



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# EKOLOGISET JA KUSTANNUS- TEHOKKAAT NÄKÖKULMAT PIENTALORAKENTAMISESSA

TEKIJÄ/T: Ville Pärkkä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ville Pärkkä	
Työn nimi Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa	
Päiväys 9.5.2016	Sivumäärä/Liitteet 42/17
Ohjaaja(t) pt tuntiopettaja Hannu Haaranen, lehtori Viljo Kuusela	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Heidi ja Ville Pärkkä	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa pientalo omaan käyttöönsä. Lisäksi tavoitteena oli tutkia ekologisia ja kustannustehokkaita näkökulmia pientalorakentamisessa niin rakennus- kuin käyttövaiheessakin. Tavoitteena oli tehdä luonnospiirustukset sekä muut suunnitelmat opinnäytetyön laatijan talon suunnittelua ja rakentamista varten, ottaen huomioon kustannukseen ja ekologisuuteen liittyvät asiat.</p> <p>Aluksi tutkittiin eri lähteistä ekologisia ja kustannustehokkaita näkökulmia pientalorakentamisessa. Näiden perusteella otettiin kantaa ekologisuuteen ja kustannustehokkuuteen pientalon suunnittelussa, materiaalien valinnassa ja taloteknisissä asioissa. Mitään varsinaista kaikenkattavaa loppuratkaisua ekologisuuteen ja kustannustehokkuuteen pientalorakentamisessa ei opinnäytetyön tekemisen aikana löytynyt, vaan enemmänkin vaihtoehtoja niille.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena suunniteltiin pientalo tämän opinnäytetyön materiaalin, rakennusmääräyskokoelman, sekä opinnäytetyön tekijän omien mieltymysten mukaisesti. Lisäksi löydettiin kattavampaa tietoa ekologisista ja kustannustehokkaista näkökulmista pientalorakentamisessa.</p>	
Avainsanat ekologisuus, kustannustehokkuus, pientalo, omakotitalo, rakentaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering	
Author(s) Ville Pärkkä	
Title of Thesis Ecological and Cost-Efficiency Aspects of Building Small Residential Buildings	
Date 9 May 2016	Pages/Appendices 42/17
Supervisor(s) Mr Hannu Haaranen, Full-Time Teacher and Mr Viljo Kuusela, Lecturer	
Client Organisation /Partners Heidi & Ville Pärkkä	
<p>Abstract</p> <p>The objective of the thesis was to design and build a small residential building for the author's own use. The objective was also to study ecological and cost-effective aspects of the construction of small residential buildings both in the construction phase and when using it. The goal was to create sketch drawings and other plans for building and plan-ning the authors own house taking ecological and cost-effective aspects into account.</p> <p>The ecological and cost-effective aspects in building small residential buildings were studied from various different sources, like articles related to construction. Based on these, a stand was taken with planning, choosing materials and technical building services, taking ecological and cost-effective aspects into account. No real all-encompassing solution to ecological and cost-effective standpoints to building a small residential building was found, but merely options to them.</p> <p>As a result of this thesis, a small residential building was planned based on the material of this thesis, Finnish building regulations and the author's own preferences. In addition, a better understanding and knowledge of ecological and cost-effective aspects of building small residential buildings was achieved.</p>	
Keywords Ecological, Cost-Efficiency, Small Residential Building, Construction	

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Tausta ja tavoitteet .....	6
1.2	Lyhenteet ja määritelmät .....	6
2	EKOLOGISUUS JA TALOUDELLISUUS PIENTALORAKENTAMISESSA.....	7
2.1	Ekologiset näkökulmat pientalorakentamisessa .....	7
2.2	Kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa.....	8
2.3	Talon suunnitteluun liittyvät kustannustehokkaat ja ekologiset näkökulmat.....	8
2.4	Rakennusmateriaalien ekologiset näkökulmat .....	9
2.4.1	Puu .....	9
2.4.2	Betoni .....	10
2.4.3	Kivi .....	11
2.4.4	Tiili.....	11
2.4.5	Eriste.....	12
2.4.6	Teräs ja alumiini .....	13
2.4.7	Muovi .....	14
2.4.8	Rakennusmateriaalien karkea hinta-arvio.....	14
2.5	Energiamuodot .....	15
2.5.1	Sähkö.....	16
2.5.2	Lämpö.....	20
2.6	Talotekniikka .....	27
2.6.1	Vesi/Viemäri.....	27
2.6.2	Ilmastointi.....	27
2.6.3	Sähkö ja automaatio .....	28
2.7	Tyypitalot .....	29
2.7.1	Rakentamismääräyskokoelma C3/2010 vaatimusten mukainen talo.....	29
2.7.2	2020 vaatimusten mukainen talo .....	29
2.7.3	Matalaenergia- ja passiivitalo .....	30
2.7.4	Nolla- ja plusenergiatalo .....	32
3	PIENTALON SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN .....	33
3.1	Pientalon ominaisuudet.....	33
3.2	Rakenteet sekä niiden U-arvo .....	33

3.3	Talotekniikka ja E-luku.....	34
4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSIDEAT.....	35
4.1	Kustannustehokkaat johtopäätökset pientalorakentamisessa .....	35
4.1.1	Maalämpöpumpun kannattavuus .....	35
4.1.2	Lämmitysmuotojen vertailu .....	35
4.2	Ekologiset johtopäätökset pientalorakentamisessa.....	36
4.2.1	Ilmastonmuutoksen aiheuttava tekijä.....	36
4.2.2	Ekologisin rakennusmateriaali.....	36
4.2.3	Ekologisin lämmitysmuoto.....	36
4.2.4	Omavarainen sähköntuotto .....	36
4.3	Kehitysideat.....	36
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	38
	LIITE 1: PIENTALON PIIRUSTUKSET, JULKISIVUT.....	43
	LIITE 2: PIENTALON PIIRUSTUKSET, 1. KRS POHJAPIIRUSTUS.....	44
	LIITE 3: PIENTALON PIIRUSTUKSET, 2. KRS POHJAPIIRUSTUS.....	45
	LIITE 4: PIENTALON PIIRUSTUKSET, ULKOSEINÄ 1 .....	46
	LIITE 5: PIENTALON PIIRUSTUKSET, ULKOSEINÄ 2 .....	47
	LIITE 6: PIENTALON PIIRUSTUKSET, ALAPOHJA.....	48
	LIITE 7: PIENTALON PIIRUSTUKSET, YLÄPOHJA.....	49
	LIITE 8: PIENTALON ENERGIATODISTUS .....	50
	LIITE 9: PIENTALON TASAUSLASKENTA.....	58

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön aiheena on tutkia ekologisia ja kustannustehokkaita näkökulmia pientalorakentamisessa niin rakennus- kuin käyttövaiheessakin. Tavoitteena on tehdä luonnospiirustukset sekä muut suunnitelmat opinnäytetyön laatijan talon suunnittelua ja rakentamista varten ottaen huomioon kustannukseen ja ekologisuuteen liittyvät seikat.

Tässä opinnäytetyössä otetaan kantaa kahteen pientalorakentamisessa huomioitavaan seikkaan: 1. Ilmastonmuutos, energiatehokkuus ja hiilijalanjälki. Opinnäytetyön tarkoituksena on sivuta näitä ottamalla kantaa siihen, kuinka pientalon voisi rakentaa niin, että nämä seikat huomioidaan paremmin. 2. Miten voidaan rakentaa kustannustehokkaasti, niin että investointivaiheessa ja käytössä syntyvät kustannukset pysyisivät mahdollisimman alhaisina. Pientalo rakennetaan rakennusmääräysten ja olosuhteiden mukaan, mutta tällä opinnäytetyöllä pyritään kuitenkin tuomaan esille seikkoja, joiden avulla voidaan säästää kustannuksissa ja hiilijalanjäljessä.

Opinnäytetyön materiaali kerätään tutkimalla lehtiartikkeleita, internet -sivustoja sekä kysymällä neuvoa ohjaavilta opettajilta ja muilta rakennusalan ammattilaisilta. Laskelmia ja vertailuja tehdään tarvittaessa, mikäli niitä ei löydy valmiina lehtiartikkeista tai internet -sivustoilta. Opinnäytetyössä tutkitaan eri rakennusmateriaalien sekä energiamuotojen ekologisuutta ja kustannuksia. Sen tarkoituksena on auttaa pientalorakentajaa ottamaan huomioon materiaali- ja energiamuotovalinnassa ekologisuutta ja kustannustehokkuutta. Tarkoituksena on sivuta näitä asioita yleisellä tasolla eikä niinkään valita yhtä ainoaa oikeaa tapaa. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa rakennusmenetelmien ekologisuuteen tai kustannustehokkuuteen. Opinnäytetyön ohella suunnitellaan pientalo ja luodaan ainakin luonnokset siitä tämän työn pohjalta kerättyjen tietojen, omien mieltymysten sekä nykyisten ja tulevien rakennusmääräysten mukaisesti.

## 1.2 Lyhenteet ja määritelmät

E-luku = Kokonaisenergiakulutus

U-Arvo = Lämpöläpäisykerroin

RT-kortisto = Rakennustieto kortisto

VTT = Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

## 2 EKOLOGISUUS JA TALOUDELLISUUS PIENTALORAKENTAMISESSA

### 2.1 Ekologiset näkökulmat pientalorakentamisessa

Ekologisuus talonrakennustuotannossa koostuu pääosin siitä, että pyritään pienentämään ilmastonmuutosta vähentämällä haitallisten päästöjen kehittymistä ilmakehään. Talonrakennuksessa voidaan puhua fossiilisista päästöistä eli hiilidioksidista, mitkä pääosin koostuvat uusiutumattomien polttoainoiden, kuten öljyn tai hiilen, polttamisesta. Nämä ovat haitallisia maapallon ilmakehässä. Hiilidioksidipäästöjä tai hiilijalanjälkeä voidaan pienentää valitsemalla materiaaleja, jotka valmistusvaiheessa ovat aiheuttaneet mahdollisimman vähän päästöjä. Tällaiset materiaalit voivat olla uusiutuvia materiaaleja, kierrätettäviä tai jo kierrätettyjä materiaaleja. Materiaali voi myös olla pitkäikäinen, jolloin säästytään käyttö- ja huoltotoimenpiteiden aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Ennen rakentamisen alkamista voidaan rakentaminen ja rakennus suunnitella siten, että rakentamisen ja käytön aikana pienennetään hiilijalanjälkeä mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman paljon.

Rakennuksen ekologisuuteen liittyy myös vahvasti kokonaisenergian käyttöä määrittelevä E-luku eli energialuku. Mitä pienempi E-luku on, sitä energiatehokkaampi rakennus on kyseessä. "Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku määritetään laskemalla yhteen laskennallisen vuotuisen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden." (Energiatehokkuuden kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen). E-lukua ohjaa vahvasti rakenteiden lämmönläpäisyys eli U-arvo. Kun rakenteissa on käytetty mahdollisimman hyviä ja paksuja rakenteita, niin lämpö pysyy paremmin seinien sisäpuolella, mikä vähentää lämmitys- eli energian tarvetta. Kun energiantuotanto on omavaraista, niin silloin ostetun energian tarve vähenee. Tällaisia keinoja on luonnonvoimien hyödyntäminen ja niistä energian talteen ottaminen, kuten aurinko- tai tuulivoima. Ikkunoiden suhteuttaminen on myös tärkeää E-luvun kannalta. Ikkunoiden U-arvo, eli lämpöläpäisyys on aina huonompi kuin itse ulkoseinärakenteen, joten edullisempaa on suhteuttaa ikkunat siten, että ikkunoiden neliömäärä ei ole suurempi, tai ainakaan paljoa suurempi, kuin mitä rakennusmääräyskokoelman mukaisesti sen tulisi vähintään olla. Ikkunoiden ja ovien valinta parhaan mahdollisen U-arvon mukaisesti on myös edullista E-luvun kannalta. Rakennuksen E-lukuun, pienempään lämmönläpäisyysasteeseen sekä yleisesti korjaus- ja huoltotoimenpiteiden vähentämiseen vaikuttaa paljon tarkka suunnittelu, RT-kortistojen mukainen rakentaminen sekä tiukka valvonta.

Ekonomia on osa ekologisuutta, mikä tarkoittaa, että rakentaessa rakennetaan ainoastaan oman käyttötarpeen mukaisesti. Ennen rakentamista valmistaudutaan riittävän tarkasti ja varhain rakennusurakkaa varten kustannusten minimoimiseksi sekä valitaan vaihtoehtojen salliessa markkinoilta halvimmat materiaalit, kuitenkin materiaalin laadusta tinkimättä.

Tontin sijainti vaikuttaa siihen, tarvitseeko ylimääräisiä teitä tai sähkö-, viemäri-, vesi- ym. verkkoja rakentaa tontille. Tontin sijainti vaikuttaa myös siihen, kuinka paljon matkaa on kaupunki- tai kylära-

kenteeseen, missä päivittäispalvelut sijaitsevat tai kuinka lähellä on joukkoliikennepysäkki. Myös pienilmaston ja luonnonolot edesauttavat luonnon uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä. (Rakentajanekolaskuri.fi a.)

## 2.2 Kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa

Rakennushankkeen kustannuksia voidaan mitata eri näkökulmista. Tässä tarkastellaan kahta: 1. Rakennusvaiheessa suunnitellaan taloa rakennettavan edullisimpia materiaaleja ja menetelmiä käyttäen. Taloa suunniteltaessa on myös otettava huomioon ns. turhien asuinneliöiden minimoiminen sekä talon muoto niin, että rakennusmateriaaleja tarvittaisiin mahdollisimman vähän, kuitenkin käyttäjän tarpeista tinkimättä. Huomioitavaa on myös se, että suunniteltaessa ja rakentaessa ei valita ainoastaan halvimpia tuotteita, vaan käyttöikään nähden edullisimmat tuotteet. 2. Asuminen on mahdollisimman edullista. Suunnitteluvaiheessa huomioidaan lämmityksen tarve, rakenteiden paksuus ja ikkunoiden määrä sekä energianlähde. Aurinkoenergia ja maalämpö ovat edullisia käytössä, vaikkakin alkuinvestointeina suuremmat. Kaikki lämmityskustannukset, niin sähkön (Energiavirasto.fi, Ylönen 2016), kaukolämmön (Karismo 2015) sekä öljynkin, vaikka viime aikoina öljyn hinta onkin ollut jo kauan laskussa (Luukka 2016), nousevat koko ajan. Puun myyntihinta tosin ei ole kasvanut viimeisen viiden vuoden aikana (Metsälehti.fi). Tulevaisuuden kannalta onkin taloudellisesti kannattavaa ryhtyä omavaraiseksi energialähteen suhteen.

Nykyajan trendi rakennusmaailmassa on se, että säästetään kaikessa, mutta ei huomioidakaan sitä, että investointivaiheessa halvimmat materiaalit, menetelmät ja talotekniikka eivät välttämättä olekaan käyttöikänsä halvimpia (Peltokorpi, 2014). Rakentamisessa ei riittävän usein oteta kantaa koko elinkaareen tapahtuviin kustannuksiin ja yritetään välttää turhilta korjaus- ja huoltokustannuksilta, mitkä helposti olisi voitu estää tai minimoida sillä, että rakennusvaiheessa olisi investoitu hieman enemmän. Rakennuksen koko elinkaari huomioiden on erittäin tärkeää tehdä hyvät ja kattavat suunnitelmat, mitkä minimoivat kustannuksia elinkaareessa eikä ainoastaan rakentamisvaiheessa.

## 2.3 Talon suunnitteluun liittyvät kustannustehokkaat ja ekologiset näkökulmat

Taloa suunniteltaessa on ensin tiedettävä, kuinka paljon asuinneliötä halutaan tuottaa. Sen jälkeen suunnitellaan talopohja viisaasti ja energiatehokkaasti siten, että kaikki turhat neliöt poistetaan, sekä muotoillaan talon muoto mahdollisimman yksinkertaiseksi. Huonekorkeus tulisi suunnitella mahdollisimman matalaksi, kuitenkin käyttömukavuus ja rakennusmääräykset huomioiden. Rakennuksen energiatehokkuus perustuu siihen, että vaipan pinta-ala on mahdollisimman pieni kerrosalan suhteen. Turhat kulmat ja talon monimutkainen muoto, tuovat lisää kustannuksia rakennettaessa ja taloa lämmitettäessä, joten niiden minimoiminen on edullista. Lisäksi nurkat ja kulmakohdat ovat hankalampia rakentaa. Ulkoseinän pinta-alaa voidaan pienentää hyvinkin paljon muuttamalla rakennuksen muotoa.

On tärkeää olla muuttamatta suunnitelmia kesken rakennusurakan, koska lisä- tai muutostyöt yleensä nostavat urakan hintaa, varsinkin kun on kyse ulkopuolisen työvoiman työstä. Varhaisessa



vaiheessa on jo hyvä tehdä sopimuksia eri materiaalitoimittajien kanssa. Mikäli hinnat ja sopimukset sovitaan kiireellä, niin hinnat mitä todennäköisimmin eivät ole ne kaikista halvimmat mahdolliset. (Koski, arkistoartikkeli.)

## 2.4 Rakennusmateriaalien ekologiset näkökulmat

Ekologiselta ja ympäristövaikutuksen näkökulmasta on tärkeä rakentaessa valita rakennusmateriaaleja, joiden hiilijalanjälki on mahdollisimman pieni. On tärkeä huomioida, kuinka paljon hiilidioksidipäästöjä on syntynyt materiaalia valmistettaessa, sitä työstettäessä rakennustyömaalla sekä valmistusta käytettäessä. Lisäksi on otettava huomioon sen kierrätettävyys purku- ja saneeraus-työssä. Rakennuksen ympäristövaikutusten vähentämiseen liittyvät suunnitelmat alkavat jo suunnitteluvaiheessa. Silloin jo voidaan vaikuttaa rakennuksen materiaalien, työmenetelmien, sekä koko elinkaaren aikana tapahtuviin hiilidioksidipäästöihin. (Ymparisto.fi.)

Tässä tarkastellaan hieman materiaalien raaka-aineita ja käsitellään hieman niiden ekologisuutta. Niiden kustannuksia vertailtiin ainoastaan karkeasti koko ulkoseinä- ja yläpohjarakenteena ja otettiin muutama hinta-arvio Rakennustieto 2015 Rakennusosien kustannuksia –julkaisusta. Nämä hinta-arviot eivät kata yksittäisten rakenteen sisällä olevien materiaalien hintaa.

### 2.4.1 Puu

Puu (kuva 1.) on ekologinen, uusiutuva ja suurimmaksi osaksi uudelleenkäytettävä raaka-aine. Se on logistisesti kannattavaa, koska raaka-ainetta ei tarvitse kuljettaa kauas, sillä metsää on kaikkialla Suomessa. Puuta on myös helppo työstää. VTT:ssa Woodexter-hankkeessa tehdyn suppean kartoituksen mukaan kestoikä vaihtelee Suomen oloissa 20–200 vuoden välillä ja ulkopinnan uusintakäsittelyn väli on noin 5–20 vuotta (Puurakenteiden kestoikä). Mikäli rakenne ja sen suojaus suunnitellaan kunnolla, niin voi puun käyttöikä olla hyvinkin pitkä. Koko elinikänsä aikana puun sitoma hiilidioksidi pysyy puun sisässä aina uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen saakka. (Timber.upm.fi.)



Kuva 1. Puutavara (Suonionsahajahoylaamo.fi)

#### 2.4.2 Betoni

Betonin osuus rakentamisesta on Suomessa 43 %, mutta ympäristörasitteesta peräti 80 % (Ar-tichouse.fi). Betonia työstettäessä syntyy ympäristörasitetta, mutta koska betoni rakennusmateriaalina on niin pitkäikäinen, niin sementtivalmistajat kehuvat betonia ekologiseksi vaihtoehdoksi (Finn-sementti.fi). Betonin käyttöikään vaikuttaa sementin ominaisuudet. Betoni suunnitellaan yleensä vähintään 100 vuotta kestäväksi, mutta mahdollista on myös suunnitella betoni kestäväksi 1000 vuotta. Sisätiloissa ei ole vauriomekanismeja, joten sisätiloissa voidaan olettaa betonirakenteiden kestävän 200 vuotta. (Betoni.com). Kuvassa betonoidaan betonianturaa (kuva 2.).



Kuva 2. Anturan betonointi (Rakentaja.fi, 2015)

### 2.4.3 Kivi

Kivi on rakennusmateriaalina hyvin pitkäikäinen sekä sen huoltotarpeet hyvin vähäisiä. Keskiaikaiset kivikirkot, kuten Ulvilan kirkko (kuva 3.) sekä Kiinan muuri ovat vieläkin pystyssä satojen vuosien jälkeen, mistä johtuen sen pitkä käyttöikä antaa kivelle ekologisen piirteen. (Kaskiaro, 2014.) Puhun verrattaessa se ei sido hiilidioksidia, päinvastoin, sitä työstettäessä tuotetaan hiilidioksidipäästöjä. Betonin tavoin kiven käyttöikä ja pienet huoltotarpeet vähentävät sen hiilijalanjälkeä, tehden kivistä ekologisen.



Kuva 3. Ulvilan Kirkko (Uvilanseurakunta.fi.)

### 2.4.4 Tiili

Tiilen (kuva 4.) raaka-aine on ympäristöystävällistä, mutta sen valmistaminen vaatii suhteellisen paljon energiaa polton aikana. Tiili materiaalina on raskasta ja koska tiilen valmistajia on Suomessa suhteellisen vähän, niin on se logistisesti epäedullista. Tiili on todella pitkäikäinen ja se voidaan helposti uusiokäyttää, mikä tekee tiilestä ekologisen. Poltetun tiilen käyttöikä on 70–100 vuotta (Wienberger.fi) ja tiilikaton elinikä on jopa 50 vuotta, jos siitä pidetään hyvää huolta (Mtv.fi). Tiili on myös energiatehokas koska se parantaa rakenteen lämmöneristävyyttä. (Tiili-info.fi.)



Kuva 4. Tiilitalo (Tiilitalo elää tätä päivää.)

#### 2.4.5 Eriste

Eristettä käytetään rakenteiden sisällä, mikä vähentää lämmönjohtavuutta. Sitä laitetaan ulkoseinään, sisäkattoon (kuva 5.) ja lattiaan. Myös väliseinien ja -pohjien sisään laitetaan eristettä parantamaan äänieristettävyyttä. Eristeen ekologisuus määräytyy ensisijaisesti eristeen raaka-aineen ja valmistusprosessin mukaan. Muita ekologisia näkökulmia eristeitä valitessa on sen käyttöikä, hengittettävyys, kustannus sekä lämmönjohtavuus. Suurimmat osat eristeistä ovat muovi-, lasi- tai kivipohjaisia, mikä tekee juuri näistä eristeistä epäekologisia. Esimerkkejä markkinoilla olevista ekologisista eristeistä on muun muassa puukuitu- ja pellavaeriste sekä kevyt- ja olkisavieristeet. Joitain muovipohjaisia eristeitä on muun muassa polyuretaani-, polystyreeni- ja fenolieristeet. Muovin raaka-aine on öljy, mikä ei sen polttamisesta johtuvien hiilidioksidipäästöjen perusteella ole ekologinen. Lasi- ja kivipohjaisia villoja kutsutaan mineraalivilloiksi. Kivivillaa kutsutaan myös nimellä vuorivilla. Eristeen ekologisuutta määrää myös sen lämpöläpäisykerroin ja käyttöikä, eli vaikka jotkin eristeet ovat aiheuttaneet hiilidioksidipäästöjä valmistusvaiheessa, niin ne voivat silti olla ekologisia kun huomioi niiden pitkän käyttöiän. Eri eristeiden käyttöikä vaihtelee.

Eristeiden lämmönjohtavuutta arvioidaan Lambda-arvolla. Lämmönjohtavuus halutaan olevan mahdollisimman pieni Lambda-arvoltaan. Eri eristeiden Lambda-arvojen vertailujen perusteella voidaan sanoa, että parhaimman tuloksen antaa polyuretaanilevy Lambda-arvolla 0,029–0,031 (Finnfoam.fi). Kivi- ja lasivillan lambda-arvot ovat pääsääntöisesti 0,032–0,039 välillä (Paroc.fi, Isover.fi a). Puukuitueristeen Lambda-arvolla 0,039–0,043 (Ekovilla.fi, Selluvilla, Puukuitueriste Kätevä) ei kuitenkaan päästä ihan yhtä hyvään tulokseen kuin muilla eristeillä.



Kuva 5. Puhallusvillan asennus (Isover.fi b)

#### 2.4.6 Teräs ja alumiini

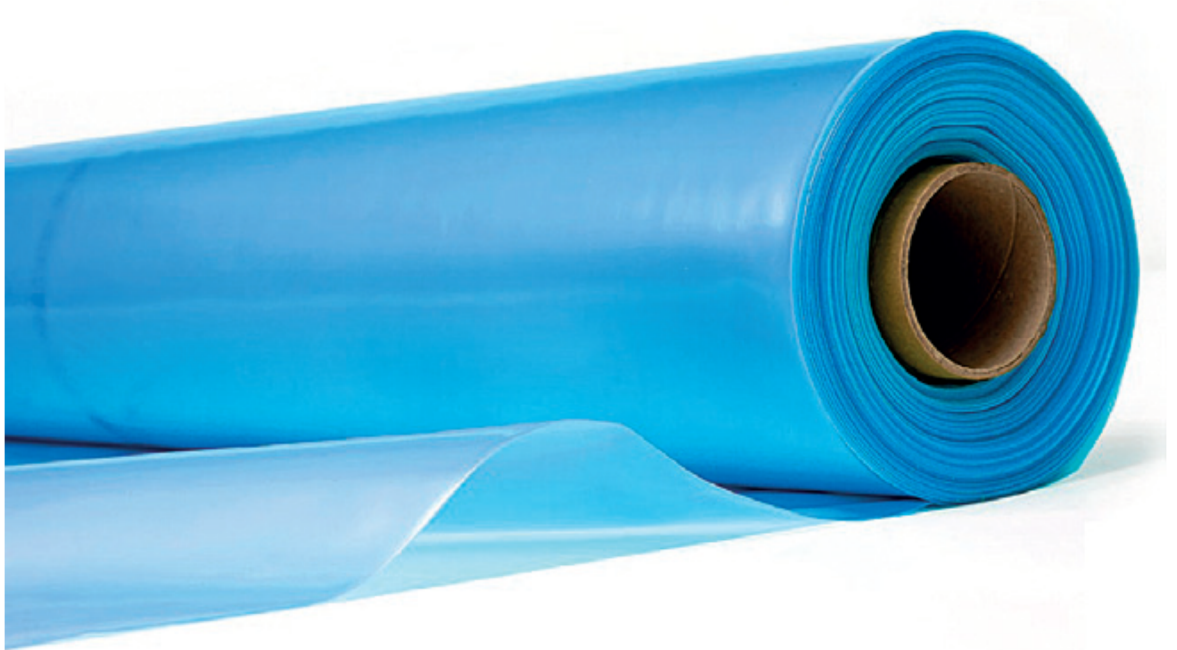
Teräs (kuva 6.) ja alumiini rakennusmateriaalina vaativat valmistuksessa runsaasti energiaa, mikä aiheuttaa ympäristöarastetta. Niiden hyviin ominaisuuksiin kuuluu, että niistä voi tehdä materiaalmäärältään keveitä rakenteita, jälleenkäyttö on kattava, sekä purkutavarasta lähes kaikki materiaali kierrätetään uudelleen tuotantoon. Käyttöikä vaihtelee metallin käyttöikäsuunnittelun mukaan. Metallin käyttöikää parannetaan mm. sitä suojaamalla.



Kuva 6. Teräsautotalli (Ovetikkunat.fi)

## 2.4.7 Muovi

Muovi on ekologisesti hankala materiaali. Muovin valmistukseen vaaditaan öljyä, mikä tekee siitä ympäristöä rasittavan. Muovin jätteiden lajittelu ja kierrätys eivät ainakaan yleisellä tasolla Suomen olosuhteissa käytännössä tapahdu. Joitakin muovilajeja ei tänä päivänä ole edes mahdollista uudelleenkäyttää millään tavalla. Muovi ei hajoa biologisesti luontoon, mikä myös rasittaa luontoa. Rakentaessa muovipohjaisia materiaaleja voidaan käyttää esimerkiksi höyrynsulkuna (kuva 7.), eristeenä, vedeneristeenä tai pintamateriaalina. Muovisen höyrynsulun voi korvata puupohjaisella höyrynsulkupaperilla mikä myös antaa rakenteen hengittää paremmin, muovipohjaisen eristeen voi korvata puukuitu-, pellava-, kevytsavi- tai olkisavieristeellä, muovipohjaisen vedeneristeen voi mahdollisuuksien mukaan korvata kasviöljypohjaisilla luonnonvaroilla valmistetuista materiaaleista ja pintamateriaalit voi mahdollisuuksien mukaan valita uusiutuvista luonnonvaroista. (Muoviteollisuus.fi, Helsinki.fi.) Käyttöikä vaihtelee materiaalin ja muovin ominaisuuksien mukaan.



Kuva 7. Höyrynsulkukalvo (RT 38437 RaniMoBar höyrynsulkukalvo)

## 2.4.8 Rakennusmateriaalien karkea hinta-arvio

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin kustannuksia ainoastaan pientalon rakenteiden kokonaiskustannusten näkökulmasta. Vertailun kohteeksi otettiin ulkoseinän ja yläpohjan kustannukset ja vertailu on suppea, ainoastaan Rakennusosien kustannuksia 2015 -julkaisun ilmoittamat kustannukset.

Ulkoseinän kustannukset Rakennusosien kustannuksia 2015 -julkaisun mukaan puurakenteisen ulkoseinän, jonka runko on 223 mm vaakapaneeliverhouksella, olisi 133,10 €/m<sup>2</sup>. Vastaavasti tiiliverhoiltu puurakenteinen ulkoseinä 223 mm maksaisi 150,76 €/m<sup>2</sup>, tiilirakenteinen ulkoseinä tiiliverhouksella MKH 85 mm maksaisi 167,08 €/m<sup>2</sup>, tiiliverhoiltu 180 mm paikallavalettu teräsbetoniulkoseinä maksaisi 179,17 €/m<sup>2</sup> ja 150 mm kevytsoraharkkoulkoseinä 85 mm tiiliverhouksella maksaa

161,71 €/m<sup>2</sup>. Näistä edullisin on selvästi puurunko lautaverhoilulla, mikäli katsotaan pelkästään investointikustannusta. U-arvoja vertaillessa, puurakenteisen ulkoseinän, jonka runko on 223 mm vaakapaneeliverhouksella, on 0,16 W/m<sup>2</sup>/K, kaikilla muilla on 0,17 W/m<sup>2</sup>/K. Tässäkin vertailussa puurunko lautaverhoilulla on edullisin (taulukko 1).

Taulukko 1. Ulkoseinien kustannusten vertailu Rakennusosien kustannuksia 2015 -julkaisun mukaan

Puurakenteinen 223 mm ulkoseinä vaakapaneeliverhouksella	133,10 €/m <sup>2</sup>
Puurakenteinen ulkoseinä tiiliverhouksella MKH 85 mm	150,76 €/m <sup>2</sup>
Tiilirakenteinen ulkoseinä tiiliverhouksella MKH 85 mm	167,08 €/m <sup>2</sup>
Paikalla valettu 180 mm teräsbetoniulkoseinä tiiliverhouksella	179,17 €/m <sup>2</sup>
Kevytsoraharkkoukoseinä 150 mm tiiliverhouksella 85 mm	161,71 €/m <sup>2</sup>

Kokonaiskustannusten näkökulmasta yläpohjan kustannukset Rakennusosien kustannuksia 2015 -julkaisun mukaan puurakenteisen yläpohjan, jossa on betonitiilikate, olisi 106,11 €/m<sup>2</sup>. Vastaavasti muotolevykattella oleva kevytbetoni-laattayläpohjan kustannus olisi 168,50 €/m<sup>2</sup>, betonitiilikattella oleva ontelolaattayläpohjan kustannus olisi 112,75 €/m<sup>2</sup>. Kaikkien yläpohjien U-arvo on 0,09 W/m<sup>2</sup>/K. Näistä vertailluista edullisin niin kustannusten kuin lämmönläpäisevyydenkin kannalta on puurakenteinen yläpohja, jossa on betonitiilikate (taulukko 2).

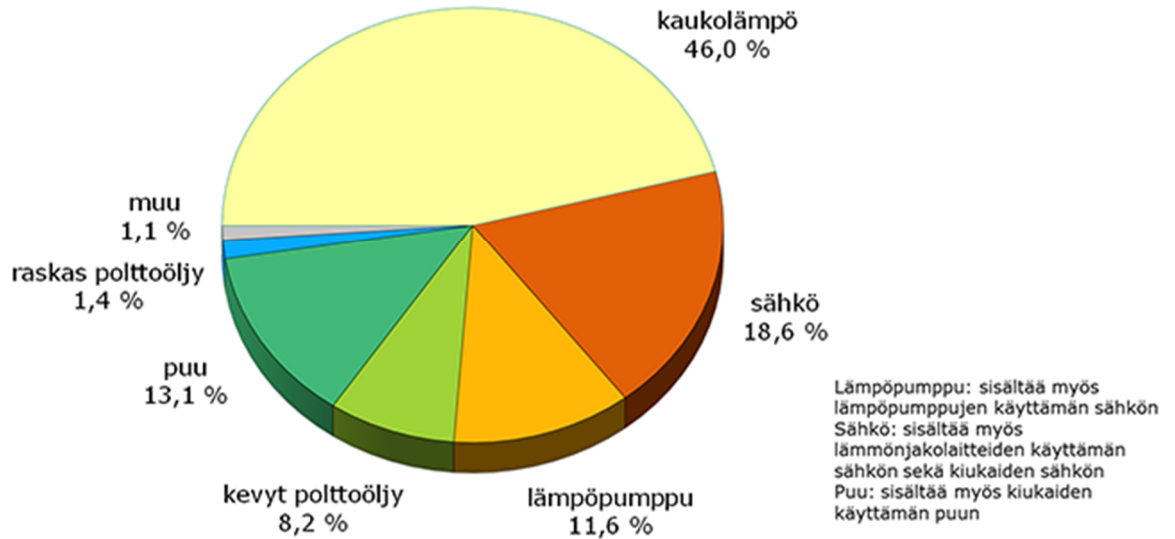
Taulukko 2. Yläpohjien kustannusten vertailu Rakennusosien kustannuksia 2015 -julkaisun mukaan (Rakennusosien kustannuksia 2015.)

Puurakenteisen yläpohja, jossa betonitiilikate	106,11 €/m <sup>2</sup>
Muotolevykattella oleva kevytbetoni-laattayläpohja	168,50 €/m <sup>2</sup>
Betonitiilikattella oleva ontelolaattayläpohja	112,75 €/m <sup>2</sup>

## 2.5 Energiamuodot

Energianlähteen ekologisuuden voi helposti todeta. Suomessa talon ja veden lämmityksen lähteenä käytetään ylivoimaisesti eniten kaukolämpöä ja toiseksi eniten sähköä (kuva 8). Nämä molemmat lämmitysmuodot eivät itsessään selitä miten ne on tuotettu, eli ovatko tuotettu ekologisin tavoin tai ei, mutta yleisellä tasolla ekologisuuden näkökannalta, ei kumpikaan kaukolämpö tai sähkö ole ekologinen, koska yleisellä tasolla niitä ei ole tuotettu uusiutuvista raaka-aineista (Biohousing.eu.com).

Lähde: Tilastokeskus



Kuva 8. Lämmitysmuodot Suomessa (Energia.fi a)

Ympäristöministeriön ohje on noudattaa Euroopan unionin (EU-15) velvoitetta vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 % vuoden 1990 päästötasosta vuoteen 2020 mennessä ja vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä. Kansallisella tasolla tavoitteena on vähentää ihmisen toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt ilmakehään vuoteen 2050 mennessä vähintään 80 %. (Ym.fi.)

## 2.5.1 Sähkö

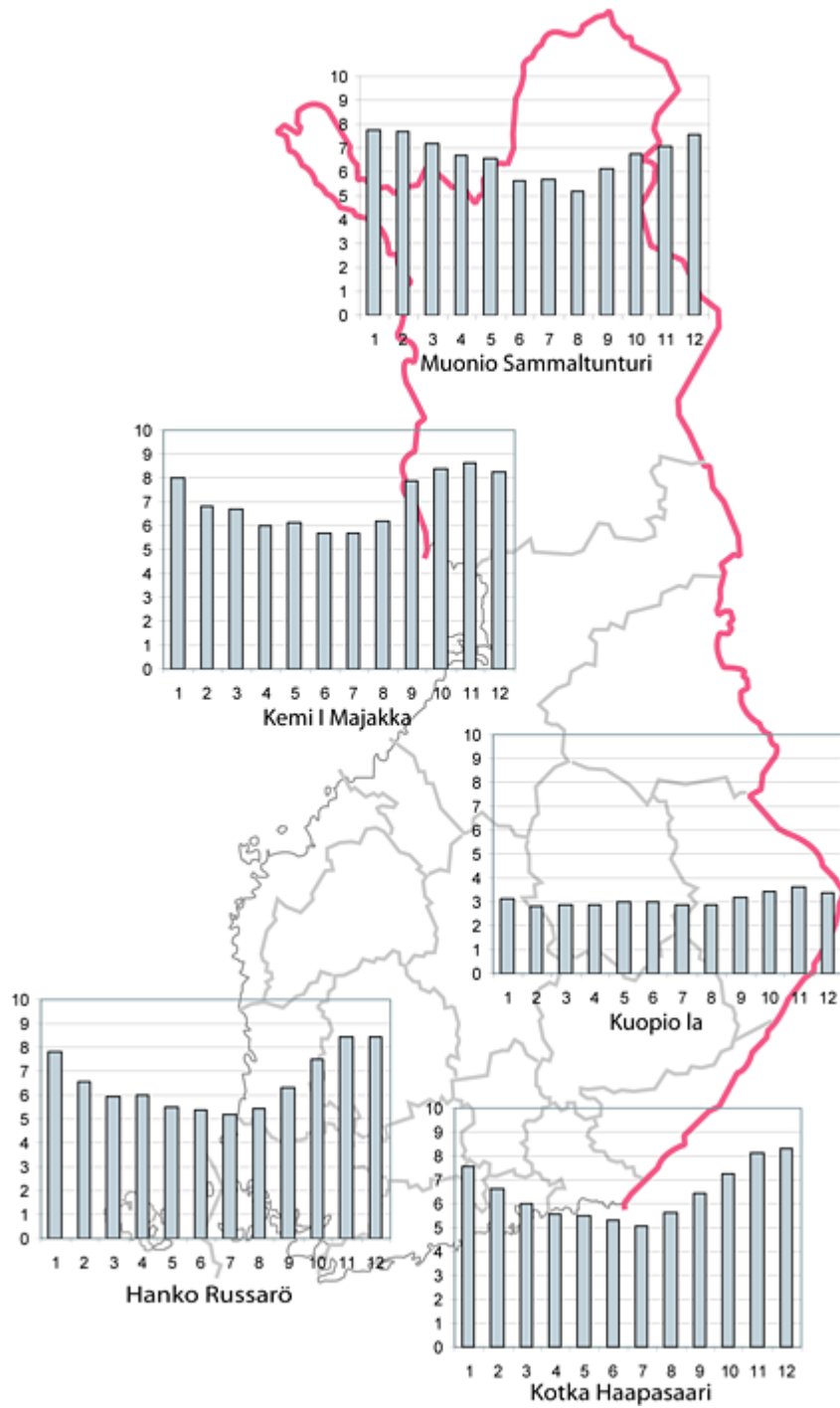
Sähköä voidaan tuottaa monella eri tavalla. Sähkön tuoton ekologisuus perustuu täysin siihen, kuinka se on tuotettu, mutta pääsääntöisesti sähkö luokitellaan epäekologiseksi, nykyisten sähkön-tuottotapojen takia (Rakentajanekolaskuri.fi b). Sähköä voidaan tuottaa ekologisesti, jolloin se on tuotettu esimerkiksi tuulivoimalla, vesivoimalla, bioenergialla tai aurinkoenergialla. Epäekologisin keinoin tuotettu sähkö on tuotettu esim. hiilen, kaasun tai öljyn polttamisella tai ydinvoimalla.

### 2.5.1.1 Tuulivoima

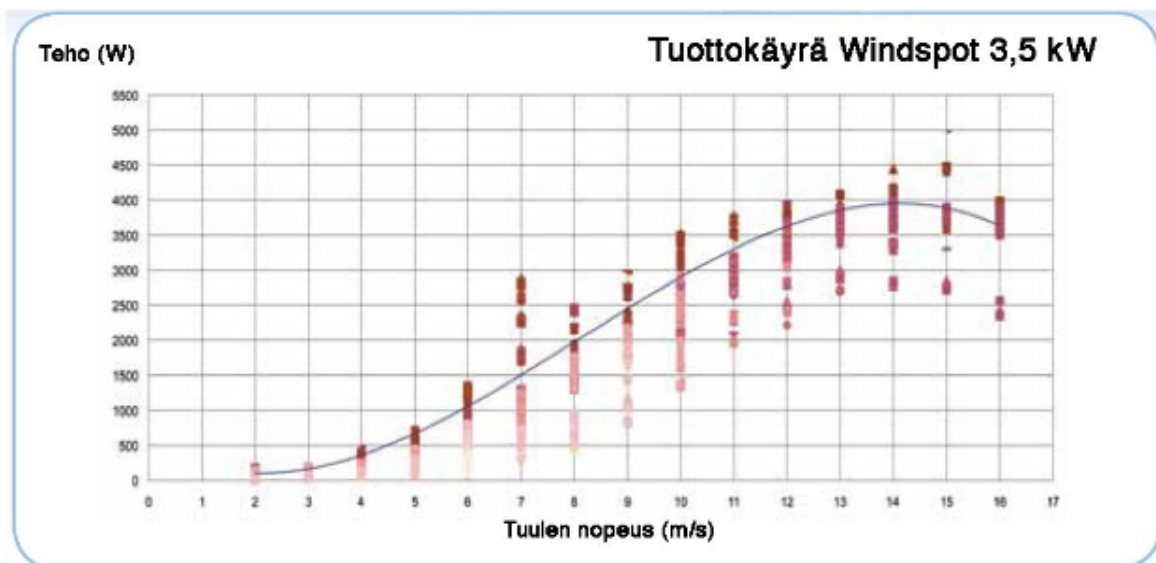
Tuulivoima perustuu siihen, että tuuli osuu korkealla maan yläpuolella oleviin siipiin, mikä saa generaattoriin kytketyn akselin pyörimään. Generaattorissa pyörimisenergia muutetaan sähköksi, joka johdetaan muuntajaan ja sitä kautta sähköverkkoon. Nykyään pientuulivoimaloita voi itse rakentaa omalle pihalle helpottamaan sähkö- tai lämmityskustannuksissa. (Motiva.fi a.)

Tuuliatlas.fi verkkoaineiston mukaan tuulisuus Kuopiossa on niin pieni, ettei ole kannattavaa rakentaa omaa tuulivoimalaa omalle pihalle. Tuulen nopeuden kuukausikeskiarvon vaihtelu eräillä Ilmatieteen laitoksen sääasemilla.





Kuva 9 Tuulikäyrät suomessa (Tuuliatlas.fi)



Kuvio 1 Tuulivoimalan tuotokäyrä (Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön)

Tuulikäyrän (kuva 9) ja tuulivoimalan tuotokäyrän (kuvio 1) perusteella ei ole edullista rakentaa omaa tuulivoimalaa Kuopion seudulle. Rannikolle on paljon edullisempaa rakentaa sellainen, esim. Turun seudulle. Mikäli näiden perusteella talo rakennetaan Turun seudulle, niin tuottaisi oma tuulivoimala vuodessa noin 7 000 kWh viiden metrin potkurin halkaisijalla (taulukko 3).

Taulukko 3 Tuulivoimaloiden teholuokkia (Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön)

Potkurin halkaisija (m)	Generaattorin koko (kW)	Vuosituotanto (kWh)
2 – 3	0,2 – 1	< 1000
3 – 4	1 – 3	1 000 – 3 000
4 – 6	3 – 5	3 000 – 7 000
6 – 10	5 – 10	7 000 – 25 000

#### 2.5.1.2 Vesivoima

Vesivoima perustuu samaan teoriaan kuin tuulivoima. Vesivoimaa tuotetaan vesiputouksissa, missä vesi menee turbiinin läpi. Liike-energia muutetaan sähköksi ja otetaan talteen muuntajaan ja sitä kautta sähköverkkoon. Vesivoiman haittapuoli on se, että se vaikuttaa vesistön alle jäävän maa-alueen ekologiseen tasapainoon, kuten raskasmetallin tuotto, mikä tuhoaa kalat ja kaiken eliöstön. (Motiva.fi b.)

#### 2.5.1.3 Bioenergia

Bioenergia on ympäristöystävällistä, puhdasta ja uusiutuvaa energiaa. Bioenergiaa saadaan puupäärisistä polttoaineista, peltobiomassoista, biokaasusta tai kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoavasta osasta. Biomassoja poltettaessa muodostuu hiiltä, mutta se kuitenkin sitoutuu takaisin kasvaan biomassaan, eli bioenergian hiilijalanjälki on myös pieni. (Motiva.fi c.)

#### 2.5.1.4 Aurinkoenergia

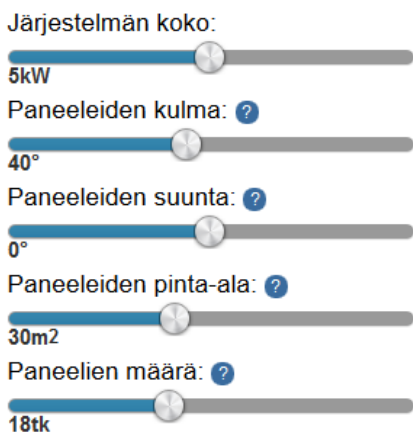
Aurinkoenergia on hyvin ekologista, koska sen tuottama hiilijalanjälki on ainoastaan järjestelmän tuottamisessa ja niiden asentamisessa (Motiva.fi d). Aurinkosähkön tuottaminen onnistuu aurinkokennojen avulla. Aurinkokennojen toimintaperiaate perustuu siihen, että ne asennetaan ja suunnataan niin, että ne ovat mahdollisimman paljon aurinkoon päin suunnattuna päivän aikana. Aurinkosäteily tuottaa hiukkasia, mitkä aurinkokennoihin osuessaan luovuttaa energiansa kennojen materiaalin elektroneille. Tämä tuottaa sähkövirran aurinkokennojen virtajohtimiin. Aurinkokennojen sijoittaminen riippuu myös siitä, mihin tarkoitukseen rakennus on tarkoitettu. Mikäli on kyse asuinrakennuksesta, niin aurinkokennot tulee suunnata siihen suuntaan, mihin aurinko paistaa parhaimmillaan niinä tunteina päivästä, jolloin talon asukkaat ovat kotona, eli lähinnä kello 16 tai 17 jälkeen illasta. Silloin suuntana on etelä, länsi tai joku siltä väliltä. Mikäli rakennus on tehty teollisuustarkoitukseen, niin silloin energiaa tarvitaan kaikista eniten silloin, kun työntekijät ovat töissä, eli pääsääntöisesti aamulla kello 8 ja 16 välillä. Silloin suuntana on itä, etelä tai joku siltä väliltä. (Aurinkovirta.fi a.)

Kallistuskulman tulee olla noin 40:n asteen kulmassa niin, että sähköntuotto on mahdollisimman suuri. Kesällä aurinko paistaa kirkkaimmin sekä korkeammalta kuin keväällä tai syksyllä, joten mikäli aurinkokennoista haluaa saada suurimman hyödyn, niin tulee aurinkopaneelit asentaa 45:n asteen kulmaan etelään päin. Vastaavasti, mikäli rakennuksessa tarvitaan sähköä enemmän keväällä ja syksyllä kuin kesällä, niin voi kallistuskulman asettaa enemmän pystyyn, esim. 30:n tai 35:n asteen kulmaan sekä aurinkopaneelit osoittamaan enemmän joko itää tai länttä. Kuitenkin huomioon ottaen aurinkopaneelien suurin keskimääräinen hyötysuhde, tulee ne suunnata etelään ja 45:n asteen kulmaan. (Aurinkosahkoa-kotiin.fi a)

Aurinkokennojen nimellistehon ollessa 1 kWp on Kuopion seudulla odotettu tuotto noin 0,7 kWh (Europa.eu). Mikäli katolle asennetaan Fortumilta toimitetun 18 paneelisen aurinkokennojärjestelmän jonka nimellisteho on 4,7 kWp, niin se tuottaa standardiolosuhteissa 3,3 kWh, kun auringon säteily kohtisuoraan paneelia on 1 000 W/m<sup>2</sup>. Vuotuinen tuotto on noin 3 300 kWh, riippuen kohteen sijainnista, aurinkopaneelien asennuskulmasta ja suuntauksesta, talven lumisuudesta, eri vuosien valoisuudesta, aurinkopaneelien hyötysuhteesta sekä aurinkopaneelien puhtaanapidosta. (Aurinkosahkoa-kotiin.fi b, Fortum.com, Aurinkovirta.fi b). Mikäli talo ja käyttövesi lämmitetään muulla kuin aurinkokennojen tuottamalla energialla, niin jäljelle jäänyt kulutussähkö, eli arviolta noin 6 000 kWh saadaan laskujen mukaan ainakin puolet aurinkokennojärjestelmästä. Arevasolar.fi -verkkoi-  
neiston (kuva 10) mukaan samanlainen järjestelmä antaisi vuosituottoarvion 3 804 kWh. Mikäli käytetään vuosituottoarviota 3 500 kWh, niin sen mukaan touko-, kesä- ja heinäkuu ja melkein myös huhti- ja elokuukaan eivät tarvitse lisäsähköä muualta kuin aurinkokennojärjestelmästä. Ainoat kriittiset kuukaudet, jolloin aurinkosähköä ei juurikaan tuoteta aurinkokennojärjestelmällä, on marras-, joului- ja tammikuu. Helmi- ja lokakuu tuottavat noin kolmasosan sähkön tarpeesta.

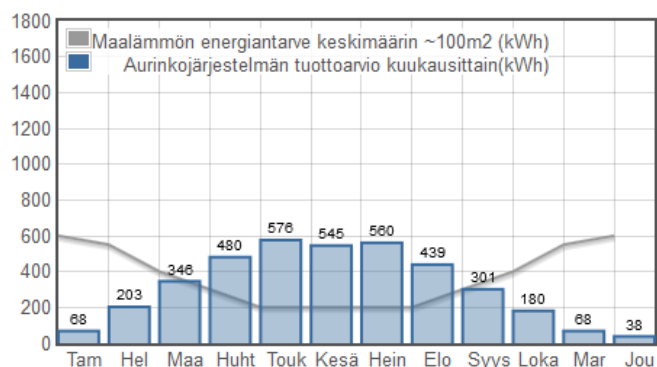
## Kuinka suuri on sinun energiantuottosi?

Muuttamalla arvoja näet mikä on järjestelmän tuotto kuukausittain.



Vuosituotto arvio:  
**3804kWh**

Järjestelmän hinta asennuksen kanssa:  
**9000EUR**



Täyttämällä perustiedot lähetämme teille tarkemman hinnan asennuksineen.

Kuva 10 Kuinka suuri on sinun energiantuottosi? (Arevasolar.fi.)

### 2.5.1.5 Ydinenergia

Ydinenergia eli ydinvoima perustuu atomiytimien sidosenergian vapautumiseen ydinreaktioissa, kuten radioaktiivisessa hajoamisessa. Ydinvoiman tuotannossa osa ydinpolttoaineen atomien massasta muuttuu energiaksi, joten ydinpolttoaineen energiasisältö on tavanomaisiin polttoaineisiin verrattuna hyvin suuri. Ydinpolttoaineen suuri energiasisältö mahdollistaa toisaalta suurten energiamäärien tuottamisen pienillä materiaalivirroilla ja toisaalta sallii pitkäkestoisen energiantuotannon ilman tarvetta lisätä polttoainetta. (Energia.fi b.) Ydinvoima luodessaan on hyvin ekologista, mutta mikä tekee ydinvoimasta epäekologisen, on se jäte, mitä se tuottaa (Fennovoima.fi) sekä ydinvoimaloiden onnettomuuden riski, mikä voi pahimmillaan vaikuttaa jopa 1 000 km säteellä onnettomuuden sattuessa sekä kuolettavasti niiden välittömässä läheisyydessä oleville. (Koivukoski, Jantunen, Paatero 2011)

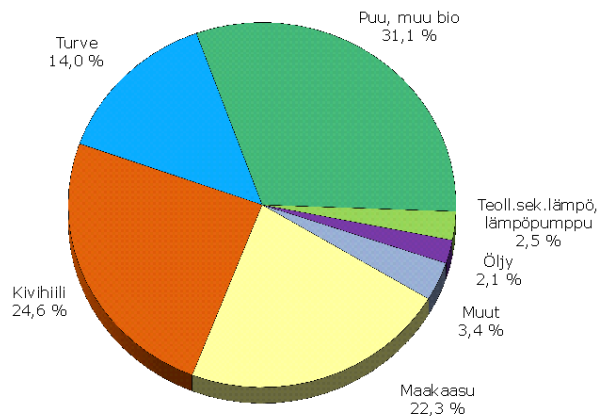
### 2.5.2 Lämpö

#### 2.5.2.1 Öljylämpö

Öljylämmityksen lähteenä on öljyn polttaminen öljykattilassa. Öljyn hyvä puoli on siinä, että se on hyvin energiatiivis verrattuna esim. puupelletteihin tai koivuhalkoihin. 1 000 litraa kevyttä polttoöljyä vastaa energia-arvoltaan samaa kuin 2 100 kg puupellettejä tai 6,4 pinokuutiota koivuhalkoja (Htnerco.fi). Sen huono puoli on se, että öljyn polttoprosessi kiihdyttää ilmastonmuutosta nopeutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Öljylämmitys pyritään korvaamaan lähes kokonaan muilla lämmityskenoilla kuten pelletti- tai maalämpöjärjestelmillä. Öljylämmityksen rinnalla voidaankin käyttää muita lämmitysmenetelmiä kuten ilma-vesilämpöpumppu tai nestemäisiä biopolttoaineita. Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljykattilasta, öljypolttimeista, säätölaitteista sekä öljysäiliöstä.

### 2.5.2.2 Kaukolämpö

Kaukolämpö on turvallinen ja hyvä lämmitysmuoto. Sen ekologisuutta voidaan mitata sillä, kuinka kaukolämmön vesiputkissa kiertävä lämmitetty vesi on lämmitetty. Suomessa kaukolämmön energialähde tulee monista eri lähteistä, jotkin ekologisia ja jotkin ei. (Energia.fi c.) Pääsääntöisesti kaukolämpö kuitenkin luokitellaan epäekologiseksi, nykyisten epäekologisten lämmitysmenetelmien takia (Rakentajanekolaskuri.fi b). Seuraavan kuvion (kuvio 2.) mukaisesti kaukolämmön energialähde on valtaosalta uusiutuvista raaka-aineista lähtöisin, kuten puun ja muun biolähteisen, turpeen sekä maakaasun, muodostaen noin kaksi kolmasosaa kaikista kaukolämmön energia raaka-aineista.



Kuvio 2. Kaukolämmitykseen käytetty energialähde (Energia.fi c.)

### 2.5.2.3 Aurinkolämpö

Auringon tuottamaa energiaa voidaan hyödyntää joko ns. passiivisesti tai aurinkokeräimiä tai tyhjiöputkeräimiä käyttäen. Talon voi suunnitella sillä tavoin, että ikkunat on osoitettu niin, että auringon tuottama lämpö ja valo kohdistuvat talon yleisiin tiloihin mahdollisimman paljon. Tällä tavoin säästetään lämmitys- ja valaistuskustannuksia.

Aurinkoenergian hyödyntäminen parhaalla mahdollisella tavalla on sijoittaa rakennus tontilla etelärinteelle. Paikka tulee olla tuulelta suojattuna, kuten esimerkiksi maastoa tai puustoa hyväksikäyttäen. On kuitenkin otettava huomioon kesällä auringon tuottama liikalämpö. Tämän voi huomioida esimerkiksi katto- ja räystäsrakennelmilla niin, että ne varjostavat kesäkuukausien aikana auringon ollessa korkeimmillaan. Talvella aurinko ei keskipäivällä ole yhtä korkealla, joten samat rakennelmat eivät kuitenkaan estä auringon lämmöntuloa sisätiloihin talvella. (Motiva.fi e.)

Aurinkokeräimet voivat tuottaa suuren osan talon lämmitys- ja käyttövedestä. Oikein asennettuna ja mitoitettuna järjestelmä antaa ilmaista energiaa Suomessakin suurimman osan vuodesta. Vain Marras - Tammikuu ovat käytännössä tuottamattomia kuukausia. Suomen Ekotalon kuusi aurinkokeräintyhjiöputkea NN10 -mallit ovat tuottaneet Keski-Suomessa asustavan referenssiasiakkaan ilmoittamien tietojen (taulukko 4) mukaan yllättävän paljon.

Taulukko 4. Aurinkotyhjiöputkien tuotto vuosina 2011 ja 2012 (Suomenekotalot.fi.)

Tuottolukemia 2011:	Yhteensä	/keräin
Tammikuu - keräimet on lumen peitossa	0 kWh	0 kWh
Helmikuu	254 kWh	42 kWh
Maaliskuu	493 kWh	82 kWh
Huhtikuu	722 kWh	120 kWh
Toukokuu	909 kWh	151,5 kWh
Kesäkuu (lämmöntuotto on rajoitettu)	751 kWh	125 kWh
Heinäkuu (lämmöntuotto on rajoitettu)	724 kWh	120 kWh
Elokuu	484 kWh	80 kWh
Syyskuu	391 kWh	65 kWh
Lokakuu	299 kWh	50 kWh
Marraskuu	50 kWh	8 kWh
Joulukuu	29 kWh	5 kWh
Yhteensä koko vuosi 2011	5 106 kWh	851 kWh

Tuottolukemia 2012:	Yhteensä	/keräin
Tammikuu	56 kWh	9 kWh
Helmikuu	191 kWh	31,8 kWh
Maaliskuu	572 kWh	95 kWh
Huhtikuu	752 kWh	125 kWh
Toukokuu	1 152 kWh	192 kWh
Kesäkuu	1 071 kWh	178 kWh
Heinäkuu	984 kWh	164 kWh
Elokuu	828 kWh	138 kWh
Syyskuu	510 kWh	85 kWh
Lokakuu	227 kWh	38 kWh
Marraskuu	59 kWh	10 kWh
Joulukuu	4 kWh	0,7 kWh
Yhteensä koko vuosi 2012	6 406 kWh	1 067 kWh

#### 2.5.2.4 Puulämpö

Puu on erittäin ekologinen lämmöntuottaja. Puu sitoo itseensä koko eliniän aikana hiilidioksidia, mikä tekee puusta todella ekologisen. Vaikka lämmitykseen käytettävää puuta olisikin tuotettu hiilidioksidia tuottavalla tavalla kuten työkoneiden avulla, niin se pieni määrä, mitä työkoneet tuottavat hiilidioksidia, on niin pieni verrattuna puun eliniän aikana sidottuun hiilidioksidin määrään, että suhde on kuitenkin ekologisen puolella. Ekologiselta näkökulmalta on tärkeää myös ottaa huomioon se, että kaadettavien puiden tilalle tulisi istuttaa yhtä monta puuta, jotta ilmasto ei puun kaatamisen takia kärsi. (Puuntuottaja, 2015)

Uusimman Yalen Yliopiston tutkimuksen mukaan maailmassa on 3 biljoonaa puuta. Niitä kaadetaan noin 15 miljardia vuodessa ja sen lisäksi arvioidaan, että noin 12 000 vuoden aikana puiden lukumäärä maailmassa on laskenut 46 % (Ehrenberg 2015-09-02). Suomi on kuitenkin yksi harvoista maista, missä metsien määrä ei ole vähentynyt, vaan joka vuosi kasvaa määrältään hieman (Väkevä, 2015).

#### 2.5.2.5 Lämpöpumput

Maalämpöä voidaan hyödyntää sitä pumppaamalla eri paikoista, missä lämpöä on tallentunut. Maalämpö on auringon lämpöä mikä on varastoitunut maaperään, kallioon tai veteen. Maalämpöpumppu on huoleton käyttää, sillä se vaatii vain vähän huolto- ja tarkistustoimia. Maalämpöpumput ovat kasvattaneet suosiotaan viime aikoina. Vuonna 2010 maalämpö valittiin pientalojen uudisrakennusten lämmitysjärjestelmäksi 47 % (Vatajankoski.fi). Maalämpö on hyvinkin ekologista käyttää lämmitysjärjestelmänä ottaen huomioon sen jo olemassa olevan lämmön talteenoton. Maalämpöpumppu tarvitsee sähköä toimiakseen. Sen tuottama lämpö on noin 2/3 maaperästä lähtöisin ja noin 1/3 sähköllä tuotettua. (Motiva.fi f.)

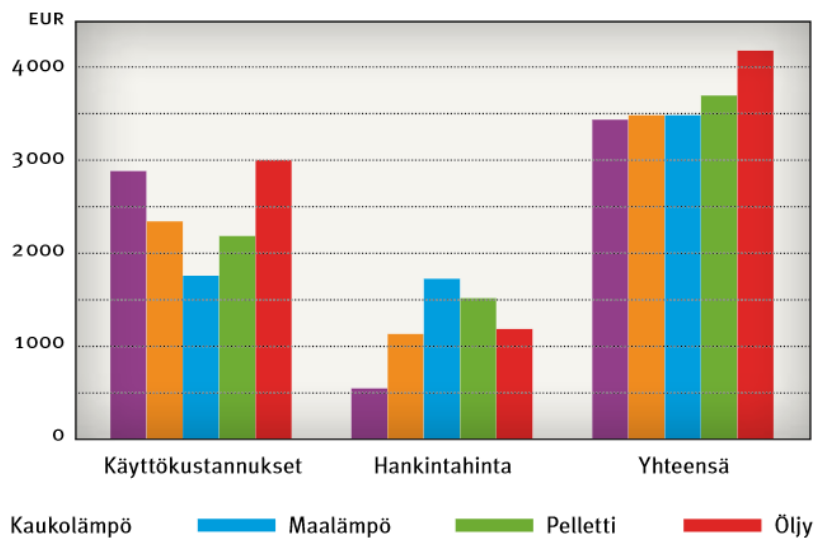
#### 2.5.2.6 Lämmitysmuotojen vertailu kustannusten näkökulmasta

Lämmitysmuotojen kannattavuutta kustannustehokkaasta näkökulmasta on vertailtu verkkoaineistojen avulla tässä työssä. Huomioitavaa on, että eri lämmitysvaihtoehtojen investointikustannukset ja vuotuiset kustannukset muuttuvat koko ajan, minkä takia on vaikea antaa luotettavaa loppulukemaa kaikista edullisimmista lämmitysmuodoista. Mikäli lämmitysjärjestelmään lisätään toinen lisälämmitysjärjestelmä, kuten esimerkiksi pellettitakka, aurinkolämmitys, ilmalämpöpumppu, puukattila tai tulisija, niin tulee vuotuisessa kustannusvertailussa ottaa myös huomioon vuotuiset huoltokulut ja investointikulut sekä verrata sitä odotettuun käyttöikään (Kiiski, arkistoartikkeli b).

## Lämmitysmuotojen vertailu

	Suora sähkö	Kaukolämpö	Maalämpö	Pelletti	Öljy
Kustannukset/vuosi	2 888 €	2 347 €	1 766 €	2 171 €	2 976 €
Hankintahinta	6 057 €	12 600 €	19 061 €	16 833 €	13 214 €
Jaettuna 15 vuodelle	403 €/v.	840 €/v.	1 271 €/v.	1 122 €/v.	881 €/v.
Korko 4 %	142 €/v.	293 €/v.	443 €/v.	392 €/v.	307 €/v.
Kokonaiskustannukset / vuosi	3 433 €	3 480 €	3 480 €	3 685 €	4 164 €

**Näin kustannukset jakautuvat eri lämmitysvaihtoehtojen kesken uudisrakennuksessa. Kustannukset/vuosi sisältää kaiken sähkönkulutuksen sekä polttoainemenot. Hankintakustannukset sisältävät materiaalien ja työn kokonaiskulut, sen alla sama summa jaettuna 15 vuoden ajalle ja alimmaisena korkokulut vuodessa. Kokonaiskustannukset sisältävät käyttö- ja hankintakustannukset vuodessa, jaettuna 15 vuodelle.**



Kuvio 3 Lämmitysmuotojen vertailu (Nylund, 2011)

Tässä laskelmassa (kuvio 3) on otettu laskelmien normitaloksi omakotitalo, joka on rakennettu vuonna 1995 ja jonka pinta-ala on 140 m<sup>2</sup> (mittauskaudella laajennettu 180 neliometriin), 1,5-kerroksinen, suora sähkölämmitys ja avotakka lisälämmön lähteenä. Talossa on asunut viisi, ajoittain kuusi henkilöä. 10 vuoden aikana sähköä on kulutettu keskimäärin 25 000 kWh vuodessa. Laskelmien mukaan omakotitalon sähkönkulutuksesta noin 11 200 kWh menee lämmitykseen, 7 500 kWh käyttöveteen ja loput 6 300 kWh kodin sähkölaitteisiin. Takan lisälämpö on huomioitu laskelmissa. Tämän tutkimuksen perusteella kaikista epäedullisin kustannusten mukaan on öljy.

Edullisin vaihtoehto on suora sähkö sen pienen hankintahinnan ansiosta. Halvimmat käyttökustannukset tulevat maalämmöstä. Tämän vertailun loppulukema on lähellä opinnäytetyöni esimerkkikohdetta, joten tämä vertailu on todella hyvä ottaa huomioon talon lämmitysjärjestelmää valitessa.



Taulukko 5 Lämmitysmuotojen vertailu (Kiiski, arkistoartikkeli a.)

Lämmitysmuoto	Puupelletti	Öljy	Maalämpö	Kaukolämpö	Suorasähkö
Hinta	202 € /tonni	0,0887 € /l	0,0995 € /kWh	0,0625 € /kWh	9,5 c /kWh
Tuotettu energia vuodessa	25,3 MWh	24,1 MWh	21 - 25 MWh	21,2 MWh	21,2 MWh
Polttoaineen tarve vuodessa	5,3 tonnia	2 410 litraa			
Investointikustannukset	9 500 €	8 500 €	16 500 €	7 500 €	2 000 €*
Investointikulut vuodessa	915 €	819 €	1 590 €	723 €	193 €
Polttoaine- tai energiakustannukset vuodessa	1 071 €	2 138 €	746 €	1 325 €	2 014 €
Lämmityskustannukset yhteensä vuodessa	1 986 €	2 957 €	2 336 €	2 048 €	2 207 €

\*kaapelivetoinen lattialämmitys

Tämän laskelman (taulukko 5) perustana on huoneistoalaltaan 140 neliön omakotitalo, jossa on neljä asukasta. Sähkönkulutus on yhteensä noin 25 000 kWh vuodessa. Käyttöveden lämmitykseen kuluu 4 megawattituntia vuodessa, lämpöenergiaa kuluu vuodessa yhteensä 21 megawattituntia. (Kiiski, arkistoartikkeli a.)

Tämän vertailun pohjalta voi todeta, että puupelletti on halvin vaihtoehto. Epäedullisin kustannusten näkökulmasta on öljy.

Energialaskurin mukaan 180 m<sup>2</sup> viiden hengen omakotitalon vuotuiset lämmityskustannukset mukaan luettuna investointikulut 15 vuoden laskenta-ajalla sekä viiden prosentin korolla ovat taulukon mukaiset (taulukko 6).

Taulukko 6 Lämmitysmuotojen vertailu (Biohousing.eu.com)

Lämmitysmuoto	Puupelletti	Öljy	Varaava sähkö	Maalämpöpumppu (ilmalämpöpumppu)	Kaukolämpö
Lämmitysjärjestelmän investointikustannus	16 000 €	10 000 €	8 000 €	20 000 €	9 000 €
Investointikulut €/vuosi	1 541 €	963 €	771 €	1 927 €	867 €
Polttoaine-/energiankulu €/vuosi	1 725 €	2 803 €	2 308 €	984 €	2 319 €
Lämmityskulut yhteensä €/vuosi	3 266 €	3 766 €	3 079 €	2 911 €	3 186 €
Lämmityskulut yhteensä cnt/kWh	14,0 c	16,1 c	13,2 c	12,4 c	13,6 c

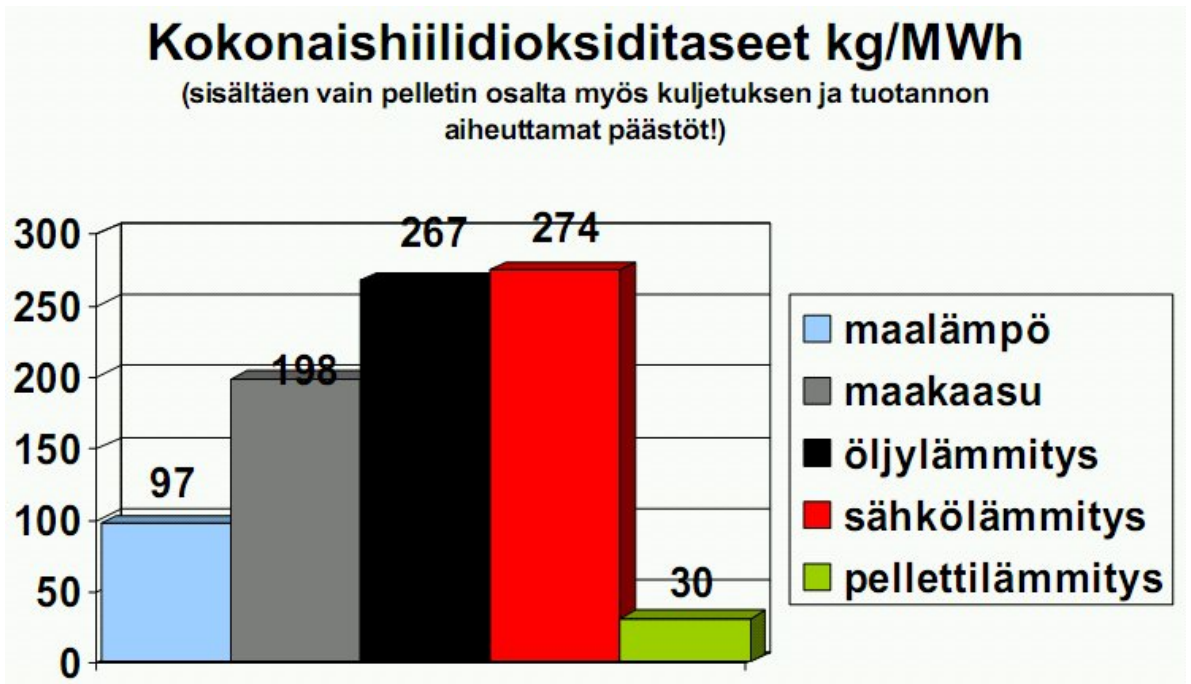
Tämän perusteella halvin järjestelmä on maalämpöpumppu sillä oletuksella, että järjestelmä kestää 15 vuotta.

Energialaskurilla laskenta- eli investoinnin tarkastelu-aikaa muuttaessa ilmenee, että maalämpöpumppu tulee kaikista vaihtoehdoista halvimmaksi vasta 13 käyttövuoden jälkeen. Eli jos talossa asutaan yli 13 vuotta, on edullisinta asentaa maalämpöpumppu. Mikäli talossa suunnitellaan asuttavan alle 13 vuotta, niin varaava sähkö on halvin vaihtoehto, sen pienen investointikulun ansiosta. Seitsemännen käyttövuoden jälkeen öljylämmitys tulee kalleimmaksi vaihtoehdoksi ja se pysyy kalleimpana polttoainekustannustensa takia siitä eteenpäin. Puupelletti- sekä kaukolämpöjärjestelmä ovat 15–35 käyttövuoden aikana maalämpöpumpun ja öljylämmityksen kustannusten keskiläpällä, puupelletti hieman halvempi. (Biohousing.eu.com.)

#### 2.5.2.7 Lämmitysmuotojen vertailu ekologisesta näkökulmasta

Nykyään puhutaan paljon hiilineutraalisuudesta ja siitä, kuinka voidaan päästä tilaan, missä kasvihuonekaasujen nettopäästö on nolla. Käytännössä tämä siis tarkoittaa tilannetta, jossa päästöjä on vähennetty merkittävästi. Niitä kuitenkin syntyy ja jäljelle jäävät päästöt voidaan kompensoida. (Kähö, 2015.) Tämä on juuri se tila, mihin vuonna 2020 pyritään pääsemään talonrakennustuotannossa (Talo2020.fi). Talonrakennustuotannossa talon lämmitysmuoto on ehkä kaikista oleellisin asia, missä voidaan vaikuttaa hiilineutraalisuuteen yhdessä rakenteiden lämmönläpäisevyyden kanssa.

Hiilidioksidipäästöjä verrattaessa puun tai pellettien (kuvio 4.) ja aurinkokeräinten tuottama lämpö on kaikista edullisin. Puun hiilidioksidipäästöjä ei lasketa Suomen hiilidioksidipäästöihin, koska puupolttoaineen laskennallinen nettopäästö on nolla. Aurinkokeräinten tuottama lämpö ei tuota hiilidioksidipäästöjä. Edullinen vaihtoehto näiden jälkeen on hiilidioksidipäästöjä huomioitaessa maalämpöpumppu. Varaava sähkö ja kaukolämpö eivät ole kaukana samoista hiilidioksidipäästölukuista, kuin kaikista epäedullisin hiilidioksidipäästöjen valossa oleva öljyn polttaminen. (Biohousing.eu.com.)



Kuvio 4. Kokonaishiilidioksiditaseet kg/MWh (Pellettienergia.fi)

## 2.6 Talotekniikka

Talotekniikkaan kuuluu lämpö, vesi/viemäri, ilmastointi, sähkö ja automatiikka. Jokaisessa osakoh- teessa on mahdollista säästää rakentamisvaiheessa ja elinkaaressa. Talotekniikalla on erittäin suuri merkitys rakennuksen E-lukuun. E-luku paranee, mitä vähemmän energiaa rakennuksen talotek- niikka sekä yleisesti koko rakennus tarvitsee. Kehittyneellä ilmastoinnilla, sähkökäytöllä ja niiden au- tomatisoinnilla sekä kodinkoneiden valinnalla energiakulutuksen ja -luokan mukaan voidaan vaikut- taa todella paljon energiahukan minimoimiseen. Talonrakennustuotannossa hiilijalanjäljen pienentä- minen näkyikin ehkä kaikista eniten talotekniikassa ja sen suunnittelussa.

### 2.6.1 Vesi/Viemäri

Vesi ja viemäriin suunnittelu kustannustehokkuutta ja ekologisuutta huomioiden toteutetaan niin, että tekninen tila sijoitetaan mahdollisimman lähelle tiloja, joissa on vesipisteitä. Samaa logiikkaa soveltaen viemäripisteet sijoitetaan lähelle toisiaan niin, että putkien tarvetta minimoidaan raken- nusvaiheessa. Nykyään puhutaan myös paljon veden säästämistä, mitä voidaan rajoittaa vakiopai- neventtiiliä säätämällä, vedensäästöhanalla tai vaikuttamalla ihmisten vedenkäyttötottumuksiin (Ve- densäästöopas).

### 2.6.2 Ilmastointi

Ilmanvaihdon tarkoitus on tuulettaa rakennusta ja rakenteita sekä edesauttaa rakennuksen säily- mistä kuivana ja terveenä. Lisäksi sen tarkoitus on ylläpitää rakennuksessa terveellistä ja miellyttä- vää sisäilman laatua. Ilmanvaihdon tarkoitus on poistaa rakennuksesta itsestään tai ihmisen toimin- nasta peräisin olevia ilman epäpuhtauksia ja tuoda tilalle raitista korvausilmaa ulkoa.

Asuntojen ilmanvaihto järjestetään yleensä niin, että ilmaa tuodaan ulkoa puhtaampiin tiloihin, kuten makuuhuoneisiin, joista se johdetaan likaisempien tilojen kuten wc:n ja keittiön kautta poistoilmakanavia pitkin takaisin ulos. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko painovoimallisesti, jolloin sisätilan lämpimämpi/kevyempi ilma pyrkii nousemaan ylös hormoneja pitkin katolle ja kylmempi/painavampi ilma alkaa virrata sen tilalle. (Motiva.fi g.) Ilmanvaihto tapahtuu kaikista parhaiten talvella, jolloin ulko- ja sisäilman lämpötilaero on suurimmillaan. Kesällä painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan tehostaa avaamalla ikkunoita yöllä, kun ilman lämpötila ulkona on kylmimmillään. (Lukander, 2010.)

Painovoimaista ilmanvaihtoa käytettiin yleisesti 1970-luvulle asti. Ilmanvaihto toimi hyvin puulämmitteisissä taloissa, mutta keskuslämmityksen yleistyminen ja ennen kaikkea höyrösulun lisääminen seinärakenteeseen teki taloista niin tiiviitä, että korvausilma ei virrannut yhtä hyvin. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa kaikki energia menee poistoilman mukana hukkaan. Saneerauksien yhteydessä painovoimaisia ilmanvaihtoja on muutettu koneellisiksi. (Kair.fi.)

Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ilma viedään ulos ja tuodaan sisään koneellisesti. Koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät yleistyivät 1970-luvulla, kun huomattiin, että pelkkä painovoimainen ilmastointi ei riitä. Silloin painovoimaista ilmastointia tehostettiin kattoon asennetulla huippuimurilla, joka imi ilmaa pitkien läpi talon kulkevien kanavien kautta. Ilman lämmöntalteenottojärjestelmää myös koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä kaikki energia menee poistoilman mukana hukkaan.

Lämmöntalteenottojärjestelmä eli LTO-järjestelmä, mikä liitettiin ilmanvaihtojärjestelmään, yleistyi 1980-luvulla. Uusien rakentamismääräysten myötä vuonna 2003 se tuli kuitenkin käytännössä pakolliseksi paitsi siinä tapauksessa, että voidaan laskelmissa osoittaa, ettei rakennus vie enempää energiaa kuin tyyppillinen lämmöntalteenottojärjestelmällä varustettu rakennus veisi (RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2003). On edullista liittää talon lämmitysjärjestelmä LTO-järjestelmään, sillä kylmimpinä aikoina ei pelkästään lämmöntalteenotto riitä, vaan tarvitaan lisälämmitystä tuloilmalle (Motiva.fi h).

### 2.6.3 Sähkö ja automaatio

Viisaalla ja energiaa säästävällä sähkökäytöllä voidaan helposti vähentää hiilidioksidipäästöjä huomattavasti. Siihen sisältyy mm. kodinkoneiden valinta parhaimman energialuokan mukaan, led-lamppujen valinta hehkulamppujen sijaan sekä yleinen energiatietoisuus ja viisas sähkökäyttö. Viisas sähkökäyttö ja tietoisuus rakennuksen sähkönkulutuksesta ilmenee pyrkimyksenä minimoida kaiken turhan sähkönkulutuksen, kuten lamppujen tai sähkölaitteiden turhaan päällä pitämisen. Mikäli talon lämmitysmuotona on sähkö, niin myös sisälämpötilan laskeminen käyttömukavuuden rajoissa mahdollisimman alhaiseksi vähentää paljon sähkönkulutusta.

Automaatiikan asentaminen ilmastoinnille ja sähkökäytölle auttaa paljon sähkönkulutuksessa niin kustannusten ja ekologisuudenkin näkökulmasta. Kun koko järjestelmä on automatisoitu, niin voi yhden napin painalluksella sammuttaa kaikki valot koko talosta tai pienentää ilmastoinnin määrää, kun ollaan poissa kotoa tai nukutaan. (Knx.fi.)

## 2.7 Tyypitalot

### 2.7.1 Rakentamismääräyskokoelma C3/2010 vaatimusten mukainen talo

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C3/2010 pyritään parantamaan rakennuksen E-lukua keskittymällä muun muassa lämmönläpäisykertoimien (U-arvojen) vertailuarvoihin jotka ovat:

-	seinä	0,17 W/m <sup>2</sup> K
-	hirsiseinä	0,40 W/m <sup>2</sup> K
-	yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m <sup>2</sup> K
-	ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17 W/m <sup>2</sup> K
-	maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m <sup>2</sup> K
-	ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m <sup>2</sup> K

E-lukua tarkkailtaessa huomioidaan myös kokonaisenergiatarkastelu, mikä laskee yhteen kaikki rakennuksessa tapahtuva ostoenergiankulutus (lämmitys, ilmanvaihto laitteineen, lämpimän käyttöveden tuottaminen, valaistus, kodin laitteet jne.) ja jaetaan tämä rakennuksen nettoalalla, johon lasetaan mukaan kaikki lämmitettävät tilat. (C3/2010 Rakennusmääräyskokoelma.) E-lukuun vaikuttaa vahvasti rakenteiden U-arvot, lämmitysmuoto sekä kokonaisvaipan lämpöhäviöt, joita parantamalla voidaan pienentää talon lämmitystarvetta. E-luvulle on annettu käyttötarkoitukseluokittain raja-arvot, joita se ei saa ylittää. (RakMK D3. Rakennusten energiatehokkuus Määräykset ja ohjeet 2012.)

Kokonaisenergiakulutus eli E-luku saadaan jakamalla rakennukseen ostettu energia rakennuksen nettoalalla.

### 2.7.2 2020 vaatimusten mukainen talo

Rakentamismääräyskokoelmassa C3/2010 sekä sitä aiemmissakin rakentamismääräyskokoelmissa keskityttiin rakenteiden lämpöläpäisykertoimiin eli U-arvoon sekä pyritään sillä parantamaan rakennuksen E-lukua. Yleinen vaatimus 2020-talolle on, että jokainen uudisrakennus ja julkinen rakennus tulisi olla nolla- tai lähes nollaenergiatalo. Rakentamismääräyskokoelmaa 2020 kehitettäessä hyödynnetään kaikki jo nyt tiedossa olevat tiedot ja taidot matalaenergia-, passiivi-, nollaenergia- sekä plusenergiatalon rakennusmenetelmistä ja tavoista sekä pyritään vuoteen 2020 mennessä kehittämään ja löytämään niistä sekä koko rakentamisen historian pohjalta opittujen virheiden ja kokemusten kautta parhaimmat mahdolliset rakennustavat. Näin vältetään homevaurioilta, liiallisilta energiakulutuksilta ja turhilta korjaustarpeilta.

Vuoden 2020 rakennusmääräyskokoelman tavoitteet:

- sisäilmaterveellinen koti,
- nollaenergia- tai lähes nollaenergiarakennus ja
- elinkaarikustannustehokkuus.

Koska viimeaikoina nykyisten tiiviys- ja energiavaatimusten ansiosta on päästy siihen, että yhä useammassa rakennuksessa ilmenee homevaurioita, niin vuoden 2020 rakentamismääräyskokoelman

tavoitteissa pyritään enemmän keskittymään siihen, että vältetään mahdollisilta korjaus- ja homevahingoilta. Tämä tarkoittaa sitä, että vuoden 2020 rakentamismääräyskokoelmassa ei näillä näkymin ilmoiteta enää lämmönläpäisykertoimia. Nyt keskitytään sisäilmaterveellisyyteen, omavaraisuuteen ja elinkaarikustannustehokkuuteen. Jotta lämmityskustannukset eivät tämän takia kuitenkaan nousisi korkeiksi, tulee rakennus muulla tavalla saada E-luvultaan hyväksi. Se toteutetaan sillä, että löydetään parempia rakennusmateriaaleja tai –menetelmiä, jotka ovat sisäilmaterveellisiä sekä samalla lämpöläpäisykertoimia parantavia ja valitaan energianlähde siten, että rakennus itse tuottaa energiansa: Joko aurinkovoimaa, maalämpöä tai muita itsetoteuttavilla energiantuottotavoilla. Keskitytään suunnittelu- ja rakennusvaiheessa rakenteiden toimivuuteen niin, että rakennuksen kustannustehokkuus näkyy sen elinkaareissa.

Kun vaatimukset ovat vuoden 2020 rakentamismääräyskokoelman mukaan näinkin kovia, tulee ammattitaito niin suunnittelu- kuin rakennusvaiheessakin todella tarpeeseen. Sisäilmasta, rakennuksen kosteudesta sekä rakennuksen hengittävydestä ei saa tinkiä. Tavoitteena on säästää yksilöiden ja yhteiskunnan varoja, parantaa elämisen laatua sekä välttää homevaurioisia rakennuksia.

(Talo2020.fi.)

### 2.7.3 Matalaenergia- ja passiivitalo

Matalaenergiatalo kuluttaa vähemmän energiaa rakennusmääräyskokoelman asettamien lämpöläpäisykertoimien pienentämisen ansiosta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 Rakennusten energiatehokkuus – Määräykset ja ohjeet 2010 mukaan suunnitellussa matalaenergiarakennuksessa laskennallisen lämpöhäviön tulee olla enintään 85 % rakennuksen vertailulämpöhäviöstä. (Energiatehokaskoti.fi).

Passiivitalon määritelmä on muuten sama kuin matalaenergiatalon, mutta ne ovat tiukemmat. Lämpöläpäisykertoimia pienennetään vielä entisestään. Tyypilliseen suomalaiseen omakotitaloon verrattuna passiivitalon lämmitystarve on noin viidesosa.

Passiivitalot yleistyivät ensin Keski-Euroopassa. Passiivitalon määritelmä on, että se ei tarvitse lämmitys- eikä jäähdytysjärjestelmää, mutta Suomen olosuhteissa se on hieman väärä. Passiivitalossa tarvitaan hyvin suunniteltu lämmitysjärjestelmä ja talotekniikka huolehtimaan sisäilmaolosuhteista. Jäähdytystarve minimoidaan talon suunnittelulla sekä varjostavilla rakenteilla, esimerkiksi räystäillä ja markiiseilla.

VTT:n arvion mukaan passiivitalon rakentamiskustannukset (ilman tontin hintaa) ovat 5–10 % suuremmat kuin normitalon. Passiivitalon toteuttaminen vaatii erityisen huolellista suunnittelua koko suunnitteluryhmältä. Jo arkkitehdin pöydällä tehdään ratkaisuja, jotka vaikuttavat energiankulutukseen.

Seuraavassa taulukossa on suuntaa antavia ohjearvoja ja rakennusmääräyskokoelman mukaisia vaatimuksia lämmönläpäisykertoimille eri talotyypeissä:

Taulukko 7 Vaipanosten vertailuarvot (Energiatehokaskoti.fi.)

Vaipanosien vertailuarvot	Normitalo 2008	Normitalo 2010	Matala-energiatalo	Passiivitalo
Seinä (W/m <sup>2</sup> K)	0,24	0,17	0,12	0,08–0,10
Hirsiseinä (W/m <sup>2</sup> K)		0,40		
Yläpohja (W/m <sup>2</sup> K)	0,15	0,09	0,08	0,07
Alapohja (W/m <sup>2</sup> K)				
- maanvarainen	0,24	0,16	0,12	0,10
- ryömintätilaan rajoittuva	0,19	0,17	0,10	0,08
- ulkoilmaan rajoittuva	0,15	0,09	0,08	0,08
Ikkunat ja ovet (W/m <sup>2</sup> K)	1,4	1,0	0,8	0,4–0,7
Ilmanpitävyys, n50-luku (1/h)	4,0	2,0	<1,0	<0,6
LTO-laitteen vuosihyötysuhde	30 %*	45 %*	>70 %*	> 80 %*
Ilmanvaihdon ominaissähköteho (kW/m <sup>3</sup> ,s)	<2,5	<2,5	<2,0	<1,5
*LTO-laite ei ole pakollinen mikäli se osoitetaan laskemissa ettei rakennus vie enempää energiaa kuin tyypillinen LTO-laitteella varustettu rakennus veisi.				

Taulukko 8 Energiakulutus (Energiatehokaskoti.fi)

Energiankulutus	Normitalo 2008	Normitalo 2010	Matala-energiatalo	Passiivitalo
Huonetilojen lämmitys (kWh/m <sup>2</sup> ,a)	125–150	100–110	26–50	15–25
Lämmin käyttövesi (kWh/m <sup>2</sup> ,a)	30	30	20–25	20–25
Laitesähkö (kWh/m <sup>2</sup> ,a)	25–35	25–35	30–35	25–35
Energiatodistuluokka	C–D	B	A	A
Kokonaisenergiankulutus kWh/m <sup>2</sup>	180–215	160–175	78–115	60–86

Näiden taulukoiden (taulukko 7, taulukko 8) pohjalta on helppo nähdä, miten vaatimukset muuttuvat 2008 rakennetusta normitalosta matalaenergiataloon tai passiivitaloon.

### 2.7.3.1 Riskit

Paljon on kuitenkin kiistelty passiivitalojen paksujen eristekerroksien aiheuttamasta kosteusriskistä, minkä ansiosta kondenssivesi kertyy rakenteen sisälle eikä pääse tuulettumaan. Näin talossa voi aikanaan ilmetä kosteusvaurioita. Lisäksi paksu seinä altistuu vaurioille, jos esimerkiksi höyrünsulkuun tulee reikä. Suomessa ensimmäiset passiivitalot valmistuivat noin 8 vuotta sitten ja Helsingin Sanomien uutisjutun mukaan 2013 ei vielä ollut ilmennyt mitään kosteusvahinkoja. Samaisessa artikkelissa pohditaan, että seuranta-aika ei kuitenkaan ole ollut riittävän pitkä arvioimaan tilannetta. (Mäkinen, 2013).

#### 2.7.4 Nolla- ja plusenergiatalo

Nolla- ja plusenergiatalossa ei pelkästään keskitytä lämpöläpäisykertoimiin, vaan myös siihen, kuinka talo voisi itse tuottaa oman energiansa. Nollaenergiatalo on talo, jossa tuotetaan vuositasolla saman verran energiaa kuin se käyttää huonetilojen ja käyttöveden lämmittämiseen sekä valaistukseen ja laitteisiin. Lämpöenergia voidaan tuottaa esimerkiksi puulla ja tarvittava sähköenergia voidaan tuottaa aurinkopaneeleilla tai pienillä tuulivoimaloilla.

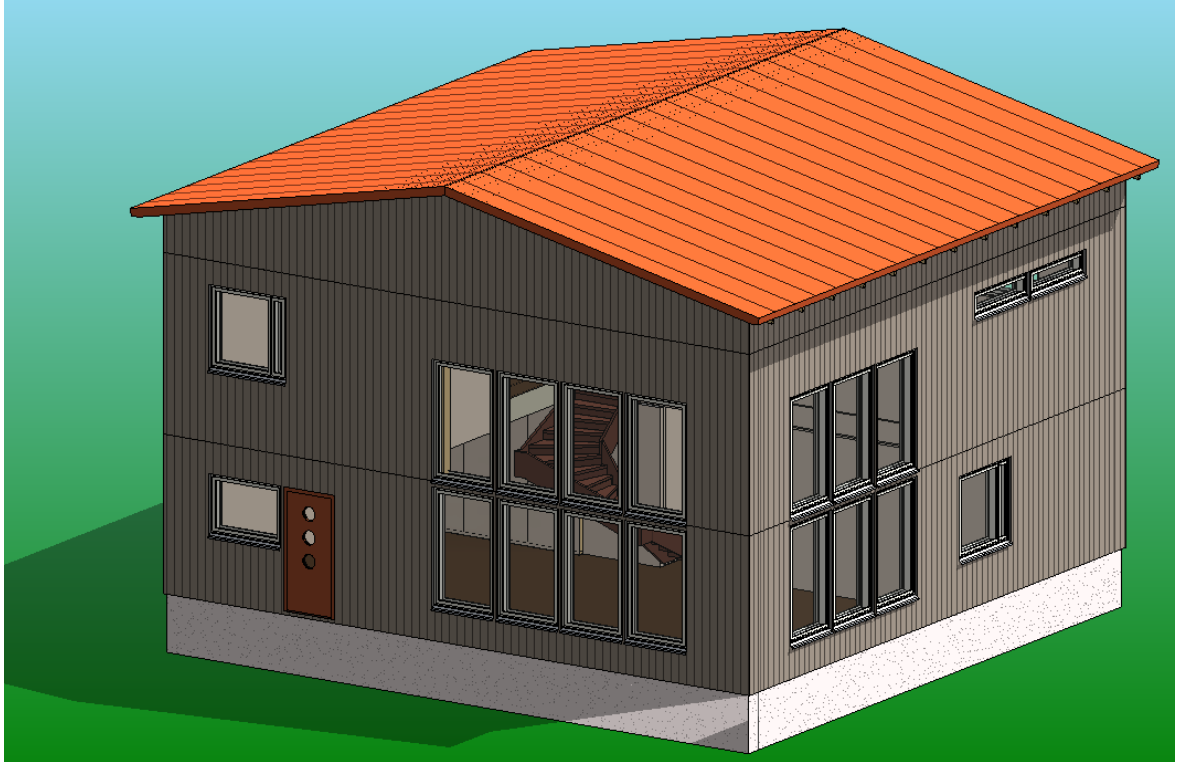
Plusenergiatalo tuottaa vuoden aikana enemmän energiaa kuin se kuluttaa. Energiaa ei välttämättä tuoteta yli oman tarpeen vuoden jokaisena päivänä, vaan plusenergiatalo tuottaa esimerkiksi keväällä ja kesällä omaa tarvetta enemmän aurinkosähköä, mutta pimeimpänä vuodenaikana se saa sähkön sähkönjakeluverkosta. (Energiatehokaskoti.fi.)

Mikäli pientalon omistaja haluaa tuottaa sähköä itse ja syöttää ylijäämänsä sähkönpalveluntarjoajalle, tulee hänen siitä anoa erillinen lupahakemus, missä määritellään mm. sähköverkkotoiminnan laajuus, luonne, kustannusarvio ja rakentamisaikataulu. Pientuotantolaitoksen verkon kautta markkinoille myytävän ylijäämän siirtoa säännellään siten, että liittymismaksuun ei saa sisällyttää sähköverkon vahvistamisesta aiheutuvia kustannuksia. Pien- ja keskijänniteverkkoon liittyneiltä laitoksilta veloitetaan keskimäärin enintään 0,07 snt/kWh verkkoon myydyin ylijäämätuotannon siirtomaksua (Vnk asetus 65/2009).



### 3 PIENTALON SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Opinnäytetyössä suunniteltu pientalo pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman ekologisesti ja kustannustehokkaasti voimassaolevien määräysten ja omien mieltymysten mukaisesti sekä täyttämään vuoden 2020 EU:n energiamääräykset. Pientalo mallinnettiin Revit 2016 -mallinnusohjelmalla (kuva 11).



Kuva 11 Revit -malli pientalosta.

#### 3.1 Pientalon ominaisuudet

Pientalon pohja suunniteltiin maanvaraiseksi pienentämään lämpöhäviötä. Asuinneliöt suunniteltiin viisaasti käyttäjän tarpeet ja toiveet huomioiden sekä turhat neliöt minimoiden. Rakenteet suunniteltiin C3/2010 rakennusmääräyskokoelman mukaisiksi, sekä valittiin hengittäviä materiaaleja pienentämään veden kertymistä rakenteen sisälle. Suunniteltiin tuulikaappi vähentämään lämmönpäästöjä sekä tekninen tila mahdollisimman lähelle kaikkia vesipisteitä. Ylä- ja alakerran makuuhuoneet suunniteltiin koilliseen niin, että auringon noustessa aurinko paistaa makuuhuoneisiin. Silloin auringon tuottama lämpö ei ole voimakkaimmillaan ja huoneet pysyvät mahdollisimman viileinä. Oleskelutilat suunnataan mahdollisimman kohtisuoraan aurinkoa päin, minne myös sijoitetaan suuret ikkunat passiivista aurinkovoimaa hyödyntämään. Talon harja, minne aurinkokennot asetettaisiin, suunnattiin sitä ilmansuuntaa kohti, minne aurinko paistaisi suurimman osan aikaa.

#### 3.2 Rakenteet sekä niiden U-arvo

Materiaalit valittiin mahdollisimman ekologisiksi ja pitkäikäisiksi, kustannustehokkuus huomioiden. Tämän tuloksena käytettiin puuta rankamateriaalina, puukuitueristettä kivi-, lasi- tai muovipohjaisten eristeiden sijaan, hengittävän höyrynsulkupaperin höyrynsulkumuovin sijaan. Ikkunat ja ovet tullaan valitsemaan ekologisiksi, sekä hyvän U-arvon omaaviksi.

Opinnäytetyön ohella tuotettiin piirustukset suunnitellun pientalon pohjasta, julkisivuista, sekä rakenteista. Rakenteiden detaljipiirustuksia ei ajankäytön takia liitetty tähän työhön. Piirustukset ovat luonnoksia, mutta sisältävät kaiken tarvittavan tiedon E-lukua varten. Rakennekuvissa sekä taulukossa (taulukko 9) ilmenee rakenteiden paksuudet sekä U-arvot. Ikkunoiden ja ovien ääriarajat U-arvoille on asetettu, mutta niiden tiettyjä malleja ja valmistajia ei ole vielä päätetty. Piirustukset ovat liitteenä.

Taulukko 9 Rakenteiden eriste-, kokonaispaksuudet ja U-arvo

	Kokonaispaksuus	U-arvo	U-arvo vaatimus RakMK C3/2010
Perustus	390 mm	0,15	0,17
Ulkoseinä	352 mm	0,14	0,17
Alapohja	460 mm	0,13	0,16
Yläpohja	514 mm	0,08	0,09
Ikkunat		0,8	1,0
Ovet		0,6	1,0

### 3.3 Talotekniikka ja E-luku

Talon energianlähteeksi valittiin varaava sähkö, joka on kytketty vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Sen rinnalle valittiin 18 paneelinen aurinkokennojärjestelmä, jonka nimellisteho on 4,7 kWp, 6 kpl NN10 tyhjiöputki-aurinkokeräimiä ja oma tuulivoimala, jossa on viiden metrin halkaisijalla oleva potkuri ja 5 kW kokoinen generaattori. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa arvioitiin näiden perusteella olevan vuodessa 16 000 kWh, josta tuulivoimalan osuus on 7 000 kWh, aurinkokeräimien 5 500 kWh ja aurinkokennojen 3 500 kWh. näissä laskelmissa käytettiin lukua 1 544 kWh vuodessa, E-luku laskurin oman laskentatavan mukaisesti.

Pientalon ilmastoinniksi valittiin poistoilmalämpöpumppu, jonka lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 70 %. Ilmastointi takaa ilmanvaihtuvuuden sekä lämmöntalteenotto sen, että ei lämpöä turhaan mene hukkaan. Talossa on automaatiotekniikka, jonka avulla kaikki valaisimet sekä valmiustilassa olevat sähkölaitteet jne. kytkeytyvät pois päältä sekä muu viisas sähkönkäytön tarkkailu sähkönkäytön analysointia ja sen minimointia varten. Kaikki kodinkoneet ovat parasta mahdollista energialuokka varmistaen mahdollisimman pienen energiakulutuksen sekä vedenkäytön.

E-luku laskelmat laskettiin laskentapalvelut.fi -sivustolla olevan D.O.F. tech Oy:n ja Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy:n tarjoaman laskentapalvelun laskurin avulla (Laskentapalvelut.fi). Rakennuksen netto-ala on 224,64 m<sup>2</sup> ja ostettu energia on näiden laskujen mukaan 16 136 kWh vuodessa, ottaen huomioon, että laskurin oman laskentakaavan mukaan aurinkokeräimien tuotto olisi ainoastaan 1 544 kWh vuodessa. E-luku on 123 kWh/m<sup>2</sup>, E-luokka on C ja E-lukuvaatimus tämän kokoiselle pientalolle on 157 kWh/m<sup>2</sup> (Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen). Tarkemmat lähtötiedot selviävät liitteenä olevasta energiatodistuksesta.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSIDEAT

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada käsitys pientalorakentamiseen liittyvistä seikoista sekä niiden ekologisista ja kustannustehokkaista näkökulmista. Parempi käsitys saavutettiin näistä asioista tämän työn aikana. Tavoitteena oli myös suunnitella oma pientalo, joka perustuisi suurimmaksi osaksi tämän opinnäytetyön teoriaan. Se ei kuitenkaan rajoittunut siihen kokonaan. Ainakin olohuoneen suurissa ikkunoissa, sähkölämmitteisessä saunassa tai yleisesti huoneistoneeliöiden ylimitoituksessa keittiössä, olohuoneessa, yläkerran makuuhuoneessa tai käytävillä ei huomioitu ekologisuutta ja kustannustehokkuutta.

Työn ohella selvisi, että ekologisuus riippuu vertailukohteesta ja että useat materiaalin toimittajat ja energiakauppiat väittivät heidän tuotteidensa olevan ekologisista. Jokainen perustelu on järjestyksessä, joten ei ole välttämättä mahdollista löytää kaiken kattavaa vastausta kysymykseen siitä, mikä on kaikkein ekologisinta pientalorakentamisessa. Jokainen materiaali tai energiamuoto on ekologinen, kun sitä osaa oikealla tavalla verrata.

Tärkeä huomio on, että pientalorakennuttajalla on päätösvalta itse rakentaa oma talonsa omien mieltymysten mukaisesti, sillä vaikka mitä ilmastonmuutokseen tai kustannukseen liittyviä seikkoja hänelle esitetään, niin hän kuitenkin nykyisten rakennusmääräyskokoelmien rajojen sisällä suunnittelee oman pientalonsa juuri niin kuin hän itse haluaa. Hän voi joko laiminlyödä ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat, tai ei. Rakennuttajan arvot, vakaumukset, varallisuus sekä millä vuosikymmenellä on syntynyt, vaikuttavat myös rakennuksen ekologisuuteen ja kustannustehokkuuteen.

### 4.1 Kustannustehokkaat johtopäätökset pientalorakentamisessa

#### 4.1.1 Maalämpöpumpun kannattavuus

Mikäli maalämpöjärjestelmä on hyvä ja toimii pitkään, niin se on lämmitysjärjestelmänä kaikista vaihtoehdoista edullisin. Haittapuolena on sen korkea investointihinta. Mikäli pientalo rakennetaan ainoastaan asuttavaksi lyhyeksi ajaksi tai heti myytäväksi, niin suorasähkön asentaminen on investointina edullisin. Tosin, mikäli ostaja on valmis maksamaan talosta 15 000–20 000 € enemmän sen takia, että taloon on kytketty maalämpöjärjestelmä, niin silloin ei ole väliä minkä lämmitysjärjestelmän asentaa.

#### 4.1.2 Lämmitysmuotojen vertailu

Lämmitysmuotoja on suhteellisen vaikea vertailla keskenään kustannusten näkökulmasta. Hintahaitari on todella laaja jokaisessa lämmitysjärjestelmässä. Lopulta käyttäjä itse valitsee oman mieluisensa ja mahdollisesti säästää siinä tai on säästämättä. Esimerkiksi Suomessa suuren suosion saanut maalämpöpumppu on saanut paljon kannatusta. On kuitenkin puhuttu että maalämpöjärjestelmät eivät kestä tarpeeksi kauan, jotta siitä saataisiin riittävä hyöty kustannuksissa. Siinä tapauksessa jopa suorasähkökin on halvempi ratkaisu, vaikkakin energian hinta on noin kolme kertaa kalliimpaa tai joskus enemmänkin.

## 4.2 Ekologiset johtopäätökset pientalorakentamisessa

### 4.2.1 Ilmastonmuutoksen aiheuttava tekijä

Opinnäytetyön aikana tehdyn selvitystyön ohella selvisi, että maailman ilmastonmuutokseen kaikista eniten vaikuttaa karjanhoito. Talonrakennustuotanto sekä kaikki hiilidioksidipäästöt siihen liittyen ovat pieni osa karjanhoitoon verrattuna. (Haapala, 2012, Merikallio, 2008.) Tästä huolimatta on hyvä miettiä myös talonrakennustuotannossa hiilijalanjälkeä ja ekologisuutta, sillä kaikista ilmastonmuutosta vähentävistä osa-alueista on loppujen lopuksi jotain hyötyä.

### 4.2.2 Ekologisin rakennusmateriaali

Rakennusmateriaalina puu on vertailuista materiaaleista ylivoimaisesti ekologisin. Siksi valittiin rakennuksen rangaksi puu. Eristeeksi valittiin ekovilla ja höyrynsulkuksi hengittävän ilmansulkupaperin höyrynsulkumuovin sijaan.

### 4.2.3 Ekologisin lämmitysmuoto

Lämmitysmuodoista kaikista ekologisin on puutavaran, esim. halkojen, hakkeen tai puupellettien polttaminen. Maa- tai ilmalämpöpumppujärjestelmä on suhteellisen edullinen, sillä se tuottaa energiaa enemmän kuin mitä se tarvitsee verrattuna suorasähköön. Kaikista kallein on öljyn polttaminen. Melkein yhtä kallis on varaava sähkö, suorasähkö tai kaukolämpö.

### 4.2.4 Omavarainen sähköntuotto

Sähköntuottotavaksi sähkösopimuksen rinnalle valittiin tuulivoimala takapihalle sekä aurinkokennot katolle. Talon suunta suunniteltiin niin, että olohuoneen ja ruokatilan iso ikkuna osoittaa lounaaseen niin, että ilta-aurinko paistaa suurimpiin ikkunoihin.

## 4.3 Kehitysideat

### Puiden kasvattamisen laajentamista

Yalen yliopiston tutkimuksen mukaan noin 12 000 vuoden aikana puiden lukumäärä maailmassa on laskenut 46 %. Ehdotukseni on, että valtiot tekevät työtä sen eteen, että puita kasvatettaisiin lisää. Muutamia esimerkkejä kuitenkin jo löytyy maailmalta, kuten Kiinalaisten työpanos istuttaa puita monen vuosikymmenen aikana talkootyöläisten voimin (Liu, 2015) sekä Y.K:n Lauren Fletcherin perustaman start-up -yrityksen pyrkimys istuttaa miljardi puuta vuodessa lennokkien avulla (Kyyrö, 2015).

### Aurinkoenergian tehostaminen

Aurinkovoimaa ei nykyisin hyödynnetä riittävästi. Auringon säteilystä saatava energia/neliökilometri on enemmän kuin mitä yksi ydinvoimala tuottaisi (Roine, 2008). Aurinkovoiman talteenottoteknologia on ollut olemassa jo vuosikymmeniä, mutta menetelmiä ei ole kehitetty kuin vähän viimeisen

kymmenen vuoden sisällä. Haittapuolia on auringon epäsäännöllisyys vuodenaikoihin tai vuorokauden kellonaikaan nähden ja että energian kerääminen täytyy tapahtua laajalta alueelta. (Luukko, 2012.)

Muita haittapuolia on aurinkopaneelien ylikuumentuminen. Jotkut yritykset ovat yrittäneet linsseillä ja peileillä suurentaa energiansaantia kohdistamalla auringon säteily paremmin paneeleihin. Eräs yhdysvaltalainen yritys on kehittänyt kartionmallisen aurinkokennon, joka pyörii akselinsa ympäri jäädyttäen kennoja poistamalla sen auringon säteilyltä. Lisäksi ei ilmansuunnalla ole väliä, sillä mistä suunnasta tahansa aurinko paistaa niin se osuu kartioon. Tämän menetelmän on sanottu tuottavan 20 kertaa enemmän sähköä kuin vastaavankokoisilla aurinkokennoilla. (Luotola, 2012.)

Aurinkoenergian hyödyntämisen uusia keksintöjä on kuitenkin tullut viime aikoina varsin paljon. Patentti- ja rekisterihallituksen mukaan patenttihakemuksia puhtaaseen teknologiaan liittyen tulee noin yhdeksän prosenttia, joista suurin osa liittyy aurinkoenergian hyödyntämiseen. (Jantunen, 2016.) Tarvitaan jokin menetelmä, joka on tehokas ja edullinen pientalon omistajalle.

#### Tuulivoiman tehostaminen

Jotta kuluttaja voi itse nauttia tuulivoimasta, tulisi järkevän hintaisia tuulivoimala pientalopaketteja tulla myyntiin rautatavaraliikkeisiin kaikkien asennettavaksi ja käytettäväksi. Joidenkin nettisivujen mukaan niitä voi jo itse ostaa ja asentaa (Rakennusmaailma, 2008, Kokkonen, 2012).

#### Ekologisten lämmitysmuotojen laajentaminen

Mikäli Suomessa halutaan pienentää hiilidioksidipäästöjä, tulee ekologisten energialähteiden yleistyä siinä määrin, että se on helppo asiakkaan valita omaan taloonsa lukuisien vaihtoehtojen ja edullisuutensa takia. Lukuisia vaihtoehtoja löytyy jo, mutta jotta ekologiset energialähteet yleistyisivät, tulee tapahtua kehitystä sekä menetelmissä että vaihtoehtoissa.

#### Puun käytön tehostaminen rakentamisessa

Tämän työn yhteydessä selvisi, että ekologisin materiaali on puu. Mikä toisaalta voi tehdä puusta epäekologisen rakennusmateriaalina on, että kaadettuja puita ei korvata uusilla niiden tilalle istutetuilla puilla. Myös muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna puulla voi olla hyvin lyhyt käyttöikä, useat huoltovälit tai huono lämpöläpäisykerroin verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Useasti kilpailevat materiaalit kuten kivi, lasi, metalli, muovi tai tiili voivat ohittaa puun ekologisuudellaan niiden pitkän käyttöiän, helppohoitoisuuden tai erinomaisen lämpöläpäisykerroimen ansiosta. Kehitysideana esitän, että puuta kehitettäisiin rakennusmateriaalina siten, että käyttöikä ja huoltoväli pitenisivät ja että sen lämpöläpäisykerroin voisi kilpailla nykyisten muiden erinomaisten materiaalien kanssa. Tärkeä osa on myös alhaisen hinnan säilyttäminen niin, että puun valitseminen rakennusmateriaalina olisi yleisesti kannattavaa ja haluttavaa. Ainakin puukuitueristettä ollaan jo kehittämässä niin, että sen lämmönläpäisevyys olisi lähellä polyuretaanin (Rakennusmaailma 2014).

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Arevasolar.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: <http://www.arevasolar.fi/>  
Polku: Aurinkoenergia. Aurinkolaskuri.

Artichouse.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-03] Saatavissa: <http://www.artichouse.fi/>  
Polku: Artichousen hirsitalopaketit. Ekologinen valinta

Aurinkosahkoakotiin.fi a. [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.aurinkosahkoakotiin.fi/>

Polku: Säästä Energiaa. Aurinkosähköä kotiin. Milloin ja miten. Suunnittelu. Järjestelmän mitoitus, sijoitus ja suuntaus. Katso lisätietoja.

Aurinkosahkoakotiin.fi b. [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://aurinkosahkoakotiin.fi/>

Polku: UKK. Mitä tarkoittaa aurinkopaneelin nimellisteho, huipputeho ja kWp?.

Aurinkovirta.fi a. [verkkoaineisto] [viitattu 18.04.2016] Saatavissa: [www.aurinkovirta.fi](http://www.aurinkovirta.fi/)  
Polku: Aurinkosähkö. Aurinkosähkövoimala

Aurinkovirta.fi b. [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://aurinkovirta.fi/>  
Polku: Kysymyksiä.

Betoni.com [verkkoaineisto] [viitattu 2016-03-25] Saatavissa: <http://www.betoni.com/>  
Polku: Tietoa betonista. Betoni ja kestävä kehitys. Betonin käyttöikä

Biohousing.eu.com [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-10] Saatavissa: <http://www.biohousing.eu.com/>

Polku: Heating tool. Open heating tool.

EHRENBERG, Rachel 2015-09-02. Global count reaches 3 trillion trees. Nature. [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.nature.com/news/global-count-reaches-3-trillion-trees-1.18287>

Ekotaito.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.ekotaito.fi/>  
Polku: Ekorakentaminen.

Ekovilla.com [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.ekovilla.com>  
Polku: Tuotteet. Ekovillalevy. Tuoteseloste

Energia.fi a. [verkkoaineisto] [viitattu 2015-11-17] Saatavissa: <http://energia.fi>  
Polku: Koti ja lämmitys. Kaukolämmitys

Energia.fi b. [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://energia.fi/>  
Polku: Energia ja ympäristö. Energialähteet. Ydinvoima.

Energia.fi c. [verkkoaineisto] [viitattu 2015-11-17] Saatavissa: <http://energia.fi>  
Polku: Energia ja ympäristö. Kaukolämpö ja kaukojäähdytys. Tuotanto ja polttoaineet

Energiatehokaskoti.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-02] Saatavissa: <http://www.energiatehokaskoti.fi>

Polku: Perustietoa. Hyvä tietää.

Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen. [verkkodokumentti] Finlex. [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>

Energiavirasto.fi [verkkodokumentti] [viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <https://www.sahkonhinta.fi/tilastot/Hintojenkehitys.xlsx>

Europa.eu [verkkodokumentti] [viitattu 2016-02-19] Saatavissa: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu\\_cmsaf\\_opt/G\\_opt\\_FI.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_cmsaf_opt/G_opt_FI.png)

Fennovoima.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.fennovoima.fi/>  
Polku: Fennovoima. Ydinvoima. Ydinjäte.

Finnfoam.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.finnfoam.fi/>  
Polku: Tuotteet. Finnfoam-eristelevyt. Ominaisuudet. Lämmöneristävyys.

Finnsementti.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-03] Saatavissa: <http://www.finnsementti.fi/>  
Polku: Tietoa betonista

Finnwind.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.finnwind.fi/aurinkovoima/>  
Polku: FAQ. Usein Kysyttyä Aurinkosähköstä.

Fortum.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.fortum.com>  
Polku: Energiansäästö. Aurinkopaneelipaketit.

HAAPALA, Jari 2012-10-02 Ilmastotutkija: Jos metaani vapautuu ilmakehään, niin peli on pelattu.  
Yle.fi [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: [http://yle.fi/uutiset/ilmastotutkija\\_jos\\_metaani\\_vapautuu\\_il-makehaan\\_niin\\_peli\\_on\\_pelattu/6317948](http://yle.fi/uutiset/ilmastotutkija_jos_metaani_vapautuu_il-makehaan_niin_peli_on_pelattu/6317948)

Htenerco.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-19] Saatavissa: <http://www.htenerco.fi>  
Polku: Bioenergiälämmitys. Polttoainevertailu.

Isover.fi a [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.isover.fi/>  
Polku: Tuotteet. Rakennuseristeet. Kevyet rakennuseristeet.

Isover.fi b [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: <http://www.isover.fi/>  
Polku: Tuotteet. Työohjeet. Puhallusvillan asennus

JANTUNEN, Heikki 2016-01-14. Aurinkoenergia innostaa keksijöitä. Verkko uutiset [viitattu 2016-02-08] Saatavissa: <http://www.verkkouutiset.fi/kotimaa/prh%20keksinto%20patentti%20aurinko-45361>

Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön [verkkodokumentti] [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: [www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka\\_miehen\\_opas\\_motiva.pdf](http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka_miehen_opas_motiva.pdf)

Kair.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-19] Saatavissa: <http://kair.fi>  
Polku: Ilmanvaihdon ABC

KASKIARO, Tiina 2014-08-25. Kivi on paras. Kivifaktaa [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.kivifaktaa.fi/kivi-on-paras/>

KARISMO, Anna 2015-06-11 Kaukolämmön hinta on noussut liki kolmanneksen viidessä vuodessa.  
Kotitalolehti.fi [viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <http://www.kotitalolehti.fi/2015/06/kaukolammon-hinta-on-noussut-liki-kolmanneksen-viidessa-vuodessa/>

KIISKI, Timo, arkistoartikkeli a. Näin vertailimme lämmitysmuotoja. Suomela [viitattu 2016-02-09] Saatavissa: <http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammitys-energiaAnna/Nain-vertailimme-lammitys-muotoja-49816>

KIISKI, Timo, Arkistoartikkeli b. Lisälämmitysjärjestelmät [viitattu 2016-03-23] Saatavissa: <http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammitys-energiaAnna/Lisalammitysjarjestelmat--49817>

Knx.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: <http://www.knx.fi/>

KOIVUKOSKI Janne, JANTUNEN Matti, PAATERO Jussi 2011-06-09 Tšernobyl räjähti, Fukushima kiehahti. Tiede.fi [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: [http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/t\\_ernobyl\\_rajahti\\_fukushima\\_kiehahti](http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/t_ernobyl_rajahti_fukushima_kiehahti)

KOKKONEN, Yrjö 2012-11-30. Tuulivoimalan omistaja iloitsee talvimyrskystä. YLE Uutiset [viitattu 2016-02-09] Saatavissa: [http://yle.fi/uutiset/tuulivoimalan\\_omistaja\\_iloitsee\\_talvimyrskysta/6398851](http://yle.fi/uutiset/tuulivoimalan_omistaja_iloitsee_talvimyrskysta/6398851)

KOSKI, Jukka, arkistoartikkeli. Talonrakentaja: kiinnitä huomiota seuraaviin asioihin. Suomela.fi [viitattu 2016-02-10] Saatavissa: <http://www.suomela.fi/rakentaminen/Rakentaminen-uusi-talo/Talonrakentaja-kiinnita-huomiota-seuraaviin-asioihin-49814>

KYYRÖ, Sampo 2015-07-04. Startup-yritys pyrkii kasvattamaan miljardi puuta vuodessa - Lennokkien avulla. Tekniikka&Talous [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/2015-04-07/Startup-yritys-pyrkii-kasvattamaan-miljardi-puuta-vuodessa---Lennokkien-avulla-3259865.html>

KÄHÖ, Tiina 2015-04-20 Yritykset matkalla hiilineutraaleiksi – millä pelisäännöillä? Sitra.fi [viitattu 2016-03-01] Saatavissa: <http://www.sitra.fi/artikkelit/hiilineutraali-teollisuus/yritykset-matkalla-hiilineutraaleiksi-milla-pelisaannoilla>

LIU, Coco 2015-04-24. China's Great Green Wall Helps Pull CO2 Out of Atmosphere. Scientific American [viitattu 2016-02-05] Saatavissa: <http://www.scientificamerican.com/article/china-s-great-green-wall-helps-pull-co2-out-of-atmosphere/>

LUKANDER, Martti 2010-02-17 Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen omakotitalossa. Rakennusperinto.fi [viitattu 2016-02-17] Saatavissa: [http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus\\_artikkelit/fi\\_FI/Painovoimaisen\\_ilmanvaihdon\\_tehostaminen\\_omakotitalossa/](http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Painovoimaisen_ilmanvaihdon_tehostaminen_omakotitalossa/)

LUOTOLA, Janne 2012-10-04. Pyörivä aurinkopaneeli tuottaa 20 kertaa enemmän sähköä kuin tavallinen. Tekniikka&Talous. [viitattu 2016-02-08] Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2012-10-04/Py%C3%B6riv%C3%A4-aurinkopaneeli-tuottaa-20-kertaa-enemm%C3%A4n-s%C3%A4hk%C3%B6%C3%A4-kuin-tavallinen-3310885.html>

LUUKKA, Teemu 2016-01-12 Öljyn hinta laskenut alimmilleen 12 vuoteen. HS.fi [viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <http://www.hs.fi/talous/a1452567329338>

LUUKKO, Kaj 2012-03-25. Solixi – aurinkoenergiaa talteen uudella keksinnöllä. Planeetta.wordpress.com. [viitattu 2016-02-08] Saatavissa: <https://planeetta.wordpress.com/2012/03/25/solixi-aurinkoenergiaa-talteen-uudella-keksinnolla/>

MAINIO, Tapio 2013-03-04 Pullotalo voi olla homepommi. HS.fi [viitattu 2016-03-23] Saatavissa: <http://www.hs.fi/kotimaa/a1362284970228>

MERIKALLIO, Katri 2008-11-21 Ilmastonmuutos: Metaanin määrä ilmakehässä on kasvanut hälyttävän nopeasti. Suomenkuvalehti.fi [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: <http://suomenkuvalehti.fi/juttu/tiede/ilmastonmuutos-metaanin-maara-ilmakehassa-on-kasvanut-halyttavan-nopeasti/>

Metsälehti.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <http://www.metsalehti.fi>  
Polku: Puunhinta.

Motiva.fi a [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>  
Polku: Toimialueet. Uusiutuva energia. Tuulivoima

Motiva.fi b [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>  
Polku: Toimialueet. Uusiutuva energia. Vesivoima

Motiva.fi c [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>  
Polku: Toimialueet. Uusiutuva energia. Bioenergia.

Motiva.fi d [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>  
Polku: Toimialueet. Uusiutuva energia. Aurinkoenergia. Aurinkolämpö. Itserakennetut keräimet.

Motiva.fi e [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>  
Polku: Toimialueet. Uusiutuva Energia. Aurinkoenergia: Aurinkolämpö. Passiivinen Aurinkoenergia

Motiva.fi f [verkkoaineisto] [viitattu 2015-11-19] Saatavissa: <http://www.motiva.fi>  
Polku: Rakentaminen. Lämmitysjärjestelmän valinta. Lämmitysmuodot. Maalämpöpumppu

Motiva.fi g [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-17] Saatavissa: <http://www.motiva.fi>  
Polku: Rakentaminen. Rakentajan ohjeet. Hyvä talo. Ilmanvaihto.

Motiva.fi h [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-17] Saatavissa: <http://www.motiva.fi>  
Polku: Koti ja asuminen. Taloyhtiöt. Energiaeksperttitoiminta. Lähtötilanteeseen tutustuminen. Ilmanvaihtojärjestelmä.



Mtv.fi 2015-05-06 [verkkoaineisto] [viitattu 2016-03-25] Saatavissa: <http://www.mtv.fi/lifes-tyle/koti/artikkeli/osaatko-huoltaa-tiilikaton-tarkista-kunto-ennen-kuin-on-liian-myohaista/5061178>

Muoviteollisuus.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.muoviteollisuus.fi>

NYLUND, Petra 2011-01. Lämpöä uuteen taloosi – mitä se oikein maksaa?. s. 16-17. Katternö [viitattu 2016-02-09] Saatavissa: <https://www.katterno.fi/assets/Publikationer/Kattern12011FIslutlig-res.pdf>

Ovetikkunat.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: [www.ovetikkunat.fi/](http://www.ovetikkunat.fi/)  
Polku: Autotallit. Teräsautotallit. TeräsAutotalli 201 6 x 6 m.

Paroc.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/>  
Polku: Ratkaisut ja tuotteet. Tuotteet.

Pellettienergia.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-25] Saatavissa: <http://www.pellettienergia.fi>  
Polku: Tietoa. Ympäristö.

PELTOKORPI, Mikko 2014-12-03. Johtaja Mäkelä, rakentamisenne laadussa on ongelmia. Rakennuslehti [viitattu 2016-02-09] Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/blogit/johtaja-makela-rakentamisenne-laadussa-on-ongelmia/>

Puukuitueriste Kätevä [verkkodokumentti] Loimaanrakennuseriste.fi [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: [http://loimaanrakennuseriste.fi/wp-content/uploads/2014/08/Kateva\\_A4\\_esite\\_01.pdf](http://loimaanrakennuseriste.fi/wp-content/uploads/2014/08/Kateva_A4_esite_01.pdf)

PUUNTUOTTOAJA, Paavo 2015-04-28 Puukuutio sitoo ilmasta tonnin hiilidioksidia talteen. Puuntuottaja.com [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.puuntuottaja.com/puukuutio-sitoo-ilmasta-tonnin-hiilidioksidia-talteen/>

Puurakenteiden kestoikä [verkkodokumentti] Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry. [viitattu 2016-03-25] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110402.pdf>

Rakennusmaailma 2014-11-19. Polyuretaaniin vertautuva puukuitueriste kehitteillä. Rakennusmaailma.fi [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: <http://rakennusmaailma.fi/artikkelit/polyuretaaniin-vertautuva-puukuitueriste-kehitteilla>

Rakennusmaailma 2008-01-29. Pientuulivoimala keventää sähkölaskua. Rakennusmaailma [viitattu 2016-02-09] Saatavissa: <http://rakennusmaailma.fi/artikkelit/pientuulivoimala-keventaa-sahkolaskua>

Rakennusmääräyskokoelma C3/2010 [verkkodokumentti] Finlex [viitattu 2016-02-09] Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010\\_suomi\\_221208.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf)

Rakennusosien kustannuksia. 2015. Rakennustieto. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakentaja.fi 2015-09-21 Perustukset Ruduksen valmisbetonista. Rakentaja.fi [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: [http://www.rakentaja.fi/artikkelit/8191/betonista\\_perustus\\_varman.htm](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/8191/betonista_perustus_varman.htm)

Rakentajanekolaskuri.fi a. [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-17] Saatavissa: <http://www.rakentajanekolaskuri.fi/>  
Polku: Laskurit. Rakentajan Ekolaskuri Pro.

Rakentajanekolaskuri.fi b. [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-17] Saatavissa: <http://www.rakentajanekolaskuri.fi/>  
Polku: Tietoa rakentajalle

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2003. 2002. Helsinki: Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS.

RakMK D3. Rakennusten energiatehokkuus Määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Helsinki: Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS.

ROINE, Antti 2008-04-11 Roine: Älkää unohtako auringon energiaa. Suomenkuvalehti.fi [viitattu 2016-04-18] Saatavissa: <http://suomenkuvalehti.fi/jutut/mielipide/puheenvuoro/roine-alkaa-unohdako-auringon-energiaa/>

RT-38437. RaniMoBar höyrynsulkukalvo. Helsinki: Rakennustieto

Selluvilla [verkkodokumentti] Selluvilla.net [viitattu 2016-02-16] Saatavissa: [http://www.selluvilla.net/images/Sellu\\_2013\\_Webb.pdf](http://www.selluvilla.net/images/Sellu_2013_Webb.pdf)

Suomenekotalot.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-25] Saatavissa: <http://www.suomenekotalot.fi>  
Polku: Energian-tuotto. Aurinkokeräin NN10-HP.

Suonionsahajahoylaamo.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: <http://www.suonionsahajahoylaamo.fi/>  
Polku: Puutavara.

Symbioosi.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.symbioosi.org>  
Polku: Kierrätys. Energijäte.

Talo2020.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-01] Saatavissa: <http://www.talo2020.fi>

Tiili-info.fi [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.tiili-info.fi>

Tiilitalo elää tätä päivää. Solidhouse.fi [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: <http://solidhouse.fi/tiilitalo-elaa-tata-paivaa/>

Timber.UPM.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-03] Saatavissa: <http://timber.upm.com/FI/>  
Polku: Ympäristö. Ekologinen puu

Tuuliatlas.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: [www.tuuliatlas.fi](http://www.tuuliatlas.fi)  
Polku: Tuulisuus Suomessa.

Ulvilanseurakunta.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-24] Saatavissa: <http://www.ulvilanseurakunta.fi/>  
Polku: Kirkot ja tilat. Ulvilan kirkko.

Vatajankoski.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <http://www.vatajankoski.fi>  
Polku: Usein kysytyä. Lämmitysasiat. Sopsisiko maalämpö minun kotiini.

Vedensäästöopas [verkkodokumentti] Oras.com [viitattu 2016-02-23] Saatavissa: [http://www.oras.com/fi/professional/products/producttypes/Documents/watersavingguide\\_oras\\_FI.pdf](http://www.oras.com/fi/professional/products/producttypes/Documents/watersavingguide_oras_FI.pdf)

VNK asetus 65/2009 [verkkoaineisto] Finlex [viitattu 2016-03-24] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090065>

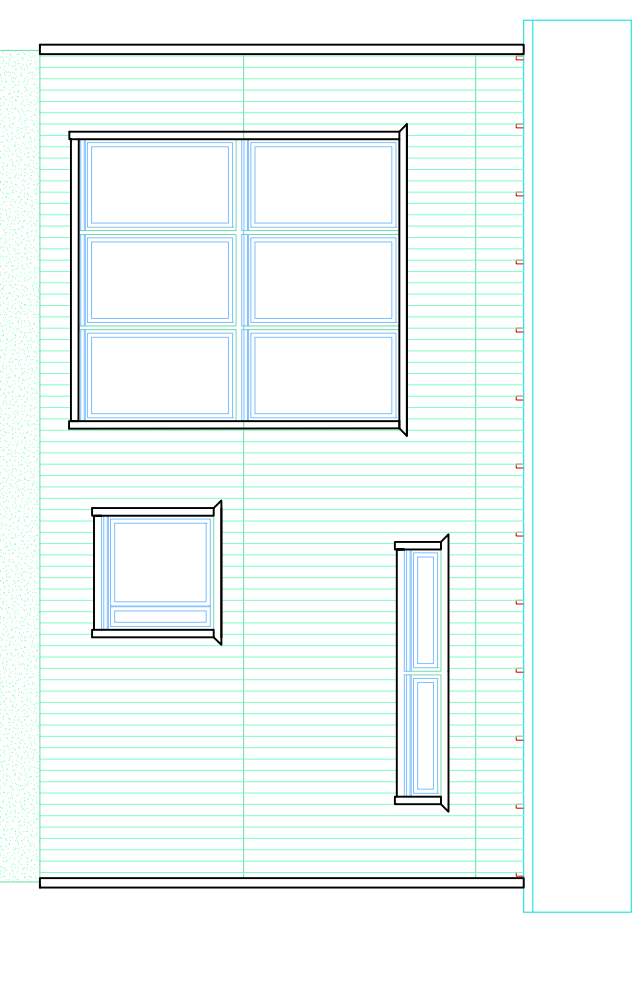
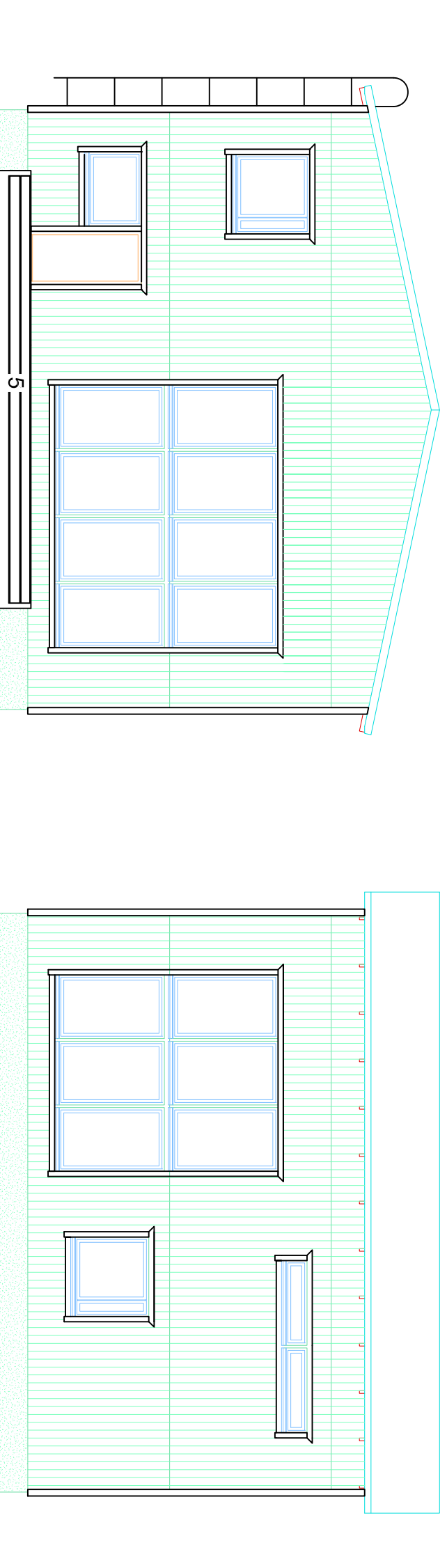
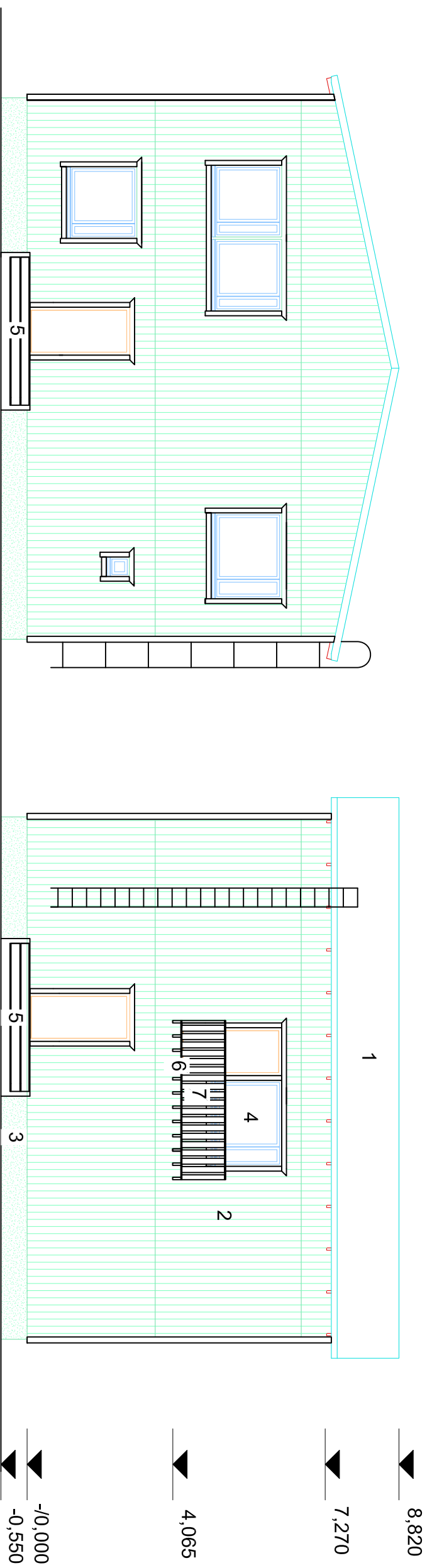
VÄKEVÄ, Jouni 2015-07-02 Suomen metsävarat kasvavat jatkuvasti. Metsäteollisuus.fi [viitattu 2016-02-22] Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/metsat-puuhuolto/metsien-vastuullisen-kaytto/Suomen-metsavarat-kasvavat-jatkuvasti-73.html>

Wienerberger.fi [verkkodokumentti] [viitattu 2016-03-25] Saatavissa: [www.wienerberger.fi/cs/Satellite?blobcol=urlimageupload&blobkey=id&blobtable=WBDwnload&blobwhere=1366063466421&ssbinary=true](http://www.wienerberger.fi/cs/Satellite?blobcol=urlimageupload&blobkey=id&blobtable=WBDwnload&blobwhere=1366063466421&ssbinary=true)

YLÖNEN, Pekko 2016-01-29 Sähkön hinta nousee – siirtomaksujen korotukset yllättivät Energiaviraston. Mtv.fi [viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <http://www.mtv.fi/uutiset/kotimaa/artikkeli/sahkon-hinta-nousee-siirtomaksujen-korotukset-yllattivat-energiaviraston/5713496>

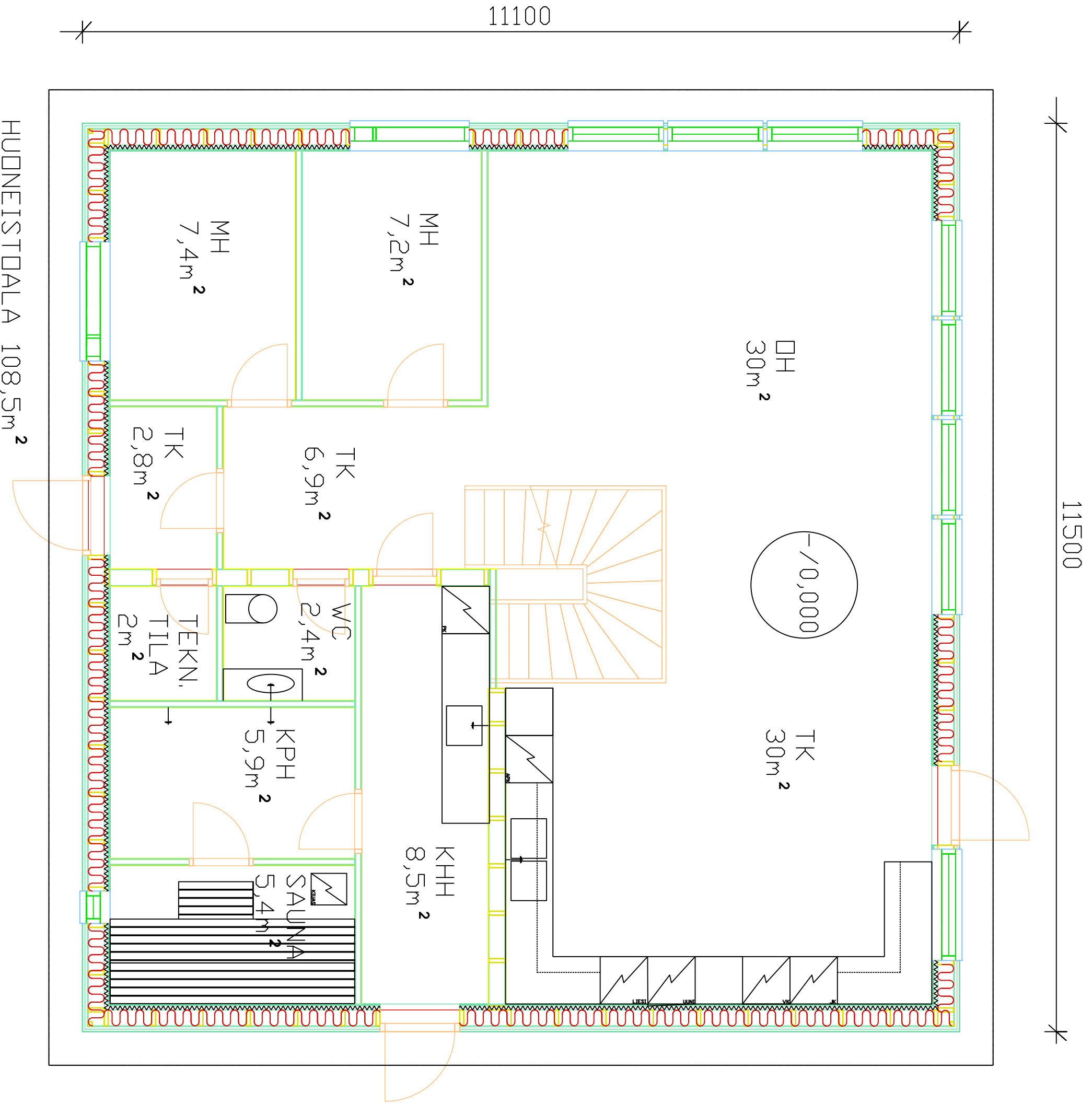
Ym.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-03-25] Saatavissa: <http://www.ym.fi/>  
Polku: Ympäristö. Ilmasto ja ilma. Ilmastonmuutoksen hillitseminen.

Ymparisto.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2016-02-04] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/>  
Polku: Rakentaminen. Rakennuksen energia ja ekotehokkuus. Rakennusmateriaalien ympäristövai-  
kutukset ja materiaalitehokkuus



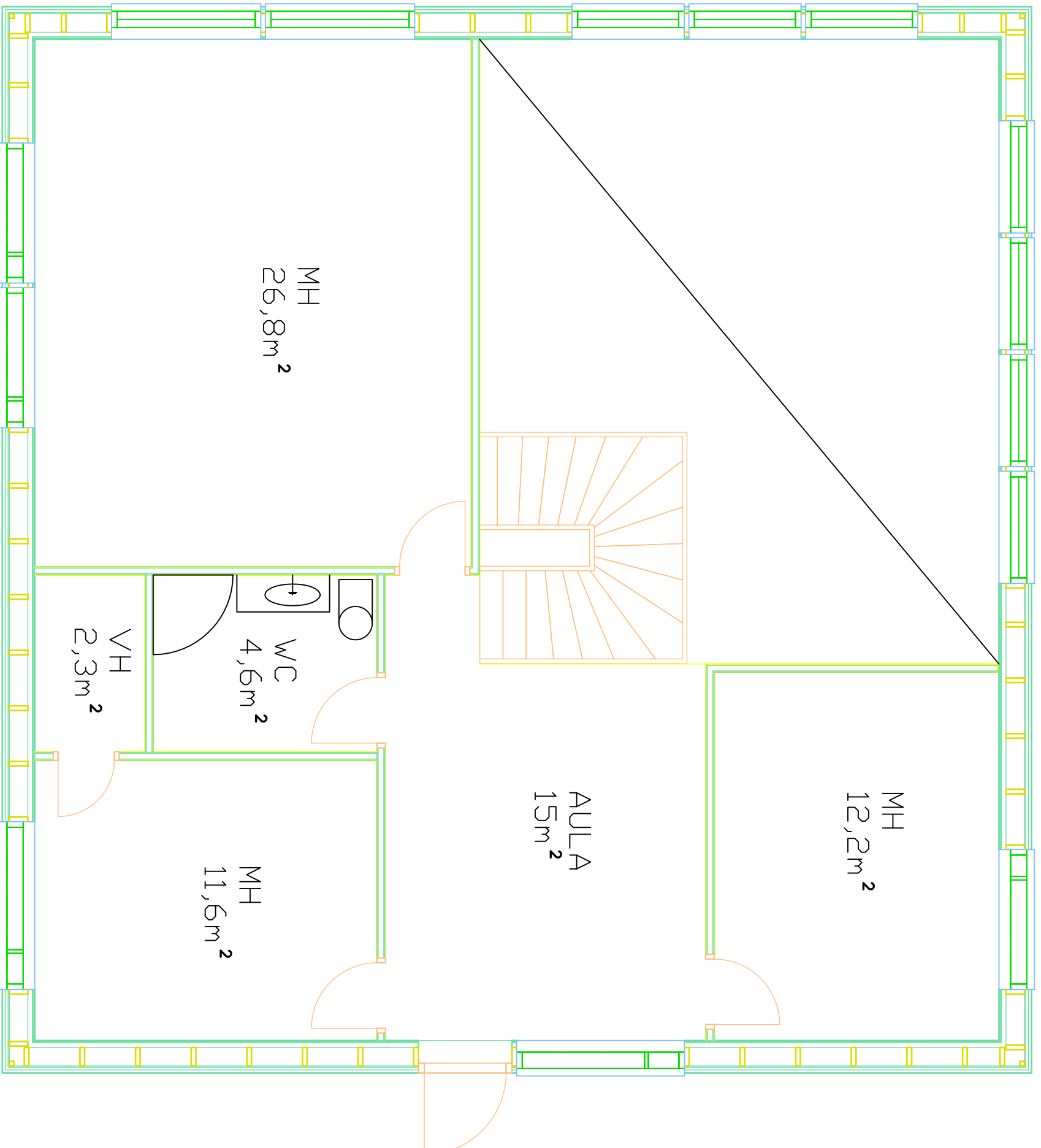
1. TIILIKATTO, RUSKEA
2. ULKOVERHOUSPANEELLI, KELTAINEN
3. SOKKELIRAPPAUS HARMAA
4. IKKUNALISTA, VALKOINEN
5. TERASSI, Pintakäsitelty puu
6. PARVEKE, Pintakäsitelty puu
7. PARVEKKEEN KAITTEET, VALKOINEN

Suunnittelija:	Päiväys:	Mittosuhde:	Koodi:
Ville Pörkkö	23.3.2016	1:100	JS
Rakennuskohde:	Sisältö:		
Ekologiset ja kustannustehokkaat ratkaisumot	Julkaisu kuvat		
pienitalorakentamisessa –opindälyö			



HUONEISTOTALA 108,5m<sup>2</sup>

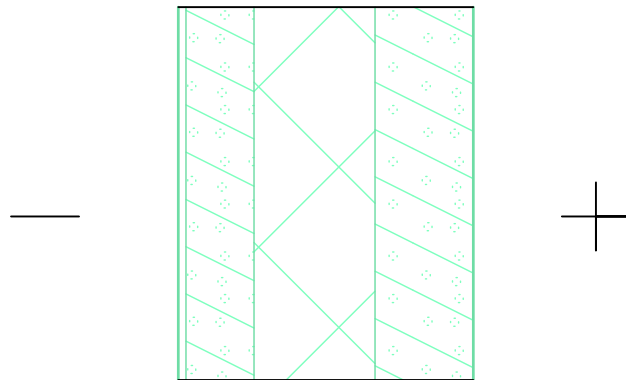
Suunnittelija:	Päiväys:	Mittosuhde:	Koodi:
Ville Pärkkä	23.3.2016	1:50	1krs
Rakennuskohde:		Sisältö:	
Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat		1krs pohjopiirros	
pienitalorakentamisessa – opinnäytelyö			



HUONEISTODALA 72,5m<sup>2</sup>

Suunnittelija: Ville Pärkkö	Päiväys: 23.3.2016	Mittasuhte: 1:50	Koodi: 2krs
Rakennuskohde: Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa – opinnäytetyö		Sisältö: 2krs pohjapiirros	

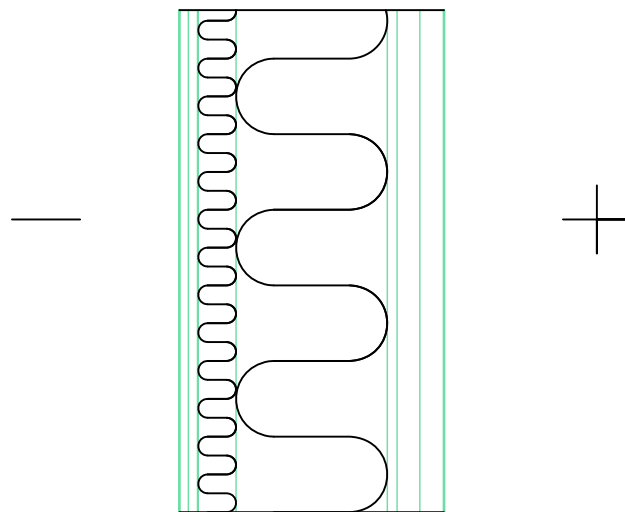
Suunnittelija: Ville Pärkkä	Päiväys: 23.3.2016	Mittasuhte: 1:10	Koodi: US1
Rakennuskohde: Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa –opinnäytetyö		Sisältö: Ulkoseinä	



- 1) Rappaus 10mm 0,13 W/mK
- 2) Kevytsoraharkko LTH-380 U-arvo= 0,15 W/m<sup>2</sup>K

Lämmönläpäisykerroin: 0,15 W/m<sup>2</sup>K

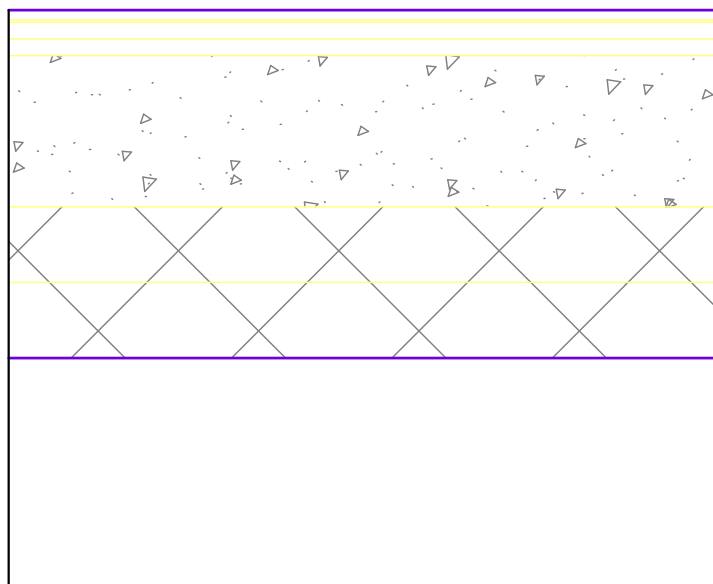
Suunnittelija: Ville Pärkkä	Päiväys: 23.3.2016	Mittasuhte: 1:10	Koodi: US2
Rakennuskohde: Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa –opinnäytetyö		Sisältö: Ulkoseinä	



- 1) Ulkopaneeliverhous, pysty 32mm 0,13 W/mK
- 2) Puukoolaus K400 tuulettuva ilmarako 30mm
- 3) Tuulensuojalevy 13mm 0,035 W/mK
- 4) Puurunko 50x200 k600 Ekovilla 200mm 0,039 W/mK
- 5) Ekovilla 50mm 0,039 W/mK
- 6) Höyrynsulkupaperi 1mm
- 7) Kipsilevy 13mm 0,23 W/mK
- 8) Kipsilevy 13mm 0,23 W/mK
- 9) Pintakäsittely

Lämmönläpäisykerroin: 0,14 W/m<sup>2</sup>K

Suunnittelija: Ville Pärkkä	Päiväys: 23.3.2016	Mittasuhte: 1:10	Koodi: AP
Rakennuskohde: Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa –opinnäytetyö		Sisältö: Alapohja	

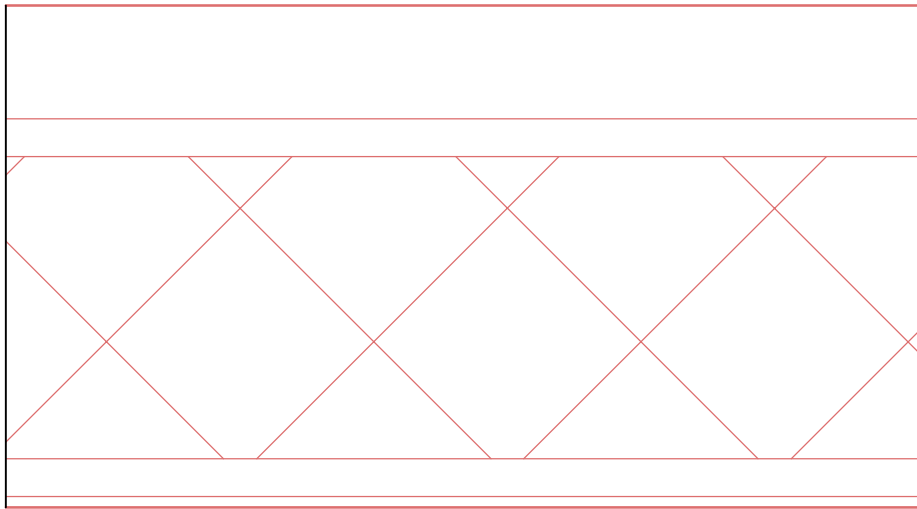


- 1) Parketti 13mm 0,1 W/mK
- 2) Solumuovi 3mm 0,1 W/mK
- 3) Lastulevy, pontattu 22mm 0,14 W/mK
- 4) Lastulevy, pontattu 22mm 0,14 W/mK
- 5) Paikallavalubetoni 200mm 2,3 W/mK
- 6) Eristelevy EPS 100 Lattia 100mm  $\lambda_D = 0,033$  W/mK
- 8) Eristelevy EPS 100 Lattia 100mm  $\lambda_D = 0,033$  W/mK
- 7) Sorakerros 300mm 2,0 W/mK

Lämmönläpäisykerroin: 0,13 W/m<sup>2</sup>K



Suunnittelija: Ville Pärkkä	Päiväys: 23.3.2016	Mittasuhte: 1:10	Koodi: YP
Rakennuskohde: Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa – opinnäytetyö		Sisältö: Yläpohja	



- 1) Ilmaväli 150mm 0,025 W/mK
- 2) Tuulensuojalevy 50mm 0,035 W/mK
- 3) Ekovilla puhalluseriste 400mm 0,039 W/mK
- 4) Ilmansulkupaperi
- 5) Puukoolaus k400 ilmaväli 50mm 0,025 W/mK
- 6) Sisäpaneli 14mm 0,1 W/mK

Lämmönläpäisykerroin: 0,08 W/m<sup>2</sup>K

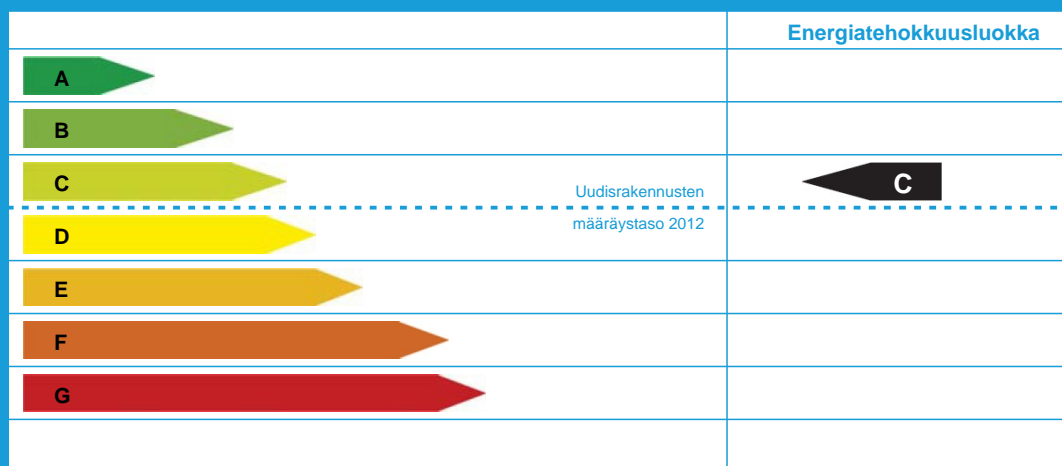
# ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: ?  
?  
?

Rakennustunnus: ?  
Rakennuksen valmistumisvuosi: ?

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: Pientalo

Todistustunnus: ?



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

123

kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>vuosi

Todistuksen laatija:  
?

Yritys:  
?  
?

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

?

Viimeinen voimassaolopäivä:

?

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup> 224.64  
Lämmitysjärjestelmän kuvaus /  
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus Poistoilmalämpöpumppu

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Sähkö	16136	72	1.70	122.1
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	5117	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				123

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko Erilliset pientalot

Luokkien rajat asteikolla

A: ...78

B: 79 ... 122

C: 123 ... 157

D: 158 ... 237

E: 238 ... 367

F: 368 ... 437

G: 438 ...

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

C

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 energiakulutus. 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

## E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka Pientalo (Erilliset pientalot)

Rakennuksen valmistumisvuosi ? Lämmitetty nettoala 224.64 m<sup>2</sup>

### Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q50	4.0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )			
	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %	
Ulkoseinät	260.50	0.14	36.47	29.95	
Yläpohja	112.30	0.08	8.98	7.38	
Alapohja	112.30	0.13	14.60	11.99	
Ikkunat	53.06	0.80	42.45	34.86	
Ulko-ovet	8.10	0.60	4.86	3.99	
Kylmäsiillat	-	-	14.42	11.84	

### Ikkunat ilmansuunnittain

	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	g <sub>kohtisuora</sub> -arvo	
Pohjoinen	-	-	-	
Itä	-	-	-	
Etelä	-	-	-	
Länsi	-	-	-	
Koillinen	2.55	0.80	0.59	
Kaakko	9.10	0.80	0.59	
Lounas	18.40	0.80	0.59	
Luode	23.01	0.80	0.59	

### Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Poistoilmalämpöpumppu			
	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto C
Pääilmanvaihtokoneet	0.090 / 0.090	2.0	>70	5.00
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.090 / 0.090	2.0	-	-

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 70 %

### Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	/			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde	Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkökäyttö (2) kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	2.10	2.50
LKV:n valmistus	-	96 %	2.10	0.89

(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija Ilmalämpöpumppu		

### Jäähdytysjärjestelmä

	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin
Jäähdytysjärjestelmä	-

### Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmin käyttövesi	322.00	19

### Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

	Käyttöaste	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	2.00	3.00	
Valaistus	60 % 10 %			8.00

## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka Pientalo (Erilliset pientalot)

Rakennuksen valmistumisvuosi ?  
Lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup> 224.64  
E-luku, kWhE/(m<sup>2</sup>vuosi) 123 (< raja=157)

### E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö	16136	1.70	27431	122.1
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>16136</b>		<b>27431</b>	<b>122.1</b>

### Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Aurinkokeräimet	1544	6.87
Aurinkokennot/tuulivoima	10500	46.74

### Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus

	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys (1)	2.5	116.3	
Tuloilman lämmitys			
Lämpimän käyttöveden valmistus	0.9	25.6	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus			
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22.8		
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>26.2</b>	<b>141.9</b>	<b>0</b>

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

### Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen lämmitys (2)	19699	88
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	0	0
Lämpimän käyttöveden valmistus	4200	19
Jäähdytys	0	0

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

### Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Aurinko	11770	52.39
Ihmiset	2361	10.51
Kuluttajalaitteet	3542	15.77
Valaistus	1574	7.01
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä	683	3.04

### Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

www.laskentapalvelut.fi, versio 1.4 (18.05.2015)

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

#### Ostettu energia

kWh/vuosi

kWh/(m<sup>2</sup>vuosi)

#### Ostetut polttoaineet (1)

polttoaineen  
määrä  
vuodessa

yksikkö

muunnos-  
kerroin  
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m<sup>2</sup>vuosi)

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

#### Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä  
Kaukolämpö yhteensä  
Polttoaineet yhteensä  
Kaukojäähdytys  
**YHTEENSÄ**

kWh/vuosi

kWh/(m<sup>2</sup>vuosi)

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. Näidensyiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

## 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	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
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	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
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	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

## Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian säästö</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

## Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian säästö</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

## Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

### Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)



## LISÄMERKINTÖJÄ

Rakennuskohde Rakennuslupatunnus	?, ?, ?
Rakennustyyppi	Pientalo
Pääsuunnittelija	?
Tasauslaskelman tekijä	?, ?
Päiväys	?
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

**Rakennuksen laajuustiedot**

Rakennustilavuus	675.9	rak-m <sup>3</sup>
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	271.4	m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	224.64	m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	0	m <sup>2</sup>
Rakennusluokka (1-9)	1	
Rakennuksen kerros määrä	2	kerrosta

**Laskentatuloksia**

- Julkisivujen pinta-ala on 322 m<sup>2</sup>
- Ikkunapinta-ala on 20 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
- Ikkunapinta-ala on 16 % julkisivujen pinta-alasta
- Lämpöhäviö on 86 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
- Lämpöhäviö on 0 % vertailutasosta (puoliämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]		U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus Ominaislämpöhäviö, W/K [Hjoht = A*U]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
<b>RAKENNUSOSAT</b>							
<i>Lämpimät tilat</i>							
Ulkoseinä	272.85	260.50	0.17	0.60	0.14	46.38	36.47
Hirsiseinä	0.00	0.00	0.40	0.60	0.40	0.00	0.00
Yläpohja	112.30	112.30	0.09	0.60	0.08	10.11	8.98
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0.00		0.09	0.60	0.09	0.00	0.00
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) 1)	0.00		0.17	0.60	0.16	0.00	0.00
Alapohja (maanvastainen) 2)	112.30		0.16	0.60	0.13	17.97	14.60
Muu maanvastainen rakennusosa 2)	0.00		0.16	0.60	0.16	0.00	0.00
Ikkunat	40.71	53.06	1.00	1.80	0.80	40.71	42.45
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)	8.10		1.00	-	0.60	8.10	4.86
Kattoikkunat / -kuvut	0.00	0.00	1.00	1.80 / 2.00	1.00	0.00	0.00
<b>Lämpimät tilat yhteensä</b>	546.26	546.26				123.27	107.36
<i>Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</i>							
Ulkoseinät			0.26	0.60			
Hirsiseinä			0.60	0.60			
Yläpohja			0.14	0.60			
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0.14	0.60			
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) 1)			0.26	0.60			
Alapohja (maanvastainen) 2)			0.24	0.60			
Muu maanvastainen rakennusosa 2)			0.24	0.60			
Ikkunat			1.40	2.80			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)			1.40	-			
Kattoikkunat / -kuvut			1.40	2.80			
<b>Puoliämpimät tilat yhteensä</b>							
<b>VAIPAN ILMAVUODOT</b>							
	Ilmanvuotoluku m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> ) [q50]		Vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s [q <sub>v,v</sub> = q50/24 x A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H vuotoilma = 1200* q v, v]		
<b>Vuotoilma</b>	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat	2.0	4.00	0.0126	0.0253	15.17	30.35	
Puoliämpimät tilat	2.0						
<b>ILMANVAIHTO</b>							
	Poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s [q v, p]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [na]		Ominaislämpöhäviö, W/K [Hiv = 1200* q v, p * (1-na)]		
<b>Hallittu ilmanvaihto</b>	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat	0.090		45	70.00	59.40	32.40	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		0.00	0.00	
Puoliämpimät tilat			45				
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0				
<b>Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus</b>						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H joht + H vuotoilma + Hiv]	
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>						Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
						197.84	170.11
<b>Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>							

Rakennuskohde ?, ?, ?  
Rakennuslupatunnus

### Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)

#### Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
x	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa
- Puolilämpimissä tiloissa

x	
x	

#### Rakennusosien U-arvot

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
x	

#### Rakennusvaipan ilmanpitävyys

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnittelu-arvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- Ipuolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo
x		4.00	4.00 W/K
x		4.00	4.00 W/K

#### Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnittelu-arvo
x		197.84 W/K	170.11 W/K
x		0.00 W/K	0.00 W/K

#### Tarkistuslistan yhteenveto

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset

kyllä	ei
x	

#### Lisäselvitykset

##### Rakennuksen vuotoilma

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnittelu-arvoa. Suunnittelu-arvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100m<sup>2</sup> loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q50 ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnittelu-arvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.

##### Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m<sup>2</sup> loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnittelu-arvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.

- 1) Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällön osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- 2) Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- 3) Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.