

# Ekologisesti kestävä pientaloasuminen

13 pientalon vertailu

Pekka Hänninen





# Ekologisesti kestävä pientaloasuminen

**13 pientalon vertailu**

**Pekka Hänninen**

Helsinki 2014

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 20 | 2014  
Ympäristöministeriö  
Rakennetun ympäristön osasto

Taitto: Marianne Laune  
Kansikuva: Pekka Hänninen

Julkaisu on saatavana vain internetistä:  
[www.ym.fi/julkaisut](http://www.ym.fi/julkaisut)

Helsinki 2014

ISBN 978-952-11-4324-3 (PDF)  
ISSN 1796-170X (verkkokj.)

## ESIPUHE

Pientaloasuminen on useiden selvitysten mukaan suomalaisten toiveiden mukainen asumismuoto. Pientaloasumiseen liitetään usein käsitteet vapaus, itsenäisyys ja oma rauha. Ympäristönäkökulmasta, esimerkiksi hiilijalanjäljeltään, pientalot ovat varsin kirjava joukko: niiden joukosta löytyvät sekä edistyksellisimmät ekologiset ratkaisut kuin energiaa tuhlaavimmat tapauksetkin. Koska pientalot edustavat valtaosaa Suomen asuntorakennusten energiankulutuksesta, niillä on merkittävä rooli myös maamme päästötavoitteiden saavuttamisessa.

Verrattaessa pientalon ekologista kestävyyttä kerrostaloon pientalo joutuu jo lähtökuopissa altavastaajan asemaan suuremman ulkovaipan alansa (→ suuremmat lämpöhäviöt) ja tehottomamman maankäytön (→ lisääntyvä liikenne) takia. Myös rakentamisen ohjauksen kannalta pientalot ovat haasteellisia. Omakotitalon rakennus- tai korjaushankkeeseen ryhtyvä on yleensä maallikko, jolle rakentamisen viranomais- ja laatuvaatimukset ovat hankala hallita. Toisaalta päätöksenteko verrattuna asunto-osakeyhtiöön on helpompaa, esimerkiksi siirryttäessä uusiutuvan energian käyttöön.

Tässä pienimuotoisessa selvityksessä tarkasteltiin pientalon ympäristöystävällisyyteen vaikuttavia tekijöitä. Selvityksen painopiste on asumisen energiankulutuksessa ja ilmastovaikutuksissa. Työssä tarkasteltiin 13 suomalaista, pääasiassa ekologisin tavoittein toteutettua pientaloa. Työn lähtöoletus korostaa tilatehokkuuden ja asukaskohtaisen tarkastelun merkitystä energiankulutuksen ja päästöjen laskennassa rakennus- ja neliökohtaisen tarkastelun rinnalla. Lopputulos osoittaaakin, että rakennuksen sijainnin ja ympäristöystävällisyyden lisäksi on tärkeää myös se, miten asumme.

Selvityksen tekijä Pekka Hänninen on muutama vuosi sitten kehittänyt nettipohjaisen, uudispientalojen ympäristöarviointiin tarkoitetun Rakentajan ekolaskurin, jota myös sovelletaan tässä selvityksessä. Tutkimuksen ohjausryhmässä toimivat allekirjoittaneen lisäksi Miimu Airaksinen VTT:ltä, Päivi Suur-Uski Motivasta sekä Kimmo Lylykangas Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas Oy:stä. Kiitokset heille kaikille.



## SISÄLLYS

<b>Esipuhe</b> .....	3
<b>A Tutkimuksen lähtökohdat</b> .....	7
Vertailussa 13 kohdetta .....	7
Ympäristömuutos ja asuminen .....	7
Kansainväliset ja kansalliset tavoitteet .....	8
Rakennusten energiatehokkuuden ohjaaminen .....	8
Kestävän asumisen päästötavoitteet .....	9
Tyypillinen pientalo Suomessa .....	10
Pientalojen energiankulutus .....	10
Hajaantuva yhdyskuntarakenne lisää päästöjä .....	11
Energian kulutuksen jakautuminen pientaloissa .....	11
Pientalojen kasvihuonekaasupäästöt .....	12
<b>B Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus</b> .....	13
Asumisen ekologisuus erilaisten kohteiden valossa .....	13
Tutkimuksessa käytetyt mittarit ja muuttujat .....	13
Tutkimuksen tarkkuus ja raportointi .....	14
<b>C Tutkimuskohteet</b> .....	15
<b>D Tutkimustulokset</b> .....	17
Rakentajan ekolaskuri .....	17
Rakennusten energiankulutus .....	19
Ostoenergian määrä kohteissa .....	20
Asumisen käytön aikaiset hiilidioksidipäästöt tutkimuskohteissa .....	22
Päärakenteiden hiilijalanjäljen vaikutus asumisen hiilidioksidipäästöihin .....	24
Kohteiden vertailu rakennusten elinkaarimittareilla REM .....	30
<b>E Yhteenveto ja johtopäätökset</b> .....	31
<b>F Liitteet</b> .....	37
Kohteiden esittelyt .....	37
Käytetyt käsitteet .....	50
<b>Kuvailulehti</b> .....	52
<b>Presentationsblad</b> .....	53





## A Tutkimuksen lähtökohdat

Asumisen osuus keskivertosuomalaisen ympäristökuormasta on huomattava. Ilmastoa lämmittävistä kasvihuonekaasupäästöistämme (kg CO<sub>2</sub>-ekv) neljännes syntyy asumisesta. Pientalojen osuus valtakunnan päästöistä on 10 %. Erot pientalojen välillä ovat huomattavan suuria. Suomessa on toteutettu vuosikymmenien saatossa useita energia- ja ekotehokkaita pientalokohteita, joista on mitattua energiankulutustietoa.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin esimerkkikohteiden avulla, mistä osatekijöistä ekologinen kestävyys muodostuu. Tutkimuksen päähuomio oli asukaskohtaisissa hiilidioksidipäästöissä.

Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuuden pientalokonseptien suunnittelussa sekä rakentamisen normiohjauksen kehittämisessä. Aineistoa voi soveltaa laajemmin muuhunkin rakentamiseen.

### Vertailussa 13 kohdetta

Tutkimuksessa verrattiin 13 olemassa olevan pientalon asumisen ekologista kestävyyttä. Mittareina käytettiin pisteitä Rakentajan ekolaskurissa ([www.rakentajanekolaskuri.fi](http://www.rakentajanekolaskuri.fi)), mitattua energiankulutusta ja energiankulutustietojen pohjalta laskettuja rakennusten käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä 50 ja 100 vuoden perspektiiveissä. Lisäksi viidestä kohteesta laskettiin päärakenteiden hiilijalanjälki.

Energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä tarkasteltiin rakennusta, asuinneliömetriä ja asukasta kohden.

Kohteet edustavat hyvin erilaisia ja erikokoisia pientaloja. Lisäksi niiden asukasmäärät vaihtelivat suuresti. Tutkimuksessa verrattiinkin erilaisia pientaloasumisen muotoja ja tapoja, ei niinkään taloja keskenään. Kohteista kymmenessä tavoitteena oli ollut eko- tai energiatehokas ratkaisu, kolme vertailukohdetta edustaa tavanomaisia pientaloja eri aikakausilta.

### Ympäristömuutos ja asuminen

Ilmastonmuutos etenee. Nykyisillä päästörajoitustoimilla ei ole todennäköistä, että ilmastonmuutoksen aiheuttama maapallon keskilämpötilan kohoaminen jäisi alle 2 asteen kriittisen rajan. Ihmiskunta käyttää luonnonvaroja 1,5 kertaa ja me suomalaiset 3 kertaa enemmän kuin mitä maapallo ehtii niitä tuottaa<sup>1</sup>. Luonnon monimuotoisuus hupenee kiihtyvällä tahdilla. Maapallon ekosysteemin huolestuttava tila johtuu pitkälti ihmisen toiminnasta: elämäntapamme eivät ole kestäväällä pohjalla.

<sup>1</sup> WWF: [Living planet](#) -raportti 2012

Rakentaminen ja rakennusten käyttö aiheuttavat noin 30 % Suomen kasvihuonepäästöistä. Pientalot aiheuttavat kolmanneksen rakennuskannan päästöistä eli 10 % Suomen hiilidioksidipäästöistä<sup>2</sup>. Yksilötasolla asumisen osuus on 24 % keski-vertosuomalaisen kasvihuonekaasupäästöistä<sup>3</sup>. Ei ole yhdentekevää, miten ja missä asumme.

Suomessa on 1,1 miljoonaa pientaloa. Asunnoista puolet on pientaloissa, ja niissä asuu 40 % suomalaisista<sup>4</sup>. Pientalojen suosio jatkaa kasvuaan: 55 % suomalaisista haluaisi asua edelleen tai tulevaisuudessa pientalossa<sup>5</sup>. Silti pientaloasumisen ympäristövaikutuksia ei juurikaan ole tutkittu. Pientalomarkkinoilla ympäristöystävällisinä markkinoidut ratkaisut painottuvat pääasiassa energiatehokkuuteen.

Olemassa olevat pientalot ovat monenkirjavia. Niistä 75 % on rakennettu ennen vuotta 1990, ja valtaosassa energia- ja ekotehokkuus vastaa aikakaudelle tyypillistä tasoa<sup>6</sup>. Pientalojen ja niiden asukkaiden erilaisuus vaikeuttaa yleispätevien energia- ja ekotehokkaiden ratkaisujen kehittämistä, mutta toisaalta pientaloissa päätöksenteko on nopeampaa ja helpompaa verrattuna asuinkerrostaloyhtiöihin.

Käsillä olevassa tutkimuksessa kartoitetaan niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat pientaloasumisen ekologiseen kestävyYTEEN. Millä tekijöillä voitaisiin parantaa energia- ja ekotehokkuutta ja pienentää hiilijalanjälkeä niin olemassa olevissa kuin tulevissa kodeissa? Kuinka säästää luonnonvaroja ja turvata luonnon monimuotoisuuden säilyminen asumisen näkökulmasta? Tutkimuksen pääpaino on pientaloasumisen asukaskohtaisessa hiilijalanjäljessä.

## Kansainväliset ja kansalliset tavoitteet

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi EU on asettanut tavoitteekseen kasvihuonepäästöjen vähentämisen 20 prosentilla, energiatehokkuuden lisäämisen 20 prosentilla ja uusiutuvien energiamuotojen tuotannon lisäämisen 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoteen 1990. Suomi on sitoutunut nostamaan uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisen 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä.

Vireillä olevaan Ilmastolakiin on tavoitteena kirjatta vähintään 80 prosentin päästövähennystavoite vuoteen 2050 mennessä<sup>7</sup>.

## Rakennusten energiatehokkuuden ohjaaminen

Uudisrakentamisen energiamääräyksiä on kiristetty viime vuosikymmenen aikana useita kertoja. Uudet 2012 voimaan tulleet rakentamisen energiamääräykset ohjaavat energiatehokkuuden paranemiseen ja päästöjen pienentämiseen. Rakennuksen vaipan lämpöhäviöiden tarkastelusta on siirrytty kokonaisenergiatarkasteluun, jossa myös energian tuotantomuoto vaikuttaa lopputulokseen. Myös korjausrakentamiselle on viime vuonna laadittu energiamääräykset.

Rakentamisessa on tavoitteena lisätä uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämistä rakennuksissa ja siirtyä lähes nollaenergiarakentamiseen 2020 mennessä. Tällöin rakennukset tuottavat lähes yhtä paljon energiaa kuin kuluttavat.

<sup>2</sup> [Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt](#), Sitran selvityksiä 39, 2010

<sup>3</sup> SYKE: [Suomen ympäristön mittarit 2011](#)

<sup>4</sup> Tilastokeskus: [Asunnot ja asuinolot 2012](#)

<sup>5</sup> Anna Srandell: [Asukasbarometri 2010](#), Suomen ympäristö 31/2011

<sup>6</sup> Satu Paiho ym: [Pientalojen korjauspalvelut](#), VTT 2012

<sup>7</sup> Ympäristöministeriön [tiedote](#) 5.6.2014

Energiatodistus on työkalu rakennusten energiatehokkuuden vertailuun esimerkiksi myyntitilanteessa. Energiatodistuslainsäädäntö uusiutui v. 2013. Todistuksen laatii ammattilainen, ja se pohjautuu laskennalliseen kulutukseen. Todistus sisältää myös säästösuosituksia.

Tarkempaa tietoa rakennusten energiamääräyksistä ja energiatodistuksista Ympäristöhallinnon sivuilta.

Rakennusten käyttäjillä on huomattava vaikutus energiankulutukseen. Asukkaita on kannustettu energiansäästöön lukuisilla ohjelmilla ja kampanjoilla, joista voidaan mainita esimerkiksi Motivan koordinoima [Kuluttajien energianeuvonta](#) tai ympäristöministeriön *Kestävän kulutuksen ja tuotannon* -ohjelma. Energiansäästöillä on ympäristövaikutusten lisäksi taloudellisia säästövaikutuksia kuluttajille.

## Kestävän asumisen päästötavoitteet

Mitkä olisivat ilmastonäkökulmasta asumisen kohtuulliset päästöt? Paljonko asumisen osalta päästöjä tulisi vähentää? ICPP (International Conference of Parallel Processing) on määritellyt kestäväksi päästörajaksi maapallon ihmistä kohden 1000 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Jotta tähän päästäisiin, päästöjä tulisi globaalisti vähentää 40–70 %. Suomessa, jossa muiden teollisuusmaiden tavoin energiaa kulutetaan paljon, päästöjä tulisi vähentää nykyisestä vähintään 80 %, johon Ilmastolakikin tähtää.

Keskivertosuomalaisen asumisesta aiheutuvat kasvihuonepäästöt (rakentaminen, käyttö, ylläpito, kunnostaminen ja asumispalvelut mukaan lukien) ovat nykyisin 2 730 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa <sup>8</sup>. Jos tästä leikataan Suomen päästövähennystavoite 20 % 2020 mennessä, jäisi jäljelle 2180 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Vastaavasti 80 %:n päästövähennystavoite vuoteen 2050 mennessä tarkoittaisi 550 kg:n asukaskohtaisia asumisen CO<sub>2</sub>-ekv -päästöjä vuodessa.

Sveitsiläinen Novatlantis -tutkimuslaitos on kehittänyt mallin 2000 watin yhteiskunnasta <sup>9</sup>, jossa yksilön energiankulutus on rajattu 2000 watin tehoon eli 17 500 kWh:n kulutukseen vuodessa. 2000 watin yhteiskunnassa 2/3 energiasta tuotettaisiin uusiutuvilla energiamuodoilla, jolloin henkeä kohden hiilidioksidipäästöt jäisivät 1000 kiloon. Tutkimuslaitoksen mukaan tämä taso voitaisiin saavuttaa vuoteen 2050 mennessä alentamatta kehittyneen maailman ihmisten elintasoja mm. vähentämällä fossiilisten polttoaineiden kulutusta 80 %, siirtymällä uusiutuviin energialähteisiin ja lisäämällä kierrätystä.

Ruotsalaisessa *One tonne life* <sup>10</sup> -tutkimuksessa tavallisen nelihenkisen perheen jäsenet onnistuivat vähentämään omia henkilökohtaisia päästöjään liki 80 % eli 7 500 kilosta 1 500 hiilidioksidikiloon vuodessa. Muutos edellytti paitsi siirtymistä asumaan plusenergiataloon myös puuttumista jokapäiväisiin kulutustottumuksiin. Kokeen tulos on rohkaiseva – pohjoismaainen normiperhe voi ylittää jo nykytekniikoilla lähelle ilmaston kannalta kestävää hiilijalanjälkeä.

Edellisten perusteella voidaan pitää 550 kg CO<sub>2</sub>-ekv asumisen ilmaston lämpenemisen kannalta tavoiteltavina ja mahdollisina päästöinä henkeä kohden vuodessa. Tähän viitteelliseen lukuun suhteutetaan myös tämän tutkimuksen pientalojen asukkaiden asumisen hiilijalanjälki eri skenaarioissa. Asumisen 550 kg CO<sub>2</sub>-ekv päästötavoite on tämän raportin tekijän esittämä, ei yleinen ”virallinen” tavoite.

<sup>8</sup> SYKE: [Suomen ympäristön mittarit 2011](#), s 9

<sup>9</sup> [www.novatlantis.ch/](http://www.novatlantis.ch/)

<sup>10</sup> [onetonnelifelife.com](http://onetonnelifelife.com)

## Tyypillinen pientalo Suomessa

Pientaloasumisella on Suomessa pitkät perinteet. Nykyinen pientaloasuminen on vuosisataisen hirsirakentamisperinteen jatkumo. Sanonnat ”oma tupa, oma lupa” tai ”punainen tupa ja perunamaa” kuvastavat suomalaista ajattelua asumisesta.

**Pientaloilla** tarkoitetaan Tilastokeskuksen<sup>11</sup> mukaan omakotitaloja, paritaloja sekä kaksikerroksisia omakotitaloja, joissa on kaksi asuntoa. Erillispientalolla tarkoitetaan omakotitaloa. Paritaloasunto on erillispientaloa hieman energiatehokkaampi, sillä siinä on vähemmän ulkoseinää asuntoa kohden.

Nykyään keskimääräinen pientaloasunto on kooltaan 109,5 m<sup>2</sup> ja siinä asuu 2,59 henkilöä<sup>12</sup>. Keskimäärin asutokunnan koko Suomessa on 2,06 henkilöä, joten pientaloissa asuu keskimäärin suurempia ruokakuntia kuin asunnoissa keskimäärin. Vuonna 1970 keskivertoasukuntaan kuului 3 henkilöä. 1970 asukasta kohden asuntoneliöitä oli 20, mutta 2013 jo 40, ja pientaloissa käytettäviä neliöitä on 43. Yli 80 % pientaloista on puurunkoisia.

Tilaston mukaan omakotitalon omistaa todennäköisimmin asutokunta, jonka vanhin henkilö oli 45-74-vuotias. 46 % tämän ikäluokan asutokunnista asui omistamassaan omakotitalossa. Kerrostaloasunnoista puolet on vuokra-asuntoja ja rivitaloasunnoista kolmannes, mutta omakotitaloasunnoista vain 3 %.

Pientalojen koko ja asumisväljyys ovat jatkuvassa kasvussa. Uudet vuonna 2012 valmistuneet pientalot olivat kerrosaltaan keskimäärin 144 m<sup>2</sup> ja niissä asui 3,31 henkeä<sup>13</sup>. Uusissa pientaloissa asutaan siis hieman keskimääräistä väljemmin, mutta suuremmissa ruokakunnissa. Pientalojen kokoerot ovat huomattavia, eivätkä yli 200 m<sup>2</sup> talot ole harvinaisia.

## Pientalojen energiankulutus

Pientalojen osuus rakennuskannan energiankulutuksesta on 38 % ja hiilidioksidipäästöistä kolmannes<sup>14,15</sup>. Suomen kokonaispäästöistä pientalot aiheuttavat 10 %. Keskimäärin pientaloissa kulutetaan energiaa vajaa 40 000 kWh vuodesta<sup>16</sup>. Keskiarvopientalon energiankulutus neliötä kohden on 260 kWh / m<sup>2</sup> ja asukasta kohden 13 700 kWh vuodessa keskimääräisellä pientalojen asutokunnan koolla (2,6) laskettuna.

Kerros- ja rivitalojen osuus rakennuskannan energiankulutuksesta on 25 % ja hiilidioksidipäästöistä kolmannes. Kerrostaloasuntoa kohden energiaa kuluu keskimäärin noin 14 500 kWh, neliötä kohden 200 kWh ja asukasta kohden 10 000 kWh. Rivitaloasuntoa kohden energiaa kuluu keskimäärin noin 17 200 kWh, neliötä kohden 200 kWh ja asukasta kohden 9 500 kWh vuodessa.

Pientaloissa kulutetaan siis kerros- ja rivitaloja enemmän energiaa niin kokonaisuudessaan kuin neliötä ja asukasta kohden tarkasteltuna. Pientaloissa hyödynnetään kuitenkin kerros- ja rivitaloja enemmän uusiutuvia energiamuotoja, jolloin hiilidioksidipäästöt jäävät niissä pienemmiksi suhteessa kulutetun energian määrään.

<sup>11</sup> <http://www.stat.fi/meta/kas/pientalo.html>

<sup>12</sup> Tilastokeskus: [Asutokunnat ja asuinolot 2012](#)

<sup>13</sup> Marja Hermiö/Tilastokeskus, sähköpostiviesti 22.1.2014

<sup>14</sup> [Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt](#), Sitran selvityksiä 39, 2010

<sup>15</sup> Tilastokeskus: [Asumisen energiankulutus vuosina 2008 – 2012](#)

<sup>16</sup> Jonna Hakala: Tilastokeskus, sähköpostiviesti 31.3.2014

## Hajaantuva yhdyskuntarakenne lisää päästöjä

Pientaloja rakennetaan usein taajamien ulkopuolelle missä maa on edullisinta. Pientaloasumiseen liittyy usein runsas yksityisauton käyttö. Kerrostaloasukkaista reilulla 60 %:lla on auto käytössään, kun omakotiasujista runsas 80 % omistaa auton. Kerrostalotalouksista autottomia on 35 % ja kahden tai useamman auton talouksia reilu 10 %. Omakotitalouksista vain muutama prosentti on autottomia ja kahden tai useamman auton talouksia on peräti 60 % ja harvan pientaloasutuksen alueilla kaksi tai useampi auto on peräti 72 %:lla talouksista <sup>17</sup>.

Keskimäärin autolla ajetaan 18 800 km vuodessa ([Tullin tilasto](#), 2014) ja keskipäästöt ovat 167 g CO<sub>2</sub>-ekv / km ([VTT:n Lipasto -tietokanta](#), päivitetty 2012). Näin keskimääräisen auton päästöt keskimääräisellä ajolla ovat 3100 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa, joka on 60 % uuden sähkölämmitteiden omakotitalon käytön aikaisista päästöistä vuodessa. Peräti 60 %:lla pientalotalouksista on vähintään kaksi autoa, harvaan asutuilla pientaloalueella 80 %:lla. Kahden auton päästöt keskimääräisillä ajokilometreillä ja päästöillä laskettuna ovat 6200 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa eli suuremmat mitä uuden sähkölämmitteisen omakotitalon käyttö aiheuttaa.

Uudet (vuonna 2012 ja sen jälkeen valmistuneet) pientalot kuluttavat suuremmasta koostaan huolimatta vanhoja vähemmän energiaa, tyypillisesti 20 000 kWh vuodessa. Uusien erillispientalojen keskimääräinen energiankulutus oli 139 kWh / m<sup>2</sup> ja 6000 kWh/asukas vuodessa keskimääräisellä asuntokunnan koolla (3,3) laskettuna.

Kokonaisuudessaan energiankulutus on viisinkertaistunut Suomessa vuodesta 1950 ja lähes kaksinkertaistunut vuoden 1970 jälkeen. Kuten edellä todettiin, on asumisväljyys myös kaksinkertaistunut vuodesta 1970 vuoteen 2013. Energiankulutuksen kasvu on kuitenkin taittunut 2000-luvulla osin teollisuuden energiankulutuksen vähenemisestä johtuen <sup>18</sup>.

## Energian kulutuksen jakautuminen pientaloissa

Käytön aikainen energiankulutus jakautuu pientaloissa Motivan mukaan seuraavasti: tilojen lämmitys 50 %, lämpimän käyttöveden tuotto 20 % ja sähkönkulutus 30 %. Rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisvaiheen osuus rakennuskannan koko elinkaaren energiankulutuksesta on noin 10–20 %.

Rakennusten muuttuessa energiatehokkaammiksi tilojen lämmittämisen, sähkön, lämpimän käyttöveden ja rakentamisvaiheen suhteelliset osuudet elinkaaren aikaisesta energiankulutuksesta tasoittuvat. Kotitaloussähkön ja lämpimän käyttöveden säästämisen lisäksi talojen rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisvaiheen energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt korostuvat. Rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisvaiheen osuus energiatehokkaiden passiivitasoisten pientalojen koko elinkaaren energiankulutuksesta on noin 30–40 %.

Myös asukkaiden asumistottumuksilla on huomattava vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Erot energiankulutuksessa eri perheiden välillä samanlaisissa asunnoissa voivat olla 30 %, ääritapauksissa jopa 50 % <sup>19</sup>. Ääritapausten välillä ero voi siis olla 4–5 -kertaiset asukasta kohden. Sisälämpötila, sähkölaitteiden määrä ja käyttö ja lämpimän veden kulutus vaikuttavat eroihin.

<sup>17</sup> Anna Srandell: [Asukasbarometri 2010](#), Suomen ympäristö 31/2011

<sup>18</sup> SYKE: [Ympäristön tila Suomessa 2013](#)

<sup>19</sup> Erat ja Palttala: [Kestävä kylä pohjoisissa olosuhteissa](#). Suomen ympäristö 32/2009

## Pientalojen kasvihuonekaasupäästöt

Pientaloasumisen elinkaaren päästöihin vaikuttavat rakennuksen sijainti, rakentamisvaiheen ja materiaalien tuotannon energiankulutus, rakennuksen energiatehokkuus, käytetyn energian tuotantotapa ja käyttäjien asumistottumukset. Sijainti vaikuttaa yksityisauton käyttöön, ja liikkumisesta aiheutuvat päästöt voivat olla samaa suuruusluokkaa kuin talon käytöstä aiheutuvat. Rakentamisen ja rakennustuotteiden valmistamisen päästöt ovat nykyisten olemassa olevien rakennusten osalta 10–20 % elinkaaren päästöistä ja passiivitasoisessa rakennuksessa 20–40 % luokkaa.

Tilastokeskuksen mukaan suomalaisista pientaloista 43 %:ssa on sähkölämmitys, 23 %:ssa puu- tai pellettilämmitys, 18,5 %:ssa öljylämmitys, 7 %:ssa alue- tai kaukolämpö ja 7 %:ssa maalämpö päälämmitysmuotona<sup>20</sup>. Kerrostaloista valtaosa kuuluu kaukolämmön piiriin. Eri energialähteiden hiilidioksidipäästöjä on vertailtu taulukossa 3.

Sähköntuotannon ominaispäästökertoimella laskettuna saadaan tyypillisen sähkölämmitteisen pientalon (109 m<sup>2</sup>, kulutus 30 000 kWh sähköä) hiilidioksidipäästöiksi 8190 kiloa vuodessa. Neliötä kohden tämä tarkoittaa 75 kg ja asukasta kohden keskimääräisellä ruokakunnan koolla (2,6) laskettuna 3174 kg. Öljy- tai kaukolämpöalojen päästöt ovat samaa suuruusluokkaa.

Olemassa olevien pientalojen energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää monella tapaa. Enete -tutkimusraportin mukaan sähkölämmitteisen pientalon sähkönkulutusta voidaan leikata jopa 70 %<sup>21</sup>. Nykyisten rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ja siirtyminen uusiutuvan energian käyttöön ovat tärkeitä edellytyksiä valtakunnallisten päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa.

Energiatehokkuusmääräysten tiukentumisen myötä uusien pientalojen energiatehokkuus on koko kannan keskiarvoa parempi. Myös vähäpäästöisten lämmitysmuotojen käyttö uudisrakentamisessa yleistyy. 2010-luvulla maalämpöpumppujen osuus pientalojen päälämmitysmuotona ohitti suosiossa suoran sähkölämmityksen<sup>22</sup>.

Tyypillisen uuden (vuonna 2012 tai sen jälkeen) valmistuneen omakotitalon (144 m<sup>2</sup>, 3,3 asukasta ja kulutus 20 000 kWh) keskimääräiset hiilidioksidipäästöt ovat sähkön ominaispäästökertoimella laskettuna 5460 kiloa vuodessa. Neliötä kohden tämä tarkoittaa 38 kg ja asukasta kohden 1650 kg CO<sub>2</sub>-ekv päästöjä vuodessa. Öljy- tai kaukolämpöalojen päästöt ovat samaa suuruusluokkaa.

Pientaloissa uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen on helpompaa kuin kerros- ja rivitaloissa. Niissä on asuntoa kohden huomattavasti enemmän kattopinta-alaa, jota voi hyödyntää aurinkosähkön ja -lämmön tuottamiseen. Myös pientalojen suhteessa suuremmat piha-alueet mahdollistavat maalämmön hyödyntämisen kerros- ja rivitaloasumista paremmin. Pientaloissa on usein myös enemmän varastotilaa puu- tai hakelämmityksen tarpeisiin. Lisäksi päätöksenteko omakotitalossa on helpompaa kuin kerros- ja rivitaloissa. Pientaloissa on edelleen suuri potentiaali uusiutuvien energiamuotojen tuntuvaan lisäämiseen.

<sup>20</sup> Tilastokeskus, ympäristö ja energia 2012

<sup>21</sup> [ENETE-loppuraportti](#)

<sup>22</sup> [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta), sivua katsottu 24.01.2014

## B Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

Tutkimuksessa kartoitettiin niitä tekijöitä, joista pientaloasumisen ekologinen kestävyys muodostuu. Tutkimuksen ydinkysymys kuuluu: Onko ekologisesti kestävä asuminen ylipäänsä pientalossa mahdollista ja mikä lopulta tekee asumisesta ekologisesti kestävä: energiatehokkuus, energiantuotantomuoto vai rakennusmateriaalit? Talo vai sen asukkaat?

Tutkimuksessa pyrittiin löytämään ne keskeiset tekijät, jotka tekevät pientaloasumisesta ekologisesti kestävämmän ja toisaalta arvioimaan, millä keinoilla vuosien 2020 ja 2050 päästötavoitteisiin voitaisiin pientaloasumisessa päästä. Tutkimuksen painopiste on energiankulutuksessa ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Käytössä olevien rakennus- ja neliömetrikohtaisten tarkastelujen lisäksi selvityksessä painotettiin asukaskohtaisten päästöjen laskentaa.

### Asumisen ekologisuus erilaisten kohteiden valossa

Tutkimuksessa tarkasteltiin 13 kotimaista pientaloa, joista 10:ssä alkuperäisenä tavoitteena oli energia- ja ekotehokkuus. Kolme vertailukohtetta edustaa tavanomaisempia pientaloja, joihin myös liittyi energiatehokkuustavoitteita. Kohteet ovat valmistuneet eri vuosikymmeninä ja edustavat erilaisia tapoja lähestyä ekologista kestävyyttä.

Vertailukriteereinä käytettiin mitattua energiankulutusta, asumisen (sähkö + lämmin käyttövesi + lämpö) ja koko elinkaaren hiilidioksidipäästöjä sekä arviointia pientalojen ekologisen kestävyuden arviointiin kehitetyssä *Rakentajan ekolaskurissa*.

Energiankulutusta sekä asumisen hiilidioksidipäästöjä verrattiin suhteessa lämmitettävään nettopinta-alaan sekä asukasmäärään.

Tutkimuksessa ei ole pyritty asettamaan kohteita paremmuusjärjestykseen, vaan vertaamaan pikemminkin ominaisuuksia ja toimintatapoja. Tutkimuskysymyksiä lähestytään aihepiireittäin.

### Tutkimuksessa käytetyt mittarit ja muuttujat

**Rakentajan ekolaskuri** ([www.rakentajanekolaskuri.fi](http://www.rakentajanekolaskuri.fi)) on verkkotyökalu, jolla voidaan arvioida pientalon ekologista kestävyyttä kokonaisvaltaisesti. Laskuri kehitettiin Helsingin rakennusvalvontaviraston hankkeena v. 2005 ja sitä kehitettiin edelleen 2011. Laskurin kriteerien valinta ja pisteytys tehtiin asiantuntijakyselyn pohjalta.



Kohteiden **energiankulutustiedot** perustuvat asukkaiden ilmoittamiin kulutuslukemiin ja arvioihin mm. polttopuumääristä. Mikäli kohteesta on julkaistu seuranta tutkimus, on käytetty tämän energiatietoja. Muutoin energiatiedoissa on pyritty käyttämään mahdollisimman pitkän aikavälin keskiarvoa. Kohteiden energiatiedot saattavat olla eri vuosilta, eikä energiankulutusta ole suhteutettu astepäivälukuun, koska kaikista kohteista ei ole eriteltyä tietoa energiankulutuksen jakautumisesta. E- ja/tai ET-luku on ilmoitettu, mikäli se on ollut tiedossa.

Rakennusten **käytönaikaisten hiilidioksidipäästöjen** arvioinnissa on mitattu energiankulutus kerrottu käytettyjen energiamuotojen päästökertoimilla. Päästölaskelemissa on käytetty sähköntuotannon keskipäästöjä, vuosien 2020 ja 2030 tavoitteellisia sähkön- ja kaukolämmön päästökertoimia sekä Green Building Council Finlandin kehittämän *Rakennusten elinkaarimittariston* kertoimia.

Edellisten lisäksi viidestä kohteesta on tutkittu seuraavat tiedot:

**Päärakenteiden hiilijalanjälki** on selvitetty käyttäen pohjana Suomen ympäristökeskuksen kehittämää SYNERGIA -hiilijalanjälkityökalua. SYNERGIA -työkaluun päädyttiin, vaikka sen kertoimet perustuvat jo vanhentuneisiin ympäristöselosteisiin ja tausta-aineisto on muutoinkin paikoin puutteellinen, koska työkalu on avoin ja muokattavissa.

SYNERGIA -työkalun kertoimia on paikoin korvattu uudemmilla, jotka on saatu mm. ILTA työkalusta, Rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia -raportista ja sen taustaraportista sekä vanhasta Rakennusten ympäristöselosteet -raportista. Poikkeava lähde on mainittu hiilijalanjälkilaskelmissa. Hiilijalanjälki on ilmoitettu rakennuksen osalta sekä rakennusosakohtaisesti kiloina ja prosentteina.

**Rakennusten elinkaarimittaristo (REM)** on vapaaehtoinen rakennusten koko elinkaaren ympäristövaikutuksia arvioiva työkalu, jonka laskentamenetelmät pohjautuvat kansainvälisiin standardeihin. Mittaristoon liittyvä verkkopohjainen laadintatyökalu on tätä kirjoitettaessa valmisteilla. Pientaloihin työkalua käytettiin soveltaen.

## Tutkimuksen tarkkuus ja raportointi

Tutkimushankkeen resursseista johtuen hiilijalanjälkilaskelmat rajattiin kohteiden pääraakenteisiin. Energiankulutustiedot ovat asukkaiden ilmoittamia, eikä niitä ole erikseen tarkistettu.

Tutkimuksen raportoinnissa on pyritty noudattamaan REM-mittariston ohjeita. Rakennusten elinkaarimittarit pyrkivät yhdenmukaistamaan laskentatapoja, mutta antavat samaan aikaan varsin vapaat kädet mitata ja soveltaa ohjeita.

Tässä tutkimuksessa ja raportissa hiilidioksidipäästöillä tarkoitetaan hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä (kg CO<sub>2</sub>-ekv).



## C Tutkimuskohteet

Kohteet edustavat erilaisia tapoja lähestyä energiatehokkuutta ja ekologista kestävyyttä. Useista kohteista on julkaistu seurantatutkimus. Kohteista 10 suunnittelun ja toteutuksen lähtökohtana on energia- tai ekotehokkuus. 3 vertailukohdetta edustaa tavanomaista pientalorakentamista eri vuosikymmeniltä. Näissäkin kohteissa on pyritty energiatehokkuuteen.

- **Villa Solbranten**, Espoo 1978, on ensimmäisiä ekotaloja Suomessa. Rakennuksen arkkitehtuurin lähtökohtana ovat energiatehokkuus, uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen, kestävä elämäntapa ja luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen. Kohteesta on 1979 tehty VTT:n seurantatutkimus.
- **IEA5**, Pietarsaari 1994, asuntomessuille valmistunut energiatehokas ja uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävä erillispientalo. Se on kohteista ainut, joka tuottaa sähköä auringon avulla. Kohteesta on 1994–95 tehty VTT:n seurantatutkimus.
- **Tapanilan ekotalo**, Helsinki 1997, toteuttaa ekologista kestävyyttä tiiviissä kaupunkioiloissa. Siinä on luonnollinen eli painovoimainen ilmanvaihto. Päälämmitysmuotona on kaukolämpö varaavalla tulisijalla ja passiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä avitettuna. Kohteesta on 1997 tehty VTT:n seurantatutkimus.
- **Rannanpeltotalo**, Suomensjärvi 1997, on puurakenteinen matalaenergiatalo, joka hyödyntää uusiutuvia energiamuotoja. Kohteessa on pyritty monin tavoin edistämään kestävä elämäntapaa: se on mm. kohteista ainut, jossa on kuiväkäymälä. Kohteesta on 2001 tehty seurantatutkimus. Energiankulutustiedot perustuvat 1997–2013 keskiarvoon!
- **Tikkurilan passiivitalo**, Vantaa 2009, maamme ensimmäinen VTT:n sertifioima passiivitalo.
- **Littoisten passiivitalo**, Kaarina 2009, Keskieurooppalaisen passiivitalostandardin täyttävä äärimmäisen energiatehokas harkkorakenteinen erillispientalo, jossa on savukaasujen lämmön talteenotto ja aurinkokeräimiä.
- **Karjaan ekotalo**, Karjaa 2010, painovoimaiseen ilmanvaihtoon ja puulämmitykseen nojautuva puurakenteinen erillispientalo.
- **Kilon ekotalo**, Espoo 2010, painovoimaiseen ilmanvaihtoon ja maalämpöön nojautuva puurakenteinen erillispientalo.
- **Oulun passiivitalo**, Oulu 2011, puurakenteinen passiivitalo, joka hyödyntää aurinkoenergiaa ja puulämmitystä.
- **As Oy Kellokas**, Helsinki 2012, kahden paritalon/pienkerrostalon kokonaisuus, jossa kestävyyttä on lähestytty ekologisesta, sosiaalisesta ja taloudellisesta näkökulmasta.

Edellisten lisäksi tutkimukseen otettiin verrokkikohteiksi 3 "tavallista" pientaloa, joista 2 on Motivan ELVARI -hankkeesta. Näiden energiankulutustiedot on selvitetty tarkkaan.

- **Rintamamiestalo**, Riihimäki, 1953. Tyypillinen rintamamiestalo, jonka energia-tehokkuutta on pyritty parantamaan. Talossa on kaksi varaavaa "pönttöuunia". Kohde on mukana Motivan Elvari-hankkeessa.
- **2000-luvun pientalo**, Riihimäki 2009, tyypillinen 2010-luvun omakotitalo. Talossa on suora sähkölämmitys sekä varaava takka. Talo on mukana Motivan Elvari-hankkeessa, ja sen energiankulutusta on pyritty pienentämään monin tavoin.
- **1940-luvun pientalo**, 1940 valmistunut erillispientalo, jota on 1954 laajennuksen jälkeen pidetty jokseenkin alkuperäisessä tilassa. Rakennukseen lisättiin ilma-vesilämpöpumppu 2007. Rakennuksen asukkaiden alhainen energiankulutus ja hiilijalanjälki perustuvat kohtuullisiin elämäntapoihin. Sisälämpötilana on pidetty 21 astetta, joten asumismukavuudesta ei kuitenkaan ole tingitty.

Viisi kohdetta (Rannanpeltotalo, Oulun passiivitalo ja Littoisten passiivitalo sekä Elvari hankkeen kohteet 2000-luvun omakotitalo Riihimäellä ja rintamamiestalo Riihimäeltä) tutkittiin tarkemmin ja niistä laskettiin myös päärakenteiden hiilijalanjälki.

Lisäksi taulukoissa ovat mukana vertailun vuoksi tilastollinen keskivetopientalo sekä tyypillinen 2010-luvun pientalo. Ne ovat teoreettisia ja niiden päästöt on laskettu olettaen, että taloissa olisi suora sähkölämmitys.

Kohteiden ominaisuuksia on esitelty taulukossa 1. Tarkemmat kohdekuvaukset liitteessä.

Taulukko 1, kohteet.

Kohde	Kohdetiedot				Materiaali		Ilmanvaihto		Päälämmitysmuoto				Täydentävä energiantuotanto				
	Lämmitettävä ala	Asukkaita	Pinta-ala m <sup>2</sup> / asukas	Ostosähkö kWh / v	Puurakenteinen	kivirakenteinen	Koneellinen IV	Painovoimainen IV	Sähkölämmitys	Kaukolämpö	Puu/pellettilämmitys	Maalämpö	Ilma-vesi-lämpöpumppu	Aurinkolämpökeräin	Aurinkosähköpaneeli	Tulisia lisänä	Ilmalämpöpumppu
Villa Solbranten, Espoo, 1978	225	4	56	13507	X		X		(X)					X		X	
IEA5, Pietarsaari, 1994	166	2,6	64	7600	X		X				X			X	X		
Tapanilan ekotalo, Helsinki, 1997	217	4	54	26500	X			X		X						X	
Rannanpelto, Suomensjärvi, 1997	155	2	78	15592	X		X			X				X			
Tikkurilan passiivitalo, 2009	187	2	94	11232		X	X		(X)							X	
Karjaan ekotalo, Karjaa, 2010	92	3	31	17000	X			X		X						X	
Kilon ekotalo, Espoo, 2010	188	4	47	14100	X			X			X					X	
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	231	5	46	9600		X	X			X				X		X	
Passiivitalo, Oulu, 2011	164	4	41	11200	X		X		(X)					X		X	
As Oy Kellokas, Helsinki, 2011	304	8	38	33600		X	X				X			X		X	
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	212	2	106	18843	X			X	X							X	X
2000-luvun pientalo, Riihimäki,	104	2	52	8781	X		X		X							X	X
1940-luvun pientalo, Vantaa, 1940/54	90	4	23	12000	X			X				X					
Ka omakotitalo Suomessa (kaikki)	110	2,58	43	40000					X								
Ka omakotitalo Suomessa (2012 > )	144	3,31	44	20000					X								

## D Tutkimustulokset

Kohteita on tarkasteltu Rakentajan ekolaskuri -verkkotyökalun avulla sekä verrattu kohteiden mitattua energiankulutusta ja käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä suhteessa rakennuksen pinta-alaan ja asukasmääriin. Hiilidioksidipäästöjä on haarukoitu käyttäen eri päästöskenaarioita (mm. nykyiset energiantuotannon keskipäästöt sekä TEM:in tavoitteelliset päästöt vuosille 2020 ja 2030). Lisäksi viidestä kohteesta on laskettu pääarakenteiden hiilijalanjälki ja arvioitu rakennusten rakenteiden ja käytön yhteenlaskettuja hiilidioksidipäästöjä 50 ja 100 vuoden perspektiivissä.

### Rakentajan ekolaskuri

Rakentajan ekolaskuri ([www.rakentajanekolaskuri.fi](http://www.rakentajanekolaskuri.fi)) on 2005–2011 toteutettu verkkotyökalu, jolla voidaan arvioida pientalon ekologista kestävyyttä monipuolisesti. Laskurin monivalintakysymykset on jaettu ryhmiin (kts. taulukko 2), joista ensimmäiset koskevat rakennuspaikan ominaisuuksia (maksimipistemäärä 24) ja loput itse rakennusta (maksimipistemäärä 80).

Rakennuksen energia- ja materiaalitehokkuuden lisäksi pisteytyksessä on pyritty huomioimaan mm. luonnon monimuotoisuuden säilyminen, tilojen muunneltavuus, kierrätys ja pihan ominaisuudet. Pisteytys toteutettiin noin 20 asiantuntijan antamien painotuskertoimien perusteella. Osa laskurin kriteereistä on ei-mitattavia arvoja. Pisteytys on laatijoidensa näkemysten keskiarvo (vrt. taulukko 2 maksimipisteet). Laskurin ensisijainen tarkoitus on tutustuttaa pientalorakentajat ekologisiin kysymyksiin.

Laskuri täytettiin yhdessä asukkaiden ja tutkimuksen tekijän kanssa, jolla pyrittiin saamaan kohteiden tuloksista keskenään mahdollisimman vertailukelpoisia.

### Kohteiden saamat pisteet Rakentajan ekolaskurissa

**Taulukosta 2** ilmenee kohteiden saamat pisteet Rakentajan ekolaskurissa. Yleisesti voi sanoa, että kaikilla kohteilla oli hyvät ja heikommat puolensa. Yksikään kohde ei ollut ”täydellinen”. Pisteet osuivat 65–80 välille. Maaseutukohteet menettivät pisteitä mm. palveluiden puuttumisen takia verrattuna kaupunkikohteisiin. Kaikkien kohteiden pisteitä ei saatu.

Kokonaistarkastelussa eniten pisteitä sai Littoisten passiivitalo (80/104), jonka energiankulutus ja ostoenergian määrä ovat kohteista alhaisimmat ja käytetty energia on tuotettu pitkälti uusiutuvilla energiamuodoilla. Lisäksi kohde sijaitsee monipuolisten palveluiden äärellä ja sähkön ja lämpimän käyttöveden säästämiseen on kiinnitetty monin tavoin huomiota.

Rannanpeltotalo sai eniten pisteitä, kun tarkastellaan pisteitä pelkän rakennuksen osalta (58/80). Rakennuksen suunnittelussa on pyritty energia- ja materiaalitehokkuuden lisäksi vahvasti tukemaan asukkaiden pyrkimystä kestäväan elämäntapaan.

Kohde on ainut, jossa on kompostikäymälä, ja jätevedet puhdistetaan omalla tontilla. Tontilla on suuri kasvimaata.

Muuten tutkitut talot asettuivat melko samalle viivalle ja kuten edellä todettiin, jokaisella kohteella on vahvuutensa ja heikkoutensa. Varsinkin veden, mutta usein myös sähkön, säästämiseen tähtäävät toimenpiteet olivat eniten lapsipuolen asemassa.

Kohteiden saamat pisteet vahvistavat käsitystä siitä, että kestäväan lopputulokseen on monta erilaista tietä. Sijainti yhdyskuntarakenteessa sekä alhainen energiankulutus ja runsas uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen näyttävät nousevan keskeisiksi ominaisuuksiksi, joita muut tekijät tukevat.

Kohteiden Rakentajan ekolaskurissa saamat pisteet korreloivat kohteiden energiankulutuslukujen ja hiilidioksidipäästöjen kanssa, myös rakenteiden osalta. Rakentajan ekolaskurissa pyrittiinkin painottamaan tekijöitä, jotka tähtäävät energiatehokkuuteen ja alhaisiin päästöihin.

Taulukko 2, pisteet Rakentajan ekolaskurissa.

	Maksimipisteet	Vilja Solbranten	Tapanilan ekotalo	Rammapelotalo	Tikkurilan passiivitalo	Karjaan ekotalo	Kilon ekotalo	Litkoisten passiivitalo	As oy Kellokas	2000-luvun pienitalo
<b>I RAKENNUSPAIKKA</b>	<b>24</b>	<b>20,75</b>	<b>23,75</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>11,75</b>	<b>21</b>	<b>23,5</b>	<b>24</b>	<b>16</b>
Liittyminen yhdyskuntarakenteeseen	10	8	10	7,75		5	10	10	10	10
Päivittäispalveluiden saavutettavuus	10	8,75	9,75	5,25		2,75	7	9,5	10	2
Rakennuspaikan pienilmasto ja luonnon olot	4	4	4	4		4	4	4	4	4
<b>2 RAKENNUKSEN PERUSRATKAISUT</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>11,5</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>14,5</b>	<b>11,5</b>
Talon energiatehokkuustavoitteet ja koko	8	8	5	4		8	6	4	7	8
Tilasuunnittelu	6	4,5	6	4,5		5,5	5,5	5,5	6	3
Muunneltavuus	1	1	0	1		1	1	0	1	0
Suunnittelijat ja suunnitelmat	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>3 RAKENTEET, MATERIAALIT JA RAKENNUKSEN OSAT</b>	<b>20</b>	<b>10,25</b>	<b>10,5</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>17,25</b>	<b>12</b>	<b>12,75</b>	<b>5,5</b>	<b>10</b>
Rakennusosien, tarvikkeiden ja materiaalien ympäristöystävällisyys	2	1,25	2	2		2	1,5	0	1,25	0,5
Rakennuksen vaippa										
YP	3	2	1	2		2	1	3	1	2
US	3	2	2	2		3	1	3		1
AP	2	1	0	2		2	1,5	2	1,5	2
Ovet ja ikkunat	2		0	2		2	1,5	2	0,5	0,5
Vaipan tiiveys	2		0	1,5		1	0,5	2		1,5
Vaipan rakenteet	3,5	2	3	3		2,75	2,5	0,25	0,25	1,5
Sisä rakenteet										
Valiseinät	0,5		0,5	0,5		0,5	0,5	0	0,5	0,5
Pintamateriaalit ja -käsittelyt	2	2	2	2		2	2	0,5	0,5	0,5
<b>4 LÄMMITYS JA ENERGIAN TUOTANTO</b>	<b>18</b>	<b>13,5</b>	<b>7</b>	<b>14,5</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>11,5</b>	<b>14</b>	<b>12,5</b>	<b>9</b>
Lämmitysmuoto ja energiantuotanto	16	13	5	13		7	11	12	12	7
Lämmönjako ja mittaus	2	0,5	2	1,5		0	0,5	2	0,5	2
<b>5 SÄHKÖ</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>7</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>6 VESI JA VIEMÄRI</b>	<b>7</b>		<b>6</b>	<b>1,75</b>		<b>6</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
<b>7 JÄTEHUOLTO</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>
<b>8 PIHAN KÄSITTELY</b>	<b>3</b>	<b>2,75</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>2,25</b>	<b>1,5</b>
<b>9 TYÖMAA JA RAKENNUKSEN LUOVUTUS TILAAJALLE</b>	<b>3</b>	<b>0,75</b>	<b>0,5</b>	<b>2,25</b>		<b>2</b>	<b>1,75</b>	<b>1,75</b>	<b>1,25</b>	<b>2</b>
<i>Sijainti</i>	24	20,75	23,75	17		11,75	21	23,5	24	16
<i>Rakennus</i>	80	47,75	49	58		57,25	51,25	56,5	45	48,5
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>104</b>	<b>68,5</b>	<b>72,75</b>	<b>75</b>	<b>75,75</b>	<b>69</b>	<b>72,25</b>	<b>80</b>	<b>69</b>	<b>64,5</b>

## Rakennusten energiankulutus

Rakennusten energiankulutusta on tarkasteltu **taulukossa 3**. Energiankulutustiedot perustuvat asukkaiden antamiin mittarilukemiin sekä arvioihin käytetyistä puukuutiosta. Useassa tapauksessa ne ovat useamman vuoden keskiarvoja, Rannanpeltotalon kohdalla peräti 14 vuoden keskiarvo. Luvuissa ei ole tehty astepäiväkorjauksia, koska kaikista kohteista ei ole eritelty lämmitykseen käytetyn energian määrää. Tämä asetelma on epäedullinen Oulun passiivitalolle. Muut kohteet sijaitsevat Etelä-Suomessa.

Lämpöpumppujen tuottama energia ei näy taulukossa 3, koska tietoa ei ollut saatavilla (lämpöpumppujen tuottamaa energiaa ei ole mitattu). Kohteet, joissa on lämpöpumppuja, energiankulutus on ilmaistu kursivilla taulukossa 3, koska luvut eivät ole vertailukelpoisia muiden kohteiden kanssa.

Taulukon 3 aineistosta voi päätellä, että asumisen energiatehokkuuteen vaikuttavat talon energiatehokkuus, koko sekä asumisen väljyys – tai pikemminkin asumistehokkuus. Alhaisin mitattu energiankulutus oli Villa Solbrantenissa sekä Tikkurilan ja Littoisten passiivitaloissa. IEA5-talon, Oulun passiivitalon, 2000-luvun omakotitalon ja 1940-luvun omakotitalon mitattu energiankulutus on myös hyvin pieni, mutta kulutustiedoista puuttuvat em. lämpöpumppujen osuudet.

Taulukko 3, kohteiden energiankulutus:

	Lämmittävä ala	Asukkaita	Asumisväljyys m <sup>2</sup> /as	Pisteet ekolaskurissa	E-luku	ET-luku	Mitattu energiankulutus kWh/v	Mitattu energiankulutus kWh/m <sup>2</sup> /v	Mitattu energiankulutus kWh/asukas / v
<b>KOHDE</b>									
Villa Solbranten, Espoo, 1978	225	4	56	68,5			15547	69	3887
IEA5, Pietarsaari, 1994	166	2,58	64	-	68		11400	69	4419
Tapanilan ekotalo, Helsinki, 1997	217	4	54	72,75	176		26500	122	6625
Rannanpelto, Suomusjärvi, 1997	155	2	78	75			17242	111	8621
Tikkurilan passiivitalo, 2009	187	2	94	75,75		85	11232	60	5616
Karjaan ekotalo, Karjaa, 2010	92	3	31	69			17000	185	5667
Kilon ekotalo, Espoo, 2010	188	4	47	72,25			14100	75	3525
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	231	5	46	80		74	14000	61	2800
Passiivitalo, Oulu, 2011	164	4	41	-	107	75	11200	68	2800
As Oy Kellokas, Helsinki, 2011	410	8	51	69			33600	82	4200
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	212	2	106	-	334		18843	89	9422
2000-luvun pientalo, Riihimäki, 2009	104	2	52	63,5	156		8781	84	4391
1940-luvun pientalo, Vantaa, 1940/54	90	4	23	-			12000	133	3000
Ka omakotitalo Suomessa	110	2,6	43	-			40000	364	15504
Ka omakotitalo Suomessa 2012	144	3,3	44	-			20000	139	6042

HUOM: IEA5-talon, Kilon ekotalon ja As Oy Kellokaan kulutuksesta puuttuu maalämmön, Oulun passiivitalon luvuista aurinkolämmön ja 2000-luvun pientalon luvusta ilmalämpöpumpun ja 1940-luvun pientalon luvusta ilma-vesi-pumpun osuudet. Näiden tulokset kursivilla.

Passiivitaloissa on alhaisin energiankulutus neliötä kohden tarkasteltuna. Asukasta kohden tarkasteltuna pienimmät energiankulutukset ovat Littoisten passiivitalon, Villa Solbrantenin ja 1940-luvun pientalon asukkailla. Kaikissa taloissa oli tutkimuksen energiankulutustarkastelun aikana 4–5 asukasta eli muihin kohteisiin verrattuna pienempi asumisväljyys eli parempi asumistehokkuus. Tikkurilan passiivitalon ja 2000-luvun omakotitalon asukkaiden asumisen energiankulutus on melko suuri, vaikka kohteet sinänsä ovat energiatehokkaita, koska niissä asuu vain 2 henkilöä ja asumisväljyys on suuri.

Useassa kohteessa asuu tällä hetkellä vain kaksi asukasta, vaikka talot on suunniteltu perheasunnoiksi. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan laskettu ja vertailtu talojen kulutusta tyypillisen perheen mukaan vaan verrataan tilannetta nykyisellä tai energiaseurannan aikaisella asukasmäärällä. Solbrantenin ja Tapanilan ekotalojen energiatiedot ovat ajalta, jolloin niissä asui 4 tai 5 henkilöä.

Kohteiden laskettu E- tai ET-luku oli usein suurempi suhteessa todettuun kulutukseen. Tämä selittynee sillä, että talojen asukkailla on tavoitteena energiansäästö.

## Ostoenergian määrä kohteissa

Taulukossa 4 kuvataan kohteiden uusiutuvien omavaraisenergioiden tuotantoa ja ostoenergian kulutusta. Ostoenergian kulutus kuvaa tontin rajojen ulkopuolelta hankittavan energian (sähkö, kaukolämpö) tai polttoaineen (polttoöljy, puu, pelletti jne.) määrää. Uusissa rakentamisen energiamääräyksissä tarkastellaan nimenomaan ostoenergian kulutusta, näin halutaan kannustaa rakentajia uusiutuvien energiamuotojen (aurinko, tuuli, lämpöpumput) hyödyntämiseen tontilla. Kaikissa tutkituissa kohteissa hyödynnettiin tavalla tai toisella uusiutuvia energiamuotoja. Kohteissa käytetyt energiamuodot ilmenevät taulukosta 1 ja niiden tuotto taulukosta 4.

Lähes kaikissa kohteissa on tulisija ainakin lisälämmönlähteenä. Puulämmitys vähentää lämmittämiseen käytettävää sähkön tai kaukolämmön määrää. Päälämmitysmuotona puu on kolmessa kohteessa ja muissakin sillä on suuri merkitys. Välillä on vaikea hahmottaa onko kohteessa päälämmitysmuotona puu vai sähkö.

Puu laskettiin tässä tutkimuksessa ostoenergiaksi, vaikka Rannanpeltotalossa ja Littoisten passiivitalossa puu saadaan lähimetsistä. Puun poltosta aiheutuu pienhiukkaspäästöjä, varsinkin jos palo tapahtuu epätäydellisesti.

Maahan, veteen tai ilmaan varastoitunutta auringon lämpöenergiaa voidaan hyödyntää lämpöpumpun avulla. Lämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköä ja tuottaa 2–3 kWh lämpöä kulutettua sähkökilowattituntia kohden pumpputyypistä riippuen. Maalämpö on päälämmitysmuotona kahdessa kohteessa (Kilo ja As oy Kellokas) ja ilma-vesi-lämpöpumppu yhdessä (1940-luvun talo). Ilmalämpöpumppu on lisälämmönlähteenä useassa kohteessa (kts. taulukko 1). Taulukosta 4 ei ole mukana lämpöpumppujen tuottamaa energiaa, koska tietoa ei ollut riittävällä tarkkuudella saatavilla.

Aurinkolämpökeräin tuottaa lämmintä käyttövärttä, Suomen oloissa noin puolet vuotuisesta tarpeesta. Keräin on 6 kohteessa. Aurinkokeräimien tuottaman energian määrää ei kohteissa aina ole mitattu. Aurinkosähköä tuotetaan vain IEA5 talossa.

Vähiten ostoenergiaa kuluttivat IEA5 talo, Littoisten passiivitalo ja 2000-luvun pientalo. IEA5 talossa on maalämpöpumppu ja lisäksi katon etelälapeella aurinkosähköpaneeleja ja aurinkolämpökeräimiä. Aurinkopaneelit ovat alkuperäiset ja nykyisellä paneelitekniikalla voitaisiin tuottaa 4 kertaa enemmän sähköä, jolloin talo tuottaisi ja kuluttaisi yhtä paljon energiaa eli olisi nollaenergiatalo.

Littoisten passiivitalo on kooltaan suurimpia, mutta siinä asuu eniten ihmisiä (5). Syy alhaiseen kulutukseen on rakennuksen äärimmäinen energiatehokkuus ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen. 2000-luvun pientalo on kooltaan melko pieni (104 m<sup>2</sup>), se lämpiää suurelta osin puulla ja talossa on lukuisia sähkön säästöön tähtääviä ratkaisuja. Littoisissa ja IEA5-talossa oli pienin ostoenergiankulutus myös neliötä kohden.

Asukasta kohden laskettuna pienin ostoenergiankulutus oli Littoisten (1920 kWh/as,a) ja Oulun (2800 kWh/as,a) passiivitaloissa, IEA5 talossa (2923 kWh/as,a) ja 1940-luvun pientalossa (3000 kWh/as,a). Tästä voidaan päätellä, että energiatehokkuuden ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisen lisäksi asumisväljyydellä on ratkaiseva vaikutus, jos tarkastellaan energiankulutusta asukastasolla. Vähemmän energiatehokkaassa rakennuksessa voidaan asua hyvinkin vähällä energialla, jos asutaan tiiviisti. Kääntäen: väljä asuminen voi onnistua vähällä energialla, jos rakennus on kyllin energiatehokas.

Taulukko 4, kohteiden energian tuotantomuotojen jakautuminen ja ostoenergian kulutus.

KOHDE	Lämmitettävä ala	Asukkaita	Pinta-ala m <sup>2</sup> / asukas	Ostosähkö kWh / v	Kaukolämpö kWh / v	Puupelletti kWh / v	Aurinkolämpö kWh / v	Aurinkosähkö kWh / v	YHT. ENERG kWh / v	Ostoenergia		
										Ostoenergia yhteensä kWh	Ostoenergia kWh / m <sup>2</sup>	Ostoenergia kWh / asukas
Villa Solbranten, Espoo, 1978	225	4	56	7487	0	6020	2040	0	15547	13507	60	3377
IEA5, Pietarsaari, 1994	166	2,6	64	7600	0	0	2000	1800	11400	7600	46	2923
Tapanilan ekotalo, Helsinki, 1997	217	4	54	6000	17500	3000	0	0	26500	26500	122	6625
Rannanpelto, Suomensjärvi, 1997	155	2	78	4592	0	11000	1650	0	17242	15592	101	7796
Tikkurilan passiivitalo, 2009	187	2	94	9732	0	1500	0	0	11232	11232	60	5616
Karjaan ekotalo, Karjaa, 2010	92	3	31	7000	0	10000	0	0	17000	17000	185	5667
Kilon ekotalo, Espoo, 2010	188	4	47	12600	0	1500	0	0	14100	14100	75	3525
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	231	5	46	3000	0	6600	4400	0	14000	9600	42	1920
Passiivitalo, Oulu, 2011	164	4	41	5700	0	5500	0	0	11200	11200	68	2800
As Oy Kellokas, Helsinki, 2011	304	8	38	33600	0	0	0	0	33600	33600	111	4200
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	212	2	106	13843	0	5000	0	0	18843	18843	89	9422
2000-luvun pientalo, Riihimäki, 2009	104	2	52	6281	0	2500	0	0	8781	8781	84	4391
1940-luvun pientalo, Vantaa, 1940/54	90	4	23	12000	0	0	0	0	12000	12000	133	3000
Tyypillinen vanha ok-talo Suomessa	110	2,6	43	30000					30000	30000	273	11628
Tyypillinen uusi ok-talo Suomessa 2012	144	3,3	44	20000					20000	20000	139	6042

HUOM: Taulukon luvuista puuttuvat IEA5-talon, Kilon ekotalon ja As Oy Kellokaan maalämmön, Oulun passiivitalon aurinkolämmön, 2000-luvun pientalon ilmalämpöpumpun ja 1940-luvun pientalon ilma-vesi-pumpun osuudet.

## Asumisen käytön aikaiset hiilidioksidipäästöt tutkimuskohteissa

Rakennusten käytön aikaisia hiilidioksidipäästöjä vertailtiin taulukon 5 mukaisia kertoimia käyttäen. Eri kertoimilla saadut päästömäärät ilmoitettiin taloa, lämmitettävää neliometriä ja asukasta kohden. Laskelmat on tehty nykyisen tai energiaseurannan aikaisen asukasmäärän mukaan.

Taulukon 5 ensimmäisessä sarakkeessa olevat kertoimet kuvaavat eri energiamuotojen energiantuotannon elinkaaren hiilidioksidipäästöjä tuotettua kilowattituntia kohden. Lähteet Motiva, VTT ja Aalto-yliopisto (Matias Keto: Energiamuotojen kerroin 2010).

Tapanilan ekotalon, joka on tutkimuksen ainut kaukolämpötalo, laskelmissa käytettiin kuitenkin Helsingin energian kaukolämmön päästötietoja ja tavoitteita. HUOM: Aurinkolämmölle ja -sähkölle käytettiin tässä tutkimuksessa kerrointa 0, koska niiden valmistamisen päästöt laskettiin mukaan pääarakenteiden hiilijälkeen.

Seuraava sarake (Vihr.) kuvaa tilannetta, jos rakennuksessa käytetään vihreää sähköä. Kertoimet kuten edellä, mutta sähkön päästöt 20 g tuotettua kWh kohden.

Seuraava sarake kuvaa Rakennusten elinkaarimittariston (REM) käyttämiä kertoimia. REM ohjeistaa käyttämään uusiutuville energiamuodoille kerrointa 10 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh. Ostetun sähkön päästöt lasketaan vihreälle sähkölle kertoimella 10 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh ja muulle kunkin yhtiön ilmoittamien päästökertoimien mukaan tai käyttäen sähkön tuotannon valtakunnallisia keskipäästöjä. Tässä tutkimuksessa käytetään valtakunnallisia keskipäästöjä.

Sarakkeet 2020 ja 2030 esittävät sähkön ja kaukolämmön tuotantojen keskimääräisiä tavoitteellisia päästöjä kyseisinä vuosina. Muun muassa Ruuska ym. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia, Ympäristöministeriön raportteja 8/20013, käyttää näitä kertoimia.

Tässä tutkimuksessa ei oteta kantaa siihen, kuinka sähköntuotannon ominaispäästöihin (36 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh) päästään. Energy policy -lehdessä julkaistujen sähkön tuotantotapojen elinkaaripäästöjä vertailevan artikkelin mukaan tuulivoiman päästöt (CO<sub>2</sub>-ekv) ovat 10 g tuotettua kilowattituntia kohden, vesivoiman samaa luokkaa, biopolttoaineiden (mm. metsäteollisuuden jätteet) 15–30 g, aurinkosähkön 40 g ja ydinvoiman 66 g.

Eri lähteiden väliset erot eri energiamuotojen päästökertoimissa ovat suuria. Asia vaatisikin lisätutkimusta. Esimerkiksi puun käyttämisessä energialähteenä syntyvät päästöt ovat ilmeisesti huomattavasti suuremmat kuin mitä tähän asti on ajateltu. Puun päästöihin vaikuttavat paitsi metsän ikä ja muut laatutekijät, myös se, mitä osaa puusta käytetään energialähteenä. Edellä mainittujen eroavuuksien takia päästöjä on tässä tutkimuksessa tarkasteltu eri lähteiden kertoimia käyttäen, jolloin saadaan monipuolisin kuva asumisen ilmakehää lämmittäivistä päästöistä.

Taulukko 5, käytetyt energiamuotojen päästökertoimet:

Käytetyt energiamuotojen CO <sub>2</sub> -päästöt g/kWh					
	Keskim.	Vihr.	REM	2020	2030
Sähkö energiantuotannon keskipäästöillä	273	20	273/10	179	36
Kaukolämpö energiantuotannon keskipäästöillä	218	218	218	216	191
Puu/pelletti	30	30	10	30	30
Aurinkolämpö	20/0	20/0	10	20/0	20/0
Aurinkosähkö	40/0	40/0	10	40/0	40/0
Tuuli	10/0	10/0	10	10/0	10/0
Öljy	267	267	287	267	267



Taulukosta 6 ilmenee tutkimuskohteiden käytön aikaisen energiankulutuksen hiilidioksidipäästö taulukon 5 kertoimia käyttäen. Ensimmäisessä sarakkeessa hiilidioksidipäästöt on laskettu energiantuotannon keskimääräisiä päästökertoimia käyttäen riippumatta siitä, onko kohteessa käytetty vihreää vai tavallista sähköä. Energiatehokkuus ja runsas puunpolto pienentävät tässä tarkastelussa päästöjä. Maalämpöalot eivät näillä kertoimilla ole parhaimmillaan.

Toisessa sarakkeessa hiilidioksidipäästöt on laskettu vihreän sähkön päästökertoimella kaikille kohteille riippumatta siitä, mitä sähköä niissä käytetään. Ero edelliseen sarakkeeseen on huomattava. Maalämpöalotjen päästöt pienenevät ratkaisevasti ja erot kohteiden välillä kapenevat muutenkin.

Kolmannessa sarakkeessa käytetään Rakennusten elinkaarimittariston (REM) päästökertoimia. Suurin ero edellisiin on siinä, että kohteet, joissa käytetään vihreää sähkö saavat sähkölle päästökertoimen 10, muut valtakunnan keskimääräisen sähkön tuotannon kertoimen (tässä 273). Tilanne päästöjen suhteen muuttuu radikaalisti: maalämpöalot ja muun muassa 1940-luvun rankarakenteinen talo kiilaavat Littoisten passiivitalon ohi, jossa käytetään tavallista verkkosähköä.

Kahdessa viimeisessä sarakkeessa on tarkasteltu sähkön ja kaukolämmön tavoitteellisten keskipäästöjen vaikutusta rakennusten käytön hiilidioksidipäästöihin. Merkittävää on, että kohteet alkavat lähentyä asumisen teoreettisia päästötavoitteita 2050 (alle 500 kg CO<sub>2</sub>-ekv / asukas / vuosi). 1940-luvun rankarakenteisessa talossa hiilidioksidipäästöt ovat 2030 kertoimilla yhdet tutkimuksen pienimmistä. Energiantuotannon keskipäästöjen vähentämisellä on siis oleellinen vaikutus asumisen hiilidioksidipäästöihin.

Taulukko 6, rakennusten käytön aikaiset hiilidioksidipäästöt:

KOHDE	CO <sub>2</sub> -päästöt nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä			CO <sub>2</sub> -päästöt vihreän sähkön kertoimella			CO <sub>2</sub> -päästöt REM kertoimilla			CO <sub>2</sub> -päästöt 2020 energiantuotannon keskipäästöillä			CO <sub>2</sub> -päästöt 2030 energiantuotannon keskipäästöillä		
	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi
Villa Solbranten, Espoo, 1978	2225	9,9	556	330	1,5	83	155	0,7	39	1521	6,8	380	450	2,00	113
IEA5, Pietarsaari, 1994	2078	12,5	798	152	0,9	58	2097	12,6	806	1360	8,2	523	211	1,27	81
Tapanilan ekotalo, Helsinki, 1997	3522	16,2	880	2004	9,2	501	3462	16,0	865	1502	6,9	375	1356	6,25	339
Rannanpelto, Suomensjärvi, 1997	1584	10,2	792	422	2,7	211	172	1,1	86	1152	7,4	576	495	3,20	248
Tikkurilan passiivitalo, 2009	2702	14,4	1351	240	1,3	120	2672	14,3	1336	1788	9,6	894	395	2,11	198
Karjaan ekotalo, Karjaa, 2010	2211	24,0	737	440	4,8	147	170	1,8	57	1553	16,9	518	552	6,00	184
Kilon ekotalo, Espoo, 2010	3485	18,5	871	297	1,6	74	141	0,8	35	2300	12,2	575	499	2,65	125
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	1017	4,4	203	258	1,1	52	929	4,0	186	735	3,2	147	306	1,32	61
Passiivitalo, Oulu, 2011	1721	10,5	430	279	1,7	70	1611	9,8	403	1185	7,2	296	370	2,26	93
As Oy Kellokas, Helsinki, 2011	9173	30,2	1147	672	2,2	84	336	1,1	42	6014	19,8	752	1210	3,98	151
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	3929	18,5	1965	427	2,0	213	3829	18,1	1915	2628	12,4	1314	648	3,06	324
2000-luvun pientalo, Riihimäki, 2009	1790	17,2	895	201	1,9	100	1740	16,7	870	1199	11,5	600	301	2,90	151
1940-luvun pientalo, Vantaa, 1940/54	3276	36,4	819	240	2,7	60	120	1,3	30	2148	23,9	537	432	4,80	108
Tyypillinen vanha ok-talo Suomessa	8190	74,5	3174	600	5,5	233	8190	74,5	3174	5370	48,8	2081	1080	9,82	419
Tyypillinen uusi ok-talo Suomessa 2012	5460	37,9	1650	400	2,8	121	5460	37,9	1650	3580	24,9	1082	720	5,00	218

## Päärakenteiden hiilijalanjäljen vaikutus asumisen hiilidioksidipäästöihin

Viiden kohteen (Rannanpeltotalo, Littoisten passiivitalo, Oulun passiivitalo, 2000-luvun pientalo ja Riihimäen rintamamiestalo) päärakenteiden hiilidioksidipäästöt laskettiin käyttäen pohjana Suomen ympäristökeskuksen SYNERGIA -hiilijalanjälki-työkalua. Puurakenteisten kohteiden päärakenteiden hiilidioksidipäästöt ovat noin kolmannes verrattuna kivirakenteiseen passiivitaloon. Lähtötietojen puutteista johtuen tulokset ovat kuitenkin vain suuntaa antavia. Muun muassa tiedot perustuksista olivat varsin puutteellisia Rannanpeltotaloa lukuun ottamatta. Rintamamiestalon päärakenteiden hiilijalanjälki laskettiin nykyisiä kertoimia käyttäen. 1950-luvun rakentamisen päästöt olisivat olleet pienemmät muun muassa käsityövaltaisen rakentamistavan ansiosta.

Rannanpeltotalon päärakenteiden hiilidioksidipäästöt ovat pienimmät niin rakennusta kuin neliötä kohden tarkasteltuna. Kohteessa onkin pyritty määrätietoisesti mahdollisimman pieniin päästöihin ja energiankulutukseen jo rakentamisvaiheessa. Rakennuksessa on minimoitu betonin ja terästuotteiden kuten naulauslevyjen käyttö. Todellisuudessa kohteen päästöt ovat taulukkoarvoja pienemmät, sillä rakennus valmistettiin tontilta kaadetuista puista, jotka sahattiin paikalla tarvittavan kokoisiksi laudoiksi kenttäsiirkelillä. Rakennuspuut kuivattiin tontilla vanhassa ladossa.

Perustamistapa vaikuttaa tutkimusaineiston perusteella tuntuvasti pientalon päärakenteiden hiilijalanjälkeen. Rannanpeltotalo lepää leca-harkkotalppien varassa, ja sen perustusten hiilijalanjälki on huomattavasti pienempi kuin muiden tutkittujen puurakenteisten kohteiden (Oulun passiivitalo, 2000-luvun pientalo ja rintamamiestalo), joissa on perusmuuri ja maanvarainen alapohja. Rintamamiestalon kellarikerros tuotti yli puolet päärakenteiden päästöistä. Maamassojen siirtoa ei huomioitu laskelmissa. Rannanpeltotalossa maamassojen siirtoa tai louhintaa ei ole edes tarvittu, sillä talo on perustettu suoraan kalliolle.

Hiilijalanjäljen muodostuminen eri rakenneosista (kg CO<sub>2</sub>), suhteelliset prosenttiosuudet rakennuksen päärakenteiden hiilijalanjäljestä (%) sekä jakautuminen asuinpinta-alaa kohden (kg CO<sub>2</sub>ekv / m<sup>2</sup>) ilmenevät taulukosta 7.

ILTA-työkaluun verrattuna, tutkittujen pientalojen päärakenteiden päästöt ovat neljänneksen pienemmät. Tämä selittyy sillä, että ILTA-perustuu kerrostaloilla tehtyihin laskelmiin.

Taulukko 7, päärakenteiden hiilijalanjäljen muodostuminen ja jakautuminen sekä hiilidioksidivarasto ja -tase viidessä kohteessa.

	RANNANPELTOTALO			LIITTOISTEN PASSIIVITALO			OULUN PASSIIVITALO			2000-LUVUN PIENTALO			RIIHIMÄEN RINTAMAMIESTALO		
	CO <sub>2</sub> yht	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> yht	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> yht	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> yht	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> yht	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>
Yläpoja	3188	23	21	2429	4	11	1162	6	5	1369	6	13	755	4	4
Ulkoseinät	1321	9	9	21014	37	91	2578	12	11	1400	6	13	1160	6	5
Ikkunat	1764	12	11	2273	4	10	1170	6	5	828	4	8	413	2	2
Ovet	360	3	2	240	0	1	240	1	1	240	1	2	114	1	1
Välipohjat	0	0	0	11933	21	52	2307	11	10	0	0	0	492	2	2
Väliseinät	689	5	4	2354	4	10	1277	6	5	1093	5	11	138	1	1
Alapohja	1368	10	9	6072	11	26	2479	12	10	9248	41	89	2340	11	11
Perustukset/kellarikrs.	1030	7	7	6441	11	28	6289	30	26	6090	27	59	11016	54	52
Piiput, tulisijat	2574	18	17		0	0	663	3	3	607	3	6	3500	17	17
Tekniikka yms.	1497	11	10	4156	7	18	2338	11	10	1105	5	11	0	0	0
Muut	327	2	2	595	1	3	545	3	2	545	2	5	545	3	3
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>14000</b>	<b>100</b>	<b>91</b>	<b>57500</b>	<b>100</b>	<b>249</b>	<b>21000</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>22500</b>	<b>100</b>	<b>217</b>	<b>20500</b>	<b>100</b>	<b>97</b>
CO <sub>2</sub> -varasto	40000			4500			3900			13900			29600		
CO <sub>2</sub> -päästöt - CO <sub>2</sub> -varasto	-25900			53000			-10900			8700			-9200		

Taulukossa 8 on vertailtu päärakenteiden hiilijäljen vaikutusta asumisen hiilidioksidipäästöihin 50 ja 100 vuoden perspektiivissä. Päärakenteiden hiilijalanjälkeä on tarkasteltu kokonaismäärän lisäksi neliötä ja asukasta kohden. Rintamamiestalon kohdalla elinkaaritarkasteluun lisättiin 60 vuotta eli rakenteiden päästöt jaettiin 110 ja 160:lla. Näin haluttiin verrata vanhan rakennuksen käyttöä suhteessa uudisrakentamiseen.

Toisessa ja kolmannessa sarakkeessa on tarkasteltu päärakenteiden päästöjen jakautumista 50 vuoden ajalle. Kivirakenteisen talon päästöt ovat tässä aikaperspektiivissä suurimmat – myös asukasta kohden laskettuna, vaikka siinä on eniten asukkaita.

Kolmannessa sarakkeessa asukaskohtaisten päästöjen vertailuun on otettu mukaan päärakenteiden hiilijäljen lisäksi myös käytön päästöt (lämmitys, sähkö ja lämmin käyttövesi, vrt. taulukko 6). Littoisten passiivitalon käytön asukaskohtaiset hiilidioksidipäästöt ovat niin alhaiset, että rakennusmateriaalien puutaloja suuremmat päästöt tasaantuvat tässä tarkastelussa: nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna Littoisten asukaskohtaiset päästöt ovat jopa tutkimuksen pienimmät 535 kg CO<sub>2</sub>ekv. Ne myös alittavat jo nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä lasketuna vuoden 2050 teoreettisen asumisen asukaskohtaisen päästörajan 550 kg CO<sub>2</sub>ekv.

Vihreän sähkön samoin kuin vuoden 2030 tavoitteellisilla päästökertoimilla laskettuna puisen passiivitalon asumisen kokonaispäästöt asukasta kohden jäävät pienimmiksi.

Sadan vuoden tarkastelussa päärakenteiden osuus kokonaisuuden päästöistä pienenee. Rakennuksen koolla, asukasluvulla sekä käytetyn energian määrällä ja laadulla on huomattava vaikutus kokonaispäästöihin.

Vertailutulokset olisivat erilaiset, mikäli kohteet olisivat samankokoisia ja niissä olisi sama asukasmäärä.

Taulukko 8, Päärakenteiden hiilijalanjälki ja käytön päästöt 50 ja 100 vuoden tarkastelussa.

KOHDE	Päärakenteiden CO <sub>2</sub> -päästöt (kg)			Päärakenteiden CO <sub>2</sub> -päästöt (kg) 50 v tarkastelussa			Päärakenteiden ja käytön CO <sub>2</sub> -päästöt (kg) 50 v tarkastelussa / asukas				Päärakenteiden CO <sub>2</sub> -päästöt (kg) 100 v tarkastelussa			Päärakenteiden ja käytön CO <sub>2</sub> -päästöt (kg) 100 v tarkastelussa / as.			
	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt /neliö / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt /asukas / vuosi	2020 keskipäästöillä	2030 keskipäästöillä	Vihreän sähkön päästöillä	Nykyisillä keskipäästöillä	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt /neliö / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt /asukas / vuosi	2020 keskipäästöillä	Vihreän sähkön päästöillä	Nykyisillä keskipäästöillä	2030 keskipäästöillä
Rannanpelto, Suomensjärvi, 1997	14000	90	7000	280	1,8	140	932	351	716	388	140	0,9	70	862	281	646	317
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	58000	251	11600	1160	5,0	232	435	284	379	293	580	2,5	116	319	168	263	177
Passiivitalo, Oulu, 2011	21000	128	5250	420	2,6	105	535	175	401	198	210	1,3	53	483	122	349	145
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	20500	97	10250	186	0,9	93	2058	307	1407	417	128	0,6	64	2029	277	1378	388
2000-luvun pientalo, Riihimäki, 2009	22500	216	11250	450	4,3	225	1120	325	825	376	225	2,2	113	1007	213	712	263

Taulukossa 9 on vertailtu viiden kohteen päärakenteisiin varastoitunutta hiiltä hiilidioksidiksi muunnettuna käyttäen pohjana Suomen ympäristökeskuksen SYNERGIA-hiilijalanjälkityökalua. Rakennusten hiilinieluvaikutus on mielenkiintoinen, mutta vielä kiistan alainen aihe, joten tuloksiin on syytä suhtautua tietyllä varauksella. Lisäksi lähtötiedot ovat puutteellisia.

Rannanpeltotalon hiilivarasto on suurin. Talon suunnittelussa ja toteutuksessa on pyritty alhaiseen päarakenteiden hiilijalanjälkeen, ja lisäksi se on rakennettu järeimmästä puutavarasta (mm. ristikoiden sijaan liimapuupalkit), joka varastoi paljon hiiltä. Oulun passiivitalossa on melko keveät ristikkorakenteet ja lisäksi betonivalut latioissa.

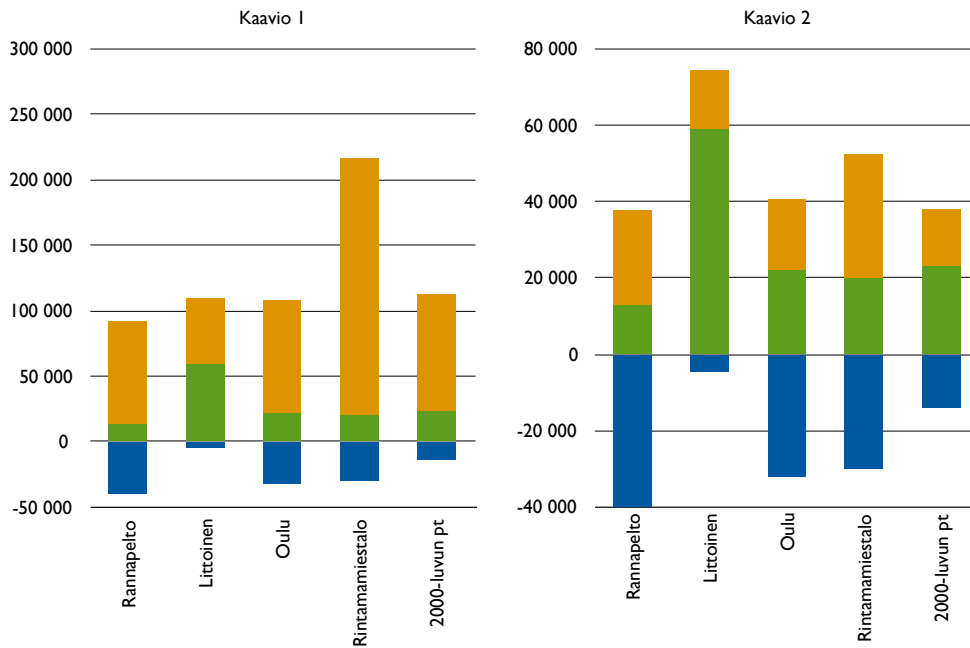
Kun käytönaikaisista päästöistä vähennettiin rakenteisiin varastoitunut hiili hiilidioksidiksi muunnettuna, olivat Rannanpeltotalon asukkaiden päästöt pienimmät: 400 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa nykyisillä ja 33 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa 2030 energiantuotannon tavoitteellisilla keskipäästöillä laskettuna. Vihreän sähkön kertoimella laskettuna 50 vuoden aikajanalla Rannanpellon asukaskohtaiset päästöt ovat - 45 kg CO<sub>2</sub>-ekv (negatiiviset!) eli rakenteisiin varastoituu enemmän hiiltä kuin käytössä vapautuu hiilidioksidia. Tämä vastaa talon asukkaiden käsitystä omista asumisen hiilidioksidipäästöistä: Pekka Leppäsen laskelmien mukaan heidän asumisensa on hiilineutraalia. Rakennuksessa käytetään vihreää sähköä ja pitkälti lähistöltä saatavaa polttopuuta. Hiilivaraston ansiosta Rannanpeltotalon asukkaiden päästöt ovat 50 vuoden tarkastelussa pienimmät, vaikka talo ei ole yhtä energiatehokas kuin tutkitut passiivitalot ja siinä on vain 2 asukasta.

100 vuoden tarkastelussa erot tasaantuvat: nykyisillä päästökertoimilla laskettuna kiviaineisen Littoisten passiivitalon asukkaiden päästöt ovat jopa pienimmät, mutta vuoden 2030 tavoitteellisten päästökertoimien valossa puutaloasukkaiden kokonaispäästöt ovat pienemmät.

Vertailutulokset olisivat erilaiset, mikäli kohteet olisivat samankokoisia ja niissä olisi sama asukasmäärä.

Taulukko 9, Päarakenteiden hiilijalanjälki, hiilivarasto ja käytön päästöt 50 ja 100 vuoden tarkastelussa.

KOHDE	Päarak. hiili-varasto	Päarakenteiden CO <sub>2</sub> -tase			Päarakenteiden CO <sub>2</sub> -tase 50 v tarkastelussa			Päarakenteiden CO <sub>2</sub> -tase ja käytön päästöt 50 v tarkastelussa / asukas				Päarakenteiden CO <sub>2</sub> -tase ja käytön päästöt 100 v tarkastelussa / asukas						
		CO <sub>2</sub> -päästöt / talo	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt /neliö / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt /asukas / vuosi	2020	2030	keskipäästöillä	2020	2030	keskipäästöillä					
Rannanpelto, Suomensjärvi, 1997	40000	-26000	-168	-13000	-520	-3,4	-260	532	-49	316	58	-260	-1,7	-130	662	81	446	188
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	4500	53500	231	10700	1070	4,6	214	417	266	361	391	535	2,3	107	310	159	254	284
Passiivitalo, Oulu, 2011	32000	-11000	-67	-2750	-220	-1,3	-55	375	15	241	90	-110	-0,7	-28	403	42	269	118
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	30000	-9500	-45	-4750	-59	-0,3	-30	1935	184	1284	359	-59	-0,3	-29	1935	184	1284	359
2000-luvun pientalo, Riihimäki, 2009	14000	8500	82	4250	170	1,6	85	980	185	685	348	85	0,8	4	937	143	642	306

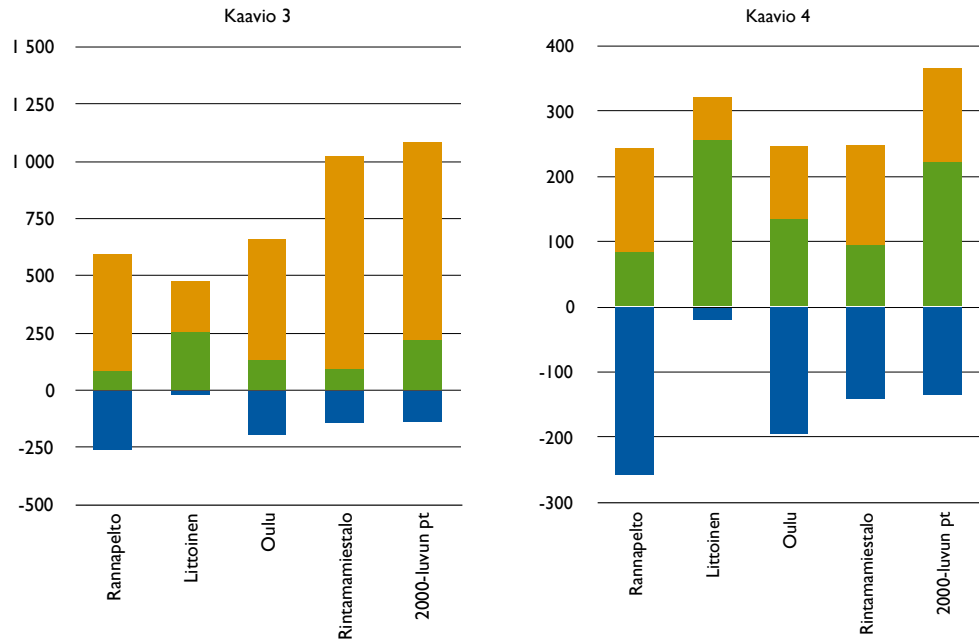


Kaaviot 1 ja 2: Asumisen hiilijalanjälki (kg CO<sub>2</sub>-ekv) taloa kohden 50 vuoden tarkastelussa

**Kaaviossa 1** on esitetty 5 tutkimuskohteen (Rannanpeltotalo, Littoisten passiivitalo, Oulun passiivitalo, Riihimäen Rintamamiestalo ja 2000-luvun pientalo) päärakenteiden (vihreä) ja 50 vuoden käytön aikaiset nykyisillä energiankeskituotannon päästökertoimilla (kts. taulukko 5) lasketut hiilidioksidipäästöt (keltainen) sekä päärakenteisiin sitoutunut hiili hiilidioksidiksi muunnettuna (sininen). **Kaavio 2** on kuten edellä, mutta käytönaikaiset päästöt on laskettu 2030 tavoitteellisilla energiankeskituotannon päästökertoimilla.

Rannanpeltotalon päästöt ovat näin pienimmät sekä nykyisillä että vuoden 2030 päästökertoimilla laskettuna. Lisäksi Rannanpeltotalon rakenteisiin on varastoitunut eniten hiiltä (tässä hiilidioksidiksi muunnettuna). Oulun passiivitalossa sekä 2000-luvun pientalossa rakenteiden osuus on noin neljännes koko rakennuksen elinkaaren päästöistä nykyisillä energiantuotannon päästökertoimilla laskettuna. 2030 päästökertoimilla tilanne muuttuu oleellisesti: rakennusvaiheen osuus korostuu ja kivirakenteisessa Littoisten passiivitalossa rakenteiden osuus on jo 80 % elinkaaren päästöistä.

Kaavioita 1 ja 2 tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että laskelmat on tehty rakennusten nykyisen energiankulutuksen ja asukasluvun mukaan: Littoisissa on 5, Oulussa 4 ja lopuissa 2 asukasta. Asukasmäärä vaikuttaa mm. lämpimän käyttöveden kulutukseen ja heijastuu näin kokonaiskulutukseen. Littoisten talo on myös suurin. Rakennusten valmistumisvuotta ei myöskään ole huomioitu tässä tarkastelussa, vaan ne on tavallaan siirretty nykyhetkeen ja tarkastelu on tästä hetkestä eteenpäin, paitsi rintamamies talon kohdalla, jossa päärakenteiden hiilijalanjälki vertailussa lisättiin 60 vuotta 50 ja sadan vuoden tarkasteluihin. Näin haluttiin verrata vanhaa rakennusta uudisrakentamiseen.



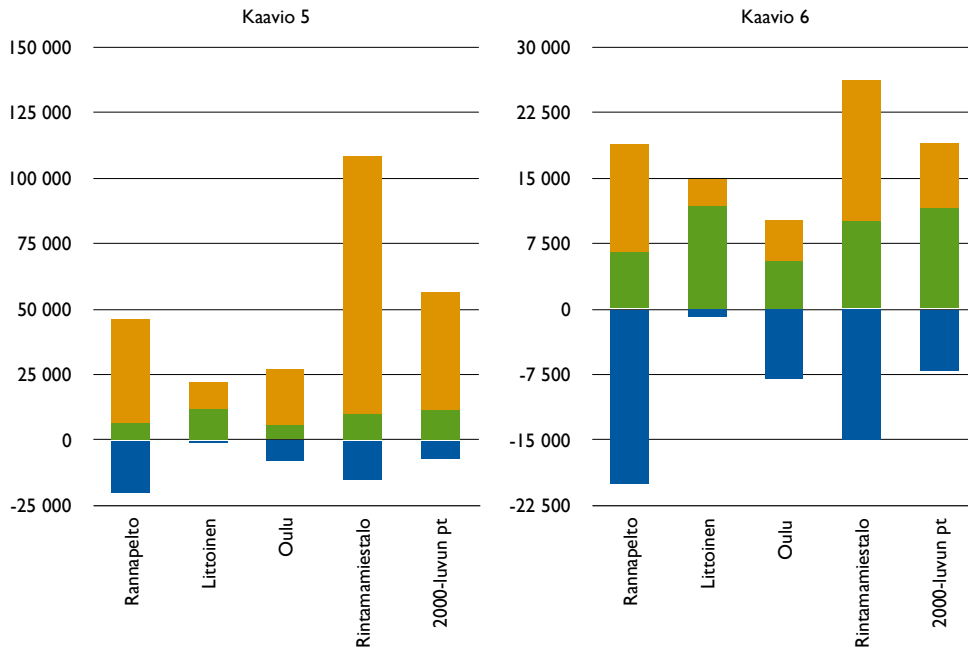
Kaaviot 3 ja 4: Asumisen hiilijalanjälki (kg CO<sub>2</sub>-ekv) asuntoneliötä kohden 50 vuoden tarkastelussa

**Kaaviossa 3** on esitetty 5 tutkimuskohteen (Rannanpeltotalo, Littoisten passiivitalo, Oulun passiivitalo, Riihimäen Rintamamiestalo ja 2000-luvun pientalo) päärakenteiden (vihreä) ja 50 vuoden käytön aikaiset nykyisillä energiankeskituotannon päästökertoimilla (kts. taulukko 5) lasketut hiilidioksidipäästöt (keltainen) sekä päärakenteisiin sitoutunut hiili hiilidioksidiksi muunnettuna (sininen) asuntoneliötä kohden. **Kaavio 4** on kuten edellä, mutta käytönaikaiset päästöt on laskettu 2030 tavoitteellisilla energiantuotannon keskimääräisillä päästökertoimilla.

Littoisten passiivitalon päästöt ovat näin laskettuna pienimmät nykyisillä päästökertoimilla. Mikäli päärakenteiden hiilivarasto (sininen) laskettaisiin mukaan tasoittuisivat erot Littoisten passiivitalon, Rannanpeltotalon ja Oulun passiivitalon välillä hiilivaraston kompensoidessa osan käytön päästöistä.

2030 päästökertoimilla tilanne muuttuu oleellisesti: rakennusvaiheen osuus korostuu ja Littoisten passiivitalossa rakenteiden osuus on jo 80 % elinkaaren päästöistä. Puurakenteiset Rannanpeltotalo, Oulun passiivitalo ja Rintamamiestalo ovat tässä tarkastelussa melko tasaväkisiä. Mikäli päärakenteiden hiilivarasto otetaan mukaan laskelmiin, olisi Rannanpeltotalo hiilineutraali.

Kaavioita 3 ja 4 tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että laskelmat on tehty rakennusten nykyisen energiankulutuksen ja asukasluvun mukaan: Littoisissa on 5, Oulussa 4 ja loppuissa 2 asukasta. Asukasmäärä vaikuttaa mm. lämpimän käyttöveden kulutukseen, joka edelleen vaikuttaa jossain määrin kokonaiskulutukseen. Rakennusten valmistumisvuotta ei myöskään ole huomioitu tässä tarkastelussa, vaan ne on tavallaan siirretty nykyhetkeen ja tarkastelu on tästä hetkestä eteenpäin, paitsi rintamamiestalon kohdalla, jossa päärakenteiden hiilijalanjälki vertailussa lisättiin 60 vuotta 50 ja sadan vuoden tarkasteluihin. Näin haluttiin verrata vanhaa rakennusta uudisrakentamiseen.



Kaaviot 5 ja 6: Asumisen hiilijalanjälki (kg CO<sub>2</sub>-ekv) asukasta kohden 50 vuoden tarkastelussa

**Kaaviossa 5** on esitetty 5 tutkimuskohteen (Rannanpeltotalo, Littoisten passiivitalo, Oulun passiivitalo, Riihimäen Rintamamiestalo ja 2000-luvun pientalo) päärakenteiden (vihreä) ja 50 vuoden käytön aikaiset nykyisillä energiankeskituotannon päästökertoimilla (kts. taulukko 4) lasketut hiilidioksidipäästöt (keltainen) sekä päärakenteisiin sitoutunut hiili hiilidioksidiksi muunnettuna (sininen) asukasta kohden. **Kaavio 6** on kuten edellä, mutta käytönaikaiset päästöt on laskettu 2030 tavoitteellisilla energiankeskituotannon päästökertoimilla.

Kuten raportin alussa esitettiin, ilmaston lämpenemisen kannalta asumisen (rakentaminen + huolto + käyttö + purku) hiilidioksidipäästöjen tulisi jäädä alle 500 kiloon vuodessa eli alle 25 000 kiloon 50 vuoden tarkastelussa. Nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna ainoastaan Littoisten passiivitalon asukkaiden asumisen päästöt jäävät tämän rajan alle.

Vuoden 2030 tavoitteellisilla energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna (taulukko 6) kohteiden väliset erot tasoittuvat ja kaikkien kohteiden yhteenlasketut asumisen päästöt jäävät alle 25 000 hiilidioksidikilon. Puurakenteisen Oulun passiivitalon päästöt ovat näin laskettuna pienimmät. Lisäksi Rannanpeltotalon hiilivarasto on hiilidioksidiksi muunnettuna suurempi kuin asumisen yhteen lasketut päästö eli asuminen voidaan 50 vuoden tarkastelussa katsoa hiilineutraaliksi.

Kaavioita 5 ja 6 tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että laskelmat on tehty rakennusten nykyisen asukasluvun mukaan: Littoisissa on 5, Oulussa 4 ja lopuissa 2 asukasta. Littoisten passiivitalossa asutaan tilankäytöllisesti tehokkaimmin, jolloin myös henkilökohtainen päästöosuus jää pieneksi. Rakennusten valmistumisvuotta ei myöskään ole huomioitu tässä tarkastelussa, vaan ne on tavallaan siirretty nykyhetkeen ja tarkastelu on tästä hetkestä eteenpäin, paitsi rintamamies talon kohdalla, jossa päärakenteiden hiilijalanjälki vertailussa lisättiin 60 vuotta 50 ja sadan vuoden tarkasteluihin. Näin haluttiin verrata vanhaa rakennusta uudisrakentamiseen.

## Kohteiden vertailu rakennusten elinkaari- mittareilla REM

Taulukossa 10 on vertailtu viittä kohdetta GBC Finlandin Rakennusten elinkaari-mittariston avulla. Mittaristo on luotu suurille rakennuksille eikä sen soveltaminen pientaloihin ollut aivan yksinkertaista. Osa mittariston taustamateriaalista (mm. rakenteiden hiilijälkikertoimet) olivat vielä julkistamatta tutkimusta tehtäessä. Kohteita tarkastellaan 50 vuoden ajanjaksolla.

A1-A3 tuotevaiheen arvioinnissa on käytetty pohjana SYNERGIA -hiilijalanjälkityökalun kertoimia, joita on paikoin täydennetty mm. VTT ja ILTA -iltahankkeen luvuilla. REM ohjeiden mukaisesti rakenteiden hiilidioksidipäästöihin on lisätty 10 %, koska lähtötiedot ovat osin vanhentuneita. Rannanpeltotalon tuotevaiheen hiilidioksidipäästöt ovat pienimmät, sillä rakennuksessa on pyrittykin hyvin alhaisiin päästöihin. Kiviaineisen rakennuksen tuotevaiheen hiilidioksidipäästöt ovat noin kolminkertaiset puurakenteiseen verrattuna.

A4-A5 rakentamisvaiheen päästöt laskettiin kohteille REM oletusarvolla 200 kWh / bruttoneliö kerrottuna käytetyn sähkön päästökertoimilla. Rannanpeltotalossa käytettiin REMin uusiutuvan sähkön kerrointa 10, muissa 273 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh. Rakennusajan päästöt vaikuttavat näin laskettuna melko suurilta suhteessa muiden vaiheiden päästöihin. Rannanpeltotalo toteutettiin tontilta kaadetusta puutavarasta hartiapankkirakentamisena, joten työmaavaiheen päästöt ovat todellisuudessa hyvin alhaiset.

B2 kunnossapitovaiheen hiilidioksidipäästöt laskettiin REMin oletusarvolla 2 kg CO<sub>2</sub>-ekv / brm<sup>2</sup>.

B6 käyttövaiheen energiankäytön hiilidioksidipäästöt saatiin REMin kertoimilla (kts. taulukko 5 selitykset s 11). Rannanpeltotalo on kohteista ainut, jossa käytetään vihreää sähköä. Siksi sen päästöt jäävät muita huomattavasti pienemmiksi.

C1-C4 Purkuvaihe laskettu REMin oletusarvolla 20 kg CO<sub>2</sub>-ekv / brm<sup>2</sup>.

Yhteenlaskettuna Rannanpeltotalon elinkaaren hiilidioksidipäästöt ovat REM mittaristolla arvioituna noin viidenneksen muista kohteista. Kun lisätään mukaan rakenteiden hiilivarasto jääkin rannanpeltotalon hiilitase negatiiviseksi eli varasto on suurempi kuin päästöt. Ero johtuu pitkälti vihreästä sähköstä.

Taulukko 10, vertailu rakennusten elinkaari-  
mittareilla REM

	Rannan- peltotalo	Littoisten passiivitalo	Oulun passiivitalo	2000-luvun ok talo
<b>ELINKAAREN VAIHE</b>				
A1-A3 tuotevaihe	15400	63800	23100	24750
A4-A5 rakentamisvaihe	310	12613	8954	5678
B2 kunnossapito	310	462	328	208
B6 energian käyttö	8621	46450	80555	86986
C1-C4 Purkuvaihe	3100	4620	3280	2080
<b>YHTEENSÄ A1-C4</b>	<b>27741</b>	<b>127945</b>	<b>116217</b>	<b>119702</b>
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	40000	4500	32000	14000
<b>YHTEENSÄ A1-D</b>	<b>-12259</b>	<b>123445</b>	<b>84217</b>	<b>105702</b>



## E Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksessa verrattiin 13 olemassa olevan pientalon asumisen ekologista kestävyyttä. Mittareina käytettiin pisteitä Rakentajan ekolaskurissa ([www.rakentajanekolaskuri.fi](http://www.rakentajanekolaskuri.fi)), mitattua energiankulutusta sekä energiankulutustietojen pohjalta laskettuja rakennusten käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä 50 ja 100 vuoden perspektiiveissä. Lisäksi viidestä kohteesta laskettiin päärakenteiden hiilijalanjälki.

Energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä tarkasteltiin rakennusta, asuinneliömetriä ja asukasta kohden. Tutkimuksen pääpaino oli asukaskohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen vertailussa.

Kohteet edustavat hyvin erilaisia ja erikokoisia pientaloja. Vanhin kohde on 1970-luvulta. Useista kohteista oli saatavilla energiankulutustietoa vuosien ajalta, yhdestä peräti 14 vuoden ajalta. Kohteiden asukasmäärät vaihtelivat suuresti (2–8 henkilöä) ja asumisväljyys oli usein keskimääräistä suurempi. Kohteiden koko ja asukasluvu vaikuttivat merkittävästi tuloksiin.

Kohteista 10 on rakennettu eko- ja/tai energiatehokkaiksi ja kolme vertailukohdetta edustaa tavanomaisempia pientaloja, joiden asukkailla on kuitenkin energiatehokkuustavoitteita.

### Johtopäätökset

#### Pientaloasumisen ekologinen kestävyys on monen tekijän summa

Tutkimus vahvisti käsitystä, että kestäväan pientaloasumiseen on monta vaihtoehtoista tietä. Kestävän pientaloasumisen keskeiset edellytykset ovat *energiatehokkuus*, *uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen*, *asumisväljyys* (tässä tapauksessa tilatehokkuus), *käytetyt materiaalit* sekä *asukkaiden elämäntapavalinnat*. Asunnon sijainnin vaikutusta asukkaiden liikkumisen hiilidioksidipäästöihin ei tässä yhteydessä tutkittu.

#### Energiatehokkuus on kestäväan asumisen keskeinen osatekijä Suomen oloissa

Tutkituista taloista kolmen passiivitalon ostoenergian kulutus oli neliötä kohden laskettuna 15–25 % tavanomaisen nykymääräykset täyttävän pientalon kulutuksesta. Muutkin tutkimuskohteet kuluttivat vähemmän energiaa kuin vastaavat pientalot Suomessa.

Alhaiseen asukaskohtaiseen ostoenergian kulutukseen vaikuttivat rakennuksen ulkovaipan hyvän lämmöneristävyyden lisäksi uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen sekä tilatehokkuus (asukasmäärä suhteessa pinta-alaan). Uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisellä ja tilatehokkuudella pystytään kompensoimaan vähemmän energiatehokkaan vaipan ja painovoimaisen ilmanvaihdon lämpöhukkaa.

## Uusiutuvat pienensivät merkittävästi energiankulutusta ja päästöjä

Uusiutuvan omavaraisenergian hyödyntäminen vähensi tutkimuskohteissa huomattavasti ostoenergian tarvetta ja etenkin asumisen käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä. Mitä enemmän uusiutuvia energiamuotoja hyödynnettiin, sitä pienemmiksi asumisen käytönaikaiset päästöt jäivät.

Parhaissa tutkituissa taloissa asumisen käytön aikaiset nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä lasketut hiilidioksidipäästöt lämmitettyä neliötä kohden jäivät alle puoleen keskivertopientaloihin verrattuna. Runsaasti uusiutuvaa energiaa hyödyntävän Littoisten passiivitalon käytönaikaiset päästöt (lämmitys, lämmin käyttövesi ja sähkö) olivat nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna hyvin alhaiset: 4,4 kg CO<sub>2</sub>-ekv lämmitettävää neliötä kohden ja 203 kg CO<sub>2</sub>-ekv asukasta kohden (talossa asuu 5 henkilöä), mikä on alle 10 % keskivertosuomalaisen vastaavista päästöistä.

Puuta hyödynnettiin lämmityksessä lähes kaikissa kohteissa. Nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä puun käyttö päälämmitysmuotona tai lisälämmönlähteenä pienensi ratkaisevasti asumisen käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä. Tulevaisuuden tavoitteellisilla energiantuotannon päästökertoimilla laskettuna maalämpö puolestaan osoittautui vähäpäästöisimmäksi vaihtoehdoksi. Kaukolämpö taas oli näillä kertoimilla laskettuna selkeästi huonoin vaihtoehto. Kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöjä tulisikin pystyä pienentämään selkeästi tavoiteltua enemmän.

Aurinkokeräimiä oli useassa kohteessa. Niissä kohteissa, joissa aurinkolämmön tuotto oli mitattu, sen osuus kaikesta käytetystä energiasta oli 10–30 %. 1997 valmistunut IEA5-talo oli ainut kohde, jossa tuotettiin aurinkosähköä. Sen ostoenergian kulutus on tutkimuskohteista pienin, 7600 kWh vuodessa. Mikäli rakennuksessa käytettäisiin nykyistä aurinkoteknologiaa, talo olisi nollaenergiatalo.

## Tiiviisti asuttu vanha puutalo pärjää väljästi asutulle passiivitalolle

Talon koko, asumisväljyys ja asumistottumukset vaikuttavat oleellisesti asumisen energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin. Lähes alkuperäisessä asussa olevassa 1940-luvun pientalossa, johon oli myöhemmin lisätty ilma-vesi-lämpöpumppu, asukaskohtainen ostoenergiankulutus oli 3000 kWh vuodessa tilankäytön tehokkuuden (23 m<sup>2</sup> / asukas) ansiosta. Asukaskohtainen kulutus oli tutkimuksen kolmanneksi pienin ja pienempi kuin mm. kahdessa passiivitalossa.

Kaikkien tutkittujen kohteiden asukkaat olivat motivoituneet energiansäästöön, ja kohteiden mitattu energiankulutus oli järjestään alhaisempi kuin laskennalliset ET- tai E-luvut.

Edellisestä voidaan päätellä, että asukaskohtaisessa tarkastelussa asumisen energiankulutukseen vaikuttavat oleellisesti paitsi rakennuksen energiatehokkuus ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen, myös asumisväljyys sekä asumistottumukset. Talon energiatehottomuutta voidaan kompensoida asumalla tiiviimmin. Toisaalta asumisväljyyden kasvaessa passiivitaloasukkaidenkin henkilökohtainen asumisen energiankulutus ja päästöt kasvavat.

## Energiantuotannon keskipäästöillä tuntuva vaikutus asumisen hiilijalanjälkeen

Tutkimuskohteiden asumisen käytönaikaiset hiilidioksidipäästöt laskettiin nykyisillä sekä TEM:in energiantuotannon (sähkö ja kaukolämpö) tavoitteellisilla päästökertoimilla 2020 ja 2030. Ostoenergian tuotantotapojen kehittyminen vähäpäästöisempään suuntaan esitettyjen arvioiden mukaisesti vähentäisi asumisen päästöjä tuntuvasti.

Nykyisillä energiantuotannon päästökertoimilla (sähkö 273 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh) laskettuna kohteiden asumisen käytönaikaiset hiilidioksidipäästöt vaihtelivat välillä 200–700 kg/asukas/v, jotka ovat keskimääräisen omakotiasukkaan päästöjä (sähkölämmitteisessä talossa 3000 kg/as/v) selvästi pienemmät. Asumistehokkuutta lisäämällä olisivat päästöt tutkimuskohteissa pienentyneet edelleen.

Vuoden 2020 tavoitteellisilla energiantuotannon (sähkö 179 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh) päästökertoimilla jäivät kaikkien tutkittujen ekotalojen asukaskohtaiset käytönaikaiset hiilidioksidipäästöt 140–750 kilon välille vuodessa. Tyypillisen sähkölämmitteisen pientalon asukaskohtaiset päästöt ovat tällä kertoimella laskettuna 2000 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Myös ilma-vesi-lämpöpumpulla varustetun tiiviisti asutun 1940-luvun pientalon asukaskohtaiset päästöt jäivät alle 550 kilon.

Vuoden 2030 tavoitteellisilla energiantuotannon (sähkö 36 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh) päästökertoimilla kaikkien tutkimuskohteiden käytön aikaiset vuotuiset asumisen hiilidioksidipäästöt jäisivät alle 250 kg / asukas, kun tyypillisen sähkölämmitteisen pientalon asukkaan osalla ne olisivat 420 hiilidioksidikiloa vuodessa.

## Päärakenteiden hiilijalanjäljen suhteellinen osuus kasvaa

Tutkimusaineiston perusteella päärakenteiden hiilijalanjäljellä on tuntuva vaikutus asumisen päästöihin. Nykyisten rakennusten elinkaaren (50 vuotta) hiilidioksidipäästöistä rakentamis- ja tuotantovaiheen osuus on 10–20 % ja passiivitaloissa 30–40 %. Laskettaessa viiden tutkimuskohteen päärakenteiden hiilijalanjälki ero pienimmän ja suurimman hiilijalanjäljen välillä oli lähes kuusinkertainen. Pienin hiilijalanjälki oli Rannanpeltotalolla, joka on puurakenteinen ja perustettu kevyille pilareille. Maanvarainen alapohja lisäsi tuntuvasti muiden puurakennusten hiilijalanjälkeä.

Yhdistettäessä päärakenteiden hiilijalanjälkitarkasteluun (50 vuotta) rakennusten asumisen asukaskohtaisiin kasvihuonekaasupäästöihin nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna, jäivät kolmen energiatehokkaimman talon päästöt välille 435–932 kg CO<sub>2</sub>-ekv asukasta kohden vuodessa. On merkillepantavaa, että suuri kivirakenteinen Littoisten passiivitalo pärjäsi tässä asukaskohtaisessa vertailussa puurakenteisille taloille. Littoinen kuluttaa kohteista vähiten ostoenergiaa ja siinä oli eniten asukkaita. Alhainen ostoenergian kulutus ja tilatehokkuus kompensoivat päärakenteiden hiilijalanjälkeä.

Vuoden 2030 energiantuotannon tavoitteellisilla keskipäästöillä laskettuna kaikkien kolmen energiatehokkaimman tutkimuskohteen asumisen päästöt jäivät alle 400 kg CO<sub>2</sub>-ekv ja vertailukohteina toimineiden 1950-luvun ja 2000-luvun vastaavat CO<sub>2</sub>-ekv -päästöt jäivät alle 500 kg CO<sub>2</sub>-ekv asukasta kohden vuodessa. Sadan vuoden tarkastelussa kivi- ja puurakenteisten talojen asukkaiden vuotuiset päästöt tasoittuvat.

Asukaskohtaisessa 50 vuoden tarkastelussa nykyisillä energiantuotannon päästökertoimilla laskettuna päärakenteiden osuus asumisen hiilidioksidipäästöistä on puurakenteisissa Rannanpeltotalossa 8 % ja Oulun passiivitalossa 11 % sekä kivirakenteisissa Littoisten passiivitalossa 37 %. 2020 päästökertoimilla laskettuna osuus olisi Rannanpeltotalossa 34 % ja Oulun passiivitalossa 54 % sekä kivirakenteisessa Littoisten passiivitalossa peräti 79 %. Energiatehokkuuden parantuessa ja energiantuotannon päästöjen pienentyessä rakenteiden osuus asumisen päästöistä kasvaa. Sadan vuoden tarkastelussa päärakenteiden osuudet puolittuvat.

## Vuoden 2050 päästötavoitteet mahdollisia jo nykytekniikalla ja elämäntapavälinoilla

Keskimäärin asumisen (sisältäen asunnon rakentamisen, käytön, huollon, ylläpidon ja korjaamisen) hiilidioksidipäästöt ovat Suomessa 2700 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa henkeä kohden. Ilmastonäkökulmasta kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä tulisi leikata vähintään 80 % vuoteen 2050 mennessä. Karkeasti laskettuna tämä tarkoittaisi asumisen osalta korkeintaan 550 kg CO<sub>2</sub>-ekv päästöjä asukasta kohden vuodessa. Tutkimusaineiston perusteella tämä raja on mahdollista alittaa.

Nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna tutkimuskohteista vain kivirakenteisen Littoisten passiivitalon asukaskohtaiset hiilidioksidipäästöt (439 kg CO<sub>2</sub>-ekv) täyttivät vuoden 2050 ilmastotavoitteen (550 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa). Rannapeltotalossa käytetään vihreää sähköä ja sen asukaskohtaiset asumisen (rakentaminen ja käyttö) päästöt ovat vihreän sähkön kertoimella laskettuna 262 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Vuoden 2030 energiantuotannon tavoitteellisilla keskipäästöillä kaikkien tutkimuskohteiden asukaskohtaiset päästöt jäivät alle 550 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa.

## Kestävää asumista energiatehokkaasti, uusiutuvia hyödyntäen ja lähellä palveluita

Rakennuksen energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen lisäksi kestäväan rakentamiseen vaikuttavat useat muutkin ympäristövaikutukset kuten tontin käsittely ja luonnon monimuotoisuuden vaaliminen, luonnonvarojen säästäminen, palveluiden saavutettavuus, jätteiden synnyn ehkäiseminen jne. Näitä ominaisuuksia mitattiin Rakentajan ekolaskuri -verkkotyökalulla ([www.rakentajanekolaskuri.fi](http://www.rakentajanekolaskuri.fi)).

Laskurissa parhaiten pisteitä saivat kohteet, jotka olivat energiatehokkaita ja rakennettu mahdollisimman pitkälti uusiutuvista materiaaleista, hyödynsivät uusiutuvia energiamuotoja ja sijaitsivat palveluiden äärellä. Juuri palveluiden saavutettavuus aiheutti eniten hajontaa kohteiden välillä.

Veden ja sähkön kulutuksen säästämiseen tähtäävät toimet olivat jääneet yllättävän usein vähemmälle huomiolle kohteissa, ja vastasivat usein tavanomaista tasoa. Pihojen käsittelyissä oli myös suuria eroja: parhaimmillaan piholla oli vaalittu alkuperäistä kasvillisuutta, toteutettu kotitarveviljelyä sekä varauduttu kuivuusjaksoihin varastoimalla sadevesiä kasteluun – ilmastonmuutoksen seurauksena pitkät kuivuusjaksot ovat meilläkin todennäköisiä.

## Toimenpidesuosituksia

Rakentamisen normiohjaus on vienyt rakentamista energiatehokkaampaan suuntaan. Nykyiset minimivaatimukset täyttävät uudisrakennukset ovat energiatehokkuudeltaan lähellä tutkimuksen matalaenergiataloja.

## Asumistehokkuutta ei huomioida kylliksi rakentamisen ohjauksessa

Tutkimustulokset vahvistavat käsitystä, että pientaloasumisen ekologinen kestävyys on monen tekijän summa, ja kestäväan lopputulokseen on valittavana monta erilaista tietä. Toiselle perheelle energiatehokas passiivitalo voi olla paras väline vähäpäästöiseen asumiseen, toiselle hieman tiiviimpi asuminen ja energiansäästö elämäntapavälinoilla. Kuten edellä todettiin, 90 neliön lähes alkuperäistilassa olevassa 1940-luvun ilma-vesi-lämpöpumpulla varustetussa puutalossa tiiviisti asuva nelihenkinen perhe pärjäsi hyvin tutkimuksessa väljästi asutun passiivitalon asukkaille.

Energiankulutus- ja päästötarkastelu neliometriä tai rakennusta kohden tuottaa aivan eri tuloksen kuin asukaskohtainen tarkastelu. Neliometriperusteisen tarkastelun rinnalla olisikin tarvetta käyttäjä- tai asukasperusteiselle tarkastelulle rakennusten energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen laskennassa. Tällöin rakentamisen vaihtoehdot lisääntyisivät. Myös rakennuksen elinkaaren aikaista muunneltavuutta, sivuasuntoratkaisuja sekä asunnon joustavaa, tarpeenmukaista lämmitystä tukevia ratkaisuja tulisi edistää.

Esimerkkikohteista As Oy Kellokkaassa asunnot on jaettu osiin (sivuasunnoiksi) ja sen asumistehokkuus on tutkimuksen parhaita. Villa Solbrantenissa osa tiloista on voitu jättää aktiivisen lämmittämisen ulkopuolelle, jolloin kahden aikuisen energiankulutus suuressa talossa on kohtuullista. Tilojen vuokraaminen muuhun käyttöön voisi olla ratkaisu kaupungeissa ja tilojen jättäminen aktiivisen lämmittämisen ulkopuolelle maaseudun keino. Monelle kynnyks muuttaa omasta, liian suureksi käyneestä kodista on suuri.

## Aurinkoenergian hyödyntäminen osaksi pientalon lupaprosessia

Uusiutuvista energiamuodoista puu ja varsinkin erilaiset lämpöpumput ovat jo yleisessä käytössä. Aurinkoenergiaa ei vielä hyödynnetä merkittävästi Suomessa: Ruotsissa aurinkoenergian hyödyntäminen on kymmenkertaista ja Itävallassa satakertaista Suomeen verrattuna.

Tutkimuskohteissa pystyttiin tuottamaan aurinkokeräinten avulla 10–30 % osuus käytetystä kokonaisenergiasta, vaikka käytetty tekniikka oli jopa yli 20 vuotta vanhaa. Tutkimuksen pienin ostoenergiatarve oli kohteessa, jossa oli lisäksi aurinkosähköpaneelit.

Pientaloissa on hyvät mahdollisuudet aurinkoenergian laajaan hyödyntämiseen, sillä niissä on kattopinta-alaa suhteessa neliö- ja asukasmääriin tuntuvasti enemmän kuin kerrostaloissa. Aurinkoteknologian (sekä lämpö että sähkö) runsaampaan käyttöön olisikin tutkimusaineiston valossa syytä kannustaa niin korjaus- kuin uudisrakentajia. Tarvittaisiin lisää tietoa kuluttajille. Rakennusvalvojilla on tässä tärkeä rooli. Vaikka aurinkoenergiaa ei heti otettaisi käyttöön, siihen tulisi varautua esim. katon suuntauksessa.

Lisäksi aurinkoenergian hyödyntäminen tulisi ottaa huomioon jo kaavoituksessa mm. huomioimalla optimaaliset paistekulmat rakennusten sijoituksessa, suuntauksessa ja varsinkin kattojen lappeiden jyrkkyydessä.

## Ristiriitaista tietoa hiilijalanjäljistä

Energiantuotannon ja materiaalien hiilidioksidipäästöt ovat melko tuore tutkimusaihe. Tutkimusta tehdessä ilmeni suuriakin ristiriitoja eri lähteiden välillä. Esimerkiksi arviot puun polttamisesta syntyvistä hiilidioksidipäästöistä vaihtelevat nollassa 300 g CO<sub>2</sub>-ekv / kWh. Samoin eri materiaalien päästövaikutuksista on hyvin erilaisia näkemyksiä.

Niin energiantuotannon kuin rakennusmateriaalien ja -tuotteiden hiilijalanjäljistä tarvittaisiinkin lisää puolueetonta ja kaikille avointa tutkimustietoa. Päärakenteiden hiilijalanjälki tulisi ottaa mukaan rakennuslupaprosessiin tulevaisuudessa. Rakentamisvaiheen kertaluontoisten päästöjen leikkaaminen on nopeasti vaikuttava päästövähennys verrattuna rakennusten käytön aikaisiin päästöihin.

Taulukko II, yhteenveto

KOHDTE	Lämmitettävä ala	Asukkaita	Pinta-ala m <sup>2</sup> / asukas	Ostoenergia			CO <sub>2</sub> -päästöt (kg) energiantuotannon nykyisillä keskipäästöillä			CO <sub>2</sub> -päästöt (kg) energiantuotannon keskipäästöillä 2030			Päärakenteiden CO <sub>2</sub> -päästöt (kg)			Päärakenteiden ja käytön päästöt (kg) 50 v tarkastelussa / asukas			Päärakenteiden CO <sub>2</sub> -tase			Rakenteiden hiilitase ja käytön päästöt 50 v tarkastelussa / asukas		
				Ostoenergia kWh / asukas	Ostoenergia kWh / m <sup>2</sup>	Ostoenergia yhteensä kWh	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup> / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo / vuosi	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo	CO <sub>2</sub> -päästöt / asukas	CO <sub>2</sub> -päästöt / m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -päästöt / talo	2020 keskipäästöillä	Nykyisillä keskipäästöillä	2030 keskipäästöillä	Nykyisillä keskipäästöillä		
Villa Solbranten, Espoo, 1978	225	4	56	13507	60	3377	2225	9,9	556	450	2,0	112	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
IEA5, Pietarsaari, 1994	166	2,6	64	7600	46	2923	2075	12,5	798	211	1,3	81												
Tapanilan ekotalo, Helsinki, 1997	217	5	43	26500	122	5300	3522	16,2	704	1356	6,3	271	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Rannanpelto, Suomusjärvi, 1997	155	2	78	15592	101	7796	1584	10,2	792	495	3,2	248	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Tikkurilan passiivitalo, 2009	187	2	94	11232	60	5616	2702	14,4	1351	395	2,1	198	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Karjaan ekotalo, Karjaa, 2010	92	3	31	17000	185	5667	2211	24,0	737	552	6,0	184	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Kilon ekotalo, Espoo, 2010	188	4	47	14100	75	3525	3485	18,5	871	499	2,7	125	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Littoisten passiivitalo, Kaarina, 2009	231	5	46	9600	42	1920	1017	4,4	203	306	1,3	61	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Passiivitalo, Oulu, 2011	164	4	41	11200	68	2800	1721	10,5	430	370	2,3	93	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
As Oy Kellokas, Helsinki, 2011	304	8	38	33600	111	4200	9173	30,2	1147	1210	4,0	151	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Rintamamiestalo, Riihimäki, 1953	212	2	106	18843	89	9422	3929	18,5	1965	648	3,1	324	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
2000-luvun pientalo, Riihimäki, 2009	104	2	52	8781	84	4391	1790	17,2	895	301	2,9	151	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
1940-luvun pientalo, Vantaa, 1940/54	90	4	23	12000	133	3000	3276	36,4	819	432	4,8	108	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Ka omakotitalo Suomessa	110	2,58	43	40000	364	11628	10920	99,3	4233	1440	13,1	558	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		
Ka omakotitalo Suomessa 2012	144	3,31	44	20000	138	6042	5460	37,9	1650	720	5,00	218	13000	84	6500	922	378	40000	45000	40000	252	43		



## F Liitteet

### Kohteiden esittelyt

#### VILLA SOLBRANTEN

Ekologinen koetalo, Espoo, 1978

Suunnittelija: arkkitehti Bruno Erat

Talon arkkitehtuurin lähtökohtana ovat energiatehokkuus sekä aurinkoenergian passiivinen ja aktiivinen hyödyntäminen. Tilat ryhmittyvät lämpövyöhykkeisiin lämpösydämenä toimivien tulisijojen ja lämmönvaraajan ympärille. Oleskelutilat ovat etelän puolella, keittiö, makuuhuoneet sekä varasto- ja työtilat puolestaan puskuri-vyöhykkeenä viileämmällä pohjoispuolella. Talo on suunnattu kohti aurinkoa: ikkunat ja aurinkokeräimet ovat eteläseinällä ja pohjoisivulla talo vetäytyy katon lappeen alle suojaan pohjoista vasten, talvella lumivaipan avustamana. Viherkatolla kasvaa 40 kasvilajia. Näin on hieman tuettu rakennuspaikan luonnon monimuotoisuutta.

Rakennuksen ostoenergian kulutus on hyvin alhainen. Tulisijoista ja aurinkokeräimistä saatava lämpö varastoidaan talon keskellä sijaitsevaan 10 000 litran lämmönvaraajaan. Lämmitysenergian kulutus on 36 kWh/m<sup>2</sup>/v ja kokonaisenergiankulutus 65 kWh/m<sup>2</sup>/v (VTT 1980).



KUVA: Pekka Hänninen

## IEA5

Lähes nollaenergiatalo asuntomessuilla, Pietarsaari, 1994

IEA5 on Pietarsaaren asuntomessuille valmistunut koe- ja esittelytalo. Talohankkeen tavoitteena oli toteuttaa mahdollisimman vähän ostoenergiaa kuluttava matalaenergiatalo silloista parasta tekniikkaa hyödyntäen. Hanke onnistui hyvin, ja IEA5 osoittaa vielä 20 vuotta myöhemminkin aurinkoteknologian pienentävän huomattavasti ostoenergian kulutusta. Ostoenergian tarve onkin tutkimuskohteista pienin: 7600 kWh vuodessa. Hanke oli aikanaan osa kansainvälistä IEA-yhteistyöprojektia.

Rakennuksen energiatehokkuus perustuu vaipan hyvään lämmöneristyskykyyn ja tiiveyteen sekä ilmanvaihdon tehokkaaseen lämmön talteenottoon. Ilmaisenergioita hyödynnetään aurinkopaneelien ja -keräinten sekä maalämpöpumpun avulla. Aurinkokeräimiä on 10 m<sup>2</sup>, ja ne tuottavat 2000 kWh lämpöä 3 m<sup>3</sup> varaajaan. Aurinkopaneeleja on 55,8 m<sup>2</sup> ja ne tuottavat 1800 kWh sähköä vuodessa. Mikäli alkuperäinen 2 kWp:n järjestelmä vaihdettaisiin nykytasoiseen tehokkaampaan 8 kWp:n järjestelmään, nousisi aurinkoenergian tuotto 7600 kWh vuodessa eli yhtä suureksi kuin ostoenergian määrä.

Talo on puurakenteinen. Ulkoseinät ja lattiat on koottu suurelementeistä. 18 seurantavuoden aikana ei ole havaittu kosteus- tai homeongelmia.



KUVA: Suomen asuntomessut



## TAPANILAN EKOTALO

Ekotalo kaupunkiympäristössä, Helsinki, 1997  
Suunnittelija: arkkitehti Bruno Erat

Solakka rakennus sijoittuu kapealle 670 neliön tontille olemassa olevaan pientalo-ympäristöön. Alkuperäistä kasvillisuutta on varjeltu rakentamisvaiheesta alkaen.

Maanpäälliset kerrokset ovat puurakenteisia. Seinissä ja yläpohjassa on puukuitu-eristeet ilman muovista höyrynsulkua. Talon ikkuna-aukotus on suunnattu etelään, näin talviaurinko pääsee lämmittämään sisätiloja ja lämpö varastoituu tiiliseen sydänmuuriin. Kesällä pitkät räystäät sekä lehtipuut suojaavat taloa ylikuumentumiselta. Kaikissa rakenteissa ja pintakäsittelyissä on pyritty käyttämään luonnonmukaisia materiaaleja.

Talossa on luonnollinen eli painovoimainen ilmanvaihto, jota voi tarvittaessa tehostaa märkätilojen ja keittiön koneellisella poistoilmanvaihdolla. Ilmanvaihto on toiminut VTT:n seurantatutkimuksen mukaan hyvin, joskin kesällä sitä on jouduttu tehostamaan tuulettamalla ikkunoiden kautta. Talon lämmitysenergian kulutus on 76 kWh/m<sup>2</sup>/v ja kokonaisenergian kulutus 121 kWh/m<sup>2</sup>/v (VTT 2000), joka on 40 % vähemmän kuin aikakauden tavanomaisten omakotitalojen. Päälämmönlähteenä on kaukolämpö, jota tuetaan passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen lisäksi puulämmityksellä. Kaukolämmön korkeiden hiilidioksidipäästöjen takia asumisen hiilidioksidipäästöt jäivät melko suuriksi, esimerkiksi maalämmöllä asumisen päästöt olisivat jääneet verrattain pieniksi.

Pihalla on pieni ryytimaa. Viherhuone pidentää viljelykautta – se on lämmin jo helmikuusta alkaen. Sadevedet kerätään maanalaiseen säiliöön kasteluvedeksi. Talo mahdollistaakin esimerkillisellä tavalla luonnonläheisen ja kestävä elämäntavan harjoittamisen kaupunkiympäristössä.

Kohteesta lisää: Ilkka Romo; Tapanilan ekotalo 1997, VTT 2000



KUVA: Pekka Hänninen

## RANNANPELTOTALO

Matalaenergiatalo, Suomensjärvi  
Suunnittelija: Pekka Leppänen, 1997

Rannanpeltotalo on Suomen ensimmäisiä matalaenergiataloja. Se sijaitsee etelään viettävässä rinteessä, johon sovittamisesta seuraa rakennuksen kapea muoto. Ikkunat avautuvat etelään. Talon sydämenä on varaava uuni. Katolla on 7 m<sup>2</sup> aurinkokeräimiä. Tulisija ja aurinkokeräimet on yhdistetty lämmönvaraajaan. Rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto melko tehokkaalla lämmöntalteenotolla.

Rungon rakennusmateriaalina on käytetty tontilta kaadettua puuta. Seinissä on 300 mm ja katossa 450 mm selluvillaeriste ilman muovista höyrynsulkua. Aurinkokeräin tuottaa puolet vuotuisesta lämpimästä käyttövedestä ja varaava tulisija 2/3 tarvittavasta tilojen lämpöenergiasta. Sähköä kuluu 3600–4800 kWh ja polttopuita 8–10 pinokuutiota vuodessa. Kokonaisenergiankulutus 84–100 kWh/m<sup>2</sup>/v. 16 vuoden aikana rakennuksen energiankulutus on pysynyt liki samana, joten merkkejä puurungon ravistumisesta ja ilman- ja lämmönpitävyyden heikkenemisestä ei ole.

Rakennuksessa käytetään vihreää sähköä, ja asukkaiden (2 henkilöä) asumisen käytönaikaiset laskennalliset päästöt ovat hyvin alhaiset, 211 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Kun asukaskohtaisiin käytönaikaisiin päästöihin lisätään rakennuksen päärakenteiden hiilijalanjälki (50 vuoden tarkastelu), jäävät asukaskohtaiset asumisen päästöt 350 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Luku on noin 13 % keskivertosuomalaisen vastaavasta luvusta. Talon nykyiset asukaskohtaiset päästöt vastaavat jo nyt vuoden 2050 ilmastotavoitteisiin. Kun laskelmaan lisätään edelleen päärakenteiden hiilivarasto, ovat asukkaiden päästöt negatiiviset 50 vuoden tarkastelussa (-50 kg CO<sub>2</sub>-ekv) vuodessa eli rakennus varastoi enemmän hiilidioksidia kuin rakentaminen ja käyttö aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä ja asuminen on ns. hiilineutraalia.

Tässä tutkimuksessa verrattiin kohteita keskenään usein käyttäen nykyisiä energiantuotannon keskipäästöjä, ja näin laskettuna vertailuissa Rannanpeltotalon päästöt ovat todellisuutta suuremmat.

Rakennuksessa on komposti-käymälä ja harmaat vedet käsitellään omassa puhdistamossa. Tontilla on suuri kasvimaata. Läheiset metsät tarjoavat hyvät sienit ja marja-apajat. Talo suokin hyvät puitteet kestäväan asumiseen maaseutu ympäristössä. Valitettavasti palvelut ovat kaikonneet pikku hiljaa lähikylästä. Kohde saikin rakennuksen osalta parhaat pisteet Rakentajan ekolaskurissa (58/80).

Lisää kohteesta: Pekka Leppänen, Energiaa säästävä pientalo, Rakennustieto 2000



KUVA: Pekka Hänninen

## TIKKURILAN PASSIIVITALO

Vantaa, 2009

Suunnittelu: arkkitehtitoimisto Arja Björk (pääsuunnittelija: Kimmo Lylykangas)

Suomen ensimmäinen VTT:n sertifioima passiivitalo. Rakennus on kaksikerroksinen paritalo. Kellarikerroksessa sijaitse pääosin aputiloja.

Talon runkomateriaalina on betonielementit ja verhouksena energiarappaus. Perinteistä lämmitysjärjestelmää ei ole, vaan talo lämpiää pääosin ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhde on 80 % ja tuloilma esilämmitetään maahan kaivetun esilämmitysputkiston avulla. Lisäksi huoneissa on ilman sisään-tulopuhalluksen yhteydessä huonekohtaiset säädettävä sähköinen jälkilämmitin.



KUVA: Pekka Hänninen



## KARJAAN EKOTALO

Karjaa, 2006

Suunnittelu: arkkitehti Kati Juola

Talon suunnittelun lähtökohtia ovat olleet haitattomuus terveydelle sekä puulämmitys ja passiivisen aurinkolämmön hyödyntäminen. Sisätilat ovat yhtä suurta tilaa ja rakennettu helposti muunneltavaksi. Kohtuullinen hinta oli myös rakennushankkeen tavoite: rakennuskustannukset vuonna 2006 olivat noin 1500 euroa neliöltä.

Seinät ovat hengittävät (puurunko ja selluvillaeriste). Eristepaksuudet ovat matalaenergiatasoa, mutta talossa on painovoimainen ilmanvaihto. Talossa on 2 varaavaa takkaa, leivinuuni ja puuhella, jotka on liitetty sydänmuuriin. Kaikki ruoka valmistetaan puuhellalla ja leivinuunissa. Polttopuuta kuluu noin 12 kuutiota vuodessa. Rakennus on kolmelle asukkaalle kohtuullisen kokoinen, 92 m<sup>2</sup>.

Ulkoseinissä on sähkösuojaus, joka tehtiin puupaneelin alle asennetulla, radiosignaaleilta suojaavalla ohuella hiilikuituverkolla.



KUVA: Kati Juola

## KILON EKOTALO

Espoo, 2010

Suunnittelu: Erat arkkithdit

Rakennus sijaitsee olemassa olevassa kaupunkirakenteessa pientaloalueella. Junaseisake ja lähipalvelut sijaitsevat muutaman sadan metrin säteellä.

Rakenteissa on pyritty luonnonmukaisuuteen ja alhaiseen asumisen hiilijalanjälkeen. Talossa on painovoimainen eli luonnollinen ilmanvaihto ja hengittävät seinärakenteet. Seinät ovat puurunkoiset ja selluvillalla eristetyt. Talon päälämmitysmuoto on maalämpö, jonka tukena on varaavia tulisijoja. Talviaurinko lämmittää suuren ikkunan välityksellä sisätiloja, mutta kesäisin suuri pihakoivu varjostaa taloa ja estää ylikuumenemisen. Puulämmitteinen sauna on sijoitettu erilliseen pikku rakennukseen (kuvassa valkoinen), jolloin sitä ei tarvitse pitää lämpimänä käyttökertojen välillä. Saunassa on kantovesi.

Pintakäsittelyissä on käytetty luonnonmukaisia vaihtoehtoja, mm keittomaaleja. Talossa on lukuisia kierrätysosia (mm. ovet, kamiinat, saunan hirret). Rakennuksen suunnitteluratkaisuissa on hyödynnetty rakentajan ekolaskuria.



KUVA: Pekka Hämmänen



## LITTOISTEN PASSIIVITALO

Kaarina, 2009

Suunnittelija: Marjo-Riitta Salomaa

Littoisten passiivitalo on maamme ensimmäinen keskieurooppalaisen passiivitalostandardin täyttävä rakennus. Keskieurooppalainen standardi on tiukempi kuin meillä käytössä oleva VTT:n standardi. Rakennuksen energiankulutus onkin poikkeuksellisen alhainen, vain 15 Kwh/m<sup>2</sup>/vuosi. Talo on myös varsin suuri, 231 m<sup>2</sup>.

Lämmönlähteenä on saunan puukiukaan savukaasujen hukkalämpöä hyödyntävä talteenottoiippu ja neljä aurinkokeräintä talon katolla. Rakennuksen ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde on poikkeuksellisen hyvä, 92 %. Talon energiankulutus on tutkimuksen pienin, ja ostosähköäkin kuluu vain 3000 kWh vuodessa. Alhaisen energiankulutuksen ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisen ansiosta rakennuksen asumisen käytön aikaiset hiilidioksidipäästöt nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna ovat tutkimuksen alhaisimmat: reilut 1000 kg CO<sub>2</sub>-ekv taloa ja 200 kg CO<sub>2</sub>-ekv asukasta kohden vuodessa. Kun käytön aikaisiin päästöihin lisätään rakennuksen hiilijalanjälki viidenkymmen vuoden käyttöajalla jaettuna, ovat asumisen asukaskohtaiset päästöt noin 450 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Luku on noin 16 % keskivertosuomalaisen vastaavasta luvusta. Talon nykyiset asukaskohtaiset päästöt vastaavat jo nyt vuoden 2050 ilmastotavoitteisiin.

Rakennus on betoniharkkorakenteinen, joka on lisäeristetty 20 cm eps-kerroksella. Tilava olohuone on kaksikerroksinen. Etelään avautuvat suuret ikkunat päästävät talviauringon lämmittämään sisätiloja, mutta ikkunoiden eteen laskettava säleikkö suojaa kesäiseltä ylikuumenemiselta. Kesällä viilennetään maapiirin avulla.

Rakennus sijaitsee etelärinteessä maaseutumaisemassa, mutta hyvien palveluiden ja julkisen liikenteen äärellä. Asukkaat keräävät polttopuun lähinnä käsin lähimetsästä, asioimassa käydään etupäässä polkupyörällä. Hyvän sijainnin, erittäin alhaisen energiankulutuksen ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisen ansiosta kohde saikin tutkimuskohteista parhaat pisteet rakentajan ekolaskurissa (80/104).

Kohde valittiin Kaarinan vuoden 2009 rakennushankkeeksi.



KUVA: Pekka Hänninen

## OULUN PASSIIVITALO

Oulu, 2011

Suunnittelu: Ekotalo

Puurakenteinen passiivitalo, jonka ostoenergiankulutus on hyvin pieni, ja sähköä kuluu 5700 kWh vuodessa. Passiivitalokonseptin mukaisesti talossa hyvä LTO:n vuosihyötysuhde: 76%. Lämmitysjärjestelmänä on varaava tulisija ja sen tukena aurinkolämmitys (tyhjiöaurinkokeräin). Vara- ja lisälämmönlähteenä toimii sähkö. Pääsääntöinen lämmönjako tapahtuu ilmanvaihdon mukana, ns. ilmanvaihtolämmityksellä. Kosteissa tiloissa on lattialämmitys. Jäähdytysjärjestelmänä toimii talon alle asennettu nesteputkisto, joka on kytketty ilmanvaihdon puhaltimiin.

Asukaskohtainen energiankulutus (2800 kWh / v) ja käytön aikaiset asukaskohtaiset hiilidioksidipäästöt (440 kg CO<sub>2</sub>-ekv / v) nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna ovat tutkimuksen toiseksi pienimmät. Vuoden 2030 kertoimilla luku oli myös tutkimuksen pienimpiä (98 kg CO<sub>2</sub>-ekv / v). Tässä yhteydessä tulee muistaa, että kohde sijaitsee muita selkeästi pohjoisempaan eikä astepäivälukua voitu huomioida tässä tutkimuksessa. Kun käytön aikaisiin päästöihin lisätään rakennuksen hiilijalanjälki viidenkymmen vuoden käyttöajalla jaettuna, ovat asumisen asukaskohtaiset päästöt noin 540 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa. Luku on noin 20 % keskiarvosuomalaisen vastaavasta luvusta. Talon nykyiset asukaskohtaiset päästöt vastaavat jo nyt vuoden 2050 ilmastotavoitteesiin.

Kantava runko on toteutettu melko keveillä ristikkorakenteilla. Lattiarakenteissa on käytetty betonia. Tämän takia päarakenteiden hiilijalanjälki on hieman suurempi ja hiilivarasto puolestaan pienempi kuin Rannanpeltotalossa. Nykyisillä energiantuotannon keskipäästöillä laskettuna asukaskohtaiset käytönaikaiset ja päarakenteiden yhteen lasketut hiilidioksidipäästöt jäivät 540 kiloon ja 2030 tavoitteellisilla energiantuotannon kertoimilla reiluun 200 kiloon vuodessa. Jälkimmäinen luku oli tutkimuksen alhaisin. Molemmat luvut alittavat teoreettiset asumisen päästötavoitteet 2050.



KUVA: Ekotalo



## AS OY KELLOKAS

Helsinki, 2011

Suunnittelu: arkkitehti Karin Krokfors

As oy Kellokas on kahden kaupunkipientalon kokonaisuus, jossa on lähestytty kestävyttä ekologisesta, taloudellisesta ja sosiaalisesta näkökulmasta. Rakentamisessa on pyritty laatuun ja kestävyteen. Kellokas on täystiilinen matalaenergiatalo. Seinärakenne on hengittävä ja koostuu kantavasta kennotiilestä ja ruukintiilestä tehdystä julkisivumuurauksesta. Tiili liittää rakennuksen Vanhankaupunginkosken teollisuusmiljööseen.

Tilat ja käyttövesi lämmitetään auringon ja maalämpöpumpun hybridijärjestelmän avulla. Kesällä aurinkokeräinten ylijäämälämpöä ajetaan maahan, josta sitä talvella hyödynnetään maalämpöpumpun avulla. Kesällä maalämpöpumppua voidaan käyttää myös viilentämiseen. Varaavat tulisijat on liitetty mukaan lämmitysjärjestelmään. Talossa hyödynnetään passiivista aurinkoenergiaa: ikkunoiden kautta auringon lämpösäteilyä varastoituu kivirakenteisiin.

Muunneltavuus sekä työn ja asumisen yhdistäminen ovat olleet keskeisiä lähtökohtia tilasuunnittelulle. Asuntoja voidaan muokata, laajentaa ja supistaa asukkaiden elämäntilanteen mukaan, esimerkiksi vuokraamalla vajaakäytölle jääneet huoneet työtiloiksi tai erillisiksi asunnoiksi. Asukkaan ei tarvitse luopua asunnosta tilatarpeen muuttuessa. Kohde on ryhmärakentamishanke.

Kohteesta lisää: <http://www.karinkrokfors.fi/ryhmarakennuttaminen.html>



KUVA: Jussi Tiainen

## RINTAMAMIESTALO

Riihimäki, 1953

Kohde edustaa tyypillistä rintamamiestaloa. Se on mukana Motivan Elvari-hankkeessa. Riihimäellä sijaitsevassa rakennuksessa on asunut yli kolmenkymmenen vuoden ajan sama pariskunta. Asukkaat ovat aktiivisesti parantaneet talon eristystä jo 1980-luvun lopulta lähtien. Yläkerta on saanut lisää lämmöneristettä, ikkunat on vaihdettu kolmikerroksisiksi, villaa on lisätty sekä seiniin että ullakkorakenteisiin ja tuulensuojalevyt on asennettu.

Rungon energiatehokkuuden parantamisen jälkeen muutettiin lämmitysjärjestelmää: 2007 rakennukseen asennettiin ilmalämpöpumppu ja puun käyttöä lisättiin. Lisäsäästöä saatiin uusimalla lämminvesivaraaja ja suuret kotitalouskoneet. Myös hehkulamput saivat väistyä pienloistelamppujen tieltä. Kellariin asennettiin lattialämmitys ja samalla parannettiin myös lattian eristystä. Talon sähkön kulutus on nyt noin 13 500 ja kokonaisenergian kulutus (sähkön lisäksi mukana puu) 18 800 kWh. Rintamamiestalojen, joita ei ole remontoitu tai muuten parannettu energiatehokkuutta, tyypillinen energiankulutus on Motivan mukaan 25 000 – 35 000 kWh vuodessa.

Päärakenteille laskettiin hiilijalanjälki. Laskennan pohjana käytettiin tyypillisen rintamamiestalon rakenteita. Betoninen kellarikerros aiheutti noin puolet pääraakenteiden hiilijalanjäljestä. Muista kohteista poiketen, rintamamiestalon kohdalla tarkasteluihin lisättiin 60 vuotta eli viidenkymmenen vuoden tarkastelussa pääraakenteidenpäästöt jaettiin 110 ja sadan vuoden tarkastelussa 160 vuodella. Vaikka pääraakenteiden hiilijalanjälki jaettiin muita pidemmälle aikajanelle, jäivät asukaskohtaiset päästöt muita kohteita hieman suuremmiksi. Silti asumisen päästöt alittavat vuoden 2050 asumisen päästötavoitteet vuoden 2030 energiantuotannon päästökertoimilla laskettuna. Nelihenkisen perheen asukaskohtaiset päästöt olisivat kohteessa pienemmät.

## 2000-LUVUN PIENTALO

Riihimäki, 2009

Rakennus on puurakenteinen tyypillinen 2000-luvun valmispientalo, ns pakettitalo. Rakennuksen energiatehokkuutta on hieman paranneltu verrattuna vakiomalliin, ja se on matalaenergiatasoa.

Talossa on varaava takka ja lisäksi suora sähkölämmitys. Puuta kuluu vuodessa 3 kuutiota. Kerran lämmitettynä varaava tulisija pysyy lämpimänä pari vuorokautta. Lämpö leviää osin ilmanvaihdon avittamana kaikkiin tiloihin. Ikkunoiden edessä sijaitsevia sähköpattereita pidetään jatkuvasti pienellä lämmöllä (noin 15 astetta), jolloin ne poistavat vedon tunteen. Talossa on paljon sähkönkulutusta vähentäviä pieniä yksityiskohtia ja laitteita. Rakennuksen sähkönkulutus onkin varsin alhainen.

Talossa on puurunko ja mineraalivillaeristeet. Talossa on maanvarainen alapohja. Suurin osa rakennuksen päarakenteiden hiilijalanjäljestä muodostui alapohjasta. Rakennus sijaitsee taajamassa, mutta lähipalvelut ovat silti melko vähäisiä.



KUVA: Pekka Hänninen

## 1940-LUVUN PIENTALO

Vantaa, 1940/1954

1940 rakennettu ja 1954 laajennettu 90 m<sup>2</sup> rankarakenteinen ja purueristeinen erillispientalo. Rakennus on 1,5 kerroksinen, mutta yläkerrassa on vain 1 makuuhuone ja loppu yläkerta toimii käyttöullakkona. Lukuun ottamatta yläkerran makuuhuoneen katon lisäeristämistä, rakennusrungon energiatehokkuutta ei ole parannettu ja talo on lähes alkuperäinen rakenteiden osalta. Rakennukseen asennettiin ilma-vesilämpöpumppu ja uusi lämmönvaraaja 2008.

Keskimääräinen energiankulutus (sähkö) on ollut vuosina 2009–2012 kovista talvista huolimatta vain 12000 kWh vuodessa asukkaiden (4 hlö) kohtuullisten asumistottumusten ja ilma-vesilämpöpumpun ansiosta. Sisälämpötila on pidetty 21,5 asteessa, joten asumismukavuudesta saati elämän laadusta ei ole tarvinnut tinkiä.

Kohde olikin tutkimuksen yllättäjä. Kohteen asukaskohtainen ostoenergian kulutus oli tutkimuksen kolmanneksi pienin 3000 kWh vuodessa ja pienempi kuin mm. kahdessa passiivitalossa. Talo osoitti, että energiatehokkuuden ohella myös talon koko, tilankäytön tehokkuus (kohteessa 23 m<sup>2</sup> / asukas) ja asumistottumukset vaikuttavat oleellisesti asumisen energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin. Talossa käytetään vihreää sähköä, joten asukaskohtaiset rakennuksen käytön hiilijalanjäljet jäävät hyvin pieniksi.



KUVA: Pekka Hänninen

## Käytetyt käsitteet

**Pientaloilla** tarkoitetaan Tilastokeskuksen mukaan omakotitaloja sekä paritaloja ja kaksikerroksisia omakotitaloja, joissa on kaksi asuntoa.

**Ilmastonmuutoksella** tarkoitetaan nykyistä ihmisen toiminnasta johtuvaa maailmanlaajuista ilmaston lämpenemistä. Ilmakehän ns. kasvihuonekaasut kuten hiilidioksidi ja metaani estävät maapallon lämpöä karkaamasta avaruuteen. Ihmiskunnan toiminta kuten runsas fossiilisten polttoaineiden käyttö, tehomaatalous ja muutoksen maankäytössä aiheuttavat ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuden lisääntymistä, jolloin auringosta saatava lämpö jää maapallolle enenevissä määrin ja ilmasto lämpenee.

**Kasvihuonekaasupäästöillä** tarkoitetaan ilmaston lämpenemistä lisääviä ihmisen päästöjä. Kasvihuonekaasu ja ovat mm hiilidioksidi ja metaani.

**Hiilidioksidiekvivalentti (kg CO<sub>2</sub>-ekv)** on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmaston voimistumiseen. Muut kasvihuonekaasut muunnetaan vastaamaan hiilidioksidipäästöjä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ekvivalenttisia hiilidioksidipäästöjä.

**Hiilidioksidipäästöt** syntyvät palamisreaktioissa, joista lopputuotteena on muun muassa hiilidioksidikaasua. Hiilidioksidi on yleisin kasvihuonekaasu. Hiili ja hiilidioksidi kiertävät luonnossa, mutta ihmiskunnan lisääntyneet hiilidioksidipäästöt ovat lisänneet tuntuvasti ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Suurin osa fossiilisista hiilidioksidipäästöistä vapautuu sähkön ja lämmön tuotannon yhteydessä.

**Hiilijalanjäljellä** tarkoitetaan on tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Hiilijalanjäljen yksikkönä käytetään kiloa hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO<sub>2</sub>-ekv).

**E-luku** on rakennusmääräysten D3 2012 mukainen laskentamenetelmä, jolla kuvataan rakennukseen ostettavan primäärienergian kulutusta. Luku lasketaan rakennukseen ostettavien energioiden ja energiamuotojen kertoimien tulona. Luku ilmaistaan yksiköllä kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Kertoimet eri energiamuodoille: sähkö 1,7, kaukolämpö 0,7, kaukojäähdytys 0,4, fossiiliset polttoaineet 1 ja uusiutuvat polttoaineet 0,5. E-lukuvaatimuksen arvo pientaloissa riippuu hieman myös rakennuksen pinta-alasta. E-luku kertoimilla kannustetaan uusiutuvien energiamuotojen käyttöön. Asumisen hiilidioksidipäästöjä ne eivät kerro.

Esimerkki: (ostettu energia kaukolämpö 100 kWh/m<sup>2</sup> x kerroin 0,7) + (sähkö 50 kWh/m<sup>2</sup> + kerroin 1,7) = E-luku on 155 kWh/m<sup>2</sup>.

**ET-luku** on ennen vuotta 2012 käytössä ollut rakennusmääräysten mukainen laskentamenetelmä, jolla ilmaistaan rakennuksen kuluttamaa energiamäärää neliötä kohden.

**Ostoenergialla** tarkoitetaan rakennukseen sen tontin rajojen ulkopuolelta ostettavaa energiaa, joka voi olla sähköä, lämpöä tai polttoainetta. Polttoaineita ovat mm. polttoöljy, maakaasu sekä puu eri muodoissaan. Ostoenergia voi olla uusiutuvaa tai uusiutumaton.

**Omavaraisenergia** on rakennuksessa sen tontin rajojen sisäpuolella tuotettua energiaa kuten aurinkolämpöä tai aurinko- ja tuulisähköä.

**Uusiutuvat energiamuodot** ovat energiaa, joka on tuotettu ihmistoiminnan kannalta ehtymättömistä luonnonprosesseista tai -varoista. Auringon säteily, tuuli, veden virtaus tai aaltoliike sekä maankamaraan varastoitunut lämpö ovat ehtymättömiä energiavaroja. Jos tarkkoja ollaan, tuuli, veden liikkeet ja maan lämpö ovat peräisin auringon voimasta – aurinko on siis elämän edellytys ja kaiken energian lähde.

**Biopolttoaineet**, kuten puu, hake ja pelletti, katsotaan myös uusiutuviksi luonnonvaroiksi, koska niitä syntyy jatkuvasti lisää. Metsä- ja peltoenergioiden käytössä tulee huomioida ekosysteemin kestävyys ja ravinnon riittävyys ihmiskunnalle. Öljy, kivihiili, turve tai uraani eivät ole uusiutuvia luonnonvaroja, koska niitä ei luonnossa juuri muodostu lisää.

Fossiilisten polttoaineiden riittävyys maapallolla on rajallista: öljyvarojen tuotannon huippu on jo ohitettu, kivihiilen tuotannon huippu saattaa olla edessä jo lähitulevaisuudessa ja maakaasua riittäisi nykytahdilla käytettynä 60 vuodeksi. Uraanivarat riittävät 20–200 vuodeksi. Uraani on jätteenä kuolettavasti säteilevää myrkkyä, jota ihmiskunnalla on erilaisissa välivarastoissa 250 000 tonnia. Ihmiskunta ei vielä ole ratkaissut uraanijätteen loppusijoitusta.

Siirtyminen fossiilisista polttoaineista uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen vähentää tuntuvasti hiilidioksidipäästöjä ja lisää energiaomavaraisuutta, josta on hyötyä kansantaloudellisesti sekä mahdollisissa kriisitilanteissa. Tuontien energian osuus Suomen energiankulutuksesta on merkittävä, 70 %, ja osuus Suomen kokonaistuonnin arvosta vajaa 20 %.

## KUVAILEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Rakennetun ympäristön osasto	Julkaisu-aika	Syyskuu 2014
Tekijä(t)	Pekka Hänninen		
Julkaisun nimi	<b>Ekologisesti kestävä pientaloasuminen – 13 pientalon vertailu</b>		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 20/2014		
Julkaisun teema			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää pientalon ekologiseen kestävyysvaikutteita. Siinä tarkasteltiin 13 pientaloa, joista valtaosassa jo suunnitteluvaiheen tavoitteena oli eko- ja energiatehokkuus. Asukaskohtainen energiankulutus ja asumisen hiilidioksidipäästöt olivat tutkimuksen keskeisiä tarkastelukohteita.</p> <p>Tutkimus vahvisti käsitystä, että pientaloasuminen ekologinen kestävyys muodostuu useasta tekijästä. Selvityksen mukaan asumisen hiilijalanjälkeen vaikuttivat energiatehokkuuden ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisen ohella merkittävästi tilatehokkuus ja asukkaiden asumistottumukset. Esimerkiksi 1940-luvun rankarakenteisen pientalon energiankulutus ja päästöt jäivät asukaskohtaisessa tarkastelussa tilatehokkuuden ja uusiutuvan energian hyödyntämisen ansiosta väljästi asuttujen passiivitalojen tasolle.</p> <p>Asukaskohtainen tarkastelu antaa eri tuloksen energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä kuin neliömetrikohtainen tarkastelu. Asumistottumuksilla on merkitystä päästöjen vähentämisessä. Nämä tekijät tulisi huomioida myös rakentamisen ohjauksessa.</p>		
Asiasanat	Ekologisesti kestävä asuminen, pientalot, energiatehokkuus, hiilijalanjälki, tilatehokkuus		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö		
	ISBN 978-952-11-4324-3 (PDF)	ISSN 1796-170X (verkkokj.)	
	Sivuja 53	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen
Julkaisun myynti/ jakaja	Julkaisu on saatavana vain internetistä: <a href="http://www.ym.fi/julkaisut">www.ym.fi/julkaisut</a>		
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö		
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2014		



## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Avdelningen för den byggda miljön	Datum September 2014
Författare	Pekka Hänninen	
Publikationens titel	<b>Ekologisesti kestävä pientaloasuminen – 13 pientalon vertailu</b> (Ekologiskt hållbart småhusboende – en jämförelse mellan 13 småhus)	
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 20/2014	
Publikationens tema		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt		
Sammandrag	<p>Målet med undersökningen var att utreda vilka faktorer som bidrar till ekologisk hållbarhet i fråga om småhus. Undersökningen omfattade 13 småhus som till största delen ursprungligen hade eko- och energieffektivitet som mål. Centrala föremål för undersökningen var energiförbrukningen per invånare och de koldioxidutsläpp som boendet orsakar.</p> <p>Undersökningen bekräftade uppfattningen att det är flera faktorer som bidrar till ekologisk hållbarhet i småhus. En byggnads kolavtryck påverkas förutom av energieffektiva lösningar och utnyttjandet av förnybara energiformer också i hög grad av hur effektivt lokalerna utnyttjas och av invånarnas levnadssätt. I till exempel småhus byggda med slator på 1940-talet var energiförbrukningen och utsläppen per invånare på samma nivå som i fråga om glest bebodda passivhus tack vare effektiv användning av utrymmena och utnyttjandet av förnybar energi.</p> <p>En granskning som baseras på antalet invånare ger andra resultat beträffande energiförbrukningen och koldioxidutsläppen än en granskning som baseras på antalet kvadratmeter. Levnadsvanorna har också en inverkan på minskningen av utsläppen. Dessa faktorer bör därför också beaktas i styrningen av byggandet.</p>	
Nyckelord	Ekologiskt hållbart boende, småhus, energieffektivitet, kolavtryck, effektivt utnyttjande av utrymmet	
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet	
	ISBN 978-952-11-4324-3 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)
	Sidantal 53	Språk Finska
		Offentlighet Offentlig
Beställningar/ distribution	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: <a href="http://www.ym.fi/julkaisut">www.ym.fi/julkaisut</a>	
Förläggare	Miljöministeriet	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2014	

Tutkimuksessa selvitettiin, mistä tekijöistä pientaloasumisen ekologinen kestävyys muodostuu ja kuinka pienellä energiankulutuksella ja hiilijalanjäljellä pientaloissamme voidaan asua. Rakennus- ja pinta-alakohtaisen tarkastelun lisäksi kohteista laskettiin asukaskohtaiset energiankulutus ja asumisen hiilidioksidipäästöt.



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

ISBN 978-952-11-4324-3 (PDF)  
ISSN 1796-170X (verkkokj.)