



Pekka Lahti, Jyri Nieminen, Markku Virtanen
Ekotehokkuuden arviointi
ja lisääminen Helsingissä

Ekotehokkuuden arviointi ja lisääminen Helsingissä

© Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto ja VTT, 2008

Teksti: Pekka Lahti, Jyri Nieminen, Markku Virtanen

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Kannen kuvat: Markku Siiskonen/Ksv ja VAPO

Pohjakartta: © Kaupunkimittausosasto, Helsinki 009/2008

Paino: Edita Prima Oy 2008

ISSN 1458-9664

ISBN 978-952-223-254-0 (nid)

ISBN 978-952-223-255-7 (PDF)

Sisälllys

Tiivistelmä	5
Esipuhe	7
Tutkimuksen tausta ja tavoite	8
Ekotehokkaan kaupungin määrittely	8
Ekotehokkuuden määrittely	8
Ekotehokkuuden toimintaympäristön ja sen muutoksen kuvaus	16
Asuinympäristön aineenvaihdunta (materiaali- ja energiavirrat)	23
Energiankulutuksen hallinta (energiatehokkuus)	27
Ekotehokkuutta lisäävät energiajärjestelmään liittyvät toimet	29
Energian laadun hallinta (exergia)	30
Päästöjen hallinta	31
Jätteiden hallinta	34
Yleissuunnittelun keinot	35
Rakennettavan alueen sijainti kaupunkirakenteessa	36
Aluetehokkuus	42
Kaupungin koko ja muoto	50
Talo- ja korttelityypit	52
Asuinrakennusten ja toimitilojen määräsuhteet alueella	61
Liikennejärjestelmät	62
Tekniset järjestelmät	64
Kohdealueiden arviointi	65
Ekotehokkuutta lisäävien toimien vaikuttavuus	65
Ekotehokkuutta lisäävät energiajärjestelmiin liittyvät toimet	66
Rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen	66
Alueellinen energiaomavaraisuus ja polttoaineiden saatavuus	67
Lämmön, sähkön ja kylmän tuotanto sekä jakelu	68
Kaukolämpö- ja -kylmäjärjestelmät	69
Hajautetut energiajärjestelmät	69
Matalaenergia-alueet	71
Matalaexergia-alueet	72
Uuden tietotekniikan hyödyntäminen	74
Suosituksat ekotehokkuutta lisääviksi toimenpiteiksi yleissuunnittelussa	74
Kantakaupungin alue: esimerkkinä Kallio	75
Esikaupunkialueet: esimerkkinä Vuosaari-Mellunmäki	76
Täydennysrakennusalueet: esimerkkinä Pitäjänmäki	77
Uudet alueet 1: esimerkkinä Kuninkaantammi	78
Uudet alueet 2: esimerkkinä Lounais-Sipoo	79
Ekotehokkuuden lisäämisen suhde kustannuksien ja laadun muutoksiin	80
Välittömät toimenpiteet	80
Ekotehokkuuden arviointi yleissuunnittelussa - menetelmäehdotus	88
Jatkotutkimusehdotukset	89
Alueelliseen ekotehokkuuteen liittyvät yhteistyötahot	90
Lähteet	92
Liite 1. Yhdyskuntien rakentamisen ja toiminnan ekotehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja	97
Liite 2. Tuulen vaikutukset kaupungin ekotehokkuuteen	101
Liite 3. Kaupunkikoon vaikutus ekotehokkuuteen.	103
Liite 4. Ecocity kriteeristö	105

Tiivistelmä

Tutkimuksessa on selvitetty Helsingin kaupungin toimeksiannosta niitä tapoja, joilla voidaan arvioida ja kehittää Helsingin kaupunkirakenteen ekotehokkuutta erityisesti yleissuunnittelun yhteydessä. Tutkimus on luonteeltaan esiselvitys ja perustuu pääosin aiemmin tehtyihin kaupunkirakenteen ekotehokkuutta koskeneisiin tutkimuksiin ja testiluonteisesti tehtyihin arvioihin koskien eräitä tyypillisiä kaupunkirakenteen osia.

Kaupunkirakenteen ekotehokkuudeksi on määritelty kaupunkiympäristön (kaupungin fyysisen rakenteen) tuottama elämän laatu (tuotteet ja palvelut) suhteessa niiden aikaansaamisessa kulutettuihin materiaali- ja (uusiutumattomiin) energiavaroihin ja tuotettuihin päästöihin ja jätteisiin.

Ylesisuunnittelun yhteydessä vaikutetaan siihen, miten tuleva rakentaminen sijoittuu kaupunkiseudun eri osa-alueille, millaisia toimintoja sijoittuu millekin alueelle, kuinka tehokkaasti osa-alueet rakennetaan, millainen tulee olemaan kaupunkirakenteen joukkoliikennejärjestelmä, millaiset ovat liikenne- ja energiajärjestelmien toimintaedellytykset kullakin alueella, miten asukkaat voivat hyödyntää joukkoliikennejärjestelmiä ja tehdä matkoja kävellen tai pyöräillen. Yleissuunnittelussa on myös mahdollista ottaa kantaa siihen, mihin tulevan uudisrakentamisen painopisteet sijoittuvat, missä järjestyksessä alueita rakennetaan, kuinka paljon kehitetään täydennysrakentamista olevilla alueillaverrattuna uusien alueiden avaamiseen jne.

Selvityksen perusteella näyttää siltä, että kaupunkirakenteen ekotehokkuus ei parane itsestään eli jatkamalla kaupunkirakenteen täydentämistä ja laajentamista entiseen tapaan. Päinvastoin, kaupunkirakenteen ekotehokkuus huononee, jolloin Suomen sitoumuksien toteuttaminen sekä Kioton päästömäärien että EU:n uusien energiatehokkuustavoitteiden kannalta vaikeutuu. Koska kaupunkirakenteen laajentuminen on jo vuosikymmeniä jatkunut pääasiassa Helsingin kaupungin hallinnollisen alueen ulkopuolella, pääkaupunkiseudulla ja sen reunakunnissa, voidaan Helsingin toiminnallisen alueen (työssäkäyntialueen) ekotehokkuutta parantaa olennaisesti vain toimivalla ja sitovalla yhteistyöllä kaikkien kaupunkiseudun kuntien kesken.

Tutkimuksen tuloksien perusteella suositeltavimmat toimet ekotehokkuuden parantamiseksi ovat: 1) olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen ottamalla käyttöön kiinteistönomistajia houkuttelevia kannustimia (esim. lisärakennusoikeuksia), 2) tehostamalla ja lisäämällä raide- ym. joukkoliikennekäytäviä sekä niiden asemanseutuja kevyen liikenteen osuuden lisäämiseksi, 3) arvioimalla uusien teknologioiden mahdollistamat hajautetut energiantuotantomahdollisuudet keskitettyjen järjestelmien täydentäjinä koko kaupunkiseudulla sekä 4) kehittämällä, kokeilemalla ja arvioimalla ennakkoluulottomasti uusia teknisiä, hallinnollisia, taloudellisia ym. ekotehokkuuden parantamiskeinoja valituilla alueilla ja demonstraatiokohteissa.

Suomea sitovat Kioton pöytäkirja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisesta ja EU:n päätökset energiatehokkuuden ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäämisestä ovat merkittäviä haasteita myös Helsingin kaupungille ja sen työssäkäyntialueelle. Rakennettu ympäristö ja siihen kiinteästi liittyvä liikenne vastaavat noin 60 %:sta energiankäytöstä. Kaupunkisuunnittelulla ohjataan rakennetun ympäristön kehittymistä. Kaupunkirakenteen ekotehokkuuden lisäämisessä on kolme merkittävää haastetta: 1) yhteisten sitovien päätösten aikaansaaminen Helsingin työssäkäyntialueen kuntien kesken (koskee erityisesti liikennejärjestelmiä, joukko- ja kevyen liikenteen osuuden lisäämistä, maapolitiikkaa ja suurten aluekeskusten, kaupallisten ym. keskusten sijoittumista), 2) rakennuskannan uudistumista ja ekotehokkuuden lisäämistä tukevien yleissuunnittelun keinojen laaja käyttöön otto kaupunkiympäristön kaikilla osa-alueilla ja 3) uusien, uusiutuvia energialähteitä ja matalaa exergiaa hyödyntävien energiajärjestelmien yhteensovitus yleissuunnittelun keinojen kanssa.

Esipuhe

Tutkimus on tehty Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston toimeksianosta. Työn tavoitteena on selkeyttää erityisesti yleissuunnittelun piirissä tehtävien valintojen ja päätösten ekotehokkuusvaikutuksia ja antaa suunnittelijoille aikaisempaa paremmat edellytykset arvioida mihin seikkoihin kannattaa kiinnittää huomiota mikäli tavoitteena on parantaa kaupunkirakenteen ekotehokkuutta pitkällä aikavälillä. Työ on luonteeltaan esiselvitys, jonka toivotaan johtavan jatkoselvityksiin kaikkein tehokkaimpien keinojen käyttömahdollisuuksista ja yhteistyöstä suunnitteluprosessiin osallistuvien osapuolten välillä. Näin voidaan varmistaa se, että lisätietämys siirtyy koko suunnitteluverkoston omaisuudeksi ja sitä kautta toteutuviin suunnitelmiin ja toteutuspäätöksiin.

Tutkimus on tehty kaupunkisuunnitteluviraston ohjauksessa, mutta kaikki tutkimuksessa esiteyt kannanotot ekotehokkuuden lisäämismahdollisuuksista ja keinoista ovat tutkimuksen tekijöiden.

Tutkimus on tehty Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa johtava tutkija tekn. lis (arkkit.) Pekka Lahden johdolla. Tutkimukseen ovat VTT:ssä osallistuneet myös teknologiapäällikkö tekn.tri Markku Virtanen ja asiakaspäällikkö dipl.ins. Jyri Nieminen.

Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston puolesta tutkimusta on ohjannut yleiskaavapäällikkö Markku Lahti sekä lisäksi teknistaloudellisen toimiston toimistopäällikkö Eija Kivilaakso, yleiskaavatoimiston toimistopäällikkö Olavi Veltheim, dipl.ins. Sirpa Kolu teknistaloudellisesta toimistosta, aluerakentamispäällikkö Kyösti Oasmaa, sekä arkkitehti, projektipäällikkö Matti Visanti ja yleiskaavasuunnittelija Alpo Tani tutkimustoimistosta.

Tutkimuksen tausta ja tavoite

Tutkimussuunnitelman mukaan ”Hankkeen tavoitteena on löytää parhaimmat keinot edistää Helsingin kaupunkirakenteen ekotehokkuutta yleispiirteisen suunnittelun keinoin. Ratkaisutapoja etsitään muodostamalla kokonaiskuva ekotehokkuuteen vaikuttamisen ja yleispiirteisen suunnittelun välisistä kytkennöistä, arvioimalla eri keinojen vaikuttavuutta sekä kehittämällä valituista keinoista yleispiirteisen suunnittelun käytännön kannalta tehokkaimmat etenemis- ja menettelytavat.”

Työssä arvioidaan yleissuunnittelutasolla merkityksellisten keinojen ekotehokkuusvaikutuksia ja ekotehokkuuden lisäämisen kannalta olennaisia tekijöitä (kuten sijainti- ja rakentamistehokkuusvalintoja, alueellista omavaraisuutta, hajautettua energiatuotantoa tai alueellisen energiatehokkuuden perusparantamista). Koska oleva rakennuskanta on merkittävin energiankuluttaja, on siihen kiinnitetty erityishuomio uudisrakentamisen ohella. Kohdealueita koskeva tarkastelu ja toimenpiteiden arviointi on kohdistettu erikseen seuraaville aluetyypeille: kantakaupunki, esikaupunkialueet, uudisrakentaminen täydennysrakentamisalueilla ja uudisrakentaminen uusilla alueilla. Kutenkin aluetyyppejä on tarkasteltu valitun viiden esimerkkialueen kautta.

Työn lopputuloksena esitetään toimenpiteitä, nyrkkisääntöjä ja muita suosituksia, joilla kaupunkiympäristön ekotehokkuutta voidaan merkittävästi parantaa sekä mahdolliset jatkotutkimustarpeet.

Työ on kohdistunut erityisesti alueiden ekotehokkuuden parantamisen kannalta olennaisiin ratkaisuihin eli selkiyttämään käsityksiä siitä, mitkä keinot ovat mahdollisia ja tehokkaita ekotehokkuuden alueellisissa parannushankkeissa. Samalla otetaan kantaa mahdollisuuksien mukaan myös siihen, mitkä keinot ovat tehottomia tai muista syistä vähemmän suositeltavia. Tämä koskee lähinnä niitä keinoja, joita esiintyy keskusteluissa usein, mutta joiden tehosta on usein aika vähän tietoa. Suosituksiin sisältyvät myös ehdotukset menetelmäkehityksen suuntaamisesta ja tarvittavista tutkimuksista ja selvityksistä.

Ekotehokkaan kaupungin määrittely

Ekotehokkuuden määrittely

Ekotehokkuus on yhdistelmä sanoista *ekologinen tehokkuus*. Ekotehokkuudella tarkoitetaan suhdelukua, jossa verrataan tuotteen tai palvelun tuottamiseksi ja kuluttamiseksi tarvittavia *luonnonvaroja (materiaaleja ja energiaa)* sekä aikaansaatuja (haitallisia) *päästöjä ja jätteitä* saatavaan hyötyyn eli *tuote- tai palveluyksikköön*. Ekotehokkuus on siis vertailua, jossa toisessa vaakakupissa on tavoiteltavia hyötyjä (tarpeita tyydyttäviä tuotteita ja palveluita, hyvinvointia) ja toisessa aiheutettuja haittoja (luonnonvarojen kulutusta, päästöjä ja jät-

teitä)¹. Kaupunkiympäristön ”hyödyt” voidaan määritellä laveimmillaan tarkasteltavassa kaupungissa mitattavaksi tai arvioitavaksi elämän laaduksi, koska kaupunkiympäristön tuotteet ja palvelut ovat välineitä sen saavuttamiseksi (Lahti et al. 2006, s. 30)² ja suppeammin esimerkiksi tuotettuina asunto- tai kerrosneliömetreinä. Käytännön selvitys- ja arviointityössä suppea määrittely on usein täysin riittävä.

Ekotehokuutta mitataan aina suhteessa aikaan saatuihin hyötyihin. Hyötyjä voidaan yksinkertaistettuna kuvata esimerkiksi aikaansaaduilla asuntoneliöillä, asunnoilla, toimitilojen hyötyneliöillä tai näiden yhteensasketuilla hyötyneliöillä tai kerrosneliöillä. Neliömetrien sijasta voidaan käyttää myös asukas- ja työpaikkalukuja. Ekotehokkuus parantuu kun kulutetut luonnonvarat, päästöt ja jätteet vähenevät asukasta tai työpaikkaa kohti.

kaupunkiympäristön ekotehokkuus = kaupunkiympäristön tuottamat palvelut, tuotteet ym. elämän laatu suhteessa sen tuottamisen ja käyttämisen aikana kulutettuihin luonnonvaroihin ja uusiutumattomista (fossiilisista) lähteistä peräisin olevaan energiaan sekä tuotettuihin päästöihin ja jätteisiin.

Sama matemaattisen kaavan tapaan ilmaistuna:

$$\frac{\text{kaupunkiympäristön tuottama elämän laatu (palvelut ja tuotteet)}}{\text{kulutetut luonnonvarat ja uusiutumattomat energiavarat * päästöt * jätteet}}$$

Mittaaminen voidaan tehdä joko tiettyä aikayksikköä (vuotta) kohti tai rakenneyksikköä (esimerkiksi aluetta, rakennusta tai kerrosneliömet-

1 OECD on vuonna 1995 vertaillut erilaisia tapoja mitata ekologisten tai ympäristöllisten tavoitteiden saavuttamista. Ekotehokkuus todettiin tällöin paremmaksi kuin esimerkiksi ekologinen jalanjälki tai selkäreppu (Brandsma 1996, OECD 2001). The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) on määritellyt ekotehokkuuden seuraavasti: Ekotehokkuus saavutetaan kilpailun avulla hinnoitelluilla tuotteilla ja palveluilla, jotka täyttävät ihmisten tarpeet ja tuottavat elämän laatua samalla kun ne lisääntyvästi vähentävät ekologisia vaikutuksia ja voimavarojen käytön intensiteettiä niiden elinkaaren aikana vähintään sellaiselle tasolle, jonka arvioidaan vastaavan maapallon ekologista kantokykyä (WBCSD 1993, suomennos P. Lahti)

2 Haittoihin voidaan lisätä myös rahassa mitattavat kustannukset, mutta tällöin saattaa tarkasteluun tulla päällekkäisyyttä (kustannukset mitataan myös voimavarojen kulutusta sikäli kun ne ovat markkinoilla vaihdettavissa ja rahayksiköissä mitattuna): Eco-efficiency = Quality of life/ Harm to the environment x Resource use x Cost (vrt. esim. Lahti et al. 2006, s. 30)

riä) kohti. Jälkimmäisessä tapauksessa on syytä käyttää elinkaarinäkökulmaa, eli arvioida vaikutukset arvioitavan tuotteen todennäköistä elinikää kohti. Fyysisen ympäristön keskimääräisenä elinkaarina voidaan pitää nykyteknologioiden ja -rakentamiskäytäntöjen olosuhteissa 50 vuotta. Ekotehokkuusnäkökulmasta huomattavasti pidempikin elinkaari kuten 100 vuotta olisi toivottava. Rakenteiden kestoajan pidentäminen vähentäisi rakennusmateriaalien kulutusta sekä rakentamisvaiheessa että käyttö- ja kunnossapitovaiheessa.

Aineen kiertokulku ja energiankäyttö ovat välttämättömiä kaikelle luonnon prosesseille ja inhimilliselle toiminnalle. Mikä tahansa materiaalien ja energiankäytön vähentäminen ei ole tavoiteltavaa, vaan sellaisen, joka vähentää inhimillisen elämän nykyisiä ja tulevia elinmahdollisuuksia.

Energiatehokkuuden parantamisessa on syytä keskittyä siihen energiankulutuksen osaan, joka tuotetaan uusiutumattomista (fossiilisista) lähteistä ja tuottavat ihmiselle haitallisia vaikutuksia.

Rajallisia (uusiutumattomia) luonnonvaroja ei voi kuluttaa kuin niissä rajoissa, mitkä eivät horjuta paikallisia, alueellisia tai globaaleja (inhimilliselle kulttuurille tarpeellisia) luonnon prosesseja. Tämä koskee muitakin kuin energiavaroja. Esimerkiksi maapallon mitassa rajattomalta vaikuttavan kiviaineksen louhinta rakennusmateriaaliksi liikenneväyliin tai rakennusbetonin raaka-aineeksi voi olla maailmanlaajuisesti vähäistä, mutta paikallisesti merkittävää ja esimerkiksi pohjavesiolosuhteiden tai lähialueen väestön virkistyskäytön kannalta haitallista. Tällöin ekotehokkuutta on mitattava mieluummin paikallisten kuin maailmanlaajuisien vaikutusten näkökulmasta.

Sama näkökulmien laajuusero ilmenee luonnonvarojen kulutuksen lisäksi myös muissa vaikutuksissa kuten päästöissä: osa on selvästi paikallisia (esimerkiksi liikenteen pöly- tai meluhaitat) ja osa maailmanlaajuisia (esimerkiksi kasvihuonekaasut). Yksittäisen tuotteen (esimerkiksi asunnon), palvelun (esimerkiksi oppilaspaikan), tuotannon (esimerkiksi rakennustuotannon) tai toimialan (esimerkiksi energiateollisuuden), talousyksikön (esimerkiksi kotitalouden, kunnan, valtion jne.) tai vaikka koko kaupungin ekotehokkuutta ja sen parantamista onkin arvioitava *sekä paikalliselta että maailmanlaajuiselta* näkökannalta ja valittava niistä mieluummin se mittari, jonka kautta on saavutettavissa suurempi parannus ekotehokkuuteen.

Asuntotuotannon ekotehokkuutta arvioitaessa verrataan kulutettuja rakennus- ym. materiaaleja, energiaa ja aiheutettuja kasvihuonekaasu- ym. päästöjä sekä rakennusjätteitä aikaansaatuihin asuntoihin tai asuntoneliömetreihin. Laajennettaessa tarkastelu *elinkaariselle* (asuinrakennuksen todennäköiselle tuotanto- ja kestoajalle), tulee rakennustuotannon lisäksi ottaa mukaan asuntojen käytön, kuten lämmityksen, valaistuksen, vesi- ja jätehuollon, tiedonvälityksen ja asumiseen liittyvän liikenteen vastaavat vaikutukset. Mikäli em. vaikutusten määrä asukasta, asuntoa tai asuntoneliötä kohti pienenee, ekotehokkuus lisääntyy. Ekotehokkuuteen on liitetty sanonta ”vähemmästä

enemmän” (Rissa 2001), mutta tarkennettuna se voisi kuulua ”vähemmästä enemmän pienemmillä haitoilla”.

Ekotehokkuutta voidaan lisätä monin tavoin: energiaa ja materiaaleja säästämällä, korvaamalla uusiutumattomia energialähteitä uusiutuvilla, käyttämällä puhtaampia raaka-aineita ja prosesseja jne.

EKOTEHOKKUUTTA VOIDAAN LISÄTÄ:

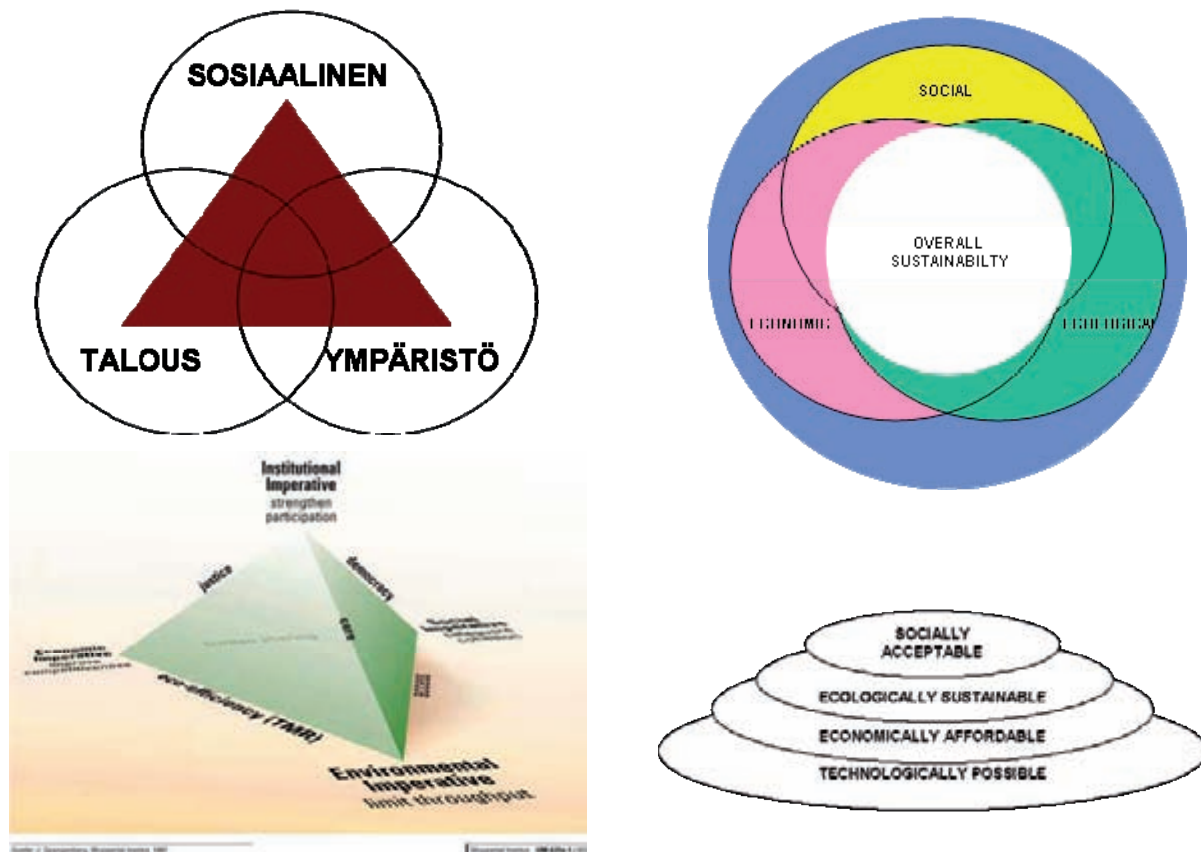
- **LISÄÄMÄLLÄ ENERGIATEHOKKUUTTA**
(RAKENTEIDEN, JÄRJESTELMIEN JA LAITTEIDEN ENERGIATEKNOLOGIA)
- VÄHENTÄMÄLLÄ MATERIAALIEN KULUTUSTA** (DEMATERIALIZAATIO)
- **KORVAAMALLA MATERIAALIEN KÄYTTÖÄ** (IMMATERIALIZAATIO)
- **KÄYTTÄMÄLLÄ LÄHIVOIMAVAROJA**
(PAIKALLISIA MATERIAALEJA, ENERGIALÄHTEITÄ JA PALVELUJA)
- **LISÄÄMÄLLÄ UUSIUTUVIEN ENERGIALÄHTEIDEN OSUUTTA**
- **LISÄÄMÄLLÄ MATALAEXERGIAA**
- **KÄYTTÄMÄLLÄ PUHTAAMPIA MATERIAALEJA JA ENERGIAA**
(HUOMI VAIKUTUKSET VOIVAT OLLA KESKENÄÄN RISTIRIISSASSA, ESIM. MATERIAALIEN LISÄÄMINEN VOI VÄHENTÄÄ ENERGINKULUTUSTA, LÄHIAJAN SÄÄSTÖ VOI OLLA MYÖHEMMIN TUHLAUSTA JNE.)

Ekotehokkuutta voidaan pitää myös *ekologisesti tavoiteltavan kehityksen eräänä operationalisoituna mittarina*. Ekotehokkuuden lisääminen vie tämän käsityksen mukaan kehitystä ekologisesti tavoiteltavampaan suuntaan. Ekologisesti tavoiteltava puolestaan on osa kestävä kehityksen tunnetusta kolmijaosta ”ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä kehitys” (kuvat 1–2). Usein em. kolmijakoon on lisätty myös neljäs ulottuvuus ”kulttuurinen kestävyys” tai ”institutionaalinen kestävyys” (Wuppertal Institutin kaavio, ks. kuva 3), mutta ne voidaan myös sisällyttää ”sosiaaliseen kestävyYTEEN”. Ekologista kestävyyttä pidetään usein kestävä kehityksen kolmijaossa sen kovana ytimenä. Kestävä kehityksen kolmi- tai neliulotteista määrittelyä on usein kritisoitu liian laajaksi ja kaikenkattavuuteen pyrkiväksi. On vaikea enää tehdä eroa ”hyvän” ja ”kestävä kehityksen mukaisen” välillä (ks. esim. Heinonen & Lahti 2002).

Arvioitaessa eri toimenpiteiden tavoiteltavuutta ja toteutuskelpoisuutta, voidaan vielä lisätä vaatimus siitä, että vaihtoehdon tekninen (teknologinen) toteutettavuus pitää varmistaa. Tällöin saadaan ehtolauseiden hierarkkinen sarja (kuva 4): arvioitavan vaihtoehdon pitää olla teknisesti mahdollinen toteuttaa (se voidaan tuottaa) – taloudellisesti kannattava (siihen on varaa ja sen tulos on yhteisölle riittävän positiivinen) – ekologisesti kestävä (se säästää luonnonvaroja, eikä aiheuta haitallisia päästöjä ja jätteitä, turvaa riittävän monimuotoisuuden ja tulevien sukupolvien kohtuulliset elinmahdollisuudet jne.) – sosiaalisesti hyväksyttävä (sille on yhteiskunnallinen tilaus ja kannatus ao. yhteisössä ja syntyy sen toteuttamiseen tarvittava päätös). Ilman kaikkia näitä ehtoja arvioitava vaihtoehto ei ehkä toteudu.

Ollakseen toteutuskelpoisia ekotehokkaiden ratkaisujen pitäisi siis olla ekologisen hyväksyttävyyden lisäksi teknisesti mahdollisia, riittävän

taloudellisia että sosiaalisesti hyväksyttävä. Sosiaalisen ja institutionaalisen hyväksyttävyyden piiriin kuuluu myös se, että ratkaisu noudattaa vallitsevia lakeja ym. säädöksiä (esimerkiksi EU:n energiadiirektiiviä). Ekotehokkuus ei siis ole ”hyvän” synonyymi, vaan yksi, tosin monien mielestä melko ratkaiseva tekijä päätöksenteon monimutkaisessa ketjussa.



Kuvat 1–4. Ekotehokkuuteen, kestäväan kehitykseen ja ekologisuuuteen liittyviä peruskäsitteitä ja jäsentelyjä (Hallituksen...1998, s. 7, Lahti et al. 2006, s. 20 ja 32, Lahti 1991)

”Ekotehokas asuinympäristö” on selvästi rajatumpi ja mitattavampi käsite kuin ”hyvä asuinympäristö”. Ekotehokkuudenkin määrittelyn yhteydessä on kuitenkin syytä huomauttaa, ettei se riitä kaupunkien, asuntoalueiden tai -kortteleiden suunnittelun ainoaksi tavoitteeksi, vaan päätöksenteossa pitää lisäksi ottaa huomioon monia muitakin hyvää elinympäristöä edistäviä ominaisuuksia. Tämä ei poista sellaisen samanaikaisen kannanoton merkittävyyttä, jonka mukaan ekologiset kriteerit (kuten ekologinen jalanjälki ja vaikutus ilmastonmuutokseen) muodostavat todennäköisesti lukuisten kriteerien joukossa sen ”kovan ytimen”, joka tulisi päätöksentekohierarkiassa asettaa monien muiden edelle. Tätä voidaan perusteella esimerkiksi ilmastonmuutoksen maailmanlaajuisilla ja todennäköisesti hyvinkin vakavilla seurauksilla ihmiskunnan elinolosuhteiden säilymisen kannalta.

Esimerkiksi ekologisia reunaehtoja voimakkaasti korostava ”bioregionalismi” ja siihen liityvä ”one planet living” -ohjelma korostavat 10-portaisessa kriteeriluettelossaan heti aluksi nollahiilisyyttä (zero carbon) ja nollajätteitä (zero waste), sen jälkeen paikallisten ja kestävien voimavarojen käyttöä ja luettelon lopussa kulttuuria, perintöä, tasa-arvoa, reilua kauppaa, jopa terveyttä ja onnea (kuvat 5-6).

1	Zero Carbon	6	Sustainable Water
2	Zero Waste	7	Natural Habitats & Wildlife
3	Sustainable Transport	8	Culture & Heritage
4	Local & Sustainable Materials	9	Equity & Fair Trade
5	Local & Sustainable Food	10	Health & Happiness

Kuva 5. Esimerkki ekologisia kriteereitä kuvaavasta, yhdyskuntasuunnittelijoille suunnatusta säännöstöstä, jossa on mukana ”kovan ytimen” lisäksi pehmeitä, perinteisiä ihanneyhdyskunnan kriteereitä kuten terveys ja onnellisuus (BioRegional 2007).

GLOBAL CHALLENGE	OPL PRINCIPLE	OPL GOAL and STRATEGY
Climate change due to human-induced build up of carbon dioxide (CO ₂) in the atmosphere	Zero Carbon	<i>Achieve net CO₂ emissions of zero from OPL developments</i> Implement energy efficiency in buildings and infrastructure; supply energy from on-site renewable sources, topped up by new off-site renewable supply where necessary.
Waste from discarded products and packaging create a huge disposal challenge while squandering valuable resources	Zero Waste	<i>Eliminate waste flows to landfill and for incineration</i> Reduce waste generation through improved design; encourage re-use, recycling and composting; generate energy from waste cleanly; eliminate the concept of waste as part of a resource-efficient society.
Travel by car and airplane can cause climate change, air & noise pollution, and congestion	Sustainable Transport	<i>Reduce reliance on private vehicles and achieve major reductions of CO₂ emissions from transport</i> Provide transport systems and infrastructure that reduce dependence on fossil fuel use, e.g., by cars and airplanes. Offset carbon emissions from air travel and perhaps car travel.
Destructive patterns of resource exploitation and use of non-local materials in construction and manufacture increase environmental harm and reduce gains to the local economy	Local and Sustainable Materials	<i>Transform materials supply to the point where it has a net positive impact on the environment and local economy</i> Where possible, use local, reclaimed, renewable and recycled materials in construction and products, which minimises transport emissions, spurs investment in local natural resource stocks and boosts the local economy.
Industrial agriculture produces food of uncertain quality and harms local ecosystems, while consumption of non-local food imposes high transport impacts	Local and Sustainable Food	<i>Transform food supply to the point where it has a net positive impact on the environment, local economy and peoples' well-being</i> Support local and low impact food production that provides healthy, quality food while boosting the local economy in an environmentally beneficial manner; showcase examples of low-impact packaging, processing and disposal; highlight benefits of a low-impact diet.
Local supplies of freshwater are often insufficient to meet human needs due to pollution, disruption of hydrological cycles and depletion of existing stocks	Sustainable Water	<i>Achieve a positive impact on local water resources and supply</i> Implement water use efficiency measures, re-use and recycling; minimise water extraction and pollution; foster sustainable water and sewage management in the landscape; restore natural water cycles.
Loss of biodiversity and habitats due to development in natural areas and overexploitation of natural resources	Natural Habitats and Wildlife	<i>Regenerate degraded environments and halt biodiversity loss</i> Protect or regenerate existing natural environments and the habitats they provide to fauna and flora; create new habitats.
Local cultural heritage is being lost throughout the world due to globalisation, resulting in a loss of local identity and wisdom	Culture and Heritage	<i>Protect and build on local cultural heritage and diversity</i> Celebrate and revive cultural heritage and the sense of local and regional identity; choose structures and systems that build on this heritage; foster a new culture of sustainability.
Some in the industrialised world live in relative poverty, while many in the developing world cannot meet their basic needs from what they produce or sell	Equity and Fair Trade	<i>Ensure that the OPL community's impact on other communities is positive</i> Promote equity and fair trading relationships to ensure the OPL community has a beneficial impact on other communities both locally and globally, notably disadvantaged communities.
Rising wealth and greater health and happiness increasingly diverge, raising questions about the true basis of well-being and contentment	Health and Happiness	<i>Increase health and quality of life of OPL community members and others</i> Promote healthy lifestyles and physical, mental & spiritual well-being through well-designed structures and community engagement measures, as well as by delivering on social and environmental targets.

Kuva 6. "OPL" (One Planet Living) -kriteeristön perustelut ja tarkennukset (BioRegional 2007).

Ekotehokkuuden ”mittaaminen” tapahtuu yleisimmin arvioimalla toimenpiteen vaikutuksia ekotehokkuusindikaattoreilla, esim. rakennusmateriaalien, polttoaineiden tai veden kulutusta, päästöjä ja jätettä. (Lahti & Halonen 2006, s.19). Osa näistä on kertaluonteisia (rakentamiseen tai hankintoihin liittyviä), osa jatkuvaluonteisia, joka vuosi toistuvia.

Rakennusmateriaalit (kertakulutus)	Veden käyttö (kulutus/a)
o Puu	o Veden kulutus
o Betoni	o Käymäläjätevesi
o Muu kiviaines	o Muu jätevesi
o Öljy- ja muovituotteet	Päästöt (tuotanto/a)
o Lasi	o CO ₂
o Metalli	o CH ₄
Polttoaineet (kulutus/a)	o N ₂ O
o Öljypohjaiset	o CO ₂ ekv
o Kivihiili	o CO
o Maakaasu	o SO ₂
o Turve	o CH
o Puu	o NO _x
Energiankulutus (kulutus/a)	o Hiukkaset
o Lämmitys	Jätteet (tuotanto/a)
o Muu sähkön käyttö	o Kotitalousjätteet
o Tuotantovaihe/käyttövaihe	o Rakennusjätteet
o Liikenne	

”Kokonaisekotehokkuus” muodostuu osatekijöiden yhteisvaikutuksena. Ekotehokkuuteen voidaan lisätä vielä luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen vaatimus tai ekologisiin käytäntöihin johtavien pedagogisten tai sosiaalisen juurruttamisen ominaisuuksia. Näitä kriteerejä käytettiin esimerkiksi Eko-Viikin kaavasunnittelua koskevassa arkkitehtikilpailussa (1994–95), joka nimettiin ensimmäistä kertaa arkkitehtikilpailujen historiassa ekologiseksi: ”Ekologinen asuinalue Helsingin Viikkiin”. Kilpailuohjelmassa (Ekologinen asuinalue 1994, s. 11–12) asetettiin asuntoalueen peruskriteereiksi seuraavat:

- ”Yhdyskunnan rakentamisen ja toiminnan aikana kuluvan uusiutumattoman energian käyttö vähenee olennaisesti verrattuna tavanomaisiin ratkaisuihin
- Nopeasti ehtyvien raaka-aineiden käyttö vähenee olennaisesti verrattuna tavanomaisiin ratkaisuihin
- Ekojärjestelmien (maaperän, ilmaston, vesien, kasvillisuuden, eläimistön ym.) luonnollisille rakenteille, toiminnalle ja monimuotoisuudelle aiheutetaan mahdollisimman vähän haittaa
- Ihmisen ja ympäristön kannalta haitallisten päästöjen, melun ja jätteiden syntymistä vähennetään
- Tehdään mahdolliseksi ja rohkaistaan asukkaita toimimaan myös oma-aloitteisesti ympäristön hyväksi.”

Käytännön ratkaisuna viimeksi mainittuihin, lähinnä pedagogisiin ja enimmäkseen välillisesti ekotehokkuutta lisääviin ominaisuuksiin sisältyivät esimerkiksi viljelypalstat, lasten päiväkotien ja koulujen mahdolliset puutarhapalstat ja omatoimisuutta tukevat kierrätysjärjestelyt.

Käytännöllinen ongelma kokonaisekotehokkuuden arvioinnissa on useiden osatekijöiden yhteismitattomuus ja arvioitsijoiden (eksplisiittisesti tai implisiittisesti) käyttämien painoarvojen vaihtelu. Vaikka mo-

net vaikutukset olisivatkin samassa mittayksikössä (esim. kiloina) ja sitä kautta yhteenlaskettavissa, ei eri materiaalien yhteispaino sellaisenaan kerro ekotehokkuuden tasosta välttämättä mitään. Puukilon ja sorakilon merkitys kokonaisarvioinnissa pitää arvottaa samaan tapaan rinnakkain kuin kilot ja kilowattitunnit. Tämä ongelma on samanlainen materiaalien kulutusta koskevassa MIPS-laskennassa (Material Inputs Per Service unit). Sama yhteenlaskun vaikeus koskee *ekologista selkäreppua* (Ecological Rucksack) ja *ekologista jalanjälkeä* (Ecological Footprint), joissa molemmissa pyritään *elinkaari pohjaiseen* (life-cycle based) kokonaisvaikutusten arvioimiseen, joko tuotet- tai palvelukohtaisesti tai laajempina yhteisöllisinä (esim. kaupunkia tai kansakuntaa koskevinä) arvioina.

Yhdyskuntien rakentamisessa erityisen painavia osia ovat liikenneverkkojen (teiden ja katujen) kiviaines ja talojen betoni. Kun ne laske- taan yhteen esim. muoviosien kanssa, häviää jälkimmäisten osuus lähes näkymättömiin. Päästöissä puolestaan hiilidioksiditonnit ”hau- taavat alleen” kaikki muut päästölajit.

Ekotehokkuuden arvioinnissa on em. arvostus- tai painotusongelmien lisäksi *maantieteellinen, ilmastollinen ja kulttuurinen* hajontaa aiheut- tava ulottuvuus. Suomessa esimerkiksi lämmitysenergialla on suu- rempi merkitys kuin Espanjassa (jossa lämmitystarve on huomatta- vasti pienempi) ja sähköenergialla on erilainen asema ja merkitys kuin Norjassa (jossa kaikki sähkö tuotetaan vesivoimalla).

Ekotehokkuus -käsitteen sisältö ja painotukset todennäköisesti *muut- tuvat ajan kuluessa*. Uusi tutkimustieto esimerkiksi energiavaroista ja energiankäytön seurauksista on nostanut tietoisuuteen uusia kysy- myksiä ja muuttanut vallitsevia arvostuksia. Energiansäästötavoittei- den merkitys on tällä hetkellä kasvussa johtuen ilmastomuutoksen ta- kia tehdyistä kansainvälisistä sopimuksista. Muunkin tyyppisiä muu- toksia on mitä todennäköisimmin odotettavissa tulevaisuudessa. Näi- tä ovat entistä sitovampien ja tiukempien energiakulutukseen liittyvien määräysten ja kannustimien käyttöön otto, uusien energiateknologi- oiden ja niiden sovellusten markkinoille tulo.

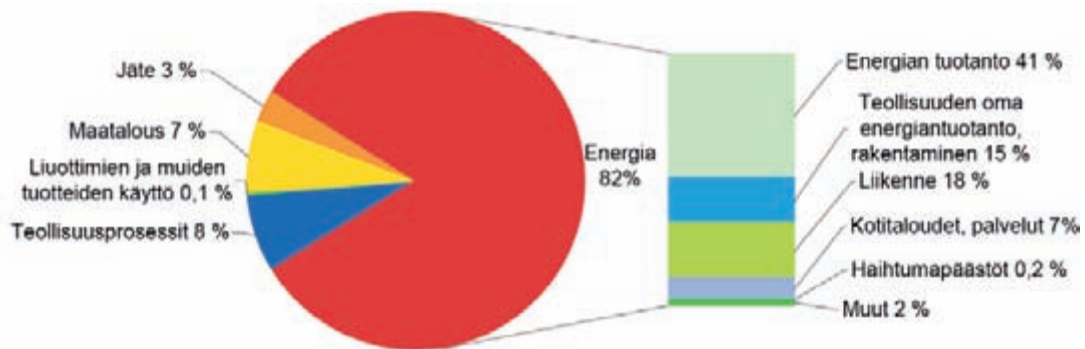
Ekotehokkuuden toimintaympäristön ja sen muutoksen kuvaus

Suomi on mukana kansainvälisissä sopimuksissa, joiden tarkoitus on esimerkiksi alentaa *kasvihuonekaasupäästöjä* (Kioton pöytäkirja³) ja vähentää energiankulutusta (EU:n energiansäästösopimus). Molem- pien tavoitteiden toteutuminen sekä edellyttää että synnyttää yhteis- kunnan ekotehokkuuden kasvua. Kasvihuonekaasuista valtaosa syn- tyi energiantuotannosta erilaisiin tarpeisiin (kuva 7). Kasvihuonekaa- supäästöistä 85 % on hiilidioksidia. Suomen sallittu kasvihuonekaa- sujen päästö määrä Kioton pöytäkirjan 1. velvoitekaudella 2008–2012

³ Kioton pöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1997. Euroopan unioni ratifioi Kioton pöytäkirjan 31. toukokuuta 2002. Pöytäkirja tuli voimaan 16.2.2005, kun Venäjä oli ratifioinut sen. Osa teollisuusmaista, kuten Yhdysvallat ja Australia, ovat kieltäytyneet ratifioimasta sitä.

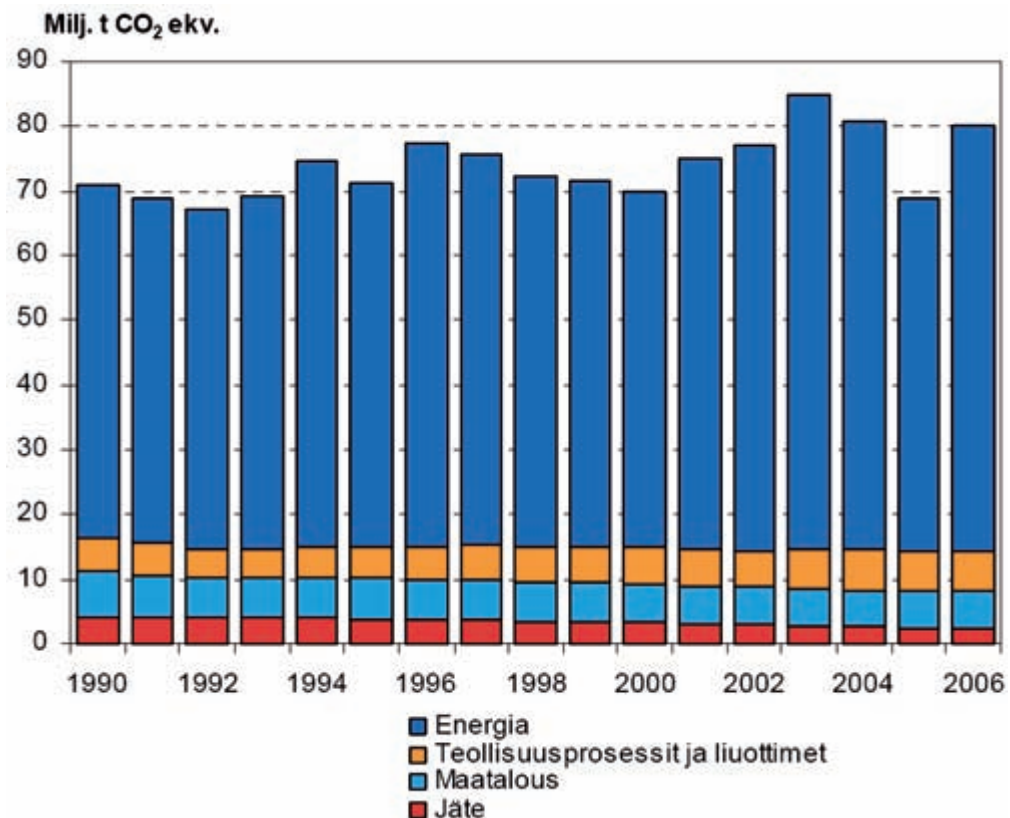
(eli viiden vuoden yhteenlaskettu määrä) on vahvistettu vuonna 2006 tasolle 355 481 Gg CO₂ ekv eli keskimäärin 71 miljoonaa tonnia CO₂ ekv vuodessa (Tilastokeskus 2006). Vuosina 2003, 2004 ja 2006 päästöt olivat kaikkina vuosina yli 80 miljoonaa tonnia CO₂ ekv (kuva 8) eli keskimäärin 16 miljoonaa tonnia CO₂ ekv asukasta kohti.

Hiilinielut (metsien kasvu, maankäyttömuutokset yms.) kompensoivat näistä päästöistä noin 33,4 miljoonaa tonnia, jolloin nettopäästöiksi jää noin 47 miljoonaa tonnia CO₂ ekv eli noin 7 tonnia CO₂ ekv asukasta kohti vuodessa. Hiilinieluiksi on suunniteltu ja kokeiltu myös hiilidioksidin erottelua ja varastointia erilaisin menetelmin⁴. Helsingin kulutusperusteiset CO₂ ekv-päästöt ovat 2000-luvulla olleet runsaat 6 tonnia/asukas vuodessa (ks. luku Päästöjen hallinta).



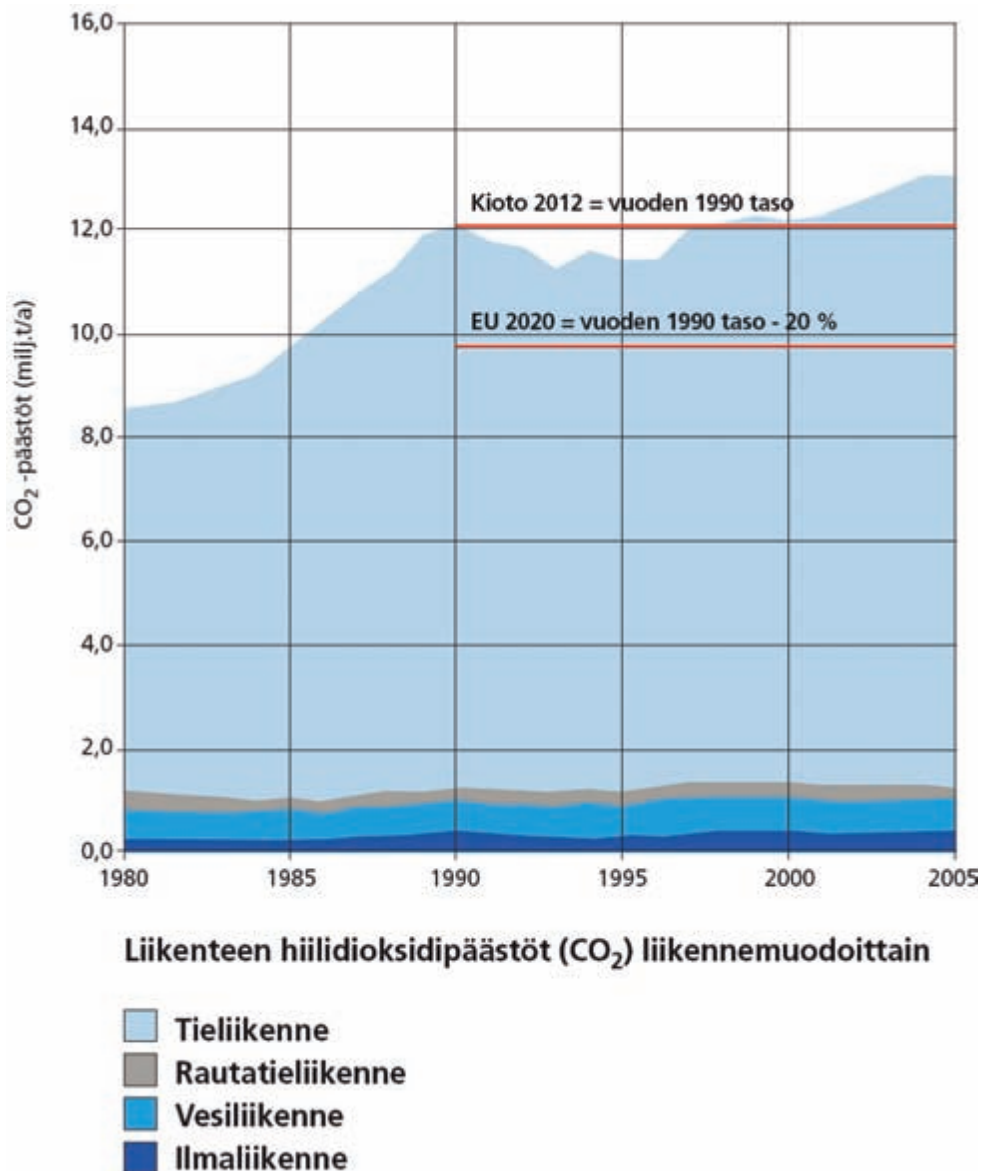
Kuva 7. Kasvihuonekaasujen lähteet ja jakauma Suomessa 2004 (Tilastokeskus 2008). Valtaosa syntyy energiantuotannossa, josta suurin osa on myytävän lämmön ja sähkön tuotantoa esimerkiksi asuntojen ja toimitilojen tarpeisiin, mutta sen lisäksi teollisuus ja asuminen tuottavat osan tarvitsemastaan energiasta itse omaan käyttöönsä samoin kuin liikenne.

⁴ Hiilidioksidin erottelussa ja varastoinnissa eli ccs-menetelmässä (carbon capture and storage) erotetaan polttoaineesta tai savukaasuissa oleva hiili tai hiilidioksidi ja pumpataan esimerkiksi geologisiin muodostumiin (Teknologiapolut 2050). Pumpaamista on jo tehty joitakin vuosia esimerkiksi Pohjanmeren kaasukentillä kaasulta vapautuvaan tilaan. Myös muita säiliöitä kuten entisiä suolakaivoksia on suunniteltu vastaamaan käyttöön.



Kuva 8. Kasvihuonekaasujen määrällinen muutos (miljoonia tonneja CO₂ ekv) Suomessa 1990–2006 ilman nettohiilinieluina toimivia maankäyttö- ja metsäsektoreita (Tilastokeskus 2008). Luokka ”energia” koostuu pääasiassa polttoaineiden käytöstä eri tarkoituksiin, joista tärkein on lämmön ja sähkön tuotanto sekä liikenne (kuva 7).

Liikenteen rooli (18 % kokonaispäästöistä) on ollut aivan viime vuosia lukuun ottamatta kasvussa (kuva 9) ja se korostuu erityisesti kaupungeissa, jossa katuliikenne on lähellä suuria ihmismääriä ja aiheuttaa muitakin haittoja. 2000-luvulla päästöjen määrä on ollut keskimäärin lievässä kasvussa (vuodesta 1990 lähtien n. 16 %). Vuoden 2005 poikkeava taso johtui hyvästä vesivoimatilanteesta. Vuonna 2006 päästöt olivat 80,3 miljoonaa tonnia CO₂ ekv eli vajaat 16 tonnia asukasta kohti.



Kuva 9. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1980–2005. (LVM 2007). Vuosittaiset noin 13 miljoonan tonnin kokonaispäästöt merkitsevät noin 2,5 tonnia asukasta kohti. Kasvu on ollut noin 50 % 25 vuodessa eli keskimäärin 1,7 % vuodessa.

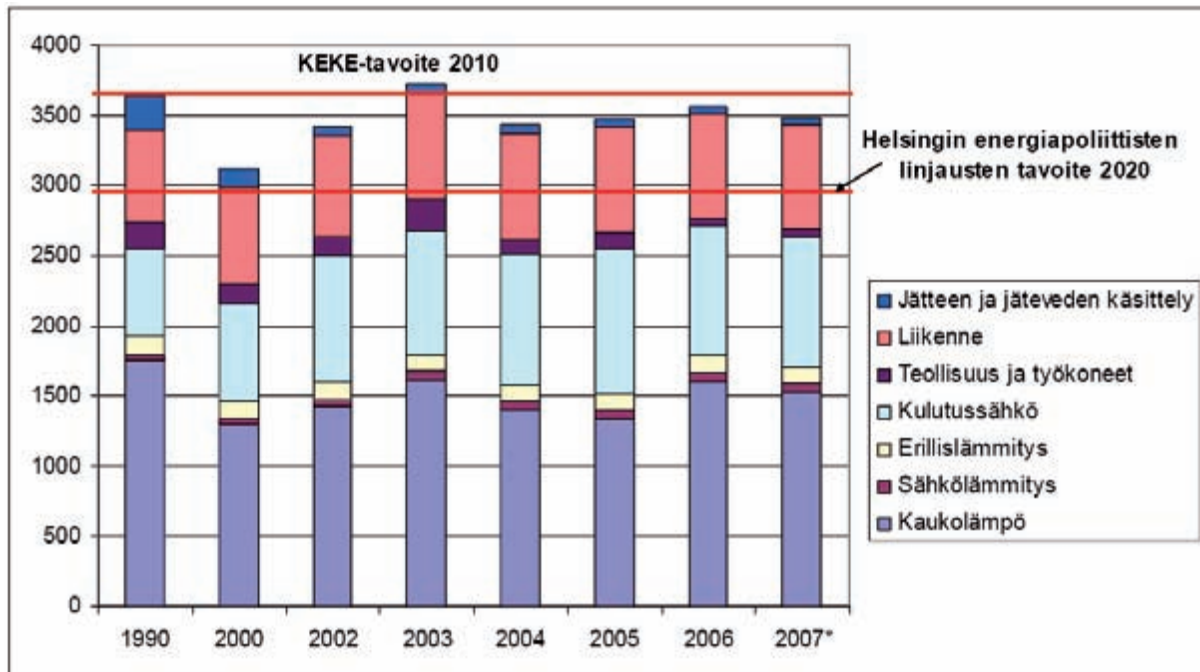
Pääsyy liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kasvuun on ollut tieliikenteen määrän kasvu. Helsingissäkin liikenteen osuus kasvihuonekaasupäästöistä on kasvanut vuoteen 2003 asti, jonka jälkeen se on pysynyt suurin piirtein entisellä tasolla (kuvat 10 ja 11).

EU on ilmoittanut vähentävänsä vuoteen 2020 mennessä yksipuolisesti kasvihuonekaasupäästöjään 20 %⁵ verrattuna vuoden 1990 tasoon⁶. Mikäli muut maat tulevat mukaan, EU on valmis 30 % vähen-

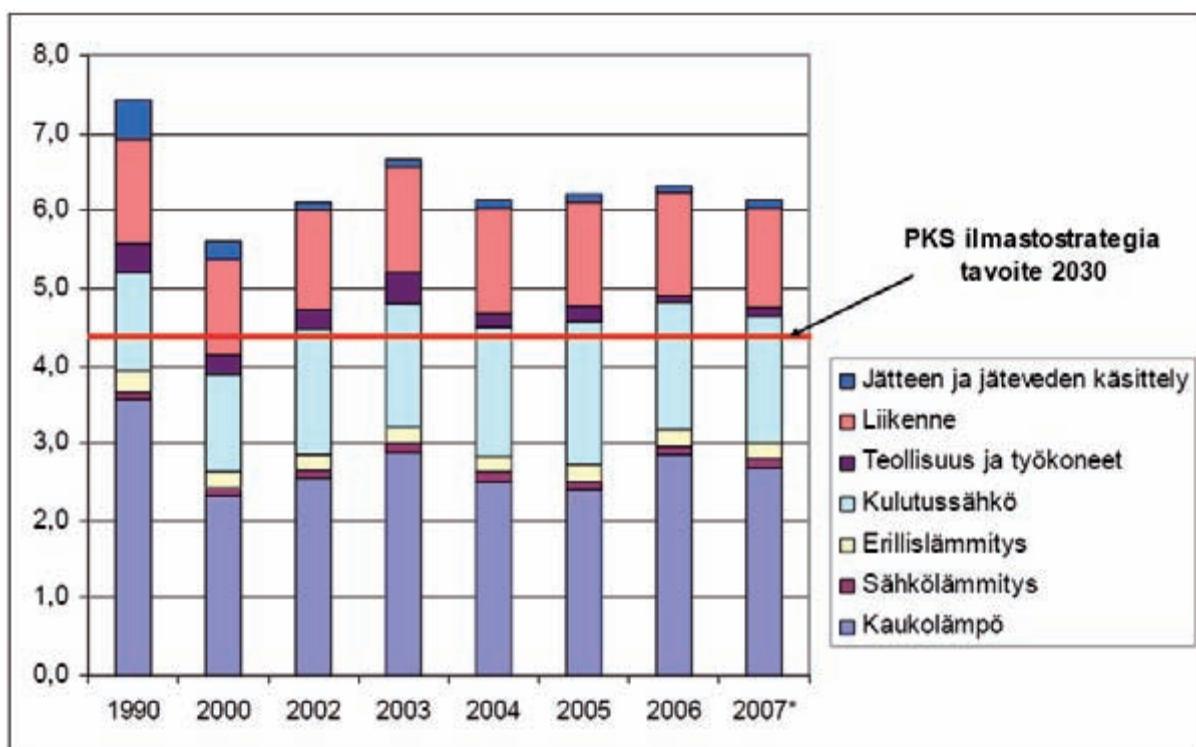
⁵ Tammikuussa 2008 tämä yleistavoite jaettiin maakohtaisiksi tavoitteiksi ja Suomen tavoitearvoksi tuli 16 %.

⁶ EU:n euroalueen keskimääräinen kasvihuonekaasupäästö on noin 8 tonnia asukasta kohti, USA:ssa noin 20 tonnia ja Kiinassa 3 tonnia asukasta kohti (World Bank 2007, table 3.8). Pääkaupunkiseudulla päästöjä on noin 6,2 miljoonaa tonnia (CO₂-ekv vuonna 2004), mikä on noin 8 % koko maan päästöistä. Asukasta kohden päästöjä syntyi PKS:lla noin kuusi tonnia. Kokonaispäästöt kasvoivat vuodesta 1990 vuoteen 2004 noin 7 %. Asukaskohtaiset päästöt kuitenkin vähenivät 10 prosenttia koska väestö kasvoi samaan aikaan yli 18 %. (YTV 2007)

nyksiin. EU:n tavoitteena ovat 60–80 % vähennykset vuoteen 2050 mennessä.



Kuva 10. Helsingin kaupungin kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt 1990–2007 (1 000 CO₂ ekv-tonnia vuodessa) syntytaivoittain ja suhteessa tavoitteeseen, vuoden 2007 tieto ennakkotieto (Helsingin ympäristöraportti 2007, 2008).



Kuva 11. Helsingin kaupungin kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt 1990–2007 (CO₂ ekv-tonnia *asukasta kohti* vuodessa) syntytaivoittain ja suhteessa tavoitteeseen, vuoden 2007 tieto ennakkotieto (Helsingin ympäristöraportti 2007, 2008).

Samalla EU on sitoutunut lisäämään uusiutuvien energialähteiden osuutta 20 %:iin, lisäämään energiatehokkuuttaan 20 % ja liikenteen biopolttoaineiden osuuden 10 %:iin (vuoteen 2020 mennessä). Pääosa kovien tavoitteiden asettamisesta johtuu siitä, että ilmastonmuutoksen on todettu etenevän nopeasti (ks. esim. IPCC:n raportit⁷) eikä sitä katsota voitavan pysäyttää ilman voimakkaita kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamistoimia, esimerkiksi lisäämällä yhteiskunnan energiatehokkuutta kaikilla toimialoilla merkittävästi. Helsinki toimii aktiivisesti ilmastonmuutoksen torjuntatyössä ja edistää päästöjen vähentämistä synnyttäviä energian tuotantoon ja kulutukseen liittyviä innovaatioita.

Helsingin tavoitteena on ”profiloitua ilmastoystävälliseksi kaupungiksi ja energiatehokkuuden (energian tuotannon, siirron ja käytön tehokkuuden) edelläkävijäksi” (Helsingin kaupungin energiapolitiittisia linjauksia 2008). ”Helsingissä kulutettu lämmitys-kWh aiheuttaa keskimäärin 160 gramman CO₂-päästöt. Tukholmassa kulutetun lämmitysenergian CO₂-jalanjälki on n. 20 % Helsingin vastaavaa suurempi ja Nurmijärvellä kulutetun lämmitysenergian CO₂-jalanjälki on lähes kolminkertainen helsinkiläiseen jalanjälkeen nähden. Tähän vaikuttaa Helsingin tehokas sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Kaukolämmön hinta on Tukholmassa kaksinkertainen Helsingin hintoihin nähden. Nurmijärven kaukolämmön hinta on kolmanneksen Helsingin hintaa korkeampi” (Helsingin kaupungin energiapolitiittisia linjauksia 2008, ks. myös luku Päästöjen hallinta).

Rakennuskannan (asuin-, palvelu- ja tuotantorakennusten) lämmitysenergian ja kiinteistösähkön yhteenlaskettu osuus Suomen energian loppukäytöstä vuonna 2003 oli 39 %. Rakennustarvikkeiden valmistus ja rakentamisen energia vievät sen lisäksi yhteensä 5 % energian loppukäytöstä. Yhdyskuntien ja muun rakennetun ympäristön toiminnan olennainen osa on liikenne, jonka osuus energian käytöstä on noin 16 %. *Rakennetun ympäristön merkitys energiankäytön ja kasvihuonekaasujen vähentämisessä on siten merkittävä, n. 60 %.*

Teknologiset innovaatiot ja niiden soveltaminen käytäntöön muuttavat energiankäytön kokonaiskuvaa. Rakennustuotannossa on sovellettu ns. matalaenergiakonsepteja jo useissa suomalaisissa kohteissa menestyksellisesti. Näissä energiankulutus kerrosneliötä kohti on saatu alenemaan useita kymmeniä prosentteja verrattuna tavanomaisiin ratkaisuihin. Vielä parempaan tulokseen päästään ns. passiivitaloissa tai nollaenergiataloissa tai taloissa jotka tuottavat enemmän kuin kuluttavat (hajautettu energiantuotanto). Uudet innovaatiot yleensä maksavat alkuvaiheessa huomattavasti enemmän kuin perinteiset ratkaisut, mutta teknologian edelleen kehittyessä ja päästäessä sarjatuotantoon, kustannukset laskevat lähelle tavanomaisia. Monilla mailloilla on omia energiatehokkaita taloratkaisujaan (Saksassa, Itävallassa Passivhaus, Sveitsissä Minergie-talot ja 2 000 W/asukas-talokonsepti, Englannissa suosittu käsite on Zero-energy, Zero- tai Low-Carbon tai Zero-Emission house).

⁷ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) on kansainvälinen hallitusten välinen tiedeyhteisö, joka julkaisee säännöllisesti ilmastonmuutoksen tilaa kuvailevia raportteja, viimeisin vuoden 2007 lopulla (IPCC 2007)

Energiansäästö ei ole uusi ilmiö, vaan sitä on tavalla tai toisella harjoitettu niin kauan kuin energiaa on käytetty. Suhteellisen äkilliset muutokset energian saatavuudessa, hinnoissa tai energiankäytön laatuvaikutuksissa ovat aiheuttaneet sen, että energiansäästö on noussut merkittäväksi yhteisöjen tavoitteeksi. Öljyn saatavuuteen ja hinnoitteluun liittyvät kriisit 1970-luvulla (1973/74 ja 1979) ja ilmasto-muutoksen empiiristen näyttöjen vahventuminen 1990-luvulla ovat kaikki synnyttäneet uusia energiansäästöön ja uusiutuvien energialähteiden osuuden lisäämiseen tähtääviä sopimuksia, toimintaohjelmia ja toimenpiteitä. Uutta on myös valtioiden ja EU:n voimakas sitoutuminen uusiin energiatehokkuustavoitteisiin.

Sitran monivuotinen Rakennusten lämpötalous -tutkimus käynnistyi v. 1972 aloitetun esitutkimuksen pohjalta (Salokangas, Lahti & Ruokojoki 1973), jossa jo ennakoitiin tuleva öljyn hinnan nousu sekä ympäristöhaittojen kustannukset. Tutkimuksen tekoaikaan tyypillinen hyvä rakentamistapa edellytti 10 cm eristepaksuutta ulkoseiniin ja 2-lasisia ikkunoita. Niiden tilalle suositeltiin esitutkimuksessa 3- ja jopa 4-lasisia ikkunoita sekä 17,5–20 cm eristepaksuuksia. Myös LVI-järjestelmiin suositeltiin parannuksia (mm. huonekohtaista säätöä ja osavuorokautista lämpötilan laskua, ilmanvaihdon ohjausta, lämmön talteenottoa poistoilmasta ja viemäriverdestä, siirtymistä ammeen käytöstä suihkun käyttöön, astianpesun ja pesukoneiden käyttötapamuutoksia ja kalusteiden virtaamien pienentämistä). Tuloksien julkaisujankohdana ehdotukset eivät vielä saaneet kovin suurta kannatusta⁸.

Energian hinnan uusi nousu 1970-luvun lopulla johti myös kauppa- ja teollisuusministeriön aktiiviseen toimintaan energian säästämiseksi mm. perustetun energiansäästötoimikunnan ja sen yhdyskuntasuunnittelujaoston kautta (Lahti & Kivistö 1979).

8 Esitutkimuksen tulosten perusteella Sitra kutsui koolle seminaarin 27.9.1973, johon osallistui 80 asiantuntijaa alan viranomaisten, yritysten ja järjestöjen piiristä. Ajankohdalle oli tyypillistä, että kansantalouden kasvu kytkettiin voimakkaasti käytettyyn energiaan. Ministeri Esko Niskanen totesi tämän avauspuheessaan mainitsemalla, että teollisen yhteiskunnan bkt:n tietty %-määräinen kasvu edellyttää tavallisesti 1,1–1,4-kertaista energiankäytön kasvua. Alan asiantuntijat olivat varovaisia ja konservatiivisia tulevien muutosten ja ehdotettujen toimenpiteiden suhteen. Energian tulevaa hinnannousua ja ympäristöhaittojen merkityksen kasvua ei osattu ennakoida eikä esitutkimuksen ennustuksiin välttämättä uskottu – poikkeuksena Imatran Voima Oy:n edustaja Lasse Nevanlinna (joka oli myös esitutkimuksen johtoryhmän jäsen), joka ennusti tulevaa energiakriisiä 1980-luvun alkuun. Todellisuudessa muutos tuli nopeammin. Ensimmäinen öljyn hintapiikki osui jo marras-joulukuun vaihteeseen 1973 eli noin puoli vuotta sen jälkeen kun esitutkimus julkaistiin, jonka jälkeen tuli melko nopeasti seuraava suurehko hinnannousu tammi-helmikuun vaihteessa 1974 ja kolmas vuonna 1979. Esitutkimuksessa, seminaarin pohjaksi laaditussa tutkimusohjelmaluonnoksessa ja seminaarin työryhmässä esiteltyä (Lahti) ympäristöhaittoja koskevaa erillistä tutkimusosaa ei myöskään pidetty tarpeellisena (Sitra 1973). Ympäristöhaittojen aiheuttamina korjaavien toimenpiteiden kustannuksina ja jäännöshaittoina esitutkimuksessa käsiteltiin (pääasiassa polttoaineiden sisältämän rikin polton aiheuttamaa) metallien ja kalkkipitoisten rakennusmateriaalien korroosiota, noen ym. likaantumisen aiheuttamia rakennusten ym. puhdistuskustannuksia sekä tekstiileille aiheutuneita vahinkoja. Laskelma (n. 1 000 milj. mk/v) todettiin ”erittäin varovaiseksi”, koska tietopohja ei riittänyt kaikkien haittojen (varsinkaan typen aiheuttamien terveyshaittojen) määrälliselle vaikutusarviointille. Haittoina mainittiin terveydelliset haitat (hengityselinten sairaudet, astma ym.), niistä johtuvat työtuntien menetykset, kuljetusten ja polttoaineiden säilytyksen vaaratekijät (onnettomuusriskit, maaperän pilaantuminen), puuston kasvun hidastuminen ja esteettiset haitat (maisemanmuutokset yms.), mutta niiden taloudellisia tai muita vaikutuksia ei katsottu voitavan arvioida riittävän luotettavasti. Ydinvoiman radioaktiivisten jätteiden ja lauhdevesien ympäristöhaitat on myös mainittu (vaikka Loviisan ensimmäinen voimala otettiin käyttöön vasta 1977), muttei arvioitu tiedonpuutteen takia. Kasvihuonekaasuja ja ilmastomuutosta ei edes mainita.

Koska energiankäytöstä johtuvat ongelmat kytkeytyvät useimmiten voimakkaasti *tietyjen energialähteiden* hyödyntämiseen, on toimenpiteetkin suunnattu näihin energialähteisiin. Kaikki säästettävät kilowattitunnit eivät ole samanarvoisia. Ympäristön pilaantumista ja kasvi-huoneilmiötä voimistavat energialähteet ovat niitä, joihin säästötoimet ensisijaisesti tulisi kohdistaa. Aurinko- ja tuulienergiasta saatavia kilowattitunteja ei ole tarpeen säästää, vaan jopa tuhлата. Tarjolla olevasta ilmaisenergiasta kyetään hyödyntämään vain hyvin vähän.

Energiankulutuksen *määrän* ohella on nyt myös kiinnitetty huomiota *energian laatuun*. Käyttämällä laatutasoltaan (exergialtaan) alhaista energialähteitä korkeiden sijaan, lisätään energiantuotannon kokonaishyötysuhdetta ja saavutetaan haluttuja positiivisia ympäristövaiikutuksia vähäisemmällä voimavarojen kulutuksella (ks. luku Energian laadun hallinta).

Asuinympäristön aineenvaihdunta (materiaali- ja energiavirrat)

Asuinympäristön *aineenvaihdunnan* (urban metabolism) kokonaiskuva muodostuu ensinnäkin rakentamiseen tarvittavista materiaaleista mukaan lukien energian tuottamiseen tarvittavat polttoaineet sekä käytön ja kunnossapidon aikana tarvittavista vastaavista materiaaleista. Toiseksi, samaan aikaan syntyy erilaisten prosessien sivutuotteena päästöjä ja jätteitä, joista osa palautuu kiertoon, osa päättyy takaisin luontoon. Polttoaineiden käyttö voidaan muuntaa myös energiankäytön yksiköiksi. Tätä rakennetun ympäristön *materiaali- ja energiavirtojen* kokonaisuutta voidaan myös nimittää *rakennetun ympäristön ekotaseeksi*.

Asuinympäristö sisältää asuinrakennukset, niiden edellyttämän perusrakenteen (infrastruktuurin) eli liikenneverkon, vesi-, energia- ja jätehuollon verkot sekä muut palvelut. Asuinympäristön *fyysisen rakenteen toteuttaminen* edellyttää noin 95 tonnin materiaalivirtoja asukasta kohti. Asumisväljyyden kasvusta johtuu, että asuinympäristöön sitoutuvat materiaalivirrat kasvavat niin, että vuonna 2030 ne ovat nykyisillä ominaiskulutuksilla jo lähes 120 tonnia asukasta kohti. Asuntoneliötä kohti materiaaliterve on yhteensä yli 2,5 tonnia, josta painavin osa noin 1,4 tonnia kuluu liikenneverkon rakentamisessa tarvittavaan kiviainekseen ja seuraavaksi eniten painaa talonrakentamisessa tarvittava betoni, keskimääräin yli 900 kg/asunto-m² (liite 1, taulukko 1).

Ekotehokas yhdyskunta käyttää mahdollisimman vähän rajallisia luonnonvaroja, erityisesti sellaisia, joiden valmistukseen kuluu paljon energiaa tai jotka tuottavat paljon haitallisia päästöjä ja jätteitä.

Yleispiirteisessä suunnittelussa ei tehdä varsinaisia materiaalivalintoja, mutta *välillisesti esimerkiksi aluetehokkuuksilla, toimintojen ja talotyyppien valinnoilla* (pientaloja vai kerrostaloja, asumista vai toimistojä, missä suhteessa kutakin) *vaikutetaan materiaali- ja energiavirtojen näköisyyteen*. Esimerkiksi betonin, teräksen, lasin ja alumiinin osuus

rakennusmateriaaleista on suurempi kerrostalo- ja toimistorakentamisen alueilla kuin pientaloalueilla, jossa puolestaan puun osuus on todennäköisesti suurempi. Keskimääräisen suomalaisen asuinkerrostalon rakentamisessa (ml. rakennusmateriaalien valmistuksessa) kuluttettu materiaalmäärä on noin 1 tonni/kerros-m². Kerrostalot ja toimistorakennukset kuluttavat keskimäärin 60–90 % enemmän materiaaleja johtuen raskaampien rakennusmateriaalien (kuten betonin, teräksen ja lasin) suuremmasta käytöstä verrattuna pientaloihin, joissa puun käyttö on suhteellisen yleistä.⁹

Rakennusmateriaalien valmistuksen edellyttämä energiamäärä vaihtelee suuresti: 0,1...63 kWh/kg (liite 1, taulukko 2). Alumiinin, muovien, kuparin ja paperin valmistukseen kuluvan energian määrä painoyksikköä kohti on huomattavasti suurempi kuin muilla materiaaleilla (Lahti & Kivistö 1979). Eri rakennustyyppien materiaalien käyttötiheyksien eroista johtuen eri talotyypeillä on keskimäärin erilaisia vaikutuksia rakennuksiin sitoutuneeseen energiaan. Kerrostaloissa, toimistorakennuksissa, palvelu- ja muissa tuotantorakennuksissa käytetään keskimäärin enemmän energiasisällöltään korkeita materiaaleja kuten terästä, alumiinia ja lasia.

Keskimääräisen nykYTEknologioiden ja -käytäntöjen mukaisen suomalaisen asuintalon rakentamisessa (ml. rakennusmateriaalien ja tarvittavan energian valmistus ja kuljetus työmaalle) sitoutunut energiamäärä on noin 1 500 kWh/kerros-m². Tavanomaisten kerros- ja toimistotalojen energiasisältö on noin 30 % suurempi kuin pientaloissa¹⁰. Mikään ei kuitenkaan estä rakentamasta esimerkiksi pienkerrostaloja täsmälleen samalla teknologialla ja materiaalivalikoimalla kuin pientaloja. Korkeat kerrostalot sen sijaan edellyttävät jo rakennusmääräysten ja rakenteiden lujuus- ja palo-ominaisuuksiensa takia erilaisia rakenteita ja samalla suhteellisesti enemmän esimerkiksi metalleja. Rakennusten kerrosluku liittyy kuitenkin läheisesti aluetehokkuuteen ja perusrakenteiden määrään, jolloin talotyyppivalintojen energiatehokkuutta arvioitaessa tulee samalla ottaa huomioon välilliset vaikutukset muussa rakennetussa ympäristössä ja liikenteessä (ks. luku Aluetehokkuus) ja koko elinkaaren aikana.

Myös muita luonnonvaroja kuin energiaa kuluu materiaalien valmistukseen, esimerkiksi alumiinikilon valmistamiseen yli 60 kiloa muita materiaaleja ja kuparikilon 250 kiloa (liite 1, taulukko 3). Jos esimerkiksi "kokoalumiinisen" talon paino ilman perustuksia on 100 tonnia, josta lasia, terästä ja muovia on 10 %, painaa sen ekologinen selkäreppu noin 6 000 tonnia.

Ilmastomuutosta aiheuttavan vaikutuksen (Global Warming Potential GWP) eli kasvihuonekaasupäästöjen (CO₂ekv-kg/materiaali-kg) näkökulmasta materiaaleilla ja rakennusosilla on myös selviä eroja. Puun käyttö raaka-aineena on kasvihuonekaasujen määrällisen kas-

9 arviot perustuvat VTT:n alueellisissa ekotehokkuusselvityksissä (ks. esim. Lahti et al. 2008) käytettyjen laskentamallien parametrien keskimääräisarvoihin ao. talotyypeillä.

10 ks. edellinen alaviite

vun rajoittamisen näkökulmasta edullista, koska kasvava puu sitoo hiilidioksidia ja synnyttää happea, jolloin sen kasvihuonevaikutus on negatiivinen. Puumateriaali on rakennuksiin kiinnittynyt hiilinielu. Sahatavarakilon vaikutus hiilidioksidiekvivalenttitaseseen on -1,4 kg, betonikilon +0,1 kg ja alumiinifoliokilon +32,7 kg (liite 1, taulukko 4).

Asuin ympäristön *käyttö ja kunnossapito* edellyttävät suomalaisissa olosuhteissa em. kertaluonteisten virtojen lisäksi *vuosittain* mm. lämmityksen ja sähkön tuotannon tarvitsemia polttoaineita yhteensä lähes 50 kg ja vettä yli 1 000 litraa *asuntoneliötä kohti* (liite 1, taulukko 5, Lahti & Halonen 2006).

Asumiseen liittyy myös *liikkuminen* eli asuinpaikan sijainnista oleellisesti riippuvat työ-, asiointi-, koulu- ja vapaa-ajan matkat ja niiden toteuttamisen edellyttämät materiaali- ja energiavirrat. Asuinalueidonnaisen henkilöliikenteen polttoaineiden kulutus on noin 440 kg eli noin 5,4 MWh asukasta kohti vuodessa. Ekotehokas yhdyskunta kuluttaa mahdollisimman vähän rajallisia ja paljon haitallisia päästöjä tuottavia fossiilisia polttoaineita (kuten öljyä, kivihiiltä, maakaasua ja turvetta¹¹) ja vettä.

Suomalaisen asuin ympäristön¹² keskimääräinen *energiankulutus* on yhteensä noin 20 MWh asukasta kohti vuodessa (Lahti & Halonen 2006). Liikenteen osuus tästä on n. 27 %. Asuinrakennusten lämmityksen ja sähkön käytön osuus noin 61 % ja asuin ympäristön tuotantovaiheen osuus noin 12 %.

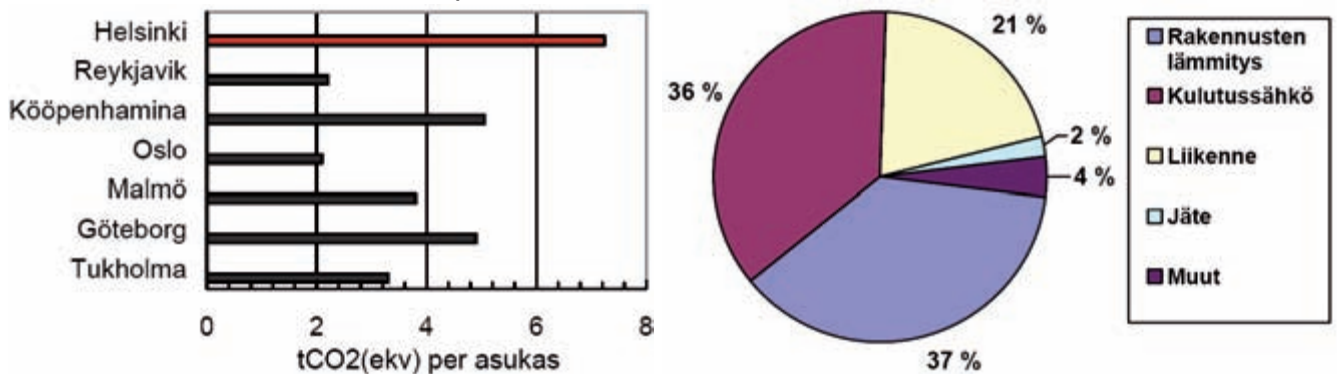
Ekotehokas yhdyskunta kuluttaa mahdollisimman vähän fossiilisista polttoainelähteistä (kuten öljyä, kivihiiltä, maakaasua ja turvetta) peräisin olevaa primäärienergiaa.

Keskimääräisen suomalaisen asuin ympäristön tuottaminen ja käyttäminen (lämmitys ja muu sähkön käyttö) tuottavat nykyteknologialla elinkaarensa aikana (n. 50 vuotta) noin 143 tonnia *päästöjä* (Lahti & Halonen 2006) asukasta kohti eli lähes 4 tonnia *asuntoneliötä kohti*. Tästä noin 99 % on CO₂-päästöjä (liite 1, taulukko 6). Nykyisillä energian ominaiskulutusluvuilla, liikennekäyttämisen muodoilla ja päästöjen ominaisluvuilla päästöjen kokonaismäärä kasvaisi vuoteen 2030 mennessä noin 172 tonniin asukasta kohti. Teknologiset parannukset ja kiristyvät määräykset tulevat kuitenkin kääntämään kasvun todennäköisesti negatiiviseksi lähitulevaisuudessa. Ekotehokas yhdyskunta tuottaa mahdollisimman vähän fossiilisista polttoaineista peräisin olevia, erityisesti kasvihuonekaasuihin luettavia päästöjä (CO₂, CH₄ ja N₂O). Helsinki on tässä suhteessa heikommassa asemassa kuin muut pohjoismaiset suuret kaupungit (kuvat 12 ja 13), mikä johtuu pääosin käytetystä polttoainejakaumasta (suhteellisen runsaasti paljon hiilidioksidia tuotettua energiayksikköä kohti tuottavaa kivihiiltä).

11 turve on periaatteessa uusiutuva luonnonvara, mutta uusiutumisenopeus on niin hidas, että se käytännössä on uusiutumattomiin energia- raaka-aineisiin verrattava.

12 Asuin ympäristö käsittää tässä yhteydessä asuinrakennukset, asuinalueiden perusrakenteen (liikenne- ja teknisen huollon verkot, asuin- alueiden omat palvelut sekä viher- ym. vapaa-alueet), mutta ei asuinalueiden ulkopuolisia palveluja, infraa, teollisuutta yms.

Asuinympäristö tuottaa *kotitalousjätettä* keskimäärin noin 400 kg asukasta eli noin 24 kg asuntoneliötä kohti vuodessa. Tästä ns. sekajätettä on noin 60 %, keräyspaperia 26 %, kompostijätettä noin 11 % loppujen ollessa lasia, keräyskartonkia ja palavaa jätettä (liite 1, taulukko 7).



Kuvat 12 ja 13. Kasvihuonekaasujen päästöt asukasta kohti pohjoismaisissa suurissa kaupungeissa ja päästölähteiden jakauma pääkaupunkiseudulla (Lund 2006). Helsingillä on tämän vertailun perusteella suuri päästöjen vähentämispotentiaali ja siitä valtaosa on rakennuskannassa, sen lämmityksessä ja sähkönkäytössä. Seuraavaksi suurin päästölähde on liikenne, jossa on myös suuri säästöpotentiaali (ks. myös kuvat 9–11 sekä luku Päästöjen hallinta).

Sekajätteen osuus on suuri, koska ao. luokka sisältää mm. muoveja, metalleja ym. edellisiin sisältymättömiä materiaaleja. Monilla paikkakunnilla (kuten Helsingissä) on asuntoalueesta riippuen järjestetty erikseen paperin, kartongin, kompostijätteen, metallin, lasin ja joidenkin ongelmajätteiden (kuten paristojen) keräyspisteitä, jolloin niiden kierrätys ja koko yhdyskunnan materiaalikierron ekotehokkuus paranevat. Lisäksi vähittäiskauppa ottaa vastaan lasipulloja, juomatölkkejä, loisteputkia, kodinkoneita jne., huoltoasemat auton akkuja, jäteöljyjä yms. Keräyspisteiden saavutettavuudesta ja kuluttajien omasta aktiivisuudesta riippuu kuinka suuri osa eri materiaaleista voidaan erotella jo syntypaikalla ja kuinka suuri osa päättyy sekajätteenä jatkokäsittelyyn (joko kierrätykseen, energiantuotannon raaka-aineeksi tai kaatopaikkajätteeksi). *Rakennusjätteitä* syntyy keskimäärin 15 kg asuntoneliötä kohti vuodessa, mutta vaihtelu on suurta riippuen paikkakunnan rakentamistoiminnan vilkkaudesta.

Kaikkien jätetyyppien määrään vaikuttaa ratkaisevasti se, kuinka hyvin jätteiden *lajittelu* ja *kierrätys* ovat paikkakunnalla järjestettyjä (ks. luku Jätteiden hallinta). Eroja on myös teollisuusaloittain sen mukaan kuinka paljon ao. tuotannonala kykenee hyödyntämään kierrätettäviä materiaaleja. Kaupan osalta jätteiden määrään vaikuttaa myös käytettävien pakkausmateriaalien määrä ja koostumus. Osa jätteistä voidaan hyödyntää myös energiantuotannon *polttoaineena* (joko suoraan polttamalla tai esimerkiksi biojätteen synnyttämien kaasujen polttamisen kautta).

Ekotehokas yhdyskunta pyrkii mahdollisimman suljettuihin kiertoihin eli kierrättää ja hyötykäyttää mahdollisimman suuren osan rakentami-

sen, asumisen ja liikenteen yhteydessä syntyvistä jätteistä. Lisäksi jätteiden kuljetus ja jatkokäsittelyn on oltava ekotehokasta eli aiheuttaa mahdollisimman vähän yhdyskunnan muuta toimintaa häiritsevää liikennettä, melua, hajua, muita päästöjä ym. haittoja. Yleispiirteisen suunnittelun ja muun kaavoituksen tehtävä on järjestää ekotehokkaan jätehuollon tarvitsemat alueet ja tilat (jätteiden keräys- ja jatkokäsittelypisteet, kuljetusjärjestelmät, kaatopaikat ja mahdolliset jätteenpolttolaitokset) sellaisista paikoista, että em. negatiivisten vaikutusten määrä on mahdollisimman vähäinen.

Energiankulutuksen hallinta (energiatehokkuus)

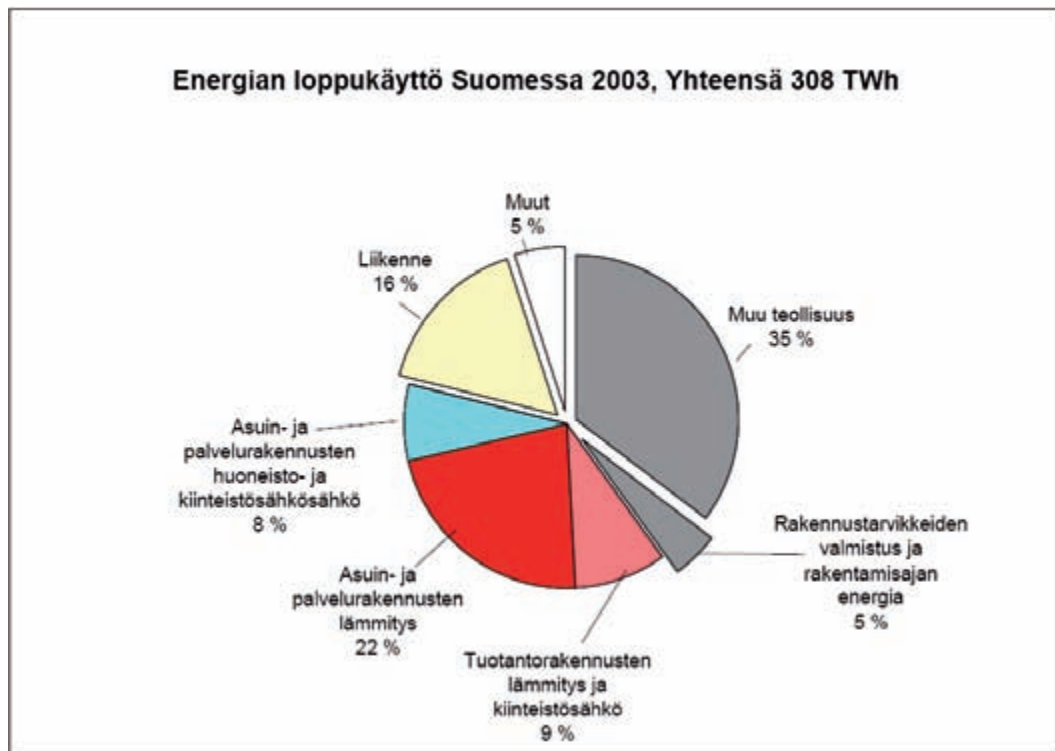
Suomen rakennuskannan koko oli vuonna 2000 noin 1830 milj. m³. Uudisrakentamisen määrä on vuosittain 1,5–2 prosenttia koko rakennuskannasta ja poistuma vaihtelee talotyypeittäin ollen keskimäärin 1 %. Asuin- ja palvelurakennusten osuus koko rakennuskannan tilavuudesta on noin 65 %. Asuin- ja palvelurakennusten osuus koko rakennuskannan energiankulutuksesta on kuitenkin 75 %.

Energiatilastojen mukaan rakennusten osuus energian loppukäytöstä Suomessa oli vuonna 2003 noin 40 % (kuva 14). Rakennusten lämmitys on suurin yksittäinen energian käyttökohde, joten lämmityksen energiankulutus muodostaa suurimman yksittäisen energian säästöpotentiaalin.

Energiankulutuksen hallinta perustuu kolmeen tekijään, taulukko 1:

- energiansäästöön,
- energian tehokkaaseen käyttöön ja
- energiankulutuksen tiedostamiseen (kulutustottumuksiin).

Kun nämä kolme tekijää hallitaan, on tarvittavan energian tuottamiseen erilaisia mahdollisuuksia. Mitä pienempi on yksittäisen talon tai taloryhmän energiantarve, sitä suurempi osa siitä voidaan kattaa uusiutuvilla energiamuodoilla.



Kuva 14. Energian loppukäyttö Suomessa 2003. (Heljo et al. 2005).

Suomen rakennuskannasta noin puolet on kytketty kaukolämpöön. Vanhan asuinrakennuskannan lämmöntarve jakautuu karkeasti seuraavasti:

- Tilojen lämmitys 50 %
- Käyttöveden lämmitys 30 %
- Käyttövesijärjestelmän kiertovesiputkien häviöt 20 %

Taulukko 1. Energiansäästöpotentiaali kulutuskohteittain verrattuna tavanomaiseen rakennukseen

Energiansäästöstrategia	Energiansäästöteknologia	Säästöpotentiaali
Suunnittelun integrointi	Kokonaisuuden hallinta	–
Tilojen lämmitystarpeen pienentäminen	Lämmöneristäminen	50–80 %
	Ulkovaipan ilmanpitävyys	
	Ilmanvaihdon lämmön talteenotto	
	Tehokas lämmönjako ja lämpötilan hallinta	
	<i>Passiivinen aurinkolämmitys</i>	<15 %
	<i>Aktiivinen aurinkolämmitys</i>	
Tilojen jäähdytystarpeen pienentäminen	Aurinkosuojaus (varjostus, aurinkosuojalasit)	40–60 %
	Sisäisten kuormien vähentäminen (laitesähkö)	
	Yläpohjan lisäeristäminen	
	<i>Yöjäähdytys ilmanvaihdon avulla</i>	<20
	<i>Tehokas viilennysratkaisu (maa- ja kaukokylmä)</i>	
Käyttöveden lämmitystarpeen pienentäminen	Vedenkulutuksen pienentäminen	50–60 %
	Aurinkolämmitys	
	<i>Lämmön talteenotto</i>	*)

Talotekniikan sähkönkäytön vähentäminen	Energiatehokkaat laitteet	20–30 %
	Järjestelmien yksinkertaistaminen	
	<i>Talotekniikan huolto ja kunnossapito</i>	<20 %
	<i>Ostoenergian vähentäminen (aurinkosähkö tms.)</i>	
Valaistuksen sähkönkulutuk- sen vähentämi- nen	Energiatehokkaat valaisimet	30–50 %
	Valaistuksen ohjaus	
	Luonnonvalon hyödyntäminen	

*) ei valmiita tuotteita

Ekotehokkuutta lisäävät energiajärjestelmään liittyvät toimet

Rakennusten energiatehokkuudella on merkittävä vaikutus alueen energiapalveluihin. Energiantuotanto- ja jakelujärjestelmän pitää tyydyttää alueella esiintyvät energiankäytön tarpeet. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta voidaan lämmitystarpeen osalta parantaa 30–50 %. Toteuttamistapoihin vaikuttavat esimerkiksi rakennusten ulkovaippaa muuttavat toimenpiteet, jolloin pitää ottaa huomioon myös kaupunkikuvaan liittyvät asiat eli rakennusten ulkonäön muuttuminen.

Yksinkertaisimmat keinot rakennusten lämmöntarpeen pienentämiseksi ovat (säästöpotentiaali yksittäisenä toimenpiteenä):

- Lämmityksen säätöjärjestelmien uusiminen (5–10 %)
- Patteriverkoston perussäätö (10–15 %)
- Yläpohjan lisäeristäminen (10–15 %)
- Ilmanvaihdon lämpöhäviön pienentäminen uusien ilmanvaihtoratkaisuin (säästöpotentiaali 20–30 %)
- Käyttöveden kiertojohtojen lämmöneristäminen (10–20 %)
- Ikkunoiden vaihtaminen (10–15 %)
- Ulkoseinien lisäeristäminen (15–25 %)

ETH Zürich (Zürichin teknillinen korkeakoulu) esitteli Zürichissä vuoden 1998 lopussa vision *2000-Watt-Gesellschaft* (engl. 2000-Watt-Society), jolla kuvataan energianhuollostaan kestävästi toteutettua ja kestävästi toimivaa yhteiskuntaa. Sen mukaan kehittyneen maailman energiankulutus asettuu kestäväälle tasolle, mikäli asukkaiden energiankäyttö on enintään 2 000 wattia henkeä kohti eli 17 520 kWh/vuosi kokonaisenergiankulutuksena. Tästä kulutuksesta fossiilisilla polttoaineilla tuotetun energian osuuden tulisi laskea tasolle enintään 500 W henkeä kohti 50–100 vuodessa. Vision mukaan tämä taso saavutettaisiin vuoteen 2050 mennessä alentamatta kehittyneen maailman ihmisten elintasoja.

Sähkön lisäksi kaikki muukin energian käyttö mukaan lukien 2 000 wattia henkeä kohti on tällä hetkellä maailman väestön energiankulutuksen (keskimääräisen tehontarpeen) keskiarvo. Läntisessä Euroopassa keskimääräinen tehontarve henkeä kohti on n. 6 000 wattia,

Suomessa noin 9 000 wattia¹³, USA:ssa n. 12 000 wattia ja kehittyvissä maissa kuten Intiassa alle 500 wattia. Sveitsissä, jossa konsepti kehitettiin, energian keskimääräinen kulutus (tehontarve) henkeä kohti on noin 5 000 wattia. Tavoitteellisella 2 000 watin tasolla energiankulutus oli Sveitsissä vuonna 1960.

Myös Suomessa 2 000 W yhteiskunnan mahdollisuuksien selvittämistä aloitellaan. VTT:n, TKK:n ja Oulun yliopiston tutkimusehdotuksessa on tavoitteena kehittää perusteet tälle konseptille kylmän ilmaston olosuhteissa. Tämä on haasteellinen tavoite paitsi ilmaston niin myös sen takia, että suomalainen yhdyskuntarakenne on selvästi hajanaisempi kuin muissa pohjoismaissa puhumattakaan muusta Euroopasta, jolloin liikennesuorituksen alentamiseen syntyy kovia paineita.

Energiatehokkuutta vastaava ekotehokkuuden tavoite on esimerkiksi BioRegional'in ja WWF:n yhdessä kehittämä One Planet Living – ohjelma (BioRegional 2007), joka tähtää sellaiseen energia- ja materiaalien kulutustasoon, mikä voidaan ylläpitää kestävällä tasolla koko maapallon näkökulmasta. Tällöin maapallon tuottamat ja ylläpitämät, ihmisellekin tärkeät luonnonvarat uusiutuvat samaan tahtiin kuin niitä hyödynnetään. Teollisuusmaiden nykyinen kulutus-, päästö- ja jätetaso edellyttäisi eurooppalaisilla elintavoilla kolmea maapalloa ollakseen kestävä. OnePlanet -tavoitteita ja kriteereitä tullaan soveltamaan mm. tulevissa Lontoon Olympialaisissa 2012.

Energian laadun hallinta (exergia)

Exergia käsitteenä tarkoittaa laatuenergiaa. Termi "laatuenergia" on vielä suhteellisen tuntematon, mutta tarkoittaa pääpiirteissään sitä, että sähkö ja luonnonvaroista johdettu energia on korkealaatuista energiaa, jota voidaan käyttää mihin tahansa. Siksi sitä ei kannata tuhjata lämmitykseen eikä viilennykseen. Mitä korkeampi energiamäärän exergia on (ts. mitä laadukkaampaa energia on), sitä monipuolisemmin energiaa voidaan käyttää erilaisiin käyttötarkoituksiin. Sähkö ja fossiiliset energiaraaka-aineet ovat korkealaatuista energiaa. Niitä muuntamalla voidaan tuottaa mekaanista energiaa pyörittämään koneita ja tuottamaan kulutushyödykkeitä. Sähköä ja fossiilisia energiaraaka-aineita muuntamalla voidaan tuottaa myös lämpöä ja viilennystä rakennuksiin, mutta niin ei pitäisi tehdä, sillä tähän tarkoitukseen sopii hyvin myös matalalaatuiset energialähteet (termiset energialähteet, kuva 15). Myös auringon energia on periaatteessa lähes täysin exergiaa, mutta sen ehtymättömyydestä ja ilmaisuudesta johtuen se voidaan luokitella matalaexergiseksi energialähteeksi.

13 Primäärienergian kokonaiskulutus oli Tilastokeskuksen tietojen mukaan 1 492 petajoulea eli yli 9 000 W asukasta kohti vuonna 2006.

Pelkästään sähkön käyttö oli jo 90 TWh eli 2 000 W asukasta kohti. (Tilastokeskus, energiatilastot

http://www.stat.fi/til/ekul/2006/ekul_2006_2007-12-12_tie_001.html)



Kuva 15. Exergia on laatuenergiaa (IEA/ECBCS/Annex 38)

Rakennuksen matalaexergiajärjestelmä (lämmitys tai viilennys) on järjestelmä, missä lämpöä välittävän aineen (neste, vesi tms) lämpötilataso on nykyistä huomattavan paljon lähempänä sisäilman lämpötilatasoa. Lämmityksessä se tarkoittaa matalalämpötilaista lämmitysjärjestelmää, joka toimii kylmälläkin säällä enintään +40 °C:n välittävän aineen lämpötilatasolla. Viilennyksessä se tarkoittaa korkealämpötilaista viilennysjärjestelmää, joka toimii lämpimälläkin säällä vähintään +15 °C:n välittävän aineen lämpötilatasolla.

Käytettäessä lämpötila-alueella +15 °C ... +40 °C toimivia järjestelmiä lämmön ja kylmän jakoon, edellytykset uusiutuvien energialähteiden, jäte-energioiden, maaperään varastoituneen lämmön ja kylmän tehokkaaseen hyödyntämiseen paranevat oleellisesti. Nykyisin käytettävät lämpötilatasot ovat lämmitystarkoitukseen yleisesti +70 °C ja viilennystarkoitukseen +7 °C. Lämpimän käyttöveden lämpötilatason on oltava legionellabakteerin takia vähintään +50 °C ... +55 °C. Tästä johtuen mm. kaukolämpöveden lämpötilataso on aina vähintään +65 °C.

Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa suuntaus kohti matalalämpötilaisia lämmitysjärjestelmiä ja korkealämpötilaisia viilennysjärjestelmiä vahvistuu. Viilennyspaineita tulee myös asuinrakennuspuolelle kahdesta syystä. Yhtäältä ihmisten vaatimustaso lämpöolosuhteiden hallinnalle lisääntyy ja toisaalta kesäaikainen lämpötilan hallinta tulee muutoinkin tekniseksi haasteeksi. Lämpimän käyttöveden osalta suuntaus varaaviin ratkaisuihin vahvistuu - yhtäältä teho- ja huippujen hallitsemiseksi ja toisaalta aurinkoenergian hyödyntämiseksi lämpimän käyttöveden tuottamiseen keväät/kesäaikana.

Päästöjen hallinta

Asuinympäristön päästöt syntyvät rakennetun ympäristön tuotannon, käytön (lämmityksen, viilennyksen, lämpimän käyttöveden tuottamisen ja muun sähkön käytön) ja liikenteen yhteydessä pääosin polttoaineiden käytöstä erilaisissa energiantuotannon teknisissä laitteissa. Nämä päästöt siirtyvät lähes kokonaan *ilmakehään*, josta ne kulkeutuvat myös *vesistöihin*, *maaperään* ja sitä kautta *kasvi- ja eläinkun-*

taan. Päästöjen ekotehokkuusvaikutukset syntyvät siten pitkien materiaalien kulkeutumisketjujen kautta ja monessa vaiheessa. Esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden poltossa syntyvä rikkidioksidi SO_2 yhtyy ilmakehässä vesihöyryyn, muodostaa rikkihappoa ja sataa alas maahan ja veteen. Sade happamoittaa maaperää ja hidastaa metsän kasvua, jolla puolestaan on elokehän hiilitasapainoon negatiivinen vaikutus (hiilidioksidin sitoutuminen kasvillisuuteen hidastuu). Hapan laskeuma aiheuttaa myös metallien ja muiden rakennetun ympäristön materiaalien korroosiota ja aiheuttaa ennenaikaisia korjaustoimia ja sitä kautta kuluttaa aiempaa enemmän arvokkaita ja rajallisia luonnonvaroja. Poltossa syntyvä noki puolestaan likaa rakennuksia ym. ympäristöä ja lisää puhtaana- ja kunnossapidon määrää ja sitä kautta materiaali- ja energiankulutusta.

Samankaltaisia kuin energiantuotannon päästöt, mutta ekotehokkuuden kannalta eivät niin merkittäviä, ovat esimerkiksi katupöly tai autojen renkaista ja nastoista syntyvät ilmaan sekoittuvat pienhiukkaset tai hajuhaitat. Niiden ensisijainen merkitys on lähinnä ilmanlaatuun liittyviä *terveydellisiä tai esteettisiä haittoja*, mutta aiheuttavat tietysti puhtaanapidon tai muun hoidon edellyttämien voimavarojen lisäkulutusta.

Maaperään erityisesti menneinä vuosikymmeninä tuotantolaitoksista siirtyneet haitalliset päästöt pyritään nykyisin puhdistamaan tai eristämään ennen ao. alueiden jatkokäyttöä esimerkiksi asuinkäyttöön. Sama koskee alueita, joita on käytetty aiemmin kaatopaikkoina. Yleispiirteisen suunnittelun tehtävänä on lähinnä kartoittaa ja olla tietoinen kaikkien kunnan alueella olevien maa-alueiden historiasta ja nykytilasta varsinkin koskien siihen päästetyistä haitallisista aineista. Asuntojen ja toimitilojen tuottamissa jätevesissä on paljon terveydelle haitallisia aineita, mutta ne puhdistetaan ennen vesistöihin tai uudelleen kiertoon joutumistaan.

Suurimmat yksittäiset ilmaan joutuvia päästöjä tuottavat laitteet ovat *kaukolämmön ja -viilennyksen sekä sähköntuotannon* voimalaitokset, joissa käytetään polttoaineina pääosin kivihiiltä, maakaasua ja turvetta sekä jonkin verran myös raskasta polttoöljyä, puu- ym. biopohjaisia polttoaineita (kuten sellun jäteliöntä) sekä ydinvoimaloissa uraania. Helsingin näkökulmasta tärkeimmät energiantuotantolaitokset sijaitsevat Helsingin omalla alueella. Paikallisten energiantuotantolaitosten lisäksi on kuitenkin otettava huomioon periaatteessa kaikki samaan sähköverkkoon kytketyt voimalaitokset, joita on paitsi kotimaassa niin myös ulkomailla. Suomi ostaa (ja myy) sähköenergiaa tilanteesta riippuen muista pohjoismaista¹⁴ ja Venäjältä.

Energiantuotannon päästöt ovat painoyksiköissä mitaten enimmäkseen (noin 99 %) hiilidioksidia CO_2 , joka on merkittävin kasvihuonekaasu vesihöyryn ohella¹⁵. Muut merkittävimmät polttoaineiden käy-

¹⁴ Pohjoismaiden verkko on kytketty (tasavirtayhteyksin) lisäksi Keski-Euroopan sähköverkkoon.

¹⁵ Vesihöyry ja hiilidioksidi ovat luonnollisia ilmakehän kaasuja ihmisen toiminnasta riippumatta ja ne ylläpitävät maanpinnalla ihmiselle ja muille eliöille suotuista lämpötilaa. Ilman kasvihuonekaasuja maapallon pintalämpötila olisi vain $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teollistumisen aikakausi (1700-

töstä johtuvat päästöt ovat typenoksideja NO_x , rikkidioksidi SO_2 , häkä CO , hiilivedyt CH_4 ja hiukkaset. Polttoaineista hiilidioksidia tuottaa suhteellisesti eniten hiili (erityisesti ruskohiili), jonka poltto aiheuttaa noin kaksinkertaisen kasvihuonekaasupäästön tuotettua kilowattituntia kohti verrattuna maakaasuun ja 20 % enemmän verrattuna ras- kaaseen polttoöljyyn (Teknologiapolut 2050).

Helsingin kaupungin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat pysyneet viime vuosina suurin piirtein samalla tasolla, runsaat 6 CO_2 ekv-tonnia asukasta kohti, kun pääkaupunkiseudun ilmastostrategian tavoitteena on taso 4,3 CO_2 ekv-tonnia asukasta kohti (kuvat 10 ja 11) (Helsingin kaupungin ympäristöraportti 2007, 2008). Vuoteen 1990 verrattuna ovat asukaskohtaiset päästöt kuitenkin vähentyneet 17 %. Pääosa päästöistä syntyy kaupunkirakenteen fyysisistä ominaisuuksista (kuten lämmitettävien tilojen määrästä ja ominaisuuksista) ja ihmisten (asukkaiden, työntekijöiden ja liikkujien) käyttäytymisestä siinä. Rakennuskannan lämmityksestä aiheutuu 50 %, sähkön käytöstä 27 % ja liikenteestä 21 % päästöistä. Suurin syy muutoksiin on peräisin kaukolämmön tuotannon vaihtelusta, joka puolestaan riippuu eniten talven kylmyydestä ja pohjoismaiden vesitilanteesta sekä siihen kytkeytyvästä sähkön hinnasta. Pysyvämpää parannusta ovat tuoneet kaukolämmön tuotannon tehostuminen (maakaasun osuuden kasvu kivihiilen kustannuksella) ja kaatopaikkajätteestä syntyvän metaanin aiempaa parempi hyödyntäminen. Liikenteen päästöjen kasvu on vuoteen 2003 asti jatkunut, mutta sen jälkeen pysynyt lähes vakiona. Asetettuihin sekä energia- että ilmastopoliittisiin päästötavoitteisiin nähden nykyinen kehitysvauhti on kaikilla kulutussektoreilla liian hidas.

Ilmastomuutoksen hillinnän ja torjunnan näkökulmasta erityisesti *kasvihuonekaasujen* päästöt tulisi saada vähenemään nykyiseltä tasoltaan. Kaupunkiympäristössä merkittäviä elämisen laatuun liittyviä ilmansaasteita ovat lisäksi katupöly ym. terveyshaittoja aiheuttavat pienhiukkaset. Molemmat em. ryhmistä johtuvat nimenomaan rakennetun ympäristön ominaisuuksista eli niistä tavoista, joilla Suomen ilmastossa asuminen ja työnteke ovat tilallisesti järjestettyjä. Suomalaiset asuvat valtaosin lämmitettävissä ja osin viillennettävissä sisätiloissa sekä ovat monipuolisten, useimmiten motorisoitujen liikennevälineiden avulla toistensa saavutettavissa.

luvulta alkaen) ja siihen liittyvä hiilenpoltto ovat johtaneet kehitykseen, jossa ilmakehän CO_2 -pitoisuus on kasvanut 36 % runsaassa 200 vuodessa. Vesihöyryn ja hiilidioksidin ohella muita kasvihuonekaasuja ovat metaani CH_4 ja dityppioksidi eli typpioksiduuli eli ilokaasu (dityppi-monoksidi) N_2O . Kasvihuonekaasujen kokonaismäärää eli hiilidioksidiekvivalenttia (CO_2 ekv; CO_2 -eq) arvioitaessa metaani CH_4 kerrotaan yleensä luvulla 21 ja dityppioksidi N_2O luvulla 310 ennen yhteenlaskua hiilidioksidin kanssa, koska näiden kaasujen vaikutus ilmakehän lämpenemiseen on arvioitu näiden lukujen osoittamaa kerrointa suuremmaksi kuin hiilidioksidin. Kertoimissa on otettu huomioon keskimäärin 100 vuoden pituinen aikajakso, jolloin vaikutukset ilmenevät. Jos aikaväliksi otettaisiin 20 vuotta, kertoimet olisivat metaanilla 72 ja typpioksiduulilla 289. Metaani kestää ilmakehässä keskimäärin 12 vuotta, dityppioksidi 114 vuotta ja hiilidioksidi satoja vuosia. Hiilidioksidista puolet häipyä 30 vuodessa, 70 % muutamassa vuosisadassa ja 20 % säilyy vuosituhansia. Kioton pöytäkirjassa on em. kaasujen lisäksi käsitelty seuraavia kasvihuonekaasuja: rikkiheksafluoridi SF_6 , fluorihiiilivety HFC ja perfluorihiiilivety PFC (IPCC 2007, National Geographic 2008, Kioton pöytäkirja 2004).

Jätteiden hallinta

Kotitaloudet tuottavat karkeasti 300 kg jätteitä asukasta kohti vuodessa. Tästä suurin osa on ns. sekajätettä (noin 60 %), seuraavaksi eniten paperia (n. 26 %) ja kompostijätettä (n. 11 %). Lasista suurin osa päätyy kierrätyksen kautta uudelleen käytettäväksi, keräyskartongista, muoveista ja metalleista myös osa. Osa päätyy myös energiatuotannon polttoaineeksi. Näiden lisäksi syntyy rakennusjätteitä ja teollisuusjätteitä, joissa on suuri alueellinen vaihtelu, ja joiden määrä riippuu olennaisesti rakentamisen ja eri teollisuusalojen toiminnan vilkkaudesta seudulla. Ekotehokkuuteen vaikuttaa se,

- kuinka suuri osa materiaaleista saadaan uudelleenkiertoon,
- miten jätteiden lajittelu, keräys ja kuljetus on järjestetty ja
- käytetäänkö osa jätteistä energiantuotantoon ja minkä osan muusta energiantuotannon polttoaineista se silloin korvaa.

Jätteiden määrään vaikuttaa se, kuinka hyvin jätteitä kyetään hyödyntämään syntypaikoilla (asunnoissa, asuinalueilla, toimitiloissa, palvelukeskitymissä jne.) tai siirtämään tuotannon raaka-aineeksi lähialueella (ks. myös luku Asuinympäristön aineenvaihdunta) ja kuinka suuri osa siirtyy jätehuollon hoidettavaksi. Jätteiden keruu voidaan tehdä joko niin, että ne kootaan jäteautoilla asuntojen lähellä olevista jäteastioista tai imetään erityisen jäteputkijärjestelmän avulla (kuvat 16–20). Edellisessä tarvitaan jäteastioita ja muita rakennelmia sekä jäteautoja, jotka liikkuvat katuverkossa, myös asuntokaduilla ja pihoilla. Tästä syntyy kuljetusten tuottamia negatiivisia ekotehokkuusvaikutuksia (polttoaineiden kulutusta, päästöjä ja muita liikennehaittoja kuten melua, hajuja, päästöjä ja onnettomuuksia)¹⁶.

Kuljetusputkistot edellyttävät investointeja putkiverkkojärjestelmään eli (useimmiten maanalaista) tilaa ja rakennelmia järjestelmän edellyttämille putkille kiinteistöistä jätteiden keräyspisteeseen asti, jonka jälkeen jatkokäsittely voi olla sama kuin jäteautojen keräämien jätteiden käsittely välikuormausasemilla.

¹⁶ Jätteiden imuputkijärjestelmiä suunnitellaan tällä hetkellä Helsingissä Jätkäsaaren alueelle ja Espoossa Suurpellon alueelle. Aiemmin tehdyistä suunnitelmista osa (mm. Helsingin Länsi-Pasilaan suunniteltu) peruttiin liian suurten kustannusten takia (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto/Matti Visanti).



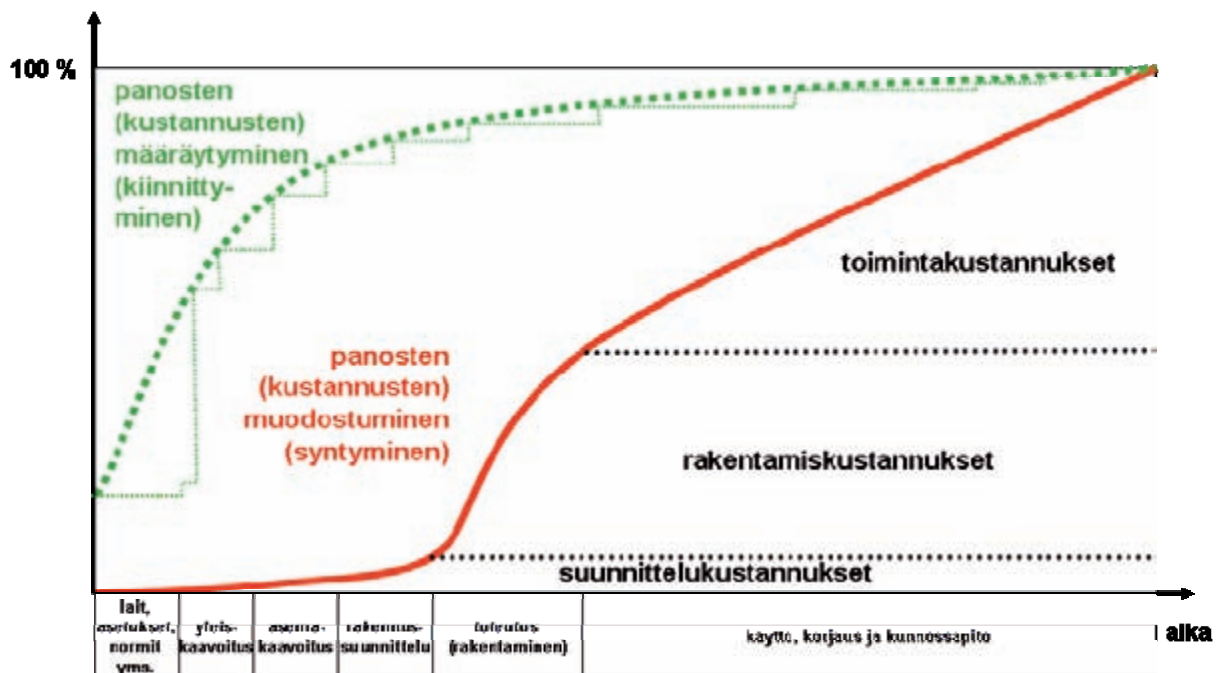
Kuvat 16–20. Esimerkkejä imutyhjennykseen perustuvista jätehuoltoputkijärjestelmistä, vasemmalla ja keskellä León, Espanja (Lahti et al. 2006, s. 212–214), oikealla Hammarby, Tukholma, Ruotsi (kuvat P. Lahti 2004).

Jätteidenkeruuputkisto saattaa olla kallis perustaa, mutta voi joidenkin vuosien kuluttua olla nettovaikutuksiltaan ekotehokkaampi kuin perinteinen jäteautojärjestelmä. Positiivisena lisävaikutuksena tulevat todennäköiset liikennesuorituksen vähentyminen ja vastaava ympäristön laadun paraneminen sekä tilakustannusten aleneminen. Negatiivisia vaikutuksia voi tulla putkiston toiminnan häiriytyessä tai hygieniäongelmien kautta. Vertailu järjestelmien välillä on kuitenkin tehtävä niin, että molempien edellyttämät materiaali- ja energiakulut sekä liikenteen ja muut (välillisetkin) vaikutukset tulevat kokonaisuutena ja koko elinkaarensa aikana arvioituksi. Vaikutusten suuruuteen vaikuttavat molemmissa tapauksissa aluetehokkuus. Tehokkaammin rakennetuilla alueilla tilakustannusten säästön osuus kasvaa, jolloin vähemmän tilaa vievä järjestelmä muuttuu muita edullisemmaksi. Jäteputkistojen vaikutuksista jätteiden synnyn määrään ei ole tietoa.

Yleissuunnittelun keinot

Seuraavassa tarkastellaan niitä yleissuunnittelun keinoja, joilla on merkittävin vaikutus kaupunkirakenteen ekotehokkuuteen. Yleinen piirre kaikissa suunnitteluvalinnoissa on se, että mitä aikaisemmassa vaiheessa valintoja ja päätöksiä tehdään, sitä suuremmat ovat vaikuttamismahdollisuudet (ks. myös luku Ekotehokkuutta lisäävien toimien vaikuttavuus). Tämä nyrkkisääntö kuitenkin edellyttää, että päätöksistä pidetään kohtuullisesti kiinni eikä suunnitelmien oleellisista ominaisuuksista "luovuta". Jos esimerkiksi seutu- tai yleiskaavoituksessa valittu maankäyttötapa muutetaan detaljikaavoituksessa toiseksi, kyseessä on asiallisesti ylemmän asteisen kaavan korjaus ja sen vaikuttavuuden muutos. Jos yleissuunnittelussa tehty sijaintivalinnat (esimerkiksi kaupan suuryksiköille varatut alueet) pitävät myös alemman asteisessa kaavoituksessa ja toteutuksessa, kysymys on yleissuunnittelun keinojen vaikuttavuudesta.

Suunnittelun edetessä vaikuttamismahdollisuudet yleensä vähenevät. Yleispiirteisen alueidenkäytön suunnittelun aikana useimmiten päätetään karkeasti uusien rakennettavien alueiden ja myös ns. muutosalueiden sijainnista, käyttötarkoituksesta ja tehokkuudesta. Vaikka myöhemmissä suunnitteluvaiheissa voidaan perustelluista syistä poiketa yleispiirteisen suunnittelun määrityksistä, sitovat tehdyt valinnat yksityiskohtaisempaa suunnittelua merkittäväällä tavalla. Vapausasteet vähenevät ja mahdollisuudet vaikuttaa kohteen lopullisiin kokonaisvaikutuksiin pienenevät. Perinteinen kaavataloudellinen nyrkkisääntö on, että todennäköisesti jopa yli puolet tulevista panoksista (kustannuksista) on jo sidottu kun yleispiirteinen suunnittelu päättyy (kuva 21). Sama pätee muihin vaikutuksiin kuten materiaalienekkeihin, energiankulutukseen ja päästöihin. Tärkeimpiä päätöksiä ovat *sijaintivalinnat*, koska silloin määritellään miten uusi rakentaminen voi hyödyntää olevaa infrastruktuuria (teknisiä ja toiminnallisia palveluja), millaiselle maaperälle rakennetaan ja millaisiksi muodostuvat etäisyydet muista toiminnoista.

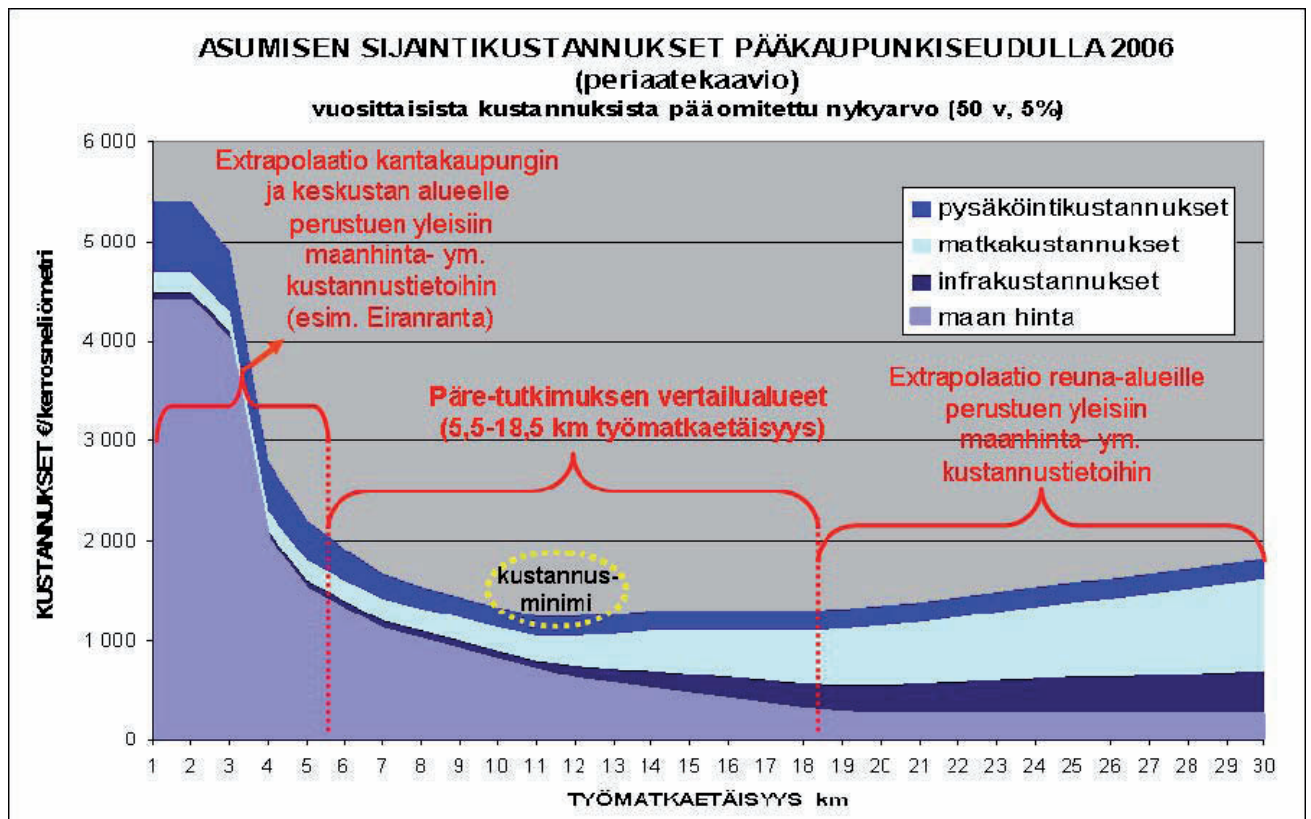


Kuva 21. Yhdyskuntakustannusten syntyminen ja määräytyminen suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheissa (muokattu lähteestä Lahti 1974, s. 66). Ekotehokkuuteen vaikuttaminen noudattaa samoja periaatteita. Luonnonvarojen ja energiankulutukseen sekä päästöihin ja jätteisiin vaikutetaan voimakkaimmin suunnittelun alkuvaiheissa. Valmiiksi rakennetussa kaupunkirakenteessa vaikutusmahdollisuudet ovat jo hyvin pienet ellei valita peruskorjauksen ja muita järjestelmien tehokkuusasteen nostamistoimenpiteitä.

Rakennettavan alueen sijainti kaupunkirakenteessa

Sijaintivalintojen aiheuttamista ekotehokkuusvaikutuksista suurin on todennäköisesti etäisyyserojen aiheuttamat infrastruktuuriverkostojen pituuserojen ja liikenteen matkapituuserojen aiheuttamat vaikutuserot

(niin materiaali- ja energiankulutuksessa kuin päästöissäkin). Vaikutuseroja voidaan verrata vastaaviin sijaintikustannuksissa syntyviin eroihin (kuva 22).



Kuva 22. Periaatekuva asuinalueiden sijaintivalintojen aiheuttamista yhdyskuntakustannuseroista keskimääräisen työmatkaetäisyyden funktiona pääkaupunkiseudulla. Keskimääräinen työmatkaetäisyys vastaa karkeasti keskustaetäisyyksiä sillä erolla, että käytännössä alle 4 kilometrin keskimääräisiä työmatkaetäisyyksiä ei juurikaan esiinny, koska keskustasta käydään töissä myös keskustan ulkopuolella. Ulkokehällä työmatkaetäisyys ei myöskään enää seuraa keskustaetäisyyden kasvua, vaan riippuu yhä enemmän paikallisista työpaikka- ja palvelutarjonnoista. Kaavio perustuu vertailututkimukseen 16 uuden alueen kokonaiskustannuksista (ns. Päre-tutkimus, Lahti & Koski 1993) täydennettynä keskustan alueelle lasketuista vastaavista kustannuksista ja muunnettuna vuoden 2006 hintatasoon.

Keskustan alueella olevat korkeat maanhinnat ja pysäköinnin kustannukset laskevat siirryttäessä reunoille päin ja riittävän etäälle siirryttäessä alkavat puolestaan infrastruktuurin kustannukset nousta pitkien etäisyyksien ja alhaisemman aluetehokkuuden takia. Näistä syistä syntyy noin 10–13 km etäisyysvyöhykkeelle kustannusminimi, jossa sijaintikustannukset ovat alhaisimmillaan ja joka näillä kustannuskriteereillä olisi edullisin uuden asuinalueen sijaintivyöhyke. On todennäköistä, että samantyyppiseen lopputulokseen päästäisiin, jos vertailukriteereinä olisivat asuinalueen rakentamisen ja käytön sekä liikenteen ekotehokkuusindikaattorit, jolloin kustannusminimiä vastaisi energia- tai hiilidioksidiminimi¹⁷. Kaupunkirakenteen laajetessa em. kustannusminimin vyöhyke siirtyy vähitellen yhä kauemmaksi keskus-

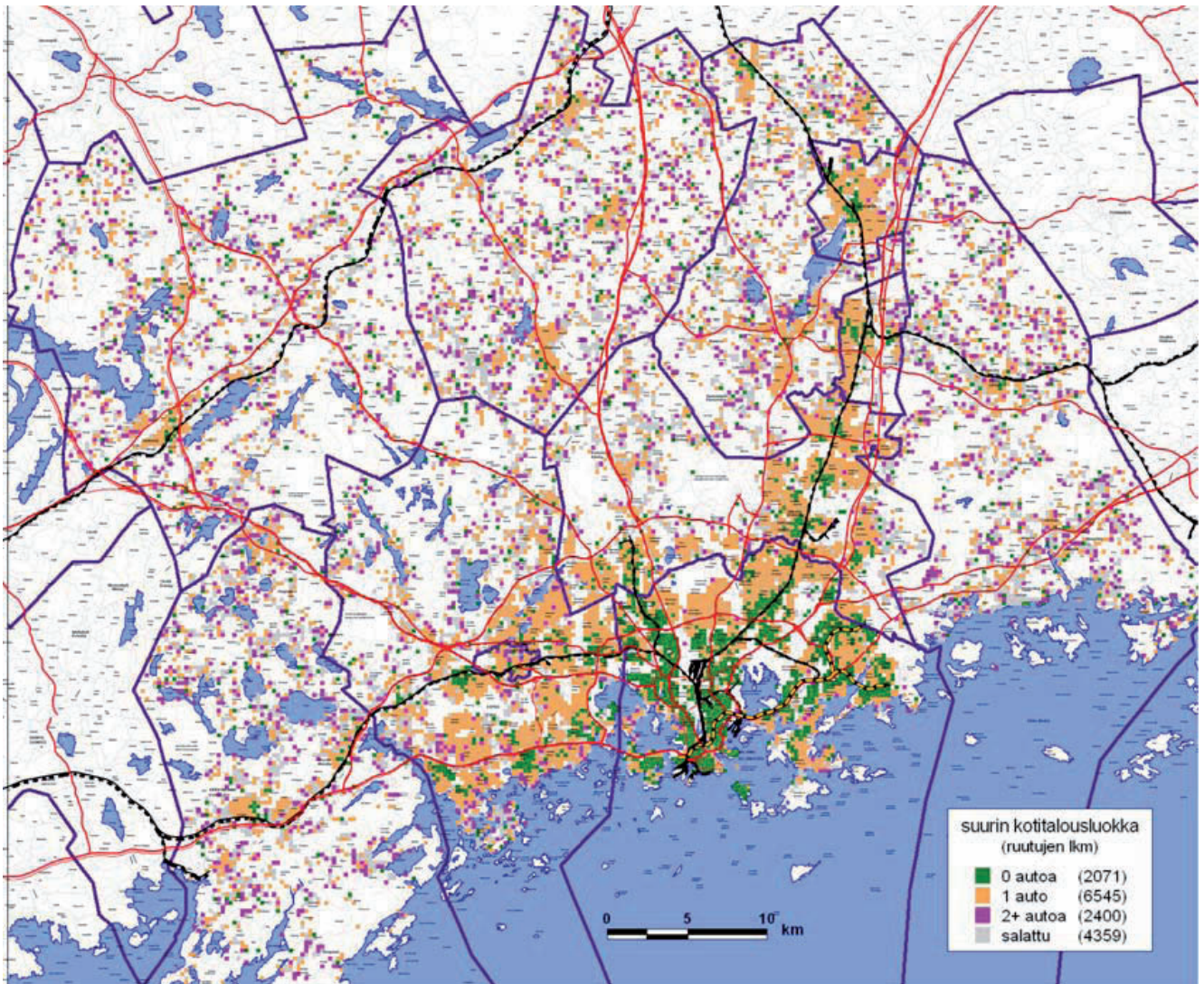
17 Tällaista tutkimusta ei kuitenkaan ole tehty, joten arvio on tässä vaiheessa spekulatiivinen. Olisi mielenkiintoista laatia tutkimustuloksiin perustuva hiilidioksidipäästöjä kuvaava vyöhykekartta, josta selviäisi kaupunkirakenteen CO₂-ekv-päästöjen huiput ja laaksot.

tasta. Sama tapahtuisi energian hinnan kallistuessa energiakuluille tai matkapituuksien kasvaessa liikenteen CO₂-päästöille.

Maan hinta yhtenä sijaintikustannusten osatekijänä on muista poikkeava. Sillä ei ole välttämättä juuri lainkaan välittömiä ekotehokkuusvaikutuksia. Välillisiä vaikutuksia kuitenkin on. Kallis maan hinta todennäköisesti lisää tarvetta harkita tarkasti muiden resurssien (kuten rakennusmateriaalien ja energiankäytön) käyttöä, jolloin ekotehokkuus sitä kautta voi lisääntyä. Maan osuus kiinteistön kauppahinnassa on nimenomaan sijainnista syntyvää arvoa. Niitä ei syntyisi, jos täsmälleen samanlainen tontti ja samanlaiset rakennukset sijaitsisivat jossain muualla. Arvoon vaikuttavat alueen liikenneyhteydet, lähiympäristön muut rakenteet ja toiminnot, ympäristön esteettiset ominaisuudet ym. viihtyisyyteen tai vaikkapa edustavuuteen liittyvät seikat.

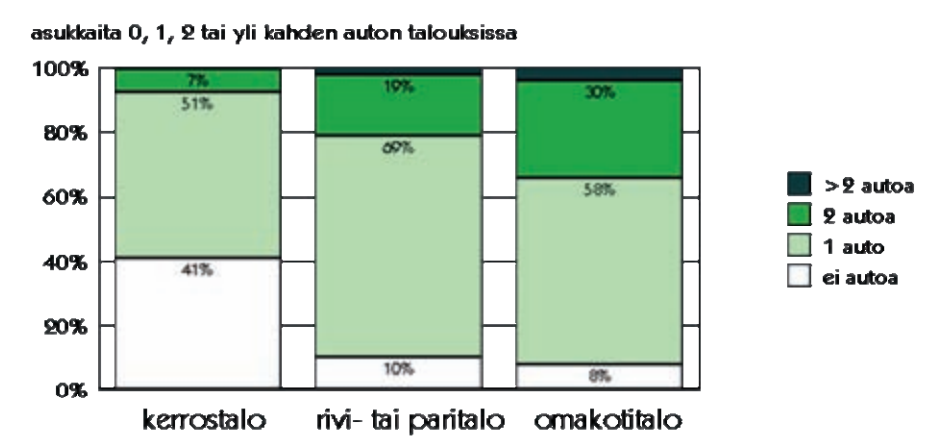
Liikenneyhteyksiä pidetään tärkeinä erityisesti sellaisilla toimialoilla, joilla on tiheät yhteysverkot ja jotka edellyttävät joko tapaamisia tai tavarakuljetuksia. Maan hinta edustaa ostajalle arvoja, joiden kautta syntyy mahdollisuus toimia ao. alueella esimerkiksi asukkaana viihtyisässä asuinympäristössä tai yritystoimintaan osallistuvana kannattavassa liiketoiminnassa. Keskusta-alueilla, jossa rakentamistehokkuudet ovat korkeampia ja maan hinta kalliimpaa kuin muualla, liikenneyhteydet ovat myös parhaimmat ja liikennejärjestelmät tehokkaimmat. Nämä ovat myös välillisiä syitä siihen, että korkea maan hinta todennäköisesti korreloi voimakkaasti rakennetun ympäristön ekotehokkuuden kanssa.

Sijaintivalinnat vaikuttavat väistämättä siihen millaiset liikkumismahdollisuudet alueen asukkailla tai muilla toimijoilla ovat. Joukkoliikennejärjestelmät ovat palvelutasoltaan parhaimpia keskustan alueella ja sen jälkeen tietyillä joukkoliikennekäytävien alueilla, erityisesti metro- ja kaupunkiratojen varsilla. Alueilla joilla joukkoliikennetarjonta ei asukas- tai työpaikkatiheyden alhaisuuden takia ole kovin suurta, asukkaiden henkilöautonomistustiheys kasvaa (kuva 23). Asuntokunnilla on yhä useammin kaksi tai kolme autoa käytössään (kuvat 23 ja 24). Sijainnilla, asukastiheydellä, liikennejärjestelmillä, kulkutavoilla ja liikenteen energia- ja hiilidioksidipäästöillä on selvä syy-seurausuhde.



Kuva 23. Henkilöauton omistustiheys pääkaupunkiseudulla ja sen reunakunnissa vuonna 2005 sen mukaan mikä on suurin omistustiheyden luokka ao. 250 m * 250 m ruudussa (lähteenä Helsingin Sanomien teettämän selvityksen aineisto, ks. HS 15.10.2006). Autottomat kotitaloudet sijoittuvat erityisesti ratavyöhykkeille (päärata, rantarata, Martinlaakson rata, metro), useamman auton omistavat puolestaan kaupunkirakenteen reunoille, kauas työpaikoista. Aineisto ja teemakartta: Ajoneuvohallintakeskus AKE, Ajoneuvoliikennerekisteri/Tietoenator 121 Oy/Experian Oy. GIS-lisäykset ja jatkokäsittely (tiet, radat, metro, paikannimet): VTT Minna Halonen.

Autonomistustiheys ja sitä kautta liikenteen ekotehokkuus (energian ja päästöjen määrä asukasta kohti) riippuvat sijainnin ja sitä kautta joukkoliikennepalvelujen tarjonnan määrästä lisäksi asukkaiden tulo- ja varallisuustasosta ja siihen liittyen myös asumismuodosta. Omakotitaloissa asuvilla on keskimäärin enemmän autoja käytössään kuin kerros- tai rivitaloissa asuvilla (kuva 24).



Kuva 24. Tampereen kaupunkiseudun autonomistustiheys asumismuodoittain (Talli-tutkimus, H. Kalenoja TTKK 2002)

Sijainnilla on merkitystä myös ilmastonmuutoksen, siihen varautumisen ja sen torjunnan näkökulmasta.

Ilmastotietoinen yhdyskuntasuunnittelu on toisaalta varautumista ilmastonmuutokseen, sen vähentämistä tai torjumista (kuvat 25–26), mutta toisaalta myös ilmasto-olosuhteiden hyödyntämistä rakennusten sijoittelussa suhteessa maastonmuotoihin, puustoon, auringonvaloon ja vallitseviin tuulensuuntiin (kuvat 27–28). Kysymys on jälleen rakentamispaiikkojen valinnasta eli sijainnista.



Kuva 25 ja 26. Muutokset rantaviivassa ja meren alle jäävien maa-alueiden määrässä riippuvat merenpinnan noususta. Vasemmalla Helsingin kantakaupungin alueella meren alle jäävät alueet, mikäli vesi nousee 0...250 cm (Helsingin kaupunkimittausosasto 2007) ja oikealla Kokkolan kaupungin yleiskaavoituksessa tehty varautumisarvio vuoteen 2100 mennessä mahdollisesti tapahtuvasta merenpinnan noususta eri tilanteissa (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2007)



Kuvat 27 ja 28. Havainnollistuksia ilmastotietoisesta suunnittelusta ja siihen liittyvistä hyvistä käytännöistä (Kuismanen 2005, Dunster 2007).

Yleispiirteisessä suunnittelussa ilmastotietoisesta suunnittelun periaatteiden noudattaminen tarkoittaa esimerkiksi sitä, että matalaa ja tiivistä asumista sisältävät asuinkorttelit ja talot suunnataan passiivista auringoenergiaa hyödyntäen ja kylmiä tuulia torjuen. Kasvillisuuden ja erityisesti puuston hyödyntäminen onnistuu parhaiten silloin kun rakennukset ovat matalampia kuin lähiympäristön puuston latvusto (ks. liite 2). Lehtipuiden istuttaminen talojen eteläpuolelle on suotavaa silloin kun halutaan estää liiallinen auringonvalo kesällä mutta päästää auringonsäteet talon ulkovaippaan ja jopa sisätiloihin asti talvella.

Meren keskikorkeuden mahdollinen nousu ja tulviminen vaikuttavat ranta-alueiden suunnitteluun, suojavyöhykkeiden ja -rakenteiden edellyttämien tilojen järjestelyyn, mahdollisissa hätätilanteissa tarvittavien kalusto- ym. järjestelmien pystyttämiseen jne. Ekotehokkuuteen ylimääräiset järjestelyt vaikuttavat epäedullisesti kuluttamalla aiempaa enemmän materiaaleja ja energiaa. Voimakkaat sateet ja tuulet (myrskyt) voivat aiheuttaa myös rakenteiden tärvelymistä, tuhoutumista ja ennenaikaista korjaamistarvetta. Voimakkaat tuulet voivat aiheuttaa myös ylimääräisiä ilmavirtoja ja vuotoja rakennusten ulkovaipassa, jolloin energiankulutus kasvaa ja ekotehokkuus huononee (liite 2). Mitä tiiviimmäksi rakennusten ulkovaippa (ml. ikkunat ja ovet) suunnitellaan ja rakennetaan yhdistettynä hallittuihin ilmanvaihtojärjestelmiin, sitä pienempi merkitys tuulilla on rakennusten ilmavuotoihin ja energiankulutukseen.

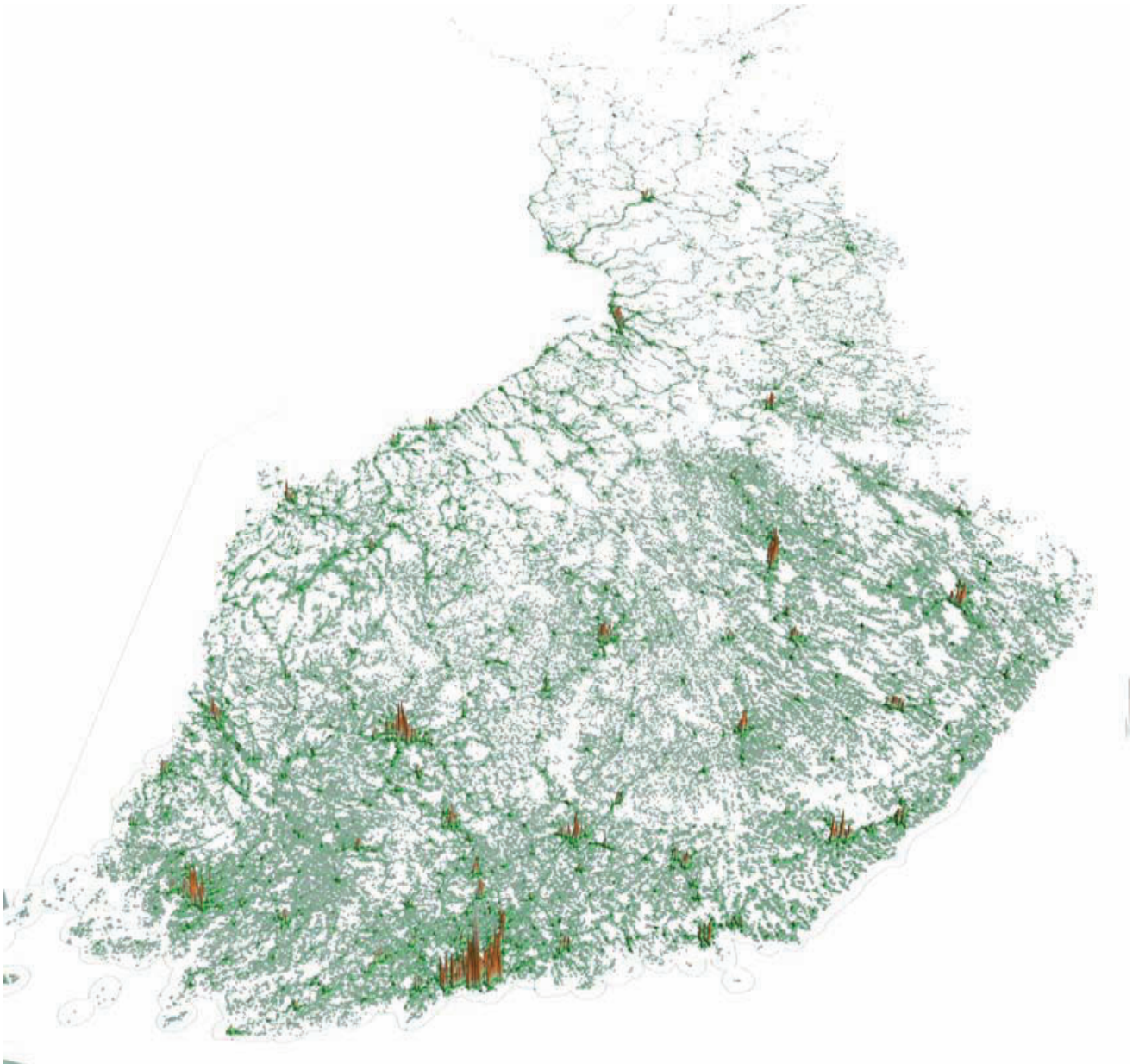
On todennäköistä, että tulevat uudisrakennukset toteutetaan aikaisempaa paljon tiukemmilla energiansäästötavoitteilla, jolloin *tuulisuuden torjumisella on suurempi merkitys ulkotilojen viihtyisyyden kuin rakennuskannan energiatehokkuuden kannalta*. Todennäköistä on myös, että vain energiataloudellisesti edullisten maastokohtien rakentaminen johtaisi alhaiseen aluetehokkuuteen ja sitä kautta lisääntyvään energiankulutukseen. Tästä syystä *rakentamistehokkuudella, verkostopituuksilla ja liikennesuoritteella on energia- ja ekotehokkuusvaikutuksia enemmän kuin rakennusten sijoittelulla maastoon ja tonteille tuulisuusolosuhteiden mukaan*.

Aluetehokkuus

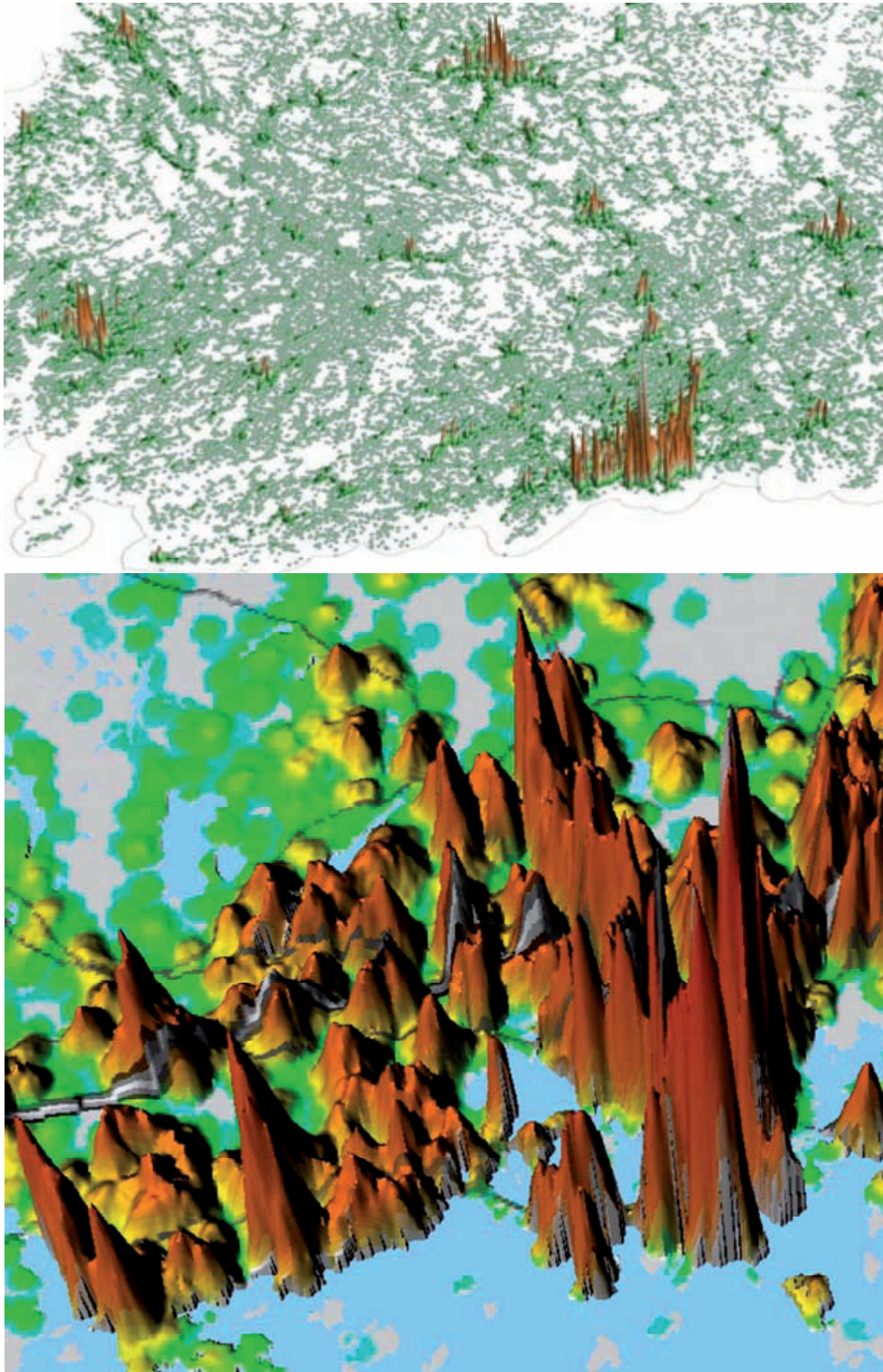
Asutuksen (rakentamisen) tiheys (tehokkuus) vaikuttaa siihen kuinka suuren väestöpohjan tietty alue pystyy tarjoamaan alueelle sijoittuvalle palvelulle. Tämä koskee yhtä hyvin teknisiä palveluita (liikenneverkkoa, energia- ja vesihuoltoverkkoa, jätehuoltoa ja tietoteknisiä verkkoja) kuin sosiaalisiakin palveluja (kouluja, kirjastoja, päiväkoteja, terveyskeskuksia, kauppia, partureita, apteekkejä ym. julkisia ja yksityisiä palveluja). Mikäli asutus ja työpaikat sijaitsevat liian harvassa, ei synny tarpeeksi asiakkaita palveluille. Palveluista tulee joko tehotomia (liian kalliita ja ekotehottomia) tai niitä ei synny lainkaan. Palvelutason nousu merkitsee paitsi ekotehokkuuden niin myös elämisen laadun nousemista.

Suomen asutustiheys on kansainvälisesti suhteellisen harvaa, niin valtakunnallisella, seudullisella kuin yhdyskuntatasollakin (kuvat 29–31). Tämä merkitsee suhteellisen suurta infrastruktuurin tarvetta ja vastaavasti suuria materiaali- ja energiankulutuslukuja sekä päästöjä (erityisesti liikenteen osalta). Kaupunkien alueellinen laajeneminen ja rakenteen hajautuminen (asukastiheyden lasku) lisäävät henkilöauto-liikenteen osuutta, liikenteen energiakuluja, päästöjä ym. haittavaikutuksia entisestään ja heikentävät kaupunkirakenteen ekotehokkuutta (kuvat 32 ja 33).

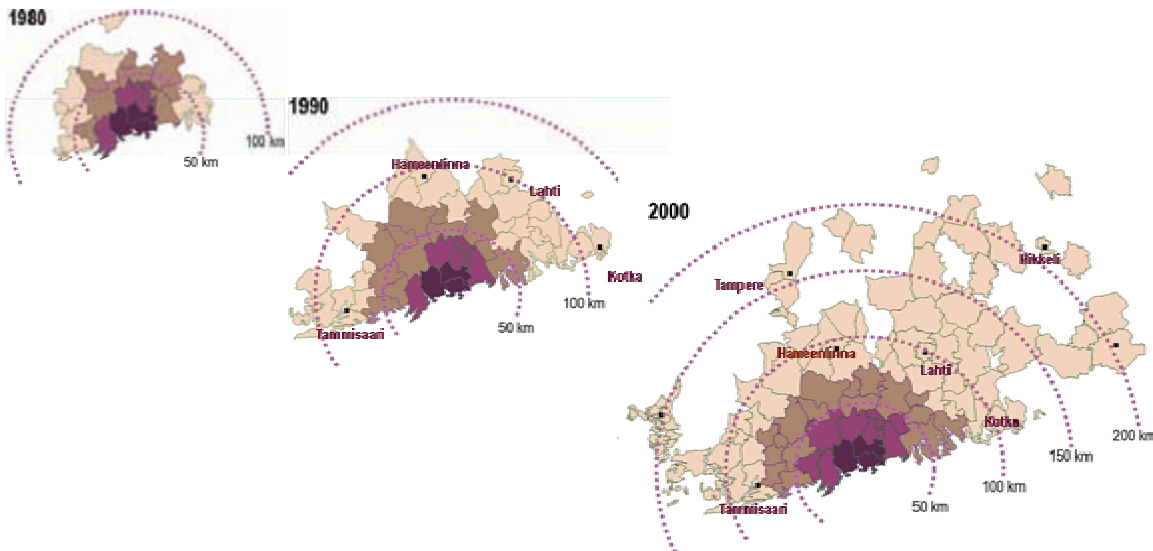
Asukastiheyden vaihtelun vaikutus näkyy havainnollisesti esimerkiksi vertailuissa, joissa on arvioitu rakennetun ympäristön ja liikenteen yhteenlaskettua CO₂ekv-päästöjä alueellisesti (kuva 34). Kaupunkien ja taajamien lievealueilla on suhteellisen suuret kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohti verrattuna keskusta- ja muihin tiiviisti rakennettuihin ja työpaikkaomavaraisiin alueisiin. Alueilla, jotka ovat joko harvaan rakennettuja eli suhteellisen raskaan infrastruktuurin varassa tai joilla on vähän omaa työpaikkatarjontaa eli ovat riippuvaisia seudun suurien keskustien tai muuten kaukana sijaitsevista työpaikoista, päästöt ovat vastaavasti muita alueita suurempia.



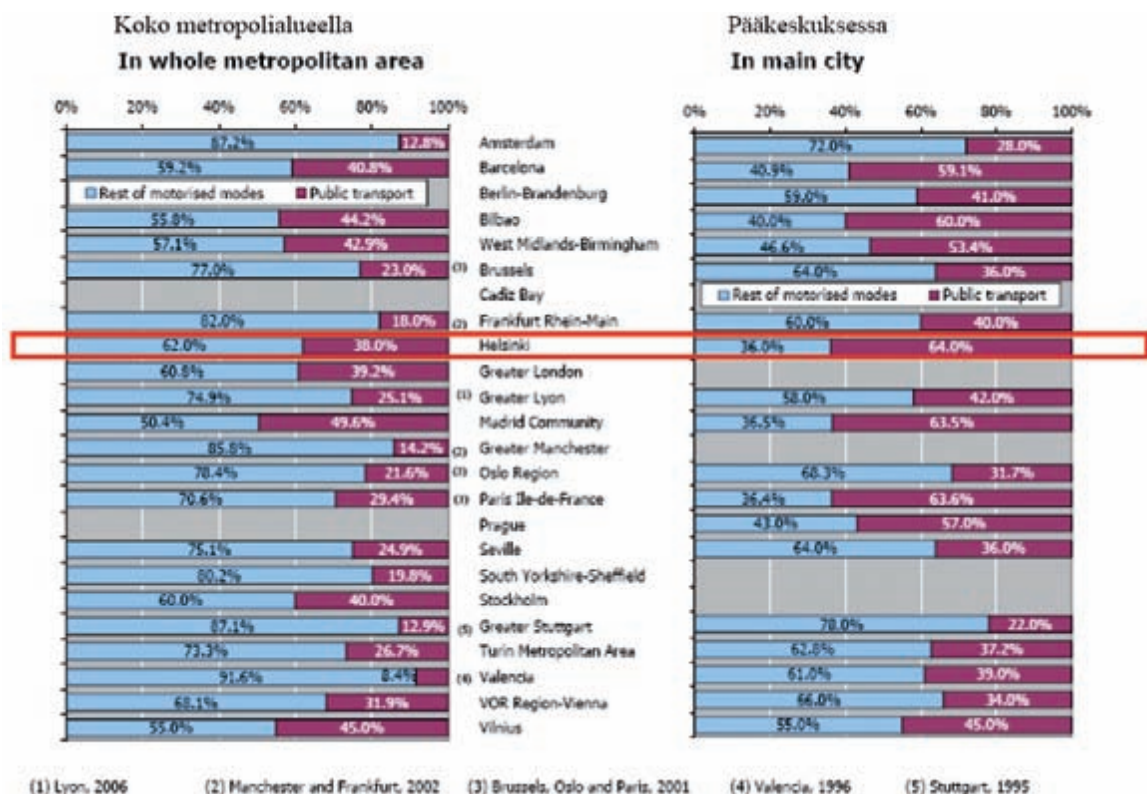
Kuva 29. Suomen asutustiheys 3D-karttana. Kuvassa on esitetty asukkaiden määrä pinta-alaa kohti perustuen rakennus- ja huoneistorekisterin tietoihin vuoden 2000 alussa. Asutustiheyttä kuvataan korkeussuuntaisen akselin suuntaisina janoina, joista on muodostettu topografinen pinta, jossa asukastiheyden korkeuskäyriä on havainnollistettu liukuvasti muuttuvalla väriasteikolla (vaalean vihreä = matala tiheys, keltainen = keskitiheä, tumman ruskea = korkea tiheys ja harmaa = korkein tiheys). Kartta ei sisällä pohjakarttaa eikä muutakaan tietoa asukastiheyden lisäksi. Siitä huolimatta kartasta voi lukea Suomen rakennetun ympäristön karkean muodon ja alueellisen vaihtelun, suurimmat kaupungit, vesistöt ja muut luonnonmuodostumat (mm. Salpausselän ja jokilaaksot). Kuvan perspektiiviksi on valittu Eteläistä Suomea korostava alaviisto kuvakulma, jotta asutuksen painopistealueet erottuisivat paremmin. GIS-aineiston käsittely ja jalostus 3D-kartoiksi: Reijo Martamo VTT.



Kuvat 30 ja 31. Suomen asutustiheyskartta vuoden 2000 alussa tarkennettuna Etelä-Suomeen ja pääkaupunkiseudulle. Kartoista näkyy asutustiheyksien voimakas vaihtelu ja yhdyskuntarakenteen leviäminen. Asutustiheyden huippu erottuu alimmassa kuvassa oikeassa reunassa ollen Helsingin Kalliossa Franzeninkadun ja Fleminginkadun kulmassa n. 28 000 asukasta/km² (laskettuna 125 m hilassa olevien toisiaan peittävien 0,5 km² ympyröiden maksimitiheytenä). Vain suhteellisen suppeilla maantieteellisillä alueilla saavutetaan riittävä tiheys joukkoliikenteen kannattavalle järjestämiselle ja palvelujen saavutettavuudelle kevyen liikenteen avulla. GIS-aineiston käsittely ja jalostus 3D-kartoiksi: Reijo Martamo VTT.



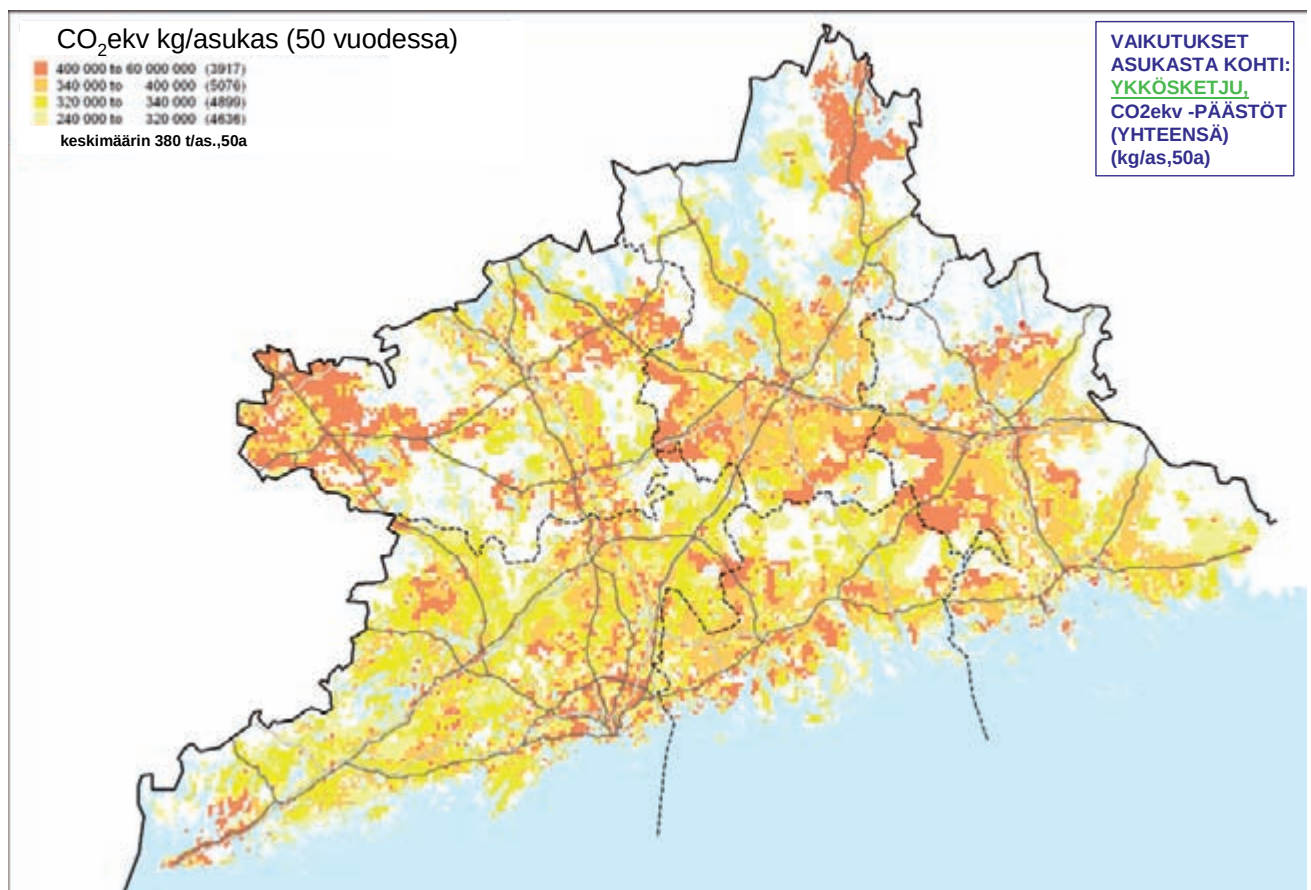
Kuva 32. Pääkaupunkiseudun alueellisen laajenemisen aiheuttama työmatkaliikenteen ("sukuloinnin") kasvu vuodesta 1980 vuoteen 2000 (lähde: YTV). Työmatkat pitenevät, henkilöautojen osuus työmatkaliikenteestä kasvaa, energiakulut ja päästöjen määrä ym. haitat (melu, onnettomuudet, katupölyn määrä) asukasta kohti kasvavat – ekotehokkuus huononee.



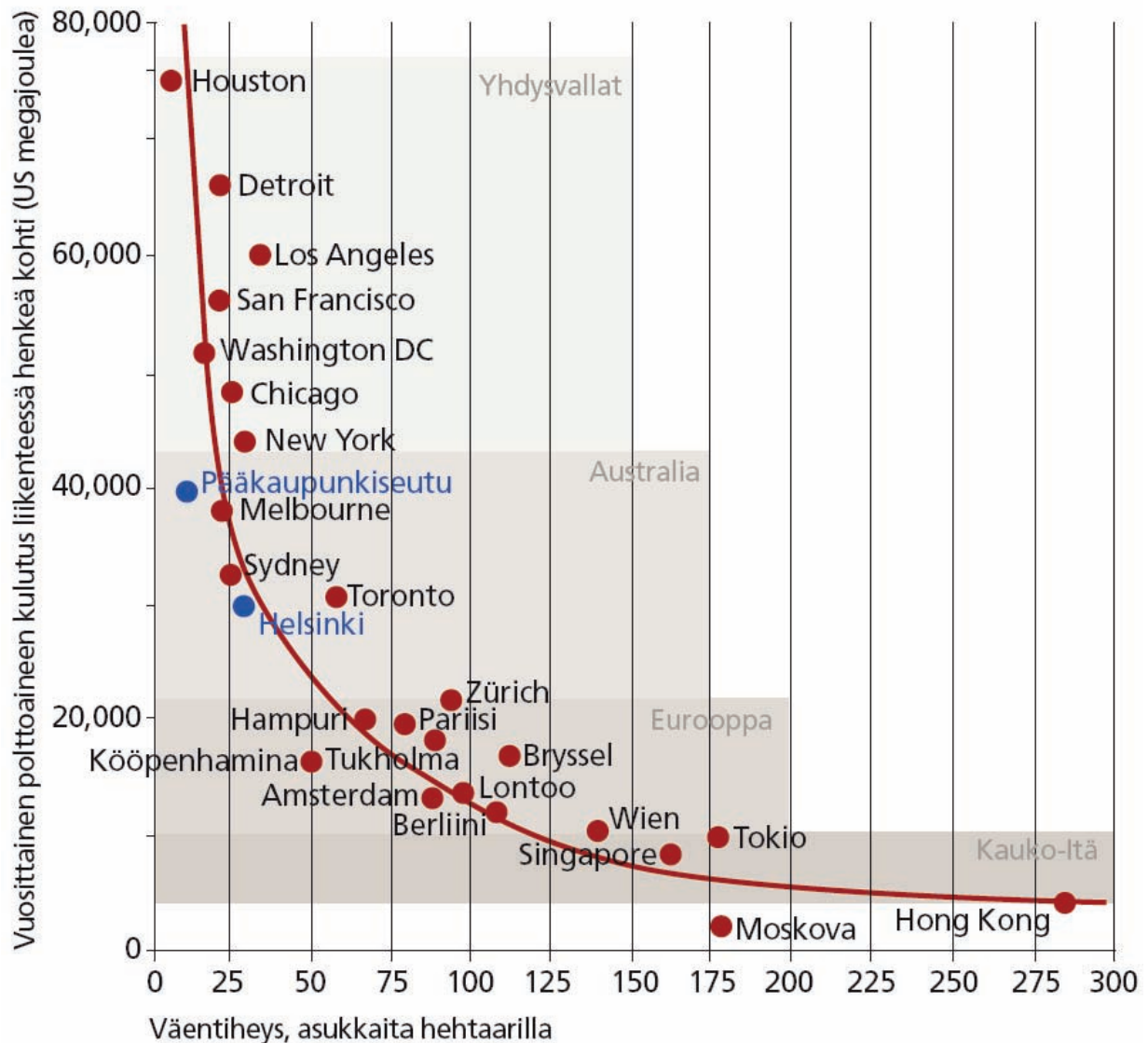
Kuva 33. Eräiden kaupunkien joukkoliikenteen matkojen osuudet kaikista matkoista toisaalta koko metropolialueella ja toisaalta pääkeskuksen alueella (EMTA 2007, Suomen... 2007). Kaupunkien reuna-alueet ovat alhaisemman tehokkuuden alueita, joilla joukkoliikennepalvelut eivät ole niin hyviä kuin keskustoissa, jolloin henkilöautojen osuus kasvaa. Helsinki sijoittuu tässä vertailussa joukkoliikenteen osuudella mitattuna parhaimpien kaupunkien joukkoon molemmissa luokissa.

Pohjoismaisessa vertailussa Suomen taajamien tilastollinen asukastiheys on 2–3-kertaa matalampi kuin Ruotsin tai Norjan (Lahti 1996). Muihin eurooppalaisiin maihin verrattuna ero on todennäköisesti vielä suurempi, vaikka vastaavia tilastoja ei olekaan käytettävissä. Tämä rakentamisen tehokkuusero tekee suomalaisista yhdyskunnista ekotehottomampia kuin muiden maiden yhdyskunnat.

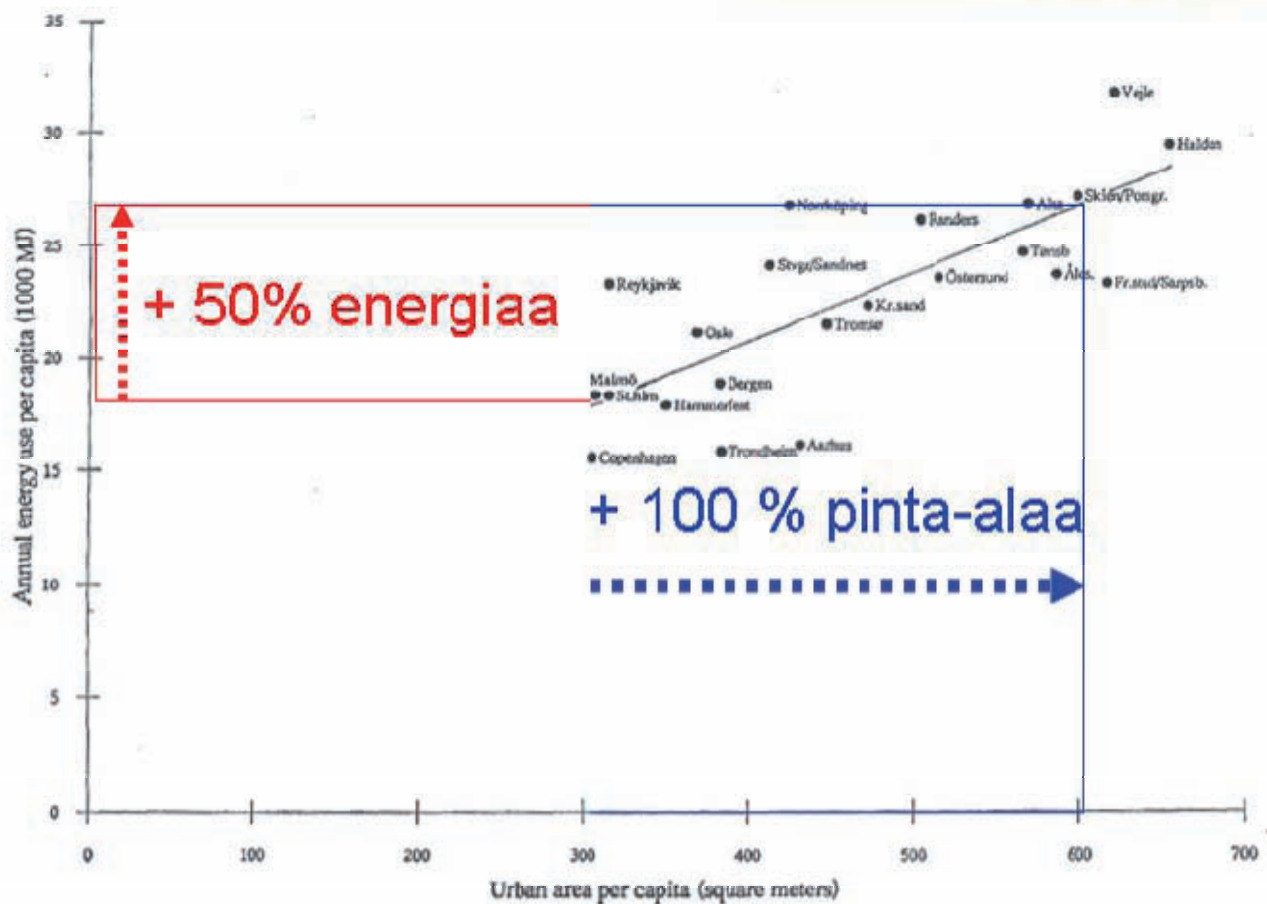
Australialaiset Peter Newman ja Jeff Kenworthy esittivät tutkimuksessaan kaupunkien keskimääräisen asukastiheyden ja liikenteen energiankulutuksen tunnetun riippuvuuden (kuva 35). Petter Næss teki pohjoismaiden osalta vastaavan tutkimuksen laajalla empiirisellä aineistolla (Næss 1995). Sen tulokset vahvistivat aiemmat tutkimustulokset (kuvat 36 ja 37). Matti Matinheikki arvioi vastaavat suomalaisien kaupunkien liikenteen energiankulutusluvut (Matinheikki 1995 ja 1996).



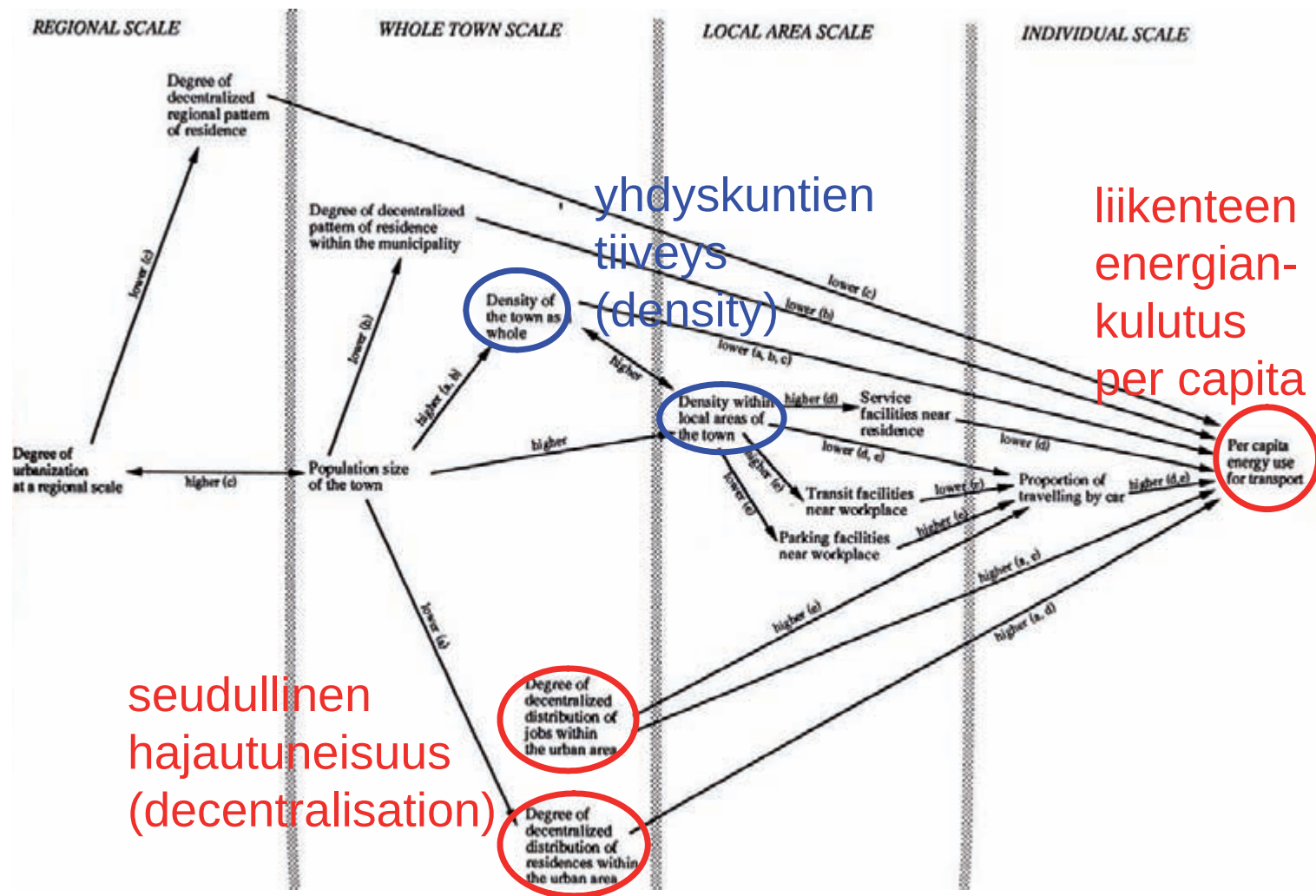
Kuva 34. Esimerkki Helsingin "metropolialueelle" laadituista rakennemalleista tehtyjen ekotehokkuusarvioiden tuloksista. Rakennemalli "Ykkösketjun" aiheuttamat rakennetun ympäristön sekä liikenteen aiheuttamat elinkaaren mukaiset (50 v) CO₂ekv-päästöt *asukasta kohti* (kg/as) yhteensä vuoden 2050 tilanteessa (Lahti et al. 2008, s. 92). Alhainen asutustiheys ja pitkät etäisyydet näkyvät suurina suhteellisinä päästöinä.



Kuva 35. Kaupunkirakenteen tehokkuuden (asukastiheyden) ja liikenteen energiankulutuksen välinen yhteys eri maailman kaupungeissa (LVM 2007, alkuperäinen lähde Newman & Kenworthy 1989, lisäykset pääkaupunkiseudun ja Helsingin osalta: YTV). Yhdysvaltojen, Kanadan ja Australian kaupungeissa on matala keskimääräinen asukastiheys ja korkeat liikenteen energiankulutustasot verrattuna Euroopan kaupunkeihin. Suomessa tehdyn vastaavan arvion (Matinheikki 1995) perusteella valtaosa suomalaisista kaupungeista sijoittuu energiankulutukseltaan samalle vyöhykkeelle kuin Australian ja Kanadan suukaupungit (välille 20–40 GJ/asukas), vaikka ovatkin asukastiheydeltään niitä harvempia. Ero keskieurooppalaisiin ja selvästi tiiviimpiin kaupunkeihin on kuitenkin suhteellisen iso, mikä merkitsee sitä, että suomalaiset kaupungit ovat yhdyskuntarakenteen ja liikenteen osalta muita eurooppalaisia kaupunkeja selvästi ekotehottomampia. Helsingin liikenteen energiankulutus on noin 30 GJ/asukas vuodessa ja koko pääkaupunkiseudun noin 40 GJ/asukas vuodessa.



Kuva 36. Pohjoismaisten (Norja, Ruotsi, Tanska, Islanti) kaupunkien liikenteen energiankulutus verrattuna taajama-alueiden asukastiheyteen (P. Næss 1995). Tämän empiirisen tutkimuksen (johon ei kuulunut suomalaisia kaupunkeja) mukaan karkeasti pinta-alan kaksinkertaistuminen asukasta kohti lisää liikenteen energiankulutusta asukasta kohti noin 50 %. Tilastollisen korrelaation merkitsevyys oli kohtuullisen hyvä ($R^2 = 0,58$) ja sen perusteella voidaan karkeasti arvioida liikenteen energiankulutus asukasta kohti taajaman maa-alan kulutuksen perusteella seuraavalla kaavalla: $3 \text{ \% käytetystä maa-alasta (m}^2\text{/asukas)} + 9 = \text{liikenteen edellyttämä energia GJ/v (asukasta kohti)}$. Suomalaisista taajamista tehty vertaileva selvitys tuotti samansuuntaisia tuloksia (Matinheikki 1995). Suomalaiset taajamat ovat kuitenkin keskimäärin harvempia kuin muissa pohjoismaissa ja tuottavat siksi keskimäärin enemmän liikennesuoritteita ja energiankulutusta asukasta kohti. Tästä erosta johtuen maa-alan kulutuksen kasvu (asukasta kohti) ei enää vaikuta niin jyrkästi kuin muissa pohjoismaissa puhumattakaan muista Euroopan maista. Muiden pohjoismaiden tasoon pääseminen edellyttäisi suomalaisten taajamien tiivistämistä noin kaksinkertaiseksi nykyisestä. Silloin liikenteen energiankulutus (MJ/asukas vuodessa) ja vastaavat päästöt laskisivat yli kolmanneksella nykyisestä. Tämä ei ole käytännössä mahdollista muuten kuin noudattamalla useiden vuosikymmenien ajan tiukkaa maa-, kaavoitus- ja rakennuslupapolitiikkaa (eli uudisrakentamisen sijainninsäätelyä) – harjoittamalla täydennysrakentamista ja sisäistä kasvua ja rajoittamalla tiukasti uusien rakentamisalueiden käyttöönottoa taajamarajojen ulkopuolelta.



Kuva 37. Yhteenveto kaupunkirakenteen niistä ominaisuuksista, jotka eniten vaikuttavat kaupunkiliikenteen energiankulutukseen (P. Næss 1995). Merkittävimmät energiankulutusta lisäävät ominaisuudet ovat asutuksen alhainen asukastiheys (lower density) sekä yhdyskuntien perustoimintojen (asumisen ja työpaikkojen) hajautuneisuus (higher decentralisation). Kaupungin koon eli väestön määrän (size of population) kasvu lisää keskimääräistä asukastiheyttä, mutta lisää samalla rakenteen hajautuneisuutta. Muita energiankulutusta lisääviä tekijöitä ovat mm. pysäköintitilojen runsas tarjonta työpaikkojen lähellä (parking facilities near workplaces) ja lähipalvelujen vähäinen määrä asuinalueilla alueella (service facilities near residence), jotka molemmat lisäävät henkilöautojen käyttöä (proportion of travelling by car).

Kaupungin koko ja muoto

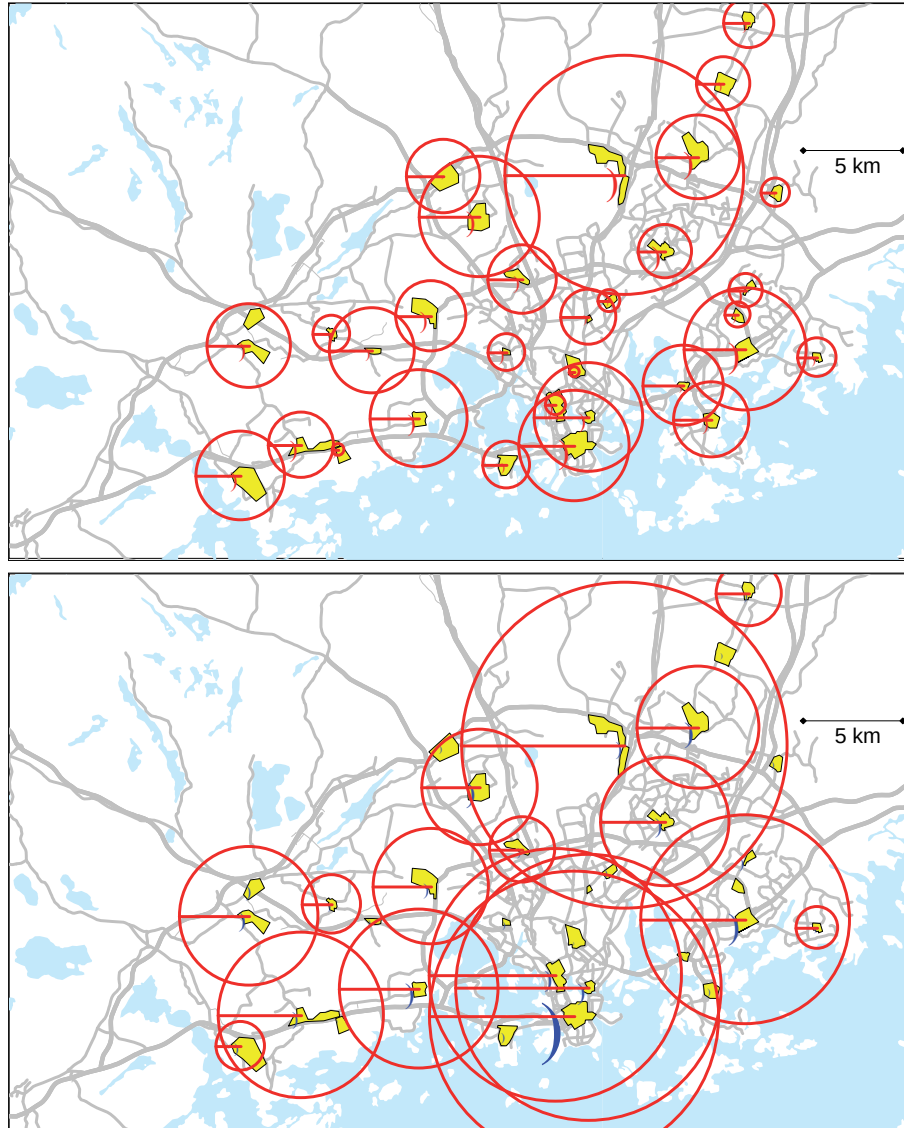
Kaupunkisuunnittelun teorioita koskevassa kirjallisuudessa on jonkin verran pohdittu kysymystä optimaalisesta kaupunkikoosta ja muodosta (liite 3). Tarkastelut ovat yleensä varsin teoreettisia ja pelkistettyjä mallitarkasteluja ja sitä kautta aika kaukana todellisten kaupunkien ominaisuuksista. Niillä saattaa kuitenkin olla tiettyä mielenkiintoa esimerkiksi silloin kun voidaan valita kaupunkialueen leviämisen suuntien välillä korostaen joko tasaista ”mattomaista”, nauhamaisia, säteittäisiä tai kehämäisiä vyöhykkeitä. Usein kuitenkin valinnan varaa ei juurikaan ole, vaan on otettava käyttöön kaikki rakentamiskelpoiset maa-alueet kaupunkialueen reunoilta.

Kaupungin kokoa ei yleensä ole mahdollista valita, vaan kyse on dynaamisesta prosessista, jossa teollistumisen ja kaupungistumisen jatkuessa kaupungit lähes poikkeuksetta kasvavat, maaseudun vastaavasti tyhjentäessä. Tilastolliset tarkastelut eri maista osoittavat lisäksi, että kaupungit jakautuvat hyvin säännönmukaisesti eri kokoluokkiin (liite 3, osa A). Kaupunkeja ja muita taajamia on lukumääräisesti sitä enemmän mitä pienempiä ne ovat. Kaupungistumisessa ei näyttäisi olevan sellaisia vahvoja vaikutusvoimia, jotka ohjaisivat kehitystä vain tietyn kokoisten eli ”optimikokoisten” kaupunkien syntyyn.

Kaupungin muodolla voidaan tarkoittaa esimerkiksi sitä, kuinka paljon kaupungin rakennettujen alueiden ja liikenneverkon rakenne muistuttavat ympyrää, tähteä, nauhaa tms. perusmuotoa. Muodolla voidaan viitata myös siihen miten kaupungin perustoiminnot (asuminen, työnteke, palvelut ja vapaa-ajantoiminnot) sijaitsevat suhteessa toisiinsa. Toiminnot voidaan sijoittaa joko toisistaan erilleen tai toisiinsa sekoituen (liite 3, osa B). Teollistumisen alkuaikojen ja sen jälkeisten voimakkaiden kehitysvaiheiden aikainen ympäristön saastuminen johti 1900-luvun alkupuolella tarpeeseen erotella asuminen ja teollisuus toisistaan. Kun pääosa elinkeinoista on jo muuta kuin teollista toimintaa ja kun teollisuuden ympäristövaikutuksia rajoitetaan voimakkaasti, ei toimintojen erottelulle ole enää suurta tarvetta. Yksipuolisista alueista pyritäänkin jo eroon ja pyritään lisäämään toimintojen sekoittuneisuutta. Tällä on positiivinen vaikutus myös kaupungin ekotehokkuuteen, mikäli asukkaat pystyvät näin löytämään työpaikkansa läheltä asuinpaikkaansa ja työmatkaliikenne vähenee.

Kysymys kaupungin muodosta liittyy myös kaupunkirakenteen eheyteen tai hajanaisuuteen. Mitä hajautuneempi, pirstaleisempi ja rönsyilevämpi kaupunkirakenne on, sitä laajemman kokonaisalan sen käyttää ja sitä pitempiä ovat etäisyydet. Hajautuneisuutta voidaan mitata esimerkiksi aluetehokkuudella (ks. luku Aluetehokkuus), rakennettujen alueiden (”pirstaleiden”) lukumäärällä ja keskikoolla tai vaikka reunaviivan pituudella (ks. Huhdanmäki et al. 1999). Alakeskusten lukumäärän ja reunaviivan pituuden vaikutuksia liikenteen energiankulutukseen on myös tutkittu empiirisin tiedoin (ks. Næss 1995 ja Martinheikki 1995).

Kaupunkialueen koko vaikuttaa siihen kuinka paljon syntyy alueellisia keskuksia, joissa sijaitsee osa kaupunkiseudun palveluista. Päivittäistavarakaupan palvelut ovat lähimpänä asuntoja (kuvat 38 ja 39), mutta niidenkin osalta palveluverkko on harventunut.



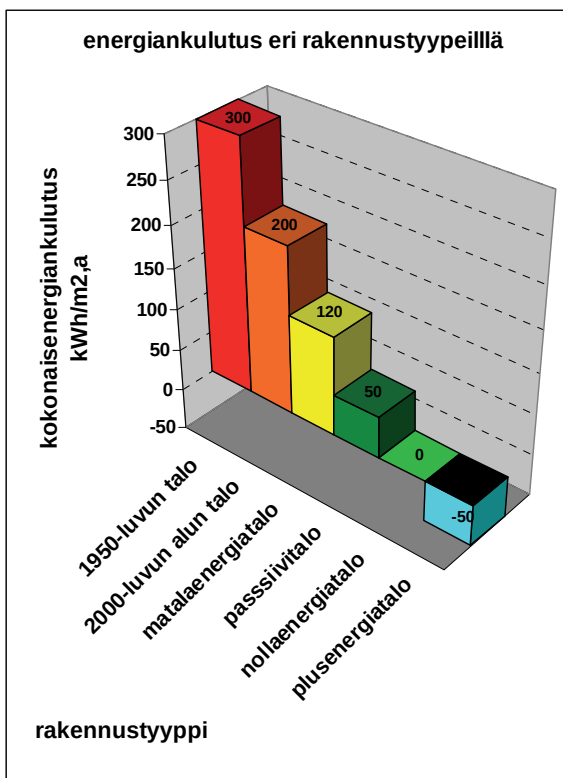
Kuvat 38 ja 39. Päivittäistavarakaupan (yläkuva) ja kaikkien ostosmatkojen (alakuva) keskimääräiset pituudet pääkaupunkiseudulla (Halme et al. 2002). Päivittäistavarat haetaan lähempää kuin muut ostokset. Sama pätee muihin useasti tarvittaviin palveluihin.

Alakeskukset, joissa on hyvä palvelutaso, keräävät runsaammin ostosmatkoja kuin muut, koska samalla ostosmatkalla hankitaan myös muita palveluja kuin sitä mitä varsinaisesti oltiin hakemassa. Harvinaisemmat palvelut, joita on tyypillisesti vain yksi tai muutama seudulla (ooppera, teatteri, korkeatasoinen tavaratalo, kirjakauppa yms.) sijaitsevat lähempänä keskustaa ja asiointimatkat venyvät keskimääräistä pitemmiksi. Seudun koon (alueellisen laajuuden) kasvaminen lisää keskimääräisiä matkapituuksia ja energiankulutusta asukasta kohti kahdesta syystä: kahden mielivaltaisen pisteen välinen etäisyys kasvaa ja palvelutason kasvaessa syntyy harvinaisempia palvelutyppejä, joiden sijainti on joko keskustassa tai ao. palvelutypille

ominaisessa alueellisessa keskittymässä (kuten paljon tilaa vaativien tavaroiden kaupat, autokaupat, huonekalukaupat jne.)

Talo- ja korttelityypit

Energiatehokkaat talot voidaan jakaa tavoitetason perusteella kolmeen talotyyppiin:



- *Matalaenergiatalolla* tarkoitetaan rakennusta, jonka tilojen lämmityksen energiantarve on alle puolet rakentamismääräysten mukaiseen taloon verrattuna. Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 Energiatehokkuus määrittää matalaenergiatalo siten, että sen ominaislämpöhäviö on 60 % vertailutalon lämpöhäviöstä. Ominaislämpöhäviö ei kuitenkaan kuvaa rakennuksen energiantarvetta, vaan sen tarkoitus on vain verrata suunnitteluratkaisua ja normaalia mukaisesta taloa.

- *Passiivitalolle* on annettu määritelmä tilojen lämmityksen energiantarpeen ja primäärienergiana ilmoitetun kokonaisenergiantarpeen perusteella. Suomen ilmastossa tilojen lämmityksen energiantarve on sijainnista (etelä-pohjoinen) riippuen 20–30 kWh/m², (kokonaisenergiantarve tällöin noin 40–60 kWh/m²) ja primäärienergiantarve 130–140 kWh/m². Lisäksi rakennuksen ulkovaipan ilma-
vuotoluvun tulee olla $n_{50} < 0,6$ 1/h.

- *Nollaenergiatalolla* (0-energiatalolla) tarkoitetaan taloa, jonka ostetun energian tarve on vuositasona 0 kWh, eli rakennus tuottaa yhtä paljon energiaa kuin se kuluttaa ulkopuolista energiaa vuodessa. 0-energiatalon ratkaisut perustuvat passiivitalolle tyypillisiin ratkaisuihin, jotta 0-taso voidaan saavuttaa kylmässä ilmastossa ilman huomattavia lisä kustannuksia.

- *Plusenergiatalolla* tarkoitetaan taloa, joka tuottaa enemmän energiaa kuin kuluttaa. Tämä voidaan saavuttaa esimerkiksi paikallisia energialähteitä (aurinkoa, tuulta jne.) tehokkaasti hyödyntämällä.

Suomen energiaa säästävät rakennukset voidaan karkeasti jaotella tavoiteasetannan perusteella neljään erilaiseen talokategoriaan: omatoimirakentajat, teollisesti rakennetut pien- ja kerrostalot, arkkitehtuurin ehdoin suunnitellut talot ja energiankulutuksen minimointiin pyrkivät talot, taulukko 2. Peruslähtökohtana on ollut rakennusten tilojen lämmityksen energiantarpeen pienentäminen. Rakennusten muuhun energiankulutukseen ei yleensä ole kiinnitetty yhtä suurta huomiota, mutta esimerkiksi kotitaloussähkön kulutus on silti 10–30 % tavanomaista pienempää.

Taulukko 2. Esimerkkejä eko- ja energiatehokkaista rakennuksista ja alueista.

Esimerkki- kohde	Energia/Ekotehokkuus		
	Keinot	Energian kulutus vuodessa lämmitysenergia/ kokonaisenergia kWh/m ²	
Rovaniemen matala- energiatalot 1993–1996	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu	45–55 / 110–160	
IEA5 Pietar- saari 1994	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu Aurinkolämpö Aurinkosähkö Maalämpö	13/48	
Villa 2000 Tuusula 2000	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu Aurinkolämpö Tarveohjattu ilmavaihto Tilojen ja teknii-	60/105	

	kan muunto- jousto		
MERA kerrostalo Espoo 2005	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu Ilmanvaihto- lämmitys	30/100	
Passiivitalo Tikkurila 2008	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu Ilmanvaihto- lämmitys	20/70	
Passiivitalo Dublin 2005	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu Ilmanvaihto- lämmitys	15/50	
Passiivitalo Hannover 2005	Lämmöneristä- minen Ilmanpitävyys Lämmön tal- teenotto Rakentamisen laatu Ilmanvaihto- lämmitys Lämpöpumppu	15/50	

Passiivitalo Christophorus Haus Stadtl-Paura Itävalta 2002–2003	Rakennusmuoto (pyöreä), mas- siivipuurunko, maalämpöpum- put lämmityk- seen ja viilen- nykseen, ve- denkierrätys	14/49	
Ludesch Village Gemeinde- zentrum Itävalta	Aurinkopaneelit, puumateriaalien käyttö, haitat- tomat ja koko tuotantoketjun osalta testatut materiaalit	8/19	
	en il- to ja , pas- nergia iumin kautta.	26/84	
BedZED nolla(osto)- energia-alue Beddington, UK 2005	Tiivis kortteli- muoto, moni- puoliset ekote- hokkuuden li- säämistavoitteet (materiaalien kierto, fossiili- sen energianku- mini- den- työn- umi- iden pojen (rooli)	48/82 (lämmitys sisältää lämpi- män käyttöveden, kokonaisenergia sisältää sähkönkäytön; ks. yksityiskohtainen kuvaus alla)	



Ekotehokkaat korttelirakenteet ovat sellaisia, joissa fyysisen rakenteen tuottamisen ja käyttämisen kuluttamat materiaali- ja energiavarat sekä tuotetut päästöt ja jätteet ovat mahdollisimman pieniä suhteessa tuotettuun hyötyalaan. Ekotehokkuuden tunnuslukuun vaikuttaa olennaisesti se, miten "hyötyala" määritellään. Hyötyalana pidetään yleensä rakennusten käyttötarkoitusta vastaavassa käytössä olevia, säältä suojattuja sisätiloja, kuten asuntoalaa tai toimistoalaa (kerrosaloina tai hyötyaloina mitattuna).

Periaatteessa voitaisiin hyötyaloihin laskea myös osa tai kaikki korttelin pääkäyttötarkoituksen mukaisessa käytössä tai sitä tukevat ulkotilatkin. Tällä voisi olla erityistä merkitystä pyrittäessä suosimaan korttelialueen sisäalueita esimerkiksi omatoimiseen elintarvikkeiden tai muiden kasvien puutarhaviljelyyn. Näitä ulkotiloja voisi olla myös muualla kuin maantasossa, esim. ylempien kerrosten parvekkeilla, terrassitasoilla ja kattotasanteilla, jopa rakennusten julkisivussa ym. pystypinnoilla (vrt. esimerkiksi tunnetun malesialaisen arkkitehdin Ken Yeangin ideoimat vihreät pilvenpiirtäjät, Yeang 1999 ja 2001).

Suomessa nopeasti yleistyneet lasitetut parvekkeet ovat hyvä esimerkki ulkotilojen arvostuksen noususta. Kattotasanteet ovat suositumpia muissa maissa kuin Suomessa johtuen mm. siitä, että talven lumityöt hankaloittavat niiden hoitoa ja usein myös niiden pitävä vesieritys koetaan ongelmalliseksi. Jos niin halutaan, voidaan ulkotilojen laskeminen hyötyalaan tehdä myös painotettuna siten että ulkotilan neliöt vastaavat tiettyä %-osuutta sisätilojen neliöistä, mutta tähän ei tiettävästi ole toistaiseksi kehitetty eikä sovellettu tarkoitukseen sopivia laskentakaavoja.

Korttelitehokkuus (e_k) on useimmin käytetty korttelin rakentamistehokkuutta kuvaava mittari. Se kuvaa (kerrosaloina mitattujen) sisätilojen suhteellista osuutta korttelin maapinta-alasta.

Esimerkkikohde BedZED (UK)

Lontoon lähelle rakennettu BedZED (kuvat 40–46) on hyvä esimerkki tehokkaasti hyödynnetystä korttelialasta, viherrakentamisen levittämisestä myös ylemmille kerrostasojille ja myös muulla tavalla ekotehokkaasta rakentamisesta. Alueen suunnittelussa kantavana ajatuksena oli ostettavan fossiilisen energian minimointi (Zero Energy Development ja Zero Emission Development = ZED) Korttelin rakentamisessa hyödynnettiin kierrätettyjä ja kierrätettäviä lähiseudun rakennusmateriaaleja.

BedZED:in suunnittelu- ja rakentamisperiaatteet on kuvattu seuraavassa esimerkkinä asuntoaluesuunnittelusta, jossa on monipuolisesti otettu huomioon ekotehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä:

- Suunnittelua ohjaavat taustatekijät: energianhinnan jatkuva nousu (alkaen 1970-luvun "hintakriiseistä") ja 1980-luvulla alkanut kestävän kehityksen ideologia (YK:n kestävän kehityk-

sen toimikunta, ns. Brundtlandin komitea) ja 1990-luvulla vakavaksi ympäristöongelmaksi tiedostettu ilmaston lämpeneminen Kiiton pöytäkirjoineen

- viestintä- ja tietojenkäsittelyteknologian (ICT) nopea kehitys ja sen vaikutukset elämäntavoissa, mm. työelämässä ja etätyömahdollisuuksien kasvu (suunnitteluaikainen ennuste: 30 % UK:n työvoimasta tekee töitä kotoa käsin jo v. 2006)
- em. taustavoimien käytännön ratkaisuna esitettiin BedZED:iin nollaenergiataloja (fossiilisten polttoaineiden osalta), vähäpäästöisiä (CO₂) ja uudentyyppisiä galleria-asuntoja, joissa voidaan tehdä töitä asumiseen integroituneena, mutta silti omassa rauhassa
- asumismuodoksi etsittiin uusia ratkaisuja, jotka eivät ole nukumalähiöitä eivätkä kiihkeän keskustaelämän muotoja
- alueen sijainti: London Borough of Sutton (Lontoon eteläpuolella), Mitchamin ja Wallingtonin välissä London Roadin (A237) varrella
- liikenneyhteydet: juna-asema Hackbridgessa 700 metrin päässä ja Mitchamissa 1 200 metrin päässä, joista yhteydet Victoriaan, Charing Crossiin ja London Bridgeen; lisäksi paikallisbusseja kulkee alueen laidalla ja Mitchamista raitiovaunun ja Croydon-Wimbledon
- alueen koko: 0,64 ha (ns. ydinalue ilman jalkapallokenttää ja huoltorakennusta v. 2000), 63 asuntoa, 8 235 m² kerrosalaa, 198 asukasta, korttelitehokkuus $e_k = 1,29^{18}$, työtilaa 1560 m²
- työtiloja ovat lähinnä palvelut: alueella urheilukenttä, kerhotalo, mahdollisesti lasten päiväkotia, kauppa ja kahvila; alueen läheisyydessä kauppia, posti (Hackbridgessa), muita ostospaikkoja Mitchamissa, Croydonissa ja Suttonissa
- talotyyppi: perinteistä englantilaista kaupunkirivitaloa muistuttava 3-kerroksinen perusratkaisu, jossa jokaiseen asuntoon oma sisäänkäynti maantasosta ja parveke viheristutuksineen
- Tilaaja: Peabody Trust with the BioRegional Development Group
- Arkkitehti: Bill Dunster architects (alunperin: Hope House @ Hampton Court, Ove Arup and Partners ja määrälaskijat Gardiner and Theobald sekä the BioRegional Development Group)
- Kustannukset: 15,7 milj. £ (noin 12,5 milj. € eli noin 1 500 €/hyöty-m²)
- Suunnittelu ja toteutus: 1999 - kesäkuu 2001
- 130 kW lämmön ja sähkön yhteistuotanto (puu polttoaineella), riittää n. 240 asukkaalle ja 200 työntekijälle
- korkea korttelitehokkuus antaa mahdollisuudet vähentää tilatarve neljanteen osaan nykyisestä keskimääräisestä maa-alan tarpeesta (11 % UK:ssa) ja lopettaa yhdyskuntarakenteen hajautuminen (urban sprawl)

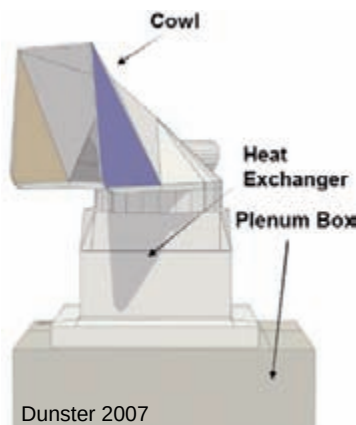


18 korttelitehokkuudet ovat BedZEDissä siten noin 3-kertaisia verrattuna esimerkiksi Helsingin Puu-Vallilaan ($e_k = 0,53$) tai Laajasalon Köökin rinkujan ($e_k = 0,37$) kortteleihin (Lahti 2002, s. 83 ja 86); koko alueen pinta-ala on 1,7 ha, jolloin jalkapallokenttä ym. vapaa-ala ja ydinalueen ulkopuolinen kerrosala mukaan lukien aluetehokkuus $e_a = 0,6$ (10 388 k-m²/17 000 m²), joka sekä on huomattavan korkea verrattuna suomalaisiin "matalan ja tiiviin" asumisen esimerkkeihin (Lahti 2002, s. 71-96).

- tyypillinen asunto: n. 80 m², kahdessa kerroksessa (pääkerros 54 m² ja parvimainen puolikerros "mezzanine" 23 m²), märkätilat kasattu ydinmuuriseinälle talon takaosassa
- rakennusmateriaalit: kierrätysmateriaaleja, uusiomateriaaleja, uudelleen kierrätettäviä materiaalia, paikallisia materiaaleja ja työvoimaa; esimerkkejä saavutetuista CO₂-päästösäästöistä (Dunster 2007):

	Monitored reduction	Target reduction
Space heating	88% (73%)	90%
Hot water	57% (44%)	33%
Electricity	25%	33%
Mains water	50%	33%
Fossil Fuel car mileage	65%	50%

BedZED seuranta lokakuu 2003. Vasen sarake: saavutettu vähennys verrattuna kansalliseen (UK) keskiarvoon (suluissa verrattuna vuoden 2000 rakentamismääräysten mukaiseen arvoon). Oikea sarake: Alkuperäinen tavoitevähennys (BedZED 2008)



- o paikallisen tammilaudan käyttö tiilen sijaan julkisivuissa 4 630 kg
 - o kierrätyspuun käyttö koolauksessa uuden puun sijaan 63 430 kg
 - o kierätetty lattialevy uuden puun sijaan 2 370 kg
 - o puuikkunat upvc-ikkunoiden sijaan 793 900 kg
 - o pyökkiset työtasot melamiinisten sijaan 107 700 kg
 - o kierrätysovet uusien fsc-ovien sijaan 5 370 kg
 - o uusioteräs uuden teräksen sijaan 181 580 kg
 - o kierrätetyt katupäälystelaatat uusien sijaan 56 549 kg
 - o ontelolaatat paikallavalettujen sijaan 392 600 kg
 - o kierrätetty betonin täyteaines uuden sijaan 8 840 kg
 - o kierrätetty hiekka uuden sijaan 1 330 kg
 - o paikalliset betoniharkot maan keskimääräisten sijaan 21 970 kg
 - o paikalliset tiilet keskimääräisten sijaan 10 221 kg
 - o HCFC ja HFC vapaat lämmöneristeet 978 000 kg
- energia: passiivinen aurinkoenergia (talot suunnattu etelään), etelävaipan rakenteisiin integroituja PV-paneeleja, joiden teho riittää 40 sähköajoneuvon käyttöön ajosuoritteella 16 000 km/v; vuoden 2006 seurantamittauksen perusteella PV-paneelit tuottivat 20 % alueen sähköstä
 - rakennusmassa hyödynnetään lämpövarastona
 - hyvä lämpötalous: energiankulutus mitattu (2003 lokakuun tilanteessa) selvästi tavoiteltua pienemmäksi (tilojen lämmityksen osalta vähennys 88 % kun tavoite oli 90 % ja lämpimän käyttöveden osalta vähennys 57 % kun tavoite oli 33 %)
 - sähkönkulutuksessa ei ole aivan saavutettu tavoitetta: mitattu vähennys 25 % kun tavoite oli 33 %
 - vuoden 2007 seurantatietojen mukaan lämmitysenergian (ml. lämmin käyttövesi) kulutus oli 48 kWh/m²,a (5,2 kWh/asukas,vrk), sähkön käyttö 34,4 kWh/m²,a (3,4 kWh/asukas,vrk)
 - vedenkulutus on vähentynyt 50 %:lla (tavoite oli 33 % vähennys) ollen vuonna 2007 noin 72 litraa/asukas,vrk, joka on puolet vähemmän kuin alueen muissa mittaroiduissa talouksissa; veden kierrätys on järjestetty niin, että 18 % vedenkulutuksesta (WC-huuhtelu ja puutarhojen kasteluvedet) katetaan kerätyllä ja suodatetulla sadevedellä (maalalaiset säiliöt);
 - ilmanvaihto: näkyvät painovoimaiseen ilmanvaihtoon integroidut tuulihatut katoilla
 - liikennejärjestelmä:
 - o julkista liikennettä ja henkilöauton käytön vähentämistä suosiva
 - o hyvät ja monipuoliset (metro, bussi, ratikka) julkisen liikenteen yhteydet
 - o autonvuokrauskerhot
 - o sähköauton kimpapakäyttö lyhyille matkoille
 - o pysäköintitilat jaetaan etusijaperiaatteella
 - o yhteiset tavarankuljetukset
 - o pyörätieverkkoyhteydet
 - o turvalliset pyörän säilytystilat

- o pyöräkorjauspalvelut

- fossiilisilla polttoaineilla ajettut autokilometrit vähenivät peräti 65 % kun tavoite oli 50 %
- asuin- ja työtilojen lainajärjestelyt monipuolisia
- ”The Housing Design Awards 2000 ja 2003 (RIBA) otsikoilla ”the Sustainability Award & Most Promising Scheme” ja ”Completed Scheme”, ”Energy Globe Award 2002” ja, viisi muuta ensimmäisen sijan palkintoa ja kolme muuta loppukilpailuun pääsyä vuosina 2001–2004



Kuva 40. BedZED:in suunnittelussa apuna käytetty tavoitekriteeristö, jossa pyritään minimoimaan (negatiiviset) ympäristövaikutukset ja maksimoimaan elämän laatu (Dunster 2007).



Kuvat 41–46. BedZED alue vuonna 2006 (P. Lahti 2006).

Asuinrakennusten ja toimitilojen määräsuhteet alueella

Teoriassa sellainen maankäytön suunnitelma, joka onnistuu järjestämään asunnot ja työpaikat lähelle toisiaan, tuottaa *vähemmän työmatkaliikennettä* (ajoneuvosuoritteita) kuin muunlaiset suunnitelmat. Tällöin käytetään yleisesti käsitettä *työpaikkaomavaraisuus*. Tällöin oletetaan, että alueella asuvat kävisivät töissä omalla alueellaan. Näin ei kuitenkaan ole käytännössä, koska alueen työpaikkatarjonta harvoin vastaa alueella asuvien kysyntää. Sopiva työpaikka löytyy useimmiten oman alueen ulkopuolelta, jopa toiselta puolelta kaupunkia tai kaupunkiseudun ulkopuolelta. Siitä huolimatta on parempi, että alueella on omaa työpaikkatarjontaa kuin että siellä ei sitä ole. Jälkimmäisessä tapauksessa työmatkojen keskipituus kasvaisi vielä suuremmaksi. Tästä syystä usein tavoitellaan asumisen ja työpaikkojen sekoittamista.

Sekoittamisen teoria ja ihanteellinen tavoite eivät nekään välttämättä toimi halutulla tavalla käytännössä. Tähän on monta syytä. *Ensinnäkään* tasainen työpaikkajakauma ei takaa sitä, että tasaisuus pätee kaikkien toimialojen suhteen. Tietyn ammattitaidon ja osaamisen työpaikat saattavatkin sijaita epätasaisesti, jolloin etäisyydet voivat kasvaa suuriksi. Ongelma poistuu, jos ao. toimialan tai jopa tietyn työpaikan työntekijä löytää asunnon läheltä työpaikkaansa. Tämäkään (*toinen* perustelu) ei tietenkään takaa, että muilla samassa asunnossa asuvilla asuntokunnan jäsenillä olisi yhtä lyhyet työmatkat, vaan työpaikka saattaa löytyä vaikka kaupungin toiselta laidalta, jolloin todennäköisesti asuntokunnassa tarvitaan henkilöautoa pelkästään työmatkaa varten. *Kolmanneksi* työpaikat ja jopa toimialat saattavat muuttua eri tahdissa ja useammin kuin asuinpaikat, jolloin yhtenä vuonna edullinen sijainti muuttuu seuraavana vuonna epäedulliseksi. Työpaikkojen sijainnin dynamiikka voi olla paljon nopeammin muuttuva kuin asuinpaikkojen.

Teoreettisin kaupunkirakennemallein voidaan karkeasti arvioida millainen vaikutus liikenteen määrään on esimerkiksi ns. funktionalistisella toimintojen erottelulla (työpaikat, asuminen, palvelut ja vapaa-ajan toiminnot omilla alueillaan). Teoriassa edullisin on sellainen malli, jossa kaikki työpaikat ja palvelut sijaitsevat alueen painopisteessä eli keskustassa (liite 3). Siihen on kaikista muista alueen osista keskimäärin lyhin matka. Käytännössä rakenteet ovat monimutkaisempia ja esimerkiksi kaupungin koon kasvu vaikuttaa siihen, että aluetehokkuus kasvaa.

Pääkeskuksen kasvaessa syntyy tilanpuutetta keskusta-alueilla, liikenteen ruuhkautumista ja maan hinnan kasvua. Niiden seurauksena alkaa muodostua alakeskuksia, joihin osa palveluista sijoittuu. Pääliikenneväylät ja liikenteen solmukohdat vetävät puoleensa sekä työpaikkoja että palveluja. Toiminnot alkavat eriytyä omille alueilleen ja hajakeskitys voimistuu. Ilmiö on periaatteessa sama mikä ilmenee kaupunkien ja muiden keskusten syntymisessä ja hierarkisessa työnjaossa (ks. luku Kaupungin koko ja muoto). Alakeskuksien syntymisellä on ekotehokkuuden kannalta tietty positiivinen vaikutus, koska

kaikkien lähialueiden asukkaiden ei tarvitse aina matkustaa pääkeskukseen, vaan usein riittää matka lähikeskukseen. Tämä koskee kuitenkin vain osaa työ- ja asiointimatkoista ja kokonaisvaikutusten arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös lähikeskuksen ulkopuolelle suuntautuvat matkat (ks. luku Kaupungin koko ja muoto).

Markkinavoimat pyrkivät ohjaamaan toiminnot niille sijaintipaikoille, joissa niille koituvat hyödyt (arvo, tuotot, asumisviihtyisyys jne.) ovat suurimmat suhteessa aiheutuneisiin kustannuksiin. Yritykset arvioivat omat kustannuksensa ja asukkaat omat kustannuksensa. Tunnettu ristiriita syntyy siitä, että kaupan yksikköön suurentuessa niiden määrä vähenee ja etäisyydet kasvavat. Samalla osa suurimmista kaupan yksiköistä pyrkii sijoittumaan yhä halvemman maan hinnan alueille eli kauemmaksi keskustosta. Vähittäiskaupan omien kuljetuskustannuksien vähentyessä asiakkaan liikennekustannukset kasvavat. Lisäksi on otettava huomioon muut samalla muuttuvat vähittäiskaupan kustannukset ja niihin vaikuttavat tekijät (varastointi, tavaravalikoima, mittakaavaedut jne.) sekä julkiselle vallalle (valtiolle ja kunnille) liikennejärjestelyistä aiheutuvat investointi- ja ylläpitokustannukset. Yhteiskuntataloudelliset nettokustannukset saattavat kasvaa ja sitä kautta myös ekotehokkuus heikentyä.

Liikennejärjestelmät

Liikennejärjestelmän ekotehokkaan kehittämisen näkökulmasta olisi hyvä päästä ratkaisuihin, jotka eivät jatka sitä automatiikkaa, mikä on pitkään vallinnut maankäytön ja liikenteen välillä: ruuhkien purkamisen takia tehdyt väylien kapasiteetin ja liikkumisen sujuvoittamisen parantumiset johtavat siihen, että liikenne lisääntyy ja ruuhkautuu uudestaan (kuva 47). Liikenne pyrkii ottamaan haltuunsa kaiken sen tilan mikä sille on järjestetty. Henkilöauton käytön lisääntymistä ruokkivat myös ihmisten parantuneet tulo- ja varallisuustasot suhteessa autojen hintoihin ja niiden käytöstä aiheutuviin kustannuksiin sekä liikkumiseen liittyvä mukavuuden halu (liikkumisen aikataulut, kuljetusten helppous jne.).



Kuva 47. Liikenteen ruuhkautumisen ja sen torjuntaan toteutettujen toimenpiteiden noidankehä. (Tiehallinto 2005, LIIKA – Liikenteen kasvun hillintä ja liikenneturvallisuus, Taustamateriaali tulevaisuusverstasta 8.6.2005 varten)

Liikkumisen hallinnassa (mobility management) ekotehokkaampaan suuntaan johtaa seuraava toimenpiteiden priorisointi (OECD 2002 Influencing Road Travel Demand /käännös: Maija Stenvall/LT-Konsultit Oy):

- 1) Liikkumisen tarpeen hallinta (esim. maankäytön suunnittelu, logistiikka, etätyö)
- 2) Kulutavan valintaan vaikuttaminen (esim. liityntäpysäköinti, kimpapakyyti)
- 3) Liikenneinfrastruktuurin käytön tehostaminen (esim. kännykkälippu, telematiikka)

Suomen tiehallinnossa suositellaan vastaavaa toimenpiteiden järjestystä ”neliporrasmallin” mukaan (Kivari et al. 2006)¹⁹:

- 1) Ensimmäiseksi käytetään keinot, joilla vaikutetaan liikkumisen kysyntään eli matkamääriin, niiden suuntautumiseen ja kulkutapavalintoihin
- 2) Toiseksi käytetään keinot, joilla voidaan tehostaa nykyisen liikennejärjestelmän ja -palvelujen käyttöä.
- 3) Kolmantena keinona etsitään parannuksia liikennejärjestelmän osa-alueille, liikenne- ja kulkumuodoittain sekä rajoitetusti perusrakenteeseen.
- 4) Neljäntenä ja vasta viimeisenä keinona harkitaan uusia liikenneverkkoinvestointeja.

Hollannissa vuonna 1993 käyttöön otettu ns. ABC- ja VINEX-politiikat uusien alueiden rakentamisessa perustuvat myös siihen ajatukseen, että alueen sijainti kaupunkirakenteessa (keskeisillä alueilla vai reunoilla) ratkaisee sen, kuinka paljon liikennejärjestelmä perustuu henkilöauto- ja kuinka paljon julkiseen ja kevyeseen liikenteeseen. Tätä säädellään mm. pysäköintipaikkojen määrällä alueella. Keskustoissa (A-alueilla) pysäköintipaikkoja saa rakentaa vain yhden kutakin 10 työpaikkaa kohti kun taas B-alueilla yhden kutakin 1-5 työpaikkaa kohti. Pysäköintinormi lievenee samaan tapaan myös etäisyyden kasvaessa lähimmästä julkisen liikenteen kuten raideliikenteen asemasta. VINEX-politiikan olennainen osa on myös se periaate, että julkisen liikenteen palvelujen tulee kasvaa samassa tahdissa asuntojen määrän kasvun kanssa eikä vasta sitten kun alue on valmis. Tämä on nähty olennaiseksi keinoksi siinä, etteivät alueelle muuttavat asukkaat heti alusta alkaen totu vain henkilöauton käyttöön, jolloin siitä on vaikeampi irroittautua myöhemmin vaikka julkisen liikenteen palvelut olisivat erinomaisetkin. Petter Næss totesi saman ilmiön väitöskirjas-

¹⁹ Ruotsin tielaitos (Svenska Vägverket) suosittelee samaa politiikkaa. Hollannissa on vastaava mutta moniportaisempi strategia alkaen kaupunkisuunnittelusta (spatial and urban planning), maksu- ja pysäköintipolitiikoista (paying and parking) ja jatkuen liikenteen kysynnän hallinnan (mobility management), julkisen liikenteen (public transportation) ja liikenteen ohjauksen (traffic management) sekä tienhoidon käyttäjävastuun (adoption existing (highway) infrastructure) kautta tieinvestointeihin (new (highway) infrastructure) (Taskinen & Hirvenoja 2007).

saan (Næss 1995): pysäköintipaikkojen runsas tarjonta työpaikkojen lähellä lisää henkilöauton käyttöä ja liikenteen energiankulutusta ja siten vähentää kaupungin ekotehokkuutta.

Tekniset järjestelmät

Pientalojen lämmitysratkaisuissa maalämmön osuus on kasvanut suhteellisen voimakkaasti viime vuosien aikana. Ilmanvaihdon lämmön talteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on rakentamismääräysten mukainen perusratkaisu, ja se on ollut vallitseva ilmanvaihtotapa jo 15–20 vuotta.

Kaukolämpö on asuinkerrostalojen ja toimistojen lämmitystapa, mutta aivan viime vuosina on energiatehokkaiden talojen lämmitysratkaisuksi kehitetty maalämpöjärjestelmiä. Tähän vaikuttaa kaukolämmön epäedullinen hinnoittelu energiatehokkaissa taloissa (kiinteät maksut).

Energiatehokkaiden talojen haasteena on viilennystarpeen pienentäminen. Kun lämmitystarve pienenee, viilennystarve yleensä kasvaa. Passiivisilla keinoilla kuten aurinkosuoja-laseilla tai etelän- ja lännenpuoleisten ikkunoiden varjostuksella saavutetaan jo 50 % viilennystarpeen vähennys.

Rakennusten energiajärjestelmien suunnittelu perustuu suurelta osin vanhan toistoon eli nykyisten käytäntöjen, normien ja määräysten noudattamiseen katsomatta jo nyt saatavilla olevia uudentyyppisiä ratkaisuja puhumattakaan tulevista. Silloin rakennusten energiatehokkuuden parantuminen ei vaikuta mitoitettuun huipputehon tarpeeseen, eli rakennuksissa ei hyödynnetä täysimääräisesti energiatehokkuuden tuomaa mahdollisuutta pienentää järjestelmäkokoja.

Rakennusten vesihuolto perustuu perinteisiin erillisjärjestelmiin. Kaksisivijärjestelmiä on kokeiltu mm. Ylöjärven asuntomessuilla 1996, missä järvivettä käytettiin wc-huuhTELuihin ja pesukoneiden vesipisteisiin.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirastolta saatujen *vesihuoltoverkon* tietojen (vesijohtojen, jätevesi- ja sadevesiviemäreiden johtokartat sekä vesihuollon verkon kapasiteettitilanteen yleiskuvaus) perusteella on mahdollista sanoa, että *vähäinen täydennys- ja lisärakentaminen nykyisen verkon varaan ovat yleensä mahdollisia ilman verkon kapasiteetin laajennuksia*, mutta useamman kerrostalon kohde edellyttää tapauskohtaista lisäselvitystä. Uusilla alueilla lähes koko verkko on rakennettava alusta alkaen, ja eroja alueiden välille syntyy lähinnä siitä kuinka pitkät *kytkentäverkot* (siirto- ja runkojohdot tai vastaavat alueiden väliset verkon osat) tarvitaan. Alueen sisäisen verkon laajuus riippuu lähinnä alueen koosta ja aluetehokkuudesta. Ekotehokkuuteen vaikuttavat tällöin kytkentäverkkojen suhteellinen pituus (m/lisäasukas tai m/lisätyöpaikka), mahdollinen *maaperästä* aiheutuva lisäkustannus (kalliolouhinta tai pehmeiköillä pohjavahvistukset yms.) tai *korkeusasemista* johtuvat laitosinvestoinnit (paineenkorotusasemat tms.).

Kohdealueiden arviointi

Selvitykseen on valittu viisi kohdealuetta, joista koottujen ominaisuustietojen perusteella niiden kehittämisen ekotehokkuutta on arvioitu. Kohdealueet ovat tyypillisiä tapauksia seuraavilta kaupunkirakenteen vyöhykkeiltä (suluissa valittu *esimerkkialue*):

- kantakaupunki (Kallio)
- esikaupunkialueet ja lähiöt (Vuosaari-Mellunmäki)
- täydennysrakennusalueet (Pitäjänmäki)
- uusi alue nykyisen kaupunkirakenteen sisällä/reunassa (Kuninkaantammi)
- uusi alue nykyisen kaupunkirakenteen ulkopuolella (Sipoo²⁰)

Kohdealueiden valintaperusteina on ollut lähinnä se, että ne edustavat riittävästi koko kaupunkirakenteen kirjoa ja että niiden kohdalla esiintyy riittävästi yleispiirteisessä suunnittelun piirissä esiintyviä keskusteluteemoja. Kantakaupungin, esikaupunkien ja lähiöiden osalta esimerkkialueet sisältävät sekä suhteellisen täyteen ja tehokkaasti rakennetun alueen, jossa rakentaminen rajoittuu lähes pelkästään korjaus- ja kunnossapitoon (Kallio) että sellaisen alueen, jossa on mahdollista sekä korottaa nykyisiä rakennuksia että lisätä niihin uusia lisäsiipiä tai piharakennuksia (Vuosaari-Mellunmäki). Täydennysrakentamiskohteena oleva alue on puolestaan sellainen, johon voi (ainakin teoriassa) lisätä uutta rakentamista suhteellisen reilusti verrattuna nykyiseen kerrosalaan – sekä uusina rakennustonteina, uusina rakennuksina vanhoille tonteille että korotuksina ja lisäsiipinä (Pitäjänmäki). Uutena alueena on sellainen, joka edustaa välittömällä kaupunkialueen reunalla tapahtuvaa kaupunkialueen laajenemista, joka voi hyödyntää lähellä olevia infrarakenteita (Kuninkaantammi) että kaupunkirakenteen ulkopuolella oleva uusi alue, joka edellyttää lähes kaiken infrastruktuurin rakentamista (nykyinen Sipoon länsiosa).

Arvioinnit on suoritettu asiantuntija-arvioina käyttäen mahdollisuuksien mukaan hyväksi VTT:n aiempien tutkimushankkeiden sekä niissä käytetyillä laskenta- ja arviointiohjelmilla saatuja tuloksia ja kokemuksia sekä muita tutkimustuloksia, joissa VTT on ollut mukana (mm. KulMaKunta/EFFU, Metka, EcoBalance, COST Action C24: Analysis and Design of Innovative Systems for Low-EXergy in the Built Environment: COSTeXergy, REX).

Ekotehokkuutta lisäävien toimien vaikuttavuus

Suunnittelun edetessä mahdollisuudet vaikuttaa lopputuloksena syntyvän rakennetun ympäristön elinkaaren mukaisiin ekotehokkuus- ym. ominaisuuksiin yleensä vähenevät. Kokonaisvaikutusten kertymäura alkaa kiinnittyä jo hyvin varhain ja liikkumavara pienenee jatkuvasti

²⁰ Sipoolle tarkoitetaan tässä selvityksessä sitä Lounais-Sipoon aluetta, joka siirtyy Helsingin kaupungin hallinnolliseen alueeseen 1.1.2009 alkaen.

päätösten lisääntyessä. Vaikutusmahdollisuuksia voidaan suurentaa vain palaamalla taaksepäin, muuttamalla ja perumalla aiemmin tehtyjä päätöksiä. Yleispiirteisen alueidenkäytön suunnittelun aikana päätetään karkeasti uusien rakennettavien alueiden sijainnista, käyttötaroituksesta ja tehokkuudesta (ks. luku Yleissuunnittelun keinot ja kuva 21). Jätettäessä tietoisesti liikkumavaraa esimerkiksi tehokkuusluvun määrittämisen osalta myöhemmän suunnittelun vaiheisiin siirretään myös vastaavat vaikutusmahdollisuudet yksityiskohtaisen suunnittelun vastuulle.

Ekotehokkuutta lisäävät energiajärjestelmiin liittyvät toimet

Rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen

Rakennusten energiatehokkuudella on merkittävä vaikutus alueen energiapalveluihin. Energiantuotanto- ja jakelujärjestelmän pitää tyydyttää alueella esiintyvät energiankäytön tarpeet. Nykyisen rakennuskannan energiatehokkuutta voidaan lämmitystarpeen osalta parantaa 30–50 %. Toteuttamistapoihin vaikuttavat esimerkiksi rakennusten ulkovaippaa muuttavat toimenpiteet, jolloin pitää ottaa huomioon myös kaupunkikuvaan liittyvät asiat eli rakennusten ulkonäön muuttuminen. Yksinkertaisimmat keinot rakennusten lämmöntarpeen pienentämiseksi ovat:

- Ilmanvaihdon lämpöhäviön pienentäminen uusien ilmanvaihtoratkaisuin (säästöpotentiaali 20–30 %)
- Ulkoseinien lisäeristäminen (15–25 %)
- Käyttöveden kiertojohtojen lämmöneristäminen (10–20 %)
- Patteriverkoston perussäätö (10–15 %)
- Yläpohjan lisäeristäminen (10–15 %)
- Ikkunoiden vaihtaminen (10–15 %)
- Lämmityksen säätöjärjestelmien uusiminen (5–10 %)

Ulkoseinien lisäeristämällä saavutetaan merkittävä lämmitystarpeen pienennys. Lisäeristys on kuitenkin tehtävä ulkopuolelta, jotta siitä saataisiin suurin mahdollinen hyöty. Tämä johtuu lähinnä siitä, että näin voidaan helpommin välttää nykyisen seinärakenteen muutokset koskien höyrynsulkuja ja kylmänsiltojen syntymisen estämistä. Sisätilojen pinta-alat eivät myöskään pienene lisättäessä seinän paksuutta ulospäin.

Energiatehokkuuden parantaminen ei aina johda energiankulutuksen pienentymiseen. Osahyöty energiakorjauksista voi kulua sisäilmaston laadun parantumiseen.

Tekniset ja taloudelliset seikat huomioon ottaen olemassa olevan rakennuskannan energiakäyttöä voidaan tehostaa kohtuullisen helposti noin 30 %. Huomattavasti suurempikin säästö on mahdollinen, mutta se edellyttäisi myös ulkoseinien lisäeristystä ja ikkunoiden vaihtoa, jolloin pitää arvioida myös muutoksia julkisivuissa ja kaupunkikuvassa.

Alueellinen energiaomavaraisuus ja polttoaineiden saatavuus

Helsingin kaupungin energiaomavaraisuutta on tarkasteltava sekä kunnallistaloudellisena että energiahuoltoon liittyvänä omavaraisuutena. Energianmyynnissä syntyvä kate, joka tuloutetaan kaupungin talouteen, on merkittävä kunnallistaloudellista omavaraisuutta synnyttävä tulonlähde. Energiantuotannoltaan kaupunki on myös omavarainen. Energiatuotantoon tarvittavan polttoaineen (pääasiassa kivihiilen ja maakaasun) kaupunki joutuu sen sijaan tuomaan kokonaan kaupungin ulkopuolelta.

Polttoainevalinnoilla on merkitystä myös kasvihuonekaasujen syntymisen kannalta. Kivihiili tuottaa yhtä tuottamaansa energiayksikköä (kWh) kohti noin kaksi kertaa enemmän hiilidioksidiekvivalenttikiloja kuin maakaasu ja noin 20 % enemmän kuin raskas polttoöljy (Teknologiapolut 2050). Alueen ”omaa” energiaa on periaatteessa vain luonnonympäristöstä (maasta, vedestä ja ilmasta) lämpöpumpuilla kerättävä lämpöenergia sekä suora aurinkolämpö ja tuulienergia, joiden käyttö on toistaiseksi hyvin pientä kaupungin alueella.

Koko kaupungin alueella on tarjolla kaupungin (Helsingin Energian, Helen) tuottamana sekä lämpöä että sähköä. Kaukoviilennystä on tarjolla kantakaupungin työpaikkatiheydeltään suurimmilla alueilla ja alue laajenee jatkuvasti tulevaisuudessa. Sähköä on markkinahintaan ostettavissa myös muualla tuotettuna valtakunnallisessa sähköverkoissa.

Keskitetyn ja nykyisenkaltaisen energiateknologian ja hintarakenteen olosuhteissa ei Helsingin eri osa-alueiden energiaomavaraisuus ole taloudellisesti eikä energiahuollonkaan kannalta perusteltua. Sekä energiantuotanto-laitoksiin että jakeluverkkoon on investoitu suuria summia ja niiden hyödyntäminen on sen takia perusteltua niiden taloudellisen käyttöajan loppuun asti. Mikäli uudet hajautetut energiateknologiat tulevat taloudellisesti edullisemmiksi kuin nykyiset tai energiankäyttöön ja päästöihin liittyvät määräykset kiristyvät huomattavasti, syntyy mahdollisuus uusia energiahuollon järjestelmiä.

Hajautettuja energiantuotantojärjestelmiä voidaan rakentaa osa-alue- ja kiinteistötasolla. Alueen sijainnista ja muista ominaisuuksista riippuen voidaan hyödyntää aurinko-, tuuli- ja bioenergiaa. Omavaraisuuden saavuttaminen edellyttää energialähteiden ympärivuotista saatavillaoloa ja esimerkiksi bioenergian suhteen riittäviä polttoainetarastojen tiloja. Mitä pienempi on alueen suhteellinen energiankulutus (kWh/kerrosneliö, v) sitä helpompaa on omavaraisuuteen pääseminen.

Tavanomaisen rakentamisen keinoin toteutetun kokonaisen kaupungin tai kaupunginosan energiantarve on niin suuri, että etenkin biopolttoaineisiin perustuvan tuotannon edellyttämä polttoainehuolto muodostuisi jo liikenteelliseksi ongelmaksi. Esimerkiksi Helsingin Energian kaukolämmön hankinta oli vuonna 2007 noin 6800 GWh, kun koko Suomen pellettituotannon lämpöarvo oli 2007 noin 1700

GWh. Helsingin suurimman yhteistuotantolaitoksen vaatima pellettimäärä vastaisi likipitäen koko Suomen nykyistä pellettituotantoa. Hakkeena määrä olisi vielä suurempi. Suomen koko pelletin tuotanto oli vuonna 2007 noin 350 000 tonnia, josta suurin osa meni vientiin (Kempe 2008).

Lämmön, sähkön ja kylmän tuotanto sekä jakelu

Nykyiset lämmön ja sähkön suuret yhteistuotantolaitokset tuottavat korkealämpöistä kaukolämpöä (lähtölämpötila $>+120\text{ }^{\circ}\text{C}$). Jos energian tarve laskisi huomattavasti, voitaisiin kaukolämpöä jakaa matalammassa lämpötilassa ($+65\text{ }^{\circ}\text{C}$). Silloin myös jakeluverkon häviöt laskisivat jonkin verran. Alempi menoveden lämpötilataso edellyttäisi kuluttajalaitteiden uusimista. Jos rakennusten lämpöenergian tarve laskisi 50 % tai enemmän, ei nykyisen kaltainen kaukolämpöjärjestelmä olisi enää mielekäs. Siinä tilanteessa tarvittaisiin jo nykyisistä teknologioista selvästi poikkeavia ratkaisuja.

Helsingin Energian yhteistuotantolaitokset käyttävät kivihiiltä peruspolttoaineena. Kivihiilen korvaaminen nykyisen suuruudessa tuotantotilanteessa ei ole ongelmallista. Sopivia korvaavia ja hintatasoltaan kohtuullisia kiinteitä polttoaineita ei nykyisen laajuiseen tuotantoon ole.

Jos energiantarve Helsingin kaukolämpöalueilla laskisi puoleen, voitaisiin siirtyä aluelämpöratkaisuihin. Nämä yhdessä voivat muodostaa kaukolämmön tuotantoverkon. Suurten yhteistuotantolaitosten käyttöaste on tässä tilanteessa jo niin matala, että niiden alasajo saattaisi tulla kyseeseen.

Kaukolämpöverkkoon voi uudessa tilanteessa liittyä useita tuottajia. Myös mahdolliset hukkalämpöä tuottavat teollisuuslaitokset voivat tuottaa lämpöä järjestelmään. Itse kaukolämpöverkko toimii siten yhdistettynä energiavarastona ja jakeluverkkona.

Kaukoviilennyksen ratkaisuna on absorptiotekniikka. Jäähdytyksen liittäminen osaksi kaukolämpöjärjestelmää parantaisi sen kannattavuutta.

Kaukolämpöalueen ulkopuolella olevat alueet voivat käyttää erilaisia maalämpö- ja kylmäratkaisuja. Mitä harvempi rakenne ja mitä kauempana runkoverkoista alue sijaitsee (esimerkiksi saaristossa), sitä edullisemmiksi tulevat maasta tai merenpohjasta energiaa hyödyntävät lämpöpumput. Elinkaaritarkastelujen perusteella maalämpöön perustuvan tuotetun energian hinta/kWh on kaukolämpöä tai suoraa sähkölämmitystä edullisempi.

Kaukolämpö- ja -kylmäjärjestelmät

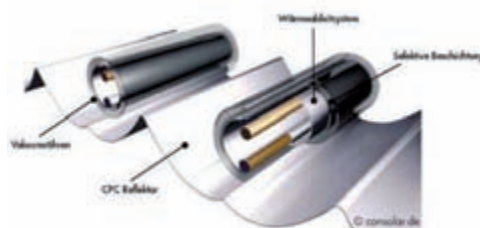
Lämmön ja sähkön yhteistuotanto nostaa laitoksen polttoainehyötysuhdetta. Uusien maakaasua käyttävien laitosten hyötysuhde on jo yli 90 %, eli voimalaitoksessa polttoaineen energiasisällöstä yli 90 % pystytään muuntamaan energiaksi. Uusien kaukolämpöjärjestelmien jakeluhäviö on alle 10 % ja sähkönjakelun häviö alle 5 % tuotetusta energiasta. Vaikka polttoainehyötysuhde on korkea, voivat laitoksen päästöt olla suuret. Esimerkiksi Helsingin Energian Vuosaaren B-voimalaitoksen ja Hanasaaren B-voimalaitoksen CO₂-päästöt ovat Suomen 6. ja 8. suurimmat (Tekniikka & Talous 18.4.2008).

Kaukolämpö on kaupunkien ja taajamien lämmitysmuoto. Se on perusteltu vaihtoehto olemassa olevan, suhteellisen energiatehottoman rakennuskannan lämmöntarpeen kattamiseen. Kaupunkimainen rakenne, jossa kuluttajat ovat lähellä toisiaan, tukee kaukolämpöratkaisuja.

Kaukokylmä soveltuu suuren jäähdytystarpeen kattamiseen. Toimistokiinteistöt ovat kaukokylmän merkittävin asiakasryhmä. Absorptiotekniikalla tapahtuvan jäähdytyksen kehittäminen parantaisi kaukolämmön kilpailukykyä tilanteessa, jossa kaukolämmön tarve laskee energiatehokkuuden parantuessa. Samalla kuitenkin jäähdytystarve voi kasvaa.

Hajautetut energiajärjestelmät

Hajautetulla energiajärjestelmällä tarkoitetaan energiaratkaisua, joka palvelee suhteellisen pientä aluetta tai taloryhmää (kuvat 48–60). Tällaisia energiaratkaisuja voivat olla aluelämpölaitokset, maalämpöverkot, paikalliset tuulivoimalaitokset, yhtä tai useampaa taloa tai taloryhmää palvelevat aurinkosähköratkaisut tms. (vrt. kuvat 65–66). Hajautetut ratkaisut voidaan kytkeä toisiinsa, jolloin energiaressurssin jako alueiden kesken on mahdollista.



Kuvat 48–50. Esimerkkejä hajautettujen energiajärjestelmien rakenneosista (vasemmalta: pellettejä käyttävä pienikokoinen lämpökattila, aurinkoenergialla toimiva lämpimän veden putkisto sekä pienikokoinen yhdistetty tuulivoimala ja PV-aurinkopaneeli) (Dunster 2007).



Kuvat 51–60. Esimerkkejä tuuli- ja aurinkovoimaloiden mahdollisista sijoittelupaikoista kaupunkirakenteessa (BDSP Partnership Ltd ja Dunster 2007.)

Esimerkki hajautetusta energijärjestelmästä on Vaasan asuntomesualueen maalämpöverkko, jossa alueen talot hyödyntävät yhteistä maalämmön keruuverkkoa liittymällä siihen joko omilla tai taloryhmäkohtaisilla lämpöpumpuilla.

Aluekohtaiset lämpölaitokset voivat hyödyntää kesällä aurinkolämpöä tuotettuna joko talokohtaisesti tai keskitetysti. Talokohtaisen tuotannon hyötynä on pienempi jakeluhäviö.

Keskitetty energijärjestelmä palvelee suurta joukkoa kiinteistöjä. Kaupunkien lämmön ja sähkön yhteistuotanto on tyypillinen keskitetty energiaratkaisu, koska kaukolämmön jakelu ei ole taloudellista pienelle määrälle kiinteistöjä suurten kiinteiden investointien takia.

Keskitetyn ja hajautetun järjestelmän perusero on hajautetun järjestelmän energiantuottajien riippumattomuus toisistaan. Tämä turvaa talojen tai taloryhmien energiansaannin, vaikka toisissa hajautetuissa järjestelmissä ilmenisi toimintahäiriöitä. Ongelmana voi kuitenkin olla hajautetun sähköntuotannon turvallisuus, jos hajautettu tuotanto on liitetty paikallisverkoksi. Koko järjestelmä on kytkettävä pois päältä, jos yhden tuottajan järjestelmässä on ongelmia.

Hajautettu lämmön tuotanto soveltuu parhaiten alueille, jossa ei ole kaukolämmityksen mahdollisuutta. Myös pienen energiantarpeen kiinteistöissä hajautettu tuotanto on perusteltua ainakin niin kauan, kun kaukolämmityksen hintarakenne ei tue energiatehokkaan talon liittämistä kaukolämpöverkkoon.

Matalaenergia-alueet

Matalaenergia-alueella tarkoitetaan aluerakentamiskohdetta, jonka koko alueen energiantarve on tavanomaista vastaavaa aluetta pienempi. Tällöin yksittäisten talojen energiantarve voi vaihdella, ja energiatehokkuutta voidaan parantaa siellä, missä se on teknisesti ja taloudellisesti mielekkäintä.

EU:n 4. puiteohjelman hankkeessa EcoCity - Urban Development towards Appropriate Structures for Sustainable Transport kehitettiin mittaristo aluerakentamisen energiantarpeen arvioimiseksi. Mittaristo perustuu koko alueen energiantarpeen ja energiaratkaisusta aiheutuvien päästöjen luokitteluun energiamerkinnällä A - E, jossa luokka D vastaa tavanomaista uutta aluekohdetta. Mittaristo vastaa EcoCityn kokonaisuutta koskevia kriteerejä ja indikaattoreita (liite 3). Tämänkaltaista luokitus- ja arviointijärjestelmää voitaisiin soveltaa viitetiedostona myös Helsingin alueella vertailtaessa eri osa-alueita keskenään ja asetettaessa tavoitteita alueiden energiatehokkuuden kehittämiseksi. Samalla syntyisi mahdollisuus tehdä kansainvälisiä vertailuja.

Matalaenergia-alueilla voidaan hyödyntää hajautettuja energiaratkaisuja. Aluelämpölaitokset ovat silloin riippumattomia muista lämpöverkoista. Kun alueen energiatehokkuus on hyvä, saavutetaan tavanomaista pienempi huipputehon tarve, joskin asuinalueilla lämpimän

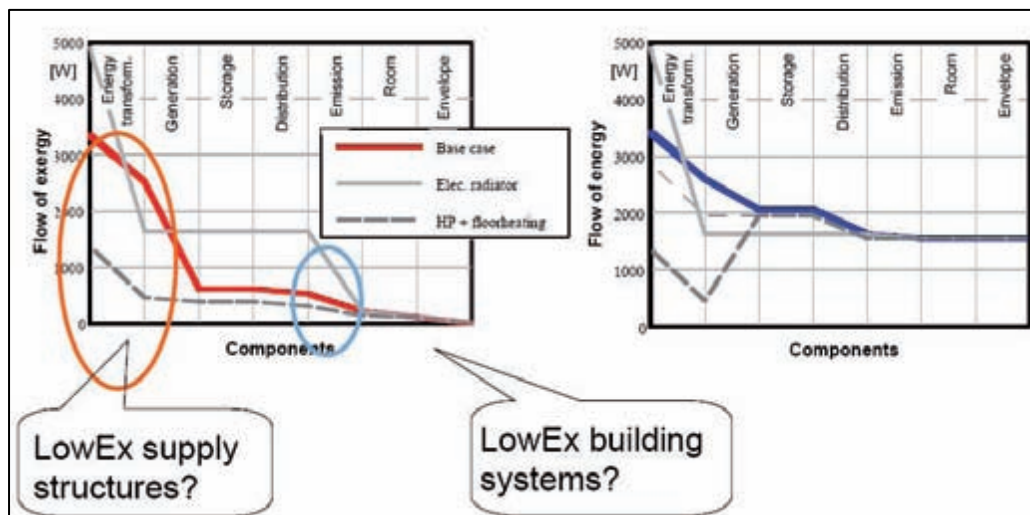
veden energiantarve määrittää verkoston mitoituksen. Siksi myös käyttöveden energiansäästöön on kiinnitettävä huomiota.

Matalaexergia-alueet

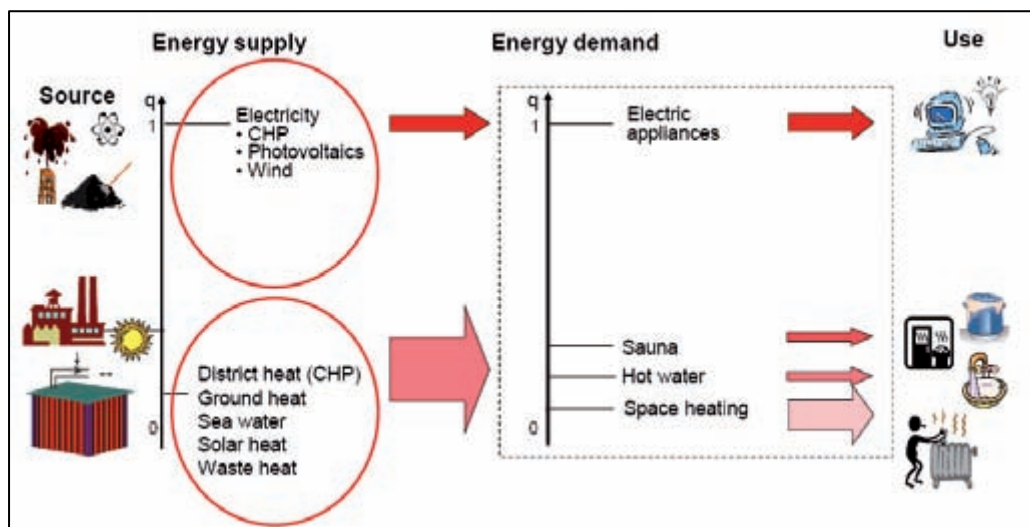
Matalaexergisessä kokonaisratkaisussa haasteena on saada energian tarve ja tuotanto kohtaamaan toisensa optimaalisesti (kuvat 61–62). Kaukolämpöinfraalla varustetuissa kiinteistökannoissa pärjätään pitkällä aikavälillä jopa $+65\text{ °C}$:lla kaukolämpövedellä, koska lämmin käyttövesi sanelee tarvittavan lämpötilatason. Nykyistä kaukolämpöinfraa voidaan siis käyttää laajempien kiinteistömassojen lämmittämiseen tekemällä sivuhaaroja tai jatkamalla kaukolämpöverkostoa. Kaukolämmön jakeluyhtiöiden pohdittavaksi jää kuinka rakennusten tarvitseman $+65\text{ °C}$:n veden jakelu hoidetaan (lämpö paluuputkesta, meno- ja paluuveden sekoitus tms.).

Kevät- ja kesäaikana käyttöveden lämmitystarve pystytään tyydyttämään aurinkolämmöllä. Samaan aikaan tarjolla on kuitenkin edelleen sähköntuotannon sivutuotteena syntyvää tuotantokustannuksiltaan halpaa kaukolämpöä. Energiayhtiöiden ja niiden omistajien tilanne- ja tulevaisuudennäkymien arvioinnista riippuu, tulevatko hajautetun energiantuotannon mahdollisuudet osaksi energiayhtiöiden liiketoimintaa ja jos niin millä aikatahtimella. Kiinteistöt voivat myös itse ottaa hajautettuja energiajärjestelmiä omaan käyttöönsä, jolloin keskitetyn kaukolämmön ja sähkön kysyntä laskee. Kaukolämpöalueilla aurinkolämmön hyödyntäminen on energialiiketoiminnan kannalta epäedullista, jos kaukolämpöä on "yllin kyllin" käytettävissä ja energiatariffit ovat nykyisellä tasolla. Energiatariffien alentaminen kaukolämmön kiinteän maksun ja muuttuvan osuuden osalta pitäisi kaukolämmön kilpailukykyisenä pitkään.

Energiaintensiivisten palvelujen (tilojen lämpöolojen tuottaminen, lämmin käyttövesi) erilaatuisesta energiantarpeesta johtuen rakennusten sisäisten laitejärjestelmien sarjaan- ja takaisinkytkentäratkaisut tulevat yleistymään. Tämä siitä syystä, että laatuenergiaa pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Samansuuntainen trendi pätee myös alueellisella tasolla rakennusten kesken. Toisin sanoen, jo kertaalleen käytettyä energiaa (kulutettua exergiaa) tullaan käyttämään sellaisissa rakennuksissa, joiden palvelutason tämä käytetty energia pystyy vielä tyydyttämään.



Kuva 61. Energian laatutasot pitää saada kohtaamaan energian tuotannossa ja käytössä. Perinteinen energia-analyysi (oikea kuva) ei paljasta energiajärjestelmän heikkoa kohtaa laatuenergian käytön kannalta. Exergia-analyysi (vasen kuva) puolestaan osoittaa, että energian tuotantoratkaisu on laatuenergian käytön kannalta heikoin lenkki. Exergiatehokkaassa järjestelmässä pitää käyttää mahdollisimman paljon uusiutuvia energialähteitä ja prosessien jäte-energiälähteitä. Kuva: Fraunhofer Institut.



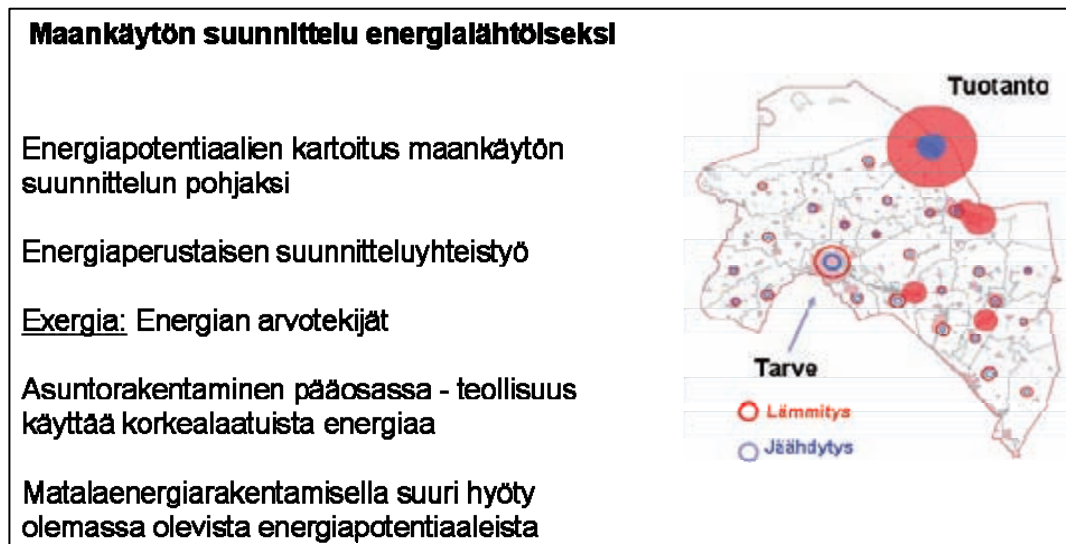
Kuva 62. Rakennuksiin liittyvien palvelujen tuottamisessa (tilojen lämmitys, jäähdytys, lämmin käyttövesi, ilmastointi) pitää tulevaisuudessa ottaa entistä enemmän huomioon se, minkä laatuinen energia pystyy tuottamaan ne. Tarvitaan siis määrällisen tarkastelun lisäksi laadullista tarkastelua. Kuva: VTT.

Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat tietysti käytettävät rakenne- ja laitejärjestelmäratkaisut. Enemmän huomiota tulisi kuitenkin kiinnittää alueen rakenteeseen kaiken kaikkiaan, maankäytön suunnittelusta lähtien (kuva 63).

Olisi hyvä miettiä, millaiset luontaiset edellytykset energiatehokkaalle rakentamiselle on alueen sisällä. Tähän kuuluu muun muassa se, miten talot asemoidaan ja mistä kohtaa aluetta maalämpöä (lämpöä tai viilennystä) otetaan. Lisäksi on selvitettävä, millaisia vaikutuksia energiatehokkaalla rakentamisella on alueen infraan. Asuinalueella

voi olla esimerkiksi keskitettyjä minivoimalaitoksia, joissa operoidaan niin lämpöä, sähköä kuin viilennystäkin.

Tavoitteena on suunnitella kokonaiset asuinalueet luonnonvarojen kannalta lähes nollaenergia-ratkaisuiksi. Energiatehokkuus tulisi suunnitella alueeseen, sen imagoon ja rakenteeseen sopivaksi integroiduksi ratkaisuksi. Se edellyttää tasapainoilua ja optimointia alueen eri osien välillä.



Kuva 63. Alueellisessa energiasuunnittelussa tavoitteena pitää olla optimaalinen kokonaisratkaisu, missä uusiutumattomia luonnonvaroja käytetään mahdollisimman vähän ja kokonaisuuden kannalta elinkaariedullisesti. Esimerkiksi teollisuus- ja palvelurakennusten jäte-energioiden hyödyntäminen kuten myös maaperän lämmön tai kylmän tarkoituksenmukainen hyödyntäminen vaikuttavat tällöin rakennusten sijoitteluun alueella. Kuva: VTT, TU Delft.

Uuden tietotekniikan hyödyntäminen

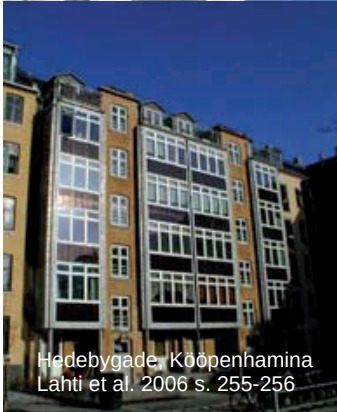
Uuden tietotekniikan hyödyntämistä on syytä selvittää sekä energiajärjestelmien että koko kaupunkirakenteen toiminnan ohjaamisessa entistä ekotehokkaampaan suuntaan. Jokapaikan tietotekniikka (ambient intelligence, ubicom) ja läsnä-äly (telepresence) ovat kovaa vauhtia yleistymässä kaikilla elämänaloilla. Näitä mahdollisuuksia on syytä hyödyntää myös rakentamisen ja toimintojen ohjaamisessa ja ekotehokkuuden parantamisessa. Anturit, seuranta- ja ohjausjärjestelmät, automatiikka ja älykkyys tulevat olemaan olennaisia osia esimerkiksi rakennusten talotekniikkajärjestelmien ja liikenteen ohjauksessa.

Suosituksia ekotehokkuutta lisääviksi toimenpiteiksi yleissuunnittelussa

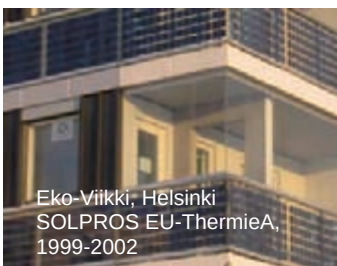
Tarkastelu on tehty sekä yleisellä tasolla että soveltuvien osien valittujen viiden kohdealueen näkökulmasta. Sekä kantakaupungin, esikaupunki- ja täydennysrakennusalueiden kohdalla korostuvat seuraavat neljä perustrategiaa ekotehokkuuden lisäämiseksi:

- 1) nykyisen rakennuskannan energiatehokkuuden lisääminen korjaus- ja perusparannustoiminnoilla kaikilla kaupunkialueilla
- 2) lisärakentamismahdollisuuksien tarkka alueittainen analyysi, jotta asumisväljyyden noususta johtuva asukasluvun (asukastiheyden) lasku saataisiin pysäytetyksi ja jopa käännettyksi nousuun, jolloin palvelujen kannattavuutta saataisiin lisättyä ja alueen ulkopuolelle suuntautuvien ostos- ym. asiointi- ja vapaa-ajan matkojen määrää vähennettyä (erityisesti henkilöautoliikenteen osalta).
- 3) aluekohtaisten (räätälöityjen) kehittämissuunnitelmien määrittely (millä keinoilla ekotehokkuutta voidaan nopeimmin ja edullisimmin lisätä kullakin alueella?)
- 4) energiajärjestelmien kehittämissuunnitelmat (keskitetty ja hajautettu järjestelmä, kaukolämmön ja -kylmän hyödyntämisenäköalat, millä alueilla mitään ja missä suhteissa?)

Kantakaupungin alue: esimerkkinä Kallio



Hedebygade, Kööpenhamina
Lahti et al. 2006 s. 255-256



Eko-Viikki, Helsinki
SOLPROS EU-ThermieA,
1999-2002

Kantakaupungin lämpöhuolto perustuu myös tulevaisuudessa kaukolämpöön riippumatta siitä millainen järjestelmä tulevaisuudessa on. Hajautetun energiaratkaisun kehittäminen pääasiallisesti energiantuotantomuodoksi tiiviillä kaupunkialueella ei ole lähitulevaisuudessa mielekäästä. Aurinkosähköpaneeleita voidaan silti lisätä rakennusten katoille tai julkisivuihin ja täydentää energiantuotantojärjestelmiä kasvavan sähköntarpeen tyydyttämiseksi.

Aurinkosähköön kiinteistökohtainen tuotanto voidaan toteuttaa joko energian tuottajan tai kiinteistön omistajan toimesta. Molemmissa tapauksissa aurinkopaneeli voi olla kytketty yleiseen sähköverkkoon kantaverkkokytkimellä, jolloin se tuottaa lisää sähköenergiaa yleiseen verkkoon tehdyn kahdenvälisen sopimuksen mukaan. Edellisessä vaihtoehtoehdossa kiinteistö tarjoaa energiantuottajalle "ilmaisen" energiantuotantoalustan, jonka perusteella energiantuottaja asentaa ja omistaa laittensa sovitussa paikassa ao. kiinteistössä ja ehkä saa tietyn hyvityksen ostamastaan sähköenergiasta. Jälkimmäisessä vaihtoehtoehdossa kiinteistön omistaja omistaa aurinkopaneelin ja tarjoaa energiayhtiölle tuottamaansa sähköenergiaa. Kolmas vaihtoehto on se, että kiinteistö tuottaa sähköenergiaa vain omaan tarpeeseensa, esimerkiksi lataamalla akkuja, joilla syötetään kiinteistön omaa valaistusverkkoa, joka voi perustua vähän sähköä kuluttavaan 12–24 V halogeeni- tai led-valaisimiin. Kiinteistön oma "vihreä energiantuotanto" voitaisiin periaatteessa ottaa huomioon myös kiinteistön energiatodistuksessa lisäansiona.

Rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa ensisijaisesti talotekniikkaan (lämmitys-, vesi- ja ilmanvaihtojärjestelmiin) ja sen toimintaperiaatteisiin kohdistuvilla toimenpiteillä. Näillä saadaan rakennusten lämmityksen energiantarvetta pienennettyä 15–30 % rakennuksesta riippuen. Lisäksi yläpohjan läisäeristäminen, ikkunoiden ja rakennusten ulkovaipan tiivistäminen pienentävät energiantarvetta.



Hedebygade, Kööpenhamina
Lahti et al. 2006 s. 255-256

Etelään ja länteen suuntautuvien ikkunoiden aurinkosuojuuksella pienennetään jäähdytystarvetta. Näin vältetään myös lisävarusteina ostettavien ilmanjäähdyttimien tarpeettomilta hankinnoilta ja niitä vastaavilta sähkönkulutuksen lisäkasvuista. Erityisen tarpeelliseksi tämä tulee passiivitaloissa, joissa jo pelkästään sähkölaitteista muodostuva ylimääräinen lämpö synnyttää jäähdytystarpeen.

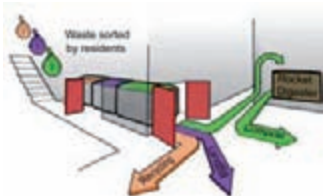
Kiinteistöjen korjaus- ja parannustoimenpiteet voidaan rahoittaa esimerkiksi tonttikohtaisesti harkittavilla *lisärakennusoikeuksilla*, joita asunto- ja kiinteistöyhtiöt voivat vapaasti myydä. Tiiviisti rakennetun kantakaupungin alueella lisärakentamismahdollisuudet ovat kuitenkin aika vähäisiä verrattuna muihin alueisiin. Nykyisissä asemakaavoissa ei yleensä ole juurikaan jäljellä käyttämätöntä rakennusoikeutta.



Taipuisa PV-paneeli, joka voidaan laminoida suoraan peltikattoon esim. katon uusimisen yhteydessä (kuva PL)

Lisärakentaminen edellyttää useimmissa tapauksissa kaavamuutoksia, jossa lisärakentamismahdollisuudet käydään tonttikohtaisesti läpi. Käyttötarkoituksen muutokset ovat myös eräs mahdollisuus lisätä asukkaita alueille, jossa on aiemmin ollut esimerkiksi teollisuus- tai varastotoimintaa. Alueelle muuttavat lisäasukkaat tuovat lisää asiakkaita alueen palveluille (tai hidastavat asumisväljyyden kasvusta johtuvaa väestön vähenemistä), mikä lisää palvelujen kannattavuutta. Lisäasiakkaat vähentävät tarvetta kannattavaisuussyistä tapahtuville palvelujen lopettamisille ja pidentävät niiden elinaikaa alueella.

Päivittäistavarakaupan ja muiden lähipalvelujen yksiköiden säilyminen alueella lisää kaupungin ekotehokkuutta kahdella tavalla: ostomatkat ovat lyhyempiä ja voidaan tehdä useammin kävellen, polkupyörällä tai joukkoliikenteen avulla (henkilöauton käytön sijaan). Kalliossa on tällä hetkellä hyvin alhainen henkilöauton omistustiheys osittain väestörakenteen takia (paljon opiskelijoita ja muita nuoria sekä ikääntyneitä asukkaita) ja osittain hyvän lähipalvelutarjonnan ansiosta. Lisärakennusoikeuksia voidaan suositella erityisesti alueille, joilla on tapahtumassa tai näköpiirissä palvelujen vähentymistä tai muiden toimintojen siirtymistä muualle. Lisää rakennusoikeutta on mahdollista toteuttaa paitsi lisärakennuksina silloin kun tontilla tai muilla alueilla on tilaa niin nykyisten rakennusten lisäkerroksina, ullakko-, pohjakerrostilojen, varasto- ym. piharakennusten käyttöönottoina asumis- tai toimitilarakentamiseen.



Dunster 2007

Tiiviin kaupunkirakenteen jätehuolto voidaan kehittää omaksi järjestelmäkseen. Rakennuksista lajitellut jätteet voidaan kuljettaa imuputkiverkossa koontipaikkaan, josta jäte kuljetetaan jätehuoltopisteisiin. Ratkaisu vähentää jäteautojen liikennettä ja siitä aiheutuvia haittoja erityisesti kapeilla asuntokaduilla. Jätehuoltoputkiston ekotehokkuuden ja muiden vaikutusten vertailu on syytä tehdä aluekohtaisesti ennen valintoja.

Esikaupunkialueet: esimerkkinä Vuosaari-Mellunmäki

Nykyisen rakennuskannan energiataloudellinen korjaamisessa pätevät samat periaatteet kuin kantakaupungin alueella.

Palvelutason säilyttäminen ja kasvattaminen on samoin toinen tärkeä toimenpide alueen ekotehokkuuden nostamiseksi.

Esikaupunkialueilla lisärakentamismahdollisuudet ovat suurempia kuin kantakaupungissa. Palvelujen kannattavuutta on tästä syystä helpompi lisätä ja parantaa alueen ekotehokkuutta vastaavasti. Asu-
misväljyyden kasvun takia tapahtuva asukaspohjan vähentyminen voidaan torjua periaatteessa samoilla tavoilla kuin kantakaupungissa: lisärakentamisen avulla. Osa esikaupunkialueista on jo nyt täydennysrakentamiskohteina, jolloin lisärakentaminen on jo valmiiksi suunniteltua. Tämäkään ei tarkoita sitä ettei senkin jälkeen olisi mahdollista lisätä rakentamista ao. alueilla. Kyse on siitä, kuinka tarkkaan täydennysrakentamismahdollisuudet on kartoitettu ja siitä mitä pidetään sopivana ”ylärajana” alueen sisäiselle lisärakennusoikeudelle. 1990- ja 2000-luvulla on Helsingin kaupungin alueella otettu jatkuvasti uusia pienehköjä täydennysrakennusalueita kaikissa kaupunginosissa (Helsingin kaupungin Kaavoituskatsaus 2007). Osa täydennysrakentamisesta (kuten Ruoholahti, Pikku-Huopalahti, Herttoniemen ranta tai Jätkäsaari) on jopa melko suuria alueita, mutta niiden osuus tulevasta rakentamisesta ei voi tulevaisuudessa olla enää kovinkaan suuri. Esikaupunkialueiden täydentäminen reuna-alueita laajentamalla ja alueen kokoa kasvattamalla on mahdollista silloin kuin reunoilla ei ole ehdottomia rajoja.



Kööpenhaminan tuulipuisto
Lahti et al. 2006 s. 175



Kotkan edustan tuulivoimalat

Kaukolämpöverkon kapasiteettia voidaan lisätä, jos se on ekotehokkaampaa kuin hajautettujen järjestelmien lisääminen. Merialueiden, merenranta-alueiden ja etelään tai lounaaseen suuntautuvien rinteiden ja rakennuspintojen hyödyntämistä tuuli- ja aurinkoenergian tuottamiseksi olisi syytä tutkia. Keskitettyjen energiajärjestelmien ekotehokkuuteen vaikuttavat käytetyt polttoaineet (kivihiili, maakaasu, biopolttoaine) ja sen kuljetuksen ja varastoinnin aiheuttamat tilatarpeet, liikennemäärät ja niistä aiheutuvat energia- ja päästövaikutukset. Kaukolämmön pääverkon oheen voidaan kehittää uusiutuvaan energiaan (aurinkoon, tuuleen, maa- ja vesilämpöön) perustuvia alueverkkoja, jotka hyödyntävät pääverkkoa.

Jätehuollossa kierrätystä ja lajittelua voidaan lisätä. Viimeksi mainittu edellyttää kotien ja kiinteistöjen jätehuoltoon liittyvien kalusteiden ja tilojen uudelleen järjestelyjä.

Täydennysrakennusalueet: esimerkkinä Pitäjänmäki

Nykyisen rakennuskannan energiatalouden korjaamisessa pätevät samat periaatteet kuin kantakaupungin ja esikaupunkien alueella.

Palvelutason säilyttäminen ja kasvattaminen on samoin toinen tärkeä toimenpide alueen ekotehokkuuden nostamiseksi.

Täydennysrakennusalueilla lisärakentamismahdollisuudet ovat vielä suurempia kuin esikaupunkialueilla. Palvelujen kannattavuutta on täs-



Aurinkosähköä ilman kauko- tai keskusämmitystä kaupungissa. East London Bow (Dunster). Towards 2005.



Hiljainen pystyroottori Dunster 2007

tä syystä (ainakin periaatteessa) vielä helpompi lisätä ja parantaa alueen ekotehokkuutta vastaavasti.

Täydennysrakentaminen voi energiajärjestelmien osalta perustua myös kaukolämmön paluuveden käyttöön rakennusten lämmittämisessä. Rakennusten hyvä energiatehokkuus parantaa paluuveden hyödynnettävyyttä nykyisen kaltaisessa järjestelmässä.

Käyttövedelle on mahdollisesti lisättävä varmistus riittävän lämpötilatason ylläpitämiseksi. Aurinkolämmöllä tai biopolttoaineilla tuetut alue-energiaratkaisut soveltuvat myös täydennysrakentamiseen. Energiantuotantolaitoksen paikka on suunniteltava sen mukaan, missä on edullimmat olosuhteet auringonvalon saannille tai biopolttoaineiden kuljetuksille ja varastoinnille.

Myös tuulienergian käyttöä kaupunkialueilla ml. rannikko- ja merialueet voidaan harkita, mikäli tuuliolosuhteet ovat suotuisia ja käytettävät roottorit ovat (tuottamansa mahdollisen esteettisen haitan, äänen, varjojen ym. syiden takia) ympäristöön sopivia ja turvallisia. Tuulimyllyistä voidaan saada myös esteettisesti kiinnostavia, vanhaan ympäristöön sopivia ja vaarattomampia, jos käytetään pystysuuntaisia tai muita uudentyypisiä roottorimalleja.

Täydennysrakentaminen voi lisätä keskitettyjen jätehuoltoratkaisujen kannattavuutta. Samalla jäteautoliikenne vähenee.

Uudet alueet 1: esimerkkinä Kuninkaantammi

Uudet alueet on syytä rakentaa hyvin energia- ja ekotehokkaiksi, jopa niin, että sovelletaan sellaisia rakentamisen normeja, joiden arvioidaan tulevan voimaan vuoden 2010 jälkeen. Kun uudet kaupunkirakenteen sisällä olevat alueet suunnitellaan ja toteutetaan energiatehokkaiksi, ne voivat hyödyntää kaukolämpöä alemmalla lämpötilatasolla (matalaexergiaratkaisuina).

Myös hajautetut energiaratkaisut soveltuvat näihin kohteisiin. Mikäli kaukolämmön runkolinjat sijaitsevat epäedullisesti uuden alueen painopisteeseen nähden, voidaan käyttää maalämpöverkkoihin perustuva lämmönjakelua (Kuninkaantammen tapauksessa kaukolämpöverkon laajentamiselle näyttää olevan riittävät perustelut). Hajautettu energiaratkaisu voi olla maalämpöön, biovoimalaitokseen, tuulivoimaan tai rakennuksiin liitettyihin aurinkolämpöön ja -sähköön perustuva energiajärjestelmä.

Uusien alueiden omavaraisuuteen palveluvarustuksen suhteen pätee sama kuin kaikkialla muualla kaupunkialueella: mitä vähemmän päivittäistavaraostoksia ja muita lähipalveluja joudutaan hakemaan alueen ulkopuolelta, sitä vähäisemmäksi muodostuu henkilöautoon perustuva, muita liikennemuotoja ekotehottomampi liikennesuorite. Omavaraisuutta parantaa alueen asukas- ja työpaikkamäärän riittävän suuri koko ja tiiveys. Kuninkaantammen alueella väestöpohja riit-

tää peruspalveluihin, mutta ei vastaavaan palvelutasoon kuin esimerkiksi Vuosaaressa. Tällöin syntyy riittävän suuri asiakaspohja riittävän lähelle palvelupisteitä ja syntyy mahdollisuus liikkua jalan tai polkupyörällä.

Uudet alueet 2: esimerkkinä Lounais-Sipoo

Lounais-Sipoo on esimerkki alueesta, joka tullaan rakentamaan lähes alusta alkaen uutena alueena. Nykyisin jo rakennetut alueet (kuten Landbo ja Karhusaari) ovat vain pieniä osia tulevasta uudesta kaupunkirakenteesta. Uudet kaupunkirakenteen ulkopuolella olevat asuin- ja työpaikka-alueet voivat periaatteessa perustua joko keskitettyihin tai hajautettuihin energiaratkaisuihin. Keskitetty järjestelmä tarkoittaisi liittymistä Helsingin muuhun kaukolämpöverkkoon. Hajautettu energiaratkaisu voi olla biopolttoaineisiin, maalämpöön, aurinko- tai tuulivoimaan perustuva energiajärjestelmä tai niiden yhdistelmä. Hajautettu energiatuotanto voi olla myös alueellinen (muusta Helsingin kaupungin verkosta irrallinen) kaukolämpöjärjestelmä, jossa energia tuotetaan yhdisteyssä sähkön ja lämmöntuotantolaitoksessa, joka voisi em. uusiutuvien energialähteiden lisäksi tarpeen tullen käyttää polttoaineena maakaasua.



Tervolan pieni CHP-laitos
Lahti et al. 2006 s. 178



korkeisiin rakennuksiin sovellettuja roottoreita
Dunster 2007

Kiristyvien energiamääräysten oloissa uuden alueen rakennukset on syytä toteuttaa nollaenergia- tai nollapäästöperiaatteella. Alueen rakentaminen tulee kestämaan useita kymmeniä vuosia, jolloin nykyiset energiamääräykset ovat muuttuneet jo useampaan kertaan. Tästä syystä rakentamisessa on syytä noudattaa jo valmiiksi paljon nykyisiä tiukempia energiamääräyksiä. Alueen energiahuolto on silloin mitoitettava alueen koko tulevan rakennuskannan perusteella ja rakennusten energiatehokkuuden tavoite on syytä olla passiivitalojen taso. Tällöin kaukolämpöratkaisu voisi perustua myös matalalämpöiseen järjestelmään. Julkisten ja palvelurakennusten suunnittelussa tulee lisäksi löytää keinot sähköenergian tarpeen pienentämiseksi. Sähköenergiaa voidaan tuottaa myös kiinteistökohtaisesti (tuuli- ja aurinkosähköä sekä maa-, ilma- ja vesilämpöpumpuin) kuten muuallakin kaupungin alueella.



Kerrosten välissä toimivat tuuligeneraattorit (D. Fisher 2008)

Ison uuden alueen toteuttamisessa liikennejärjestelmävalinnoilla voivat merkittävästi edistää alueen ekotehokkuutta. Joukko- ja kevyen liikenteen osuuden lisääminen kulkutapavalinnoissa ja henkilöautoriippuvuuden vähentäminen on mahdollista kun asukastiheys on riittävän korkea (asikaspotentiaali riittävän suuri), joukkoliikennepalvelujen taso (vuorotiheys, saavutettavuus, esteettömyys, matkustusmukavuus, asema- ja pysäkkijärjestelyt, liityntäliikenne ym. vaihdot, pysäköintijärjestelyt jne.) tukee asukkaiden arkipäiväisiä valintoja. Joukkoliikennejärjestelmä on syytä toteuttaa etupainoisesti ja riittävän laadukkaana, jotta asukkaat ja alueella työssäkäyvät voivat alusta pitäen tottua senhyväks käyttämiseen.

Ekotehokkuuden lisäämisen suhde kustannuksien ja laadun muutoksiin

Ekotehokkuus on yksi kriteeri monien muiden kaupunkiympäristön rakentamista ohjaavien kriteerien joukossa. Ilmastomuutoksesta johtuen tiukentuvat energiamääräykset asettavat ekotehokkuuden erityisasemaan. Samaan tapaan kuin rakenteiden (kuten pilarien tai palkkien) lujuusvaatimukset otetaan itsestään selvyytenä eikä esimerkiksi esteettisten ominaisuuksien (näkyvän rakenteen paksuuden tai pituuden) vaihtotavarana, ekotehokkuus erityisesti uusiutumattomien polttoaineiden käytön osalta tulee yhä enemmän itsestään selväksi vaatimukseksi. Silloin on etsittävä kaikista mahdollisista yhtä ekotehokkaista ratkaisuksista se, joka voidaan toteuttaa pienimminkin kustannuksin (elinkaariperiaatteella) tai jolla parhaat esteettiset ominaisuudet. Ei ole sellaista sääntöä, että ekotehokas on kallis tai ruma. Hyvien ratkaisujen löytymisessä kysymys on suunnittelun ja tuotekehittelyn taloudellisesta ja esteettisestä innovatiivisuudesta.

Välittömät toimenpiteet

Helsingin kaupungin kehittämisessä ja erityisesti yleispiirteisen suunnittelun roolissa siinä, on erotettavissa karkeasti seuraava toimenpiteiden kiireellisyysjärjestys:

1. Niiden keinojen kartoitus ja toimeenpano, joilla voidaan lisätä nopeasti kiinteistönomistajien kiinnostusta rakennuskannan energiatehokkuuden lisäämiseen. Mikäli ulkoista pakkoa kuten ehdottomasti noudatettavia energiataloudellisen korjausrakentamisen määräyksiä ei valtiovallan taholta synny riittävän nopeasti, on toimenpiteitä edistettävä kunnan toimesta. Kiinteistönomistajia taas ei kuitenkaan voi pakottaa korjaamaan rakennuksiaan, jos siihen ei löydy rahoitusta. Keinoja lisätä rahoitusmahdollisuuksia ovat lisärakennusoikeuksien myöntäminen alue-, kortteli- tai tonttikohtaisina kaavamuutoksina. Lisärakennusoikeus voitaisiin myös määritellä niin, että mitä energiatehokkaamaksi kiinteistö korjataan, sitä suurempi on lisärakennusoikeus. Sen määrä on kuitenkin määriteltävissä vain tapauskohtaisesti, mutta voisi olla jopa useita uusia kerroksia. Energiaa yli oman tarpeen tuottava kiinteistö saa eniten uutta ja myytävää rakennusoikeutta, energian suhteen omavarainen seuraavaksi eniten ja passiivitalo-tasoinen seuraavaksi eniten. Muut eli vähäisempään korjaustasoon tyytyvät kiinteistöt hyötyvät vain alhaisemmista energiakuluista. Energian hinnan noustessa korjaustoimintaan haluttomat kiinteistöt joutuvat jatkuvasti harkitsemaan, korjaavatko kiinteistöään vai maksavatko yhä kalliimpia energialaskuja.



Hedebygade, Kööpenhamina
Lahti et al. 2006 s. 255–

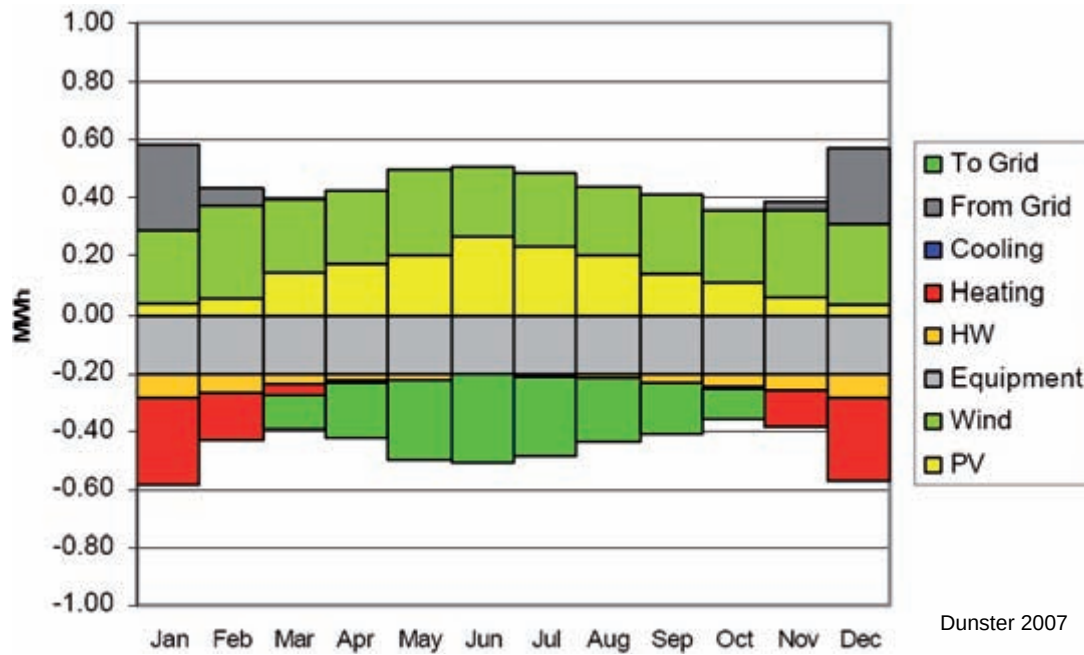
2. Täydennysrakentamismahdollisuuksien entistä tarkempi aluekohtainen kartoitus ja lisääminen. Tämä on keino hyödyntää olevaa infrastruktuuria ja välttää useita ylimääräisiä ekotehokkuutta huonontavia kehityslinjoja. Ilman täydennysrakentamista ja asumisväljyyden jatkuvasti kasvaessa asukastiheys harvenee, perusrakenteiden ja palveluiden alueellinen käyttöaste ja kannat-



BDSP Partnership Ltd.

tavuus laskevat. Samaan aikaan kaukolämpöverkon käyttöaste pienenee koska rakennusten energiatehokkuus paranee. Näitä negatiivisia ja perusrakenteen asiakaspohjaa murentavia kehityskulkuja voidaan ainakin lieventää lisäämällä alueelle uusia asukkaita (tai työpaikkoja). Samalla vältetään vastaava määrä uusien alueiden rakentamista, jotka todennäköisimmin sijaitsevat kauempana, aiheuttavat kalliita perusrakenteiden investointeja, pitkiä etäisyyksiä, suuria liikennesuoritteita ym. ekotehokkuutta huonontavia muutoksia.

3. Hajautetun ja uusiutuviin energialähteisiin perustuvan Helsingin olosuhteisiin soveltuvan energiahuoltojärjestelmän perusteiden tarkistus. EU:n asettama tavoite saavuttaa 20 %:n taso uusiutuvien energialähteiden käytössä vuonna 2020 edellyttää toimia myös Helsingin kaupungin ja kaupunkiseudun osalta. Rakennuskannan energiataloudellinen perusparantaminen tulee pienentämään keskitetyn lämmönjakelun asiakaspohjaa (tai oikeastaan keskimääräisen asiakkaan tarvitsemaa lämpö määrää). Samanaikaisesti kehitetään uusia teknologioita hajautettujen energiatuotantojärjestelmien toteuttamiseksi. Koko kaupunkia (kaupunkiseutua) koskevan energiahuollon perusteet saattavat muuttua ratkaisevasti ja nopeasti. Yleispiirteisen suunnittelun yhteydessä, esim. varattaessa uusia rakentamisalueita tai täydennettäessä ja korjattaessa vanhoja alueita, on arvioita millainen energiahuoltojärjestelmä sopii millekin alueelle, edellyttäkö energijärjestelmien muutos alueellisia varautumisia uusille tuotantolaitoksille, polttoainevarastoille tai kuljetusjärjestelmille tai pitääkö lämmön tai kylmän jakeluverkkojen rakenteita tai alueellista kattavuutta muuttaa jne. Uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäämisen osalta on harkittava, millaisiin kaupunkirakenteen kohtiin minkäkinlaiset aurinko- tai tuulisähkölaitokset sopivat. Maa- ja ilmalämpöä voidaan hyödyntää kaikkialla, mutta merenpohjan sedimenttilämpöä vain ranta-alueilla. Maa-alan tarve on arvioitava myös lämpöpumppuja hyödynnettäessä.



Dunster 2007

Kuva 64. Energiantarve voidaan tyydyttää eri vuodenaikoina monista eri lähteistä, joista uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen jälkeen jää muutamaksi talvikuukaudeksi vain pieni osa esimerkiksi verkosta ostettavalla sähköllä katettavaksi. Kesäaikaan voidaan tuottaa sähköä yli oman tarpeen ja syöttää verkkoon muiden hyödynnettäväksi. Potentiaalin suuruus riippuu paikallisista olosuhteista (auringon paisteen ja tuulien määrästä). Kuvan esimerkki kuvaa Ison Britannian olosuhteita. (Dunster 2007)

8 nyrkkisääntöä kaupunkirakenteen ekotehokkuuden lisäämiseksi

1. älä tuhlaa maata

Käytä rakennettujen kaupunkialueiden *aluetehokkuutena vähintään* $e_a = 0,3$. Tällä tehokkuudella on vielä mahdollista rakentaa matalaa ja tiivistä kaupunkirakennetta. Alle 0,3 aluetehokkuuksilla (varsinkin alle 0,2) perusrakenteen kustannukset nousevat jyrkästi (Lahti 2002). Esimerkkejä kohtuullisen tiivistä mutta silti matalasta asuinalueista ovat Helsingin Puu-Vallila ($e_a = 0,53$,) ja Köökarinkuja ($e_a = e_k = 0,37$), Vanha Porvoo ($e_a = 0,29$), Vanha Rauma ($e_a = 0,34$) ja Jyväskylän Kortepohja ($e_a = 0,39$) (Lahti 2002). Keskusta-alueilla suositus on vähintään $e_a = 1,0$ – $5,0$ riippuen keskuksen koosta. Jos alueen $e_a = 0,3$ tai alle, ei tule sallia kunnallistekniikan rakentamista muuten kuin asukkaiden ja työpaikkojen omalla kustannuksella (aiheuttaja maksaa -periaate) paitsi jos on tehty sitovat toteutuspäätökset, jolla riittävä aluetehokkuus lähivuosina saavutetaan. Älä jätä rakennusalueiden väliin ja reunoille tarpeettomia joutomaavyöhykkeitä. Maapinta-alan kaksinkertaistaminen asukasta kohti lisää liikenteen energiakulua ja puolella. Sama koskee perusrakenteiden (verkostojen) rakentamista.

2. tiivistä ja täydennä olevaa kaupunkirakennetta

Älä kaavoita uusia alueita tuotantovalmiiseen varastoon kuin muutamaksi vuodeksi. Sen sijaan *tiivistä ja täydennä* vajaasti rakennetut alueet ja kartoita ennakkoluulottomasti rakennusoikeuksien lisäämismahdollisuudet ja olevan infrastruktuurin käyttöasteen nostamismahdollisuudet kaikilla rakennetuilla alueilla. Käytä täydennysrakentamisen *kannustimina* esim. lisärakennusoikeuksien myöntämistä, kiinteistöveron määräaikaista alentamista tai porrastamista tehtyjen toimenpiteiden mukaan.



3. hyödynnä raideliikenteen käytävät tehokkaasti

Kartoita kaikki potentiaaliset *raideliikenteen* käytävät ja asemapaikat. *Tehosta käytävien ja asemien lähiympäristön käyttöastetta* vähintään 200 m jalankulkuetäisyydellä. Mikäli alue sopii korkeussuhteiltaan hyvin polkupyörien ja sähköpyörien käyttöön voidaan soveltaa 800–1 000 m etäisyyttä. Lisää mahdollisuuksien mukaan myös uusia ratoja ja asemapaikkoja ja tehosta niiden lähiympäristöä. Tavoitteena tulee olla autoriippuvuuden vähentäminen ja kannattavan joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen osuuksien lisääminen yli 50 %:iin kokonaismatkamäärästä.



4. sekoita asumista ja työtä

Sijoita työpaikkoja asuntojen joukkoon. *Älä salli pelkkien asuntoalueiden tai työpaikka-alueiden rakentamista keskusta-alueiden ulkopuolelle*, vaan edellytä samanaikaista asuntojen ja toimitilojen rakentamista samoille alueille ja samoihin rakennuksiin (poislukien tilaavievät



Helkama

tai ympäristöä häiritsevät tuotannon ja kaupan rakennukset). Sekoitunut rakenne mahdollistaa työskentelyn lähellä asuntoja ja tasaa työmatkaliikenteen meno- ja paluuvirtoja. Sekoittamisen eri muotoihin sisältyvät etätyön ja muiden etäläsnäolon edistämisen kaikki muodot ja tasot asunnoissa ja muissa tiloissa.

5. rajoita suurten kappakeskusten rakentamista etäällä asunnoista

Kauppakeskusten aiheuttama liikenne ja sen aiheuttamat energiankulutus ja päästöt ovat suoraan verrannollisia sen etäisyyteen asiakkaiden painopisteestä. Maan hinnan alhaisuus kompensoi ylimääräisen liikenteen kustannuksia vain muutamien satojen metrien matkalta. Maan hinta ei sitä paitsi ole suoranaisesti ekotehokkuuteen vaikuttava tekijä toisin kuin liikenteen aiheuttama uusiutumattomien energialähteiden kulutus ja päästöt ym. liikennehaitat ja perusrakenteiden kulutus.

6. toteuta joukkoliikennejärjestelmät ennen muuta rakentamista

Toteuta uusi alue niin, että *joukkoliikennejärjestelmä on valmiina* jo ensimmäisten asukkaiden muuttaessa sisään. Muussa tapauksessa asukkaat oppivat helposti henkilöautoriippuvan käyttäytymismallin ja totutusta tavasta on vaikea päästä myöhemmin eroon ja ekotehokkuus liikenteessä huononee.



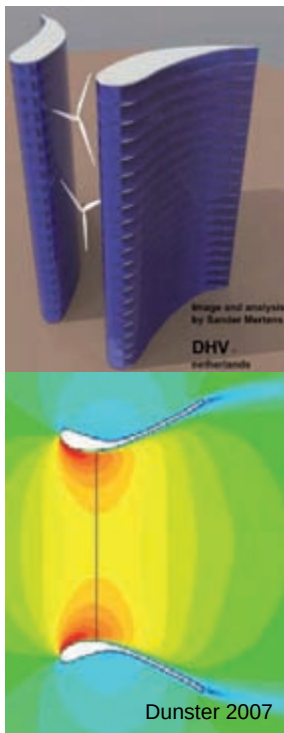
7. älä jätä suunnitelmien toteuttamista vajaaksi

Älä jätä alueen keskelle tai sisäosiin vajaasti toteutettuja kortteleita tai niiden osia joustavuuden tai muuntaumiskyvyn nimissä edes ”väliaikaisesti”, vaan *toteuta alue johdonmukaisesti* keskeltä reunoille (tämä koskee alueita, joilla on selkeä oma identiteetti ja keskusta-alue, jossa alueen omat palvelut sijaitsevat); muussa tapauksessa vajaasti rakennetut osat saattavat jäädä pitkäksi aikaa keskeneräisiksi, alueen perusrakenne tarpeettoman kalliiksi ja tehottomaksi sekä alueen asukkaiden tarvitsemat palvelut toteutumatta.

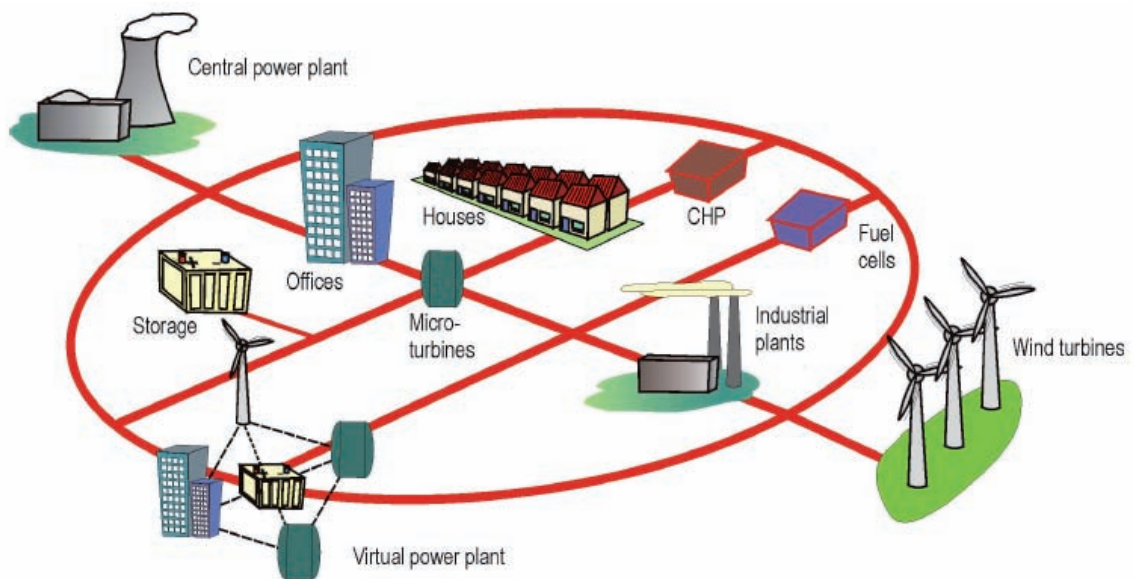
8. valitse energiajärjestelmä paikallisista lähtökohdista

Alueen energiajärjestelmän valinta riippuu alueen koosta (energiatarpeesta), tarjolla olevista paikallisista ym. polttoaineista ja niiden hinnoista (mukaanlukien biopolttoaineet, niiden kuljetus- ja varastointi-

mahdollisuudet) ja kaukolämmön tarjonnasta. Matalaenergia- ja passiivitaloja rakennettaessa alueellinen lämmöntarve on pieni ja parhaassa tapauksessa ulkopuolista "ostoenergiaa" ei tarvita lainkaan. Passiivitaloihin tai nolla(osto)energiataloihin perustuva kaupunkisuunnittelu edellyttää kompakteja talotyyppejä, talojen oikeaa suuntaamista ja julkisivujen aukotusta suhteessa passiivisen auringonvalon hyödyntämiseen ja ympäröiviin maastomuotoihin ja puustoon, vallitseviin tuulensuuntiin, kylmien tuulien torjumista ja/tai tuulienergian hyödyntämistä katuverkon rakenteella, kortteli- ja talotyypeillä ja rakennusten keskinäisillä sijoittelulla.



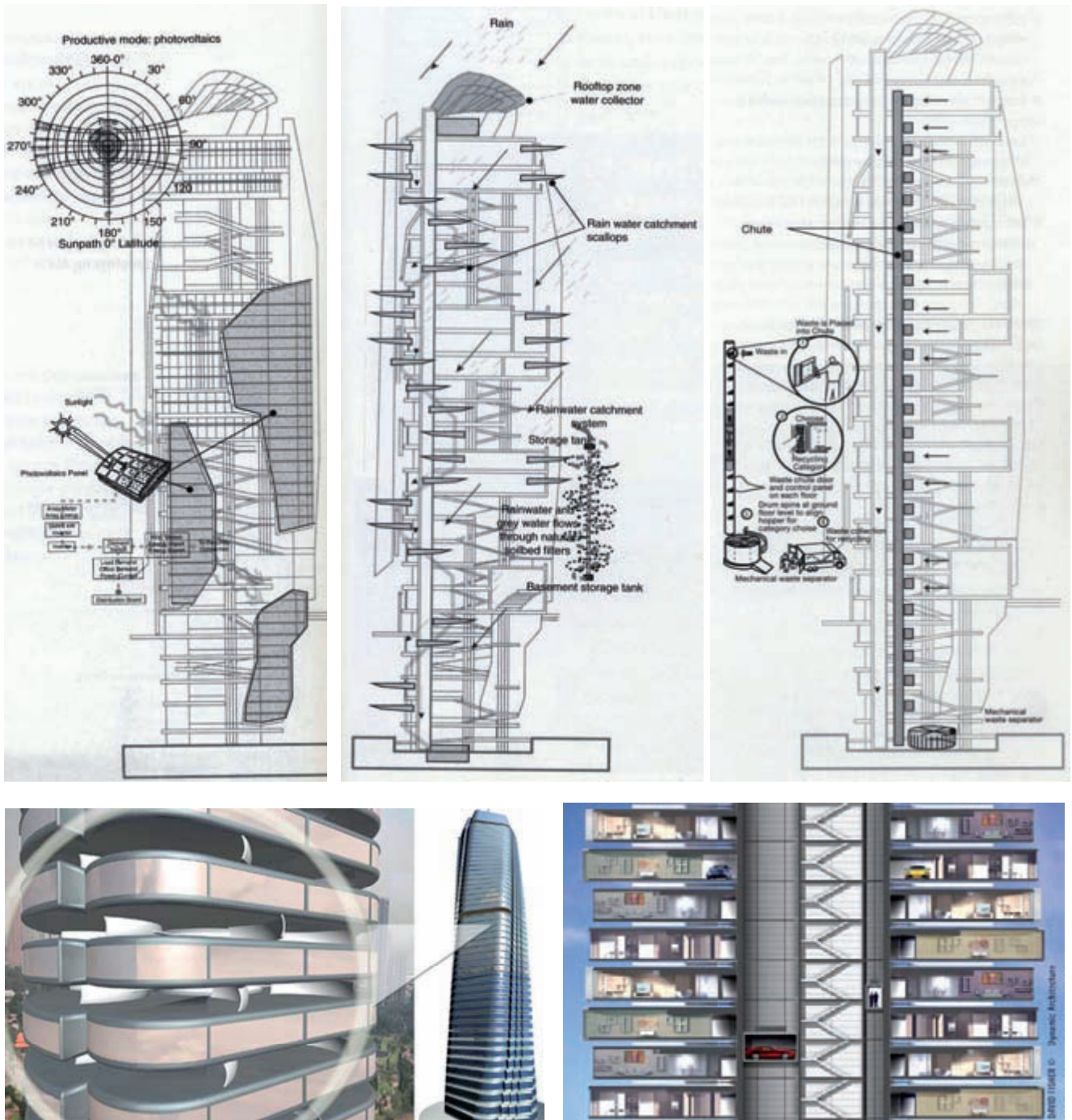
Matalaa exergiaa hyödyntäviä järjestelmiä (kuten sähkön tuotannon sivutuotteena syntyvää kaukolämpöä sekä maa-, ilma- ja vesilämpöpumppujen kautta tuotettavaa osittain *uusiutuvista lähteistä* peräisin olevaa lämpöä) on syytä käyttää ennen muita, jolloin keskitettyjen järjestelmien laajuus ja kannattavuus riippuvat riittävästä aluetehokkuudesta (lämmitettävien ja jäähdytettävien tilojen määrästä maa-alaa kohti). *Hajautettua energiantuotantoa* ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntäviä järjestelmiä kuten aurinkokeräimiä, PV-paneelleja ja tuulimyllyjä on mahdollista käyttää keskitettyjen järjestelmien rinnalla sekä lämpimän veden että sähkön tuotantoon alue-, kortteli tai talotasolla (kuvat 65–69).



Kuvat 65–66. Visio eurooppalaisesta energiantuotantojärjestelmästä, jossa on yhdistetty sekä keskitettyjä että hajautettuja järjestelmiä (European 2006)

Ekotehokkuutta lisäävät uusiutuvien energialähteiden runsas käyttö ja matalan exergian hyödyntäminen sekä keskitetyissä että hajautetuissa järjestelmissä.

Ekotehokkuden lisäämisellä on edellä mainituin perustein erityisase-
ma kaupunkirakentamisen kriteeristössä. Ekotehokkuden erityis-
aseman tunnistaminen ja tunnustaminen edellyttää monipuolista ja
analyttistä arvokeskustelua sekä niiden perusteella tehtyjen linjava-
lintojen ja välittömien toimenpiteiden hyväksymistä poliittisessa pää-
töksenteossa.

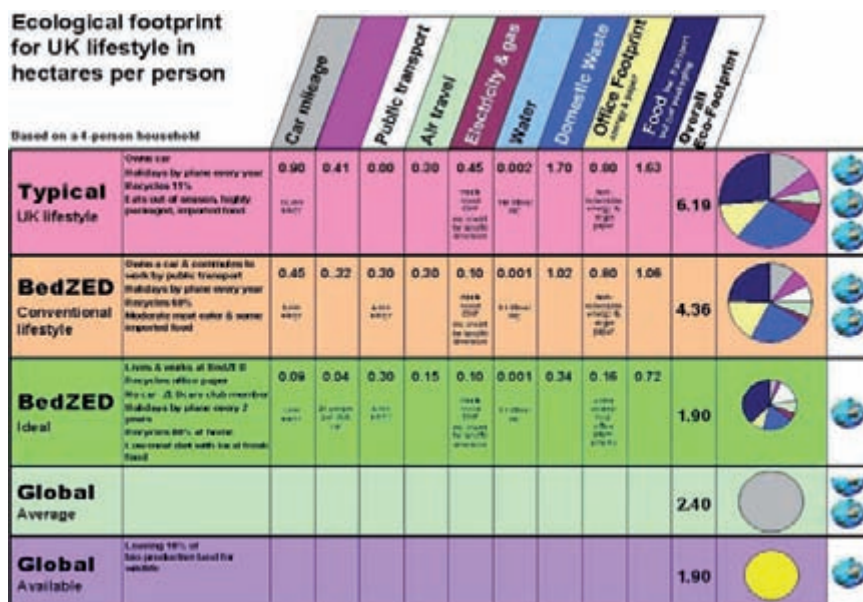


Kuvat 67–71. Kaupunkiympäristöön sopivat, omavaraisuutta ja ekotehokkuutta lisäävät energia-, vesi- ja jätehuollon ratkaisut ovat sovellettavissa myös korkeisiin taloihin. Aurinkösähkön tuottaminen talon tarpeisiin julkisvuon liitetyillä PV-paneeleilla (ylhäällä vasemmalla), talon sisäisen vesikierron järjestämien katon ja julkisivujen vedenkeräimillä, säiliöillä ja maasuodatinjärjestelmillä (keskellä) sekä jätehuollon keräyskuiluilla, lajittelu-, kierrätys- ja kuljetusjärjestelmillä (oikealla). On myös toteutusvaiheeseen asti suunniteltuja energiaomavaraisia ratkaisuja (Dubai ja Moskova 2010), joissa talon runkoon on integroitu kerrosten välissä toimivat tuuliroottorit (alakuvat) Yläkuvat: Yeang 1999, alakuvat: Fisher 2008.

Ekotehokkuuden arviointi yleissuunnittelussa - menetelmäehdotus

Ekotehokkuuden arviointiin on jo nyt olemassa rakennusmateriaali-, rakennusosa-, rakennus- ja aluetasoisia laskenta- ja arviointimenetelmiä. Ne edellyttävät tiettyjä arviointikohteen fyysisiä ominaisuuksia kuvaavia lähtötietoja, edellyttävät asiantuntemusta ja saattavat olla työläitä käyttää. Osa suunnittelu- ym. päätöksistä on edelleen sellaisia, joiden osalta ekotehokkuusvaikutukset jäävät piiloon (esimerkiksi monopoliset ja -mutkaiset toimitusketjut rakentamisprosesseissa ja erilliset yhteiskunnan tukimuodot, joiden yhteisvaikutukset saattavat olla arvaamattomia). Vaikutusmekanismien ”näkyväksi tekeminen” saattaisi lisätä mahdollisuuksia tehdä aiempaa ekotehokkaampia valintoja. Yleispiirteistä suunnittelua varten voitaisiin kehittää omia arviointimenettelyjä, joilla kohtuullisen pienellä vaivalla ja ilman erityisasiantuntemusta voitaisiin arvioida vaihtoehtoisten suunnitteluratkaisujen ekotehokkuusvaikutukset. Menetelmä voisi olla taulukkolaskentaan perustuva ohjelmisto, joka tuottaa valikkopohjaisten valintojen avulla suoraan havainnolliset graafit.

Menetelmä- ja työkalukehitystyön tuloksena voisi olla esimerkkilaskelma ja vertailu nykyisen Helsingin, trendinmukaisen tulevan Helsingin vuonna 2050 ja Ekotehokkaan Helsingin vuonna 2050 ekotehokkuudesta samaan tapaan kun on tehty BedZED-hankkeessa ekologisesta jalanjäljestä, kuva 72).



Kuva 72. Ekologisen jalanjäljen arviotu suuruus ja koostumus keskimääräisen englantilaisen elämäntavoilla ja BedZEDin asukkaalla (Dunster 2007)

Jatkotutkimusehdotukset

Mahdolliset tutkimusaiheet ja niiden tärkeysjärjestys

Seuraava luettelo sisältää tämän tutkimuksen aikana tärkeimmiksi koettuja lisätutkimus-, kehitystyö- ja selvityshankkeita (osa sisältää päällekkäisyyksiä):

1. Ekotehokkuuden helppokäyttöisen arvioinnin ja ”näkyväksi tekemisen” menettelytapojen sekä työkalujen kehittäminen yleissuunnittelun tarpeisiin (ks. edellinen kohta) ja erityisesti suurten yksittäisten investointipäätösten yhteyteen.
2. Ekotehokas Helsinki vuonna 2050 -demoprojektin valmistelu. Kohdealueen valinta (esimerkiksi Lounais-Sipoo) sekä yhteistyö Tekesin ”Kestävä yhdyskunta” -teknologiaohjelman ja Sitran ”Energiaohjelman” kanssa. Näyttävä ja suuntaa-antava demonstraatiokohde.
3. Ehdotus tehoikkaimmiksi havaittujen toimenpiteiden soveltamisesta ja edelleen kehittämisestä nimetyillä yleissuunnittelun kannalta mielenkiintoisilla kohdealueilla:
 - a) sijaintipäätösten ohjausvälineiden kehittäminen yleissuunnittelun tarpeisiin (erityisesti koskien isoja yksittäisiä investointipäätöksiä)
 - b) kantakaupungin ja/tai lähiöiden kerrostalokannan ekotehokkuuden olennainen parantaminen valituilla esimerkkialueilla
 - c) teknisesti valmiiden (toimivien) ja ekotehokkuutta lisäävien keinojen alueittainen kartoitus ja priorisointi (talotekniikan säädöt, järjestelmien korjaus tai uusiminen, lisälämmöneristys, kiinteistö-, kortteli- tai aluekohtaiset aurinko- ja tuulienergiajärjestelmät sekä lämpöpumput)
 - d) ekotehokkuuteen ohjaavien rahoitus- ja toteutustapojen vertailu (lisärakennusoikeudet, maanmyynnin ja vuokrauksen ekotehokkuusehdot, muut kannustimet, määräykset jne.)
4. Helsingille ja sen työssäkäyntialueelle, sen maankäyttöön ja asiakaspotentiaaleihin sekä niiden tulevaisuusnäkyymiin sopivan ekotehokkaan, sekä keskitettyjä että hajautettuja tuotantotapoja soveltavan energiajärjestelmän kehittämis- ja arviointiselvitys.
5. lisärakentamismahdollisuuksien tarkka kartoitus sekä kantakaupungin alueella että esikaupunki- ja lähiövyöhykkeillä (suurimpien potentiaalien löytäminen ja toteutusjärjestys).
6. kevyen ja joukkoliikenteen olennaiseen parantamisen (ja henkilöautoriippuvuuden vähentämiseen) johtavien toimenpiteiden arviointi ja vertailu alueittain, suurimman potentiaalin omaavien alueiden ja niissä toteutettavien toimenpiteiden löytäminen ja suositukset.

Organisointi, yhteistyöosapuolet, rahoitus

Yhteistyö ja rahoitus: Tekesin ”Kestävä yhdyskunta” - tutkimusohjelman ja Sitran Energiaohjelman kanssa ja mahdollisuuksien mukaan myös kansainvälisessä yhteistyössä EU:n puiteohjelmassa tai rakennerahastojen hankkeissa..

Toteutus: Helsingin kaupunki, Helsingin Energia Helen, VTT, yritykset, suunnittelu- ym. konsultit. Tarvittaessa mukana kansainvälinen asiantuntija (esim. Bill Dunster/ZEDFactory)

Alueelliseen ekotehokkuuteen liittyvät yhteistyötahot

Yleissuunnittelua koskeva yhteistyö

Tehdään yhteistyössä kaikkien Helsingin seudun kuntien kanssa, priorisoituna työssäkäyntialueen kunnat.

Pääkaupunkiseudun yhteistyö YTV

Liikenne- ja jätehuollon järjestelmätasoinen yhteistyö YTV:n kanssa. Raideliikennekäytävien tehostaminen. Asemanseutujen tehostaminen. Uusien raideliikennekäytävien mahdollisuuksien kartoitus ja vertailu.

Seudullinen ja maakunnallinen yhteistyö

Seudullinen ja maakunnallinen (ml. ns. metropolialueen yhteistyö) yhteistyö (maakuntaliitot ja muut kunnalliset yhteistyömuodot). Ekotehokkaiden toimenpiteiden yhteinen sopiminen koko kaupunkiseutua koskevassa strategisessa suunnittelussa.

Kaupungin ja naapurikuntien kahdenvälinen yhteistyö

Rajavyöhykkeiden yhteinen suunnittelu katkeamattoman joukkoliikennejärjestelmän luomiseksi koko työssäkäyntialueelle. Koko kaupunkiseutua koskevan strategisen suunnittelun yhteistyön lisääminen ja sen vaikuttavuuden parantaminen.

Kaupungin ja yritysten yhteistyö

Kaupan suuryksiköiden sijoittumista, kokoa ja sisältöä koskevat neuvottelut kaupan alan järjestöjen ja yhteistyöelinten kanssa. Lähikaupan toimintaedellytysten uudelleenarviointi erityisesti jalankulun ja muun kevyen liikenteen kulkutapaosuuden lisäämiseksi asiointiliikenteessä.

Valtiovalta (erityisesti YM, LVM, SM, TEM, VM, PM)

Suosituksat valtiovaltan (lähinnä YM, LVM, SM, TEM, VM, PM) kanssa harjoitettavasta yhteistyöstä koskien rakentamisen ja perusrakentamisen ohjauskeinoja (kannustimet ja määräykset ja niiden keskinäinen synkronisointi) ja sektoriviranomaisten hallinnassa olevia maa-alueita ja kiinteistöjä sekä niiden tulevaisuuden näkymiä.

Helsingin kaupungin hallintokunnat ja liikelaitokset

Helsingin Energian, Helsingin Veden, Helsingin Liikennelaitoksen ja opetustoimen toimenpiteiden kytkeminen ksv:n toimenpiteisiin.

Asemakaavoitus ja liikennesuunnittelu

Asemakaavoituksessa ja liikennesuunnittelussa noudatettavat periaatteet kytkettynä yleissuunnittelun linjauksiin (esim. lisärakennusoikeuksien myöntäminen, energiataloudellisten korjausten sitovuus, julkisivumuutokset, jne.

Ympäristökeskus

Ympäristökeskuksen asiantuntemuksen hyödyntäminen ja tuki ekotehokkuuden parantamistoimenpiteille sekä tiedonlevitys ja valistustyö koskien rakennetun ympäristön ympäristövaikutuksia, ekologisia ja lanjälkiä yms. Yhteistyö kaupungin opetustoimen ja muiden oppilaitosten sekä median kanssa.

Kansalaisjärjestöt ja media

Kansalaisjärjestöjen ekotehokkuutta koskevan osaamisen ja asiantuntemuksen kytkeminen yleissuunnitteluun kaupunkikehityksen ekotehokkuutta lisääväksi voimavaraksi yhteistyössä lehdistön ja sähköisen median kanssa (vrt. Kuninkaantammen ”sparrausklubi”).

Lähteet

- Astikainen Riitta 2006, Yksityisautoilu syö asuntojen hintahyödyn jo Kehä III:n takana, Helsingin Sanomat Etusivu ja Autolla töihin vai ei? Asuntosivut F1.15.10.2006.
- Auerbach F. 1913, Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration. Petermanns Geographische Mitteilungen 59: p. 74-76.
- BDSP Partnership Ltd.
- BedZED – Beddington Zero Energy Development, Sutton. General Information report 89. Housing Energy Efficiency. Best Practice Programme. March 2002. 36 p.
- BedZED monitoring data (updated 19.8.2008),
http://www.bioregional.com/programme_projects/ecohous_prog/bedzed/bz_monitoring.htm
- BioRegional 2007. website information updated 2007-2008, <http://www.bioregional.com/>
- Brandsma Erik H. 1996. More or Less Sustainable? "Changing Consumption and Production Patterns" UN Economics and Finance Branch, Division for Sustainable Development, Brazil - Norway Workshop Sustainable Production and Consumption - Patterns and Policies. Brasilia, Brazil 25 - 28 November 1996. <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/consumption/cp6.htm>
- Dunster Bill 2007. Building the micro-generation. Practice specialising in Zero (fossil) Energy Development (ZED) buildings in the UK. COST C23 Conference. 17.4.2007 Vienna.
- Durney Jane, & Desai Pooran, Enabling One Planet Living in the Thames Gateway. BioRegional, Z-squared One Planet Living Community. November 2004. 72 p.
- Ecocity 2006. Final report. <http://www.ecocityprojects.net/index.html>
- Ekologinen asuinalue Helsingin Viikkiin (1994). Kilpailuohjelma, SAFA, Helsinki.
- EMTA 2007. EMTA Barometer of Public Transport in the European Metropolitan Areas 2004. European Metropolitan Transport Authorities EMTA 2007.
- ESPON 1.1.1 (European Spatial Perspective Observation Network). Final report. Urban areas as nodes in a polycentric development. Final report. 1 000 p.
http://www.espon.eu/mmp/online/website/content/projects/259/648/index_EN.html
- European Technology Platform Smartgrid. 2006.
http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/gp/gp_events/smartgrids/3-sra/smartgrids_sra_p_nabuurs_en.pdf
- Farr Douglas 2008. Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature. Hoboken N.J. 304 p.
- Fisher D. 2008. Dynamic Tower. <http://www.dynamicarchitecture.net/>
- Gaffron P., Huismans G. & Skala F. (ed.) 2005, Ecocity Book I, A better place to live. Vienna 2005. 106 p.
- Halliday Sandy 2008. Sustainable Construction.
- Hallituksen kestävän kehityksen ohjelma. Valtioneuvoston periaatepäättös ekologisen kestävyuden edistämisestä. 1998. Suomen ympäristö 254. Helsinki. 51 s.
- Halme T. Kaupunkien sisäinen rakenne – kaupunkirakenteen hajautuminen, työmatkaliikenne ja ydinkeskustan toiminnallisen rakenteen muutos, Oulun yliopisto ER 1995.1.
- Halme T. & Huhdanmäki A. & Lahti P. 2002, Seuturakenteen nykytilanteen kuvauksia. YTV, Uudenmaan liitto. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2002:11. Uudenmaanliiton julkaisu C42. Vantaa 2002. 72 s. ISBN 951-798-521-5, ISSN 0357-5470 (YTV), ISSN 1236-388X (UL)

- Heinonen S., Kasanen P. & Walls M. 2005. Ekotehokas yhteiskunta YM, ympäristöklusteri 2002, Suomen ympäristö 598.
- Heinonen S. & Lahti P. 2002, Sustainable, Competitive or Good Cities - Bake a Cake or Make a Fake? *Futura* Volume 21, 2/2002, p. 109 – 121. ISSN 0785-5494 (print), ISSN 1459-0549 (pdf)
- Heljo J., Nippala E. & Nuuttila H. 2005. Rakennusten energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakentamistalouden laitos. Raportti 2005:4.
- Helsingin kaupungin energiapolitiittisia linjauksia 2008. Selonteko kaupunginvaltuustolle 23 päivänä tammi-kuuta 2008. Helsingin kaupunki Talous- ja suunnittelukeskus. 45 s.
- Helsingin kaupungin ympäristöraportti 2007. Ympäristöraportoinnin asiantuntijaryhmä. Toukokuu 2008. 42 s. <http://193.65.89.248/test/downloads/Kokoraportti07.pdf>
- Høyer K. G. 2007. LowCarbon and LoEnergy Urban Building Complexes, Combining Stationary and Mobile Energy requirements. COST C23 Conference Vienna. 20 p.
- Huhdanmäki A., Halme T., Martamo R. & Lahti P. Yhdyskuntarakenteen hajautumisen ja pirstoutumisen mallintaminen. LYYLI-raporttisarja 9. Helsinki 1999. 47 s.
- IEA/ECBCS/Annex 38.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. Fourth assessment report, Working Group I Report "The Physical Science Basis". 996 p (Chapter 2 Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. p. 129-234).
- Kalenoja H. Talli-tutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere 2002.
- Kempe M. Pelletin käyttö kiinteistölämmityksessä. Vapo 2008
- Kioto pöytäkirja ilmastonmuutoksesta 2002. <http://europa.eu/scadplus/leg/fi/lvb/l28060.htm>
- Kivilaakso E. 1986, Sijaintipäätösten vaikutukset yhdyskuntien energiankulutukseen, TKK, Maanmittaus-osasto (dipl.työ). VTT Tiedotteita 709 Espoo 1987. 111 s.
- Kivari M., Kiiskilä K., Heltimo J. & Rönkä K. 2006. Ihmisten liikkumistarpeet. Tiehallinnon selvityksiä 49/2006. Helsinki. 159 s.
- Kivistö T. & Rauhala K., Asuntoalueiden kaavoitus ja käyttökustannukset (ASTA II), Raportti 2: Aluekohtaiset tulokset ja johtopäätökset. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto. Tutkimus 2/1987. 256 s.
- Kotka Wind Energy Demonstration Plant, Energie-Cités. 2001. <http://www.managenergy.net/download/r135.pdf>
- Kuismanen K. 2005a, Matala-tiivis puurakentaminen, suunnittelu ja toteuttaminen. Ab Case Consult Ltd 25.9.2005. 39 s. (Econo-projektin raportti)
- Kuismanen K. 2005b. Ilmaston vaikutus pientalon suunnitteluun. Ab Case Consult Ltd 2.2.2005. 35 s. (Econo-projektin raportti)
- Lahti P. 1974 Yhdyskuntarakentaminen ja talous (liite 2 julkaisussa Kaavatalous kuntatasolla. Perustietoa suunnittelu- ja tutkimustyön pohjaksi. Sisäasiainministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto, tutkimus 46/1974, 244 s.)
- Lahti P. & Kivistö T. 1979, Energian säästö kuntatason yhdyskuntasuunnittelussa (Liite energiansäästötoimikunnan mietintöön, KTM Energiaosasto), Otaniemi, 47 s.
- Lahti P. (ed.) 1990. Energy Conservation in Urban Planning. Soviet-Finnish Symposium. Moscow, March 14-15, 1989. VTT Symposium 112. Espoo 1989. 114 p. + app. 3 p.
- Lahti P. 1991. Basic Tools for Urban Energy Management,

First Session of the OECD Project Group on Environmental Improvement through Urban Energy Management. Paris France, April 22, 1991. 5 p.

Lahti P. & Koski K. 1993, Pääkaupunkiseudun yhdyskuntakustannukset. Vaihtoehtoisten rakentamisalueiden vertailu. Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto, Selvitys 5/1993. Helsinki. 116 s.

Lahti P. 1995, Luonnonvaroja säästävä kaupunkisuunnittelu ja rakentaminen. Ekologinen asuinalue Helsingin Viikkiin, suunnittelukilpailu. Arvostelupöytäkirja. SAFA, Helsinki 19.5.1995 s. 63–68.

Lahti P. 1996, Yhdyskuntarakenne ja infrastruktuuri. Sisäasiainministeriön aluekehitysosaston julkaisu 3/1996. Kaupunkien kehittämistyöryhmän julkaisu III. Helsinki. 35 s

Lahti P. 2002. Matala ja tiivis kaupunki. Ympäristöministeriö, Rakennustieto, VTT. Tampere 2002. 128 s.

Lahti P., Calderón E., Jones P., Rijsberman M. & Stuip J. (editors) 2006. Towards Sustainable Urban Infrastructure. Assessment, Tools and Good Practice. European Science Foundation ESF/COST Publication. Helsinki. 336 p. ISBN 978-92-898-0035-8.

Lahti P., Halonen M. & Wahlgren I. Metropolialueen aluerakennevaihtoehtojen ekotehokkuus. VTT Tutkimusraportti VTT-R-01343-08. Espoo 6.5.2008. 94 s. <http://www.metkaprojekti.info/taustaraportti.htm> (<http://www.metkaprojekti.info/ekotehokkuusVTT.pdf> ja http://www.metkaprojekti.info/ekotehokkuus%20VTT_%20LIITE.pdf)

Lazarus Nicole, Beddington Zero (Fossil) Energy Development. Construction Materials Report. Toolkit for Carbon Neutral developments – Part 1. BioRegional 40 p. (osittain verkkojulkaisu)

Lazarus Nicole, Beddington Zero (Fossil) Energy Development. Construction Materials Report. Toolkit for Carbon Neutral developments – Part II. BioRegional 47 p. (osittain verkkojulkaisu)

LIIKA - Liikenteen kasvun hillintä ja liikenneturvallisuus, Taustamateriaali tulevaisuusverstasta 8.6.2005 var-
ten. Tiehallinto 2005,

Lund P. 2006. Pääkaupunkiseudun ilmastostrategialuonnos 2030. Vaikutusten arviointi. Solpros 2.12.2006. 28 s.

LVM 2007. Liikenne 2030. Suuret haasteet, uudet linjat. Liikenne- ja viestintäministeriö, ohjelmia ja strategioita 1/2007. Helsinki. 41 s.

Making Sustainability accountable, Eco-efficiency, resource productivity and innovation. Proceedings of a workshop on the occasion of the Fifth Anniversary of the European Environment Agency (EEA). Topic Report no 11/1999. http://reports.eea.europa.eu/Topic_report_No_111999/en/topic_11_1999.pdf

Matinheikki Matti 1995, Tieliikenteen energiankulutuksen ja kaupunkirakenteen välisiä yhteyksiä. Tielaitos, Tienpidon strateginen projekti S1. Tielaitoksen selvityksiä 10/1995. Helsinki 1995.

Matinheikki Matti 1996, Tieliikenteen energiankulutus ja kaupunkirakenne – yhteyksiä eri kokoluokan taajamissa. Tielaitos, Tienpidon strateginen projekti S1. Tielaitoksen selvityksiä 14/1996. Helsinki 1996.

Næss Petter 1995, Urban Form and Energy Use for Transport. A Nordic Experience. Oslo. 327 p.

National Geographic 2008, Special report, Changing Climate (May 2008).

Newman P. & Kenworthy J. 1989, Cities and Automobile Dependency. Aldershot, Gower Publications.

NRTEE, (National Round Table on the Environment and the Economy) Annual Report 2000-2001. Measuring Eco-efficiency in Business: Developing a Core Set of Eco-efficiency Indicators.

OECD 2001.

OECD 2002 Influencing Road Travel Demand.

Passivhaus-Bauteilkatalog, Ökologisch bewertete Konstruktionen (Details for Passive Houses, A Catalogue of Ecologically Rated Constructions) 2008, Springer-Verlag/Wien. 337 p.

Roaf Sue, Fuentes Manuel & Thomas Stephanie 2008 (3rd ed.) Ecohouse: A Design Guide. Oxford. 479 p.

Sintef, Pilotbygg 2008. http://www.sintef.no/content/page1____7723.aspx

Sitra 1973. Rakennusten lämpötalouden parantamisen sekä lämpötalouden kannalta tärkeiden rakennusosien ja laitteiden kokonaisvaltainen kehittäminen – seminarian toiminta ja tulokset (27.9.1973 pidetyn seminaarin tuloksista koottu moniste, n. 100 s.)

Smutny R. 2005. Ecocity 6th WS Győr 2005. Results of WP10. Evaluation and Conclusions. http://www.ecocityprojects.net/presentation/ecocity_evaluation/img0.html

SOLPROS EU-Thermie A, 1999-2002.

Statistics Finland 2006. Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990-2004. National Inventory report to the UNFCCC, December 2006. Helsinki. 272 p. http://www.stat.fi/tup/khkinv/2_fin_2006_nir_20061215.pdf

Suomen liikennejärjestelmän tila. Kansainvälinen vertailu. 2007. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 51/2007. 44 s.

Taskinen J. & Hirvenoja E. 2007. Liikkumisen ohjauksen State-of-the Art Euroopassa. EPOMM Lund 2007 seminaarin tiivistelmä 19.6.2007. http://www.ytv.fi/NR/rdonlyres/A40C6B66-2B51-493D-B685-AB5A6EB6B53C/0/06_ECOMM2007parhaatpalat1962006_stateoftheart.pdf

Tekniikka & Talous 18.4.2008

Teknologiapolut 2050. (toim. Savolainen I., Similä L., Syri S. & Ohlström M.). Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT Tiedotteita 2432. Helsinki 2008. 215 s.

Tilastokeskus 2006. Kioton pöytäkirjan sallittu päästömäärää. http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_sallittupaasto.html

Tilastokeskus 2008. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2006. Tilastokeskus Katsauksia 2008/2. Ympäristö ja luonnonvarat. Helsinki 67 s. http://www.stat.fi/tup/khkinv/katsauksia_2008_02_2008-04-18_fi.pdf

Towards a Strong Urban Renaissance 2005. Urban Task Force. London. 19 p. http://www.urbantaskforce.org/UTF_final_report.pdf

Wahlgren I., Kuismanen K. & Makkonen L. 2007, Sörnäistenranta-Hermanninranta-osayleiskaava, Ilmasto-
muutoksen huomioonottaminen. VTT Tutkimusraportti luonnos 15.1.2007

WBCSD (The World Business Council for Sustainable Development) 1993, <http://www.ec.gc.ca/ecocycle/issue6/en/p2.cfm>

World Bank 2007. World Development Indicators 2007, table 3.8. <http://web.worldbank.org/>

Yeang Ken 1999, The Green Skyscraper: The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings. Prestel Munich London New York 1999. 304 p.

Yeang Ken, Reinventing the Skyscraper: A Vertical Theory of Urban Design. Academy Press 2002. 224 p.

YTV 2007. Pääkaupunkiseudun Ilmastostrategia 2030. http://www.ytv.fi/FIN/seutu_tulevaisuudessa/ilmastonmuutos/seudun_paastot/etusivu.htm

Zipf G. K. 1949, Human Behaviour and the Principle of Least Effort. Reading MA. Addison Wesley.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirastolta saatu lähtötietoaineisto:

Energiapoliittisia linjauksia koskeva selonteko. Helsingin kaupunginvaltuusto. KHN EHDOTUKSET Kj/17 Lisälista 1. 30.1.2008. 10 s.

- Liite 1. Helsingin kaupungin energiapoliittisia linjauksia. Selonteko kaupunginvaltuustolle 23 päivänä tammikuuta 2008. Helsingin kaupunki Talous- ja suunnittelukeskus. 45 s.

- Liite 2. Hyväksytyt toivomusponnet. 2 s.

Helsingin jätevesiviemäriverkko. Helsingin Vesi. Kartta 1:20 000. 11.3.2007.

Helsingin kaupunkimittausosasto 2007.

Helsingin sadevesiviemäriverkko. Helsingin Vesi. Kartta 1:20 000. 6.3.2007.

Helsingin vesijohtokartta. Helsingin Vesi. Kartta 1:20 000. 2.3.2007.

Kaupungista seutu ja seudusta kaupunki. Helsingin maankäytön kehityskuvan luonnos 2008. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2007:2. 33 s.

Kaupungista seutu ja seudusta kaupunki. Taustaa, perusteluja ja analyyssejä Helsingin maankäytön kehityskuvalle. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2007:1. 128 s.

Kaukolämpö ja -jäähdytysverkot (paikkatietopohjaisena CD-ROM-tiedostona)

Lähtötietoluettelo (sisältää luettelon saatavilla olevista lähtötiedoista). SKo 19.3.2008. 2 s.

Sipoo-projektin aineisto. Aluetutkielmat 08, 11 ja 14. Seudulliset kaaviot metrolinjoista (6 kpl) ja esimerkki metroaseman täydennysrakentamisesta (Vartioharju). 17.1.2008.

Tekniikka & Talous 18.4.2008

Vesihuollon kapasiteetti, puhelinkeskustelumuistio 15.4.2008 Jukka Saarijärvi/Sirpa Kolu. 22.4.2008.

Virastokarttaotteita kohdealueista (Kallio, Vuosaari-Mellunmäki, Pitäjänmäki, Kuninkaantammi)

Liite 1. Yhdyskuntien rakentamisen ja toiminnan ekotehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja

Taulukko 1. Asuinympäristön (asuinrakennusten, asuntoalueen palvelujen, liikenne-, vesi- ja energiahuollon verkkojen) rakentamisen edellyttämät materiaa livirrat keskimääräisessä suomalaisessa asuin ympäristössä asuntoneliötä kohti (Lahti & Halonen 2006):

- puuta 132 kg
- betonia 927 kg
- muuta kiviaineista 1 395 kg
- asfalttia 53 kg
- lasia 8 kg
- muovia ym. öljypohjaisia aineita 18 kg
- metalleja 40 kg.

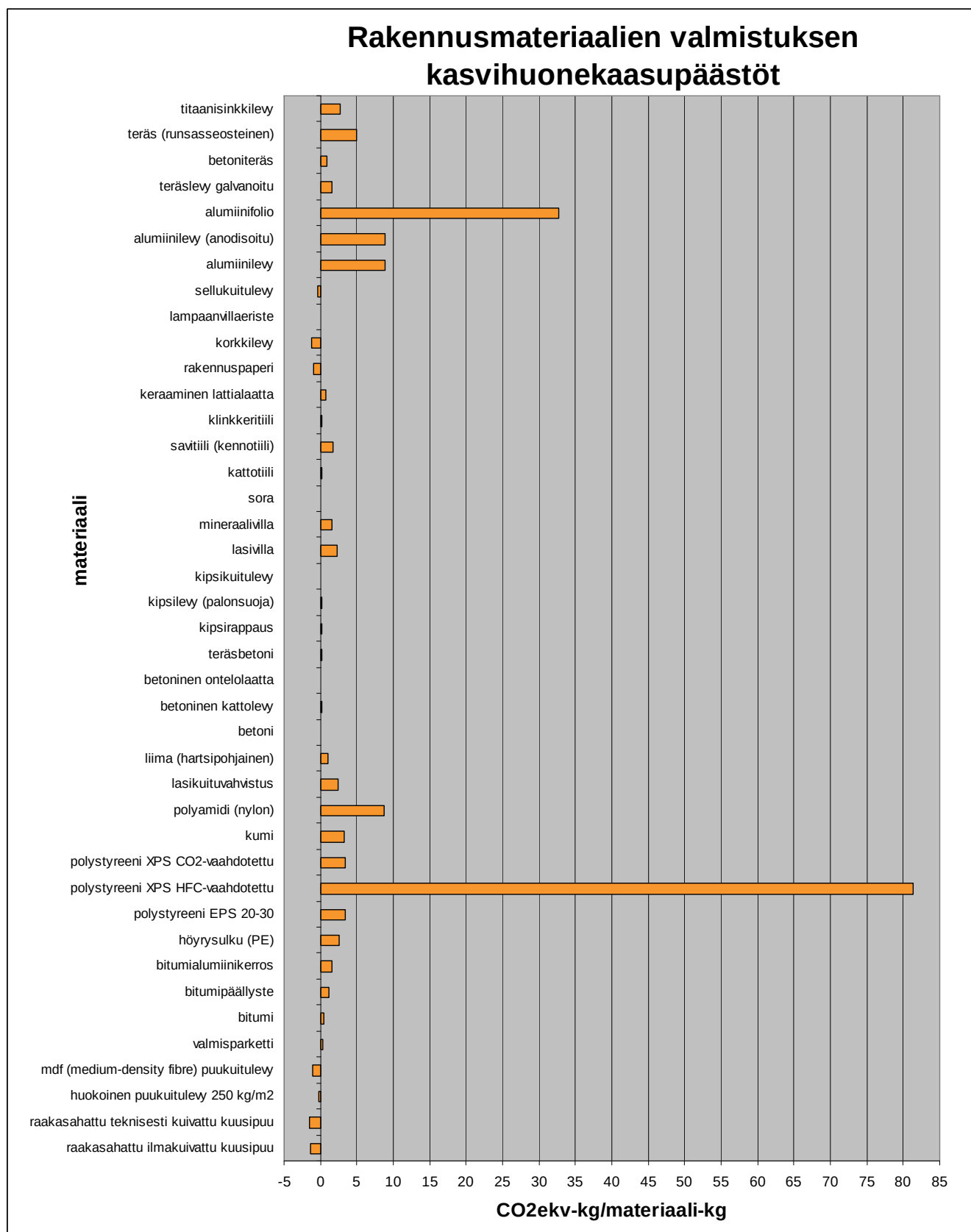
Taulukko 2. Rakennusmateriaalien valmistuksen edellyttämä energiamäärä vaihtelee seuraavasti (Lahti & Kivistö 1979):

▪ alumiini	63,3 kWh/kg
▪ teräs (malmista)	8,4 kWh/kg
▪ teräs (kierrätetty)	3,3 kWh/kg
▪ kupari	13,7 kWh/kg
▪ sementti	1,3 kWh/kg
▪ sora	0,1 kWh/kg
▪ kalkki	1,6 kWh/kg
▪ lasi	5,1 kWh/kg
▪ posliini	6,3 kWh/kg
▪ betoni (valmisbetoni)	0,2 kWh/kg
▪ betoni (elementtinä)	0,4 kWh/kg
▪ kevyt betoni	0,3 kWh/kg
▪ tiili (poltettu savitiili)	0,9 kWh/kg
▪ tiili (kalkkihiekka)	0,3 kWh/kg
▪ mineraalivilla (kivestä)	3,0 kWh/kg
▪ mineraalivilla (lasista)	6,9 kWh/kg
▪ muovi (keskimäärin)	25,0 kWh/kg
▪ muovi (alin arvo)	22,0 kWh/kg
▪ muovi (ylin arvo)	29,0 kWh/kg
▪ puutavara (sahatavara)	0,7 kWh/kg
▪ puulevy	4,1 kWh/kg
▪ paperi	12,5 kWh/kg

Taulukko 3. Materiaalien valmistukseen kuluva luonnonvarojen määrä yhtä valmista materiaa likiloa kohti (Wuppertal Instituutin ja Michael Lettenmeierin laskelmien mukaan, ks. Rissa 2001, s. 63):

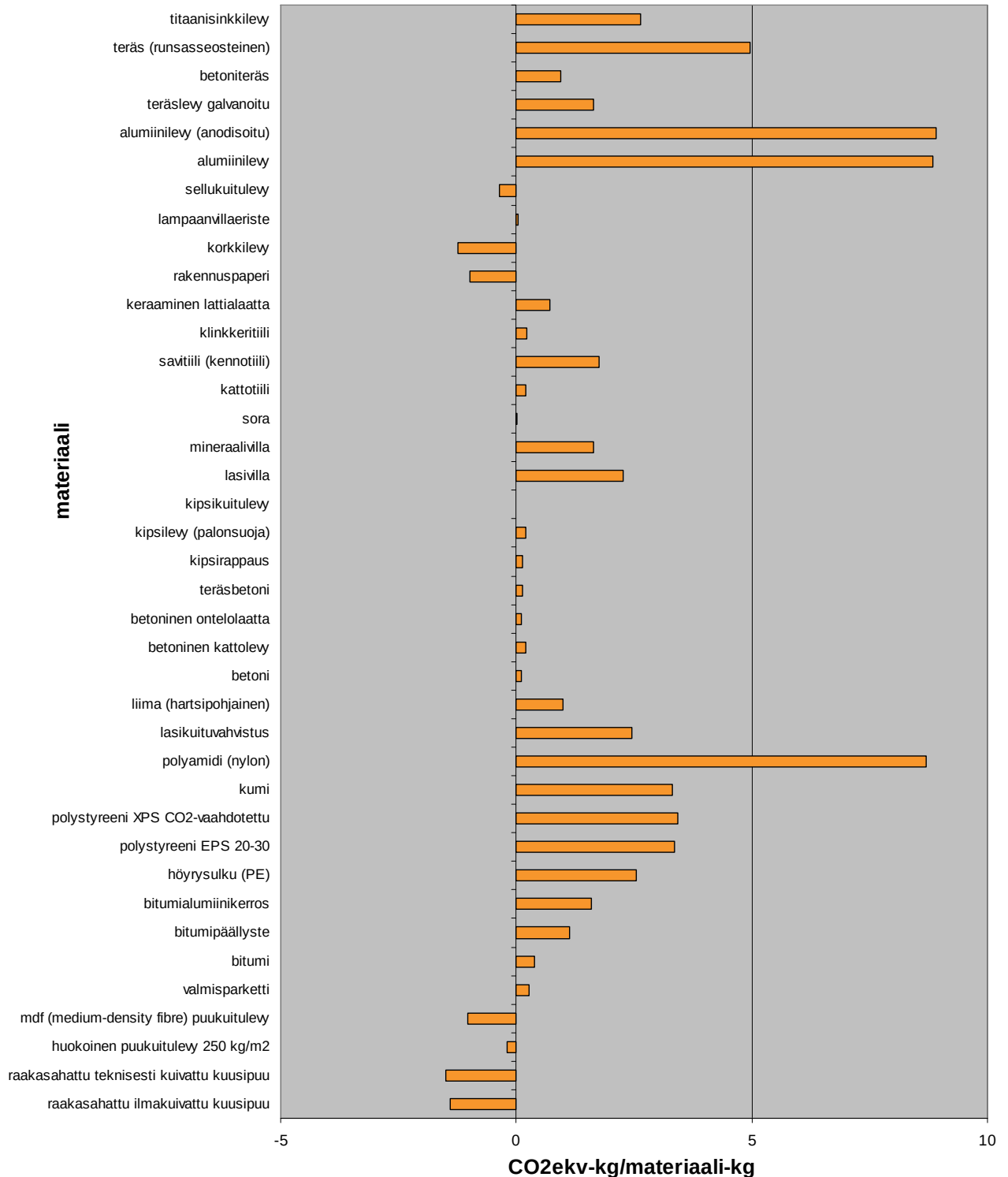
▪ lasi	1-3 kg
▪ puu	2-12 kg
▪ paperi	3-15 kg
▪ pahvi	3-15 kg
▪ muovi	5-20 kg
▪ puuvilla	20-160 kg
▪ teräs	7 kg
▪ alumiini	61 kg
▪ kupari	250 kg
▪ kulta	540 000 kg

Taulukko 4. Rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöt (CO₂ekv-kg/materiaali-kg) (Passivhaus-Bauteilkatalog 2008, s. 330–331):



Rakennusmateriaalien valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt

(ilman polystyreeniä XPS HFC-vaahd. ja alum.foliota)



Taulukko 5. Suomalaisen asuin ympäristön käytön ja kunnossapidon edellyttämät vuosittaiset (lämmityksen ja sähkön tuotannon tarvitsemat) polttoaineet ja asumisessa kuluva vesi asuntoneliötä kohti (Lahti & Halonen 2006):

▪ polttoöljyä, bensiiniä ym. öljypohjaisia	5,4 kg
▪ kivihiiltä	7,7 kg
▪ maakaasua	2,3 kg
▪ turvetta	5,8 kg
▪ puuta ym. puupohjaisia polttoaineita	27,9 kg
▪ vettä	1 023 litraa

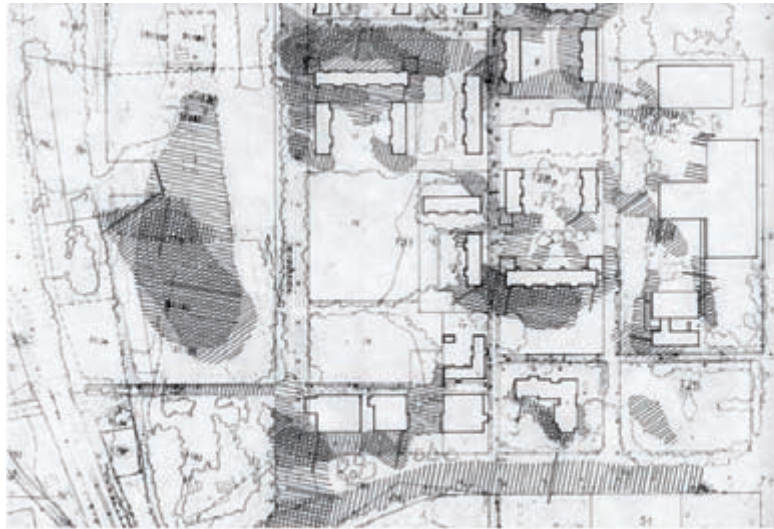
Taulukko 6. Suomalaisen keskimääräisen asuin ympäristön elinkaarensa (50 vuoden) aikana tuottamat päästöt asuntoneliötä kohti (sisältää myös rakentamisen ja rakenteiden tuottamisen aikana syntyvät päästöt) (Lahti & Halonen 2006, tausta-aineisto):

▪ hiilidioksidi CO ₂	3 826 kg (98,8 %)
▪ muut	48 kg (1,2 %)
▪ yhteensä	3874 kg (100 %)
▪ "muiden" osuus (tässä yhteensä 100 %) tarkemmin:	
o typenoksidit NO _x	5,04 kg (40,2 %)
o rikkidioksidia SO ₂	4,42 kg (35,2 %)
o häkää CO	1,36 kg (10,9 %)
o hiukkasia	0,86 kg (6,9 %)
o hiilivetyjä CH	0,53 kg (4,2 %)
o metaania CH ₄	0,26 kg (1,8 %)
o typpioksiduulia N ₂ O	0,10 kg (0,8 %)

Taulukko 7. Suomalaisen keskimääräisen asuin ympäristön tuottamat jätteet asuntoneliötä ja vuotta kohti (Lahti & Halonen 2006, tausta-aineisto):

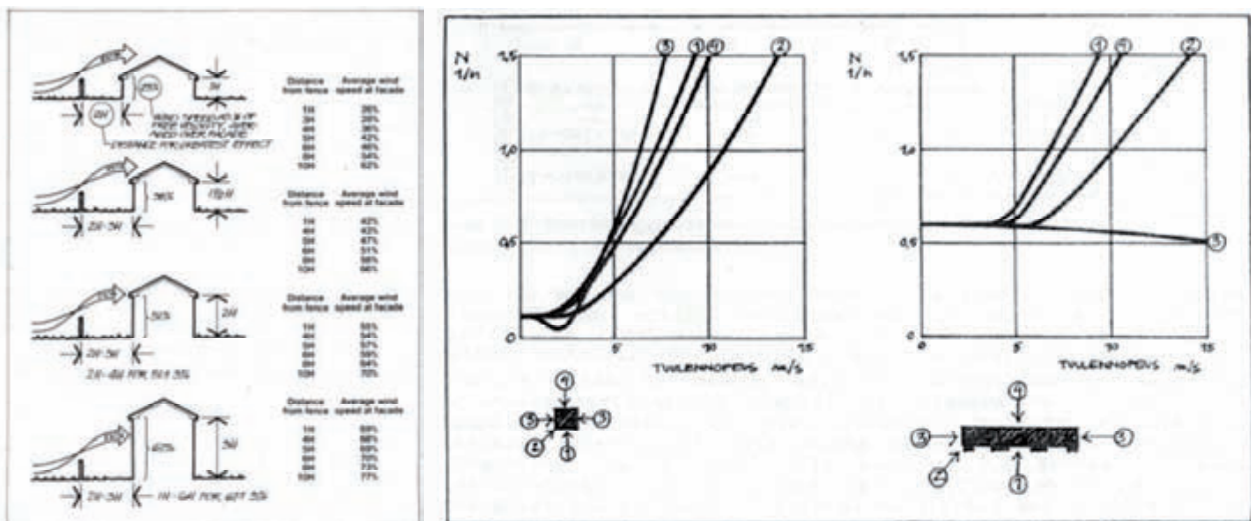
▪ sekajäte	5,13 kg (60,8 %)
▪ keräyspaperi	2,16 kg (25,6 %)
▪ kompostijäte	0,93 kg (11,0 %)
▪ lasi	0,01 kg (0,1 %)
▪ keräyskartonki	0,15 kg (1,8 %)
▪ puu ym. palava jäte	0,05 kg (0,6 %)
▪ yhteensä	8,43 kg (100 %)
▪ (rakennusjätettä lisäksi noin	15 kg/asunto-m ² ,v)

Liite 2. Tuulen vaikutukset kaupungin ekotehokkuuteen



Kuva 2.4 Tuulisuus olevan rakennuskannan ympärillä pienoismallikokeiden perusteella, Oulun Rajakylä. Tuulisimmat alueet merkitty rasterilla, jossa tuulensuunta on poikittain viivoitusta kohti. (CASE Rajakylä, piirros Kuismanen)

Kuva L2.1. Tuulensuuntien ja vallitsevien tuulien huomioon ottaminen kortteleiden rakenteen suunnittelussa ja rakennusten sijoittelussa (Kuismanen 2005).



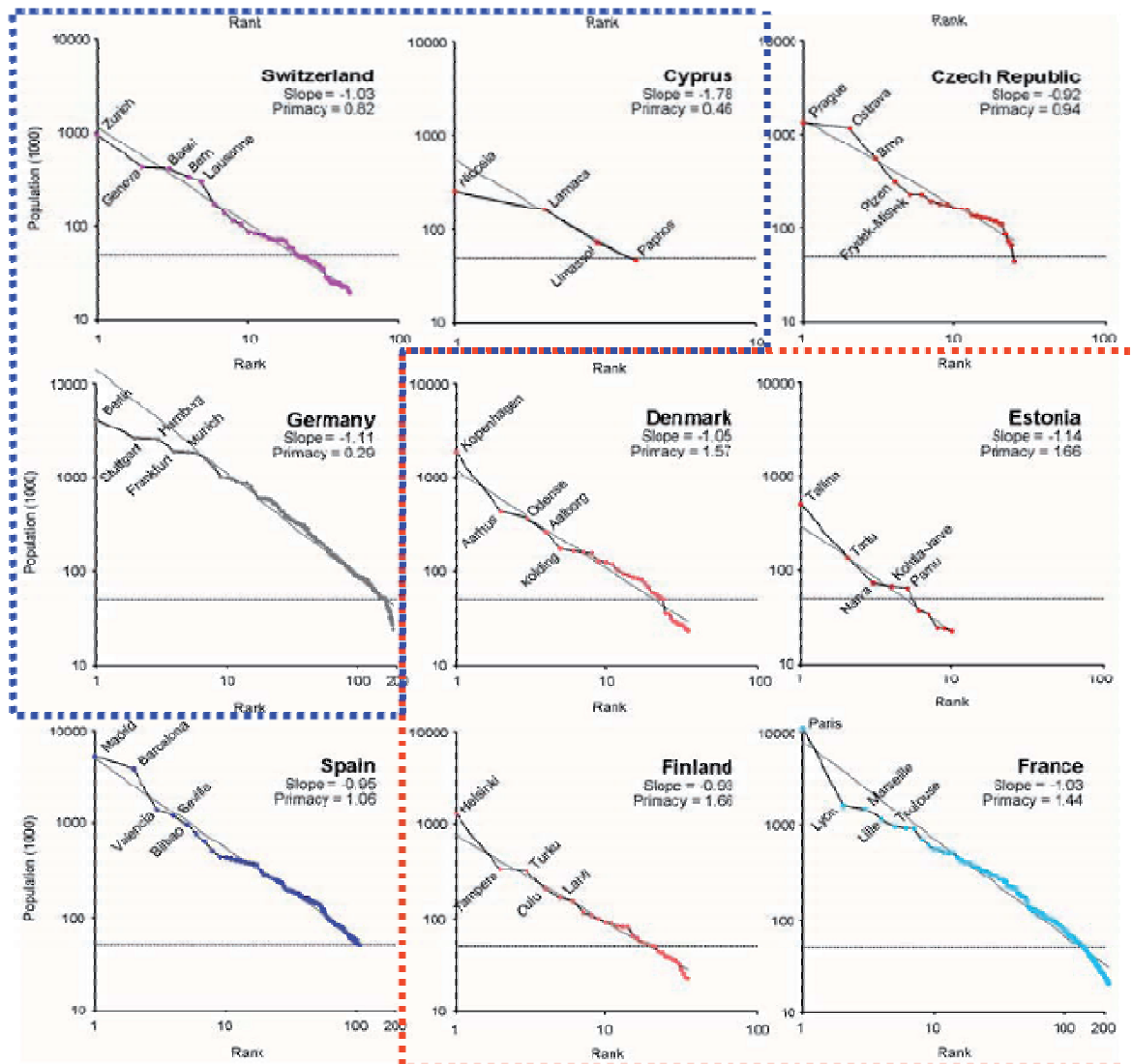
Kuva L2.2 ja L2.3. Tuulen vaikutus rakennuksen ilmanvaihtoon riippuen talon korkeudesta ja suojamuureista (Watson cit. Børve, s. 40, cit. Kuismanen 2005) tai talotyypistä ja ilmanvaihdosta (omakotitalo painovoimaisella ilmanvaihdolla ja kerrostalo koneellisella ilmanvaihdolla) sekä tuulennopeudesta ja -suunnasta (Kivistö & Rauhala 1987, s. 23). Jälkimmäisen tutkimuksen mukaan tuuli alkaa vaikuttaa ilmanvaihtoon vasta kun tuulennopeus on 3–5 m/s.



Kuvat L2.4 ja L2.5. Esimerkkejä puuston suojaavasta käytöstä rakennusten lähiympäristössä. Vasemmalla Helsingin Puu-Vallilan alue, jossa puiden latvukset ovat reilusti talojen harjakorkeuksien yläpuolella. Lehtipuut suojaavat liiallista auringonpaistetta kesällä. Oikealla korkeakasvuisten puiden käyttöä monikerroksisten talojen (jopa 13-kerroksisen talojen) pihoilla (Vantaan Koivukylän Havukosken alue). Havupuiden käytön ansiosta myös myöhäissyksyn ja talven aikaiset kylmät tuulet voidaan osittain torjua. (kuvat: P. Lahti 2002 ja 2008).

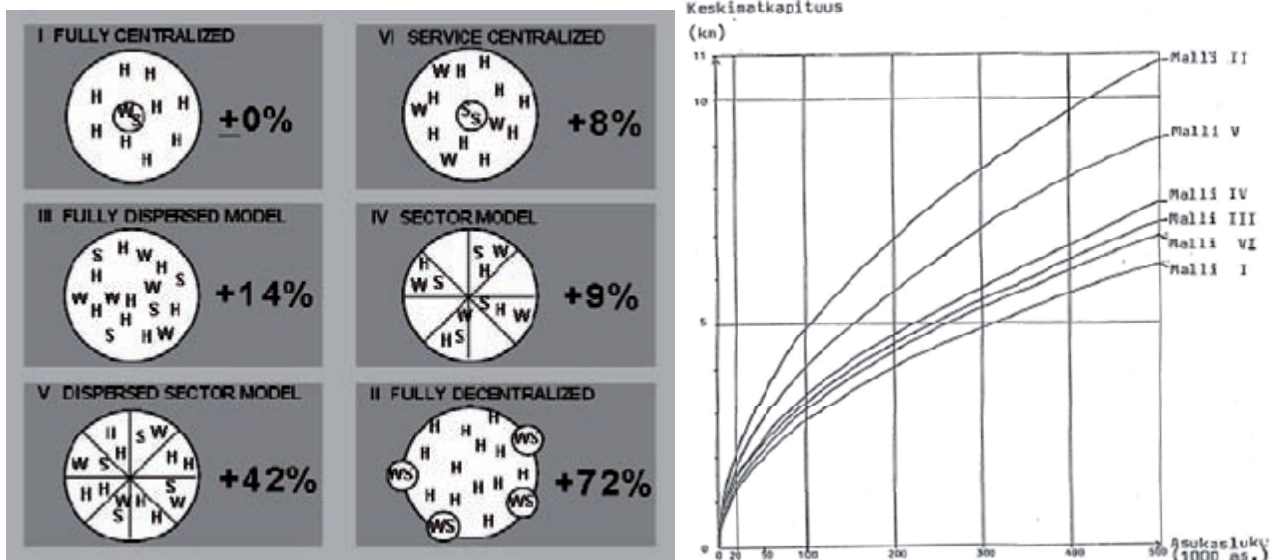
Liite 3. Kaupunkikoon vaikutus ekotehokkuuteen.

A. Kaupungin koon vaikutuksia ekotehokkuuteen voidaan tarkastella sekä teoreettisena että käytännöllisenä kysymyksenä. Taustalla on kysymys siitä minkä kokoinen kaupunki olisi ekotehokkain. Kysymys ”optimaalisesta kaupunkikoosta” on klassinen mutta edelleen aika teoreettinen siitä syystä, että kaupungit ja muutkin (pienemmät) taajamat jakautuvat teollistuneissa valtioissa säännönmukaisen tasaisesti eri kokoluokkiin (ks. esim. ESPON 1.1.1, s. 330). Näyttää siltä ”elävässä elämässä” ei ole mahdollista valita minkä kokoisia kaupunkeja rakennetaan, vaan yhteiskuntataloudellinen kehitys johtaa luonnostaan erikokoisiin yhdyskuntiin.



Kuva L3.1. Yhdeksän Euroopan maan kaupunkien ja muiden taajamien asukasluvut suuruusjärjestyksessä. ”Luonnollinen” kaupungistumiskehitys tuottaa hyvin samankaltaisen säännönmukaisuuden (logaritmisella asteikolla lähes suora viiva): kaupungin tai taajaman asukasluku riippuu lähes suoraan siitä, kuinka mones se on kokojärjestysasteikolla. Tämän lainmukaisuuden (rank-size rule tai Zipfin laki) kehitti George Zipf vuonna 1949, mutta ajatuksen esitti Auerbach jo 1913. Maissa on kuitenkin tiettyjä eroja suurimpien kaupunkien keskinäissuhteissa. Osassa maita suurin kaupunki on normaaliviivan yläpuolella eli rakenne on keskittynyt (punaisella rajatut maat) kun taas osassa maita tilanne on päinvastoin, jolloin kahden tai kolmen suurimman kaupungin välillä ei ole niin suuria eroja (sinisellä rajatut maat). Suomi kuuluu niiden maiden joukkoon, jossa on keskimääräistä hieman vahvempi pääkeskus, mutta silti melko normaalisti jakautunut muiden keskusten ja taajamien joukko.

B. Toisaalta kaupungin koolla on kiistämätön vaikutuksensa keskimääräisiin etäisyyksiin kaupungin eri osien välillä. Laajempi alue merkitsee samalla pitempiä etäisyyksiä eli suurempa matka- ja kuljetuskustannuksia, polttoainekuluja, päästöjä ym. liikennehaittoja. Tätäkin voidaan arvioida teoreettisin laskelmin (Kivilaakso 1987, Lahti 1990)



Kuva L3.2 ja L3.3. Kaupunkirakenteen (toimintojen erottelun tai sekoittamisen, kuva L3.2) ja koon (asukasluvun, kuva L3.3) vaikutus keskimääräisiin matkapituuksiin (samalla liikenteen energiakuluihin ja päästöihin) arvioituna teoreettisilla kaupunkimalleilla I–VI (Kivilaakso 1987, Lahti 1990). Mallilaskelma koskee vain keskietäisyyksiä eikä esimerkiksi liikennesuoritteita ja perustuu teoreettisiin kaupunkimalleihin ja siihen, että toimintojen sijainnit jakautuvat tasaisesti määriteltujen vyöhykkeiden sisällä. Teoriassa lyhimmat keskietäisyydet tuottaa malli, jossa työpaikat ja palvelut on keskitetty kaupungin keskustaan ja muut tarkastellut mallit tuottavat 9 % ... 72 % pitemmät keskietäisyydet. Kaupungin koon kasvaminen lisää mallista riippuen keskietäisyyksiä siten, että esimerkiksi siirtyminen 20 000 asukkaan kaupungista 100 000 asukkaan kaupunkiin lisää keskietäisyyksiä noin 2,5-kertaisiksi. 100 000 asukkaan kaupungista 500 000 asukkaan kaupungiksi lisää etäisyyksiä noin kaksinkertaisiksi. Tarkastelussa kaupungin asukastiheys on pidetty vakiona. Jos oletetaan, että asukastiheys kasvaa samalla kuin asukaslukukin (kuten todellisuudessa tapahtuu), em. vaikutus lieventyy eli keskietäisyydet kasvavat hitaammin kaupunkikoon kasvaessa. Tiheämpi rakenne lyhentää etäisyyksiä (tätä on tarkastelu erikseen luvussa Aluetehokkuus). Tiheys korreloi yhtenäisen tai hajanaisen rakenteen kanssa.

Hajanaista rakennetta voidaan kuvata myös taajaman reunaviivan pituudella. Kaupungin rakennettujen alueiden reunaviivan yhteenlasketun pituuden vaikutusta liikenteen energiankulutukseen on tutkittu empiirisin laskelmin (Matinheikki 1995). Monimuotoinen ja rönsyilevä kaupungin muoto johtaa pitkään reunaviivaan ja hajanaiseen rakenteeseen, mitkä lisäävät matkapituuksia ja sitä kautta huonontavat rakenteen ekotehokkuutta. Tilastollinen korrelaatio on suuruusluokaltaan sellainen, että reunaviivan pituuden kasvaessa 1 km/asukas liikenteen energiakulut lisääntyvät noin 1,8 GJ/asukas. Kun reunaviivan pituus vaihtelee välillä 1–8 km/asukas, on liikenteen energiankulutus välillä 27–40 GJ/asukas. Koska reunaviivan pituudella ja aluetehokkuudella on vahva keskinäinen korrelaatio, riittää liikenteen energiankulutuksen arviointiin yleensä aluetehokkuuden määrittäminen.

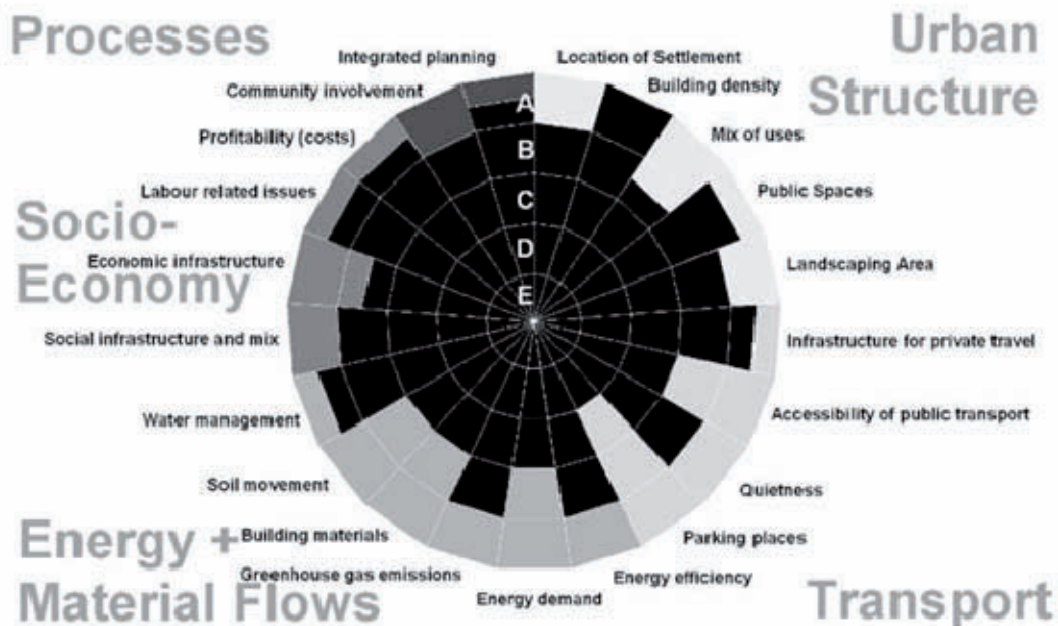
Liite 4. Ecocity kriteeristö

EU:n 5. Puiteohjelman Ecocity -projektissa kehitetyt kaupunkisuunnittelun ekologisuuden arviointikriteerit, niitä kuvaavat indikaattorit ja soveltamisesimerkki Tübingeniin (R. Smutny 2005).

URBAN STRUCTURE <table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIA</th><th>CORE INDICATORS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOCATION OF SETTLEMENT</td><td>- BASIC URBAN SYSTEM - COMMERCE WITH LAND DEMAND</td></tr> <tr> <td>BUILDING DENSITY</td><td>- AREA DENSITY</td></tr> <tr> <td>MIX OF USES</td><td>- SHARE OF MIXED USE AREAS</td></tr> <tr> <td>PUBLIC SPACES</td><td>- CONVIVIALITY INDEX - PUBLIC SPACE QUALITY</td></tr> <tr> <td>LANDSCAPING AREA</td><td>- ACCESSIBILITY OF GREEN AREAS - ECO-QUALITY OF OUTDOOR AREAS</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIA	CORE INDICATORS	LOCATION OF SETTLEMENT	- BASIC URBAN SYSTEM - COMMERCE WITH LAND DEMAND	BUILDING DENSITY	- AREA DENSITY	MIX OF USES	- SHARE OF MIXED USE AREAS	PUBLIC SPACES	- CONVIVIALITY INDEX - PUBLIC SPACE QUALITY	LANDSCAPING AREA	- ACCESSIBILITY OF GREEN AREAS - ECO-QUALITY OF OUTDOOR AREAS	TRANSPORT <table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIA</th><th>CORE INDICATORS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INFRASTRUCTURE FOR PRIVATE TRAVEL</td><td>- APPLICATION of TRANSPORT CONCEPTS - LENGTH OF ROAD NETWORK - LENGTH OF CYCLE NETWORK</td></tr> <tr> <td>ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT</td><td>- PUBLIC TRANSPORT COVERAGE</td></tr> <tr> <td>QUIETNESS</td><td>- DAYTIME TRAFFIC NOISE EXPOSURE - NIGHTTIME TRAFFIC NOISE EXPOSURE</td></tr> <tr> <td>PARKING PROVISION</td><td>- ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT VERSUS PRIVATE CAR</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIA	CORE INDICATORS	INFRASTRUCTURE FOR PRIVATE TRAVEL	- APPLICATION of TRANSPORT CONCEPTS - LENGTH OF ROAD NETWORK - LENGTH OF CYCLE NETWORK	ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT	- PUBLIC TRANSPORT COVERAGE	QUIETNESS	- DAYTIME TRAFFIC NOISE EXPOSURE - NIGHTTIME TRAFFIC NOISE EXPOSURE	PARKING PROVISION	- ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT VERSUS PRIVATE CAR
CRITERIA	CORE INDICATORS																						
LOCATION OF SETTLEMENT	- BASIC URBAN SYSTEM - COMMERCE WITH LAND DEMAND																						
BUILDING DENSITY	- AREA DENSITY																						
MIX OF USES	- SHARE OF MIXED USE AREAS																						
PUBLIC SPACES	- CONVIVIALITY INDEX - PUBLIC SPACE QUALITY																						
LANDSCAPING AREA	- ACCESSIBILITY OF GREEN AREAS - ECO-QUALITY OF OUTDOOR AREAS																						
CRITERIA	CORE INDICATORS																						
INFRASTRUCTURE FOR PRIVATE TRAVEL	- APPLICATION of TRANSPORT CONCEPTS - LENGTH OF ROAD NETWORK - LENGTH OF CYCLE NETWORK																						
ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT	- PUBLIC TRANSPORT COVERAGE																						
QUIETNESS	- DAYTIME TRAFFIC NOISE EXPOSURE - NIGHTTIME TRAFFIC NOISE EXPOSURE																						
PARKING PROVISION	- ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT VERSUS PRIVATE CAR																						
ADDITIONAL CRITERION: URBAN COMFORT																							
ENERGY FLOWS <table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIA</th><th>CORE INDICATORS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ENERGY EFFICIENCY</td><td>- COMPACTNESS OF THE STRUCTURE - RATIO OF SOLAR ORIENTED BUILDINGS - THERMAL INSULATION LEVEL</td></tr> <tr> <td>ENERGY DEMAND</td><td>- ANNUAL ENERGY DEMAND - PEAK POWER DEMAND</td></tr> <tr> <td>GREENHOUSE GAS EMISSIONS</td><td>- SHARE OF RENEWABLE - ENERGY SOURCES - GLOBAL WARMING POTENTIAL per MWh</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIA	CORE INDICATORS	ENERGY EFFICIENCY	- COMPACTNESS OF THE STRUCTURE - RATIO OF SOLAR ORIENTED BUILDINGS - THERMAL INSULATION LEVEL	ENERGY DEMAND	- ANNUAL ENERGY DEMAND - PEAK POWER DEMAND	GREENHOUSE GAS EMISSIONS	- SHARE OF RENEWABLE - ENERGY SOURCES - GLOBAL WARMING POTENTIAL per MWh	ADDITIONAL CRITERIA: CO₂ AND MODAL SPLIT USER-FRIENDLINESS OF NON-MOTORISED TRANSPORT SOCIO-ECONOMIC ISSUES <table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIA</th><th>CORE INDICATORS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SOCIAL INFRASTRUCTURE + MIX</td><td>- PYRAMID OF SOCIAL INFRASTRUCTURE</td></tr> <tr> <td>ECONOMIC INFRASTRUCTURE</td><td>- PYRAMID OF ECONOMIC INFRASTRUCTURE</td></tr> <tr> <td>LABOUR RELATED ISSUES</td><td>- PYRAMID OF LABOUR RELATED ISSUES</td></tr> <tr> <td>PROFITABILITY</td><td>- PYRAMID OF PROFITABILITY</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIA	CORE INDICATORS	SOCIAL INFRASTRUCTURE + MIX	- PYRAMID OF SOCIAL INFRASTRUCTURE	ECONOMIC INFRASTRUCTURE	- PYRAMID OF ECONOMIC INFRASTRUCTURE	LABOUR RELATED ISSUES	- PYRAMID OF LABOUR RELATED ISSUES	PROFITABILITY	- PYRAMID OF PROFITABILITY				
CRITERIA	CORE INDICATORS																						
ENERGY EFFICIENCY	- COMPACTNESS OF THE STRUCTURE - RATIO OF SOLAR ORIENTED BUILDINGS - THERMAL INSULATION LEVEL																						
ENERGY DEMAND	- ANNUAL ENERGY DEMAND - PEAK POWER DEMAND																						
GREENHOUSE GAS EMISSIONS	- SHARE OF RENEWABLE - ENERGY SOURCES - GLOBAL WARMING POTENTIAL per MWh																						
CRITERIA	CORE INDICATORS																						
SOCIAL INFRASTRUCTURE + MIX	- PYRAMID OF SOCIAL INFRASTRUCTURE																						
ECONOMIC INFRASTRUCTURE	- PYRAMID OF ECONOMIC INFRASTRUCTURE																						
LABOUR RELATED ISSUES	- PYRAMID OF LABOUR RELATED ISSUES																						
PROFITABILITY	- PYRAMID OF PROFITABILITY																						
MATERIAL FLOWS <table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIA</th><th>CORE INDICATORS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BUILDING MATERIALS</td><td>- REDUCTION OF THE DEMAND OF BUILDING MATERIALS - USE OF ECO FRIENDLY BUILDING MATERIALS</td></tr> <tr> <td>SOIL MOVEMENT</td><td>- SHARE OF SOIL RE-USED ON SITE</td></tr> <tr> <td>WATER MANAGEMENT</td><td>- CONCEPTS FOR WATER MANAGEMENT</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIA	CORE INDICATORS	BUILDING MATERIALS	- REDUCTION OF THE DEMAND OF BUILDING MATERIALS - USE OF ECO FRIENDLY BUILDING MATERIALS	SOIL MOVEMENT	- SHARE OF SOIL RE-USED ON SITE	WATER MANAGEMENT	- CONCEPTS FOR WATER MANAGEMENT	PROCESSES <table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIA</th><th>CORE INDICATORS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTEGRATED PLANNING</td><td>- MULTIDISCIPLINARY PLANNING TEAM - ITERATIVE PROCESS - PLANNING WITH SCENARIOS</td></tr> <tr> <td>COMMUNITY INVOLVEMENT</td><td>- PYRAMID OF COMMUNITY INVOLVEMENT</td></tr> </tbody> </table>	CRITERIA	CORE INDICATORS	INTEGRATED PLANNING	- MULTIDISCIPLINARY PLANNING TEAM - ITERATIVE PROCESS - PLANNING WITH SCENARIOS	COMMUNITY INVOLVEMENT	- PYRAMID OF COMMUNITY INVOLVEMENT								
CRITERIA	CORE INDICATORS																						
BUILDING MATERIALS	- REDUCTION OF THE DEMAND OF BUILDING MATERIALS - USE OF ECO FRIENDLY BUILDING MATERIALS																						
SOIL MOVEMENT	- SHARE OF SOIL RE-USED ON SITE																						
WATER MANAGEMENT	- CONCEPTS FOR WATER MANAGEMENT																						
CRITERIA	CORE INDICATORS																						
INTEGRATED PLANNING	- MULTIDISCIPLINARY PLANNING TEAM - ITERATIVE PROCESS - PLANNING WITH SCENARIOS																						
COMMUNITY INVOLVEMENT	- PYRAMID OF COMMUNITY INVOLVEMENT																						

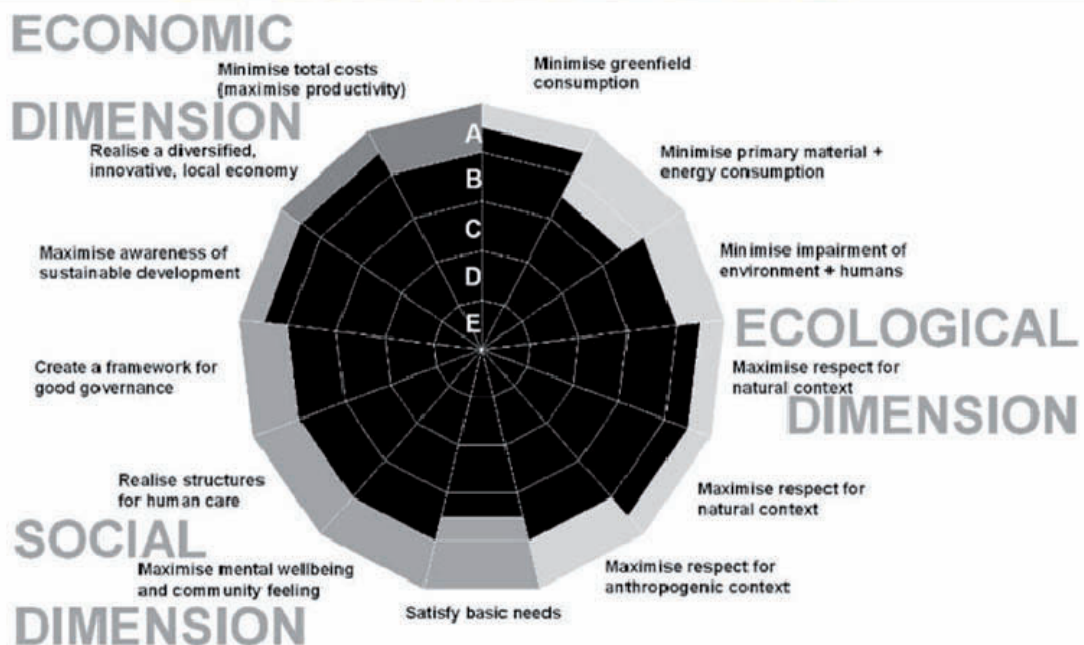
BEST SCORE			EXAMPLE FOR QUANTITATIVE INDICATORS: DEFINITION of two DATA RANGES: - VERY GOOD STATE (B) - MEDIUM/NORMAL STATE (D)
A	EXCELLENT	innovative	
B	VERY GOOD	best practice, state of the art	
C	ADVANCED	above normal practice	
D	MEDIUM	normal practice, state of practice	
E	POOR	below normal practice	
WORST SCORE			

SECTORAL SPIDER



Case Study Tuebingen

SUSTAINABILITY SPIDER



Case Study Tuebingen

Sarjassa aikaisemmin julkaistu:

2008:1 Loft-asumisen edellytykset
Helsingissä

ISSN 1458-9664
ISBN 978-952-223-254-0 (nid.)
ISBN 978-952-223-255-7 (PDF)



9 789522 232540