



Ekotaajaman suunnitteluperiaatteet

Åsa Nystedt | Mari Sepponen | Mikko Virtanen

Ekotaajaman suunnitteluperiaatteet

Åsa Nystedt, Mari Sepponen & Mikko Virtanen

VTT

ISBN 978-951-38-38-7838-2 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2012

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT
PL 1000 (Vuorimiehentie 5, Espoo)
02044 VTT
Puh. 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT
PB 1000 (Bergsmansvägen 5, Esbo)
FI-2044 VTT
Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland
P.O. Box 1000 (Vuorimiehentie 5, Espoo)
FI-02044 VTT, Finland
Tel. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Toimitus Marika Leppilahti

Ekotaajaman suunnitteluperiaatteet

[Design principles for rural eco districts]. Åsa Nystedt, Mari Sepponen & Mikko Virtanen. Espoo 2012. VTT Technology 24. 50 s. + liitt. 2 s.

Tiivistelmä

Julkaisussa esitetään menetelmiä ja työkaluja energiatehokkaan alueen suunnittelulle. Kohdealueina ovat kuusi kuntaa Jyväskylän seudulta: Jyväskylä, Jämsä, Kannonkoski, Petäjävesi, Multia ja Toivakka. Projektissa tehtiin energiaselvitykset näissä kunnissa sijaitseville pilottialueille. Tässä raportissa esitetään energia-analyysien yleiset johtopäätökset, tarkemmat pilottikohtaiset laskelmat ovat omissa raporteissaan.

Alueen energiatehokkuuteen vaikuttavat pääosin rakennusten kuluttama energia, energiatuotantotavat ja liikenne. Myös ihmisten käyttäytymisellä on merkittävä vaikutus alueen energiankulutukseen. Raportissa on keskitytty suunnitteluratkaisuihin, joihin voidaan vaikuttaa kaupunkisuunnittelulla asemakaavatasolla.

Merkittävä rajausta työssä oli keskittyä ainoastaan alueen sisällä tehtäviin ratkaisuihin. Tämä valinta rajaa pois suurimman osan liikenteen vaikutuksista. On kuitenkin todettava, että alueen sijainti on äärimmäisen tärkeää energiatehokkuuden kannalta. Alueen liikenteen päästöjä voidaan vähentää suunnittelemalla alueita, joissa päivittäin käytetyt palvelut ovat asukkaiden lähellä. Tämä voi kuitenkin olla erittäin haastavaa harvaan asutulla alueella maaseudulla.

Rakennusten kuluttamaan energiaan voidaan vaikuttaa kaavassa energialuokituksen avulla. Kaavassa voidaan vaatia uusille rakennuksille rakennusmääräyksiä tiukempia energialuokkia. Rakennusvalvonnan tärkeänä tehtävänä on ohjeistaa rakentajia energiatehokkaaseen rakentamiseen. Monet seikat vaikuttavat sopivimman energialähteen valintaan. Kaavassa voidaan määrätä kaukolämpöön liittymisestä. Muita energiantuotantotapoja voidaan suositella ja rakennusvalvonta voi aktiivisesti tuoda esille niiden mahdollisuudet.

Projektissa kehitetty alueellinen energialuokitus-työkalu soveltuu erilaisten kaavaratkaisujen energiatehokkuuden vertailuun. Työkalun tarkoituksena on nopeuttaa ja helpottaa kaavaratkaisujen vertailua. Työkalua on tarkoitus käyttää ensisijaisesti vertailemaan erilaisia kaava- ja energiaratkaisuja samalla alueella. Työkalun antamat tulokset ja energialuokat eivät kuitenkaan suoraan sovellu erilaisten alueiden keskinäiseen vertailuun.

Ekotaajama-alueet sijaitsevat maaseudulla, ja ne ovat tyypillisesti hyvin pientalovaltaisia. Tämä johtuu asukkaiden halusta asua pientaloissa harvaan asutulla alueella. Samasta syystä maaseudulla asuessa olisi vaikeaa pärjätä ilman omaa autoa. Nämä lähtökohdat on hyväksyttävä. Ne poissulkevat joitain ekokaupunkien suunnitteluperiaatteita, mutta on kuitenkin olemassa paljon asioita, joita ekotaajamassa voidaan ja kannattaa tehdä, jotta alueet ja taajamat olisivat houkuttelevampia ja energia- sekä ekotehokkaampia.

Design principles for rural eco districts

[Ekotaajaman suunnitteluperiaatteet]. Åsa Nystedt, Mari Sepponen & Mikko Virtanen. Espoo 2012. VTT Technology [24]. 50 p. + app. 2 p.

Abstract

This report describes methods and tools for the planning of energy efficient districts. Case districts have been examined in the following six communities: Jyväskylä, Jämsä, Kannonkoski, Petäjävesi, Multia and Toivakka. All of the communities are situated in the Jyväskylä region. In the project "Ekotaajama" energy analyses were done for the pilot districts. In this report the general conclusions from the energy analyses are reported, the specific energy analyses are found in separate reports. The district energy efficiency assessment tool and general guidelines for planning energy efficient districts are also presented in this report.

A district's energy efficiency is mainly influenced by the buildings energy consumption, energy production methods and traffic. Inhabitant's behaviour also influences the energy consumption significantly. This report focuses on design solutions that can be influenced through the detailed city plan.

A significant limitation of the work was focusing only on solutions made within the district. This leaves out most of the impacts of traffic since most of the traffic is to and from the districts because of their nature being smaller rural districts. It needs to be emphasized that the placement has a significant impact on the overall energy efficiency of the districts. The traffic can be minimised by providing daily services close to the residents. This can, however, be challenging in the rural areas with no dense city structure.

The energy classification system is a way to influence the buildings energy demand in the city plans. Tighter energy classifications than what the law requires can be set in the plans. The building inspectors have an important role in advising house builders in building energy efficient and high quality houses.

Many things influence the choosing of the energy system. In the city plan it can be decided to connect to the district heating system. Other energy systems can be only recommended, not enforced. The building instructors can actively recommend the possibilities of renewable energy systems.

A tool for assessing the energy efficiency of a district was developed within the Ekotaajama project. The tool helps with comparing the impacts on energy efficiency by different choices made in the city plans. The purpose of the tool is to compare solutions made within districts, not to compare districts with each other.

The Ekotaajama district are rural and typically consist of one family houses. People on the countryside want to live in one family houses not too close to each other. The un-dense structure adds to the need of using private cars for moving around. These are aspects that need to be accepted. This rules out some of the principles of EcoCity planning, but still there are many things that can be done in order to create nice and energy efficient living districts.

Keywords Energy efficiency, renewable energy, city planning, planning tool

Alkusanat

Tässä julkaisussa on esitetty energiatehokkaan alueen suunnittelun pääperiaatteet. Tavoitteena on alue, jossa voidaan elää mahdollisimman energiatehokasta elämää, tinkimättä kuitenkaan elämänlaadusta. Työ on tehty osana Ekotaajama-hanketta, jota ovat rahoittaneet Tekes, Sitra, Keski-Suomen liitto, alueelliset kehitysyritykset Jykes Oy ja Jämsek Oy sekä osallistuvat kunnat. Hanketta koordinoi Jyväskylän Innovation Oy. VTT teki Ekotaajama-hankkeen kuntien tilauksesta pilot-alueiden energia-analyysit, energiatehokkuuden arviointityökalun ja tämän suunnitteluohjekirjan. Kunnista Ekotaajama-hankkeessa ovat mukana Jyväskylä, Jämsä, Petäjävesi, Multia, Toivakka ja Kannonkoski.

Ekotehokkuuskeskustelu on fokusoitunut hyvin pitkälti kasvukeskusten haasteisiin. Suomi on kuitenkin muitakin kuin isot kaupungit ja niiden lähiöt. Suomessa asutaan nyt ja tulevaisuudessa sekä kaupungeissa että maaseudulla. Tässä raportissa keskitytään näiden alueiden kehittämishaasteisiin ja erityisesti suunnitteluratkaisuihin, jotka edistävät asuinalueiden energiatehokkuutta. Vaikka raportissa on tarkasteltu erityisesti energiatehokkuuden kehittämistä, myös muut ekologiset arvot ovat tärkeitä yhteiskuntasuunnittelussa, samoin kuin kestävä kehityksen periaatteet sisältäen myös sosiaaliset ja taloudelliset näkökohdat.

Julkaisu on kirjoitettu kaupunkisuunnittelun näkökulmasta. Keskeinen kysymys läpi julkaisun on, miten kaupunkisuunnittelun keinoin voidaan vaikuttaa alueen energiatehokkuuteen? Tässä raportissa keskitytään pelkästään alueen sisällä tehtäviin ratkaisuihin eli käytännössä asemakaavatasoisiin ratkaisuihin. Julkaisussa ei oteta kantaa alueen sijaintiin liittyviin kysymyksiin. Todellisuudessa alueen sijainnilla on ratkaiseva vaikutus liikenteen energiankulutukseen, koska liikenne voi aiheuttaa jopa puolet alueen kasvihuonekaasupäästöistä. Liikenteen vaikutuksia ei kuitenkaan ole kokonaan jätetty huomioimatta. Raportissa esitetään keinoja alueen sisäisen liikenteen tarpeen pienentämiseen.

Rakennukset ovat tyypillisesti alueiden suurimpia energian kuluttajia, minkä vuoksi tähän on paneuduttu raportissa erityisesti. Käytetty energialähde ja energian tuotantotapa ovat toinen tärkeä kokonaisuus. Hankkeessa laadittiin ohjeistus kullekin alueelle sopivien uusiutuvien energiaratkaisujen tunnistamiseen. Pilotti-kohteiden analyysien perusteella luotiin yleiskuva erilaisten energiaratkaisujen vertailusta muun muassa niiden kustannustason ja päästöjen kannalta.

Ekotaajama-hankkeessa kehitettiin myös alueen energiatehokkuuden arviointityökalu. Sen avulla kaupunkisuunnittelussa voidaan helposti arvioida erilaisten

ratkaisujen vaikutusta energiatehokkuuteen. Työkalu esitellään lyhyesti tässä julkaisussa. Sen tarkemmat käyttöohjeet ja itse työkalu ovat ladattavissa osoitteessa www.jklinnovation.fi.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat.....	5
Symboliluettelo.....	9
1. Tavoitteena ekotaajama	13
1.1 Tiivis kaupunkirakenne	13
1.2 Energiankulutuksen minimoiminen	14
1.3 Liikenne	14
1.4 Energiantuotanto.....	15
1.5 Ekologiset vesi- ja jäteratkaisut	15
1.6 Ympäristön huomioiminen.....	16
1.7 Sosiaaliset näkökohdat.....	16
2. Rakennusten energiankulutus.....	18
2.1 Energiatehokkaan rakentamisen pääperiaatteet	18
2.2 Rakentamismääräykset	19
2.3 Rakennusten energialuokitus.....	20
2.4 Energiatehokasta loma-asumista	21
2.5 Saunavalinnan vaikutus sähkönkulutukseen ja päästöihin.....	22
3. Energiantuotantovaihtoehdot	24
3.1 Kaukolämpö/aluelämpö ja sen yhdistäminen muihin ratkaisuihin	25
3.2 Aurinkokeräimet ja aurinkopuhaltimet sekä passiivinen hyödyntäminen.....	26
3.3 Aurinkopaneelit.....	26
3.4 Biokaasu ja aluelämpö.....	27
3.5 Yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto eli CHP (Combined Heat and Power production)	27
3.6 Maa-/kallio-/vesistölämpö.....	27
3.7 Ilmalämpöpumput.....	28
3.8 Talokohtaiset lämpökattilat.....	28

3.9	Sähkölämmitys.....	28
3.10	Tuulivoima.....	29
3.11	Energianmuutokertoimet primäärienergian laskentaan.....	29
3.12	Irti verkosta -ratkaisut – Off-grid-ratkaisut	30
3.12.1	Lämmön varastointi	30
3.12.2	Sähkön varastointi	31
3.12.3	Energian varastoinnin kustannustehokkuus	31
3.13	Energiavaihtoehtojen kartoitus	32
4.	Ohjeistus aluesuunnittelulle	35
4.1	Energia-analyysi.....	35
4.2	Suunnittelijan peukalosäännöt.....	36
4.3	Rakennusvalvonnan rooli.....	37
5.	Aluelämmityksen ja vapaasti valittavan kiinteistökohtaisen lämmityksen vertailu	38
5.1	Energiankulutus ja nykyinen lämpöenergian tuotanto.....	38
5.2	Vaihtoehtoinen tarkastelu: lämmitys kaukolämmöllä.....	39
6.	Alueellinen energialuokitus-työkalu	43
7.	Johtopäätökset ja yhteenveto.....	48
	Lähdeluettelo.....	49
	Liitteet	

Liite A: Rakenteiden tiedot

Symboliluettelo

Aluetehokkuus	Mitataan aluetehokkuusluvulla (e^a), joka on rakennusten kokonaispinta-alan suhde koko maa-alueen pinta-alaan. Tehokkuusluku kuvaa siten kaavoitetun alueen rakentamistiheyttä. Aluetehokkuusluvun avulla voidaan vertailla eri asuinalueiden tiiveyttä. Mitä korkeampia rakennuksia ja mitä vähemmän tilaa rakennusten välissä on, sitä suurempi aluetehokkuus on. Asuinalueella on asuinkorttelien lisäksi mm. teitä, puistoja, myymälöitä, päiväkoteja ja kouluja, jotka vaikuttavat aluetehokkuuteen.
Aurinkolämpökeräin	Hyödyntää auringon säteilystä saatavaa lämpöenergiaa talon lämmityksessä. Keräimet voidaan integroida osaksi rakennuksen kattoa tai julkisivua.
Aurinkopaneeli	Tuottaa sähköä auringon säteilyenergiasta. Paneelit voidaan integroida osaksi rakennuksen kattoa tai julkisivua. Järjestelmä voidaan kytkeä sähköverkkoon tai omaan akkulaitteistoon.
Biopolttoaineet	Ovat uusiutuvia polttoaineita, kuten puu (usein hake tai pelletti), biokaasu, olki jne.
CHP-laitos	(Combined Heat and Power production) tuottaa sekä sähköä että lämpöä samasta prosessista. Suomessa käytetään myös termiä yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto. Laitoksen polttoaineeksi käyvät muun muassa biopolttoaineet, maakaasu ja muut kiinteät polttoaineet. Yleensä laitos on yhdistetty kaukolämpöverkkoon ja laitosta ajetaan alueen lämmöntarpeen mukaan. Yhteistuotannon hyötysuhde on parempi kuin erillisissä lämpöä ja sähköä tuottavissa laitoksissa.
COP	(Coefficient of performance) on lämpökerroin, joka kuvaa lämpöpumppujen hyötysuhdetta. Esimerkiksi lämpöpumppu, jonka COP on 3, tuottaa 1 kWh:lla sähköä 3 kWh lämpöenergiaa.

CO₂-ekvivalentti	Sisältää kaikki kasvihuonekaasupäästöt; eri päästöjen yhteenlaskennassa niiden erilainen GWP (Global Warming Potential) vaikutus on huomioitu kertoimia käyttämällä. Kasvihuonekaasupäästöjen vaikutukset näkyvät mm. ilmastonmuutoksena, niistä ei aiheudu suoraan selvästi paikallisesti haittoja. CO ₂ -ekvivalenttipäästöihin kuuluvat: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HCF, PCF ja SF ₆ . (GEMIS Manual.)
Ekotehokkuus	On määritelty seuraavasti: elämänlaatu / (ympäristöhaitat * luonnonvarojen käyttö * kustannukset). Käytännössä ekotehokkuuden maksimointi tarkoittaa sitä, että pyritään hyvään elämänlaatuun ja samanaikaisesti minimoimaan siitä aiheutuvat ympäristöhaitat ja luonnonvarojen käyttö. Myös tästä syntyvät kustannukset on huomioitava.
Energiatehokkuus	Tarkoittaa sitä, että energiaa käytetään mahdollisimman tehokkaasti. Tähän sisältyy niin energiankulutuksen pienentäminen niin vähäiseksi kuin mahdollista kuin myös primäärienergian käyttäminen mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi.
GEMIS	(Global Emission model for Integrated systems) on ohjelma, jolla voidaan mallintaa päästöt prosessin koko elinkaaren ajalta (mukaan lukien rakentaminen, kuljetukset, jne). Ohjelma sisältää laajan tietokannan erilaisten prosessien tiedoista ja päästöistä.
Hajautettu energiantuotanto	Tarkoittaa paikallista, lähellä käyttökohteita tapahtuvaa energiantuotantoa. Energiantuotantoyksiköt ovat usein kokoluokaltaan melko pieniä. Esimerkiksi hajautettua energiantuotantoa ovat: rakennuksiin integroidut aurinkopaneelit ja aurinkolämpökeräimet, maa-/kallio-/vesistölämpöratkaisut, pientuulivoimalat, biokaasulaitokset, puuhakekattilat ja pellettikattilat.
Ilmatiivisyys	On rakennuksen ominaisuus, joka vaikuttaa tilojen lämmitysenergian kulutukseen. Mitä parempi rakennuksen ilmatiivisyys on, sitä vähemmän rakennuksessa tarvitaan lämpöenergiaa, ja sitä pienempi on myös rakennuksen ilmapuotoluku. Mitataan ilmanvuotoluvulla n50, joka kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa vaipan vuoreittien kautta 50 pascalin ali- tai ylipaineessa; tai rakennusvaipan ilmanvuotoluvulla q50 [m ³ /(h•m ²)].
Kaukolämpö/kaukokylmä	On järjestelmä, jossa lämpö- tai jäähdytysenergia tuotetaan keskitetyissä yksiköissä ja energia toimitetaan lämmönjakoputkiston kautta kulutuskohteisiin.

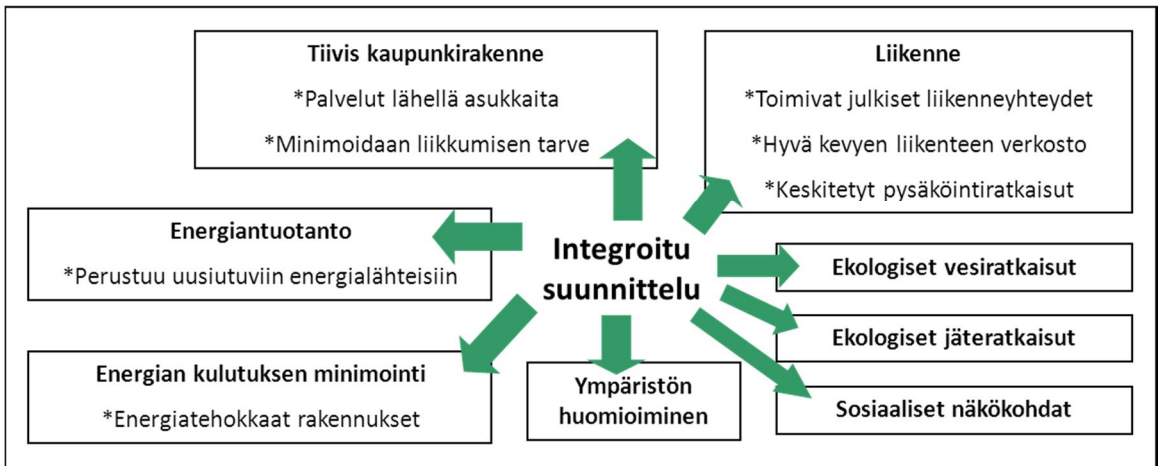
Maa-/kallio-/vesistölämpö	On tekniikka, jossa maaperän lämpöä kerätään lämmönkeruuputkien ja lämpöpumpun avulla rakennusten lämmittämiseen. Lämmönlähteenä voi olla maa, kallio tai vesistö (esimerkiksi meri tai yli kaksi metriä syvä järvi, tai vesistön pohjan sedimenttikerros). Lämpöpumpun kuluttama sähkö riippuu pumpun COP:sta.
Matalaenergiatalo	Kuluttaa arvioilta noin 50 % vähemmän lämpöenergiaa kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman 2008 mukaiset talot. Lämmönkulutusta on pienennetty muun muassa paremmilla eristeillä, ilmatiiviydellä ja tehokkaalla lämmöntalteenotolla. Vaatii ammattitaitosta suunnittelua arkkitehtien, lvi-suunnittelijoiden ja rakennesuunnittelijoiden kesken.
Off-grid	Tarkoittaa ratkaisua, joka ei ole yhteydessä muihin verkostoihin. Esimerkiksi off-gridinä toimivassa energiajärjestelmässä tuotetaan itse kaikki alueella tai järjestelmässä tarvittu sähkö-, lämpö- ja jäähdytysenergia, eikä se ole yhteydessä muihin energiaverkkoihin, kuten kansalliseen sähköverkkoon, kaukolämpö- tai kaukokylmäverkkoon.
Passiivitalo	Kuluttaa arviolta 75 % vähemmän lämpöenergiaa kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman 2008 mukaiset talot. Lämmönkulutusta on pienennetty muun muassa paremmilla eristeillä, ilmatiiviydellä ja tehokkaalla lämmöntalteenotolla. Vaatii ammattitaitosta suunnittelua arkkitehtien, lvi-suunnittelijoiden ja rakennesuunnittelijoiden kanssa. Passiivitalolle on olemassa myös muita määritelmiä, kuten eurooppalainen passiivitalo. [Nieminen ja Lylykangas, 2009.]
Pienhiukkaspäästöt	Vaikuttavat paikallisesti ilmanlaatuun, mikä taas vaikuttaa suoraan ilman ja paikan terveellisuuteen. Biopolttoaineita polttavissa kattiloissa pienhiukkaspäästöjä voidaan vähentää hyvin hallitulla palamisella sekä erilaisilla savukaasun puhdistusmenetelmillä, kuten erilaisilla suodattimilla. Yleensä suodattimia käytetään vain keskitetyissä energiantuotantolaitoksissa eli kaukolämpölaitoksella ja sähköntuotannossa.
Puuhakelaitos	On lämpökattila, joka tuottaa puuhakkeesta lämpöenergiaa. Yhdistetään usein kaukolämpöverkkoon.
SO₂-ekvivalentti	Kuvaa määrällisesti happamoitumista aiheuttavia päästöjä. Tämä perustuu SO ₂ :n suhteelliseen happamuuteen. Sisältää SO ₂ , NO _x , HCl, HF, NH ₃ ja H ₂ S -päästöt. (GEMIS Manual.) SO ₂ -ekvivalenttipäästöt vaikuttavat koko maan ja maaosan happamoitumiseen, eli haittavaikutukset eivät ole suoraan paikallisia.

Tonttijako	On kaavaan tai muuhun suunnitelmaan tai sopimukseen perustuva maa-alueen jako käyttö- ja omistussyksiköihin. Aina jollain tasolla välttämätön järjestely, jos kiinteistö-kantaa käytetään markkinataloudessa vaihdon kohteena tai vakuutena.
TOPP-ekvivalentti	(Tropospheric ozone precursor potential) on massapohjainen ekvivalentti, joka kuvaa otsonin muodostumista esiasteestaan. Mitataan otsonin esiasteen ekvivalenttia. TOPP kertoo troposfäärisen (lähellä maata olevan) otsonin (O ₃) muodostumista, mikä voi aiheuttaa esim. savusumua kesällä. Lasketaan CO-, NMVOC-, NO _x - ja CH ₄ -päästöjen suhteellisesta otsonin muodostumisasteesta. Käytännössä se kertoo siihen kuuluvien päästöjen ympäristövaikutuksen suuruudesta ja todennäköisyydestä: mitä suuremmat TOPP-ekvivalenttipäästöt, sitä todennäköisemmin alueelle voi muodostua kesällä savusumua. Päästöjen haittavaikutukset ovat paikallisia. (GEMIS Manual.)
Townhouse	On viereiseen asuntoon kytketty kaksi- tai kolmikerroksinen kaupunkimainen pientalo, joka sijaitsee omalla tontillaan. Kaupunkipientaloissa on pienehköt yksityispihat, eikä niissä välttämättä ole rivitaloille usein tyypillisiä yhteispihoja. Kuhunkin kaupunkipientaloon on sisäänkäynti suoraan kadulta. Townhouse-asunto vastaa itsenäistä omakotitaloa, huolimatta fyysisestä kytkennästä ja seinäyms. rakenteista. (Manninen ja Holopainen, 2006.)
Tuulienergia	Tarkoittaa tuuliturbiinilla tuotettua sähköä. Tuuliturbiineja on saatavilla eri kokoluokissa, pienempiä tuuliturbiineita voidaan asentaa muun muassa rakennusten katoille. Turbiinit voivat olla pysty- tai vaaka-akselisia ja niitä voidaan asentaa sekä maalle että merelle. Järjestelmän kannattavuuden edellytyksenä ovat hyvät tuuliolosuhteet.
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin, joka kuvaa rakennuksen eri rakennusosien/materiaalien/rakenteiden lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on lämmöneristys ja sitä vähemmän aiheutuu lämpöhäviöitä rakenteen läpi.
WinEtana	On VTT:llä kehitetty ohjelma, jolla voidaan laskea rakennusten sähkön ja lämmönkulutus kuukausitasolla.

1. Tavoitteena ekotaajama

Ekotaajamaprojektissa keskityttiin alueen energiatehokkuuteen. Ekotaajamassa käytetyt suunnitteluperiaatteet ja tavoitteet ovat samoja kuin laajemman ekokaupungin suunnittelussa. Ekokaupungin suunnittelussa yhdistetään tiivis kaupunkirakenne, kestävä energiantuotanto, kulutus ja liikennetratkaisut sekä ekologiset vesi- ja jäteratkaisut. Myöskään ympäristöä, paikallisia olosuhteita ja sosiaalisia tekijöitä ei pidä unohtaa. Kaikki nämä osa-alueet on huomioitava suunnittelussa jo hankkeen alkuvaiheessa. Erilaiset osa-alueet on esitetty kuvassa 1.

Ekokaupungin peruselementit



Kuva 1. Ekokaupungin suunnittelussa huomioitavat peruselementit, joista jokaisen suunnittelu on hoidettava siten, että siinä huomioidaan myös muut osa-alueet

1.1 Tiivis kaupunkirakenne

Ekokaupunkikonseptissa suositetaan tiivistä kaupunkirakennetta. Tällöin rakentamiseen tarvitaan vähemmän maapinta-alaa. Lisäksi tiiviimpi kaupunkirakenne parantaa mahdollisuuksia tarjota asukkaille päivittäiset palvelut lähellä kotia, kun asu-

1. Tavoitteena ekotaajama

kastiheys on suurempi. Tämä on myös tärkein keino pienentää liikkumisen tarvetta, sillä lyhyet matkat kannustavat asukkaita suosimaan kävelyä tai pyöräilyä. Tiivis korttelirakenne pienentää myös kaukolämpöverkoston siirtohäviöitä. Myös muut infrastruktuurikustannukset ovat pienempiä (tiet, sähköjohdot, vesi ja viemäriputket jne.).

Pientalot kuluttavat enemmän lämmitysenergiaa per neliö verrattuna rivitaloihin. Tämä johtuu siitä, että ulkoseiniä on enemmän asuntoneliometriä kohden. Ekotaajama-projektissa tehtyjen laskelmien mukaan rivitalot kuluttavat 10–13 % vähemmän lämmitysenergiaa neliometriä kohden kuin pientalot, riippuen energiatehokkuustasosta.

Aluetehokkuusluvulla voidaan helposti arvioida alueen tiiviyyttä. On vaikeaa asettaa selkeää raja-arvoa aluetehokkuusluvulle, joka tukisi energiatehokasta suunnittelua. Siihen vaikuttavat esimerkiksi alueen luonne ja sijainti, lähellä olevat palvelut ja julkiset liikenneyhteydet. Voidaan kuitenkin todeta, että aluetehokkuusluvun ollessa alle 0,3 on vaikeaa tarjota tehokasta joukkoliikennettä alueella. Ekotaajamatyyppisillä alueilla aluetehokkuusluku on melkein poikkeuksetta alhainen johtuen maaseudullisesta sijainnista ja ihmisten asumismielityksistä taajama-alueilla. Kaikkien Ekotaajama-projektissa mukana olleiden esimerkkialueiden aluetehokkuusluku on alle 0,1.

1.2 Energiankulutuksen minimoiminen

Tärkeä tekijä ekokaupunkikonseptissa on alueen energiankulutuksen minimointi. Energia kuluu pääosin rakennusten ja asukkaiden sekä työpaikkojen käyttämään energiaan ja liikenteeseen. Rakennusten energiatehokkuus on käsitelty luvussa 2. Liikenteen tehostaminen käsitellään lyhyesti seuraavassa luvussa.

1.3 Liikenne

Liikenne voi tuottaa jopa puolet alueen kasvihuonekaasupäästöistä. Liikkumisen tarpeen minimointi ja julkisen liikenteen kehittäminen on siis erittäin tärkeää päästöjen vähentämisessä. Liikkumistarvetta voidaan vähentää muun muassa tarjoamalla alueella päivittäin käytettävät palvelut ja työpaikat. Harvemmin asutuilla alueilla maaseudulla näiden tarjoaminen on erittäin haastavaa; kehitys onkin ollut päinvastaista, kun palveluja keskitetään yhä suurempiin kuntakeskuksiin. Työpaikkojen tarjoamista alueelle voidaan edistää kaavoituksen avulla, jos asuinalueille suunnitellaan myös teollisuus- ja muita työpaikkatontteja. Myös etätyön tekemistä tulisi edistää, muun muassa tarjoamalla toimivat tietoliikenneyhteydet asuinalueelle. Lisäksi alueella voisi tarjota etäkonttoritiloja, joista yritykset voisivat esimerkiksi vuokrata etätyötä tekeville työpisteeseen.

Alueen liikennesuunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Esimerkiksi liikenneväylien suunnittelussa tulisi suosia julkista ja kevyttä liikennettä. Käytännös-

sä tämä tarkoittaa muun muassa hyviä kevyen liikenteen väyliä, joissa pyöräily ja kävely on eriytetty omille kaistoilleen. Parhaimmat liikenneväylät voidaan tarjota julkisen ja kevyen liikenteen käyttöön. Pidemmälle vietynä alueen sisällä ei sallita autoilua lainkaan, vaan autot pysäköidään alueen reunoille keskitetyille pysäköintialueille. Tämä myös mahdollistaisi mukavan ja rauhallisen alueen, kapeampia katuja ja enemmän elintilaa ihmisille, kun autoille ei tarvitse varata tilaa alueella.

Liikenneratkeisuuteen voidaan yhdistää ICT-tekniikkaa, jonka avulla matkustajille tarjotaan reaaliaikaista tietoa matkasta, esimerkiksi matkaohjeita, sopivat bussivuorot ja tieto siitä, kuinka paljon aikaa niiden pysäköintialueeseen on. Tulevaisuudessa julkinen liikenne voisi toimia täysin käyttäjien tarpeen mukaan ja optimoidusti, jolloin julkisen liikenteen kalusto, aikataulut ja reitit vastaavat käyttäjien tarpeita ja tarpeetonta ajamista voidaan välttää.

1.4 Energiantuotanto

Ekotaajama-alueella pyritään tuottamaan energiaa kestäväällä tavalla eli suosimalla uusiutuvia energialähteitä ja tuottamalla mahdollisimman vähän ympäristölle haitallisia päästöjä.. Vaihtoehtoiset energiajärjestelmät, niiden valinta ja arviointi on avattu luvussa 3.

1.5 Ekologiset vesi- ja jäteratkaisut

Vesijärjestelmä voidaan toteuttaa tehokkaammin ja ekologisemmin hajautetuilla ratkaisuilla, kuten ekologista sanitaatiota hyödyntäen. ICT-ratkaisut, kuten älykkaat verkostot ja mittarit, sekä vettä säästävät laitteet auttavat pienentämään vedenkulutusta. Vähentämällä vedenkulutusta saadaan myös säästettyä muun muassa veden lämmitykseen kuluva energia. Vedenkulutusta voidaan vähentää muuttamalla kulutustottumuksia sekä käyttämällä vettä säästäviä hanoja, suihkuja ja muita vesikalusteita. Näihin ei kuitenkaan voida juuri vaikuttaa kaupunkisuunnittelun keinoilla. Jotain voidaan silti tehdä, muun muassa tiedottamalla asiasta asukkaille, yrityksille ja työntekijöille.

Yksi mielenkiintoinen vaihtoehto vesiratkaisuille voisi olla vihreä sanitaatiojärjestelmä, jossa mustat ja harmaat vedet on erotettu toisistaan. Harmaat ja mustat vedet voidaan käsitellä paikallisesti ja hajautetusti biologisen puhdistuksen avulla.

Hulevesien hallinta tulee suorittaa kestävästä urbaanin hydrologian periaatteiden mukaisesti. Tähän kuuluvat tarkempi suodatus ja hulevesien hyödyntäminen kasvatuksessa sekä ylimääräisten hulevesien kerääminen niiden käsittelyä varten. Sadevesipuisto (storm water park) luo keskeisen alueen viihtyisälle vapaa-ajan vieton alueelle. Samanaikaisesti se puhdistaa sadevesiä, jotka sitten voidaan hyödyntää esimerkiksi siirtolapuutarhoissa. Hulevesien hallinta auttaa myös säilyttämään ekologisen tasapainon lähiympäristön vesijärjestelmissä. Tämä on usein ajankohtaista kaupunkimaisilla alueilla, joilla asfalttipintaa on enemmän. Ekotaajamatyyppisiä alueita tämä ei koske merkittävästi.

1. Tavoitteena ekotaajama

Jäteratkaisujen osalta keskeistä on jätemäärien pienentäminen. Jätteiden kierrätys on toinen tärkeä seikka. Jätteiden kierrätykseen voidaan kannustaa tarjoamalla alueelle hyvät kierrätysastiat tarpeeksi lähelle asukkaita. Myös jätteiden kuljetuksista aiheutuvat päästöt tulisi pyrkiä minimoimaan.

Rakennusvaiheen tuottamat jätteet tulee myös huomioida. Tontinluovutusehdoissa voitaisiin asettaa ehtoja rakennusajan jätteiden käsittelylle.

Jätteitä voi myös hyödyntää energiantuotannosta. Biohajoavista jätteistä ja lieteistä voidaan tuottaa biokaasua, joka sopii esimerkiksi sähkön- ja lämmöntuotantoon CHP-laitoksella sekä liikennepolttoaineeksi. On kuitenkin huomioitava, että alueen tuottaman jätekuorman sisältämä energiamäärä ei yleensä riitä kattamaan alueen koko energiantarvetta, vaan tarvitaan jätteitä myös muilta alueilta (tai vaihtoehtoisesti lisäksi muita energianlähteitä).

1.6 Ympäristön huomioiminen

Alueen suunnittelussa on luonnollisesti tärkeää huomioida paikallinen ympäristö ja suunnitella alue siihen sopivaksi. Tämä otetaankin jo nykyisin hyvin huomioon aluesuunnittelussa.

Pienen mittakaavan viljelytoiminta on lisännyt suosiotaan. Viljelypalstoilla on myös ekologista merkitystä, sillä niiden kautta hyödynnetään paikallisia resursseja ja tuotetaan slow food -periaatteella ruokaa, jonka ekologinen jalanjälki on pieni. Viljelypalstojen ja siirtolapuutarhojen on hyvä sijaita lähellä asuntoja, jolloin asukkaat voivat liikkua palstalleen kävellen tai pyöräillen ja niitä on helpompi valvoa.

Viheralueet lisäävät alueen ekologista laatua ja antavat tilaa monimuotoiselle luonnolle. Koko alueen läpäisevät viheralueet ja -käytävät tarjoavat alueelle houkuttelevan kävely- ja pyöräilyreitit, mikä vähentää autoilua ja sen ympäristövaikutuksia.

1.7 Sosiaaliset näkökohdat

Sosiaaliset näkökannat (kuten alueen kulttuuriset ja historialliset kohteet) on myös huomioitava alueen suunnittelussa. Asukkaille kannattaa kehittää yleisiä julkisia tiloja ja tarjota paikkoja, joissa voi tavata muita ihmisiä. Yksi tähän sopiva keino on tarjota yhteisiä rantasaunoja, jotka lisääisivät sosiaalista kanssakäymistä ja mahdollisesti vähentäisivät myös sähkönkulutusta (asiaa on käsitelty laajemmin energian kannalta luvussa 2.5)

Asukkaat olisi hyvä ottaa mukaan alueen suunnitteluprosessiin. Loppukäyttäjän, eli tässä tapauksessa asukkaan, ottamista mukaan kehitysprosessiin kutsutaan yleisesti LivingLab-toiminnaksi. LivingLab-menetelmät ovat kehitysvaiheessa. LivingLab-toiminnan vienti osaksi kaupunkisuunnitteluprosessia on hyvä ja toimiva tapa saada asukkaiden toiveet täytettyä.

Ekotaajama-alueet sijaitsevat maaseudulla, ja ne ovat hyvin pientalovaltaisia. Tämä johtuu asukkaiden halusta asua pientaloissa harvaan asutulla alueella. Samasta syystä maaseudulla asuessa olisi vaikeaa pärjätä ilman omaa autoa. Nämä lähtökohdat on hyväksyttävä. Ne poissulkevat joitain ekokaupunki-periaatteita, mutta on kuitenkin olemassa paljon asioita, joita ekotaajamassa voidaan, ja kannattaakin, tehdä, jotta alueet ja taajamat olisivat houkuttelevampia ja energia- sekä ekotehokkaampia.

2. Rakennusten energiankulutus

Rakennusten kuluttama energia on merkittävä tekijä alueen energiatehokkuudessa. Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti energiatehokkaan rakentamisen pääperiaatteista, rakennusmääräyksistä, rakennusten energialuokituksista, energiatehokkaasta loma-asumisesta ja saunan valinnan merkityksestä. Sauna on nostettu erikseen esille, koska se vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen ja varsinkin huipputehon tarpeeseen, samalla kun se on suomalaisessa ekotaajamatyyppisessä asumisessa tärkeä tekijä.

2.1 Energiatehokkaan rakentamisen pääperiaatteet

Rakennuksen energiankulutukseen voi vaikuttaa monin keinoin. Rakennuksen energiakulutus koostuu lämpöenergiasta, lämpimän käyttöveden kulutuksesta sekä sähköenergian kulutuksesta.

Lämpöenergian kulutusta voidaan alentaa hyvillä rakenneratkaisuilla, mikä tarkoittaa hyvää eristystasoa ja hyviä ikkunoita ja ovia sekä ilmatiiviitä rakenteita. Ilmanvaihtojärjestelmän tehokas lämmöntalteenotto on toinen tärkeä tekijä; vuosihyötysuhteen tulee olla vähintään 65 %. Passiivista aurinkoenergiaa tulee hyödyntää niin paljon kuin mahdollista tarkoittaen rakennuksen sijoittelua optimaalisesti auringon suhteen. Lämmönjakojärjestelmän tehokkuus ja automaattoratkaisut vaikuttavat myös lämpöenergian kulutukseen.

Lämpimän käyttöveden kulutusta voidaan tehostaa käyttämällä vettä säästäviä kalusteita, asukkaiden tietoisuuden lisäämisellä, veden kulutuksen mittauksella sekä veloittamalla vedenkäyttöä kulutuksen mukaan.

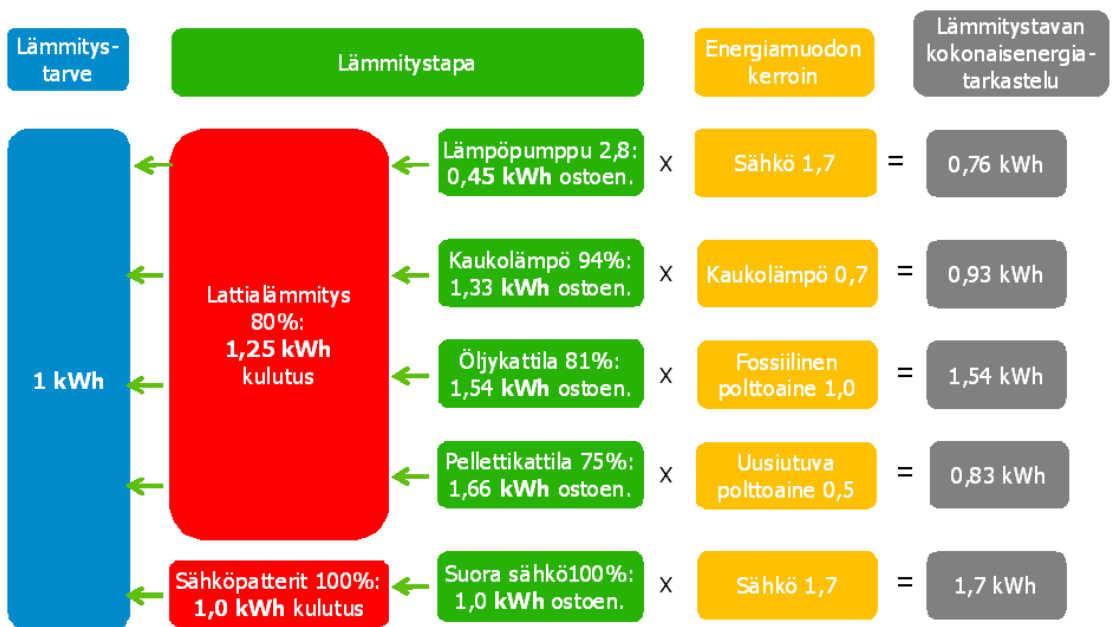
Sähköenergian kulutukseen voidaan vaikuttaa älykkäillä sähkömittareilla, jotka motivoivat asukkaita vähentämään kulutusta, käyttämällä energiatehokkaita sähkölaitteita (vähintään A-energialuokan laitteita) sekä asentamalla älykkäitä sähköjärjestelmiä ja kulutuksen hallintajärjestelmiä. Automaattoratkaisuilla voidaan myös pienentää sähkönkulutusta. Jäähdytystarpeen minimointi on myös tärkeää, varsinkin toimisto- ja liikerakennuksissa. Tätä voidaan tehdä mm. estämällä kesäajan auringonsäteilyn pääsyä sisätiloihin erilaisin varjostusratkaisuin, kaihtimilla ja aurinkoräystäillä.

2.2 Rakentamismääräykset

Rakennusmääräykset ovat tiukentuneet viime vuosina merkittävästi, tänä päivänä jo rakennusmääräyksiä vastaavat rakennukset ovat melko energiatehokkaita. Rakennusten kuluttama energia voi olla vaikeaa ennakoida ilman simulointityökaluja. Energiatodistuksissa oleva energialuokka on hyvä keino arvioida kulutusta. Siitä saadaan arvio rakennusten kuluttamaan lämmitys- ja sähköenergiaan.

Uudet rakennusmääräykset tulevat voimaan 1.7.2012. Uusissa määräyksissä energialähde otetaan huomioon. Rakennusten sallima energiankulutus lasketaan primäärienergiassa. Primäärienergia-termi selitetään tarkemmin luvussa 3.11. Kuvassa 2 näkyy, miten eri lämmitystavat ja lämmönjakotavat huomioidaan määräyksissä.

Energialähde huomioidaan kokonaisenergiatarkastelussa energiamuodon kertoimella, jolla kuvastetaan tietyn energialähteen luonnonvarojen käyttöä. Kokonaisenergiankäyttöön vaikuttaa myös rakennuksen lämmönjakotavan hyötysuhde.



Kuva 2. Kokonaisenergiatarkastelussa huomioonotettavia tekijöitä (Ympäristöministeriö 2012).

2.3 Rakennusten energialuokitus

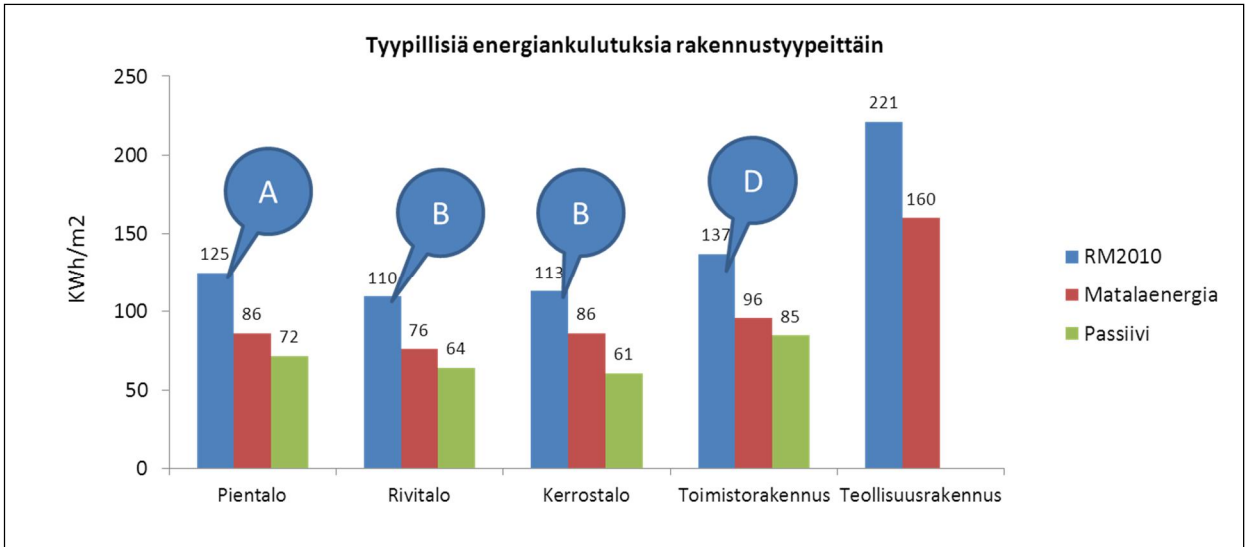
Energialuokitus on myös oiva tapa kaupunkisuunnittelulle ohjata rakentaminen energiatehokkaampaan suuntaan. Kaavassa voidaan ohjeistaa/määrätä rakentajia saavuttamaan parempaa energialuokkaa kun määräykset määräävät.

Alueen rakennusten energiakulutus saadaan määriteltyä alueelle rakennettavien rakennusten energiatehokkuusluvun (ET-luvun) avulla. ET-luku ilmaisee rakennusten energiankulutuksen bruttoneliometriä kohden. Luku sisältää sekä lämmitys- että sähköenergian kulutuksen. Rakennusten sähkönkulutus saadaan erotettua ET-luvusta käyttämällä rakennusmääräyskokoelman osan D5 taulukkoa 7.1, jossa on eritelty ominaissähkönkulutuksia erilaisille rakennustyypeille. Taulukko 1 kertoo ominaissähkönkulutukset yleisimmille rakennustyypeille.

Taulukko 1. Erilaisten rakennustyyppien ominaissähkönkulutus (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5).

Rakennustyyppi	Laitteiden sähkönkulutus yhteensä [kWh/m ² ,a]
Asuinkerrostalo	50
Rivitalo	50
Pientalo	50
Toimistorakennus	70
Opetusrakennus	60
Liikerakennus	80
Hotelli	110
Ravintola	110
Liikuntarakennus	180
Sairaala	100
Muut rakennukset	100

Kuva 3 esittää ekotaajama-hankkeessa laskettujen erilaisten rakennusten keskimääräisiä energiankulutuksia talotyypeittäin. Energiankulutus on esitetty myös erilaisille energiatehokkuustasoille: vuoden 2010 rakennusmääräysten mukaisesti rakennetuille rakennuksille, matalaenergiarakennuksille sekä passiivirakennuksille. Kuvaan on lisäksi liitetty energialuokat rakennustyypeille vuoden 2010 määräysten mukaisella tasolla.



Kuva 3. Rakennustyyppien keskimääräisiä energiankulutuksia eri energiatehokkuustasoilla (energialuokat kuvattu sinisiin ympyröihin).

2.4 Energiatehokasta loma-asumista

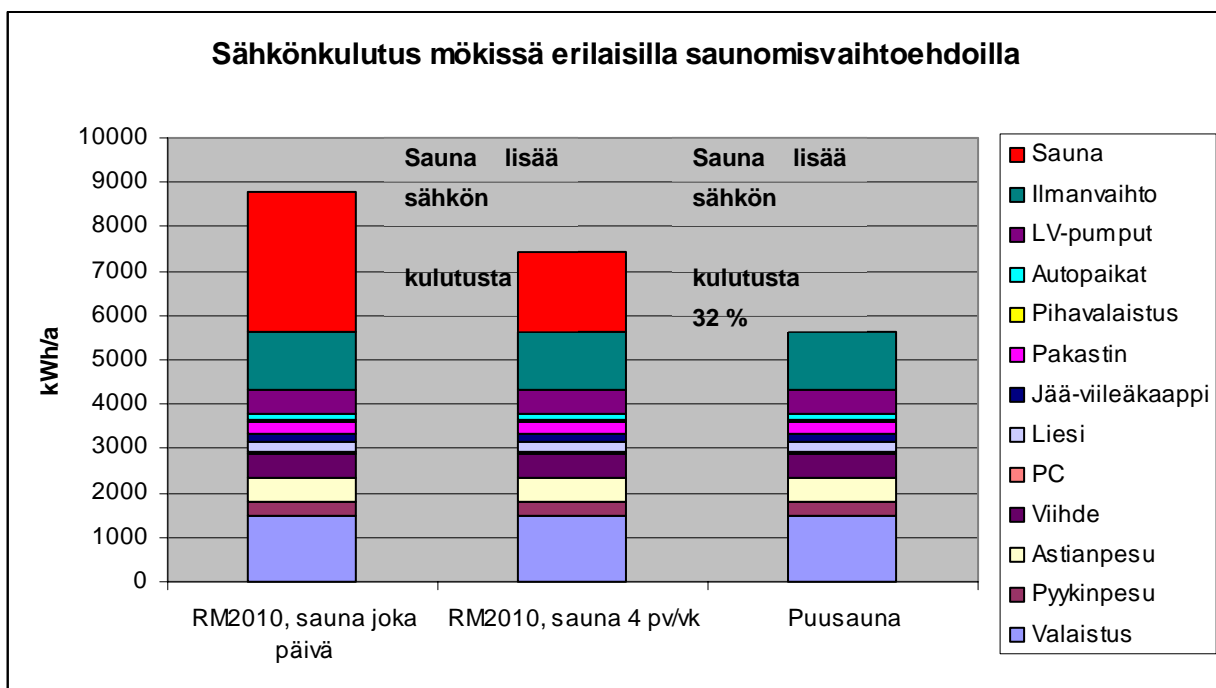
Ekotaajama-projektissa tutkittiin yhtenä pilottikohteena Kannonkosken Öijännien loma-asuntoaluetta energiatehokkuusnäkökulmasta. Pilottialueelle tulevien loma-asuntojen yhtenä määräävänä tekijänä on niiden ulkonäkö: alueelle halutaan hirsimökkejä. Hirsiseinä on rakenteena haastava, koska sen U-arvo eli lämmönläpäisykerroin [W/m^2K], on suhteellisen suuri. Suomen rakentamismääräyskokoelman (2010: C3) mukaan hirsiseinän U-arvo saa olla maksimissaan 0,4 (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm), kun normaalin seinärakenteen U-arvo saa olla maksimissaan 0,17. Hirsiseinä siis päästää 2,3 kertaa enemmän lämpöä ulos rakenteiden läpi verrattuna normaaliin seinärakenteeseen. Hirsiseinä yksinään ei siis ole kovinkaan energiatehokas vaihtoehto eikä täytä Ekotaajama-projektin tavoitteita.

Hirsimökin näköiseen lopputulokseen on kuitenkin mahdollista päästä myös energiatehokkaammilla ratkaisuilla. Perinteinen hirsiseinä voidaan korvata esimerkiksi erilaisilla lämpöhirsiratkaisuilla, jolloin seinärakenteen U-arvoa saadaan jo pienennettyä merkittävästi perinteiseen vaihtoehtoon verrattuna. Lämpöhirsien avulla ei kuitenkaan vielä päästä matalaenergia- tai passiivitalon tasoon asti. Nämä ratkaisut vaativat hirsirakenteen näköisen ulkopinnan ja normaalit matalaenergia- tai passiivitalon seinäratkaisut väliin, ja sisäpuolelle taas loma-asuntoon sopivan pintamateriaalin. Arviot näiden eri seinäratkaisujen U-arvoista ovat liitteen A taulukossa 1.1.

2.5 Saunavalinnan vaikutus sähkönkulutukseen ja päästöihin

Erityisesti loma-asuntoalueella saunominen on merkittävin yksittäinen sähkön kulutuskohte. Jos sähkösauna lämmitetään joka ilta, yhdessä loma-asunnossa kulutetaan vuodessa saunomiseen jopa 3 160 kWh/a. Jos sähkösauna lämmitetään 4 kertaa viikossa, saunominen kuluttaa vuodessa yhdessä asunnossa 1 800 kWh/a. Jos loma-asunnoissa olisikin sähkösaunojen sijaan puusaunat, saunominen ei kuluttaisi sähköä (Kuva 4). Puusaunat kuitenkin vaativat hieman enemmän vaivaa, ja isännöitsijän tai omistajan on huolehdittava kuivan puun toimittamisesta asuntoihin tiheämmin. Kannonkosken pilotialueelle tehtiin sauna-vertailu, jossa arvioitiin erilaisten saunomiskäytösten vaikutusta asunnon vuotuisen sähkön kulutukseen, kun asunto on rakennettu Suomen rakentamismääräyskokoelman 2010 mukaisesti. Hiukkaspäästöt ja TOPP-ekvivalenttipäästöt nousevat kun käytetään puusaunaa (Kuva 5).

Merkittävää on myös sähkösaunan korkea tehon tarve. Saunakiukaan teho on yleensä 6 kW. Tämä saattaa nousta merkittäväksi tekijäksi, jos alueella halutaan nk. off grid -ratkaisua (katso luku 3.12)

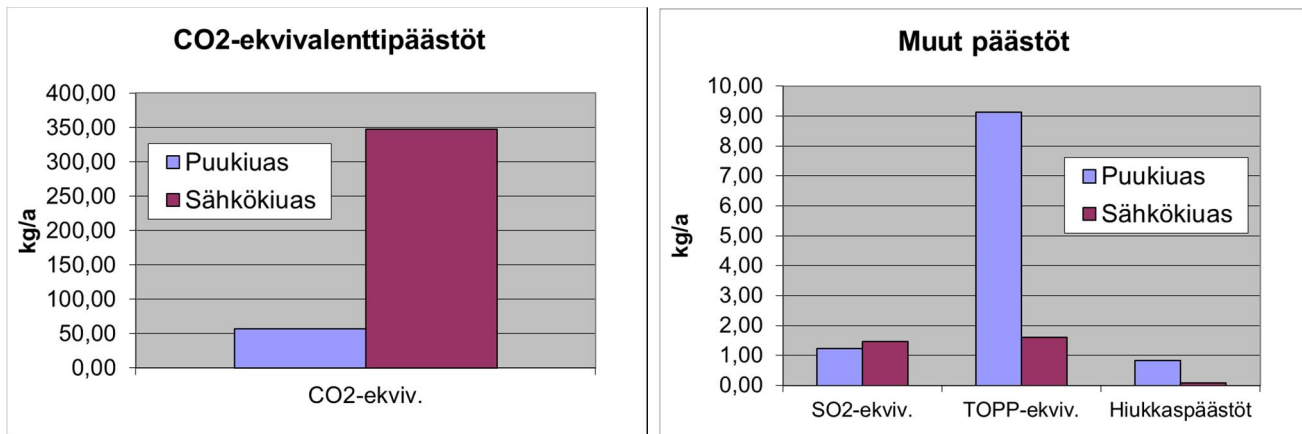


Kuva 4. Yhden loma-asunnon vuosittainen sähkön kulutus erilaisilla saunomiskäytöillä.

2. Rakennusten energiankulutus

Saunomisen sähkönkulutusta voitaisiin pienentää esimerkiksi rannassa sijaitsevalle yhteissaunalla, sillä se vähentäisi loma-asuntojen omien saunojen lämmittämistä. Yhteissaunan houkuttelevuutta voitaisiin lisätä uintimahdollisuudella, jos sauna sijaitsisi järven rannalla. Lisäksi yhteissaunan houkuttelevuutta lisää viihtyisä ja tasokas saunatilojen sisustus. Saunassa voitaisiin tarjota joko omia vuoroja kullekin mökille varattavaksi, tai sitten yhteistä kaikkien asukkaiden käytössä olevaa yhteisvuoroa. Alueen ja yhteissaunan houkuttelevuutta voisi lisätä myös tarjoamalla esimerkiksi savusaunan.

Saunomisesta aiheutuvia päästöjä on vertailtu (Kuva 5) jossa sähkösaunaa ja puusaunaa lämmitetään neljä kertaa viikossa. Vasemmassa kuvassa on kasvihuonekaasupäästöt ja oikealla SO₂- ja TOPP-ekvivalenttipäästöt sekä pienhiukkaspäästöt. Päästöjen kuvaukset ja merkitys löytyvät symboliluettelosta.



Kuva 5. Puu- ja sähkösaunasta aiheutuvien päästöjen vertailu (Kannonkosken pilottialueelle lasketut).

3. Energiantuotantovaihtoehdot

Alueiden energiantuotannon suunnittelussa on lähdettävä liikkeelle paikallisista olosuhteista. Energiantuotantoon ja käytettävään energialähteeseen vaikuttavat mm. aluetehokkuus, ympäristö, maaperä ja paikalliset sääolosuhteet. Mahdollisia uusiutuvia energialähteitä alueille on lueteltu alla.

Lämmöntuotantoratkaisuja:

- kauko-/aluelämpö
- biopolttoaineet (puuhake, pelletti, biokaasu, ruokohelpi jne.)
- maa-/kallio-/vesistölämpö
- kiinteistökohtainen maa-/kallio-/vesilämpö
- kiinteistökohtainen pellettilämmitys
- CHP eli yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto
- hake, pelletti
- biokaasu
- polttokennot (erityisesti tulevaisuuden ratkaisuna).

Täydentäviä uusiutuvia lämmitysratkaisuja:

- aurinkolämpö
- ilmalämpöpumput
- puu-/pellettitakat.

Sähköntuotantoratkaisuja:

- tuulisähkö
- aurinkosähkö
- CHP eli yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto
- hake, pelletti
- biokaasu
- polttokennot (erityisesti tulevaisuuden ratkaisuna).

Energiantuotanto voidaan toteuttaa joko alue-, taloryhmä- tai talokohtaisilla ratkaisuilla. Talokohtaisessa ratkaisussa jokaiselle talolle rakennetaan oma lämpöjärjestelmä, joka tuottaa sekä tilojen lämmitykseen että lämpimään käyttöveteen tarvittavan lämpöenergian (esimerkiksi pellettikattila, maalämpöpumppu tai sähkölämmitys). Taloryhmäkohtaisessa järjestelmässä taloryhmän, esimerkiksi korttelin,

lämmitystarve katetaan keskitetyllä energiantuotantoratkaisulla, kuten taloryhmän yhteisellä kallioliämpöpumppujärjestelmällä. Alueelle voidaan myös rakentaa oma aluelämpölaite, josta lämpö jaetaan aluelämpöverkon kautta kuluttajille. Tästä puhutaan lisää seuraavassa luvussa.

3.1 Kaukolämpö/aluelämpö ja sen yhdistäminen muihin ratkaisuihin

Perinteisesti alue-/kaukolämpöjärjestelmän rakentaa kaukolämpöyhtiö. Kaukolämmön ja taloryhmäkohtaisen lämmitysjärjestelmän rakentamisen kannattavuuteen vaikuttaa aluetehokkuus. Jos alue on esimerkiksi harvaan asuttua omakotitaloaluetta, kaukolämpö ei todennäköisesti ole kannattava ratkaisu (siirtohäviöt ja kaukolämpöputkien pituus on suuri verrattuna lämmönkulutukseen). IEA:n (Zinko et al. 2008) tutkimuksen mukaan kaukolämmön kannattavuuden lämmönkulutuksen raja-arvona voidaan pitää yleisesti 0,3–0,5 MWh/putki-m (kaukolämmön putkimetriä kohden) tai noin 10 kWh/m² (alueen pinta-alaa kohti), kunhan kaukolämpöverkko suunnitellaan tehokkaasti.

Kauko- tai aluelämmön lämmönlähteenä voi olla esimerkiksi puuhakekattila, pellettikattila tai maa-, vesi- tai kallioliämpöpumppu. Jos uusi rakennettava alue sijaitsee jo olemassa olevan kaukolämpöverkon lähettyvillä, voi olla kannattavaa liittää alue olemassa olevaan verkostoon. Tällöin tulee kuitenkin tarkistaa, että verkoston lämmönsiirtokapasiteetti ja nykyisen lämpökattilan tuotantokapasiteetti on riittävä.

Puuhakekattilaan voidaan yhdistää kesäaikainen lämpimän käyttöveden tuotto aurinkolämpökeräimillä. Tällaisen ratkaisun etuna on se, ettei laitosta ole pakko ajaa kesäaikaan lainkaan, kun lämmöntarve koostuu pelkästään lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittavasta energiasta. Kesäaikana puuhakekattila nimittäin tuottaa normaalitasoa enemmän pienhiukkaspäästöjä, kun sitä joudutaan käyttämään pienemmällä teholla. Sama koskee pellettikattilaa. Ekotaajaman pilottialueiden energialaskelmissa on oletettu, että puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden tarpeesta saadaan katettua aurinkolämpökeräimillä saadusta lämmöstä ja loput lämmöntarpeesta katetaan puuhakekattilalla.

Kevennetyllä kaukolämpötekniikalla siirtohäviöitä saadaan pienennettyä noin 20 %. Siirtohäviöitä pienentäviä ratkaisuja ovat: verkoston lämpötilojen alentaminen, putkien läpimittojen pienentäminen ja virtausnopeuksien suurentaminen sekä putkien uudelleenjärjestely (1 korkean kuorman ja 1 matalan kuorman menoputki ja 1 paluu), uusilla putkimateriaaleilla ja uusilla eristeillä. Muita kevennetyyn kaukolämpötekniikkaan kuuluvia ratkaisuja ovat lämpökuormien optimointi suunnitteluvaiheessa ja pienimuotoisen tuotannon kustannustehokas liitettävyyys järjestelmään. Kevennetyn kaukolämpötekniikan tavoitteita ovat myös kaivaustöiden suorittaminen kustannustehokkaasti ja investointien minimointi. (Hagström et al. 2009.)

3.2 Aurinkokeräimet ja aurinkopuhaltimet sekä passiivinen hyödyntäminen

Aktiivisia aurinkoenergian hyödyntämistapoja ovat aurinkolämpökeräimet ja aurinkopuhaltimet. Aurinkokeräimien ja puuhakekattilan yhdistelmä esiteltiin edellisessä luvussa. Aurinkokeräimiä voidaan yhdistää myös muihin lämmitysratkaisuihin, kuten vesilämpöön. Tällöin aurinkokeräimiä voitaisiin hyödyntää lämmönkeruuputkiston liuoksen esilämmitykseen, mikä nostaisi pumpun COP:a (eli pumpun hyötysuhdetta, joka määrittää pumpun lämmöntuotannon suhteessa kulutetun sähkön määrään).

Aurinkopuhaltimet taas ovat edullisia ratkaisuja. Ne eivät yleensä tarvitse sähköenergiaa, vaan ne saavat tarvitsemansa energian auringon säteilystä. Aurinkopuhaltimet ovat ilmapuhaltimia, joissa auringon avulla lämmitetään rakennukseen sisään otettavaa ilmaa.

Toisaalta aurinkoenergiaa kannattaa hyödyntää myös passiivisilla ratkaisuilla. Niiden tavoitteena on estää asuntojen ylikuumeneminen kesällä ja toisaalta lämmittää tiloja talvella. Nämä ratkaisut kuuluvat rakennuksen arkkitehtuuriseen suunnitteluun.

Kaavassa voidaan eri menetelmin tarjota mahdollisimman hyvät aurinkoenergian tuotantomahdollisuudet. Olennaista on talojen suuntaus etelään päin, niin että kattojen harjat ovat itä-länsi-akselilla ja kattojen kaltevuus 41–45 astetta Etelä-Suomesta Keski-Suomeen ja 45–49 astetta Keski-Suomesta Pohjois-Suomeen (PVGIS). Suunnittelussa kannattaa myös välttää mahdollisuuksien mukaan varjostamasta aurinkoenergian tuotantoon sopivia rakennuksen pintoja eli etelään suuntautuvia katto- ja seinäpintoja (varjostus aiheutuu usein ympäröivistä rakennuksista tai puista).

Kaavassa ja/tai rakennustapaohjeissa voidaan kehottaa rakentajia asentamaan aurinkokeräimiä ja tuoda esille niiden energiantuotantopotentiaalia ja hyödyllisyyttä. Rakennusvalvonta voi myös antaa rakentajille tietoa toimijoista, jotka tarjoavat aurinkoenergiajärjestelmiä.

Aurinkokeräimillä voidaan tuottaa korkeintaan noin 50 % vuotuisesta lämpimän käyttöveden lämmittämisestä, jos järjestelmään ei yhdistetä energiavarastoja.

3.3 Aurinkopaneelit

Rakennusten katoille ja etelään suuntautuville seinille on mahdollista sijoittaa sähköä tuottavia aurinkopaneeleita. Paneelien keskimääräinen tuotanto (etelään suunnattuna 30° kulmassa) on luokkaa 110 kWh/m²/a (Naps Systems Oy 2010).

Rakentamisessa tulee selvittää, paljonko paneeleja voitaisiin laittaa katolle. Voivatko ne tuottaa enemmän sähköä kuin talo kuluttaa? Jos voivat, tarvitaan joko energiavarasto (tyypillisesti suuret investointikustannukset) tai tulee selvittää paikalliselta sähköyhtiöltä, voisiko tuotettua aurinkosähköä syöttää sähköverkkoon.

Tällöin on selvitettävä, saako tuotetusta sähköstä korvausta (vielä sen saanti Suomessa on hankalaa).

3.4 Biokaasu ja aluelämpö

Maaseudulla on myös mahdollista hyödyntää energiantuotannossa kunnan alueella olevia maatiloja (esim. sikalat ja navetat). Niiden jätteistä voidaan tuottaa biokaasua, joka voitaisiin käyttää esimerkiksi lämmön tai yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantoon tai jopa liikenteen polttoaineeksi. Useimmiten biokaasun tuotantolaitoksen kannattavin sijainti olisi lähellä raaka-ainelähteitä, eli lähellä maatiloja.

3.5 Yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto eli CHP (Combined Heat and Power production)

CHP-laitos tuottaa sekä sähköä että lämpöä, jolloin koko tuotantoprosessin energiatehokkuus on parempi, kuin jos lämpö ja sähkö tuotettaisiin erillisissä laitoksissa. CHP-laitoksen tuotantoa säädellään perinteisesti lämmönkulutuksen mukaisesti. Tuotettu sähkö myydään sähköverkkoon. CHP-laitos voisi käyttää uusiutuvana polttoaineenaan puuhaketta, pellettiä tai biokaasua. CHP-laitoksen investointikustannukset ovat suuremmat kuin pelkän lämpöä tuottavan puuhakelämpökattilan investointikustannukset.

Käytännössä pienitehoisia (alle 2 MWe sähköteho) CHP-laitosten, varsinkaan puuhaketta polttavia, on vasta melko vähän markkinoilla ja niiden taloudellinen kannattavuus voi olla heikkoa. Euroopassa on kuitenkin jo hyviä käyttökokemuksia noin 5 MWe:n CHP-laitoksista. Pieniä biokaasua polttavia CHP-laitossovelluksia sen sijaan on tehty enemmän. Ratkaisu vaatii vielä lisäselvitystä. Myös polttokennot ovat tulevaisuudessa yksi mielenkiintoinen vaihtoehto.

3.6 Maa-/kallio-/vesistölämpö

Taloja voidaan lämmittää maa-/kallio-/vesistölämmöllä, jolloin lämpö kerätään maaperästä tai vesistön pohjasta (tai pohjan sedimenttikerroksesta) lämmönkeruuputkien ja lämpöpumpun avulla. Lämpöpumppujärjestelmä voidaan toteuttaa koko alueen lämpöjärjestelmänä (esimerkkinä Vaasan asuntomessualue vuodelta 2008), taloryhmäkohtaisena tai talokohtaisena järjestelmänä.

Lämpöpumppujärjestelmä voidaan asentaa maahan tai mereen neljällä eri tavalla. Maalämpöpumput voidaan asentaa maaperään porattaviin noin 200 metriä syviin porakaivoihin. Porakaivoja varten tarvitaan maaperän koeporaus ja tutkimus käyttöön soveltuvasta maa-alasta (esimerkiksi pohjavesialueella voi olla rajoituksia maalämmölle). Maalämpöpumput voidaan asentaa myös maanpintaan vaakaputkistoihin yhden metrin syvyyteen ja metrin välein toisistaan.

Vesistölämpöratkaisua suunniteltaessa on huomioitava, että vesistön syvyyden on oltava yli 2 m, matalammissa järvissä voi talvisin syntyä jäätymisongelmia.

3. Energiantuotantovaihtoehdot

Lämmönkeruuputkistojen alueelle ei myöskään saa ankkuroida veneitä, jotta ankkurit eivät vaurioitaisi lämmönkeruuputkistoa. Yhden putkilenkin maksimipituutena pidetään yleensä 400 m:ä. Jos putkea tarvitaan tätä enemmän, se asennetaan useampana lenkinä pohjaan. (Suomen lämpöpumppuyhdistys.)

Sedimenttilämpö on hyvin lähellä vesistölämpöratkaisua, mutta siinä lämmönkeruuputkistot porataan vesistön alle pohjasedimenttiin, rannalta lähtien vinosti; porakaivo syvenee noin 1 cm/metri, eli sedimentissä se on noin 4–5 metrin syvyydellä. Ekotaajaman pilotialueiden laskelmissa oletettiin, että lämpöpumpun lämpökerroin (COP) on 3.

Lämpöpumppujärjestelmää ei yleensä kannata mitoittaa kattamaan huippukuorman aikaista lämmöntuotantoa kokonaan, sillä tällaisen järjestelmän investointikustannukset ovat suuret. Vesilämpöpumput mitoitetaan tuottamaan suurin osa keskimääräisestä lämmöntarpeesta, ja huippukulutuksen aikaiset kulutuspiikit katetaan jollain muulla tavalla, esimerkiksi sähköllä.

3.7 Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppuja voidaan käyttää päälämmitysjärjestelmän (esimerkiksi pellettikattilan tai suoran sähkölämmityksen) tukena. VTT:n asiantuntija-arvion mukaan keskimäärin 25 prosenttia tilojen lämmitykseen käytettävästä lämpöenergiasta voidaan tuottaa ilmalämpöpumpun avulla.

3.8 Talokohtaiset lämpökattilat

Jos alueella halutaan pitäytyä talokohtaisessa ratkaisussa, pienet lämpökattilat ovat yksi vaihtoehto. Tässä ratkaisussa asukkaan on itse hoidettava lämmitykseen liittyviä käytännön töitä. Polttoainevarastoille on myös varattava oma tilansa rakennuksista ja tontilta. Tässä ratkaisussa uusiutuvia polttoainevaihtoehtoja ovat muun muassa pelletti tai puu. Talokohtaiseen lämpökattilaan voidaan myös yhdistää aurinkokeräimiä.

3.9 Sähkölämmitys

Rakennusten lämmitys voidaan hoitaa myös sähkölämmityksellä. Suora sähkölämmitys aiheuttaa kuitenkin merkittävästi enemmän CO₂-kasvihuonekaasupäästöjä kuin muut esitellyt vaihtoehdot. Suorassa sähkölämmitteisessä taloissa ei ole vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää, mikä tekee tulevaisuudessa lämmityslähteen muuttamisen vaikeaksi ja kalliiksi.

3.10 Tuulivoima

Tuulivoimalla voidaan tuottaa sähköä sekä suuremmissa yksiköissä (perinteinen ratkaisu), tai esimerkiksi rakennuksiin integroitavissa pientuulivoimaloissa. Tuulivoiman tuotannon kannattavuus riippuu merkittävästi paikallisista tuuliolosuhteista, joten ennen investointipäätöksiä tulee aina tehdä tarkempi selvitys alueen tuuliolosuhteista. Suuremmat yksiköt näkyvät kauemmas, ja ne saattavat aiheuttaa melua ja välkkymistä (voimalan lapojen pyörimisestä johtuen). Nämä haitat voidaan minimoida huolellisella suunnittelulla.

Alueen sisällä on myös mahdollista asentaa pientuulivoimaloita esimerkiksi talojen katoille. Teknisiä sovelluksia on kahta päätyyppiä: pysty akselisia ja vaak akselisia. Pysty akselisilla on yleisesti ottaen huonompi tuotantohyötysuhde, mutta ne eivät aiheuta melua.

Todennäköisesti kustannustehokkaampi vaihtoehto on ostaa osakkuuksia isommista tuulipuistoista, jolloin alueelle ostettava sähkö tuotetaan tuulivoimalla, vaikka ei tuotetakaan paikan päällä.

3.11 Energianmuuntokertoimet primäärienergian laskentaan

Primäärienergia on energiamäärä mitattuna muodossa ennen muunnosprosessia. Primäärienergiakertoimella pyritään kuvaamaan keskimääräistä energiankulutusta tuotetulle loppuenergialle. Esimerkiksi sähköntuotannossa kuluu energiaa polttoaineen jalostuksessa, kuljetuksessa ja sähköntuotantoprosessissa eli voimalaitoksessa. Määrä vaihtelee tuotantoteknologioiden ja polttoaineen mukaan.

Suomessa on päätetty ottaa mukaan rakentamismääräyskokoelmaan rakennuksen primäärienergian kulutuksen laskenta. Rakennusmääräysten laskennassa on päätetty käyttää energianmuuntokertoimia (Taulukko 2) (keskimäinen sarake taulukossa). Vasemmanpuoleisessa sarakkeessa on Suomen primäärienergiakertoimet, ja oikealla on esitetty vertailun vuoksi Keski-Euroopan vastaavat kertoimet.

Suomessa on päätetty käyttää sähkölle primäärienergiakerrointa 1,7. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jokainen kulutettu sähkökilowattitunti, kuluttaa 1,7 kWh alkuperäistä energiaa. Uusiutuville energialähteille primäärienergiakertoimeksi lasketaan 0,5. Fossiilisten polttoaineiden primäärienergiakerroin on 1. Kaukolämmölle on laskettu yksi yhteinen primäärienergiakerroin koko Suomelle, 0,7. Aluelämpöratkaisuille voidaan kuitenkin hyvin käyttää primäärienergiakerrointa käytetyn polttoaineen mukaan. Rakennusmääräyslaskennassa tulee kuitenkin käyttää yleisiä kertoimia, eli 0,7 kaukolämmölle.

3. Energiantuotantovaihtoehdot

Taulukko 2. Primäärienergian laskentaan käytettäviä kertoimia (vasemmalla Suomen primäärienergiakertoimet, keskellä rakennusmääräyskokoelman mukaiset energianmuutokertoimet ja oikealla Keski-Euroopan primäärienergiakertoimet) (Nieminen 2012).

	Primääri- energia, Suomi	Energia- muunto- kertoimet	Primääri- energia, Keski- Eurooppa
Fossiiliset	1	1	1
Sähkö	2,2	1,7	2,5
Kaukolämpö	0,9	0,7	-
Uusiutuva ostoenergia	1	0,5	0,2 – 1,1

3.12 Irti verkosta -ratkaisut – Off-grid-ratkaisut

Alueen irrottaminen ulkopuolisesta energiaverkosta edellyttää alueella tuotetun energian varastoinnista. Energiavarastoja voidaan toteuttaa sekä lämmölle että sähkölle. Energiavarastojen koko on riippuvainen ennen kaikkea siitä, millä tavoin alueen energia tuotetaan. Esimerkiksi maalämpöpumput kykenevät tuottamaan lämpöä vuorokauden- ja vuodenajasta riippumatta, samoin lämpökattilalaitos.

Energian tuotantomuodoista riippuen saatetaan tarvita tuotannon epätasaisuuden vuoksi sekä lyhytaikaisen sähkönvarastointimenetelmän tasaamaan tuotannon heilahtelua että pidempiaikaisen varaston vuodenaikojen välistä tuotantoeroa. Esimerkiksi aurinkosähköä tuotettaessa pitkän aikavälin varastojen merkitys kohoaa.

Kokonaan off-grid-periaatteella (eli ei yhteydessä valtakunnalliseen sähköverkkoon, tai laajempaan kaukolämpöverkkoon) toimivan alueen energiasuunnitteluun vaatii huolellista suunnittelua ja erilaisten riskitekijöiden perinpohjaista arviointia. Vaikka energiantarve kyettäisiin kattamaan tuotannon ja varastoinnin avulla, järjestelmässä tulisi olla jonkinlainen varavoima häiriötilanteiden varalle, esimerkiksi öljykäyttöisen generaattorin muodossa.

3.12.1 Lämmön varastointi

Lämpöenergiaa voidaan varastoida kolmella tavalla: tuntuvana lämpönä, latenttilämpönä ja kemiallisesti sitoutuneena lämpönä. Termokemiallinen lämmön varastointi on kehitysasteella oleva menetelmä, jonka kaupalliset sovellukset ovat vähäisiä. Yleisin lämmön varastointitapa on sen varastointi tuntuvana lämpönä. Lämminvesivarastot ovat yleinen tuntuvan lämmön varasto.

Lämmön varastointi veteen tuntuvana lämpönä on yleisin lämmönvarastointimenetelmä. Vettä käytetään sen suuren lämpökapasiteetin ja hyvän saatavuuden vuoksi. Veden ominaisuudet ovat myös hyvin tutkittuja.

Talokohtaiset tuntuvan lämmön varastot ovat tilavuudeltaan usein alle 1 000 litran lämminvesivaraajia, joilla kyetään varastoimaan lämpöä lyhyen aikavälin tarpeisiin. Pitkän aikavälin varastointiin käytetään suuria maanpäällisiä säiliöitä, joiden tilavuus on useita tuhansia kuutiometrejä. Toinen vaihtoehto pidemmän aikavälin lämmön varastointiin tuntuvana lämpönä on maanalainen varasto. Maanalaisen varaston varastointiaineena voi olla maaperän savi, kivi tai esimerkiksi pohjavesi. Erilaisten pitkän aikavälin lämpövarastojen ominaisuuksia on esitetty liitteen A taulukossa 1.2.

Latenttilämpövarastojen toiminta perustuu aineen olomuodon (faasin) muutoksessa sitoutuvaan tai vapautuvaan lämpöön. Faasinmuutoksia ovat sulaminen, höyrystyminen ja sublimoituminen. Faasinmuutosmateriaaleilla (PCM) toteutetut lämpövarastot perustuvat useimmiten kiinteän ja nestemäisen faasin väliseen lämmön sitoutumiseen ja vapautumiseen.

PCM-varastot soveltuvat lyhyen aikavälin lämmönvarastointiin, ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi rakennuksen seinärakenteissa. PCM-varastoissa käytettäviä materiaaleja voidaan liittää myös lämminvesivaraajaan, jolloin varaajan varastointikapasiteettia saadaan nostettua.

3.12.2 Sähkön varastointi

Sähkön varastointi pitkällä aikavälillä on mahdollista esimerkiksi paineilmavarastojen (CAES / Compressed Air Energy Storage) sekä kehittyneen akkuteknologian avulla. Esimerkiksi akkuteknologian kustannukset ovat suuret, noin 1 200 €/kWh. (Alanen et al. 2003). CAES-varastojen toiminta perustuu ilman paineistamiseen ja säilömiseen silloin, kun sähköä tuotetaan kysyntää enemmän. Tuotannon ehtyessä varastoa voidaan purkaa ajamalla paineistetun ilman avulla generaattoriin liitettyä turbiinia.

Lyhyen aikavälin sähkövarastot ovat perinteisesti olleet akkuja. Lyhyen aikavälin varastoilla kyetään tasaamaan uusiutuvan energian tuotannossa esiintyvää vaihtelua esimerkiksi aurinkosähkön ja tuulivoiman yhteydessä.

3.12.3 Energian varastoinnin kustannustehokkuus

Sähkön varastointi on kallista. Valtakunnallisesta sähköverkosta irti jättäytymisen kustannustehokkuutta voidaan kuitenkin tarkastella tilanteessa, jossa alueella ei ole verkkoa valmiiksi. Taulukko 3 esittää aurinkopaneelijärjestelmän kustannuksia eri teholuokille erilaisissa järjestelmissä (verkkoon liitetty tai irti verkosta). Verkosta irrotettu off-grid-malli on investointikustannuksiltaan moninkertainen verkkoon liitettyyn malliin verrattuna. Kustannusero selittyy muun muassa sähkön varastointiin tarvittavan laitteiston kustannuksilla.

3. Energiantuotantovaihtoehdot

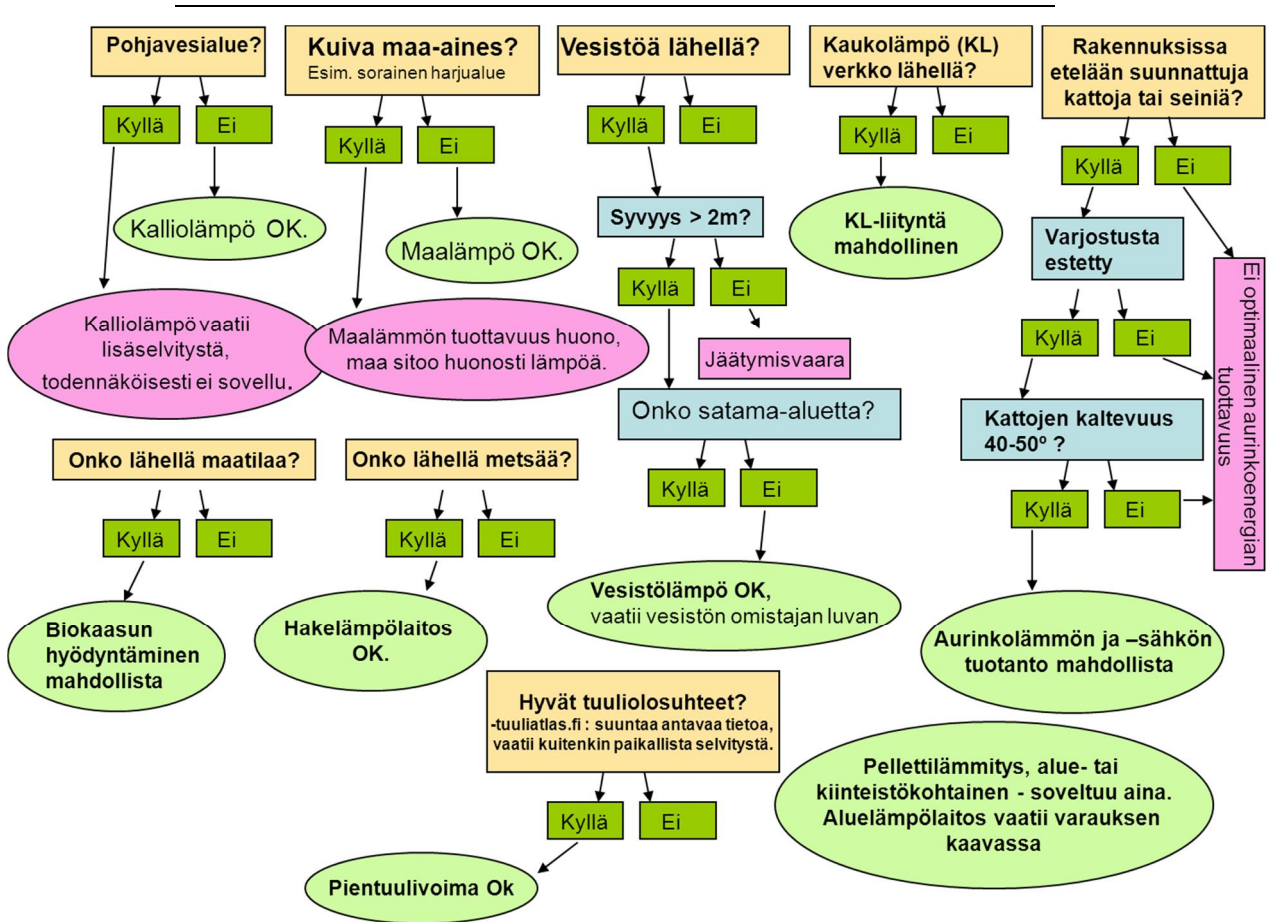
Taulukko 3. Aurinkopaneelijärjestelmän investointikustannukset (Pvresources 2010).

	Järjestelmän teho	Investointikustannus
Off-grid	100–500 W	10–15 €/W
	1 000–4 000 W	15–30 €/W
On-grid	1 000–4 000 W	3,5–5 €/W
	10 000–50 000	3,5–5 €/W
	50 000–	3,5–5 €/W

3.13 Energiavaihtoehtojen kartoitus

Kuva 6 selventää, miten voidaan arvioida, mitkä uusiutuvat päälämmitysratkaisut ovat mahdollisia alueella. Lisäksi pitää tehdä kustannus selvitys eri vaihtoehdoista sekä arvioida eri vaihtoehtojen ympäristövaikutuksia. Päälämmityksen lisäksi voidaan käyttää täydentäviä uusiutuvia lämmitysratkaisuja, kuten aurinkoenergiaa, ilmalämpöpumppuja, pelletti- ja puutakkoja. Taulukko 4 vetää yhteen eri energiamuotojen ominaisuuksia.

3. Energiantuotantovaihtoehdot



Kuva 6. Soveltuvat energiaratkaisut alueella.

Energiamuodon lisäksi on selvitettävä, soveltuuko alueelle parhaiten aluelämpö, korttelilämpö vai kiinteistökohtaiset järjestelmät. Onko alueen lämmönkulutus (ja kulutuksen tiheys) riittävän suuri, jotta aluelämpö olisi kannattavaa? Kaukolämpö on kannattavinta tiheästi asutuilla kaupunkialuilla. Esimerkiksi IEA:n (Zinko et al. 2008) tutkimuksen mukaan yleisesti voidaan pitää kaukolämmön kannattavuuden raja-arvona 0,3–0,5 MWh/putki-m lämmönkulutusta kaukolämmön putkimetriä kohden tai noin 10 kWh/m² (alueen pinta-alaa kohti), kunhan kaukolämpöverkko suunnitellaan tehokkaasti.

Lämmönsiirtoverkoston kannattavuuden parantamiseksi tulee pyrkiä mahdollisimman pieniin investointikustannuksiin ja siirtohäviöihin. Kaukolämmön siirtohäviötä voidaan pienentää suunnittelemalla putkisto mahdollisimman tehokkaaksi: tarvitaan mm. mahdollisimman lyhyt kaukolämpöverkko, hyvä eristys ja pitävät liitoskohdat sekä oikea mitoitus (ei kannata mitoittaa enempää kapasiteettia kuin

3. Energiantuotantovaihtoehdot

oikeasti tarvitaan). Kaukolämpö on todettu edulliseksi myös passiivitaloenergiatallalla, kun aluetehokkuus on suhteellisen suuri (Tuomaala et al. 2012). VTT:llä asiaa ovat tutkineet tarkemmin Klobut et al. (2009).

Taulukko 4. Yhteenveto eri energijärjestelmien ominaisuuksista. Tähtien lukumäärä indikoi merkitystä, **** = kallis / paljon päästöjä, * = halpa / vähän päästöjä.

Energiamuoto	Kustannukset		Päästöt				Yleistä
	Investointikustann	Käyttökustannukset	CO2	TOPP	SO2e _{qv}	Hiukkaset	
Kalliolämpö	****	**	**	*	*	*	Pohjavesi estää
Maalämpö	***	**	**	*	*	*	Kuiva maaperä estää
Vesistölämpö	****	**	**	*	*	*	
Hake	**	***	*	****	***	***	Hakevarasto vaatii tilaa
Pelletti	**	****	*	**	*	**	Pelletin varastointi vaatii tilaa
Aurinkolämpö	***	*	*	*	*	*	Täydentämään toista lämmitysmuotoa, sijoitus etelään 45 asteen kulmassa
Ilmalämpö	*	**	**	**	**	**	Täydentämään toista lämmitysmuotoa
Takka	**	*	*	***	***	****	Täydentämään toista lämmitysmuotoa, polttopuun oltava kuivaa
Aurinkosähkö	****	*	*	*	*	*	Sijoitus etelään 45 asteen kulmassa
Tuulisähkö	****	*	*	*	*	*	Kannattavuus riippuu tuuliolosuhteista
Polttokennot	*****	*	*	*	*	*	Voi käyttää eri polttoaineita, vaikuttaa päästöihin ja käyttökustannuksiin. Teknologia vielä kehitysvaiheessa
Biokaasu	****	**	*	***	**	**	Huolehdittava savukaasujen puhdistuksesta
Sähkölämmitys	**	*****	****	***	***	**	Hintakehitys epävakaa

4. Ohjeistus aluesuunnittelulle

Edellä on tuotu esille paljon energiatehokkuuteen vaikuttavia seikkoja, joita tulisi huomioida alueen suunnitteluvaiheessa. Tässä luvussa tuodaan esille alueen energia-analyysin menetelmää ja esitetään "peukalosääntöjä" kaavoittajalle. Myös rakennusvalvonnan roolia prosessissa nostetaan esille.

4.1 Energia-analyysi

Alueen energia-analyysi tarjoaa tietoa ja tukea kunnalliselle päätöksenteolle. Energia-analyysin avulla voidaan tunnistaa alueelle sopivimmat ja tehokkaimmat energiaratkaisut sekä varmistaa alueelle asetettujen tavoitteiden toteutuminen. Tässä luvussa kuvataan Ekotaajama-hankkeessa käytettyjä menetelmiä ja työkaluja.

Alueen energia-analyysi voidaan tehdä kolmessa vaiheessa:

- alueen energiankulutuksen arviointi (sähkön, lämmön ja jäähdytysenergian kulutus)
- energiantuotantovaihtoehtojen kartoitus
- päästölaskenta.

Alueen energiankulutus koostuu pääasiassa rakennusten ja liikenteen energiankulutuksesta. Tämän takia on hyvin olennaista tietää, miten energiatehokkaita rakennukset ovat. Jos tarkastelun kohteena on uusi alue, energiankulutus arvioidaan rakennuksille asetettavien tavoitteiden kautta. On suositeltavaa, että alueelle tavoitellaan rakentamismääräyksiä energiatehokkaampaa rakentamista, kuten matalaenergia- tai passiivitaloja tai jopa lähes nollaenergiataloja. Rakennusten energiatehokkuutta voidaan ohjata muun muassa kaavoituksessa ja tontinluovutusehdoissa.

Käytännössä yksittäisen rakennuksen energiankulutukseen voi kuitenkin olla haastavaa vaikuttaa kaavoituksella. Olennaista on sijoittaa talot ja tontit oikein. Talojen pääsuuntaus tulee olla etelään päin ja katon kaltevuus noin 45 astetta. Tontit tulee sijoittaa niin, että aluelämpöverkon pituus minimoituu. Yksi tapa on sijoittaa talot niin lähelle tietä kun mahdollista ja suunnitella tontit kapeiksi, jolloin talot sijoittuvat lähekkäin ja lähelle tietä ja lämpöverkkoa. Asukkaiden energianku-

4. Ohjeistus aluesuunnittelulle

lutukseen on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi panostamalla reaaliaikaiseen energiankulutuksen seurantaan, mikä johtaa yleensä energiankulutuksen ja tehopiikkien tarpeen pienenemiseen. Tällaista ratkaisua voidaan edistää kaupunkisuunnittelukeinoin, esimerkiksi tarjoamalla tarvittava teknologia kaupanpäällisenä tontin myynissä. Porvoossa on kokeiltu toimintamallia, jossa tontin saa ostaa edullisemmin, jos sitoutuu hankkimaan reaaliaikaiseen energiankulutuksen seurantaan liittyvää teknologiaa.

Seuraavaksi kartoitetaan alueelle sopivat energiantuotantovaihtoehdot (katso luku 3.13). Sopivia ratkaisuja voivat olla muun muassa: maa-/kallio-/vesilämpö (talo-, kortteli- tai koko alueen järjestelmä), aurinkolämpö ja -sähkö, tuulivoima ja biopolttoaineet (esim. puuhake, pelletti, biokaasu). Energijärjestelmän tyyppi on riippuvainen aluetehokkuudesta: kannattaako rakentaa keskitetty kauko-/aluelämpö vai hajautettuja talo tai taloryhmäkohtaisia energiaratkaisuja? Valintaan vaikuttavat myös mahdolliset energiansiirtohäviöt (esim. lämpöhäviöt kauko-lämpöputkistossa).

Erilaisia energiantuotantovaihtoehtoja voidaan vertailla keskenään arvioimalla eri vaihtoehtojen päästövaikutukset, jotka ovat kaupunkisuunnittelussa olennaisia. Energiaselvitysten päästölaskelmien tuloksia voidaan käyttää ohjeellisina erilaisten energiantuotantoratkaisujen vertailussa päästöjen suhteen. Tietoa voidaan käyttää muun muassa kunnallisen päätöksenteon tukena. Taulukko 4 vertailee myös eri energijärjestelmien päästöjä.

Ekotaajaman pilottialueille tehtiin energia-analyysit, jotka sisälsivät myös tarkemman päästölaskennan. Laskennassa vertailtiin erilaisia energiankulutus- ja tuotantoskenaarioita tuotannon koko elinkaaren ajalla aiheutuneiden päästöjen kannalta. Energiantuotannon päästöt laskettiin GEMIS-ohjelmalla (Global Emission Model of Integrated Systems). Päästöt laskettiin tuotantoprosessin koko elinkaaren ajalta (sisältäen mm. laitoksen rakentamisen, polttoaineiden kuljetukset, biokaasun valmistuksen jne.). Päästöt on laskettu kolmelle energiankulutuskenaariolle, eli nykyisen rakentamismääräyskokoelman mukaisten talojen kulutuksella, matalaenergiataloalueella ja passiivitaloalueella. Luonnollisesti kokonaispäästöt ovat sitä pienemmät, mitä pienempi energiankulutuskin on.

4.2 Suunnittelijan peukalosäännöt

Tässä luvussa tiivistetään aiemmin mainitut periaatteet muutamiin selkeisiin peukalosääntöihin. Tässä huomioidaan ainoastaan energiatehokkuuteen vaikuttavat seikat.

Alueen rakenne: Suurempi asukastiheys alueella mahdollistaa paremman palvelutarjonnan ja pienentää siten liikkumisen tarvetta. Pientalot kuluttavat tyypillisesti enemmän energiaa kuin rivi- tai kerrostalot. Palvelurakennusten sijainti (koulu, päiväkot, kauppa, terveyskeskus) alueella vähentää liikkumistarvetta. Työpaikkojen sijainti alueella vähentää myös liikkumisen tarvetta.

Liikenne: Hyvälaatuiset kevyen liikenteen väylät edistävät pyöräilyä ja kävelyä. Suositeltavaa on, että pyörätiet erotellaan kävelyteistä. Julkisen liikenteen reittien ja mahdollisuuksien alueella tulee olla mahdollisimman hyvät. Keskitetty pysäköinti joko korttelikohtaisesti tai aluekohtaisesti on suotavaa. Tämä tekee alueesta rauhallisemman ja edistää myös julkisen liikenteen käyttöä (matka bussipysäkillä yhtä pitkä tai lyhyempi kuin autolle).

Rakennusten energiatehokkuus: Rakennuksille asetetaan tiukat energiatehokkuusvaatimukset, esim. energialuokka A. Rivitalojen suosinta pientalojen sijasta säästää lämmitysenergiaa. Rakentajia tulee opastaa energiatehokkaaseen rakentamiseen (katso luku 4.3).

Uusiutuva energia: Suunnitteluvaiheen alkuvaiheessa tehdään energiaselvitys, kuten on kuvattu luvussa 4.1. Mikäli energiaselvitysten mukaan kauko-/aluelämpö on hyvä ratkaisu, voidaan kaavassa määrätä kaukolämpöön liittymisestä. Muita energijärjestelmiä voidaan suositella kaavassa ja rakennustapaohjeissa. Vesikiertoisien lattialämmityksen suosittelu kannattaa, koska silloin on mahdollista vaihtaa rakennuksen lämmitysjärjestelmä tarvittaessa helpommin ja pienemmillä kustannuksilla. Rakentajia tulee opastaa uusiutuvan energijärjestelmän valitsemiseen (katso luku 4.3).

4.3 Rakennusvalvonnan rooli

Alueen toteutuksessa rakennusvalvonnalla on tärkeä rooli. Ekotaajama-alueet ovat pääosin pientalovaltaisia alueita, joissa suuri osa rakennuttajista on yksityishenkilöitä, joilla ei pääsääntöisesti ole rakennus- tai energia-alan koulutusta. Rakennusvalvoja on usein ainoa taho, johon rakentaja on suoraan yhteydessä rakennusvaiheen suunnittelussa ja toteutuksessa. Rakennusvalvonnan aktiivinen ja ennakkoluuloton suhtautuminen energiatehokkaisiin ratkaisuihin ja uusiutuviin energiaratkaisuihin on erinomaisen tärkeää, ja sillä voidaankin saavuttaa paljon hyviä tuloksia ilman pakottamista. Esimerkiksi Oulun kaupunki on määrätietoisesti lähtenyt kehittämään rakennusvalvonnan toimintaa tähän suuntaan, ja tulokset ovat olleet rohkaisevia. Oulussa on rakennettu selvästi energiatehokkaampia taloja kuin rakennusmääräykset tai kaava määrää.

Henkilökunnan kouluttaminen on tärkeää, sillä tieto lisää ymmärrystä ja motivaatiota. Myös eri vaihtoehtojen aktiivinen tarjoaminen rakentajille on todettu hyväksi keinoksi. Jos rakentajat ovat hukassa valtavan tietomäärän vuoksi, rakennusvalvonta voi auttaa heitä tuomalla esille juuri heidän kohteelleen sopivat vaihtoehdot.

Motiva Oy on tuottanut helppotajuisia puolueettomia esitteitä, joita voidaan antaa rakennuttajille.

5. Aluelämmityksen ja vapaasti valittavan kiinteistökohtaisen lämmityksen vertailu

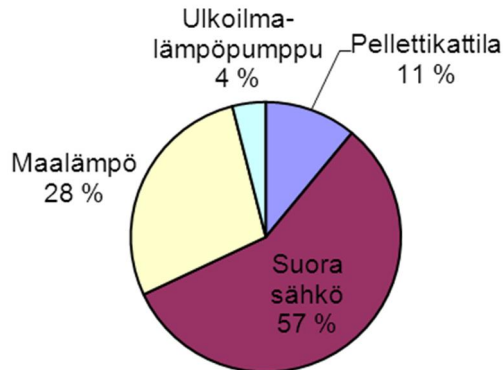
Ekotaajama-hankkeeseen kuuluu yhtenä osana Petäjäveden Halkokankaan omakotitalonäyttelyalueen arviointi. Tällä pilotti-/vertailualueella on 18 taloa. Tavoitteena oli vertailla nykyistä talokohtaista ratkaisua kaukolämpöön. Koko alueen energiankulutus on mallinnettu yksittäisten talojen laskennallisista kulutustiedoista.

5.1 Energiankulutus ja nykyinen lämpöenergian tuotanto

Energiatodistusten mukaan talojen energialuokat vaihtelevat A-luokasta D-luokkaan. Talojen lämmitysenergiankulutukset (kWh/vuosi/bruttoala-m²) ovat pienimmillään 88 kWh/m²/a ja suurimmillaan 160 kWh/m²/a. Alueen talojen väliset lämmitysenergiankulutuksen erot ovat siis huomattavia.

Koko alueen lämmitysenergiankulutus on 312 MWh/a ja laite- ja kiinteistösähkönkulutus on 128 MWh/a. Kuva 7 on esitetty toteutuneet energiantuotantotavat alueella ja niiden osuus koko alueen energiantuotannosta. Ulkoilmalämpöpumpua käytetään avustavana lämmöntuotantotapana yhdistettynä joko sähkölämmitykseen tai maalämpöön. Suora sähkölämmitys on selvästi suurin lämpöenergian lähde.

Nykyiset energialähteet



Kuva 7. Alueen energiantuotantomuodot ja niiden osuus kokonaisuudesta.

5.2 Vaihtoehtoinen tarkastelu: lämmitys kaukolämmöllä

Nykyistä talokohtaista lämmitysratkaisua haluttiin verrata alueratkaisuun, jossa koko alue lämmitettäisiin Petäjaveden Energian metsähakkeesta tuotetulla kaukolämmöllä. Kaukolämpöratkaisussa on huomioitava kaukolämpöverkossa aiheutuvat lämmönsiirtohäviöt. Halkokankaan kartan ja Petäjaveden kunnalta saatujen tietojen perusteella on arvioitu, että talojohtoja tarvitaan yhteensä 170 metriä ja katujohtoja 920 metriä. Lisäksi alueelta on 850 metriä matkaa nykyiseen Petäjaveden kaukolämpöverkkoon. Näin ollen kaukolämpöputkistoa tarvittaisiin yhteensä 1 940 metriä. Siirtohäviöiksi saadaan näin ollen 270 MWh/a, kun putken DN25 siirtohäviöt ovat 15,8 W/m (kiinnivaahdotettu kaukolämpöjohto: menovesi 85 °C ja paluuvesi 55 °C (vuosikeskiarvo), ulkoilma +5 °C (vuosikeskiarvo)) (Kaukolämmön käsikirja 2006, s. 215).

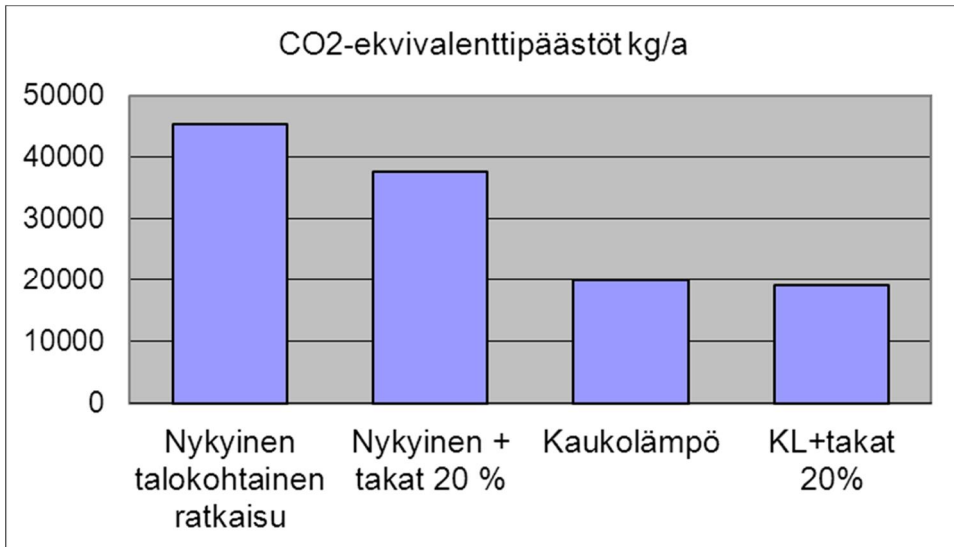
Lämmitysenergian tuotannosta aiheutuvat päästöt laskettiin GEMIS-ohjelmalla (Global Emission Model of Integrated Systems) nykyiselle talokohtaiselle ratkaisulle ja kaukolämmölle. Päästöt on laskettu päästöt prosessin koko elinkaaren ajalta (sisältäen mm. laitoksen rakentamisen, polttoaineiden kuljetukset ja valmistuksen).

Lisäksi tehtiin rinnakkainen päästötarkastelu, jossa huomioitiin myös rakennuksissa olevat takat. Niitä oletettiin käytettävän rakennusten lämmittämiseen puilla siten, että ne tuottavat viidenneksen (20 %) rakennuksen tarvitsemasta lämpöenergiasta. Tällaisen ratkaisun päästöt on lisätty päästökuvaaajiin 2–4 yhtenä vaih-

5. Aluelämmityksen ja vapaasti valittavan kiinteistökohtaisen lämmityksen vertailu

toehtona. Sama vertailu suoritettiin myös kaukolämpövaihtoehdossa, eli paljonko päästöjä tulisi, jos rakennukset olisi liitetty kaukolämpöön ja niissä olisi takat, joilla tuotettaisiin 20 % tarvittavasta lämpöenergiasta.

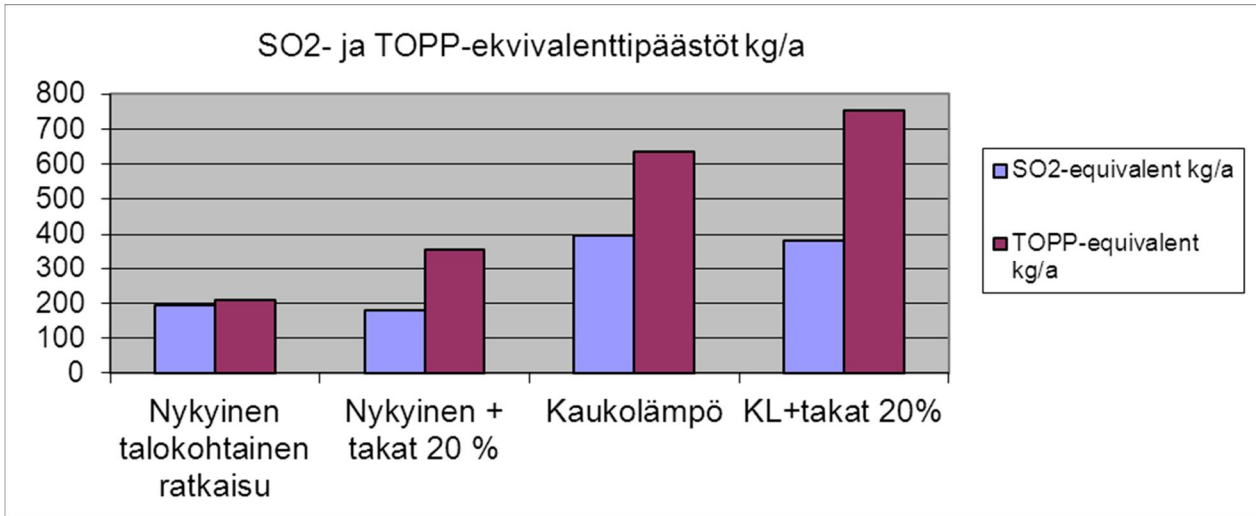
Kasvihuonekaasu- eli CO₂-ekvivalenttipäästöt nykyiselle ratkaisulle ja kaukolämmölle ovat Kuva 8. Kuva 8 nähdään, että kasvihuonekaasupäästöjä olisi saatu merkittävästi vähennettyä nykyisestä ratkaisusta, jos Halkokankaan alue olisi liitetty Petäjaveden kaukolämpöön.



Kuva 8. Kasvihuonekaasupäästöt eri lämmitysvaihtoehdoissa (kg/a).

Eri ratkaisujen SO₂- ja TOPP-ekvivalenttipäästöjä on vertailtu Kuva 9. Puuhakekattilan suuret SO₂-ekvivalenttipäästöt aiheutuvat muista prosesseista suuremmista SO₂, NO_x ja HF -päästöistä.

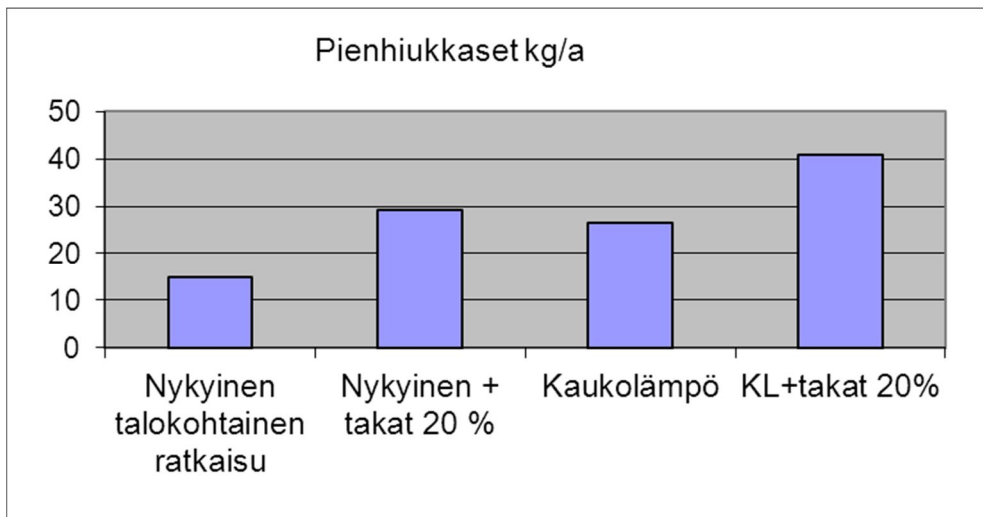
5. Aluelämmityksen ja vapaasti valittavan kiinteistökohtaisen lämmityksen vertailu



Kuva 9. SO₂- ja TOPP-ekvivalenttipäästöt eri lämmitysvaihtoehtoissa (kg/a).

Kuva 10 on esitetty Halkokankaan alueen pienhiukkaspäästöt eri lämmitysvaihtoehtoissa. Pienhiukkaspäästöt vaikuttavat paikallisesti ilmanlaatuun, mikä taas vaikuttaa suoraan ilman ja paikan terveellisyyteen. Kaukolämpö tuotetaan puuhakattilalla, jossa savukaasut puhdistetaan kangassuodattimen avulla, mikä vähentää kattilan pienhiukkaspäästöjä. Talokohtaisissa pellettikattiloissa puolestaan ei ole savukaasun hiukkassuodattimia. Huomioitavaa on, että takan käyttötavalla on huomattava merkitys hiukkaspäästöihin. Neuvomalla asukkaita kuivan puun tärkeydestä ja oikeasta sytytys- ja polttotavasta voidaan hiukkaspäästöjä alentaa. Motiva Oy (2006) on tuottanut esitteen aiheesta, ”Pätkittäin puulämmityksestä”, jota voidaan jakaa asukkaille.

5. Aluelämmityksen ja vapaasti valittavan kiinteistökohtaisen lämmityksen vertailu



Kuva 10. Pienhiukkaspäästöt eri lämmitysvaihtoehtoissa (kg/a).

6. Alueellinen energialuokitus-työkalu

Alueellisen energiatehokkuuden laskentatyökalun tarkoitus on tehdä erilaisten kaavaratkaisujen energiatehokkuuden vertailu helpoksi ja nopeaksi. Rakennusten energiankulutuksen laskentaa varten työkaluun annetaan lähtötietoina alueen perustiedot (esim. alueen pinta-ala ja kokonaiskerrosala alueella). Lisäksi määritellään erilaisten rakennustyyppien osuudet kokonaiskerrosalasta sekä rakennusten energiatehokkuustasot. Myös energiantuotanto alueella annetaan lähtötietona.

Työkalu laskee myös liikenteen energiankulutusta. Lähtötietoina syötetään keskimääräiset etäisyydet palveluihin sekä alueella sijaitsevien työpaikkojen lukumäärä. Lähtötietokenttien rakennetta on havainnollistettu Kuva 11.

6. Alueellinen energialuokitus-työkalu

1. Rakennukset				Sähkösauna	
Pientalot, energialuokka	A (alle 150)	A (alle 150)	A (alle 150)	<input type="checkbox"/>	
Osuus kokonaiskerrosalasta %	0 %	100 %	0 %		
Aluelämpö <input type="checkbox"/>	Uusiutuvat				
Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto	Lämpöpumppu	Uusiutuvat	Uusiutuvat		
Rivitalot, energialuokka	G (yli 280)	C (121-140)	C (121-140)	<input type="checkbox"/>	
Osuus kokonaiskerrosalasta %	0 %	100 %	0 %		
Aluelämpö <input type="checkbox"/>	Kaukolämpö				
Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto	Uusiutuvat	Fossiiliset	Fossiiliset		
Kerrostalot, energialuokka	C (121-140)	F (231-280)	E (181-230)	<input type="checkbox"/>	Talosauna <input type="checkbox"/>
Osuus kokonaiskerrosalasta %	100 %	100 %	0 %		
Aluelämpö <input checked="" type="checkbox"/>	Lämpöpumppu				
Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto	Sähkö	Uusiutuvat	Uusiutuvat		
Teollisuusrakennukset, energiankulutus*	160	160	160	kWh/m ² ,a	
Osuus kokonaiskerrosalasta %	0 %	100 %	0 %		
Aluelämpö <input type="checkbox"/>	Lämpöpumppu				
Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto	Uusiutuvat	Uusiutuvat	Fossiiliset		
Palvelurakennukset, energialuokka	G (yli 440)	G (yli 440)	alle 100		
Osuus kokonaiskerrosalasta %	0 %	100 %	0 %		
Aluelämpö <input type="checkbox"/>	Fossiiliset				
Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto	Uusiutuvat	Uusiutuvat	Fossiiliset		
Toimistorakennukset, energialuokka	E (171-230)	F (231-320)	alle 70		
Osuus kokonaiskerrosalasta %	0 %	100 %	0 %		
Aluelämpö <input type="checkbox"/>	Uusiutuvat				
Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto	Uusiutuvat	Uusiutuvat	Fossiiliset		

Kuva 11. Lähtötietojen syötekenttiä.

Työkalussa on kuusi erilaista rakennustyyppiä: pientalot, rivitalot, kerrostalot, teollisuusrakennukset, palvelurakennukset sekä toimistorakennukset. Jokaisesta rakennustyyppistä voidaan lisäksi määritellä kolmea eri energiatehokkuustasoa edustavat rakennukset ja niiden osuudet tietyn rakennustyyppin kokonaiskerrosalasta.

Rakennusten energiatehokkuus syötetään työkaluun rakennusten energialuokan kautta. Energiatodistuksen energialuokkien A–G lisäksi työkaluun on määritetty matalaenergiatasoa kuvaava määre, jossa energiankulutus neliometriä kohden on alle 110 kWh/a.

Rakennusten lämmitysenergian tuotantotapa on jaoteltu alueelliseen ja rakennuskohtaiseen lämmöntuotantoon. Alueellisessa lämmöntuotannossa energiamuotoja ovat kaukolämpö, uusiutuva energia, fossiiliset polttoaineet sekä maalämpö. Kaukolämpö-vaihtoehdolla tarkoitetaan työkalussa lämmitysmuotoa, jossa energia tuotetaan alueen ulkopuolella olevassa kaukolämpölaitoksessa. Muut vaihtoehdot kuvastavat alueen sisällä tapahtuvaa keskitettyä lämmöntuotantoa, jossa lämmönlähteenä käytetään jotain kolmesta vaihtoehdosta (uusiutuvat, fossii-

liset, maalämpö). Rakennuskohtaisen lämmöntuotannon vaihtoehtoiksi on myös määriteltäviä neljä vaihtoehtoa: uusiutuvat, fossiiliset, maalämpö sekä sähkö.

Sähköenergian osuus ET-luvun osoittamasta energiankulutuksesta on eroteltu Suomen rakentamismääräyskokoelman (2007) osassa D5 olevien, erilaisten rakennustyyppien laitesähkönkulutusta kuvaavien ominaissähkönkulutusten avulla. Työkaluun voidaan antaa lähtötietona myös arvio alueen sisällä uusiutuvista energianlähteistä tuotetun sähkön osuudesta alueen kokonaissähkönkulutuksesta.

Liikenteen energiankulutukseen vaikuttavat olennaisesti keskimääräiset etäisyydet palveluihin sekä kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen edistämiseen tähtäävät ratkaisut. Työkalulla voidaan arvioida erilaisten henkilöautoliikennettä vähentävien ratkaisujen (yhteinen pysäköintialue alueen reunalla, linja-autopysäkit, kevyen liikenteen väylät sekä pyörien säilytys- tai pysäköintitilat) vaikutusta alueen energiankulutukseen.

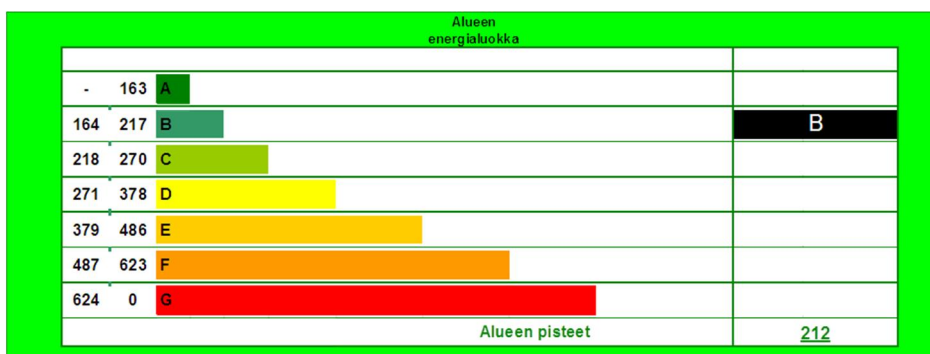
Lähtötietoina annetaan keskimääräiset etäisyydet seuraaviin palveluihin: lähikauppa, terveystalvelut, koulu sekä päiväkotit. Lähtötietona kysytään myös alueella sijaitsevien työpaikkojen määrää, koska työpaikat vaikuttavat osaltaan alueen liikennemääriin.

Työkalu laskee alueen primäärienergian kulutuksen kerrosneliometriä kohden. Muunnos erilaisten energiamuotojen kesken tehdään Taulukko 5 esitetyillä energiamuuntokertoimilla (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012: D3).

Taulukko 5. Energiamuotojen kertoimet.

Energiamuoto	Kerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Fossiiliset polttoaineet	1
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

Tuloksena työkalu antaa alueen energialuokan sekä primäärienergiakulutuksen kerrosneliometriä kohden (Kuva 12).



Kuva 12. Työkalun laskennan tuloksena saatava primäärienergiakulutus sekä alueen energialuokka.

6. Alueellinen energialuokitus-työkalu

Jokaiselle pilottialueelle laskettiin primäärienergiankulutus ja tarkasteltiin vaihtoehtoja, joilla primäärienergiankulutusta saataisiin laskettua ja alueen energialuokkaa siten nostettua. Taulukko 6 esittää lähtötilanteen jokaiselle pilottialueelle. Rakennusten on oletettu olevan vuoden 2010 vaatimustason mukaisia, jolloin ne alun perin ovat melko energiatehokkaita. Rakennusten lämmitysmuoto vaihtelee lähtötilanteessa alueittain, uusiutuvaa sähköntuotantoa ei ole.

Taulukko 6. Lähtötilanne.

Pilottikohde	Rakennukset	Energiantuotanto	Alueen primäärienergiankulutus [kWh/m ²]	Alueen energialuokka
Jyväskylä	RM2010	Kaukolämpö	230	C
Jämsä	RM2010	Teollisuusalue– Kaukolämpö Asuinalue - Sähkö	218	C
Kannonkoski	RM2010	Kaukolämpö	225	C
Multia	RM2010	Asuinrakennukset– Uusiutuvat Muut - Kaukolämpö	174	B
Petäjävesi	RM2010	Asuinrakennukset – Uusiutuvat Muut - Kaukolämpö	178	B
Toivakka	RM2010	Lämpöpumppu	212	B

Edistyneemmässä tilanteessa rakennusten oletettiin olevan passiivitasoa. Kaikissa pilottialueissa lämpö on oletettu tuotettavan uusiutuvilla, uusiutuvilla tuotetun sähkön osuus kokonaissähkönkulutuksesta vaihtelee hieman alueen mukaan. Kolmessa pilottikohteessa on myös tarkasteltu tilannetta, joissa asuinrakennuksissa on puusaunat sähkösaunojen sijaan. Lisäksi Toivakan pilottialueella omakotitaloissa on oletettu olevan puusaunat.

Taulukko 7. Parannettu versio.

			Alueen primäärienergian-kulutus [kWh/m2]	Alueen energialuokka
Pilottikohde	Rakennukset	Energiantuotanto		
Jyväskylä	Passiivi, puusaunat	Uusiutuvat + 15% sähköstä uusiutuvilla	154	A
Jämsä	Passiivi, puusaunat	Uusiutuvat + 25% sähköstä uusiutuvilla	155	A
Kannonkoski	Passiivi, puusaunat	Uusiutuvat + 20% sähköstä uusiutuvilla	148	A
Multia	Passiivi	Uusiutuvat + 35% sähköstä uusiutuvilla	134	A
Petäjävesi	Passiivi	Uusiutuvat + 35% sähköstä uusiutuvilla	134	A
Toivakka	Passiivi, puusaunat rivitaloissa sähkösaunat	Uusiutuvat + 10% sähköstä uusiutuvilla	159	A

Taulukko 7 esittää ratkaisuja, joilla saadaan pilottialueet energialuokkaan A. Puusaunojen merkitys näkyy uusiutuvilla tuotetun sähkön määrässä. Sähkösaunat kuluttavat suurehkon määrän sähköä, jolloin A-luokkaan yltäminen vaatii suuremman määrän uusiutuvan sähkön tuotantoa.

7. Johtopäätökset ja yhteenveto

Ekotaajamahankkeessa tavoitteena oli kehittää menetelmiä ja työkaluja maaseudun alueiden energiatehokkaalle suunnittelutyölle. Energiatehokkuuteen vaikuttavat pääosin rakennusten kuluttama energia sekä energiantuotantotapa. Asukkaiden kulutustottumuksilla on myös merkittävä vaikutus. Siihen voidaan kuitenkin rajoitetusti vaikuttaa suunnittelun keinoin sekä tiedottamalla asukkaita.

Työssä keskityttiin ainoastaan alueen sisällä tehtyihin ratkaisuihin. Tämä valinta rajaa suurimman osan liikenteen vaikutuksista pois. On kuitenkin todettava, että alueen sijainti on äärimmäisen tärkeää energiatehokkuuden kannalta. Alueen liikenteen päästöjä voidaan vähentää suunnittelemalla alueita, joissa päivittäin käytetyt palvelut ovat asukkaiden lähellä. Tämä voi kuitenkin olla erittäin haastavaa harvaan asutuilla alueilla maaseudulla.

Rakennusten kuluttamaan energiaan voidaan vaikuttaa kaavassa energialuokituksen avulla. Kaavassa voidaan vaatia uusille rakennuksille rakennusmääräyksiä tiukempia energialuokkia. Yhtenä rakennusvalvonnan tärkeänä tehtävänä on ohjeistaa rakentajia energiatehokkaaseen rakentamiseen.

Energiamuodon valintaan on käsitelty luvussa 3. Monet seikat vaikuttavat sopivimman energialähteen valintaan. Kaavassa voidaan määrätä kaukolämpöön liittymisestä. Muita energiantuotantotapoja voidaan suositella, ja rakennusvalvonta voi aktiivisesti tuoda esille niiden mahdollisuudet.

Projektissa kehitetty alueellinen energialuokitus -työkalu soveltuu erilaisten kaavaratkaisujen energiatehokkuuden vertailuun. Työkalun tarkoitus on nopeuttaa ja helpottaa kaavaratkaisujen vertailua. Työkalua on tarkoitettu käyttämään ensisijaisesti vertailemaan erilaisia kaava- ja energiaratkaisuja samalla alueella. Työkalun antamat tulokset ja energialuokat eivät sovellu suoraan erilaisten alueiden keskinäiseen vertailuun.

Maaseudulla asuminen tuo omat haasteensa energiatehokkaaseen elämiseen. Siitä huolimatta suunnittelulla voidaan parantaa merkittävästi alueen energiatehokkuutta. Maaseutuympäristö tarjoaa muun muassa mahdollisuuden keskittyä enemmän ympäristön tarjoamiin elämyksiin ja luonnosta nauttimiseen kuin aineellisten tavaroiden kuluttamiseen.

Lähdeluettelo

GEMIS Manual. Ökö-Institut [viitattu 2.11.2010; osoite poistettu].

Hagström, M., Vanhanen, J., Vehviläinen, I. 2009. Kevennetty kaukolämpötekniikka. Kustannustehokkaan jakelu- ja asiakasteknologian kehittäminen matalan kulu-tustason olosuhteisiin. Loppuraportti 30.9.2009. Gaia Consulting Oy.
www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/tutkimusraportit/liitteet/kevennetty%20kaukolampotekniikka_loppuraportti_2009.pdf [viitattu 7.5.2012].

Kaukolämmön käsikirja 2006. Energiateollisuus ry, s. 215–217 ja 323.

Klobut, K., Heikkinen, J., Shemeikka, J., Laitinen, A., Rämä, M. & Sipilä, K. 2009. Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. VTT Tiedotteita – Research Notes 2513. 68 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2513.pdf> [viitattu 7.5.2012].

Motiva Oy 2006, Pätkittäin puulämmityksestä.
http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/patkittain_puulammityksesta.1027.shtml [viitattu 7.5.2012].

Naps Systems Oy 2010. Building integrated systems – Annual electricity production for Europe [viitattu 14.10.2010; osoite poistettu].

Nieminen Jyri, VTT. Onnelanpolun Raklin loppuseminaari 31.1.2012. PPT-esitys.

PVGIS. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), PVGIS © European Communities, 2001–2008. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> [viitattu 9.5.2012].

Pvresources 2010. <http://www.pvresources.com> [viitattu 9.11.2010].

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 2010.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=365605&lan=FI> [viitattu 13.9.2010].

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=fi#a3> [viitattu 9.2.2012].

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5, 2007.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=fi#a3> [viitattu 28.2.2012].

Tuomaala, M., Ahtila, P., Haikonen, T., Kalenoja, H., Kallionpää, E., Rantala, J., Tuominen, P., Shemeikka, J., Rämä, M., Sipilä, K., Pursiheimo, E., Forsström, J., Wahlgren, I. & Lahti, P. 2012. Energiatehokkuuden mittarit ja potentiaalit. Tutkimusraportti. Tiede + Teknologia 1/2012. Aalto-yliopisto, energiategniikan laitos.

Ympäristöministeriö 2011. Uusien rakennusten energiamääräykset 2012. Valtioneuvoston tiedotustila 30.11.2011.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126212&lan=fi> [viitattu 28.2.2012].

Zinko, H. (toim.), Bøhm, B., Kristjansson, H., Ottosson, U., Rämä, M. & Sipilä, K. 2008. District heating distribution in areas with low heat demand density. IEA R&D Programme on “District Heating and Cooling, including the integration of CHP”

Annex VIII, 2008:8DHC-08-03. http://www.iea-dhc.org/reports/pdf/Energitekniik_IEA-Final-report-5.pdf [viitattu 7.5.2012].

Muita tietolähteitä

Matalaenergiataloista:

Energiatehokas koti. Motiva Oy.

http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/matalaenergiatalo [viitattu 8.5.2012].

Ohjeistus passiivitalon suunnitteluun:

PEP (promotion of European Passive Houses). EU-projektin julkaisu (ladattavat ohjepaketit suomeksi). http://erg.ucd.ie/pep/5_4_1.html [viitattu 8.5.2012].

Tietoa energiatehokkaista teollisuushalleista:

Hallipeli – hallirakentamisen kustannusarvio. SP Elementit Oy.

<http://www.hallipeli.fi> [viitattu 8.5.2012].

Liite A: Rakenteiden tekniset tiedot Öijänniemen energia-analyysissa

Taulukko 1.1. Energiankulutuksen laskennassa käytetyt U-arvot ja ilmanvaihdon arvot, joita käytettiin erilaisten energiankulutuske-
naarioiden laskennassa Öijänniemen pilottialueen energia-analyysia.

Talotyyppi	seinämateriaali	U-arvot [W/m ² K]					Ilmanvaihto	
		Ulkoseinä	Alapohja	Yläpohja	Ikkunat	Ovi	LTO:n vuosi- hyötysuhde	Ilmanvuoto luku
RM2010	Hirsi	0,4	0,16	0,09	1	1	50	0,08
RM2010	Lämpöhirsi	0,15	0,16	0,09	1	1	50	0,08
Matalaenergiatalo	Hirren näköinen ulkoverhous	0,12	0,12	0,08	0,8	0,8	80	0,04
Passiivitalo	Hirren näköinen ulkoverhous	0,08	0,08	0,07	0,7	0,7	85	0,024

Taulukko 1.2. Pitkän aikavälin lämpövarastojen ominaisuuksia.

	Betoni tai terässäiliö	Eristetty kaivantovara- rasto	Päältä eristetty kaivantovara- rasto	Kalliovarasto	Pohjavesivarasto	Maaperävara- rasto	Pystyputket savessa	Porakaivot
Ominaislämpökapasiteetti [kWh/m ³ K]	1.16	1.16	1.16	1.16	0.75	0.7	0.8	0.63
Tyypillinen varastointihyötysuhde	0.9	0.85	0.7	0.8	0.75	0.6	0.7	0.7
Tilavuus [m ³]	0-100 000	0-75 000	0-50 000	50 000-300 000	50 000-500 000	0-100 000	50 000-300 000	50 000-400 000
Investointikustannus [€/m ³]	150-250	120-220	40-60	80-120	20	50-100	5-8	30-40
Energiakustannus [€/kWh]	0.2-0.4	0.15-0.25	0.05-0.1	0.12-0.20	<0.05	0.16-0.40	0.05	0.09-0.12

Nimeke	Ekotaajaman suunnitteluperiaatteet
Tekijä(t)	Åsa Nystedt, Mari Sepponen & Mikko Virtanen
Tiivistelmä	<p>Julkaisussa esitetään menetelmiä ja työkaluja energiatehokkaan alueen suunnittelulle. Kohdealueina ovat kuusi kuntaa Jyväskylän seudulta: Jyväskylä, Jämsä, Kannonkoski, Petäjävesi, Multia ja Toivakka. Projektissa tehtiin energiaselvitykset näissä kunnissa sijaitseville pilottialueille. Tässä raportissa esitetään energia-analyyysien yleiset johtopäätökset, tarkemmat pilottikohtaiset laskelmat ovat omissa raporteissaan.</p> <p>Alueen energiatehokkuuteen vaikuttavat pääosin rakennusten kuluttama energia, energiatuotantotavat ja liikenne. Myös ihmisten käyttäytymisellä on merkittävä vaikutus alueen energiankulutukseen. Raportissa on keskitytty suunnitteluratkaisuihin, joihin voidaan vaikuttaa kaupunkisuunnittelulla asemakaavatasolla.</p> <p>Merkittävä rajausta työssä oli keskittyä ainoastaan alueen sisällä tehtäviin ratkaisuihin. Tämä valinta rajaa pois suurimman osan liikenteen vaikutuksista. On kuitenkin todettava, että alueen sijainti on äärimmäisen tärkeää energiatehokkuuden kannalta. Alueen liikenteen päästöjä voidaan vähentää suunnittelemalla alueita, joissa päivittäin käytetyt palvelut ovat asukkaiden lähellä. Tämä voi kuitenkin olla erittäin haastavaa harvaan asutulla alueella maaseudulla.</p> <p>Rakennusten kuluttamaan energiaan voidaan vaikuttaa kaavassa energialuokituksen avulla. Kaavassa voidaan vaatia uusille rakennuksille rakennusmääräyksiä tiukempia energialuokkia. Rakennusvalvonnan tärkeänä tehtävänä on ohjeistaa rakentajia energiatehokkaaseen rakentamiseen. Monet seikat vaikuttavat sopivimman energialähteen valintaan. Kaavassa voidaan määrätä kaukolämpöön liittymisestä. Muita energiantuotantotapoja voidaan suositella ja rakennusvalvonta voi aktiivisesti tuoda esille niiden mahdollisuudet.</p> <p>Projektissa kehitetty alueellinen energialuokitus-työkalu soveltuu erilaisten kaavaratkaisujen energiatehokkuuden vertailuun. Työkalun tarkoituksena on nopeuttaa ja helpottaa kaavaratkaisujen vertailua. Työkalua on tarkoitus käyttää ensisijaisesti vertailemaan erilaisia kaava- ja energiaratkaisuja samalla alueella. Työkalun antamat tulokset ja energialuokat eivät kuitenkaan suoraan sovellu erilaisten alueiden keskinäiseen vertailuun.</p> <p>Ekotaajama-alueet sijaitsevat maaseudulla, ja ne ovat tyypillisesti hyvin pientalovaltaisia. Tämä johtuu asukkaiden halusta asua pientaloissa harvaan asutulla alueella. Samasta syystä maaseudulla asuessa olisi vaikeaa pärjätä ilman omaa autoa. Nämä lähtökohdat on hyväksyttävä. Ne poissulkevat joitain ekokaupunkien suunnitteluperiaatteita, mutta on kuitenkin olemassa paljon asioita, joita ekotaajamassa voidaan ja kannattaa tehdä, jotta alueet ja taajamat olisivat houkuttelevampia ja energia- sekä ekotehokkaampia.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-38-7838-2 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Julkaisu-aika	Toukokuu 2012
Kieli	suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	50 s. + liitt. 2 s.
Avainsanat	Energy efficiency, renewable energy, city planning, planning tool
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

Title	Design principles for rural eco districts
Author(s)	Åsa Nystedt, Mari Sepponen & Mikko Virtanen
Abstract	<p>This report describes methods and tools for the planning of energy efficient districts. Case districts have been examined in the following six communities: Jyväskylä, Jämsä, Kannonkoski, Petäjävesi, Multia and Toivakka. All of the communities are situated in the Jyväskylä region. In the project "Ekotaajama" energy analyses were done for the pilot districts. In this report the general conclusions from the energy analyses are reported, the specific energy analyses are found in separate reports. The district energy efficiency assessment tool and general guidelines for planning energy efficient districts are also presented in this report.</p> <p>A district's energy efficiency is mainly influenced by the buildings energy consumption, energy production methods and traffic. Inhabitant's behaviour also influences the energy consumption significantly. This report focuses on design solutions that can be influenced through the detailed city plan.</p> <p>A significant limitation of the work was focusing only on solutions made within the district. This leaves out most of the impacts of traffic since most of the traffic is to and from the districts because of their nature being smaller rural districts. It needs to be emphasized that the placement has a significant impact on the overall energy efficiency of the districts. The traffic can be minimised by providing daily services close to the residents. This can, however, be challenging in the rural areas with no dense city structure.</p> <p>The energy classification system is a way to influence the buildings energy demand in the city plans. Tighter energy classifications than what the law requires can be set in the plans. The building inspectors have an important role in advising house builders in building energy efficient and high quality houses.</p> <p>Many things influence the choosing of the energy system. In the city plan it can be decided to connect to the district heating system. Other energy systems can be only recommended, not enforced. The building instructors can actively recommend the possibilities of renewable energy systems.</p> <p>A tool for assessing the energy efficiency of a district was developed within the Ekotaajama project. The tool helps with comparing the impacts on energy efficiency by different choices made in the city plans. The purpose of the tool is to compare solutions made within districts, not to compare districts with each other.</p> <p>The Ekotaajama district are rural and typically consist of one family houses. People on the countryside want to live in one family houses not too close to each other. The un-dense structure adds to the need of using private cars for moving around. These are aspects that need to be accepted. This rules out some of the principles of EcoCity planning, but still there are many things that can be done in order to create nice and energy efficient living districts.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-38-7838-2 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Date	May 2012
Language	Finnish, abstract in English
Pages	50 p. + app. 2 p.
Keywords	Energy efficiency, renewable energy, city planning, planning tool
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

VTT Technical Research Centre of Finland is a globally networked multitechnological contract research organization. VTT provides high-end technology solutions, research and innovation services. We enhance our customers' competitiveness, thereby creating prerequisites for society's sustainable development, employment, and wellbeing.

Turnover: EUR 290 million

Personnel: 3,100

VTT publications

VTT employees publish their research results in Finnish and foreign scientific journals, trade periodicals and publication series, in books, in conference papers, in patents and in VTT's own publication series. The VTT publication series are VTT Visions, VTT Science, VTT Technology and VTT Research Highlights. About 100 high-quality scientific and professional publications are released in these series each year. All the publications are released in electronic format and most of them also in print.

VTT Visions

This series contains future visions and foresights on technological, societal and business topics that VTT considers important. It is aimed primarily at decision-makers and experts in companies and in public administration.

VTT Science

This series showcases VTT's scientific expertise and features doctoral dissertations and other peer-reviewed publications. It is aimed primarily at researchers and the scientific community.

VTT Technology

This series features the outcomes of public research projects, technology and market reviews, literature reviews, manuals and papers from conferences organised by VTT. It is aimed at professionals, developers and practical users.

VTT Research Highlights

This series presents summaries of recent research results, solutions and impacts in selected VTT research areas. Its target group consists of customers, decision-makers and collaborators.

ISBN 978-951-38-7838-2 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

