

# SKAFTKÄRR

Energiatehokkuus kaavoituksessa



|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
|  | Kaavarungon selostus |  |
|--|----------------------|--|

Porvoon kaupunki Sitra Posintra Porvoon Energia Ympäristöministeriö

Competence. Service. Solutions.

POYDV

## SISÄLTÖ

|               |                                                                                       |           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>      | <b>JOHDANTO.....</b>                                                                  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>      | <b>SUUNNITTELUALUEEN LÄHTÖTIEDOT.....</b>                                             | <b>4</b>  |
| <b>2.1</b>    | <b>Sijainti .....</b>                                                                 | <b>4</b>  |
| <b>2.2</b>    | <b>Lähtötiedot .....</b>                                                              | <b>4</b>  |
| <b>3</b>      | <b>KAAVARUNGON SUUNNITTELUN VAIHEET .....</b>                                         | <b>6</b>  |
| <b>4</b>      | <b>ENERGIANKÄYTÖN JA PÄÄSTÖJEN VERTAILUMALLI JA TUTKITUT<br/>RATKAISUMALLIT .....</b> | <b>8</b>  |
| <b>4.1</b>    | <b>Vertailumalli 0+.....</b>                                                          | <b>8</b>  |
| <b>4.2</b>    | <b>Vaihtoehtotarkastelun periaatteet .....</b>                                        | <b>9</b>  |
| <b>4.3</b>    | <b>Ratkaisumallien suunnittelun lähtökohtia .....</b>                                 | <b>9</b>  |
| <b>4.4</b>    | <b>Tutkitut mallit .....</b>                                                          | <b>11</b> |
| <b>5</b>      | <b>ENERGIA-, PÄÄSTÖ- JA KUSTANNUSVAIKUTUSTEN ARVIOINTI.....</b>                       | <b>15</b> |
| <b>5.1</b>    | <b>Vaikutusten arvioinnin periaatteet .....</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>5.2</b>    | <b>Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen vaikutusten arviointi.....</b>                | <b>16</b> |
| <b>5.3</b>    | <b>Ratkaisumallien liikenteellinen vertailu .....</b>                                 | <b>18</b> |
| <b>5.3.1</b>  | <b>Vertailuperiaate .....</b>                                                         | <b>18</b> |
| <b>5.3.2</b>  | <b>Autoliikenteen liikennesuoritteet .....</b>                                        | <b>19</b> |
| <b>5.3.3</b>  | <b>Mallien liikennesuoritteet, suhteelliset osuudet kulkumuodoittain .....</b>        | <b>19</b> |
| <b>5.3.4</b>  | <b>Joukkoliikenne, liikennesuorite .....</b>                                          | <b>22</b> |
| <b>5.4</b>    | <b>Ratkaisumallien energiantuotantovaihtoehtojen päästövertailu .....</b>             | <b>22</b> |
| <b>5.4.1</b>  | <b>Lämmitysvaihtoehdot.....</b>                                                       | <b>22</b> |
| <b>5.4.2</b>  | <b>Sähköntuotantovaihtoehdot .....</b>                                                | <b>23</b> |
| <b>5.5</b>    | <b>Energia- ja päästövaikutusten arviointi .....</b>                                  | <b>24</b> |
| <b>5.6</b>    | <b>Ratkaisumallien kustannusvertailu eri energiantuotantovaihtoehdoilla.....</b>      | <b>27</b> |
| <b>5.7</b>    | <b>Infrastruktuurikustannukset .....</b>                                              | <b>32</b> |
| <b>5.8</b>    | <b>Mallitarkastelun johtopäätökset .....</b>                                          | <b>33</b> |
| <b>5.9</b>    | <b>Johtopäätökset energiantuotantovaihtoehdoista .....</b>                            | <b>33</b> |
| <b>5.10</b>   | <b>Herkkyystarkastelut CO<sub>2</sub>-päästöille .....</b>                            | <b>34</b> |
| <b>5.10.1</b> | <b>Erilaiset toteutusvaihtoehdot -35 % päästöistä saavuttamiseksi.....</b>            | <b>34</b> |
| <b>5.10.2</b> | <b>Lämmitysvaihtoehtojen vaikutus kokonaisuuteen.....</b>                             | <b>35</b> |
| <b>6</b>      | <b>KAAVARUNGON TAVOITTEET JA LAADINTAPERIAATTEET .....</b>                            | <b>36</b> |
| <b>6.1</b>    | <b>Tavoitteet.....</b>                                                                | <b>36</b> |
| <b>6.2</b>    | <b>Kaavarungon suunnitteluperiaatteet.....</b>                                        | <b>37</b> |

|            |                                                                                                      |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7</b>   | <b>KAAVARUNGON KUVAUS .....</b>                                                                      | <b>38</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Kaavarungon rakenne ja yleiskuvaus .....</b>                                                      | <b>38</b> |
| 7.1.1      | Ratkaisumallitarkastelun johtopäätösten huomioiminen kaavarungon suunnittelussa .....                | 39        |
| <b>7.2</b> | <b>Mitoitus .....</b>                                                                                | <b>40</b> |
| <b>7.3</b> | <b>Liikennratkaisut .....</b>                                                                        | <b>40</b> |
| <b>7.4</b> | <b>Asuinkorttelit.....</b>                                                                           | <b>43</b> |
| <b>7.5</b> | <b>Muut alueet, palvelut ja työpaikat.....</b>                                                       | <b>44</b> |
| <b>7.6</b> | <b>Viher- ja virkistysyhteydet.....</b>                                                              | <b>45</b> |
| <b>8</b>   | <b>KAAVARUNGON VAIKUTUKSET .....</b>                                                                 | <b>46</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen vaikutusten arviointi.....</b>                               | <b>46</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Energiataloudellisten vaikutusten arviointi .....</b>                                             | <b>47</b> |
| <b>8.3</b> | <b>Energiantuotanto .....</b>                                                                        | <b>49</b> |
| 8.3.1      | Lämpöenergian tuotantoratkaisu .....                                                                 | 49        |
| 8.3.2      | Sähköenergian tuotantoratkaisu .....                                                                 | 49        |
| 8.3.3      | Energia ratkaisun CO <sub>2</sub> -päästövaikutus .....                                              | 49        |
| 8.3.4      | Energia ratkaisun kustannusvaikutus.....                                                             | 50        |
| <b>8.4</b> | <b>Infrastruktuurikustannukset .....</b>                                                             | <b>51</b> |
| <b>9</b>   | <b>KAAVARUNGON TOTEUTUS .....</b>                                                                    | <b>52</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Vaiheistus .....</b>                                                                              | <b>52</b> |
| <b>9.2</b> | <b>Yleisiä suosituksia energiatehokkaiden ratkaisujen toteuttamisesta Skaftkärrin alueella .....</b> | <b>54</b> |

## **Liitteet**

Kaavarungon maankäyttökaavio

Kaavarungon havainnekuva

## 1 JOHDANTO

Porvoon Skaftkärrin alueelle on laadittu kaavarunko, jossa kaavoitustyön ohessa on etsitty uusia kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja alueen energiahuoltoon, energiatehokkaaseen rakentamiseen ja liikennejärjestelyihin. Yhteistyö- ja pilottihankkeen käynnistäjinä ovat toimineet Porvoon kaupunki, Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra, Posintra Oy, Porvoon Energia Oy ja Ympäristöministeriö. Konsulttina on toiminut Pöry Finland Oy, alikonsultteina Pöry Building Services Oy ja Pöry Management Consulting Oy sekä Pöry Architects Oy.

Skaftkärr – hankkeessa on kolme keskeistä osaa:

- Living Lab – hanke, jossa luodaan älykkäällä ohjausjärjestelmällä puitteet sujuvalle vuorovaikutukselle asukkaiden, yritysten, viranomaisten ja energiayhtiön välillä
- Kunnallisen energiayhtiön tulevaisuuden liiketoimintojen kehittäminen
- Energiatehokkuus kaavoituksessa.

Energiatehokkuuden ohjaamista ja suunnittelua kehitetään kaavoitusprosessin eri vaiheissa eli Skaftkärrin kaavarunkotyön ja kahden asemakaavatyön yhteydessä. Kaavarunkohankkeen tavoitteena on ollut varautua yli 6 000 asukkaan sijoittamiseen alueelle. Keskeisenä lähtökohtana on ollut tutkia ja ideoida alueen maankäyttövaihtoehtoja, arvioida vaihtoehtojen energiatehokkuutta, taloudellisuutta, toteuttamisen vaikutuksia sekä tehdä tältä pohjalta ehdotuksia alueen maankäytön pääperiaatteista. Alueen maankäytön periaateratkaisu toteuttaa alueelle ja hankkeelle asetettuja tavoitteita energiatehokkaasta ja kestävästä kehitystä tukevasta maankäytöstä, joka lisää energiatehokkuutta rakennetussa ympäristössä ja asukkaiden arjessa.

Tämä raportti sisältää Skaftkärrin alueen kaavarungon selostuksen. Raportissa kuvataan suunnittelualueen lähtötiedot ja kaavarungon suunnittelun vaiheet. Skaftkärrin kaavarungon erityispiirteenä on energiatehokkuustarkastelu, joka on suoritettu lähtökohtana olleelle alustavalle, vuonna 2007 laaditulle kaavarungolle (nk. 0+ vaihtoehto) sekä maankäytön ratkaisumallitarkastelussa mukana olleille maankäyttömalleille. Raportissa on käyty läpi näiden ratkaisumallitarkasteluiden ja laskelmien pohjalta asetetut kaavarungon tavoitteet ja laadintaperiaatteet, kaavarungon sisältö ja vaikutusten arviointi. Raportin lopussa kuvataan toteutuksen vaihteellisuuden periaatteet.

Skaftkärrin kaavarunkohankkeesta on julkaistu myös erillinen julkaisu, jossa käydään tarkemmin läpi energiakäytön ja päästöjen laskelmat ja laskentaperiaatteet. Tässä kaavarunkoselostuksessa ne on esitetty suppeassa muodossa ja pääpaino on itse kaavarungon sisällön esittelyssä.

## 2 SUUNNITTELUALUEEN LÄHTÖTIEDOT

### 2.1 Sijainti

Suunnittelualue sijaitsee n. 3 km Porvoon keskustasta itään. Alue rajautuu länsireunaltaan Kevätkummun ja Tarkkisten pientaloalueisiin ja Tarkkistentiehen, pohjoisesta Tarmolan työpaikka-alueeseen ja Veckjärventiehen ja itä- ja eteläreunaltaan metsä- ja peltoalueisiin.



Kuva 1 Suunnittelualueen sijainti

### 2.2 Lähtötiedot

Skaftkärrin alue on nykytilanteessa pääosin rakentamaton, luonto-olosuhteiltaan vaihteleva kokonaisuus. Alue liittyy nykyiseen yhdyskuntarakenteeseen Porvoon keskustan kaakkoispuolella ja alue sijaitsee lähellä Porvoon keskustan palveluita ja työpaikkoja.

#### Luonnonolot

Suunnittelualue koostuu luonnonoloiltaan kahdesta erityyppisestä osa-alueesta; keskiosan avoimesta peltoalueesta ja sitä ympäröivästä metsäalueesta. Metsät ovat tyypiltään pääosin nuorehkoa sekametsää ja kuusimetsää. Pellot ovat viljelykäytössä.

#### Korkeussuhteet

Alueella on voimakkaita korkeusvaihteluja. Itäreunalla ja eteläosissa on jyrkkärinteisiä kallioselänteitä. Suunnittelualueen korkein piste on eteläreunalla Hemskogenin metsässä, jossa maasto nousee 42,3 metriä merenpinnan yläpuolelle, matalin korkeustaso on lähellä meren pinnan tasoa.

#### Maaperä ja pohjavedet

Suunnittelualueen maaperä koostuu laaksoalueella savikosta ja selännealueilla pääosin moreenista. Peruskallio on lähellä maanpintaa tai osin jopa näkyvissä selännealueilla.

## Palvelut

Lähimmät julkiset ja kaupalliset palvelut, kuten koulu, kirjasto, päiväkodit ja päivittäistavarakauppa sijaitsevat Kevätkummussa. Keskustapalvelut sijaitsevat Porvoon keskustassa. Alueen rakentuminen voi alkuvaiheessa tukeutua olemassa oleviin palveluihin. Skaftkärrin alueelle laaditaan palvelusuunnitelma, joka sisältää muun muassa koulun, päiväkodin, terveys- ja sosiaalipalvelut, sekä kulttuuri-, kirjasto-, liikunta-, nuoriso- ja vanhusten palvelut.

## Liikenne ja virkistys

Suunnittelualueella ei ole yleistä katuverkostoa. Suunnittelualueelle johtaa pohjoisesta Vanha Veckjärventie, Kevätkummusta Skaftkärrintie ja Tarkkisista päin Rotnäsintie. Kevätkummun ja Tarkkisten kautta Skaftkärrin alueelta on yhteydet Porvoon keskustaan ja näille Skaftkärrin lähialueille on olemassa myös toimivat julkisen ja kevyen liikenteen yhteydet.

Suunnittelualueen läpi kulkee Humlan virkistysreitti, joka on talvella latuna. Humlan reitillä on seudullista merkitystä. Alueella kulkee myös pienempiä polkuja, jotka ovat paikallisten asukkaiden käytössä.

## Maanomistus

Alue on pääosin kaupungin omistuksessa.

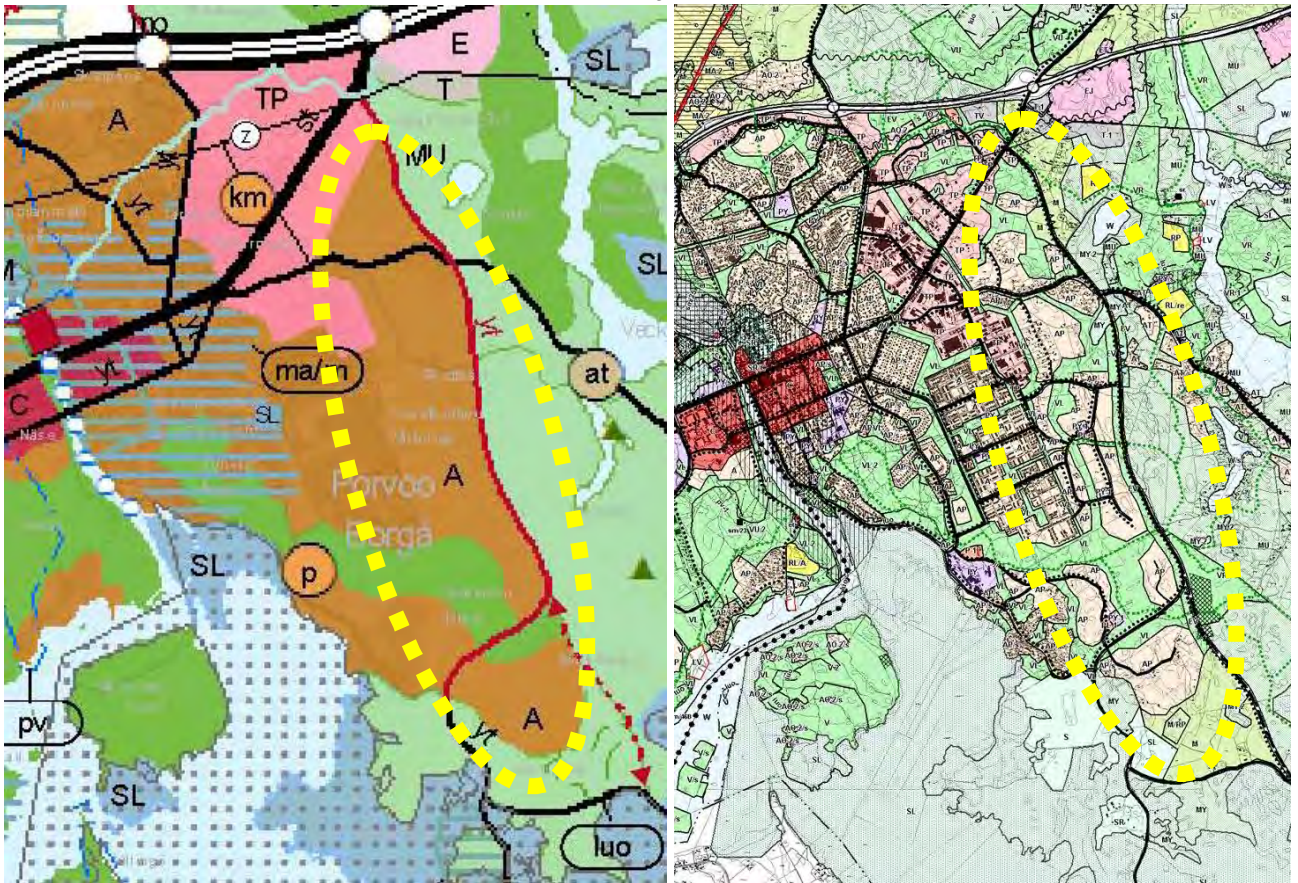
## Suunnittelutilanne

Itä-Uudenmaan maankuntakaavassa suunnittelualue on varattu asumiseen. Alueen läpi kulkee itä-länsisuunnassa virkistysalue ja Porvoon itäisen ohitustien varaus suunnittelualueen itäpuolella.

Alueella on voimassa oikeusvaikutteinen osayleiskaava. Osayleiskaavassa Skaftkärrin alue on pinta-alaltaan noin 400 hehtaaria, josta noin 200 hehtaaria on osoitettu asumiseen. Alueen katuverkko on suunniteltu osayleiskaavassa siten, että kannattavan ja toimivan joukkoliikenneverkoston toteuttaminen on mahdollista.

Skaftkärrin alueelle on laadittu alustava kaavarunko vuonna 2007. Kaavarunkoa on käytetty hankkeen lähtötietona ja hyödynnetty energiatehokkuuslaskelmissa vertailutasona eli 0+ -vaihtoehtona. 0+ -vaihtoehto on yleispiirteinen tarkastelu alueen mahdollisesta maankäytöstä ja mitoituksista. Suunnitelman ensisijaisena lähtökohtana on ollut sijoittaa alueen toiminnot ja yhteydet rakennettavuudeltaan edullisille alueille. Asuinalueet koostuvat 0+ mallissa pääasiassa väljistä, n.1000 m<sup>2</sup> pientalotonteista. Keskeisille alueille on sijoitettu myös tiiviimpää pientaloasumista. Maankäyttö on luonteeltaan väljää, katumetrejä on paljon ja asumisen vyöhykkeiden väliin jää runsaasti virkistysalueita.

Alueen 0+ kaavaluonnoksen mukainen asukasmäärä on noin 6115 asukasta. Asuntotyyppijakauman mukaan asukasmäärästä noin puolet sijoittuu omakotitaloihin ja toinen puoli pari- ja rivitaloihin.



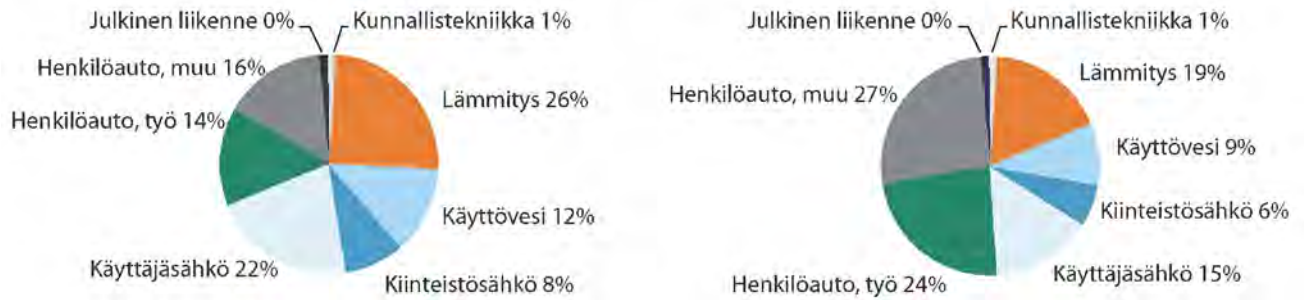
Kuva 2 Ote maakuntakaavasta ja osayleiskaavasta

### Selvitykset

Hankkeen aluksi koottiin yhteen aluetta koskevat lähtötiedot ja suunnitelmat. Nämä analysoitiin ja niiden ajantasaisuuden ja kattavuuden perusteella arvioitiin mahdollinen täydennys- tai lisäselvitystarve. Tällä tavoin varmistettiin tavanomaisten lähtötietojen riittävyys suunnittelun tarpeisiin. Porvoon kaupunki vastasi perusselvitysten, kuten luonto- ja maisemaselvityksen, rakennetun ympäristön inventoinnin, pilaantuneiden maiden kartoitusten ja muiden alueen fyysiseen ympäristöön liittyvien selvitysten laatimisesta tai täydentämisestä.

## 3 KAAVARUNGON SUUNNITTELUN VAIHEET

Porvoon kaupungin ja Sitran käynnistämän Skaftkärrin pilottihankkeen tavoitteena on ollut kaavoitustyön ohessa tuottaa tietoa siitä, millaisilla keinoilla on suunnittelussa mahdollista vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus ja miten suunnittelukäytäntöjä olisi mahdollista tai tarpeen kehittää, jotta alueiden energiatehokkuus paranisi. Ensimmäinen haaste työn alussa oli löytää energiatehokkuuden parantamisen kannalta merkittävimmät tekijät, joihin vaikuttamalla saataisiin suurin muutos aikaan. Keskeisenä työkaluna aloitusvaiheessa käytettiin alueelle 2007 laadittua kaavarunkoa (nk. vaihtoehto 0+), jonka mukaisen yhdyskuntarakenteen energiankulutus laskettiin.



**Kuva 3 Vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen jakautuminen, joita käytetty vertailutasona ratkaisumallien laadinnassa**

Laskelmien tulokset paljastavat selkeästi, että suurimmat energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat tekijät ovat liikenne, lämmitysenergia ja rakennuksissa kulutettu sähköenergia. Näiden tulosten jälkeen oli mahdollista keskittyä pohtimaan, mitkä tekijät vaikuttavat näiden osa-alueiden energiakulutukseen, ja miten niitä voitaisiin pienentää mahdollisimman tehokkaasti.

Vaihtoehdolle 0+ suoritettujen laskelmien jälkeen laadittiin selvitykset energiantuotannon tulevaisuuden vaihtoehdoista, rakennustekniikan kehittymisestä, liikenteestä sekä maankäyttöön ja elinympäristön laatuun liittyvistä erityiskysymyksistä. Selvitysten ja vaihtoehdolle 0+ suoritettujen laskelmien pohjalta laadittiin neljä ratkaisumallia, jotka kuvaavat pelkistetyksi erilaisia energiatehokkuuteen liittyviä alueellisia ratkaisuja ja niiden yhdistelmiä. Jokaiselle mallille määriteltiin profiili, jossa muuttujina olivat maankäytön lisäksi alueen energiantuotanto, liikennepolitiikka ja rakennustekniikka. Näistä malleista laadittiin vastaavat laskelmat kuin vaihtoehdosta 0+ ja lisäksi arvioitiin mallien muita vaikutuksia. Näiden laskelmien ja arviointien pohjalta tehtiin johtopäätökset kunkin ratkaisumallin energiatehokkuudesta ja määriteltiin mallien laadulliset tekijät. Vaihtoehdoisten mallien vertailun ja niistä saatujen tulosten perusteella laadittiin kaavarunkoluonnos. Koko prosessin pohjalta on tehty johtopäätöksiä ja laadittu suunnitteluohjeita siitä, miten energiatehokkuus tulisi alueiden käytössä ja kaavoituksessa huomioida.

### Kaavarungon käsittelyvaiheet ja vuorovaikutus

Kaavarunkotyötä on käsitelty Porvoon kaupungin kaavoitus- ja rakennuslautakunnassa 12.2.2009, 24.9.2009, 10.12.2009, 25.3.2010 ja 6.5.2010. Hankkeen ohjausryhmä on kokoontunut 27.8.2009, 18.9.2009, 12.11.2009, 8.12.2009, 17.2.2010, 22.4.2010 ja 21.6.2010. Lautakunnan ja ohjausryhmän kokouksissa on tiedotettu hankkeen vaiheesta ja kaavarunkotyön etenemisestä ja kulloisistakin tuloksista, vaihtoehdoista ja itse kaavarungon yksityiskohtaisemmasta sisällöstä.

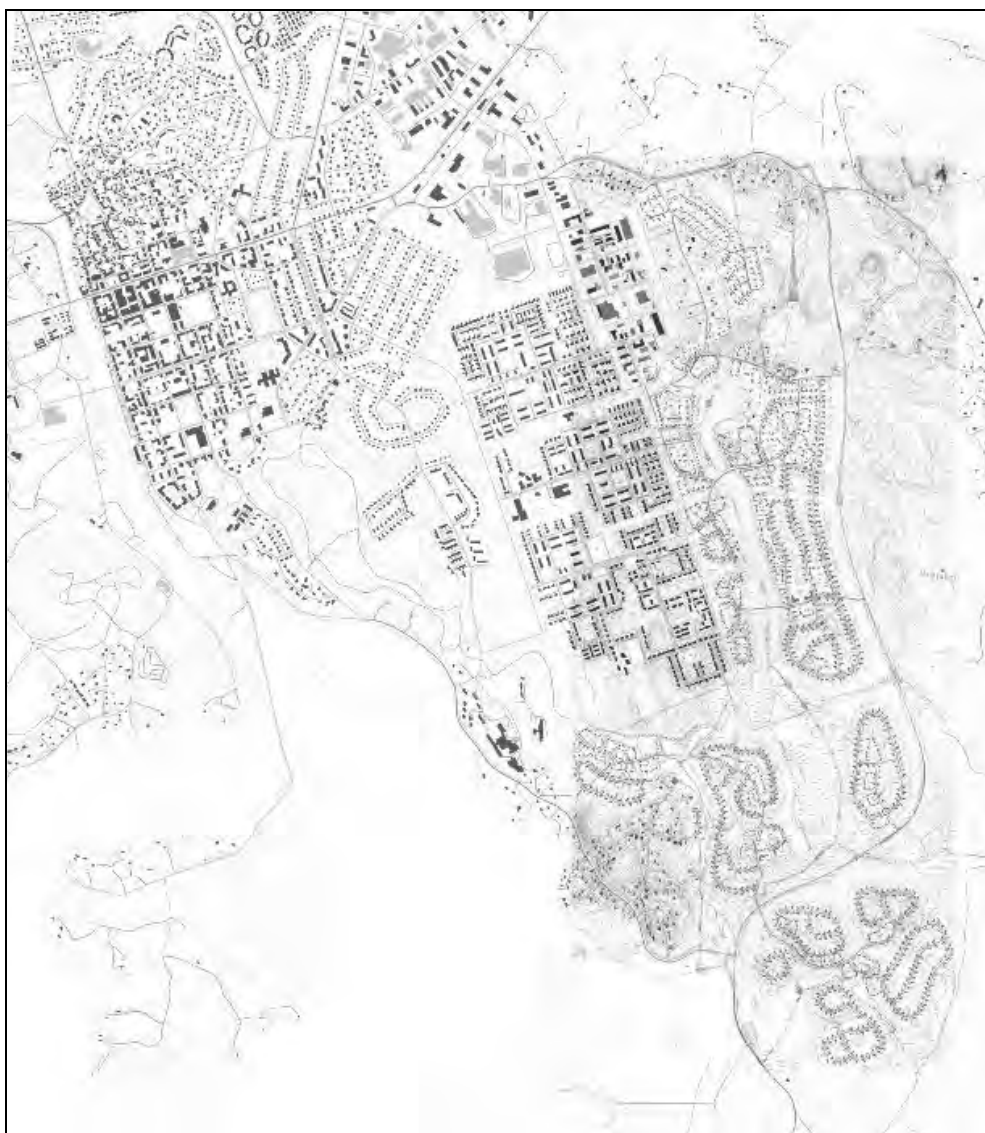
Kaavarunkotyötä käsitteleviä seminaareja on pidetty 10.12.2008, 3.6.2009 ja 11.3.2010. Seminaareissa esiteltiin hankkeen lähtökohtia, vaiheita ja tuloksia ja käsiteltiin työhön liittyviä lähtökohtia ja tavoitteita ryhmätöissä.

Kaupungin kehittämisjaosto on käsitellyt kaavarunkoa 8.12.2009 ja 11.5.2010.

## 4 ENERGIAKÄYTÖN JA PÄÄSTÖJEN VERTAILUMALLI JA TUTKITUT RATKAISUMALLIT

### 4.1 Vertailumalli 0+

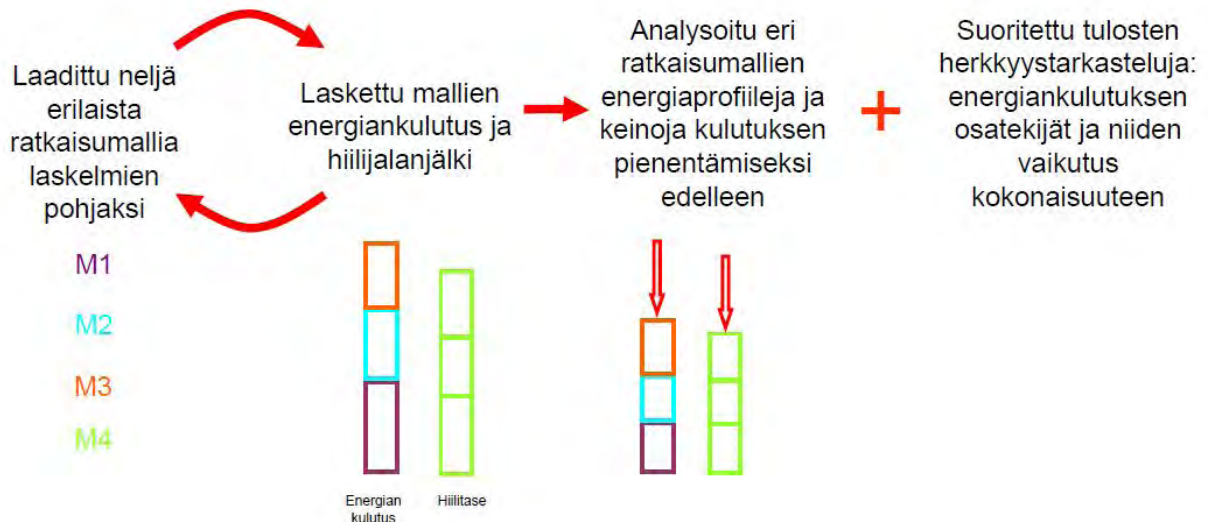
Energiatohokkuuden mittaamisen vertailutasoksi otettiin Porvoon kaupungilla laadittu vertailumalli 0+, joka on karkea ja yleisluontoinen tarkastelu alueen mahdollisesta maankäytöstä. Suunnitelman ensisijaisena lähtökohtana ovat olleet alueen rakennettavuusolosuhteet ja topografia. Vaihtoehdossa asuminen on sijoitettu pientalotonteille kallioisille selännealueille. Maankäyttö on luonteeltaan väljää, katumetrejä on paljon ja asumisen vyöhykkeiden väliin jää runsaasti virkistysalueita. Vertailumallin 0+ energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt laskettiin vaihtoehtotarkastelun vertailupohjaksi.



Kuva 4 Vertailumallina 0+ käytetty alustava kaavarunko

## 4.2 Vaihtoehtotarkastelun periaatteet

Skaftkärr-projektin tarkoituksena oli tutkia erilaisten vaihtoehtojen ratkaisujen merkitystä energiatehokkuuteen aluetason suunnittelussa ja 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 5 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 on esitelty kunkin mallin perusperiaatteet ja seuraavassa luvussa niille suoritettujen laskelmien tulokset.

## 4.3 Ratkaisumallien suunnittelun lähtökohtia

Ratkaisumalleissa on varioitu seuraavia energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä:

- Liikenne- ja liikumistarve
- Kaupunkirakenne
- Energian tuotantotapa
- Lämmitysratkaisut ja rakennustekniikka

### Energian tuotantotapa

Rakennusten lämmitys ja käyttöveden vastaa 0+ -vaihtoehdossa 38 % rakennusten uusiutumattoman primäärienergian käytöstä ja 28 % hiilidioksidipäästöistä. Rakennusten lämpöenergian tuotantotavalla on ratkaiseva merkitys energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen.

Porvoon Energia Oy:n kaukolämmön tuotantotapa on erittäin ympäristöystävällistä. Kaukolämmön energianlähteenä käytetään jopa 90 % 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 kaukolämmön tuotannossa fossiiliselle polttoaineille tulee etsiä vaihtoehtoja. Kiinteistö- ja käyttäjäsiirtoon kuluu noin 30 % uusiutumattomasta primäärienergiasta sekä ne aiheuttavat noin 21 % 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 haasteellisia energiantuotantomuotoja, mutta alan nopea kehitys saattaa tuoda tähän merkittäviä muutoksia jo lähitulevaisuudessa.

### **Liikennetarkaisut ja liikumistarve**

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

### **Kaupunkirakenne**

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

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

### **Rakennustekniikka**

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

## 4.4 Tutkitut mallit

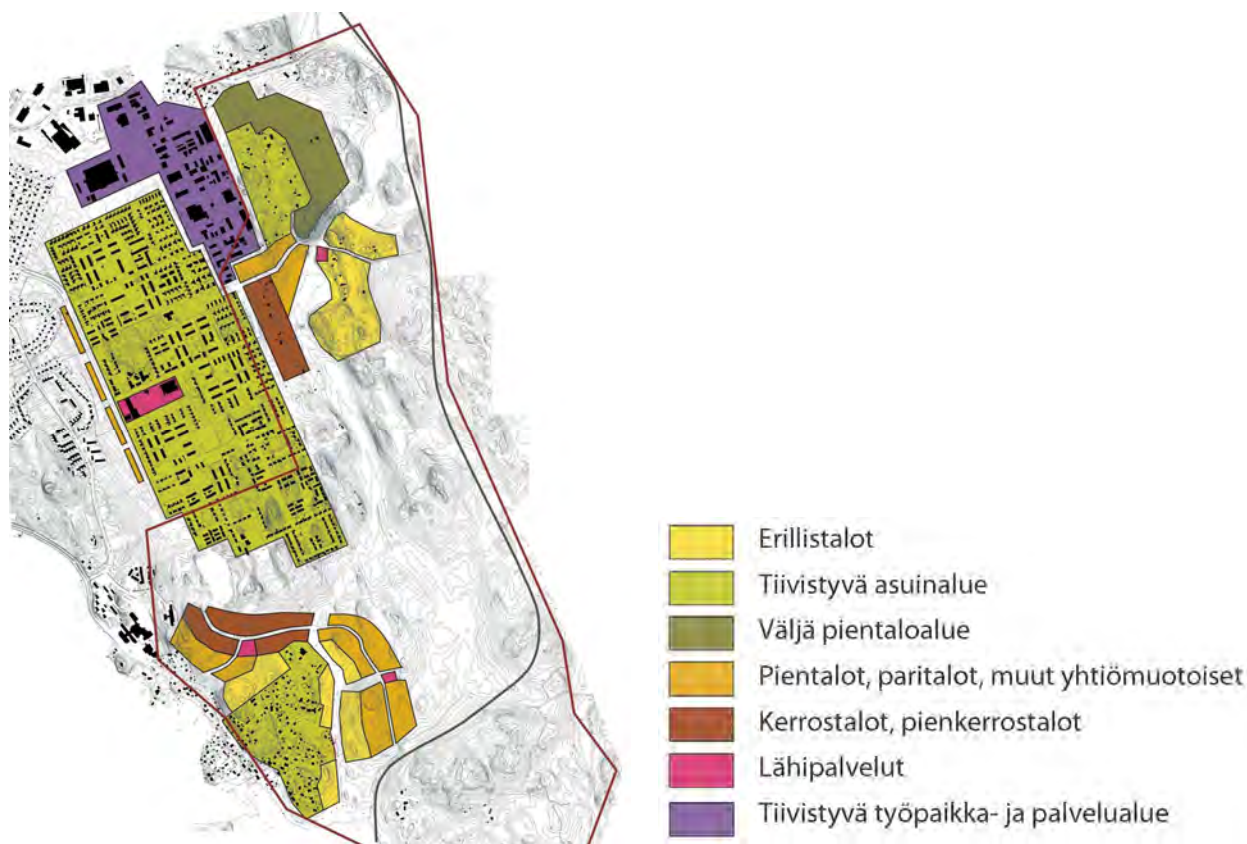
### Malli 1

Malli 1 on tiivis olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen tukeutuva malli. Tehokkain 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. Skaftkärrin kaava-alueen väestöstä noin 55 % 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-aluetta 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 moottoritielle. Vuoron on suunniteltu toimivan syöttöliikenteenä moottoritien linja-autovuoroille (vuoroväli noin 15 min). Kevyen liikenteellä kulkee pikaväylät keskustaan ja uuden joukkoliikennereitin vieritse moottoritien liittymään pysäkeille. Kevyen liikenteen edellytysten parantamiseen liittyy liityntäpysäköintimahdollisuuden (mm. pyöräparkki) järjestäminen pysäkin tuntumaan.

Mallissa 1 on käytetty matalaenergiataloja, joissa lämmönlähteenä on 100 % kaukolämpö. Sähkö ostetaan sähköverkosta.



Kuva 6 Malli 1

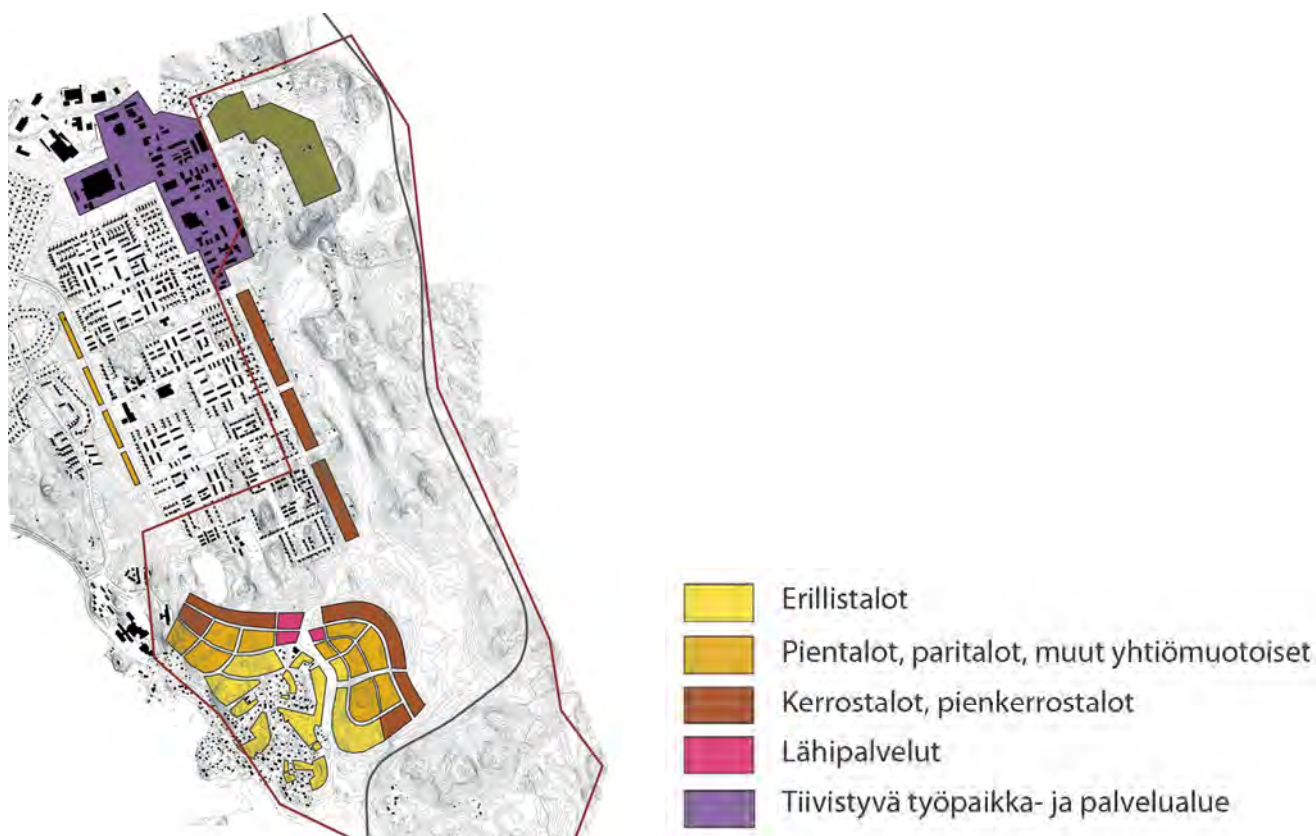
## Malli 2

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/ joukkoliikennekadun varrelle, millä on tavoiteltu alueelle tulevan joukkoliikennedyhteyden maksimaalista hyödyntämistä. Uusien alueiden muut katuyhteydet on mallissa oletettu olevan kevytliikennepainotteisia yhteyksiä, kuten pihakatuja tai hidaskatuja. Skaftkärrin kaava-alueen väestöstä yli 75 % on suunniteltu asuvan Tarkkisten alueen läheisyydessä lähes 3,5 km:n päässä keskustasta

Mallissa 2 on käytetty matalaenergiataloja, joissa lämmönlähteenä on 50 % kaukolämpö, 50 % maalämpö ja sähkö ostettu sähköverkosta. Asumisen lisäksi Tarkkisten uudelle alueelle on suunniteltu varattavaksi alue palvelukeskukselle, jossa on tarkoitus olla päivittäistavarakauppaa laajemmat kaupalliset palvelut (ostoskeskusluokkaiset 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 minimoitu tiiviillä kaupunkirakenteella ja tehokkailla joukkoliikennedyhteyksillä. Joukkoliikenteen pikalinjalle on järjestetty tieyhteys Tarkkisten alueelta Kevätkummun ja Tarmolan alueen vieritse moottoritille. Vuoron on suunniteltu toimivan syöttöliikenteenä moottoritien linja-autovuoroille (vuoroväli noin 15 min). Kevyen liikenteellä kulkee pikaväylät keskustaan ja uuden joukkoliikennereitin vieritse moottoritien liittymään pysäkeille. Kevyen liikenteen edellytysten parantamiseen liittyy liityntäpysäköintimahdollisuuden (mm. pyöräparkki) järjestäminen pysäkin tuntumaan.



Kuva 7 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 biopolttoaineet, aurinkolämpö ja -sähkö. Käytetty rakennustekniikka on mahdollisimman energiatehokasta (passiivitalot, 0-energiatalot, aurinkolämpö). Alueella on asumisen lisäksi ainoastaan päiväkotipalveluita.



Kuva 8 Malli 3

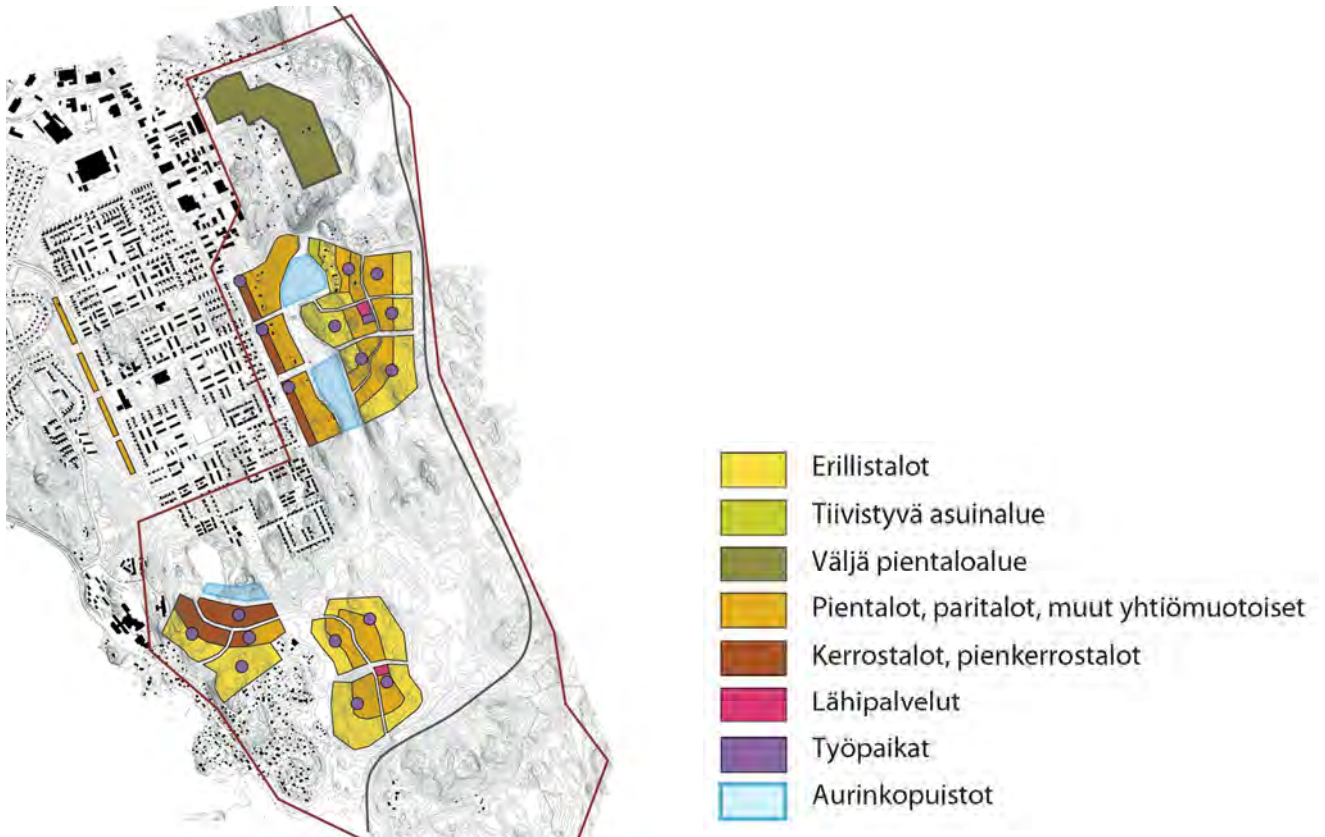
### Malli 4

Malli 4 on yhteisöllinen ratkaisumalli, 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. Skaftkärrin kaava-alueen väestöstä noin 55 % on suunniteltu asuvan Tarkkisten alueen läheisyydessä.

Mallissa 4 on käytössä passiivitalot, joihin lämpö on tuotettu 100 % aurinkokaukolämmöllä. Sähköä käytetään verkkosähköä. 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. Kaikille alueille on suunniteltu työpajakeskittymiä, joiden tarkoitus on antaa etätyömahdollisuus alueella asuville. Työpajojen ja etätyön on mallissa oletettu palvelevan kesimäärin yhden työpäivän verran viikossa.

Joukkoliikenteen pikalinjalle on järjestetty tieyhteys Tarkkisten alueelta Kevätkummun ja Tarmolan alueen vieritse moottoritille. Vuoron on suunniteltu toimivan syöttöliikenteenä moottoritien linja-

autovuoroille (vuoroväli noin 15 min). Kevyen liikenteellä kulkee pikaväylät keskustaan ja uuden joukkoliikennereitin vieritse moottoritien liittymään pysäkeille. Kevyen liikenteen edellytysten parantamiseen liittyy liityntäpysäköintimahdollisuuden (mm. pyöräparkki) järjestäminen pysäkin tuntumaan.



Kuva 9 Malli 4

## 5 ENERGIA-, PÄÄSTÖ- JA KUSTANNUSVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

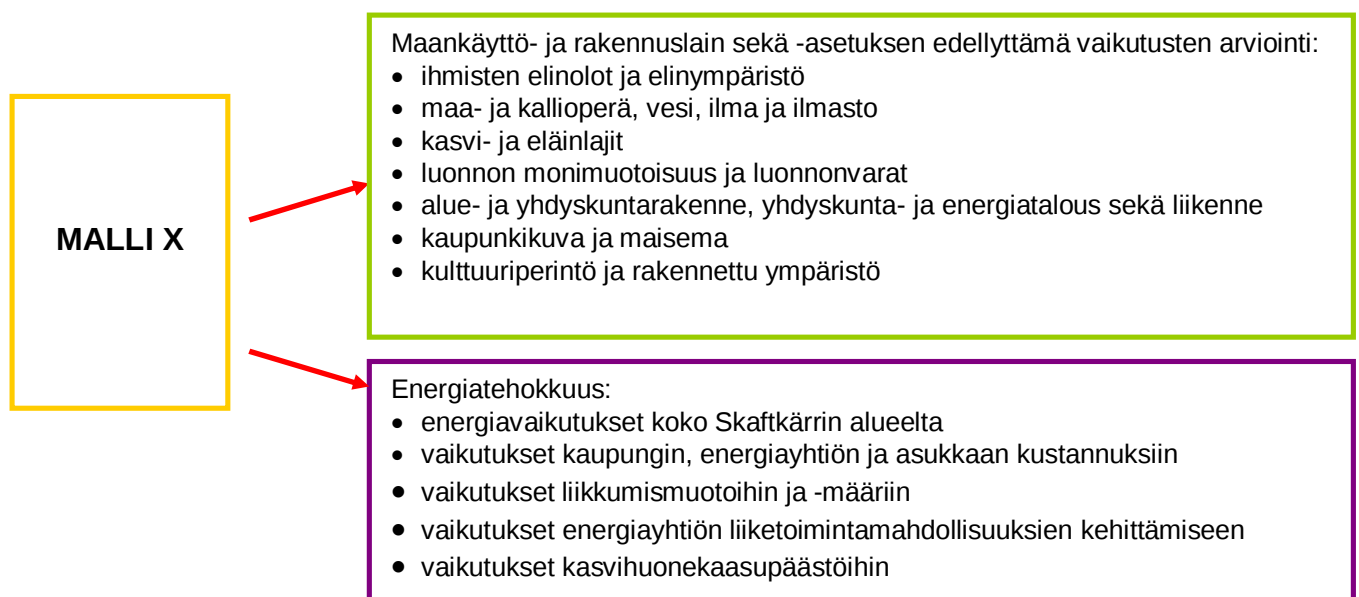
### 5.1 Vaikutusten arvioinnin periaatteet

Kunkin mallin osalta on tutkittu vaikutuksia maankäyttö- ja rakennuslain sekä – asetuksen edellyttämällä tavalla. Näiden lisäksi tutkittiin energiatehokkuuteen vaikuttavien tekijöiden vaikutukset. Näin on pystytty arvioimaan eri mallien vaikutuksia energian käyttöön 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, liikenne) mutta laajentavat tarkastelua energiatehokkuuden suuntaan.

Energiatehokkuus osana vaikutusten arviointia tuo esiin myös uuden ekologisen näkökulman maankäytön suunnitteluun. Tiivis kaupunkirakenne on energiatehokkuuden, hiilidioksidipäästöjen ja globaalin 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 kappaleessa on esitetty energiatehokkuuteen vaikuttavien tekijöiden vaikutusten arviointi.



Kuva 10 Vaikutusten arviointi mallitarkastelussa

## 5.2 Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen vaikutusten arviointi

Taulukko 1. Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen vaikutusten arviointi

|                                | Malli 1                                                                                                                                                                                                                                        | Malli 2                                                                                                                                                                                                                                             | Malli 3                                                                                                                             | Malli 4                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vaikutukset maisemaan          |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Avoimet maisematilat           | Suunnittelualueen avoimet maisematilat säilyvät ennallaan.                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                     | Suunnittelualueen avoimet maisematilat säilyvät, mutta rajautuvat suurelta osin rakennettuun ympäristöön.                           | Suunnittelualueen avoimet maisematilat säilyvät, mutta rajautuvat pohjoisosassa tiiviisti rakennettuun ympäristöön.                                                                                                                  |
| Maisemakokonaisuus             | Tarkkisten kylän luonne muuttuu rakennetummaksi. Suunnittelualueen itäosan maisemakokonaisuus säilyy ennallaan.                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     | Metsäisten selänteiden ja rinnealueiden luonne muuttuu rakennetummaksi.                                                             | Tarkkisten kylän ja pohjoisosan metsäisten selänteiden ja rinnealueiden luonne muuttuu rakennetummaksi. Suunnittelualueen kaakkoisosan maisemakokonaisuus säilyy ennallaan.                                                          |
| Vaikutukset luonnonympäristöön |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Luonnonarvot                   | Maankäyttömuutokset kohdistuvat pääosiltaan viljelykäytössä oleville peltoalueille ja sitä ympäröivälle nuorehkolle metsäalueelle. Maankäyttö muuttuu nykyistä rakennetummaksi mutta suunnittelualueella ei ole merkittäviä ekologisia arvoja. |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Vesistön tila                  | Pelto-ojan virtausolosuhteet saattavat voimistua hieman rakentamisen johdosta.                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                     | Pelto-ojan virtausolosuhteet voimistuvat rakentamisen johdosta. Alajuoksulla tulee soveltaa hulevesien hallinnan toimenpiteitä.     |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ekologiset yhteydet            | Alueen keskeiset ekologiset yhteydet säilyvät ennallaan.                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Vaikutukset ihmisiin           |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Elinympäristö ja asuminen      | Tarkkisten kylän luonne muuttuu rakennetummaksi. Kevätkummun rakennettu alue laajenee itään. Alueella asumisen edellytykset paranevat.                                                                                                         | Tarkkisten kylän luonne muuttuu rakennetummaksi. Uudet asuinalueet ovat luonteeltaan huomattavasti tiiviimpiä kuin muissa malleissa. Osa rakentamisesta sijoittuu Tarkkisten alueella pohjoisrinteille pienilmastoltaan epäsuotuisammalle alueelle. | Tarkkisten kylän ja Kevätkummun alueet laajenevat pientalovyöhykkeillä itään ja pohjoiseen päin.                                    | Tarkkisten kylän luonne muuttuu rakennetummaksi. Kevätkummun rakennettu alue laajenee itään omaksi kokonaisuudekseen. Osa rakentamisesta sijoittuu Tarkkisten alueella pohjoisrinteille pienilmastoltaan epäsuotuisammalle alueelle. |
| Virkistysyhteydet              | Alueen keskeiset virkistysyhteydet säilyvät ennallaan. Suunnittelualueen pienempien, paikallisten asukkaiden käytössä olevien polkujen käyttömahdollisuudet heikkenevät. Jatkosuunnittelussa on turvattava Humlan virkistysreitien jatkuvuus.  |                                                                                                                                                                                                                                                     | Hulevesien luonnonmukainen käsittely luo edellytykset monipuoliselle kaupunkikuvulle ja uusille virkistysmahdollisuuksille alueella |                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                     |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Palvelujen saavutettavuus                           | Lähipalvelut sijaitsevat asumisen välittömässä läheisyydessä. Tarkkisten asukkaiden palveluiden saavutettavuus paranee. Kevätkummun palvelutarjonnan kysyntä kasvaa. | Lähipalvelut sijaitsevat asumisen välittömässä läheisyydessä. Tarkkisten asukkaiden palveluiden saavutettavuus paranee. | Hajanaisen yhdyskuntarakenteen johdosta palveluiden saavutettavuus on huonompi kuin muissa malleissa.                                                                                                                      | Lähipalvelut sijaitsevat asumisen välittömässä läheisyydessä. Tarkkisten asukkaiden palveluiden saavutettavuus paranee. Tiivis rakenne mahdollistaa lähipalveluiden toteuttamisen paremmin kuin mallissa 3. |
| <b>Liikennevaikutukset</b>                          |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
| Kevyen liikenteen reitit                            | Kevyen liikenteen reittien taso paranee ja yhteydet keskustaan nopeutuvat.                                                                                           | Kevyen liikenteen reittien taso Tarkkisista keskustaan paranee ja yhteydet keskustaan nopeutuvat.                       | Uuden rakentamisen ja liikennetarkkistusten myötä myös kevyen liikenteen verkosto laajenee. Etäisyyksistä johtuen edellytykset kevyen liikenteen verkoston toimivuudelle ovat kuitenkin heikommalla kuin muissa malleissa. | Kevyen liikenteen reittien taso paranee ja yhteydet keskustaan nopeutuvat.                                                                                                                                  |
| Liikenneverkon toimivuus                            | Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen parantaa joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä.                                                                                    |                                                                                                                         | Hajanainen yhdyskuntarakenne edellyttää laajaa liikenneverkkoa. Julkisen liikenteen toimintaedellytykset ovat kuitenkin heikommalla kuin muissa malleissa.                                                                 | Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen parantaa joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä.                                                                                                                           |
| <b>Taloudelliset vaikutukset</b>                    |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
| Yhdyskuntarakenteen taloudellisuus                  | Tiivis yhdyskuntarakenne on kunnallistekniikan osalta taloudellinen toteuttaa ja ylläpitää.                                                                          |                                                                                                                         | Hajanaisen kaupunkirakenteen vaatii muita malleja suuremmat investoinnit kunnallistekniikan ratkaisuihin.                                                                                                                  | Tiivis yhdyskuntarakenne on kunnallistekniikan osalta taloudellinen toteuttaa ja ylläpitää.<br><br>Useaan eri vyöhykkeeseen hajautettu rakentaminen kuitenkin nostaa kustannuksia.                          |
| Elinkeinoelämä                                      | Tarmolan työpaikka-alueen kehittäminen tukee paikallisen elinkeinoelämän kehittymistä.                                                                               | Ei merkittäviä muutoksia.                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                            | Etätyöpaikkojen mahdollistaminen tukee myös paikallisen elinkeinoelämän kehittymistä.                                                                                                                       |
| Maatalous                                           | Viljelykäytössä olevat pellot voidaan pitää jatkossakin viljelyn piirissä.                                                                                           | Viljelykäytössä olevat pellot voidaan pääosin pitää jatkossakin viljelyn piirissä.                                      | Viljelykäytössä olevat pellot voidaan pääosin pitää jatkossakin viljelyn piirissä, mutta alueille kohdistuu myös virkistyskäyttöpaineita.                                                                                  |                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Vaikutukset alue- ja yhdyskuntarakentamiseen</b> |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
| Aluerakenne                                         | Keskustan läheisen asumisen tarjonta kasvaa ja Porvoon asuntotarjonta monipuolistuu, mikä vahvistaa kaupungin asemaa metropolialueella.                              |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
| Liittyminen olemassa olevaan rakenteeseen           | Uudet alueet kytkeytyvät tiiviisti olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen.                                                                                          |                                                                                                                         | Uudet alueet kytkeytyvät löyhästi olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen.                                                                                                                                                 | Uudet alueet kytkeytyvät olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen.                                                                                                                                           |
| Olemassa olevat suunnitelmat                        | Maakuntakaavassa ja Porvoon keskeisten alueiden osayleiskaavassa alueelle osoitettu asuinrakentaminen toteutuu.                                                      |                                                                                                                         | Maakuntakaavassa ja Porvoon keskeisten alueiden osayleiskaavassa alueelle osoitettu asuinrakentaminen toteutuu.                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |

## Loppuraportti

## Kaavarungon selostus

| Energiatuotannon vaikutukset |                                                                                                                          |                                                                                                                          |                                                                                                                                 |                                                                                                                          |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lämmön tuotanto              | Tiivis yhdyskuntarakenne mahdollistaa liittämisen nykyiseen kaukolämpöverkkoon kannattavasti myös matalaenergiataloilla. | Tiivis yhdyskuntarakenne mahdollistaa liittämisen nykyiseen kaukolämpöverkkoon kannattavasti myös matalaenergiataloilla. | Väljä yhdyskuntarakenne alentaa kaukolämmön kannattavuutta. Matalaenergiarakentaminen tekee kaukolämmöstä heikosti kannattavaa. | Tiivis yhdyskuntarakenne mahdollistaa liittämisen nykyiseen kaukolämpöverkkoon kannattavasti myös matalaenergiataloilla. |
| Sähkön tuotanto              | Hajautetut ja keskitetyt sähköntuotantovaihtoehdot ovat mahdollisia                                                      |                                                                                                                          |                                                                                                                                 |                                                                                                                          |

### 5.3 Ratkaisumallien liikenteellinen vertailu

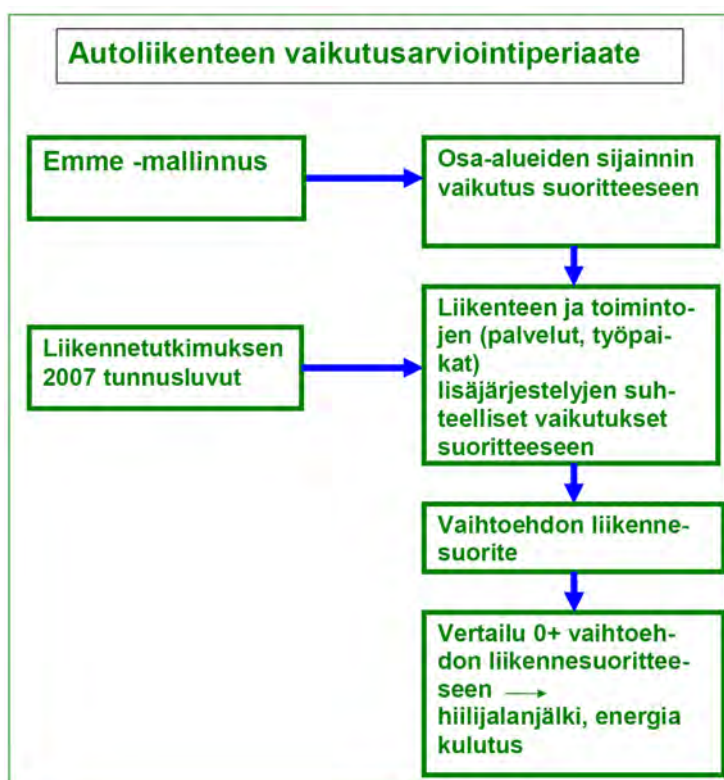
#### 5.3.1 Vertailuperiaate

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

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.

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

**Taulukko 2 Mallien vertailuperiaatteet**



### 5.3.2 Autoliikenteen liikennesuoritteet

Taulukossa on esitetty autoliikenteen liikennesuoritteet sekä niiden vähenemiseen vaikuttavat tekijät eri malleissa (liikenteellisten vaikutusten arvioinnissa ratkaisumalli 3 vastaa edellä kuvattua vaihtoehtoa 0+). Merkittävimmät tekijät, jotka vaikuttavat tarkasteltaviin ratkaisumallien autoliikennesuoritteeseen ovat:

- 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 perustuvassa vaihtoehdossa. Merkittävimpiin henkilöautoliikenteen vähennyksiin päästään sijoittamalla periaatemalleihin palveluja (lähikauppa, palvelukeskus) ja työpaikkoja tai etätyöpisteitä. Myös joukko- ja kevyen liikenteen yhteyksien parantamisella ja nopeuttamisella on vaikutusta autoliikenteen käyttötottumuksiin ja liikennesuoritteeseen, mutta perinteisillä ja yleisesti käytössä olevilla ratkaisulla vaikutus henkilöautoilun vähentämiseen on pienehkö.

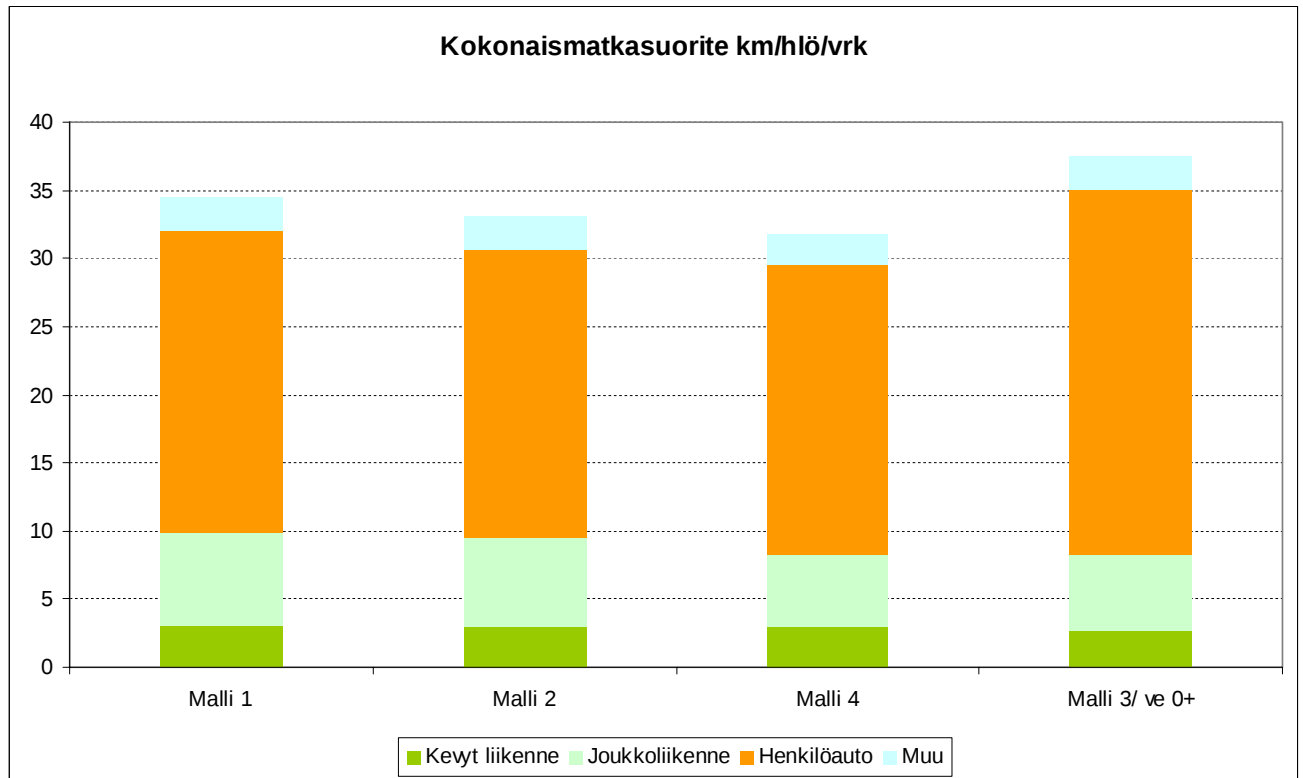
**Taulukko 3. Autoliikenteen mallikohtaiset suoritteet (km/vrk)**

| SKAFTKÄRR                                    | 0+ / 3 *                                         | 1       | 2       | 4       |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Alueiden sijainnin vaikutus, ha -suorite/vrk | 119054                                           | 114277  | 115839  | 115410  |
| 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 %  |         | -6,3 %  |
| Palvelukeskus, kauppa                        |                                                  |         | -9,4 %  |         |
| Työpisteet                                   |                                                  |         |         | -9,0 %  |
| Yhteensä                                     |                                                  | -16,2 % | -19,5 % | -20,1 % |
| Muutoskerroin                                |                                                  | 0,838   | 0,805   | 0,799   |
| Ha -suorite/vrk                              | 119054                                           | 95786   | 93285   | 92269   |
| %-osuus                                      | 100 %                                            | 80,5 %  | 78,4 %  | 77,5 %  |
| kalibroitu asukasmäärään 6 115 as./malli     | * mallin 3 liikennesuorite sama kuin mallissa 0+ |         |         |         |

### 5.3.3 Mallien liikennesuoritteet, suhteelliset osuudet kulkumuodoittain

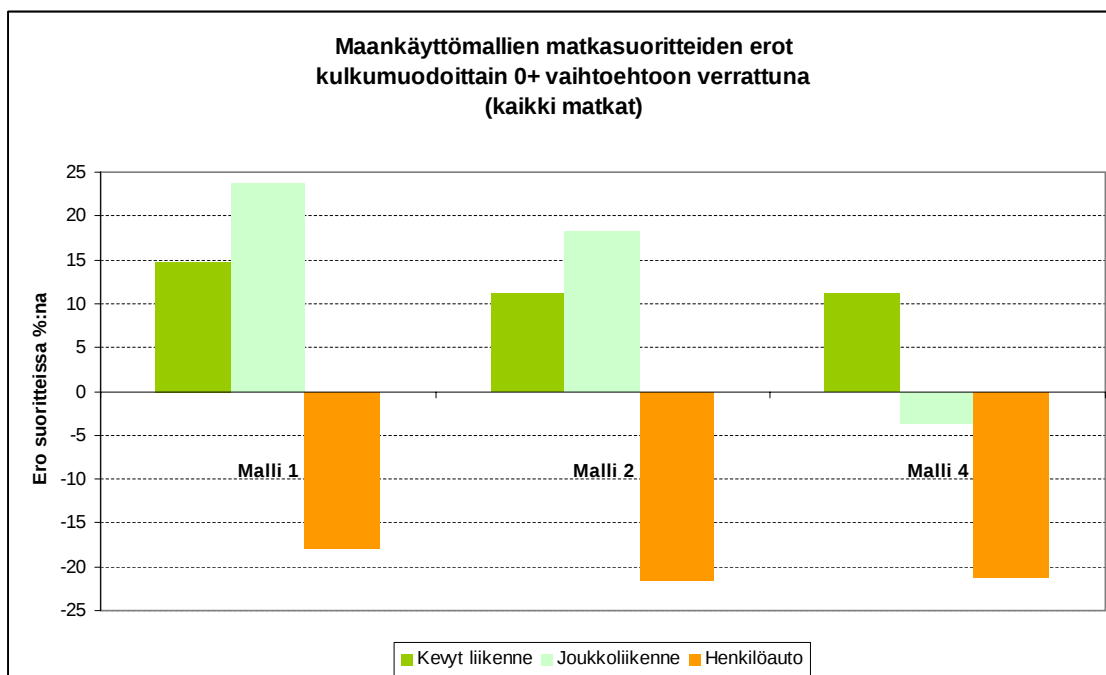
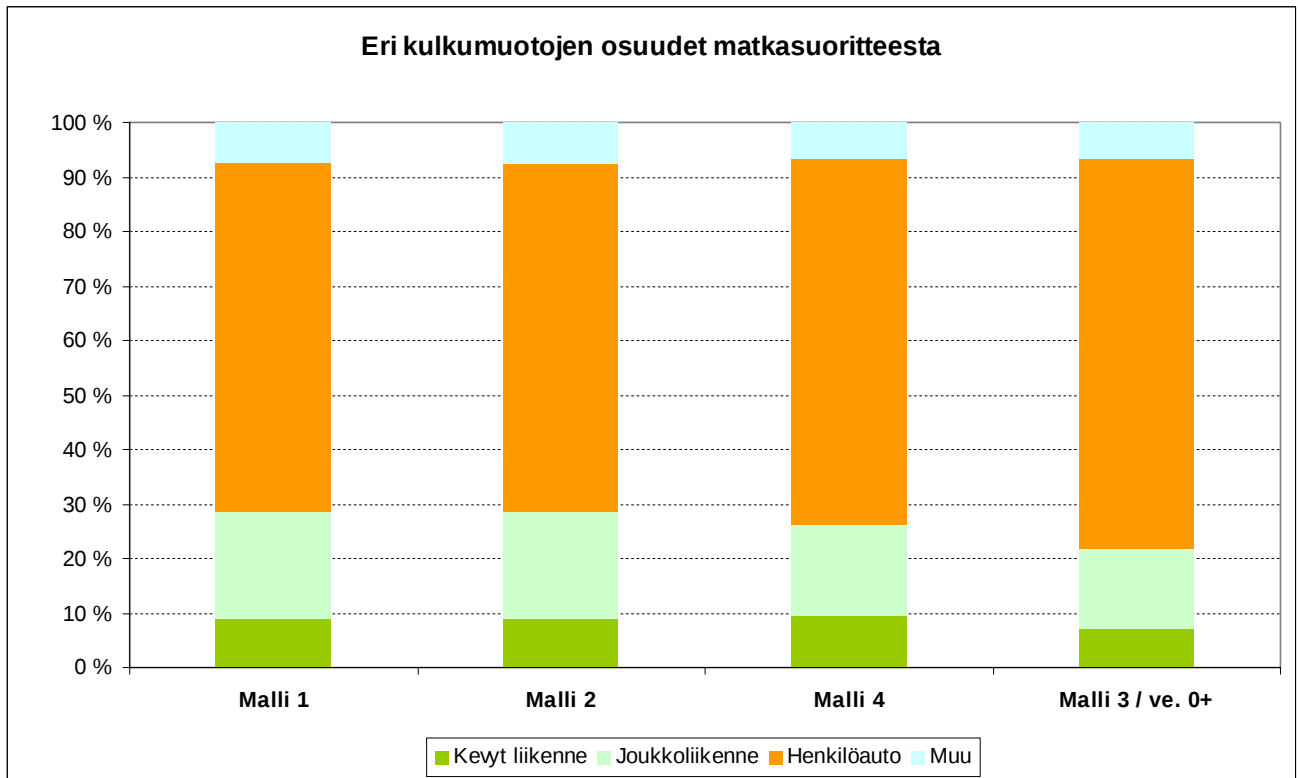
Seuraavissa kuvissa on esitetty periaatemalleihin sisältyvien toimintojen (mm. lähikaupat, työpajat, palvelukeskukset) ja liikennejärjestelyjen parantamistoimenpiteiden vaikutukset mallien liikennesuoritteeseen. Nämä ovat sellaisia toimenpiteitä, jotka voivat olla mukana kaikissa vaihtoehdoissa. Palvelujen sijoittumiseen vaikuttavat kaupalliset näkökohdat eikä niiden toteutumista voida varmistaa kaavoituksen keinoin.

Taulukko 4. Autoliikenteen mallikohtaiset suoritteen (km/vrk)



Liikennemallinnusten tulosten perusteella mallin 4 kokonaismatkasuorite on vaihtoehtoista pienin, tosin erot mallien 1, 2 ja 4 välillä ovat suhteellisen pieniä. Kaikilla laadituilla maankäyttömalleilla päästään kuitenkin n. 8 – 16 %:n kokonaismatkasuoritevähennyksiin verrattuna vaihtoehdon 0+ mukaiseen maankäyttöön.

Tarkasteltaessa eri kulkumuotojen osuutta matkasuoritteesta voidaan todeta, että kaikki laaditut ratkaisumallit lisäävät kevyen ja joukkoliikenteen osuuksia. Energiatehokkaan liikkumisen kehittämisen näkökulmasta mallit 1 ja 2 ovat edullisimmat. Vaikka kevyen liikenteen matkat lisääntyvät malleissa, ei niiden kokonaispituus henkilöä kohden kasva merkittävästi. Esim. lähipalvelut ja työpaikat alueella vähentävät myös pitkiä automatkoja, lisäävät lyhyitä kevyen liikenteen matkoja ja vähentävät näin kulkumuotojen kokonaissuoritetta.



**Kuva 11. Matkasuoritteet.** Liitetaulukoissa on esitetty liikennesuoritteet kulkumuodoittain ja periaatemalleittain 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. Mallit antavat karkeahkon kuvan liikenteellisistä vaikutuksista, ja lopputulokseen voidaan vaikuttaa toteutuksen yksityiskohdilla.

### 5.3.4 Joukkoliikenne, liikennesuorite

Uusilla alueilla ei ole perusjoukkoliikennettä, so. paikallisliikennettä. Jotta päästään porvoolaisten keskimääräiseen joukkoliikenteen käyttöön, on liikennesuoritelaskelmiin otettu mukaan perustasoinen paikallisliikennetarjonta (toteutettavissa esim. 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/henkilö. Tämä arvo ei vaikuta absoluuttiseen vertailuarvoon, mutta mahdollistaa eri kulkumuotojen energiakulutuksen vertailun.

**Taulukko 5. Joukkoliikenteen mallikohtaiset liikennesuoritteet**

| Joukkoliikenteen liikennesuoritteet |                        |           |                  | Muu joukkoliikenne            |          |
|-------------------------------------|------------------------|-----------|------------------|-------------------------------|----------|
| Asukas-<br>määrä<br>6 115 as        | Paikallis-<br>liikenne | pikalinja | Yht.<br>km/vuosi | 562 200 km/vuosi              |          |
|                                     | Ajomatka<br>lisäykset  | km/vuosi  |                  | Koko<br>joukkoliik.<br>(km/v) | Lisäys % |
| Mallit                              |                        |           |                  |                               |          |
| 0+ /3                               | 77 258                 |           | 77258            | 639458                        | 0        |
| 1                                   | 45 817                 | 65 520    | 111337           | 673537                        | 5 %      |
| 2                                   | 27 116                 | 65 520    | 92636            | 654836                        | 2 %      |
| 4                                   | 45 817                 | 65 520    | 111337           | 673537                        | 5 %      |

Paikallisliikenteen linjan vaatimat matkasuoritteiden pidennykset ovat pisimmät kaavarunkoluonnoksessa 2007. 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 %, jolloin malleissa 1, 2 ja 4 liikennesuorite kasvaa kaavarunkoluonnokseen nähden. (Myös uuden tieyhteyden rakentaminen vain yhtä uutta linjaa varten ei taloudellisesti ole kannattavaa. Yleisesti on pidetty, että esim. joukkoliikenteen kaistaa voidaan harkita, jos vuoromäärä on yli 20 linja-autoa/h).

## 5.4 Ratkaisumallien energiantuotantovaihtoehtojen päästövertailu

### 5.4.1 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 lämmön tarve 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 rakennusnormin 2010 mukaisia, matalaenergiataloja tai passiivienergiataloja. Taulukossa esitetään eri lämmöntuotantomuotojen CO<sub>2</sub>-päästöt t/a sekä kyseisten päästöjen ero 0+ malliin verrattuna. Lisäksi taulukossa on esitetty kuinka suuri on uusiutuvien energialähteiden osuus kussakin lämmöntuotantoratkaisussa.

Taulukko 6 Energiatuotantovaihtoehtojen vaikutus alueen CO<sub>2</sub>-päästöihin

| Lämmöntuotantovaihtoehtojen CO <sub>2</sub> -päästöt [t/a], päästöjen ero 0+ malliin [%] ja uusiutuvien osuus [%] kulutetusta lämmöstä eri rakennustyypeillä |                               |                 |               |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
|                                                                                                                                                              |                               | Normitalo 2010  | Matalaenergia | Passiivi      |
| Lämmön kulutus alueella                                                                                                                                      | MWh/a                         | 30 000          | 20 000        | 15 000        |
| <b>0+ malli</b>                                                                                                                                              | <b>CO<sub>2</sub>-päästöt</b> | <b>4100 t/a</b> | -             | -             |
|                                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> ero 0+:aan    | 0 %             | -             | -             |
|                                                                                                                                                              | uusiutuvien osuus             | 53 %            | -             | -             |
| Kaukolämpö                                                                                                                                                   | CO <sub>2</sub> -päästöt      | 730 t/a         | 500 t/a       | 360 t/a       |
|                                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> ero 0+:aan    | -82 %           | -88 %         | -91 %         |
|                                                                                                                                                              | uusiutuvien osuus             | 90 %            | 90 %          | 90 %          |
| Sähkölämmitys                                                                                                                                                | CO <sub>2</sub> -päästöt      | 6050 t/a        | 4100 t/a      | 3000 t/a      |
|                                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> ero 0+:aan    | 46 %            | 0 %           | -27 %         |
|                                                                                                                                                              | uusiutuvien osuus             | 30 %            | 30 %          | 30 %          |
| Maalämpö                                                                                                                                                     | CO <sub>2</sub> -päästöt      | 2000 t/a        | 1400 t/a      | 1000 t/a      |
|                                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> ero 0+:aan    | -51 %           | -67 %         | -76 %         |
|                                                                                                                                                              | uusiutuvien osuus             | 80 %            | 80 %          | 80 %          |
| Biopolttoaineet                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> -päästöt      | 0 t/a           | 0 t/a         | 0 t/a         |
|                                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> ero 0+:aan    | -100 %          | -100 %        | -100 %        |
|                                                                                                                                                              | uusiutuvien osuus             | 100 %           | 100 %         | 100 %         |
| Aurinkokaukolämpö*                                                                                                                                           | CO <sub>2</sub> -päästöt      | 0...-6800 t/a   | 0...-4600 t/a | 0...-3400 t/a |
|                                                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> ero 0+:aan    | -100...-250 %   | -100...-200 % | -100...-170 % |
|                                                                                                                                                              | uusiutuvien osuus             | 100 %           | 100 %         | 100 %         |

\* Aurinkokaukolämmöllä saatava päästövähennys riippuu siitä, että minkä polttoaineen käyttöä aurinkokaukolämmön avulla voidaan vähentää. Suurin päästövähennys tulee, kun aurinkokaukolämpö korvaa kokonaan maakaasun käyttöä. Vähintäänkin aurinkokaukolämpö on 100 % uusiutuvaa lämmöntuotantotapa.

Sähköä käyttävissä lämmitysmuodoissa on käytetty hiilidioksidipäästöjä ja uusiutuvan energian osuutta laskettaessa Suomelle arvioitua keskimääräistä sähköntuotantorakennetta vuonna 2015. Mikäli lämmitykseen kuluva sähkö kuitenkin tuotettaisiin uusiutuvalla energialla paikallisesti, voidaan päästöissä päästä nollaan ja uusiutuvan osuus kasvattaa 100 %:iin.

#### 5.4.2 Sähköntuotantovaihtoehdot

Seuraavassa on tarkasteltu erilaisia sähkön hankinta- ja tuotantovaihtoehtoja alueella. Kokonaissähkönkulutuksena 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 CO<sub>2</sub>-päästöt sekä kyseisten päästöjen ero 0+malliin sekä uusiutuvien energialähteiden osuus kullakin sähköntuotantotavalla.

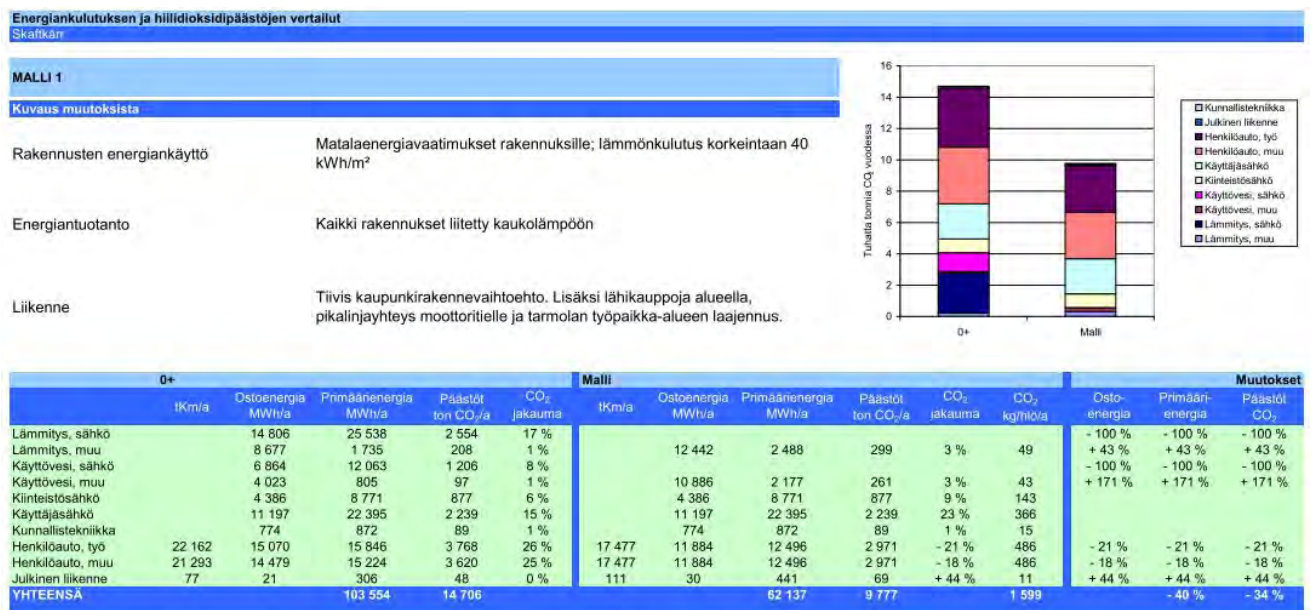
Taulukko 7 Sähköntuotantovaihtoehtojen vertailu

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

## 5.5 Energia- ja päästövaikutusten arviointi

Energiataloudellisten vaikutusten arviointi on esitetty seuraavissa taulukoissa mallikohtaisesti. Muutokset vaihtoehtoon 0+ -vaihtoehtoon 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.

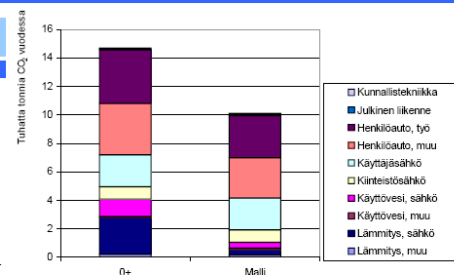
Taulukko 8 Mallin M1 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut



## Taulukko 9 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/m <sup>2</sup>                                                                                              |
| Energiantuotanto           | Lämmitystapajakauma noin 50 % kaukolämpöaluetta ja 50 % maalämpöaluetta                                                                                                              |
| Liikenne                   | Tiiviimpi rakennevaihtoehto, jonka lisäksi järjestetty laadukas joukkoliikenne. Lisäksi lähikauppoja alueella, pikalinjayhteys moottoritille ja tarmolan työpaikka-alueen laajennus. |



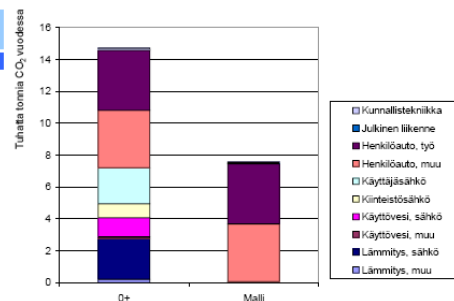
| 0+                 |        |                      |                          |                                   | Malli                      |        |                      |                          |                                   |                            | Muutokset                   |                  |                      |                            |
|--------------------|--------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|
|                    | tKm/a  | Ostoenergia<br>MWh/a | Primäärienergia<br>MWh/a | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub><br>jakauma | tKm/a  | Ostoenergia<br>MWh/a | Primäärienergia<br>MWh/a | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub><br>jakauma | CO <sub>2</sub><br>kg/hlö/a | Osto-<br>energia | Primääri-<br>energia | Päästöt<br>CO <sub>2</sub> |
| Lämmitys, sähkö    |        | 14 806               | 25 538                   | 2 554                             | 17 %                       |        | 6 221                | 3 555                    | 355                               | 401 %                      | 58                          | - 58 %           | - 86 %               | - 86 %                     |
| Lämmitys, muu      |        | 8 677                | 1 735                    | 208                               | 1 %                        |        | 6 221                | 1 244                    | 149                               | 1 %                        | 24                          | - 28 %           | - 28 %               | - 28 %                     |
| Käyttövesi, sähkö  |        | 6 864                | 12 063                   | 1 206                             | 8 %                        |        | 5 443                | 4 032                    | 403                               | 455 %                      | 66                          | - 21 %           | - 67 %               | - 67 %                     |
| Käyttövesi, muu    |        | 4 023                | 805                      | 97                                | 1 %                        |        | 5 443                | 1 089                    | 131                               | 1 %                        | 21                          | + 35 %           | + 35 %               | + 35 %                     |
| Kiinteistosähkö    |        | 4 386                | 8 771                    | 877                               | 6 %                        |        | 4 386                | 8 771                    | 877                               | 9 %                        | 143                         |                  |                      |                            |
| Käyttäjäsähkö      |        | 11 197               | 22 395                   | 2 239                             | 15 %                       |        | 11 197               | 22 395                   | 2 239                             | 22 %                       | 366                         |                  |                      |                            |
| Kunnallistekniikka |        | 774                  | 872                      | 89                                | 1 %                        |        | 774                  | 872                      | 89                                | 1 %                        | 15                          |                  |                      |                            |
| Henkilöauto, työ   | 22 162 | 15 070               | 15 846                   | 3 768                             | 26 %                       | 17 427 | 11 850               | 12 460                   | 2 963                             | 29 %                       | 484                         | - 21 %           | - 21 %               | - 21 %                     |
| Henkilöauto, muu   | 21 293 | 14 479               | 15 224                   | 3 620                             | 25 %                       | 16 610 | 11 295               | 11 876                   | 2 824                             | 28 %                       | 462                         | - 22 %           | - 22 %               | - 22 %                     |
| Julkinen liikenne  | 77     | 21                   | 306                      | 48                                | 0 %                        | 111    | 30                   | 441                      | 69                                | 1 %                        | 11                          | + 44 %           | + 44 %               | + 44 %                     |
| YHTEENSÄ           |        |                      | 103 554                  | 14 706                            |                            |        |                      | 66 734                   | 10 099                            |                            | 1 652                       |                  | - 36 %               | - 31 %                     |

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

## Taulukko 10 Mallin M3 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut

Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut  
Skaftkärr

| MALLI 3                    |                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kuvaus muutoksista         |                                                                                                                                                                                                          |
| Rakennusten energiankäyttö | Passiivienergiavaatimukset rakennuksille, lämmönkulutus korkeintaan 20 kWh/brm <sup>2</sup>                                                                                                              |
| Energiantuotanto           | Lämmöntuotanto omavarainen ja tuotettu uusiutuvilla lähteillä. Sähköntuotanto vuositasolla omavarainen, vaatimus 20 m <sup>2</sup> /aurinkopaneeleita/hlö, paneelin tuotto 120 kWh/m <sup>2</sup> /vuosi |
| Liikenne                   | 0+ mallin mukainen väijä kaupunkirakenne                                                                                                                                                                 |



| 0+                 |        |                   |                       |                                | Malli                   |        |                   |                       |                                |                         |                          | Muutokset    |                  |                         |
|--------------------|--------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|------------------|-------------------------|
|                    | tKm/a  | Ostoenergia MWh/a | Primäärienergia MWh/a | Päästöt ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub> jakauma | tKm/a  | Ostoenergia MWh/a | Primäärienergia MWh/a | Päästöt ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub> jakauma | CO <sub>2</sub> kg/hlö/a | Osto-energia | Primääri-energia | Päästöt CO <sub>2</sub> |
| Lämmitys, sähkö    |        | 14 806            | 25 538                | 2 554                          | 17 %                    |        |                   |                       |                                |                         |                          | - 100 %      | - 100 %          | - 100 %                 |
| Lämmitys, muu      |        | 8 677             | 1 735                 | 208                            | 1 %                     |        | 6 221             | 622                   |                                |                         |                          | - 28 %       | - 64 %           | - 100 %                 |
| Käyttövesi, sähkö  |        | 6 864             | 12 063                | 1 206                          | 8 %                     |        |                   |                       |                                |                         |                          | - 100 %      | - 100 %          | - 100 %                 |
| Käyttövesi, muu    |        | 4 023             | 805                   | 97                             | 1 %                     |        | 10 886            | 1 089                 |                                |                         |                          | + 171 %      | + 35 %           | - 100 %                 |
| Kiinteistösähkö    |        | 4 386             | 8 771                 | 877                            | 6 %                     |        | 75                | 149                   | 15                             | 0 %                     | 2                        | - 98 %       | - 98 %           | - 98 %                  |
| Käyttäjäsähkö      |        | 11 197            | 22 395                | 2 239                          | 15 %                    |        | 190               | 381                   | 38                             | 1 %                     | 6                        | - 98 %       | - 98 %           | - 98 %                  |
| Kunnallistekniikka |        | 774               | 872                   | 89                             | 1 %                     |        | 774               | 872                   | 89                             | 1 %                     | 15                       |              |                  |                         |
| Henkilöauto, työ   | 22 162 | 15 070            | 15 846                | 3 768                          | 26 %                    | 22 162 | 15 070            | 15 846                | 3 768                          | 50 %                    | 616                      |              |                  |                         |
| Henkilöauto, muu   | 21 293 | 14 479            | 15 224                | 3 620                          | 25 %                    | 21 293 | 14 479            | 15 224                | 3 620                          | 48 %                    | 592                      |              |                  |                         |
| Julkinen liikenne  | 77     | 21                | 306                   | 48                             | 0 %                     | 77     | 21                | 306                   | 48                             | 1 %                     | 8                        |              |                  |                         |
| YHTEENSÄ           |        |                   | 103 554               | 14 706                         |                         |        |                   | 34 488                | 7 577                          |                         | 1 239                    |              | - 67 %           | - 48 %                  |

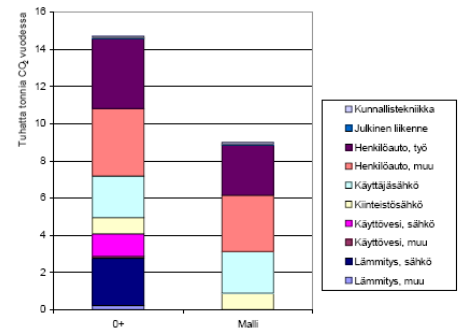
**Taulukko 11 Mallin M4 ja vaihtoehdon 0+ energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut sekä taulukko, jossa aurinkokaukolämmöstä saatu hyöty kaukolämmön ominaishiilidioksidipäästöjen muutoksessa on huomioitu kokonaisuudessaan Skaftkärrin alueella.**

**Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut**  
**Skaftkärr**

**MALLI 4**

**Kuvaus muutoksista**

|                            |                                                                                                                             |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rakennusten energiankäyttö | Passiivienergiavaatimukset rakennuksille, lämmönkulutus korkeintaan 20 kWh/bm <sup>2</sup>                                  |
| Energiantuotanto           | Skaftkärrin alueella tuotetaan aurinkokaukolämpöä.                                                                          |
| Liikenne                   | Työssäkäyntimahdollisuus omalla alueella (arvio kaikki 1 pv/viikossa), yhteisöllisyyden lisääminen, tiivis kaupunkirakenne. |



| 0+                 | Ostoenergia<br>MWh/a | Primäärienergia<br>MWh/a | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub><br>jakauma | Malli | Ostoenergia<br>MWh/a | Primäärienergia<br>MWh/a | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub><br>jakauma | CO <sub>2</sub><br>kg/hlö/a | Osto-<br>energia | Primääri-<br>energia | Päästöt<br>CO <sub>2</sub> |
|--------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|
| Lämmitys, sähkö    | 14 806               | 25 538                   | 2 554                             | 17 %                       |       |                      |                          |                                   |                            |                             | - 100 %          | - 100 %              | - 100 %                    |
| Lämmitys, muu      | 8 677                | 1 735                    | 208                               | 1 %                        |       | 6 221                | 622                      |                                   |                            |                             | - 28 %           | - 64 %               | - 100 %                    |
| Käyttövesi, sähkö  | 6 864                | 12 063                   | 1 206                             | 8 %                        |       |                      |                          |                                   |                            |                             | - 100 %          | - 100 %              | - 100 %                    |
| Käyttövesi, muu    | 4 023                | 805                      | 97                                | 1 %                        |       | 10 886               | 1 089                    | 877                               | 10 %                       | 143                         | + 171 %          | + 35 %               | - 100 %                    |
| Kiinteistösähkö    | 4 386                | 8 771                    | 877                               | 6 %                        |       | 4 386                | 8 771                    |                                   |                            |                             |                  |                      |                            |
| Käyttäjäsähkö      | 11 197               | 22 395                   | 2 239                             | 15 %                       |       | 11 197               | 22 395                   | 2 239                             | 25 %                       | 366                         |                  |                      |                            |
| Kunnallistekniikka | 774                  | 872                      | 89                                | 1 %                        |       | 774                  | 872                      | 89                                | 1 %                        | 15                          |                  |                      |                            |
| Henkilöauto, työ   | 22 162               | 15 070                   | 15 846                            | 26 %                       |       | 15 819               | 10 757                   | 2 689                             | 30 %                       | 440                         | - 29 %           | - 29 %               | - 29 %                     |
| Henkilöauto, muu   | 21 293               | 14 479                   | 15 224                            | 25 %                       |       | 17 839               | 12 130                   | 3 033                             | 34 %                       | 496                         | - 16 %           | - 16 %               | - 16 %                     |
| Julkinen liikenne  | 77                   | 21                       | 306                               | 0 %                        |       | 111                  | 30                       | 69                                | 1 %                        | 11                          | + 44 %           | + 44 %               | + 44 %                     |
| <b>YHTEENSÄ</b>    |                      | <b>103 554</b>           | <b>14 706</b>                     |                            |       |                      | <b>56 666</b>            | <b>8 996</b>                      |                            | <b>1 471</b>                |                  | <b>- 45 %</b>        | <b>- 39 %</b>              |

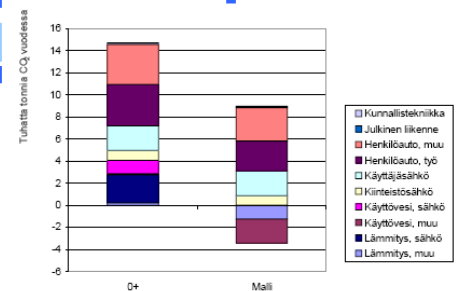
Mikäli sähköntuotanto kokonaisuudessaan olisi mahdollista toteuttaa uusiutuvilla energiamuodoilla, olisi päästömuutos -60 %

**Energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut**  
**Skaftkärr**

**MALLI 4A**

**Kuvaus muutoksista**

|                            |                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rakennusten energiankäyttö | Passiivienergiavaatimukset rakennuksille, lämmönkulutus korkeintaan 20 kWh/bm <sup>2</sup>                                                                                                     |
| Energiantuotanto           | Skaftkärrin alueella tuotetaan aurinkokaukolämpöä.<br>Aurinkokaukolämmöstä saatu hyöty kaukolämmön ominaishiilidioksidipäästöjen muutoksessa huomioitu kokonaisuudessaan Skaftkärrin alueella. |
| Liikenne                   | Työssäkäyntimahdollisuus omalla alueella (arvio kaikki 1 pv/viikossa), yhteisöllisyyden lisääminen, tiivis kaupunkirakenne.                                                                    |



| 0+                 | Ostoenergia<br>MWh/a | Primäärienergia<br>MWh/a | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub><br>jakauma | Malli | Ostoenergia<br>MWh/a | Primäärienergia<br>MWh/a | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | CO <sub>2</sub><br>jakauma | CO <sub>2</sub><br>kg/hlö/a | Osto-<br>energia | Primääri-<br>energia | Päästöt<br>CO <sub>2</sub> |
|--------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|
| Lämmitys, sähkö    | 14 806               | 25 538                   | 2 554                             | 17 %                       |       |                      |                          |                                   |                            |                             | - 100 %          | - 100 %              | - 100 %                    |
| Lämmitys, muu      | 8 677                | 1 735                    | 208                               | 1 %                        |       | 6 221                | 622                      | - 1 250                           | -22 %                      | -204                        | - 28 %           | - 64 %               | - 700 %                    |
| Käyttövesi, sähkö  | 6 864                | 12 063                   | 1 206                             | 8 %                        |       |                      |                          |                                   |                            |                             | - 100 %          | - 100 %              | - 100 %                    |
| Käyttövesi, muu    | 4 023                | 805                      | 97                                | 1 %                        |       | 10 886               | 1 089                    | - 2 188                           | -39 %                      | -358                        | + 171 %          | + 35 %               | - 2367 %                   |
| Kiinteistösähkö    | 4 386                | 8 771                    | 877                               | 6 %                        |       | 4 386                | 8 771                    | 877                               | 16 %                       | 143                         |                  |                      |                            |
| Käyttäjäsähkö      | 11 197               | 22 395                   | 2 239                             | 15 %                       |       | 11 197               | 22 395                   | 2 239                             | 40 %                       | 366                         |                  |                      |                            |
| Henkilöauto, työ   | 22 162               | 15 070                   | 15 846                            | 26 %                       |       | 11 311               | 2 689                    | 2 689                             | 48 %                       | 440                         | - 100 %          | - 29 %               | - 29 %                     |
| Henkilöauto, muu   | 21 293               | 14 479                   | 15 224                            | 25 %                       |       | 12 755               | 3 033                    | 55 %                              |                            | 496                         | - 16 %           | - 16 %               | - 16 %                     |
| Julkinen liikenne  | 77                   | 21                       | 306                               | 0 %                        |       | 441                  | 69                       | 1 %                               |                            | 11                          | + 263 %          | + 44 %               | + 44 %                     |
| Kunnallistekniikka | 774                  | 872                      | 89                                | 1 %                        |       | 872                  | 89                       | 2 %                               |                            | 15                          | - 100 %          |                      |                            |
| <b>YHTEENSÄ</b>    |                      | <b>103 554</b>           | <b>14 706</b>                     |                            |       |                      | <b>58 255</b>            | <b>5 558</b>                      |                            | <b>909</b>                  |                  | <b>- 44 %</b>        | <b>- 62 %</b>              |

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

Mallissa M4 Porvoon energian kaukolämmön tuotannossa korvataan kesäaikainen maakaasun käyttö aurinkoenergialla tuotetulla lämmöllä. Talviaikaan Porvoon energia tuottaa kaukolämmön kokonaisuudessaan bioenergialla. Aurinkokaukolämpö on päästötöntä, ja mallissa M4 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 vuositasona pienenevät.

Skaftkärrin alueen erilaisia kaavavaihtoehtoja arvioitiin kokonaishiilidioksidipäästöjä vertailemalla. Tarkasteltujen mallien kokonaishiilidioksidipäästöt ovat noin 35 – 48 % pienemmät kuin

vertailukohteena olleessa vaihtoehdossa 0+. Merkittävin 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 ovat uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettuja. Kiinteistö- ja käyttäjäsjähkön osuus kulutus ja niistä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt eivät muutu malleissa M1, M2 ja M4.

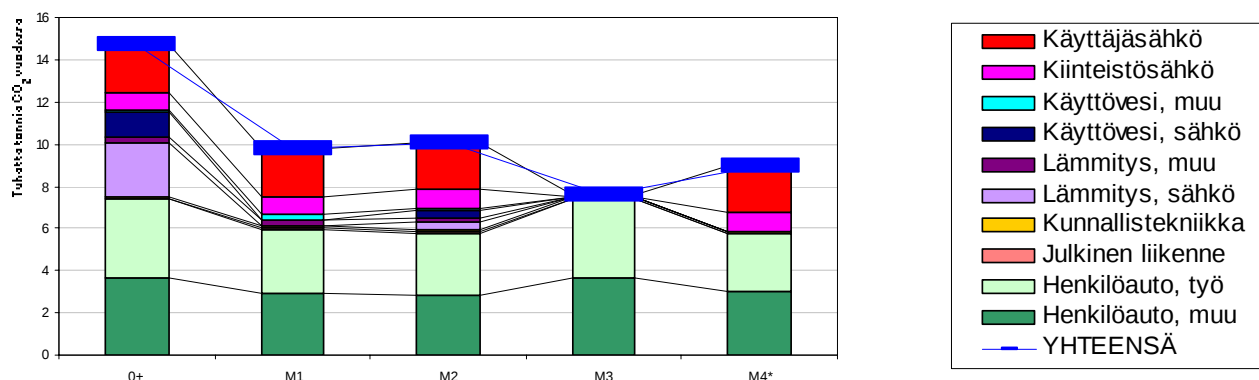
Myös liikenteen päästöissä saavutetaan merkittävää säästöä maankäyttöratkaisuilla. Mallien liikenteestä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt muodostavat suuren osuuden kokonaispäästöistä ja liikenteen merkitys korostuu entisestään, kun rakennusten päästöjä on mahdollista rajoittaa. Mallissa M3 hiilidioksidipäästöt 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 kokonaisuudessaan laskettu tuotettavan aurinkopaneeleilla.

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

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

M4-mallissa työssäkäyntimahdollisuus on järjestetty Skaftkärrin alueella. Työssäkäyntimahdollisuuden on arvioitu vaikuttavan työmatkaliikenteeseen 20 % liikennettä supistavasti. Kaupunkirakenne mallissa on tiivis.



**Kuva 12 Kokonaishiilidioksidipäästöjen vertailu Skaftkärrin malleissa 0+ ja M1 – M2. Huom! Mallissa M4 aurinkokaukolämpöä tuotetaan myös muiden Porvoon energian asiakkaiden käyttöön. Taulukossa 34, mallissa 4A on esitetty jakauma, jossa aurinkokaukolämmöstä saatu hyöty on huomioitu kokonaisuudessaan Skaftkärrin alueella.**

## 5.6 Ratkaisumallien kustannusvertailu eri energiantuotantovaihtoehdoilla

Energiatuotannon kustannuksia vertaillaan kuluttajan ja energiayhtiön kannalta verrattuna vaihtoehtoon 0+. Lisäksi määritetään kuinka paljon hiilidioksidipäästöjen vähentäminen maksaa kullakin energiaratkaisulla. Huomioitavaa on, että päästöoikeuden hinta on tällä hetkellä noin 15 €/t<sub>CO2</sub>.

Kaikkia eri energiatuotantoratkaisuja tutkitaan kuhunkin neljään eri ratkaisumalliin M1, M2, M3 ja M4, jotka eroavat toisistaan alueen tiiviyden ja rakennustyyppien osalta. Asukasmäärä ja rakennusten

pinta-ala on kaikissa malleissa sama. Kustannusvertailussa energiantuotantovaihtoehtoja ei ole sidottu yksittäisiin malleihin, koska kustannukset huomioiden ne ovat toteutettavissa kaikkiin malleihin.

Kaikista energiantuotantovaihtoehtoista tarkasteluun on valittu ne vaihtoehdot, joiden valintaa energiaratkaisuksi CO<sub>2</sub>-päästöjen kannalta voidaan pitää mahdollisena.

Energiantuotantovaihtoehtoja tarkastellaan kolmelle eri rakennusten energiatehokkuustalolle. Tarkastelussa ovat:

- Rakennusnormin 2010 mukaiset talot
- Matalaenergiatalot
- Passiivenergiatalot

Rakennusnormin 2010 mukaisilla taloilla Skaftkärrin alueen lämmön kulutus on noin 30 000 MWh/vuosi, matalaenergiataloilla 20 000 MWh/vuosi ja passiivitaloilla 15 000 GWh/vuosi. Lämpimän käyttöveden osuus em. lämmön tarpeesta on noin 10 000 MWh/vuosi.

Matalaenergiatalon investointikustannukset ovat noin 50 €/m<sup>2</sup> ja passiivirakennusten noin 100 €/m<sup>2</sup> kalliimpia kuin normin 2010 mukaisilla taloilla. Skaftkärrissä keskimäärin kyseiset investoinnit ovat asukasta kohden matalaenergiataloilla noin 2250 €/asukas ja passiivenergiataloilla noin 4500 €/asukas.

Sähkön kulutus alueella on noin 15 600 MWh/a.

### Kaukolämpö

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

Energialaitoksen (Porvoon Energia) kustannusten kannalta alueen tiiveydellä on erittäin suuri merkitys, joka on havaittavissa kustannustaulukosta. Huomioitavaa on, että kaikissa kaukolämpövaihtoehtoissa riippumatta ratkaisumallista tai rakennusten energiatehokkuudesta tulot kaukolämmön myynnistä energiayhtiölle ovat lähes muuttumattomat. Täten suurempi investointi vaikuttaa suoraan investoinnin takaisinmaksuaikaan.

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

Taulukossa on esitetty 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. Reaalikorkona laskennassa on käytetty 3 %.

CO<sub>2</sub>-päästön vähentämisen kustannus on määritetty jakamalla asukkaan vuosikustannuksen ero vaihtoehtoon 0+ 30 vuoden aikana aiheutuvien CO<sub>2</sub>-päästöjen erolla vaihtoehtoon 0+. Energialaitoksen investoinnissa on huomioitu kaukolämpöverkon rakentamisen kustannukset.

**Taulukko 12. Kaukolämmön kustannukset**

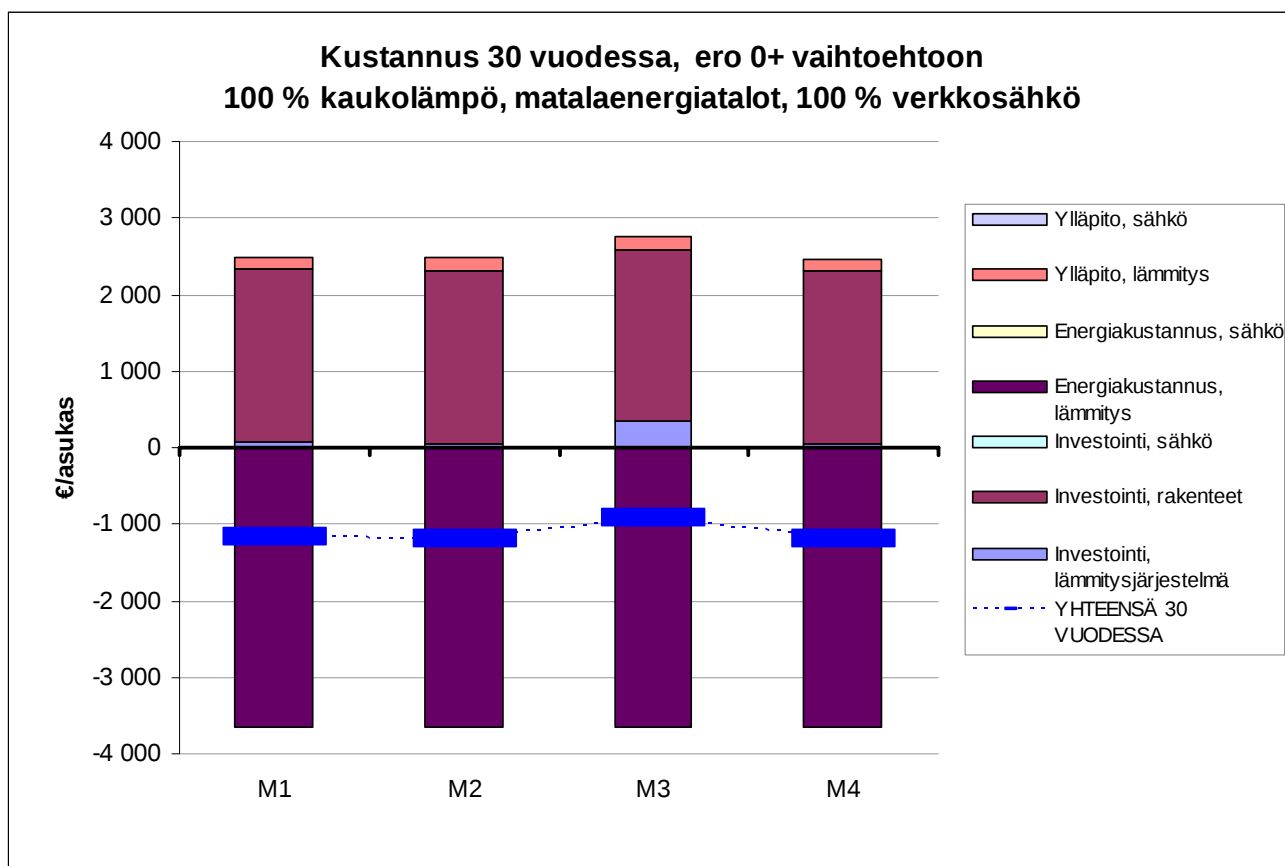
| Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla |     |                         |                            |                                        |                                          |                                      |                                      |
|----------------------------------------|-----|-------------------------|----------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Energiaratkaisu                        |     | Asukkaan<br>Investointi | Asukkaan<br>Vuosikustannus | Elinkaari-<br>kustannus<br>€/asukas/30 | CO <sub>2</sub> -päästön<br>vähentäminen | Energia-<br>laitoksen<br>investointi | Energia-<br>laitoksen<br>investointi |
|                                        |     | €/asukas                | €/asukas/vuosi             | vuotta                                 | €/tCO <sub>2</sub>                       | €/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 normin 2010 mukainen talo tulisi edullisimmaksi. Ratkaisumallista riippuen asukas säästää vaihtoehtoon 0+ verrattuna normin 2010 mukaisilla taloilla noin 1600 € asukasta kohti 30 vuodessa eli noin 4800 € asuntoa kohti. Matalaenergiataloilla vastaava säästö olisi noin 1200 € asukasta ja 3600 € asuntoa kohti.

CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisen kustannus matalaenergiataloilla on noin 30 €/tCO<sub>2</sub> ja passiivenergiataloilla noin 100 €/tCO<sub>2</sub> verrattuna normin 2010 mukaisiin taloihin. Matalaenergiatalon aiheuttama lisäinvestointi normin 2010 mukaisiin taloihin on kohtuullisen kustannustehokas tapa vähentää CO<sub>2</sub>-päästöjä.

Energialaitoksen kustannukset ovat lähes samat lämmön kulutuksesta riippumatta. Energialaitoksen investoinneista huomataan, että hajalleen rakennettava M3 olisi energialaitokselle noin 2,7 miljoona euroa kalliimpi kuin tiiviisti rakennettu M2 tulojen ollessa yhtä suuria.

Seuraavassa kuvassa on esitelty kuluttajan 30 vuoden kustannusten muodostuminen matalaenergiatalossa. Huomioitavaa kuvassa on matalaenergiatalon vaatimat suuret investoinnit rakennuksen rakenteisiin.



**Kuva 13. 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 lämmön kulutus vaatii samassa suhteessa enemmän keräinpinta-alaa. Kustannusarviossa ei ole otettu huomioon mahdollisesti kaukolämpöverkkoon tarvittavia vahvistuksia. Aurinkokeräinten investoinnissa on oletettu 40 % investointiavustus. Polttoainesäästössä on oletettu, että korvautuva polttoaine on maakaasua.

**Taulukko 13. Aurinkokaukolämmön karkeasti arvioidut kustannukset ja säästö polttoaineessa**

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

### Maalämpö

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

Taulukko 14 on esitetty maalämmön kustannukset rakennusnormin 2010 mukaisille taloille ja matalaenergiataloille.

**Taulukko 14. Maalämmön kustannukset**

| Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla |     |                         |                            |                                                  |                                                                |                                                  |                                           |
|----------------------------------------|-----|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Energiaratkaisu                        |     | Asukkaan<br>Investointi | Asukkaan<br>Vuosikustannus | Elinkaari-<br>kustannus<br>€/asukas/30<br>vuotta | CO <sub>2</sub> -päästön<br>vähentäminen<br>€/tCO <sub>2</sub> | Energia-<br>laitoksen<br>investointi<br>€/asukas | Energia-<br>laitoksen<br>investointi<br>€ |
| 100 % maalämpö                         | M1: | 3 368                   | -194                       | -430                                             | -41                                                            | -98                                              | -597 800                                  |
| Normin 2010 mukaiset talot             | M2: | 3 363                   | -194                       | -435                                             | -42                                                            | -98                                              | -597 800                                  |
| Verkkosähkö                            | M3: | 3 448                   | -194                       | -351                                             | -34                                                            | -98                                              | -597 800                                  |
|                                        | M4: | 3 359                   | -194                       | -439                                             | -42                                                            | -98                                              | -597 800                                  |
| 100 % maalämpö                         | M1: | 5 622                   | -251                       | 710                                              | 52                                                             | -98                                              | -597 800                                  |
| Matalaenergiatalot                     | M2: | 5 617                   | -251                       | 706                                              | 52                                                             | -98                                              | -597 800                                  |
| Verkkosähkö                            | M3: | 5 702                   | -251                       | 790                                              | 58                                                             | -98                                              | -597 800                                  |
|                                        | M4: | 5 613                   | -251                       | 701                                              | 52                                                             | -98                                              | -597 800                                  |

Huomioitavaa tuloksissa on, että maalämpöä käytettäessä Porvoon Energialta ei vaadita investointeja. 100 % maalämmössä kaupungin negatiivinen investointi johtuu siitä, että vertailukohtana olevassa vaihtoehdossa 0+ on osa lämmöstä kaukolämpöä, jolloin vaihtoehdossa 0+ kaupungille tulee kaukolämpöverkon rakentamiskustannuksia. CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisen kustannus verrattuna vastaavaan kaukolämpötapaukseen on noin 50 €/tCO<sub>2</sub>.

### Paikallisesti tuotettu sähkö

Paikallisesti tuotettua sähköä tarkastellaan eri lämmöntuotantomuodoilla taulukossa. Hajautettua omaa sähköä saadaan tuotettua pientuulivoimalla ja aurinkopaneeleilla.

**Taulukko 15. Paikallisen biolämmön kustannukset**

| Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla |     |                         |                            |                                                  |                                                                |                                                  |                                           |
|----------------------------------------|-----|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Energiaratkaisu                        |     | Asukkaan<br>Investointi | Asukkaan<br>Vuosikustannus | Elinkaari-<br>kustannus<br>€/asukas/30<br>vuotta | CO <sub>2</sub> -päästön<br>vähentäminen<br>€/tCO <sub>2</sub> | Energia-<br>laitoksen<br>investointi<br>€/asukas | Energia-<br>laitoksen<br>investointi<br>€ |
| 50 % kv:stä auringolla                 | M1: | 1 589                   | -147                       | -1 299                                           | -64                                                            | -98                                              | -597 800                                  |
| lopun lämmöstä pelletillä              | 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 pelletillä              | 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 pelletillä              | M2: | 5 647                   | -287                       | 27                                               | 1                                                              | -98                                              | -597 800                                  |
| Passiivenergiatalot                    | M3: | 5 780                   | -287                       | 161                                              | 8                                                              | -98                                              | -597 800                                  |
| Verkkosähkö                            | M4: | 5 640                   | -287                       | 20                                               | 1                                                              | -98                                              | -597 800                                  |

Hajautettu lämmöntuotanto ei vaadi energiayhtiöltä investointia. Kuluttajalle hajautettu lämmöntuotanto on hieman kaukolämpöä kalliimpi 30 vuoden aikana. Hajautetussa lämmöntuotannossa menetetään keskitetyn lämmöntuotannon edut, joita ovat erittäin hyvä hyötysuhde lämmön ja sähkön yhteistuotannolla sekä muiden kuin CO<sub>2</sub>-päästöjen (erityisesti hiukkaspäästöt) tehokas vähentäminen.

Loppuraportti

Kaavarungon selostus

CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisen kustannus matalaenergiataloilla on normin 2010 mukaisiin taloihin verrattuna noin 8 €/t<sub>CO2</sub>, kun päästökaupassa hinta on noin 15 €/t<sub>CO2</sub>. Täten pellettilämmitteisissä taloissa matalaenergiatalot ovat CO<sub>2</sub>-päästöjen kannalta erittäin kustannustehokas vaihtoehto.

### Hajautettu sähköntuotanto

Hajautettua sähköntuotantoa tarkastellaan eri lämmöntuotantomuodoilla taulukossa. Hajautettua omaa sähköä saadaan tuotettua pientuulivoimalla ja aurinkopaneeleilla.

**Taulukko 16. Hajautettu biosähkön tuotanto**

| Ero 0+ malliin eri energiaratkaisuilla |     |             |                |                    |                          |                      |               |
|----------------------------------------|-----|-------------|----------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------|
| Energiaratkaisu                        |     | Asukkaan    | Asukkaan       | Elinkaari-         | CO <sub>2</sub> -päästön | Energia-             | Energia-      |
|                                        |     | Investointi | Vuosikustannus | kustannus          | vähentäminen             | laitoksen            | laitoksen     |
|                                        |     | €/asukas    | €/asukas/vuosi | €/asukas/30 vuotta | €/tCO <sub>2</sub>       | investointi €/asukas | investointi € |
| 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 kustannukset 30 vuodessa verrattuna vaihtoehtoon 0+ ovat noin 4000-5000 € kalliimmat asukasta kohti ja noin 12 000-15 000 € asuntoa kohden. CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisen kustannus biosähköä hyödyntäen on jopa noin 200-400 €/t<sub>CO2</sub> eli noin 15-30-kertainen päästökaupan hintaan verrattuna.

## 5.7 Infrastruktuurikustannukset

Infrastruktuurista aiheutuvien kustannusten laskennassa on käytetty Infra.net ohjelmaa. Vertailutasona on vaihtoehtoon 0+ kustannukset. Malli 3 on maankäytöltään yhtenevä 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. Kustannukset ovat ns. peruskustannuksia ilman mitään lisäarvotekijöitä.

**Taulukko 17. 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 €               |

## 5.8 Mallitarkastelun johtopäätökset

Seuraavassa on kuvattu mallitarkastelun perusteella tehdyt johtopäätökset liikennetarkasteluista, kaupunkirakenteesta, energiantuotantotarkasteluista, lämmitystarkasteluista ja rakennustekniikasta.

### Malli 1

Valituilla liikennetarkasteluilla, Tarmolan kehittämisellä ja palveluiden sijoittamisella saavutetaan merkittävä säästö liikenteen energiankulutuksessa ja päästöissä

Koska Porvoon kaukolämmön hiilijalanjälki on pieni, tulee tavoitteena olla tiivistäminen kaukolämmön kannattavuusalueen sisäpuolelle

Tarmolan työpaikka-aluetta kannattaa kehittää edelleen

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

### Malli 2

Valituilla liikennetarkasteluilla ja palveluiden sijoittamisella saavutetaan merkittävä säästö liikenteen energiankulutuksessa ja päästöissä

50 % kaukolämpö 50 % maalämpö -jakauma on epäedullisempi kuin pelkkä kaukolämpö

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

### Malli 3

Energiatehokas ja vähäpäästöinen, mutta kokonaiskustannuksiltaan kallis asukkaille ja kunnalle.

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

Hiilivapaasta energiantuotannosta huolimatta malli ei johda hiilivapaaseen yhdyskuntarakenteeseen.

Edellytykset toimivalle kevyen liikenteen verkostolle heikommat kuin muissa malleissa rakenteen hajautuneisuuden ja siten suurempien matkasuoritepitojen vuoksi

### Malli 4

Etätyöpisteet vähentävät työmatkaliikennettä

Tiivistäminen mahdollistaa lähipalveluiden toteuttamisen

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

Aurinkokaukolämmöllä voidaan korvata Porvoon Energian kesäaikaista maakaasun käyttöä.

## 5.9 Johtopäätökset energiantuotantovaihtoehtoista

Energiantuotantovaihtoehdot ovat kaikki pääsääntöisesti sovellettavissa kaikkiin malleihin. Mallien välillä suurin ero syntyy keskitettyjen lämmitysjärjestelmien, kuten kaukolämpö, vaatimista putkistoinvestoinneista.

Skaftkärrissä tällä hetkellä ympäristön ja kustannusten kannalta paras vaihtoehto lämmön tuottamiselle on kaukolämpö. Porvoossa käytetään arviolta vuonna 2015 kaukolämmön tuotantoon 90 % biopolttoaineita. Suuren biopolttoaineosuuden ja yhteistuotantosähkön ansiosta millään muulla ratkaisulla ei voida päästä edes teoriassa juurikaan kaukolämpöä pienempiin CO<sub>2</sub>-päästöihin. Aurinkokaukolämmön tuotannon yhdistämisellä kaukolämpöverkkoon saadaan Porvoossa lisäksi vähennettyä maakaasun käyttöä kaukolämmön tuotannossa entisestään.

Asukkaan kustannusten kannalta rakennusnormin 2010 mukaiset rakennukset olisivat 30 vuoden kustannusten perusteella edullisin vaihtoehto kaukolämpötaloissa. Kuitenkin CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisen kustannuksella noin 30 €/t<sub>CO2</sub> matalaenergiatalot (m40) ovat kohtuullisen kustannustehokkaita CO<sub>2</sub>-päästöjen vähennyskeinoja

Sähköntuotannossa 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).

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

## 5.10 Herkkyystarkastelut CO<sub>2</sub>-päästöille

### 5.10.1 Erilaiset toteutusvaihtoehdot -35 % päästöistä saavuttamiseksi

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

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

Mallin M2 mukaisilla ratkaisuilla saavutetaan 33 % vähennys CO<sub>2</sub>-päästöihin. Tällöin puolet rakennuksista on liitettävä kaukolämpöön ja puolet rakennuksista lämmitetään maalämmöllä. Rakennukset M2:ssa ovat passiivitaloja (P20). Mikäli passiivitalojen sijaan rakennetaan matalaenergiarakennuksia (M40) mutta kiinteistösähkön tuotanto toteutetaan aurinkopaneeleilla verkkosähkön sijaan koko alueella (keskitetysti tai hajautetusti), saavutetaan 37 % vähennys. Mikäli passiivirakennusten kiinteistösähkö tuotetaan aurinkopaneeleilla, on vähennys suurempi.

Mallissa M3 rakennusten lämmön- ja sähköntuotanto on toteutettu kokonaisuudessaan uusiutuvilla lähteillä, joten rakennuksen lämmitysenergiankulutus ei vaikuta CO<sub>2</sub>-päästöjen määrään. Mallin M3 mukaisilla ratkaisuilla ylitetään asetettu tavoite (vähennys 48 %). Mallia heikentämällä asetettuun 35 % vähennystavoitteeseen on mahdollista päästä toteuttamalla vain 40 % sekä kiinteistö- että käyttäjästä sähköä aurinkopaneeleilla. Tällöin saavutetaan 36 % päästövähennys.

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

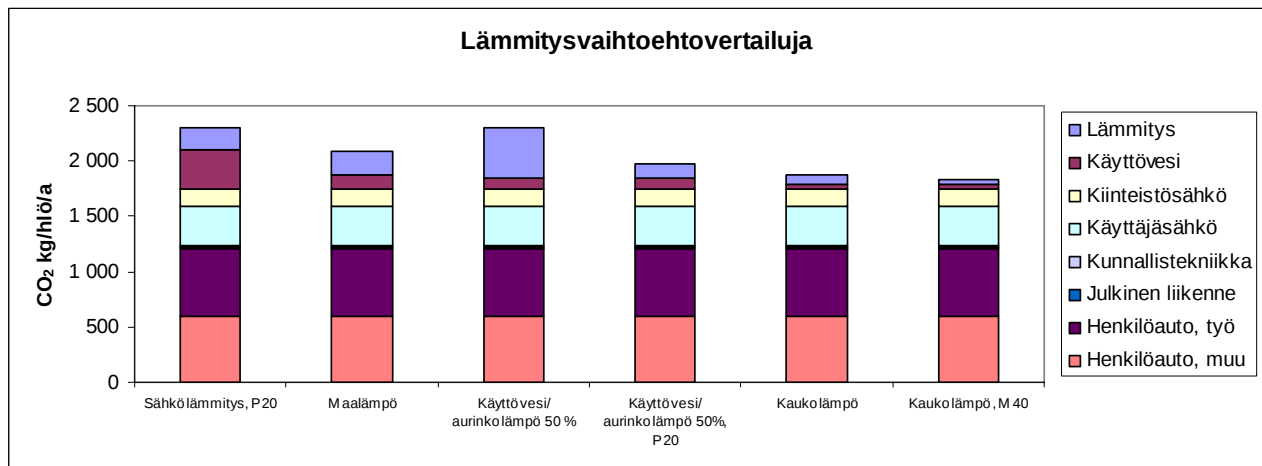
## 5.10.2 Lämmitysvaihtoehtojen vaikutus kokonaisuuteen

Lämmitysvaihtoehtojen vertailemiseksi Skaftkärr vaihtoehtoa 0+ lähdettiin muokkaamaan kerrallaan yhden tai kahden tekijän osalta. Ensimmäisessä tarkastelussa vaihtoehdon 0+ lämmitys järjestetään kokonaisuudessaan sähkölämmityksellä. Hiilidioksidipäästöjen minimoimiseksi ensimmäisessä tarkastelussa on lisäksi vaadittu rakennuksilta passiivirakennustasoa, eli lämmönkulutus saa olla korkeintaan 20 kWh/m<sup>2</sup>.

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

Kolmannessa ja neljännessä tarkastelussa vuosittain käyttövedestä lämmitetään puolet aurinkolämmöllä. Tällöin aurinkokeräimiä vaadittaisiin noin 5 - 8 m<sup>2</sup> eteläsuunnan katolle. Loput käyttövedestä lämmitetään Skaftkärr 0+-vaihtoehdon mukaista lämmitystapajakaumaa noudattaen. Kolmannessa tarkastelussa rakennusten lämmönkulutus vastaa 2010 määräyksien mukaista tasoa mutta neljännessä tarkastelussa rakennuksille on asetettu passiivirakennustason (P20) vaatimus. Passiivitalossa lämmönkulutus saa olla korkeintaan 20 kWh/m<sup>2</sup>.

**Taulukko 18 Lämmitysvaihtoehtojen vaikutus päästöihin**



Kahdessa viimeisessä tarkastelussa lämmitysvaihtoehtona on tarkasteltu kaukolämpöä. Kaukolämpötarkasteluista ensimmäisessä rakennusten lämmönkulutus vastaa 2010 määräyksien mukaista tasoa ja neljännessä tarkastelussa rakennuksille on asetettu matalaenergiatason vaatimus. Matalaenergiatalossa lämmönkulutus saa olla korkeintaan 40 kWh/m<sup>2</sup>. 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.

## 6 KAAVARUNGON TAVOITTEET JA LAADINTAPERIAATTEET

### 6.1 Tavoitteet

#### Kaavarungon yleistavoitteet:

Alueen ratkaisujen on haluttu olevan Porvoon mittakaavaan sopivia, alueella tulisi näkyä historiallisen kaupunkiperinteen jatkuminen tämän päivän asumisessa. Tavoitteena on myös ollut sekä kehittää matalaenergia-alue että pilotoida matalaenergia-alueen suunnittelua. On myös haluttu tutkia, miten ns. 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:
  - o pienentää alueen liikennemäärää
  - o luoda edellytykset toimivalle ja kannattavalle joukkoliikenteelle
  - o luoda edellytykset toimivalle kevyenliikenteen verkostolle
  - o luoda edellytykset työpaikkojen ja palveluiden syntymiselle
  - o luoda edellytykset kannattavalle ja kustannustehokkaalle kunnallistekniselle verkostolle
- luoda houkutteleva kävely-, pyöräily- ja joukkoliikenneympäristö. Eri kulkutapojen verkostot sekä pihajärjestelyt tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että pyörä tai joukkoliikenne ovat kilpailukykyisiä liikkumismuotoja henkilöauton kanssa.
- luoda edellytykset vaihtoehtoisille energiantuotantojärjestelmille, kuten tilavataukset aurinkokaukolämpöä varten

#### Tavoitteet energiaratkaisuille

Tavoitteena on energiatehokas ja kokonaistaloudellisesti kannattava kokonaisuus, jolla saadaan kustannustehokkaasti vähennettyä alueen hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kustannustehokkuutta pystytään arvioimaan määrittämällä kullakin tuotantotavalla saatava vähennys hiilidioksidipäästöihin sekä kyseisen tuotantotavan kustannus (€/t<sub>CO2</sub>).

Kaavarunkoon tulee miettiä energiaratkaisujen alueelliset ja vaiheittain rakentamisen vyöhykkeet, jotka mahdollistavat uusimman teknologian hyödyntämisen myös myöhemmin rakennettaville

alueille. Alueen hiilijalanjälki minimoidaan. Tämä tapahtuu käytännössä kaavaan, rakentamistapaohjeisiin ja tontinluovutusehtoihin laadittavien energia- ja päästömääräysten kautta.

## 6.2 Kaavarungon suunnitteluperiaatteet

Tavoitteiden lisäksi määritettiin suunnittelutyön aikana 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 liikkumismuoto on kevyt liikenne
- Kevätkummun itäreunan kehittäminen tiiviiksi asuinalueeksi
- Paikallisten palveluiden maksimointi
- Etätyöpaikkojen mahdollistaminen
- Tarmolan työpaikka-alueen kehittäminen uusiutuvan energian yrityspuistoksi
- Korkealuokkaiset kevyenliikenteen väylät, pyöräilyn eri muodot, uudentyyppinen katuhierarkia, korkealuokkainen joukkoliikenne
- Varaus lisärakentamiselle alueen itäreunalla: tulevaisuudessa toteutettavassa kohteessa tavoitteena korkeampi energiaomavaraisuus ja tilavaraukset esim. aurinkokaukolämmön tuotantoa varten.
- Riittävän omakotitalotonttitarjonnan turvaaminen ja erikokoisten tonttien toteuttamismahdollisuus.

## 7 KAAVARUNGON KUVAUS

### 7.1 Kaavarungon rakenne ja yleiskuvaus

Skaftkärrin kaavarungon maankäyttöratkaisuun ovat vaikuttaneet osaltaan vaihtoehtotarkasteluvaiheen tulokset ja suunnitteluperiaatteet sekä osaltaan Porvoon kaupungin tavoitteet alueen tonttitarpeesta, toteutustavasta ja -vaiheistuksesta sekä toimintojen sijoittumisesta. Kaavarungon ratkaisun pääperiaatteena on ollut tiivistää rakenne hyvien joukkoliikenneyhteyksien yhteyteen, luoda edellytykset toimivalle joukkoliikenteelle, korostaa kevyen liikenteen yhteyksien toimivuutta ja painoarvoa, luoda monipuolista ja vaihtelevaa kortteli- ja kaupunkirakennetta, luoda edellytykset lähipalveluiden sijoittumiselle, mahdollistaa alueen vaihteittainen toteuttaminen ja ottaa huomioon alueen ympäristön ja virkistystoiminnan asettamat reunaehdot.

Skaftkärrin kaavarunko on ryhmiteltävissä kolmeen pääalueeseen: (1) Kevätkummun itä- ja eteläpuoliset, alueen korttelirakenteeseen kytkeytyvät täydennysrakentamisalueet, (2) Skaftkärrin itäosaan sijoittuva, suunnitellun saaristotien länsipuolelle sijoittuva alue sekä (3) Tarkkisten alueen läheisyyteen sijoittuvat alueet. Lisäksi kaavarungossa on esitetty täydennysrakentamista alueen pohjoisosaan, Vanhan Veckjärventien yhteyteen, Tarkkisten alueelle ja Tarmolan työpaikka-alueen eteläosaan.



Kuva 14 Kaavarungon maankäyttökaavio ja havainnekuva (maankäyttökaavio ja havainnekuva suuremmissa koossa selityksineen raportin liitteenä)

### 7.1.1 Ratkaisumallitarkastelun johtopäätösten huomioiminen kaavarungon suunnittelussa

Mallivertailun laskelmien ja johtopäätösten ja täydentävien herkkyystarkasteluiden perusteella on määriteltä periaatteet alueen asemakaavoitusta ohjaavan kaavarungon maankäytön suunnittelulle. Tutkituista malleista on voitu määritellä ratkaisut, joilla on vaikutus alueen liikenteen energiankulutukseen ja päästöihin, joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimintaedellytyksiin, lähipalveluiden toimintaedellytyksiin ja energiantuotantotapaan ja nykyisen verkoston hyödyntämiseen.

Mallitarkastelun perusteella on määriteltä alueelle kaupunkirakenne, joka tukeutuu kattavaan ja sujuvaan joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen verkostoon ja perustelee lähipalveluiden sijoittamisen hajautetusti alueelle. Lisäksi rakenteen tulee olla selkeästi vaiheittain toteutettavissa ja kytkettävissä olemassa olevaan kaukolämpöverkostoon.

Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käyttöä on tuettu kaavarungon maankäyttöratkaisussa tiivistämällä rakennetta lähelle Kevätkumpua ja Tarkkista, jolloin kevyen liikenteen yhteydet Porvoon keskusta voidaan pitää mahdollisimman lyhyinä ja uudet joukkoliikennereitit voidaan kytkeä mahdollisimman sujuvasti olemassa oleviin reitteihin. Kaavarungon korttelirakenne on suunniteltu siten, että asuminen sijoittuu riittävän lyhyen välimatkan päähän joukkoliikennereiteistä (max. n.300 m) ja että alueen sisäiset yhteydet kytkeytyvät kevyen liikenteen verkostoihin eivätkä kannusta käyttämään ensisijaisesti henkilöautoa. Edellytyksenä joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimivuuteen on luonnollisesti riittävä joukkoliikenteen vuoroväli alueella ja kevyen liikenteen verkoston sujuvuus myös alueen ulkopuolella Porvoon keskusta asti.

Tehokkain rakentaminen on kaavarungossa sijoitettu Tarkkisten ympäristöön. Tätä ratkaisua perustelee lähellä sijaitseva liittymiskohta nykyiseen kaukolämpöverkostoon sairaalan pohjoispuolella ja mahdollisuus jatkaa linja-autoverkostoa luontevasti sairaalan nykyiseltä päätepysäkiltä itään päin. Alue on sijaintinsa, yhteyksiensä ja ympäristönsä puolesta luonteva alue aloittaa Tarkkisten alueen toteuttaminen.

Kevätkummun täydennysrakentamisella on suuri merkitys koko alueen energiatehokkuuden kannalta. Kevätkummun alueella on valmiina kaukolämpöverkosto ja toimiva joukkoliikenne, joihin uudet täydennysalueet voivat tukeutua. Alueen eteläreunalle on suunniteltu sijoitettavaksi väljempää pientaloasumista ja itäreunalle tiiviimpää pientaloasumista. Tiivis toteutusratkaisu tukee alueelle suunniteltua joukkoliikenneturatkaisua.

Kaavarungon laadinnassa on ollut periaatteena, että alueen sisälle tulee sijoittumaan asukkaiden yhteisiä etätyöpisteitä, joko hajautetummin asuinkortteleiden yhteyteen tai asetetta keskitetymin palveluiden yhteyteen. Etätyöskentelyn mahdollistamisella on suora vaikutus alueen työmatkaliikenteen aiheuttamaan energiankulutukseen ja päästöihin. Mallivertailun tavoitteita määriteltäessä on katsottu, että työkaluturin ja teknologian kehitys tulevat nostamaan etätyöskentelyn merkitystä ja suosiota entisestään tulevaisuudessa. Tähän tulisi vastata jo maankäytön suunnittelun yhteydessä mahdollistamalla asuinalueella tai sen läheisyydessä sijaitsevien yhteisten etätyöskentelypisteiden toteuttamisen.

## 7.2 Mitoitus

Kaavarungon mukaisen maankäyttöratkaisun kokonaiskerrosalaksi on määritelty laskennallinen arvo 389 000 k-m<sup>2</sup>. Kokonaismäärä jakautuu seuraavasti:

**Taulukko 19. Kerrosalan jakautuminen**

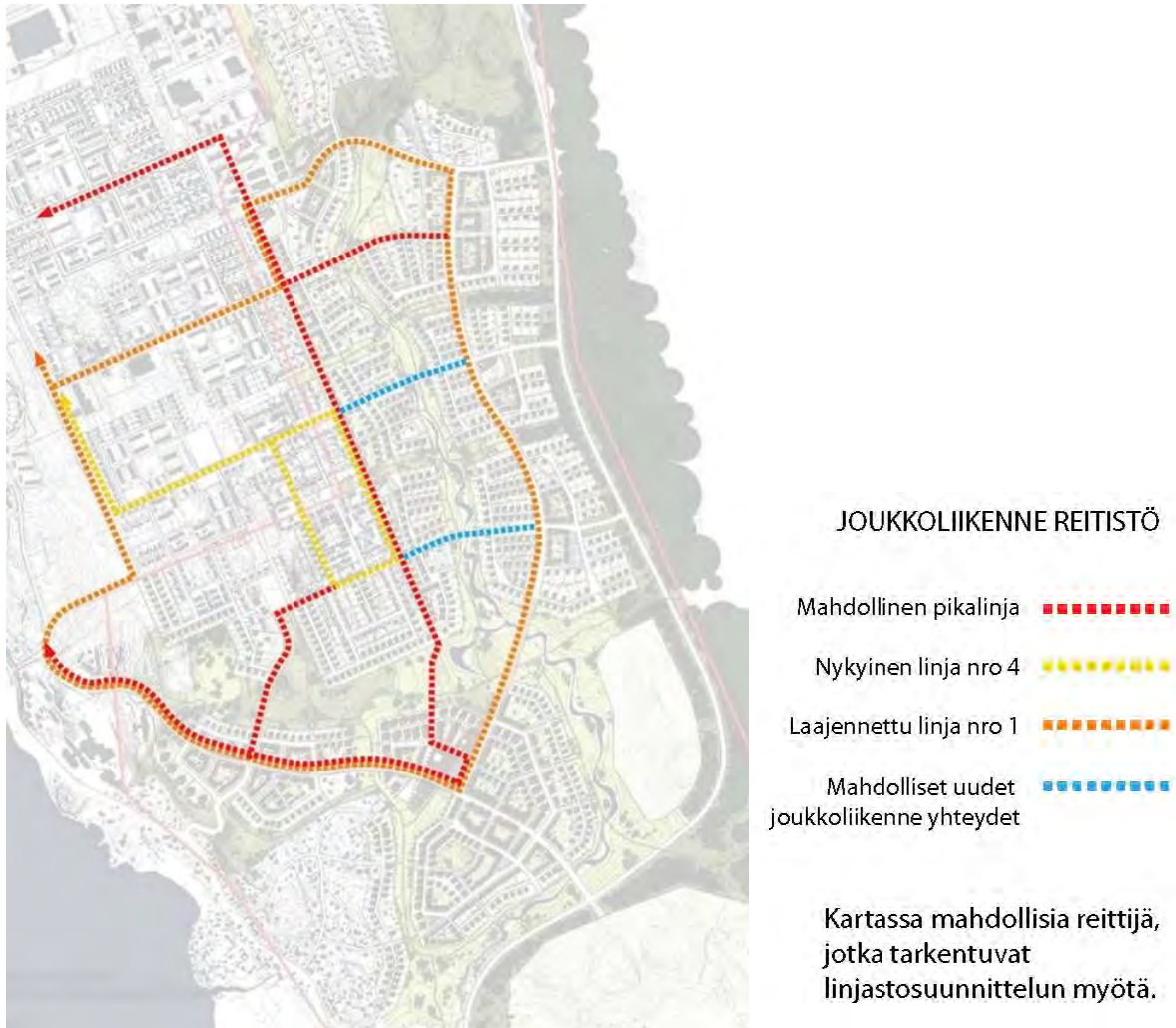
| Korttelityyppi | k-m <sup>2</sup> yhteensä                                                                | Korttelitehokkuus |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| AO             | 135 350 k-m <sup>2</sup> (yhteensä 752 AO-tonttia, keskim. 180 k-m <sup>2</sup> /tontti) | ek=0,20           |
| AP             | 178 950 k-m <sup>2</sup>                                                                 | ek=0,45-0,70      |
| AK             | 17 000 k-m <sup>2</sup>                                                                  | ek=1,00           |
| AKR            | 57 700 k-m <sup>2</sup>                                                                  | ek=0,75-1,10      |

## 7.3 Liikennetarkaisut

Kaavarungon liikennetarkaisun lähtökohtana ja tavoitteena on ollut joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistäminen ja samalla henkilöautoliikenteen minimointi. Alueen katuverkoston suunnittelun lähtökohtana ei ole ollut perinteinen kokoojakatu-tonttikatu rakenne, vaan liikennetarkaisuissa on haettu uusia toteutustapoja.

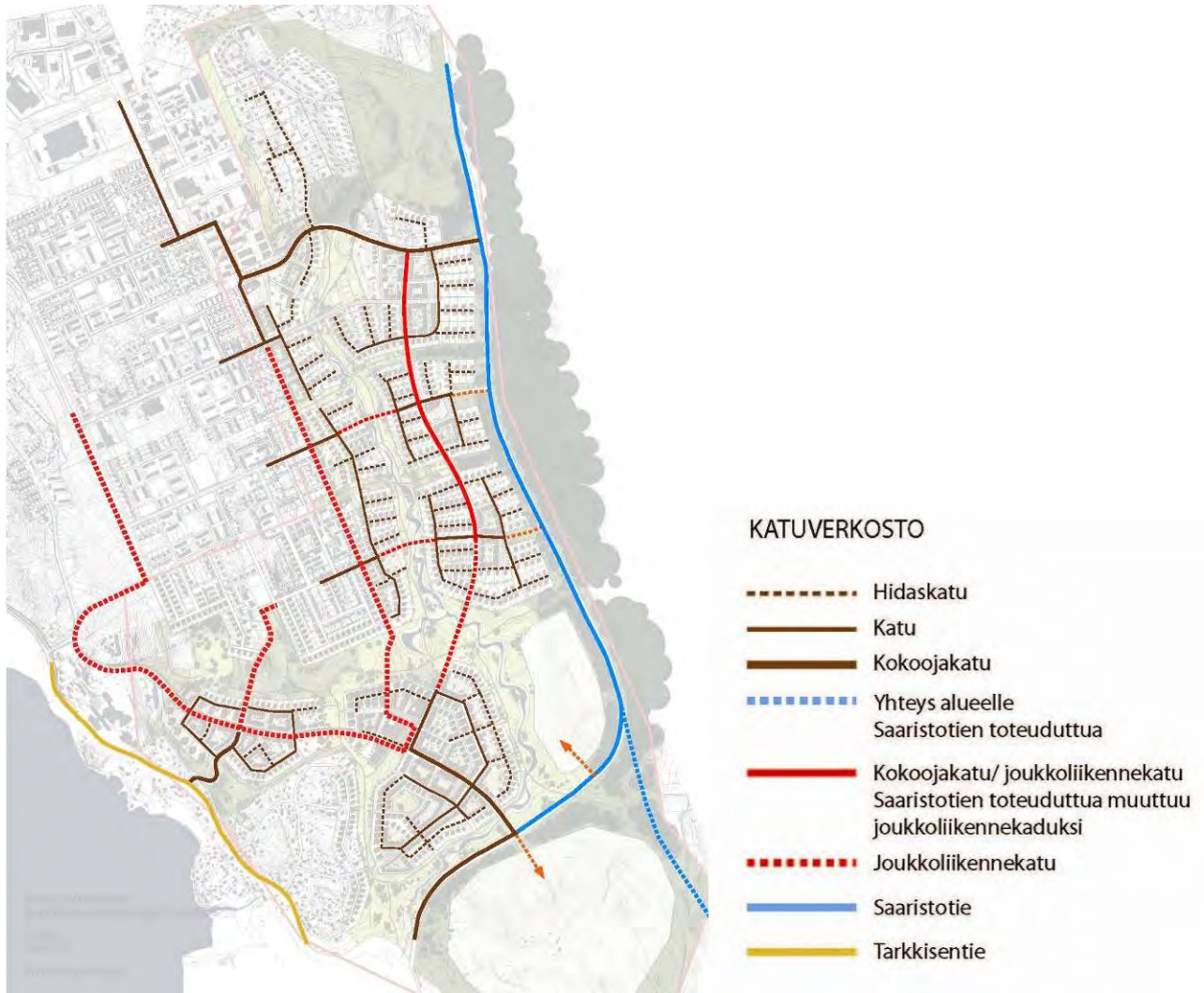
Kaavarungon katuverkoston runko muodostuu joukkoliikennekaduista, jotka kulkevat uusien alueiden halki ja kytkeytyvät olemassa olevaan katuverkkoon ja joukkoliikenneyhteyksiin. Joukkoliikennekadulla tarkoitetaan tässä yhteydessä katua, jolla on sallittu kevyt liikenne, linja-autoliikenne, ja osin huoltoliikenne mutta ei henkilöautoliikennettä. Kevyen liikenteen kaistat erotetaan linja-autoliikenteen kaistoista korotuksin, istutuksin, kivetyksillä ja selkein merkinnöin. 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 toteutettavan vaiheittain. Asuinkorttelit ryhmittyvät joukkoliikennekatujen yhteyteen siten, että etäisyys joukkoliikennekaduille on pääosin alle 300 m.

Kaavarungon liikenneverkossa on useita varauksia joukkoliikenneyhteyksille, mutta ne eivät välttämättä kaikki toteudu. Linjastotarkaisut määritellään tarkemman tason suunnittelun yhteydessä.



**Kuva 15 Joukkoliikennekaavio**

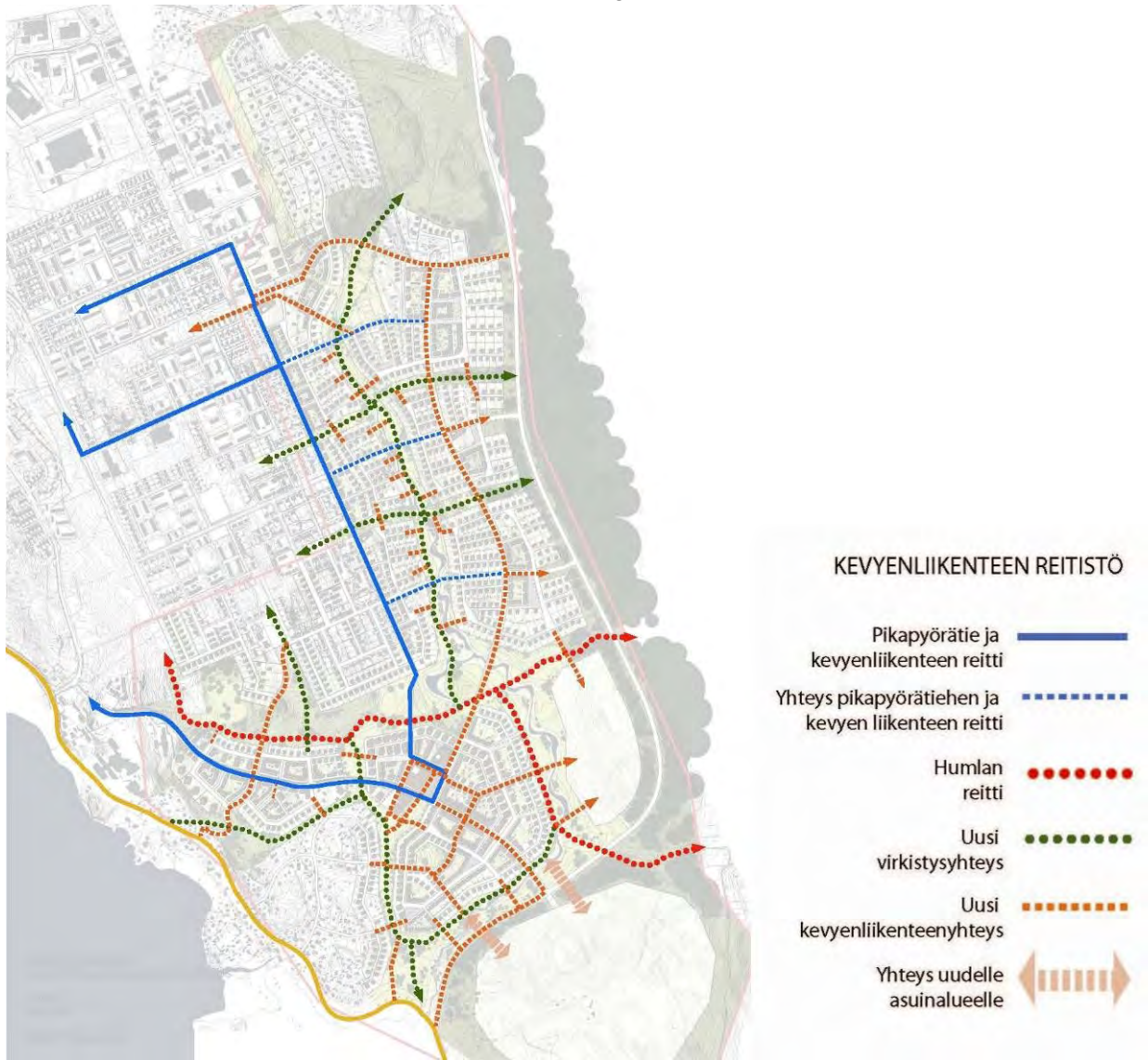
Liikenneverkko on suunniteltu ulkosityttöperiaatteella, jolloin osa-alueiden sisäinen liikenne rauhoittuu ja ei synny epätoivottua läpikulkuliikennettä. Pitkämatkainen ja osa-alueiden välinen liikenne kulkee olemassa olevan päätieverkon ja Saaristotien kautta. Kevätkummun täydennysalueiden katuverkosto jatkaa ja laajentaa alueen nykyistä katuverkostoa. Skaftkärrin itäosan alueen henkilöautoliikenteen pääreittien toteutus on suunniteltu tapahtuvan vaiheittain suhteessa suunniteltuun Saaristotieyhteyteen. Mikäli Saaristotietä ei ole toteutettu ennen asuinalueiden rakentamista, tapahtuu henkilöautoliikenne alueelle pohjoisesta, Itätuulentien ja Vanhan Veckjärventien kautta. Saaristotien toteuttamisen jälkeen alueiden henkilöautoliikenne kulkee Saaristotien kautta. Tarkkisten ja sairaala-alueen välille sijoittuvan uuden alueen henkilöautoliikenteen on suunniteltu kulkevan Tarkkistentien (rantatie) kautta. Liittymisessä on haasteena alueen korkeuserot joten katuyhteys tulee suunnitella ns. serpentiinikaduksi, jotta päästään vaadittaviin katukaltevuuksiin. Tarkkisten itäpuolelle sijoittuvan alueen henkilöautoliikenne on suunniteltu tapahtuvan Saaristotien eteläisimmän osion kautta, joka toteutettaisiin Saaristotien ensimmäisenä vaiheena uuden asuinalueen toteuttamisen yhteydessä.



**Kuva 16 Henkilöautoliikenteen ajoyhteydet**

Asuinalueiden tonttikadut on suurelta osin suunniteltu toteutettavan hidaskatuina tai pihakatumaaisina yhteyksinä, joilla rajoitetaan ajonopeutta ja läpiajoa määräyksillä sekä istutuksilla ja katurakenteilla.

Kevyen liikenteen pääyhteydet sijoittuvat joukkoliikennekatujen yhteyteen ja alueen pohjoisosassa itä-länsi -suuntaisten poikittaisyhteyksien yhteyteen. Asuinalueiden katuverkosto on suunniteltu toteutettavaksi siten, että asuinkaduilta on sujuva yhteys kevyen liikenteen pääyhteyksille joko suoraan tai puistoreittien kautta. Kevätsummun täydennysalueen ja Tarkkisten joukkoliikennekatujen yhteyteen on suunniteltu sijoitettavaksi ns. pikapyörätie, joka on rakenteellisesti, esim. istutusten tai korkeuseron avulla erotettu muusta liikenteestä. Tavoitteena, on että pikapyörätieyhteys mahdollistaa nopean, sujuvan ja turvallisen yhteyden Skaftkärrin alueelta Porvoon keskusta. Huomioitavaa on, että pikapyörätieyhteyden sujuvuus on riippuvainen Skaftkärrin ja keskustan välisen alueen koko kevyen liikenteen verkoston kokonaisvaltaisesta kehittämisestä.



Kuva 17 Kevyen liikenteen reitistö

## 7.4 Asuinkorttelit

Asuinkortteleiden sijoittumisen ja suunnitellun rakennustypologian pääperiaatteena on ollut sijoittaa tiivis rakentaminen (kerrostalot, pienkerrostalot, kerrospientalot, rivitalot, paritalot, kytketyt pientalot ja erillistalot) hyvien joukkoliikennedyteyksiensä varrelle ja siten, että alueet on helposti kytkettävissä olemassa olevaan kunnallistekniseen ja energiahuollon verkostoon. Väljempi rakentaminen (omakotitalot, muu väljempi pientalorakentaminen) on suunniteltu sijoittumaan alueiden reunavyöhykkeille.

Kerrostalorakentaminen on kaavarungossa suunniteltu sijoittumaan pääosin Tarkkisten uusille alueille. Sairaalan itäpuolelle, uuden alueen länsireunalle on suunniteltu sijoitettavaksi Skafkärrin alueen korkeimmat rakennukset, n.4-6 kerroksiset pistetalot. Muu kerrostalorakentaminen sijoittuu joukkoliikennekatujen yhteyteen. Kaavarunkoratkaisussa on ollut tavoitteena luoda alueelle rakennustypologialtaan ja rakenteeltaan vaihtelevia korttelialueita. Asuinkortteleissa on tavoitteena yhdistää erityyppistä asumista pienkerrostaloista pientaloihin ja soveltaa muun muassa tiiviin rakentamisen eri toteuttamistapoja.

Tarkkisten alueen yhteyteen sijoittuvan uuden keskuksen kortteleissa mittakaavaa vaihtelemalla ja tiivistä katutilaa luomalla on pyritty luomaan omaleimainen identiteetti alueelle, joka on kuitenkin sopusoinnussa totutun "porvoollaisuuden" kanssa. Kerrostalokortteleissa on pyritty yhdistelemään eri asumisen muotoja; yhteistä korttelipihaa ympäröivät kerrostalot ja pientaloryhmät. Rakennusmassat on pyritty sijoittamaan kortteleiden reunoille siten, että katutilasta muodostuu tiivistä, elävää ja pienimittakaavaista. Kerrostalokortteleiden ja pientalokortteleiden väliin sijoittuvat suurempi mittakaavaiset kaupunkivillat, jotka voivat olla paritaloja tai nelitaloja siten, että toisessa kerroksessa sijaitsevat toiset kaksi asuntoa. Yhtiömuotoisissa pientalokortteleissa on perinteisiä kytkettyjä, korttelipihaa rajaavia rakennuskokonaisuuksia ja erillispientalorivistöjä, joissa voidaan saavuttaa omakotiasumisen mukavuudet suuremmalla tonttitehokkuudella. Pientalokortteleissa on sekoitettu perinteistä rivitaloasumista, paritaloja ja yhdenperheentaloja, jolloin pihapiiri elävöityy. Eri rakennustyyppit on sijoitettu siten, että korttelit aukeavat kohti ympäröiviä viheralueita. Alueen reunoille on sijoitettu perinteistä omakotitaloasumista.

Asuinkortteleiden yhteyteen on suunniteltu torialueita ja katuaukioita joiden yhteyteen osa alueen palveluista sijoittuu. Katutila jäsentyy asuinalue kokonaisuuden sisäiseen kokoojakatuun ja hidaskatuihin. Selkeä katuhierarkia lisää viihtyvyyttä ja tuo turvallisuuden tunnetta.



Kuva 18. Tarkkisten alue

## 7.5 Muut alueet, palvelut ja työpaikat

Kaavarungossa on esitetty Skaftkärrin alueelle sijoitettavaksi koulurakennus (mahdollisesti alaluokat), kolme päiväkotia, kaupallisia lähipalveluita, palvelutaloja ja työpaikkoja. Päiväkotien ja koulurakentamisen tarve on määritelty alueelle sijoittuvan, arvioidun asukasmäärän sekä lähialueella toiminnassa olevien päiväkotien ja koulujen käyttöasteen ja laajenemismahdollisuuksien perusteella. Tarkkisten uuden keskustorin yhteyteen on suunniteltu sijoitettavaksi koulurakennus ja päiväkotia (mahdollisesti yhdistettynä), lähikauppa sekä kortteli-/ palvelutalo. Kevätkummun itäpuolisille uusille alueille on suunniteltu sijoitettavaksi kaksi uutta päiväkotia ja yksi lähikauppa. Tarmolan työpaikka-alueen eteläreunalle on suunniteltu uutta työpaikkarakentamista.

Tarkkisten keskustorilta länteen suuntautuvan pikapyörätien yhteyteen on kaavarungossa esitetty katosrakenne, joka toimii samalla aurinkokeräimenä.

## 7.6 Viher- ja virkistysyhteydet

Viher- ja virkistysyhteydet sijoittuvat pääosin laaksoalueelle, joka jää luonteeltaan avoimeksi maisematilaksi asuinalueen keskelle. Myös kallioiden lakialueita on osoitettu viheralueiksi. Tarkkisten ja Kevätkummun väliin jää alueet yhdistävä toiminnallinen puistoalue, joka on rakentamis- ja hoitotasoltaan korkeatasoinen. Muut virkistysalueen ovat hoitotasoltaan alhaisempia maisemaniittyjä tai puistometsiä, joita kevyen liikenteen reitit halkovat. Korttelialueiden väliin sijoittuu taskumaisia puistoalueita, joihin on mahdollista sijoittaa leikkipaikkoja tai muita toimintoja. Aivan laaksoalueen pohjoisosassa sijaitsee urheilupuisto.

Nykyistä pellolla kulkevaa valtaojaa kehitetään hulevesiuomaksi, joka luo alueelle laajamittakaavaisen virkistyskäytännön elementin.

Nykyinen alueen läpi kulkeva Humlan reitti säilyy ennallaan. Siihen liittyy laaksoa pitkittäin kulkeva virkistysreitti, jota pitkin pääsee Skaftkärrin pohjoisosiin ja edelleen koilliseen. Nämä yhteydet ovat talvella osa latuverkkoa. Laaksoalueen halkaisevat lukuisat poikittaisreitit, jotka toimivat tärkeinä kevyen liikenteen yhteyksinä korttelialueiden ja kevyen liikenteen pääväylien välillä.

## 8 KAAVARUNGON VAIKUTUKSET

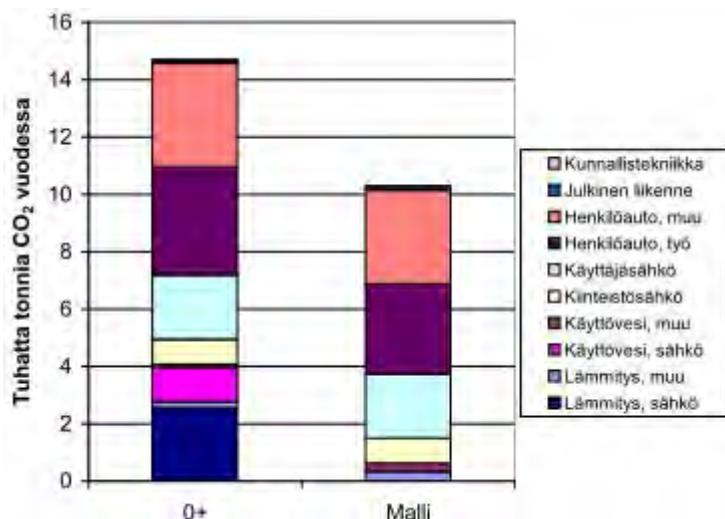
### 8.1 Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen vaikutusten arviointi

|                                       | Kaavarunko                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vaikutukset maisemaan</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Avoimet maisematilat                  | Suunnittelualan avoimet maisematilat säilyvät, mutta rajautuvat suurelta osin rakennettuun ympäristöön.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Maisemakokonaisuus                    | Tarkkisten kylän ja pohjoisosan metsäisten selänteiden ja rinnealueiden luonne muuttuu rakennetummaksi. Suunnittelualan kaakkoisosan maisemakokonaisuus säilyy ennallaan.                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Vaikutukset luonnonympäristöön</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Luonnonarvot                          | Maankäyttömuutokset kohdistuvat pääosiltaan viljelykäytössä oleville peltoalueille ja sitä ympäröivälle nuorehkolle metsäalueelle. Maankäyttö muuttuu nykyistä rakennetummaksi mutta suunnittelualueella ei ole merkittäviä ekologisia arvoja.                                                                                                                                  |
| Vesistön tila                         | Pelto-ojan virtausolosuhteet voimistuvat rakentamisen johdosta. Koko uoma tulee rakentaa uudelleen ja samalla soveltaa luonnonmukaisen hulevesien hallinnan menetelmiä, jotta tulvariskit eivät alajuoksulla kasvaa tai merenlahden virtausolosuhteet muutu.                                                                                                                    |
| Ekologiset yhteydet                   | Alueen keskeiset ekologiset yhteydet säilyvät ennallaan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Vaikutukset ihmisiin</b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Elinympäristö ja asuminen             | Tarkkisten kylän luonne muuttuu rakennetummaksi. Kevätkummun rakennettu alue laajenee itään omaksi kokonaisuudekseen. Tiivis rakentaminen sijoittuu pieniltä osin pienilmastollisesti epäsuotuisammalle alueelle Tarkkisten pohjoisosassa. Hulevesien luonnonmukainen käsittely luo edellytykset monipuoliselle kaupunkikuvalle ja uusille virkistysmahdollisuuksille alueella. |
| Virkistysyhteydet                     | Alueen keskeiset virkistysyhteydet säilyvät ennallaan. Suunnittelualan nykyisten paikallisten asukkaiden käytössä olevien polkujen käyttömahdollisuudet heikkenevät. Jatkosuunnittelussa on turvattava Humlan virkistysreitit jatkuvuus.                                                                                                                                        |
| Palvelujen saavutettavuus             | Lähipalvelut sijaitsevat asumisen välittömässä läheisyydessä. Tarkkisten asukkaiden palveluiden saavutettavuus paranee. Kevätkummun palvelutarjonnan kysyntä kasvaa. Lähipalvelut sijaitsevat asumisen välittömässä läheisyydessä. Tiivis rakenne mahdollistaa lähipalveluiden toteuttamisen.                                                                                   |
| <b>Liikennevaikutukset</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Kevyenliikenteenverkko                | Kevyen liikenteen reittien taso paranee ja yhteydet keskustaan nopeutuvat. Pikapyörätieratkaisu nostaa kevyen liikenteen väylien palvelutasoa ja edistää liikenneturvallisuutta.                                                                                                                                                                                                |
| auto- ja joukkoliikenneverkot         | Kaupunkirakenteen tiivistäminen parantaa joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä ja valtaosa asunnoista on lyhyen kävelytäisyyden päässä joukkoliikenteestä. Yksityisautoilun tie- ja katuverkkoratkaisut parantavat alueen liikenneturvallisuutta.                                                                                                                               |
| <b>Taloudelliset vaikutukset</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Yhdyskuntarakenteen taloudellisuus    | Tiivis yhdyskuntarakenne on kunnallistekniikan osalta taloudellinen toteuttaa. Useaan eri vyöhykkeeseen hajautettu rakentaminen kuitenkin nostaa kustannuksia.                                                                                                                                                                                                                  |
| Elinkeinoelämä                        | Tarmolan työpaikka-alueen kehittäminen ja etätyöpaikkojen mahdollistaminen tukee paikallisen elinkeinoelämän kehittymistä.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Maatalous                             | Viljelykäytössä olevat pellot muuttuvat luonteeltaan avoimiksi puistoalueiksi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| Vaikutukset alue- ja yhdyskuntarakenteeseen |                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aluerakenne                                 | Keskustan läheisen asumisen tarjonta kasvaa ja Porvoon asuntotarjonta monipuolistuu, mikä vahvistaa kaupungin asemaa metropolialueella.                                                  |
| Liittyminen olemassa olevaan rakenteeseen   | Uudet alueet kytkeytyvät tiiviisti olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen. Ensimmäisessä vaiheessa toteutettavat alueet ovat liitettävissä kaukolämpö- sekä vesi- ja viemäriverkostoon. |
| Olemassa olevat suunnitelmat                | Maakuntakaavassa ja Porvoon keskeisten alueiden osayleiskaavassa alueelle osoitettu asuinrakentaminen toteutuu.                                                                          |

## 8.2 Energiataloudellisten vaikutusten arviointi

Alla olevissa taulukoissa 19 ja 20 on esitetty kaavarungon primäärienergian kulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöjen määrä verrattuna 0+ malliin. Erikseen on laskettu vaihtoehto, jossa kaikki rakennukset on liitetty kaukolämpöön. Laskennoissa on käytetty samoja periaatteita kuin ratkaisumallitarkastelussa, joka on esitetty laajemmassa Skaftkärr-hankkeen loppuraportissa. Jotta kaavarungon tulokset ovat vertailukelpoiset 0+ mallin kanssa, on energiankulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt on määritelty aluerajauksella, jonka asukasmääräksi on arvioitu n.6100 as. Kaavarungon kokonaisenergiankulutus ja -CO<sub>2</sub>-päästöt (n.7 800 asukasmäärällä laskettuna) on esitetty taulukoissa 21 ja 22.



Kuva 19 Kaavarungon kokonaishiilidioksidipäästöt verrattuna vaihtoehtoon 0+.

Taulukko 20 Kaavarungon energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut 6100 asukkaan asukasmäärän rajauksella. Muutokset esitetty verrattuna vaihtoehtoon 0+.

| Mallin laskennat   |                          |                               |                         |                                |                         |                                |               | Muutokset    |                  |               |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|
|                    | Kulutus ostenergia MWh/a | Kulutus primäärienergia MWh/a | Jakauma primäärienergia | Päästöt ton CO <sub>2</sub> /a | Jakauma CO <sub>2</sub> | Ominaiskulutus primäärienergia | Ominaispäästö | Osto-energia | Primääri-energia | Päästöt       |
| Lämmitys, sähkö    |                          |                               |                         |                                |                         |                                |               | - 100 %      | - 100 %          | - 100 %       |
| Lämmitys, muu      | 13 735                   | 2 747                         | 4 %                     | 330                            | 3 %                     | 9 kWh/htm <sup>2</sup>         | 24 g/kWh      | + 58 %       | + 58 %           | + 58 %        |
| Käyttövesi, sähkö  |                          |                               |                         |                                |                         |                                |               | - 100 %      | - 100 %          | - 100 %       |
| Käyttövesi, muu    | 12 018                   | 2 404                         | 4 %                     | 288                            | 3 %                     | 8 kWh/htm <sup>2</sup>         | 24 g/kWh      | + 199 %      | + 199 %          | + 199 %       |
| Kiinteistösähkö    | 4 386                    | 8 771                         | 13 %                    | 877                            | 9 %                     | 30 kWh/htm <sup>2</sup>        | 200 g/kWh     |              |                  |               |
| Käyttäjäsähkö      | 11 197                   | 22 395                        | 33 %                    | 2 239                          | 22 %                    | 76 kWh/htm <sup>2</sup>        | 200 g/kWh     |              |                  |               |
| Kunnallistekniikka | 774                      | 872                           | 1 %                     | 89                             | 1 %                     | 3 kWh/htm <sup>2</sup>         | 115 g/kWh     |              |                  |               |
|                    | tkm/a                    |                               |                         |                                |                         | 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 %        |
| Julkinen liikenne  | 111                      | 30                            | 1 %                     | 69                             | 1 %                     | 0,05 km/hlö/pv                 | 623 g/km      | + 44 %       | + 44 %           | + 44 %        |
| <b>YHTEENSÄ</b>    |                          | <b>64 569</b>                 |                         | <b>10 298</b>                  |                         |                                |               |              | <b>-38 %</b>     | <b>- 30 %</b> |

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

**Taulukko 21 Kaavarungon energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vertailut 6100 asukkaan asukasmäärän rajauksella, kun rakennukset on liitetty aurinkokaukolämpöön. Muutokset esitetty verrattuna vaihtoehtoon 0+.**

| Mallin laskennat   |                                 |                                     |                            |                                   |                            |                                   |                | Muutokset        |                      |               |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------|
|                    | Kulutus<br>ostoenergia<br>MWh/a | Kulutus<br>primaarienergia<br>MWh/a | Jakauma<br>Primaarienergia | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | Jakauma<br>CO <sub>2</sub> | Ominaiskulutus<br>primaarienergia | Ominaispäästö  | Osto-<br>energia | Primaari-<br>energia | Päästöt       |
| Lämmitys, sähkö    | 13 735                          | 1 374                               | 2 %                        |                                   |                            | 5 kWh/ht <sup>m</sup>             | 0 g/kWh        | - 100 %          | - 100 %              | - 100 %       |
| Lämmitys, muu      |                                 |                                     |                            |                                   |                            |                                   |                | + 58 %           | - 21 %               | - 100 %       |
| Käyttövesi, sähkö  | 12 018                          | 1 202                               | 2 %                        |                                   |                            | 4 kWh/ht <sup>m</sup>             | 0 g/kWh        | - 100 %          | - 100 %              | - 100 %       |
| Käyttövesi, muu    | 4 386                           | 8 771                               | 14 %                       | 877                               | 9 %                        | 30 kWh/ht <sup>m</sup>            | 200 g/kWh      | + 199 %          | + 49 %               | - 100 %       |
| Kiinteistö-sähkö   | 11 197                          | 22 395                              | 36 %                       | 2 239                             | 23 %                       | 76 kWh/ht <sup>m</sup>            | 200 g/kWh      |                  |                      |               |
| Käyttäjäsähkö      | 774                             | 872                                 | 1 %                        | 89                                | 1 %                        | 3 kWh/ht <sup>m</sup>             | 115 g/kWh      |                  |                      |               |
| Kunnallistekniikka |                                 |                                     |                            |                                   |                            |                                   |                |                  |                      |               |
|                    | tkm/a                           |                                     |                            |                                   |                            | liikenne                          |                |                  |                      |               |
| Henkilöauto, työ   | 18 462                          | 12 554                              | 13 200                     | 21 %                              | 3 139                      | 32 %                              | 8,3 km/hlö/pv  | 170 g/km         | - 17 %               | - 17 %        |
| Henkilöauto, muu   | 19 216                          | 13 067                              | 13 739                     | 22 %                              | 3 267                      | 34 %                              | 8,6 km/hlö/pv  | 170 g/km         | - 10 %               | - 10 %        |
| Juikinen liikenne  | 111                             | 30                                  | 441                        | 1 %                               | 69                         | 1 %                               | 0,05 km/hlö/pv | 623 g/km         | + 44 %               | + 44 %        |
| <b>YHTEENSÄ</b>    |                                 | <b>61 994</b>                       |                            | <b>9 680</b>                      |                            |                                   |                |                  | <b>-40 %</b>         | <b>- 34 %</b> |

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

**Taulukko 22 Kaavarungon kokonaisenergiankulutus ja hiilidioksidipäästöjen määrä. Asukasmäärä n. 7800 as.**

| Mallin laskennat   |                                 |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|----------|
|                    | Kulutus<br>ostoenergia<br>MWh/a | Kulutus<br>primaarienergia<br>MWh/a | Jakauma<br>Primaarienergia | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | Jakauma CO <sub>2</sub> | Ominaiskulutus<br>primaarienergia | Ominaispäästö  |          |
| Lämmitys, sähkö    | 17 387                          | 3 477                               | 4 %                        | 417                               | 3 %                     | 46 kWh/htm2                       | 24 g/kWh       |          |
| Lämmitys, muu      |                                 |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
| Käyttövesi, sähkö  | 15 213                          | 3 043                               | 4 %                        | 365                               | 3 %                     | 40 kWh/htm2                       | 24 g/kWh       |          |
| Käyttövesi, muu    | 6 129                           | 12 258                              | 15 %                       | 1 226                             | 10 %                    | 16 kWh/htm2                       | 200 g/kWh      |          |
| Kiinteistö-sähkö   | 15 648                          | 31 296                              | 38 %                       | 3 130                             | 24 %                    | 41 kWh/htm2                       | 200 g/kWh      |          |
| Käyttäjäsähkö      | 774                             | 872                                 | 1 %                        | 89                                | 1 %                     | 2 kWh/htm2                        | 115 g/kWh      |          |
| Kunnallistekniikka |                                 |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
|                    | tkm/a                           |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
| Henkilöauto, työ   | 21 621                          | 14 703                              | 15 459                     | 19 %                              | 3 676                   | 29 %                              | 7,5 km/hlö/pv  | 170 g/km |
| Henkilöauto, muu   | 22 504                          | 15 303                              | 16 090                     | 19 %                              | 3 826                   | 30 %                              | 7,8 km/hlö/pv  | 170 g/km |
| Julkinen liikenne  | 129                             | 35                                  | 510                        | 1 %                               | 80                      | 1 %                               | 0,06 km/hlö/pv | 623 g/km |
| YHTEENSÄ           |                                 |                                     |                            | 12 808                            |                         |                                   |                |          |

**Taulukko 23 Kaavarungon kokonaisenergiankulutus ja hiilidioksidipäästöjen määrä kun rakennukset on liitetty aurinkokaukolämpöön. Asukasmäärä n. 7800 as.**

| Mallin laskennat   |                                 |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|----------|
|                    | Kulutus<br>ostoenergia<br>MWh/a | Kulutus<br>primaarienergia<br>MWh/a | Jakauma<br>Primaarienergia | Päästöt<br>ton CO <sub>2</sub> /a | Jakauma CO <sub>2</sub> | Ominaiskulutus<br>primaarienergia | Ominaispäästö  |          |
| Lämmitys, sähkö    |                                 |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
| Lämmitys, muu      | 17 387                          | 1 739                               | 2 %                        |                                   |                         | 46 kWh/htm2                       | 0 g/kWh        |          |
| Käyttövesi, sähkö  |                                 |                                     |                            |                                   |                         |                                   |                |          |
| Käyttövesi, muu    | 15 213                          | 1 521                               | 2 %                        |                                   |                         | 40 kWh/htm2                       | 0 g/kWh        |          |
| Kiinteistösähkö    | 6 129                           | 12 258                              | 15 %                       | 1 226                             | 10 %                    | 16 kWh/htm2                       | 200 g/kWh      |          |
| Käyttäjäsähkö      | 15 648                          | 31 296                              | 39 %                       | 3 130                             | 26 %                    | 41 kWh/htm2                       | 200 g/kWh      |          |
| Kunnallistekniikka | 774                             | 872                                 | 1 %                        | 89                                | 1 %                     | 2 kWh/htm2                        | 115 g/kWh      |          |
|                    | tkm/a                           |                                     | Liikenne                   |                                   |                         |                                   |                |          |
| Henkilöauto, työ   | 21 621                          | 14 703                              | 15 459                     | 19 %                              | 3 676                   | 31 %                              | 7,5 km/hlö/pv  | 170 g/km |
| Henkilöauto, muu   | 22 504                          | 15 303                              | 16 090                     | 20 %                              | 3 826                   | 32 %                              | 7,8 km/hlö/pv  | 170 g/km |
| Julkinen liikenne  | 129                             | 35                                  | 510                        | 1 %                               | 80                      | 1 %                               | 0,06 km/hlö/pv | 623 g/km |
| YHTEENSÄ           |                                 |                                     |                            | 12 026                            |                         |                                   |                |          |

Aurinkokaukolämpö-vaihtoehtossa Porvoon energian kaukolämmön tuotannossa korvataan kesäaikainen maakaasun käyttö aurinkoenergialla tuotetulla lämmöllä. 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 vuositasona pienenevät.

### 8.3 Energiantuotanto

Skaftkärrin selvitetiin erillisellä selvityksellä mahdollisten energiatuotantovaikutusten soveltuvuutta, asettamia vaatimuksia, CO<sub>2</sub>-päästövaikutuksia sekä kustannusvaikutuksia. Selvitettyjen energiantuotantoratkaisujen perusteella valitaan Skaftkärrin parhaiten sopivat ratkaisut.

#### 8.3.1 Lämpöenergian tuotantoratkaisu

Ottaen huomioon Porvoon Energian myymän kaukolämmön poikkeuksellisen suuren biopolttoaineiden osuuden (arviolta noin 90 % vuonna 2015), Skaftkärrin lämmön tuottamiseen ei tällä hetkellä ole kaukolämmölle, CO<sub>2</sub>-päästöjen eikä kustannusten kannalta, parempaa vaihtoehtoa. Kaukolämmön CO<sub>2</sub>-ominaispäästökerrointa voidaan laskea entisestään esimerkiksi tuottamalla kesäaikana osa kaukolämmöstä aurinkolämmöllä.

Lämmön kulutusta rakennuksen lämmittämiseen voidaan pienentää merkittävästi parantamalla rakennusten energialuokkaa matala- tai passiivienrgiataloiksi. Huomioitavaa on, että jo rakennusnormin 2010 mukaiset talot ovat aikaisempaa energiatehokkaampia. Matalaenergiataloilla saadaan rakennusnormiin 2010 verrattuna vähennettyä kustannustehokkaasti hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kustannus on noin 13 €/t<sub>CO2</sub>.

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön määrään vaikuttaa eniten asukkaiden käyttötottumukset. Käyttöveden tarvitseman lämmön osuus rakennuksien lämmön tarpeesta on rakennusnormin 2010 mukaisilla taloilla noin 30 %, matalaenergiataloilla noin 50 % ja passiivienrgiataloilla noin 70 %.

Kaavaehdotus on laskettu siten, että Skaftkärrin alueen kaikki kiinteistöt liitetään kaavamääräyksellä kaukolämpöön. Myöhemmin rakennettaviin alueisiin voidaan kuitenkin myöhemmin tehdä myös muita lämmitysratkaisuja, mikäli ne osoittautuvat tekniikan kehittyessä kaukolämpöä paremmiksi vaihtoehtoiksi. Kaavaehdotuksen kustannukset ovat laskettuna normin 2010 mukaisilla taloilla, matalaenergiataloilla sekä passiivienrgiataloilla.

#### 8.3.2 Sähköenergian tuotantoratkaisu

Porvoossa kaukolämmön etuna on, että kaukolämpö tuotetaan pääasiassa biopolttoaineita käyttävässä lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksessa. Tällöin kulutettua kaukolämpöä vastaan saadaan tuotettua energiatehokkaasti lähes CO<sub>2</sub>-päästötöntä sähköä enemmän kuin Skaftkärrissä sähköä kulutetaan. Skaftkärrin asukkaita ei voida velvoittaa ostamaan sähkönsä Porvoon Energialta, jonka takia yhteistuotantosähkön tuotanto on otettu huomioon kaukolämmön CO<sub>2</sub>-ominaispäästökertoimessa.

Sähkön tuottamiseen kiinteistökohtaisesti ei nykyisellä tekniikan hinnalla ole edellytyksiä suuressa mittakaavassa. Itse tuotetun aurinko- ja tuulisähkön hinnat ovat kiinteistökohtaisina ratkaisuin moninkertaisia suuressa mittakaavassa tuotettuun CO<sub>2</sub>-päästöttömään sähköön verrattuna. Tilanne voi kuitenkin muuttua merkittävästi tekniikan kehittyessä, jolloin myöhemmin rakennettavilla Skaftkärrin alueilla itse pienimuotoisesti tuotettu sähkö voi olla kilpailukykyinen verkkosähkön kanssa. Kaavaehdotuksessa sähköenergia on laskettu ostettavan valtakunnallisesta sähköverkosta, koska pienimuotoinen itse tuotettu sähkö ei ole kilpailukykyistä.

#### 8.3.3 Energiaratkaisun CO<sub>2</sub>-päästövaikutus

Kaavaehdotuksessa lähtökohtana on, että kaikki talot liitettäisiin kaukolämpöön. Lisäksi on mahdollista, että alueelle rakennetaan aurinkokaukolämpöjärjestelmä, mikäli se todetaan teknistaloudellisesti mahdolliseksi toteuttaa.

**Taulukko 24. Ehdotetun lämmöntuotantoratkaisun CO<sub>2</sub>-päästövaikutus**

| Ehdotetun lämmöntuotantoratkaisun CO <sub>2</sub> -päästövaikutus |                          | Normitalo 2010 | Matalaenergia | Passiivi      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|---------------|
| Lämmön kulutus alueella                                           | MWh/a                    | 30 000         | 20 000        | 15 000        |
| Kaukolämpö                                                        | CO <sub>2</sub> -päästöt | 730 t/a        | 500 t/a       | 360 t/a       |
|                                                                   | ero 0+:aan               | -82 %          | -88 %         | -91 %         |
|                                                                   | uusiutuvien osuus        | 90 %           | 90 %          | 90 %          |
| Aurinkokaukolämpö                                                 | CO <sub>2</sub> -päästöt | 0...-6800 t/a  | 0...-4600 t/a | 0...-3400 t/a |
|                                                                   | ero 0+:aan               | -100...-250 %  | -100...-200 % | -100...-170 % |
|                                                                   | uusiutuvien osuus        | 100 %          | 100 %         | 100 %         |

Sähkön tuotantoon ei tällä hetkellä ole verkkosähkölle hyviä vaihtoehtoja. Tämän takia sähkönä pidetään verkkosähköä, jolloin sähkön päästövaikutus 0+ malliin verrattuna on 0 %.

### 8.3.4 Energiaratkaisun kustannusvaikutus

Ehdotetun kaavarungon energiaratkaisun kustannusvaikutuksia verrataan 0+ vaihtoehdon kustannuksiin.

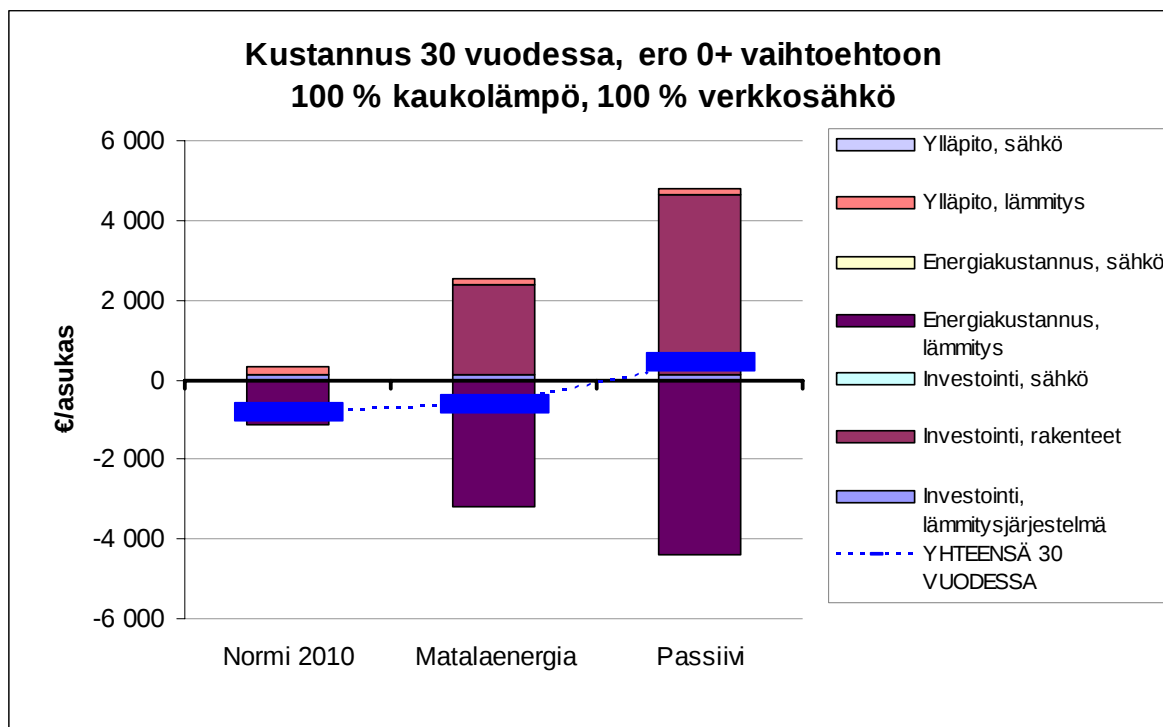
Elinkaarikustannuksiltaan kaukolämpö on selvästi 0+ mallia edullisempi kuluttajan kannalta. CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisen kustannus pienentämällä rakennuksen lämmön tarvetta matalaenergiataloilla maksaa 13 €/t<sub>CO2</sub> ja passiivien energiataloilla 73 €/t<sub>CO2</sub> verrattuna rakennusnormin 2010 mukaisiin taloihin, kun päästöoikeuksien hinta on noin 15 €/t<sub>CO2</sub> eli päästöjen vähentäminen matalaenergiataloilla on kustannustehokasta. Rakennusnormin 2010 mukaisilla taloilla ja matalaenergiataloilla kuluttajan elinkaarikustannukset ovat 0+ vaihtoehtoa edullisempia, mutta passiivien energiataloilla kuluttajan elinkaarikustannukset ovat 0+ vaihtoehtoa korkeammat.

**Taulukko 25. Ehdotetun energiaratkaisun kustannusvaikutus kuluttajalle**

| Ero 0+ malliin eri ehdotetulla energiaratkaisulla |                        |                           |                         |                                          |                                      |                                      |
|---------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Energiaratkaisu                                   | Asumaan<br>Investointi | Asumaan<br>Vuosikustannus | Elinkaari-<br>kustannus | CO <sub>2</sub> -päästön<br>vähentäminen | Energia-<br>laitoksen<br>investointi | Energia-<br>laitoksen<br>investointi |
| 100 % kaukolämpö,<br>100 % verkkosähkö            | €/asukas               | €/asukas/vuosi            | €/asukas/30<br>vuotta   | €/tCO <sub>2</sub>                       | €/asukas                             | €                                    |
| Rakennusnormi 2010                                | 143                    | -48                       | -806                    | -49                                      | 279                                  | 1 702 200                            |
| Matalaenergiatalot                                | 2 397                  | -154                      | -630                    | -36                                      | 279                                  | 1 702 200                            |
| Passiivien energiatalot                           | 4 651                  | -215                      | 437                     | 24                                       | 279                                  | 1 702 200                            |

Energialaitoksen investoinnin takaisinmaksuaika on 3 % laskentakorolla 3-6 vuotta edellä mainituilla rakennuksien energiatehokkuusluokilla, joten energialaitoksen kannalta myös passiivien energiataloilla kaukolämpö olisi mahdollinen, mikäli kaikki rakennukset veloitetaan liittymään kaukolämpöön.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 8) on esitetty miten kuluttajan kustannukset jakautuvat. 30 vuoden tarkastelujaksolla rakennusnormin 2010 ja matalaenergiakriteerien mukaan rakennettujen talojen kuluttajan kustannukset ovat lähellä toisiaan, mutta passiivien energiatalojen suuret rakentamiskustannukset eivät maksa itseään takaisin.



Kuva 20. Kuluttajan kustannusten jakautuminen

#### 8.4 Infrastruktuurikustannukset

Infrastruktuurista aiheutuvien kustannusten laskennassa on käytetty Infra.net ohjelmaa. Laskennassa on otettu huomioon myös rakennettavuuden pohjaolosuhteet.

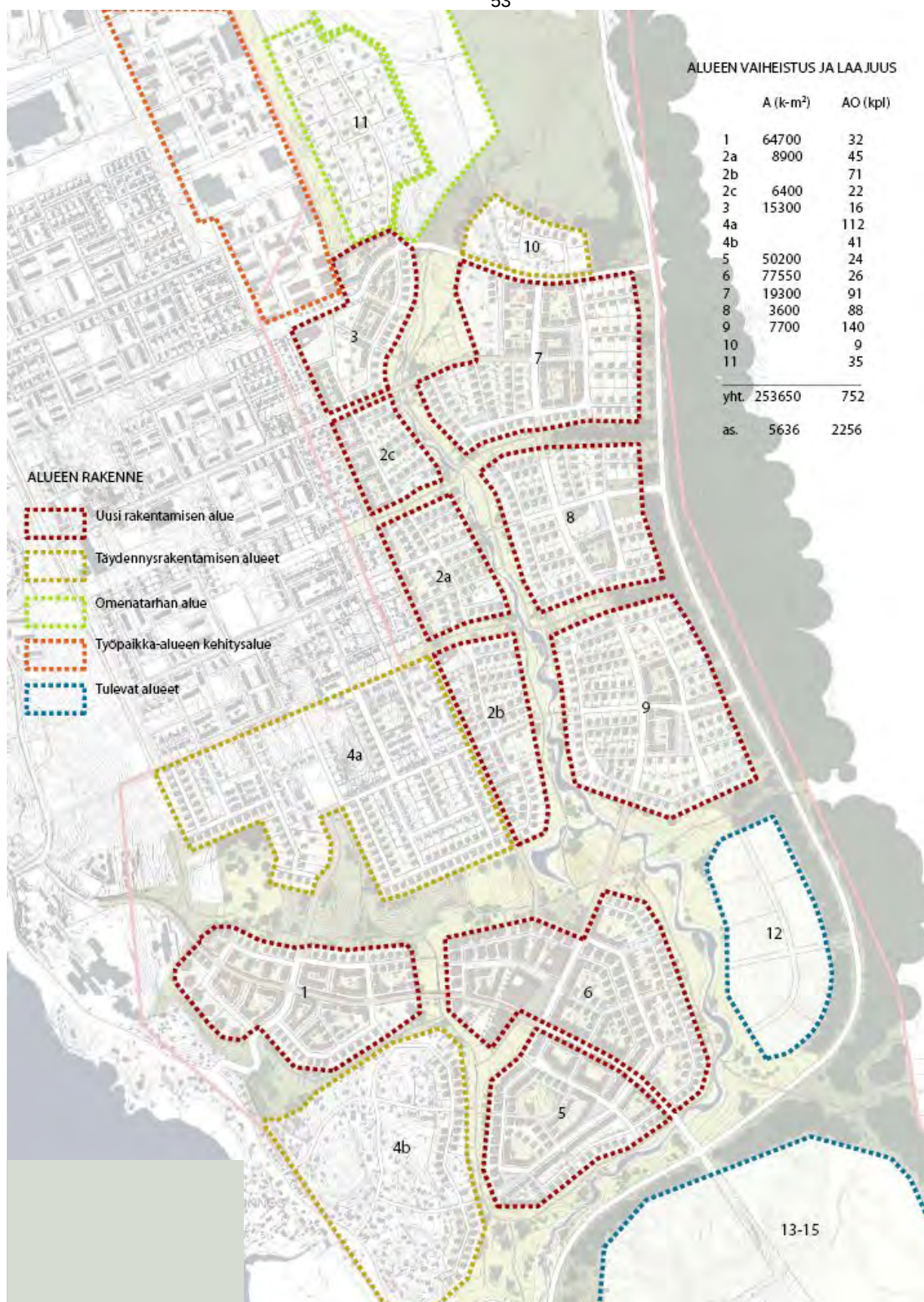
Kaavarungon mukaisen toteutuksen infrastruktuurikustannukset ovat 48 miljoonaa euroa eli 5 300 €/per asukas (mikäli asukkaita alueella 9 000). Ero ratkaisumallien kustannuksiin on huomattava, koska kaavarunkoratkaisussa alueelle on sijoitettu huomattavasti enemmän asukkaita ja näin ollen myös katumetrejä, kunnallisteknisiä järjestelmiä ja kustannuksia nostavia laatutekijöitä, kuten rakennettavia ja ylläpidettäviä puistoalueita. Toisaalta samalle alueelle on voitu osoittaa n. 50 % aiempia suunnitelmia enemmän asukkaita, mikä vähentää merkittävästi kustannuksia asukasta kohti. Muiden mallien kustannukset on esitetty taulukossa 17 (infrastruktuurin kustannukset).

## 9 KAAVARUNGON TOTEUTUS

### 9.1 Vaiheistus

Kaavarunko on suunniteltu vaiheittain toteutettavaksi. Tämä mahdollistaa energiantuotannon ratkaisuiden vaiheittaisen valinnan. Energiatuotannon vaihtoehdot ja niiden kilpailuasema toisiinsa nähden voi muuttua nopeastikin, joten energiantuotannon ratkaisut kannattaa tehdä vasta kun aluetta ollaan todella ryhtymässä rakentamaan. Vaiheittainen toteutus mahdollistaa myös uusien alueiden asteittaisen kytkemisen olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen ja edesauttaa palvelutarjonnan kehittämisen yhtäaikaaisesti asukasmäärän kasvaessa. Vaiheistuksen järjestyksen lähtökohtana on alueiden kehittäminen taloudellisesti tehokkaasti. Toteuttamisjärjestys on perusteltua aloittaa alueilta, jotka ovat helposti kytkettävissä olemassa olevaan kunnallistekniseen verkostoon, kuten kaukolämpöön ja joille on helppo jatkaa nykyistä joukkoliikenneverkostoa. Lisäksi tulee ottaa huomioon nykyisten palveluiden hyödyntäminen ja uusien toteuttaminen.

Kaavarungon tavoitteena oli noin 6000 asukkaan sijoittaminen alueelle. Tiiviin kaupunkirakenteen johdosta tämä asukasmäärä mahtuu Tarkkisten ja Kevätkummun laajennusalueille sekä pohjoisosan uusille alueille. Näin ollen Skaftkärrin itä- ja kaakkoisosan laajennusalueet mahdollistavat toteutuessaan suuremman asukasmäärän sijoittamisen alueelle.



Kuva 21. Kaavarungon toteuttamisen vaiheistus. Numerot osoittavat vaiheistuksen järjestyksen.

## 9.2 Yleisiä suosituksia energiatehokkaiden ratkaisujen toteuttamisesta Skaftkärrin alueella

Tässä kappaleessa esitetään koottuna yleisellä tasolla suosituksia, jotka olisi hyvä ottaa huomioon Skaftkärrin alueen tarkemman tason suunnittelussa. Suositukset perustuvat työn aikana laadittuihin selvityksiin, laskelmiin ja niiden perusteella tehtyihin johtopäätöksiin. Alueen lopullinen toteuttamistapa ratkaistaan alueen asemakaavoituksen ja sitä täydentävän rakentamistapaohjeistuksen yhteydessä sekä toteuttamista ohjaavan rakennusvalvonnan kautta.

### Energiantuotanto

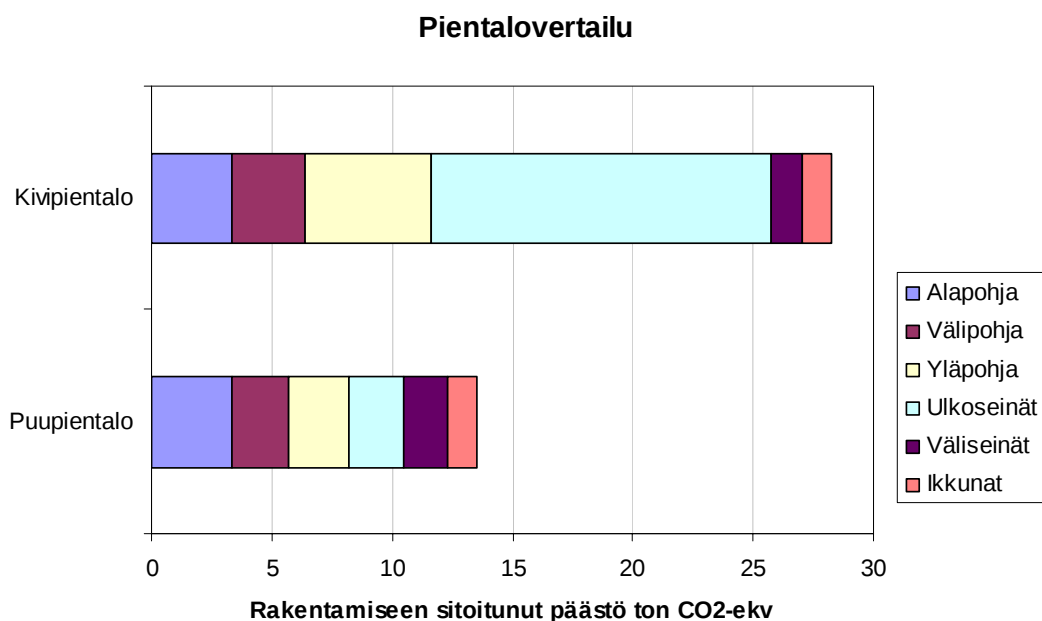
Skaftkärrissä tällä hetkellä ympäristön ja kustannusten kannalta paras vaihtoehto lämmön tuottamiselle on kaukolämpö. Alueen vaiheittaisessa toteuttamisessa ensimmäisten vaiheiden (1-11, kuva 21) energiantuotantovaihtoehdon on perusteltua olla kaukolämpö, myöhemmissä vaiheissa (12–15) voidaan käyttää muitakin ratkaisuja, kuten paikallisesti tuotettuja uusiutuvia energialähteitä. Ensimmäisten vaiheiden asemakaavoissa tulisi määrätä kaukolämpöön liittymisestä kaavamääräyksellä.

### Rakentaminen

Rakennuksilta tulisi vaatia vähintään matalaenergiatason (M40) lämmöneristävyyttä. Kokonaislämpöhäviöille tulisi asettaa raja-arvo, joka huomioi yksittäisten rakenteiden sijaan rakennuksen kokonaisuutena määritettäessä lämpöhäviöitä. Passiivirakennusten vaatimisella energiankäyttö vähenisi entisestään, mutta lisäkustannukset voivat nousta liian korkeiksi, jotta ne tulisivat energiansäästöllä katetuiksi.

Rakennusten muodon ja aukotusten vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen tulisi huomioida rakentamistapaohjeissa ja rakennuslupaprosessissa. Kaavarungon rakennusten energiankäytön laskennan peruslähtökohtana oli kaksikerroksinen, suorakaiteen muotoinen omakotitalo, jossa ikkunoiden määrä on 25 % pohjapinta-alasta. Rakennuksen koko on 204 brm<sup>2</sup> ja ikkunoiden ala 51 m<sup>2</sup>. Samoilla rakenneratkaisuilla ja samalla ikkunoiden suhteellisella pinta-alalla (m<sup>2</sup>/brm<sup>2</sup>) toteutettu yksikerroksinen omakotitalo kuluttaa noin 6 % enemmän kuin käytetty tyyppitalo. Energiankulutuksen kannalta tulisi pyrkiä vaipan pinta-alan minimoimiseen suhteessa kokonaisalaan.

Rakennusten rakennusmateriaaleihin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Kaavoituksessa tulisi suosia puurakenteista aina kun mahdollista, jotta rakennusmateriaalien hiilidioksidipäästöt voidaan minimoida. Rakennusmateriaalien valmistuksesta aiheutuva kasvihuonepäästö on puupientalossa noin puolet kivirakenteisen pientalon päästöistä. Ero vastaa noin 8 vuoden matalaenergiapientalon lämmön- ja sähkönkulutusta, joten myös rakennusmateriaaliratkaisut ovat vaikutukseltaan merkittäviä.



**Kuva 22 Kivi- ja puupientalon hiilidioksidipäästöjen vertailu**

### Maankäyttö ja liikenne

Liikenteen energiatehokkuuden kannalta maankäytön suunnittelun peruslähtökohta on joukkoliikenteen ja kevyenliikenteen toimintaedellytysten parantaminen ja alueen oma palvelu- ja työpaikkatarjonta. Paikalliset kaupalliset palvelut, koulut, kirjastot, mahdolliset etätyöskentelypisteet, alueelliset työpaikat ym. vähentävät suoraan liikkumistarvetta.

Liikennejärjestelyiden osalta ulkosityötyyppinen maankäyttöratkaisu on usein toimiva, sillä se vähentää alueen sisäistä autoliikennettä, erityisesti läpiajoliikennettä ja parantaa liikenneturvallisuutta.

## Liitteet



Liite 1 Kaavarungon maankäyttökaavio



Liite 2 Kaavarungon havainnekuva