaupungeissa rakennusten lämmityksen ja liikenteen hukkalämmön vaikutus on yhtä suuri kuin lämpökapasiteettien ero. Lämpösaarekkeen sisällä korkeimmat lämpötilat ovat keskustassa ja esikaupunkialueilla on hiekan viileämpää. Raja esikaupungin ja maaseudun välillä on kuitenkin selvä. Kaupungin laaksot, kukkulat ja puistot saattavat aiheuttaa suuriakin paikallisia eroja. Lämpösaarekkeen yläreuna, jossa lämmin kaupunki-ilma ja viileämpi vallitseva ilmassa kohtaavat, voi olla hyvinkin matalalla. Usein lämpökupu on vain 3–5 kertaa rakennusten korkuinen (esim. Tokiossa 100–150 m, pikkukaupungeissa 30–50 m). Lämpösaarekkeen keskustan ja ympäröivän maaseudun lämpötilaero voi olla useita asteita.¹⁷

17 Ilmiön vertailukelpoinen tutkiminen eri paikkakuntien välillä on erittäin haastavaa, koska ensinnäkin ko. ilmiön tieteellisen tutkimisen kannalta kriittisiä käsitteitä – kaupunki ja maaseutu – ei ole yleensä aiheeseen liittyvissä tutkimuksissa määritelty riittävän tarkasti, ja toiseksi, koska ilmiön voimakkuuteen vaikuttaa hyvin monia tekijöitä, mm. leveysaste (auringon säteilyn määrä), kaupunkigeometria (rakennusten korkeus suhteessa katujen leveyteen), rakennusmateriaalien ominaisuudet – ominaislämpökapasiteetti, heijastuskyky, emissiokyky, lämmönjohtavuus; kaupungin koko (väkiluku ja asukastiheys), tuulen nopeus ja pilvisyys, vuodenaika ja vuorokaudenaika, kasvipeitteisen alan osuus kaupungin kokonaispinta-alasta, jne. Aiheesta lisää esim.

Vaikutus lämmityksen tarpeeseen

Lämpösaarekeilmiö vaikuttaa kaupungissa sekä lämmityksen että jäähdytyksen tarpeeseen. Erityisesti eteläisillä leveysasteilla lämpösaarekeilmiö on lähinnä haitallinen ilmiö, joka lisää usein muutenkin ylikuumentuneiden kaupunkien jäähdytystarvetta ja vaatii viherkattoja, vaaletta katupintoja, ym. lieventämiskeinoja. Suomessa lämmitykseen kuluu ainakin toistaiseksi vuositasolla merkittävästi enemmän energiaa kuin jäähdytykseen, joten lämpösaarekeilmiön positiiviset vaikutukset lämmitystarpeeseen ovat etusijalla.

Esimerkiksi Turussa ja Göteborgissa tehtyjen tutkimusten valossa voidaan olettaa, että ainakin Östersundomin tiiviisti rakennettavaan keskukseen / keskuksiin pätevät seuraavat havainnot: Lämpösaareke kehittyy voimakkaimmin

- aikavälillä keväästä loppukesään, kun auringon säteilyä on runsaasti saatavilla
- tyynellä ja pilvettömällä säällä
- yöllä (aamulla lämpösaareke yleensä hajoaa nopeasti ja päivisin saatetaan esiintyä jopa heikkoja kylmäsaarekkeita)

Syksyllä ja talvella lämpösaareke olisi heikompi, koska auringon säteilyä on vähän. Silloin lämpösaareke riippuisi enemmän ihmisen toiminnasta ja vähemmän auringon kierrosta. Kesäkaudella öinen lämpösaareke voisi Östersundomin keskustassa olla sopivissa sääolosuhteissa useita asteita, kun taas lämmityskaudella keskimääräinen lämpösaareke tuskin olisi 1–2 astetta enempää. Ratkaisevaa on rakentamisen tiiveys/väljyys, ra-

16 Harri Tolvanen, Turun yliopisto, klimatologian kurssi

1. I. D. STEWART, LANDSCAPE REPRESENTATION AND THE URBAN-RURAL DICHOTOMY IN EMPIRICAL URBAN HEAT ISLAND LITERATURE, 1950–2006, ACTA CLIMATOLOGICA ET CHOROLOGICA, Universitatis Szegediensis, Tomus 40-41, 2007, 111-121. Department of Geography, University of British Columbia.

2. R. Hamdia and G. Schayes, Sensitivity study of the urban heat island intensity to urban characteristics, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, Int. J. Climatol. 28: 973–982 (2008).

3. J. Suomi, Mikro- ja paikallisilmastot, Klimatologian perusteet, luento syksyllä 2008, Turun yliopisto.

kennusgeometria, rakennusten lämpöhäviöt, keskustan asukastiheys ja liikenne. Näin ollen kovin tarkkoja arvioita ei voi tässä vaiheessa tehdä. Mutta vastaavalla tavalla kuin rakennusten sisälämpötilan laskeminen vähentää lämmitysenergian tarvetta noin 5 % per aste, ulkolämpötilan nousu vähentäisi lämmitysenergian tarvetta saman verran – niinä tunteina kun lämmitystarvetta on ja lämpösaareke vallitsee.

Arkkitehtonisia ratkaisuja lämpösaarekeilmiön hyödyntämiseen Suomessa

Lämpösaarekkeen syntymistä ja siten lämmitysenergian tarpeen vähenemistä Suomen olosuhteissa voidaan haluttaessa edistää monin tavoin:

- lämpökanjoneilla (korkeat rakennukset ja kapeat kadut), jolloin sekä tuleva auringon säteily että pois pyrkivä lämpösäteily loukkuuntuvat ja absorboituvat kanjoneihin
- tummilla katu- ja kattopinnoilla (teho kas auringon säteilyn absorptio)
- erilaisilla lämpöloukuilla (lasilla ja/tai aurinkopaneeleilla katetut sisäpihat, kävelykadut, yms.), esimerkkinä tästä kuva L2.1
- markiiseilla ikkunoiden päällä (vähentää auringon suoran säteilyn kuumentavaa vaikutusta kesällä ja samalla lisää kaupunkipintojen "rosoisuutta"), mikä hillitsee tuulen vaikutusta ja siten lisää lämpösaarekevaikutusta
- Puistot kaupunkialueen reunamilla / ympärillä (vähentävät tuulen vaikutusta)

Kesäkauden ylikuumentamisen välttämiseksi on ratkaisuissa luonnollisesti aina pidettävä huolta, että riittävä tuuletus esim. katetuilla sisäpihoilla on mahdollista. Samoin lehtipuita tai kasveja voidaan käyttää kesäaikana varjostustarkoituksiin.



Kuva L2.1. Princetonin yliopiston uuden kemian laboratorion sisäpiha.¹⁸

¹⁸ Princeton University's newly completed Frick Chemistry Laboratory, <http://www.princeton.edu/main/news/archive/S28/32/85K84/index.xml?section=featured>

Liite 5 Umpikorttelirakenteen lämpöhäviötarkastelu

Lämpöhäviöt rakennusten seinien läpi ovat yksi tärkeimmistä lämpöhäviöiden lähteistä nykyisessä rakennuskannassa. Rakennusten lämmityksen tarvetta voidaan pienentää umpikorttelirakenteella, koska tällöin rakennuksissa on vähemmän lämpöhäviöitä aiheuttavaa seinäpinta-alaa pistetaloihin verrattuna (ks. kuva L3.1). Seinien kautta tapahtuvien lämpöhäviöiden pieneneminen riippuu rakennusten pohja-alan geometriasta (ks. taulukko L3.1). Taulukossa L3.1. on oletettu, että pistetalojen kaikki seinät ovat samankaltaisia eli ikkunapinta-alan ja seinäpinta-alan suhde on sama joka seinällä. Näin ei käytännössä useinkaan ole, vaan talojen päädyissä on vähemmän ikkunoita. Tästä johtuen taulukko L3.1. liioittelee jonkin verran saavutettavissa olevia säästöjä.

Koko rakennuksen lämpöhäviöitä voidaan arvioida karkeasti laskemalla yhteen alapohjan, yläpohjan, seinien, ikkunoiden ja ovien läpi tapahtuvat sekä ilmanvaihdon kautta tapahtuvat lämpöhäviöt. Näiden keskinäiset suhteet riippuvat kyseisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimista, ilmanvaihdon lämmön talteenoton tehokkuudesta ja rakennusten korkeudesta eli kerrosten lukumäärästä. Taulukossa L3.2 on esitetty rakennusosien voimassaolevat lämmöneristysvaatimukset.¹⁹

Taulukossa L3.3 on puolestaan esitetty huippuenergiatehokkaan asuintalon lämmönläpäisykertoimet.²⁰ Kyseinen eristystaso vastaa hyvinkin tulevaisuuden (2020) passiivitaloa.²¹

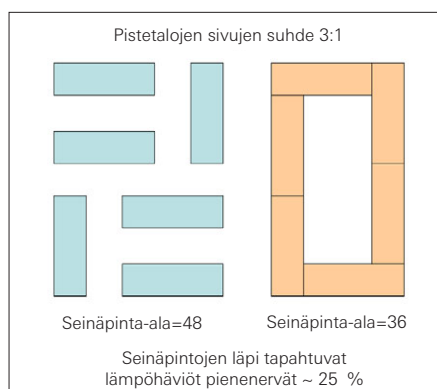
19 Rakennusten lämmöneristys, Määräykset 2010, Ympäristöministeriön asetus 22.12.2008

20 VTT, Huippuenergiatehokkaan asuintalon kauko-lämpöratkaisut, VTT Tiedotteita T2513

21 Pöyry, Östersundomin lämmitysratkaisut, loppuraportti, 16.3.2010

Suorakaiteen muotoisen pistetalon sivujen suhde	Seinäpinta-alojen suhde: Umpikortteli/pistetalot	Umpikorttelin seinien lämpöhäviöiden pieneneminen suhteessa pistetaloihin
2:1	2:3	33 %
3:1	3:4	25 %
4:1	4:5	20 %
5:1	5:6	17 %
6:1	6:7	14 %
7:1	7:8	12 %

Taulukko L3.1. Umpikorttelirakennuksen seinäpintojen läpi tapahtuvien lämpöhäviöiden pieneneminen verrattuna pistetaloihin.



Kuva L3.1. Pistetaloja ja sama kerrosala umpikorttelirakenteena.

Taulukko L3.2. Lämmöneristysvaatimukset 1.1.2010 lähtien.

seinä	0,17 W/m ² K
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

	Normitalo	-75 % -talo
Vaipan ilmvuotoluku n50	4,0 l/h	0,5 l/h
Ilmanvaihtokerroin	0,6 l/h	0,6 l/h
Poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhde	30 %	80 %
Ulkoseinän U-arvo	0,24 W/m ² K	0,1 W/m ² K
Ikkunoiden ja ovien U-arvo	1,4 W/m ² K	0,8 W/m ² K
Yläpohjan U-arvo	0,24 W/m ² K	0,07 W/m ² K
Alapohjan U-arvo	0,15 W/m ² K	0,1 W/m ² K
Tilojen lämmityksen häviöt	11 W/brm ²	2,3 W/brm ²
Lämpimän veden kiertojohtojen kulutus (ml. kuivauspatteri)	30 W/brm ²	7,5 W/brm ²
Kylpyhuoneen kuivauspatteri	on	ei
Käyttöveden kulutus	60 l/henk/vrk	50 l/henk/vrk
Suihkuveden lämmön talteenoton hyötysuhde	0 %	34 %

Taulukko L3.3. Normitalo 2008 ja siihen verrattuna 75 % lämmitysenergian säästöön yltävä passiivitalo.²²

22 VTT, Huippuenergiatehokkaan asuintalon kauko-lämpöratkaisut, VTT Tiedotteita T2513

Tulevaisuuden huippuenergiatehokkaan asuintalon ikkunat aiheuttavat huomattavasti suuremmat lämpöhäviöt pinta-alayksikköä kohti kuin ulkoseinä - taulukon L3.3 mukaan 8-kertaiset seinään verrattuna, joten ikkunapinta-alan osuus koko ulkoseinän pinta-alasta on erittäin tärkeä parametri myös tulevaisuuden rakennusten lämpöhäviöitä arvioitaessa.

Nykyisyyden mukaan "Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan ver-

tailuarvo on 15 % rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasojen summasta, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Ikkunan pinta-ala lasetaan kehän ulkomittojen mukaan."²³ Taulukkoon L3.4 on koottu ikkunallisten ulkoseinien U-arvoja erilaisilla ikkunapinta-alan osuuksilla Taulukon L3.3 passiivitalon tapauksessa.

Taulukko L3.4. Ikkunallisen ulkoseinän U-arvoja erilaisilla ikkunapinta-alan osuuksilla.

Ikkunapinta-alan osuus julkisivun kokonaispinta-alasta	Ikkunallisen seinän U-arvo (W/m ² K)
10 %	0,17
20 %	0,24
30 %	0,31
40 %	0,38
50 %	0,45

23 Rakennusten lämmöneristys, Määräykset 2010, Ympäristöministeriön asetus 22.12.2008

Jos rakennuksen geometria tunnetaan, lämpöhäviöt ulkovaipan läpi voidaan arvioida karkeasti laskemalla yhteen alapohjan, yläpohjan ja ikkunallisten seinien läpi tapahtuvat lämpöhäviöt (W/K). Energiämäärä saadaan tästä kertomalla paikkakunta-kohtaisella tai soveltuvalle lämmitystarveluvulla.

Ulkovaipan läpi tapahtuvien häviöiden lisäksi on otettava huomioon ilmanvaihdon aiheuttamat häviöt. Passiivitalossa ilmanvaihto kuluttaa karkeasti noin 20–40 % lämpöenergian kokonaistarpeesta vuositasona.²⁴ Jos lisäksi oletetaan poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhteeksi sama sekä pistetalossa että umpikorttelitalossa eli että umpikorttelirakenne ei vaikuta ilmanvaihdon lämpöhäviöihin (MWh/v), päästään lopulta vertaamaan pistetalojen ja saman kerrosalan sisältävän umpikorttelin kokonaislämpöhäviöitä.

Esimerkki. Oletetaan pistetalojen pohjajaeometria 3:1 (suorakaiteen muotoisen pistetalon pohjan sivujen suhde) ja sivut 30 m ja 10 m, 3 kerrosta á 3,0 m, 30 % ikkunapinta-alaa julkisivun kokonaispinta-alasta, ilmanvaihdon osuus lämpöenergian kokonaistarpeesta 30 % ja lämmitystarveluku 4447 S17 Kd²⁵. Näillä oletuksilla Kuvan L3.1 pistetalojen vuotuiset lämpöhäviöt ovat keskimäärin noin 251 MWh ja vastaavan umpikorttelin noin 215 MWh. Vuotoilmaa ei otettu huomioon.

24 VTT:n ja Pöyryn laskelmien ja arvioiden vaihteluväli passiivitaloille, karkeasti

25 Pöyry, Östersundomin lämmitysratkaisut, loppuraportti, 16.3.2010

Edellä mainituilla oletuksilla tehdyssä laskentaesimerkissä umpikorttelirakennuksessa lämmitystarve on noin 14 % pienempi kuin saman kerrosalan omaavissa pistetaloissa. Koska rakennusten geometria ja ikkunapinta-alan suhde sei-niin voi vaihdella merkittävästikin, voi-daan sanoa karkealla tarkkuudella, että nykynormien mukaisessa rakennuksessa umpikorttelirakenne säästää lämmitystarvetta 2–18 %²⁶. Tulevaisuuden passiivitaloissa vastaava vaihteluväli on 3–25 %²⁷. Määrällisesti säästö on suurempaa nykyisessä rakennuskannassa, koska energiankulutus on nykykannassa huomattavasti suurempi kuin tulevissa rakennuksissa. Nykynormien mukaan rakennetuissa asuinrakennuksissa umpikorttelirakenteen säästövaikutus on 3–23 kWh/m² ja passiivitaloissa 1–11 kWh/m².

26 Alempi arvo vastaa tilannetta jossa pistetalon pohjan sivujen suhde on 7:1, rakennus on 1-kerroksinen, ikkunaa on 20 % julkisivun kokonaispinta-alasta ja ilmanvaihtoon kuluu 60 % lämmitysenergiasta; vastaa-vasti ylempi arvo vastaa tilannetta, jossa sivujen suhde on 2:1, rakennus on 10-kerroksinen, ikkunaa on 50 % julkisivusta ja ilmanvaihto vie 40 % lämmitysenergiasta.

27 Muuten samat oletukset kuin nykynormitalon tapauksessa, mutta ilmanvaihdon rajat ovat 40 % ja 20 %.

Tekijät

Juha Vanhanen, Mikko Halonen, Aki Pesola ja Anna Kumpulainen; Gaia Consulting Oy
Jouko Kunnas, Tuomo Vesajoki ja Sonja Aarnio; Liidea Oy

Nimike

ÖSTERSUNDOMIN HIILIJALANJÄLKITARKASTELU

Sarjan nimike

Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2011:15

Sarjanumero	2011:15	Julkaisuaika	24.2.2011
Sivuja	42	Liitteitä	0
ISBN		ISSN	0787-9024
Kieli koko teos	FIN	Yhteenveto	FIN

Tiivistelmä

Östersundomiin suunnitellaan pientalovaltaista kaupunkia noin 50 000–80 000 ihmiselle. Raportissa tarkastellaan alueen hiilijalanjäljen muodostumista siten, että eri skenaarioissa aiottua väkimäärää sijoitetaan alueelle eri tavoin. Skenaariot poikkeavat toisistaan myös tiiveyden, liikkumistarpeen ja rakennusten energiaratkaisujen osalta

Östersundomin hiilijalanjälkeen vaikuttavat liikenteen ja rakennusten energiankulutus sekä alueen oma energiatuotanto. Tehtyjen laskentaoletusten perusteella liikenteen hiilijalanjälki on suurempi kuin asumisen hiilijalanjälki.

Lähtöoletuksena on, että Östersundomiin kulkee tulevaisuudessa metro, mikä määrittää liikenneratkaisujen päälinjat. Liikenteen hiilijalanjälkeen vaikuttaa ennen kaikkea alueen tiiveys. Mitä tiiviimpi alue on sitä paremmat edellytykset on pienentää alueen hiilijalanjälkeä. Merkittävimmät erot skenaarioiden liikennesuoritteissa syntyvät yksityisautoiluun tukeutuvan maankäytön laajuudesta sekä siitä kuinka suuri osuus Helsinkiin suuntautuvasta työmatkaliikenteestä voidaan ohjata joukkoliikenteeseen. Ostosmatkojen minimoimiseksi on tärkeää kaavoittaa asuinalueet niin, että ostovoima riittää lähipalveluiden tarjontaan

Tiivistä rakentamista puoltaa myös rakentamisen aiheuttaman hiilijalanjäljen minimointi. Mitä hajanaisempi rakenne on, sitä enemmän on tehtävä erilaisten infrastruktuurien rakentamista. Rakennusten lämmitystavalla on merkitystä. Raportissa selvitetään sähkön ja lämmön kulutuksen kehitystrendejä.

Raportissa selvitetään erikseen puu- ja verkkomaisen tieverkon sekä umpikorttelirakenteen vaikutusta hiilijalanjälkeen ja lisäksi kuvaillaan lämpösaarekeilmiötä.

Asiasanat

HELSINKI, ÖSTERSUNDOM, YLEISKAAVA, HIILIJALANJÄLKI

Sarjassa aikaisemmin julkaistu:

- 2011:1 Vetovoimainen esikaupunkiasuminen – Kohderyhmäselvitys
- 2011:2 Östersundomin yhteinen yleiskaava – Rakennemallit
- 2011:3 Östersundom ja kauppa
- 2011:4 Östersundom ja kaupunkipientalot
- 2011:5 Majvikin metron esiselvitys
- 2011:6 Östersundomin metron ja pikaraitiotien esiselvitykset – Tiivistelmä
- 2011:7 Östersundomin yleiskaavan tie- ja pääkatuverkkoselvitys
- 2011:8 Östersundomin yleiskaavan liikenteen nykytilaselvitys
- 2011:9 Östersundomin yleiskaavan joukkoliikenneselvitys
- 2011:10 Östersundomin katuliikennefilosofia, osa 1
- 2011:11 Östersundomin yhteinen yleiskaava – Teknistaloudellinen selvitys
- 2011:12 Aurinkosähkön mahdollisuudet Helsingin Östersundomin alueella
- 2011:13 Hevostilaselvitys – Hevosten tulevaisuus Östersundomissa
- 2011:14 Liitosalueen eteläosan kasvillisuusselvitys