KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Pinja Virnes

HARKKO- JA PUUTALON KOKO ELINKAAREN AIKAISEN HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017

Karelia AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2017
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
(013) 260 600

Tekijä
Pinja Virnes

Nimike
Harkko- ja puutalon koko elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskenta

Toimeksiantaja
Lakan Betoni Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kahden talon rakentamisen ja käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamia hiilijalanjälkiä. Tutkittavina tyyppitaloina oli Lakan Betonin mallitaloista valikoitunut yksikerroksinen harkkorakenteinen talo, jota verrattiin pinta-alaltaan ja muodoltaan yhtäläiseen puurakenteiseen taloon. Seinärakenteita lukuun ottamatta, taloissa oli identtiset ylä- ja alapohjat sekä terassit ja perustukset.

Tutkimuksessa laskettiin talojen käytönaikainen energiankulutus CADS 17.0-ohjelmistolla, josta saatiin rakennuksille energiaselvitykset ja -todistukset. Hiilijalanjäljen laskenta suoritettiin SimaPro-laskurilla, josta koko elinkaaren aikaiseksi hiilijalanjäljeksi saatiin harkkotalolle 259 000 tCO_2e (hiilidioksidiekvivalenttia). Vastaava luku puutalolle oli 247 000 tCO_2e. Tulokset olivat odotettuja ja hyviä uudisrakennuksen arvoja, joista kävi ilmi, että rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamat päästöt nostattivat hiilijalanjälkiä huomattavasti, mutta samalla tasasivat hiilijalanjälkieroja talojen välillä.

Tämän opinnäytetyön aihe on hyvin ajankohtainen, koska kuluttajat ovat entistä ympäristötietoisempia ja lisäksi lait sekä asetukset vaativat nykyisin energiatehokkaan rakentamistavan noudattamista. Jokaisen olisi omalta kohdaltaan hyvä kiinnittää huomiota ilmastonmuutoksen hillitsemiseen esimerkiksi energiankulutustottumuksiaan seuraten.

Kieli	Sivuja 51
suomi	Liitteet 6
	Liitesivumäärä 38

Asiasanat

hiilijalanjälki, elinkaariarviointi, energiankulutus, ilmastonmuutos

THESIS
May 2017
Degree Programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 600

Author
Pinja Virnes

Title
Concrete Block House and Wooden House Carbon Footprints

Commissioned by
Lakan Betoni Oy

Abstract

The aim of this thesis was to study the carbon footprints caused by the energy consumption during the constructing and use-phase of two houses. The two houses studied were a single-storey concrete block house chosen from the house models of Lakan Betoni, which was compared to a wooden house with a similar area and shape. Excluding the wall structure, the houses had identical roofs, base floors, terraces and foundations.

In the study, the use-phase energy consumption of the houses was calculated with CADS 17.0 software which gave the energy reports and certifications for the houses. Calculating the carbon footprint was done with SimaPro calculator and the life cycle carbon footprint for the concrete block house was 259 000 tCO2e (carbon dioxide equivalents). The corresponding figure for the wooden house was 247 000 tCO2e. The results were as expected and good figures for new construction. The results showed that the emissions of the use-phase energy consumption of the building raised the carbon footprints notably but, at the same time, levelled the carbon footprint differences between the houses.

The subject of this thesis is relevant because consumers are even more environmentally conscious than before. In addition, the laws and decrees nowadays demand building in an energy efficient way. Everyone could mitigate climate change in their daily lives by, for example, paying attention to their own energy consumption habits.

Language	Pages 51
Finnish	Appendices 6
	Pages of Appendices 38

Keywords

Carbon footprint, life cycle assessment, energy consumption, climate change

Sisältö

Käsitteet 5
1 Johdanto 8
2 Mitä hiilineutraalius on ja miksi siihen tulisi pyrkiä? 8
2.1 Hiilivarasto ja hiilinielu 9
2.2 Ilmastonmuutos 10
2.2.1 Fossiiliset polttoaineet ilmastonmuutoksen edistäjänä 11
2.2.2 Ilmastopolitiikka ja sitä koskeva lainsäädäntö 12
3 Hiilijalanjälki 13
3.1 Rakennuksen tuote- ja rakentamisvaiheen aiheuttama hiilijalanjälki 14
3.2 Rakennuksen käyttövaiheen aiheuttama hiilijalanjälki 15
3.3 Rakennuksen purkuvaiheen aiheuttama hiilijalanjälki 16
4 Hiilijalanjäljen laskenta 18
4.1 Laskennassa käytetyt rajaukset ja oletukset 18
4.2 Hiilijalanjäljen laskennan perusteet 19
4.3 Käytönaikaisen energiankulutuksen laskenta 19
5 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet 21
6 Aineistot ja menetelmät 22
6.1 Tutkittavat tyyppitalot 22
6.1.1 Harkkorakenteiset seinät 24
6.1.2 Puurakenteiset seinät 25
6.1.3 Yläpohja 27
6.1.4 Alapohja ja perustukset 28
6.2 Elinkaariarviointi 30
6.2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely 31
6.2.2 Inventaarioanalyysi 32
6.2.3 Vaikutusarviointi 36
6.2.4 Tulosten tulkinta 37
7 Tulokset 38
7.1 Energiaselvityksen tulokset 38
7.2 Hiilijalanjäljen laskennan tulokset 38
7.3 Aikaisempia tutkimustuloksia 44
8 Pohdinta 45
8.1 Rakennuksen hiilijalanjäljen pienentäminen 46
8.2 Harkkotalo vai puutalo? 47
8.3 Tutkimuksen jatkomahdollisuudet 48
Lähteet 49

Liitteet

Liite 1 SimaPro-laskurissa käytetyt vastineet
Liite 2 Painolaskenta ikkunoille ja oville
Liite 3 Energiaselvitys harkkotalolle
Liite 4 Energiaselvitys puutalolle
Liite 5 Energiatodistus harkkotalolle
Liite 6 Energiatodistus puutalolle

Käsitteet

E-luku Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus, jonka yksikkö on kWh/m².

Elinkaari Aikaväli, joka kattaa tuotteen tai palvelun koko olemassaolon raaka-aine hankinnoista aina poistoon asti.

Elinkaariarviointi Life cycle assessment, LCA. Arviointi, jossa tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisen ympäristökuormien vaikutus tutkitaan ja vertaillaan.

Energiaselvitys Laaja selvitys rakennuksen energiankäytöstä, mikä sisältää muun muassa energiatodistuksen.

Fossiilinen polttoaine Polttoaine, joka on syntynyt miljoonien vuosien saatossa muinaisten eliöiden fossiloituessa. Fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia luonnonvaroja ja käytettäessä haitallisia ympäristölle.

Hiilidioksidi Hiilen ja hapen kemiallinen yhdiste, jonka molekyylikaava on CO_2. Hiilidioksidia syntyy hiiltä sisältävien tuotteiden palamisprosessina, mutta sitä on myös luontaisesti pieniä määriä ilmakehässä.

Hiilidioksidiekvivalentti Laskennallinen kasvihuonekaasu, jossa eri kaasuja on painotettu niiden voimakkuuden ja pysyvyyden mukaan. Yksikkönä on CO_2e.

Hiilijalanjälki Kansainvälinen mittari, joka mittaa ilmastokuormaa ja joka syntyy tuotetta tai toimintaa käytettäessä.

Hiilineutraalius Tila, jolloin toiminta tuottaa vain sen verran kasvihuonekaasuja kuin se pystyy itse hiiltä ilmakehästä sitomaan tai tuotettu toiminta ei synnytä ollenkaan hiilidioksidipäästöjä.

Hiilinielu Hiilidioksidinielu on kasvava hiilivarasto, joka sitoo enemmän hiiltä kuin siitä vapautuu esim. metsät.

Hiilivarasto Hiilen varastoitumispaikka kuten valtameret, ilmakehä tai kiviainekset.

Ilmastonmuutos Ilmaston globaalinen häiriö, joka voimistuu ihmisen tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä.

Inventaarioanalyysi Life Cycle Inventory, LCI. Elinkaariarvioinnin osa, johon sisältyvät tiedon keruu ja laskennan menettelytavat muun muassa materiaalimäärien taulukointi.

Karbonatisoituminen Ilmassa oleva hiilidioksidi tunkeutuu betoniin, jolloin emäksisyys laskee ja betonin sisällä olevan raudoituksen suoja häviää. Tällöin teräksen korroosio eli karbonatisoituminen alkaa.

Kasvihuoneilmiö Kasvihuonekaasujen määrän kasvu ilmakehässä voimistaa kasvihuoneilmiötä eli ilmaston lämpenemistä, mistä aiheutuvia ilmaston häiriöitä kutsutaan ilmastonmuutokseksi.

Kasvihuonekaasu Ilmakehässä luontaisesti esiintyvät kaasut muun muassa vesihöyry ja hiilidioksidi, jotka aiheuttavat luonnollisen kasvihuoneilmiön. Lisäksi ihmisen tuottamat haitalliset kaasut muun muassa metaani ja hiilidioksidi, jotka voimistavat kasvihuoneilmiötä.

Määrittelyvaihe	Elinkaariarvioinnin osa, jossa päätetään arvioinnin laajuus ja tavoitteet.
Tulosten tulkinta	Elinkaariarvioinnin osa, jossa yhdistetään inventaarioanalyysistä ja vaikutusarvioinnista saadut tulokset. Tavoitteena on muun muassa tehdä johtopäätöksiä ja tunnistaa rajoituksia.
Vaikutusarviointi	Elinkaariarvioinnin osa, jonka tarkoituksena on ymmärtää ja arvioida tuotejärjestelmän ympäristövaikutusten laajuutta ja merkitystä elinkaaren aikana.

1 Johdanto

Suoritin opintojeni viimeisen harjoittelun Lakan Betoni Oy:lla kesällä 2016. Harjoittelun ohessa mietin, pystyisinkö tekemään lähestyvän opinnäytetyöni Lakan Betonille. Itseäni aiheina kiinnostivat ekologisuus tai paloturvallisuus. Yhteisten pohdintojen jälkeen aiheekseni muotoutui Lakan Betonin EMH-400 eristemuottiharkoista tehdyn asuintalon hiilijalanjäljen tutkiminen ja laskeminen. Vertailukohteeksi valikoitui, seinärakenteita lukuun ottamatta, identtinen puurakenteinen asuintalo. Molemmat talot ovat kuvitteellisia tyyppitaloja Joensuun alueella.

Tutkimustehtävänä oli selvittää harkko- ja puurakenteisen talon hiilijalanjäljet. Tavoitteena oli saada vertailukelpoisia tuloksia tyyppitalojen koko elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä ja pohtia tähän eroon vaikuttavia syitä. Lisäksi tässä tutkimuksessa pohditaan, mitä jokainen voi itse tehdä pienentääkseen rakennuksen hiilijalanjälkeä.

2 Mitä hiilineutraalius on ja miksi siihen tulisi pyrkiä?

Hiilineutraalius tarkoittaa sitä, että toiminta tuottaa vain sen verran kasvihuonekaasuja kuin se pystyy itse hiiltä ilmakehästä sitomaan. Tai vastaavasti tuotettu toiminta ei synnytä ollenkaan hiilidioksidi- eli CO_2-päästöjä, jolloin nettohiilijalanjälki on nolla. Käytännössä täysin hiilivapaata yhteiskuntaa on mahdoton saavuttaa, mutta yhteiskunnat voivat pyrkiä vähähiilisiksi yhteiskunniksi. Tällöin yhteiskunnassa käytetään vain vähän fossiilisia polttoaineita ja kasvihuonekaasupäästöt ovat nykyistä huomattavasti alhaisemmalla tasolla. [1, 17-18.] Hiilineutraalisuuden parantamiseen valtakunnallisesti tarvitaan lainsäädännön uudistusta ja kehittelyä. Paikallisesti ja alueellisesti tulisi kiinnittää huomiota kestävään kehitykseen maankäytön ja rakentamisen saralla. [1, 156.] Hiilijalanjälkeä tarkastellaan tarkemmin luvussa 3.

Miksi hiilineutraalisuuteen tulisi sitten pyrkiä? Kasvihuonekaasupäästöjä pienentämällä pystytään rajoittamaan ilmakehän lämpenemistä ja siitä seuraavia ongelmia. Tämän lisäksi hiilineutraalius auttaa kunnallisten tavoitteiden toteuttamisessa. Energiansäästö ja energiatehokkaiden ratkaisujen käyttö tuo kustannussäästöjä niin yksityisille kuin julkisillekin sektoreille. [1, 21.] Yritysten näkökulmasta katsottuna hiilineutraalius tuo uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja innovaatioita, jotka auttavat yritystä luomaan pohjan vakaalle kasvulle ja olemaan kehittäjä ja edelläkävijä omalla sektorillaan [2]. Terveyshyötyjäkin löytyy, kun esimerkiksi kaupunkien ilmanlaatu paranee uusien liikenneratkaisujen kuten sähköautojen käytön myötä [1, 22].

2.1 Hiilivarasto ja hiilinielu

Ympärillämme on hiiltä eri olomuodoissa ja eri hiilivarastoina toimivissa paikoissa. Hiiltä löytyy liuenneena valtameriin, kasvien ja eläinten biomassassa, hiilidioksidina ilmakehässä ja eri kiviaineksissa muun muassa kalkkikivissä ja kivihiilessä. Nämä toimivat ympäristössämme hiilivarastoina, joista suurimpia ovat valtameret ja metsät. Hiilen siirtymistä olomuodosta ja varastosta toiseen kutsutaan hiilen kierroksi. [3, 1.]

Metsät ovat hiilinieluja, koska metsien kasvu sitoo enemmän hiiltä, kuin mitä sitä vapautuu metsien käytön ja luonnollisen lahoamisen myötä [4, 34]. Talousmetsässä puuta korjataan ja niistä valmistetaan puutuotteita, jolloin hiili varastoituu edelleen tuotteisiin. Samalla istutetaan uusia puita ja näin metsä säilyttää merkityksensä hiilinieluna. Puutuotteet ovat pikemminkin hiilivarastoja kuin hiilinieluja. Hiili pysyy varastoituneena puutuotteisiin niiden koko elinkaaren ajan, johon kuuluu käyttö ja kierrätys. Hiili vapautuu takaisin ilmakehään, kun puutuote poltetaan energiantuotannossa tai lahoaa luonnollisesti. Puutuotteiden kokonaismassasta jopa 49 % on hiiltä. Mitä pidempi puutuotteiden käyttöikä on, sitä suurempi hyöty niistä on ympäristölle. [3, 2.]

Nature Geoscience -lehdessä marraskuussa 2016 julkaistussa tutkimuksessa todetaan, että nykykaupungitkin ovat tärkeitä ja hiilijalanjäljen laskennassa

laiminlyötyjä hiilinieluja. Itse tutkimus on tehty Englannin Itä-Anglian yliopistossa. Kivitaloinfon sivuilta löytyy tämä tutkimus referoituna suomeksi. Betonin tuottamasta hiilijalanjäljestä sementti tuottaa suurimmat päästöt. Kun rakennuksessa käytetty betoni alkaa karbonatisoitumaan, niin tutkimuksen mukaan valtaosa sementin aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä saadaan kompensoitua. [5]. Karbonatisoituminen tarkoittaa seuraavaa. Betoni antaa suojan raudoitukselle korroosioita vastaan. Suoja perustuu betonin emäksisyyteen, jolloin teräksen pinnalle muodostuu tiivis oksidikalvo. Kun ilmassa oleva hiilidioksidi tunkeutuu betoniin, emäksisyys laskee, jolloin raudoituksen suoja häviää ja korroosio voi alkaa. [6]. Karbonatisoitumisessa osa hiilidioksidista palautuu takaisin rakenteeseen käytön ja erityisesti kierrättämisen aikana, kun sementti reagoi ilmassa olevan hiilidioksidin kanssa. Tämä hidas prosessi on osana sementistä valmistettavien tuotteiden elinkaarta. Tuotteiden kuluessa hiilidioksidi pääsee tunkeutumaan huokosiin ja synnyttää kemiallisen reaktion alkaen pinnalta ja siirtyen koko ajan syvemmälle rakenteeseen. Eli betoni sitoo ilmakehässä olevaa hiilidioksidia. Tutkimuksen mukaan maailmassa tällä hetkellä olemassa olevat rakenteet sitovatkin vuodessa jopa miljardi tonnia hiilidioksidia ilmakehästä. [5].

2.2 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan ihmisen tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä johtuvaa globaalia ilmaston lämpenemistä. Ilmastonmuutos on aikakautemme vakavin ympäristöuhka, joka edetessään aiheuttaa peruuttamattomia ja haitallisia muutoksia ihmisille ja koko ekosysteemille. Kuitenkin täydellinen ilmastonmuutoksen pysäyttäminen on nykyaikana mahdotonta, sillä monet ihmisen tuottamat kasvihuonekaasupäästöt säilyvät ilmakehässä satoja vuosia lämmittäen ilmastoa. [7.]

Ilmakehässä olevat kasvihuonekaasut päästävät auringosta tulevan säteilyn lävitseen, mutta eivät kaikkea maapallon lämpösäteilyä karkuun. Kasvihuoneilmiön ansiosta maapallon lämpötila on keskimäärin noin +15 astetta, kun se ilman kasvihuoneilmiötä olisi vain -18 astetta. Ilmakehän

luonnollinen kasvihuoneilmiö ei siis ole ongelma, vaan edellytys nykyisen kaltaiselle elämälle. Kuitenkin ihmisen toiminta vaikuttaa ilmakehään monin tavoin: kasvihuonekaasujen ja ilmakehän hiukkasten määrä kasvaa, hiilidioksidia sitova kasvillisuus vähenee ja stratosfäärin otsonikerros ohenee. Kasvihuonekaasujen määrän kasvu ilmakehässä voimistaa kasvihuoneilmiötä ja aiheuttaa lämpenemistä, mistä aiheutuvia ilmaston häiriöitä kutsutaan ilmastonmuutokseksi. [7.]

2.2.1 Fossiiliset polttoaineet ilmastonmuutoksen edistäjänä

Eniten hiilidioksidipäästöjä syntyy fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia luonnonvaroja, joista tärkeimmät ovat kivihiili, öljy ja maakaasu. Fossiilisiin polttoaineisiin miljoonien vuosien saatossa sitoutunut hiili vapautuu kiihtyvällä vauhdilla ilmakehään ihmisen polttaessa niitä ja hyödyntäessä energian tuotantoon.

Fossiilisista polttoaineista loppuu ensimmäisenä öljy, jota on arvioitu riittävän vielä noin 30 vuodeksi. Raakaöljyn kulutus on sidoksissa väestön ja talouden kasvuun sekä teollisuuden kehittymiseen. Yhdysvallat kuluttaa enemmän öljyä kuin mikään muu maa, jopa 26 % maailmanlaajuisesta tuotannosta, Länsi-Eurooppa toiseksi eniten 18 %, Japani 7 %, Kiina 6 % ja loput yli 150 muuta maata 43 % öljyn tuotannosta. Maakaasu loppuu vuonna 2070 ja uraani vuonna 2090. Öljyn ja maakaasun tuotantoa ei pystytä merkittävästi lisäämään, sillä uudet esiintymät korvaavat lähinnä käytöstä poistuvia esiintymiä. Fossiilisista polttoaineista hiiltä riittää kauimmin, minkä käytöstä syntyy kuitenkin paljon ilmastoa lämmittävää hiilidioksidia. [8, 10.]

Ydinvoimaloissa käytetty "polttoaine" eli uraani ei pala sanan varsinaisessa merkityksessä. Siitä ei synny palamiskaasuja, kuten hiilidioksidia. Niinpä ydinvoima on ilmastonmuutoksen kannalta parempi energiantuotantomuoto kuin muut fossiiliset polttoaineet. Lisäksi yhdestä grammasta uraania voi ytimien halkeamisen myötä vapautua yhtä paljon energiaa kuin kolmesta tonnista hiiltä. [9.] Esimerkiksi Ranskassa, Ruotsissa ja Suomessa lisätään ydinenergian

tuotantoa hiilipäästöjä vähentävänä ratkaisuna [8, 10]. Kuitenkin ydinpolttoaineesta syntyy käytettäessä voimakkaasti radioaktiivista ydinjätettä. Tuo jäte on pidettävä erillään eliökunnasta satojatuhansia vuosia. Suomessa käytetty polttoaine haudataan kupariin ja betoniin kapseloituna syvälle kallioperään. Myös ydinonnettomuuden riski on aina olemassa, jolloin radioaktiivisten aineiden päätyminen ympäristöön toisi pitkäaikaisia ja vakavia vaikutuksia eliökuntaan. [9.]

Turve on suokasvien jäännösten epätäydellisestä hajoamisesta syntyvä eloperäinen maalaji. Turve on kotimainen energianlähde. Turvetta syntyy jatkuvasti kaikilla soilla, mutta nopeus on noin 0,5 mm vuodessa eli 2000 vuoden aikana syntyy metrin paksuudelta turvetta. Suomessa turve onkin luokiteltu hitaasti uusiutuvaksi luonnonvaraksi, mutta EU:ssa se luokitellaan fossiiliseksi polttoaineeksi. Suoturvetta voidaan käyttää kiinteänä polttoaineena samaan tapaan kuin kivihiiltä ja sillä tuotetaan sähköä ja kaukolämpöä. Kokonaisenergiantuotannosta turpeen merkitys on Suomessa noin 7 %. [10.]

2.2.2 Ilmastopolitiikka ja sitä koskeva lainsäädäntö

Ilmastonmuutoksen torjunta ja ilmakehän kasvavan hiilidioksidipitoisuuden vakiinnuttaminen ja kääntäminen laskuun edellyttävät valtioilta ja organisaatioilta nopeita toimia. YK:n ilmastosopimuksen 21. osapuolikokouksessa Pariisissa sovittiin 12. joulukuuta 2015 uudesta ilmastosopimuksesta. Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu alle kahdessa asteessa ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen pienennettäisiin alle 1,5 asteeseen. Lisäksi sopimuksessa on asetettu tavoite saada rahoitusvirrat kohti vähähiilistä ja ilmastokestävää kehitystä sekä saavuttaa maailmanlaajuisten kasvihuonekaasupäästöjen huippu mahdollisimman pian. Pariisin sopimus astui voimaan 4.11.2016. [11.]

Ilmastopolitiikkaan liittyvä kansallinen lainsäädäntö on kehittynyt vähitellen Suomessa. 1. päivänä kesäkuuta 2015 voimaan tullut ilmastolaki (609/2015) on ensimmäinen kansallinen säädös, jossa määritellään yleisesti Suomen

ilmastopolitiikan pitkän aikavälin suunta sekä säädetään ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmää. Ilmastolailla luodaan pohja ilmastopolitiikan suunnittelulle ja seurannalle. Ilmastolaki on valtion viranomaisia koskeva tavoitteellinen puitelaki, johon ei sisälly eri toimialoja koskevaa lainsäädäntöä. [12.]

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja siihen sopeutumiseen on kehitelty kansallisia lainsäädöksiä ja ohjauksia, joilla on vaikutusta kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen tai ilmastonmuutosta hillitsevien hiilinielujen ylläpitämiseen ja lisäämiseen. Esimerkkejä näistä säädöksistä ovat maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999), jätelaki (646/2011), biopolttoaineista ja bionesteistä annettu laki (393/2013) sekä rakennusten energiatodistuksista annettu laki (50/2013). [12.]

3 Hiilijalanjälki

Jokainen meistä jättää kulkiessaan jäljen, se on meistä itsestämme kiinni, millaisen jäljen haluamme jättää tuleville sukupolville. Yksi jättämistämme jäljistä on hiilijalanjälki. Hiilijalanjälki on kansainvälinen mittari, jonka avulla arvioidaan tuotteen tai kulutuksen aiheuttamaa vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Sen aikajänteenä voi olla tuotteen koko elinkaari tai pelkkä yksittäinen toiminta. Periaatteessa melkein kaikelle toiminnalle ja tuotteelle voidaan laskea hiilijalanjälki esimerkiksi yksityisautoilulle, elintarvikkeille tai vaikkapa festivaalitapahtumalle. [13.]

Hiilijalanjälki mittaa siis ilmastokuormaa, joka syntyy tuotetta tai toimintaa käytettäessä. Kun hiilijalanjälkeä lasketaan, saadaan ilmastonmuutokseen vaikuttava kasvihuonekaasujen yhteenlaskettu määrä, jolloin voidaan vertailla eri arvoja ja niiden vaikutuksia toisiinsa. Hiilijalanjälki ilmoitetaan massana, jonka yksikkönä käytetään tässä opinnäytetyössä tCO_2e eli hiilidioksidiekvivalenttitonnia. [13.] Hiilidioksidiekvivalentti ilmoittaa kasvihuonekaasujen yhteenlasketun vaikutuksen. Jokaisen kasvihuonekaasun

ilmastovaikutus muunnetaan vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta, jolloin niistä saadaan yhteismitalliset. Tämä tehdään GWP-kertoimen avulla (Global Warming Potential), jolloin kaasut on painotettu niiden voimakkuuden ja pysyvyyden mukaan. GWP-kerroin esimerkiksi hiilidioksidilla on 1, metaanilla 23 ja typpioksiduulilla 296. [14.]

Rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa seurataan rakennuksen koko elinkaarta aina rakennusmateriaalien valmistuksesta käyttövaiheen ja korjausten kautta rakennuksen purkuun sekä jätteiden hyödyntämiseen ja kierrätykseen. Laskennassa otetaan huomioon kaikki materiaali- ja energiavirrat, joilla on elinkaaren aikana olennainen vaikutus hiilijalanjälkeen. Hiilijalanjäljen laskennan tarkoitus on selvittää, miten paljon hiilidioksidia rakennus tuottaa olemassa olonsa aikana ilmakehään. Rakennuksen hiilijalanjälkeä voidaan hallita ja pienentää tehokkaasti mittaamalla rakennuksen päästöjä elinkaaren aikana ja kokonaisuutena. [15.]

Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden tulisi aina miettiä rakennuksen vaihtoehtoisia rakennustapoja resurssien sallimissa rajoissa. Kun suunnitteluvaihe toteutetaan huolella ja suunnittelutavoitteet ovat kaikille selvät, voidaan löytää mahdollisimman pientä hiilijalanjälkeä tuottava vaihtoehto rakentamiseen. Näiden hahmottaminen on usein hankalaa, sillä rakennettua ympäristöä pitää tarkastella myös sosiaalisena ja kulttuurisena kokonaisuutena.

3.1 Rakennuksen tuote- ja rakentamisvaiheen aiheuttama hiilijalanjälki

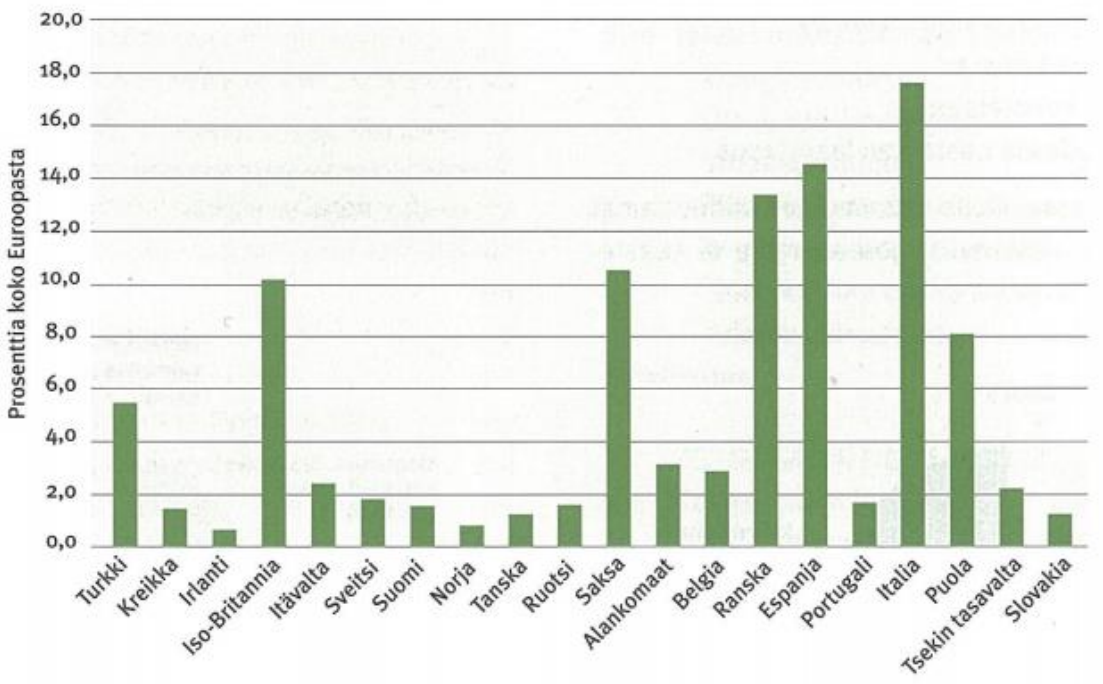
Elämme yhteiskunnassa, jossa tieto rakentamisen ja tuotteiden ympäristövaikutuksista lisääntyy ja tarkentuu. Nykyisin moni yksittäinen tilaaja on entistä ympäristötietoisempi ja vaatii myös suunnittelijoilta ja urakoitsijoilta hiilijalanjäljeltään pientä rakennusta. Tämä asettaa rakennushankkeille tietynlaisia haasteita. Suunnittelun on otettava huomioon pitkäaikaiset ja etäälläkin syntyvät vaikutukset valitsemalla raaka-aineita ja energiaa säästäviä ratkaisuja. Nykyisin suunnittelijoiden on hallittava rakennustarvikkeiden elinkaariin perustuva valinta, jossa otetaan huomioon ympäristövaikutukset aina

raaka-aineen ostosta tarvikkeen uusiokäyttöön, kierrättämiseen tai jätteeksi muodostumiseen asti. Energiatehokkuudella, muuntomahdollisuuksilla ja huollettavuudella saavutetaan hyötyjä kiinteistön käytössä, ylläpidossa ja tulevassa kehittämisessä. [16, 88.] Suomessa rakentaminen ja rakennusten käyttö aiheuttavat yhdessä jopa kolmanneksen ihmisten tuottamasta hiilijalanjäljestä [17, 16].

3.2 Rakennuksen käyttövaiheen aiheuttama hiilijalanjälki

Rakennuksen hiilijalanjälkeä on hyvä mitata niin rakennusvaiheessa kuin käyttövaiheessakin. Käytön hiilijalanjälki mittaa käyttäjän toimintaa rakennuksessa, jolloin se on myös hyvä mittari kiinteistön käyttäjän omien päästöjen mittaamiseen ja mahdolliseen kehittämiseen. [18.] Pientalon elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista jopa 80–90 % kertyy käytössä. Rakennuksen energiankulutus on päästöjen aiheuttajista suurin ja tähän kulutukseen rakennuksen rungolla on suuri vaikutus. Esimerkiksi harkkorakenteisen talon massiivista runkoa hyödyntämällä voidaan säästää lämmitykseen tarvittavaa energiaa 3–14 % ja jäähdytykseen tarvittavaa energiaa jopa 50 %. [19, 4-5.]

Euroopan mittasuhteella asuintalojen energiankulutus on syynä yli 40 %:iin Euroopan hiilidioksidipäästöistä. Euroopassa, etenkin välimeren maissa energiaa voitaisiin säästää parantamalla rakennusten lämmöneristystä, ilmanvaihtoa ja jäähdytystä sekä säätää lämmityksiä. Osaavalla rakentamistavalla sekä huolellisella suunnittelulla päästäisiin jo huomattavasti parempiin lukemiin. Myös suurella väestömäärällä on vaikutusta energian kulutukseen [20,10], kuten alla olevan kuvion 1 jakaumista voidaan havaita.



Kuvio 1. Energiankulutuksen jakauma asuinrakennusten osalta Euroopassa. (Energia ja Ekologia käsikirja, suunnittelu ja rakentaminen 2010)

Suomessa energiantuotannon ja -käytön hiilidioksidipäästöt ovat hieman yli 60 miljoonaa tonnia. Merkittävä muutos viimeisen 20 vuoden aikana on tapahtunut kotitalouksien energiankulutuksen kasvusta 29:stä 39 prosenttiin. Tämä johtuu pääosin elintason kasvun myötä aiheutuneesta kodinkoneiden ja laitteiden määrän lisääntymisestä. Energian kulutukseen vaikuttaa myös sähkölämmityksen lisääntynyt käyttö ensisijaisena lämmitysmuotona. Huomion arvoisia seikkoja ovat lisäksi rakennuskannan vuosittainen kasvu noin 0,5 - 1 % sekä koneellisen ilmanvaihdon ja jäähdytyksen käytön lisääntyminen. [21,12.]

3.3 Rakennuksen purkuvaiheen aiheuttama hiilijalanjälki

Jos tuotetta käytetään pitkään, sen materiaalitehokkuus paranee eli siihen käytetyistä materiaaleista saatava hyöty kasvaa. Samalla uusien luonnonvarojen käyttö vähenee ja häiriöt ekosysteemille pienenevät. Rakennus on massiivinen tuote, johon kuluu paljon eri materiaaleja ja siksi rakennusten kohdalla pitkäikäisyys on erityisen tärkeää. [22, 18.]

Kun rakennus päädytään purkamaan, syntyy kymmeniä tonneja jätettä. Osa jätteistä on hyödyntämiskelvotonta, mutta osa lajiteltuna käyttökelpoista sellaisenaan, murskattuna tai muunnettuna energiantuotannon raaka-aineeksi. Jätteitä on pyrittävä hyödyntämään ensisijaisesti materiaalina ja sen jälkeen energiana. [23.] Suomessa syntyvästä talonrakentamisen koko rakennusjätemäärästä suurimman jätejakeen muodostavat puupohjaiset jätteet (41 %), sen jälkeen mineraali- ja kivijätteet (33 %) ja metallijätteet (14 %). Rakennusosien uudelleenkäyttö on toistaiseksi kaikilla materiaaleilla vähäistä, koska materiaalien tekniset ominaisuudet ovat muuttuneet alkuperäisestä muun muassa kosteus, lämpö-, ääni-, palo- ja lujuustekniset seikat. [24, 7.]

Betonirunkoisten rakennusten välipohja- palkki- ja pilarielementit voidaan teoriassa ottaa talteen, mutta ne on sidottu usein lujasti betonilla yhteen, mikä vaikeuttaa irrottamista ehjänä. Usein myös nostolenkit on poistettu, joten siirto hankaloituu. Toinen ongelma on säälle alttiiden pintojen karbonatisoituminen eli betonin emäksisyyden laskeminen, kun se joutuu kosketuksiin ilmassa olevan hiilidioksidin kanssa. Tällöin teräksen korroosio voi alkaa. Puiset rakenneosat kuten liima- ja kertopuupalkit sekä CLT- laatat sopivat hyvin uudelleenkäyttöön sellaisenaan. Puiset rakenneosat sisältävät usein metallikiinnikkeitä, joiden poisto on työlästä ja jotka saattavat estää siten uudelleenkäytön. Suurin osa puurakenteista meneekin energiahyötykäyttöön. [24, 19 - 20.] Tulevaisuudessa olisi hyvä kehittää ennakoivaa purkusuunnitelmaa jo hanke- ja suunnitteluvaiheessa, jotta mahdollisimman paljon rakennuksen osista voitaisiin käyttää uudelleen sellaisenaan. Esimerkiksi materiaaleissa ja pinnoitteissa kannattaa suosia helposti korjattavia, poistettavia, kierrätettäviä, ihmisvoimin nostettavia, standardikokoisia, yksinkertaisia ja yhtä ainesta olevia materiaaleja. [24, 9.]

4 Hiilijalanjäljen laskenta

4.1 Laskennassa käytetyt rajaukset ja oletukset

Laskennassa huomioidaan yleinen rajaussääntö (cut-off). Tällöin olennaista tietoa ei saa jäädä tarkastelun ulkopuolelle, mutta vähämerkityksellisiksi arvioidut päästölähteet voidaan jättää pois tarkastelusta, jos tietoa ei ole saatavissa. Tietoja ei saa myöskään piilottaa. Sääntöä voidaan soveltaa, jos tarkkaa tietoa ei ole saatavilla ja pois rajattavan osan osuus rakennuksen kokonaismassasta tai kokonaisenergiantarpeesta on alle 1 %. Pois rajattujen päästölähteiden yhteenlaskettu massa ei voi olla enempää kuin 5 % kokonaismassasta tai kokonaisenergiantarpeesta. [15.]

Hiilivarasto on väliaikainen varasto, josta hiili vapautuu ilmakehään rakennuksen elinkaaren lopussa. Näin ollen elinkaariperusteisessa laskelmassa hiilivarastoa ei saa huomioida päästöjen laskennassa. Hiilivarastoa ei siis saa vähentää rakennuksen elinkaaripäästöistä eikä käytettävistä rakennusmateriaalien päästötiedoista. [15.]

Jätteen käsittelystä syntyvät päästöt huomioidaan laskennassa siihen saakka, kunnes jäte on prosessoitu End of Waste - tilaan, jolloin se ei enää ole jätettä, vaan kierrätysmateriaalia. End of Waste - tilan määrittelyssä noudatetaan jätepuitedirektiivin (2008/98/EC) ja jätelain (646/2011) mukaisia määrittelyjä. Käyttäjien omasta toiminnasta syntyvää jätevirtaa tai rakennuksen purkamisen synnyttämää jätettä ei huomioida tässä tutkimuksessa. [15.]

Jos rakennuksessa käytetään materiaaleja, jotka ovat tulleet purkukohteesta tai jätevirroista, niin alkuperäisen valmistuksen päästöjä ei tarvitse huomioida. Näiden kierrätysmateriaalien käyttö olisi suotavaa ilmastonmuutoksen kannalta. Kierrätysmateriaalille huomioidaan käyttöönoton päästöt End of Waste - tilan päättymisestä lukien, mutta ei alkuperäisen jätemateriaalin valmistuksen päästöjä, jotta vältyttäisiin kaksoislaskennalta. Eli pääsääntöisesti huomioidaan vain kuljetus työmaalle ja asennus paikoilleen. Tämän opinnäytetyön

tyyppitalojen rakennusmateriaalit ovat kuitenkin uusiomateriaaleja, joten tätä ei tarvitse huomioida. [15.]

4.2 Hiilijalanjäljen laskennan perusteet

Elinkaaren hiilijalanjäljen laskenta mahdollistaa vähähiilisten ratkaisujen suunnittelun, arvioinnin ja vertailun. Laskennan avulla voidaan hallita elinkaaren hiilipäästöjä. Hiilijalanjälkilaskennassa muunnetaan käytettyjen tuotteiden ja toimintatapojen synnyttämät päästöt hiilidioksidiekvivalenteiksi (tCO_2e), jolloin saadaan selville ilmastovaikutus hiilidioksiditonneina (tCO_2). Näin eri päästöjä on helpompi vertailla keskenään. [15.]

Muunsin opinnäytetyön tyyppitalojen kuluttaman lämpö- ja sähköenergian hiilidioksidipäästöiksi. Rakennuksessa käytettävien materiaalien määrät laskin kilogrammoina, jotta laskurin käyttö on mahdollista. Puu- ja harkkorakenteisen talon varsinaisen hiilijalanjäljen laskin kansainvälisestikin tunnetulla SimaPro-laskurilla käyttäen koulun lisenssiä. Tällä laskurilla on mahdollista laskea betoni- ja puutuotteiden ympäristövaikutuksia, koostaa ympäristötietoja ja tehdä elinkaariarviointeja. Tuloksista tarkastellaan vain rakentamisen ja käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Hiilijalanjälkeä laskettaessa on syytä muistaa, ettei tuloksena saa täysin varmaa absoluuttista vastausta, vaan tulokset ovat käyttökelpoisia arvioita tutkittavan kohteen hiilijalanjäljestä.

4.3 Käytönaikaisen energiankulutuksen laskenta

Energiatodistusta koskeva laki (50/2013) tuli Suomessa voimaan vuonna 2008. Energiatodistus tarvitaan uudisrakennuksille, muun muassa asuintaloihin, uima- sekä jäähalleihin. Myös rakennuksen myynnin tai vuokrauksen yhteydessä energiatodistus on esitettävä. Rakennusten energiatehokkuutta koskevan lainsäädännön tavoitteena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja edistää uusiutuvan energian käyttöä. Lisäksi tarkoituksena on pienentää

rakennusten energiankulutusta sekä näin ollen syntyviä hiilidioksidipäästöjä. [25, 1.]

Laadin molemmille rakennuksille energiaselvityksen ja energiatodistuksen, jotka löytyvät kokonaisuudessaan tämän opinnäytetyön liitteistä. Rakennuksissa käytetty energia määritellään siten, että se kuvaa mahdollisimman tarkasti todellisia olosuhteita kohteessa sekä on yhdenmukainen käyttöpaikkakunnan ilmasto-olosuhteiden kanssa [15]. Virallisen todistuksen laadintaan opinnäytetyön tekijällä ei ole pätevyyttä, mutta tuloksia voidaan pitää hyväksyttävinä tämän opinnäytetyön kannalta katsottuna.

RT 18-11228 mukaan pätevyysvaatimukset todistuksen tekoon ovat seuraavat:

- vaativuustason mukainen tekniikan alan tutkinto tai tämän korvaava työkokemus rakennusten energiatehokkuuteen liittyvissä tehtävissä
- pätevyys todettu ja rekisteröity ARA:n ylläpitämään energiatodistuksen laatijarekisteriin [26, 3.]

Energiaselvitys pitää sisällään seuraavat tiedot:

- rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutuksen (E-luku)
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- rakennuksen lämpöhäviön ja lämmitystehon
- rakennuksen energiatodistuksen. [27, 26.]

Tämän tutkimuksen energiaselvitys ja energiatodistus ovat inventaarioaineistoa hiilijalanjäljen laskemista varten. Laskennat suoritin koulun lisenssillä CADS 17.0-ohjelmistolla, joka on suomenkielinen sähkö- ja automaatioalan suunnitteluohjelmisto. Energiaselvityksestä saatua E-lukua on hyödynnetty SimaPro-laskurissa. Tyyppitaloihin valikoitui lämmitysjärjestelmäksi Thermian diplomat inverter -maalämpöpumppu, joka jakaa lämmön vesikiertoisella lattialämmityksellä. Maalämpöpumpun hyötysuhde (COP- luku) on 4,67, joka on keskiverto arvo maalämpöpumpuille. Tässä tapauksessa hyötysuhde kertoo, että 1 kW:lla sähköenergiaa saadaan tuotettua 4,67 kW lämpöenergiaa.

Ilmanvaihtokoneeksi puolestaan valikoitui Vallox 121 SE R. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde on 71 %. Lämmöntalteenoton tarkoitus on ottaa poistuvasta jäteilmasta lämpöä talteen ja hyödyntää se tuloilman lämmityksessä. Lähtöarvot olivat molempien talojen energiaselvityksissä samat lukuun ottamatta lämpökapasiteettia (Crak. omin.), joka harkkotalolla oli 200 ja puutalolla 70. Käyttäjien erilaisia energiankulutustottumuksia ei ole huomioitu tutkimuksessa, jolloin tämän tutkimuksen tuloksissa voitaisiin huomata enemmän eroavaisuuksia.

5 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Maailman muutosten myötä ymmärretään, että ympäristöongelmia voidaan ratkoa joka alalla, eikä siihen tarvita erillistä ympäristöalan erikoisosaamista. Ympäristö on jokaisen alan, jokaisen yrityksen ja jokaisen ihmisen asia. [28.] Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on joensuulainen perheyritys, Lakan Betoni Oy. Lakka valmistaa kiviainespohjaisia rakennustarvikkeita kuten kevytsora- ja betoniharkkoja, piha- ja muurikiviä, seinäelementtejä, valmisbetonia sekä kivitalopaketteja. Lakan asiakkaat ja yhteistyökumppanit ovat entistä ympäristötietoisempia ja etsivät eettisiä näkökulmia ratkaisuihin. Lakka haluaa pysyä ajan hermoilla ja tarttua tähän haasteeseen, josta opinnäytetyön aihe muotoutuikin.

Tutkimustehtävänäni on selvittää, kuinka paljon harkkorakenteisen talon aiheuttama hiilijalanjälki eroaa puurakenteisen talon hiilijalanjäljestä. Tavoitteenani on saada vertailukelpoisia tuloksia tyyppitalojen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä ja pohtia tähän eroon vaikuttavia syitä. Lisäksi pohdin, kuinka jokainen voi itse vaikuttaa rakentamisen ja käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamaan hiilijalanjälkeen. Tätä käsitellään kappaleessa 8. Hiilijalanjäljen tutkiminen ja ympäristökuormien vähentäminen ovat tällä hetkellä puhuttuja ja ajankohtaisia aiheita.

Rajaamisen myötä keskityn tutkimuksessa ainoastaan rakentamisen aiheuttamaan hiilijalanjälkeen ja kokonaisvaltaiseen arvioon käytönaikaisesta energiankulutuksesta ja sen tuottamasta hiilijalanjäljestä. Tuotteiden kuljetukset tehtailta työmaille, käytönaikaisen energiankulutuksen jaottelu pienempiin kokonaisuuksiin sekä rakennuksen purkamisen aiheuttamat päästöt olen jättänyt huomiotta.

6 Aineistot ja menetelmät

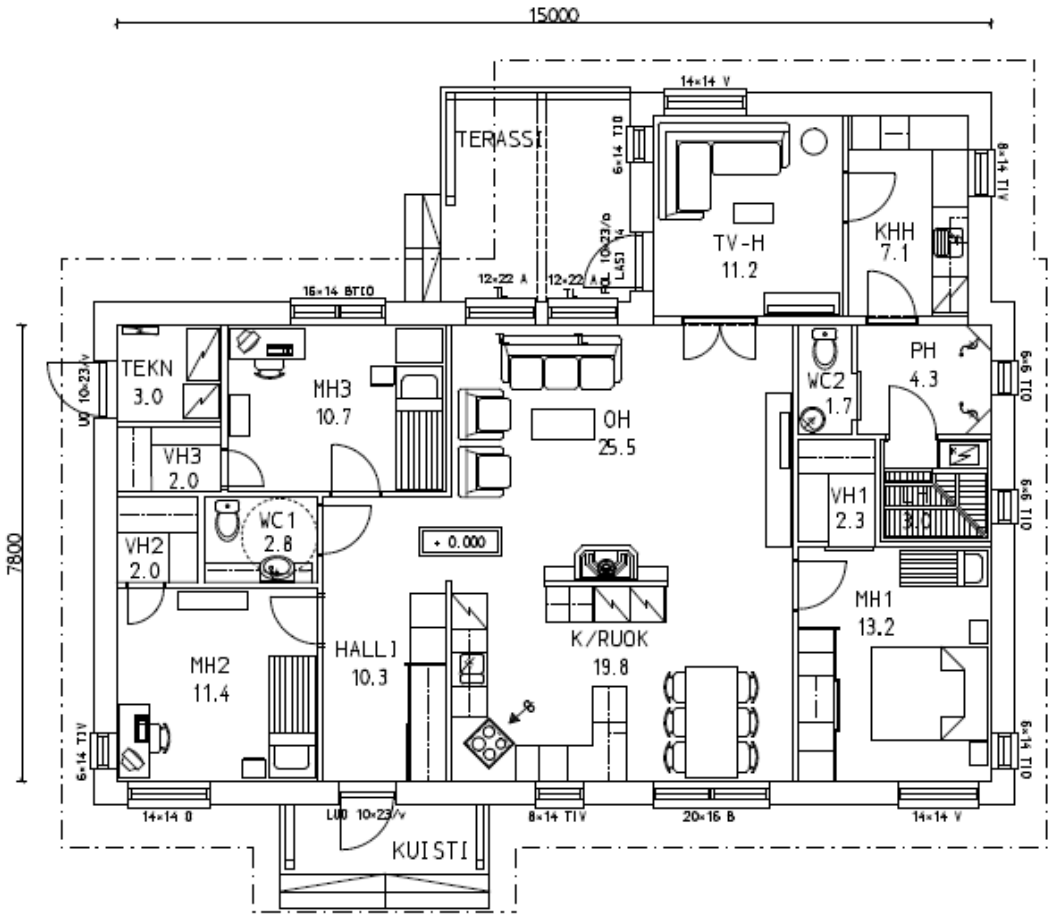
6.1 Tutkittavat tyyppitalot

Kun lähdimme suunnittelemaan opinnäytetyötä Lakan Betonin kanssa, päädyimme käyttämään jo valmiiksi suunniteltuja vaihtoehtoja. Lakan Betonin kotisivuilla on rakentajien nähtävillä erilaisia mallitaloja, joista rakentajat voivat valita mieleisensä tai muokata tarpeisiinsa sopivamman mallin rakennushanketta suunniteltaessa. Näistä valmiista mallitaloista valikoitui Jade 132 niminen talo, joka oli pinta-alaltaan ja pohjaltaan suhteellisen yksinkertainen rakennus ilman autotallia tai -katosta (kuva 1).

Kuva 1. Julkisivukuvat (Lakan Betoni Oy 2017).

Tässä opinnäytetyössä tutkittavana kohteena on Lakan Betonin EMH-400 eristemuottiharkoista rakennettu yksikerroksinen asuinpientalo, jonka

huoneistopinta-ala on 132m² (kuva 2). Tätä taloa verrataan pohjaltaan ja tilavuudeltaan identtiseen yleisimpään puurakenteiseen asuinpientaloon. En valinnut hirsirakenteista pientaloa vertailuun, sillä harkkotalojen suurimpana kilpailijana ovat juuri puurakenteiset pientalot. Esimerkiksi useilla taajama-alueilla kaavamääräykset eivät salli hirsirunkoisten talojen rakentamista. Molemmat vertailukohteina olevat talot ovat kuvitteellisia tyyppitaloja Joensuun alueella. Talojen oletettu käyttöikä on 100 vuotta. Myös käytön aikaiset energiankulutukset ovat molemmissa tyyppitaloissa yhtä suuret, jolloin ulkoseinärakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot ovat samat (0,17 W/m²K). Tutkimus ei anna täysin varmaa ja yksiselitteistä vastausta rakennusten hiilijalanjäljistä, vaan on suuntaa antava monien arvioitujen lähtötietojen takia.



Kuva 2. Pohjakuva (Lakan Betoni Oy 2017).

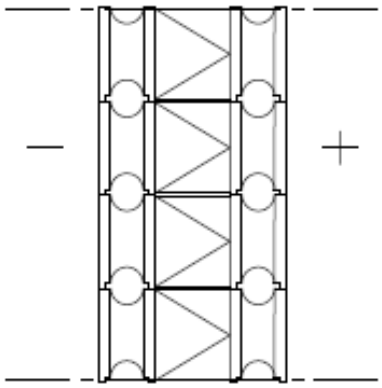
6.1.1 Harkkorakenteiset seinät

Harkkorakenteisen talon EMH-400 harkot ovat eristettyjä valettavia betoniharkkoja. Rakenne raudoitetaan seinän molemmin puolin ja lisäksi harkkojen ontelot jälkivaletaan betonilla, jolloin rakenteesta saadaan tiivis ja kantava. Koko ulkoseinä, aina anturan yläpinnasta yläpohjan eristetason alapintaan asti, valetaan samalla harkolla käyttäen apuna samaan tuotesarjaan kuuluvia kulmaharkkoja sekä osaharkkoja. Näin ollen harkkorakenteisessa talossa ei tarvita erillistä sokkelia. Yläpohjan lämmöneristeen kohdalta kattorakenteeseen asti seinässä on maskiharkkoina toimivat muottiharkot MH-150. Ulkoseinän ulkopinta rapataan ja sisäpinta viimeistellään pinnoitteella. [29.]

Selventämiseksi ulkoseinärakenne on lueteltu alla ulkoa sisäänpäin:

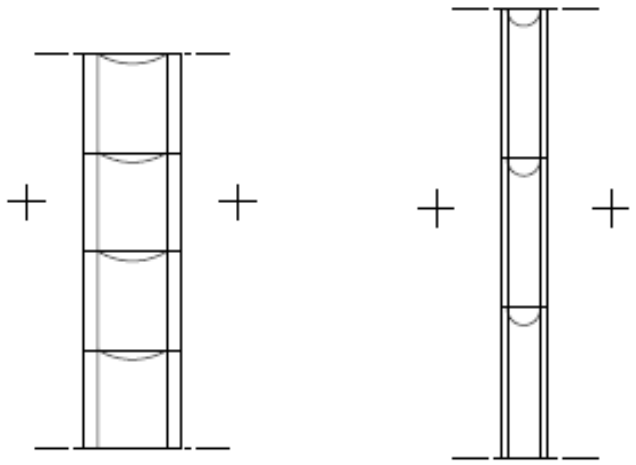
- Laastirappaus 5 mm
- Kantava runko EMH-400 eristemuottiharkko
- Pinnoite

U-arvoksi saadaan 0,17 W/m²K.



Kuva 3. Harkkorakenteinen ulkoseinä (Virnes 2017).

Kantavana väliseinänä käytetään MH-200 muottiharkkoa ja kevyisiin väliseiniin eli ei-kantaviin väliseiniin käytetään VSH-88/300 väliseinäharkkoja.



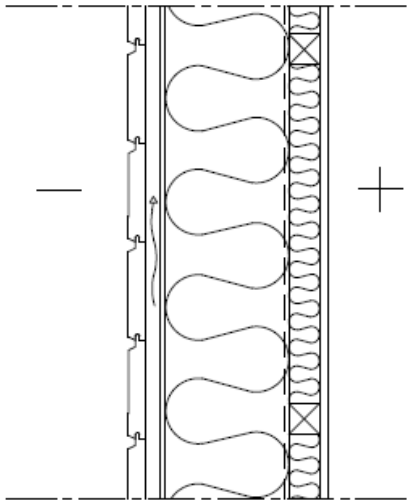
Kuva 4. Vasemmalla harkkorakenteinen kantava väliseinä ja oikealla harkkorakenteinen kevyt väliseinä (Virnes 2017).

6.1.2 Puurakenteiset seinät

Puurakenteiseen ulkoseinään valikoitui seuraava rakenne, joka on lueteltu ulkoa sisäänpäin:

- Ulkoverhouspaneeli 28x120 mm
- Korotuslauta 22x100 mm k600 + tuuletusrako
- Tuulensuoja kipsilevy 9 mm
- Kantava runko 50x200 mm k600 + lämmöneriste villa 200 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Koolaus 50x50 mm k600 + lisälämmöneriste 50 mm
- Kipsilevy 13 mm
- Pintakäsittely

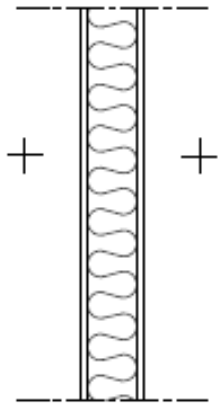
U-arvoksi saadaan 0,17 W/m²K.



Kuva 5. Puurakenteinen ulkoseinä (Virnes 2017).

Talon kantava väliseinärakenne:

- Pintakäsittely
- Kipsilevy 13 mm
- Kantava runko 45x95 mm k600 + villa 100 mm
- Kipsilevy 13 mm
- Pintakäsittely

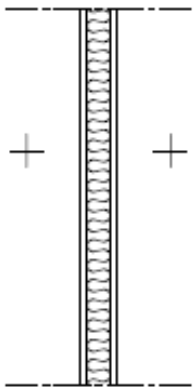


Kuva 6. Puurakenteinen kantavaväliseinä (Virnes 2017).

Talon kevyet eli ei-kantavat väliseinärakenteet:

- Pintakäsittely
- Kipsilevy 13 mm
- Runko 39x66 mm k600 + villa 50 mm

- Kipsilevy 13 mm
- Pintakäsittely
-



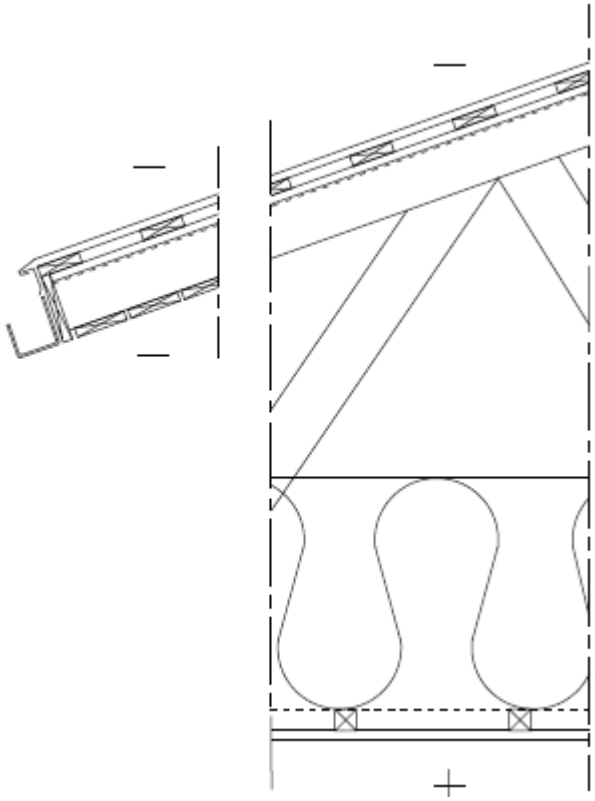
Kuva 7. Puurakenteinen kevytväliseinä (Virnes 2017).

6.1.3 Yläpohja

Taloissa on identtiset puurakenteiset yläpohjat, joiden rakenne ylhäältä alas on seuraava:

- Katemateriaali konesaumapeltikate
- Ruoteet 25x100 mm k250
- Korotusrima 22x50 mm k900
- Aluskate
- Kantava rakenne kattoristikot k900 + lämmöneriste villa 530 mm
- Tuulenohjainpahvi räystäille + otsa- ja räystäslaudat 20x145 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Koolaus 50x50 mm k400
- Kipsilevy 13 mm
- Pintakäsittely

U-arvoksi saadaan 0,09 W/m²K.



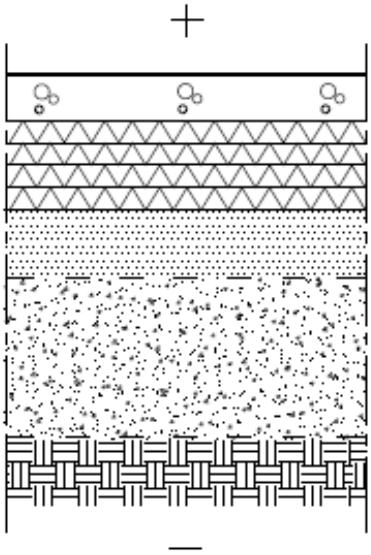
Kuva 8. Puurakenteinen yläpohja (Virnes 2017).

6.1.4 Alapohja ja perustukset

Taloissa on myös identtiset maanvaraiset alapohjat, joiden rakenne ylhäältä alas on:

- Lattiapinnoite, laminaatti + askeläänieriste
- Betonilaatta 100 mm + teräsverkko 6-150
- Lämmöneriste XPS 200 mm
- Tasaushiekka <300 mm
- Suodatinkangas
- Kapillaarisen vedennousun katkaiseva sepelikerros >300 mm
- Suodatinkangas tarvittaessa
- Perusmaa

U-arvoksi saadaan 0,16 W/m²K.

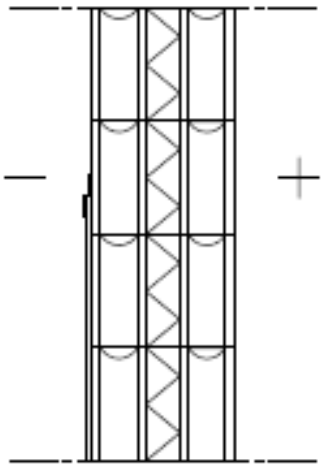


Kuva 9. Maanvarainen alapohja (Virnes 2017).

Puurakenteiseen taloon tulee erillinen sokkeli, jonka rakenne ulkoa sisäänpäin on seuraava:

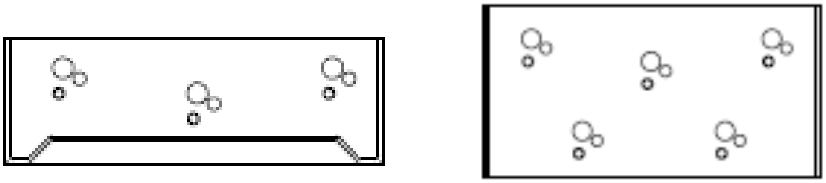
- Perusmuurilevy 8 mm
- Laastirappaus 5 mm
- Lakan eristeponttiharkko EH-250P
- Laastirappaus 5 mm

U-arvoksi saadaan 0,43 W/m²K.



Kuva 10. Harkkorakenteinen sokkeli (Virnes 2017).

Perustukset tehdään taloihin Lakka anturamuoteista AM 26 (200x600x5000) ja terassien perustukset Lakka pilarianturamuoteista PAM36 (300x600x600). Pilareina toimivat liimapuupilarit 115x115, joissa kussakin on harkkoperustus Lakan pilarimuottiharkoista PMH-250. Talojen terassien kantavina linjoina toimivat liimapuupalkit 115x315. Routaeristeeksi valitaan puolestaan XPS routa 100 mm. Salaojat ja radonputkistot materiaaleineen eivät sisälly tutkimukseen.



Kuva 11. Vasemmalla anturamuotti ja oikealla pilarianturamuotti (Virnes 2017).

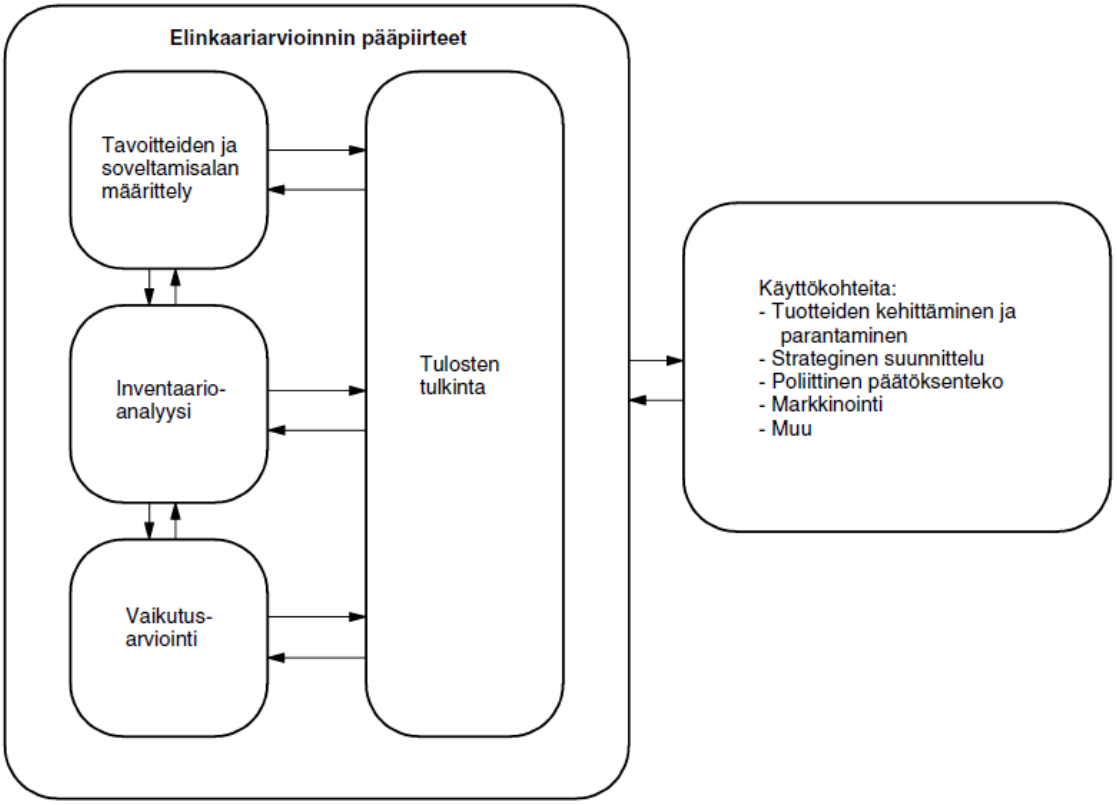
6.2 Elinkaariarviointi

Tuotteiden ympäristövaikutusten ja nimenomaan elinkaaren aikaisten kokonaisvaikutusten arviointi on tärkeää, kun pyritään kestävään kehitykseen ja yritetään vähentää ympäristökuormitusta. Elinkaari kattaa kaikki tuotteen tai palvelun edellyttämät toiminnot raaka-aineiden hankinnasta tuotteiden poistoon asti. Tuotteen ympäristövaikutuksista saatua tietoa voidaan käyttää moniin tarkoituksiin, joten tarpeet tiedon laajuudesta, tarkkuudesta ja määrästä vaihtelevat tämän mukaisesti. [30, 13.]

Elinkaariarviointi (life cycle assessment, LCA) on mittari, jolla pyritään ympäristöä säästäviin toimintoihin. Elinkaariarvioinnissa verrataan tutkittavaa kohdetta eli toiminnallista yksikköä vertailuyksikköön. [31, 24 - 25.] Tässä opinnäytetyössä toiminnallisena yksikkönä on Lakan Betonin EMH-400 eristemuottiharkoista rakennettu harkkotalo, jonka vertailuyksikkönä on puurakenteinen pientalo.

Elinkaariarviointia voidaan käyttää apuna tuotesuunnittelussa, tuoteselosteiden kehittämisessä, vihreässä markkinoinnissa sekä sen avulla voidaan

valmistautua lainsäädännön vaatimuksiin. Elinkaariarviointia tehdessä on syytä perehtyä yrityksen toimintaan ja tuotteen valmistukseen sekä etsiä tarkkaa tietoa tuotteen materiaaleista, valmistusprosessista, tuotteeseen liittyvistä kuljetuksista ja mahdollisista käytön aikaisista materiaalien ja energian kulutuksesta. Näin varmistutaan elinkaarianalyysista saadun tuotoksen eli tulosraportin todenmukaisuudesta ja tarkkuudesta. Elinkaariarvioinnin yksityiskohtaisuus ja tarkasteluajanjakso voivat vaihdella suuresti riippuen tavoitteista ja soveltamisalasta. Elinkaariarvioinnissa on neljä erillistä vaihetta, jotka ovat määrittelyvaihe, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta. Nämä vaiheet on esitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa. [32, 10.]



Kuva 12. Elinkaariarvioinnin vaiheet (SFS-EN ISO 14040 2006).

6.2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Määrittelyvaiheessa päätetään elinkaarianalyysin laajuus, yksityiskohtaisuus ja tavoitteet [32, 10.] Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tyyppitalojen

elinkaaren aikainen hiilijalanjälki ja vertailla niitä keskenään. Tutkimuksen rajaamisen myötä keskitytään ainoastaan rakenteiden hiilijalanjälkeen ja kokonaisvaltaiseen arvioon käytönaikaisen energiankulutuksen tuottamasta hiilijalanjäljestä.

Tutkimuksen tarkoituksena on pääsääntöisesti tukea Lakan Betonin kivitalokonseptin (Lakka-talo) myyntiä, markkinointia ja kehittelyä. Lakan Betonin yhtenä myyntituotteena on harkkorunkoinen kivitalopaketti, jonka talomyyjät tarjoavat asiakkaiden tarpeiden ja toiveiden mukaisesti. Talomyyjät voivat hyödyntää halutessaan tämän opinnäytetyön tuloksia kivitalotarjouksia tehdessään. Ihmisten lisääntynyt ympäristötieto ja kestävän kehityksen teema kannustavat myös Lakan Betonia tutkimaan ja perehtymään ympäristöasioihin tarkemmin.

6.2.2 Inventaarioanalyysi

Inventaarioanalyysiin (Life Cycle Inventory, LCI) sisältyvät tiedonkeruu ja laskennan menettelytavat, joilla tuotejärjestelmän asiaankuuluvat syötteet ja tuotokset saadaan määrälliseen muotoon, joita on näin ollen helpompi hallita. Syöte kuvaa yksikköprosessiin tulevaa tuote-, materiaali- tai energiavirtaa esimerkiksi raaka-ainetta ja tuotos vastaavasti yksikköprosessista poistuvaa tuote-, materiaali- tai energiavirtaa esimerkiksi valmista tuotetta. [33, 34.] Kaikille vaiheille tehdään oma tarkastelu, jonka jälkeen ne sijoitetaan alla näkyviin taulukoihin (taulukot 1, 2, 3, 4, 5). Inventaarioanalyysissa taulukoidaan tuotteet ja materiaalien määrät kiloina. Lisäksi taulukossa on erillinen sarake lisätiedoille sekä tarkennuksille. Liitteessä 1 on esitetty SimaPro-laskurista valitut englanninkieliset vastineet, joilla hiilijalanjälki on laskettu (liite 1). Ikkunoiden ja ovien tarkat materiaalimäärät nähdään Skaalalta saadun painolaskennan luettelossa (liite 2). Näitä inventaarioanalyysin tuloksia käytetään hyödyksi vaikutusarvioinnissa.

Taulukko 1. Harkkotalon inventaarioanalyysi sis. hukka 10 % (Virnes 2017)

MATERIAALIN NIMI	MÄÄRÄ (kg)	LISÄTIETOJA
ULKOSEINÄT (sis.sokkeli)		
Julkisivurappaus	2625	Ulkopinta 206m², paksuus 10mm, 1,5 kg/m²/mm
EMH-400 Eristemuottiharkko	40965	Suorat harkot 1379 kpl, menekki 8,33kpl/m²
EMH-400 Eristemuottiharkko	1392	Kulmaharkot 152 kpl, menekki 8,33kpl/m²
Eps-150 harkkoeriste	910	1531kpl, tiheys 30kg/m³
Betoni	54564	Tiheys 2400kg/m³, bet.menekki 13,5l/kpl
Teräs A500HW T8 k400	465	Pystyyn, paino 0,395kg/m
Teräs A500HW T8 k400	480	Vaakaan, paino 0,395kg/m
Teräs A500HW T10	36	Aukkojen pieliin, 0,617 kg/m
T- teräkset	384	80x40x7, 6,23kg/m, 56m
Tasoite	526	Sisäpinta 133m², paksuus 3mm, 1,2 kg/m²/mm
KANTAVA VÄLISEINÄ		
MH-200 Muottiharkko	3351	133 kpl, menekki 8,33kpl/m²
Teräs A500HW T8 k400	23	Pystyyn, paino 0,395kg/m
Teräs A500HW T8 k400	45	Vaakaan, paino 0,395kg/m
Betoni	5142	Tiheys 2400kg/m³, bet.menekki 14,7l/kpl
Tasoite	79	Molem. pinnat 20m², paksuus 3mm, 1,2 kg/m²/mm
KEVYET VÄLISEINÄT		
VSH-88/300 Väliseinäharkko	11366	1245 kpl, menekki 11,11 kpl/m²
Aukonylityslistat	27	1,2m=1,1kg, 27m
Ohutsaumalaasti	274	Muurattava tuote, laasti menekki 0,2kg/kpl
Tasoite	887	Molem. pinnat 224m², paksuus 3mm, 1,2 kg/m²/mm
MASKIT		
MH-150 Muottiharkko	9121	395 kpl, menekki 8,33 kpl/m²
Teräs A500HW T8 k400	60	Pystyyn, paino 0,395kg/m
Teräs A500HW T8 k400	130	Vaakaan jokatoiseen ker. Paino 0,395kg/m
Betoni	9385	Tiheys 2400kg/m³, bet.menekki 9l/kpl
Rappaus	773	Ulkopinta 47,5,paksuus 10mm, 1,5 kg/m²/mm
LISÄKSI		
Uretaani	40	40 kg/m³

Taulukko 2. Puutalon inventaarioanalyysi sis. hukka 10 % (Virnes 2017).

MATERIAALIN NIMI	MÄÄRÄ (kg)	LISÄTIETOJA
ULKOSEINÄT		
Julkisivumaalaus	98	173,12m², 7m²/l, 1,2kg/l
Ulkoverhouspaneeli 28x120	2134	Kuusi tiheys 400kg/m³, 173,12m²
Korotuslauta 22x100	463	Kuusi tiheys 400kg/m³, 478m
Tuulensuojakipsilevy	1486	173m², paino 7,8kg/m²
Runko 200x50mm k600	2571	Kuusi tiheys 400kg/m³, 584m
Lämmöneriste 200mm	436	128m², paino 3,1kg/m²
Höyrynsulkumuovi	31	147,6m², 0,18kg/m²
Koolaus 50x50 k400	365	Kuusi tiheys 400kg/m³, 332m
Lisälämmöneriste 50mm	110	128m², paino 0,78kg/m²
Kipsilevy	1681	133m², paino 11,5kg/m²
Tasoite	30	Sisäpinta 133m², 0,2 kg/m²
KANTAVA VÄLISEINÄ		
Runko 45x95 k600	75	Mänty tiheys 450 kg/m³, 35,5m
Eristevilla 100mm	21	12m², paino 1,56kg/m²
Kipsilevy	254	10m², paino 11,5 kg/m²
Tasoite	5	Molemmat pinnat 20m², 0,2kg/m²
KEVYET VÄLISEINÄT		
Runko 39x66 k600	406	Mänty tiheys 450 kg/m³, 318m
Eristevilla 50mm	97	112m², paino 0,78kg/m²
Kipsilevy	2834	112m², paino 11,5 kg/m²
Tasoite	50	Molemmat pinnat 224m², 02,kg/m²
SOKKELIT		
EH-250P Eristeponttiharkko	9750	467kpl, menekki 8,33 kpl/m²
Teräs A500HW T8 k400	146	Vaakaan, paino 0,395kg/m
Ohutsaumalaasti	1541	Muurattava tuote, laasti menekki 3kg/kpl
Lisälämmöneriste XPS 100mm	153	7,27m²/paketti, 11,45kg/paketti (50mm)
Tasoite	317	Molem. pinnat 64 m², 3mm, 1,5kg/m²/mm
Rappaus	111	34m², 3kg/m²
LISÄKSI		
Uretaani	5	40 kg/m³
Ruuvit	13	9000 kpl, 1500 kpl/2kg, kipsilevyt,alajuoksut
Naulat	45	17500 kpl, 2500 kpl/ 15,6kg
Aukkojen smyygilauta 20x125	180	Kuusi tiheys 400kg/m³,180m

Taulukko 3. Yhteisten rakenteiden inventaarioanalyysi sis. hukka 10 % pl. ristikot (Virnes 2017).

MATERIAALIN NIMI	MÄÄRÄ (kg)	LISÄTIETOJA
YLÄPOHJA		
Konesaumapeltikate	1293	Paino 6,2kg/m², A=208,5m²
Ruoteet 25x100 k250	1082	Kuusi tiheys 400kg/m³, 984m
Korotusrima	106	Kuusi tiheys 400kg/m³, 219m
Aluskate	25	11kg/75m²
Ristikot k900	1860	18kplx90kg + 4kplx60kg
Tuulenohjainpahvi räystäille	49	1 kpl=1kg
Lämmöneriste 530mm	399	3 säkkiä/m³, 158m², 13kg/säkki
Höyrynsulkumuovi	26	132m², 0,18kg/m²
Koolaus 50x50 k400	363	Kuusi tiheys 400kg/m³, 330m
Kipsilevy	1321	133m², paino 9,1kg/m²
Tasoite	30	Sisäpinta 133m², 0,2 kg/m²
Otsalaudat, Räystäslaudat	511	Kuusi tiheys 400kg/m³, 400m
ALAPOHJA		
Betonilaatta 100mm	34850	Tiheys 2400kg/m³, 250kg/m², 132m²
Teräsverkko	439	B500K 6-150 2,35x5m, 35,50 kg/kpl
Lämmöneriste XPS 200mm	915	7,27m²/paketti, 11,45kg/paketti (50mm)
Suodatinkangas	16	0,105kg/m²
ANTURAMUOTTIT AM26		
Teräs A500HW T6 k200	599	Paino 0,222kg/m, 3kpl/muotti
Teräs A500HW 3 T8	457	Paino 0,395kg/m, 25kpl/muotti
Betoni	18720	Tiheys 2400kg/m³, 65m
Muovireuna	20	65m
TERASSIT		
Palkki LP 115x315	104	Kuusi tiheys 400kg/m³, 7,2m
Pilarit LP 115x115	74	Kuusi tiheys 400kg/m³, 14m
Terassilaudoitus 28x120	347	Mänty tiheys 450 kg/m³, 208m
Kyllästetty 198x48	188	Mänty tiheys 450 kg/m³, 40m
Routaeristys XPS 100mm	121	7,27m²/paketti, 11,45kg/paketti (50mm)
Pilariperustus PMH-250	459	36kpl, 11,6 kg/kpl
Teräs A500HW 4 T8	13	Paino 0,395kg/m, 4kpl/muotti
Betoni	723	Tiheys 2500kg/m³, bet.menekki 7,3l/kpl
PILARIANTURAMUOTIT PAM36		
Teräs A500HW T6 k200	11	0,222kg/m
Teräs A500HW 4 T10	10	0,617kg/m
Betoni	2566	Tiheys 2400kg/m³, 9kpl
Muovireuna	5	9kpl
ROUTAERISTEET		
XPS routa 100mm	291	7,27m²/paketti, 11,45kg/paketti (50mm)
LISÄKSI		
Uretaani	4	40 kg/m³
Ruuvit	8	3000 kpl, 1500 kpl/2kg, kipsilevy, terassi
Naulat	60	10000 kpl, 2500 kpl/ 15,6kg
Höyrynsulkuteippi	4	0,56 kg/rulla
Perusmuurilevy sokkeleihin	29	0,55 kg/m² 0,85x20m

Taulukko 4. Talojen ikkunoiden ja ovien inventaarioanalyysi (Virnes 2017).

MATERIAALIN NIMI	MÄÄRÄ (kg)	LISÄTIETOJA
IKKUNAT		
Puualumiini-ikkunat	36	2kpl, 6x6
Puualumiini-ikkunat	111	3kpl, 6x14
Puualumiini-ikkunat	94	2kpl, 8x14
Puualumiini-ikkunat	199	2kpl, 12x22
Puualumiini-ikkunat	228	3kpl, 14x14
Puualumiini-ikkuna	85	1kpl, 16x14
Puualumiini-ikkuna	118	1kpl, 20x16
OVET		
Ulko-ovet	173	3kpl, 10x23, lasiaukollinen
Puu väliovet	271	8kpl, 9x21, umpiovi
Puu pariovi	47	1kpl, 13x21, umpiovi
Puuliukuovet	123	2kpl, 8x21, umpiovi
Saunan lasiovi	45	1kpl, 9x21, lasiovi

Taulukko 5. Inventaarioanalyysin ulkopuolelle jätetyt materiaalit (Virnes 2017).

INVENTAARIOANALYYSIT EIVÄT SISÄLLÄ:
LVIS- tekniikka
Talon ulkopuolinen infra
Kattoturvatuotteet ja ikkunapellit
Märkätilan ja saunan rakenteisiin tarvittavat lisätuotteet
Hormistot ja tulisija
Kiinto- ja irtokalusteet
Sisäpuoliset maalit, tapetit, laminaatit
Radontuotteet
Rakennusaikainen apumateriaali

6.2.3 Vaikutusarviointi

Vaikutusarvioinnin tarkoituksena on ymmärtää ja arvioida tuotejärjestelmän potentiaalisten ympäristövaikutusten laajuutta ja merkitystä elinkaaren aikana. Rakennus on suunniteltu kestämään 100 vuotta, joten tätä aikaväliä pidetään rakennuksen teknisenä ja laskennallisena elinkaarena. [34, 28.]

Standardin SFS-EN ISO 14044 mukaan vaikutusarvioinnissa on kolme pakollista osiota, joista ensimmäinen on vaikutusluokkien ja

vaikutusindikaattoreiden valinta. Vaikutusluokka on tarkasteltavia ympäristökysymyksiä edustava luokka esimerkiksi ilmastonmuutos tai luonnonvarojen käyttö. Näille jokaiselle vaikutusluokalle valitaan vaikutusindikaattori. Toinen osio pitää sisällään inventaarioanalyysista saatujen tulosten luokittelun ja sijoittamisen eri vaikutusluokkiin. Viimeisenä vaiheena on vaikutusarvioinnin tulosten eli indikaattoritulosten laskeminen, jolloin saadaan tietoa tuotejärjestelmän syötteiden ja tuotosten ympäristökysymyksistä. [35, 44.]

6.2.4 Tulosten tulkinta

Tässä osiossa yhdistetään inventaarioanalyysistä ja vaikutusarvioinnista saadut tulokset tavoitteiden mukaisesti. Tulosten tulkinnan tavoitteena on tehdä johtopäätöksiä, tunnistaa rajoituksia sekä antaa suosituksia tutkimuksen aiotulle kohderyhmälle. Elinkaariarvioinnin tulosten muuntamiseen yhdeksi yleiseksi numeroksi tai tulokseksi ei ole tieteellistä perustaa, koska painotus edellyttää arvovalintoja. [36, 38.] Tämän opinnäytetyön varsinaisia tuloksia tarkastellaan vasta kappaleessa 7.

Tulosten tulkinnassa käytetään järjestelmällistä menettelyä, jonka avulla johtopäätökset määritellään, tarkastetaan, arvioidaan ja esitetään tutkimuksen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti. Tuloksissa pyritään läpinäkyvyyteen, joka tarkoittaa tiedon avointa, perusteellista ja ymmärrettävää esittämistapaa. Tuloksien arviointi käsittää täydellisyyden, herkkyyden sekä johdonmukaisen tarkastuksen. Täydellisyydellä varmistutaan, että kaikki tarvittavat lähtötiedot ja informaatio ovat käytössä ja saatavilla tulkintaa varten, eikä mitään olennaista ole unohtunut. Tällä menettelytavalla pystytään tunnistamaan tiedon puutteet ja pystytään arvioimaan tarve hankkia täydentävää tietoa. Herkkyystarkistuksella puolestaan voidaan ymmärtää tulosten epävarmuus, johon tietojen muuttuminen ja menettelytekniikoiden valinnat ovat voineet vaikuttaa. Jos tutkimusta käytetään julkisesti esitettävissä vertailuväitteissä, tulosten herkkyys ja epävarmuus tulee analysoida. Johdonmukaisuuden tarkistuksella määritellään, ovatko olettamukset, menetelmät ja lähtötiedot yhdenmukaisia tavoitteiden ja soveltamisalan kanssa. [37, 60-62.]

7 Tulokset

7.1 Energiaselvityksen tulokset

Energiaselvityksestä saadun E-luvun eli laskennallisen kokonaisenergiankulutuksen tulee olla pienempi, kuin 187 kWh/(m²a) pientaloilla, joiden nettoala on 120-150m². Harkkotalon E-luvuksi tuli 108,25 kWh/(m²a) ja puutalon 110,4 kWh/(m²a). Massiivinen harkkorakenteinen seinä varaa lämpöä paremmin, jolloin se pystyy luovuttamaan lämpöä pitemmällä aikavälillä. Näin harkkotalo korvaa harkon valmistuksesta syntyviä suuria päästöjä. Eli seinärakenteen takia lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia on pienempi kuin puurakenteisella talolla. Näin ollen energiankulutus puutalolla on 2,15 kWh/m² vuodessa korkeampi kuin harkkorakenteisella talolla. 132m²:n puurakenteinen talo kuluttaa 100 vuoden tarkastelujakson aikana 28 400 kWh enemmän energiaa.

Energiatehokkuusluokaksi molemmille taloille sain B:n, joka on erinomainen arvo. Energiatehokkuusluokka ilmaistaan tunnuksilla A-G. Tämä kertoo rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen sijoittumisen luokitusasteikolla, jossa A on energiatehokkuudeltaan paras ja G huonoin.

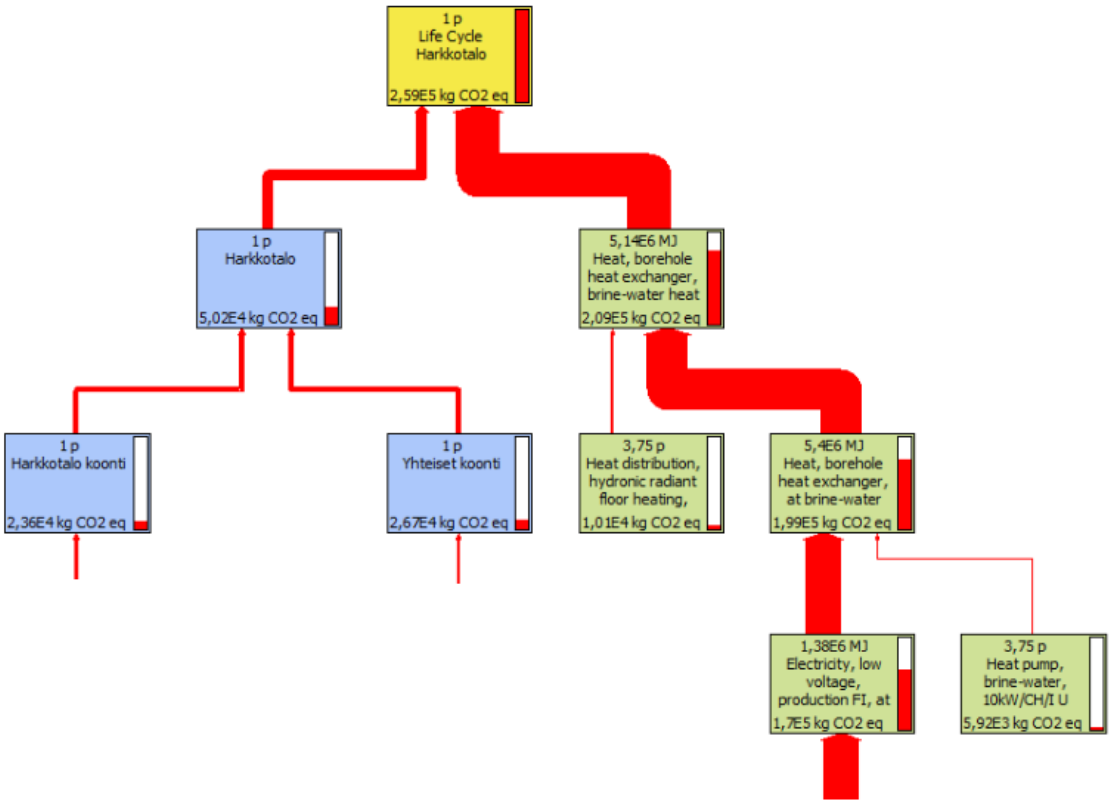
7.2 Hiilijalanjäljen laskennan tulokset

Harkkotalon koko elinkaaren aikaiseksi hiilijalanjäljeksi sain 259 000 tCO_2e (hiilidioksidiekvivalenttia). Tässä tuloksessa on mukana käytönaikaisen energiankulutuksen tuomat päästöt. Harkkotalon rakentamisen aiheuttamaksi hiilijalanjäljeksi tuli 50 200 tCO_2e. Vastaavat luvut puurakenteisella talolla on elinkaaren aikaiseksi hiilijalanjäljeksi 247 000 tCO_2e ja rakentamisen aiheuttamaksi hiilijalanjäljeksi vain 33 600 tCO_2e. Saadut arvot olivat odotettuja ja hyviä uudisrakennuksen arvoja. Eroa talojen välille tuli 12 000 tCO_2e mitattaessa elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä. Tämä ero ei ole kovin suuri

verrattuna pelkän rakentamisen aiheuttamaan hiilijalanjälkeen jossa eroa tuli 16 600 tCO_2e puutalon eduksi.

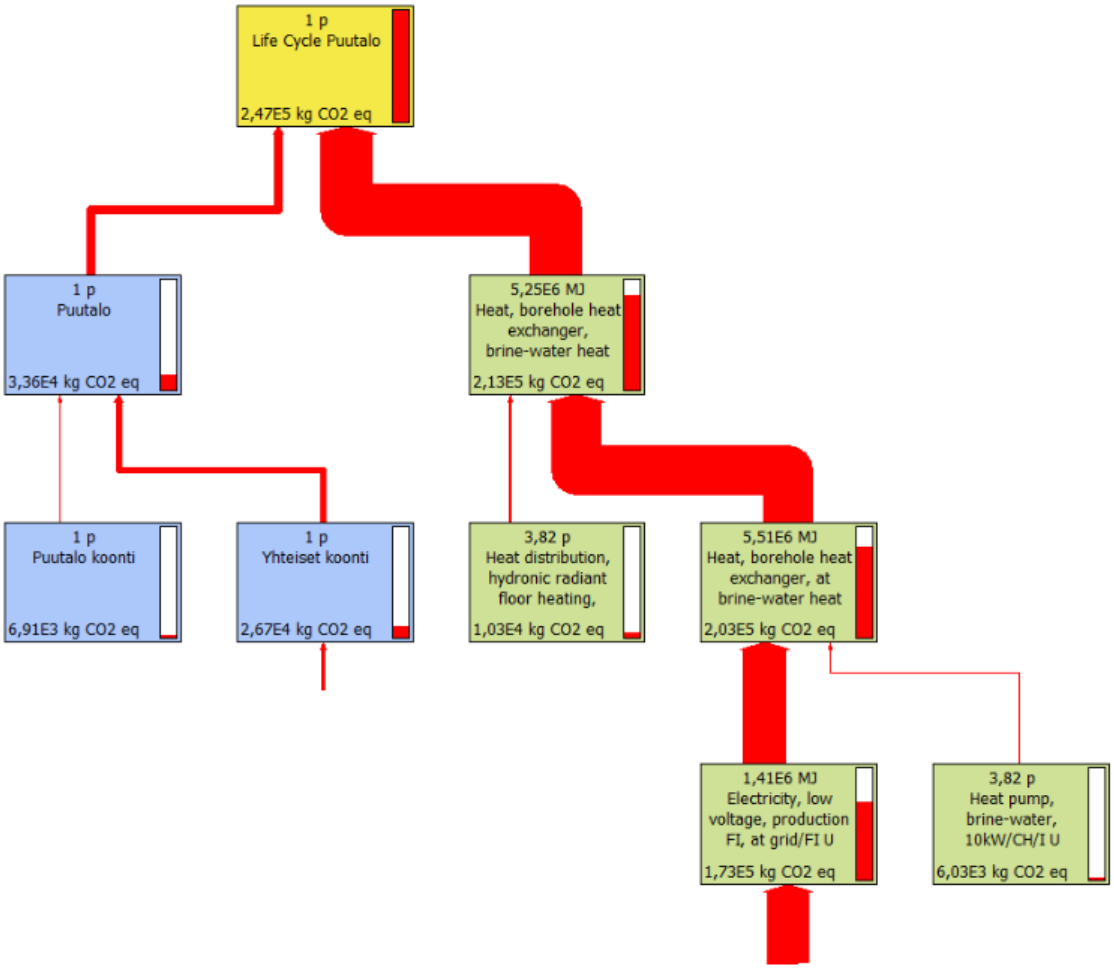
Alla näkyvistä kuvista nähdään edellä mainitut hiilijalanjälkilaskennan tulokset. Vasemmalla sinisissä laatikoissa on hiilidioksidipäästöt harkkotalolle, johon on lisäksi eritelty tarkemmin harkkotalon omien seinärakenteiden sekä talojen yhteisten rakenteiden (yläpohja, alapohja, perustukset, terassi) aiheuttamat päästöt hiilidioksidiekvivalentteina. Oikealla vihreissä laatikoissa nähdään käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamat päästöt eli maalämpöpumpun aiheuttamat hiilidioksidipäästöt hiilidioksidiekvivalentteina. Ylimmässä keltaisessa laatikossa on harkkotalon koko 100 vuoden elinkaaren aiheuttamat päästöt. Nuolten paksuus kuvaa hiilidioksidipäästöjen suhteita toisiinsa. Niistä huomataankin, että käytönaikaisesta energian kulutuksesta muodostuu moninkertaiset päästöt verrattuna pelkkään rakentamiseen. Luettaessa taulukkoa alaspäin nähdään, että maalämpöpumpun käyttämä sähköenergia on isoin päästölähde lämmityskuluissa, vaikka sähkön määrä maalämpöpumpuilla onkin suhteellisen pieni. (kuva 13)

Taulukossa on käytetty cut-off rajauksena 2 %. Cut-off rajaus tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että kaikki vaiheet joiden päästöt jäävät alle 2 %:n eivät näy kuvassa, mutta ovat laskuissa ja tuloksissa mukana.



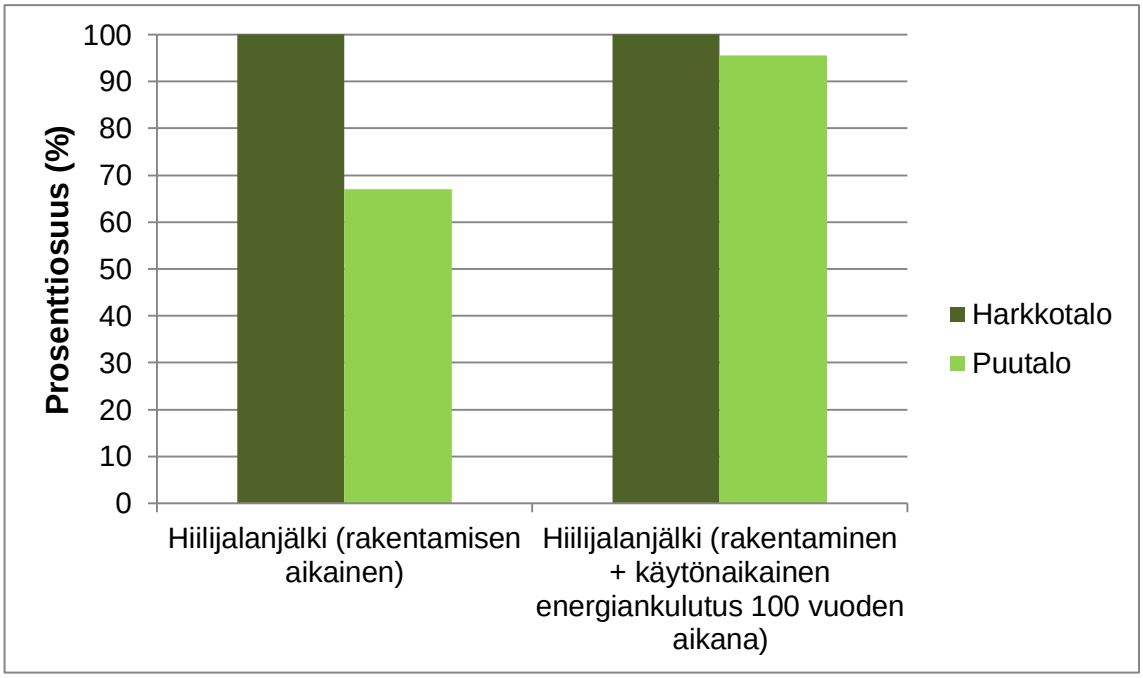
Kuva 13. Harkkotalon elinkaaren aikaisten hiilijalanjälkien arvoja (SimaPro 2017).

Puutalolle on samanlainen kuvio, jossa on eritelty elinkaarenaikainen hiilijalanjälki sekä puurakenteiden, yhteisten rakenteiden ja käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt hiilidioksidiekvivalentteina. Nuolten paksuus on hyvin pitkälti sama eli käytönaikana syntyy valtavat päästöt verrattuna rakentamiseen. Lisäksi yhteisistä rakenteista (yläpohja, alapohja, perustukset, terassi) aiheutuu rakentamisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä suurimmat päästöt puutalolle. Tämä johtuu niissä käytetystä uusiutumattomasta betonista, jota puuseinissä ei ole. Cut-off rajauksena on käytetty 2 %. (kuva 14)



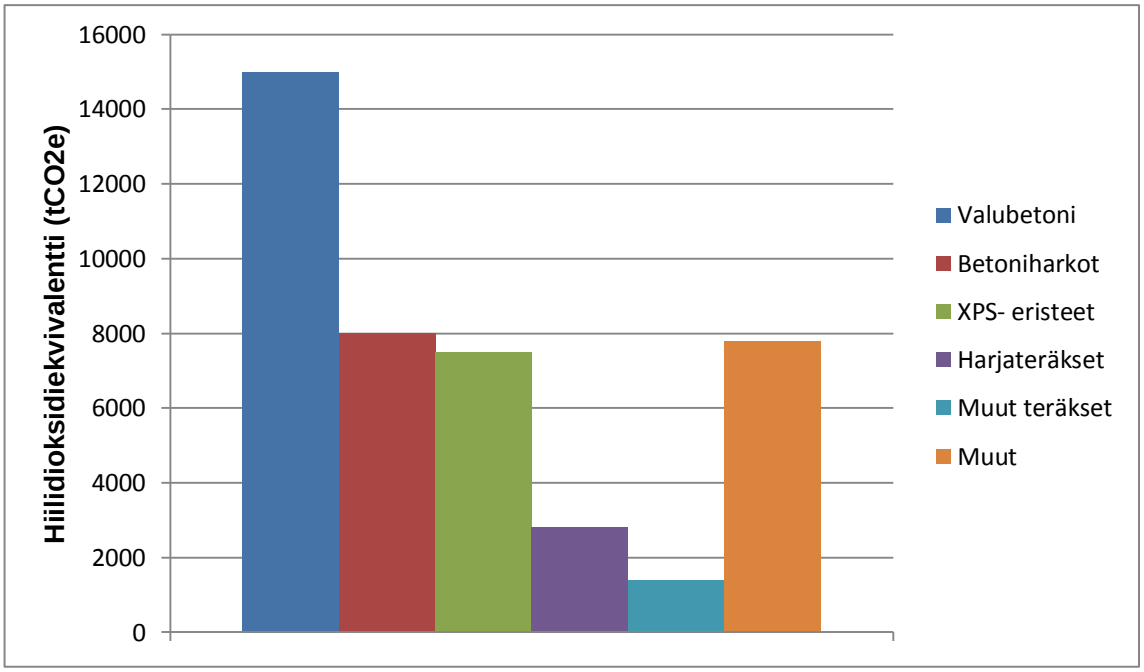
Kuva 14. Puutalon elinkaaren aikaisten hiilijalanjälkien arvoja (SimaPro 2017).

Kun huomioon otetaan pelkästään rakentamisen aiheuttama hiilijalanjälki, niin harkkotalo synnyttää 33 % suuremmat hiilidioksidipäästöt verrattuna puutalon rakentamiseen. Jokaisessa rakennuksessa asuminen synnyttää kuitenkin mittavat energiakustannukset ja -päästöt, jotka harkkotalolla ovat selvästi pienemmät kuin puutalolla. Tämä pienentää elinkaarien aikaisten hiilijalanjälkien eroa huomattavasti. Alla näkyvään kaavioon on merkattu harkkotalon aiheuttamat hiilijalanjäljet 100 prosenttina. Kaaviosta nähdään, että puutalon käytönaikaisen energian kulutuksen suuremmat päästöt pienentävät hiilijalanjälkieroa talojen välillä jopa 28,5 %. Tällöin koko elinkaaren aikaisten hiilijalanjälkien ero talojen välillä on enää 4,5 % puutalon hyväksi (kuvio 2).



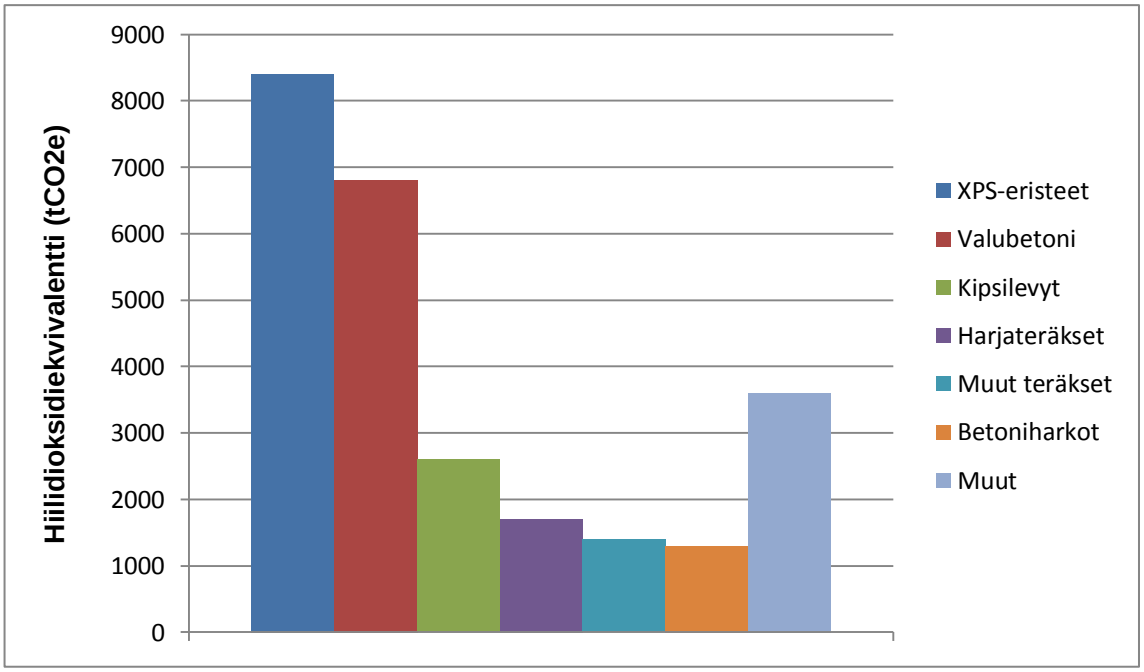
Kuvio 2. Hiilijalanjälkien prosentuaaliset tulokset (Muokattu lähteestä SimaPro 2017).

Seuraavista kuvioista nähdään, mikä rakennusmateriaali on merkittävin hiilijalanjäljen kannalta (kuviot 3 ja 4). Pylväiden koko kertoo kyseisen materiaalin synnyttämän hiilidioksidiekvivalentin suuruuden. Harkkotalon hiilidioksidipäästöistä selvästi suurimmat päästöt aiheuttaa valubetoni, jota löytyy suuret määrät seinistä, alapohjasta ja anturoista. Seinien betoniharkot tuottavat seuraavaksi eniten päästöjä. Melkein harkkojen rinnalle kirivät XPS- eristeet, joita löytyy alapohjasta ja routaeristeenä talon ympäriltä. Neljänneksi tulevat harjateräkset ja viidenneksi kaikki muut käytetyt terästuotteet kuten naulat, ruuvit ja harkkojen T-teräkset. Muut osioon sisältyy muun muassa ulkoseinärakenteiden EPS- eristeet, rappaus- ja tasoitelaastit sekä puu-, lasi- ja muovimateriaalit.



Kuvio 3. Harkkotalon materiaalien tuottamat hiilijalanjäljet (Muokattu lähteestä SimaPro 2017).

Puutalolle päästöjä synnyttävät eniten alapohjan, perustusten ja routasuojauksena käytetyt XPS- eristeet. Toisena on valubetoni, jota puutalossa on käytetty niinikään alapohjassa ja perustuksissa. Kolmanneksi yltävät kipsilevyt joilla seinät ja yläpohja on levytetty. Seuraavaksi päästöjä aiheuttavat harjateräkset sekä muut puutalossa käytetyt terästuotteet. Kuudenneksi eniten päästöjä synnyttävät sokkelin betoniharkot. Puutalon muut osioon sisältyvät muun muassa lasi ja muovimateriaalit, puhallusvillat sekä rappaus- ja tasoitelaastit.



Kuvio 4. Puutalon materiaalien tuottamat hiilijalanjäljet (Muokattu lähteestä SimaPro 2017).

7.3 Aikaisempia tutkimustuloksia

Aikaisempia tutkimuksia rakennusten hiilijalanjäljestä löytyi Bionova Consulting suorittamana puu- ja betonikerrostaloille. Tutkimuksen teetti Sitran Energiaohjelma vuonna 2011. Tutkimuskohteena oli Rakennusliike Reposen, Versowood Oy:n, Koskisen Oy:n sekä Heinolan kaupungin toteuttama puuhybridikerrostalo, josta oli saatavilla tarkat rakennuskohtaiset tiedot. Näitä tietoja verrattiin vastaavanlaiseen betonirakenteiseen kerrostaloon. Eroa tuli pelkän rakennusvaiheen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä 29 % puutalon hyväksi. Minun tekemässäni tutkimuksessa vastaava luku oli 33 %, niin ikään puutalon hyväksi. Koko 100 vuoden elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä puukerrostalo tuotti 5-11 % pienemmät päästöt. Minun tutkimuksessani tämä ero oli 4,5 %. Myös Bionovan tekemässä tutkimuksessa todettiin, että tärkein keino vähentää päästöjä on panostaa rakennuksen energiatehokkuuteen ja vähäpäästöiseen energiaan. [38.]

8 Pohdinta

Talojen hiilijalanjälkieroihin vaikuttavat siis suurimmalta osin harkkotalon valubetoni ja harkot. Betonituotteet eivät ole uusiutuvia materiaaleja, joten niillä on korkea hiilijalanjälki kuten kappaleesta 7,2 nähtiin. Puurakenteet ovat puolestaan uusiutuvia luonnonvaroja, jotka jo lähtökohtaisesti ovat ympäristöystävällisempiä rakennusmateriaaleja. Harkkorakenteen hyvä energiatehokkuus, pitkä käyttöikä, vähäinen huollontarve, uusiokäyttömahdollisuudet sekä hiilidioksidin sitoutuminen karbonatisoitumalla takaisin betonirakenteeseen pienentävät kuitenkin elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä. Pohdinnan arvoinen aihe olisi kuitenkin se voisiko talojen XPS- eristeet korvata jollain muulla materiaalilla esimerkiksi osittain leca- soralla tai EPS- eristeillä? Taloihin käytetyn betonin voisi korvata vihreällä betonilla siltä osin, kun se olisi mahdollista lujuuden ja sääolojen suhteen, esimerkiksi harkkoseinien valubetonina tai lattialaatassa, koska pakkasrasitusta vihreä betoni ei kestä [39]. Vihreän betonin valmistuksessa on minimoitu syntyvät hiilidioksidipäästöt varsinkin suuren ympäristökuorman aiheuttaman sementin suhteen. Sementin valmistuksessa aiheutuvista hiilidioksidipäästöistä jopa 67 % on peräisin sementin ainesosan kalkkikiven kalsinoinnista. Sementin valmistuksessa päästövähennykset syntyvätkin pääosin kierrätyspolttoaineiden käytöstä sekä energiatehokkuuden parantamisesta. [40.]

Tuloksista voidaan todeta, että keskittymällä energiatehokkuuteen ja parantamalla sitä, voimme vaikuttaa suurelta osin talojen koko elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen. Myös rakennusmääräyksiin on otettu tämä huomioon 2010- luvulla, jotka vievät rakentamista koko ajan lähemmäs nollaenergiataloja ja tulevaisuudessa jopa plusenergiataloja. Nollaenergiatalo käyttää vain sen verran energiaa, mitä se pystyy itse tuottamaan esimerkiksi aurinkopaneeleilla ja maalämpöpumpulla. Plusenergiatalo pystyy taas tuottamaan energiaa jopa yli oman tarpeensa, jolloin ylimääräistä energiaa voidaan myydä sähköyhtiöille.

Mielestäni hiilijalanjäljen tutkimista ei ole viety kovinkaan pitkälle rakennusalalla. Aikaisempia tutkimuksia löytyi vain vähän. Inventaarioanalyysia tehdessäni

huomasin myös, että monenkaan rakennusmateriaalin painoja ei ollut ilmoitettu valmiiksi tai tieto oli pitkän etsimisen takana. Materiaalien paino täytyy tietää hiilijalanjälkeä laskiessa ja tätä ei ollut otettu huomioon. Ehkä tulevaisuudessa pystymme lukemaan suoraan materiaalien tuotetiedoista jopa sen tuotannon aiheuttamat päästöt.

8.1 Rakennuksen hiilijalanjäljen pienentäminen

Kun päädytään rakentamaan uusi talo, huomioita on kiinnitettävä niin arkkitehti-, rakenne- kuin lvis- suunnitteluunkin jo heti alkumetreillä, jotta talon aiheuttama hiilijalanjälki olisi mahdollisimman pieni. Rakennuspaikalla vaikuttava pienilmasto vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen, jolloin aurinkoisessa ja tuulelta suojassa olevassa paikassa talo käyttää noin 30 % vähemmän lämmitysenergiaa kuin avarassa ja varjoisessa paikassa oleva. Räystäät ja lehtipuut varjostavat hyvin talon seiniä kesäiseltä ylikuumenemiselta. Suuret oleskeluhuoneiden ikkunat on hyvä suunnitella aurinkoiselle eteläpuolelle, jolloin keinovalon käyttö ja lämmitystarve vähenevät. Ikkunoiden ja ovien U-arvoon on myös syytä kiinnittää huomiota, sillä ne ovat tiiviin ulkoseinän heikoin kohta. Myös lasitetut eteläpuolen terassit toimivat loistavasti aurinkoenergian kerääjinä. [17.]

Mitä vähemmän talossa on ulkokulmia, sitä energiatehokkaampi se on, koska nurkat lisäävät ulkoseinän pinta-alaa suhteessa pohjan pinta-alaan. Talon on hyvä olla myös kaksikerroksinen sillä lämmin ilma kohoaa ylöspäin, jolloin lämpöä saadaan hyötykäyttöön. Tilojen muunneltavuus on ekotehokasta. Lasten muuttaessa pois, tyhjiä huoneita olisi hyvä pystyä yhdistelemään tai muuntamaan käyttötarkoituksen mukaan. Tällöin vältyttäisiin esimerkiksi tyhjien tilojen turhalta lämmitykseltä. [17.]

Rakennuksen tarvitsema energia olisi hyvä tuottaa mahdollisimman pitkälti uusiutuvilla energiamuodoilla, kuten aurinkoenergialla, vesi- ja tuulivoimalla tai maalämmöllä. Katon lappeiden suunnittelu aurinkokennoille esimerkiksi myöhempää käyttöönottoa varten on viisasta, vaikka sillä hetkellä niille ei

olisikaan tarvetta. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenotolla saadaan pienennettyä energiahäviötä huomattavasti. Valaistuksessa energiatehokkain vaihtoehto on kohdennettu yleisvalaistus, kun taas epäsuoralla valaistuksella viedään turhaan energiaa. [17.]

Kuinka sitten olemassa olevan talon hiilijalanjälkeä voi pienentää? Ensimmäisenä kannattaa teettää energiaselvitys, josta saadaan suoraan selvitettyä talon aiheuttamat ympäristöpäästöjen lähteet. Seuraavaksi olisi hyvä miettiä omaa energian käyttöä. Palavatko valot huoneissa turhaan? Onko sisälämpötila sopiva vai voisiko sitä hieman laskea? Voisiko lämpimän käyttöveden kulutusta vähentää? Jos päädytään tekemään muutoksia, kannattaa miettiä voisiko patterit vaihtaa uudempiin tai voisiko vesikiertoisen lattialämmityksen lisätä? Varallisuuden salliessa voisiko taloon asentaa maalämpöpumpun tai aurinkokennoja? Voisiko lämmöntalteenotolla varustetun ilmanvaihtokoneen asentaa esimerkiksi olohuoneeseen tai aulaan?

8.2 Harkkotalo vai puutalo?

Tutkimuksesta on jätetty kokonaan huomiotta 100 vuoden aikavälin sisältämät kunnossapidot ja remontoinnit esimerkiksi puujulkisivun maalaaminen ja paneeleiden uusinta parinkymmenen vuoden välein. Nämä korjaukset nostavat suoraan talojen elinkaaren aiheuttamia päästöjä ja sitä kautta hiilijalanjälkeä, jolloin puutalo nousee todennäköisesti harkkotalon yli koko elinkaaren aikaisessa vertailussa. Harkkotalo on suhteellisen vähän huoltoa kaipaava talo, joka tuo samalla kustannussäästöjä asukkaiden kukkaroihin, vaikka harkkotalon rakentaminen onkin lähtökohtaisesti kalliimpaa kuin puutalon. [41.]

Harkkotalot ovat pitkäikäisiä. Maailman vanhimmat rakennetut ympäristöt ovat muurattu kivestä. Kivi ja harkko kestävät sään aiheuttamat rasitukset sekä ovat erinomaisia palonkestävyydeltään ja äänieristävyydeltään. Purkuvaiheessa puurakenteet voidaan hyödyntää uudelleen pääosin energiantuotannossa, mutta harkko- ja betonituotteet murskattuna uusiokäytössä. [42.] Lisäksi betoni

ei kelpaa millekään tuholaiselle ravinnoksi eikä tiiviiden seinä rakenteiden sisällä pysty edes elämään.

Eli harkkotalo on pitkäikäinen ja elinkustannuksiltaan ympäristöystävällisempi puutalon verrattuna, kun taas puutalon rakentaminen on edullisempaa ja se omaa huomattavasti pienemmät rakennusvaiheen hiilidioksidipäästöt. On siis jokaisen itse päätettävissä, mitä ominaisuuksia taloltaan haluaa ja rakentaa sen mukaan harkko- tai puurakenteisen talon.

8.3 Tutkimuksen jatkomahdollisuudet

Jos tätä tutkimusta päädytään jatkamaan, niin paneutuisin tarkemmin käytönaikaisen energiankulutuksen tuottamaan hiilijalanjälkeen ja niiden eroihin, koska yli puolet rakennuksen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä muodostui juuri käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Lisäksi materiaalien tuotanto, remontit ja korjaukset sekä purkamisen aiheuttamat päästöt olisivat hyviä jatkotutkimus aiheita. Myös se, kuinka eri rakenneratkaisut vaikuttavat energiankulutukseen esimerkiksi muunnettaessa valettavat eristemuottiharkot muurattaviin harkkoihin.

Tutkimuksen tulokset vastasivat mielestäni hyvin tutkimuskysymyksiin, vaikka jouduinkin rajaamaan paljon pois opinnäytetyön laajuuden takia. Tämän tutkimuksen tuloksia ei kuitenkaan voi yleistää, sillä rakennustavat ja toteutukset vaihtelevat suuresti, varsinkin puurakenteisissa taloissa. Saadut tulokset ovat suuntaa antavia useiden arvioitujen lähtötietojen takia, mutta suuruusluokka ja erot harkko- ja puutalon välillä ovat oikeaa kokoluokkaa.

Lähteet

1. Berninger, K. Hiilineutraali Suomi. Miten luodaan ilmastoystävällinen yhteiskunta? Helsinki. 2012. ISBN 978-952-495-247-7.
2. K3 Viestintä. Kohti hiilineutraalia strategiaa. Keskuskauppakamari. 2016. Päivitetty 31.3.2016. [Viitattu10.10.2016.] http://kauppakamari.fi/2016/03/31/kohti-hiilineutraalia-strategiaa/.
3. Puuinfo. Puutuotteet hiilivarastona. Metsät ja hiilinielut. 2017. [Viitattu 8.1.2017.] http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puutuotteet%20hiilivarastona%20a4.pdf.
4. Kimmo, K. Mikä ihmeen hiilinielu? Metsä Groupin Viesti. 2016. Vol. 67:4. 34-36.
5. Kivitaloinfo. Nykykaupungit hiilinieluja. 2017. Päivitetty 17.1.2017. [Viitattu 14.4.2017.] http://www.kivitaloinfo.fi/blog/2017/01/17/nykykaupungit-hiilinieluja/.
6. Finnsementti. Betonin rasitusluokat lyhyesti. [Viitattu 23.3.2017.] http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti.
7. CO2-raportti. Tietoa ilmastonmuutoksesta. Ilmastonmuutos on aikakautemme vakavin uhka. [Viitattu 19.12.2016.] http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastonmuutos.
8. Lappalainen, M. Energia ja ekologiakäsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki. 2010. ISBN 978-951-682-945-9.
9. Peda.net. Uusiutumattomat energianlähteet. Ydinenergia. [Viitattu 8.1.2017.] https://peda.net/yhdistykset/bmol-ry/koulutus/eyy/yhteinen_ymparisto/energia/ue7/ydinenergia.
10. Peda.net. Uusiutumattomat energianlähteet. Turve. [Viitattu 8.1.2017.] https://peda.net/yhdistykset/bmol-ry/koulutus/eyy/yhteinen_ymparisto/energia/ue7/turve.
11. Ympäristöministeriö. Pariisin ilmastosopimus. 2016. Päivitetty 16.11.2016. [Viitattu 9.1.2017.] http://www.ym.fi/pariisi2015.
12. Ympäristöministeriö. Ilmastolainsäädäntö. 2015. Päivitetty 28.6.2016. [Viitattu 9.1.2017.] http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ilmastolainsaadanto.
13. Nuorten elämä.fi. Ympäristö ja kuluttaminen. Hiilijalanjälki. [Viitattu 2.2.2017.] https://www.nuortenelama.fi/elavaa-elamaa/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-kuluttaminen/hiilijalanj%C3%A4lki-807.
14. Mitatarkoittaa.com. Määritelmä sanalle hiilidioksidiekvivalentti. [Viitattu 15.4.2017.] http://www.mita-tarkoittaa.com/Hiilidioksidiekvivalentti.
15. Green Building Council Finland. Elinkaaren hiilijalanjälki. [Viitattu 18.2.2016.] http://figbc.fi/elinkaarimittarit/laskentaohjeet/elinkaaren-hiilijalanjalki/.
16. Neuvonen, P. Rakentajan ekotieto: Uudisrakentaminen. Helsinki. 2000. ISBN 951-682-6032-NID.
17. Rakennustieto. Millainen on ekologisesti kestävä pientalo. 2011. [Viitattu 20.2.2017.] http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/5xRllrqjE.html.
18. Green Building Council Finland. Käytön hiilijalanjälki. [Viitattu 23.2.2017.] http://figbc.fi/elinkaarimittarit/kayton-hiilijalanjalki/.

19. Kivitaloinfo. Kivempi tulevaisuus. Asumisen viisaat valinnat. [Viitattu 1.3.2017.] http://kivitalo.asiakkaat.sigmatic.fi/core/wp-content/images/2012/08/kivempi_tulevaisuus.pdf.
20. Lappalainen, M. Energia ja ekologia käsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki. 2010. ISBN 978-951-682-945-9.
21. Lappalainen, M. Energia ja ekologia käsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki. 2010. ISBN 978-951-682-945-9.
22. Osara, L. Rakennettu kestämään - tutki ja opi. Kestävä rakennus on ekologinen. Helsinki. 2003. ISBN 952-13-1941-0.
23. Hanko. Opas rakennuksen purkajalle. [Viitattu 22.4.2017.] https://www.hanko.fi/files/1795/Opas_rakennuksen_purkajalle.pdf.
24. VTT. Tutkimusraportti. Rakennusten suunnittelu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten. 2014. [Viitattu 22.4.2017.] http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-00736-14.pdf.
25. Rakennustietosäätiön ohjetiedosto energiatodistuksesta RT 18-11228 2016.
26. Rakennustietosäätiön ohjetiedosto energiatodistuksesta RT 18-11228 2016.
27. Suomen Rakentamismääräyskokoelma Rakennusten energiatehokkuudesta D3 2012.
28. Ympäristöosaava.fi. Ammattilainen ja ympäristö. [Viitattu 15.3.2017.] http://www.ymparistoosaava.fi/puhdistuspalveluala/index.php?k=22546.
29. Lakka. EMH-400 grafit. [Viitattu 15.3.2017.] http://www.lakka.fi/tuotteet/harkot/lampoharkot-eristeharkot/emh-400-grafit/.
30. Antikainen, R. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. 2010. [Viitattu 16.3.2017.] https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39822/SYKEra_7_2010.pdf?sequence=1.
31. SFS-EN ISO 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki. 2006. 49 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
32. SFS-EN ISO 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki. 2006. 49 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
33. SFS-EN ISO 14044. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Helsinki. 2006. 97 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
34. SFS-EN ISO 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki. 2006. 49 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
35. SFS-EN ISO 14044. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Helsinki. 2006. 97 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
36. SFS-EN ISO 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki. 2006. 49 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
37. SFS-EN ISO 14044. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Helsinki. 2006. 97 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
38. Sjöstedt, T. Sitra. Passiivitason asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki. Tapaustutkimus kerrostalon ilmastovaikutuksista. 2011. [Viitattu 7.5.2017.] https://www.sitra.fi/uutiset/puukerrostalolla-pienempi-hiilijalanjalki/.

39. Rudus. Vihreä betoni. [Viitattu 17.4.2017.] http://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/vihrea-betoni/5798/vihrea-betoni.
40. Finnsementti. Uutiset. Myönteinen kehitys päästöjen alentamisessa jatkuu Finnsementillä. 2017. [Viitattu 25.4.2017.] http://www.finnsementti.fi/index.php?id=76&n=100.
41. Kivitaloinfo. Huoltovapaus. [Viitattu 26.4.2017.] http://www.kivitaloinfo.fi/tietoa-kivitalosta/yleista-kivitalosta/huoltovapaus/.
42. Kivitaloinfo. Pitkäikäisyys. [Viitattu 26.4.2017.] http://www.kivitaloinfo.fi/tietoa-kivitalosta/yleista-kivitalosta/pitkaikaisyys/.

MATERIAALIN NIMI	VASTINE (SimaPro laskurista)
ULKOSEINÄT (sis.sokkeli)	
Julkisivurappaus	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
EMH-400 Eristemuottiharkko	Concrete block, at plant/DE S
EMH-400 Eristemuottiharkko	Concrete block, at plant/DE S
Eps-150 harkkoeriste	EPS insulation board, at plant/kg/RNA
Betoni	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Teräs A500HW T10	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
T- teräkset	Steel, low-alloyed, at plant/RER S
Tasoite	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
KANTAVA VÄLISEINÄ	
MH-200 Muottiharkko	Concrete block, at plant/DE S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Betoni	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
Tasoite	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
KEVYET VÄLISEINÄT	
VSH-88/300 Väliseinäharkko	Concrete block, at plant/DE S
Aukonylityslistat	Iron and steel, production mix/US
Ohutsaumalaasti	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
Tasoite	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
MASKIT	
MH-150 Muottiharkko	Concrete block, at plant/DE S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Betoni	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
Rappaus	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
LISÄKSI	
Uretaani	Polyurethane, flexible foam, at plant/RER S
ULKOSEINÄT	
Julkisivumaalaus	Alkyd paint, white, 60% in H2O, at plant/RER S
Ulkoverhouspaneeli 28x120	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Korotuslauta 22x100	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Tuulensuojakipsilevy	Gypsum plaster board, at plant/CH S
Runko 200x50mm k600	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Lämmöneriste 200mm	Rock wool, packed, at plant/CH S
Höyrynsulkumuovi	Polyethylene high density granulate (PE-HD), production mix, at plant RER
Koolaus 50x50 k400	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Lisälämmöneriste 50mm	Rock wool, packed, at plant/CH S
Kipsilevy	Gypsum plaster board, at plant/CH S
Tasoite	Gypsum plaster (CaSO4 alpha hemihydrates) DE S
KANTAVA VÄLISEINÄ	
Runko 45x95 k600	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Eristevilla 100mm	Rock wool, packed, at plant/CH S
Kipsilevy	Gypsum plaster board, at plant/CH S
Tasoite	Gypsum plaster (CaSO4 alpha hemihydrates) DE S
KEVYET VÄLISEINÄT	
Runko 39x66 k600	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Eristevilla 50mm	Rock wool, packed, at plant/CH S
Kipsilevy	Gypsum plaster board, at plant/CH S
Tasoite	Gypsum plaster (CaSO4 alpha hemihydrates) DE S
SOKKELIT	
EH-250P Eristeponttiharkko	Concrete block, at plant/DE S
Teräs A500HW T8 k400	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Ohutsaumalaasti	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
Lisälämmöneriste XPS 100mm	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/RER S
Tasoite	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
Rappaus	Cement cast plaster floor, at plant/CH S
LISÄKSI	
Uretaani	Polyurethane, flexible foam, at plant/RER S
Ruuvit	Iron and steel, production mix/US
Naulat	Iron and steel, production mix/US
Aukkojen smyygilauta 20x125	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S

MATERIAALIN NIMI	VASTINE (SimaPro laskurista)
YLÄPOHJA	
Konesaumapeltikate	Iron and steel, production mix/US
Ruoteet 25x100 k250	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Korotusrima	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Aluskate	Polyethylene high density granulate (PE-HD), production mix, at plant RER
Ristikot k900	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Tuulenohjainpahvi räystäille	Corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/CH S
Lämmöneriste 530mm	Cellulose fibre, inclusive blowing in, at plant/CH S
Höyrynsulkumuovi	Polyethylene high density granulate (PE-HD), production mix, at plant RER
Koolaus 50x50 k400	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Kipsilevy	Gypsum plaster board, at plant/CH S
Tasoite	Gypsum plaster (CaSO4 alpha hemihydrates) DE S
Otsalaudat, Räystäslaudat	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
ALAPOHJA	
Betonilaatta 100mm	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
Teräsverkko	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Lämmöneriste XPS 200mm	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/RER S
Suodatinkangas	Polypropylene granulate (PP), production mix, at plant RER
ANTURAMUOTTIT AM26	
Teräs A500HW T6 k200	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Teräs A500HW 3 T8	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Betoni	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
Muovireuna	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER
TERASSIT	
Palkki LP 115x315	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Pilarit LP 115x115	Spruce wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Terassilaudoitus 28x120	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Kyllästetty 198x48	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
Routaeristys XPS 100mm	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/RER S
Pilariperustus PMH-250	Concrete block, at plant/DE S
Teräs A500HW 4 T8	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Betoni	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
PILARIANTURAMUOTIT PAM36	
Teräs A500HW T6 k200	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Teräs A500HW 4 T10	Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant GLO S
Betoni	Pre-cast concrete, min. reinf., prod. mix, concrete type C20/25, w/o consideration of casings RER S
Muovireuna	Polyethylene high density granulate (PE-HD), production mix, at plant RER
ROUTAERISTEET	
XPS routa 100mm	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/RER S
LISÄKSI	
Uretaani	Polyurethane, flexible foam, at plant/RER S
Ruuvit	Iron and steel, production mix/US
Naulat	Iron and steel, production mix/US
Höyrynsulkuteippi	Polyvinylchloride, at regional storage/RER S
Perusmuurilevy sokkeleihin	Polypropylene granulate (PP), production mix, at plant RER

MATERIAALIN NIMI	VASTINE (SimaPro laskurista)
IKKUNAT	
Puualumiini-ikkunat	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puualumiini-ikkunat	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puualumiini-ikkunat	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puualumiini-ikkunat	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puualumiini-ikkunat	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puualumiini-ikkuna	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puualumiini-ikkuna	Jokainen ikkuna sisältää alla olevat materiaalit. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
puu	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
alumiini	Aluminium, production mix, at plant/RER S
muovi	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER
lasi	Flat glass, uncoated, at plant/RER S
silikoni + tiiviste	Synthetic rubber, at plant/RER S
teräs	Iron and steel, production mix/US
OVET	
Ulko-ovet	Ovet sisältävät alla näkyviä materiaaleja. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puu väliovet	Ovet sisältävät alla näkyviä materiaaleja. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puu pariovi	Ovet sisältävät alla näkyviä materiaaleja. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Puuliukuovet	Ovet sisältävät alla näkyviä materiaaleja. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
Saunan lasiovi	Ovet sisältävät alla näkyviä materiaaleja. Tarkat määrät löytyvät liitteestä 2.
puu	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S
eriste	EPS insulation board, at plant/kg/RNA
lasi	Flat glass, uncoated, at plant/RER S
silokoni	Synthetic rubber, at plant/RER S
teräs	Iron and steel, production mix/US
alumiini	Aluminium, primary, at plant/RER S

SKAALA®

Painolaskenta ikkunoille ja oville

Laskelmissa on käytetty ikkunatuotteena BEETAN_175, ulko-ovituotteena lasiaukollinen UO301F_BEETA, puuväliovituotteena umpiovi SO301F, liukuovituotteena DK105A_U0.9_LO ja saunanovituotteena SO_NU.

Ulkoseinän puualumiini-ikkunat:

14x14:

- Karmit 15,4kg (puu)
- Karmiverhoilu 2,6kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,1kg (TPE)
- Sisäpuite 5,3kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,1kg (TPE)
- Ulkopuite 2,7kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 0,9kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 47,9kg
- Lasitussilikoni n. 0,2kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 20,8kg, alumiini 5,2kg, TPE 0,2kg, muovi 0,9kg , lasi 47,9kg, silikoni 0,2kg ja teräs 0,50kg. Kokonaispaino 75,8kg

8x14:

- Karmit 12,0kg (puu)
- Karmiverhoilu 2,0kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,1kg (TPE)
- Sisäpuite 4,1kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,1kg (TPE)
- Ulkopuite 2,0kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 0,7kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 25,1kg
- Lasitussilikoni 0,1kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 16,1kg, alumiini 4,0kg, TPE 0,2kg, muovi 0,7kg, lasi 25,1kg, silikoni 0,1kg ja teräs 0,50kg. Kokonaispaino 46,7kg

6x6:

- Karmit 6,4kg (puu)
- Karmiverhoilu 1,1kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,1kg (TPE)
- Sisäpuite 2,0kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,1kg (TPE)
- Ulkopuite 1,0kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 0,3kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 6,4kg
- Lasitussilikoni 0,1kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 8,5kg, alumiini 2,0kg, TPE 0,2kg, muovi 0,3kg, lasi 6,4kg, silikoni 0,1kg ja teräs 0,5kg. Kokonaispaino 18,0kg

6x14:

- Karmit 10,9kg (puu)
- Karmiverhoilu 1,8kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,1kg (TPE)
- Sisäpuite 3,7kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,1kg (TPE)
- Ulkopuite 1,8kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 0,6kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 17,5kg
- Lasitussilikoni 0,1kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 14,6kg, alumiini 3,6kg, TPE 0,2kg, muovi 0,6kg, lasi 17,5kg, silikoni 0,1kg ja teräs 0,5kg. Kokonaispaino 37,1kg

20x16:

- Karmit 19,9kg (puu)
- Karmiverhoilu 3,3kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,2kg (TPE)
- Sisäpuite 7,0kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,2kg (TPE)
- Ulkopuite 3,5kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 1,2kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 81,8kg

- Lasitussilikoni 0,2kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 26,9kg, alumiini 6,8kg, TPE 0,4kg, muovi 1,2kg, lasi 81,8kg, silikoni 0,2kg ja teräs 0,50kg. Kokonaispaino 117,8kg

16x14:

- Karmit 16,5kg (puu)
- Karmiverhoilu 2,7kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,1kg (TPE)
- Sisäpuite 5,7kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,1kg (TPE)
- Ulkopuite 2,9kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 1,0 kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 55,4kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 22,3kg, alumiini 5,6kg, TPE 0,2kg, muovi 1,0kg, lasi 55,4kg, silikoni 0,2kg ja teräs 0,50kg. Kokonaispaino 85,2kg

12x22:

- Karmit 18,8kg (puu)
- Karmiverhoilu 3,1kg (alumiini)
- Karmitiiviste 0,2kg (TPE)
- Sisäpuite 6,6kg (puu)
- Sisäpuitteen tiiviste 0,2kg (TPE)
- Ulkopuite 3,3kg (alumiini)
- Lasituslistat muovia 1,1kg (muovi)
- Lasit sisä+ulkopuite 65,8kg
- Helat n. 0,5kg (teräs), sisältää lukot, saranat yms.

-> yht. puu 25,4kg, alumiini 6,4kg, TPE 0,4kg, muovi 1,1kg, lasi 65,8kg ja teräs 0,50kg. Kokonaispaino 99,6kg

Ovet

Lasiaukollinen 10x23 ulko-ovi, valoaukko 510x730:

- Karmit+kynnys 16,9kg (puu)
- Ovilehden runko+lasilistat 12,5kg (puu)
- Tiivisteet n. 0,4kg (silikonitiiviste)
- Lasi 10,9kg
- Lasitussilikoni n. 0,1kg
- Eriste 2,8kg (EPS)
- Pintalevyt 11,9(HDF, puu)
- Helat n. 2,1kg (teräs), sisältää lukot, saranat, kahvat yms.

-> yht. puuta 41,3kg, EPS:ää 2,8kg, lasia 10,9kg, silikonia 0,4kg ja terästä 2,1kg. Kokonaispaino 57,5kg

9x21 väliovi:

- Karmit 8,8kg (puu)
- Ovilehden runko 2,5kg (puu)
- Eriste 1,7kg (EPS)
- Pintalevyt 18,7kg (puu)
- Silikonitiivisteet n. 0,1kg
- Helat n. 2,1kg (teräs)

-> yht. puuta 30kg, EPS:ää 1,7kg, silikonia 0,1kg, ja terästä 2,1kg. Kokonaispaino 33,9kg

13x21 pariovi:

- Karmit 9,5kg (puu)
- Ovilehden runko 4,6kg (puu)
- Eriste 2,4kg (EPS)
- Pintalevyt 26,2kg (puu)
- Silikonitiivisteet n. 0,2kg
- Helat n. 4,2kg (teräs)

-> yht. puuta 40,3kg, EPS:ää 2,4kg, silikonia 0,2kg, ja terästä 4,2kg. Kokonaispaino 47,1kg

8x21 liukuovi (ikkunaovi, täyslasinen):

- Karmit 11,9kg (puu)
- Karmialumiinit 3,8kg
- Puite 6,7kg (puu)
- Puitealumiinit 2,9kg
- Lasi 34,7kg
- Lasitussilikoni 0,2kg
- TPE-tiivisteet n. 0,3kg
- Silikonitiivisteet n. 0,1kg
- Helat n. 1,0kg (teräs)

-> yht. puu 18,6kg, alumiini 6,7kg, lasi 34,7kg, silikoni 0,3kg, TPE 0,3kg ja teräs 1,0kg. Kokonaispaino 61,6kg

9x21 Saunanovi (täyslasinen, 8mm karkaistu lasi):

- Karmit 8,8kg (puu)
- Lasi 34kg
- Lasitussilikoni 0,2kg
- Silikonitiiviste n. 0,1kg
- Helat n. 1,5g (teräs)

-> yht. puu 8,8kg, lasi 34kg, silikoni 0,1kg ja teräs 1,5kg. Kokonaispaino 44,4kg

ENERGIASELVITYS

Rakennuskohde:	**EMH-400 HARKKO**
Osoite:	
	80100 Joensuu
Rakennustunnus:	
Rakennuslupatunnus:	
Käyttötarkoitusluokka:	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot**
	Pientalo
Käytetyt laskentamenetelmät:	**D5/2012**
Käytetyt säätiedot:	**I Helsinki-Vantaa**
Käytetyt säätiedot, tehon laskenta:	**III Jyväskylä-Luonetjärvi**

Energiaselvityksen laatija:
Energiaselvityksen tilaaja:

Päiväys:

Energiaselvityksen laatijan allekirjoitus: _____

ENERGIASELVITYS, TULOKSET

E-luku	**109 kWh/(m²a)**
E-luku, vaatimus	**187 kWh/(m²a) (Pientalot, nettoala 120m²-150m²)**
	E-luku täyttää vaatimuksen.
Eosto	**81 kWh/(m²a)**
Rakek	**137 kWh/(m²a)**

Suunnitteluratkaisu	**TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET**

Laskentojen lähtötiedot ja tulosten määräytyminen on esitetty tarkemmin jäljempänä tässä dokumentissa.

ENERGIASELVITYS, E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde	**EMH-400 HARKKO**	
Osoite	**80100 Joensuu**	
Rakennuksen käyttötarkoitus	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**	
Rakennusvuosi		
Lämmitetty nettoala	**132**	m²

Ilmanvuotoluku q50, lämpimät	**4**	m³/(hm²)
Ilmanvuotoluku q50, puolilämpimät	**0**	m³/(hm²)

Rakennusvaipan umpiosat	A m²	U W/(m²K)	UA W/K	 %
Ulkoseinät	**115**	**0.17**	**19**	**19.8**
Yläpohja	**132**	**0.09**	**12**	**12.5**
Alapohja	**132**	**0.16**	**21**	**21.9**
Ikkunat	**21**	**1**	**21**	**21.9**
Ulko-ovet	**5**	**1**	**5**	**5.2**
Kylmäsillat			**18**	**18.8**

Ikkunat ilmansuunnittain	A m²	U W/(m²K)	g-arvo -
Pohjoinen	**8**	**1**	**0.45**
Koillinen	**0**	**0**	**0**
Itä	**1**	**1**	**0.45**
Kaakko	**0**	**0**	**0**
Etelä	**9**	**1**	**0.45**
Lounas	**0**	**0**	**0**
Länsi	**3**	**1**	**0.45**
Luode	**0**	**0**	**0**

Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s)/(m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisen esto °C
Pääilmanvaihtokoneet	**0.053/0.053**	**1.1**	**60**	**5**
Erillispoistot	**0**	**0**	**-**	**-**
Ilmanvaihtojärjestelmä	**0.053/0.053**	**1.1**		

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 71%

Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin -	Apulaitteiden sähkönkäyttö W
Tilojen ja iv:n lämmitys	**-**	**0.8**	**4**	**2.5**
LKV:n valmistus	**-**	**0.75**	**4**	**-**

Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

LKV:n käyttö	m³/(m²a)	Yhteensä m³/a
	0.55	**72.4**

Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt W/m²	Kuluttajalaitteet W/m²	Valaistus W/m²	Käyttöaste
	2	**3**	**8**	

Päiväys | Allekirjoitus | Nimen selvennys

ENERGIASELVITYS, E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde	**EMH-400 HARKKO**	
Osoite	**80100 Joensuu**	
Rakennuksen käyttötarkoitus	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**	
Rakennusvuosi		
Lämmitetty nettoala	**132**	m²

E-luku	**109**	**kWh/(m²a)**

E-luvun erittely	Ostoenergia kWh/a	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh/a	kWh/(m²a)
Sähkö	**7417**	1.7	**12609**	**95.5**
Kaukolämpö	**0**	0.7	**0**	**0**
Kaukojäähdytys	**0**	0.4	**0**	**0**
Uusiutuva polttoaine	**3333**	0.5	**1667**	**12.6**
Fossiilinen polttoaine	**0**	1.0	**0**	**0**
...				
Yhteensä	**10750**		**14275**	**109**

Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m²a)
Aurinkosähkö	**0**	**0**
Aurinkolämpö	**0**	**0**
Tuulisähkö	**0**	**0**
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	**14289**	**108.25**

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö kWh/(m²a)	Lämpö kWh/(m²a)	Kaukojäähdytys kWh/(m²a)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys	**2.5**	**59.08**	
Tuloilman lämmitys	**0**	**6.51**	
Lämpimän käyttöveden valmistus	**0**	**42.66**	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	**3.86**		
Jäähdytysjärjestelmä	**0**	**-**	**0**
Kuluttajalaitteet ja valaistus	**22.77**		
Yhteensä	**29.13**	**108.25**	**0**

Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m²a)
Tilojen lämmitys	**7719**	**58.48**
Ilmanvaihdon lämmitys	**859**	**6.51**
Lämpimän käyttöveden valmistus	**4223**	**31.99**
Jäähdytys	**0**	**0**

Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m²a)
Aurinko	**3972**	**30.1**
Ihmiset	**1388**	**10.5**
Kuluttajalaitteet	**2081**	**15.8**
Valaistus	**925**	**7**

Laskentatyökalun nimi ja versionumero	**CADS 17.0**

Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys

ENERGIASELVITYS, TASAUSLASKELMA

Tulos: Suunnitteluratkaisu	**TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET**	
Rakennuksen laajuustiedot	Rakennusluokka	**1**
Rakennustilavuus	**357 m³**	
Ilmatilavuus	**320 m³**	
Nettoala	**132 m²**	
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	**158 m²**	

Perustiedot						**Lämpöhäviöiden tasaus**	
	Pinta-alat, m² [A]		**U-arvot, W/(m²K)** [U]			**Ominaislämpöhäviö, W/K** [Hjoht = A x U]	
RAKENNUSOSAT Lämpimät tilat	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäis-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Ulkoseinä	112.2	114.7	0.17	0.6	0.17	19.1	19.5
Hirsiseinä	0	0	0.4	0.6	0	0	0
Yläpohja	132	132	0.09	0.6	0.09	11.9	11.9
Alapohja (ulkoilmaa vasten)	0		0.09	0.6	0	0	0
Alapohja (ryömintätila)	0		0.17	0.6	0	0	0
Alapohja (maanvastainen)	132		0.16	0.6	0.16	21.1	21.1
Muu maanvastainen rak.osa	0		0.16	0.6	0	0	0
Ikkunat	23.7	21.2	1	1.8	1	23.7	21.2
Ulko-ovet	4.6		1	-	1	4.6	4.6
Kattoikkunat	0	0	1	1.8	0	0	0
Lämpimät tilat yht.	**404.5**	**404.5**				**80.4**	**78.3**
Puolilämpimät tilat							
Ulkoseinä	0	0	0.26	0.6	0	0	0
Hirsiseinä	0	0	0.6	0.6	0	0	0
Yläpohja	0	0	0.14	0.6	0	0	0
Alapohja (ulkoilmaa vasten)	0		0.14	0.6	0	0	0
Alapohja (ryömintätila)	0		0.26	0.6	0	0	0
Alapohja (maanvastainen)	0		0.24	0.6	0	0	0
Muu maanvastainen rak.osa	0		0.24	0.6	0	0	0
Ikkunat	0	0	1.4	2.8	0	0	0
Ulko-ovet	0		1.4	-	0	0	0
Kattoikkunat	0	0	1.4	2.8	0	0	0
Puolilämpimät tilat yht.	**0**	**0**				**0**	**0**

	Ilmanvuotoluku, m³/(h m²) [q50]		**Vuotoilmavirta, m³/s** [qv,v = q50/35xA/3600]		**Ominaislämpöhäviö, W/K** [Hvuotoilma = 1200xqv,v]	
VAIPAN ILMAVUODOT **Vuotoilma**	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimät tilat	2	4	0.0064	0.0128	**7.7**	**15.4**
Puolilämpimät tilat	2	0	0	0	**0**	**0**

	Poistoilmavirta, m³/s [qv,p]		**LTO:n vuosihyötysuhde, %** [na]		**Ominaislämpöhäviö, W/K** [Hiv = 1200x qv,p x(1-na)]	
ILMANVAIHTO **Hallittu ilmanvaihto**	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimät tilat	0.053		45	71	**34.98**	**18.444**
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta	0					
Puolilämpimät tilat	0		45	0	**0**	**0**
Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta	0					

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus	**Ominaislämpöhäviö, W/K** [H=Hjoht+Hvuotoilma+Hiv] Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä	**123.08**	**112.144**
Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä	**0**	**0**

ENERGIASELVITYS, TARKISTUSLISTA

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkastuslista (osa D3)

Pinta-alat

	Kyllä	Ei
Vertailuikkunapinta-ala on 15% yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50% julkisivujen pinta-alasta	X	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa		
-lämpimissä tiloissa	X	
-puolilämpimissä tiloissa		

Rakennusosien U-arvot

	Kyllä	Ei
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	X	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

	Kyllä	Ei	Enim.	Suun.
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen				
-lämpimissä tiloissa	X		4.0	4
-puolilämpimissä tiloissa			4.0	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

	Kyllä	Ei	Vert.	Suun.
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen				
-lämpimissä tiloissa	X		123.08	112.144
-puolilämpimissä tiloissa				

Tarkistuslistan yhteenveto

	Kyllä	Ei
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	X	

Lisäselvitykset

Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvoa. Sunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q50 saa olla enintään 4 m³/(h m²), mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä.
Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4 m³/(h m²).

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhyke 1:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

ENERGIASELVITYS, TEHOT

RAKENNUKSEN LÄMMITYSTEHO

Käyttöveden lämmitysjärjestelmä:

Lämpimälle käyttövedelle ei ole kiertojohtoa.

Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama:	**0.34 dm³/s**
Käyttöveden lämpimän ja kylmän veden lämpötilaero:	**50 °C**
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän teho:	**71.7 kW**
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:	**0.75**
Johtuminen:	**5042 W**
Vuotoilma:	**811 W**
Tuloilma:	**190 W**
Korvausilma:	**0 W**
Tilojen lämmitysjärjestelmän tehon tarve:	**6 kW**
Ilmanvaihto:	**2154 W**
Rakennuksen lämmitystehon tarve:	**104.7 kW**

ILMANVAIHDON OMINAISSÄHKÖTEHO

IV-Kone	Poistoilma-virta m³/s	Tuloilma-virta m³/s	Sähköteho kW	SFP kW/(m³/s)	Lukumäärä kpl
VALLOX	**0.06**	**0.053**	**0.066**	**1.1**	**1**

Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,0 kW/(m³/s).
Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 1,0 kW/(m³/s).

ENERGIASELVITYS

Rakennuskohde:	**US PUURAK.**
Osoite:	
	80100 Joensuu
Rakennustunnus:	
Rakennuslupatunnus:	
Käyttötarkoitusluokka:	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot**
	Pientalo
Käytetyt laskentamenetelmät:	**D5/2012**
Käytetyt säätiedot:	**I Helsinki-Vantaa**
Käytetyt säätiedot, tehon laskenta:	**III Jyväskylä-Luonetjärvi**

Energiaselvityksen laatija:
Energiaselvityksen tilaaja:

Päiväys:

Energiaselvityksen laatijan allekirjoitus: _____

ENERGIASELVITYS, TULOKSET

E-luku	**110 kWh/(m²a)**
E-luku, vaatimus	**187 kWh/(m²a) (Pientalot, nettoala 120m²-150m²)**
	E-luku täyttää vaatimuksen.
Eosto	**82 kWh/(m²a)**
Rakek	**140 kWh/(m²a)**

Suunnitteluratkaisu	**TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET**

Laskentojen lähtötiedot ja tulosten määräytyminen on esitetty tarkemmin jäljempänä tässä dokumentissa.

ENERGIASELVITYS, E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde	**US PUURAK.**			
Osoite	**80100 Joensuu**			
Rakennuksen käyttötarkoitus	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**			
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	**132**	m²		

Ilmanvuotoluku q50, lämpimät	**4**	m³/(hm²)
Ilmanvuotoluku q50, puolilämpimät	**0**	m³/(hm²)

Rakennusvaipan umpiosat	A m²	U W/(m²K)	UA W/K	 %
Ulkoseinät	**115**	**0.17**	**19**	**19.8**
Yläpohja	**132**	**0.09**	**12**	**12.5**
Alapohja	**132**	**0.16**	**21**	**21.9**
Ikkunat	**21**	**1**	**21**	**21.9**
Ulko-ovet	**5**	**1**	**5**	**5.2**
Kylmäsillat			**18**	**18.8**

Ikkunat ilmansuunnittain	A m²	U W/(m²K)	g-arvo -
Pohjoinen	**8**	**1**	**0.45**
Koillinen	**0**	**0**	**0**
Itä	**1**	**1**	**0.45**
Kaakko	**0**	**0**	**0**
Etelä	**9**	**1**	**0.45**
Lounas	**0**	**0**	**0**
Länsi	**3**	**1**	**0.45**
Luode	**0**	**0**	**0**

Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s)/(m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisen esto °C
Pääilmanvaihtokoneet	**0.053/0.053**	**1.1**	**60**	**5**
Erillispoistot	**0**	**0**	**-**	**-**
Ilmanvaihtojärjestelmä	**0.053/0.053**	**1.1**		

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 71%

Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin -	Apulaitteiden sähkönkäyttö W
Tilojen ja iv:n lämmitys	**-**	**0.8**	**4**	**2.5**
LKV:n valmistus	**-**	**0.75**	**4**	**-**

Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

LKV:n käyttö	m³/(m²a)	Yhteensä m³/a
	0.55	**72.4**

Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt W/m²	Kuluttajalaitteet W/m²	Valaistus W/m²	Käyttöaste
	2	**3**	**8**	

Päiväys Allekirjoitus Nimen selvennys

ENERGIASELVITYS, E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde	**US PUURAK.**	
Osoite	**80100 Joensuu**	
Rakennuksen käyttötarkoitus	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**	
Rakennusvuosi		
Lämmitetty nettoala	**132**	m²

E-luku	**110**	**kWh/(m²a)**

E-luvun erittely	Ostoenergia kWh/a	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh/a	kWh/(m²a)
Sähkö	**7488**	1.7	**12730**	**96.4**
Kaukolämpö	**0**	0.7	**0**	**0**
Kaukojäähdytys	**0**	0.4	**0**	**0**
Uusiutuva polttoaine	**3333**	0.5	**1667**	**12.6**
Fossiilinen polttoaine	**0**	1.0	**0**	**0**
...				
Yhteensä	**10821**		**14396**	**110**

Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m²a)
Aurinkosähkö	**0**	**0**
Aurinkolämpö	**0**	**0**
Tuulisähkö	**0**	**0**
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	**14573**	**110.4**

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö kWh/(m²a)	Lämpö kWh/(m²a)	Kaukojäähdytys kWh/(m²a)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys	**2.5**	**61.23**	
Tuloilman lämmitys	**0**	**6.51**	
Lämpimän käyttöveden valmistus	**0**	**42.66**	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	**3.86**		
Jäähdytysjärjestelmä	**0**	**-**	**0**
Kuluttajalaitteet ja valaistus	**22.77**		
Yhteensä	**29.13**	**110.4**	**0**

Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m²a)
Tilojen lämmitys	**7947**	**60.2**
Ilmanvaihdon lämmitys	**859**	**6.51**
Lämpimän käyttöveden valmistus	**4223**	**31.99**
Jäähdytys	**0**	**0**

Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m²a)
Aurinko	**3972**	**30.1**
Ihmiset	**1388**	**10.5**
Kuluttajalaitteet	**2081**	**15.8**
Valaistus	**925**	**7**

Laskentatyökalun nimi ja versionumero	**CADS 17.0**

Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys

ENERGIASELVITYS, TASAUSLASKELMA

Tulos: Suunnitteluratkaisu	**TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET**	
Rakennuksen laajuustiedot	Rakennusluokka	**1**
Rakennustilavuus	**357 m³**	
Ilmatilavuus	**320 m³**	
Nettoala	**132 m²**	
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	**158 m²**	

Perustiedot						**Lämpöhäviöiden tasaus**	
	Pinta-alat, m² [A]		**U-arvot, W/(m²K)** [U]			**Ominaislämpöhäviö, W/K** [Hjoht = A x U]	
RAKENNUSOSAT Lämpimät tilat	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäis-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Ulkoseinä	112.2	114.7	0.17	0.6	0.17	19.1	19.5
Hirsiseinä	0	0	0.4	0.6	0	0	0
Yläpohja	132	132	0.09	0.6	0.09	11.9	11.9
Alapohja (ulkoilmaa vasten)	0		0.09	0.6	0	0	0
Alapohja (ryömintätila)	0		0.17	0.6	0	0	0
Alapohja (maanvastainen)	132		0.16	0.6	0.16	21.1	21.1
Muu maanvastainen rak.osa	0		0.16	0.6	0	0	0
Ikkunat	23.7	21.2	1	1.8	1	23.7	21.2
Ulko-ovet	4.6		1	-	1	4.6	4.6
Kattoikkunat	0	0	1	1.8	0	0	0
Lämpimät tilat yht.	**404.5**	**404.5**				**80.4**	**78.3**
Puolilämpimät tilat							
Ulkoseinä	0	0	0.26	0.6	0	0	0
Hirsiseinä	0	0	0.6	0.6	0	0	0
Yläpohja	0	0	0.14	0.6	0	0	0
Alapohja (ulkoilmaa vasten)	0		0.14	0.6	0	0	0
Alapohja (ryömintätila)	0		0.26	0.6	0	0	0
Alapohja (maanvastainen)	0		0.24	0.6	0	0	0
Muu maanvastainen rak.osa	0		0.24	0.6	0	0	0
Ikkunat	0	0	1.4	2.8	0	0	0
Ulko-ovet	0		1.4	-	0	0	0
Kattoikkunat	0	0	1.4	2.8	0	0	0
Puolilämpimät tilat yht.	**0**	**0**				**0**	**0**

	Ilmanvuotoluku, m³/(h m²) [q50]		**Vuotoilmavirta, m³/s** [qv,v = q50/35xA/3600]		**Ominaislämpöhäviö, W/K** [Hvuotoilma = 1200xqv,v]	
VAIPAN ILMAVUODOT **Vuotoilma**	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimät tilat	2	4	0.0064	0.0128	**7.7**	**15.4**
Puolilämpimät tilat	2	0	0	0	**0**	**0**

	Poistoilmavirta, m³/s [qv,p]		**LTO:n vuosihyötysuhde, %** [na]		**Ominaislämpöhäviö, W/K** [Hiv = 1200x qv,p x(1-na)]	
ILMANVAIHTO **Hallittu ilmanvaihto**	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimät tilat	0.053		45	71	**34.98**	**18.444**
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta	0					
Puolilämpimät tilat	0		45	0	**0**	**0**
Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta	0					

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus	**Ominaislämpöhäviö, W/K** [H=Hjoht+Hvuotoilma+Hiv] Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä	**123.08**	**112.144**
Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä	**0**	**0**

ENERGIASELVITYS, TARKISTUSLISTA

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkastuslista (osa D3)

Pinta-alat

	Kyllä	Ei
Vertailuikkunapinta-ala on 15% yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50% julkisivujen pinta-alasta	X	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa		
-lämpimissä tiloissa	X	
-puolilämpimissä tiloissa		

Rakennusosien U-arvot

	Kyllä	Ei
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	X	

Rakennusvaipan ilmanpitävyys

	Kyllä	Ei	Enim.	Suun.
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen				
-lämpimissä tiloissa	X		4.0	4
-puolilämpimissä tiloissa			4.0	

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

	Kyllä	Ei	Vert.	Suun.
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen				
-lämpimissä tiloissa	X		123.08	112.144
-puolilämpimissä tiloissa				

Tarkistuslistan yhteenveto

	Kyllä	Ei
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	X	

Lisäselvitykset

Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvoa. Sunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q50 saa olla enintään 4 m³/(h m²), mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4 m³/(h m²).

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhyke 1:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).

ENERGIASELVITYS, TEHOT

RAKENNUKSEN LÄMMITYSTEHO

Käyttöveden lämmitysjärjestelmä:

Lämpimälle käyttövedelle ei ole kiertojohtoa.

Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama:	**0.34 dm³/s**
Käyttöveden lämpimän ja kylmän veden lämpötilaero:	**50 °C**
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän teho:	**71.7 kW**
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:	**0.75**
Johtuminen:	**5042 W**
Vuotoilma:	**811 W**
Tuloilma:	**190 W**
Korvausilma:	**0 W**
Tilojen lämmitysjärjestelmän tehon tarve:	**6 kW**
Ilmanvaihto:	**2154 W**
Rakennuksen lämmitystehon tarve:	**104.7 kW**

ILMANVAIHDON OMINAISSÄHKÖTEHO

IV-Kone	Poistoilma-virta m³/s	Tuloilma-virta m³/s	Sähköteho kW	SFP kW/(m³/s)	Lukumäärä kpl
VALLOX	**0.06**	**0.053**	**0.066**	**1.1**	**1**

Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,0 kW/(m³/s).
Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 1,0 kW/(m³/s).

ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: **EMH-400 HARKKO**

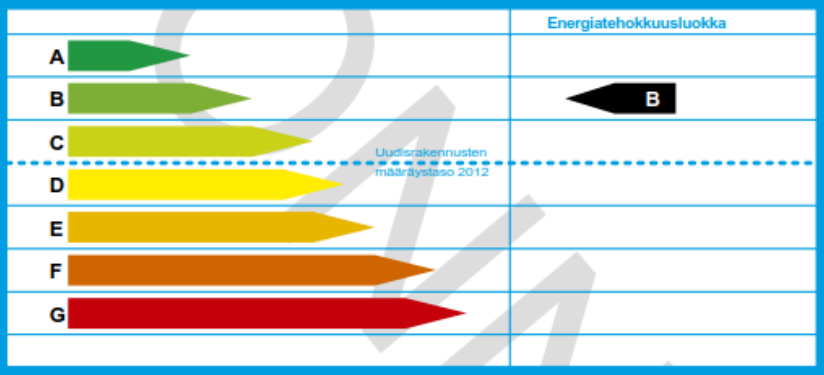
80100 Joensuu

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistumisvuosi:

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**

Todistustunnus:



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

109 $kWh_E/(m^2 vuosi)$

Todistuksen laatija: **Pinja Virnes**

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

Viimeinen voimassaolopäivä:

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

LUONNOS

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala	132 m²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	MAALÄMPÖPUMPPU THERMIA (diplomat inverter)
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	IV-KONE VALLOX (121 SE R)

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	-	$kWh_E/(m^2vuosi)$
Sähkö	7417	56.2	1.7	95.5
Uusiutuva polttoaine	3333	25.3	0.5	12.6
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3006	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				**109**

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

A (<=87)	B (<=148)	C (<=187)
D (<=267)	E (<=397)	F (<=467)
G (>467)		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka B

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

LUONNOS

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**

Rakennuksen valmistumisvuosi

Lämmitetty nettoala: **132** m²

Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q50: **4** m³/(hm²)

	A m²	U W/(m²K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	115	0.17	19	19.8
Yläpohja	132	0.09	12	12.5
Alapohja	132	0.16	21	21.9
Ikkunat	21	1	21	21.9
Ulko-ovet	5	1	5	5.2
Kylmäsillat	-	-	18	18.8

Ikkunat ilmansuunnittain

	A m²	U W/(m²K)	gkohtisuora -
Pohjoinen	8	1	0.5
Koillinen	0	0	0
Itä	1	1	0.5
Kaakko	0	0	0
Etelä	9	1	0.5
Lounas	0	0	0
Länsi	3	1	0.5
Luode	0	0	0

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: **IV-KONE VALLOX (121 SE R)**

	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s)/(m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.053/0.053	1.1	60	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.053/0.053	1.1		

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: **71%**

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus: **MAALÄMPÖPUMPPU THERMIA (diplomat inverter)**

	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin (1) -	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m²vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	0.8	4	2.5
LKV:n valmistus	-	0.75	4	-

1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle
2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija	1	2000
Ilmalämpöpumppu	0	0

Jäähdytysjärjestelmä

	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin -
Jäähdytysjärjestelmä	

Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm³/(m²vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m²vuosi)
Lämmin käyttövesi	548.48	31.99

Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

	Käyttöaste	W/m²
Henkilöt	0.6	2
Kuluttajalaitteet	0.6	3
Valaistus	0.1	8

LUONNOS

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	**1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**
Rakennuksen valmistumisvuosi	
Lämmitetty nettoala, m²	**132**
E-luku, kWh_E/(m²vuosi)	**109**

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh_E/vuosi	kWh_E/(m²vuosi)
Sähkö	**7417**	**1.7**	**12609**	**95.5**
Uusiutuva polttoaine	**3333**	**0.5**	**1667**	**12.6**
YHTEENSÄ	**10750**		**14275**	**109**

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	**14289**	**108.25**

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m²vuosi)	Lämpö kWh/(m²vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m²vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	**2.5**	**59.08**	**-**
Tuloilman lämmitys	**0**	**6.51**	**-**
Lämpimän käyttöveden valmistus	**0**	**42.66**	**-**
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	**3.86**	**-**	**-**
Jäähdytysjärjestelmä	**0**	**-**	**0.0**
Kuluttajalaitteet ja valaistus	**22.77**	**-**	**-**
YHTEENSÄ	**29.13**	**108.25**	**0.0**

1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	**7719**	**58.48**
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	**859**	**6.51**
Lämpimän käyttöveden valmistus	**4223**	**31.99**
Jäähdytys	**0**	**0**

2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Aurinko	**3972**	**30.1**
Henkilöt	**1388**	**10.5**
Kuluttajalaitteet	**2081**	**15.8**
Valaistus	**925**	**7**
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	**0**	**0**

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero	**CADS 17.0**

LUONNOS

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergiamäärät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m² 132

Ostettu energia	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Kaukolämpö		
Kokonaissähkö		
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

Ostetut polttoaineet (1)	Polttoaineen määrä vuodessa	Yksikkö	Muunnos-kerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m³	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m³	1700		
Puupelletit		kg	4.7		

1) Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä"

Toteutunut ostoenergia yhteensä	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Sähkö yhteensä		
Kaukolämpö yhteensä		
Polttoaineet yhteensä		
Kaukojäähdytys		
YHTEENSÄ		

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

LUONNOS

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2vuosi)$
1				
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2vuosi)$
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2vuosi)$
1				
2				
3				

LUONNOS

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2 vuosi)$
1				
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2 vuosi)$
1				
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi

LUONNOS

LISÄMERKINTÖJÄ

LUONNOS

ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: **US PUURAK.**

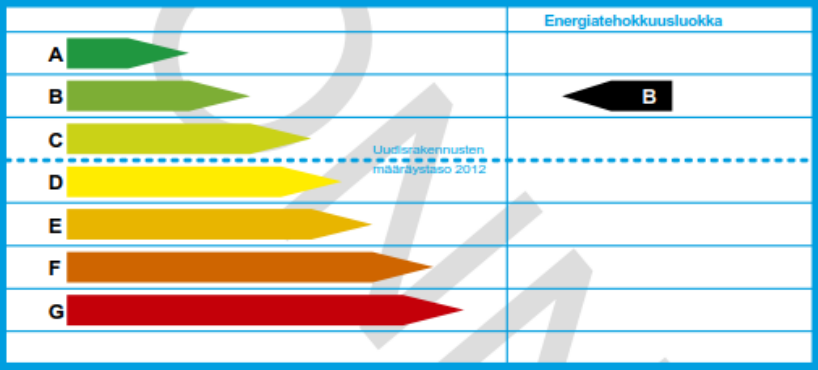
80100 Joensuu

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistumisvuosi:

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**

Todistustunnus:



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

110 $kWh_E/(m^2 vuosi)$

Todistuksen laatija: **Pinja Virnes**

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

Viimeinen voimassaolopäivä:

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

LUONNOS

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala	132 m²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	MAALÄMPÖPUMPPU THERMIA (diplomat inverter)
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	IV-KONE VALLOX (121 SE R)

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	-	$kWh_E/(m^2vuosi)$
Sähkö	7488	56.7	1.7	96.4
Uusiutuva polttoaine	3333	25.3	0.5	12.6
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3006	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				**110**

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

A (<=87)	B (<=148)	C (<=187)
D (<=267)	E (<=397)	F (<=467)
G (>467)		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka B

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

LUONNOS

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**

Rakennuksen valmistumisvuosi

Lämmitetty nettoala: **132** m²

Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q50: **4** m³/(hm²)

	A m²	U W/(m²K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	115	0.17	19	19.8
Yläpohja	132	0.09	12	12.5
Alapohja	132	0.16	21	21.9
Ikkunat	21	1	21	21.9
Ulko-ovet	5	1	5	5.2
Kylmäsillat	-	-	18	18.8

Ikkunat ilmansuunnittain

	A m²	U W/(m²K)	gkohtisuora -
Pohjoinen	8	1	0.5
Koillinen	0	0	0
Itä	1	1	0.5
Kaakko	0	0	0
Etelä	9	1	0.5
Lounas	0	0	0
Länsi	3	1	0.5
Luode	0	0	0

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: **IV-KONE VALLOX (121 SE R)**

	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s)/(m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.053/0.053	1.1	60	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.053/0.053	1.1		

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: **71%**

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus: **MAALÄMPÖPUMPPU THERMIA (diplomat inverter)**

	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin (1) -	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m²vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	0.8	4	2.5
LKV:n valmistus	-	0.75	4	-

1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle
2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija	1	2000
Ilmalämpöpumppu	0	0

Jäähdytysjärjestelmä

	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin -
Jäähdytysjärjestelmä	

Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm³/(m²vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m²vuosi)
Lämmin käyttövesi	548.48	31.99

Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

	Käyttöaste	W/m²
Henkilöt	0.6	2
Kuluttajalaitteet	0.6	3
Valaistus	0.1	8

LUONNOS

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)
Rakennuksen valmistumisvuosi	
Lämmitetty nettoala, m²	132
E-luku, kWh_E/(m²vuosi)	110

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh_E/vuosi	kWh_E/(m²vuosi)
Sähkö	7488	1.7	12730	96.4
Uusiutuva polttoaine	3333	0.5	1667	12.6
YHTEENSÄ	10821		14396	110

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	14573	110.4

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m²vuosi)	Lämpö kWh/(m²vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m²vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	2.5	61.23	-
Tuloilman lämmitys	0	6.51	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0	42.66	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	3.86	-	-
Jäähdytysjärjestelmä	0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22.77	-	-
YHTEENSÄ	29.13	110.4	0.0

1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	7947	60.2
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	859	6.51
Lämpimän käyttöveden valmistus	4223	31.99
Jäähdytys	0	0

2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Aurinko	3972	30.1
Henkilöt	1388	10.5
Kuluttajalaitteet	2081	15.8
Valaistus	925	7
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	0	0

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero	CADS 17.0

LUONNOS

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergiamäärät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m² 132

Ostettu energia	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Kaukolämpö		
Kokonaissähkö		
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

Ostetut polttoaineet (1)	Polttoaineen määrä vuodessa	Yksikkö	Muunnos-kerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m³	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m³	1700		
Puupelletit		kg	4.7		

1) Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä"

Toteutunut ostoenergia yhteensä	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)
Sähkö yhteensä		
Kaukolämpö yhteensä		
Polttoaineet yhteensä		
Kaukojäähdytys		
YHTEENSÄ		

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

LUONNOS

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_{E}/(m^2vuosi)$
1				
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_{E}/(m^2vuosi)$
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_{E}/(m^2vuosi)$
1				
2				
3				

LUONNOS

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2 vuosi)$
1				
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	
2	
3	

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	$kWh_E/(m^2 vuosi)$
1				
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi

LUONNOS

LISÄMERKINTÖJÄ

LUONNOS