

Energiatehokkuus kaavoituksessa

Skaftkärr, Porvoo

Kaavarunkovaiheen loppuraportti

**Pasi Rajala, Heikki Hirvonen, Sampo Perttula,
Elisa Lähde, Perttu Pulkka, Leo Jarmala,
Jouni Laukkanen, Jenni Patronen, Minna Jokinen,
Timo Rintala, Karoliina Rajakallio, Tiina Kauppinen
Pöyry**

Porvoon kaupunki, Sitra, Posintra Oy, Porvoon Energia Oy, Ympäristöministeriö

Sisällysluettelo

Esipuhe	6
Tiivistelmä	8
Summary	9
1 Johdanto	11
2 Energiatehokkuus suunnitteluprosessin lähtökohtana	15
2.1 Suunnitteluprosessi	15
2.2 Työn eteneminen	16
A: Selvitykset	18
3 Energiantuotannon vaihtoehdot	18
3.1 Lämmön- ja sähkönkulutus sekä CO ₂ -ominaispäästökertoimet	18
3.1.1 Lämmönkulutus	18
3.1.2 Sähkönkulutus	19
3.1.3 Lämmitysmuotojen CO ₂ -ominaispäästökerroin	19
3.1.4 Sähköntuotantomuotojen CO ₂ -ominaispäästökerroin	19
3.2 Kaukolämpö	20
3.3 Hajautettu polttoaineisiin perustuva lämmöntuotanto	26
3.4 Sähkölämmitys	27
3.5 Maalämpö	28
3.5.1 Yleistä maalämmöstä	28
3.5.2 Talokohtainen maalämmitys	28
3.5.3 Keskitetty maalämpöratkaisu	29
3.6 Ilmalämpöpumput	30
3.7 Aurinkoenergian hyödyntäminen	31
3.7.1 Aurinkosähkö	31
3.7.2 Tulossa olevat teknologiat	33
3.7.3 Hajautettu aurinkolämmön hyödyntäminen	34
3.7.4 Kokemuksia ja toimintamalleja maailmalta	34
3.7.5 Aurinkokaukolämpö	34
3.8 Pienimuotoinen hajautettu sähkön ja lämmön yhteistuotanto	35
3.9 Pienimuotoinen tuulivoima	37
3.10 Polttokennot	38
3.11 Jätteenpolttu	39

4 Rakennukset	40
4.1 Matalaenergia- ja passiivirakennukset	40
4.2 Matalaenergia- ja passiivirakennusten lämmönlähteet	42
4.3 Rakennuksen muoto, aukotus ja suuntaus	43
4.4 Käyttöveden lämmitys	44
4.5 Kiinteistö- ja käyttäjäsjähkön kulutus	47
4.5.1 Kulutuksen ohjausjärjestelmät	49
4.6 Elinkaaren aikaiset kustannukset rakentamisessa	50
4.7 Rakennusmateriaalit	52
5 Liikenne	54
5.1 Kulkumuodot	54
5.2 Tekninen kehitys	55
5.3 Liikkumistarve	56
6 Hulevedet ja pienilmasto	57
6.1 Hulevedet	57
6.1.1 Maankäytön vaikutus hulevesiin	59
6.1.2 Hulevesien hallintamenetelmät	61
6.2 Jätevesien paikallinen käsittely	63
6.3 Pienilmaston vaikutus elinympäristön laatuun	64
6.3.1 Porvoon sijainnin merkitys pienilmaston kannalta	64
6.3.2 Suunnittelualueen pienilmastotekijät	66
6.3.3 Tuulisuuden merkitys	68
6.3.4 Keinot pienilmaston parantamiseksi	71
B: Vaihtoehtotarkastelut ja kaavaratkaisu	74
7 Energiankäytön ja päästöjen vertailutasot	74
7.1 Vertailutasona vaihtoehto 0+	74
7.2 Rakentamisen kokonaismäärä	76
7.2.1 Alueen laajuustiedot	76
7.2.2 Rakennuksen lämmitystapa	76
7.3 Tyyppirakennus	78
7.3.1 Rakennusten energiankäytön oletukset	78
7.3.2 Sähkönkulutus	79
7.3.3 Rakennusten energiankulutus	81
7.4 Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt	83
7.4.1 Kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt	83
7.4.2 Sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt	84
7.4.3 Energia uusiutumattomana primäärienergiana	84

7.5 Liikenteen lähtökohdat	84
7.5.1 Yleistä	84
7.5.2 Itä-Uudenmaan henkilöliikennetutkimuksen Porvoon tuloksia	85
7.5.3 Keväkummun alue vertailukohtana	87
7.5.4 Porvoolaisten liikennesuorite	90
7.5.5 Emme/2-liikennemalli	91
7.5.6 Skaftkärrin liikennesuoritteet vaihtoehdossa 0+	92
7.5.7 Joukkoliikenne	93
7.5.8 Liikennemuotojen ominaispäästöt	93
7.6 Kunnallistekniikka	95
7.6.1 Valaistus	95
7.6.2 Yleiset rakennukset	95
7.6.3 Vesihuolto	95
7.7 Energiankulutukseen ja päästöihin vaikuttavia tekijöitä	95
7.7.1 Herkkyystarkastelut rakennuksille, energialle ja liikenteelle	95
8 Tutkitut ratkaisumallit	98
8.1 Ratkaisumallien suunnittelun lähtökohtia	99
8.2 Tutkitut mallit	100
9 Energia-, päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi	107
9.1 Vaikutusten arvioinnin periaatteet	107
9.2 Ratkaisumallien liikenteellinen vertailu	108
9.2.1 Vertailuperiaate	108
9.2.2 Autoliikenteen liikennesuoritteet	109
9.2.3 Mallien liikennesuoritteet, suhteelliset osuudet kulkumuodoittain	110
9.2.4 Joukkoliikenne, liikennesuorite	113
9.3 Ratkaisumallien energiantuotanto-vaihtoehtojen päästövertailu	114
9.3.1 Lämmitysvaihtoehdot	114
9.3.2 Sähköntuotantovaihtoehdot	115
9.4 Energia- ja päästövaikutusten arviointi	115
9.5 Ratkaisumallien kustannusvertailu eri energiantuotantovaihtoehtoilla	122
9.6 Infrastruktuurikustannukset	128
9.7 Mallitarkastelun johtopäätökset	128
9.8 Johtopäätökset energiantuotantovaihtoehtoista	130
9.9 Herkkyystarkastelut CO ₂ -päästöille	130
9.9.1 Erilaiset toteutusvaihtoehdot –35 prosentin päästövähennyksen saavuttamiseksi vaihtoehtoon 0+ verrattuna	130
9.9.2 Lämmitysvaihtoehtojen vaikutus päästöihin	131

10 Kaavarunkoratkaisu	133
10.1 Tavoitteet	133
10.2 Kaavarungon suunnitteluperiaatteita	134
10.3 Kaavarungon kuvaus	134
C: Johtopäätökset	139
11 Johtopäätökset ja suunnitteluohjeet	139
11.1 Yleistä	139
11.2 Energiätehokkuuden huomioiminen eri suunnittelutasoilla	139
11.3 Kokemuksia Skaftkärr-projektista	141
11.3.1 Aloitus ja ohjelmointi	141
11.3.2 Vertailumalli ja vaihtoehdot	141
11.3.3 Kaavarunko	143
11.4 Alueiden käytön ja kaavoituksen kehittäminen energiätehokkuuden näkökulmasta	144
11.4.1 Suunnitteluratkaisut	144
11.4.2 Kaavoitusprosessi	147
11.4.3 Muun yhteistyön kehittäminen	150
12 Lopuksi	151
Lähteet	152

Esipuhe

Kaavoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi alueiden energiatehokkuuteen. Tämä on Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran, Porvoon kaupungin, Porvoon Energia Oy:n, Posintra Oy:n ja ympäristöministeriön yhteisen Skaftkärr – Energiatehokkuus kaavoituksessa -hankkeen keskeinen johtopäätös.

Energiatehokkuus kaavoituksessa -hankkeen tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, voidaanko kaavoituksella vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus ja onko suunnittelukäytäntöjä ja kaavoitusprosesseja tarpeen muuttaa. Hankkeessa tarkastellaan kaavoituksen vaikuttamiskeinoja alueiden energiatehokkuuteen käytännön kaavoitustyön kautta. Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa Porvoon Skaftkärriin on laadittu kaavarunko, jonka pohjalta Porvooseen nousee lähivuosina uusi, energiatehokas ja vähähiilinen 6 000 asukkaan kaupunginosa.

Skaftkärrin kaavarunkotyössä on tutkittu vaihtoehtotarkastelujen avulla erilaisten ratkaisujen vaikutuksia alueen energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen. Selvityksessä keskeisiksi tekijöiksi nousivat liikkuminen, rakennusten energiatehokkuus sekä energian tuotantotavat. Energiatehokkuudelle ja hiilijalanjäljen pienentämiselle on laskettu myös hintalappu. Porvoossa tiedetään nyt, mitä hiilijalanjäljen pienentäminen Skaftkärrin alueella maksaa sekä asukkaalle että kaupungille. Keinoja on monenlaisia: kalliita ja halpoja. Hyvä uutinen asukkaan ja kunnan kannalta on se, että samalla kun hiilijalanjälki pienenee, voivat myös asumisen kustannukset laskea nykytasosta.

Kaavajärjestelmä ja siihen liittyvät välineet antavat monipuolisia mahdollisuuksia vaikuttaa joko suoraan tai epäsuorasti yhdyskuntiemme energiatehokkuuteen ja päästöihin. Energiatehokkuus kaavoituksessa -hanke osoittaa, että kaavoituksessa tarvitaan hiiliaselaskelmia. Kaavoittajien ja energia-asiantuntijoiden yhteistyö on välttämätöntä ja tulevaisuudessa arkipäivää. Energiatehokkuus ja hiilijäljen pienentäminen sekä hiiliaselaskelmat tulisikin liittää osaksi kaavoitusprosessia sekä kaavan vaikutusten arviointia.

Tähän raporttiin on koottu Skaftkärrin kaavarunkohankkeen lähtökohtia, tutkitut ratkaisumallit ja niistä laaditut energiatehokkuus- ja päästölaskelmat sekä tuloksista tehdyt johtopäätökset.

Energiatehokkuus kaavoituksessa -hanke jatkuu: Porvoon Skaftkärrin alueelle laaditaan asemakaavat kaavarungon pohjalta. Asemakaavahankkeissa testataan ja kehitetään edelleen tässä raportissa esitetyjä keinoja ja laskentamenetelmiä rakennetun ympäristön energiatehokkuuden lisäämiseksi sekä päästöjen vähentämiseksi.

Haluamme kiittää hankkeen ensimmäisen ja keskeisen vaiheen valmistuttua suunnittelusta vastannutta Pöyry Oy:n asiantuntijatiimiä, Porvoon kaupungin kaavoittajia sekä Porvoon Energian Oy:n ja Posintra Oy:n asiantuntijoita uraa uurtavasta työstä.

Porvoossa, syyskuussa 2010

Jukka Noponen

johtaja
Energiaohjelma
Sitra

Fredrick von Schoultz

apulaiskaupunginjohtaja
Porvoon kaupunki

Tiivistelmä

Skaftkärr – Energiatehokkuus kaavoituksessa -hankkeessa kehitetään energiatehokkuuden ohjaamiskeinoja ja suunnittelua sekä etsitään kaavoituksen keinoja päästöjen vähentämiseksi. Tavoitteena on luoda uusia toimintamalleja ja ratkaisuja alueellisen sekä talokohtaisen energiatehokkuuden lisäämiseksi. Hankkeessa tarkastellaan kaavoituksen vaikuttamiskeinoja alueiden energiatehokkuuteen käytännön kaavoitustyössä.

Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa Porvoon Skaftkärrin alueelle on laadittu kaavarunko, jonka pohjalta Porvooseen nousee lähivuosina uusi, energiatehokas ja vähähiilinen 6 000 asukkaan kaupunginosa. Asuinalueen suunnittelussa on tuotettu tietoa siitä, millaisilla keinoilla on mahdollista vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus ja miten suunnittelukäytäntöjä olisi mahdollista tai tarpeen kehittää, jotta alueiden energiatehokkuus paranisi.

Skaftkärrin kaavarunkotyö käynnistyi selvittämällä erilaisten energiaratkaisujen vaikutuksia kaavoitukseen ja tulevaisuuden energiaratkaisuja kansainvälisten esimerkkien avulla. Vaihtoehtotarkastelun avulla tutkittiin erilaisten ratkaisujen merkitystä energiatehokkuuteen ja päästöjen vähentämiseen. Vaihtoehtotarkastelussa vertailupohjana (0+-vaihtoehtona) toimi alueelle laadittu vanha kaavarunko, josta selvitettiin, mihin alueella kuluu energiaa ja mitkä ovat sen päästöt. 0+-vaihtoehdolle tehtyjen laskelmien ja herkkyystarkastelujen jälkeen laadittiin neljä ratkaisumallia maankäytön suunnittelun ja energiatehokkuuden työkaluiksi. Eri malleissa erilaisia kaupunkirakenteellisia tekijöitä yhdisteltiin erilaisiin energiantuotantotapoihin sekä liikennejärjestelmä- ja liikkumISRatkaisuihin. Ratkaisumalleille laskettiin energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt sekä arvioitiin ratkaisujen vaikutuksia asukkaan, kunnan ja paikallisen energiayhtiön kustannuksiin. Herkkyystarkasteluiden ja vaikutusten arvioinnin avulla tehtiin johtopäätöksiä ja määriteltiin suunnitteluperiaatteet, joiden pohjalta laadittiin kaavarunko.

Selvityksessä keskeisiksi tekijöiksi nousivat liikkuminen, rakennusten energiatehokkuus sekä energian tuotantotavat. Skaftkärrin kaavarunkotyö osoittaa selkeästi, että kaavoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi alueiden energiatehokkuuteen. Kaavajärjestelmä ja siihen liittyvät välineet antavat monipuolisia mahdollisuuksia vaikuttaa joko suoraan tai epäsuorasti yhdyskuntiemme energiatehokkuuteen ja päästöihin. Yleispiirteisessä kaavoituksessa ratkaistaan seutujen, kuntien ja alueiden alue- ja yhdyskuntarakenteen kehittymisen periaatteet ja vaikutetaan oleellisesti muun muassa liikkumistarpeeseen ja sitä kautta liikenteen energiankulutukseen sekä päästöihin. Osayleiskaavoituksessa ja asemakaavoituksessa ohjataan alueiden sisäisiä maankäyttöratkaisuja, infrastruktuuria ja rakentamista. Kaavaprosessia tulisi kuitenkin kehittää energiatehokkuuden näkökulmasta. Energiatehokkuus ja hiilijäljen pienentäminen sekä hiililaselaskelmat tulisi liittää osaksi kaavoitusprosessia ja kaavan vaikutusten arviointia.

Skaftkärrin kaavarunkotyössä on koottu tietoa ja kokemuksia erilaisista energiatehokkuuteen liittyvistä mahdollisuuksista sekä esitetty laskentamalleja, joita hyödyntämällä on mahdollista parantaa kaavoitukseen liittyvää päätöksentekoa ja sen energiatietoisuutta. Energiatietoisella suunnittelulla voidaan päästä merkittäviin energiankulutus- ja kustannussäästöihin sekä päästövähennyksiin.

Summary

The Skaftkärr – Energy Efficiency in Town Planning project will develop energy efficiency control methods and planning as well as seek town planning methods to reduce emissions. The aim is to create new operating models and solutions to increase regional and building-specific energy efficiency. The project will examine the means of town planning to influence regional energy efficiency in practical town planning work.

During the first stage of the project an outline plan was drawn up for the Skaftkärr area of Porvoo, Finland on the basis of which a new energy efficient and low-carbon district for 6,000 residents will take shape in the near future in Porvoo. In planning the residential area, information has been produced on what types of methods could be used to improve energy efficiency in the areas, what the effectiveness is of the various methods and how planning practices could or should be developed so that energy efficiency in the areas improves.

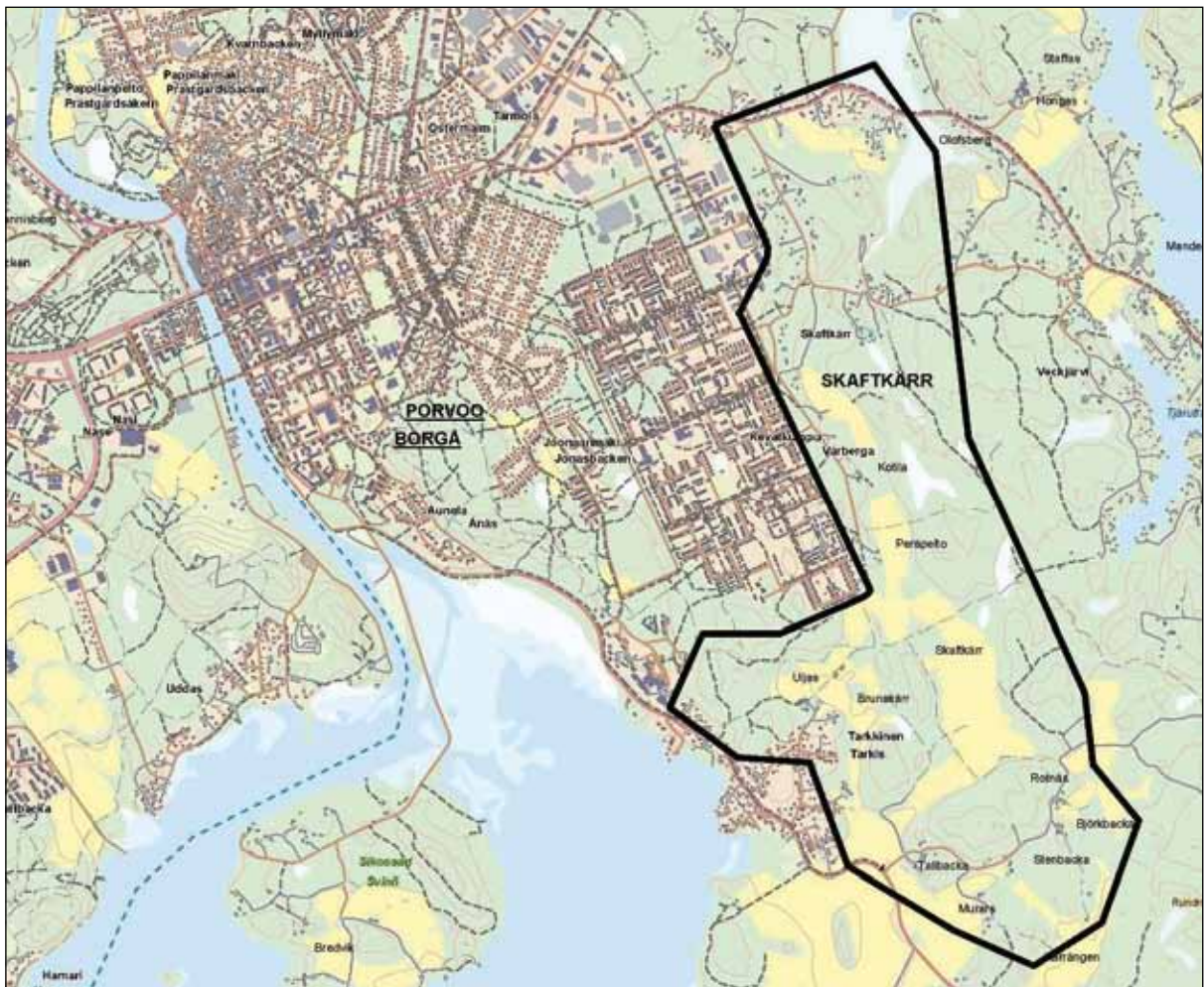
Work on the outline plan for Skaftkärr started by investigating the effect of the various energy solutions on town planning and future energy solutions by using international examples. The importance of the various solutions for energy efficiency and reducing emissions was studied through an examination of alternatives. The basis for comparison in the examination of alternatives (0+ alternative) was the old outline plan drawn up for the area, from which it was possible to ascertain where energy is consumed in the area and what its emissions are. After the calculations performed on the 0+ alternative and the sensitivity studies, four solutions were drawn up as tools for land use planning and energy efficiency. The different models combined various urban structural factors with different energy production methods and traffic system and mobility solutions. The energy consumption and carbon dioxide emissions were calculated for the solutions and an assessment was made on their impact on the costs for residents, the local authority and local energy company. Conclusions were drawn up with the aid of the sensitivity studies and impact evaluations and the planning principles were specified, on the basis of which the outline plan was drawn up.

The key factors to emerge in the investigation were mobility, the energy efficiency of buildings and energy production methods. The work on the outline plan for Skaftkärr clearly demonstrates that town planning can have a significant impact on the energy efficiency of the areas. The planning system and related tools provide a wide-range of opportunities to have either a direct or indirect impact on the energy efficiency and emissions of our urban areas. Town planning at the general level provides solutions for the principles of developing the regional and urban structure of regions, municipalities and areas and has a material impact on the need for mobility and thus the energy consumption and emissions of transport. Component master planning and town planning will be directed on land use solutions within areas, infrastructure and building. However, the planning process should be developed from the perspective of energy efficiency. Energy efficiency and reducing the carbon footprint and carbon balance calculations should be integrated as part of the planning process and the impact assessment of the plan.

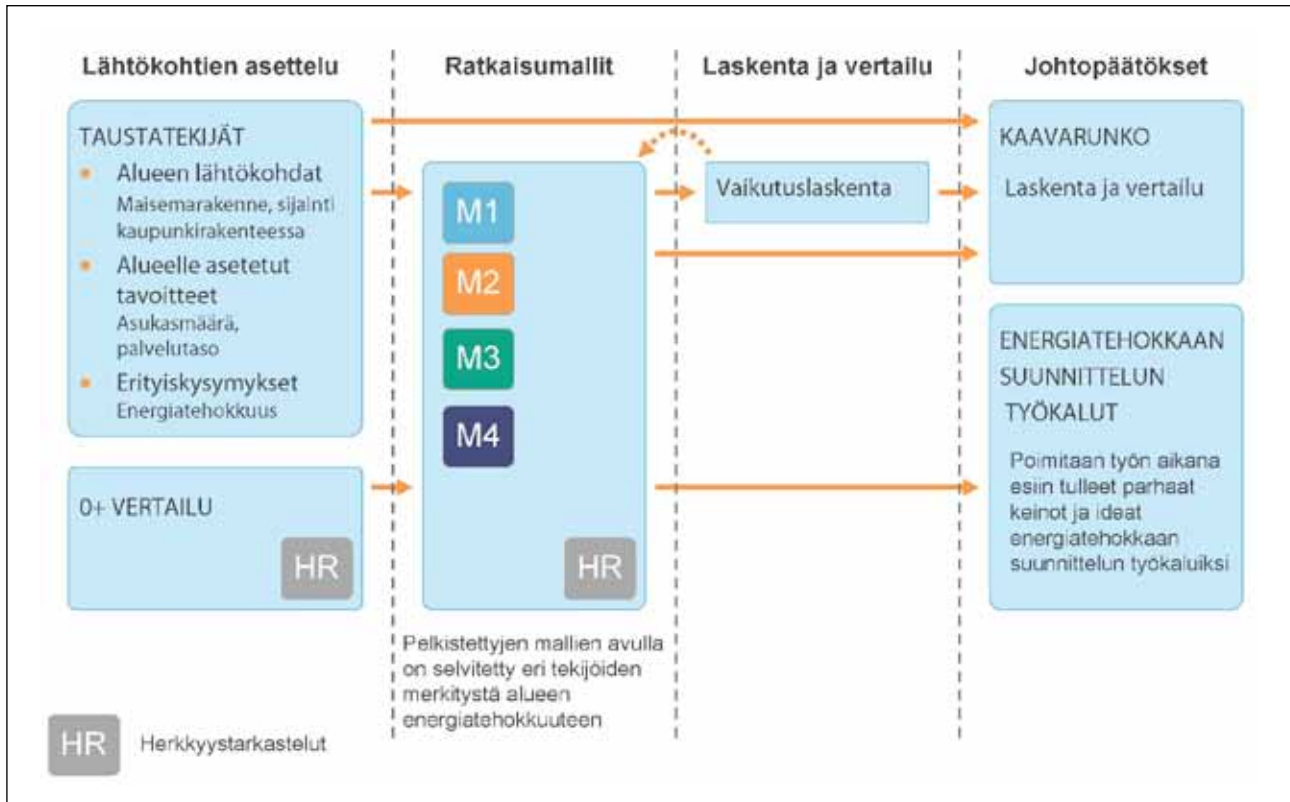
The work on the outline plan for Skaftkärr has compiled information and experiences on various possibilities relating to energy efficiency and presented calculation models that could contribute to improving decision-making and energy awareness relating to town planning. Energy aware planning could bring about significant savings in energy consumption and costs as well as emissions reductions.

1 Johdanto

Skaftkärrin uusi, energiatehokas asuinalue tulee olemaan Porvoon pientalomaisen rakentamisen painopisteenä lähes koko 2010-luvun ajan. Tässä raportissa on esitelty Skaftkärrin kaavarunkohankkeen lähtökohtia sekä tutkitut ratkaisumallit ja niistä laaditut laskennat sekä arvioinnit. Näiden selvitysten pohjalta Skaftkärrin alueelle on laadittu neljä vaihtoehtoista ratkaisumallia, jotka kuvaavat pelkistetyksi erilaisia energiatehokkuuteen liittyviä alueellisia ratkaisuja ja niiden yhdistelmiä. Näille malleille suoritettuja energiatehokkuus- ja päästölaskelmia sekä herkkyystarkasteluja on hyödynnetty Skaftkärrin kaavarunkoluonnoksen laatimisessa. Tuloksista on myös haettu yleisiä johtopäätöksiä energiatehokkaan kaavoituksen edistämiseksi.



Kuva 1. Suunnittelualueen rajaus.



Kuva 2. Skaftkärr – Energiatehokkuus kaavoituksessa -hankkeen prosessikaavio.

Käsitteitä

Keskeiset työssä käytetyt käsitteet:

Energiatehokkuus: Rakennuksen energiatehokkuudella tarkoitetaan lasketun tai mitatun energiamäärän suhdetta rakennuksen pinta-alaan. Energiamäärää tarvitaan rakennuksen tyypilliseen käyttöön liittyvän energiatarpeen täyttämiseen, ja siihen sisältyy muun muassa lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, veden lämmitykseen ja valaistukseen käytetty energia.

Alueellinen energiatehokkuus muodostuu tietyn alueen sisäisten ja ulkoisten tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Alueen sisäisiä energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat sisäinen liikenne, rakennusten energiatehokkuus, sisäinen infraverkosto ja alueellinen energiantuotanto. Alueen ulkopuolisia tekijöitä ovat alueeseen liittyvä liikennejärjestelmä, palveluiden ja työpaikkojen sijoittuminen, infraverkosto ja energiantuotanto.

Energiatehokkuuden mittana on myös käytetty energian määrän suhdetta tuotettuihin päästöihin.

Energiatuotannon profiili kuvaa energiatuotannossa käytettyjä tuotantotapoja. Esimerkiksi kaukolämmön tuotannon profiili Porvoossa on vuonna 2015 arviolta 90 prosenttia biopolttoaineita ja 10 prosenttia maakaasua.

Primäärienergialla tarkoitetaan yleisesti uusiutuvista tai uusiutumattomista lähteistä peräisin olevaa energiaa, jota ei ole muunnettu millään prosessilla. Primäärienergiaa ovat muun muassa maaperässä oleva öljy, metsien puut, tuuli ja uraani. Tässä raportissa uusiutumattomasta primäärienergiasta käytetään *primäärienergia*-termiä, joka kuvaa uusiutumattomien energialähteiden käyttöä.

Ostoenergia on energia, joka ostetaan rakennukseen (muun muassa hankitaan rakennukseen sähköverkosta, kaukolämpöverkosta tai polttoaineena).

Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan uusiutuvista (muista kuin fossiilisista) lähteistä peräisin olevaa energiaa, kuten tuuli- ja aurinkoenergiaa, geotermistä energiaa, vesivoimaa, puupolttoaineita ja muuta biomassaa.

COP (coefficient of performance) on lämpökerroin, jota käytetään kuvaamaan muun muassa lämpöpumppujen hyötysuhdetta. Esimerkiksi COP 3 tarkoittaa, että lämpöpumppu tuottaa 1 kWh:lla sähköenergiaa 3 kWh lämpöenergiaa.

Hankkeen osapuolet

Hankkeen ohjausryhmään ovat työn eri vaiheissa osallistuneet seuraavat henkilöt:

- Porvoon kaupunki: kaupunginjohtaja Marcus Henricson (huhtikuuhun 2009), apulaiskaupunginjohtaja Jukka-Pekka Ujula (syyskuuhun 2009), apulaiskaupunginjohtaja Fredrick von Schoultz (lokakuusta 2009), kaupunkisuunnittelupäällikkö Eero Löytönen ja yleiskaavoittaja Maija-Riitta Kontio
- Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra: ohjelmajohtaja Jukka Noponen, toimialajohtaja Juha Kostiainen (syyskuuhun 2009) ja johtava asiantuntija Jarek Kurnitski (lokakuusta 2009)
- Kehitysyhtiö Posintra Oy: projektikoordinaattori Åsa Nystedt (tammikuuhun 2010) ja hankekoordinaattori Arto Varis (helmikuusta 2010)
- Porvoon Energia Oy: sähkökauppa- ja kehitysjohtaja Akke Kuusela (tammikuuhun 2010) ja kaukolämpöpäällikkö Ari Raunio (helmikuusta 2010)
- Ympäristöministeriö: yliarkkitehti Aulis Tynkkynen
- Uudenmaan ELY-keskus: yliarkkitehti Tarja Laine
- Pöyry Finland Oy: osastopäällikkö Heikki Hirvonen ja toimialajohtaja Pasi Rajala.

Teknisen työryhmän työhön ovat osallistuneet Porvoon kaupungilta Maarit Ståhlberg, Eero Löytönen, Maija-Riitta Kontio, Kari Hällström, Hanna Linna-Varis, Mervi Fors, Martti Kiiltomäki, Mikael Nystedt, Pirkko Paatero, Jukka Palmgren, Terhi Pöllänen, Antero Antila, Riitta Silander, Posintrasta Åsa Nystedt sekä Pöyryltä Heikki Hirvonen, Sampo Perttula ja Elisa Lähde.

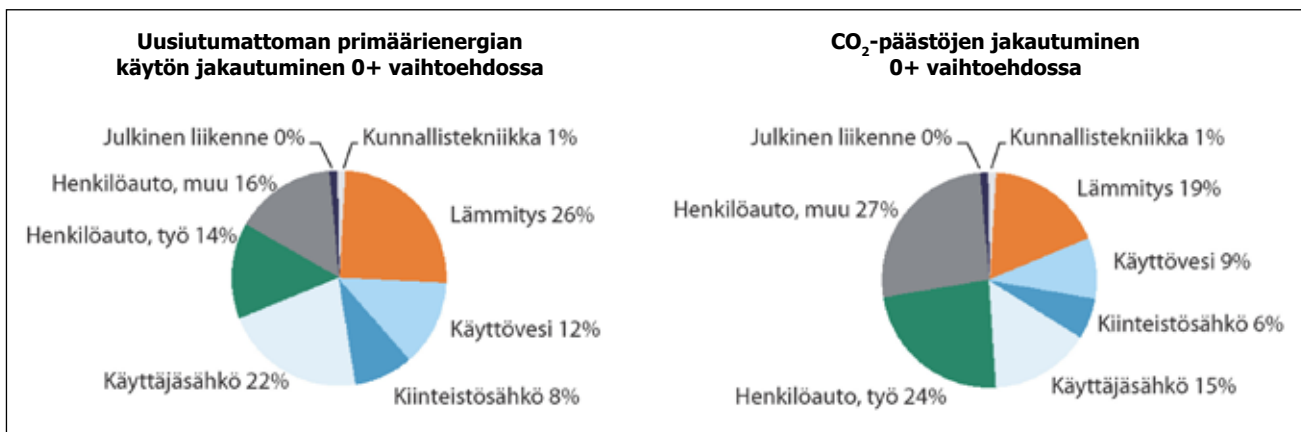
Projektityöhön ovat Pöyryllä osallistuneet projektipäällikkö Heikki Hirvonen; kaa-voitus Sampo Perttula, Elisa Lähde ja Perttu Pulkka; laadunvarmistus Pasi Rajala; energiataselaskelmat ja rakentaminen Timo Rintala, Tiina T. Kauppinen ja Karoliina Rajakallio; energiovaihtoehdot Jenni Patronen, Jouni Laukkanen ja Minna Jokinen; liikennemallit ja laskennat Leo Jarmala; rakennusten energiatehokkuus Kai Wartainen ja Sami Lauritsalo.

2 Energiatehokkuus suunnitteluprosessin lähtökohtana

2.1 Suunnitteluprosessi

Porvoon kaupungin ja Sitran käynnistämän Skaftkärrin pilottihankkeen tavoitteena oli kaavoitustyön ohessa etsiä uusia kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja alueen energiahuoltoon, energiatehokkaaseen rakentamiseen ja liikennejärjestelyihin. Tarkoituksena oli tuottaa tietoa siitä, millaisilla keinoilla suunnittelussa on mahdollista vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus ja miten suunnittelukäytäntöjä olisi mahdollista tai tarpeen kehittää, jotta alueiden energiatehokkuus paranisi.

Työ aloitettiin kokoamalla aluetta koskevat lähtöaineistot ja yleistä tietoa sekä kansainvälisiä kokemuksia alueiden energiaratkaisuista. Työn alussa ensimmäinen haaste oli löytää energiatehokkuuden parantamisen kannalta merkittävimmät tekijät, joihin vaikuttamalla saataisiin aikaan suurin muutos. Aloitusvaiheessa keskeisenä työkaluna käytettiin alueelle 2007 laadittua kaavarunkoa (niin sanottu vaihtoehto 0+), jonka mukaisen yhdyskuntarakenteen energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt laskettiin.



Kuva 3. Vertailutason 0+ vuotuisen uusiutumattoman primäärienergiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen jakautuminen.

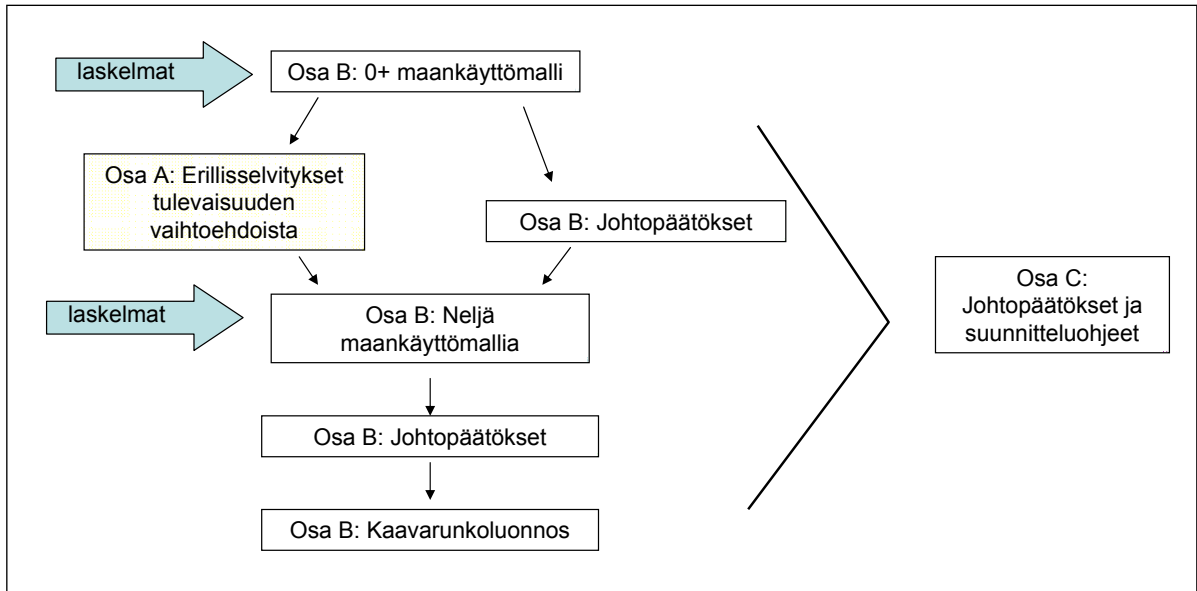
Vaihtoehdon 0+ kuvauksesta ja laskennoista laadittiin tässä vaiheessa erillisraportti. Sen pohjalta sovittiin myös jatkossa käytettävistä laskentamenetelmistä. Laskelmien tulokset paljastavat selkeästi, että suurimmat energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat tekijät ovat liikenne sekä rakennusten ja asukkaiden kuluttama lämpö- ja sähköenergia. Laskennan tuloksia käytettiin vertailupohjana arvioitaessa, miten varsinaiset suunnitelmavaihtoehdot ja niihin sisältyvät keinovalikoimat vaikuttavat energiatehokkuuteen ja hiilipäästöihin.

2.2 Työn eteneminen

Vaihtoehdolle 0+ suoritettujen laskelmien jälkeen laadittiin selvitykset energiantuotannon vaihtoehdoista, rakennustekniikan kehitymisestä, liikenteestä sekä maankäyttöön ja elinympäristön laatuun liittyvistä erityiskysymyksistä. Nämä selvitykset on esitetty tämän raportin A-osiossa (luvut 3–6).

Selvitysten ja vaihtoehdolle 0+ suoritettujen laskelmien pohjalta laadittiin neljä vaihtoehtoista ratkaisumallia, jotka kuvaavat pelkistetysti erilaisia energiatehokkuuteen liittyviä alueellisia ratkaisuja ja niiden yhdistelmiä. Jokaiselle mallille määriteltiin profiili, jossa maankäytön lisäksi muuttujina olivat alueen energiantuotanto, liikenne ja rakennustekniikka. Näille malleille laadittiin samat laskelmat kuin vaihtoehdolle 0+ ja lisäksi arvioitiin mallien muita vaikutuksia. Näiden laskelmien ja arviointien pohjalta voitiin tehdä johtopäätöksiä kunkin ratkaisumallin energiatehokkuudesta sekä elinympäristön laadusta ja laatia kaavarunkoluonnos niiden pohjalta. Vaihtoehdon 0+ kuvaus, ratkaisumallit, kaikki laaditut laskelmat, niiden perusteet ja lopputulokset sekä kaavarunkoluonnoksen kuvaus on esitetty tämän raportin B-osiossa (luvut 7–10).

Koko prosessin pohjalta on tehty johtopäätöksiä ja laadittu suunnitteluohjeita siitä, miten energiatehokkuus tulisi huomioida alueiden käytössä ja kaavoituksessa. Ohjeet on koottu yhteen raportin C-osiossa (luku 11), jossa käydään läpi myös maankäytön suunnittelun kehittämistarpeita energiatehokkuuden näkökulmasta.



Kuva 4. Projektin jakautuminen eri vaiheisiin, jotka on kuvattu raportissa erillisinä A-, B- ja C- osioina.

A: Selvitykset

3 Energiantuotannon vaihtoehdot

Raportin tässä osuudessa vertaillaan eri energiantuotantovaihtoehtojen soveltuvuutta ja niiden asettamia rajoituksia Porvoon Skaftkärrin uudella asuinalueella. Energiantuotannon vaihtoehtoselvitys on tehty alueen kaavoitusta varten, jotta energiantuotantoratkaisujen vaikutukset kaavoitukseen voitaisiin ottaa huomioon jo kaavoituksessa. Lisäksi selvitys antaa alueen tuleville asukkaille hyvän kuvan paikallisten energiaratkaisuiden eri vaikutuksista.

3.1 Lämmön- ja sähkönkulutus sekä CO₂-ominaispäästökertoimet

3.1.1 Lämmönkulutus

Alueen asukkaiden kokonaislämmönkulutus on arvioitu talotyyppien ja talojen pinta-alojen mukaan lämmön ominaiskulutuksen [kWh/m²,a] perusteella. Kaikissa vertailtavissa kaavamalleissa asuntojen pinta-ala on 275 000 m².

Taulukossa on esitetty Skaftkärrin alueen lämmöntarve rakennusten eri energiatehokkuusluokilla. Käyttöveden lämmitykseen tarvittavaan energiankulutukseen ei vaikuta rakennustekniikka, vaan ennemminkin asukkaiden tottumukset. Käyttöveden lämmityksen energiankulutus on siten kaikilla talotyypeillä noin 35 kWh/m². Rakennusnormin 2010 mukaisilla taloilla lämmityksen tarve ilman käyttöveden tarvitsemaa lämpöä on 75 kWh/m², matalaenergiataloilla 40 kWh/m² ja passiivenergiataloilla 20 kWh/m².

Taulukko 1. Lämmöntarve alueella.

	Lämmitys MWh/a	Käyttövesi MWh/a	Yhteensä MWh/a
Normi 2010-talo	20 000	10 000	30 000
Matalaenergiatalot	10 000	10 000	20 000
Passiivenergiatalot	5 000	10 000	15 000

3.1.2 Sähkönkulutus

Kotitalouksien sähkönkulutus koostuu kiinteistö- ja käyttäjäsähköstä. Kiinteistösähkön, ilmanvaihdon ja pumppujen, osuus sähkönkulutuksesta on noin 20 prosenttia. Kotitalouksien käyttäjäsähkönkulutuksen kolme suurinta laiteryhmää ovat valaistus (22 prosenttia), kylmälaitteet (13 prosenttia) ja kodin elektroniikka (12 prosenttia).

Alueen sähkönkulutuksen on arvioitu olevan ilman lämmitykseen käytettävää sähköä 15 600 MWh/a. Sähköntarpeeseen vaikuttavat eniten asukkaiden tottumukset, jolloin sähköntarpeen oletetaan pysyvän samana kaikissa vertailtavissa kaavamalleissa.

3.1.3 Lämmitysmuotojen CO₂-ominaispäästökerroin

CO₂-päästökerroin määritetään polttoaineilla tapahtuvalle lämmön erillistuotannolle (ei sähkön ja lämmön yhteistuotantoa) suoraan käytetyn polttoaineen ominaispäästökertoimesta. Päästökerointa määritettäessä otetaan huomioon lämmön tuotannon hyötysuhde ja mahdolliset verkostohäviöt.

Kun lämpö tuotetaan sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksessa, yhteistuotantosähkön tuotannon hyvä hyötysuhde pitää ottaa huomioon kaukolämmön ominaispäästökertoimessa. Yhteistuotantosähköä ei voida tuottaa ilman kaukolämmön kulutusta.

Sähköä käyttävät lämmitysmuodot, kuten sähkölämmitys ja lämpöpumppuratkaisut, käyttävät verkosta ostettua sähköä lämmön tuottamiseen, ellei sähköä tuoteta itse. Lämmitykseen käytetylle sähkölle, kuten muullekin sähkölle, määritetään ominaispäästökerroin (ks. seuraava luku).

3.1.4 Sähköntuotantomuotojen CO₂-ominaispäästökerroin

Sähköä kuluu kiinteistö- ja käyttäjäsähköön. Lisäksi jotkin lämmitysmuodot käyttävät sähköä tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen. Tällaisia lämmitysmuotoja ovat sähkölämmitys sekä erilaiset lämpöpumppuratkaisut.

Sähkön ominaispäästökerointa määrittäessä on huomioitava, että verkkosähköä voi ostaa myös muilta kuin oman alueen sähköyhtiöltä. Sen vuoksi alueellisen sähköyhtiön ominaispäästöä ei voida käyttää sähkön ominaispäästönä.

Mikäli sähkö ostetaan alueelle sähköverkosta eli pohjoismaisilta sähkömarkkinoilta (eli sähköä ei tuoteta itse), voidaan käytetyn sähkön päästöjä tarkastella markkinoiden marginaalituotantotavan mukaan. Useimmiten tämä on kivihieleen perustuvaa sähköntuotantoa (hiililauhdetta), osin myös maakaasuun perustuvaa ja muuta tuotantoa. Hiililauhteen hiilidioksidipäästöt ovat noin 800–840 kg/MWh laitoksen hyötysuhteesta riippuen, ja maakaasun hiilidioksidipäästöt ovat noin puolet vähemmän. Pöyryn sähkömarkkinamallinnusten perusteella marginaalisähköntuotantomuodon päästöt ovat noin 750 kg/MWh, jolloin kaasuun perustuva tuotanto on hiililauhteen lisäksi marginaalituotantomuotona pienen osan vuotta.

Keskimääräiset sähköntuotannon päästöt pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla ovat kuitenkin huomattavasti alhaisemmat eli vain noin 150–200 kg/MWh. Todellisuudessa sähköntuotannon päästöt ovat käytännössä keskimääräisen tuotantoprofiilin ja marginaalituotannon väliltä.

Edellä mainittu Suomen keskimääräisen sähkön ominaispäästö sisältää myös uusiutuvalla energialla tuotetun vihreän sähkön. Kun oletetaan, että vihreän sähkön ostoa ei lisää vihreän sähkön tuotantoa, vaan vähentää vihreän sähkön osuutta keskimääräisestä sähköstä, ei vihreää päästötöntä sähköä voida pitää vaihtoehtona käytetyille sähköille. Mikäli jo keskimääräiseen sähköön sisältyvää vihreää sähköä käytettäisiin vaihtoehtona, laskettaisiin saman vihreän sähkön päästöttömyys hyödyksi kahteen kertaan: vihreänä sähkönä ja mukana keskimääräisessä sähkössä.

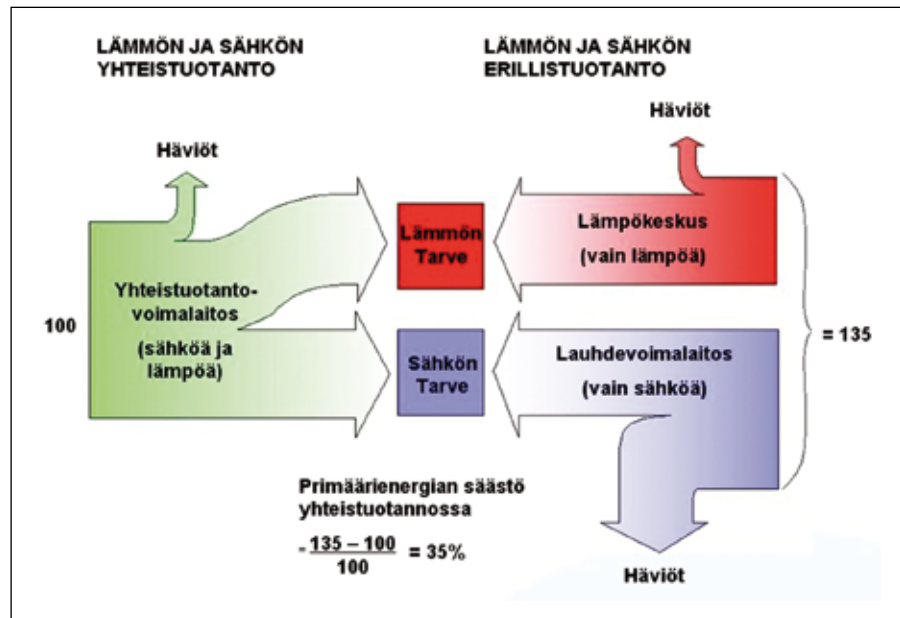
Tässä työssä on käytetty Suomen keskimääräisiä sähköntuotannon päästöjä 200 kg/MWh sähkönkulutuksen CO₂-päästöjen laskennassa.

3.2 Kaukolämpö

Kaukolämpöä tuotetaan joko erillisissä lämpökeskuksissa tai sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa. Lämpö siirretään tuotantolaitoksesta käyttäjille kaukolämpöverkossa kuuman veden avulla. Kaukolämmön hyödyntäminen edellyttää kaukolämpöverkon rakentamista alueelle, ja verkon rakentamisen kannattavuuden edellytyksenä on riittävä kaukolämmönkulutus riittävän tiheällä alalla.

Mikäli kaukolämpö tuotetaan yhteistuotantolaitoksessa, kulutetun lämmön avulla saadaan tuotettua yhteistuotantosähköä. Porvoossa kaukolämpö tuotetaan lähes pelkästään yhteistuotantolaitoksissa. Tuotetun sähkön määrä suhteessa lämpökuorman riippuu laitostyyppistä ja polttoaineesta. Skaftkärrissä rakennusnormin 2010 mukaisten talojen noin 34 000 MWh:n (sisältää siirtohäviöt) vuotuista kokonaislämmönkulutusta kohden sähköä voitaisiin tuottaa lähes 17 000 MWh biopolttoaineita käyttävässä voimalaitoksessa. Maakaasuvoimalaitoksessa sähköä voidaan tuottaa samaa lämpökuormaa vastaan tyyppillisesti puolet enemmän, jolloin sähköntuotanto voisi olla jopa 34 000 MWh.

Yhteistuotanto säästää merkittävästi energiaa erillisiin tuotantotapoihin verrattuna. Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu polttoaineen kulutusta saman sähkö- ja lämpömäärän tuottamiseksi erillis- ja yhteistuotannossa. Kun sama sähkö- ja lämpömäärä tuotetaan yhteistuotannolla erillistuotantojen sijaan, säästetään noin 35 prosenttia polttoainetta.



Kuva 5. Polttoaineen säästö lämmön ja sähkön yhteistuotannossa.

Vuonna 2008 Porvoon Energia tuotti 72 prosenttia kaukolämmöstä biopolttoaineilla, 27 prosenttia maakaasulla ja 1 prosentin öljyllä. Nykyisellä tuotantorakenteella kaukolämmön päästöt ovat noin 80 kg/MWh, kun huomioidaan yhteistuotannon korkea osuus (92 prosenttia vuonna 2008). Porvoon Energian tavoitteena on lisätä biopolttoaineiden osuutta tulevaisuudessa, mutta huoltovarmuuden ja puun saatavuuden vaihtelun vuoksi on mahdollista, että pieni osa kiinteästä polttoaineesta on turvetta. Vuonna 2015 kaukolämmön päästöt ovat noin 24 kg/MWh kuluttua kaukolämpöä kohden, kun biopolttoaineiden osuudeksi on arvioitu 90 prosenttia ja maakaasun osuudeksi 10 prosenttia. Kaukolämmön ominaispäästöissä on huomioitu lämpöä vastaan tuotettu yhteistuotantosähkö.

Kaukolämpö voidaan tuottaa Skaftkärrin alueelle joko yhdistämällä alueen lämpöverkko Porvoon alueen muuhun kaukolämpöverkkoon tai tuottamalla lämpö lähempänä uudella, pienemmällä voimalaitoksella, lämpökeskuksella tai useammilla laitoksilla. Skaftkärr sijaitsee kuitenkin lähellä nykyistä kaukolämpöverkkoa, joten nykyiseen kaukolämpöverkkoon liittämisen kustannukset ovat erittäin pienet uuden lämmöntuotantolaitoksen rakentamiskustannuksiin verrattuna.

Kaavoituksessa ja suunnittelussa huomioitavia asioita

Kannattavuus

Kaukolämmön kannattavuutta on tarkasteltava sekä kuluttajan että myyjän kannalta. Myyjän kannalta merkittävimmät asiat ovat tarvittavan putkiston investoinnit sekä myytävän lämmön määrä. Kannattavuuden selvittäminen edellyttää, että alustavat kaukolämpöputkimäärät ovat tiedossa. Kuluttajan kannattavuutta voidaan arvioida jo ilman tietoja putkistostakin Porvoon Energian kaukolämpötariffien ja lämmönjakokeskuksen hintojen perusteella. Päätökset kaukolämpöputken rakentamisesta tekee Porvoon Energia.

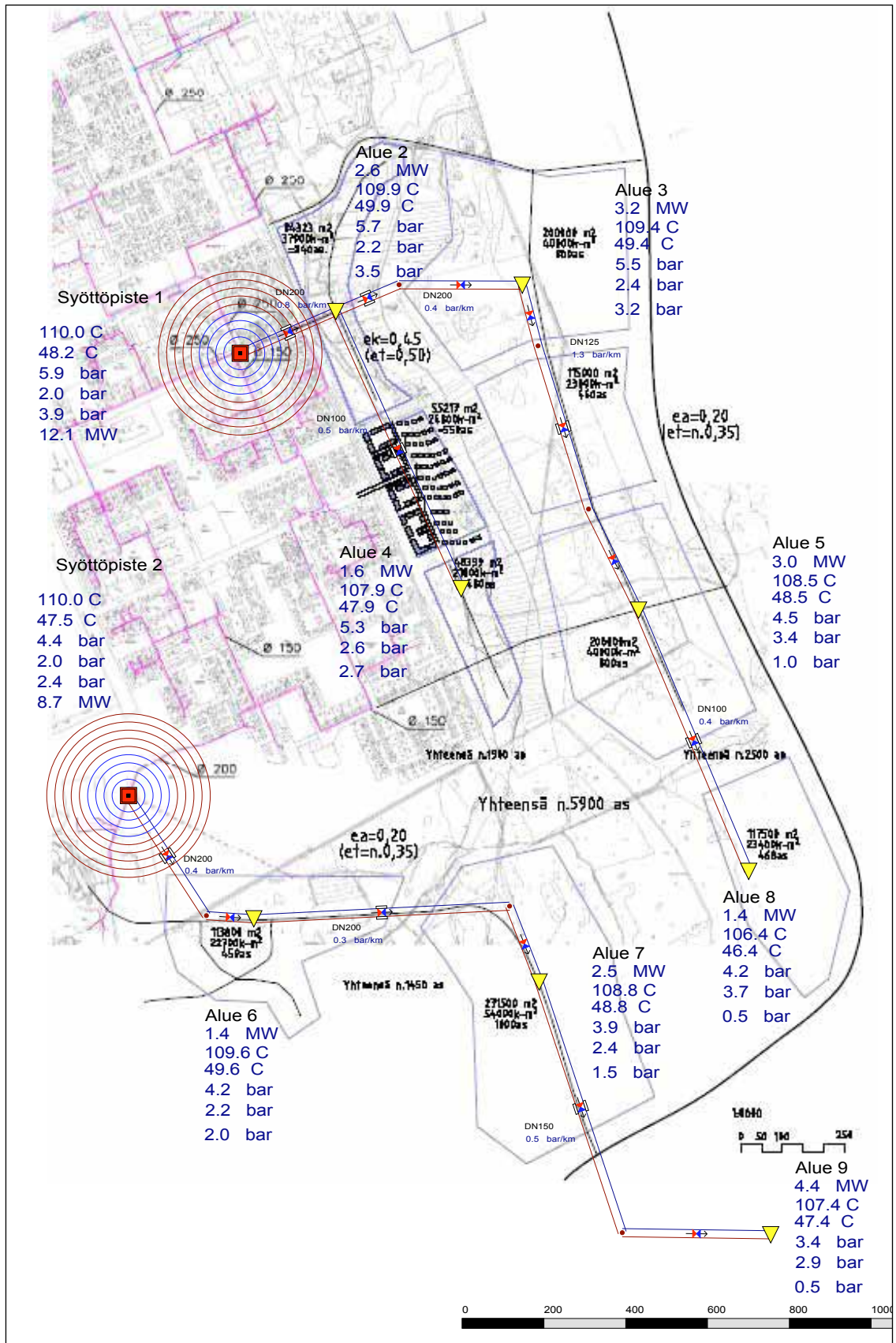
Skaftkärriin suunnitellulla alueella, kuten pientaloalueilla yleensä, lämmönkulutuksen tehotehoisuus on varsin pieni. Matalaenergiaratkaisut heikentävät merkittävästi kaukolämmön kannattavuutta. Mikäli alueelle halutaan kaukolämpö, on kiinnitettävä huomiota erityisesti rakennettavan kaukolämpöjohdon investointikustannusten minimoimiseen. Rivitalot ja pienkerrostalot ovat erillistaloihin verrattuna merkittävästi parempia kaukolämmön kannattavuudelle, koska niihin liittyvät verkon rakentamiskustannukset ovat suhteellisesti pienemmät.

Kaukolämmön kannalta tärkeintä on saada energiasuhde (kaukolämpöenergia/putkimetri) mahdollisimman suureksi, jotta kaukolämpöverkon rakentaminen alueelle olisi kannattavaa.

Seuraavassa kaukolämmön kannattavuutta alueelle on arvioitu vanhan kaavarungon aluejaon mukaisesti, jotta saataisiin reunaehdot kaukolämmön mahdollisuuksille ja selvitetäisiin esimerkiksi, mitä alueita ei voida liittää järkevästi kaukolämpöön. Reunaehtojen arvioinnissa talotyyppien jakaumana on käytetty vaihtoehdon 0+ mukaista jakaumaa ja on oletettu, että taloja on tasaisesti molemmilla puolilla tietä, jota pitkin kaukolämpöputki kulkee. Laskennassa jokaiseen pari- ja rivitaloon oletetaan tulevan oma lämmönjakokeskus.

Laskennassa ei ole huomioitu kaukolämmön tuotannon mahdollisia uusia investointeja. Porvoon nykyinen tuotantokapasiteetti ja suunnitteilla olevat investoinnit todennäköisesti riittäisivät myös uuden alueen tarpeisiin. Arvioinnissa on lisäksi oletettu, että nykyisen Skaftkärrin lähialueelle tulevan kaukolämpöverkon runkojohto olisi riittävä lämmön jakelemiseen myös uudelle alueelle. Todennäköisesti runkojohdosta ei tule riittämään lämpöä koko alueelle ilman vahvistuksia, mutta vahvistuksien vaikutusta ei voida tämän työn puitteissa arvioida.

Seuraavassa kartassa on esitetty numeroin alueet, joille kaukolämpöverkon rakentamista on arvioitu. Kartassa näkyvät myös runkoverkko sekä sen liittymäpisteet nykyiseen kaukolämpöverkkoon.



Kuva 6. Kaukolämpöverkon reunaehtojen arvioinnissa käytetty aluejako.

Kartan yläpuolelle jää alue 1, jolle on laskennassa oletettu vedettävän oma runkoputki kolmannelta syöttöpisteestä alueen yläpuolella. Alueet 2, 3, 4, 5 ja 8 muodostavat oman kokonaisuutensa, joissa verkko alkaa alueelta 2 ja haarautuu alueelle 4 ja alueille 3, 5 ja 8. Alueet 6, 7, ja 9 muodostavat oman kokonaisuutensa.

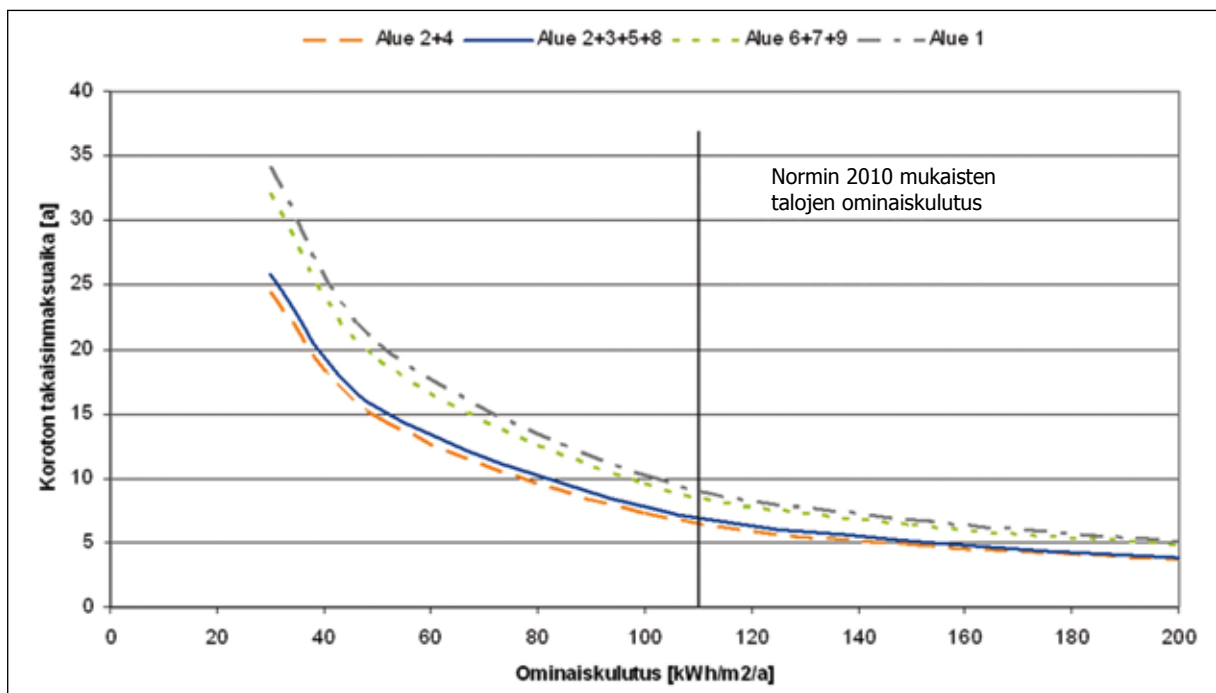
Seuraavassa taulukossa on esitetty alueen kaukolämpöön liittämisen takaisinmaksuajat alueittain energiayhtiön kannalta. Takaisinmaksuajat on laskettu korottomina. Oletuksena on, että kaikki alueen kiinteistöt liittyisivät kaukolämpöön, joten esitetty takaisinmaksuaika on käytännössä minimiarvo.

Taulukko 2. Kaukolämpöverkon korottomat takaisinmaksuajat alueittain.

	Investoinnit [k€]	Liittymismaksut [k€]	Energia + perusmaksu [k€/a]	Tuotantokustannukset + häviöt [k€/a]	Koroton takaisinmaksuaika
Alue 1	619	192	121	69	8.11
Alue 2	968	376	267	157	5.36
Alue 2+4	1 662	613	437	257	5.82
Alue 2+3	2 051	824	600	355	4.99
Alue 2+3+5	3 443	1 284	911	534	5.73
Alue 2+3+5+8	4 195	1 500	1057	618	6.15
Alue 2+4+3	2 779	1 061	770	455	5.44
Alue 2+4+3+5	4 192	1 521	1 081	635	5.98
Alue 2+4+3+5+8	4 897	1 737	1 227	719	6.22
Alue 6	603	212	151	88	6.29
Alue 6+7	1 798	606	415	241	6.84
Alue 6+7+9	4 117	1 301	870	501	7.63

Mikäli vaihtoehto 0+ toteutuisi energiankulutuksen osalta ja lisäksi kaikki rakennukset liittyisivät kaukolämpöön, jäisi verkon rakennuksen koroton takaisinmaksuaika kaikilla alueilla alle kymmeneen vuoteen. Takaisinmaksuaika on selvästi pisin alueella 1, jolle tulisi vain omakotitaloja. Tiheimmin rakennettujen ja lähellä nykyistä verkkoa olevien alueiden 2, 3, 4 ja 5 liittäminen kaukolämpöön on kaikkein kannattavinta. Energiatehokkaammassa rakentamisessa kaukolämmön kannattavuus kuitenkin heikkenee oleellisesti. Lisäksi kaikkien rakennusten liittyminen kaukolämpöön on epätodennäköistä, ellei siihen ole kaavassa asetettua velvoitetta.

Seuraavan kuvaajan avulla voidaan arvioida ominaiskulutuksen vaikutusta kaukolämmön takaisinmaksu-aikaan Porvoon Energian kannalta. Kuva antaa myös hyvin suuntaa arviolle siitä, mikä vaikutus kaukolämpöön liittyvien osuudella on. Esimerkiksi, jos vain puolet alueen lämmönkulutuksesta liittyy kaukolämpöön, voidaan takaisinmaksuajan arviona käyttää ominaiskulutusta 55 kWh/m²



Kuva 7. Takaisinmaksuaika eri alueilla ominaiskulutuksen muuttuessa (Ominaiskulutusarvo 110 kWh/m² on normin 2010 mukaisten talojen käyttöveden 35 kWh/m² ja lämmityksen 75 kWh/m² summa.).

Kuvasta nähdään, että mikäli alueen lämmönkulutus laskee keskimäärin yli 20 prosenttia, verkkoinvestoinnin koroton takaisinmaksuaika nousee yli 10 vuoteen. Kaukolämpövaihtoehdon toteuttaminen voi olla vaikeaa, mikäli alue rakennetaan rakennusmääräyksiä energiatehokkaammaksi eivätkä kaikki kuluttajat liity kaukolämpöverkkoon, vaan valitsevat muita lämmitystapoja. Kohtuullinen takaisinmaksuaika riippuu tässä tapauksessa Porvoon Energian tavoitteista ja omistajan investoinneille asettamista vaatimuksista.

Kaukolämpöverkon toteutustapa

Jo kaavoitusvaiheessa tulee huomioida, että kaukolämpöputkien reiteistä saadaan mahdollisimman lyhyitä ja täten kustannukset pidettyä mahdollisimman alhaalla. Jokainen ylimääräinen putkimetri maksaa putkikoosta riippuen 100–300 €, eli 100 m ylimääräistä putkea maksaa jo 10 000–30 000 €.

Rakennettu kaukolämpöverkko mahdollistaisi tulevaisuudessa myös uusien keskitettyjen energiantuotantoratkaisujen käyttöönoton.

Suomessa normaalit kaukolämpöjohdot ovat kansainvälisestikin katsottuna edullisia, jolloin erilaisista kevennetyistä aluelämpöjärjestelmistä saatava hyöty on pieni. Samoin yleisesti käytetyt kiinnivaahdotetut teräsputket ovat tunnettua tekniikkaa. Muiden putkityyppien käytöstä on vähän pitkäaikaista kokemusta.

3.3 Hajautettu polttoaineisiin perustuva lämmöntuotanto

Lämpöä voidaan tuottaa polttoaineilla myös talokohtaisesti tai korttelikohtaisesti ilman sähköntuotantoa, jolloin puhutaan erillisestä lämmöntuotannosta. Hajautetun polttoaineilla tapahtuvan lämmöntuotannon merkittävän haitan muodostavat muun muassa hiukkas- ja typenoksidipäästöt, jotka ovat helpommin hallittavissa suuren mittakaavan laitoksissa.

Puupolttoaineita käyttämällä lämpöä voidaan tuottaa laskennallisesti hiilidioksidipäästöttömästi. Puupolttoaineita voidaan käyttää sekä talokohtaisessa lämmityksessä että aluelämpökeskuksissa. Viime vuosina erityisesti pellettilämmitys on kasvanut Suomessa. Puupelletit valmistetaan sahalaistosten ja muun mekaanisen puuteollisuuden sivutuotteista, kuten sahanpuruista ja kutterinlastusta. Pientalojen pellettilämmityksen etuina muihin hajautettuihin järjestelmiin verrattuna ovat laitteiston kohtuullinen hankintahinta, lämmityksen vaivattomuus ja vähäinen huoltotarve. Pientalon pellettilämmityksen uusinvestointi on noin 10 000–15 000 euroa. Hinnat vaihtelevat paljon muun muassa varastoratkaisusta riippuen. Käyttökustannukset riippuvat pellettien hinnasta.

Pellettejä poltetaan polttimessa, joka kytketään kattilaan vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Pellettejä voidaan polttaa myös pellettitakassa tai -kamiinassa lisälämmön lähteenä jonkin muun päälämmitysmuodon rinnalla.

Puupolttoaineista hake taas soveltuu paremmin yksittäisiä taloja suurempiin ratkaisuihin, kuten korttelien tai julkisten rakennusten lämmitykseen. Hakkeen käsitteleminen on pellettejä selvästi vaikeampaa ja tilavaatimus suurempi. Hakkeen polttoainekustannukset ovat kuitenkin pellettejä alhaisemmat. Aluelämmitykseen soveltuvan noin 500 kW:n kiinteän puupolttoainekattilan vuotuinen polttoainetarve on noin 2 000 MWh haketta. Hakekattila tarvitsee rinnalle öljykattilan varakattilaksi ja huipputehon tuottajaksi.

Porvoon alueelle tulee maakaasuputki, ja periaatteessa uudelle alueelle olisi mahdollista vetää maakaasuverkko. Hajautetussa ratkaisussa maakaasua käyttävä toimiva lämmitysjärjestelmä koostuu talokohtaisesta lämmityskattilasta, siihen liitetystä kaasupoltimesta ja vesikiertoisesta lämmönjakojärjestelmästä. Maakaasulämmitys on hyvin samantyyppinen kuin öljylämmitys, mutta tuottaa neljänneksen vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin öljylämmitys. Maakaasu ei myöskään juuri aiheuta hiukkaspäästöjä eikä rikkipäästöjä. Keskitetyssä ratkaisussa maakaasua voitaisiin käyttää polttoaineena pienimuotoisessa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa, jota on tarkasteltu omissa luvussaan.

Biokaasua voidaan käyttää maakaasun tapaan ja lisätä maakaasun sekaan, mikäli biokaasua on saatavilla. Raaka-aineena voidaan käyttää esimerkiksi maatilojen biojätteitä ja lantaa, jätevedenpuhdistamoiden lietettä sekä puunjalostus- ja elintarviketeollisuuden orgaanisia jätteitä. Lisäksi kaatopaikoilla muodostuu metaania orgaanisen jätteen hajotessa.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Talokohtaiset lämmitysjärjestelmät mahdollistavat erilaiset kaavoitusratkaisut hyvin. Pellettejä käytettäessä rakennuksessa on oltava tilaa pellettien varastoinnille. Tonni pellettiä vaatii noin 1,5 kuutiometriä varastotilaa. Pientaloon sopiva varasto on usein noin 8–10 kuution kokoinen. Suurempi, mahdollisesti useamman talon yhteinen varasto mahdollistaa tilaukset suuremmissa ja edullisemmissa erissä. Varaston pitäisi kuitenkin olla lähellä käyttökohdetta. Pellettivarastoa pitää sopia myös täyttämään isollakin jakeluautolla enintään 15 metrin etäisyydeltä.

3.4 Sähkölämmitys

Sähkölämmitysjärjestelmissä sähkö muutetaan lämpöenergiaksi lämmityslaitteen sähkövastuksissa. Sähköllä voidaan lämmittää joko suoraan sähkövastuksilla (sähköpattereilla) tai vesikeskuslämmityksenä.

Suorassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan huonetilassa olevassa lämmityslaitteen sähkövastuksessa. Suoran sähkölämmityksen hankintahinta on hyvin edullinen verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin, mutta lämmitysenergian hinta on muihin järjestelmiin verrattuna korkea. Tästä syystä suora sähkölämmitys sopii kohteisiin, joissa lämmitystarve on normaalia pienempi. Matala- ja passiivenergiataloissa sähkölämmitys voi olla elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto pienen lämmönkulutuksen takia.

Sähköä voidaan käyttää myös vesikeskuslämmityksen lämmönlähteenä. Lämmöntuottolaitteena on silloin joko sähkövastuksilla varustettu varaaja tai sähkökattila. Sähkövaraaja on kooltaan tyypillisesti 1–2 m³, ja sillä tuotetaan sekä tilojen lämmitysenergia että lämpimän käyttöveden tarvitsema energia. Varaajan lämmönlähteenä voidaan käyttää myös esimerkiksi aurinkolämpöä tai puuta sähkölämmityksen rinnalla.

Sähkölämmityksen päästöt riippuvat sähkön tuotantotavasta. Sähkölämmityksessä on mahdollista päästä nollopäästöihin, jos sähkö tuotetaan kokonaan uusiutuvalla energialla. Mikäli halutaan päästä omavaraisuuteen, lämmitykseen tarvittava sähkö tulisi tuottaa alueella.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Sähkölämmitys ei aiheuta kaavoitukselle erityisvaatimuksia, ja se sopii joustavasti kaikkiin kaavoitusvaihtoehtoihin. Kun tavoitteena on energiatehokkuus ja vähäpäästöisyys, kaavoituksessa sähkölämmitteisiltä rakennuksilta voidaan edellyttää tiettyä, normaalia parempaa energiatehokkuutta.

3.5 Maalämpö

3.5.1 Yleistä maalämmöstä

Maalämpöpumput hyödyntävät maaperän pintakerrokseen tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Lämpöpumpun kompressorin avulla maaperästä saatu lämpöenergia nostetaan lämmityksessä tarvittavalle tasolle ja lämpö siirretään lämmitysjärjestelmään sekä lämpimään käyttöveteen. Kallioon porattu lämpökaivo on yleisin maalämmön talteenottotapa, mutta lämpöä voidaan kerätä myös noin metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla. Vesistöjen läheisyydessä keruuputkisto voidaan ankkuroida painoilla pohjasedimenttiin. Mereen tai järveen upotettavalle putkistolle on saatava vesialueen omistajan lupa.

Maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä noin 2/3 on maaperästä otettua uusiutuvaa energiaa ja noin 1/3 on tuotettu sähköllä. Maalämpöratkaisussa ei siis päästä yksistään omavaraisuuteen, vaan sähkö on hankittava joko verkosta tai tuottamalla se itse.

Maalämpöratkaisuisissa investointikustannukset ovat rakentajalle esimerkiksi kaukolämpöä tai sähkölämmitystä merkittävästi suuremmat, mutta käyttökustannukset ovat edullisemmat. Energiatehokkaat rakennusratkaisut kuitenkin pienentävät käyttökustannuksia kaikissa lämmitysmuodoissa, jolloin maalämpöratkaisujen kokonaiskustannukset (investointi- ja käyttökustannukset koko elinkaaren ajalta) voivat tulla rakentajalle muita lämmitysmuotoja kalliimmiksi.

3.5.2 Talokohtainen maalämmitys

Talokohtainen maalämmitys on yleensä kilpailukykyisin normaalia suuremmissa pientaloissa, joissa lämmöntarve on suurehko. Lämmityksen investointikustannukset ovat omakotitaloille tällä hetkellä noin 13 000–17 000 €. Tosin kustannukset voivat vaihdella tästä merkittävästi. Käyttökustannukset riippuvat sähkön hinnasta ja lämmönkulutuksesta.

Lämmönkeruuputkiston mitoittamiseen vaikuttavat lämpöpumpun tyyppi, tarvittava lämmitysteho sekä maaperän ominaisuudet. Porakaivo on yleisin lämmönlähde maalämmölle. Kaivon maksimisyyvyys on noin 150–200 metriä. Kaivoja voidaan rakentaa useita, jolloin niiden on oltava noin 15–20 metrin etäisyydellä toisistaan. Kun maalämpöpumpun sähkönkulutusta verrataan suoraan sähkölämmitykseen, lämmityksessä säästyy vuositasolla noin 2/3 sähköä.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Maalämpöratkaisut on mahdollista tehdä rakennuskohtaisesti, jolloin jokaiselle tontille rakennetaan oma porakaivo lämmönlähteeksi. Kaivojen on oltava noin 15–20 metrin etäisyydellä toisistaan. Rakennuskohtainen maalämpö sopii hyvin myös harvemmin rakennetuille alueille sekä alueille, jotka rakennetaan valmiiksi vähitellen.

3.5.3 Keskitetty maalämpöratkaisu

Keskitetyssä maalämpöratkaisussa toimintaperiaate on sama kuin talokohtaisessa maalämmityksessä, mutta järjestelmä mitoitetaan ja rakennetaan vastaamaan useamman kiinteistön tarpeita. Lämpöpumput sijoitetaan keskitetysti huoltorakennuksiin ja lämpö tuodaan niille lämpökaivokentiltä, joissa on useita kaivoja. Kaivot voivat olla parisataa metriä syviä, jolloin ne keräävät aurinkoenergian lisäksi osittain geotermistä lämpöenergiaa. Katujen varret ja esimerkiksi leikkikentät ovat otollisia lämpökaivojen sijoituspaikkoja.

YIT:n suunnittelema alue Espoon Nupurissa lämmitetään kalliolämmöllä. Nupuriin rakennetaan jokaista lämpökaivokenttää varten pumppuasema, johon tulee 300 kilowatin lämpöpumppu. Jakeluverkkoja rakennetaan kolme: omat putkistonsa lämmitykselle, lämpimälle käyttövedelle ja jäähdytykselle. Nupurissa on arvioitu, että keskittämisen takia järjestelmä on 30 prosenttia tehokkaampi kuin kiinteistökohtaiset maalämpöpumput.

Maalämpöä voidaan käyttää myös muiden lämmönlähteiden lisänä. Pientaloyhdyskunnan (omakotitalot, paritalot ja rivitalot) erillinen aluelämpöjärjestelmä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi matalalämpötilaisella lämmönjaolla. Siinä osa lämmöntarpeesta toteutetaan aurinkokeräimillä ja osa talokohtaisilla maalämpöpumpuilla, joilla aluelämpöjärjestelmän lämpö voidaan nostaa lämmityksessä tarvittavaan käyttölämpötilaan. Niin sanotussa keskitetyssä lämpöpumppuratkaisussa tuotettu aluelämpö, jossa pientaloyhdyskunnalla on yksi keskitetty maalämpöpumppaamo, riittää yksin yhdyskunnan talojen lämmitykseen.

Vaasan asuntomessualueella on käytössä matalaenergiaverkko, johon lämpöä tuotetaan lämpöpumpulla meren pohjasedimentistä sekä pieneltä osin sähköntuotannon yhteydessä kaatopaikkakaasusta polttokennolla ja mikroturbiinilaitoksella. Asukkaat maksavat merenpohjalämmöstä 1 500 euron liittymismaksun ja 2,50 euroa lämmitettävää asuinneliöltä kohden vuodessa. Lämmityskustannuksia tulee lisäksi lämpöpumpun käyttämästä sähköstä.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Keskitetyssä ratkaisussa on huomioitava tarve erilliselle huoltorakennukselle. Lämmönjakelu matalaenergiaverkossa edellyttää, että verkkoon liitetyt rakennukset ovat riittävän lähellä toisiaan. Investoinnin kannattavuuden kannalta myös rakentamisen tulisi olla lähes samanaikaista. Lämmönjakelu tapahtuu alueellisella kaukolämpöjärjestelmällä.

3.6 Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumput muiden lämpöpumppujen ohella ovat viime aikoina saaneet paljon huomiota osakseen. Tekniikka itsessään ei ole uutta, sillä muun muassa jääkaappi ja pakastin toimivat myös lämpöpumpun avulla.

Lämpöpumpun suurin etu on se, että prosessi tuottaa enemmän lämpöä kuin kompressori kuluttaa sähköä. Tällöin puhutaan lämpökertoimesta eli COP:sta (Coefficient Of Performance). Lämpökertoimesta yksinkertainen esimerkki on tilanne, jossa kompressori käyttää 2 kW sähköä ja lämpöpumppu tuottaa 4 kW lämpöä. Tällöin lämpökerroin on 2, kun 4 kW lämpöä on onnistuttu siirtämään sisätiloihin ulkoilmasta käyttäen 2 kW sähkötehoa.

Ilmanvaihdon poistoilmasta poistoilmalämpöpumpulla toteutetun lämmitysjärjestelmän investointikustannus on noin 8 000 €, josta lämpöpumpun osuus on noin 6 000 €, ja se kattaa rakennuksen ja käyttöveden lämmitysenergiasta yleensä noin puolet. Poistoilmalämpöpumppujen teho on yleensä 2–3 kW sen vuoksi, että ilman määrä on rajoitettu.

Suorasähköllä lämpiävän pientalon lämmityksen sähkönkulutusta on mahdollista pienentää jopa puoleen ilmalämpöpumpun asennuksella. Ilmalämpöpumpun investointi asennettuna on noin 2 000–5 000 €.

Lämpöpumppu sopii erinomaisesti suoran sähkölämmityksen tueksi, mutta kun lämmitettävä rakennus on kaukolämmityksen piirissä, ei lämpöpumppu ole tarkoituksenmukainen. Yksinkertaistettuna tämä johtuu siitä, että lämpöpumppu pienentää kaukolämmön käyttöä, joka puolestaan pienentää energialaitoksen mahdollisuutta tuottaa energiatehokasta yhteistuotantosähköä. Lopulta voidaan päätyä tilanteeseen, jossa lämpöpumppu aiheuttaa korkeapäästöistä (lauhdesähkö) sähköntuotantoa energialaitoksella.

Lämpöpumpuista saatavaan energiansäästöön vaikuttaa laitteen sijoittelu, maantieteellinen sijainti ja sen käyttötapa. Laite tulisi sijoittaa siten, että aurinko lämmittelee sitä mahdollisimman paljon, koska lämpöpumpun lämpökerroin heikkenee huomattavasti, kun ilma viilenee. Maantieteellinen sijainti on sitä parempi laitteen lämpökertoimelle mitä lämpimämpi ilmasto on kyseessä. Lämpöpumput toimivat myös viilentämistarkoitukseen, mutta tällöin energiansäästö pienenee, jos laitteella jäähdytetään tiloja mukavuussyistä.

Kun käytetään lämpöpumppuja, energiatehokkuus paranee sähkölämmitykseen verrattuna pumpun lämpökertoimesta riippuen. Ilmalämpöpumppujen suorituskyky heikkenee kovien pakkasten aikana. Näin ollen ne eivät pienennä sähkölämmityksen talon tehon tarvetta sähköverkon huipputehon tarpeen aikana kylminä talvipäivinä.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Ilmalämpöpumppujen käyttö rakennuskohtaisesti sähkölämmityksen tukena ei aiheuta vaatimuksia kaavoitukselle. Lämpöpumppuja käyttämällä lämmityksessä voidaan päästä kohtuullisen alhaisiin päästöihin ja kohtuulliseen energiatehokkuuteen myös harvaan rakennetuilla alueilla, joissa keskitetyt lämmitysratkaisut eivät ole kannattavia.

3.7 Aurinkoenergian hyödyntäminen

3.7.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuotantoon ei tarvita polttoainetta, eikä se aiheuta käytön aikana hiilidioksidipäästöjä. Järjestelmät ovat modulaarisia, ja niitä voidaan helposti laajentaa. Aurinkosähkön käyttökustannukset ovat pienet ja huollon tarve vähäinen. Asentaminen on yksinkertaista ja nopeaa.

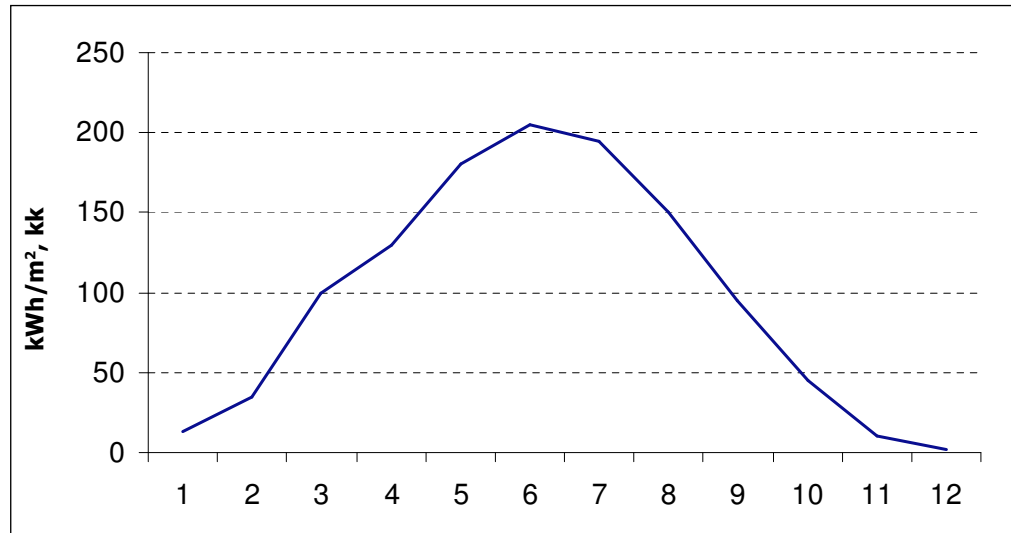
Suomessa aurinkosähköä on käytetty lähinnä kesämökkien sähköistämiseen, mutta aurinkosähköjärjestelmä voidaan kytkeä myös verkkoon. Aurinkosähköpaneelilla tuotetaan sähköä suoraan auringonvalon energiasta. Aurinkosähköjärjestelmiin kuuluu lisäksi yleensä säätöjärjestelmä sekä energiavarastona akusto.

Aurinkosähkön tuotannossa hinta on vielä selvästi verkosta ostettua sähköä kalliimpaa, mutta teknologiakehitys laskee sen hintaa koko ajan. Valoa sähköksi muuttavan piimateriaalin hinta on pitkään aiheuttanut aurinkosähkön tuotannon moninkertaisen hinnan perinteiseen sähköntuotantoon verrattuna. Aurinkokennojen tuotanto myös kuluttaa energiaa, ja perinteisillä teknologioilla määrä voi olla merkittävä.

Ratkaisuksi ongelmaan on kehitetty valoa keskittäviä ratkaisuja, jolloin piimateriaalin tarvetta voidaan vähentää jopa tuhannesosaan entisestä. Tällöin on mahdollista käyttää myös muita, tehokkaampia mutta vielä kalliimpia erikoismateriaaleja. Keskittävät ratkaisut eivät vielä ole perinteisiä aurinkopaneeleja edullisempia, mutta teknologiakehityksen toivotaan pian laskevan niiden hintaa.

Aurinkokennoille (photovoitaic, PV) vaihtoehtoiseksi teknologiaksi on kehitetty keskittävää aurinkoenergiaa (concentrating solar power, CSP). Siinä auringonsäteet keskitetään pienelle alueelle, josta ne otetaan talteen lämpönä, jota voidaan käyttää myös sähköntuotantoon.

Perinteisessä kennoteknologiassa paneelien optimaalinen kallistuskulma on 45 astetta. Etelä-Suomessa säteily määrä kattotasolle (30 asteen kallistus) on 1 160 kWh/m² vuodessa. Parhaimmillaan tuotannon hyötysuhde on 15–17 prosenttia. Teoreettisesti laskien siis esimerkiksi omakotitalossa, jonka kotitaloussähkönkulutus ilman lämmitystä on noin 5 000 kWh, tarvittava kattopinta-ala aurinkokennoille olisi noin 24–30 m², mikäli kaikki sähkö halutaan tuottaa aurinkoenergialla. Käytännön kokemukset Suomesta osoittavat, että tarvittava pinta-ala voi olla kaksinkertainen, mutta toisaalta teknologia kehittyy nopeasti.



Kuva 8. Säteilyn jakauma kuukausittain Helsingissä 30-asteiselle kattotasolle.

Kohteita Suomessa

Vuonna 2002 Helsingin Viikissä asennettiin asuintalon rakennusvaiheessa aurinkosähköjärjestelmä, jonka kokonaisteho on 24 kW sähköä. Aurinkopaneelit integroitiin osaksi parvekejulkisivua. Aurinkosähkö tuottaa jopa 15 prosenttia kerrostalon tarvitsemasta sähköstä. Kesällä talon oman kulutuksen ylittävä aurinkosähkön tuotanto syötetään sähköverkkoon, ja Helsingin Energia kompensoi tämän sähkölaskussa.

Espoon Otaniemessä Teknillisen Korkeakoulun Valotalon lasijulkisivuun asennettiin aurinkopaneelit varjostuslamelleiksi. Paneelit tuottavat sähköä talon sähköverkkoon ja estävät samalla tilojen liiallisen lämpenemisen. Kiinteistön ostosähkön tarve on aurinkosähkön ansiosta tuntuvasti normaalia alhaisempi. Tuotetun sähkön määrää ja tehoa voi seurata talon sisällä olevalta näyttötaululta jatkuvasti, ja järjestelmää käytetään sähköntuoton lisäksi myös opetuslaitteistona.

Lielahden Citymarketin katolle on asennettu Suomen suurin aurinkosähkön tuotantojärjestelmä. Aurinkopaneelit kattavat 330 neliometriä, ja järjestelmän huipputeho on 39 kilowattia. Parhaimmillaan noin viisi prosenttia marketin tarvitsemasta sähköstä saadaan omasta tuotannosta.

3.7.2 Tulossa olevat teknologiat

Energian kerääminen ikkunoiden karmeihin

Massachusetts Institute of Technologyn tutkijaryhmä lupaa, että muutaman vuoden kuluttua kotien ja toimistojen ikkunoista voidaan tehdä aurinkovoimaloita. Kehitetys-sä teknologiassa ikkuna tai muu suuri lasipinta päällystetään kalvolla, jonka avulla energia siirtyy lasin reunoille. Ikkunoiden karmeissa olisi aurinkokennot aurinkosähkön tuotantoon. Kennoja tarvittaisiin huomattavasti vähemmän kuin ratkaisuisissa, joissa kenno kerää valon suoraan auringonpaisteesta, jolloin kustannukset laskevat merkittävästi. Keksinnön avulla myös jo asennettujen paneelien tehokkuutta voidaan parantaa 50 prosentilla erittäin pienin kustannuksin. Kalvojen kehitys vaatii kuitenkin vielä panostusta, jotta ne kestäisivät vuosien käyttöä. Uudella teknologialla sähköntuotanto voisi onnistua myös hajavalosta pilvisellä säällä.

Ikkunoiden pinnasta karmeihin energiaa siirtävä sovellus ei juuri vaadi muutoksia talojen suunnitteluun, sillä niitä ei tarvitse asentaa yhtä tarkasti tehokkaimpaan tuotantokulmaan kuin nykyisiä paneeleita.

Hyötysuhteen parantaminen

Kanadalainen Day4 Energy -yhtiö on kehittänyt aurinkopaneelien rakennetta siten, että monikiteisten kennojen hyötysuhde nousee 17 prosenttiin. Uudella menetelmällä se arvioi hinnan alenevan neljänneksellä. Yhdysvaltain aurinkoisilla seuduilla kilowattitunnin hinnan arvioidaan putoavan 25 sentistä 20 senttiin (Normaali sähkön hinta on noin 10 snt/kWh siirtomaksuineen.). Uusi paneeli imee itseensä enemmän valoa ja toimii korkeammalla jännitteellä. Paneelien luvataan tulevan markkinoille muutaman vuoden kuluessa.

Uudet teknologiat voivat pudottaa aurinkoenergian hintaa vielä enemmän. Tämä tapahtuu aurinkokeskittimillä ja ohutkalvopuolijohteisiin perustuvilla aurinkokennoilla, jotka eivät kuitenkaan todennäköisesti tule markkinoille vielä moneen vuoteen.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Aurinkosähkö soveltuu asunnoissa sähköntuotantoon lähinnä muun sähkönhankinnan (esimerkiksi verkkosähkön) rinnalla. Aurinkosähköpaneelit voidaan sijoittaa rakennusten pintoihin, kuten katoille ja seinärakenteisiin. Tällöin paneelien oikealla suuntauksella ja kallistuskulmilla voidaan tehostaa sähköntuotantoa. Mikäli kaikki rakennusten alueella kuluttama kotitaloussähkö haluttaisiin tuottaa aurinkosähköllä, paneeleita tarvittaisiin noin 10 hehtaarin alalle (huom. suuntaa antava luku, riippuu merkittävästi käytettävästä tekniikasta ja tehokkuudesta). Sähkön hyödyntäminen lämmitysratkaisuissa (esimerkiksi suora sähkölämmitys, maalämpö ja ilmalämpöpumput) voi moninkertaistaa sähkönkulutuksen arviosta.

Aurinkosähkön kustannukset nykyisellä teknologialla ovat vielä hyvin korkeat ostosähkөөn verrattuna. Tuotanto on vähäistä talviaikaan, joten talvella tarvitaan myös muita sähkönlähteitä.

3.7.3 Hajautettu aurinkolämmön hyödyntäminen

Suomessa yleisin tapa hyödyntää aktiivisesti aurinkoenergiaa ovat öljylämmityksen yhteyteen asennetut aurinkolämpöjärjestelmät. Etelä-Suomessa auringon säteilyenergiaa saadaan hieman alle 1 000 kWh/m². Tästä energiasta 30–40 prosenttia voidaan ottaa talteen aurinkolämpöjärjestelmällä, jolloin aurinkokeräimellä lämpöä saadaan keskimäärin 300–400 kWh/ m² vuodessa. Tyhjiöputkikeräimissä hyötysuhde voi olla korkeampi, jolloin lämpöä saadaan talteen noin 400–800 kWh/ m² vuodessa.

Suomessa aurinkolämpö soveltuu käyttöveden lämmittämiseen kevästä syksyyn ja toimii siksi lisäenergiälähteenä muiden lämmitysjärjestelmien rinnalla. Aurinkolämmön keräimet voidaan asentaa katolle, seinälle tai maahan.

Kotitalouksiin on saatavilla valmiita paketteja, joiden hinta vaihtelee siitä riippuen, kuinka suuri osa käyttövedestä halutaan tuottaa aurinkolämmöllä. Pakettien hinnat ovat noin 3 000–6 000 euroa.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Aurinkolämpöä on suositeltavaa käyttää lisälämpölähteenä muiden lämmitysmuotojen rinnalla. Tällöin lämmönkeräimien sijoittaminen rakennuksiin ei aiheuta merkittäviä vaikutuksia kaavoitusvaiheessa. Lämmönkeruun tehokkuutta voidaan tehostaa keräimien optimaalisella suuntaamisella.

3.7.4 Kokemuksia ja toimintamalleja maailmalta

Saksassa 80 000 asukkaan Marburgin kaupungissa Hessenin osavaltiossa kaupunginvaltuusto on määrännyt, että kaikkiin uusiin rakennuksiin pitää rakentaa aurinkoenergian talteenottojärjestelmät käyttöveden ja huoneistojen lämmittämiseen. Uudisrakennusten lisäksi myös suuremmissa lämmitysremonteissa ja kattojen korjaamishankkeissa on toteutettava aurinkoenergian talteenottojärjestelmät.

Keskittävää aurinkosähkön tuotantoa testataan Espanjan ISFOC-projektin koalueella, Castilla la Manchassa. Testattavana on seitsemän erilaista keskittävää valosähköjärjestelmää, jotka tuottavat sähköä yhteensä kolmen megawatin teholla. Projektia rahoittaa Espanjan valtio. Espanjassa on käytössä syöttötariffijärjestelmä, jonka ansiosta aurinkoenergialla tuotettu sähkö voidaan myydä verkkoon takuuhinnalla.

3.7.5 Aurinkokaukolämpö

Aurinkokaukolämmöllä voitaisiin laskennallisesti tuottaa koko tietyn alueen tarvitsema vuotuinen lämpöenergia

Aurinkokaukolämmössä lämpöä tuotetaan kesällä aurinkokeräimillä enemmän kuin tietyllä alueella kulutetaan. Tällöin lämpöä siirretään kaukolämpöverkon kautta muille kuluttajille. Syksystä keväeseen, kun aurinkokeräimillä ei saada lämpöä talteen, vastaava lämpömäärä siirretään kaukolämpöverkosta takaisin alueelle. Näin vuosittain koko tietyllä alueella käytettävä lämpö on tuotettu puhtaalla aurinkolämmöllä. Porvoossa tavoitteena olisi, että mahdollisimman suuri osa aurinkolämmöstä tuotettaisiin Porvoon biovoimalaitoksen kesäseisokin aikana. Tällöin aurinkokaukolämmön avulla saataisiin vähennettyä maakaasun käyttöä Porvoossa.

Keskitettyllä aurinkokeräinratkaisulla oletetaan saatavan lämpöä talteen noin 500 kWh/m² keräimiä. Taulukossa on esitetty aurinkopuiston vaatima keräinala ja keräimien vaatima pinta-ala koko Skaftkärrin lämmön tuottamiseen, kun kaikki Skaftkärrin talot ovat vuoden 2010 rakennusnormin mukaisia matalaenergiataloja tai passiivienergiataloja. Taulukossa aurinkopuiston tehokkuusluvulla kuvataan sitä, että aurinkokeräimet eivät voi olla aivan lähekkäin, koska muuten keräimet varjostaisivat toisiaan. Myös keräinten huolto vaatii tilaa keräinten ympärille.

Taulukko 3. Aurinkokeräimien vaatima ala.

Aurinkokaukolämmön vaatima aurinkopuiston pinta-ala		Normitalo 2010	Matalaenergiatalo	Passiivitalo
Lämmön kulutus alueella	MWh/a	30 000	20 000	15 000
Keräimellä saatava lämpö	kWh/a/m ²	500	500	500
Tarvittava keräinala	m ²	60 000	41 000	30 000
Aurinkopuiston tehokkuus	-	0,5	0,5	0,5
Aurinkopuiston ala	m ²	120 000	82 000	60 000
	ha	12	8	6

Kaavoituksessa huomioitavaa

Aurinkokaukolämmön käyttöönoton edellytys on, että kiinteistöt liittyvät kaukolämpöön. Kuluttajan kannalta aurinkolämmöllä tuotettu lämpö on normaalia kaukolämpöä.

Kaavoitukseen on varattava tilaa aurinkokeräimille, koska keräimien vaatiman 6–12 hehtaarin alan käyttöönottoaminen ei muuten ole mahdollista. Aurinkokeräimille varattavan alueen tulee olla sellainen, että aurinko pääsee paistamaan esteettä keräimille mahdollisimman pitkän ajan vuorokaudessa. Otollisin paikka keräimille olisi etelään suuntautuva rinne, jolloin keräimet voitaisiin sijoittaa lähemmäs toisiaan ilman, että ne varjostaisivat toisiaan.

3.8 Pienimuotoinen hajautettu sähkön ja lämmön yhteistuotanto

Edellä kaukolämpöä on tarkasteltu suuremman mittakaavan tuotantoratkaisujen osalta. Tällöin lämmöntuotanto tapahtuisi lähtökohtaisesti Skaftkärrin alueen ulkopuolella. Kaukolämpöverkko voidaan toteuttaa myös paikallisesti, jolloin puhutaan usein aluelämmöstä tai korttelilämmöstä. Verkkoa ei yhdistetä paikkakunnan muuhun kaukolämpöverkkoon, vaan lämpö tuotetaan pienemmässä mittakaavassa paikallisesti.

Pienimuotoisella hajautetulla yhteistuotannolla tarkoitetaan energiantuotantoa, jossa polttoaineen energia muutetaan sähköksi ja lämmöksi lähellä loppukuluttajaa. Lisäksi lämmön rinnalla on mahdollisuus tuottaa myös kylmäenergiaa. Seuraavassa kuvassa on esitetty periaate, kuinka kaasumootori on kytketty sähköverkkoon sekä kylmä- ja kuuma-ainekierto.

Pienimuotoisen yhteistuotannon suurin etu on sen korkea hyötysuhde. Se perustuu yhteistuotantotekniikkaan sekä lyhyisiin siirtoetäisyyksiin, kun sähkö- ja lämpöenergiaa ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja.

Yhteistuotannossa tuotanto mitoitetaan aina lämmöntarpeen perusteella. Näin ollen pienimuotoisessa yhteistuotannossa paikallinen lämpöverkko mitoitetaan palvelumaan kyseisen alueen kuluttajia, ja itse tuotetun sähkön määrä määräytyy lämpökuorman perusteella. Kun lämpökuorma on pieni, osa sähköstä joudutaan hankkimaan muilla keinoin kuin yhteistuotantoon tarkoitettulla laitteistolla. Polttoaineeksi pienimuotoiseen yhteistuotantoon soveltuvat muun muassa maakaasu, kaatopaikka-kaasut, puuperäiset polttoaineet kaasutettuina, biodieselit ja erilaiset öljyt.

Pienimuotoisessa yhteistuotannossa on huomioitava polttoaineen saatavuusriski ja tuotantolaitteiston huolto sekä omistajuusasiat. Polttoaineen saatavuusriskiä voidaan pienentää niin sanotulla Dual-fuel-moottorilla, joka voi hyödyntää maakaasua tai muita nestemäisiä polttoaineita.

Pienimuotoisessa tuotannossa voidaan hyödyntää esimerkiksi kaasumoottorivoimalaitoksia, mikäli alueelle on saatavissa maakaasua tai biokaasua. Moottorivoimaloiden kokoluokka alkaa noin 200 kW:n laitoksista, ja laitoksia voidaan rakentaa lisää alueen kasvaessa. Yksi voimala voi tuottaa lämpöä esimerkiksi muutaman kymmenen rakennuksen lämmöntarpeen verran. Laitokset tuottavat lämmön lisäksi sähköä, jonka tuotantokustannus pienissä laitoksissa on noin 40–90 €/MWh. Tuotantokustannus riippuu merkittävästi polttoaineen hinnasta.

Mikroturbiinilaitoksen avulla kaasusta saadaan noin 30 prosenttia sähköenergiaksi ja 60 prosenttia lämpöenergiaksi. Polttoaineeksi soveltuvat parhaiten maakaasu, biokaasu, vety tai nestemäiset polttoaineet. Mikroturbiinien hinnat ovat vielä moninkertaiset kaasumoottoreihin verrattuna, mutta niiden etuina ovat niiden pieni koko ja hiljainen ääni.

Talokohtaisiin sovelluksiin voidaan käyttää Stirling-moottoreita, joiden kokoluokka alkaa 2 kW:n yksiköistä. Polttoaineeksi sopii parhaiten kaasu. Teknologian kaupallistuminen vienee vielä useita vuosia.

Biomassaa ja kierrätyspolttoaineita voidaan hyödyntää sähkön ja lämmön pienimuotoisessa yhteistuotannossa kaasuttamalla. Tätä kaasua voidaan hyödyntää muun muassa kaasumoottoreissa, kaasuturbiineissa, mikroturbiineissa ja polttokennoissa. Teknologia pienen mittakaavan sovelluksiin on vielä kehittymässä. Kaasutusratkaisut soveltuvat parhaiten usean rakennuksen yhteiseen lämpöverkkoon.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Pienimuotoisella sähkön ja lämmön yhteistuotannolla voidaan pienentää lämpöverkon rakennuskustannuksia ja siirtohäviöitä, kun tuotanto tapahtuu lähellä kulutusta. Pieniä aluelämpöverkkoja voidaan toteuttaa valituille alueille ja muilla alueilla voidaan hyödyntää muita lämmitysratkaisuja. Tuotantokustannukset ovat kuitenkin yleensä selvästi korkeammat kuin suuremman mittakaavan tuotannossa. Myös päästöjen hallinta on helpompi toteuttaa suuressa mittakaavassa. Hajautetut ratkaisut mahdollistavat tuotannon lisäämisen vähitellen, kun aluetta rakennetaan.

3.9 Pienimuotoinen tuulivoima

Tuulivoima on päästötön sähköntuotantotapa, jonka käyttökustannukset ovat pienet, eikä polttoainetta tarvita. Pienimuotoisessakin tuotannossa tuulivoimalla voidaan päästä aurinkosähköä edullisemmalle kustannustasolle. Tuulivoimatuotanto on suurinta talvella, jolloin myös sähkönkulutus ja lämmöntarve ovat suurimmillaan.

Tuotanto vaihtelee huomattavasti tuulisuuden mukaan (verrannollinen tuulen nopeuden kolmanteen potenssiin). Vuotuinen tuotanto voi vaihdella jopa 30–40 prosenttia, ja vuoden sisällä tuotantomääriä on vaikea ennakoida, ja teho vaihtelee nopeasti. Pientuulivoimalan tuottamaa energiaa voidaan kuitenkin varastoida lämminvesivaraajaan käyttöveden lämmitystä ja asuintilojen lämmitystä varten tai akkuihin sähkönkulutusta varten. Tuulivoima on kuitenkin parhaimmillaan täydentävänä energiantuotantomuotona muiden energialähteiden (esimerkiksi verkkosähkön) rinnalla.

Investointikustannukset ovat pienemmässä mittakaavassa vielä korkeat. Pienimuotoisessa tuotannossa (5 kW) tuotantokustannus on parhaimmillaan noin 130 €/MWh (vrt. sähkön pörssihinta noin 50 €/MWh), mutta kustannus riippuu huomattavasti tuuliolosuhteista ja esimerkiksi pitoajasta. Mahdollisen ylimääräisen sähköntuotannon syöttämisestä verkkoon täytyy tehdä erillinen sopimus sähköverkkoyhtiön kanssa, ja sähkölle täytyy olla ostaja. Tällä hetkellä kustannukset sähkön myynnistä nousevat usein niin korkeiksi, ettei ylimääräisen sähkön myynti ole myyjälle kannattavaa. Jatkossa verkon toiminnan ja energiayhtiöiden palveluiden kehittäminen voivat tehdä tuulivoiman pientuotannon verkkoon syötöstä helpompaa ja kannattavampaa.

Tuulivoimalat aiheuttavat jonkin verran melua. Laitteiston koosta ja asennuspaikasta riippuen melu voi olla erittäin häiritsevääkin. Käytännössä pienimuotoisista tuulivoimaloista on jouduttu joissain kohteissa luopumaankin niiden aiheuttaman melun vuoksi. Myös siipien pyörinnän aiheuttama vilkkuva varjo häiritsee, jos se osuu esimerkiksi ikkunaan tai pihalle.

Tuulivoiman soveltuvuus

Niin sanotun kotituulimyllyn siipien pituus voi olla esimerkiksi noin 5,5 m ja teho 11 kW, jolloin tuulivoiman vuosituotantona voidaan saada 30 MWh. Aurinkopaneeleita vastaavan sähkömäärän tuottamiseksi tarvittaisiin lähes 200 m².

Taloudellisuuden saavuttamiseksi tuulivoimalat on rakennettava alueille, joissa tuuliolosuhteet ovat hyvät. Parhaat alueet ovat meren läheisyydessä aukeilla paikoilla sekä sisämaassa mäkien laella tai laajoilla aukeilla alueilla. Tuulivoimalan potkurin tulisi olla vähintään 9 metriä korkeammalla kuin lähimmät esteet (rakennukset, puut jne.) noin 150 metrin säteellä. Maston korkeudeksi suositellaan vähintään 18 metriä, sisämaassa jopa yli 25 metriä. Pientuulivoimalan tilavaatimus on noin 10 x 10 metriä. Asennusetäisyydeksi pihapiiristä suositellaan vähintään 30 metriä. (Finwind Oy.)

Edullisimmin tuulisähköä voidaan varastoida lämpövaraajaan, mutta rakennuksessa on oltava myös jokin muu lämmitystapa tyynien talvipäivien varalle.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Tuulivoimatuotanto vaatii aukean paikan. Meren läheisyydessä aukeilla paikoilla tuuliolosuhteet ovat erinomaiset, mutta myös mäkien lailla on hyvät olosuhteet. Tuulivoimala tulisi asentaa sellaiseen paikkaan, jossa ei ole säännöllisesti, ja tilavaatimus pienelle, niin sanotulle kotituulimyllylle on vähintään 10 x 10 metriä. Voimalasta ei saisi langeta varjoja esimerkiksi rakennusten ikkunoihin. Myös voimaloiden aiheuttaman pienen melun vuoksi niitä ei kannata asentaa liian lähelle pihapiirejä. Melun ja muun tuulivoimalan aiheuttaman häiriön määrä riippuu merkittävästi valittavasta teknologisesta ratkaisusta ja myllyn koosta.

Mikäli kaikki rakennusten alueella kuluttama sähkö (alustava arvio noin 15 000 MW huomioimatta lämmitystä) haluttaisiin tuottaa tuulisähköllä, pieniä, niin sanottuja kotituulivoimaloita tarvittaisiin noin 500 kappaletta olettaen, että vuosituotanto yhdellä voimalalla olisi 30 MWh (teho 11 kW, huipunkäyttöaika 2 700 h).

Rakennuspaikan valinta voi olla haastavaa, koska tuulivoima voi aiheuttaa melu- ja vilkkumishaittoja asutuksen läheisyydessä. Tuotanto vaihtelee ajallisesti merkittävästi, joten kaikkea kulutusta ei voida jatkuvasti kattaa tuulivoimalla.

3.10 Polttokennot

Polttokennoilla voidaan tuottaa sähköä ja lämpöä käyttökohteen vieressä, jolloin vältetään siirtohäviöt. Esimerkiksi aurinko- ja tuulivoimaan verrattuna polttokennojen tuotanto on ympärivuotisesti luotettavaa, eikä se vaihtelee sääolosuhteiden mukaan.

Polttokenno muuttaa polttoaineen kemiallisen energian suoraan sähköksi. Nimestä huolimatta polttokennossa ei tapahdu palamista. Polttoaineeksi sopii esimerkiksi vety, maakaasu, biokaasu, biodiesel, kaasutuskaasu, metanoli tai etanoli. Hiilidioksidipäästöt riippuvat käytetystä polttoaineesta.

Sähköntuotannon hyötysuhde on polttokennoilla hyvä (toteutunut parhaimmillaan yli 48 prosenttia). Päästöt ovat matalammat kuin normaalituotannossa: polttokennot poistavat vedyn polttoaineesta, ja hyötysuhde on korkea. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto on mahdollista myös polttokennoilla, jolloin hyötysuhde paranee. Yhteistuotannossa hyötysuhde voi olla lähellä 90 prosenttia.

Polttokennojen soveltuvuus

Polttokennoteknologia ei ole vielä valmis ja kaupallisesti kilpailukykyinen. Polttokennot kestävät käytössä vain 2 000–20 000 tuntia. Teknologian hinta on 2 000–20 000 euroa kilowattia kohden. Näillä luvuilla tuotetun kilowattitunnin hinta vaihtelee 10 sentin ja 10 euron välillä.

Vaasan asuntomessuilla on käytössä polttokennovoimala, jonka sähköteho on 20 kW ja lämpöteho 14–17 kW. Voimala tuottaa sähköä 9 omakotitalon tarpeeseen ja lämpöä kolmen omakotitalon tarpeeseen alueen kaukolämpöverkossa. Voimalan polttokennot ovat tasomaisia kiinteäoksidikennoja eli sofc-tekniikkaa (solid oxide fuel cell). Polttoaineena käytetään läheiseltä kaatopaikalta kerättävää metaania.

Tekniikan toimitti Wärtsilä, jonka mukaan voimala on ensimmäinen laatuaan maailmassa. Wärtsilä tähtää 50 kilowatin laitteistoon, ja myöhemmin tavoitteena on 200–250 kilowattia, joten polttokennojen koko ja energiantuotanto kasvaa nopeasti. Kustannusten osalta Wärtsilän tavoitteena on päästä hintaan 5 000 €/kW vuoteen 2015 mennessä.

Polttokennot tarvitsevat polttoainetta, jota on oltava saatavilla alueella. Ympäristöystävällisin ratkaisu on hyödyntää esimerkiksi biokaasua kaatopaikoilta, maataloudesta tai vedenpuhdistamosta. Maakaasun käyttäminen aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä, mutta hyvän hyötysuhteen ansiosta kuitenkin merkittävästi vähemmän kuin esimerkiksi lauhdesähkön tuotanto.

Kaavoituksessa huomioitavaa

Polttokennoja voidaan ottaa käyttöön, kun teknologia kehittyy ja tulee joustavasti kilpailukykyiseksi. Talokohtaiset ratkaisut eivät kehittyessään edellyttäisi erityistä huomioimista kaavoituksessa. Keskitetyt, esimerkiksi korttelikohtaiset polttokennoratkaisut vaativat oman rakennuksen.

Teknologia ei ole vielä kaupallisesti kypsää, mutta kokeiluprojektit ovat mahdollisia.

3.11 Jätteenpolto

Jätteitä voidaan hyödyntää energiaksi jätteenpolttolaitoksissa.

Itä-Uudenmaan jätehuolto vie jo nykyisin Porvoon jätteet Kotkaan poltettaviksi. Lisäksi Lahdessa on jätteenpolttolaitos, ja Vantaalle ollaan rakentamassa jätteenpolttolaitosta.

Porvooseen sijoitettavassa jätteenpolttolaitoksessa säästyttäisiin ainoastaan CO₂-päästöiltä, jotka aiheutuvat jätteen kuljettamisesta Kotkaan. Samalla kuitenkin Kotkassa lisättäisiin fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tuotannossa, kun Porvoon jätteistä saatava lämpö jouduttaisiin korvaamaan muilla polttoaineilla. Porvoossa jätteiden hyödyntäminen vähentäisi pääosin biopolttoaineiden käyttöä. Täten CO₂-päästöjen tarkastelun kannalta ei ole perusteita jätteiden polttamiselle Porvoossa.

Jätteenpolttolaitoksilta vaaditaan lisäksi suurta jatkuvaa jätemäärää kannattavuuden saavuttamiseksi suurten investointien takia. Tästä johtuen jätettä ei ole kannattavaa eikä tehokasta polttaa pienissä laitoksissa. Koska Porvoon lähiympäristössä on useita jätteenpolttolaitoksia, Porvoossa ei riitä tarpeeksi jätettä omaa, riittävän isoa jätteenpolttolaitosta varten.

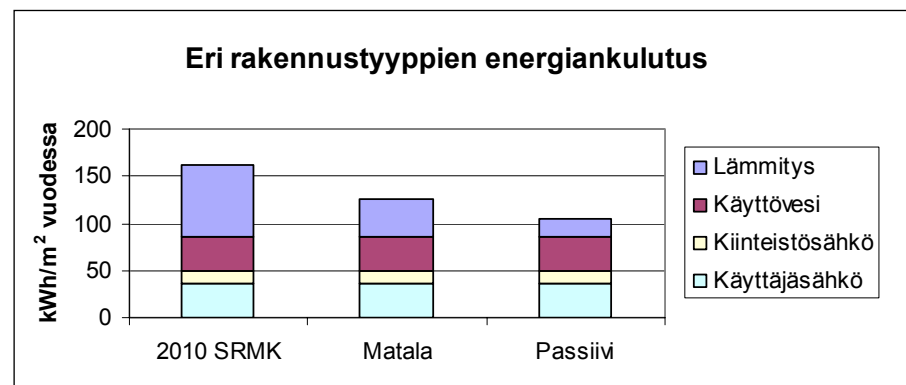
4 Rakennukset

4.1 Matalaenergia- ja passiivirakennukset

Perusteet

Asuinrakentamisen energiatehokkuusluokat on määritetty Suomessa ensimmäisen kerran kattavasti julkaisussa RIL 249-2009 Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennukset. Vaatimustasot Skaftkärrin rakennuksille on määritetty siten, että ne perustuvat ohjeen mukaisiin arvoihin.

Määrittämissä tulee huomioida, etteivät ne huomioi muuta kuin rakennuksen tilälämmityksen energiankulutuksen, jolloin käyttöveden lämmityksen sekä kiinteistö- ja käyttäjänsähkön kulutus tulee ohjata erikseen.



Kuva 9. Uudisrakennusten kokonaisenergiankulutus rakennusmääräysten mukaisessa matalaenergiatalossa ja passiivitalossa.

Matalaenergiarakennukset

Matalaenergiarakennuksella tarkoitetaan tässä lähtökohtaisesti rakennusta, jonka lämmityksen energiantarve on korkeintaan 40 kWh/brm² (M40). Tällöin tilälämmityksen lämmönkulutus olisi noin 60 prosenttia uusien määräysten mukaisesta, tavanomaisesta rakenneratkaisusta.

Matalaenergiarakentamisen vaatimuksiksi kaavaan tai maankäyttösopimukseen tulee sisällyttää seuraavat vaatimukset (suluissa rakennusmääräysten mukaiset arvot):

- ulkoseinien U-arvo 0.14 (0.17)
- yläpohjien U-arvo 0.08 (0.09)
- alapohjien U-arvo 0.08 (0.12)
- ikkunoiden U-arvo 0.9 (1.0).

Lisäksi ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen tulee olla vähintään 65 prosenttia, jolloin mitoitustilanteen hyötysuhteen tulee olla noin 70 prosenttia ja ilmanvaihdon mitoituksen tasapainossa.

Matalaenergiarakennuksen tiiviys on energiankäytön osalta merkittävä. Rakennuksen tiiviyn mittaaminen tulee sisällyttää osaksi rakennusvalvonnan lopputarkastuksen selvityksiä ja riittävän tiiviyn saavuttaminen käyttöönottoluvan saamisen ehdoksi.

Passiivirakennus

Passiivirakennuksella tarkoitetaan rakennusta, jonka lämmityksen energiantarve on korkeintaan 20 kWh/brm² (P20). Passiivirakennuksen lämmönkulutus olisi tällöin noin 30 prosenttia uusien määräysten mukaisesta, tavanomaisesta rakenneratkaisusta. Passiivitalon tiivydelle tulee asettaa vastaavat vaatimukset kuin matalaenergiarakennuksen tiivydelle.

Passiivirakentamisen vaatimuksiksi kaavaan tai maankäyttösopimukseen tulee sisällyttää seuraavat vaatimukset (suluissa rakennusmääräysten mukaiset arvot):

- ulkoseinien U-arvo 0.10 (0.17)
- yläpohjien U-arvo 0.06 (0.09)
- alapohjien U-arvo 0.08 (0.12)
- ikkunoiden U-arvo 0.7 (1.0).

Lisäksi ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen tulee olla vähintään 75 prosenttia, jolloin mitoitustilanteen hyötysuhteen tulee olla yli 80 prosenttia ja ilmanvaihdon mitoituksen tasapainossa. Käytännössä tehokkaimmat Suomessa myytävät järjestelmät saavuttavat tämän tavoitteen.

Kustannukset

RIL:n julkaisussa, Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennuksen RIL 249-2009, esitettiin myös arvio rakennekustannuksista, jotka aiheutuvat matalaenergia- ja passiivivaatimusten toteuttamisesta.

Yleisten arvioiden mukaan matalaenergiarakentamisen karkea lisäkustannus on noin 3–5 prosenttia. Tyypirakennuksella (ks. luku 7.3) arvioitu lisäkustannus matalaenergiarakennuksen rakenteiden toteuttamisesta on noin 11 000–13 000 € rakenneratkaisuista ja rakennuksen muodosta riippuen. Käytännössä matalampi energiankulutus on helpompi saavuttaa rakennuksissa, joissa vaipan suhteellinen ala verrattuna rakennuksen bruttoalaan on pienempi. Todellinen lisähinta saattaa olla tätä alhaisempi, koska useat talotoimittajat ovat huomioineet matalaenergiarakentamisen yhtenä toimitusvaihtoehtona.

Tyypirakennuksen arvioitu lisäkustannus passiivitalon rakenteiden toteuttamisesta on noin 20 000–25 000 € rakenneratkaisuista ja ikkunamäärästä riippuen. Kustannuksessa ei ole huomioitu mahdollisia lämmitysratkaisuun liittyviä säästöjä. Tyypillisesti passiivitasoisessa talossa voidaan luopua tilalämmityksestä, jolloin tuloilmalämmitykseen siirtyminen säästää investointikustannuksia noin 3 500 €.

Passiivirakentamisen esimerkkikohteet

Suomessa on toteutettu useita passiivirakentamisen esimerkkikohteita, jotka ovat olleet yksittäisinä rakennuksina. Ensimmäiset useampia rakennuksia koskevat passiivien energiavoitteiset aluehankkeet ovat suunnitteilla.

Passiivitalopilotti Paroc Passiivitalo sijaitsee Tikkurilassa, Vantaalla. Pilottirakennus on kahden perheen paritalo, jossa tilat jakautuvat kellari- ja asuinkerrokseen. Tontti on pinta-alaltaan 786 m², ja rakennuksen lämmin käyttöala on 374 m². Paroc Passiivitalon rakentamiskustannukset olivat verrokkitaloon nähden 75 euroa/m² korkeammat. Pilottikohteen koko hankkeen passiivirakentamisesta johtuvaksi lisäkustannukseksi ilmoitettiin 31 600 €. Tämä vastaa viittä prosenttia rakennuskustannuksista. Kustannuksissa eivät käy ilmi lämmitysjärjestelmän vaihtamisen vaikutukset, joten maalämmön pois jättämisestä aiheutuvia säästöjä voi olla laskettu mukaan lukuihin.

4.2 Matalaenergia- ja passiivirakennusten lämmönlähteet

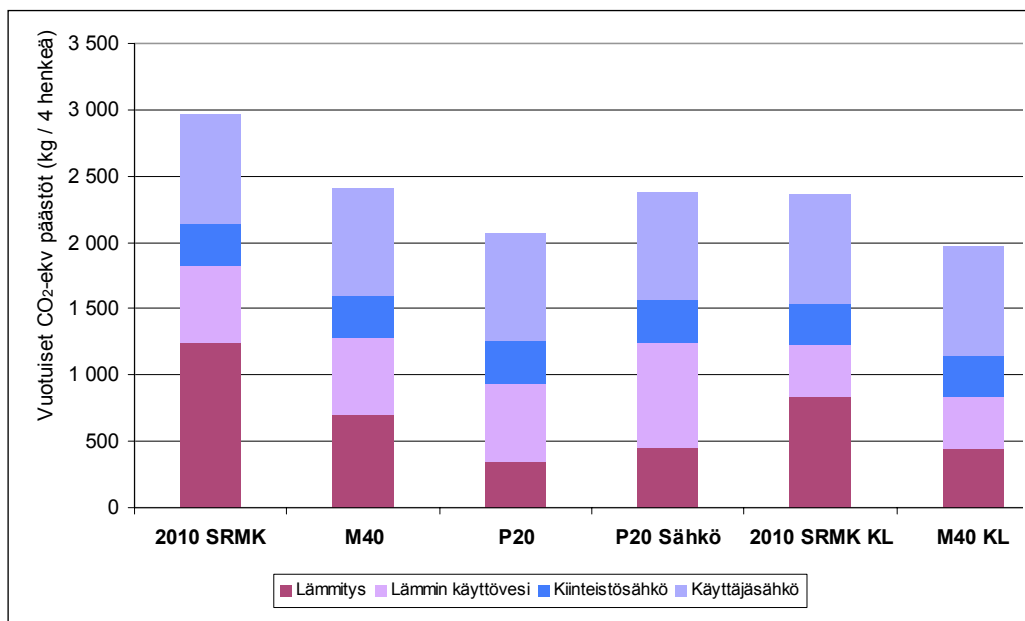
Passiivirakentamisen lisäinvestointiin liittyvät säästöt muodostuvat pääosin passiivirakennuksen yksinkertaisemmasta lämmitysjärjestelmästä. Yksinkertaisena lämmitysmuotona esitetään usein tilakohtaisen lämmitysjärjestelmän pois jättämistä ja lämmityksen toteuttamista edullisemmin tuloilman sähkölämmityksenä.

Skaftkärrin alueella eri lämmitystapojen ympäristömyönteisyyteen vaikuttaa erityisesti Porvoon kaukolämmön suuri biopolttoaineen osuus. Käytännössä vuonna 2015 Porvoon kaukolämmöstä arviolta lähes 90 prosenttia tuotetaan uusiutuvilla päästölähteillä, jolloin kaukolämmön kasvihuonekaasupäästöt jäävät erittäin alhaisiksi. Suomen keskimääräisellä kaukolämmöllä seuraavalla sivulla olevan kuvaajan (Kuva 10) vertailuarvot saattaisivat poiketa merkittävästi. Porvoon uusien rakennusten keskimääräinen energiamuotojakauma muodostuu sähköstä (55 prosenttia), kaukolämmöstä (25 prosenttia) ja maalämmöstä (15 prosenttia). Loppuihin (5 prosenttia) sisältyy muun muassa öljy, kaasu ja biopolttoaineet.

Vertailut

Tehdyissä vertailuissa pelkästään rakennusten lämmitystarpeen pienentämisellä määräystasosta passiivitasoon saavutetaan 28 prosentin säästö vuotuisissa päästöissä. Vaikka passiivitason lämmönkulutus on vain 30 prosenttia määräystasosta, muu energiankäyttö ei muutu.

Jos passiivitalon lämmityslähteeksi valitaan suora sähkölämmitys keskimääräisen lämmitystavan sijaan, päästöt kasvavat merkittävästi. Kasvu johtuu käyttöveden lämmityksen kasvaneista päästöistä. Kokonaispäästöt ovat tällöin lähellä vuoden 2010 määräystason mukaista rakennusta keskimääräisellä energiantuotannolla. Porvoon Energian kaukolämmön ominaispäästöt jäävät jo määräystasolla merkittävästi alle keskimääräisellä energiantuotannolla passiivitalona toteutetun kohteen.



Kuva 10. Vuotuiset CO₂-ekv. päästöt tyyppitalossa Porvoon keskimääräisellä energianjakaumalla (vertailurakennuksella 2010 SRMK, matalaenergiatalolla M40 ja passiivenergiatalolla P20), sähkölämmitettyssä (Suomen keskimääräinen) passiivitalossa ja kaukolämpöratkaisuissa (Porvoon energia).

Tulosten perusteella ilmastonmuutosta ajatellen suositeltavin ratkaisu on vaatia kaukolämmön käyttöä Porvoon Skaftkärrin alueella. Päästömielessä vaatimuksesta ei voida antaa poikkeuksia sellaisissa erityisratkaisuissa, joissa rakennettaisiin passiivitaloja tai toteutettaisiin tehokkaampia uusiutumattomiin energialähteisiin perustuvia ratkaisuja, kuten maalämpöä. Poikkeuksen muodostavat paikalliset uusiutuvat lähteet, kuten hake- tai pellettilämmitys.

Porvoon kaukolämmön ominaispäästöistä johtuen rakennusten energiankäytön merkitys on ilmastonmuutosmielessä vähäinen. Matalaenergiatason vaatiminen alueen rakentamiselta on energiankäytön kannalta positiivinen ja kustannuksiltaan maltillinen, mikä vastaa Suomen tulevien vaatimusten linjaa.

4.3 Rakennuksen muoto, aukotus ja suuntaus

Rakennusten energiankäytön laskenta perustuu vuonna 2010 voimaan tulevissa rakennusmääräyksissä annettuihin eristys-, ilmanvuoto- ja lämmön talteenottotasoihin. Vuodelle 2012 on suunniteltu uusia määräyksiä.

Laskennan peruslähtökohtana oleva tyyppitalo on kaksikerroksinen, suorakaiteen muotoinen omakotitalo, jossa ikkunoiden määrä on 25 prosenttia pohjapinta-alasta. Rakennuksen koko on 204 brm² ja ikkunoiden ala 51 m². Rakennuksen kerrosala on 188 k-m². Rakennuksen rakenteet ovat rakennusmääräysten (2010) mukaiset, ja tyyppitalon talotekniikka ylittää minivaatimustason.

Myös rakennuksen geometrialla on selvä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen. Energiankulutuksen kannalta tulisi pyrkiä minimoimaan vaipan pinta-ala suhteessa kokonaisalaan. Käytännössä tähän on helpointa päästä suurissa rakennuksissa tai rivitalorakentamisessa.

Vertailut

Rakennuksen muodon ja aukotuksen vaikutusta energiankäyttöön tutkittiin muokkaamalla tyyppitaloa. Rakennuksen muodon vaikutusta tutkittiin muuttamalla tyyppitalorakennus kaksikerroksisesta yksikerroksiseksi siten, että rakennuksen bruttoala säilytettiin vakiona. Rakennuksen vaippa suhteessa rakennuksen bruttoalaan kasvaa muutoksen seurauksena. Rakennuksen rakenneratkaisuihin eli ulkoseiniin, alapohjan tai yläpohjan eristävyyteen tai rakennuksen talotekniikkaan ei tehty muutoksia.

Rakennuksen ikkunapinta-ala säilyi niin ikään samana tyyppitaloon verrattuna. Samoilla rakenneratkaisuilla ja samalla ikkunoiden suhteellisella pinta-alalla (m^2/brm^2) toteutettu yksikerroksinen omakotitalo kuluttaa noin 6 prosenttia enemmän kuin käytetty tyyppitalo.

Passiivitalon rakentaminen vaatii käytännössä ikkunapinta-alojen pitämistä kohtuullisina. Passiivitalossa laajojen lasipintojen aiheuttamaa kasvanutta lämpöhukkaa ei voida enää kompensoida eristystasojen parantamalla. Käytännössä ikkunapinta-alan kasvaminen kaksinkertaiseksi (20 prosenttia kerrosalasta \rightarrow 40 prosenttia kerrosalasta) vaatii ikkunoiden U-arvon laskemista jo tasoon $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ilman ikkunoiden eristävyyteen perustuvaa kompensointia ikkunapinta-alan kasvattaminen nostaa merkittävästi kohteen lämmönkulutusta.

Rakennuksen energiatehokkuutta ei voida ohjata pelkästään aikaisemmin annettujen rakenteiden eristys-, tiiviys- ja ilmanvaihtovaatimusten perusteella. Myös rakennusten muodon ja aukotusten vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen tulisi huomioida rakennuslupaprosessissa.

Yksinkertaisimpana ratkaisuna tähän olisi soveltaa Suomen rakennusmääräyksiin perustuvan lämpöväiön tasauslaskelmaa, kun rakentamisen vaatimuksia määritetään. Muutokset tasauslaskimeen koskisivat vaipan ja ikkunoiden suhteellisen määrän vakioimista tiettyyn tasoon. Siten esimerkiksi ikkunamäärien kasvattaminen tulisi kompensoida ikkunoiden tai ulkovaipan eristävyyttä parantamalla.

4.4 Käyttöveden lämmitys

Kun lämmitykselle asetetut vaatimukset tiukentuvat, lämpimän käyttöveden energiankulutus muodostaa asuinkiinteistössä merkittävimmän osan kohteen energiankulutuksesta. Passiivirakentamisessa käyttöveden lämmityksen energiantarve on jo tilojen lämmitystä suurempi.

Samoin merkittäväksi muodostuu uudemmassa rakennuskannassa yleistynyt lämpimän käyttöveden kierto, jonka energiantarve on eristettynä noin 15 kWh/brm² vuodessa ja eristämättömänä jo suurempi kuin tilojen lämmitystarve. Toki suuri osa häviöistä voidaan hyödyntää ilmaisenergiana tilojen lämmityksessä. Kansainvälisesti ongelmaa on pyritty pienentämään vaatimalla lämpimän veden kiertojohtojen ohjausta tarpeen mukaan joko aikaohjattuna, kiertonopeuden säädöllä paluuveden mukaan tai tilojen todellisen käytön tunnistuksen mukaan esimerkiksi valokytkimiin yhdistettynä.

Aurinkolämpö

Aurinkokeräimien hyötysuhteet ovat aurinkosähköön verrattuna korkeita. Pientalon yhteyteen asennettava aurinkokeräin voi olla tasokeräin tai tyhjiöputkikeräin. Tyhjiöputkikeräimet ovat tehokkaampia pyöreän muotonsa vuoksi, koska putken pinta on lähes aina kohtisuorassa aurinkoa kohti. Putket pystyvät hyödyntämään myös heijastuvaa hajasäteilyä.

Lämpö johdetaan aurinkokeräimistä keruunesteen avulla lämminvesivaraajaan tai lämmönsiirtimeen. Aurinkolämmön hyödyntäminen vaatii erillisen varaajan kaukolämpötaloissa. Mikäli rakennukseen asennetaan lämminvesivaraaja, on mahdollista asentaa varaaja, joka yhdistää useampia lämmitysjärjestelmiä. Käyttöveden lämmityspaketti noin 5 m²:n tyhjiöputkikeräimillä ja 300 litran varaajalla sisältää tarvittavat osat järjestelmän kytkemiseksi, ja se on investointikustannuksiltaan noin 3 000 €. Aurinkokeräimillä olisi mahdollista korvata noin puolet käyttöveden lämmittämiseen tarvittavasta lämmöstä ja pienentää käyttöveden lämmityksestä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä noin puoleen.

Jäteveden lämmön talteenotto

Varaajassa tai kaukolämmöllä lämmitettävän käyttöveden lisäksi monet kylmään vesijohtoon kytketyt laitteet, esimerkiksi pesukoneet, lämmittävät käyttämänsä veden laitteen tarvitsemaan lämpötilaan. Tästä johtuen lämpimän veden osuus jätevedessä kasvaa noin 50 prosenttiin. Viemärin kautta huuhtoutuvasta hukkaenergiasta on mahdollista saada osa hyötykäyttöön ottamalla talteen lämmin käyttövesi.

Lämmön talteenotto jätevedestä voidaan toteuttaa joko kiinteistökohtaisesti tai keskitetysti. Kiinteistökohtaisessa lämmön talteenotossa jäteveden lämmöllä voidaan suoraan lämmittää kylmää käyttövettä. Järjestelmä vaatii, että lämpöiset ja kylmät jätevedet erotetaan toisistaan lämmönsiirtimelle asti. Tyypillinen oletus on, että lämmön talteenotolla voidaan nostaa tuloveden lämpötila noin 15–25 asteeseen, jolloin lämmön talteenotto muodostaisi noin 30 prosenttia käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta energiasta.

Kiinteistökohtaisen lämmön talteenoton ongelmana on jäteveden epätasainen virtaus. Epätasainen jakautuminen eri ajanjaksoina asettaa haasteita erityisesti tekniselle toteutukselle, mutta on mahdollista lämmön varastoinnin avulla.

Keskitettyssä ratkaisussa jäteveden virtaus on tasaisempaa, joten lämmön talteenotto on helpompi toteuttaa. Lisäksi lämpö voidaan ottaa talteen joko puhdistetusta jätevedestä tai erottaa lämpöiset jätevedet muista kaksiviemärijärjestelmällä. Keskitetyn ratkaisun ongelmana on, että talteen otettua lämpöä ei pystytä hyödyntämään suoraan. Lämpötilaa on nostettava edelleen lämpöpumpuilla, jotta lämpö on hyödynnettävissä.

Viemäriin johdetusta käyttövedestä voitaisiin ottaa talteen 5–10 °C vaikeuttamatta jäteveden käsittelyä. Lämmön talteenotolla olisi tällöin mahdollista korvata noin 15–30 prosenttia käyttöveden lämmittämiseen tarvittavasta lämmöstä. Käyttöveden lämmittämisestä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt pienenevät vastaavasti.

Skaftkärrin alueella tullaan käyttämään käyttövettä noin 850 m³/päivä. 5–10 asteen lämmön talteenotto tarkoittaisi noin 15–30 prosenttia käyttöveden lämmittämiseen käytettävästä lämmöstä eli noin 1 750–3 500 MWh/a.

Käyttöveden lämmitys paikallisesti tulisijalla

Omakotitalorakentamisen yhtenä uusiutuvan energian lämmityksen muotona on yleisen tulisijan käyttö lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Siten kiinteistökohtaisella pienpuun poltolla voitaisiin pienentää käyttöveden lämmitykseen käytettävän uusiutumattoman energian käyttöä.

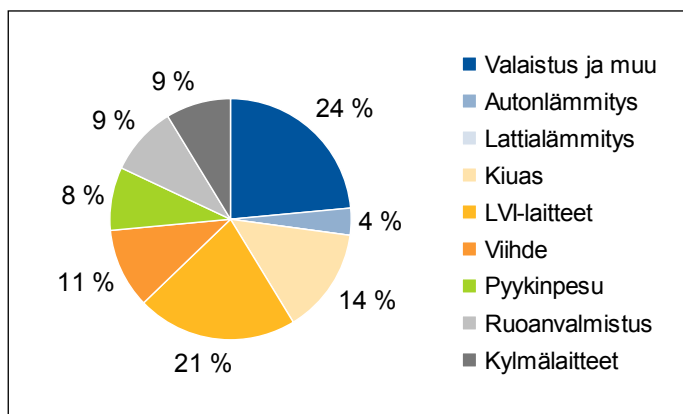
Skaftkärrin alueella kaukolämmön erittäin hyvä ympäristövaikutus pienentää merkittävästi kasvihuonekaasuista saavutettavaa hyötyä. Lisäksi tiheästi rakennetulla alueella ratkaisun yleistymisellä saattaa olla negatiivinen vaikutus ilman puhtauteen puunpoltosta aiheutuvien hiukkaspäästöjen lisääntyessä.

Yhteenveto paikallisista käyttöveden lämmitysmuodoista

Kiinteistöjen lämmityksen energiankäytön pienentyessä suurimmaksi ongelmaksi muodostuu lämpimän käyttöveden energiankäytön pienentäminen. Käytännössä myös käyttöveden kulutukseen ja siten lämmityksen tarpeeseen tulisi pystyä vaikuttamaan rakentamisprosessissa. Selkeimmät ohjauskeinot olisivat lämmintä vettä kulluttavien vesikalusteiden (hanat ja suihkut) virtaamisen rajoittaminen ja lämpimän käyttöveden kierron energianhukan pienentäminen. Lämpimän käyttöveden kierron energiahukkaa on mahdollista pienentää joko (1) kieltämällä lämpimän käyttöveden kierto tai (2) vaatimalla tarpeenmukaiseen kiertoon perustuva kierto sekä lämmöneristettyjä lämpimän ja kylmän veden johtoja. Ongelmaksi muodostuu vedenkulutuksen voimakas riippuvuus käyttötottumuksista sekä kiinteistön käyttöasteesta.

Käyttöveden paikallisesta lämmöntuotannosta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on mahdollista niin aurinkokeräimillä kuin myös lämmön talteenotolla jätevedestä tai tulisijoista. Vähennyksen vaikutus rakennettavan rakennuksen tai alueen kokonaispäästöihin riippuu rakennuksessa käytettävästä muusta lämmitysmuodosta. Esimerkiksi Porvoon energian kaukolämpöalueella hiilidioksidipäästöjen vähennys jää kokonaisuudessaan melko pieneksi, koska kaukolämmön tuotannon ominaispäästöt ovat pienet.

4.5 Kiinteistö- ja käyttäjäsähkön kulutus



Kuva 11. Kiinteistö- ja käyttäjäsähkön jakautuminen.

Kiinteistösähkö ja valaistus

Asuinrakennusten kiinteistösähkö koostuu ilmanvaihtoon ja muihin taloteknisiin laitteisiin kuuluvasta sähköstä. Asuinrakentamisessa ilmanvaihtoon liittyy paljon säästöpotentiaalia, etenkin asuntokohtaisesti ohjatussa ilmanvaihdossa. Tärkeimmät keinot ilmanvaihdon sähkökulutuksen säästöön ovat seuraavanlaiset:

Ilmanvaihtolaitteiden sähkötehokkuuden parantaminen. Tehokkuutta mitataan SFP-luvulla, jonka vaatimustaso on 2.5. Pienissä asuntokohtaisissa koneissa päästään helposti tasoon 1.5.

Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus. Asuntojen ilmanvaihto toimii tyypillisesti vakionopeudella, keskitetyissä koneissa yleensä jatkuvalla täysiteholla. Kuitenkin asunnoissa ollaan alle 50 prosenttia ajasta. Selkein ratkaisu on asuntokohtaisiin paikalla/poissa-kytkimiin tai ilmanlaadun mittauksiin perustuva ohjaus. Tarpeenmukaisella ohjauksella on myös merkittävä säästöpotentiaali lämmönkulutuksessa.

Ilmanvaihto mitoitetaan tasapainoon nykyisen alipaineisen vakioratkaisun sijaan, jolloin vuotoilmamäärät pienenevät ja lämmön talteenoton tehokkuus paranee. Näin voidaan pienentää erityisesti ilmapuotojen aiheuttamaa lämmönhukkaa.

Pesutiloissa ympäri vuorokauden käytössä oleva sähköinen lattialämmitys voi omakotitalossa kuluttaa jopa 1 000 kWh sähköä vuodessa. Lattialämmityksen lämmönlähde ja toteutus tulisi pohtia huolellisesti talojen rakentamisen yhteydessä. Mikäli lämpö tuotetaan esimerkiksi kaukolämmöllä, on sähköinen lattialämmitys ongelmallinen, sillä se vähentää kaukolämmön tarvetta ja lisää sähköntarvetta. Kaukolämmön tarpeen väheneminen tarkoittaa, että yhteistuotantosähköä syntyy vähemmän ja lattialämmityksen kulutus taas kohdistuu juuri sähkөөn.

Merkittävä osa pientalon energiankulutusta voi muodostua piha-alueiden sulatuksesta. Kulkureittien sulattaminen ei vielä ole yleinen ratkaisu pienrakentamisessa. Sen merkitys voi kasvaa tulevaisuudessa, ellei pihasulatuksen asentamista ohjata määräyksiin.

Valaistus on yksi suurimmista sähkönkulutuskohteista. Valaistuksen sähkönkulutukseen on kiinnitetty huomiota myös EU-tasolla. Sisävalaistuksen sähköntarve alenee, kun hehkulamput korvataan pienloistelampuilla ja LED-valoilla, vaikka lamppujen lukumäärä tullee edelleen hieman kasvamaan. Hehkulamppuihin verrattuna valaistuksen sähkönkulutusta voidaan laskea noin 80 prosenttia. Myös liiketunnistimilla voidaan vähentää valaistuksen energiankulutusta, kun lamput eivät ole turhaan päällä.

Kiinteistösähkön merkittävimmät kysymykset tulisi liittää osaksi joko alueen rakennustapaohjeita tai energiatehokkuuden tarkastusta. Käytännössä merkittävät huomioitavat näkökohdat olisivat

- sähköisten lattialämmitysten kieltäminen tai rajoittaminen
- pihasulatusten kieltäminen
- ilmanvaihdon sähkötehokkuuden (SFP) kirjaaminen vaatimuksena tai osana energiatehokkuuden tarkastelua.

Käyttäjäsähkö

Käyttäjäsähkön kulutus (muu sähkönkulutus paitsi talotekniikka) jakautuu suunnitteen tasan kylmälaitteiden, ruuanvalmistuksen, pyykinpesun, viihde-elektronikan sekä saunomisen kesken.

Ruuanvalmistuksen ja kodinhoidon energiatehokkuuteen on ohjattu menestyksekkäästi energiatehokkuusluokittelun avulla. Nykyisten A-luokkiin tai parempiin luokkiin sijoittuvien kylmälaitteiden, astianpesukoneiden, pesukoneiden ja muiden kodinkoneiden sähkönkulutus on saatu laskettua tasolle, jossa laitevalinnoilla on vähäinen säästöpotentiaali. Ruuanvalmistuksen sähkönkulutus on laskenut viime vuosina selvästi erityisesti muuttuneiden ruoanlaittotottumuksien vuoksi. Uudet uunit ja liedet voivat olla noin 5–25 prosenttia nykyistä energiatehokkaampia.

Kylmäsäilytyksen merkittävin säästöpotentiaali liittyy kuitenkin ulkoilman käyttöön laitteiden jäädytyksessä. Esimerkiksi jääkaappi voitaisiin puolet vuodesta jäädyttää kompressorin sijaan suoraan ulkoilmalla. Työtehoseuran tutkimuksissa puoli-lämpimiin tiloihin, esimerkiksi kuistille, sijoitetut kylmälaitteet kuluttivat noin puolet sisätiloihin sijoitetuista laitteista.

Mikäli alueelle tulee kaasuverkko, kaasuliesien käytöllä voitaisiin säästää sähköä koko liesien ja uunien kulutuksen verran. Tämä on huomattavasti energiatehokkaampaa kuin sähkön tuottaminen esimerkiksi maakaasulla ja sähkön muuttaminen lämmöksi.

Astianpesukoneiden ja pyykinpesukoneiden energiankulutuksesta valtaosa kuluu pesuveden lämmitykseen. Osassa laitteista on mahdollisuus liittyä lämpimän veden verkostoon, ja osassa liityntä on kylmään veteen. Laitteiden sähkönkäyttö riippuu merkittävästi käyttötottumuksista, eikä sähkönkulutus todennäköisesti tule merkittävästi vähenemään laitteiden energiatehokkuuden parantumisesta huolimatta.

Kodin elektroniikan, kuten televisioiden ja tietokoneiden, sähkönkulutus on Suomessa kasvanut voimakkaasti. Elektroniikan osalta kehitystä on vaikea arvioida nopean teknisen kehityksen ja uusien laitteiden käyttöönoton vuoksi. Uudet laitteet kuluttavat selvästi aikaisempaa vähemmän sähköä, mutta laitteiden määrä tulee kasvamaan edelleen merkittävästi. Viihde-elektroniikan laitteiden yhteenlasketun sähkönkulutuksen ei uskotakaan laskevan energiatehokkuuden parantumisesta huolimatta.

Suomessa kotitalouksien sähkönkulutuksesta (pois lukien sähkölämmitys sähkölämmitteisissä taloissa) sähkökiukaiden osuus on keskimäärin noin 8 prosenttia. Sähkökiukaiden oletetaan edelleen yleistyvän, eikä esimerkiksi Adato (2008) ole arvioinut sähkökiukaisiin liittyvän säästöpotentiaalia vuoteen 2020 mennessä. Saunomisen sähkönkulutusta voidaan vähentää hankkimalla asuntoihin asukkaan omiin käyttötappoihin parhaiten soveltuvia sähköä vähemmän kuluttavia laitteita. Merkittävämpi säästöpotentiaali voisi kuitenkin syntyä korttelikohtaisista yhteiskäytössä olevista saunoista, jotka korvaisivat asuntokohtaiset saunat tai vähentäisivät niiden käyttöä.

4.5.1 Kulutuksen ohjausjärjestelmät

Energiankulutuksen reaaliaikaisen seurannan on todettu pienentävän sähkönkulutusta jopa 10 prosenttia, mutta tämä edellyttää kulutustietojen oikeanlaista hyödyntämistä. Kulutuksen seurannan avulla on mahdollista myös kohdentaa energianeuvontaa, joka perustuu asiakkaan todellisiin käyttötottumuksiin.

Kodin eri laitteille ja ratkaisuille on kehitetty suuret määrät energiaa säästäviä, niin sanottuja älykkäitä järjestelmiä. Esimerkiksi energiaa säästävät, itsesäätyvät kylmälaitteet ja pesukoneet, liiketunnistimilla varustetut tai ohjelmoidut valaistusratkaisut sisälle ja ulkotiloihin, itsestään säätyvät verhot, turvallisuusratkaisut sekä ohjelmoitavat ja tarkat lämmitysjärjestelmät voivat kaikki tuoda merkittäviäkin energiansäästöjä. Laitteiden toiminnan suunnittelu ja ohjaaminen optimaalisella tavalla on kuitenkin usein haastavaa käyttäjälle, ja erillisten ohjausjärjestelmien määrä voi kasvaa suureksi.

Ongelmaan pyritään vastaamaan kehittämällä erilaisten laitteiden ohjaukseen sopivia järjestelmäalustoja, jotka tekevät ohjauksesta helpompaa. Ohjaus tapahtuu verkon kautta, ja sitä voi hoitaa usein myös kännykällä. Energiansäästön lisäksi järjestelmään voidaan kytkeä monia muita toimintoja.

4.6 Elinkaaren aikaiset kustannukset rakentamisessa

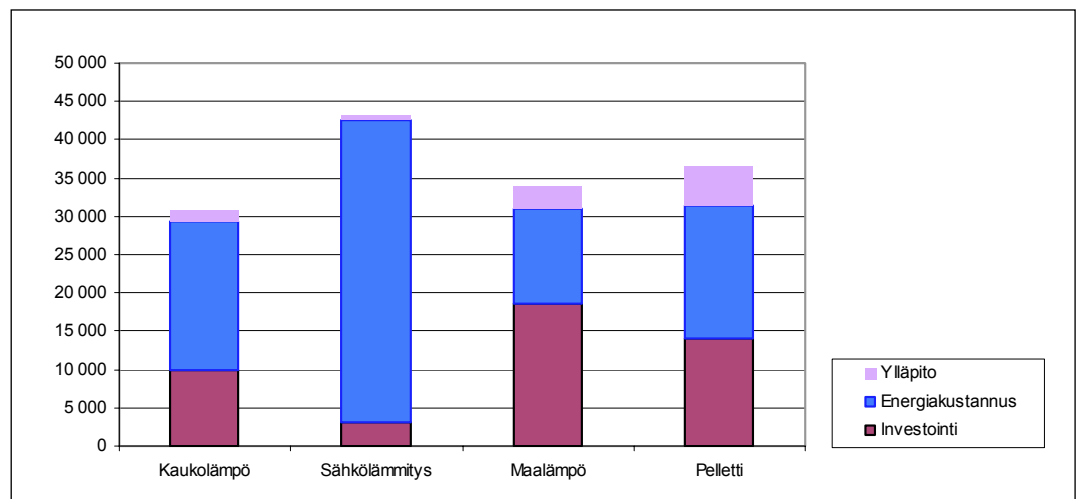
Perusteet

Elinkaarikustannusten vertailun tarkoituksena on selvittää eri energiamuotojen kokonaiskustannuksia.

Energiakustannukset määritettiin neljälle eri lämmitysmuodolle: kaukolämmölle, sähkölle, maalämmölle sekä pellettilämmitykselle. Energiakustannukset muodostuvat lämmitysjärjestelmän investointikustannuksista (rakennuksen käyttäjälle kohdistuvat), käytön aikaisista energiakustannuksista sekä käytön aikaisista ylläpito-kustannuksista. Investointikustannukset ja ylläpito-kustannukset perustuvat Motivan Lämmitysjärjestelmien vertailupalvelusta¹ saatuihin yksikköhintoihin matalaenergia-talolle, joka vastaa lähinnä vuoden 2010 SRMK:n mukaista tyypitaloa.

Tyypitalon kokonaisenergiakustannukset

Kaukolämpö on kahdenkymmenen vuoden suoralla tarkasteluajanjaksolla kokonaiskustannuksiltaan edullisin lämmitysratkaisu tyypitalossa. Sen investointikustannus on kohtuullinen ja energia edullista. Sähkölämmitys on kokonaiskustannuksiltaan kaikista kallein. Investointikustannukset ovat kalleimmat maalämmössä ja edullisimmat suorassa sähkölämmityksessä. Sen sijaan energiakustannuksissa maalämpö on edullisin ja sähkölämmitys kallein lämmitysmuoto. Korkeimmat ylläpito-kustannukset ovat pellettilämmityksessä.



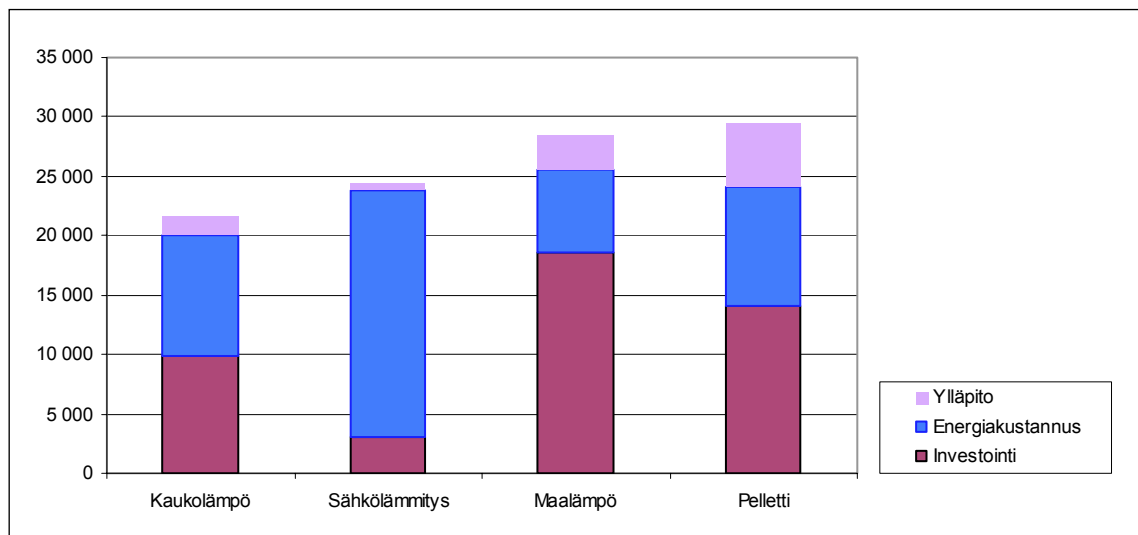
Kuva 12. Energiamuotojen kustannukset (suora takaisinmaksu 20 vuotta) eri lämmitysmuodoilla tyypitalossa (2010 SRMK).

¹ Motiva Oy. Palvelu tarjolla verkko-osoitteessa <http://lammitysjarjestelmat.hosting.ambient.fi/tyypitalovertailu.php>.

Kokonaisenergiakustannus passiivitalossa

Investointikustannusten ja ylläpitokustannusten merkitys painottuu passiivirakennuksessa enemmän kuin tyyppitalossa, koska tarkasteluajanjakson energiakustannukset ovat pienemmät. Tilalämmityksen pienentymisestä huolimatta passiivitalojen lämmityskustannukset eivät kuitenkaan poistu kokonaan. Passiivitalossa merkittävä osa lämmönkulutusta aiheutuu käyttöveden lämmityksestä, joka on suurempaa kuin tilalämmitys.

Passiivirakennuksissa kaukolämmön kokonaiskustannukset ovat tarkasteluajanjaksolla pienimmät. Pellettilämmityksen ja maalämmön korkeat investointikustannukset nostavat kyseiset energiantuotantomuodot kokonaiskustannuksiltaan korkeimmiksi. Edullisesta investointikustannuksesta huolimatta sähkön kustannukset jäävät kaukolämpöä korkeammiksi jo 20 vuoden tarkastelujaksolla.



Kuva 13. Energiamuotojen kustannukset (suora takaisinmaksu 20 vuotta) eri lämmitysmuodoilla passiivitalossa.

Energiatehokkuuden merkittävästä paranemisesta huolimatta kaukolämpö pysyy passiivitalossa edelleen edullisimpana järjestelmänä myös 20 vuoden tarkastelujaksolla. Edullisuus johtuu ensisijaisesti käyttöveden lämmityksen vaatimasta energiasta.

Passiivirakentamisessa korkean investointikustannusten järjestelmien, maalämmön ja pelletin, kannattavuus heikkenee kuitenkin merkittävästi, ja niiden kustannukset jäävät suoraan sähkölämmitystä korkeammiksi 20 vuodessa. Passiivirakennuksissa on lisäksi huomioitava, ettei yllä olevassa kuvassa ole huomioitu lisäkustannuksia passiivitalon rakenteiden toteuttamisesta. (Ks. lisää 4.1.)

4.7 Rakennusmateriaalit

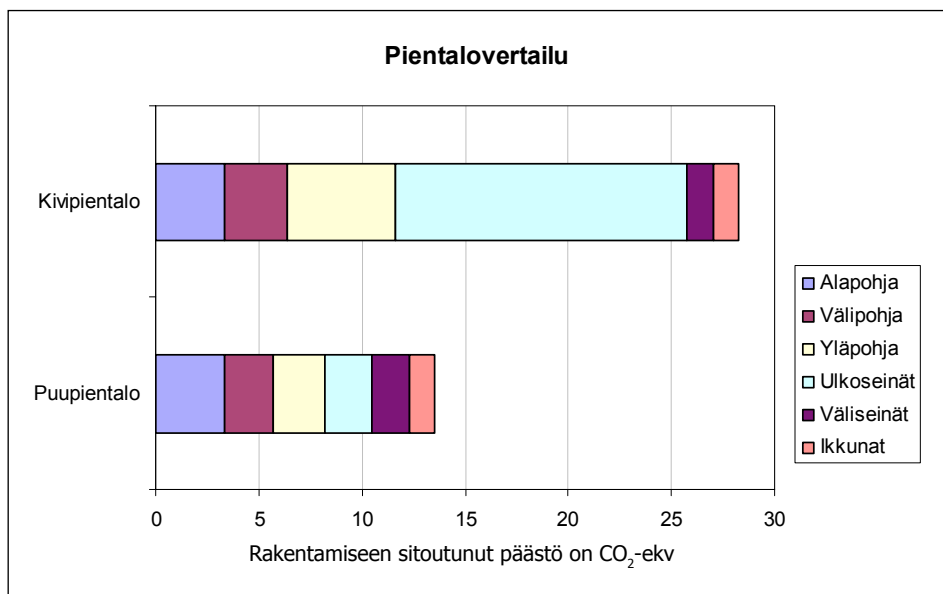
Erilliskysymyksenä tarkasteltiin rakennuksen rakentamisen aiheuttamaa kasvihuonekaasujen päästöä. Tarkastelussa käytettiin edellä (luku 4.3) esiteltyä tyyppirakennusta. Tarkastelussa vertailtiin puurakenteista ja kivirakenteista rakennustyyppiä, joka olisi toteutettu tyyppirakennuksen vaipan aloilla. Tarkastelussa on huomioitu vain vaipan päärakenteet, alapohja, ulkoseinät, ikkunat ja yläpohja sekä väliseinät. Tarkasteltavina vaihtoehtoina olivat kaksikerroksiset matalaenergiavaatimuksilla toteutetut puupientalo sekä kivipientalo.

Puupientalon rakenteet ovat

- maavarainen betonialapohja alapuolisella EPS-eristeellä
- puurunkoinen ulkoseinä 225 mm:n mineraalivillaeristeellä
- puurakenteinen väli- ja yläpohja, jossa yläpohjassa on 400 mm:n eristyspaksuus
- väliseinät puurunkoisina ja kipsilevyrakenteella
- tavanomaiset puualumiini-ikkunat.
-

Kivirakenteisen pientalon rakenteet ovat

- puutaloa vastaava maanvarainen betonialapohja alapuolisella EPS-eristeellä
- ulkoseinärakenteena rapattu höyrykarkaistu lämpöharkko, jossa on eristeenä harkkojen väliin sijoittuva EPS-eriste
- rakennuksen väli- ja yläpohja Siporex-elementeistä, ja yläpohjassa on lisäksi 400 mm:n eristys
- väliseinät muurattu 60 mm:n Siporex-harkoista
- puutaloa vastaavat puualumiini-ikkunat.



Kuva 14. Kivi- ja puupientalon hiilidioksidipäästöjen vertailu.

Rakennusmateriaalien valmistuksesta aiheutuva kasvihuonepäästö CO₂-ekvivalentteina on puupientalossa noin puolet kivrakenteisen pientalon päästöistä. Erotus vastaa noin 8 vuoden vuotuisia kokonaishiilidioksidipäästöjä (lämpö ja sähkö yhteensä) kaukolämmitetyssä matalaenergiapientalossa (M40).

5 Liikenne

Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen kannalta liikennejärjestelyihin vaikuttavat oleellisesti alueen sijainti, koko ja maankäyttö. Suurissa ja pienissä kaupungeissa tai kunnissa tilanteet ovat erilaisia. Suurissa kaupungeissa matkat ovat usein pitkäköjiä. Työpaikat ja palvelut eivät useinkaan sijaitse kävelymatkan etäisyydellä, asukasmäärä on suuri, ja autoliikenne ruuhkautuu.

Suurilla kaupunkiseuduilla väestömäärä antaa mahdollisuuden kehittää vuorotiheydeltään ja palvelutasoltaan hyvin toimivan joukkoliikennejärjestelmän. Usein myös keskusta-alueiden rauhoittaminen on tarkoituksenmukaista. Näitä keinoja ovat autottomat vyöhykkeet, tietullit ja käyttömaksut. Järjestelyt tarvitsevat joukkoliikenteeseen ja pysäköintiin liittyviä tukitoimia.

Pienissä taajamissa kävely ja pyöräily ovat usein joukkoliikennettä tärkeämmässä roolissa etenkin taajaman sisällä liikuttaessa. Ongelmana on usein yhdyskuntarakenne hajoaminen, kun erillisiä asuinalueita tai palvelukeskittymiä rakennetaan usean kilometrin päähän keskustaajamasta. Tällöin syntyy pitkäköjiä matkatarpeita. Kevyen liikenteen kilpailukyky heikkenee jyrkästi, kun matkojen pituudet kasvavat. Vastaavia ongelmia syntyy myös suurilla kaupunkiseuduilla.

5.1 Kulkumuodot

Kulkumuotovalinnoilla on suuri merkitys liikenteen energiankulutukseen. Energiakulutusta lisäävät eniten yksityisautoilu ja henkilöauton käyttö matkojen tekemiseen. Joukkoliikenteen energiatehokkuus on selvästi parempi suuremman kuljetuskapasiteetin vuoksi. Kevyt liikenne on ympäristöystävällisin kulkumuoto.

Kuljutapajakaumaan vaikuttavat useat eri tekijät:

- matkaan liittyvät tekijät: pituus, sujuvuus, matka-aika ym.
- suorittajaan liittyvät tekijät: terveys, ikä, henkilömäärä ym.
- käytössä olevaan liikennejärjestelmään liittyvät tekijät: saavutettavuus, hinnoittelu, joukkoliikennejärjestelmä, kevytliikennejärjestelmä, pysäköinti-järjestelmä, auton omistus ym.
- maankäyttöön liittyvät tekijät: lähtö- ja määräpaikan sijainti, kaupungin koko, asuinalueen sijainti keskustaan nähden, palveluiden sijainti, alueen tiiviys ym.

Liikennejärjestelmän energiankulutukseen ja hiilipäästöihin voidaan vaikuttaa edistämällä joukkoliikenteen käytön edellytyksiä ja houkuttelevuutta. Tähän voidaan vaikuttaa lyhentämällä matka-aikaa ja parantamalla matkan sujuvuutta muun muassa matkaketjujen toimivuutta ja liityntämahdollisuuksia kehittämällä. Informaatiojärjestelmän kehittäminen, oikeat kalustovalinnat ja esimerkiksi kutsutaksijärjestelmät tekevät joukkoliikenteestä helpompikäyttöisemmän. Alhaisemmalla hinnoittelulla, subventoinilla ja lainsäädännöllisillä toimenpiteillä (verotus, työsuhdeliput) voidaan vaikuttaa siihen, että joukkoliikenne koetaan taloudellisesti rationaaliseksi valinnaksi.

Kevyen liikenteen väylien tason parantaminen, linjauksien ja pystygeometrian parantaminen sekä kevyen liikenteen verkoston kehittäminen helpottavat kulkemista ja kannustavat sen käyttöön. Myös turvallisuuden parantaminen lisää kevyen liikenteen houkuttelevuutta.

Liikenteen kulkumuotojakaumaan voidaan vaikuttaa myös kimpakkyytejä edistämällä. Tämä onnistuu parhaiten työpaikka-alueilla, joissa työaika on yhtenäinen. Työnantajan järjestämät yhteiskuljetukset, esimerkiksi pikkubusseilla, voivat olla käytännön toimenpide kimpakkyyteihin.

On merkittävää, ettei pelkkä pyrkimys vaikuttaa kulkutapaan lisäämällä joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen houkuttelevuutta riitä vaikuttamaan radikaalisti kulkutapajakaumaan. ellei maankäyttöratkaisuissa ole otettu huomioon liikennetarpeen syntymiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten palvelujen ja työpaikka-alueiden sijaintia. On myös huomattava, että joukkoliikennetkaisu ja paikalliset palvelut ovat alueen väestömäärästä riippuvaisia.

Asuntoalueilla ulkosyöttötyyppinen liikennetkaisu on usein toimiva, sillä se vähentää alueen sisäistä autoliikennettä, erityisesti läpiajoliikennettä, ja parantaa liikenneturvallisuutta. Mikäli alue sijaitsee kaukana palveluista ja työpaikoista, sisäisellä liikennetkaisuilla ei ole juuri merkitystä pitkien automatkojen määriin. Autoliikenteen ajorytmin tasaisuutta edistävät toimenpiteet, kuten liikenteen ohjauksen ja hallinnan keinot, ovat energiataloudellisesti ja päästöjen kannalta perusteltuja. Keski-Euroopassa on saavutettu merkittäviä kasvuprosentteja kevyen liikenteen kulkutapaosuuksissa, kun kulkutapaa on suosittu voimakkaasti koko ovelta ovelle -matkalla.

5.2 Tekninen kehitys

Henkilöautojen kehittäminen entistä vähemmän energiaa kuluttaviksi ja vähäpäästöisiksi on ollut viime vuosina merkittävää. Moottori-, voimansiirto-, kori- ym. tekniikan kehityksessä polttoainekulutus vähenee. Viime vuosina on polttomoottoritekniikan parantamisen lisäksi kehitetty myös muita autotyyppejä:

- sähköautot: hyödyn suuruus riippuvainen lataussähkön tuotantotavasta
- hybridautot: polttomoottori kytketty pyörittämään generaattoria
- polttokennoautot: vedyllä ja hapella tuotettu sähkö
- pienet kaupunkiautot, skootterit ja mopoautot
- sähköpolkupyörät.

Osa uusista tekniikoista on vielä kalliita, eivätkä ne ole siksi vielä yleistyneet. Lainsäädännöllä, maksuilla, määräyksillä ja verotuksella voidaan vaikuttaa myös energiankulutukseen ja autokannan uudistumiseen vähäpäästöisemmäksi.

Joukkoliikenteessä ollaan myös siirtymässä yhä ympäristöystävällisempiin moottoreihin, ja johdinauto- sekä raitiovaunuliikenne elävät uutta renessanssiaan. Myös uusien, yksilöllisempien julkisten järjestelmien, muun muassa Citycar, APGM ym., kehittäminen on käynnistynyt. Nämä järjestelmät vaativat kuitenkin laajan asukas-pohjan toimiakseen. Lisäksi kehitetään liikenteen reittiohjauksen ja kulun automati-sointijärjestelmiä, joilla liikenne saadaan sujuvammaksi.

5.3 Liikkumistarve

Tehokkain tapa hillitä liikenteen aiheuttamaa energiakulutusta on vaikuttaa liikku-mistarpeeseen jo kaavoitusvaiheessa. Kaava-alueen sijainti keskustaan, työpaikka-alueisiin ja palveluihin nähdessä vaikuttaa eniten kulkutapajakaumaan. Porvoon henkilötutkimuksissa havaittiin, että lähes 90 prosenttia alle kilometrin pituisista matkoista on kevyen liikenteen matkoja. Niin sanotuissa jalankulku- ja pyörämatkoissa matkat kotoa palveluihin ja työpaikkoihin ovat lyhyitä. Kaupungin tiivistäminen ja nykyiseen rakenteeseen tukeutuva laajentaminen lyhentää matkojen pituuksia. Suurissa kaupungeissa joukkoliikenteellä, keskustojen rauhoittamisella ja pysäköinti-politiikalla on huomattava henkilöautoliikenteen määrää rajoittava merkitys.

Jos suunniteltava kaava-alue sijaitsee usean kilometrin päässä keskustasta ja pal-veluista, alueen sisäisistä ratkaisuksista huolimatta matkat ovat pitkiä. Henkilöauton käyttö lisääntyy varsinkin silloin, kun tehokkaalle joukkoliikennenyhteydelle ei ole riittävää väestöpohjaa.

Toimintojen sijoittelulla voidaan vaikuttaa myös matkojen pituuksiin. Mitä omava-raisempi alue on työpaikkojen ja palvelujen suhteen, sitä useammin matkat ovat lyhyitä ja liikennesuorite pienenee. Esimerkiksi Porvoossa päivittäistavaroiden ostos-matkojen osuus matkoista on ollut yli 14 prosenttia. Jos ostokset tehdään alueen sisällä, vaikuttaa se suoritteeseen noin 6 prosenttia. Paikalliset ostoskeskukset, koulut, kirjastot, mahdolliset etätyöskentelypisteet, alueelliset työpaikat ym. vähentävät liikkumistarvetta. Kuitenkin kaupalliset palvelut tarvitsevat riittävän väestö-määrän ollakseen kannattavia, mikä luonnollisesti vaikuttaa käytännössä palvelujen sijoittumiseen.

6 Hulevedet ja pienilmasto

Tässä luvussa keskitytään hulevesien luonnonmukaiseen käsittelyyn ja pienilmaston merkitykseen viihtyisän elinympäristön osatekijöinä. Hulevesien luonnonmukainen käsittely ei liity suoraviivaisesti energiatehokkuuteen, mutta on merkittävä tekijä, kun puhutaan ilmastomuutoksen huomioimisesta maankäytön suunnittelussa ja kestävästä kehityksestä. Siksi hulevesien luonnonmukaisen käsittelyn tutkiminen haluttiin ottaa mukaan osaksi Skaftkärrin kaavarunkohanketta. Pienilmaston merkityksestä alueen energiatehokkuuteen ei ole ollut selkeää käsitystä, ja myös sitä haluttiin tutkia tarkemmin.

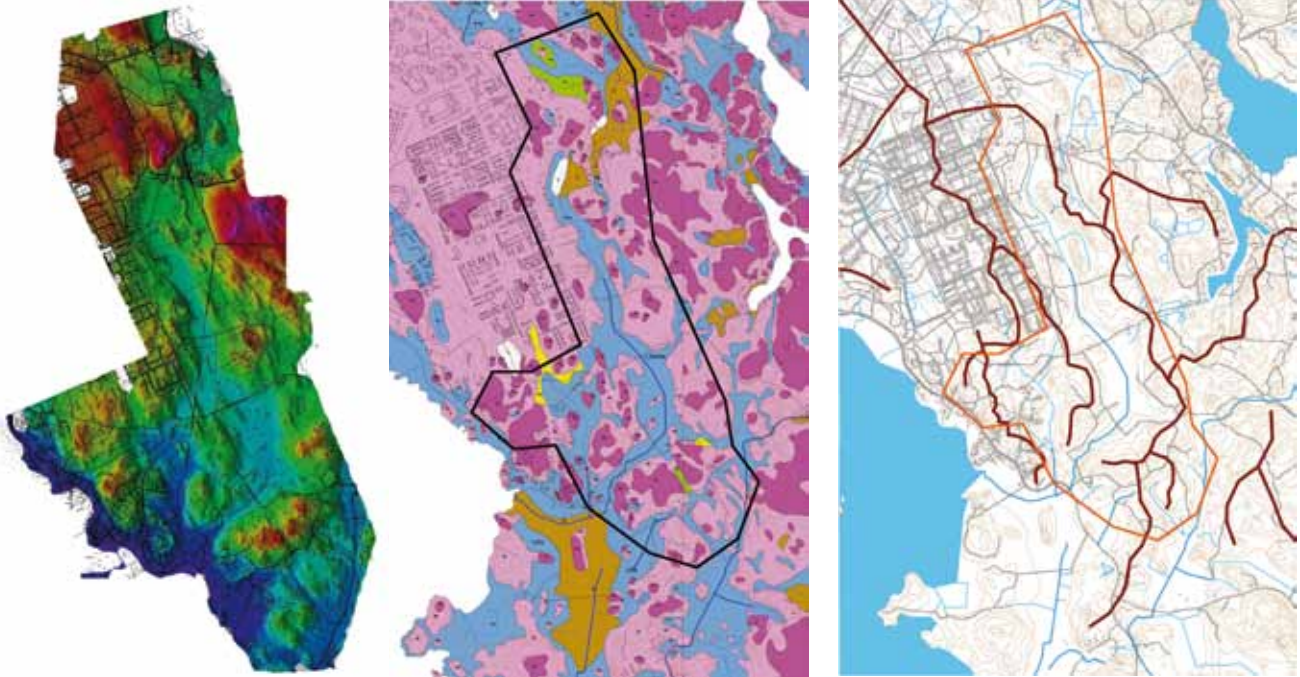
6.1 Hulevedet

Hulevesillä tarkoitetaan rakennetuilla alueilla muodostuvaa sade- tai sulamisvesien aiheuttamaa pintavaluntaa. Valunnalla tarkoitetaan sitä osaa sadannasta, joka virtaa vesistöä kohti maanpinnalla, maaperässä tai kallioperässä. Kun luonnontilaisia alueita rakennetaan, veden normaali kiertokulku muuttuu. Se johtuu luontaisen kasvillisuuden sekä vettä pidättävän maan pintakerroksen poistamisesta, painanteiden tasaamisesta ja heikosti vettä läpäisevien pintojen rakentamisesta. Kun veden haihdunta- ja imeytymismahdollisuudet heikentyvät, veden pintavalunta nopeutuu. Lisääntynyt ja nopeutunut pintavalunta huuhtoo valumapinnoilta mukaansa enemmän erilaisia epäpuhtauksia, kuten kiintoainesta, ravinteita sekä bakteereita. Vesimäärien lisääntyessä eroosio lisääntyy ja tulvariski kasvaa. Hulevesien aiheuttamien haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi on suunniteltu niin sanottuja luonnonmukaisia hallintamenetelmiä. Niiden avulla hulevesien määrää ja laatua pyritään kontrolloimaan siten, että rakentamisen jälkeen alueen veden kiertokulku olisi mahdollisimman paljon luonnontilaisen kaltainen.

Luonnonmukainen hulevesikäsittely liittyy välillisesti useammalla tavalla elinympäristön laatuun. Alueen luonnollinen vesitasapaino mahdollistaa kasvien ja eläinten elinolojen sekä pohjavedenpinnan säilymisen. Viheralueet ja kasvillisuus parantavat kaupunki-ilman laatua, sitovat pienhiukkasia, tasaavat ilmankosteutta ja vaikuttavat merkittävästi asukkaiden hyvinvointiin. Hulevesien luonnonmukainen käsittely ja oikein mitoitettut rakenneratkaisut edesauttavat ilmastomuutokseen sopeutumisessa. Luonnonmukainen käsittely saattaa lisäksi mahdollistaa säästöjä kunnallisteknisissä rakennuskustannuksissa.

Skaftkärrin lähtötilanne

Jotta hulevesien luonnonmukainen käsittely on mahdollista, suunnittelualueen nykytilanne on ensin kartoitettava eli on tutkittava alueen topografia, maaperä ja nykyinen vesitase. Kun näitä tietoja yhdistetään alueelle tehtyihin maankäytön suunnitelmiin, on mahdollista selvittää suunnitellun rakentamisen vaikutuksia vesitaseeseen ja hulevesien muodostumiseen. Alueelle voidaan määrittää niin sanottu hulevesistrategia eli peruseriaatteet käytettävistä luonnonmukaisista hulevesien käsittelymenetelmistä, joita hyödynnetään tarkemmassa suunnittelussa ja rakenteiden mitoituksessa.

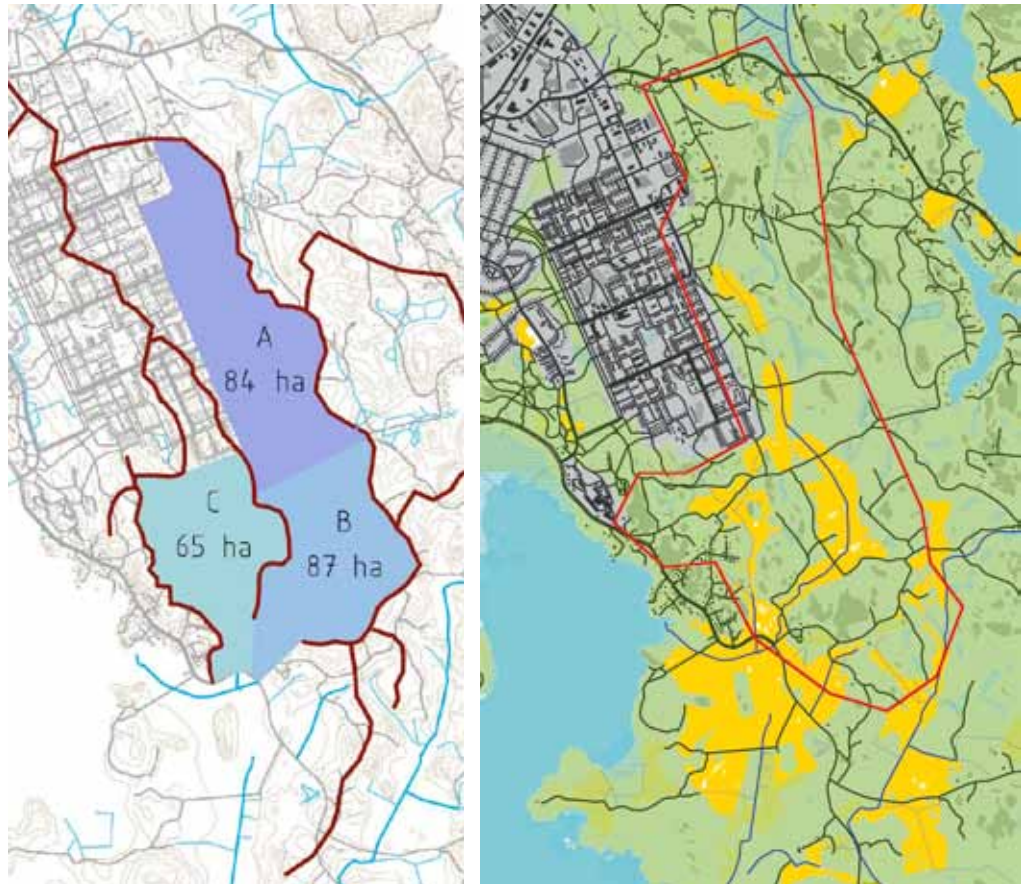


Kuva 15. Skaftkärrin maastomalli, maaperä ja valuma-alueet.

Skaftkärrissä suunnittelualueen topografia on selkeä: reunoja kehystävät moreeni- ja kallioselänteet, ja keskelle jää savilaakso. Selänteet toimivat vedenjakajina, ja laakson keskellä kulkee pintavesiuoma, joka kerää alueen hulevedet ja purkaa ne suunnittelualueen etelä- tai lounaispuolella mereen Kaupunginselälle. Alue ei sijaitse pohjavesialueella. Alueella on paineellista pohjavettä, ja pohjaveden korkeus on todennäköisesti korkea.

Hulevesitarkastelu on suoritettu kahdelle eri valuma-alueelle, jotka jäävät suunnittelualueen länsi- ja itäreunoilla kulkevien vedenjakajien väliin. Näistä idänpuoleinen suurempi valuma-alue on jaettu kahtia, jotta rakentamisen vaikutukset nykytilanteeseen saataisiin paremmin mallinnettua. Suunnittelualueen länsipuolella on Kevät-kummun asuinalue, jossa hulevedet viemäroidään kokonaisuudessaan sadevesiviemäriin. Siten Kevät-kummun alue on rajattu pois hulevesitarkastelusta.

Hulevesimäärien laskemisessa on käytetty mitoituserustana kerran viidessä vuodessa toistuvaa 10 minuutin rankkasadetta, joka on voimakkuudeltaan 160 l/s*ha (Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmä). Hulevesien määrittämisessä käytetään valumiskerrointa. Se osoittaa valuma-alueelta pintavaluntana poistuvan veden osuuden, joka jää alueelle satavasta kokonaisvesimäärästä erilaisten häviöiden, kuten haihtumisen, pintavarastoitumisen, imeytymisen ja pidättymisen, jälkeen. Erilaisilla pinnoilla on erilaiset valumiskertoimet, joten Skaftkärrin tarkastelualuekin on jaettu erityyppisiin pintoihin (pelto, niitty, kalliainen metsä, tasainen metsä ja erityyppiset rakennetut alueet), joiden avulla on määritetty valuma-alueen keskimääräinen valumiskerroin.

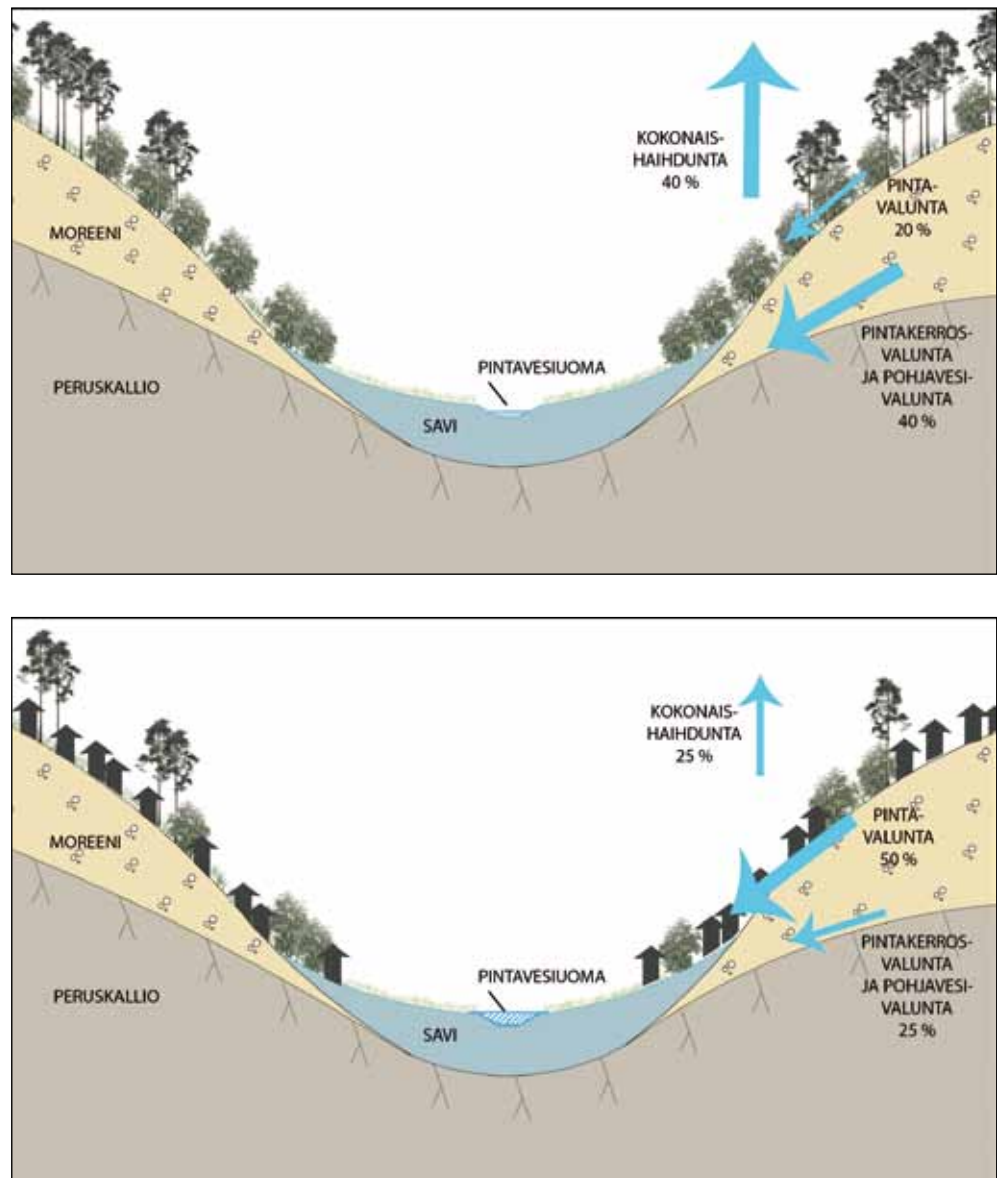


Kuva 16. Skafkärrin valuma-alueiden laajuus ja alueen miljööttyypit (keltainen pelto, vihreä metsä).

6.1.1 Maankäytön vaikutus hulevesiin

Kun luonnontilaisia alueita rakennetaan, veden normaali kiertokulku muuttuu. Se johtuu luontaisen kasvillisuuden sekä vettä pidättävän maan pintakerroksen poistamisesta, painanteiden tasaamisesta ja heikosti vettä läpäisevien pintojen rakentamisesta. Kun veden haihdunta- ja imeytymismahdollisuudet heikentyvät, veden pintavalunta nopeutuu. Lisääntynyt ja nopeutunut pintavalunta huuhtoo valumapinoilta mukaansa enemmän erilaisia epäpuhtauksia ja aiheuttaa eroosiota sekä tulvimista purku-uomissa. Tavoitteena tulisikin olla, että veden kiertokulku säilytettäisiin alueella niin, että se vastaisi mahdollisimman pitkälle luonnontilaa.

Arvioitaessa maankäytön vaikutuksia hulevesivaluntaan Skaftkärrin aluetta tarkasteltiin kahden vaihtoehdoisen maankäytön painopisteen avulla. Vaihtoehdossa 1 rakentamisen pääpainopiste on pohjoisessa, valuma-alueen yläosassa, ja vaihtoehdossa 2 rakentamisen painopiste on etelässä, valuma-alueen alaosassa. Näille rakentamisen painopistealueille on määritetty omat valumakerroimet (Katu 2002), ja näin on saatu laskettua vaihtoehtoisten maankäytön painopistealueiden vaikutus hulevesien määrään. Valumakerrointa määritettäessä on huomioitu, että katu- ja viherrakentamisessa pyritään soveltamaan erilaisia hulevesien imeyttämiskeinoja.



Kuva 17. Rakentamisen vaikutus hulevesivirtaamiin.

Taulukko 4. Hulevesimäärät (kuutioita).

	Nykytilanne	VE 1 (maankäytön pääpaino poh- joisosassa)	VE 2 (maankäytön pääpaino etelä- ja lounaisosassa)
alue A	1 130	2 460	1 793
alue B	1 170	1 102	1 690
alue C	880	1 104	1 104

Taulukko 5 tuo hyvin esiin sen, että jos valuma-alueen alaosassa on eniten päällystettyä pintaa, virtaaman vaihtelujen vaikutukset jäävät pienemmiksi kuin jos päällystettyä pintaa onkin eniten yläosassa (Tornivaara-Ruikka).

6.1.2 Hulevesien hallintamenetelmät

Hulevesien hallinta tulisi suunnitella kokonaisvaltaisesti, jolloin useita erilaisia menetelmiä yhdistämällä päästään parhaaseen lopputulokseen. Eri menetelmät soveltuvat eri alueille maaperäolosuhteista, pinnanmuodoista ja kaltevuuksista riippuen. Lisäksi menetelmien valintaan vaikuttaa keskeisesti alueen suunniteltu maankäyttö. Hallintatoimet tulee suunnitella tapauskohtaisesti todellisen tarpeen ja alueen erityispiirteiden mukaan. Keskeiset hulevesien luonnonmukaisen käsittelyn keinot ovat

- päällystettyjen pintojen minimoiminen
- syntyneiden hulevesien imeyttäminen maaperään
- epäpuhtauksien vähentäminen hulevesistä suodattamalla, laskeuttamalla ja kasvillisuuden avulla
- hulevesien viivyttäminen eli pintavalunnan jakaminen pitkälle ajanjaksolle.

Taulukko 5. Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmien soveltuvuus erityyppiseen maankäyttöön (mukailten Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät). Vihreä väri osoittaa, että menetelmä soveltuu hyvin kyseiselle alueelle, ja punainen väri osoittaa, että menetelmä sopii alueelle huonosti.

	Pien- ja rivitalo-alueet	Kerros-talo-alueet	Liikenne-alueet	Tiheästi rakennetut alueet	Viheralueet
Hulevesien vähentäminen					
läpäisevät päällysteet	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
imeytyspainanteet	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green
Hulevesien johtaminen					
kourut	Yellow	Green	Red	Yellow	Red
viherpainanteet	Green	Green	Green	Red	Green
rakennetut kanavat ja purot	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
Hulevesien viivyttäminen					
kosteikot ja lammikot	Green	Yellow	Red	Red	Green
viivytykskaivannot ja -säiliöt	Red	Yellow	Red	Green	Yellow

Menetelmien valinnan jälkeen hulevesien käsittelyn vaatima tila tulee huomioida alueen mitoituksessa. Hulevesien luonnonmukaiset hallintamenetelmät vaativat perinteiseen sadevesi-viemärointiin verrattuna enemmän tilaa, ja kustannukset, etenkin ylläpitokustannukset, ovat sadevesiviemärointiä suuremmat.

Hallintamenetelmät voivat olla hyvin rakennettuja aiheita, jolloin pääpaino on vesien johtamisessa pois alueelta. Ne voivat olla myös pehmeäpintaisempia, luonnonmukaisempia aiheita, jolloin johtamisen lisäksi voidaan samalla imeyttää vesiä. Rakennetut kanaalit ja purot sopivat parhaiten tiiviisti rakennetuille alueille, joissa on paljon kovia pintoja ja vesimäärät ääreviä. Luonnonmukaisemmat imeytyspainanteet ja kosteikot sopivat paremmin väljemmille asuin- ja virkistysalueille, joissa niillä on merkitystä paikallisen vesitaseen ylläpidossa sekä veden luonnonmukaisen kiertokulun säilyttämisessä.

6.2 Jätevesien paikallinen käsittely

Suomessa jätevesien käsittely hoidetaan joko keskistetyksi viemäröimällä tai paikallisilla käsittelyjärjestelmillä. Paikalliset käsittelyjärjestelmät ovat käytössä lähinnä haja-asutusalueilla. Jätevesien paikallista käsittelyä on kokeiltu asuinalueilla vaihtelevin tuloksin esimerkiksi Ruotsissa ja Englannissa. Tämän työn yhteydessä tehdyissä alustavissa tarkasteluissa on punnittu karkealla tasolla vaihtoehtoja jätevesien käsittelemiseksi paikallisessa pienpuhdistamossa. Lisäksi on selvitetty jätevesien johtamismahdollisuutta Porvoon olemassa olevalle Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamolle. Skaftkärr-projektin yhteydessä laskettiin myös vesihuollon järjestämisen kokonaisenergiankulutusta ja myös puhtaan veden hankinta otettiin huomioon. Laskelmien pohjalta tehtiin johtopäätös, että vesihuollon järjestämisen energiankulutus on alueen tai rakennuksen kannalta niin vähäinen, ettei sillä ole merkitsevää vaikutusta alueen tai rakennuksen energiatehokkuudelle.

Paikallispuhdistamon toteutusvaihtoehtoa ei tässä vaiheessa voida pitää suositeltavana ratkaisuna useista eri syistä:

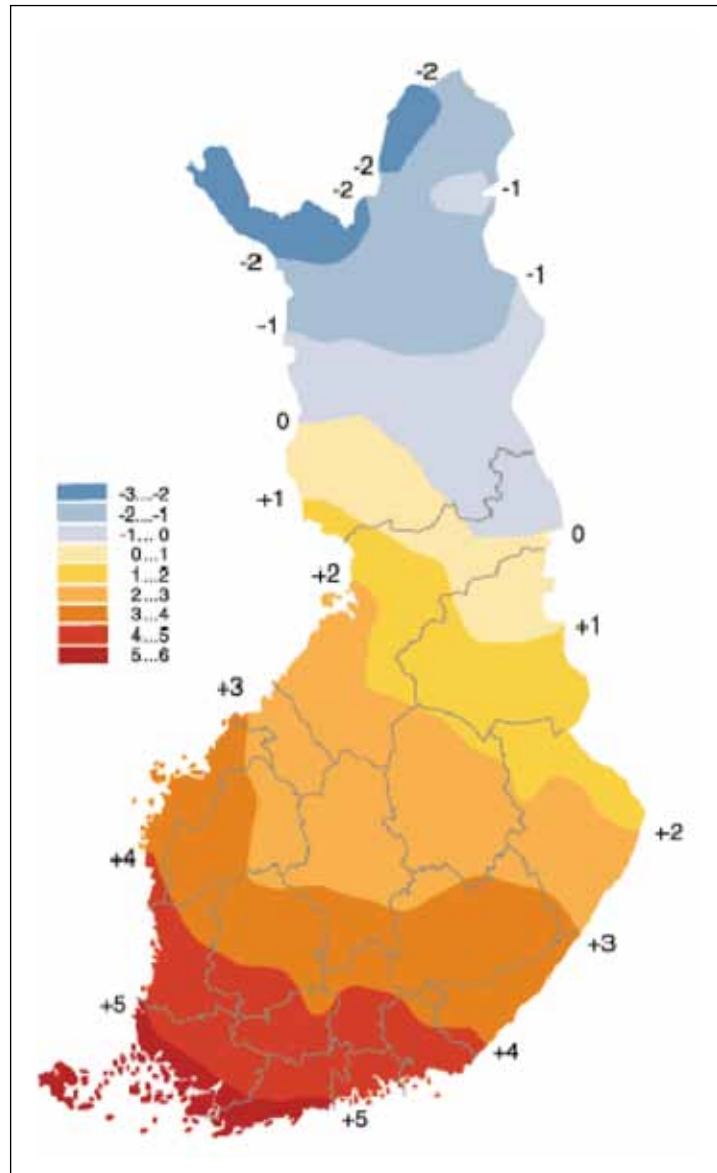
- Paikallispuhdistamon kustannustehokas toteuttaminen edellyttää vaiheittain rakennettavassa kohteessa useisiin eri ajankohtana valmistuviin puhdistamoihin perustuvaa toteutusta.
- Pienpuhdistamoiden toimintavarmuus ja ylläpitotarve on usein heikompi kuin hyvin toimivan keskuspuhdistamon.
- Pienpuhdistamon investointi- ja käyttökustannukset muodostuvat todennäköisesti olemassa olevan, hyvin toimivan puhdistamon kustannuksia kalliimmiksi.
- Pienpuhdistamoiden toteutus edellyttää myös erillisen purkuputken rakentamista mereen, jotta puhdistetut jätevedet voidaan johtaa vesistöön.
- Pienpuhdistamoiden ylläpidosta aiheutuu rakentamisen aikaisten ympäristövaikutusten lisäksi muita ympäristövaikutuksia, kuten kemikaali- ja lietekuljetusten raskas liikenne sekä riski toimintahäiriöiden aikaisista hajuhaitoista.
- Porvoon Hermanninsaaren puhdistamolla käsitellään nykyisin yli 36 000 asukkaan jätevedet. Kaavoituksen edetessä on suositeltavaa selvittää Skaftkärrin alueen jätevesien viemäröintimahdollisuus Hermanninsaaren puhdistamolle.
- Hermanninsaaren puhdistamo on hyvin toimiva, vuonna 2001 toimintansa aloittanut jätevedenpuhdistamo, jossa on saavutettu ympäristöluvan mukainen jätevesien käsittelytaso. Puhdistettu jätevesi puretaan Svartbäckinselälle.

6.3 Pienilmaston vaikutus elinympäristön laatuun

Paikallis-, pien- ja lähi-ilmastolla tarkoitetaan ilmasto-oloja, jotka esiintyvät pienellä alueella. Ne ovat riippuvaisia suurilmasto-oloista, paikallisesta korkokuvasta, maaperästä, kasvillisuudesta ja vesiloista. Paikalliset ilmasto-olosuhteet muuttavat suurilmastoa parempaan tai huonompaan suuntaan. *Pienilmasto* tarkoittaa maanpinnan eli kasvukerroksen yläpuolella olevaa kahden metrin paksuista ilmakerrosta. Tuuli ja lämpö ovat tärkeimmät rakennettuun ympäristöön vaikuttavat säätekijät. Pienilmastoa parantavia toimenpiteitä voidaan tehdä sekä yhdyskunta- että rakennussuunnittelun yhteydessä. *Paikallisilmastoa* muovaavat maaston pinnanmuodot, kasvillisuus, vesipinnat, rakennukset ja rakenteet. Paikallisilmastoon on vaikeampi vaikuttaa, ja vain massiiviset maankäytön ja pinnantasauksen muutokset muuttavat paikallisilmastoa.

6.3.1 Porvoon sijainnin merkitys pienilmaston kannalta

Porvoon maantieteellinen sijainti etelärannikolla antaa hyvät edellytykset energiatehokkuuteen ilmastotekijöitä hyödyntäen. Rannikolla vuoden auringonpaisteaika (1 800) on koko maan keskiarvoa (1 600) parempi. Vuoden keskilämpötila on rannikolla korkein (+4 °C). Lämmitysastepäiväluku lasketaan lämmityspäivien sisälämpötilan ja ulkoilman vuorokausikeskilämpötilojen erotuksien summasta. Asteluku vaikuttaa selvästi lämmityskustannuksiin. Keskimääräinen lämmitysastepäiväluku on Suomessa 4 000–6 800 °C ja Porvoossa 4 400 °C. (Varkia 2004.)



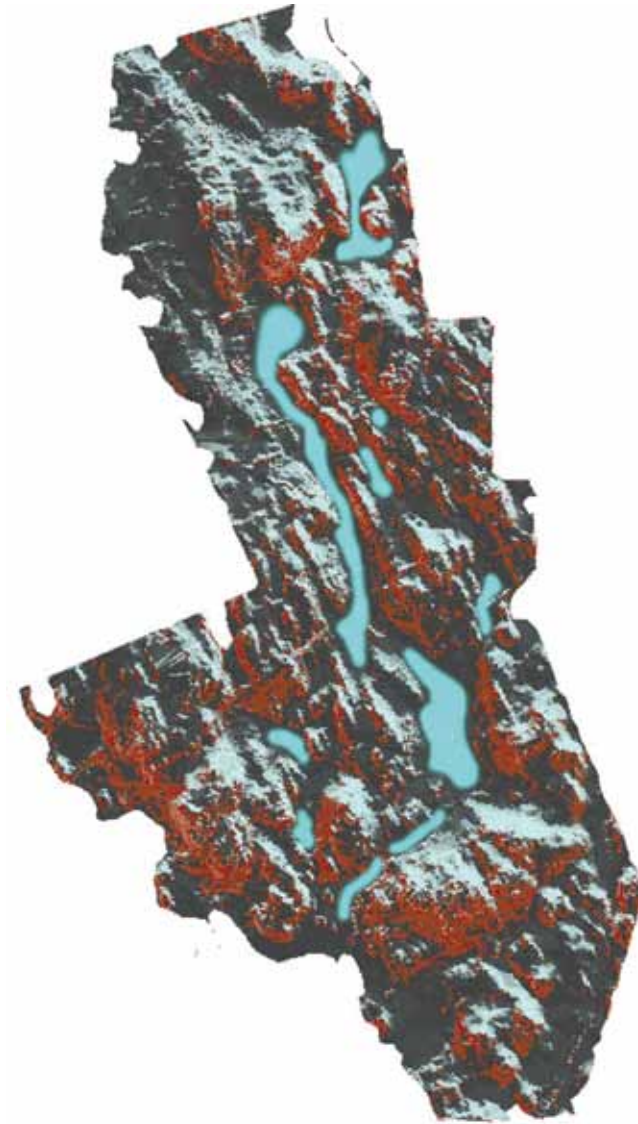
Kuva 18. Vuoden keskilämpötila Suomessa (Ilmatieteenlaitos).

Eteläisessä Suomessa tuulee keskimäärin eniten lounaasta. Tuulen keskimääräinen nopeus on suurimmillaan syksyllä ja pienin kesällä, sisämaassa keskimäärin 3–4 m/s ja merialueilla 5–7 m/s (Varkia 2004). Porvoon sijainti meren rannalla lisää kovien tuulien määrää ja nopeutta. Tuulen nopeudet ovat rannikolla keskimäärin kaksinkertaiset sisämaahan verrattuna. Tuulen nopeus vähenee sisämaahan päin mentäessä siten, että voimakastuulinen vyöhyke ulottuu noin 15 kilometriä rannikolta sisämaahan, ja 40 kilometrin päässä sisämaassa rannikon vaikutusta ei enää voi havaita. (Kuismanen 2005.)

6.3.2 Suunnittelualueen pienilmastotekijät

Suunnittelualueen topografia on selkeä: reunoja kehystävät moreeni- ja kallioselänteet, ja keskelle jää savilaakso. Maastonmuodot ovat vaihtelevat, ja rinnealueita on paljon. Teoreettisilla laskelmilla on päätelty, että Suomessa etelään päin kallistuva (30–60°) pinta saa keskimäärin eniten säteilyä vuodessa (Varkia 2004). Näin jyrkille rinnealueille on tietysti vaikea sijoittaa rakentamista. Toisaalta Pöyry Building Service Oy:n suorittamissa mittauksissa on todettu, että rakennuksen ikkunapinta-alan suuntauksella aurinkoa kohden voidaan saavuttaa vain pieniä säästöjä energiankulutuksessa (Holmanpuisto II).

Alueen sijainti aivan meren rannassa vaikuttaa merkittävästi pienilmastoon noin 20 kilometrin päähän sisämaahan (Kuismanen 2005). Kevät ja alkukesä ovat viileämpiä ja syksy lämpimämpi veden läheisyydessä kuin muualla. Paikalliset ilmavirtaukset käyvät päivällä vedeltä maalle ja yöllä maalta vedelle, ja ne viilentävät rantaa päivällä ja lämmittävät sitä yöllä.



Kuva 19. Skaftkärren pienilmastokartta. Punaisella on merkitty ne rinnealueet, jotka saavat eniten auringon säteilyenergiaa ja ovat siis pienilmastollisesti miellyttävimpiä alueita. Vaalean siniharmaalla on merkitty varjoiset pohjoisen puoleiset rinnealueet, jotka saavat alueella vähiten auringon säteilyenergiaa. Turkoosit alueet ovat potentiaalisia kylmänilmanjärviä, joihin kylmä ilma laskeutuu öisin.

Maaperä vaikuttaa voimakkaasti pienilmastoon. Kallioalueet ja karkeajakoiset mineraalimaalajit, kuten moreeni ja hiekka, sitovat auringon lämpösäteilyä päivisin ja luovuttavat sitä auringon laskettua. Ne siis tasaavat pienilmastoa paikallisesti ja tekevät siitä miellyttävämmän. Sen sijaan savialueilla on paikallisilmastoa heikentävä vaikutus, ja savilaaksot muodostavat usein kylmänilmanjärviä. Ilman ominaisuuksiin kuuluu, että se tulee jäähtyessään painavammaksi. Kylmät ilmamassat painuvat lähemmäksi maanpintaa ja alas laaksoalueille. Lisäksi saveen on sitoutunut paljon kosteutta, joka pitää maaperän viileänä.

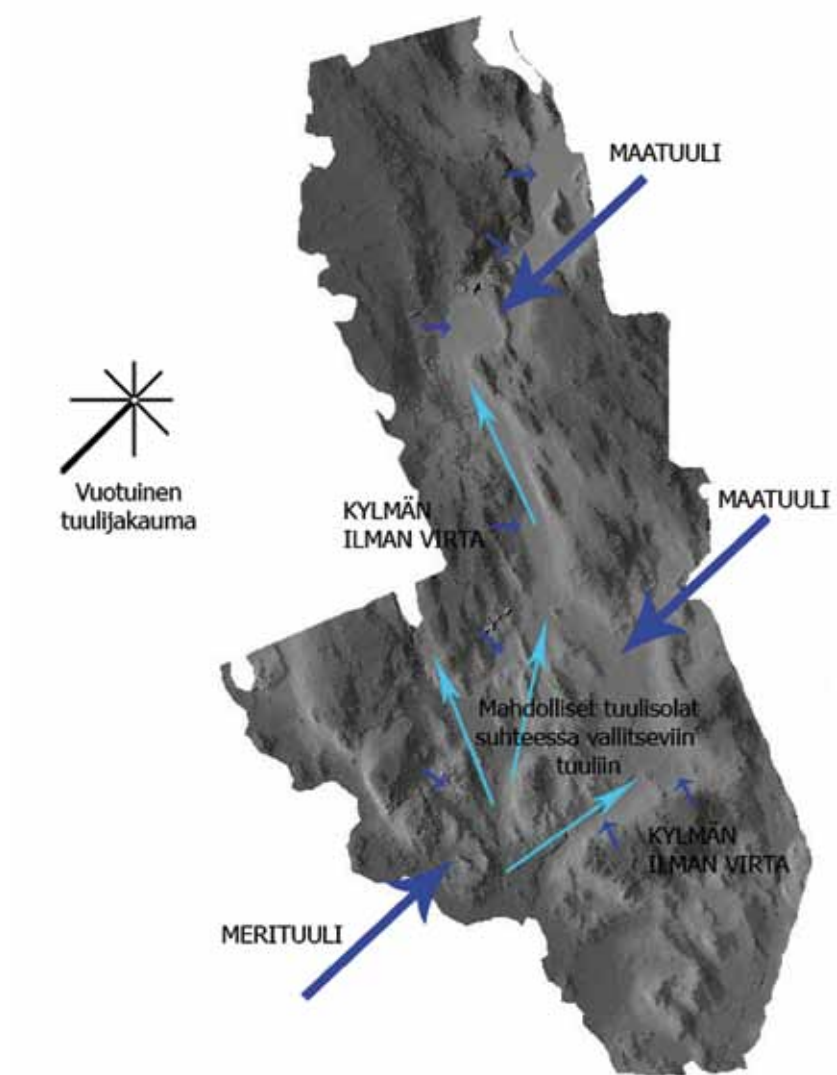
6.3.3 Tuulisuuden merkitys

Tuulisuudella on oleellinen merkitys lämpötilan kokemiseen. Tuulisuus vähentää kasvillisuuden menestymistä, tekee ulkotiloista epäviihtyisiä ja nostaa rakennusten lämmitys- tai rakennuskustannuksia. Suunnittelun kannalta on tärkeintä tuntee voimakkaimpien sekä kylmien tuulien yleisimmät suunnat. Tuulisuuteen (pintatuuliin) vaikuttavat maanpinnan muodot ja korkeuserot. Tuulisuutta lisäävät muun muassa pitkät tuulensuuntaiset laaksot (tuulisolat) ja rakennusten väliset aukot, aukeat sekä tuulenvastaiset rinteet ja kovat, rakennetut pinnat.

Muutaman sekuntimetrin muutos tuulennopeudessa koetaan jopa viiden asteen lämpötilaerona. Erityisesti parvekkeet ja leikkipaikat tarvitsevat suojausta, koska jo virtaus, joka on muutaman metrin sekunnissa, aiheuttaa lämpöaistimuksena 5–10 asteen alenemisen. Yli 5 m/s suuremmissa tuulennopeuksissa myös tuulenpaine aletaan kokea kiusallisena, etenkin jos tuuli on puuskittaista. Puuskittaisessa tuulesa, jossa on suuria virtausnopeuden muutoksia, tuulenpaine aiheuttaa hetkellisiä, sivulta suuntautuvia työntövoimia. Puuskittaisessa kovassa tuulesa kaatumis- ja loukkaantumisriski on suuri varsinkin talviolosuhteissa. Esimerkiksi rakennusten nurkissa on usein voimakkaita pyörrevirtauksia.

Paikalliset tuulisuusolot

Suomen etelärannikolla vallitseva tuulensuunta on lounainen, ja Skaftkärrin suunnittelualueen sijainti meren rannassa lisää paikan tuulisuutta. Alueella avautuu laakso-painanteita juuri lounasta kohden. Ne saattavat muodostaa paikallisia tuulensolia, joissa tuulen nopeus kasvaa ilmavirran kulkiessa suppenevan tilan läpi. Kun tuuli puhaltaa vinosti tai suoraan laaksoon, virtausnopeus lisääntyy 10–20 prosenttia.



Kuva 20. Skaftkärrin tuulisuus-olot. Vuotuista tuulijakaumaa esittävässä tuuliruusussa viivan pituus ja paksuus kertoo tuulensuunnan yleisyydestä.

Rannikolla esiintyy myös meri- ja maatuulta. Merituuli syntyy aurinkoisina päivinä, kun maa lämpenee. Maatuuli syntyy yöllä, kun meri säilyttää lämpönsä ja ilmavirta kulkee aina kylmästä lämpimämpään suuntaan lämpimän ilmassan kohotessa ylöspäin. Suomessa merituuli voi olla kohtalaisen voimakastakin, ja maatuuli on usein sitä heikompaa. Lisäksi suunnittelualueella esiintyy paikallisia kylmän ilman virtauksia selännealueilta kohti laaksoja, kun kylmä ilmassa painuu alaspäin etenkin yöaikaan.

Rakentamisen vaikutus tuulioloihin

Perinteiset skandinaaviset puukaupungit olivat matalia, ja rakennuksista muodostettiin yleensä pihapiirejä. Asuinrakennukset olivat piharakennusten ympäröimiä, ja sisäänkäyntien edessä oli kuisteja, jotka muodostivat suojatun tilan pihan ja sisätilan välille. 1800-luvulla asemakaavoituksessa yleistyi säännöllinen ruutukaava, mutta mittakaava oli aluksi mikroilmastollisesti hyvä. Vähitellen talot nousivat puunlatvojen yläpuolelle, ja kadut sekä aukiot rakennettiin leveiksi. Myös suojaavien piharakennusten määrä alkoi vähetä. Funktionalismi toi Suomeen ilmastomme huonosti sopivat, vapaasti seisovat suuret erillisrakennukset. Kaupunkiemme mikroilmasto on huonontunut oleellisesti viimeisen sadan vuoden kuluessa. (Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa.)

Toisiaan lähellä sijaitsevien matalien rakennusmassojen väliin ei muodostu voimakkaita tuulia, mutta ympäristöönsä korkeampi rakennus vaikuttaa tuulisuusoloihin niitä voimistaen ja pyörteitä luoden. Rakennukset ohjaavat tuulta maantasoon, mikä vahvistaa virtauksia lähellä maan pintaa. Mitä suurempi rakennus, sitä suuremmat paine-erot tuulenpuoleisen ja tyvenen sivun välillä, ja sitä suuremmiksi, joka kaksinkertaisiksi, tuulennopeuden vaihtelut rakennuksen ympärillä kasvavat. (Kuismanen 2005.)

Tuulelta suojaavien kortteli- ja rakennusmuotojen avulla voidaan vähentää talojen energiankulutusta (Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa).

Tuulen suojaus

Mikäli yhdyskuntarakennetta ja rakennuksia muotoilemalla ei saavuteta hyväksyttävää mikroilmaston tasoa, voi olosuhteita pyrkiä parantamaan tuulensuojauksella. Suojaistuskaistat, jotka vähentävät tuulisuutta koko alueella, ovat esimerkiksi etäsuojauksesta, ja ne ovat yleensä muodoltaan korkeita ja rakenteeltaan harvoja. Lähisuojat ovat matalia ja tiiviimpiä, usein rakennusaineisia tai tiheää kasvustoa. Lähisuojat suunnitellaan suojaamaan pienehköjä ulko-oleskelualueita ja kulkuväyliä.

Tuulisuutta voidaan vähentää muun muassa kasvillisuudella ja tuulensuojarakenteilla, mutta ne eivät saa olla liian tiiviitä pyörteiden välttämiseksi. Tuulensuojak kasvillisuuden tai -ritilän suojaava vaikutus ulottuu noin 20 kertaa korkeuden pituiselle alueelle. Tehokkain yhdistelmä saadaan etäisyydeltään 8–10 kertaa esteen korkeuden verran sijaitsevalla, läpäisyltään 20 prosentin suojilla. (Glaumann & Westerberg 1988.)

Lehtipuiden vaikutus tuulennopeuteen vaihtelee vuodenajoin, kun lehvästö vähentää tuulisuutta 20–30 prosenttia. Korkeat puut rakennusryhmän keskellä vähentävät tuulisuutta tehokkaasti. Puuston suojaava vaikutus ulottuu aivan latvuston tasalle, ja siksi on tärkeää, että tuulisella seudulla rakennuksia ei uloteta latvuksien yläpuolelle. Suojattavat alueet mieluummin ympäröidään suojaistutuksin ja välteään istutuslinjojen säännönmukaisuutta. Tuulensuunta voi nimittäin usein vaihdella jopa 90 °, vaikka keskisuunta säilyisikin samana. (Maaninen ja Miller, Kuismanen 2005.)

Monilla alueilla oikein tehty vihersuunnittelu on hyvä keino parantaa aktiivisesti mikroilmastoa. Tehokkaimmat tuulensuojat syntyvät kolmitasoisista istutuksista: maantasossa on 0,5–1,5 metriä korkeita tiheitä pensaita, välitasossa 1,5–3 metriä korkeita pensaita sekä puita ja ylätasossa puusto, joka on läpäisevyydeltään yli 50 prosenttia. Alkuvuosina istutuksia voidaan täydentää tuulensuojasäleikön avulla (läpäisy 30–60 prosenttia). Tuulensuojaistutuksissa on hyvä suosia ikivihreitä kasveja. (Kuismanen 2005.)



Kuva 21. Esimerkki kolmikerroksisesta tuulensuojaistutuksesta.

6.3.4 Keinot pienilmaston parantamiseksi

Ilmastonmuutoksen huomioiminen

Suomi sijaitsee alueella, jossa ilmastonmuutoksen aiheuttaman lämpenemisen arvioidaan olevan selvästi voimakkaampaa kuin koko maapallon keskimääräinen lämpeneminen. Lisäksi muutokset tulevat olemaan suurempia talvella kuin kesällä. Lämpenemisen ohella sademäärien arvioidaan kasvavan.

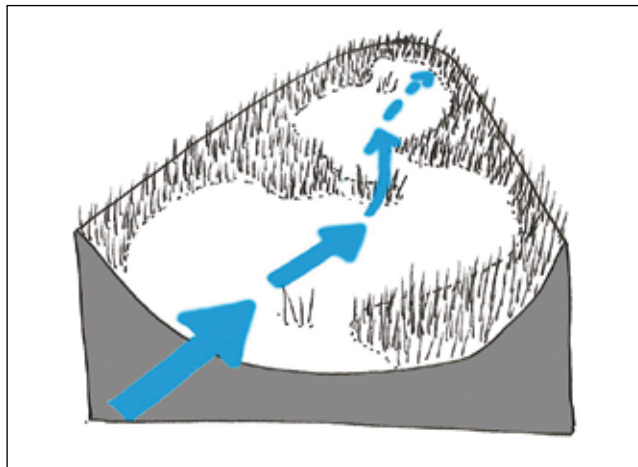
Lämpötiloja tarkasteltaessa etenkin talvilämpötilat tulevat kohoamaan, hyvin alhaiset lämpötilat tulevat harvinaistumaan, hellejaksot tulevat kesäisin yleistymään ja kaikkein korkeimmat lämpötilat todennäköisesti kohoavat. Etenkin talvisateet ja talviset vesisateet lisääntyvät. Rankkasateiden oletetaan voimistuvan keskimääräisiä vesisateita enemmän. Talvisin merijään väheneminen voi lisätä tuulisuutta rannikolla ja matalapaineiden reittien mahdollinen muuttuminen voisi vaikuttaa tuulisuuteen ja myrskyisyyteen. Eri ilmastomalleihin pohjautuvat arviot poikkeavat toisistaan, ja aihetta on tutkittava lisää. Lumipeiteaika lyhenee, ja lumen vesi-arvo vähenee. Aluksi runsaat lumisateet voivat jopa yleistyä etenkin sisämaassa ja Pohjois-Suomessa. Routaa on nykyistä vähemmän, ja lauhjojen sekä sateisten talvien aikana maaperä on usein märkä ja sen kantavuus on huono. (Ilmatieteenlaitos.)

Ilmastonmuutoksen ennakoiminen tarkoittaa käytännössä sitä, että kiinnitetään erityishuomiota hulevesien käsittelyyn ja tulvariskien kartoitukseen sadannan lisäauntyessä. Rakenteiden kestävyyttä tulee lisätä tuulta vastaan. Katutilassa ja pihoilla tuulta tulee vaimentaa istutuksin ja rakentein miellyttävän pienilmaston saavuttamiseksi. Kun lämpötilat nousevat, myös paahteiselta auringonvalolta suojautuminen saattaa tulla ajankohtaiseksi myös Pohjois-Euroopassa.

Skaftkärrin erityispiirteitä

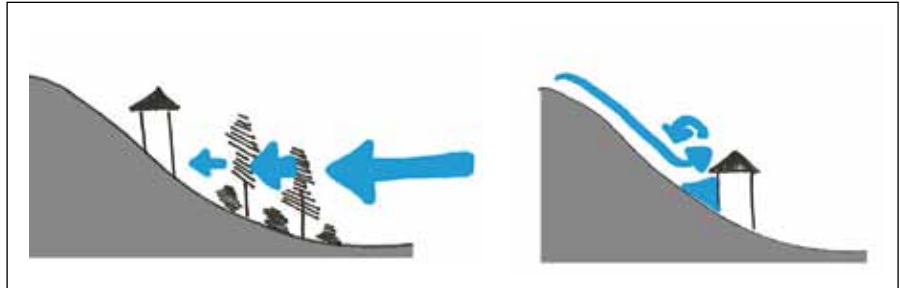
Merellisen sijainnin takia ulko-oleskelualueet rannikkokaistalla olisi suojattava erityisesti pohjois- ja lounaistuulilta. Energiansäästön vuoksi taas suojautuminen pohjois- ja itätuulta vastaan on tarpeellista.

Alueen jyrkkäpiirteisten laaksojen muodostumista tuulensoliksi voi estää jäsentämällä avoimia tiloja tuulensuojaistutuksilla. Laaksoalueiden reunat ja päät tulisi säilyttää rakenteeltaan sellaisina, että ilmavirta pääsee kulkemaan niiden läpi eikä esimerkiksi törmää suoraan seinään ja ohjaudu rakennusten välisiin kuiluihin tai katuverkkoon.



Kuva 22. Tuulensuojaistutuksilla jäsenneily laakso. Avoin tila jatkuu, mutta istutusvyöhykkeet katkaisevat tuulen liikettä ja vähentävät sen voimakkuutta.

Laaksojen tai pienempienkin painaumien pohjalle syntyvät kylmänilmantaskut ovat pienilmastollisesti epämiellyttäviä paikkoja, ja näille alueille rakentamista tulisi välttää. Ainakaan yleisiä oleskelualueita tai leikkipaikkoja ei tule sijoittaa laaksoalueiden pohjalle. Alaspäin valuvat kylmät ilmamassat kerääntyvät myös rinteessä olevien esteiden taakse kylmänilmantaskuiksi, joten rinteiden suuntaisia pitkiä rakennusmassoja tulisi välttää.



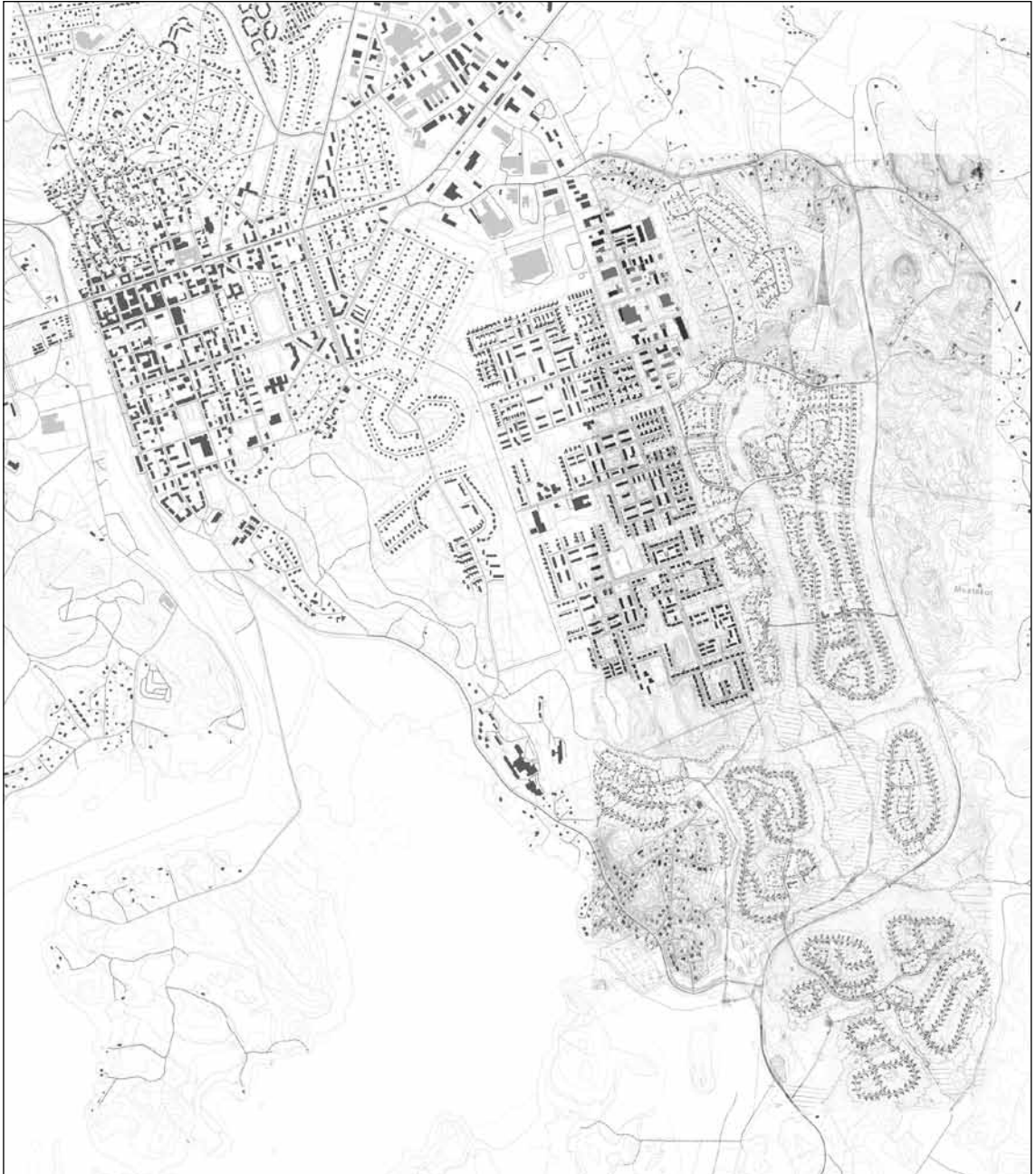
Kuva 23. Vasemmalla on kuvattu laakson päässä olevien suojaistutusten tuulta heikentävä vaikutus. Oikealla on rinteeseen rakennetun talon taakse muodostuva kylmänilmantasku.

B: Vaihtoehtotarkastelut ja kaavaratkaisu

7 Energiankäytön ja päästöjen vertailutasot

7.1 Vertailutasona vaihtoehto 0+

Energiatehokkuuden mittaamisen vertailutasoksi otettiin Porvoon kaupungilla laadittu vaihtoehto 0+, joka on karkea ja yleisluontoinen tarkastelu alueen mahdollisesta maankäytöstä. Tämän vaihtoehdon avulla selvitettiin, mihin alueella kuluu energiaa ja mitkä ovat sen päästöt. Tässä luvussa esitellään vaihtoehdolle 0+ suoritettua laskelmaa ja niistä saadut tulokset, joita käytettiin yleisenä vertailutasona ja joiden pohjalta laadittiin tarkasteltavat ratkaisumallit.



Kuva 24. Vaihtoehtona 0+ käytetty alustava kaavarunko.

7.2 Rakentamisen kokonaismäärä

7.2.1 Alueen laajuustiedot

Vaihtoehdon 0+ ensisijaisena lähtökohtana ovat olleet alueen rakennettavuusolosuhteet ja topografia. Vaihtoehdossa asuminen on sijoitettu pientalotonteille, kalliisille selännealueille. Maankäyttö on luonteeltaan väljää, katumetrejä on paljon, ja asumisen vyöhykkeiden väliin jää runsaasti virkistysalueita. Asutus on pientalovaltaista, ja alueelle sijoittuu omakotitaloja, paritaloja sekä rivitaloja. Omakotitalojen määrä perustuu kaavarunkoon ja pari- ja rivitalojen lukumäärä kaavarungossa sallittuun kerrosalaan sekä keskimääräiseen huoneistokokoon.

Alueelle on kaavarungossa suunniteltu 1 025 omakotitaloa ja pari- ja rivitalotonteille 1 217 asuntoa. Kaavarunko ei määritä pari- ja rivitalojen keskinäistä suhdetta, mutta Porvoossa vuosina 2006–2008 toteutuneissa kohteissa 35 prosenttia asuntojen määrästä on ollut paritaloja ja 65 prosenttia rivitaloja. Rivitaloissa on ollut keskimäärin 5,6 asuntoa/kohde. Pari- ja rivitalojen asunnot sijoittuvat arviolta 355 rakennukseen (keskimäärin 3,4 asuntoa/rakennus).

Rakennusten keskimääräinen bruttoala on määritetty Porvoossa vuosina 2006–2008 valmistuneiden rakennusten keskimääräisen kerrosalan perusteella. Porvoon kaupungin tietojen mukaan keskimääräinen omakotitalon kerrosala oli 177 kem², paritalossa kerrosala on ollut 116 kem²/asunto ja rivitaloissa 85 kem²/asunto. Kerrosala ei kuitenkaan sisällä kellarikerroksissa ja ullakolla olevia tiloja kuin kaavassa erikseen määritellyin osin. Yleisesti Porvoon kaavoissa tontille saa rakentaa varsinaisen kerrosalan lisäksi kuisteja ja muita palvelevia tiloja sekä kellarikerroksen. Bruttoala on laskettu käyttämällä omakotitaloissa kerrosalan ja bruttoalan suhteena 1,15 ja pari- ja rivitaloissa 1,1. Kaikissa rakennuksissa bruttoalan muuttamiseksi huoneistoalaksi on käytetty kertoimena 0,82.

Skaftkärrin alueen kaikkien rakennusten bruttoala on 360 000 brm².

Taulukko 6. Asuntojen määrät ja pinta-alat Skaftkärrin vaihtoehdossa 0+.

Rakennustyyppi	Rakennukset kpl	asunnot / rakennus	asunnot kpl	asukkaat hlö	Rakennus- oikeusala Kem ²	Bruttoala brm ²	Huoneistoala htm ²
Omakotitalot AO	1025	1	1025	3 075	182 295	209 639	172 576
Paritalot AP	215	2	430	1 075	48 383	53 222	43 812
Rivitalot A	14	5,6	787	1 967	88 506	97 357	80 145
Yhteensä	1381	2	2242	6117	319 185	360 218	296 533

7.2.2 Rakennuksen lämmitystapa

Porvoossa vuosina 2006–2008 rakennettujen omakotitalojen ja paritalojen lämmitystapa on pääasiassa joko suora sähkölämmitys tai vesikeskuslämmitys. Lisäksi yksittäisten omakotitalojen lämmitystapana on käytetty ilmakekuslämmitystä ja uunilämmitystä.

Rivitalojen lämmitystapana on ollut joko vesikeskuslämmitys tai suora sähkölämmitys. Paritalojen lämmitystavat jakautuvat lähes tasan vesikeskuslämmityksen ja suoran sähkölämmityksen kesken.

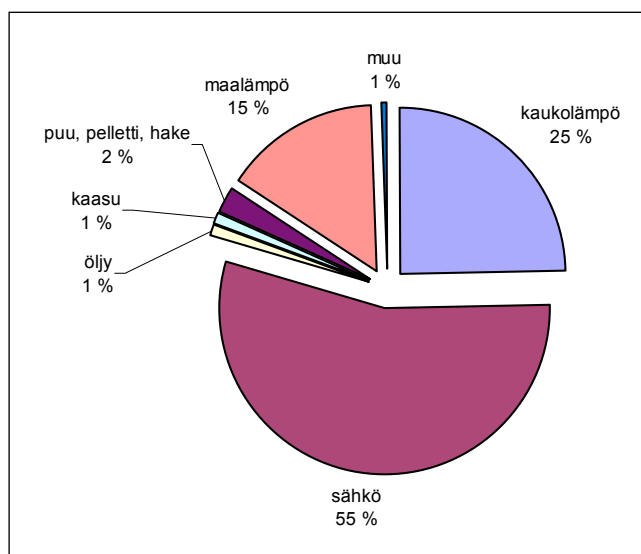
Porvoon alueelle tyypillistä jakaumaa noudattaen Skaftkärrin kaava-alueen lämmitystavat on esitetty seuraavassa kuvaajassa.

Taulukko 7. Skaftkärrin rakennusten lämmitystavat (kpl/rakennus).

Rakennustyyppi	Vesikeskuslämmitys	Ilmakeskuslämmitys	Suora sähkölämmitys	Uunilämmitys
Omakotitalot AO	498	21	498	9
Paritalot AP	115	0	100	0
Rivitalot AR	87	0	54	0
Yhteensä	700	21	651	9

Porvoossa omakotitalojen lämmönlähteenä on käytetty pääasiassa sähköä eli noin 60 prosentissa rakennuksista. Seuraavaksi yleisimmät lämmönlähteet ovat olleet maalämpö ja kaukolämpö.

Paritalojen pääasiallinen lämmönlähde on ollut joko kaukolämpö tai sähkö, mutta myös muita lämmönlähteitä, erityisesti maalämpöä, on käytetty. Rivitaloissa kaukolämpö on ollut selvästi yleisin lämmönlähde. Voidaan arvioida, että rivitaloissa on käytetty ensisijaisesti kaukolämpöä lämmönlähteenä, ja silloin, kun kaukolämpöliitäntä ei ole ollut mahdollinen, rivitaloissa on käytetty sähköä lämmönlähteenä.



Kuva 25. Porvoon lämmönlähteiden jakautuminen, kaikki rakennukset yhteensä.

Tyypillistä jakaumaa noudattaen Skaftkärrin kaava-alueella käytettäisiin pääasiassa sähköä lämmönlähteenä (Taulukko 8). Tyypillisen jakauman toteutuminen edellyttää kaukolämpöverkoston ulottamista ainakin osaan kaava-aluetta.

Taulukko 8. Skaftkärrin rakennuksissa käytettävät lämmönlähteet (kpl/rakennus).

Rakennustyyppi	kaukolämpö	sähkö	öljy	kaasu	puu, pelletti, hake	maalämpö	muu
Omakotitalot AO	143	619	14	7	28	205	9
Paritalot AP	94	100	0	10	5	5	0
Rivitalot AR	104	36	0	0	0	0	0
Yhteensä	342	755	14	17	33	211	9

7.3 Tyypirakennus

7.3.1 Rakennusten energiankäytön oletukset

Rakennusten energiankäytön laskenta perustuu vuonna 2010 voimaan tulevissa rakennusmääräyksissä annettuihin eristys-, ilmanvuoto- ja lämmön talteenottototeisiin. Vuodelle 2012 on suunniteltu uutta määräystä. Tämän hetken näkemys on, ettei tulevissa rakennusmääräyksissä enää kiristetä eristystasoa tai ilmanvaihdon vaatimuksia, vaan laskennan perusteet muutetaan primäärienergian laskentaan. Laskennan peruslähtökohtana on kaksikerroksinen, suorakaiteen muotoinen omakotitalo, jossa ikkunoiden määrä on 25 prosenttia pohjapinta-alasta. Rakennuksen koko on 204 brm² ja ikkunoiden ala 51 m².

Skaftkärrissä energiankäytön laskelma perustuu Rakennusmääräysten D5:n (energiatodistus) mukaiseen laskentaan ja oletusarvoihin. Lämmitysenergian kulutus on laskettu siten, että se perustuu suoraan tyypillisenkokoiseen, yksinkertaisenmuotoiseen omakotitaloon. Rakennuksen mitoittavina sisälämpötiloina on käytetty 21 °C talvella ja 23 °C kesällä. Jäähdytystarpeen laskennassa on kuitenkin käytetty asunnoille tyypillisempää, korkeampaa sisälämpötilaa 26 °C, koska energiasimulointi ei huomioi esimerkiksi ikkunatuuletusta.

Ilmanvaihdon lämmön talteenoton keskitasona on käytetty 60 prosentin lämpötila-hyötysuhteella toimivaa ilmanvaihtokonetta, jonka huurtumiseneston asetusarvo on 5 astetta.

Ilmanvuotoina on käytetty ilmanvuotolukua 3 kertaa tunnissa tulevasta määräystasosta 2 huolimatta, koska tällä hetkellä suurin osa pientaloista ei täytä nykyistenkään määräysten tasoa eikä rakennuksen tiivyyttä tarkasteta erikseen.

Taulukko 9. Nykyiset ja tulevat merkittävimmät rakennusmääräykset.

Vertailuarvot	RakMk 2007	RakMk 2010
Ilmanvaihto – lämmöntalteenoton vuosihyötysyhyde (%)	30 %	45 %
Vuotoilma – ilmanvuotoluku n_{50} (1/h)	4 kertaa tunnissa	2 kertaa tunnissa
Rakennuksen vaippa rakennuksien lämmönläpäisykertoimet (U-arvot, W/m ² K):		
– ulkoseinä	0,24	0,17
– yläpohja	0,15	0,09
– alapohja	0,24	0,16
– ikkuna	1,40	1,0
– ovi	1,40	1,0

Ilmanvaihdon energiankulutuksen laskemisen lähtöarvoina käytetään energialaskentaohjeistuksen mukaisesti ilmamäärää 0,5 dm³/s/m², joka on hieman rakennusmääräysten minimitasoa 0,5 kertaa tunnissa korkeampi. Ilmanvaihdon oletetaan toimivan jatkuvana tuolla ilmanvaihdolla, koska käytännössä ilmanvaihtokoneet mitoitetaan selvästi korkeammalle kokonaisilmavirralla tehostustilanteeseen. Ikkunoiden arvoina käytetään laskentaohjeistuksen mukaisia 15°:een varjostuksen arvoja sekä loka–huhtikuussa verhoherrointa 1,0 ja touko–syyskuussa arvoa 0,3. Ikkunan auringonlämmönläpäisykertoimenä käytetään arvoa 0,5, joka perustuu tulevien eristysmääräysten tiukentuneisiin vaatimuksiin.

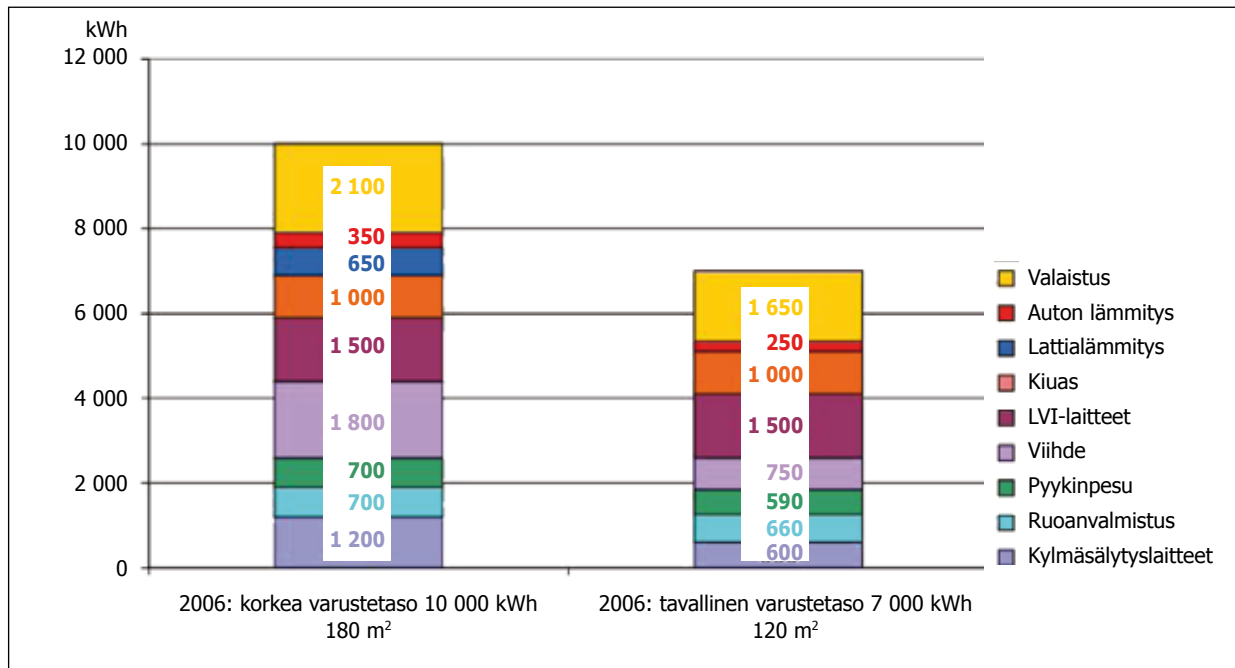
7.3.2 Sähkönkulutus

Kohteiden sähkönkulutusta on arvioitu Motivan Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006 -raportin tulosten sekä rakennusmääräyskokoelman D5 ohjeiden perusteella. Tutkimuksen keskeinen tavoite oli selvittää kotitaloussähkön laiteryhmittäistä käyttöä Suomessa. Raportissa verrattiin saatuja tuloksia vuoden 1993 vastaavan tutkimuksen lukuihin. (Motiva 2006.)

Tutkimuksen mukaan omakotitalon keskimääräinen vuotuinen sähkönkulutus ilman lämmitystä on nykyisin noin 7 000 kWh tavanomaisen varustelutason rakennuksissa ja 10 000 kWh korkean varustelutason kohteissa. Vuodesta 1993 vuoteen 2006 nelihenken talouden sähkön kokonaiskulutus on kasvanut noin 1 100 kWh vuodessa. Tulosten perusteella arvioitujen kohteiden ominaiskulutukset ovat pinta-alalle jaettuina suunnilleen samat, noin 56–58 kWh/m², joten tutkimuksen tuloksena saadaan pientalovaltaiselle alueelle luotettava sähkönkulutuksen arvio ja jakauma.

Laskennassa laitesähkön osuudeksi sähkönkulutuksesta on käytetty 35–36 kWh/brm2. Laitteiden tuottamasta lämmöstä 40:tä prosenttia ei voida hyödyntää ilmaisenergiana (muun muassa sähkösulatukset, ulkovalaistus ja viemäriin menevä lämmin käyttövesi (pesukoneet tms.)). Rakennuksen sisälle tuotetusta lämmöstä jää siten ilmaisenergiaksi 20,3 kWh/brm², jota hyödynnetään lämpökuormana lämmitystarpeen laskennassa.

Motiva Oy arvioi raportissaan, että sähkön kokonaiskulutus nousee hieman vuoteen 2015 mennessä, mutta sen jälkeen kulutus kääntyy laskuun. Skaftekärrin laskennan tuloksina voidaan käyttää vuoden 2006 sähkönkulutuksen jakaumaa, kun oletetaan, että sähkönkulutuksen muutokset vuodesta 2006 vuoteen 2015 ovat vähäisiä.

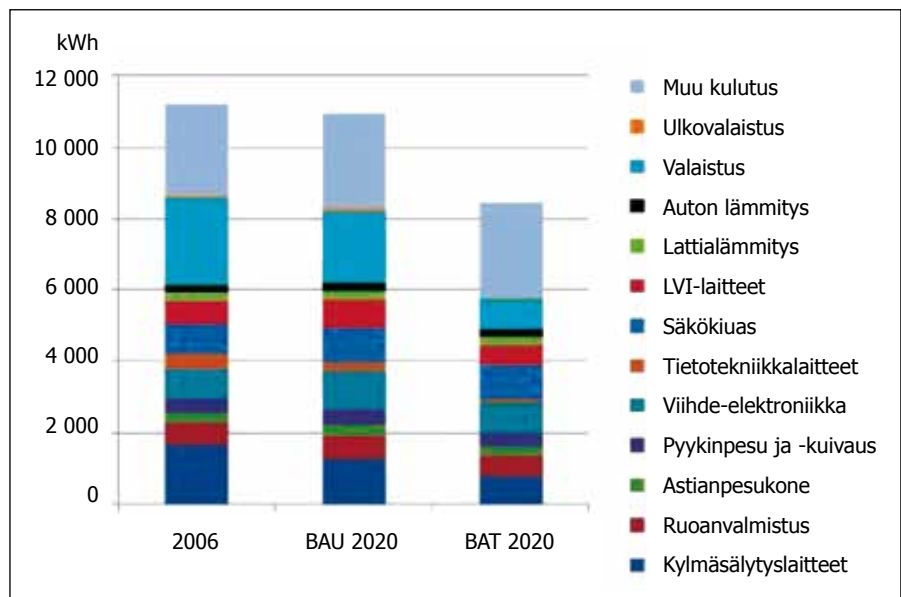


Kuva 26. Neljän asukkaan talous tavallisesti ja korkeasti varustelluissa omakotitalossa vuonna 2006 (4 asukasta, omakotitalo, ei sähkölämmitystä) (Motiva 2006).

Teknisten säästöpotentiaalien laskemiseksi vuosien 2015 ja 2020 kotitaloussähkön kulutukselle arvioitiin kaksi skenaariota: BAU ja BAT. BAU-skenaariossa (Business As Usual) otettiin huomioon laitekannan uusiutumisen tuoma luontainen tehostuminen. BAT-skenaarioissa (Best Available Technology) arvioitiin kulutuksen kehitystä olettaen, että kaikki uudet laitteet ovat energiatehokkuudeltaan parasta mahdollista tunnettua tekniikkaa.

Motiva Oy arvioi raportissaan, että sähkön kokonaiskulutus nousee hieman vuoteen 2015 mennessä, mutta sen jälkeen kulutus kääntyy laskuun. Kokonaiskulutuksen sisällä eri osa-alueiden kulutuksesta valaistuksen osuuden arvioidaan säilyvän suurimpana tai ainakin yhtenä suurimmista myös tulevaisuudessa. Kylmäsäilytyslaitteiden, tietotekniikan ja valaistuksen sähkönkulutuksen oletetaan vähenevän merkittävästi. Lisäksi sähkökiukaan osuus kulutuksesta säilyy korkeana. Nousevina kulutuslähteinä nähdään viihdelaitteet ja LVI-laitteet, kun tekniikka lisääntyy ja vaatimustaso nousee.

Mikäli käytetään parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa, Motiva Oy arvioi vuoden 2020 sähkön kokonaiskulutuksen noin 25 prosenttia alhaisemmaksi kuin vuonna 2006. Suurimmat säästöpotentiaalit ovat kulutusosuudeltaan suurimmissa laiteryhmissä eli valaistuksessa, kylmäsäilytyksessä ja viihde-elektroniikassa. Säästöpotentiaalista valaistuksen osuudeksi arvioitiin yli puolet.



Kuva 27. Sähkönkulutuksen tulevaisuusskenaariot, jotka perustuvat Motivan tutkimuksen tuloksiin (Motiva 2006).

7.3.3 Rakennusten energiankulutus

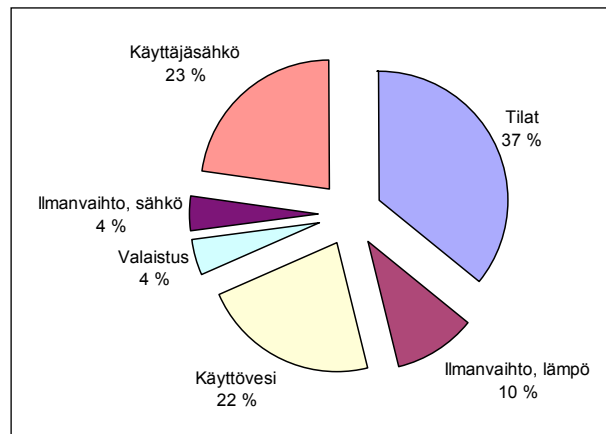
Tyypitalon energiankulutus jakautuu seuraavan taulukon mukaisesti (Taulukko 10). Rakennuksen lämmitys muodostuu rakenteiden ja tuloilman lämmitystarpeesta. Rakennuksen lämmityksen energiankulutus on 73 kWh/brm²/a.

Taulukko 10. Energiankäytön jakautuminen tyypitalossa.

Tyypitalo	Energiankulutus kWh/a	Ominaiskulutus kWh/brm ² /a	Ominaiskulutus kWh/htm ² /a	Osuus kokonaiskulutuksesta
Tilat	10 477	57	69	36 %
Ilmanvaihto, lämpö	2 956	16	19	10 %
Käyttövesi	6 475	35	42	22 %
Lämmitysenergia	19 908	108	131	
Valaistus	1 306	7	9	4 %
Ilmanvaihto, sähkö	1 288	7	8	4 %
Käyttäjäsähkö	6 653	36	44	23 %
Sähköenergia	9 247	50	61	
YHTEENSÄ	29 155	158	191	
Energiatehokkuusluku		122		A-luokka

Käyttöveden lämmitysenergiankulutus on 35 kWh/brm²/a.

Pientalon, jonka bruttoala on 188 brm² (huoneistoala 156 m²), kokonaisenergiankulutukseksi saadaan tällöin 32 MWh vuodessa. Edellisissä luvuissa ei ole huomioitu jäähdytystä, joka oletetaan melko harvinaiseksi. Perustilanteessa jäähdytyksen oletetaan tulevan 25 prosenttiin uusista rakennuksista.

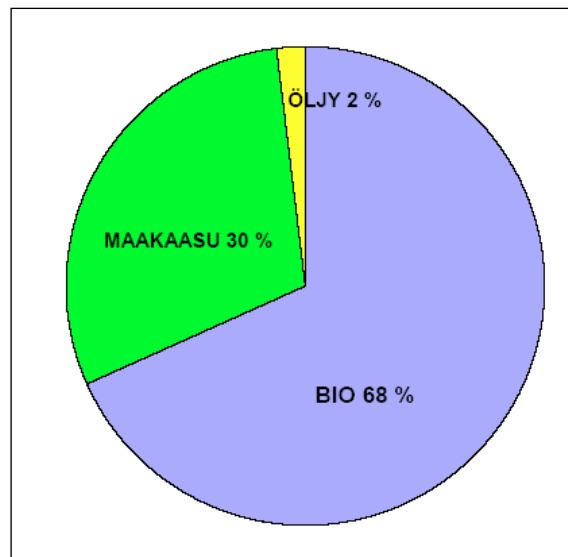


Kuva 28. Energiankäytön jakautuminen tyypitalossa.

7.4 Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt

7.4.1 Kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt

Skaftkärrin alueen paikallinen energiantuottaja on Porvoon Energia Oy. Porvoon Energia käyttää kaukolämmön tuotannon polttoaineina pääasiassa biopolttoaineita. Biopolttoaineiden jälkeen toiseksi käytetyin polttoaine on maakaasu.



Kuva 29. Porvoon Energian polttoainejakauma 2007 (nykytilanne, ei käytetä päästöjen laskennassa).

Porvoon Energian kaukolämmöntuotanto tulee painottumaan tulevaisuudessa entistä enemmän biopolttoaineisiin, ja vuonna 2015 biopolttoaineiden osuus on arviolta 90 prosenttia. Porvoon energian mukaan loppu polttoaine, noin 10 prosenttia, on kokonaisuudessaan maakaasua ja öljyä käytetään selvästi alle prosentin. Skaftkärrissä käytetyn kaukolämmön verkostohäviöiden on oletettu olevan noin 12 prosenttia.

Laskettaessa Porvoon Energian tuottaman kaukolämmön hiilidioksidipäästöjä on lisäksi huomioitu yhteistuotantolaitoksesta saatava sähkö. Sen hiilidioksidipäästökerroin on Suomen keskimääräistä sähköntuotannon päästökerrointa pienempi. Porvoon Energian yhteistuotantolaitoksessa kaukolämmön kulutuksen ansiosta tuotettu yhteistuotantosähkö siis vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, kun se korvaa muuta sähköntuotantoa. Näiden olettamuksien mukainen Porvoon Energian kaukolämmön tuotantoa vastaava hiilidioksidipäästökerroin, jota on käytetty tämän työn laskelmissa, on $24 \text{ kgCO}_2/\text{MWh}_{\text{kaukolämpö}}$.

7.4.2 Sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt

Sähköntuotannon aiheuttamat hiilidioksidipäästöt lasketaan käyttämällä Suomen keskimääräistä päästökerrointa. Pöyryn sähkönhintaennustemallin mukaan vuonna 2015 keskimääräisessä sähköntuotantorakenteessa on 38 prosenttia ydinvoimaa (OL 3 käynnissä), 30 prosenttia uusiutuvaa energiaa ja 32 prosenttia fossiilisia polttoaineita. Ominaispäästökerroin tuotettua sähköenergia kohti on tällöin 200 kg/MWh.

Maalämmön ominaispäästönä on käytetty sähkön ominaispäästöä, mutta järjestelmän hyötysuhteena on lämmitykselle käytetty COP-tasoa 3,5 ja käyttöveden lämmitykselle tasoa 2,7, jotka edustavat tyypillisiä järjestelmien hyötysuhteita.

7.4.3 Energia uusiutumattomana primäärienergiana

Skaftkärrin alueen hiilidioksidipäästöjä laskettaessa energiamäärät (MWh/a) on ilmoitettu uusiutumattomana primäärienergiana. Uusiutumattomaksi primäärienergiaksi muuttamalla eri energianlähteet saadaan yhteismitallisiksi ja siten vertailukelpoisiksi.

Käytetyt uusiutumattoman energian primäärienergiakertoimet ovat

- sähkö 2,0
- kaukolämpö yleisesti 0,7
- Porvoon kaukolämpö 0,2
- uusiutuvat energiat 0,1
- öljypohjaiset polttoaineet 1,1
- ajoneuvojen polttoaineet 1,1.

Porvoon vaihtoehdon 0+ mukaisen lämmitystavan primäärienergiakertoimeksi saadaan kaikki energialähteet huomioituna 1,27.

Samoin maalämmölle voidaan laskea primäärienergiakerroin. Edellä esitettyyn sähkön kertoimeen perustuen maalämmön primäärienergiakerroin olisi 0,62–0,67 rakennuksen energiankulutuksesta riippuen.

7.5 Liikenteen lähtökohdat

7.5.1 Yleistä

Liikennetarkastelun lähtökohtana on ollut Porvoon kaupungin Skaftkärrin alueelle aikaisemmin (2007) laatima kaavarunkoluonnos, Itä-Uudenmaan henkilöliikennetutkimus sekä Emme/2-autoliikennemalli, jonka perusta on laadittu Itä-Uudenmaan liikennejärjestelmäsuunnitelman yhteydessä (2001). Liikennemalli on huipputuntimalli, joka ei sisällä joukkoliikennemallia, vaan se on tehty henkilöautoliikenteestä. Mallia on sittemmin päivitetty eri hanketarkastelujen yhteydessä. Pöyry on päivittänyt mallia Skaftkärrin maankäytön osalta tämän työn aikana. Mallin tuloksia on hyödynnetty energiataarkasteluissa.

7.5.2 Itä-Uudenmaan henkilöliikennetutkimuksen Porvoon tuloksia

Matkamäärät, kulkumuoto

Itä-Uudenmaan liitto on tulostanut henkilöliikennetutkimuksestaan Porvoota koskevia tuloksia, joita hyödynnetään tässä työssä. Tulokset perustuvat syksyn 2007 henkilöhaastatteluun, jossa kartoitettiin Itä-Uudenmaan kuntien liikkumiskäyttäytymistä (kouluikäiset ja sitä vanhemmat).

Porvoolaiset tekivät tutkimusajankohtana keskimäärin 3,2–3,6 matkaa vuorokaudessa. Rivi- ja paritaloalueilla matkaluku on hieman suurempi kuin esimerkiksi kerrostaloalueilla (Taulukko 11 ja Taulukko 12) Kevyen liikenteen sekä henkilöautoliikenteen matkaosuuteen vaikuttaa oleellisesti alueen sijainti. Keskusta-alueilla toiminnot sijaitsevat usein kävelymatkan päässä kodeista.

Taulukko 11. Matkaluvut (matkaa/hlö,vrk) asumismuodon mukaan jaoteltuna (Porvoo, syksy 2007).

Asumismuoto	Kevyt liikenne	Joukkoliikenne	Henkilöauto	Muu	Yhteensä
Kerrostalo	1,43	0,21	1,40	0,16	3,20
Rivi- tai paritalo	1,16	0,32	1,81	0,24	3,53
Omakotitalo (ei sisällä maataloja)	0,87	0,20	2,05	0,26	3,39

Taulukko 12. Kulkumuotojakauma asumismuodon mukaan jaoteltuna (Porvoo, syksy 2007).

Asumismuoto	Kevyt liikenne	Joukkoliikenne	Henkilöauto	Muu
Kerrostalo	44,6 %	6,6 %	43,7 %	5,1 %
Rivi- tai paritalo	32,8 %	9,1 %	51,3 %	6,9 %
Omakotitalo (ei sisällä maataloja)	25,8 %	6,0 %	60,4 %	7,8 %

Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että matkojen lukumäärä henkilöä kohden on laskenut viime vuosista. Tämä johtunee siitä, että samalla matkalla on yhä useammin erilaisia tarkoituksia eli matkat yhdistetään. Selvästi eniten yhdistetään työmatkoihin myös ostosmatkoja, esimerkiksi käydään työstä palatessa kotimatalla kaupassa joko lähtöpäässä, matkan varrella tai kodin läheisyydessä. Autoliikennematkojen määrä on pientalo- ja omakotialueilla selvästi muita kulkumuotoja suurempi.

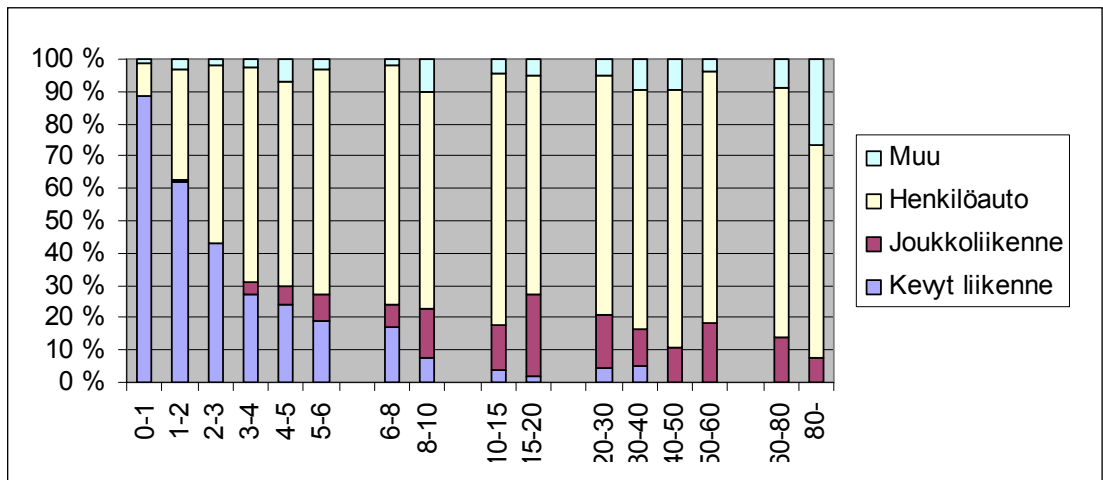
Kulkumuoto "Muut" sisältää myös pakettiautot ja moottoripyörät, jotka kattavat tästä ryhmästä suuren osuuden. Tutkimuksissa todettiin, että pakettiautoiksi rekisteröityjä ajoneuvoja käytettiin yleisesti myös yksityisajoihin. Porvoossa kevyiden ajoneuvojen matkamäärä onkin ollut keskimäärin noin 1,77 automatkaa henkilöä kohden vuorokaudessa (ks. Taulukko 13).

Taulukko 13. Kulikutapakohtaiset matkamäärät henkilöä kohden vuorokaudessa Porvoon alueella.

PORVOO					
Matkaluku (lukumäärä / henkilö, vrk)					
Porvoon sisäiset matkat					
Kulikutapa	Työmatka	Opiskelumatka	Asiointimatka	Vapaa-ajanm.	Yhteensä
Kevyt liikenne	0,15	0,17	0,27	0,38	0,97
Joukkoliikenne	0,03	0,07	0,01	0,01	0,11
Henkilöauto	0,27	0,10	0,46	0,32	1,15
Muu	0,03	0,01	0,02	0,02	0,07
Yhteensä	0,47	0,35	0,75	0,73	2,30

Porvoon ulkopuolelle suuntautuvat matkat					
Työmatka	Opiskelumatka	Asiointimatka	Vapaa-ajanm.	Yhteensä	Kokonaismäärä
0,02	0,01	0,05	0,02	0,10	1,07
0,06	0,02	0,01	0,02	0,12	0,22
0,28	0,02	0,12	0,08	0,51	1,66
0,02	-	0,01	0,01	0,04	0,11
0,39	0,05	0,18	0,13	0,76	3,06

Kuljutavan valintaan vaikuttaa oleellisesti matkan pituus. Kaikissa matkan tarkoituksen mukaisissa ryhmissä (Kuva 30) kevyen liikenteen osuus on suurin lyhyillä matkoilla (77–88 prosenttia). Lyhyillä asiointimatkoilla auton käyttö on myös melko yleistä (27 prosentissa lyhyistä asiointimatkoista), mutta näissäkin kävely tai pyöräily on yleisintä. Autoa käytetäänkin toisinaan ostoskärrenä matkan pituudesta riippumatta.



Kuva 30. Matkan pituuden (km) vaikutus kuljutapaan.

7.5.3 Kevätkummun alue vertailukohtana

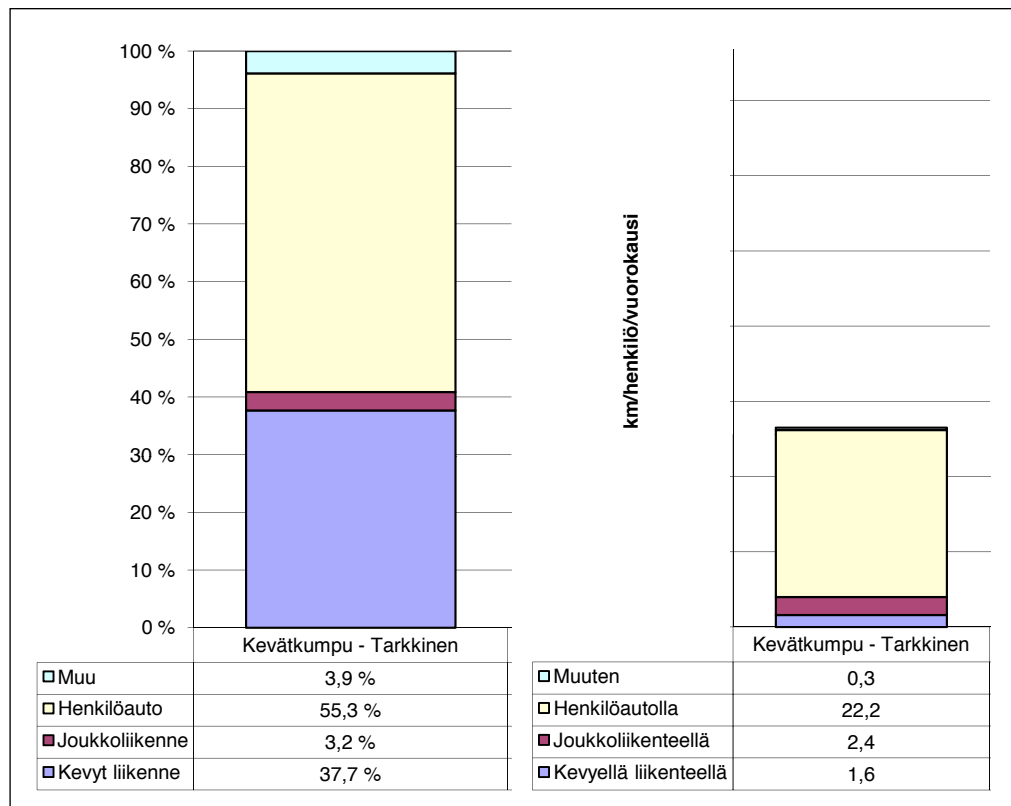
Kevätumpu sijaitsee Porvoon keskustan ja Skaftkärrin välissä. Seuraavassa on käsitelty tarkemmin matkatietoja erityisesti Kevätkummun alueelta.

Kulkumuoto

Yleisin kulkumuoto on henkilöautoliikenne, jonka osuus on yli 55 prosenttia matkoista. Kuten aikaisemmin on todettu, kulkumuoto "Muut" sisältää myös pakettiautot ja moottoripyörät, jotka kattavat tästä ryhmästä suuren osuuden. Näin ollen voidaan arvioida, että kevyiden autojen (= henkilöautot + pakettiautot) ja moottoripyörien yhteinen osuus matkamäärästä on noin 58–59 prosenttia.

Seuraavaksi eniten on kevyen liikenteen matkoja, joita on lähes 38 prosenttia. Joukkoliikenteen osuus on pieni, hieman yli 3 prosenttia (Kuva 31).

Liikennesuoritteena henkilöautomatkakilomierien määrä (yli 22 km/vrk/asukas) muodostaa suurimman osuuden, lähes 84 prosenttia, liikennesuoritteesta. Kun automatkojen määrä on lähes 2 automatkaa/henkilö/vrk, on yhden matkan pituus noin 11 kilometriä.



Kuva 31. Matkojen kulkumuotojakauma ja liikennesuorite kulkumuodoittain, Kevätkumpu-Tarkkinen.

Kevätkummussa kevyen liikenteen osuus on merkittävä kulkutapa. Tämä johtuu osaksi siitä, että alue sijaitsee melko lähellä keskustaa, jolloin esimerkiksi polkupyörää käytetään usein bussin sijaan. Kevätkumpu onkin tyypillistä jalankulkuyöhykkeen reuna-alueita (Taulukko 14), jossa muun muassa polkupyöräilyllä on suuri merkitys.

Taulukko 14. Matkamääristä laskettujen kulkutapaosuuksien vertailu aluetyypeittäin.

Aluetyyppi	Kevyt liikenne	Joukkoliikenne	Kevyet autot,mp
Porvoo keskimäärin	35 %	7 %	58 %
Porvoo rivitaloalue	33 %	9 %	58 %
Porvoo Kevätkumpu	38 %	3 %	59 %
Jalankulkuyöhykkeen reuna-alue*	35% (8 %-yks**)	0 %	65 %
Jalankulkuyöhyke*	53% (46 %-yks**)	0 %	46 %

* Lähde: Suomen ympäristö 27/2008 Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa

** Jalankulku

Matkan tarkoitus

Matkoista asiointimatkoja on lukumääräisesti eniten. Asiointimatkoista lähes 75 prosenttia on ostosmatkoja (0,68 matkaa/henkilö/vrk), joista päivittäistavaroihin liittyvien ostosmatkojen osuus on selvästi muita ostosmatkoja suurempi, 70 prosenttia.

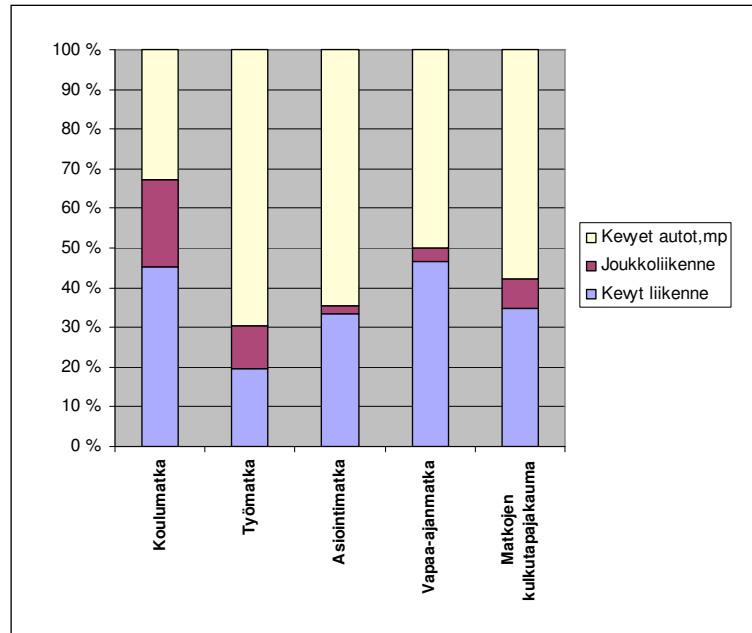
Taulukko 15. Porvoolaisten matkamäärät matkan tarkoituksen ja kulkutavan mukaan jaoteltuna.

Matkan tarkoitus	Kevyt liikenne	Joukkoliikenne	Kevyet autot,mp	Yhteensä
Koulumatka	0,18	0,09	0,13	0,40
Työmatka	0,17	0,09	0,60	0,87
Asiointimatka	0,31	0,02	0,60	0,93
Vapaa-ajanmatka	0,40	0,03	0,43	0,86
Yhteensä	1,07	0,22	1,77	3,06

Taulukko 16. Kevätkummussa asuvien matkamäärät matkan tarkoituksen ja kulkutavan mukaan jaoteltuna.

Matkan tarkoitus	Kevyt liikenne	Joukkoliikenne	Kevyet autot,mp	Yhteensä
Koulumatka	0,24	0,02	0,08	0,34
Työmatka	0,29	0,07	0,59	0,96
Asiointimatka	0,57	0,02	0,96	1,55
Vapaa-ajanmatka	0,32	-	0,61	0,93
Yhteensä	1,43	0,12	2,23	3,77

Edellisissä taulukoissa (Taulukko 15 ja Taulukko 16) on esitetty porvoolaisten keskimääräiset ja Kevätkummussa asuvien matkamäärät tarkoituksen mukaan jaoteltuna. Kevätkummun tuloksissa matkamäärä on suurempi kuin Porvoossa keskimäärin, mutta on samaa suuruusluokkaa kuin pientaloalueilla.



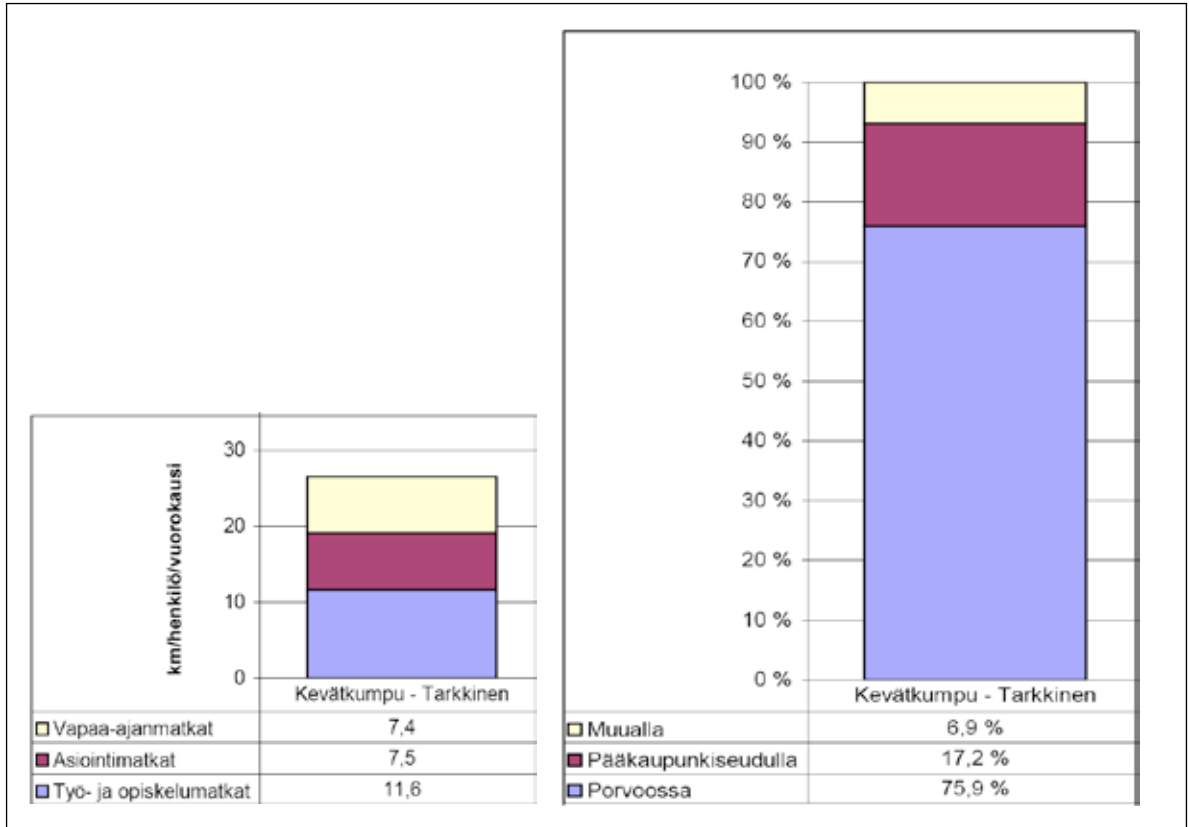
Kuva 32. Porvoolaisten kulkutapaosuudet matkan tarkoituksen mukaan jaoteltuna.

Taulukko 17. Porvoolaisten kulkutapaosuudet matkan tarkoituksen mukaan jaoteltuna.

Matkan tarkoitus	Kevyt liikenne	Joukkoliikenne	Kevyet autot,mp
Koulumatka	45 %	22 %	33 %
Työmatka	20 %	11 %	70 %
Asiointimatka	34 %	2 %	65 %
Vapaa-ajanmatka	47 %	3 %	50 %
Matkojen kulkutapajakauma	35 %	7 %	58 %

Auton käyttö on selvästi yleisintä työmatkoilla ja asiointimatkoilla (Taulukko 17 ja Kuva 32). Porvoon keskimääräiset kulkutapaosuudet ovat kevyen autoliikenteen osalta samaa suuruusluokkaa kuin Kevätkummun tulosten kohdalla. Kevätkummu-
sa asuvat käyttävät joukkoliikennettä keskimääräistä vähemmän. Keskimääräisissä tuloksissa painottuu ilmeisesti lähellä keskustaa asuvien parempi mahdollisuus käyttää linjaliikennettä esimerkiksi pääkaupunkiseudulle suuntautuvissa matkoissaan. Työmatkat ovat keskimäärin pitempiä kuin asiointi- ja virkistysmatkat, mikä selittyy muun muassa sillä, että työmatkoissa pääkaupunkiseudulle suuntautuvia matkoja on enemmän kuin muissa matkaryhmissä (Kuva 33). Myös Porvoon sisäiset työmatkat saattavat olla keskimäärin pitempiä kuin muut matkat.

Kevätkummu-
sa asuvista suurin osa, yli 75 prosenttia, käy työssä Porvoon alueella. Pääkaupunkiseudulla käyvien osuus on 17 prosenttia ja muualla käyvien osuus on ollut pieni, alle 7 prosenttia (Kuva 33).



Kuva 33. Keskimääräinen matkan pituus matkan tarkoituksen mukaan jaoteltuna ja Kevätkummussa asuvien työpaikkojen sijainti (Porvoo, pääkaupunkiseutu, muut kunnat).

7.5.4 Porvoolaisten liikennesuorite

Pitkät matkat tehdään suurimmaksi osaksi henkilöautoilla (Taulukko 18). Niinpä liikennesuoritteesta suurin osa aiheutuu pitkistä kunnan rajan ylittävistä matkoista, vaikka matkamäärinä kunnan sisäisiä matkoja on huomattavasti enemmän (noin 75 prosenttia kaikista matkoista ja lähes 70 prosenttia henkilöautomatkoista; Taulukko 19 ja Taulukko 20).

Taulukko 18. Henkilöautomatkojen osuudet matkan pituuden mukaan jaoteltuna.

Henkilöautomatkat Matkan tarkoitus	Matkan pituus		Yhteensä
	1-20 km	yli 20 km	
Työmatkat	9 %	44 %	53 %
Opiskelumatkat	2 %	4 %	6 %
Asiointimatkat	11 %	9 %	20 %
Vapaa-ajanmatkat	8 %	13 %	21 %
Yhteensä	30 %	70 %	100 %

Taulukko 19. Porvoon matkasuoritteet (km/hlö, vrk) Porvoon sisäisillä matkoilla. Tulokset on esitetty tarkoituksen ja suuntautumisen mukaan jaettuna, 7 vuotta täyttäneet.

Kulikutapa	Työmatka	Opiskelumatka	Asiointimatka	Vapaa-ajanm.	Yhteensä
Kevyt liikenne	0,2	0,3	0,8	1,1	2,4
Joukkoliikenne	0,3	0,6	0,0	0,1	1,0
Henkilöauto	2,3	0,5	2,5	2,1	7,4
Muu	0,3	0,1	0,1	0,1	0,6
Yhteensä	3,1	1,5	3,4	3,4	11,4

Taulukko 20. Porvoon matkasuoritteet (km/hlö, vrk) Porvoon ulkopuolelle suuntautuvilla matkoilla. Tulokset on esitetty tarkoituksen ja suuntautumisen mukaan jaettuna, 7 vuotta täyttäneet.

Kulikutapa	Työmatka	Opiskelumatka	Asiointimatka	Vapaa-ajanm.	Yhteensä
Kevyt liikenne	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2
Joukkoliikenne	1,8	0,8	0,3	1,6	4,5
Henkilöauto	10,9	0,9	3,1	4,6	19,5
Muu	1,5	0,0	0,0	0,5	2,0
Yhteensä	14,3	1,7	3,5	6,7	26,2

Porvoon liikennetutkimuksen perusteella ajoneuvoissa on keskimäärin 1,65 henkilöä/ajoneuvo ajoneuvolla kuljettua matkaa kohden laskettuna (Taulukko 21). Matkasuoritteesta laskettuna keskiuormitus on hieman pienempi, 1,54 henkilöä/ajoneuvo. Suurin ero on opiskelumatkojen kohdalla, jolloin painottuvat lyhyehköt koulumatkat. Pidemmällä opiskelumatkoilla opiskelija on usein itse autonkuljettajana.

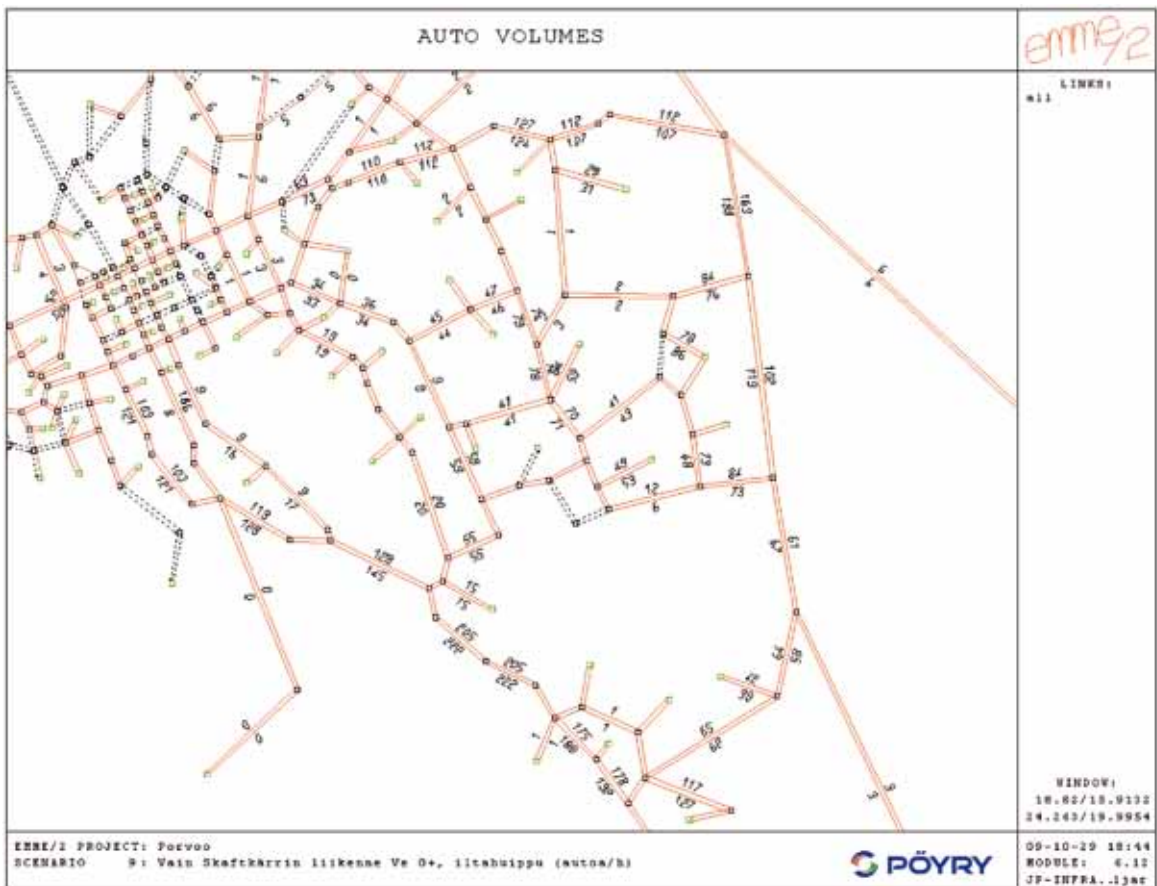
Taulukko 21. Henkilöauton keskiuormitukset ja eri käyttötarkoitukset Porvoon liikennetutkimuksen mukaisesti.

Matkan tarkoitus	Keskikuorma matkojen määristä laskettuna	Keskikuorma matka-suoritteista laskettuna
Työmatkat	1,25	1,23
Opiskelumatkat	2,22	1,60
Asiointimatkat	1,70	1,63
Vapaa-ajanmatkat	1,93	2,03
Yhteensä	1,65	1,54

7.5.5 Emme/2-liikennemalli

Emme-ohjelmaan sisältyvä verkkolaskuri laskee mallin henkilöautoliikennesuoritteiden huipputunnille eli mitoittavan liikennesuoritteiden. Huipputunnin osuus on 10 prosenttia vuorokausiliikenteestä. Emme-liikennemallin mitoittavasta liikennesuoritteesta saadaan vuorokautinen liikennesuorite kertomalla mitoittava liikennemäärä kymmenellä ja vuosisuorite kertomalla vuorokausisuorite 365:lla.

Emme-liikennemallia on päivitetty aikaisemman kaavarungon maankäyttötietojen pohjalta. Liikennemallin päivittämisessä on käytetty kaavarungon perusteella arvioituHenkilön (yli 6-vuotiaat) automatkamääränä on mallissa käytetty 1,77 kevyt automatkaa/vrk. Liikennemallissa on otettu huomioon ajoneuvon keskiuormituksen (keskimäärin 1,65 henkilö/ajoneuvo/ajoneuvomatka) vaikutus matkamääriin.



Kuva 34. Skaftkärrin aikaisemman kaavaluonnoksen liikennemalli, vain Skaftkärrin liikenne, iltahuippu (autoa/h).

7.5.6 Skaftkärrin liikennesuoritteet vaihtoehdossa 0+

Skaftkärrin asukasmäärässä on mukana myös alle 7-vuotiaat lapset, mikä on otettu huomioon matkamäärissä. Päiväkoti-ikäisten lasten osuus väestöstä on keskimäärin 8,4 prosenttia. Liikennemallissa 7-vuotiaiden ja sitä vanhempien muodostamana asukasmääränä on käytetty noin 5 600 henkilöä, kun Skaftkärrin kokonaisasukasmäärä on 6 115 asukasta.

Liikennemallin mukainen vaihtoehdon 0+ henkilöautojen kokonaisliikennesuorite on 119 054 km/vrk, jolloin alueen asukkaiden tekemä liikennesuorite on noin 43,45 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuodessa.

Mallissa vähintään 7 vuotta täyttäneiden vuorokauden liikennesuorite henkilöä kohden kevyellä autolla on noin 35 km/hlö ja kaikki ikäryhmät mukaan lukien noin 32 km/hlö/vrk. Mallin antamat liikennesuoritetulokset ovat hieman suurempia kuin Porvoossa keskimäärin. Maankäyttömallissa alueet sijaitsevat melko kaukana keskustasta, jolloin ajosuoritteet myös kasvavat. Malli antaa hyvän pohjan uusien kaavavaihtoehtojen jatkotyöskentelylle ja henkilöautoliikenteen vaikutusten arviointiin.

7.5.7 Joukkoliikenne

Joukkoliikenteellä tehdään noin 0,2 matkaa henkilöä kohden, jolloin vaihtoehdossa 0+ joukkoliikennematkojen määrä on noin 1 223 matkaa, kun väestömäärä on vaihtoehdossa 6 115 asukasta.

Jotta tähän määrään päästäisiin, on vaihtoehdossa oltava normaalit joukkoliikenneyhteydet.

Tässä on oletettu, että joukkoliikenneyhteydet järjestetään esimerkiksi pidentämällä Kevätkummun linjoja 1 ja 4. Linjojen vuoromäärät ovat arkisin 40 linjavuoroa sekä lauantaisin ja sunnuntaisin 12 linjavuoroa molemmat ajosuunnat yhteensä. Ajomatkan pidennys on noin 6,6 km/suunta, mikä vastaa vuodessa 77 258 kilometrin ajomatkan pidennystä nykyiseen nähden. Tätä joukkoliikenteen ajosuoritteiden lisäystä hyödynnetään joukkoliikenteen energiatarkasteluissa.

Arvioinnissa liikenteen päästöt on laskettu Porvoon liikennemallin perusteella, ja siitä saadaan Skaftkärrin alueen henkilöautoliikenteen kokonaisliikennemäärä. Lisäksi vaihtoehdossa 0+ on arvioitu tarvittava matkasuoritteiden lisäys julkiseen liikenteeseen siten, että nykyinen palvelutaso säilyy. Lisäksi liikennetutkimuksen tulosten perusteella on arvioitu porvoolaisten joukkoliikenteen keskimääräinen nykyinen ajosuorite.

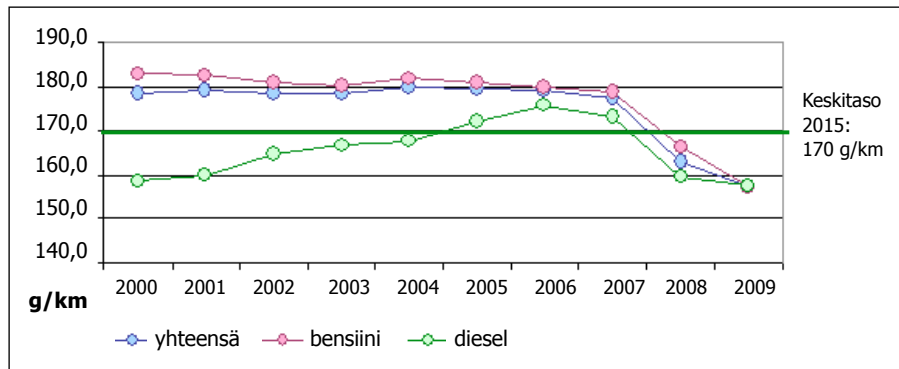
7.5.8 Liikennemuotojen ominaispäästöt

Reportissa on käytetty liikenteen ominaispäästöjen perusteena Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTON verkkosivuilla esitettyjä liikenteen yksikköpäästöjä. Yksikköperusteisten päästöjen laskennassa on käytetty perusteena oletuksia kuormitusasteista, liikennemääristä, kaupunki- ja maatieliikenteen jakautumisesta sekä kaluston iästä. Laskennan perusoleukset on esitetty LIPASTON sivuilla².

² Henkilöautoliikenteen yksikköpäästöjen määrittämisperusteet, http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkilautot/maaritysperusteet_ha.htm.

Moottoritekniikan kehityksestä huolimatta henkilöautojen polttoainetalous ei ole kehittynyt 2000- luvulla, kuten seuraavasta kuvasta (Kuva 35) voidaan havaita. Tulevien EURO 5 -normien mukaiset (vuosi 2010 ja uudemmat) ajoneuvot aiheuttavat kuitenkin vähemmän päästöjä kuin nykyinen keskimääräinen ajoneuvokanta. Uusien ajoneuvoveromuutosten ohjausvaikutusten määräksi on arvioitu päästöjen ominaistason muuttuminen 180:sta 170:een g/km.

Vuonna 2007 henkilöautoliikenteen ominaispäästöt olivat maantieajossa 170 CO₂ g/km, kaupunkiajossa 197 CO₂ g/km ja keskimäärin 180 CO₂ g/km. Laskennassa on ennakoitu ajoneuvokannan uusiutumista ja viimeaikaista keskimääräisen päästön pienenemistä. Vuonna 2009 rekisteröityjen uusien ajoneuvojen keskimääräinen päästö oli 157,5 g/km. Ominaispäästöjen lasku on ollut erittäin nopeaa vuodesta 2008 alkaen, kuten seuraavasta kuvaajasta (Kuva 35) voidaan havaita.



Kuva 35. Ensirekisteröityjen henkilöautojen CO₂-päästöt 2000–2009 (Liikenteen turvallisuusvirasto, Trafi).

Tuleva EURO 6 -standardi ei vaikuta suoraan polttonesteen kulutukseen, vaan ohjaa muiden päästöjen määrää. Siten keskkulutuksen on oletettu laskevan vain hillitysti nykyisestä EURO 5 -standardista. Seuraavan taulukon (Taulukko 22) ajoneuvojen ikäjakauman mukaista normaalia ikäjakaumaa siirtämällä vuoteen 2015 saadaan ajoneuvojen keskipäästökseksi 170 CO₂ g/km.

Taulukko 22. Henkilöautojen keskimääräinen CO₂-päästö EURO-luokittain sekä ajoneuvojen jakautuminen.

CO ₂	(g/hkm)	(g/km)	Suoriteosuus (%)	(g/hkm)
EURO 0	107	182	EURO 0	11,7
EURO 1	107	181	EURO 1	21,0
EURO 2	105	179	EURO 2	23,1
EURO 3	105	179	EURO 3	33,8
EURO 4	104	176	EURO 4	0,0
EURO 5	97	164	EURO 5	0,0
EURO 6			EURO 6	
Keskimäärin v. 2007	106	180	Yhteensä v. 2007	100

Kaupunkiliikenteen linja-autojen CO₂-päästöt ovat keskimäärin 623 g/km. Tulevien määräysten vaikutus suuremmissa ajoneuvoissa kohdistuu ennen kaikkea muiden päästöjen pienentämiseen, joilla saattaa olla jopa hyötysuhdetta heikentävä eli polttoaineen kulutusta pienentävä vaikutus.

Liikenteen energiankulutuksen laskemiseksi on käytetty LIPASTOn sivuilla ilmoitettuja kertoimia henkilöautolle (0,68 kWh/km) ja linja-autolle (0,27 kWh/km).

7.6 Kunnallistekniikka

7.6.1 Valaistus

Katuvalojen lamppujen keskimääräinen vuotuinen paloaika on 3 000 h/vuosi. Yksittäisen lampun keskimääräinen teho on 150 W.

Mikäli katuvaloja sijoitetaan kaikille kaavoitettavan alueen katuosuuksille sekä Itäiselle ohitustielle koko matkalle 50 metrin välein, katuvaloja tarvitaan yhteensä 330 kappaletta.

7.6.2 Yleiset rakennukset

Alueelle sijoittuvien yleisten rakennusten (päiväkoti, koulu, kauppa jne.) kokonaispinta-ala on laskelmissa oletettu 2 500 brm². Yleisten rakennusten ominaissähkökulutuksena on käytetty 100 kWh/ brm² ja lämmön ominaiskulutuksena 150 kWh/ brm². Rakennuksen päästöjen laskennassa rakennuksen lämmöntuotantomuotona on käytetty kaukolämpöä kaikille julkisille rakennuksille.

7.6.3 Vesihuolto

Porvoon Energian mukaan vesihuoltoon liittyvät ominaiskulutustasot (sähkö) ovat seuraavat:

- puhtaan veden tuottaminen 0,6 kWh/m³
- jätevesien käsittely 0,5 kWh/m³
- veden käyttö / henkilö 0,12 m³/vrk
- jäteveden tuotto / henkilö 0,15 m³/vrk.

7.7 Energiankulutukseen ja päästöihin vaikuttavia tekijöitä

7.7.1 Herkkyystarkastelut rakennuksille, energialle ja liikenteelle

Herkkyystarkastelulla tunnistetaan yksittäiset tekijät, joita muuttamalla on mahdollisuus vaikuttaa eniten kokonaisuuteen eli alueen energiatehokkuuteen ja päästöihin. Skaftkärrin herkkyystarkasteluissa vaihtoehdon 0+ mukaiseen malliin sovellettiin erilaisia energiankulutusta tai hiilidioksidipäästöjä vähentäviä tekijöitä.

Yksittäiset tarkastellut tekijät jakautuvat kolmeen ryhmään: rakentamistratkaisuihin, energiantuotantoratkaisuihin ja liikennetratkaisuihin. Rakentamistratkaisuihin tarkasteltiin matalaenergia- ja passiivitaloja vuoden 2010 määräykset täyttävien rakennusten sijaan. Rakentamistratkaisuista kerrotaan enemmän luvussa 4.1. Energiantuotantoratkaisuja on käsitelty luvussa 3. Energiatuotannon osalta tarkasteltiin koko alueen kattavaa sähkölämmitystä, aurinkolämmön hyödyntämistä, kaukolämpöä sekä maalämpöä. Lisäksi määritettiin vertailuarvoksi tapaus, jossa alueen lämmitykseen käytettäisiin kaukolämpöä, mutta yksittäisen energiantuottajan kaukolämmön tuotannossa käytettyjä polttoaineita ei olisi käytettävissä. Tarkastelussa käytettiin Suomen keskimääräistä kaukolämmön polttoainejakaumaa ja keskimääräistä ominaishiilidioksidipäästöä vaikutusten laskemiseksi. Liikenteen eri vaikutuksia tarkastellaan luvussa 8.5. Osana herkkyystarkastelua tarkasteltiin erityisesti mahdollisuuksia, joilla voidaan vaikuttaa alueen kokonaishiilidioksidipäästöjen vähentämiseen työmatkaliikenteeseen vaikuttamisella. Liikenteen kokonaisenergiankulutuksen vähentämismahdollisuuksia arvioitiin myös korvaamalla osa henkilöautoliikenteestä sähköautoilla.

Tulosten perusteella määritettiin näiden tekijöiden merkitys kokonaisuuden kannalta. Esimerkiksi koko alueen toteuttaminen matalaenergiatasoisina rakennuksina sen sijaan, että rakentamista ohjaa ainoastaan vuoden 2010 rakentamismääräykset, on mahdollista vähentää rakennusten energiankulutusta ja sitä kautta myös rakennusten lämmittämisestä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Toisaalta, vaikka rakennuksen lämmitystarve ei muuttuisikaan, primäärienergiankulutukseen on mahdollista vaikuttaa lämmitysmuodon valinnalla.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 23) esitetään muutoksen suuruus suhteessa vertailutasoon sekä uusiutumattomassa primäärienergiassa että CO₂-päästöissä. Taulukossa ei esitetä muutosta ostoenergiassa, koska ostoenergiaa ovat sähkö, kaukolämpö ja polttoaineet. Tällöin energia on eri vaihtoehdoissa laadultaan erilaista eikä siten keskenään vertailukelpoista tai laskettavissa yhteen.

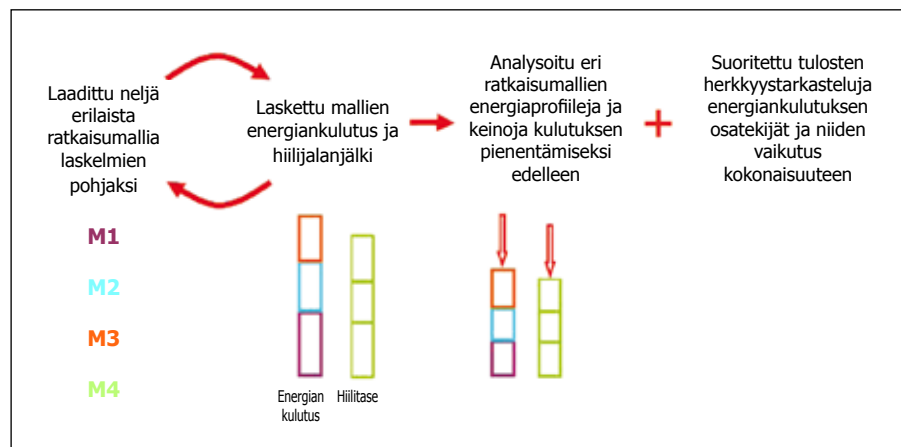
Taulukko 23. Vaihtoehdolle 0+ suoritettujen laskelmien tuloksien herkkyyštarkastelu rakentamisen ja liikenteen osalta. Prosentit kuvaavat energiankulutuksen tai päästömäärien muutosta suhteessa vertailutasoon 0+.

Muutokset vertailutasoon 0+		
	Primäärienergia	CO ₂ Päästöt
Lämmitys matalaenergiatasoa	-12 %	-8 %
Lämmitys passiivitasoa	-19 %	-14 %
Passiivitalo, sähkölämmitys	-6 %	-4 %
Aurinkolämpö	-6 %	-4 %
Passiivitalo, aurinkolämpö	-26 %	-18 %
Kaukolämpö	-33 %	-22 %
Matalaenergia, kaukolämpö	-35 %	-24 %
Maalämpöalue	-18 %	-13 %
Kaukolämpöalue, keskimääräinen suomessa	-16 %	+27 %
Kaikki työpaikat Porvoossa	-11 %	-19 %
Etätyöpisteet	-3 %	-4 %
Puolet työmatkoista sähköautoilla	-7 %	-19 %

Liikennetarkasteluissa etätyöpaikkojen vaikutusta arvioitaessa taustaoletuksena on, että jokainen alueen asukas tekisi yhden etäpäivän viikossa. Oletuksen perusteella määritetyt vaikutukset on esitetty taulukossa 23. Oletus todettiin kuitenkin liian optimistiseksi sekä työmahdollisuuksien että etäpisteiden tarpeen perusteella. Realistisemmaksi vaihtoehdoksi arvioitiin, että 20 prosenttia alueen asukkaista on työnsä puolesta mahdollisuus tehdä etätyötä. Tästä joukosta 50 prosentin arvioitiin olevan kiinnostunut mahdollisuuden käyttämiseen yhtenä päivänä viikossa. Siten etätyöpisteiden saavutettavissa oleviksi vaikutuksiksi saatiin energiankulutuksen osalta -3 prosentin muutos ja CO₂-päästöjen osalta -4 prosentin muutos suhteessa vertailutasoon 0+.

8 Tutkitut ratkaisumallit

Skaftkärr-projektin tarkoituksena oli tutkia erilaisten vaihtoehtoisten ratkaisujen merkitystä energiatehokkuuteen aluetason suunnittelussa. Lisäksi projektin tarkoituksena oli tehdä tarkastelujen perusteella johtopäätöksiä siitä, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus tähdättäessä alueiden energiatehokkuuden parantamiseen ja kaavoituksen kehittämiseen tästä näkökulmasta. Edellä kuvattu vaihtoehto 0+ toimi vertailupohjana laskelmille ja vertailuille.



Kuva 36. Ratkaisumallien laadinta- ja tarkasteluprosessi.

Vaihtoehdolle 0+ suoritettujen laskelmien ja herkkyystarkastelujen jälkeen laadittiin neljä ratkaisumallia maankäytön suunnittelun ja energiatehokkuuden työkaluiksi. Eri malleissa yhdisteltiin erilaisia kaupunkirakenteellisia tekijöitä erilaisiin energiantuotantotapoihin ja liikennejärjestelmä- ja liikkumistaparatkaisuihin, koska yhdyskunnan energiatehokkuuteen vaikuttavat useat eri tekijät. Mikään yksittäinen tekijä ei välttämättä ole energiatehokkuuden kannalta hyvä tai huono, vaan sidoksissa toteutustapaan ja kokonaisuuteen.

Ratkaisumalleille laskettiin energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt, kuten vaihtoehdolle 0+. Laskelmien pohjalta tehtiin johtopäätöksiä erilaisten ratkaisujen vaikutuksesta alueen energiatehokkuuteen ja laadittiin suunnitteluperiaatteet kaavarunkoa varten. Seuraavassa esitellään kunkin mallin peruseriaatteet ja seuraavassa luvussa niille suoritettujen laskelmien tulokset.

8.1 Ratkaisumallien suunnittelun lähtökohtia

Ratkaisumalleissa on varioitu seuraavia energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä:

- liikenneratkaisut ja liikkumistarve
- kaupunkirakenne
- energian tuotantotapa
- lämmitysratkaisut ja rakennustekniikka.

Energian tuotantotapa

Rakennusten lämmitys ja käyttövesi vastaavat 0+-vaihtoehdossa 38 prosenttia rakennusten uusiutumattoman primäärienergian käytöstä ja 28 prosenttia hiilidioksidipäästöistä. Rakennusten lämpöenergian tuotantotavalla on ratkaiseva merkitys energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen. Porvoon Energia Oy:n kaukolämmön tuotantotapa on erittäin ympäristöystävällinen. Kaukolämmön energianlähteenä käytetään jopa 90 prosenttia uusiutuvia energianlähteitä (Porvoon Energia Oy:n oma arvio vuoden 2015 tilanteesta). Tämän vuoksi kaukolämmön käyttö energianlähteenä koko Skaftkärrin alueella olisi energiatehokas vaihtoehto ilman mitään erityistoimenpiteitä.

Yleisesti Suomessa energiayhtiöt eivät kuitenkaan tuota kaukolämpöä yhtä suurella uusiutuvien energianlähteiden osuudella. Sen vuoksi energiatuotantotavan energiatehokkuus on aina paikallinen kysymys. Fossiilisilla polttoaineilla tuotetulla kaukolämmöllä on huomattavan suuri hiilijalanjälki, jonka takia fossiilisille polttoaineille tulee etsiä vaihtoehtoja kaukolämmön tuotannossa. Kiinteistö- ja käyttäjänsähköön kuluu noin 30 prosenttia uusiutumattomasta primäärienergiasta, ja ne aiheuttavat noin 21 prosenttia hiilidioksidipäästöistä. Sähköverkosta ostettavalle sähkölle ei tällä hetkellä ole kustannustehokasta vaihtoehtoa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.

Energiatuotantoala on ollut 2000-luvulla murroksessa. Uusiutuvia, vaihtoehtoisia energiantuotantotapoja on etsitty aiempaa intensiivisemmin. Tuuli- ja aurinkoenergian hyödyntäminen ovat edelleen Suomessa taloudellisesti haastavia energiantuotantomuotoja, mutta alan nopea kehitys saattaa tuoda tähän merkittäviä muutoksia jo lähitulevaisuudessa.

Liikenne- ja liikkumistarve

0+-vaihtoehdossa yli 30 prosenttia uusiutumattoman primäärienergian energiankulutuksesta syntyy liikkumisesta. Liikenne on siis suuressa roolissa energiankulutuksen kokonaisuudessa, ja sen vähentämisellä voidaan saada merkittäviä säästöjä aikaan. Hiilidioksidipäästöjä tarkasteltaessa liikenteen merkitys on vielä suurempi, ja 0+ vaihtoehdossa ne muodostavat yli 50 prosenttia kokonaispäästöistä.

Kaupunkirakenne

Kaupunkirakenne vaikuttaa energiatehokkuuteen välillisesti ja ohjaa erityisesti liikkumisen tarvetta. Tiivis yhdyskuntarakenne vähentää liikkumistarvetta, koska välimatkat ovat lyhyempiä. Tiivis asutus mahdollistaa myös lähipalveluiden sijoittamisen asumisen välittömään läheisyyteen. Lyhyet etäisyydet kannustavat myös joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käyttöön.

Kaupunkirakenteen tiiviydellä, tehokkuudella ja maankäytön painopistealueilla vaikutetaan myös alueen vaiheittaiseen toteuttamiseen taloudellisesti ja olemassa olevia verkostoja tehokkaasti hyödyntäen.

Rakennustekniikka

Rakennusten lämpöenergiankulutukseen vaikuttavat rakenteelliset ratkaisut. Matalaenergia- ja passiivirakentamisella voidaan vaikuttaa lämpöenergiankulutukseen. Sähkönkulutukseen vaikuttavat myös varustelutaso ja kulutustottumukset. Lämpimän käyttöveden tarpeeseen vaikuttavat pääasiassa asukkaiden kulutustottumukset. Näihin tekijöihin on vaikeampi vaikuttaa ohjausmenetelmillä tai maankäytöratkaisulla, koska kyseessä ovat asukkaiden omat valinnat. Kaavalla, kaavamääräyksillä ja rakentamisen ohjauksella (ennakoivalla rakennusvalvonnalla) voidaan kuitenkin vaikuttaa päästöihin ja myös asettaa tavoitteita sekä vaatimuksia.

8.2 Tutkitut mallit

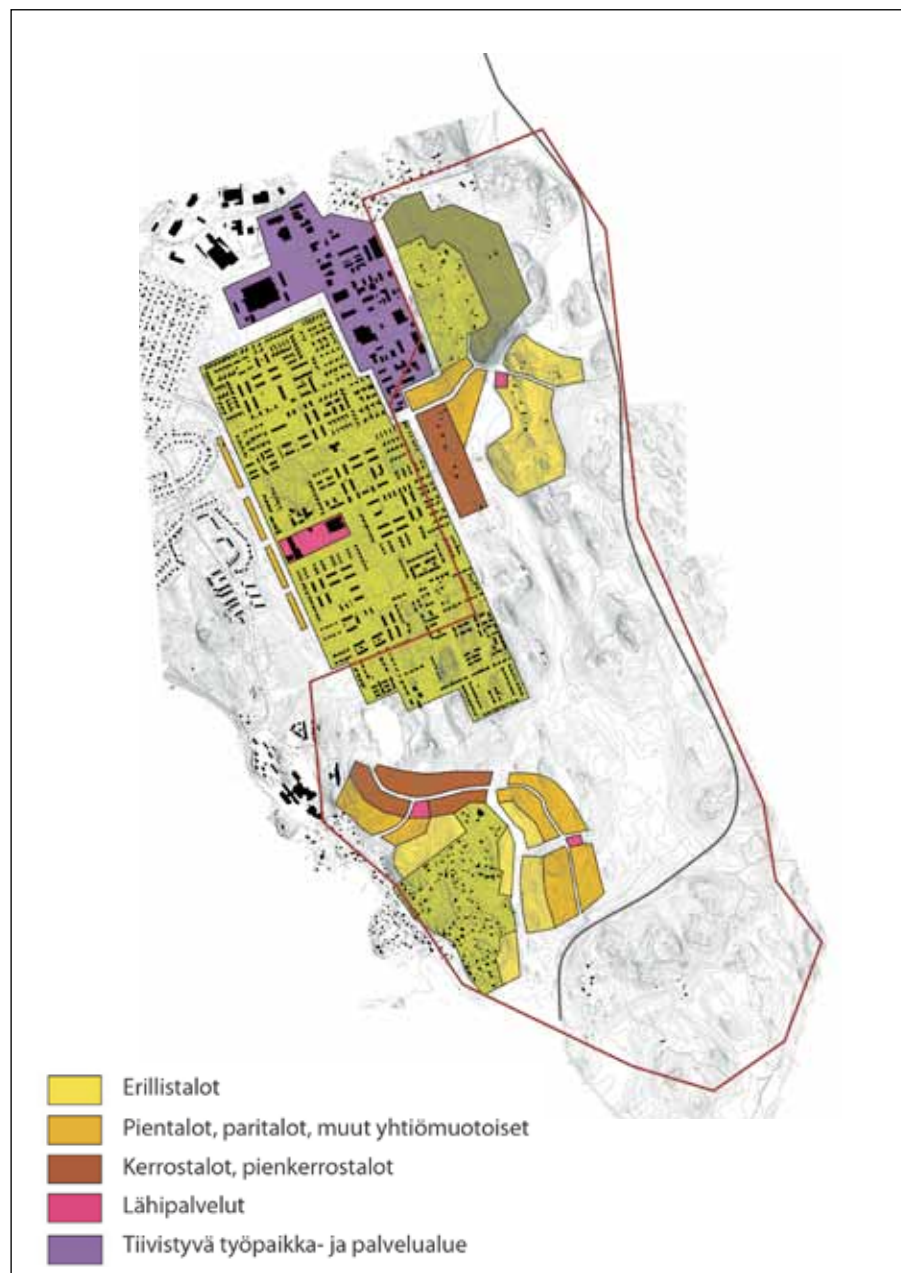
Malli 1

Malli 1 on tiivis, olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen tukeutuva malli. Tehokain rakentaminen on keskitetty Tarkkisten pohjoispuolelle, sairaalan läheisyyteen sekä Kevätkummun itäreunalle. Matalaenergiatalot on liitetty kaukolämpöverkkoon koko alueella. Kevätkummun läheinen alue sijaitsee noin kahden kilometrin päässä Porvoon keskustasta ja Tarkkisten laajennusalue lähes 3,5 kilometrin päässä. Skafkärrin kaava-alueen väestöstä noin 55 prosenttia on suunniteltu asuvan Tarkkisten alueen läheisyydessä.

Asumisen lisäksi alueelle on suunniteltu alueet päivittäistavarakaupoille siten, että Kevätkummun viereiselle alueelle tulee yksi ja Tarkkisten uusille alueille kaksi lähikauppaa. Kaupallista palvelua voidaan tukea kuljetuspalvelujärjestelyin. Kevätkummun pohjoispuolella sijaitsevaa Tarmolan työpaikka-alueita laajennetaan ja tiivistetään. Alueen työpaikkamäärän on suunniteltu kaksinkertaistuvan, jolloin uusia työpaikkoja on 1 600.

Asuinalueille on luotu tehokkaat joukkoliikenneyhteydet ja alueen pohjoisosasta korkealuokkaiset kevyen liikenteen väylät Porvoon keskustaan. Joukkoliikenteen pikalinjalla kulkee yhteys Tarkkisten alueelta Kevätkummun ja Tarmolan alueen kautta moottoritille. Vuoron on suunniteltu toimivan syöttöliikenteenä moottoritien linja-autovuoroille (vuoroväli noin 15 minuuttia). Kevyen liikenteen pikaväylät kulkevat keskustaan ja uuden joukkoliikennereitin vieritse moottoritien liittymän pysäkeille. Kevyen liikenteen edellytysten parantamiseen liittyy liityntäpysäköintimahdollisuuden (muun muassa pyöräparkin) järjestäminen pysäkin tuntumaan.

Mallissa 1 on käytetty matalaenergiataloja, joista 100 prosentissa lämmönlähteenä on kaukolämpö. Sähkö ostetaan sähköverkosta.



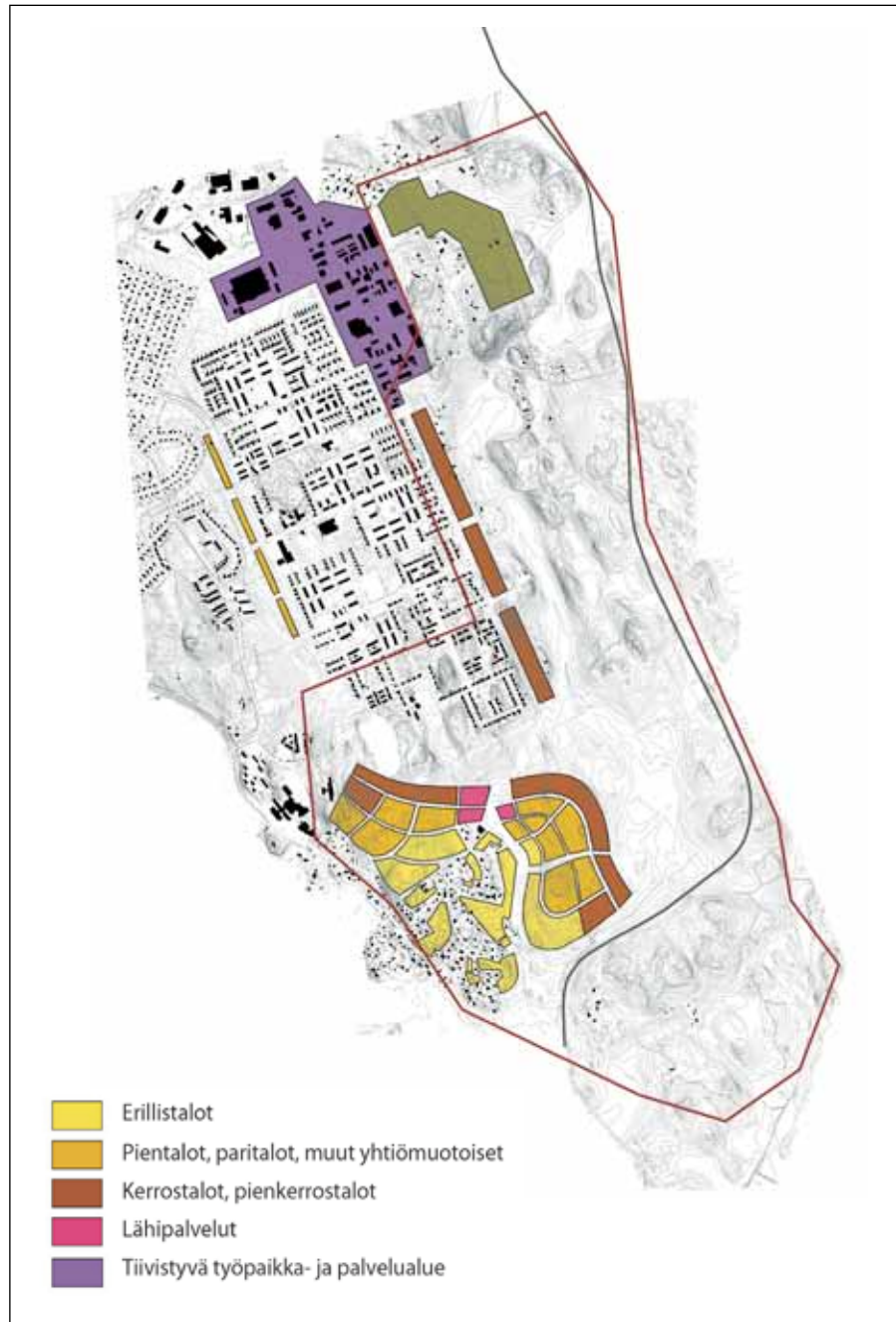
Kuva 37. Malli 1.

Malli 2

Malli 2 on tehokas pientalovaltainen malli, jossa rakentamisen pääpaino on Tarkkisten alueen ympäristössä. Kevätkummun aluetta laajennetaan hieman itään päin, yhden korttelin leveydeltä. Mallissa rakentaminen on keskitetty uuden alueen halki kulkevan kadun tai joukkoliikennekadun varrelle, millä on tavoiteltu alueelle tulevan joukkoliikennedyhteyden maksimaalista hyödyntämistä. Uusien alueiden muiden katu-yhteyksien on mallissa oletettu olevan kevytliikennepainotteisia yhteyksiä, kuten pihakatuja tai hidaskatuja. Yli 75 prosenttia Skaftkärrin kaava-alueen väestöstä on suunniteltu asuvan Tarkkisten alueen läheisyydessä lähes 3,5 kilometrin päässä keskustasta.

Mallissa 2 on käytetty matalaenergiataloja, joista 50 prosentissa on lämmönlähteenä kaukolämpö, 50 prosentissa maalämpö ja sähkö on ostettu sähköverkosta. Asumisen lisäksi Tarkkisten uudelle alueelle on suunniteltu varattavaksi alue palvelukeskukselle, jossa on tarkoitus olla päivittäistavarakauppaa laajemmat kaupalliset palvelut (ostoskeskuluokkaiset palvelut), kirjasto, peruskoulu ja urheilupalveluja. Kaupallisia palveluja voidaan tukea kuljetuspalvelujärjestelyin. Kevätkummun pohjoispuolella sijaitsevaa Tarmolan työpaikka-aluetta laajennetaan ja tiivistetään. Alueen työpaikkamäärän on suunniteltu kaksinkertaistuvan, jolloin uusia työpaikkoja on 1 600.

Liikenteestä aiheutuvat päästöt ja energiankulutus on minimoitu tiiviillä kaupunkirakenteella ja tehokkailla joukkoliikennedyhteyksillä. Joukkoliikenteen pikalinjalle on järjestetty tieyhteys Tarkkisten alueelta Kevätkummun ja Tarmolan alueen vieritse moottoritiele. Vuoron on suunniteltu toimivan syöttöliikenteenä moottoritien linja-autovuoroille (vuoroväli noin 15 minuuttia). Kevyen liikenteen pikaväylät kulkevat keskustaan ja uuden joukkoliikennereitin vieritse moottoritien liittymän pysäkeille. Kevyen liikenteen edellytysten parantamiseen liittyy liityntäpysäköintimahdollisuuden (muun muassa pyöräparkin) järjestäminen pysäkin tuntumaan.



Kuva 38. Malli 2.

Malli 3

Malli 3 on sijainniltaan, maankäytöltään ja liikennejärjestelmältään samantyyppinen kuin malli 0+. Rakennuksia ei ole liitetty kaukolämpöverkoston, vaan alueen energiantarve on tuotettava paikallisesti hiilidioksidivapailla polttoaineilla, kuten biopolttoaineilla, aurinkolämmöllä ja -sähköllä. Käytetty rakennustekniikka on mahdollisimman energiatehokasta (passiivitalot, 0-energiatalot ja aurinkolämpö). Alueella on asumisen lisäksi ainoastaan päiväkotipalveluita.

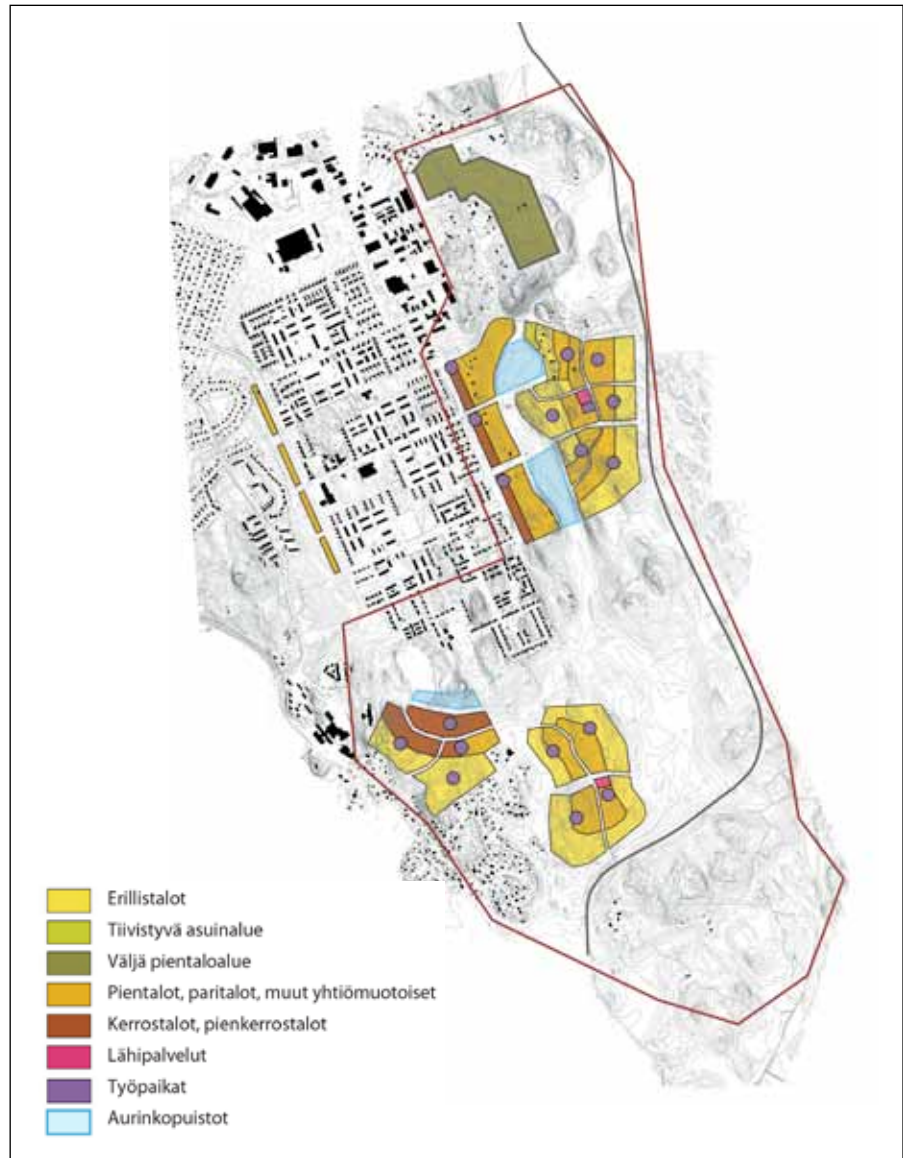


Kuva 39. Malli 3.

Malli 4

Malli 4 on yhteisöllinen maankäyttömalli, jossa pääpaino on liikkumistarpeen pienentämisellä sekä työpaikkojen, etätyöpisteiden ja palveluiden sijoittamisella asuinalueille. Laajennusalueet sijoittuvat karkeasti kahdelle alueelle: Kevätkummun itäpuolelle, sen viereiselle alueelle sekä Tarkkisten alueen läheisyyteen. Kevätkummun läheinen alue sijaitsee noin kahden kilometrin päässä Porvoon keskustasta ja Tarkkisten laajennusalue noin 3,5 kilometrin etäisyydellä. Noin 55 prosenttia Skaftkärrin kaava-alueen väestöstä on suunniteltu asuvan Tarkkisten alueen läheisyydessä.

Mallissa 4 on käytössä passiivitalot, joihin lämpö on tuotettu 100-prosenttisesti aurinkokaukolämmöllä. Sähköä käytetään verkkosähköä. Asumisen lisäksi alueelle on suunniteltu alueet päivittäistavara-kaupoille siten, että Kevätkummun viereiselle alueelle tulee yksi ja Tarkkisten uusille alueille kaksi lähikauppaa. Kaupallista palvelua voidaan tukea kuljetuspalvelujärjestelyin. Kaikille alueille on suunniteltu työpajakeskittymiä, joiden tarkoitus on antaa etätyömahdollisuus alueella asuville. Työpajojen ja etätyön on mallissa oletettu palvelevan kesimäärin yhden työpäivän verran viijoukkoliikenteen pikalinjalle on järjestetty tieyhteys Tarkkisten alueelta Kevätkummun ja Tarmolan alueen vieritse moottoritiele. Vuoron on suunniteltu toimivan syöttöliikenteenä moottoritien linja-autovuoroille (vuoroväli noin 15 minuuttia). Kevyen liikenteen pikaväylät kulkevat keskustaan ja uuden joukkoliikennereitin vieritse moottoritien liittymän pysäkeille. Kevyen liikenteen edellytysten parantamiseen liittyy liityntäpysäköintimahdollisuuden (muun muassa pyöräparkin) järjestäminen pysäkin tuntumaan.



Kuva 40. Malli 4.

9 Energia-, päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi

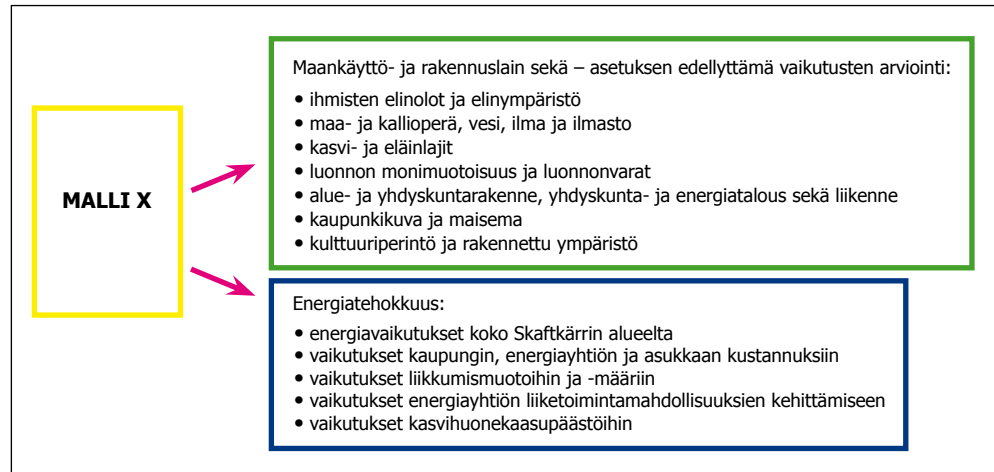
9.1 Vaikutusten arvioinnin periaatteet

Kunkin mallin vaikutuksia on tutkittu maankäyttö- ja rakennuslain sekä -asetuksen edellyttämällä tavalla. Näiden lisäksi tutkittiin energiatehokkuuteen vaikuttavien tekijöiden vaikutukset. Näin on pystytty arvioimaan eri mallien vaikutuksia energiankäyttöön ja hiilidioksidipäästöihin. Samalla on arvioitu eri ratkaisujen kustannusvaikutuksia, jotta saadaan selville myös erilaisten energiansäästöratkaisuiden kustannustehokkuus.

Energiatehokkuustarkastelut tuovat esiin uuden näkökulman maankäytön suunnitteluun. Ne ovat osittain päällekkäisiä tai limittyviä maankäyttö- ja rakennuslain sekä -asetuksen edellyttämien tarkastelujen kanssa (kuten yhdyskunta- ja energiatalous sekä liikenne), mutta laajentavat tarkastelua energiatehokkuuden suuntaan.

Energiatehokkuus vaikutusten arvioinnin osana tuo esiin myös uuden ekologisen näkökulman maankäytön suunnitteluun. Tiivis kaupunkirakenne on energiatehokkuuden, hiilidioksidipäästöjen ja globaalien kestävän kehityksen kannalta väljää kaupunkirakennetta parempi vaihtoehto. Kuitenkin esimerkiksi suojelutavoitteet saattavat edellyttää arvoalueiden tai -kohteiden jättämistä kaupunkirakenteen sisään, jolloin rakenne väljenee. Maankäytön suunnittelussa on kyse usein erilaisten ratkaisuiden arvottamisesta ja kompromissien tekemisestä. Energiatarkastelu tuo tähän pelikenttään yhden uuden muuttujan lisää.

Maankäyttö- ja rakennuslain sekä -asetuksen mukainen vaikutusten arviointi on esitetty tarkemmin erillisessä kaavarungon selostuksessa. Tässä luvussa on esitetty energiatehokkuuteen vaikuttavien tekijöiden vaikutusten arviointi.



Kuva 41. Vaikutusten arvioinnin jakautuminen.

9.2 Ratkaisumallien liikenteellinen vertailu

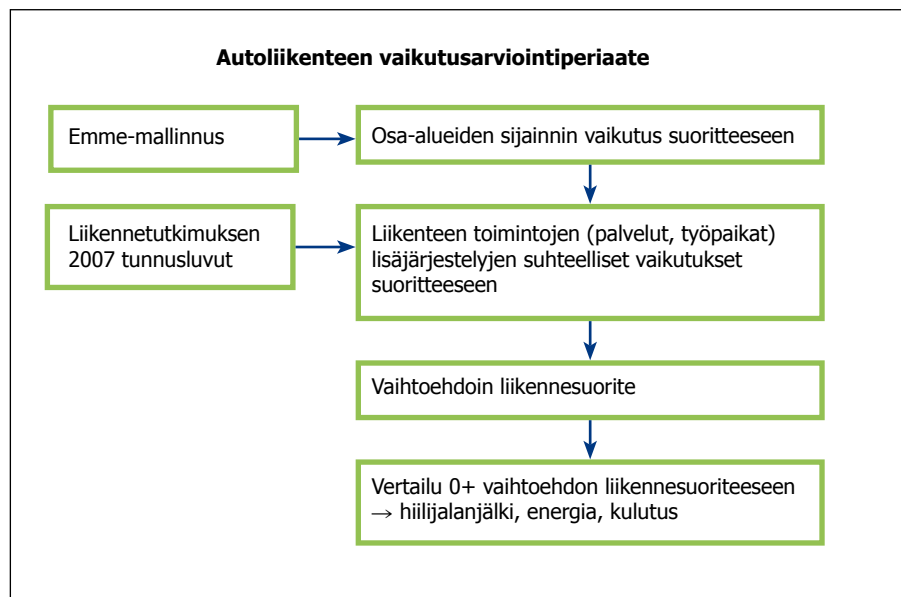
9.2.1 Vertailuperiaate

Yksityisautoilu vaikuttaa eniten liikenteen energiakulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin. Vertailussa onkin tarkasteltu ratkaisujen vaikutuksia autoliikenteeseen, mutta myös joukkoliikenteen vaikutukset on otettu huomioon.

Emme/2-ohjelmalla on mallinnettu tarkasteltavien Skaftkärrin ratkaisumallien liikenne ja laskettu liikennesuorite kussakin mallissa. Emme-mallien liikennesuorite-erot kertovat osa-alueiden sijainnin ja niiden väestömäärän vaikutukset vaihtoehtoon 0+ verrattuna.

Porvoon liikennetutkimuksen 2007 tunnuslukujen avulla on arvioitu maankäytön eri toimintojen ja liikenneyhteyksien parantamisen suhteelliset vaikutukset mallien liikennesuoritteeseen.

Taulukko 24. Mallien vertailuperiaatteet.



9.2.2 Autoliikenteen liikennesuoritteet

Taulukossa 25 esitetään autoliikenteen liikennesuoritteet sekä niiden vähenemiseen vaikuttavat tekijät eri malleissa (Liikenteellisten vaikutusten arvioinnissa ratkaisumalli 3 vastaa edellä kuvattua vaihtoehtoa 0+.). Merkittävimmät tekijät, jotka vaikuttavat tarkasteltavien ratkaisumallien autoliikennesuoritteeseen:

- alueen sijainti keskustaan nähden
- alueen sisäiset palvelut ja lähityöpaikat.

Tehtyjen laskelmien perusteella voidaan todeta, että henkilöautoliikenteen suoritteet ovat malleissa 1, 2 ja 4 noin viidenneksen pienemmät kuin kaavarunkoon perustavassa vaihtoehdossa. Merkittävimpiin henkilöautoliikenteen vähennyksiin päästään sijoittamalla malleihin palveluja (lähikauppa ja palvelukeskus) ja työpaikkoja tai etätyöpaikkoja. Myös joukko- ja kevyen liikenteen yhteyksien parantamisella ja nopeuttamisella on vaikutusta autoliikenteen käyttötottumuksiin ja liikennesuoritteeseen, mutta perinteisillä ja yleisesti käytössä olevilla ratkaisuilla on pienehkö vaikutus henkilöautoilun vähentämiseen.

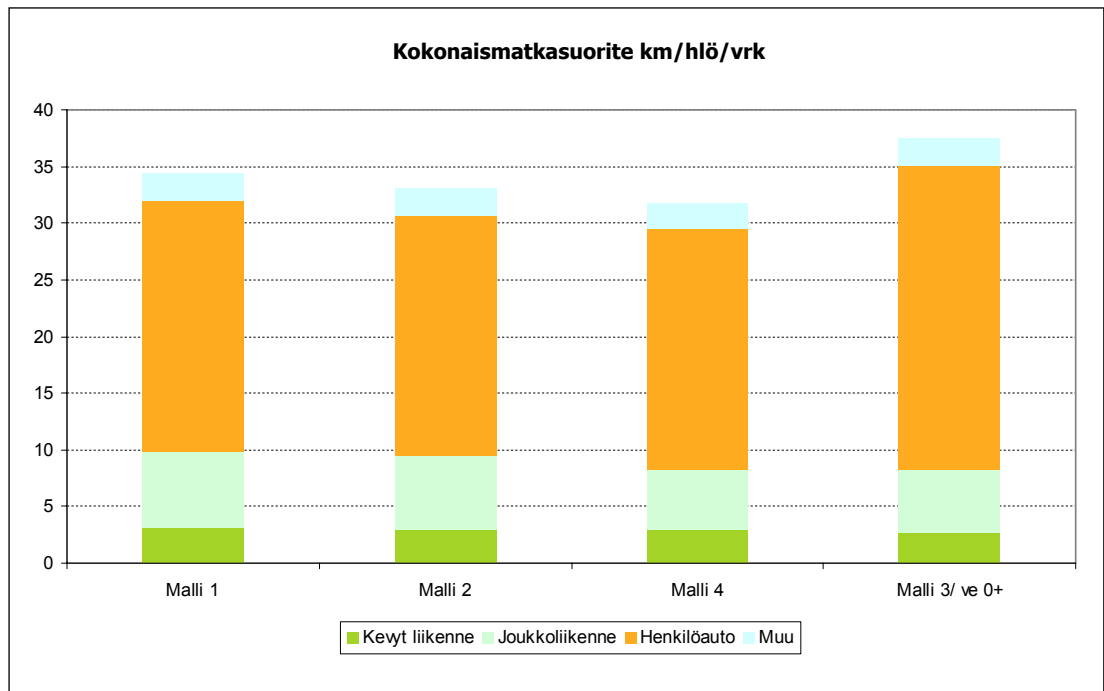
Taulukko 25. Autoliikenteen mallikohtaiset suoritteet (km/vrk).

SKAFTKÄRR	0+/3 *	1	2	4
Alueiden sijainnin vaikutus, ha-suorite/vrk	119 054	114 227	115 839	115 410
Vähennykset %				
Pikalinja mo-tielle		-4,0 %	-4,0 %	-4,0 %
Kevyen liikenteen pikaväylät		-0,9 %	-1,1 %	-0,8 %
Tarmolan työpaikka-alueen laajennus		-5,0 %	-5,0 %	
Lähikaupat				-6,3 %
Palvelukeskus, kauppa			-9,4 %	-9,0 %
Työpisteet				
Yhteensä		-16,2 %	-19,5 %	-20,1 %
Muutoskerroin		0,838	0,805	0,799
Ha-suorite/vrk	119 054	95 786	93 285	92 269
%-osuus	100 %	80,5 %	78,4 %	77,5 %
Kalibroitu asukasmäärään 6 115 as./malli		* mallin 2 liikennesuorite sama kuin mallissa 0+		

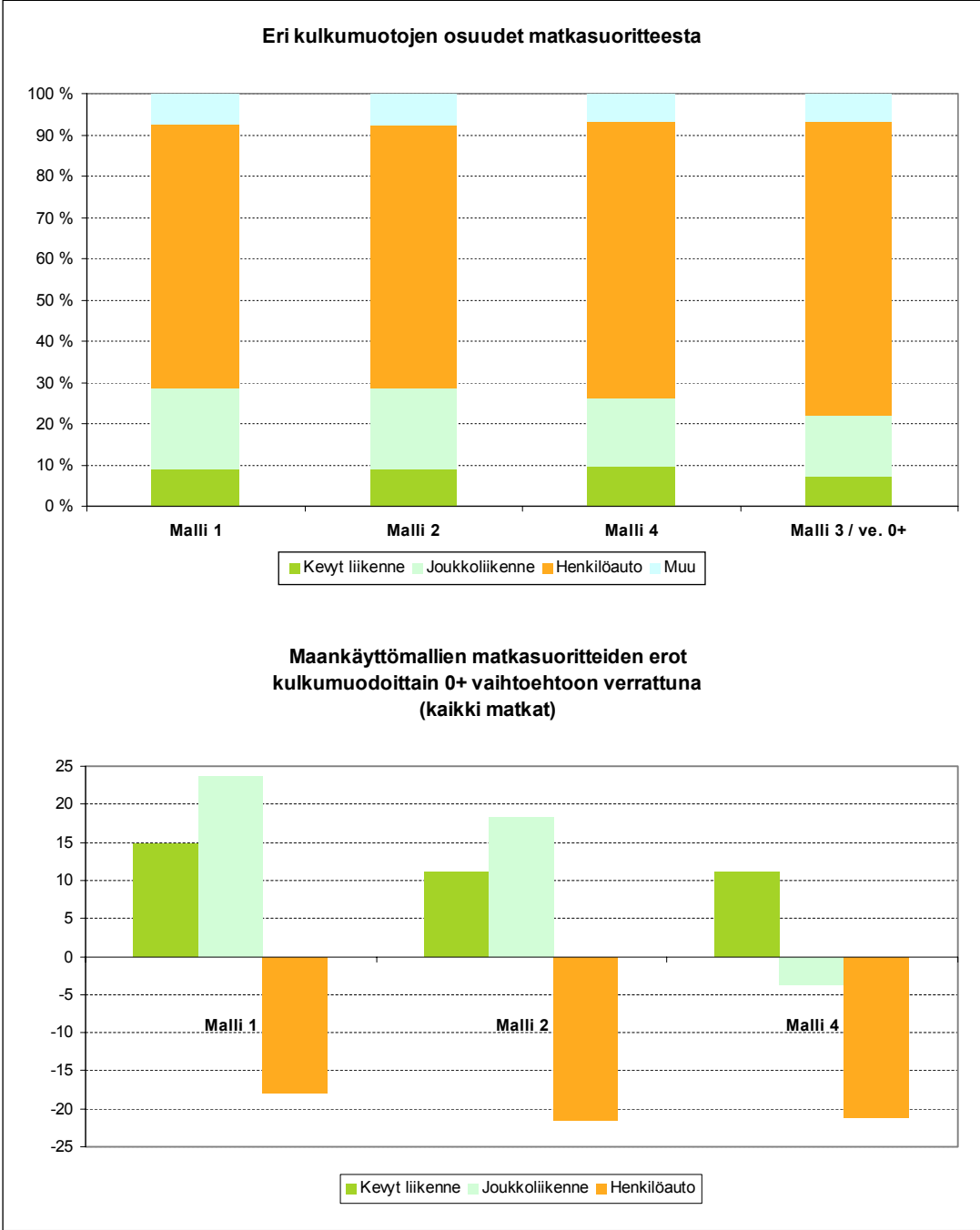
9.2.3 Mallien liikennesuoritteet, suhteelliset osuudet kulkumuodoittain

Seuraavissa kuvissa on esitetty periaatemalleihin sisältyvien toimintojen (muun muassa lähikauppojen, työpajojen ja palvelukeskusten) ja liikennejärjestelyjen parantamistoimenpiteiden vaikutukset mallien liikennesuoritteeseen. Nämä ovat sellaisia toimenpiteitä, jotka voivat olla mukana kaikissa vaihtoehdoissa. Palvelujen sijoittamiseen vaikuttavat kaupalliset näkökohdat, eikä niiden toteutumista voida varmistaa kaavoituksen keinoin.

Taulukko 26. Autoliikenteen mallikohtaiset suoritteet (km/vrk).



Liikennemallinnusten tulosten perusteella mallin 4 kokonaismatkasuorite on vaihtoehtoisista pienin. Tosin mallien 1, 2 ja 4 väliset erot ovat suhteellisen pieniä. Kaikilla laadituilla maankäyttömalleilla päästään kuitenkin noin 8–16 prosentin kokonaismatkasuoritevähennyksiin vaihtoehdon 0+ mukaiseen maankäyttöön verrattuna. Kun tarkastellaan eri kulkumuotojen osuutta matkasuoritteesta, voidaan todeta, että kaikki laaditut ratkaisumallit lisäävät kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen osuuksia. Mallit 1 ja 2 ovat edullisimmat energiatehokkaan liikkumisen kehittämisen näkökulmasta. Vaikka kevyen liikenteen matkat lisääntyvät malleissa, ei niiden kokonaispituus henkilöä kohden kasva merkittävästi. Esimerkiksi alueen lähipalvelut ja työpaikat vähentävät myös pitkiä automatkoja, lisäävät lyhyitä kevyen liikenteen matkoja ja vähentävät näin kulkumuotojen kokonaissuoritetta.



Kuva 42. Matkasuoritteet. Liitetaulukoissa on esitetty liikennesuoritteet kulkumuodoittain ja periaatemalleittain. Ne perustuvat porvoolaisten keskimääräiseen liikkumiseen eivätkä näin esitä maankäyttömalleihin sisältyviä absoluuttisia tunnuslukuja, mutta suhteelliset osuudet kuvaavat malliin sisältyvää liikkumiskäyttäytymistä. Taulukossa "muut ajoneuvot" ovat suureksi osaksi olleet pakettiautoja yms. Tässä ne rinnastetaan henkilöautoihin ja luokitellaan yksityisajoihin käytetyiksi kevyiksi autoiksi.

9.2.4 Joukkoliikenne, liikennesuorite

Uusilla alueilla ei ole perusjoukkoliikennettä eli paikallisliikennettä. Jotta päästään porvoolaisten keskimääräiseen joukkoliikenteen käyttöön, on liikennesuoritelaskelmiin otettu mukaan perustasoinen paikallisliikennetarjonta (toteutettavissa esimerkiksi nykyisten paikallisreittien pidennyksillä).

Joukkoliikenteen liikennesuoritevertailuun on otettu mukaan myös pikalinjan liikennesuorite.

Vertailussa on lisäksi otettu mukaan kaikkiin malleihin ja myös vertailutilanteen kaavaluonnokseen 2007 kuuluvana joukkoliikenteen liikennesuorite. Siinä on otettu huomioon Porvoon henkilötutkimuksessa todettu liikennesuorite henkilöä kohden. Tämä arvo ei vaikuta absoluuttiseen vertailuarvoon, mutta mahdollistaa eri kulkumuotojen energiakulutuksen vertailemisen.

Taulukko 27. Joukkoliikenteen mallikohtaiset liikennesuoritteet.

Joukkoliikenteen liikennesuoritteet				Muu joukkoliikene 562 200 km/vuosi	
Asukasmäärä 6 115 as.	Paikallisliikenne	Pikalinja	Yhteensä	Koko joukkoliikenne km/vuosi	Lisäys %
	Ajomatka- lisäykset	km/vuosi	km/vuosi		
Mallit					
0+	77 258		77 258	639 458	0
1	45 817	65 520	111 337	673 537	5
2	27 116	65 520	92 636	654 836	2
4	45 817	65 520	111 337	673 537	5

Paikallisliikenteen linjan vaatimat matkasuoritteiden pidennykset ovat pisimmät vuoden 2007 kaavarunkoluonnoksessa. Osa-alueet sijoittuvatkin tässä mallissa laajalle alueelle, jolloin myös joukkoliikenteen reittipidennykset ovat pitkäköjiä.

Mallissa 2 paikallisliikenteen järjestäminen vaatii vähiten ajomatkapidennyksiä, koska suuri osa laajennuksesta painottuu eteläiselle Tarkkisten alueelle.

Pikalinjan järjestäminen lisää joukkoliikenteen kokonaissuoritetta noin 10 prosenttia, jolloin malleissa 1, 2 ja 4 liikennesuorite kasvaa kaavarunkoluonnokseen nähden. (Myös uuden tieyhteyden rakentaminen vain yhtä uutta linjaa varten ei ole taloudellisesti kannattavaa. Yleisesti on pidetty, että esimerkiksi joukkoliikenteen kaistaa voidaan harkita, jos vuoromäärä on yli 20 linja-autoa tunnissa.)

9.3 Ratkaisumallien energiantuotanto- vaihtoehtojen päästövertailu

9.3.1 Lämmitysvaihtoehdot

Lähtökohtaisesti kaikki lämmöntuotantoratkaisut ovat mahdollisia kaikissa eri ratkaisumalleissa. Tämän takia lämmöntuotantovaihtoehtojen päästövaikutuksia tarkasteltaessa lämmöntuotantomuotoja ei ole sidottu ratkaisumalleihin. Koska kaikissa ratkaisumalleissa ja 0+-vaihtoehdossa on sama rakennuksien bruttoala, on lämmöntarve kaikissa vaihtoehdoissa sama, mikäli rakennukset on tehty samalla energiatehokkuusluokalla.

Seuraavassa on tarkasteltu eri lämmitysvaihtoehtoja olettaen, että kaikki alueen rakennukset toteutettaisiin samalla lämmitysratkaisulla. Tarkastelu on tehty siten, että kaikkien rakennuksien on oletettu olevan vuoden 2010 rakennusnormin mukaisia matalaenergiataloja tai passiivenergiataloja. Taulukossa esitetään eri lämmöntuotantomuotojen CO₂-päästöt t/a sekä kyseisten päästöjen ero 0+- malliin verrattuna. Lisäksi taulukossa on esitetty, kuinka suuri osuus uusiutuvilla energialähteillä on kussakin lämmöntuotantoratkaisussa.

Taulukko 28. Energiatuotantovaihtoehtojen vaikutus alueen CO₂-päästöihin.

Lämmöntuotantovaihtoehtojen CO ₂ -päästöt [t/a], päästöjen ero 0+ malliin [%] ja uusiutuvien osuus [%]				
kulutetusta lämmöstä eri rakennustyypeillä				
		Normitalo 2010	Matalaenergia	Passiivi
Lämmön kulutus alueella	MWh/a	30000	20000	15000
0+ malli	CO ₂ -päästöt	4100 t/a	-	-
	CO ₂ ero 0+:aan	0	-	-
	uusiutuvien osuus	0,53	-	-
Kaukolämpö	CO ₂ -päästöt	730 t/a	500 t/a	360 t/a
	CO ₂ ero 0+:aan	-0,82	-0,88	-0,91
	uusiutuvien osuus	0,9	0,9	0,9
Sähkölämmitys	CO ₂ -päästöt	6050 t/a	4100 t/a	3000 t/a
	CO ₂ ero 0+:aan	0,46	0	-0,27
	uusiutuvien osuus	0,3	0,3	0,3
Maalämpö	CO ₂ -päästöt	2000 t/a	1400 t/a	1000 t/a
	CO ₂ ero 0+:aan	-0,51	-0,67	-0,76
	uusiutuvien osuus	0,8	0,8	0,8
Biopolttoaineet	CO ₂ -päästöt	0 t/a	0 t/a	0 t/a
	CO ₂ ero 0+:aan	-1	-1	-1
	uusiutuvien osuus	1	1	1
Aurinkokaukolämpö*	CO ₂ -päästöt	0...-6800 t/a	0...-4600 t/a	0...-3400 t/a
	CO ₂ ero 0+:aan	-100...-250 %	-100...-200 %	-100...-170 %
	uusiutuvien osuus	1	1	1

Aurinkokaukolämmöllä saatava päästövähennys riippuu siitä, minkä polttoaineen käyttöä aurinkokaukolämmön avulla voidaan vähentää. Suurin päästövähennys saadaan, kun aurinkokaukolämpö korvaa kokonaan maakaasun käytön. Aurinkokaukolämpö on vähintäänkin 100-prosenttisesti uusiutuva lämmöntuotantotapa.

Sähköä käyttävien lämmitysmuotojen hiilidioksidipäästöjen ja uusiutuvan energian osuuksien laskelmien pohjana on käytetty Suomen vuodelle 2015 arvioitua keskimääräistä sähköntuotantorakennetta. Mikäli lämmitykseen kuluva sähkö kuitenkin tuotettaisiin paikallisesti uusiutuvalla energialla, voidaan päästöissä päästä nollaan ja uusiutuvan energian osuus kasvattaa 100 prosenttiin.

9.3.2 Sähköntuotantovaihtoehdot

Seuraavassa on tarkasteltu erilaisia sähkön hankinta- ja tuotantovaihtoehtoja alueella. Kokonaissähkökulutuksena on käytetty vaihtoehdon 0+ kulutusta 15 600 MWh vuodessa alueella. Lämmitykseen käytettävä sähkö ei sisälly lukuun, vaan se on käsitelty lämmitysvaihtoehtojen yhteydessä. Taulukossa on esitetty sähköntuotannon CO₂-päästöt sekä kyseisten päästöjen ero 0+-malliin sekä uusiutuvien energialähteiden osuus kullakin sähköntuotantotavalla.

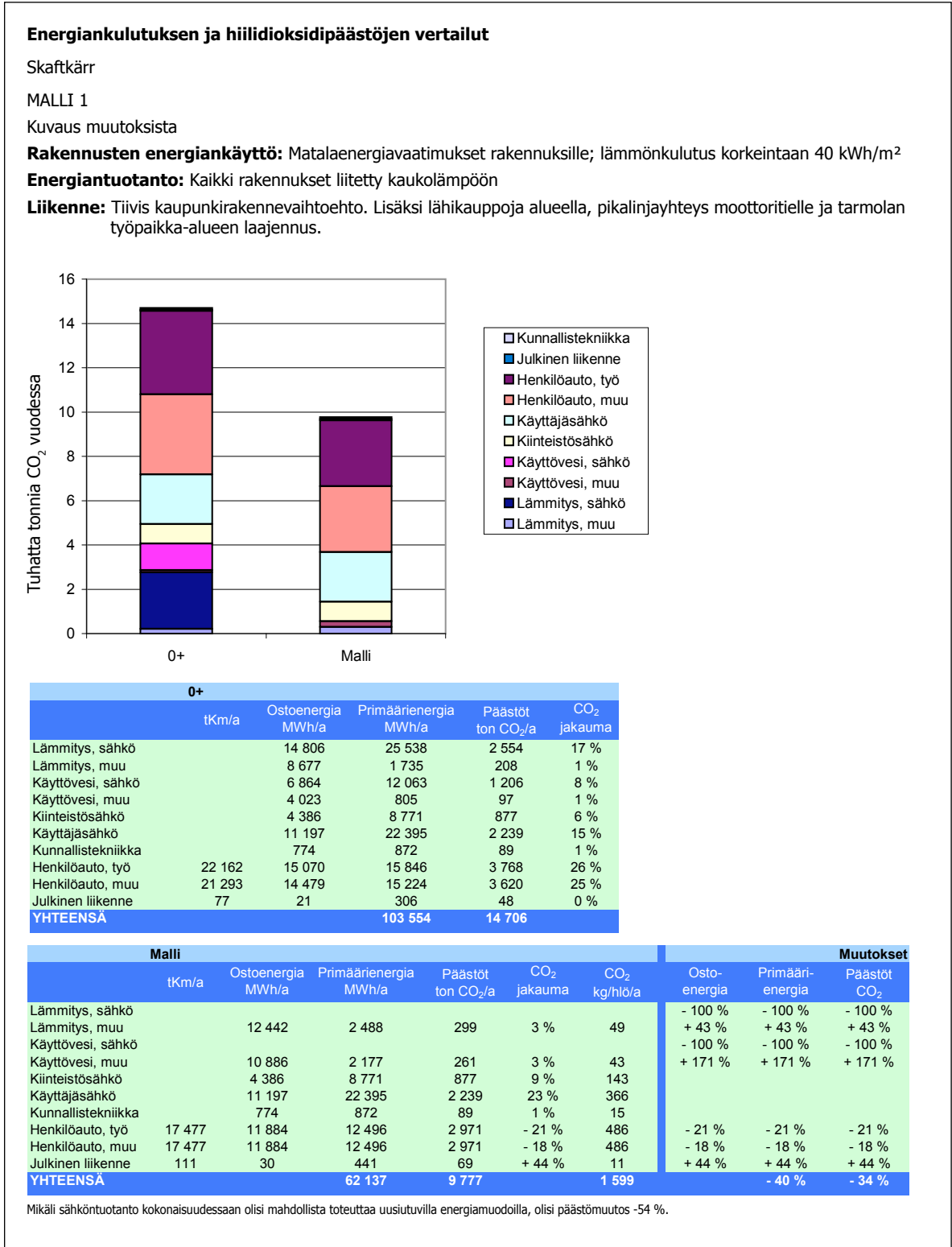
Taulukko 29. Sähköntuotantovaihtoehtojen vertailu.

Sähköntuotantomuoto	CO ₂ -päästöt vuodessa (t/a) ja ero 0+ malliin (%)	Uusiutuvan energian osuus
Tuulivoima	0 t/a -100 %	100 %
Aurinkosähkö	0 t/a -100 %	100 %
Polttokennot	Riippuu polttoaineesta	0–100 % riippuu polttoaineesta
Sähkön osto markkinoilta	3 000 t/a 0 %	30 %

9.4 Energia- ja päästövaikutusten arviointi

Energiataloudellisten vaikutusten arviointi on esitetty seuraavissa taulukoissa mallikohtaisesti. Muutokset vaihtoehtoon 0+ verrattuna on esitetty prosentteina primäärienergian käytön ja hiilidioksidipäästöjen osalta taulukoiden viimeisillä riveillä. Ostoenergian muutokset on esitetty taulukoissa ainoastaan kunkin yksittäisen rivin osalta, koska ostoenergiaa ovat sähkö, kaukolämpö ja polttoaineet, jotka eivät ole keskenään vertailukelpoista.

Taulukko 30. Mallin M1 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut.



Taulukko 31. Mallin M2 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut.

Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut

Skaftkärr

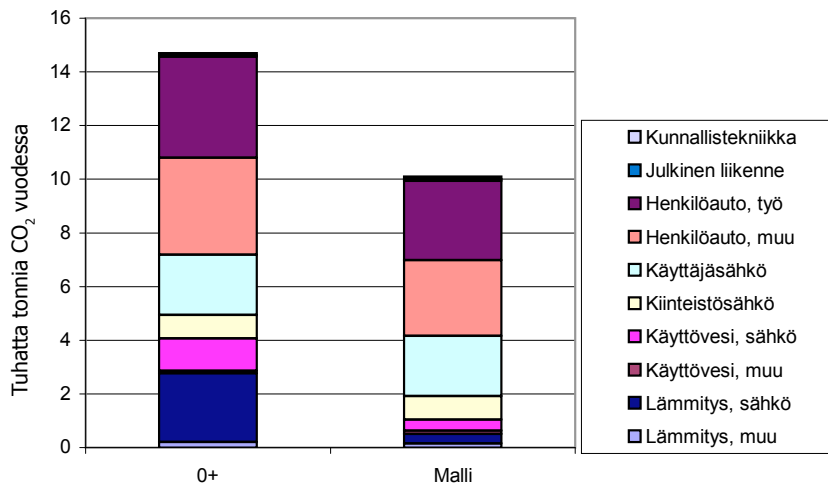
MALLI 2

Kuvaus muutoksista

Rakennusten energiankäyttö: Matalaenergiavaatimukset rakennuksille; lämmönkulutus korkeintaan 40 kWh/m²

Energiantuotanto: Lämmitystapajakauma noin 50 % kaukolämpöaluetta ja 50 % maalämpöaluetta

Liikenne: Tiiviimpi rakennevaihtoehto, jonka lisäksi järjestetty laadukas joukkoliikenne. Lisäksi lähikauppoja alueella, pikalinjayhteys moottoritielle ja tarmolan työpaikka-alueen laajennus.



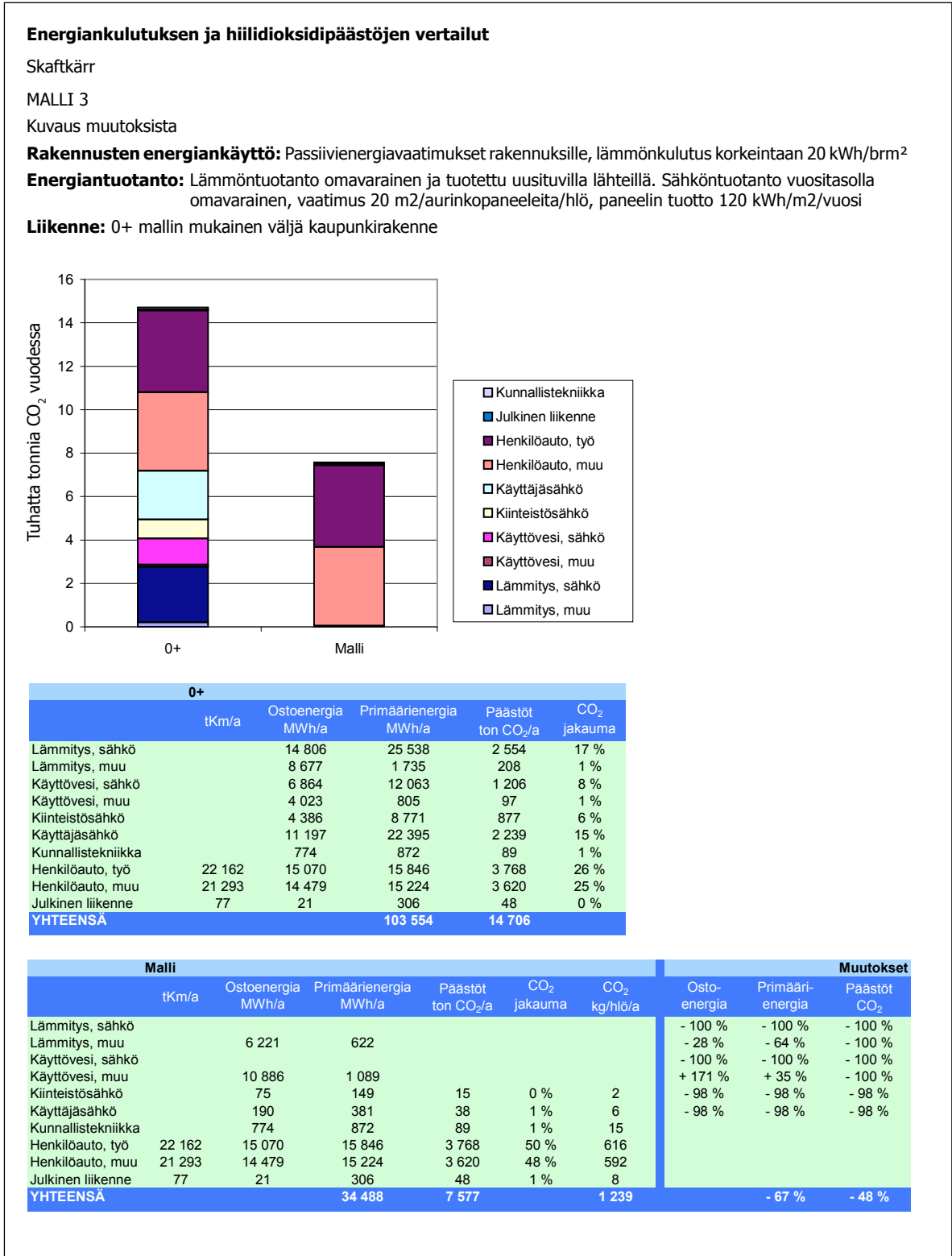
0+					
	tKm/a	Ostoenergia MWh/a	Primäärienergia MWh/a	Päästöt ton CO ₂ /a	CO ₂ jakauma
Lämmitys, sähkö		14 806	25 538	2 554	17 %
Lämmitys, muu		8 677	1 735	208	1 %
Käyttövesi, sähkö		6 864	12 063	1 206	8 %
Käyttövesi, muu		4 023	805	97	1 %
Kiinteistösähkö		4 386	8 771	877	6 %
Käyttäjäsähkö		11 197	22 395	2 239	15 %
Kunnallistekniikka		774	872	89	1 %
Henkilöauto, työ	22 162	15 070	15 846	3 768	26 %
Henkilöauto, muu	21 293	14 479	15 224	3 620	25 %
Julkinen liikenne	77	21	306	48	0 %
YHTEENSÄ			103 554	14 706	

	17 427	11 850	12 460	2 963	29 %
	16 610	11 295	11 876	2 824	28 %

Malli						Muutokset			
	tKm/a	Ostoenergia MWh/a	Primäärienergia MWh/a	Päästöt ton CO ₂ /a	CO ₂ jakauma	CO ₂ kg/hlö/a	Osto-energia	Primääri-energia	Päästöt CO ₂
Lämmitys, sähkö		6 221	3 555	355	401 %	58	- 58 %	- 86 %	- 86 %
Lämmitys, muu		6 221	1 244	149	1 %	24	- 28 %	- 28 %	- 28 %
Käyttövesi, sähkö		5 443	4 032	403	455 %	66	- 21 %	- 67 %	- 67 %
Käyttövesi, muu		5 443	1 089	131	1 %	21	+ 35 %	+ 35 %	+ 35 %
Kiinteistösähkö		4 386	8 771	877	9 %	143			
Käyttäjäsähkö		11 197	22 395	2 239	22 %	366			
Kunnallistekniikka		774	872	89	1 %	15			
Henkilöauto, työ	17 427	11 850	12 460	2 963	29 %	484	- 21 %	- 21 %	- 21 %
Henkilöauto, muu	16 610	11 295	11 876	2 824	28 %	462	- 22 %	- 22 %	- 22 %
Julkinen liikenne	111	30	441	69	1 %	11	+ 44 %	+ 44 %	+ 44 %
YHTEENSÄ			66 734	10 099		1 652		- 36 %	- 31 %

Mikäli sähköntuotanto kokonaisuudessaan olisi mahdollista toteuttaa uusiutuville energiamuodoilla, olisi päästömuutos -52 %.

Taulukko 32. Mallin M3 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut.



Taulukko 33. Mallin M4 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut sekä taulukko, jossa aurinkokaukolämmöstä saatu hyöty kaukolämmön ominaishiilidioksidipäästöjen muutoksessa on huomioitu kokonaisuudessaan Skaftkärrin alueella.

Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut

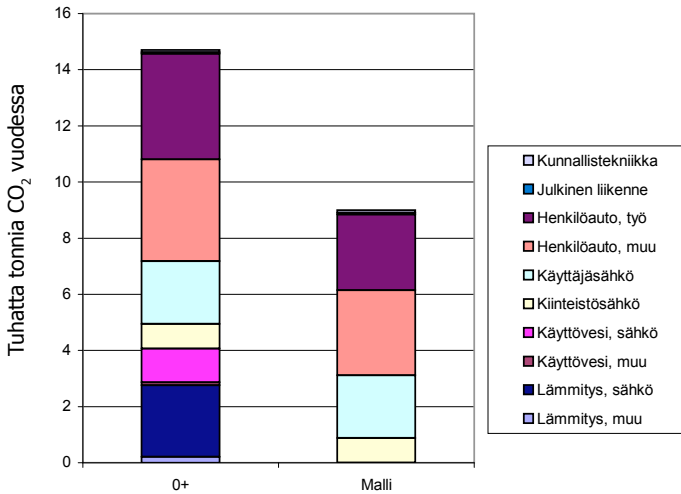
Skaftkärr: MALLI 4

Kuvaus muutoksista

Rakennusten energiankäyttö: Passiivenergiavaatimukset rakennuksille, lämmönkulutus korkeintaan 20 kWh/bm²

Energiantuotanto: Skaftkärrin alueella tuotetaan aurinkokaukolämpöä.

Liikenne: Työssäkäyntimahdollisuus omalla alueella (arvio kaikki 1 pvä/viikossa), yhteisöllisyyden lisääminen, tiivis kaupunkirakenne.



0+					
	tKm/a	Ostoenergia MWh/a	Primäärienergia MWh/a	Päästöt ton CO ₂ /a	CO ₂ jakauma
Lämmitys, sähkö		14 806	25 538	2 554	17 %
Lämmitys, muu		8 677	1 735	208	1 %
Käyttövesi, sähkö		6 864	12 063	1 206	8 %
Käyttövesi, muu		4 023	805	97	1 %
Kiinteistösähkö		4 386	8 771	877	6 %
Käyttäjäsähkö		11 197	22 395	2 239	15 %
Kunnallistekniikka		774	872	89	1 %
Henkilöauto, työ	22 162	15 070	15 846	3 768	26 %
Henkilöauto, muu	21 293	14 479	15 224	3 620	25 %
Julkinen liikenne	77	21	306	48	0 %
YHTEENSÄ			103 554	14 706	

Malli						Muutokset			
	tKm/a	Ostoenergia MWh/a	Primäärienergia MWh/a	Päästöt ton CO ₂ /a	CO ₂ jakauma	CO ₂ kg/hlö/a	Osto-energia	Primääri-energia	Päästöt CO ₂
Lämmitys, sähkö							- 100 %	- 100 %	- 100 %
Lämmitys, muu		6 221	622				- 28 %	- 64 %	- 100 %
Käyttövesi, sähkö							- 100 %	- 100 %	- 100 %
Käyttövesi, muu		10 886	1 089				+ 171 %	+ 35 %	- 100 %
Kiinteistösähkö		4 386	8 771	877	10 %	143			
Käyttäjäsähkö		11 197	22 395	2 239	25 %	366			
Kunnallistekniikka		774	872	89	1 %	15			
Henkilöauto, työ	15 819	10 757	10 757	2 689	30 %	440	- 29 %	- 29 %	- 29 %
Henkilöauto, muu	17 839	12 130	12 130	3 033	34 %	496	- 16 %	- 16 %	- 16 %
Julkinen liikenne	111	30	30	69	1 %	11	+ 44 %	+ 44 %	+ 44 %
YHTEENSÄ			56 666	8 996		1 471		- 45 %	- 39 %

Mikäli sähköntuotanto kokonaisuudessaan olisi mahdollista toteuttaa uusiutuville energiamuodoilla, olisi päästömuutos -60 %.

Taulukko 34. Malli M4A.

Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut

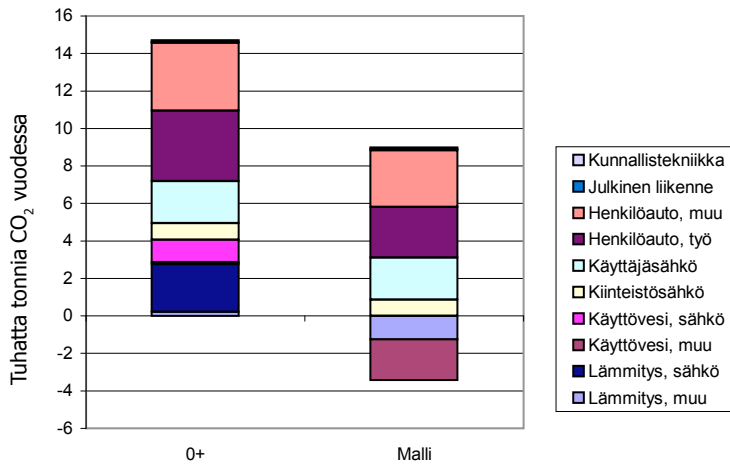
Skaftkärr: MALLI 4A

Kuvaus muutoksista

Rakennusten energiankäyttö: Passiivenergiavaatimukset rakennuksille, lämmönkulutus korkeintaan 20 kWh/brm²

Energiantuotanto: Skaftkärrin alueella tuotetaan aurinkokaukolämpöä. Aurinkokaukolämmöstä saatu hyöty kaukolämmön ominaishiilidioksidipäästöjen muutoksessa huomioitu kokonaisuudessaan Skaftkärrin alueella.

Liikenne: Työssäkäyntimahdollisuus omalla alueella (arvio kaikki 1 pvä/viikossa), yhteisöllisyyden lisääminen, tiivis kaupunkirakenne.



0+					
	tKm/a	Ostoenergia MWh/a	Primäärienergia MWh/a	Päästöt ton CO ₂ /a	CO ₂ jakauma
Lämmitys, sähkö		14 806	25 538	2 554	17 %
Lämmitys, muu		8 677	1 735	208	1 %
Käyttövesi, sähkö		6 864	12 063	1 206	8 %
Käyttövesi, muu		4 023	805	97	1 %
Kiinteistösähkö		4 386	8 771	877	6 %
Käyttäjäsähkö		11 197	22 395	2 239	15 %
Henkilöauto, työ	22 162	15 070	15 846	3 768	26 %
Henkilöauto, muu	21 293	14 479	15 224	3 620	25 %
Julkinen liikenne	77	21	306	48	0 %
Kunnallistekniikka		774	872	89	1 %
YHTEENSÄ			103 554	14 706	

Malli						Muutokset			
	tKm/a	Ostoenergia MWh/a	Primäärienergia MWh/a	Päästöt ton CO ₂ /a	CO ₂ jakauma	CO ₂ kg/hlö/a	Osto- energia	Primääri- energia	Päästöt CO ₂
Lämmitys, sähkö							- 100 %	- 100 %	- 100 %
Lämmitys, muu		6 221	622	-1 250	-22 %	-204	- 28 %	- 64 %	- 700 %
Käyttövesi, sähkö							- 100 %	- 100 %	- 100 %
Käyttövesi, muu		10 886	1 089	-2 188	-39 %	-358	+ 171 %	+ 35 %	- 2367 %
Kiinteistösähkö		4 386	8 771	877	16 %	143			
Käyttäjäsähkö		11 197	22 395	2 239	40 %	366			
Henkilöauto, työ			11 311	2 689	48 %	440	- 100 %	- 29 %	- 29 %
Henkilöauto, muu	17 839	12 130	12 755	3 033	55 %	496	- 16 %	- 16 %	- 16 %
Julkinen liikenne	111	76	441	69	1 %	11	+ 263 %	+ 44 %	+ 44 %
Kunnallistekniikka			872	89	2 %	15	- 100 %		
YHTEENSÄ			58 255	5 558		909		- 44 %	- 62 %

Mikäli sähköntuotanto kokonaisuudessaan olisi mahdollista toteuttaa uusiutuville energiamuodoilla, olisi päästömuutos -83 %.

Mallissa M4 kesäaikainen maakaasun käyttö korvataan aurinkoenergialla tuotetulla lämmöllä Porvoon energian kaukolämmön tuotannossa. Talviaikaan Porvoon energia tuottaa kaukolämmön kokonaisuudessaan bioenergialla. Aurinkokaukolämpö on päästötöntä, ja mallissa M4 sitä tuotetaan vuosisatasolla niin paljon kuin Skaftkärrin alueella tarvitaan energiaa rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen. Aurinkokaukolämmön tuotanto ajoittuu kesäaikaan, jolloin Skaftkärrin asukkaat käyttävät vain osan tuotetusta energiasta. Tästä johtuen myös muut Porvoon energian asiakkaat hyötyvät päästöttömästä energiantuotannosta ja Porvoon energian kokonaishiilidioksidipäästöt pienenevät vuosisatasolla.

Skaftkärrin alueen erilaisia kaavavaihtoehtoja arvioitiin kokonaishiilidioksidipäästöjä vertailemalla. Tarkasteltujen mallien kokonaishiilidioksidipäästöt ovat noin 35–48 prosenttia pienemmät kuin vertailukohteena olleessa vaihtoehdossa 0+. Merkittävien syy päästöjen vähennykseen on rakennusten lämmitysmuodon vaihtaminen verrattuna 0+ :n pääosin sähkölämmitykseen pohjautuvaan lämmitysmuotojakaumaan. Malleissa M1, M2 ja M4 myös liikenteen päästöjen on laskettu pienevän. Uusiutumattoman primäärienergian kulutuksen muutos on suurin mallissa M3, jossa sekä lämpö että sähkö on tuotettu uusiutuvilla energiamuodoilla. Kiinteistö- ja käyttäjä-sähkön kulutus ja niistä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt eivät muutu malleissa M1, M2 ja M4.

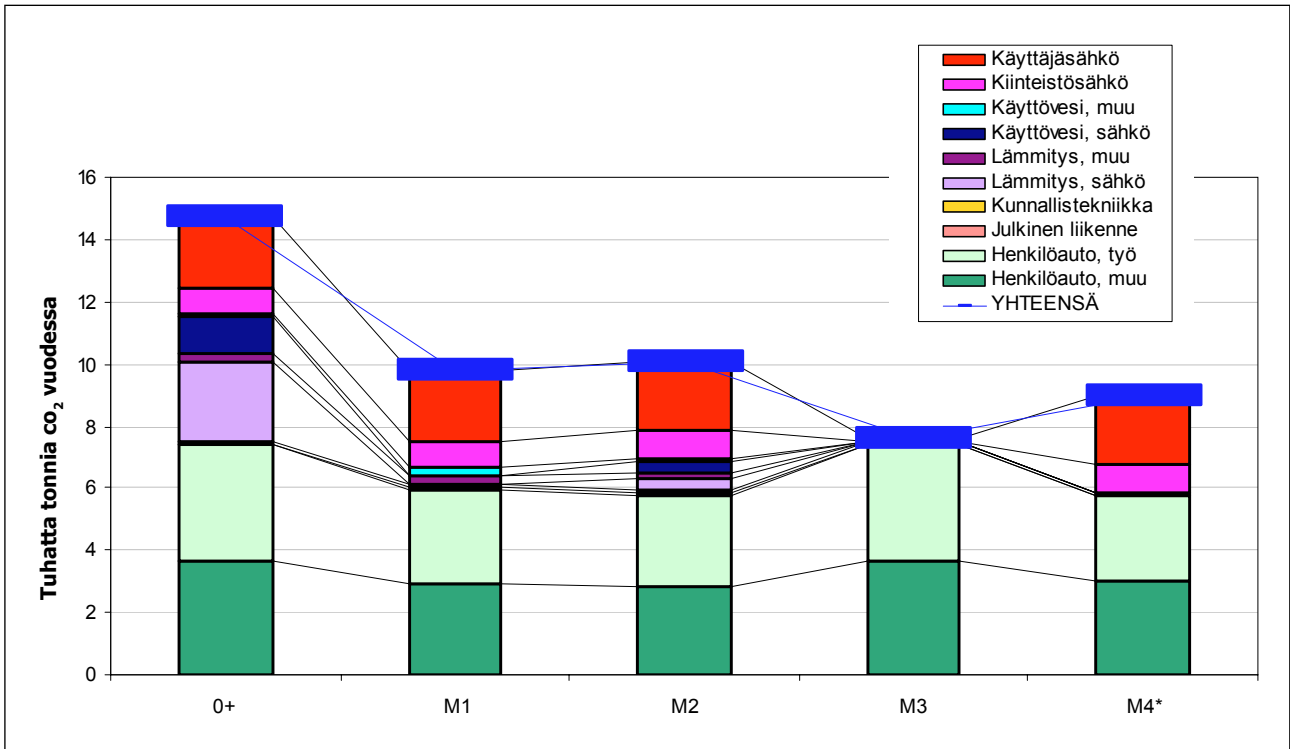
Maankäyttöratkaisuilla saavutetaan merkittävää säästöä myös liikenteen päästöissä. Mallien liikenteestä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt muodostavat suuren osuuden kokonaispäästöistä, ja liikenteen merkitys korostuu entisestään, kun rakennusten päästöjä on mahdollista rajoittaa. Mallissa M3 hiilidioksidipäästöt aiheutuvat kokonaisuudessaan liikenteen päästöistä.

Sähkönkulutus on kaikissa malleissa yhtä suuri. Malleissa M1, M2 ja M4 sähkön hiilidioksidipäästöt on määritetty sähkön profiililla 2015. Mallissa M3 sähköntuotanto on laskettu tuotettavan kokonaisuudessaan aurinkopaneeleilla.

Malleissa M1 ja M2 on tiivis kaupunkirakenne, ja alueella on lähipalveluja. Liikenne on kaupunkirakenteen sekä Tarmolan työpaikka-alueen kehittämisen (kaava-alueen ulkopuolella) johdosta vähäisempää kuin vaihtoehdossa 0+. Lisäksi alueen joukkoliikenneyhteyksiä on parannettu pikalinjayhteydellä moottoritille.

M3:ssa on vaihtoehdon 0+ mukainen väljä kaupunkirakenne. Joukkoliikennematkaiset vastaavat niin ikään vaihtoehdon 0+ joukkoliikennelinjoja.

M4-mallissa työssäkäyntimahdollisuus on järjestetty Skaftkärrin alueella. Työssäkäyntimahdollisuuden on arvioitu vaikuttavan työmatkaliikenteeseen 20 prosenttia liikennettä supistavasti. Mallin kaupunkirakenne on tiivis.



Kuva 43. Kokonaishiilidioksidipäästöjen vertailu Skaftkärrin malleissa 0+ ja M1–M2. Huom! Mallissa M4 aurinkokaukolämpöä tuotetaan myös muiden Porvoon energian asiakkaiden käyttöön. Taulukon 34 mallissa 4A on esitetty jakauma, jossa aurinkokaukolämmöstä saatu hyöty on huomioitu koknaisuudessaan Skaftkärrin alueella.

9.5 Ratkaisumallien kustannusvertailu eri energiantuotantovaihtoehdoilla

Energiatuotannon kustannuksia vertaillaan kuluttajan ja energiayhtiön kannalta vaihtoehtoon 0+ verrattuna. Lisäksi määritetään, kuinka paljon hiilidioksidipäästöjen vähentäminen maksaa kullakin energiaratkaisulla. Huomioitavaa on, että päästöi-
keuden hinta on tällä hetkellä noin 15 €/t_{CO2}.

Kaikkia eri energiantuotantoratkaisuja tutkitaan kuhunkin neljään eri ratkaisumalliin M1, M2, M3 ja M4, jotka eroavat toisistaan alueen tiivyyden ja rakennustyyppien osalta. Asukasmäärä ja rakennusten pinta-ala on kaikissa malleissa sama. Kustannusvertailussa energiantuotantovaihtoehtoja ei ole sidottu yksittäisiin malleihin, koska kustannukset huomioiden ne on toteutettavissa kaikkiin malleihin.

Kaikista energiantuotantovaihtoehtoista tarkasteluun on valittu ne vaihtoehdot, joiden valintaa energiaratkaisuksi voidaan pitää mahdollisena CO₂-päästöjen kannalta. Energiatuotantovaihtoehtoja tarkastellaan kolmelle eri rakennusten energiatehokkuustalolle. Tarkastelussa ovat

- rakennusnormin 2010 mukaiset talot
- matalaenergiatalot
- passiivenergiatalot.

Rakennusnormin 2010 mukaisilla taloilla Skaftkärrin alueen lämmönkulutus on noin 30 000 MWh/vuosi, matalaenergiataloilla 20 000 MWh/vuosi ja passiivitaloilla 15 000 GWh/vuosi. Lämpimän käyttöveden osuus edellä mainitusta lämmöntarpeesta on noin 10 000 MWh/vuosi.

Matalaenergiatalon investointikustannukset ovat noin 50 €/m² ja passiivirakennusten noin 100 €/m² kalliimpia kuin normin 2010 mukaisilla taloilla. Skaftkärrissä kyseiset investoinnit ovat asukasta kohden matalaenergiataloilla keskimäärin noin 2 250 €/asukas ja passiivenergiataloilla noin 4 500 €/asukas.

Sähkönkulutus alueella on noin 15 600 MWh/a.

Kaukolämpö

Kaukolämpö on mahdollinen kaikkiin neljään malliin. Kuluttajan kannalta alueen tiivydellä ei ole merkitystä kaukolämmön hintaan, koska kaukolämmön hinta määräytyy kaikille kuluttajille saman tariffin mukaan. Talotyyppijakaumalla on hieman vaikutusta kuluttajien kustannuksiin, sillä useiden asuntojen taloissa kaukolämmön kiinteät kustannukset ovat asukasta kohden pienempiä kuin omakotitaloissa. Huomioitavaa on, että Porvoossa on Suomen keskimääräiseen kaukolämpöön verrattuna edullista kaukolämpöä.

Kustannustaulukosta voidaan havaita, että alueen tiivydellä on erittäin suuri merkitys energialaitoksen (Porvoon Energia) kustannusten kannalta. On huomioitavaa, että kaavamallista tai rakennusten energiatehokkuudesta riippumatta kaikissa kaukolämpövaihtoehtoissa kaukolämmön myyntitulot ovat energiayhtiölle lähes muuttumattomat. Täten suurempi investointi vaikuttaa suoraan investoinnin takaisinmaksu-aikaan.

Kaupungin kustannus sisältää kaukolämpöverkon runko- ja katujohtojen kustannukset. Kuluttaja maksaa liittymismaksussaan talojohtojen ja mittauskeskusten kustannuksen. Kuluttaja maksaa kaukolämpönsä hinnassa energiayhtiön investointeja, joten energiayhtiön ja kuluttajan kustannuksia ei voi laskea yhteen päällekkäisyyksien välttämiseksi.

Taulukossa 36 esitetään kaukolämmön kustannusvaikutus vaihtoehtoon 0+ verrattuna rakennusten kolmella eri energiatehokkuusluokalla (rakennusnormin 2010 mukaiset talot, matalaenergiatalot ja passiivenergiatalot). Kukin tapaus on laskettu kaikille neljälle ratkaisumallille (M1, M2, M3 ja M4). Kustannuksista on eroteltu asukkaan investointi ja asukkaan vuosikustannus (energia- ja ylläpitokustannus). Investoinnista ja vuosikustannuksesta on määritetty asukkaan kustannukset yhteensä 30 vuoden kuluessa. Laskennassa on käytetty 3 prosentin reaalikorkoa.

CO₂-päästön vähentämisen kustannus on määritetty jakamalla asukkaan vuosikustannuksen ero 0+- vaihtoehtoon 30 vuoden aikana aiheutuvien CO₂-päästöjen erolla 0+-vaihtoehtoon. Energialaitoksen investoinnissa on huomioitu kaukolämpöverkon rakentamisen kustannukset.

Taulukko 35. Kaukolämmön kustannukset.

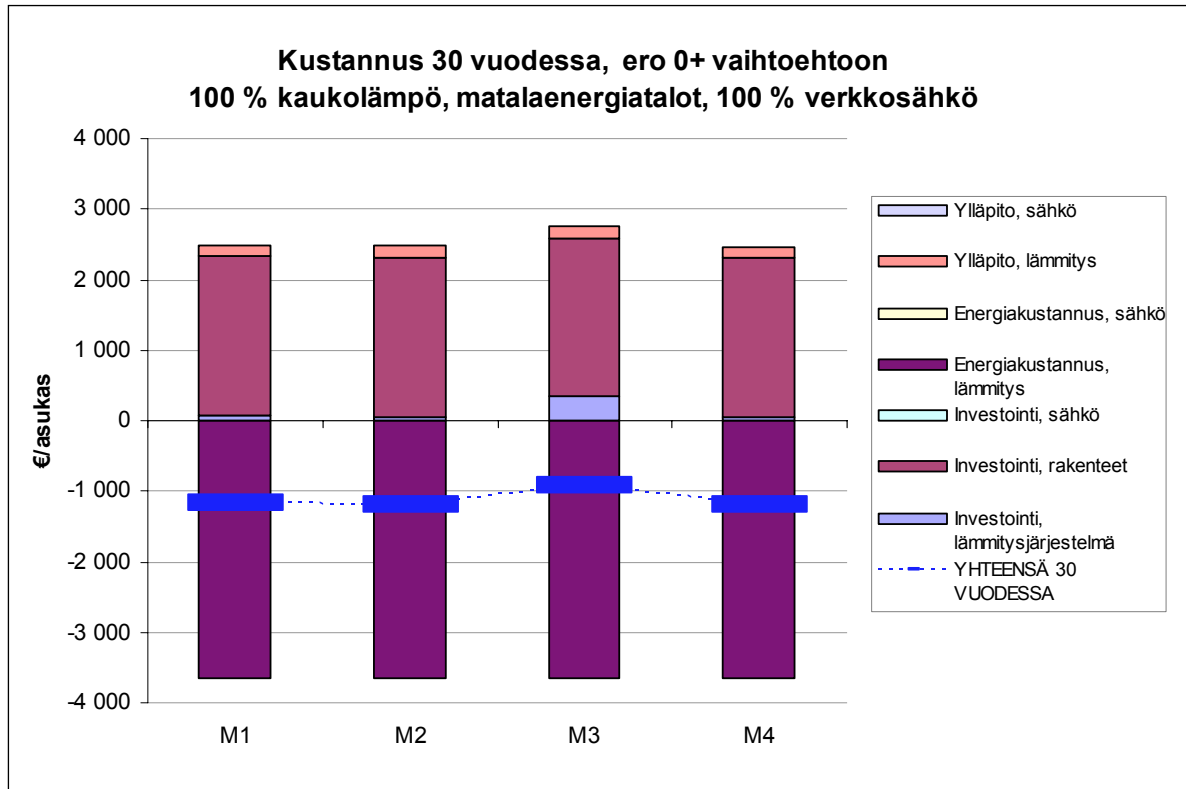
Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla		Asukkaan Investointi	Asukkaan Vuosikustannus	Elinkaari-kustannus	CO ₂ -päästön vähentäminen	Kaupungin investointi	Kaupungin investointi
Energiaratkaisu		€/asukas	€/asukas/vuosi	€/asukas/30 vuotta	€/tCO ₂	€/asukas	€
100% kaukolämpö	M1:	76	-84	-1 573	-94	222	1 352 200
Normin 2010 mukaiset talot	M2:	61	-84	-1 588	-95	151	922 200
Verkkosähkö	M3:	335	-84	-1 313	-78	602	3 672 200
	M4:	47	-84	-1 602	-96	387	2 362 200
100% kaukolämpö	M1:	2 330	-179	-1 174	-66	222	1 352 200
Matalaenergiatalot	M2:	2 315	-179	-1 190	-66	151	922 200
Verkkosähkö	M3:	2 590	-179	-915	-51	602	3 672 200
	M4:	2 301	-179	-1 204	-67	387	2 362 200
100% kaukolämpö	M1:	4 584	-233	20	1	222	1 352 200
Passiivenergiatalot	M2:	4 569	-233	4	0	151	922 200
Verkkosähkö	M3:	4 844	-233	279	15	602	3 672 200
	M4:	4 555	-233	-10	-1	387	2 362 200

Matala- ja passiivenergiatalojen normitaloa suuremmat investointikustannukset eivät maksa itseään takaisin 30 vuoden tarkastelujakson aikana, vaan asukkaan kannalta 30 vuoden aikana normin 2010 mukainen talo tulisi edullisimmaksi. Kaavamallista riippuen asukas säästää vaihtoehtoon 0+ verrattuna normin 2010 mukaisilla taloilla noin 1 600 € asukasta kohti 30 vuodessa eli noin 4 800 € asuntoa kohti. Matalaenergiataloilla vastaava säästö olisi noin 1 200 € asukasta ja 3 600 € asuntoa kohti.

CO₂-päästöjen vähentämisen kustannus matalaenergiataloilla on noin 30 €/t_{CO2} ja passiivenergiataloilla noin 100 €/t_{CO2} normin 2010 mukaisiin taloihin verrattuna. Matalaenergiatalon aiheuttama lisäinvestointi normin 2010 mukaisiin taloihin on kohtuullisen kustannustehokas tapa vähentää CO₂-päästöjä.

Energialaitoksen kustannukset ovat lähes samat lämmönkulutuksesta riippumatta. Energialaitoksen investoinneista huomataan, että hajalleen rakennettava M3 olisi energialaitokselle noin 2,7 miljoonaa euroa kalliimpi kuin tiiviisti rakennettu M2, kun tulot ovat yhtä suuret.

Seuraavassa kuvassa esitetään, miten kuluttajan 30 vuoden kustannukset muodostuvat matalaenergiatalossa. Huomioitavaa kuvassa on, että matalaenergiatalo vaatii suuria investointeja rakennuksen rakenteisiin.



Kuva 44. Kuluttajan kustannusten jakautuminen kaukolämpöön ja verkkosähköön liitettyssä matalaenergiatalossa (ero vaihtoehtoon 0+).

Aurinkokaukolämpö

Aurinkokaukolämpö on kuluttajan kannalta hinnallisesti normaalia kaukolämpöä. Aurinkokaukolämmön vaatimat investoinnit tekee Porvoon Energia. Investointia saadaan maksettua takaisin pienentyneiden polttoainekustannusten avulla.

Rakennusten energiatehokkuudella on merkittävä rooli aurinkokaukolämmön kustannuksissa, koska suurempi lämmönkulutus vaatii samassa suhteessa enemmän keräinpinta-alaa. Kustannusarviossa ei ole otettu huomioon mahdollisesti kaukolämpöverkkoon tarvittavia vahvistuksia. Aurinkokeräinten investoinnissa on oletettu 40 prosentin investointiavustus. Polttoainesäästöissä on oletettu, että korvautuva polttoaine on maakaasua Taulukko 36. Aurinkokaukolämmön karkeasti arvioidut kustannukset ja säästö polttoaineessa.

Taulukko 36. Aurinkokaukolämmön karkeasti arvioidut kustannukset ja säästö polttoaineessa

Aurinkolämmön lisäys KL-verkkoon				
Energialaitoksen investointi		Normitalo 2010	Matalaenergia	Passiivi
Investointi energialaitokselta keräimiin	euroa	13 600 000	9 300 000	6 800 000
Investointi energialaitokselta keräimiin	euroa/asukas	2 200	1 500	1 100
Säästö polttoainekustannuksissa	euroa/vuosi	-908 000	-619 000	-454 000

Maalämpö

Maalämmössä investointikustannukset ovat merkittävän suuria, mutta lämmön hinta on kohtuullisen edullinen.

Taulukossa 37 esitetään maalämmön kustannukset rakennusnormin 2010 mukaisille taloille ja matalaenergiataloille.

Taulukko 37. Maalämmön kustannukset.

Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla							
Energiaratkaisu		Asukkaan Investointi	Asukkaan Vuosikustannus	Elinkaari-kustannus	CO ₂ -päästön vähentäminen	Kaupungin investointi	Kaupungin investointi
		€/asukas	€/asukas/vuosi	€/asukas/30 vuotta	€/tCO ₂	€/asukas	€
50 % kv:stä auringolla lopun lämmöstä pelleteillä Matalaenergiatalot Verkkosähkö	M1:	5 731	-284	158	8	-98	-597 800
	M2:	5 715	-284	143	7	-98	-597 800
	M3:	5 985	-284	412	20	-98	-597 800
	M4:	5 702	-284	129	6	-98	-597 800
50 % kv:stä auringolla lopun lämmöstä pelleteillä Passiivenergiatalot Verkkosähkö	M1:	3 664	-244	-1 112	-55	-98	-597 800
	M2:	3 647	-244	-1 129	-56	-98	-597 800
	M3:	3 938	-244	-838	-41	-98	-597 800
	M4:	3 633	-244	-1 144	-56	-98	-597 800

Tuloksissa on huomioitavaa, että kaupungilta ei vaadita investointeja maalämmön avulla. 100 prosentin maalämmössä kaupungin negatiivinen investointi johtuu siitä, että vertailukohtana olevassa vaihtoehdossa 0+ osa lämmöstä on kaukolämpöä. Tällöin vaihtoehdossa 0+ kaupungille tulee kaukolämpöverkon rakentamiskustannuksia. CO₂-päästöjen vähentämisen kustannus verrattuna vastaavaan kaukolämpötapaukseen on noin 50 €/t_{CO₂}.

Paikallisesti tuotettu sähkö

Paikallisesti tuotettua sähköä tarkastellaan siten, että puolet käyttöveden tarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä ja loput tarvittavasta lämmöstä pellettikattilalla.

Hajautettu lämmöntuotanto ei vaadi energiayhtiöltä investointia. Kuluttajalle hajautettu lämmöntuotanto on hieman kaukolämpöä kalliimpi 30 vuoden aikana. Hajautetussa lämmöntuotannossa menetetään keskitetyn lämmöntuotannon edut, joita ovat lämmön ja sähkön yhteistuotannon erittäin hyvä hyötysuhde sekä muiden kuin CO₂-päästöjen (erityisesti hiukkaspäästöjen) tehokas vähentäminen.

Taulukko 38. Paikallisen biolämmön kustannukset.

Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla							
Energiaratkaisu		Asukkaan	Asukkaan	Elinkaari-	CO ₂ -päästön	Kaupungin	Kaupungin
		Investointi	Vuosikustannus	kustannus	vähentäminen	investointi	investointi
		€/asukas	€/asukas/vuosi	€/asukas/30 vuotta	€/tCO ₂	€/asukas	€
50 % kv:stä auringolla	M1:	1 589	-147	-1 299	-64	-98	-597 800
lopun lämmöstä pelleteillä	M2:	1 581	-147	-1 308	-64	-98	-597 800
Normin 2010 mukaiset talot	M3:	1 729	-147	-1 159	-57	-98	-597 800
Verkkosähkö	M4:	1 577	-147	-1 306	-64	-98	-597 800
50 % kv:stä auringolla	M1:	3 573	-241	-1 148	-56	-98	-597 800
lopun lämmöstä pelleteillä	M2:	3 565	-241	-1 156	-57	-98	-597 800
Matalaenergiatalot	M3:	3 705	-241	-1 016	-50	-98	-597 800
Verkkosähkö	M4:	3 558	-241	-1 163	-57	-98	-597 800
50 % kv:stä auringolla	M1:	5 654	-287	34	2	-98	-597 800
lopun lämmöstä pelleteillä	M2:	5 647	-287	27	1	-98	-597 800
Passiivienergiatalot	M3:	5 780	-287	161	8	-98	-597 800
Verkkosähkö	M4:	5 640	-287	20	1	-98	-597 800

CO₂-päästöjen vähentämisen kustannus matalaenergiataloilla on normin 2010 mukaisiin taloihin verrattuna noin 8 €/tCO₂, kun päästökaupassa hinta on noin 15 €/tCO₂. Siten pellettilämmitteisissä taloissa matalaenergiatalot ovat CO₂-päästöjen kannalta erittäin kustannustehokas vaihtoehto.

Hajautettu sähköntuotanto

Taulukossa 39 tarkastellaan hajautettua sähköntuotantoa eri lämmöntuotantomuodoilla. Omaa sähköä saadaan tuotettua pientuulivoimalla ja aurinkopaneeleilla.

Taulukko 39. Hajautettu biosähköntuotanto.

Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla							
Energiaratkaisu		Asukkaan	Asukkaan	Elinkaari-	CO ₂ -päästön	Kaupungin	Kaupungin
		Investointi	Vuosikustannus	kustannus	vähentäminen	investointi	investointi
		€/asukas	€/asukas/vuosi	€/asukas/30 vuotta	€/tCO ₂	€/asukas	€
Hajautettu biolämpö	M1:	13 470	-453	4 594	226	-98	-597 800
Matalaenergiatalot	M2:	13 483	-453	4 607	227	-98	-597 800
Oma sähköntuotanto	M3:	13 250	-453	4 375	215	-98	-597 800
	M4:	13 495	-453	4 619	227	-98	-597 800
Maalämpö	M1:	14 674	-466	5 539	408	-98	-597 800
Matalaenergiatalot	M2:	14 694	-466	5 559	410	-98	-597 800
Oma sähköntuotanto	M3:	14 342	-466	5 207	384	-98	-597 800
	M4:	14 712	-466	5 577	411	-98	-597 800
Kaukolämpö	M1:	11 382	-394	3 655	204	222	1 352 200
Matalaenergiatalot	M2:	11 392	-394	3 664	205	151	922 200
Oma sähköntuotanto	M3:	11 230	-394	3 502	196	602	3 672 200
	M4:	11 400	-394	3 672	205	387	2 362 200

Taulukosta havaitaan, että nykyisellä tekniikan hinnalla hajautetusti tuotettu sähkö ei ole kilpailukykyistä verkkosähköön verrattuna, vaan 30 vuoden kustannukset vaihtoehtoon 0+ verrattuna ovat noin 4 000–5 000 € kalliimmat asukasta kohti ja noin 12 000–15 000 € asuntoa kohti. CO₂-päästöjen vähentämisen kustannus biosähköä hyödyntäen on jopa noin 200–400 €/t_{CO2} eli noin 15–30-kertainen päästökaupan hintaan verrattuna.

9.6 Infrastruktuurikustannukset

Infrastruktuurista aiheutuvien kustannusten laskennassa on käytetty Infra.net-ohjelmaa. Vertailutasona ovat vaihtoehtoon 0+ kustannukset. Mallin 3 maankäyttö vastaa vaihtoehtoa 0+, ja myös infrastruktuurin kustannukset ovat samat. Muut mallit ovat edullisempia, koska maankäyttö on tiiviimpää ja katumetrejä, kunnallisteknisiä järjestelmiä ja puistoalueita on vähemmän. Laskennassa on otettu huomioon myös rakennettavuuden pohjaolosuhteet.

Taulukko 40. Infrastruktuurin kustannukset.

Vaihtoehto	Kustannukset	Kustannukset/asukas
0+	38 milj. €	6 300 €
Malli 1	18 milj. €	3 000 €
Malli 2	15 milj. €	2 500 €
Malli 3	38 milj. €	6 300 €
Malli 4	20 milj. €	3 300 €

9.7 Mallitarkastelun johtopäätökset

Malli 1

Valituilla liikennetarkasteluilla, Tarmolan kehittämisellä ja palveluiden sijoittamisella saavutetaan merkittävää säästöä liikenteen energiankulutuksessa ja päästöissä. Koska Porvoon kaukolämmön hiilijalanjälki on pieni, tulee tavoitteena olla kaupunkirakenteen tiivistäminen kaukolämmön kannattavuusalueen sisäpuolelle. Tarmolan työpaikka-alueita kannattaa kehittää edelleen.

Kaupunkirakenteen tiivistäminen parantaa ennen kaikkea joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä, mutta vaikuttaa myös suoraan alueen energiatehokkuuteen liikennesuorituksen vähentyessä.

Malli 2

Valituilla liikenneratkaisuilla ja palveluiden sijoittamisella saavutetaan merkittävä säästö liikenteen energiakulutuksessa ja päästöissä.

50 prosenttia kaukolämpöä ja 50 prosenttia maalämpöä -jakauma on epäedullisempi kuin pelkkä kaukolämpö.

Kaupunkirakenteen tiivistäminen parantaa ennen kaikkea joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä, mutta vaikuttaa myös suoraan alueen energiatehokkuuteen liikennesuorituksen vähentyessä.

Malli 3

Malli on energiatehokas ja vähäpäästöinen, mutta kokonaiskustannuksiltaan nykytilanteessa kallis asukkaille ja kunnalle. Valittu energiantuotantotapa ja rakennustekniset ratkaisut ovat vielä erittäin kalliita.

Mallin päästöt aiheutuvat kokonaisuudessa liikenteestä. Liikenteen päästöt eivät vähene vaihtoehtoon 0+ verrattuna, ellei autokanta ole päästötöntä tai vähäpäästöistä (sähköautoja ei vielä markkinoilla ja hybridautoja vielä kalliita).

Hiilivapaasta energiantuotannosta huolimatta malli ei johda hiilivapaaseen yhdyskuntarakenteeseen.

Edellytykset toimivalle kevyen liikenteen verkostolle ovat heikommat kuin muissa malleissa rakenteen hajautuneisuuden ja siten suurempien matkasuoritepituuksien vuoksi.

Malli 4

Etätyöpisteet vähentävät työmatkaliikennettä.

Kaupunkirakenteen tiivistäminen mahdollistaa lähipalveluiden toteuttamisen.

Aurinkokaukolämpöpuiston vaikutus on merkittävä energiansäästöön ja päästöihin, mutta teknistaloudellinen toteutettavuus vaatii lisäselvityksiä.

Aurinkokaukolämmöllä voidaan korvata Porvoon Energian kesäaikaista maakaasun käyttöä.

9.8 Johtopäätökset energiatuotantovaihtoehdoista

Kaikki energiatuotantovaihtoehdot ovat pääsääntöisesti sovellettavissa kaikkiin malleihin. Mallien välillä suurin ero syntyy keskitettyjen lämmitysjärjestelmien, kuten kaukolämmön, vaatimista putkistoinvestoinneista.

Tällä hetkellä kaukolämpö on Skaftkärrissä ympäristön ja kustannusten kannalta paras vaihtoehto lämmön tuottamiselle. Vuonna 2015 Porvoossa käytetään arviolta 90 prosenttia biopolttoaineita kaukolämmön tuotantoon. Suuren biopolttoaineisuuden ja yhteistuotantosähkön ansiosta millään muulla ratkaisulla ei voida päästä edes teoriassa juurikaan kaukolämpöä pienempiin CO₂-päästöihin. Aurinkokaukolämmön tuotannon yhdistämisellä kaukolämpöverkkoon Porvoossa saadaan myös entisestään vähennettyä maakaasun käyttöä kaukolämmön tuotannossa.

Asukkaan kustannusten kannalta rakennusnormin 2010 mukaiset talot olisivat 30 vuoden kustannusten perusteella edullisin vaihtoehto kaukolämpötaloissa. Kuitenkin CO₂-päästöjen vähentämisen kustannuksella, noin 30 €/t_{CO₂}, matalaenergiatalot (m40) ovat kohtuullisen kustannustehokkaita CO₂-päästöjen vähennyskeinoja.

Sähköntuotannon paikallisissa ratkaisuissa kannattaisi tämän hetkisen teknologiakehityksen oletusten perusteella suosia useita eri vaihtoehtoja ja ottaa teknologiaa käyttöön joustavasti sen kehittyessä kaupalliseksi. Ainoastaan kaukolämpövaihtoehdossa alueen sähkönkäyttö voidaan kattaa helposti kokonaan yhteistuotantosähköllä. Muissa vaihtoehdoissa kustannukset nousisivat erittäin suuriksi, jos kaikki sähkö haluttaisiin tuottaa paikallisesti ilman sähkön ostoa markkinoilta. Joustavat ja monimuotoiset sähköntuotantovaihtoehdot eivät määrää kaavoitusta yhtä merkittävästi kuin keskitetyt lämmöntuotantovaihtoehdot (kaukolämpö tai aluelämpö).

Sähköntuotantoon ei verkkosähkölle tällä hetkellä ole juuri kilpailijaa, sillä pienimuotoinen sähköntuotanto on vielä erittäin kallista.

9.9 Herkkyystarkastelut CO₂-päästöille

9.9.1 Erilaiset toteutusvaihtoehdot –35 prosentin päästövähennyksen saavuttamiseksi vaihtoehtoon 0+ verrattuna

Mallien M1–M4 osalta toteutettiin herkkyystarkastelut, joissa kunkin mallin hiilidioksidipäästöjen vähennystavoitteeksi asetettiin –35 prosenttia Skaftkärrin vaihtoehtoon 0+ verrattuna. Kunkin mallin kaupunkirakenteeseen ja liikennemääriin ei herkkyystarkastelussa tehty muutoksia, vaan vähennys pyrittiin toteuttamaan rakennusten eristys-, lämmitys- ja/tai sähköntuotantotavan muuttamisella. Myöskään ajoneuvoliikenteen ominaispäästöjä ei muutettu tarkastelussa.

Mallin M1 mukaisella ratkaisulla saavutetaan 34 prosentin vähennys. 35 prosentin vähennystavoitteeseen on mahdollista päästä muuttamalla matalaenergiarakennukset (M40) passiivirakennuksiksi (P20). Rakennusten lämmitystapana on Porvoon energian kaukolämpö.

Mallin M2 mukaisilla ratkaisuilla saavutetaan 33 prosentin vähennys CO₂-päästöihin. Tällöin puolet rakennuksista on liitettävä kaukolämpöön ja puolet rakennuksista lämmitetään maalämmöllä. M2:n rakennukset ovat passiivitaloja (P20). Mikäli passiivitalojen sijaan rakennetaan matalaenergiarakennuksia (M40), mutta kiinteistösähkön tuotanto toteutetaan aurinkopaneeleilla verkkosähkön sijaan koko alueella (keskitetysti tai hajautetusti), saavutetaan 37 prosentin vähennys. Mikäli passiivirakennusten kiinteistösähkö tuotetaan aurinkopaneeleilla, vähennys on suurempi.

Mallissa M3 rakennusten lämmön- ja sähköntuotanto on toteutettu kokonaisuudessaan uusiutuvilla lähteillä, joten rakennuksen lämmitysenergiankulutus ei vaikuta CO₂-päästöjen määrään. Mallin M3 mukaisilla ratkaisuilla ylitetään asetettu tavoite (vähennys 48 prosenttia). Mallia heikentämällä on mahdollista päästä asetettuun 35 prosentin vähennystavoitteeseen toteuttamalla vain 40 prosenttia sekä kiinteistö- että käyttäjäsähköstä aurinkopaneeleilla. Tällöin saavutetaan 36 prosentin päästövähennys.

Mallissa M4 lämmitysvaihtoehtona on aurinkokaukolämpö, josta ei aiheudu hiilidioksidipäästöjä. Mallin M4 mukaisilla ratkaisuilla ylitetään asetettu tavoite (vähennys 39 prosenttia). Mikäli aurinkokaukolämmöllä katetaan vain 15 prosenttia lämmitystarpeesta ja muuten alueen rakennusten lämmitys toteutetaan Porvoon energian kaukolämmöllä, päästään 37 prosentin päästövähennykseen.

9.9.2 Lämmitysvaihtoehtojen vaikutus päästöihin

Lämmitysvaihtoehtojen vertailemiseksi Skaftkärr-vaihtoehtoa 0+ lähdettiin muokkaamaan kerrallaan yhden tai kahden tekijän osalta. Ensimmäisessä tarkastelussa vaihtoehdon 0+ lämmitys järjestetään kokonaisuudessaan sähkölämmityksellä. Ensimmäisessä tarkastelussa rakennuksilta on vaadittu passiivirakennustasoa (P20) hiilidioksidipäästöjen minimoimiseksi, eli lämmönkulutus saa olla korkeintaan 20 kWh/m².

Toisessa tarkastelussa alueen kaikki lämmitys on toteutettu maalämmöllä. Maalämpöpumput kuluttavat tällöin sähköä, ja niiden tilalämmityksen hyötysuhteeksi on oletettu COP 3,3 ja käyttöveden lämmityksen hyötysuhteeksi COP 2,7.

Kolmannessa ja neljännessä tarkastelussa käyttövedestä puolet lämmitetään vuosittain aurinkolämmöllä. Tällöin vaadittaisiin noin 5–8 m² aurinkokeräimiä eteläsuunnan katolle. Loput käyttövedestä lämmitetään Skaftkärrin 0+-vaihtoehdon mukaisella lämmitystapajakaumaa noudattaen. Kolmannessa tarkastelussa rakennusten lämmönkulutus vastaa vuoden 2010 määräyksien mukaista tasoa, mutta neljännessä tarkastelussa rakennuksille on asetettu passiivirakennustason (P20) vaatimus. Passiivitalossa lämmönkulutus saa olla korkeintaan 20 kWh/m².

Kahdessa viimeisessä tarkastelussa lämmitysvaihtoehtona on tarkasteltu kaukolämpöä. Kaukolämpötarkasteluista ensimmäisessä rakennusten lämmönkulutus vastaa vuoden 2010 määräyksen mukaista tasoa, ja neljännessä tarkastelussa rakennuksille on asetettu matalaenergiatason (M40) vaatimus. Matalaenergiatalossa lämmönkulutus saa olla korkeintaan 40 kWh/m². Kaukolämpövaihtoehdoissa hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin muissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa. Suurimmat päästöt ovat vaihtoehdossa, jossa tilalämmitys vastaa vaihtoehdon 0+ mukaista tilannetta sekä käyttövedestä puolet on lämmitetty aurinkolämmöllä ja loput vaihtoehdon 0+ mukaista jakaumaa noudattaen. Seuraavaksi suurimmat päästöt ovat sähkölämmitteisissä passiivirakennuksissa.

10 Kaavarunkoratkaisu

10.1 Tavoitteet

Kaavarungon yleistavoitteet:

Alueen ratkaisujen on haluttu sopivan Porvoon mittakaavaan, ja historiallisen kaupunkiperinteen jatkumisen tulisi näkyä alueella tämän päivän asumisessa. Tavoitteena on myös ollut sekä kehittää matalaenergia-alue että pilotoida matalaenergia-alueen suunnittelua. On myös haluttu tutkia, miten niin sanottu tavanomainen omakotialue voidaan rakentaa energiatehokkaasti.

Työn lähtökohtana olleet tavoitteet:

- energiatehokas, omaleimainen, viihtyisä ja turvallinen asuntoalue
- energiatehokas rakentaminen
- alueen energiaratkaisujen selvittäminen jo kaavoitusvaiheessa
- energiatehokkaan rakentamisen edistäminen
- kasvihuonekaasujen minimointi ja ilmastonmuutoksen hillitseminen
- kaupungin ja asukkaiden tarpeet huomioon ottava alue
- innovatiivinen, kustannustehokas ja toteuttamiskelpoinen suunnittelu.

Työn aikana täsmentyneitä tavoitteita:

- suunnitella tiiviimpää kaupunkirakennetta:
 - pienentää alueen liikennemääriä
 - luoda edellytykset toimivalle ja kannattavalle joukkoliikenteelle
 - luoda edellytykset toimivalle kevyenliikenteen verkostolle
 - luoda edellytykset työpaikkojen ja palveluiden syntymiselle
 - luoda edellytykset kannattavalle ja kustannustehokkaalle kunnallistekniselle verkostolle.
- luoda houkutteleva kävely-, pyöräily- ja joukkoliikennenympäristö. Eri kulutapojen verkostot sekä pihajärjestelyt tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että polkupyörä ja joukkoliikenne ovat kilpailukykyisiä liikkumismuotoja henkilöauton ohella.
- luoda edellytykset vaihtoehtoisille energiantuotantjärjestelmille, kuten tilavataukset aurinkokaukolämpöä varten.

Tavoitteet energiaratkaisuille

Tavoitteena on energiatehokas ja kokonaistaloudellisesti kannattava kokonaisuus, jolla saadaan vähennettyä kustannustehokkaasti alueen hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kustannustehokkuutta pystytään arvioimaan määrittämällä kullakin tuotantotavalla saatava vähennys hiilidioksidipäästöihin sekä kyseisen tuotantotavan kustannus ($\text{€}/t_{\text{CO}_2}$).

Kaavarunkoon tulee miettiä energiaratkaisujen alueelliset ja vaiheittain rakentamisen vyöhykkeet, jotka mahdollistavat uusimman teknologian hyödyntämisen myös myöhemmin rakennettaville alueille. Alueen hiilijalanjälki minimoidaan, mikä tapahtuu käytännössä kaavaan, rakentamistapaohjeisiin ja tontinluovutusehtoihin laadittavien energia- ja päästömääräysten kautta.

10.2 Kaavarungon suunnitteluperiaatteita

Tavoitteiden lisäksi suunnittelutyön aikana määritettiin erityisiä suunnitteluperiaatteita, jotka ohjasivat kaavarungon laadintaa yksityiskohtaisemmin. Suunnitteluperiaatteiden sisältöön vaikuttivat osaltaan mallitarkastelun avulla saadut tulokset alueen energiatehokkuuteen vaikuttamisen keinoista ja niiden merkityksestä:

- Tarkkisten kehittäminen kaupunkikyläksi, jossa pääasiallinen liikkumis-
muoto on kevyt liikenne
- Kevätkummun itäreunan kehittäminen tiiviiksi asuinalueeksi
- paikallisten palveluiden maksimoiminen
- etätyöpaikkojen mahdollistaminen
- Tarmolan työpaikka-alueen kehittäminen uusiutuvan energian
yrityspuistoksi
- korkealuokkaiset kevyen liikenteen väylät, pyöräilyn eri muodot, uuden-
tyyppinen katuhierarkia ja korkealuokkainen joukkoliikenne
- varaus lisärakentamiselle alueen itäreunalla: tulevaisuudessa toteutetta-
vassa kohteessa tavoitteena korkeampi energiaomavaraisuus ja tilavarauk-
set esimerkiksi aurinkokaukolämmön tuotantoa varten
- riittävän omakotitalotonttitarjonnan turvaaminen ja erikokoisten tonttien
toteuttamismahdollisuus.

10.3 Kaavarungon kuvaus

Skaftkärrin kaavarungon maankäyttöratkaisuun ovat vaikuttaneet osaltaan ratkaisumallitarkasteluvaiheen tulokset ja suunnitteluperiaatteet, osaltaan Porvoon kaupungin tavoitteet alueen tonttitarpeesta ja toimintojen sijoittumisesta. Pyrkimys energiatehokkaan yhdyskuntarakenteen luomiseen on heijastunut etenkin liikennetarkaisuihin, asuinkortteleiden sijoittumisen periaatteisiin ja toteutuksen vaiheistukseen.

Kaavarungon ratkaisun pääperiaatteena on ollut tiivistää uusi rakentaminen olemassa olevan yhdyskuntarakenteen läheisyyteen. Mahdollisimman lyhyt etäisyys Porvoon keskustaan sekä korkealuokkaiset kevyen liikenteen yhteydet kannustavat jalankulkuun ja pyöräilyyn. Kevyt liikenne jakautuu pikapyöräilyn kaistoihin ja muun kevyen liikenteen väyliin, jotka voidaan erottaa toisistaan rakenteellisesti selkein merkinnöin sekä korotuksin, istutuksin tai kivetyksin.

LiikkumISRatkaisuihin on pyritty vaikuttamaan myös luomalla edellytykset sujuville joukkoliikenneyhteyksille. Kaavarungon katuverkoston runko muodostuu joukkoliikennekaduista, jotka kulkevat uusien alueiden halki ja kytkeytyvät olemassa olevaan katuverkkoon sekä joukkoliikenneyhteyksiin. Joukkoliikennekadulla tarkoitetaan tässä yhteydessä katua, jolla on sallittu kevyt liikenne, linja-autoliikenne ja osin huoltoliikenne mutta ei henkilöautoliikennettä. Joukkoliikennekadut kulkevat Tarkkisten uusien alueiden halki sairaalalta Saaristotielle, Tarkkisten itäosasta pohjoiseen, Skaftkärrin itäosan uusien alueiden halki sekä Kevätkummun nykyisen alueen ja täydennysalueiden välissä. Joukkoliikenneyhteydet on suunniteltu vaiheittain toteutettaviksi. Asuinkorttelit ryhmittyvät joukkoliikennekatujen yhteyteen siten, että etäisyys joukkoliikennekaduille on pääosin alle 300 metriä.

Asuinkortteleiden sijoittumisen ja suunnitellun rakennustypologian pääperiaatteena on ollut sijoittaa tiivis rakentaminen (kerrostalot, pienkerrostalot, kerrospientalot, rivitalot, paritalot, kytketyt pientalot ja erillistalot) hyvien joukkoliikenneyhteyksien varrelle ja siten, että alueet on helposti kytkettävissä vesihuolto- ja kaukolämpöverkostoon. Väljempi rakentaminen (omakotitalot ja muu väljempi pientalorakentaminen) on suunniteltu siten, että se sijoittuu alueiden reunavyöhykkeille.

Asukkaiden liikkumistarvetta vähentää päivittäispalveluiden sijoittaminen asuminen yhteyteen tai välittömään läheisyyteen. Alueelle on myös luotu edellytykset etätöiden tekemiseen etätyöpisteiden avulla, jolloin työpaikkaliikenteen aiheuttama energiankulutus pienenee. Porvoossa suuri osa liikenteen energiakulutuksesta muodostuu työpaikkaliikenteestä kaupungin ulkopuolelle.

Tavoitteena on ollut luoda laadukasta elinympäristöä. Tätä edesauttaa monipuolinen ja vaihteleva kortteli- ja kaupunkirakenne, joka ottaa huomioon alueen ympäristön ja virkistystoiminnan asettamat reunaehdot. Myös hulevesien paikallinen käsittely puroumassa sekä monipuoliset ja virkistykselliset ulkoilualueet lisäävät elinympäristön laatua, joka puolestaan vaikuttaa asukkaiden viihtymiseen alueella.

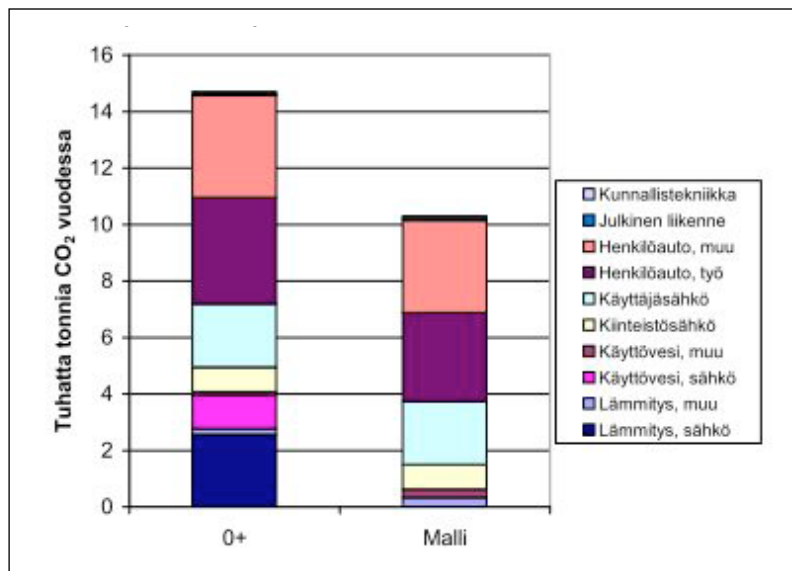


Kuva 45. Skaftkärrin kaavarunko, havainnekuva.

Tarkkisten ja Kevätkummun viereisillä alueilla rakennusten lämmitysenergian lähteenä käytetään kaukolämpöä. Nämä alueet on helppo ja edullista liittää nykyiseen kaukolämpöverkkoon. Energiatuotannon vaihtoehdot ja niiden kilpailuasema toisiinsa nähden voivat muuttua nopeasti. Siten energiatuotannon ratkaisut kannattaa muissa osissa Skaftkärrin tehdä vasta, kun aluetta ollaan todella ryhtymässä rakentamaan. Kaavarungon toteuttaminen vaiheittain mahdollistaa energiatuotannon ratkaisuiden valitsemisen vaiheittain. Vaiheittainen toteutus mahdollistaa myös uusien alueiden asteittaisen kytkemisen olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen ja edesauttaa palvelutarjonnan kehittämisen yhtäaikaaisesti asukasmäärän kasvaessa.

Tiivis rakenne on mahdollistanut alkuperäistä 6 000 asukasta suuremman asukasmäärän sijoittamisen Skaftkärrin kaavarunkoalueelle. Näin alueelle on mahdollista toteuttaa parempitasoinen joukkoliikenne ja paremmat paikallispalvelut ja säästetään maapinta-alaa kaava-alueen ulkopuolelta. Lisäksi se vaikuttaa positiivisesti koko Porvoon yhdyskuntarakenteeseen ja estää sen hajaantumisen laajemmalle alueelle.

Seuraavan sivun taulukoissa, Taulukko 41 ja Taulukko 42, on esitetty kaavarungon primäärienergian kulutus ja CO₂-päästöjen määrä 0+-malliin verrattuna. Erikseen on laskettu vaihtoehto, jossa kaikki rakennukset on liitetty kaukolämpöön. Laskennoissa on käytetty samoja periaatteita kuin ratkaisumallitarkastelussa, joka on esitetty raporttiosuudessa A. Jotta kaavarungon tulokset ovat vertailukelpoiset 0+-mallin kanssa, on energiankulutus ja CO₂-päästöt määritellyt kaavarungon aluerajauksella, jonka asukasmääräksi on arvioitu noin 6 100 asukasta.



Kuva 46. Kaavarungon kokonaishiilidioksidipäästöt vaihtoehtoon 0+ verrattuna.

Sitran selvityksiä 41

Taulukko 41. Kaavarungon energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut 6 100 asukkaan asukasmäärän rajauksella. Muutokset on esitetty vaihtoehtoon 0+ verrattuna.

Mallin laskennat								Muutokset			
	Kulutus ostoenergia MWh/a	Kulutus primaarienergia MWh/a	Jakauma primaarienergia	Päästöt ton CO ₂ /a	Jakauma CO ₂	Ominaiskulutus primaarienergia	Ominaispäästö	Osto- energia	Primaari- energia	Päästöt	
Lämmitys, sähkö								-100 %	-100 %	-100 %	
Lämmitys, muu	13 735	2 747	4 %	330	3 %	9 kWh/hm ²	24 g/kWh	+58 %	+58 %	+58 %	
Käyttövesi, sähkö								-100 %	-100 %	-100 %	
Käyttövesi, muu	12 018	2 404	4 %	288	3 %	8 kWh/hm ²	24 g/kWh	+199 %	+199 %	+199 %	
Kiinteistösähkö	4 386	8 771	13 %	877	9 %	30 kWh/hm ²	200 g/kWh				
Käyttäjäsähkö	11 197	22 395	33 %	2 239	22 %	76 kWh/hm ²	200 g/kWh				
Kunnallistekniikka	774	872	1 %	89	1 %	3 kWh/hm ²	115 g/kWh				
	liikenne										
Henkilöauto, työ	18 462	12 554	19 %	3 139	30 %	8,3 km/hlö/pv	170 g/km	-17 %	-17 %	-17 %	
Henkilöauto, muu	19 216	13 067	20 %	3 267	32 %	8,6 km/hlö/pv	170 g/km	-10 %	-10 %	-10 %	
Julkisen liikenne	111	30	1 %	69	1 %	0,05 km/hlö/pv	623 g/km	+44 %	+44 %	+44 %	
YHTEENSÄ		64 569		10 298					-38 %	-30 %	

Mikäli sähköntuotanto kokonaisuudessaan olisi mahdollista toteuttaa uusiutuvilla energiamuodoilla, olisi päästömuutos -51 %.

Taulukko 42. Kaavarungon energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut 6 100 asukkaan asukasmäärän rajauksella, kun rakennukset on liitetty aurinkokaukolämpöön. Muutokset on esitetty vaihtoehtoon 0+ verrattuna.

Mallin laskennat								Muutokset			
	Kulutus ostoenergia MWh/a	Kulutus primaarienergia MWh/a	Jakauma primaarienergia	Päästöt ton CO ₂ /a	Jakauma CO ₂	Ominaiskulutus primaarienergia	Ominaispäästö	Osto- energia	Primaari- energia	Päästöt	
Lämmitys, sähkö								-100 %	-100 %	-100 %	
Lämmitys, muu	13 735	1 374	2 %			5 kWh/hm ²	0 g/kWh	+58 %	-21 %	-100 %	
Käyttövesi, sähkö								-100 %	-100 %	-100 %	
Käyttövesi, muu	12 018	1 202	2 %			4 kWh/hm ²	0 g/kWh	+199 %	+49 %	-100 %	
Kiinteistösähkö	4 386	8 771	14 %	877	9 %	30 kWh/hm ²	200 g/kWh				
Käyttäjäsähkö	11 197	22 395	36 %	2 239	23 %	76 kWh/hm ²	200 g/kWh				
Kunnallistekniikka	774	872	1 %	89	1 %	3 kWh/hm ²	115 g/kWh				
	liikenne										
Henkilöauto, työ	18 462	12 554	21 %	3 139	32 %	8,3 km/hlö/pv	170 g/km	-17 %	-17 %	-17 %	
Henkilöauto, muu	19 216	13 067	22 %	3 267	34 %	8,6 km/hlö/pv	170 g/km	-10 %	-10 %	-10 %	
Julkisen liikenne	111	30	1 %	69	1 %	0,05 km/hlö/pv	623 g/km	+44 %	+44 %	+44 %	
YHTEENSÄ		61 994		9 680					-40 %	-34 %	

Mikäli sähköntuotanto kokonaisuudessaan olisi mahdollista toteuttaa uusiutuvilla energiamuodoilla, olisi päästömuutos -55 %.

Aurinkokaukolämpövaihtoehdossa kesäaikainen maakaasun käyttö korvataan aurinkoenergialla tuotetulla lämmöllä Porvoon energian kaukolämmön tuotannossa. Talviaikaan Porvoon energia tuottaa kaukolämmön kokonaisuudessaan bioenergialla. Aurinkokaukolämpö on päästötöntä, ja sitä tuotetaan vuositasona niin paljon kuin rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen tarvitaan energiaa Skaftkärrin alueella. Aurinkokaukolämmön tuotanto ajoittuu kesäaikaan, jolloin Skaftkärrin asukkaat käyttävät vain osan tuotetusta energiasta. Tästä johtuen myös muut Porvoon energian asiakkaat hyötyvät päästöttömästä energiantuotannosta ja Porvoon energian kokonaishiilidioksidipäästöt pienenevät vuositasona.

C: Johtopäätökset

11 Johtopäätökset ja suunnitteluohjeet

11.1 Yleistä

Tässä luvussa esitellään Skaftkärrin projektin aikana syntyneitä johtopäätöksiä siitä, miten alueiden käytön suunnittelun eri tasoilla on mahdollista vaikuttaa yhdyskuntien energiatehokkuuteen. Luvussa esitetään myös yleisiä johtopäätöksiä energiantuotantoon, liikenteeseen ja rakentamiseen sekä maankäyttöön liittyvistä energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä hyödyntäen Skaftkärrin ratkaisumallitarkastelujen laskentatuloksia. Lisäksi luvussa kuvataan tyypillisen kaavoitusprosessin sisältöä ja vaiheita sekä sitä, millä tavoin energiatehokkuuden tavoitteita voidaan ottaa huomioon kaavoitusprosessin eri vaiheissa tai tehtävissä. Tämä on esitetty sekä tilaajan että tuottajan näkökulmasta niin, että kaavoitusprosessissa syntyy selkeä toimintamalli energiatehokkuuden huomioimisesta. Luvun lopussa on kuvaus siitä, miten energiatehokkuuden vaatimukset voivat uudistaa kaava-asiakirjojen sisältöä.

11.2 Energiatehokkuuden huomioiminen eri suunnittelutasoilla

Kaavoituksen keinot, joilla voidaan vaikuttaa yhdyskuntien energiatehokkuuteen, riippuvat muun muassa siitä, millä aluetasolla suunnittelua tehdään. Jokaisella suunnittelutasolla on oma tärkeä merkityksensä pyrittäessä entistä energiatehokkaampaan yhteiskuntaan:

- Valtakunnallisilla alueidenkäyttötavoitteilla määritellään suunnitteluperiaatteita, jotka on otettava kaikessa kaavoituksessa huomioon. Energiatehokkuuden vaatimuksia liittyy muun muassa tarkoituksenmukaisen aluerakenteen tavoitteisiin.
- Maakunnallisessa tai ylikunnallisessa alueiden käytön suunnittelussa ohjataan muun muassa maakuntien kehittämissuunnitelmia sekä kaupunkiseutujen tai työssäkäyntialueiden alueidenkäytön periaatteita (muun muassa maakuntakaavat, kuntien yhteiset yleiskaavat ja kaupunkiseutujen rakennemallit).
- Kuntien yleiskaavoituksessa määritellään kuntien yhdyskuntarakenteen kehittämisen ratkaisut.
- Osayleiskaavoituksella suunnitellaan aluetason maankäyttöratkaisut.
- Asemakaavalla ohjataan rakentamista.

Seututason suunnittelulla voidaan vaikuttaa tehokkaasti muun muassa kaupunkiseutujen alue- ja yhdyskuntarakenteen energiatehokkuuteen. Seudullisessa suunnittelussa voidaan edistää seudun yhdyskuntarakenteen tiivistämistä ja täydentämistä, luoda edellytyksiä joukko- ja kevyen liikenteen edistämiseen ja hillitä yhdyskuntarakenteen hajautumista. Seudullisen suunnittelun keinoin vaikutetaan erityisesti maankäytön tehokkuuteen, liikkumistarpeisiin ja liikenteen kulkumuotojakaumaan. Tiivis yhdyskuntarakenne ei kuitenkaan yksin riitä vastaamaan energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteisiin. Tarvitaan myös johdonmukaisia alueellisia ratkaisuja ja rakentamisen ohjausta. Aluetasolla, esimerkiksi keskusta-alueita, asuinalueita tai työpaikka-alueita koskevassa suunnittelussa, ohjataan alueiden kytkeytymistä ympäröivään kaupunkirakenteeseen ja määritellään alueen maankäyttömuodot, niiden väliset suhteet sekä sisäiset verkostot ja annetaan puitteet korttelitason asemakaavoitukselle. Aluetason suunnittelussa konkretisoituvat alueellinen mitoitus ja sen jakautuminen, osa-alueiden aluetehokkuudet sekä rakentamisen periaateratkaisut. Samalla voidaan huolehtia muun muassa energiaratkaisujen tilatarpeista sekä suunnitella alueen toteuttaminen vaiheittain taloudellisesti ja verkostoja tehokkaasti hyödyntäen.

Asemakaavoituksessa määritellään kortteleiden maankäyttöratkaisut, rakentamisen tehokkuus, rakennusoikeudet sekä muun muassa rakentamistapaan, rakennusten sijoitteluun sekä rakennusten materiaali- ja rakenneratkaisuihin liittyviä tekijöitä. Asemakaavoituksessa täsmennetään edelleen myös muun muassa katujen linjauksia ja mitoitusta sekä vaikutetaan katusuunnittelun reunaehtoihin.



Kuva 47. Alueen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä.

11.3 Kokemuksia Skaftkärr-projektista

11.3.1 Aloitus ja ohjelmointi

Skaftkärrin pilottihankkeen tarkoituksena oli tuottaa tietoa siitä, millaisilla keinoilla suunnittelussa on mahdollista vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus ja miten suunnittelukäytäntöjä olisi mahdollista tai tarpeen kehittää, jotta alueiden energiatehokkuus paranisi. Samalla laadittiin alueen kaavarunko asemakaavoituksen pohjaksi. Tässä kuvataan lyhyesti prosessin vaiheet ja niihin liittyvät havainnot energiatehokkuuden edistämiseksi.

Työ aloitettiin kokoamalla aluetta koskevat lähtöaineistot sekä yleistä tietoa ja kansanvälisiä kokemuksia alueiden energiaratkaisuista. Alueelta oli olemassa niin sanottu normaali perusselvitysaineisto, joka osoitti muun muassa sen, että alueella ei ollut sellaisia erityisiä luonto- tai kulttuuriarvoja, jotka olisivat asettaneet reuna-ehdot suunnittelulle.

Suunnittelu- ja selvitysprosessille oli laadittu työohjelma ennen kaavoituksen käynnistämistä. Konsultti oli täsmentänyt tilaajan laatimaa työohjelmaa tarjouksessaan. Työohjelmaan ei vielä aloitusvaiheessa ollut tarpeen tehdä muutoksia.

Keskustelua tässä vaiheessa herätti muun muassa se, mitä sellaista uutta tietoa alueesta tai energiaratkaisumahdollisuuksista suunnittelua ja laskentaa varten tarvitaan, joka ei "tavanomaisessa kaavoituksessa" ole ollut tarpeen. Työohjelmassa korostui vaihtoehtojen suunnittelun, energialaskelmien ja arvioinnin merkitys sekä kaavarungon suunnittelun että yleisten energiatehokkuustavoitteiden näkökulmasta.

11.3.2 Vertailumalli ja vaihtoehdot

Vaihtoehtotarkastelun pohjaksi otettiin vuonna 2007 alueelle laadittu kaavarunkoluonnos, niin sanottu 0+-vaihtoehto. Suunnitelma perustui suhteellisen traditionaaliseen, ympäristön lähtökohtia myötäilevään pientalovaltaiseen ratkaisuun. Suunnitelma analysoitiin ja sen energiankulutus sekä hiilidioksidipäästöt laskettiin. Laskennan tuloksia käytettiin vertailumallina (niin sanottu ympäristötasemalli) arvioidessa varsinaisten suunnitelmavaihtoehtojen ja niihin sisältyvien keinovalikoimien vaikuttavuutta energiatehokkuuteen ja hiilipäästöihin. Tässä vaiheessa vaihtoehdon 0+ kuvauksesta ja laskennoista laadittiin erillisraportti. Sen pohjalta sovittiin myös jatkossa käytettävistä laskentamenetelmistä.

Käytännössä laskennan perusteena olivat hyvät tilastotiedot rakennusten lämmitysmuodoista ja laajuuksista viimeiseltä kolmelta vuodelta. Laajuuden osalta tilastointia oli tehty vain rakennusoikeudesta, jolloin rakennusten todelliset laajuudet huomioiden kellaritilat, autohallit ja muut rakennusoikeuden ulkopuolelle jäävä ala jouduttiin arvioimaan. Samoin nykyistä rakennusten energiatehokkuuden perusteena käytettävää bruttoalaa ei saatu tilastoista.

Toisen ongelman vertailutason laskennassa muodostaa "tavanomaisen energiatehokkuuden" määrittely. Rakennusten energiatehokkuutta ei ole tilastoitu, vaikka nyt energiatodistusten kautta riittävä aineisto olisi tilastointia varten saatavissa rakennusluvan myöntämisen yhteydessä. Käytännössä tavanomaisen tason oletettiin rakenteiden ja tiiviyden osalta noudattavan määräystasoa, mutta keskimääräistä lämmön talteenoton tehokkuutta pidettiin hieman vähimmäistasoa korkeampana. Vertailumallin määrittelyn jälkeen laadittiin neljä erilaista ratkaisumallia alueen kehittämiseksi. Jokaisessa mallissa oli erilainen maankäyttö. Mallien avulla haluttiin selvittää, mikä merkitys erilaisilla maankäyttöratkaisuilla (tiiviyys ja tehokkuus, toimintojen sijainti, maankäytön painopistealueet ja suhde ympäröivään kaupunkirakenteeseen) on alueen energiatehokkuudelle. Maankäytön lisäksi malleihin liitettiin erilaisia energiantuotantoon, liikenteen järjestämiseen sekä rakentamiseen tai rakennustekniikkaan liittyviä ominaisuuksia.

Ratkaisumallien (työvaiheessa niitä kutsuttiin "energiamalleiksi") energiatehokkuus ja hiilipäästöt laskettiin ja niitä vertailtiin vaihtoehdon 0+ tuloksiin. Lisäksi laadittiin herkkyystarkasteluja, joiden avulla havainnollistettiin yksittäisten tekijöiden vaikutavuutta kokonaiskulutukseen tai -päästöihin. Tulokset analysoitiin ja niistä tehtiin johtopäätöksiä sekä kaavarungon suunnittelua että yleisiä tarpeita varten. Johtopäätökset koottiin yhteen, ja kaavarunkoa koskevat johtopäätökset muodostivat osan erikseen määriteltäviä kaavarungon suunnitteluperiaatteita, jotka käsiteltiin yhdessä ennen suunnitteluun ryhtymistä.

Vaihtoehtovaiheen keskeisiä kysymyksiä olivat käytettävät laskentamenetelmät, tutkittavien vaihtoehtojen sisältö, laskennan tulosten tulkinta, tarvittavat herkkyystarkastelut ja tuloksista tehtävät johtopäätökset. Vaihtoehtovaihe oli hyvin keskeinen projektin tavoitteiden kannalta.

Laskentamenetelmiin liittyen keskusteltiin muun muassa kulutuksen mittareista (primäärienergia vai ostoenergia, energiankulutus vai hiilidioksidipäästöt).

Rakentamisen energiankulutusta arvioitaessa tärkeä valinta tehtiin nollavaihtoehtojen rakennusten energiankulutuksen määrittämisessä. Lähtötietoja uusien rakennusten energiankulutuksesta ei ollut saatavilla tarvittavaa vertailutietoa, vaan ratkaisuksi valittiin lopulta määräystason 2010 saavuttava rakennus. Uusista rakennuksista osa saavuttanee jo nyt paremman energiatehokkuustason. Rakentamisen kokonaislaajuuden määrittämisessä käytettiin hyväksi uudisrakennusten kerrosalatietoja lähtöaineistona pientalojen osalta. Toisaalta kytkettyjen talojen asuntojen lukumäärä ja koko määritettiin keskimääräisen asukasväljyyden perusteella. Parempien ja luotettavien lähtötietojen varmistamiseksi rakennuslupaprosessin osana tulisi kerätä ja tallettaa tiedot paitsi rakennusten pinta-aloista ja käytetyistä lämmitysmuodoista myös energiatehokkuudesta.

Erialaisten maankäyttöratkaisujen vaikuttavuuden tutkiminen osoittautui mielenkiintoiseksi vaiheeksi, sillä siihen liittyi myös paljon ennakkokäsityksiä. Vaikuttavuutta tutkittiin sekä aluetason ratkaisuihin että rakennusten sijoitteluun liittyen. Tähän liittyen tarkastelua oli tarpeen laajentaa myös alueen ulkopuolelle, jotta liikennejärjestelmän kehittämiseen liittyviä vaihtoehtoja oli mahdollista arvioida luotettavasti (muun muassa joukkoliikennereitit sekä jalankulku- ja pyöräily-yhteydet). Skaftkärrin tapauksessa maankäyttöratkaisulla ei ollut merkittävää vaikutusta energiatuotantomahdollisuuksiin, vaikutus liikenteeseen oli paikallistasolla suhteellisen merkittävä, mutta rakennusten sijoittelulla ei nähty suurtakaan vaikutusta alueelliseen energiankulutukseen.

Vaihtoehtotarkastelu antoi selkeät lähtökohdat kaavarungon laatimiselle. Laskentojen pohjalta oli mahdollista perustella aiempaa tiiviimpää ja monipuolisempaa rakennetta.

11.3.3 Kaavarunko

Kaavarungon suunnittelussa hyödynnettiin vaihtoehtovaiheen tuloksia. Vaihtoehtoista muodostettiin kokonaisuutena toimiva ja monipuolinen yhdistelmä maankäyttö-, liikenne- ja energiaratkaisuista, joiden toteuttaminen olisi joustavasti vaihteista. Kaavarungon sisältöön vaikutti energialaskelmien lisäksi moni muukin seikka, muun muassa kaupungin tavoitteet asumismuodoista ja tonttitarjonnasta sekä rakentamistapaan ja kaupunkikuvaan liittyvät tavoitteet.

Kaavarungon suunnittelussa oli vaihtoehtotarkastelun kautta hyvät edellytykset ottaa huomioon muun muassa kaukolämpöverkon kapasiteetin vaikutus alueen toteuttamisen vaiheistukseen, muiden energiaratkaisujen tilatarpeet (esimerkiksi aurinkokaukolämpöpuisto) sekä liikenteen järjestämisen prioriteetit (sujuvat kevyen liikenteen yhteydet ja joukkoliikenteen toteuttamisedellytykset).

Asemakaavoituksen yhteydessä ohjataan tarkemmin korttelitason ratkaisuja ja talokohtaisia vaatimuksia.

11.4 Alueiden käytön ja kaavoituksen kehittäminen energiatehokkuuden näkökulmasta

11.4.1 Suunnitteluratkaisut

Skaftkärrin pilottihankkeen tarkoituksena oli suunnitella mahdollisimman energiatehokas maankäyttö alueelle ja saada selville, miten energiatehokkuusajattelu voitaisiin ottaa entistä paremmin huomioon kaavoituksessa. Tuloksena alueellisesti tarkastelusta on määritelty Skaftkärrin kaavarungon laadintaperiaatteet sekä selvitetty ja laskettu erilaisten tekijöiden vaikuttavuus alueen energiatehokkuuteen. Seuraavassa on esitetty tämän ratkaisumallitarkastelun pohjalta tehtyjä keskeisiä yleisiä johtopäätöksiä energiatehokkuuden parantamiseksi.

Maankäyttö

Maankäytön ratkaisuilla voi olla huomattava merkitys alueiden energiatehokkuuteen ja hiilitaseeseen. Keskeinen merkitys on sillä, millaisia sijoitusratkaisuja eri maankäyttömuodoille tehdään kaupunkirakenteessa. Sijaintitekijöiden merkitys on oleellinen siksi, että huomattava osa alueiden energiankulutuksesta ja hiilipäästöistä aiheutuu liikenteestä. Alueen ulkopuolista liikennetarvetta aiheutuu erityisesti työmatkaliikenteestä sekä palvelujen hakemisesta (kaupat, päiväkodit, koulut, harrastukset jne.). Alueiden keskeinen sijainti suhteessa palveluverkkoon ja keskuksiin, lähipalvelut ja sekoittunut maankäyttörakenne voivat tukea ulkoisen liikennöintitarpeen minimointia. Tehokas ja toimiva kaupunkirakenne antaa myös parhaat mahdollisuudet toimivalle joukkoliikennejärjestelmälle, mikä osaltaan vähentää henkilöautoriippuvuutta. Sijaintitekijöillä voi olla myös huomattava vaikutus infrastruktuurikustannuksiin (liittyminen olemassa oleviin verkostoihin).

Alueen sisäisessä maankäytön suunnittelussa voidaan edistää kevyen liikenteen edellytyksiä katuverkon rakenteella, pysäköintijärjestelyillä, yleensä (liikenne) turvallisuutta edistävillä ratkaisuilla, alueen tiiviydellä (etäisyyksien minimointi) sekä lähiympäristön viihtyisyydellä ja monipuolisuudella. Maankäytön ratkaisuilla voidaan myös parantaa joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä (esimerkiksi joukkoliikennekaduilla ja sujuvia linjastoja palvelevalla katuverkkosuunnittelulla).

Tiivis kaupunkirakenne vähentää verkostopituuksia (kadut, vesihuoltoverkosto, energiahuolto ja televerkostot), mikä vähentää rakentamis- ja käyttökustannuksia ja energiankulutusta sekä parantaa verkostojen teknistä toimivuutta. Samalla edellytykset keskitettyjen tehokkaiden järjestelmien, kuten kaukolämmön, käyttöönottoon paranevat.

Kokemusten ja laskelmien mukaan yksittäisen alueen, esimerkiksi asuinalueen, rakenne ei suoraan vaikuta merkittävässä määrin itse rakennusten energiatehokkuuteen. Suuntaamalla ja sijoittamalla rakennukset pienilmaston kannalta optimaalisesti voidaan vaikuttaa vain vähän rakennusten energiankulutukseen. Tällä saavutetaan kuitenkin muita etuja, kuten viihtyisät ulko-oleskelualueet ja pihat.

Energiantuotanto

Kaavoituksen yhteydessä on syytä huomioida ja tutkia kaikki mahdolliset energiantuotannon vaihtoehdot alueelle. Monet lämmitysratkaisut sekä niiden päästö- ja kustannusvaikutukset ovat hyvin paikkaan sidottuja, joten kaikkien kohteiden energiavaihtoehdot pitää tutkia erikseen.

Energiantuotannon vaihtoehdot ja niiden kilpailuasema toisiinsa nähden muuttuvat nopeasti. Näin ollen energiantuotannon ratkaisuja ja oletuksia ei pidä ennakoita liian sitovasti, ennen kuin aluetta ollaan todella ryhtymässä rakentamaan. Kaavoitukseen liittyvä energiantuotantotapojen selvitys on kuitenkin tärkeä tietolähde alueen tuleville asukkaille, sillä se helpottaa energiaratkaisun valintaa ja voi ohjata alueen toteuttamisen suunnittelua.

Kun aluetta ryhdytään rakentamaan, mahdollisia energiantuotannon vaihtoehtoja voi olla syytä tutkia rakennussuunnittelun yhteydessä sen hetkisen tilanteen mukaan. Kullekin mahdolliselle energiantuotannon vaihtoehdolle voidaan määrittellä soveltuvuus kohteeseen, CO₂-päästöt sekä kustannukset. Määritettyjen tietojen perusteella voidaan valita kyseiseen kohteeseen paras vaihtoehto. Erityisesti keskitettyjä lämmitysratkaisuja sekä sähkön hajautettua tuotantoa pitää tarkastella yhteistyössä paikallisen energiayhtiön kanssa.

Rakentaminen

Matalaenergiatason vaatiminen uusien alueiden rakentamisessa on energiatehokkuuden kannalta positiivinen ja kustannuksiltaan maltillinen vaatimus, ja se vastaa Suomen tulevien vaatimusten linjaa. Passiivirakentamisen vaatimisella alueen energiatehokkuutta voitaisiin kiristää entisestään, mutta passiivirakennusten vaatimat lisäkustannukset voivat nousta liian korkeiksi alueen houkuttelevuuden kannalta. Houkuttelevimmilla ja korkeatasoisilla alueilla passiivirakentaminen voi olla realistinen vaihtoehto. Lisäksi nykyisillä ratkaisuilla tehtyjen investointien takaisinmaksuaika jää melko korkeaksi. Rakennuksen energiatehokkuutta ei voida kuitenkaan pelkästään ohjata aikaisemmin annettujen rakenteiden eristys-, tiiviys- ja ilmanvaihdon lämmön talteenottovaatimusten perusteella. Myös rakennusten muodon ja eteenkin aukotusten vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen tulisi huomioida rakennusluppaprosessissa. Yksinkertaisimpana ratkaisuna tähän olisi Suomen rakennusmääräyksiin perustuvan lämpöhäviön tasauslaskelmaa vastaavan vertailulaskelman käyttö.

Kun lämmitykselle asetetut vaatimukset tiukentuvat, lämpimän käyttöveden energiankulutus muodostaa asuinkiinteistöissä merkittävimmän osan kohteen kokonaislämmön kulutuksesta. Passiivirakentamisessa käyttöveden lämmityksen energiantarve on jo tilojen lämmitystä suurempi. Aurinkokeräimet, jäteveden lämmön talteenotto ja käyttöveden lämmitys tulisijassa ovat vaihtoehtoisia lämmitystapoja korvaamaan pääosan käyttöveden lämmitystarpeesta. Näiden kannattavuutta tulee kuitenkin aina tarkastella aluekohtaisesti, koska CO₂-päästöissä ei välttämättä saavuteta alueellisesti merkittävää säästöä, mikäli rakennuksen päälämmitysmuodon ominaispäästöt ovat pienet. Myös käyttöveden lämmitystarpeen pienentämisen helpoimmat keinot, vesiputkien erityis ja lämpimän käyttöveden kierron ohjaus, tulisi huomioida alueen rakentamiselle asetetuissa vaatimuksissa.

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuuden parantaminen, järjestelmän tarpeellinen ohjaus ja mitoitus tasapainoon alipaineisen ratkaisun sijaan ovat keskeisimmät keinot sähkönkulutuksen ja toisaalta myös ilmanvaihdosta aiheutuvien lämpöhäviöiden pienentämiseen. Lisäksi sähkötoimisten piha- ja lattialämmitysten rajoittamisella voidaan usein vähentää lämmitykseen käytetyn primäärienergian määrää ja vaikuttaa kokonaishiilidioksidipäästöihin.

Käyttäjäsähkön osuus rakennuksen kokonaishiilidioksidipäästöistä on jo nykyisin merkittävä, ja käyttäjäsähkön piiriin kuuluvien laitteiden energiankulutus korostuu entisestään, kun rakennuksen lämmitysenergiankulutukselle asetetaan rajoituksia. Ruuan valmistukseen, säilytykseen ja kodinhoitoon liittyvien laitteiden energiamerkinnät ovat hyvällä menestyksellä ohjanneet laitteiden energiatehokkuuteen. Viihde-elektroniikan osuus käyttäjäsähköstä on kasvanut viime vuosikymmeninä, ja sen ennakoidaan kasvavan edelleen. Viihde-elektroniikan energiankulutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta käyttäjäsähkön kokonaistarve ei lisäänty nykyisestään, kun laitteiden lukumäärä lisääntyy kotitalouksissa. Mahdollisina ohjauskeinoina voisivat olla kodin älykkään ohjauksen ratkaisut, jatkuva energiankäytön raportointi ja pistorasiaryhmien sammuttaminen alueellisesti.

Erillistarkasteluna selvitettiin rakennusmateriaalien vaikutusta CO₂-päästöihin. Rakennusmateriaalien valmistuksesta aiheutuva kasvihuonepäästö CO₂-ekvivalentteina on puupientalossa noin puolet kivirakenteisen pientalon päästöistä. Ero vastaa noin 8 vuoden matalaenergiapientalon lämmön- ja sähkönkulutusta, joten myös rakennusmateriaaliratkaisut ovat vaikutukseltaan merkittäviä.

Liikenne

Tehokkain tapa liikenteen aiheuttaman energiakulutuksen hillitsemiseksi on vaikuttaa liikkumistarpeeseen jo eriasteisen kaavoituksen yhteydessä. Kaava-alueen sijainti keskustaan, työpaikka-alueisiin ja palveluihin nähden vaikuttaa eniten kulutapajakaumaan. Porvoon henkilötutkimuksissa havaittiin, että lähes 90 prosenttia alle kilometrin pituisista matkoista on kevyen liikenteen matkoja. Niin sanotuissa jalankulkukaupungeissa matkat kotoa palveluihin ja työpaikkoihin ovat lyhyitä. Kaupungin tiivistäminen ja nykyiseen rakenteeseen tukeutuva laajentaminen lyhentää matkojen pituuksia. Suurissa kaupungeissa joukkoliikenteellä, keskustojen rauhoittamisella ja pysäköintipolitiikalla voi olla huomattava henkilöautoliikenteen määrää rajoittava merkitys.

Toimintojen sijoittelulla voidaan vaikuttaa myös matkojen pituuksiin. Mitä omavaraaisempi alue on työpaikkojen ja palvelujen suhteen, sitä useammin matkat ovat lyhyitä ja liikennesuorite pienenee. Paikalliset ostoskeskukset, koulut, kirjastot, mahdolliset etätyöskentelypisteet, alueelliset työpaikat ym. vähentävät liikkumistarvetta. Kuitenkin kaupalliset palvelut tarvitsevat riittävän väestömäärän ollakseen kannattavia, mikä vaikuttaa käytännössä palvelujen sijoittumiseen.

Suurehkoissa kaupunkikeskuksissa, jossa etäisyydet kasvavat sellaisiksi, että kevyt liikenne ei yksin voi ratkaista paikallisia liikkumistarpeita, joukkoliikenteen toimintaedellytysten varmistaminen kaupunkirakenteessa nousee merkittäväksi tavoitteeksi. Jos suunniteltava kaava-alue sijaitsee usean kilometrin päässä keskustasta ja palveluista, alueen mahdollisesta omasta sisäisestä tiiviydestä huolimatta matkat ovat pitkiä. Henkilöauton käyttö kasvaa varsinkin silloin, kun tehokkaalle joukkoliikenneyhteydelle ei ole riittävää väestöpohjaa. Suurissa kaupungeissa joukkoliikenteellä, keskustojen rauhoittamisella ja pysäköintipolitiikalla on suuri merkitys henkilöautoliikenteeseen. Joukkoliikenteen runkolinjan suunnittelun tulisikin olla kaavoitusprosessin ensimmäinen vaihe.

On merkittävää, että pyrkimyksellä vaikuttaa kulkutapaan pelkästään joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen houkuttelevuutta lisäämällä ei voida vaikuttaa merkittävästi kulkutapajakaumaan, jos maankäyttöratkaisuissa ei ole otettu huomioon liikennetarpeen syntyminen vaikuttavia tekijöitä (palvelujen ja työpaikka-alueiden sijainti asuinalueeseen nähden). On myös huomattava, että joukkoliikennetarpeita ja paikalliset palvelut ovat riippuvaisia alueen väestömäärästä.

Alueen väestömäärällä on merkitystä alueen sisäisten palvelujen kehittymisen ja toiminnan säilymisen kannalta. Riittävä väestöpohja parantaa joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä. Kaluston koon valinta antaa mahdollisuuden pienimuotoisempiin järjestelyihin (kutsutaksit, kimpakuljetukset ym.), jolloin ajoneuvot ovat tehokkaammassa käytössä. Kutsutaksijärjestelyt ovat kuljettajan palkan vuoksi harvoin kannattavia normaalilla joukkoliikennetaksalla, ja ne vaativat yleensä kunnan tukea. Liikenteen aiheuttama energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt ovat yksi merkittävä tekijä, kun määritellään alueen energiatehokkuutta. Niiden laskenta tuleekin ottaa osaksi kaavoituksen vaikutusten arviointiprosessia.

11.4.2 Kaavoitusprosessi

Kaavoituksessa on erilaisten suunnitteluratkaisujen lisäksi otettava huomioon kaavan laadintaprosessin merkitys lopputulokselle. Kun kaavaprosessia halutaan kehittää energiatehokkaita ratkaisuja edistäväksi, on tämä näkökulma otettava huomioon kaikilla kaavatasoilla ja kaikissa kaavoitusprosessin vaiheissa.

Oheisessa taulukossa kuvataan lyhyesti energiatehokkuusnäkökulman merkitys kaavaprosessin eri vaiheissa

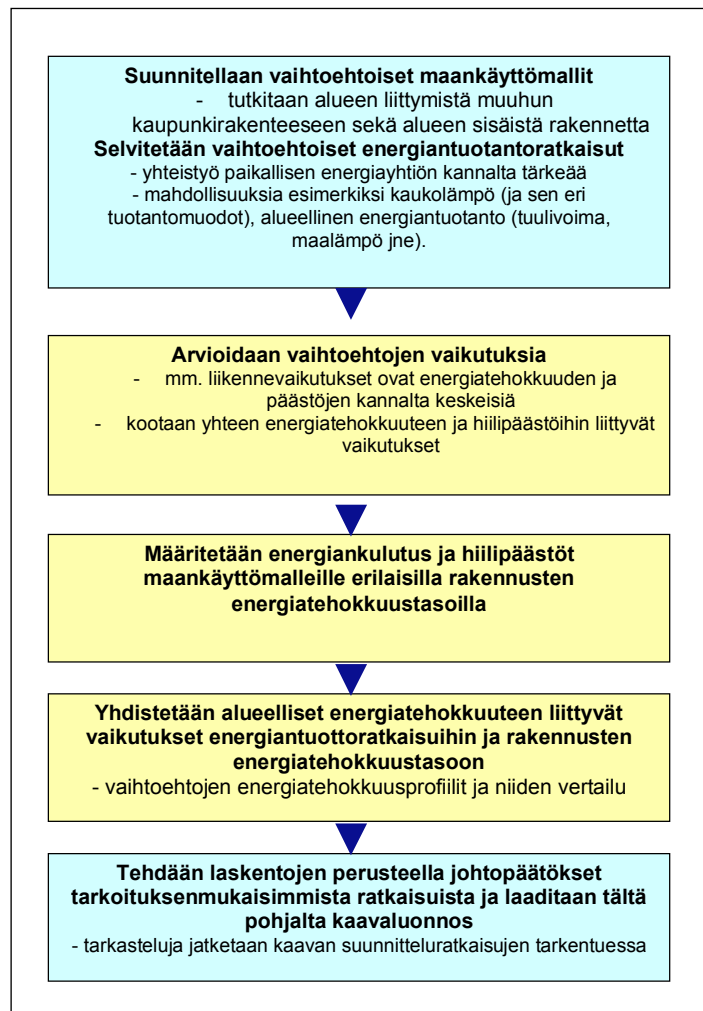
Aloitus ohjelmointi selvitykset tavoitteet aloitusvaiheen osallistuminen	OAS ja viranomaisneuvottelut: energia-alan toimijat ja viranomaiset mukaan osallisiin, selvitystarpeet energiatehokkuuden näkökulmasta ja energiatehokkuusvaikutusten arvioinnin menetelmät Energialaskelmia varten tarvittavat taustaselvitykset (energian tuotantomuodot, rakennusmäärät, energiaverkostot, liikenne jne.) Energiatehokkuuteen liittyvät tavoitteet Energiatehokkuuden edistämiseen liittyvä viestintä eri osallisryhmille, kaavahankkeen vaikuttavuus
Valmistelu maankäyttö- vaihtoehdot vaikutusten arviointi kaavaluonnos valmisteluvaiheen osallistuminen	Maankäyttövaihtoehtojen ”energiaprofilointi” – oletukset mahdollisista energiaratkaisuista liitettynä maankäyttöön Energialaskelmat liitettynä vaikutusten arviointiin, energia-asiantuntijoiden osallistuminen prosessiin Energiatehokkuusvertailut päätöksenteon pohjana Ratkaisujen energiatehokkuuden havainnollistaminen Palautteen käsittely myös energiatehokkuuden näkökulmasta
Ehdotus kaavaehdotus ehdotusvaiheen osallistuminen hyväksyminen	Kaavaratkaisun viimeistely, energiatehokkuustavoitteiden toteutumisen varmistaminen Viranomaislausunnot, lainmukaisuus ja sisältövaatimusten toteutuminen

Energiatehokkuuden vahva integroiminen kaavaprosessiin edellyttää maankäyttö- ja rakennuslain uudistamista siten, että eri kaavatasojen sisältövaatimuksiin (MRL 28 §, 39 § ja 54 §) lisätään energiatehokkuuden vaatimukset. Näin voidaan varmistaa, että energiatehokkuuteen sekä ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät näkökulmat saavat riittävän painoarvon suunnittelun lähtökohtina, keskeisinä kaavaratkaisujen arviointitekijöinä sekä muutoksenhaun perusteina.

Niin sanottuja uusia kaavoitusprosessiin integroitavia osallisia ovat muun muassa kuntien energiayhtiöt, energia-alan yritykset ja yhdistykset sekä työ- ja elinkeinoministeriö. Nämä tahot ovat olleet vain vähän mukana tavanomaisessa kaavoituksessa.

Uudet selvitystarpeet liittyvät erityisesti tutkittavien maankäyttö-, liikenne- ja rakentamisratkaisujen energiataloudellisten vaikutusten selvittämiseksi tarvittaviin lähtötietoihin. Osa lähtötiedoista, kuten liikenne-ennusteet ja energiaverkostot, on sellaisia, että niitä tarvitaan muunkin suunnittelun ja arvioinnin tarpeisiin. Erityisiä nimenomaisesti energiatehokkuuteen liittyviä lähtötietoja ovat muun muassa erilaiset mahdollisuudet alueen energiantuotantoon, kaukolämmön energiantuotantoprofiili sekä materiaali- ja rakennevalintojen vaikutukset energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin jne.

Tietoisuus erilaisista mahdollisuuksista, joilla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen ja ilmastovaikutuksiin, antaa mahdollisuuden konkreettisiin tavoitteisiin suunnittelussa. Optimaalinen tasapaino kulutuksen ja päästöjen vähentämiseksi tarvittavien keinojen ja niistä aiheutuvien kustannusten välillä on mahdollista kokonaisvaltaisen vaikutusten arvioinnin avulla, mikä liittyy kaavan periaateratkaisujen tekemiseen. Vaikutusselvitysten onkin tarpeen kohdentua aiempaa enemmän myös energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen tutkimiseen. Tämä edellyttää myös uusia asiantuntijaresursseja kaavoituksen suunnitteluryhmiin sekä viranomaisohjaukseen. Kaavoitukseen liittyvän maankäytön suunnittelun etenemistä energiatehokkuuden ja hiilipäästöjen näkökulmasta voi havainnollistaa esimerkiksi seuraavasti:



Kaava-asiakirjat

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmassa kuvataan kaavatasolle ominaiset energiatehokkuuden kannalta keskeiset tavoitteet ja lähtökohdat sekä suunnittelussa ja arvioinnissa käytettävät menetelmät.

Kaavakartassa alueen energiatehokkuutta voidaan ohjata kaavamerkinnoin ja -määräyksin. Alue- ja yhdyskuntarakenteen ohjaus tapahtuu pääasiassa maakunta- ja yleiskaavoituksen yhteydessä. Yhdyskuntarakenteen tehokasta käyttöä ja tiivistämistä voi edistää maakuntakaavojen ja yleiskaavojen aluevarausuunnittelulla, joukko- ja kevytliikennettä suosivalla liikennejärjestelmäsuunnittelulla sekä kaavojen yksityiskohtaisempaa suunnittelua ohjaavilla suunnittelumääräyksillä. Suunnittelumääräykset voivat edellyttää aluetason suunnittelulta esimerkiksi riittäviä aluetehokkuuksia tai nykyisen yhdyskuntarakenteen tehostettua hyödyntämistä. Rakentamista voidaan ohjata asemakaavatasolla suunnittelu- ja rakentamismääräyksillä muun muassa energiantuotantotapojen, vesi- ja jätehuollon järjestämisen, lämmöneristävyysvaatimusten ja materiaalivalintojen osalta.

Kaavaselostuksissa on syytä kuvata energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen kannalta olennaiset lähtötiedot, laadittujen vaihtoehtotarkastelujen tutkitut energiaratkaisut, vaihtoehtojen vaikutukset energiatehokkuuteen, tehdyt maankäyttö-, liikenne- ja rakentamiskäytökset sekä niiden perustelut ja ohjeisto kaavan toteuttamiseksi energiatehokkuutta ja vähäpäästöisyyttä edistävällä tavalla. Asemakaavoihin liittyy usein rakentamistapaohjeistoa. Näitä voidaan täydentää energiaratkaisujen kuvauksella.

11.4.3 Muun yhteistyön kehittäminen

Kaavoitusta voi kehittää siten, että se edistää entistä paremmin yhdyskuntien energiatehokkuutta. Energiatietoisella suunnittelulla voidaan päästä merkittäviin kulutus- ja kustannussäästöihin sekä päästövähennyksiin. Erilaisiin energiankulutukseen ja ilmastopäästöihin liittyvistä ratkaisuista ja niiden vaikutuksista on käytettävissä tietoa. Tietoja ja menetelmiä on osattava soveltaa alueeseen ja tilanteeseen sopivasti. Kaavoituksella ei pystytä kuitenkaan kaikkeen, vaan on huomioitava, että myös muita toimenpiteitä tarvitaan muun muassa viranomaisten, asukkaiden ja laitevalmistajien toiminnassa.

Jotta kaavoitusvaiheessa asetetut tavoitteet välittyisivät oikean sisältöisinä toteutusvaiheeseen ja johtaisivat energiatehokkaaseen rakentamiseen, kaupungin omien viranomaisten välistä yhteistyötä on kehitettävä. Energiatehokkuuteen vaikutetaan myös rakennusvalvonnassa. Kaavoittajan ja rakennusvalvonnan tuleekin tehdä tiivistä yhteistyötä, jotta kaavan, kaavamääräysten tai muiden ohjauskeinojen tulkinnasta ei aiheudu asetettujen tavoitteiden vastaisia ratkaisuja. Esimerkiksi poikkeamislupien myöntämisellä saatetaan vaarantaa alkuperäisten tavoitteiden toteutuminen. Erityisesti rakentamiselle asetetut vaatimukset, kuten rakenteiden eristävyys- tai tiiviysvaatimukset, eivät välttämättä riitä toteuttamaan asetettuja energiatehokkuusvaatimuksia, mikäli rakennuksen muotoon, suuntaukseen tai aukotukseen ei kiinnitetä rakennuslupavaiheessa huomiota. Lupaprosessissa rakennusvalvonnan roolia tarvittavien lähtötietojen keräämisessä tulisi kehittää edelleen.

12 Lopuksi

Kaavoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi alueiden energiatehokkuuteen. Yleispiirteisessä kaavoituksessa ratkaistaan seutujen, kuntien ja alueiden alue- ja yhdyskuntarakenteen kehittymisen periaatteet ja vaikutetaan oleellisesti muun muassa liikkumistarpeeseen ja sitä kautta liikenteen energiankulutukseen sekä päästöihin. Osayleiskaavoituksessa ja asemakaavoituksessa ohjataan alueiden sisäisiä maankäyttöratkaisuja, infrastruktuuria ja rakentamista. Kaavajärjestelmä ja siihen liittyvät välineet antavat monipuolisia mahdollisuuksia vaikuttaa joko suoraan tai epäsuorasti yhdyskuntiemme energiatehokkuuteen ja päästöihin.

Tämän projektin yhteydessä on koottu tietoa ja kokemuksia erilaisista energiatehokkuuteen liittyvistä mahdollisuuksista sekä esitetty laskentamalleja, joita hyödyntämällä on mahdollista parantaa kaavoitukseen liittyvää päätöksentekoa ja sen energiatietoisuutta.

Aluesuunnittelun hiilijalanjälkeä pienentävät ratkaisut säästävät myös kustannuksia: infrastruktuurin hyödyntäminen tehostuu, verkostopituudet pienenevät, energiaa kuluu vähemmän, ja kuljetustarpeet vähenevät.

Lähteet

Adato Energia. 2008. Kotitalouksien sähkönkulutus 2006.

Aurinkoenergian itserakennuskurssi, kalvomateriaali. 2007. Timo Jodat.

Glaumann & Westerberg. 1988. Klimatplanering, vind. AB Svensk Byggtjänst, Åkersberga.

Holmanpuisto II. Asemakaavan ehdotusluonnoksen energiatehokkuustarkastelu -raportti. Espoon kaupunki / Pöyry 2009.

Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät. Suunnitteluohje. Kuopion kaupunki / Suunnittelukeskus. 2007.

Ilmastomuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. Irmeli Wahlgren, Kimmo Kuismanen & Lasse Makkonen VTT tutkimusraportti 9.5.2008.

Ilmatieteenlaitos: www.ilmatieteenlaitos.fi.

Itä-Uudenmaan henkilöliikennetutkimus, Itä-Uudenmaanliitto 2007.

Katu 2002. Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet. Suomen kuntatekniikan yhdistys. 2003.

Kuismanen, Kimmo. 2005. Ilmaston vaikutus pientalojen suunnitteluun. Ab CASE consult Ltd/ ECONO.

Motiva Oy. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006 -raportti.

Porvoon vesi, puhelinkeskustelu 22.6.2009.

Suomen ympäristö 27/2008. Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa.

Tornivaara-Ruikka, Riikka. Hulevesien käsittely maankäytön suunnittelussa. Uudenmaan ympäristökeskusken raportteja 3/2006.

Varkia, Rauni. 2003. Meteorologian ja klimatologian perusteet. Moniste.

VTT/LIPASTO-tutkimus: <http://lipasto.vtt.fi/>.

www.i-sustain.com, ympäristöystävälliseen yhdyskuntasuunnitteluun keskittynyt sivusto, 24.6.2009.

Laite-/tuotevalmistajat:

Finnwind Oy
GeEnergy
Normatherm