



Kaisa Käräjämäki

ENERGIAKUSTANNUSVERTAILU  
PUUTALOKYMPPI OY:N MATALA-  
ENERGIATALON JA PASSIIVITALON  
VÄLILLÄ

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka ja liikenne  
2011

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kaisa Käräjämäki
Opinnäytetyön nimi	Energiakustannusvertailu Puutalokymppi Oy:n matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä
Vuosi	2011
Kieli	Suomi
Sivumäärä	67 sivua
Ohjaaja	Tapani Hahtokari

---

Muuttuvien energiatehokkuusvaatimusten myötä ihmiset ovat entistä kiinnostuneempia selvittämään erilaisia tapoja rakentaa energiatehokas talo. Koska useat asiat ovat vaikeata ymmärtää ilman rakennusalan koulutusta, koki Puutalokymppi Oy asiakseen tehdä vertailua omista talovaihtoehtoistaan selkokielellä asiakkailensa suunnattuna. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää energiakustannuseroja Puutalokymppi Oy:n matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä.

Apuna tutkimuksessa käytettiin Puutalokymppi Oy:n talomallia Kotiapila 118, josta oli saatavissa kaikki rakennuksia koskevat tiedot aina suunnitteluvaiheista talon pystytyksiin saakka. Näitä tietoja on hyödynnetty opinnäytetyön tekemisessä. Lisäksi informaatiota löytyi Puutalokymppi Oy:n sisäisistä tietolähteistä, kuten myös erilaisesta kirjallisuudesta ja internetistä. Suomen rakentamismääräyskoelmasta sain laskelmiini apua, sekä tietoa vallitsevista määräyksistä, mitä rakennusten tulee täyttää ollakseen matalaenergiataloja tai passiivitaloja. Asiantuntijoiden avulla selvitin myös mahdollisia haasteita koko projektin ajalta, ja näitä tietoja olen myös työssäni hyödyntänyt.

Tutkimus koostui taustatyön tekemisestä, jossa selvitettiin ensimmäisenä mitä molemmat talot oikeasti ovat niin rakenteiltaan, kuin työmääriltäänkin. Seuraavaksi määrittelin mitkä asiat vaikuttavat energiakustannuksiin. Tämän jälkeen suoritin energiakustannusvertailun matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä sekä lyhyellä, että pitkällä aikavälillä. Energiamuotojen hinnannousun otin opinnäytetyössäni huomioon viitteellisesti perustuen kuluneiden seitsemän vuoden hinnannousuun. Tämän ansiosta lopputuloksena oli, että vuoden asumista ajatellen edullisin vaihtoehto olisi sähkölämmitteinen matalaenergiatalo, kun taas kolmenkymmenen vuoden asumiseen edullisimmaksi tulisi poistoilmalämpöpumpulla varustettu passiivitalo. Jälkimmäisellä ei todetuissa tutkimuksissa ollut suurta eroa samalla lämmitysjärjestelmällä varustettuun matalaenergiataloon, mutta passiivitalon ympäristöystävällisyys puhuu hyvin omasta puolestaan. Lopputuloksena työssäni oli että pitkällä aikavälillä passiivitalo tulee lämmitysjärjestelmästä riippumatta edullisemmaksi kuin matalaenergiatalo.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Kaisa Käräjämäki
Title	Energy Cost Comparison between Puutalokymppi Oy's Low Energy House and Passive House
Year	2011
Language	Finnish
Pages	67 pages
Name of supervisor	Tapani Hahtokari

---

People are more interested in finding different ways to build energy effective houses, because of the changing building requests that we have here in Finland. Some things are hard to understand without education, so Puutalokymppi Oy thought that they should do information guide to their customers for them to understand better the differences between their two house options. The target in this investigation was to find out differences between energy costs in Puutalokymppi Oy:s low energy house and passive house.

We used Puutalokymppi Oy's house model Kotiapila 118 in this investigation, because we had all information about those two projects from the planning phase to setting the houses up. Specific information is from Puutalokymppi Oy:s databasis, and different kinds of literature and web sites. The law about building in Finland, gave me information to know the laws about houses regarding the criteria for when they are low energy houses or passive houses. With the help of the experts I found out the challenges about the whole building project in both the houses. The information is also used in my current work.

The study consist of doing the background job, where I researched the structures of both the houses, and the work that has to be done to get these houses ready. Then I tried to define which things effects the energy costs. After these things, I made comparison between the low energy house and passive house for short term and long term solutions. Because of the rising energy costs, I had to take into consideration what the costs might be in 30 years time. I used projected prices in my calculations based on the last seven year price increase. The result was that if someone is going to live just one year in the house, the cheapest alternative is to buy a low energy house with electric heating system. If the inhabitants are going to live there for 30 years, then the cheapest alternative is to build a passive house with a heating pump. The houses were rather similar, the low energy house and passive house, but passive house speaks for it shelf because it is more nature friendly than the low energy house. The last results were that passive house is the best alternative in long term solution, no matter which heating up system the customer is going to use.

---

Key words Energy efficiensy, building, low energy house, passive house

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

1. JOHDANTO.....	6
2. KÄSITTEIDEN SELVITYS .....	7
3. ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT .....	9
3.1 Lainsäädäntö ja energiansäästösopimukset.....	9
3.1.1 Tulevaisuuden muutoksia.....	9
3.1.2 Energiatohokkuusluvun luokitteluasteikko .....	10
3.1.3 EU-maiden ilmastopimus ja energiasopimus.....	11
3.1.4 Kioton pöytäkirja .....	11
3.1.5 Rakennustuotedirektiivi .....	12
3.2 Mihin energiaa tarvitaan .....	13
3.2.1 Lämmitys.....	13
3.2.2 Sähkönkulutus .....	14
3.2.3 Laskennallinen energiantarve .....	15
3.3 Mitkä valinnat vaikuttavat energiakustannuksiin.....	17
3.3.1 Rakenne ja eristys .....	17
3.3.2 Lämmitysjärjestelmät.....	19
3.3.3 Ovet ja ikkunat.....	32
3.3.4 Kulutustottumukset .....	33
4. MATALAENERGIATALO JA PASSIIVITALO .....	35
4.1 Matalaenergiatalo .....	35
4.1.1 Säännöt ja määräykset.....	35
4.1.2 Seinärakenne.....	36
4.1.3 Ikkunat ja ovet .....	37
4.1.4 Kattorakenteet.....	38
4.1.5 Suunnittelu, valmistus ja asennus .....	38
4.1.6 Muuta huomioitavaa .....	39
4.2 Passiivitalo .....	39

4.2.1 Säännöt ja määräykset.....	41
4.2.2 Seinärakenne.....	42
4.2.3 Ikkunat ja ovet .....	43
4.2.4 Kattorakenteet.....	44
4.2.5 Suunnittelu, valmistus ja asennus .....	45
4.2.6 Muuta huomioitavaa .....	46
<b>5. PASSIIVITALO JA MATALAENERGIATALO VERTAILUSSA</b>	
<b>TALOMALLI KOTIAPILA 118.....</b>	<b>47</b>
5.1 Suunnittelu .....	48
5.2 Valmistus .....	49
5.3 Asennus.....	50
5.4 Käyttö ja asuminen .....	51
5.5 Energiakustannusvertailu.....	52
<b>6. LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT .....</b>	<b>64</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>66</b>

## 1. JOHDANTO

Suomessa rakentamismääräykset ovat viime vuosien aikana kiristyneet, ja ne tulevat kiristymään entisestään. Myös energianhinta nousee jatkuvasti ja rakentajat miettivät energia-asioita kuumeisesti. Toimeksiantajaorganisaationani on Kauha-joella sijaitseva elementtitalo firma, Puutalokymppi Oy, joka valmistaa energiatehokkaita rakennuksia asiakkaille. Talot on mahdollista valmistaa joko suoraan valmiista talomallistosta, tai asiakkaiden toiveiden mukaan. Tarjolla on tämän hetken rakennusmääräykset selvästi täyttävät matalaenergiatalo ja passiivitalo.

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli lähteä selvittämään Puutalokymppi Oy:n asiakkaille yksiselitteisesti näiden kahden seinärakenteen eroavaisuuksia, sekä minkälaisia energiakustannuksia kummastakin syntyy. Koska ympäristöasiat ovat paljon tällä hetkellä esillä, on Puutalokymppi Oy halunnut helpottaa asiakkaiden pohdintaa näiden kahden energiatehokkaan talomallin välillä. Vertailussa käytettiin Puutalokymppin omaa talomallia, Kotiapila 118 matalaenergiatalona ja passiivitalona.

Aiheeni on hyvin tärkeä tämän hetken rakentajille, jotka pohtivat energiatehokkaan talon rakentamista sekä taloudellisista, että ympäristöllisistä syistä. Opinnäytetyössä kerrotaankin asiakkaille eri lämmitysjärjestelmistä, ja niiden tuomista taloudellisista hyödyistä. Lisäksi pohditaan lyhyellä ja pitkällä aikavälillä kannattavinta sijoitusta matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä, kun käytössä on eri lämmitysjärjestelmät. Tavoitteena opinnäytetyölleni on saada aikaiseksi markkinointi tarkoitukseen soveltuva informaatio-opas, jonka avulla matalaenergia- ja passiivitalon energiakustannukset olisivat helposti selitettävissä.

## 2. KÄSITTEIDEN SELVITYS

Lämmönläpäisykerroin U	kuvataan lämpövirran tiheyttä, mikä jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään $W/m^2K$ /2/
Lämmintila	sellainen tila jonka mitoittavaksi huonelämpötilaksi valitaan $+17^{\circ}C$ tai sitä korkeampi lämpötila /2/
Puolilämmintila	sellainen tila jota ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun, lämpötila keskimäärin vähintään $+5^{\circ}C$ mutta alle $+17^{\circ}C$ /2/
Lämmittämätön tila	tilan lämpötila seuraa lämmityskaudella yleensä ulkoilman lämpötilaa, ei oteta huomioon lämpöhäviöitä laskettaessa (esimerkiksi ulkonevat kuistit, lämmittämättömät autotallit, lasitetut parvekkeet) /2/
Rakennuksen vaippa	rakennusosat jotka erottavat lämpimän-, puolilämpimän- ja kylmätilan ulkoilmasta, lämmittämättömästä tilasta ja maaperästä /2/
Kylmäsilta	sellainen kohta talon vaipassa, josta lämpövuotaa ulos selvästi enemmän kuin ympäröivästä rakenteesta. Kylmäsiltojen kohdalla sisäilman kosteus voi tiivistyä rakenteen pinnalle ja aiheuttaa home- ja lahovaaran. Kylmäsiltoja tulee erityisesti rakennuksen nurkkiin sekä seinän ja lattian liitoskohtiin /4/

Lämmönjohtavuus $\lambda$	kuvaa kuinka hyvin jokin materiaali johtaa lämpöä, mitä suurempi arvo $\lambda$ :lle saadaan, sitä paremmin lämpö materiaalista johtuu. $\lambda = P/(A \cdot dT/dx)$ yksikkönä lämmönjohtavuudella käytetään $W/K \cdot m$
Primäärienergia	on käytössä oleva, mitattu energiamäärä, ennen energian muuttamista käyttökelpoiseksi energiaksi
Ilmanvuotoluku $n_{50}$	kuvaa rakennuksen ulkovaipan ilmatiiveyttä. Mitataan painekokeessa, jossa sisä- ja ulkotilan välille synnytetään 50 Pascalin paine-ero. Ilmanvuotoluvun tulee olla $n_{50} < 0,6$ l/h
Kondenssi	on aineen olomuodon muutosprosessi jossa kaasumainen aine muuttuu nesteeksi, toisinsanoen kondenssia voisi kutsua myös tiivistymiseksi
ET-luku	on rakennuksen energiatehokkuusluku, joka kertoo kuinka monta kilowattituntia rakennus kuluttaa energiaa vuodessa bruttoneliometriä kohden. Yksikkönä $kWh/brm^2/vuosi$
Matalaenergiatalo	Lämmitysenergiantarve on $40-60 kWh/brm^2$
Passiivitalo	Lämmitysenergiantarve on $20-30 kWh/brm^2$



### **3. ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT**

Energiatehokkaita rakennuksia on kehitetty systemaattisesti jo vuosikymmeniä. 1950-luvulta lähtien on alettu tutkia energiatehokkaita rakennustalon ratkaisuja ja niiden vaikutuksia. Tällöin tarkasteltiin muun muassa lämpökattiloiden hyötysuhteita, sekä Professori Tuomola VTT:ltä tutki rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyyttä vuonna 1955. Systemaattista kehitystä tuki myös Sitra-lämpötutkimuksen kehittäminen vuonna 1970. 1980-luvulla energiatehokkaan rakentamisen avuksi tuli myös Kauppa- ja teollisuusministeriön eli KTM:n energiatutkimus, sekä alettiin tutkia paksujen lämmöneristysten kosteustekniikkaa. Myöhemmin energiatehokasta rakentamista on tuettu KTM:n sekä teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskuksen eli Tekesin erilaisilla ohjelmilla kuten ETRR, LVIS2000, Raket, Cube, SARA sekä Kestävä yhdyskunta. Myös erilaiset EU-ohjelmat ovat olleet energiatehokkaiden rakennusten kehityksen taustalla.

#### **3.1 Lainsäädäntö ja energian säästö sopimukset**

##### **3.1.1 Tulevaisuuden muutoksia**

Vuonna 2012 rakennuksen lämmitysenergiantarve tulee kiristymään entisestään, jolloin lämmitysenergiantarpeen tulisi pienentyä 20 % vuoden 2010 tasoon verrattuna. Lisäksi vuodesta 2012 alkaen kiinnitetään enemmän huomiota kokonaisenergiatarkasteluun sekä energiamuotojen huomiointiin. Tämä määräys vastaa vuonna 2010 määritellyn passiivitalon vaatimustasoa.

Vuosille 2015-2020 EU:n tavoite uudistaloille on, että niissä ei olisi lämmitystarvetta tai viilentämistarvetta. Lisäksi vuositasolla ostoenergian tarve olisi 0kWh/m<sup>2</sup>. Määräyksen avulla pyritään siihen, että vuonna 2020 mennessä energian tuotto tulee suoraan rakennuksesta itsestään.

Muissa maissa energiatehokkuustavoitteita on esimerkiksi Tanskalla vähentää lämmitysenergiankulutuksesta 75 % vuoteen 2020 mennessä. Ranska tavoittelee energiapositiivista taloa vuoteen 2020 mennessä, kun taas Saksa haluaa päästä fossiilisesta energiasta rakennuksissa eroon vuoteen 2020 mennessä. Hollanti tavoittelee energianeutraalia taloa ja Norja Passiivitaloa vuoteen 2020 mennessä. /8/

### **3.1.2 Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko**

16.12.2008 astui voimaan uusi pientaloille tarkoitettu energiatehokkuuden määrittämisen luokitteleva taulukko. Taulukko otettiin käyttöön, jotta tulevat asukkaat tai ostajat kykenisivät vertailemaan rakennusten välillä valittavia energiatehokkuus eroja. Voidakseen käyttää nimeä passiivitalo, tulee rakennuksen ET-luokitukseksi tulla A, eli ET-luvuksi vähemmän kuin 150 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi. ET-luvun avulla määritellään rakennusten osalta laskennallinen energiatehokkuus, missä energiaa ei käytetä turhaan ja käytettävästä energiasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty irti. Energiatehokkuusluku kertoo kuinka paljon rakennus kuluttaa kaiken kaikkiaan energiaa yhden vuoden aikana.

Energiatehokkuusluvun laskennassa käytetään apuna talon lämpöhäviöenergiaa, lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiaa, käyttöveden lämmitysenergian tarvetta, laitesähkön kulutusta sekä mahdollista jäähdytysenergian tarvetta. Laskennassa otetaan myös huomioon erilaiset lämpökuormat, kuten auringon säteily, ihmisten ja koneiden luovuttama lämpö, sekä käyttövedestä vapautuva lämpö.

Energiatodistuksessa ilmoitetaan se energiamäärä, joka tarvitaan rakennukselle suunniteltuun käyttöön. Lämmitysmuoto ei varsinaisesti vaikuta rakennukselle määriteltyyn energialuokkaan, sillä energiatehokkuusluku perustuu sille suoritettuun laskennalliseen lämmitysenergiantarpeeseen.

Lämmitysmuodon valinnalla voi kuitenkin pienentää toteutuvaa energiankulutusta.

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	A	
151-170	B	
170-190	C	
191-230	D	
231-270	E	
271-320	F	
321-	G	
Paljon kuluttava		

Kuva 1. Energiatehokkuustaulukko

### 3.1.3 EU-maiden ilmastopimus ja energiasopimus

Vuonna 2007 Suomi sopi muiden EU-maiden kanssa pienentävänsä kasvihuonepäästöjä 20 % vuoteen 2020 mennessä, verrattuna vuoden 1990 tasoon. Sopimuksessa annettiin uudet maakohtaiset direktiivit joiden avulla jaettiin vastuuta kokonaisvastuusta, sekä uusiutuvien energialähteiden käytön edistämisestä. Ilmastopimuksessa oli myös ohjeita hiilidioksidin talteenotosta ja varastoinnista, sekä lainsäädäntöehdotuksia liikennettä varten.

### 3.1.4 Kioton pöytäkirja

Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan muiden Euroopan unionin jäsenmaiden kanssa vuonna 2002. Kioton pöytäkirja velvoittaa vähentämään kuuden kasvihuonekaasun (hiilidioksidin, metaanin, dityppioksidin, fluorihilivetyjen, perfluorihilivetyjen ja rikkiheksafluoridin) päästöjä yhteensä 5,2 % vuoden 1990 tasosta. Muutos on tehtävä vuosien 2008-2012 aikana. Tavoite on jaettu maakohtaisiksi velvoitteiksi, jotka ovat erisuuruisia eri maissa. Kioton pöytäkirja asettaa kehittyneille maille tiukemmat ja yksityiskohtaisemmat raportointi velvollisuudet kuin ilmastopimus. Toimeenpanosään-

nöt vahvistettiin lopullisesti Kioton pöytäkirjan tultua voimaan vuonna 2005. Euroopan unionin sisällä yhteinen päästövähennysvelvoite on 8 % vuoden 1990 päästötasoon verrattuna. EU:n sisällä taakka jakautuu maa-kohtaisiksi velvoitteiksi, joista Suomen velvoitteena on pitää vuosina 2008-2012 kasvihuonekaasujen päästöt keskimäärin samalla tasolla, kuin vuonna 1990. /11/

### **3.1.5 Rakennustuotedirektiivi**

EU-komissio ehdotti 13.11.2009 uudistusta rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin. Tässä direktiivissä vaadittiin tuottaa sellaisia rakennuksia, jotka olisivat joko primäärienergiankulutukseltaan tai hiilidioksidipäästöiltään niin sanottuja nollaenergiataloja. Direktiivissä vaadittiin myös riippumattomien energiatodistusten ja lämmitys- sekä ilmastointijärjestelmien tarkastusraporttien valvontajärjestelmää. Nykyään energiatodistus vaaditaan kaikilta uusilta ja korjattavilta rakennuksilta, mukaan lukien julkiset rakennukset jotka ovat yli 250m<sup>2</sup> suuruisia.

Direktiivissä kunkin EU:n jäsenmaan on asetettava lämmitysjärjestelmille, ilmanvaihtolaitteistoille, jäähdytysjärjestelmille ja vedenlämmittimille minimitehokkuusvaatimukset. Tätä vaatimusta on kuitenkin mahdollista tarvittaessa soveltaa, jos korjauksen arvo ylittää 25 % rakennuksen arvosta tai rakennuksen vaipasta.

Vastaisuudessa rakennushankkeeseen ryhtyvän on tehtävä vaihtoehtoisten energijärjestelmien vertailulaskelma ennen rakentamisen alkua, ja tämä laskelma tulee esittää rakennusluvan hakemisen yhteydessä. Vaatimukset koskevat yli neljän kuukauden käyttöikäisiä asuinrakennuksia, sekä rakennuksia jotka ylittävät 50m<sup>2</sup>.

Edellä mainitut lait ja määräykset astuvat voimaan julkisilla rakennuksilla vuoden 2012 alusta. EU:n jäsenmaat eivät voi tukea sellaisia rakennuksia vuoden 2014 alun jälkeen, jotka eivät täytä edellä mainittuja määräyksiä.

Lisäksi vuoteen 2017 mennessä maiden tulee uudistaa minimivaatimuksensa, ja näin ollen direktiivi velvoittaa jäsenmaat seuraamaan, miten energiatehokkuus maiden sisällä on toteutunut. /13/

### **3.2 Mihin energiaa tarvitaan**

Koska asumme väljästi, elintasomme on korkea ja lisäksi ilmastomme on kylmä, kulutamme näiden takia paljon energiaa. Energiaa tarvitaan asuintilojen lämmittämiseen, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ja sähkönkulutukseen. Korkean elintasomme takia energiankulutustottumuksiamme tulisi pohtia, ja miettiä vaihtoehtoisia valintoja arkipäivän tilanteisiin. Näin toimimalla olisi mahdollisuus säästää ympäristöä ja rahaa. /1/

#### **3.2.1 Lämmitys**

Lämmitykseen kuluvat energiakustannukset riippuvat pitkälti käytettävästä seinärakenteesta sekä lämmitysjärjestelmän valinnasta. Jos seinässä oleva lämmöneriste on 200 mm nykyisen vaatimuksen 250 mm sijaan, kuluu pelkästään tällä valinnalla energiaa huomattavasti enemmän lämmitykseen. 200 mm seinärakenteelle on laskettu kokonaisenergian käyttömenekiksi 120 kWh/m<sup>2</sup>, kun taas niin sanotulle matalaenergiatalolle on laskettu kokonaisenergian käyttömenekiksi edellisestä vain puolet eli 60 kWh/m<sup>2</sup>. Myös kiinnittämällä huomiota lämmitysjärjestelmän valintaan voi tehdä suuria rahallisia säästöjä. Lämmitysjärjestelmää valittaessa tulee katsoa tilannetta pitkällä tähtäimellä, ei pelkästään rakennusvaiheessa vallitsevilla hinnoilla.

Lämmitysenergian kulutus jakaantuu kahteen osa-alueeseen, pientalon lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Yleisenä suosituslämpötilana pientaloilla on oleskelutiloissa 20-22 °C ja makuuhuoneissa 18-20 °C. Puolilämpimillä tiloilla kuten autotalleilla ja varastoilla lämpötilaksi suositellaan < 15 °C. Kylmän ilmaston takia vaatii paljon energiaa saavuttaa edellä mainitut luvut, ja jopa 40-50 % kaikesta kodin energianku-

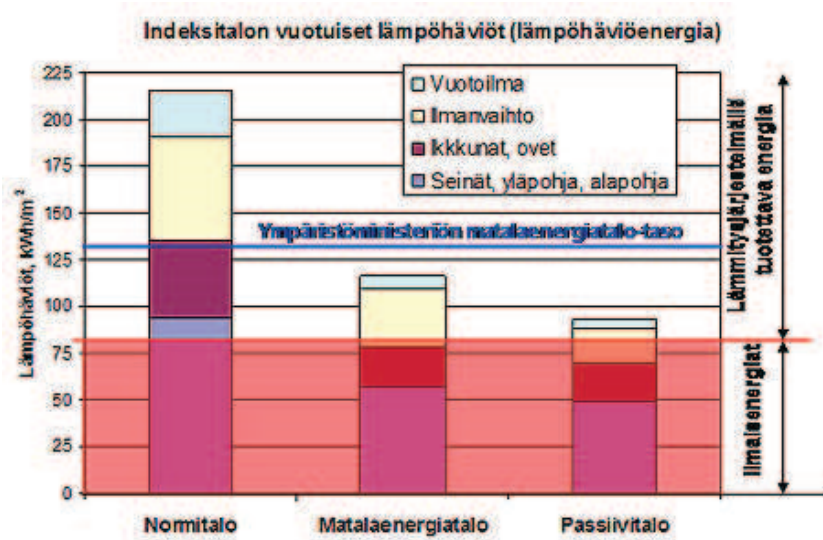
lutuksesta. Lisäksi asumisen väljyys lisää lämmitys pinta-alaa ja tämän vuoksi se myös nostaa lämmityskustannuksia.

Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia määräytyy käytetyn veden määrän mukaan. Vesimäärä on riippuvainen asunnossa asuvien henkilöiden lukumäärästä sekä heidän vedenkulutustottumuksistaan. /1/

### **3.2.2 Sähkönkulutus**

Koska elintasomme on korkea ja olemme tekniikassa lähes edelläkävijä maa, kuuluu moneen kotitalouteen myös paljon elektroniikkaa ja teknillisiä laitteita. Olohuoneista löytyy tänä päivänä digiboxit, televisiot, kotiteatterit ja työhuoneesta tietokoneet ja tulostimet. Kaikki nämä laitteet lisäävät myös energiankulutusta. Keittiöissä oleviin kodinkoneisiin tulisi kiinnittää myös huomiota, sillä myytävissä kodinkoneissa energialuokituksia on tarjolla laidasta laitaan. Valaistus ja valaisimien valinta ovat myös huomioonotettava energiankulutuserä kotitalouksissa. Valintoja tekemällä voi pitkällä aikavälillä säästää rahaa ja ennen kaikkea ympäristöä. /1/

### 3.2.3 Laskennallinen energiantarve



**Kuva 2.** Talossa käytettävien eri seinärakenteiden aiheuttamat lämpöhäviöt. /14./

Laskennallisessa energiantarpeessa on otettu huomioon rakennuksen seinärakenteesta riippuen niille tyypilliset lämpöhäviöt. Yllä olevasta kuvasta käy ilmi kuinka SPU:n rakennuttamien erilaisten talojen lämpöhäviöt ovat jakautuneet. Suurin lämpöhäviö tapahtuu kaikilla taloilla seinärakenteiden, yläpohjan ja alapohjan kautta. Toiseksi eniten häviöitä tapahtuu ilmanvaihdon kautta, mutta passiivitalolla ero ei ole suuri kolmantena tuleviin ikkunoihin ja oviin. Pienimmän lämpöhäviön aiheuttaa vuotoilma. Taulukon pohjalta on helpompi kiinnittää huomiota lämpöhäviöiden kontrolloimiseen, sekä panostaa suunnitteluun suurimpien lämpöhäviöitä tuottavien rakennusten osien osalta.

Energiankulutus lasketaan vaiheittain huomioiden ensimmäisenä rakennuksen lämpöhäviöenergia. Tämän jälkeen tarkastellaan lämpimän käyttöveden lämmitystarvetta, mikä on riippuvainen ihmisten lukumäärästä sekä käyttötottumuksista, ja lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergioita. Näiden jälkeen laskennassa huomioidaan laitesähköenergiankulutus, ihmisistä

ja laitteista aiheutuvat lämpökuormat sekä jäähdytysenergiantarve ja kulu-  
tus. Viimeisenä tarkastellaan lämmitysenergiankulutusta ja tätä kautta myös  
rakennuksen energiankulutusta sekä ostoenergiankulutusta.

### **Matalaenergiatalo**

Lämmitysenergiankulutus saadaan laskennallisesti selville käyttämällä ma-  
talaenergiatalolle määriteltyä energiankulutusrvoa  $60 \text{ kWh/m}^2$ . Tämä luku  
huomioi ilmanvaihdon, lämpökuormat, lämpimän käyttöveden lämmityk-  
sen, sekä mahdolliset lämpöhäviöt, sekä muut energiankulutusta laskettaes-  
sa vaadittavat asiat. Kun talon bruttoala on  $123 \text{ m}^2$ , saadaan talon kokonais-  
lämmitysenergiankulutus laskemalla;  $60 \text{ kWh/m}^2 \times 123 \text{ m}^2 = 7380$   
 $\text{kWh/vuosi}$ .

Muuhun sähkönkulutukseen käytetään laskennallisesti arvoa  $35\text{-}50$   
 $\text{kWh/m}^2$ , tämä arvo sisältää ilmastoinnin kuluttaman sähkön. Korkean elin-  
tasomme vuoksi käytän laskennassa arvoa  $45 \text{ kWh/m}^2$ . Muuhun sähkönku-  
lutukseen kuluu siis  $45 \text{ kWh/m}^2 \times 123 \text{ m}^2 = 5535 \text{ kWh/vuosi}$ .

Yhteensä energiaa kuluu siis  $7380 \text{ kWh} + 5535 \text{ kWh} = 12915 \text{ kWh/vuosi}$ .

### **Passiivitalo**

Passiivitalolle käytetään energiankulutusrvoa  $20 \text{ kWh/m}^2$ . Tämä luku  
huomioi ilmanvaihdon, lämpökuormat, lämpimän käyttöveden lämmityk-  
sen, sekä mahdolliset lämpöhäviöt ja muut energiankulutusrvoa laskennassa  
vaadittavat asiat. Energiankulutus arvo kerrotaan rakennuksen bruttopinta-  
alalla  $123 \text{ m}^2$ , jolloin saadaan rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulu-  
tusarvo yhtä vuotta kohden.  $20 \text{ kWh/m}^2 \times 123 \text{ m}^2 = 2460 \text{ kWh/vuosi}$ . Läm-  
pimän käyttöveden lämmityskustannukset sisältyvät passiivitalon lämmi-  
tysenergiankulutukseen.



Myös muu sähkönkulutus on sama kuin matalaenergiatalolla, eli;  $45 \text{ kWh/m}^2 \times 123 \text{ m}^2 = 5535 \text{ kWh/vuosi}$ .

Laskennallisesti passiivitalo kuluttaa siis energiaa  $2460 \text{ kWh} + 5535 \text{ kWh} = 7995 \text{ kWh/vuosi}$ .

### **3.3 Mitkä valinnat vaikuttavat energiakustannuksiin**

#### **3.3.1 Rakenne ja eristys**

Talon runkoon ja lämmöneristämiseen tulee kiinnittää huomiota tarkasti jo rakennusta suunniteltaessa sekä rakennusvaiheessa. Ne ovat talossa niitä osia joiden muuttaminen tai korjaaminen on myöhemmässä vaiheessa hankalaa ja kallista. Huomiota on kiinnitettävä rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, ylä- tai alapohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kun lämmintila rajoittuu puolilämpimääntilaan. Rakennusmääräyskokoelman osan D3 mukaisesti lämpimässä tilassa seinän U-arvo saa olla  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , yläpohjalla ja ulkoilmaan rajoittuvalla alapohjalla U-arvo saa olla  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ryömintätilaan rajoittuvalla alapohjalla (jossa tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta) U-arvo saa olla  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ja maata vastaan oleva rakennusosa U-arvo saa olla  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Alapohjan lämmöneristyksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon routaeristys ja mahdollinen perusmuurin lämmöneristys jotta routavaurioilta vältyttäisiin. Lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin edellä mainitut, mikäli tämä on tarpeellista lujuus- tai muista erityisistä syistä. Kylmäsillat eivät saa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä tai liian korkeaa suhteellista kosteutta rakenteeseen, kun rakennetta käytetään normaalisti. /2/

#### **Vuorivilla**

Paroc -vuorivillalämmöneristeen toiminta perustuu eristeessä paikallaan pysyvään ilmaan. Tämän vuoksi seinärakenne on rakennettava siten, ettei

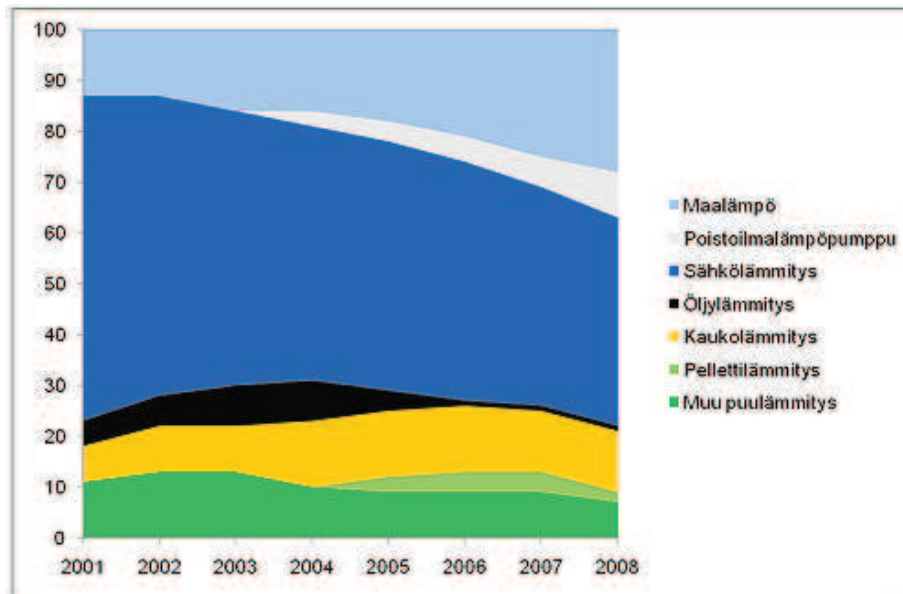
eristeeseen pääsisi ilmavirtauksia. Vuorivilla on eniten käytetty lämmöneriste Suomessa, perustuen juuri sen monipuolisuuteen. Vuorivilla eristää hyvin ja se on paloturvallisuusominaisuuksiltaan hidastava ja rajoittava tekijä palon leviämässä. Terveellisen sisäilman yksi perusedellytyksistä on kuivana pysyvä rakenne. Vuorivilla ei ime eikä kerää itseensä kosteutta. Normaaleissa rakenteissa ilmenevät kosteudet haihtuvat villasta nopeasti ongelmia aiheuttamatta. Vuorivilla on myös harmiton ympäristölle, sillä se ei materiaalina aiheuta haittaa käytön yhteydessä eikä käytön jälkeen loppusijoituksessa. Lisäksi Parocin vuorivilla on myös kotimainen puhtaasta kivistä valmistettu tuote. /3/

### **SPU-eriste**

SPU-lämmöneristeet valmistetaan polyuretaanista, mitä on käytetty vuosikymmenten ajan vaativissa kohteissa lämmöneristeinä. SPU-eristeet ovat vuorivillan tavoin kotimainen tuote, jonka avulla saavutetaan korkeat lämmöneristys ominaisuudet tavanomaisilla rakennepaksumuksilla, minkä vuoksi se ei aiheuta monimutkaisten rakenteiden kehittämistä seinä- ja kattorakenteisiin. SPU-eristeet eivät valmistajan mukaan lahoa, kutistu, vety eivät homehdu ja niiden lämmöneristysominaisuudet säilyvät vuosien saatossa muuttumattomina. Lisäksi ne ovat yhtä paloturvallisia vuorivilla eristeiden kanssa. SPU-eristeet vastustavat hyvin vesihöyryä, minkä ansiosta erillistä ilman- tai höyrynsulku kerrosta ei tarvitse käyttää. Asennusvaiheessa liitoskohdat tiivistetään saumavaahdolla, mikä varmistaa erittäin korkean ilmanpitävyyden. Kun saavutetaan korkea ilmanpitävyys, pysyy lämmöntarve merkittävästi alhaisempana. BRE-tutkimuslaitoksella tehdyn tutkimuksen mukaan polyuretaanin ja eristevillan ympäristörasituksessa ei löytynyt merkittäviä eroja, kun rakennusta tarkasteltiin koko sen elinkaaren ajalta. Näin ajateltuna SPU-levyillä on mahdollista säästää lämmittämiseen kuluvaa energiaa huomattavasti vuorivillalla eristettyä taloa enemmän. Eristelevyjien valmistamiseen käytetään ympäristöystävällistä pentaania.

Lisäksi eristelevyjen valmistaja suosii ympäristöystävällisiä valintoja koko tuotanto prosessin ajan.

### 3.3.2 Lämmitysjärjestelmät



**Kuva 3.** Lämmitysjärjestelmien markkinaosuudet uusissa pientaloissa vuosina 2001 - 2008. //

#### Sähkölämmitys

Sähkölämmitys on edullinen hankkia, mutta käyttökustannuksiltaan se saavuttaa helposti kalleimman pään lämmitysenergiamuodoista. Tämän takia sähkölämmitykseen päätyvien on hyvä miettiä talon eristämistä erityisen huolella, sillä kustannukset pienenevät talon eristyksen kasvaessa. Monissa lämmitysjärjestelmissä käytetään myös sähköä varalämmitysjärjestelmänä. Sähkölämmitys voidaan toteuttaa joko vesikiertoisena tai huonekohtaisena.

Vesikiertoisen sähkölämmityksen lämmöntuottolaitteena on joko sähkövastuksilla varustettu varaaja tai sähkökattila. Varaaja on kooltaan tyypillisesti 1-2 m<sup>3</sup> ja sillä tuotetaan tilojen lämmitysenergia sekä lämpimän käyttöve-

den tarvitsema energia. Tavoitteena varaajalle olisi käyttää 90 % yösähköä, jolloin varaajan koon ei tarvitse olla niin suuri ja myös hankintahinta on varaajalla pienempi. Suuren varaajan hankinnalla on toisaalta mahdollista hyödyntää aurinkoenergiaa. Sähkövaraajia voidaan käyttää myös puukattiloiden yhteydessä. Uusiutuvan energian hyödyntäminen on kannattavaa sillä sähkö on lämmitysenergiamuodoista kalleimmasta päästä. Aurinkokehääjät tai puun käyttö tulisijoissa vähentää ostoenergian tarvetta.

Sähkökattila tuottaa talon tarvitseman lämmitysenergian sähkövastuksilla. Lämpö jaetaan asuntoon ja sen eri huonetiloihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Lämpöä ei yleensä varata kattilaan yösähköllä, mutta halutessaan kattilaan on mahdollista liittää myös varaaja. Käyttövesi lämmitetään erillisellä käyttövesivaraajalla.

Huonekohtaisen sähkölämmityksen lämpö tuotetaan huonetilassa olevan lämmityslaitteen sähkövastuksessa. Lämmin käyttövesi tuotetaan yleensä noin 300-500 litran käyttövesivaraajassa, jossa on 3 kW:n sähkövastus. Huonekohtaisella sähkölämmityksellä on lämmönjakotapoja useampia; patteri-, lattia-, katto-, ikkunälämmitys ja ilmalämmitys. Patterilämmityksen hyötysuhde on hyvä, sillä lämpöä tuotetaan siihen tilaan missä lämmitystä tarvitaan. Lattialämmityksen voi toteuttaa joko varaavana tai jatkuvatoimisena. Pesutiloissa lämmitys on jatkuvatoimista, mutta betonilaattaan esimerkiksi parketin alle asennettuna lattialämmitys voidaan kytkeä toimimaan joko jatkuvatoimisena tai varaavana. Kattolämmityksessä taas käytetään lämmityskelmuja, jotka lämmittävät katon verhoilussa käytettävää materiaalia, joka puolestaan luovuttaa lämmön huoneeseen lämpösäteilynä. Ikkunälämmitys ei sovellu talon ainoaksi lämmitysratkaisuksi, vaan se on lähinnä erikoisratkaisu koskien suuria ikkunapinta-aloja. Ilmalämmitys soveltuu erityisen hyvin passiivitaloihin. Ilmanvaihdossa tuloilman jakolaitteiden sähkövastukset lämmittävät tuloilmaa huonetermostaatin ohjaamana.

Sähkön hinta laskelmissa, ja opinnäytetyötä tehdessä on 0,103 €/kWh. Sähkön hinnan nousu viimeisen seitsemän vuoden aikana on ollut 0,005 €/vuosi, ja tätä lukua on myös käytetty suhteutettuna opinnäytetyön energiakustannus laskelmissa.

### **Öljylämmitys**

Öljylämmitysjärjestelmä sisältää öljykattilan, öljypolttimen, säätölaitteet sekä öljysäiliön. Erillistä lämminvesivaraajaa ei tarvita, sillä järjestelmä tuottaa sekä huonetilojen lämmittämiseen tarvittavan energian, että lämpimän käyttöveden tarvitseman energian. Öljylämmitysmuodossa lämpö jaetaan huoneisiin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Nykyaikaisten öljykattiloiden hyötysuhde on hyvä, noin 90-95 %, ja palaminen on hyvin puhdasta. Koska öljyllä on tapahtunut hinnannousua ja hinnat vaihtelevat paljon, sen osuus uusissa pientaloissa lämmitysmuotona on tällä hetkellä melko pieni. Öljylämmitys on mahdollista yhdistää aurinkolämmitykseen tai puulämmitykseen.

Öljyn hinta laskelmissa, ja opinnäytetyötä tehdessä on 0,0567 €/kWh. Öljyn hinnan nousu viimeisen seitsemän vuoden aikana on ollut 0,0035 €/vuosi, ja tätä lukua on myös käytetty suhteutettuna opinnäytetyön energiakustannuslaskelmissa.

### **Puu- ja pellettilämmitys**

Puun poltosta sanotaan, että se ei aiheuta hiilidioksidi- ja rikki-päästöjä, joten se on ympäristön kannalta hyvä vaihtoehto lämmitysjärjestelmäksi. Tosiasiassa puunpolttaminen juuri aiheuttaa näitä päästöjä, mutta uusiutuvuutensa avulla tilalle kasvava puu sitoo itseensä poltosta aiheutuneet hiilidioksidi- ja rikki-päästöt. Näin ollen se periaatteessa ei kyseisiä päästöjä aiheuta. Puupolttoaineiden käytössä on tärkeää, että polttoaine on riittävän kuivaa tai tuli on riittävän kuumaa polttaakseen ylimääräiset savukaasut pois. Li-

säksi laitteistojen säännöllinen huolto ja säätö ovat tärkeitä hiukkaspäästöjen minimoimisten kannalta.

### **Puulämmitys**

Puulämmityksessä käytetään polttoaineena halkoja, haketta ja pilkkeitä. Lämmönjakojärjestelmänä voi olla joko vesikiertoinen patteriverkko tai lattialämmitysverkko. Puulämmitysjärjestelmässä voi myös olla varaaja, johon puukattilan kehittämää lämpöä voidaan varastoida. Hyvän puukattilan hyötysuhde nimellisteholla on yli 80 %. Puukattilat voidaan jakaa kolmeen eri palokattilaan; käänteispalokattiloihin, yläpalokattiloihin ja alapalokattiloihin.

Käänteispalokattilassa puu palaa kahdessa vaiheessa. Ensin puusta muodostuu kaasua, jonka jälkeen kaasua virtaa jälkipolttokattilaan, missä polttoaine palaa tehokkaasti. Tämän kattilan toimintaperiaate mahdollistaa lämmönsiirtymisen kattilaveteen ja polttoaineen puhtaan palamisen.

Yläpalokattilassa polttoainetta tulee lisätä pienissä erissä lyhyin väliajoin, ja kattila vaatii rinnalleen lämminvesivaraajan. Yläpalokattila teettää ja vaatii käyttäjältään eniten töitä.

Alapalokattilassa puun palaminen on tasaista ja puiden lisäysväli on pidempi verrattuna yläpalokattilaan. Puu lämmitysmuotona on työläämpi vaihtoehto kuin muut lämmitysmuodot. Puulämmitystä harkitessa tulee miettiä hankintapaikat polttoaineelle ja mahdollinen säilytys, sillä puun täytyy pysyä kuivana. Pientalon puupolttoaineen tarve on suurin piirtein 20 pinokuutiometriä, riippuen pientalon koosta.

Puun hinta laskelmissa, ja opinnäytetyötä tehdessä on 0,0492 €/kWh. Puun hinnan nousu viimeisen seitsemän vuoden aikana on ollut 0,0007 €/vuosi, ja tätä lukua on myös käytetty suhteutettuna opinnäytetyön energiakustannuslaskelmissa.

## **Pellettilämmitys**

Pellettilämmityksessä raaka-aineena käytetään kutterinpurua, sahajauhoa ja hiontapölyä, jotka on puristettu hienonnetusta puumassasta pieniksi tiiviiksi sylintereiksi. Yksi kuutio pellettejä sisältää suunnilleen saman energiamäärän kuin 300-330 litraa kevyttä polttoöljyä, joten niissä on paljon puuenergiaa hyvin tiiviissä muodossa. Pelletit kuormittavat ympäristöä hyvin vähän ja lisäksi ne ovat kotimaista polttoainetta.

Kuten puulämmitysjärjestelmässäkin, tulee myös pellettilämmitysjärjestelmässä ottaa huomioon polttoaineen varastointi. Pelletit vaativat kattilahuoneen läheisyyteen siilon, joka on täysin kuiva, pölytiivis ja sähkötön. Omakotitalossa siilon sopiva koko on noin 8m<sup>3</sup>, jolloin siihen mahtuu noin vuoden pelletti tarve, eli noin 6,5 m<sup>3</sup> pellettejä. Lämmitysjärjestelmä itsessään koostuu kattilasta, polttimesta, siirtoruuvista ja varastosiilosta. Pellettipoltin on mahdollista asentaa useimpiin öljy- ja puukattiloihin.

Pellettien hankinta on mahdollista suorittaa joko 500 kg suursäkeissä tai vaihtoehtoisesti säiliöautolla, kun tilausmäärä on vähintään 4000 kg (6,5 m<sup>3</sup>). Pientalon suunnitteluvaiheessa tulisikin ottaa huomioon säiliöauton pääsy tontille ja vähintään 15 metrin etäisyydelle pellettivarastosta, jollei hanki pellettejä suursäkeissä. Kun kattilan säädöistä, sekä polttimen, palopesän ja kattilan puhdistuksesta pitää huolta, pysyvät myös palamisen hiukkaspäästöt pieninä.

Pellettien hinta laskelmissa, ja opinnäytetyötä tehdessä on 0,0478 €/kWh. Pellettien hinnan nousu viimeisen seitsemän vuoden aikana on ollut 0,0029 €/vuosi, ja tätä lukua on myös käytetty suhteutettuna opinnäytetyön energiakustannus laskelmissa.

## **Kaukolämpö**

Lämpöä ja sähköä tuottavissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa tuotetaan myös kaukolämpöä. Lämpö siirretään käyttäjille kuuman veden avulla, joka kiertää kaukolämpöverkossa. Kaukolämpö soveltuu käytettäväksi tiheästi rakennetulla pientaloalueella, jolloin kustannukset pienenevät monen käyttäjän ansiosta. Kaukolämpöjärjestelmää käyttävissä pientaloissa on lämmönjakokeskus, jonne lämpöä siirretään kaukolämpöverkosta. Lämmönjakokeskuksessa on lämmönsiirrin tilojen lämmitykselle ja lämpimälle käyttövedelle.

Pientaloissa käytettävä lämmönjakokeskus on tehdasvalmisteinen kokonaisuus, joka muodostuu lämmönsiirtimeksi lisäksi säätölaitteista, kiertovesipumpuista, paisunta- ja varolaitteista, mittareista sekä sulkuventtiileistä. Lämmönjakotapa kaukolämpötalossa on yleensä vesikeskuslämmitys (patteri- tai lattialämmitys), mutta myös ilmalämmitystä ja ilmanvaihtolämmitystä käytetään. Erillistä lämminvesivaraajaa ei myöskään kaukolämmitystalossa tarvita.

Kaukolämpö on käyttäjän kannalta hyvin vaivaton eikä vaadi juurikaan huoltoa tai ylläpitoa. Lisäksi se on yksi kannattavista vertailukohteista lämmitysmuodoissa aina silloin, jos sitä on saatavilla. Kaukolämmön hinta on yleensä kilpailukykyinen paikkakunnasta riippuen.

Kaukolämmön hinta laskelmissa ja opinnäytetyötä tehdessä on 0,0619 €/kWh. Kaukolämmön hinnan nousu viimeisen seitsemän vuoden aikana on ollut 0,0029 €/vuosi, ja tätä lukua on myös käytetty suhteutettuna opinnäytetyön energiakustannus laskelmissa.



## **Lämpöpumput**

Lämpöpumput ovat kasvattaneet suosiotaan pientaloissa lämmitystapana ja lisälämmitysjärjestelminä. Maalämpöpumppujen osuus uusissa pientaloissa on noin 30 %, ja se on ainoa lämpöpumppuratkaisu, joka luokitellaan uusiutuvaksi energiaksi. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten pienehköön taloon, jonka lämmitystarve on vähäinen. Toimintaperiaatteena on ottaa lämpöä talosta poistettavasta ilmasta. Uusimpana lämpöpumppuratkaisuna on ilma-vesilämpöpumppu, jossa lämpöä otetaan ulkoilmasta ja se siirretään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään.

### **Maalämpöpumppu**

Maalämpöpumppuratkaisussa hyödynnetään maaperän pintakerrokseen tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Talteenottotapana voidaan käyttää esimerkiksi kallioon porattua lämpökaivoa tai vesistöjen läheisyydessä voidaan asentaa keruuputkisto vesistön pohjaan. Jotta järjestelmä toimisi oikein, on mitoittaminen keruuputkistoille tärkeää.

Maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä noin 2/3 saadaan uusiutuvasta energiasta ja noin 1/3 tuotetaan sähköllä. Lämpöpumpun hyötysuhdetta voi parantaa valitsemalla vesikiertoisen lattialämmityksen maalämpöpumpun lämmönjakotavaksi, sillä se soveltuu erityisen hyvin maalämpöpumpulle. Lämmitysjärjestelmä on helppokäyttöinen, sillä se vaatii vain vähän huoltoa ja tarkastustoimia. Hankintahinta on sen sijaan melko suuri, mutta käyttökustannukset edullisia. Mitä suurempi talo, ja mitä suuremmat lämmitysenergiakulutukset, sitä kannattavammaksi maalämpöpumppu tulee.

### **Poistoilmalämpöpumppu**

Ilmanvaihtolaitteen tavoin, myös poistoilmalämpöpumppu poistaa ilmaa myös talon kosteista tiloista. Se huolehtii talon huonetilojen lämmityksen lisäksi lämpimän käyttöveden tuottamisesta sekä ilmanvaihdosta. Poistoil-

malämpöpumppu hyödyntää talon noin +21 °C sisäilmaa, joten se tuottaa lämpöä vuodenajasta ja ulkolämpötilasta riippumatta vakioteholla.

Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa talosta poistettavasta ilmasta ja siirtää lämmön tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Poistoilmalämpöpumpulla voi myös viilentää sisäilmaa vuodenajasta riippumatta. Jotta järjestelmä toimisi, tulee ilmaa vaihtaa riittävästi, eli noin puolet talon ilmatilavuudesta tunnissa.

Kaikkea talon tarvitsemaa energiaa ei voida kuitenkaan poistoilmalämpöpumpulla tuottaa. Poistoilmalämpöpumpulla saavutetaan noin 40 % osatoenergian säästö verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Poistoilmalämpöpumpun tukilämmitysjärjestelmänä voi käyttää esimerkiksi puulämmitystä, mikä pienentää ostettavan sähköenergian määrää.

Poistoilmalämpöpumpusta saatava energian hinta laskelmissa, ja opinnäyteyötä tehdessä on ohjeellisesti puolet sähkön hinnasta, eli 0,0515 €/kWh. Varsinaista hinnan nousua viimeisen seitsemän vuoden aikana ei poistoilmalämpöpumpulle ole pystytty osoittamaan, joten laskennassakaan ilmaisen energian hyödyntämistä ei ole huomioitu.

### **Ilma-vesilämpöpumppu**

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiansa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Sen avulla on myös mahdollista lämmitellä lämmin käyttövesi. Ilma-vesilämpöpumppu on uusin lämpöpumppuratkaisu, mutta sekin tarvitsee rinnalleen suurimpia pakkasia varten varalämmitysjärjestelmän. Kun ulkolämpötila laskee, laskee myös ulkoa saatava lämmitysenergian määrä. Noin -20 °C:n pakkasilla, sillä ei voida enää kattaa talon lämmitystarvetta. Puunkäyttö on myös tällä lämpöpumpulla tehokas tapa vähentää ostettavan sähköenergian määrää.

## **Tukilämmitysjärjestelmät**

### **Tulisijat**

Lähes kaikissa uusissa pientaloissa on nykypäivänä tulisija. Sen avulla on mahdollista kattaa merkittävä osa pientalon lämmitystarpeesta ja se sopii-kin tämän takia varalämmönlähteeksi. Paras tulos on mahdollista saavuttaa varaavilla tulisijoilla, jotka varaavat lämpöä rakenteisiinsa ja siirtävät sitä pitkän ajan kuluessa pienellä teholla huonetiloihin. Näin tulisija ei aiheuta huoneistoon korkeita sisälämpötiloja nopeasti. Jopa kolmasosa talon lämmitystarpeesta on mahdollista tuottaa sopivan kokoisella tulisijalla. Erityisesti kovilla pakkasilla tulisijaa kannattaa käyttää, sillä silloin lämmöntarve on suuri.

### **Pellettitakat**

Tukijärjestelmänä pellettitakat sopivat hyvin esimerkiksi huonekohtaisen sähkölämmityksen rinnalle. Pellettitakka tarvitsee hormin, sillä siinä on puhaltimet sekä palamisilmalle, että lämmitetylle ilmalle. Lisäksi pellettejä syöttävä automatiikka tarvitsee sähköä, joten pellettitakkaa varten tulee hankkia myös sähköliityntä. Pellettitakan säiliöön mahtuu usean päivän pellettitarve. Merkittävänä etuna pellettitakalla on sen tuottaman lämmitystehon säätömahdollisuus. Lämpö, minkä takka tuottaa, on mahdollista siirtää huonetilaan puhaltimilla, ja sitä voidaan ohjata huoneilman lämpötilan mukaan. Erona tavalliseen takkaan pellettitakalla on muun muassa se, että se ei vaadi massiivista perustusta kuten tavalliset takat, vaan se on kevytrakenteinen.

### **Aurinkolämmitys**

Aurinkoenergian hyödyntäminen on Suomessa mahdollista helmikuun alusta marraskuuhun saakka. Jopa täällä pohjolassa aurinkoenergiaa on mahdollista saada yllättävän paljon. Aurinkoenergian avulla lämpöä voi tuottaa

aurinkokerääjillä ja sähköä aurinkopaneeleilla. Usein aurinkoenergiaa hyödynnetään vain paikoissa, joissa sähköverkkoon liittyminen ei ole mahdollista, kuten kesämökeillä ja saaristokohteissa. Suurin hyöty saadaan, jos aurinkokerääjät liitetään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Yleensä aurinkokerääjät ovat tasokerääjiä, mutta tarjolla on myös tyhjiökerääjiä, joilla saavutetaan parempi hyötysuhde.

Suomessa aurinkolämmön avulla voidaan tuottaa noin puolet lämpimän käyttöveden valmistamiseen tarvittavasta energiasta. Jos kerääjät on kytketty lämmitysjärjestelmään, voidaan aurinkolämmöllä tuottaa jopa 25-35 % lämmitystarpeesta. Osuuden suuruus riippuu käytettävissä olevasta seinärakenteesta, mikä heikoilla eristysominaisuuksillaan pienentää osuutta tai hyvillä eristysominaisuuksillaan suurentaa osuutta.

### **Ilmalämpöpumput**

Ilmalämpöpumppua voidaan käytännössä hyödyntää kahdella tavalla. Sen avulla voi joko lämmittää tai viilentää sitä tilaa, mihin se on asennettu. Ilmalämpöpumppu siirtää lämpöenergiaa ulkoilmasta ja luovuttaa sen suoraan sisäilmaan. Lämmön määrä, minkä ilmalämpöpumppu tuottaa, riippuu ulkoilman lämpötilasta. Huonetilojen lämmitysenergiasta voidaan tuottaa tyypillisesti 30-40 % ilmalämpöpumpun avulla. Saavutettavan säästön määrään vaikuttavat lämpöpumpun mitoitus, sisäyksikön asennus, laitteen käytötavat ja huonejako.

### Lämmitysmuotojen vertailua kustannuksittain

Lämmönlähde	Hinta
Kaukolämpö	6,19 c/kWh
Pelletti	4,78 c/kWh
Pilke (koivu)	4,92 c/kWh
Sähkö (jatkuvatoiminen lämmitys):	10,30 c/kWh
Öljy	5,67 c/kWh

**Kuva 4.** Motivan energiahintataulukko. /1./

Lämmitysmuotojen investointikustannukset vaihtelevat vähintään 6000 € - 16500 €, kun kohteena on Puutalokymppi Oy:n talomalli Kotiapila 118. Halvin eli 6000 € maksava lämmitysjärjestelmä on sähkölämmitys, ja kallein eli 16500 € on pellettilämmitys. Hankintahinta ei kuitenkaan kerro koko totuutta lämmitysmuodosta, sillä vaikka pellettilämmitys on investointikustannuksiltaan kallein, on sen yksikköhinta edullisin, eli 4,78 c/kWh. Sähkölämmitys taas on investointikustannuksiltaan edullisin, mutta käyttökustannusten yksikköhinta on jopa 10,3 c/kWh, jolloin se on yksikköhinnaltaan kallein. Poistoilmalämpöpumppu (PILP), kuluttaa laskennallisen määritelmän mukaan puolet sähkön yksikköhinnasta. Tämä on riippuvainen pitkälti laitteen hyötysuhteeseen, jolloin kustannukset saattavat vähentyä entisestään. Lisäksi poistoilmalämpöpumpulle ei laskennassa käytetä hinnannousua, sillä sen hyötysuhteen oletetaan pysyvän samana.

## Matalaenergiatalo

**Taulukko 1.** Lämmitysmuotojen välisiä kustannuseroja.

Lämmitysmuoto	Invest. yht.	1v	5v	10v	30v
Sähkölämmitys	6 000 €	1 330 €	7 458 €	16 531 €	68 966 €
Öljylämmitys	13 000 €	732 €	4 229€	9 582 €	42 309 €
Puulämmitys	15 500 €	635 €	3 293 €	6 806 €	24 583 €
Pellettilämmitys	16 500 €	617 €	3 558 €	8 046 €	35 374 €
Kaukolämpö	10 500 €	799 €	4 468 €	9 867 €	40 837 €
PILP	13 000 €	665 €	3 325 €	6 651 €	19 953 €

Matalaenergiatalo Kotiapila 118 kuluttaa laskennan mukaan 12915 kWh/vuosi. Yllä olevassa taulukossa on vertailtu eri lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen muodostamia lämmityskustannusten hintoja, kun investointikustannuksia ei ole sisällytetty energian hintaan. Laskennassa on myös huomioitu suhteellinen hinnannousu perustuen kuluneiden seitsemän vuoden hinnannousuun. Tämä lähtötieto on toki viitteellinen, sillä todellista energian hinnannousua on mahdotonta arvioida kolmenkymmenen vuoden päähän.

## Passiivitalo

**Taulukko 2.** Lämmitysmuotojen välisiä kustannuseroja.

Lämmitysmuoto	Invest. yht.	1v	5v	10v	30v
Sähkölämmitys	6 000 €	823 €	4 617 €	10 233 €	42 693 €
Öljylämmitys	13 000 €	453 €	2 618 €	5 932 €	26 191 €
Puulämmitys	15 500 €	393 €	2 038 €	4 213 €	15 218 €
Pellettilämmitys	16 500 €	382 €	2 202 €	4 980 €	21 898 €
Kaukolämpö	10 500 €	494 €	2 766 €	6 108 €	25 280 €
PILP	13 000 €	411 €	2 058 €	4 117 €	12 352 €

Yllä olevassa taulukossa on vertailtu Puutalokymppi Oy:n passiivitalomalli Kotiapila 118 lämmityskustannuksia eri lämmitysmuodoittain. Laskennallisesti neljän henkilön perhe kuluttaisi keskimäärin vuodessa 7995 kWh. Tätä arvoa on käytetty yllä olevassa taulukossa. Energiamuotojen hinnannousut ovat suhteutettuna kuluneiden seitsemän vuoden hinnannousuihin, joten niiden viitteellisyys tulee ottaa huomioon.

### Matalaenergiatalon ja passiivitalon energiakustannusten hintaerot

**Taulukko 3.** Säästetty energiahinta matalaenergia- ja passiivitalon välillä.

Lämmitysmuoto	Invest. yht.	1v	5v	10v	30v
Sähkölämmitys	6 000 €	507 €	2 841 €	6 298 €	26 273 €
Öljylämmitys	13 000 €	279 €	1 611 €	3 650 €	16 118 €
Puulämmitys	15 500 €	242 €	1 255 €	2 593 €	9 365 €
Pellettilämmitys	16 500 €	235 €	1 356 €	3 066 €	13 476 €
Kaukolämpö	10 500 €	305 €	1 702 €	3 759 €	15 557 €
PILP	13 000 €	254 €	1 267 €	2 534 €	7 601 €

Kun matalaenergiatalon energiakustannustaulukon hinnoista vähennetään passiivitalon energiakustannustaulukon hinnat, saadaan yllä olevaan taulukkoon energiakustannusten väliset hintaerot. Suurin hintaero syntyi sähkölämmitykselle, jolloin passiivitalon avulla voisi säästää kolmenkymmenen vuoden aikana 26273 €. Pienin säästö tapahtui poistoilmalämpöpumppulla, jossa hinnansäästöksi tuli kolmessakymmenessä vuodessa 7601 €.

#### 3.3.3 Ovet ja ikkunat

Ikkunalla lämmönläpäisykerroin saa enintään olla lämpimässä tilassa 1,8 W/m<sup>2</sup>K ja puolilämpimässä tilassa 2,8 W/m<sup>2</sup>K. Rakennusmääräyskokoelman osan D3 mukaisesti lämpimän tilan ikkunat, kattoikkunat ja ovet saavat olla 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Rakennusmääräyskokoelman osan D3 mukaisesti puolilämpimän tilan ikkunat, kattoikkunat ja ovet saavat olla 1,4 W/m<sup>2</sup>K. Ikkunalla pinta-alan vertailuarvo on 15 % rakennuksen (kokonaan tai osittain) maanpäällisten kerrosten alojen summasta, mutta enintään 50 % rakennuk-



sen julkisivu pinta-alasta. Ikkunan pinta-ala lasketaan kehän ulkomittojen mukaan.

### 3.3.4 Kulutustottumukset

Suomalaiset ovat energiankulutustottumuksiltaan Euroopan maiden kärkisijoilla olevaa kansaa. Osittain kulutuksen suuruus johtuu kylmästä ilmastostamme, minkä takia jopa puolet energian kulutuksestamme kuluu kotiemme lämmittämiseen. Veden lämmittämiseen kuluu noin viidennes kaikesta energiasta ja loput sähkölaitteisiin ja valaistukseen.

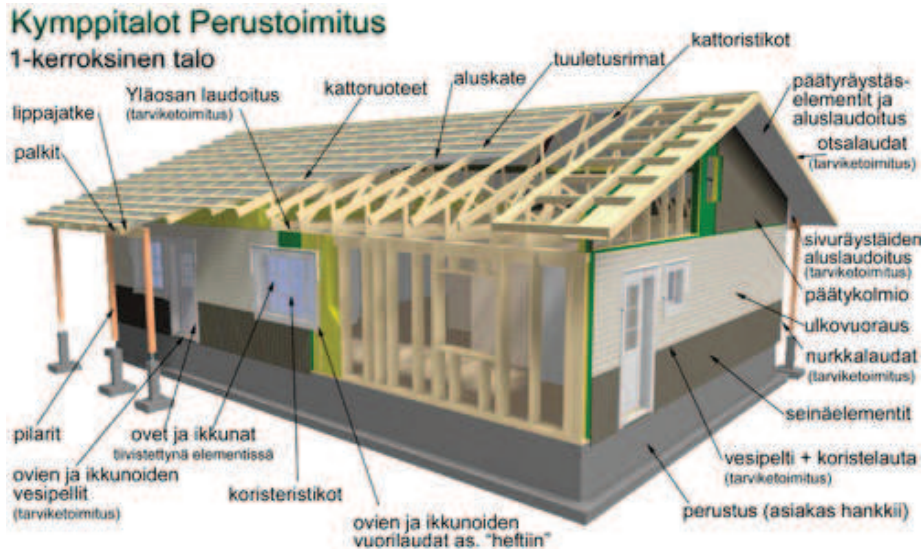
Pienillä muutoksilla voisimme säästää rahaa ja erityisesti ympäristöä. Pidämme valoja ja teknisiä laitteita turhaan päällä vaikkamme ole edes kotona. Lisäksi sähköä kuluu myös turhaan puolilleen täytetyissä astianpesu- ja pyykinpesukoneissa. Pientalon suunnitteluvaiheessa voisi ottaa huomioon esimerkiksi keittiötä suunnitellessa liedin ja kylmälaitteiden sijoitukset, sillä liian lähelle toisiaan sijoitettuina nousee kylmälaitteen sähkönkulutus 10-20 %. Suunnitteluvaiheessa valaistukseenkin olisi hyvä panostaa. Hienoa olisi, jos luonnonvaloa pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisimman paljon, toisaalta suuret ikkunapinta-alat nostavat helposti lämmityskustannuksia.

Kodissa suurin sähkölaitte on sähkökiuas, jossa yli 50 % sähköstä kuluu saunan lämmittämiseen ja loput lämmön ylläpitämiseen. Turhinta energian haaskausta on pitää sähköllä lämmitettävää saunaa lämpimänä tyhjillään. Jos ilmanvaihto on saunassa toteutettu hyvin, auttaa se pitämään saunassa tasaisen lämpötilan, jolloin kiukaan termostaattia voi säätää pienemmälle, ja näin ollen säästää energiaa. Useissa kodeissa sisälämpötila valitaan huomattavasti suuremmaksi kuin siihen on suositeltu (20-22 °C). Eräänlaisena nyrkkisääntönä onkin sanottu, että yksi aste huonelämpötilassa on viisi prosenttia lämmityskuluissa.

Jos kotona on varaava takka, olisi järkevää ottaa se käyttöön talvipakkasilla sen sijaan, että nostaa huonelämpötilaa korkeammalle. Järkevät vedenkäyttötottumukset vaikuttavat myös suurelta osin energiakustannuksiin. Osa kansalaisista kuluttaa keskimäärin 90 l/vrk, kun taas toiset jopa kolminkertaisen määrän. Oikein säädetyllä ja nykyaikaisella käyttövesijärjestelmällä voidaan pienentää vedenkulutusta useilla prosenteilla.

Jos rakennuksen huoltoa laiminlyö, tai järjestelmiä ei ole oikein säädetty tai mitoitettu, kuluu energiaa turhaan etenkin talvella. Tarkoituksenmukaisesti hoidettu rakennus on energiatehokkaampi ja miellyttävämpi asua. Kulutustottumuksistamme johtuen tulisi löytää jokin hyvä tapa säästää mahdollisimman paljon energiaa.

## 4. MATALAENERGIATALO JA PASSIIVITALO



Kuva 5. Puutalokymppi Oy:n perustoimitus.

### 4.1 Matalaenergiatalo

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa matalaenergiatalo on tällä hetkellä ainoa määritelty käsite energiatehokkaissa taloissa. Siten se on myös sidottu määritelmänsä kautta vallitsevaan määräystasoon. Matalaenergiataloksi on aiemmin kutsuttu rakennuksia joissa on suosittu energiatehokasta rakentamista, eli suosittu ratkaisuja ja rakenteita jotka johtavat normaalitasoa pienempään energiankulutukseen. Nykyään matalaenergiatalolle on olemassa tarkemmat määräykset, jotta rakennusta voidaan kutsua matalaenergiataloksi.

#### 4.1.1 Säännöt ja määräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa määritetään matalaenergiatalo seuraavasti; ”Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuk-

sen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään ulkoseinille lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoa  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  lämpimissä tiloissa ja  $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$  puolilämpimissä tiloissa.” Matalaenergiatalon lämmitysenergiatarve on noin  $40\text{-}60 \text{ kWh/brm}^2$ . /10/

#### 4.1.2 Seinärakenne



**Kuva 6.** Matalaenergiatalon ulkoseinän rakenne.

Matalaenergiatalon ulkoseinärakenne koostuu  $42 \times 248 \text{ mm}$  paksuista seinän runkopiusta, jotka on jaettu seinän leveysuunnassa  $600 \text{ mm}$  välein. Runkopiiden väleihin asennetaan Parocin vuorivillaa  $250 \text{ mm}$  paksuudelta. Runkopuihin kiinnitetään  $12 \text{ mm}$  paksu tuulensuojalevy, jonka jälkeen rakenteeseen jätetään tuuletusrimojen avulla  $32 \text{ mm}$  tuuletustila. Näin ilma pääsee kiertämään ja tarvittaessa kuivattamaan seinän rakenteita. Tuuletusrimojen avulla seinään kiinnitetään ulkoverhous, joka voi olla joko pysty- laudoitus, vaakalaidoitus tai yhdistetty pysty- ja vaakalaidoitus. Myös ulkoverhouksen paksuudet vaihtelevat lautatyypeittäin aina  $23 \text{ millimetriä}$  ylöspäin, sekä leveydet aina  $120 \text{ millimetriä}$  ylöspäin. Runkopiiden toi-

selle puolelle tulee lämpökatko, jonka jälkeen asennetaan höyrysulku-muovi. Tämän jälkeen rakenteeseen kiinnitetään 13mm paksu EK-kipsilevy joka toimii ulkoseinän sisäpuolen pintamateriaalina. Seinän U-arvoksi on mitattu 0,164 W/m<sup>2</sup>K

#### 4.1.3 Ikkunat ja ovet



**Kuva 7.** Skaalan Beeta-ikkuna

Matalaenergiatalossa käytetään Skaalan Beeta-ikkunoita. Ikkunavaihtoehtoja on useita, mutta pääsääntöisesti valitaan MSEA-ikkuna, jossa on kolminkertainen lasitus. Kyseisen ikkunan U-arvo on 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Ikkunoita on mahdollista saada eri kokoisina, ja asiakkaan toiveiden mukaan niitä voidaan myös vakiotalomalleissa muuttaa. Ikkunat asennetaan jo tehtaalla kiinni talon seinäelementteihin, jolloin välttyään työmaalla riskialttiista säilytyksestä.

Ovina matalaenergiatalossa käytetään Skaalan Beeta-tason ovia, jolloin oven U-arvo vaihtelee oven koosta ja mallista riippuen välillä 0,91 -0,71 W/m<sup>2</sup>K. Ovet asennetaan tehtaalla kiinni elementteihin.

#### 4.1.4 Kattorakenteet

Kattorakenteen muodostaa kattotyypistä riippuen joko erilaiset kattoristikot tai palkistot. Kattokaltevuudet vaihtelevat useimmiten 1:1,5, 1:2, 1:2,5 ja 1:3 välillä. Materiaalimenekit kattorakenteisiin määräytyy kattokaltevuuden mukaan. Kattoristikot asennetaan pääsääntöisesti 900 mm välein, ja ne asennetaan kantavien ulkoseinien päälle. Kattoristikoihin kiinnitetään kondensiosuojattu aluskate, jonka päälle asennetaan 22x48 mm tuuletusrimat. Tuuletusrimojen avulla varmistetaan ilman liikkuvuus rakenteen sisällä, jotta mahdollinen kosteus pääsee tuulettuen kuivumaan. Tuuletusrimojen päälle kiinnitetään kattoruoteet 50x50 mm tai 32x100 mm, joihin puolestaan kiinnitetään valittu ulkokatto materiaali esimerkiksi kattotiilet. Yläpohjaan asennetaan myös 100 mm levyvillaa, jonka päälle tulee 400 mm puhallusvuorivillaa. Lisäksi yläpohjassa on 0,2 mm höyrynsulkukalvo. Yläpohja koolataan 400 mm jaolla ja puun kokona käytetään 25x100 mm koolauspuuta. Kattorakenteen pystyttämisen ja viimeistelyn kannalta oleellisia asioita ovat myös liitospuut, räystä-, otsa- ja aluslaudat sekä tukilaudat.

#### 4.1.5 Suunnittelu, valmistus ja asennus

Matalaenergiatalon suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että rakennus täyttää sille määrätyt energiatehokkuus vaatimukset. Toisinaan rakennuksen ulkovaipassa on normaalista (90° liitoskohdista) poikkeavia kulmia, jolloin liitoskohtien suunnittelu vaatii enemmän aikaa ja laskentaa, jotta kulmasta tulisi riittävän tiivis. Matalaenergiatalojen suunnittelu on jo vuodesta toiseen ollut pitkälti samanlaista, joten suunnittelun kannalta tulee huomioida vain normaalit, mutta tärkeät perusasiat. Suunnittelija on vastuussa elementtien suunnittelusta, jotta ne täyttävät matalaenergiatalolle asetetut määräykset. Tärkeätä on myös ottaa huomioon erilaisten detaljien suunnittelu, ja näiden piirtäminen ja tulostaminen valmistus- ja asennusvaihetta varten. Ensisijaisen tärkeätä suunnittelussa on huomioida rakenteiden kantavuus.

Tällaisia rakenteita ovat muun muassa ulkoseinät, mahdolliset kantavat väliseinät ja pilarit ja palkit. Kattoristikoiden suunnittelu, mitoittaminen ja tilaus kuuluvat myös suunnittelijan tehtäviin, kuten myös ikkunoiden ja ovien tilaus matalaenergiatalolle vaadituin kriteerein.

Valmistusvaiheessa rakenne kootaan tehtaalla valmiiksi elementiksi. Tämän vuoksi laadun tarkkailu on tarkempaa, sillä elementin valmistamisen jokainen vaihe tehdään tarkasti valvotuissa olosuhteissa. Työmaalla valmistettuun rakennukseen verrattuna elementtirakentamisessa materiaalit eivät pääse olosuhteiden takia heikkenemään, vaan laadukkuus kasvaa rakentamisympäristön myötä. Koska elementit valmistetaan vaakatasossa, vältetään riskiltä, että villat asennettaisiin vinoon, jolloin rungon ja villojen väliin jäisi ilmatilaa. Tämä ilmatila aiheuttaisi todennäköisesti kylmäsiltojen muodostumista, ja mahdollisen kastepisteen riskin.

Asennuksessa on huomioitava detaljien tarkka noudatus. Tämä sääntö pätee myös muilla rakennuksilla kuin matalaenergiataloilla. Ilman tarkkaa asennustyötä rakennus ei saavuta sille asennettuja vaatimuksia kuten ilmantiiveyttä. Tämän vuoksi asentajien ammattitaitoon tulisi kiinnittää huomiota, ja heidät tulisi valita huolella.

#### **4.1.6 Muuta huomioitavaa**

Matalaenergiatalossa on kuluttajasuojalain mukainen takuu, joka on 2 vuotta materiaali ja valmistusvirheille, ja 10 vuotta kantaville rakenteille.

## **4.2 Passiivitalo**

Passiivitalo on erittäin vähän energiaa kuluttava rakennus, jossa keskitytään kokonaisuuden hallintaan sekä jo olemassa olevien ja kokeiltujen eri teknologian muotojen hyödyntämiseen. Ennen kaikkea passiivitalo perustuu tilojen lämmitykseen vaaditun energiatarpeen minimointiin. Tämä mahdollistaa perinteisten lämmönjakotapojen korvaamisen muilla ratkaisuilla. Pas-

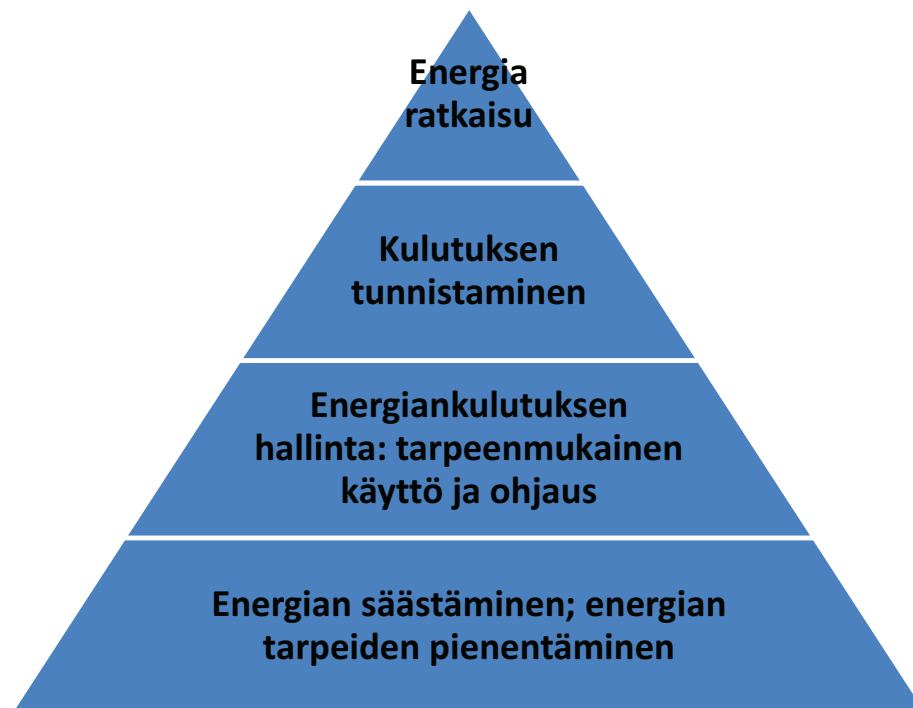
siivitalo sen sijaan ei perustu lämmityslaitteiden korvaamiseen esimerkiksi kodin elektroniikalla tai muilla sähkölaitteilla, eikä myöskään ihmisistä vapautuvaan lämpöön.

Passiivitalojen pieni energiantarve saavutetaan ulkovaipan ominaisuuksien, ilmanvaihdon avulla, sekä tehokkaan lämmön talteenoton avulla. Vaikka energiantarve jääkin pieneksi, vaatii passiivitalo myös lämmitysjärjestelmän, minkä hankintaan tulee kiinnittää huolellisesti huomiota. Tyypillisiä ratkaisuja passiivitaloille ovat ulkovaipan ilmatiiviys, hyvä lämmöneristys, sekä rakennuksen vaipassa, ikkunoissa kuin ovissakin. Varaava massa, ja ilmaislämmönlähteiden, kuten aurinkoenergian ja ihmisistä ja laitteista vapautuvan energian tehokas hyödyntäminen kuuluvat myös tyypillisiin ratkaisuihin.

Passiivitalon nimi tulee saksankielisestä termistä Passivhaus. Passiivi-sana nimessä viittaa siihen, että energiansäästökeinot eivät ole pääpainoltaan teknisissä laitteissa, vaan nimenomaan ulkovaipan ominaisuuksissa, ilmanvaihdossa sekä tehokkaassa lämmön talteenotossa. Nimeä ei ole rekisteröity tai suojattu, minkä takia passiivitalolle on olemassa useita erilaisia määritelmiä. Tästä johtuen Euroopan eri osissa käytetään kuhunkin osaan parhaiten sopivia ja vakiinnutettuja passiivitalomääritelmiä, jotka huomioivat olosuhteet ja poikkeavan ilmaston.

Passiivitalo ei varsinaisesti ole rakennuskonsepti eikä myöskään virallinen standardi vaan vapaaehtoisesti asetettava energiatehokkuustavoite. Passivhaus Institutin perustaja tohtori Wolfgang Feist kuvaa passiivitaloa lähestymistavaksi energiatehokkaammalle ja ympäristöystävällisemmälle rakennustavalle.





**Kuva 8.** Alhaalta ylöspäin luettuna kuva kertoo passiivitaloa koskevista valintojen tärkeysistä ja alaspäin luettuna valintojen vaikutuksista.

#### **4.2.1 Säännöt ja määräykset**

Passiivitaloa ei määritellä rakenteiden eristepaksuuksien tai U-arvojen kautta, vaan laskemalla rakennuksen ilmanvuotoluku painekokeella työmaalla, ja laskemalla koko rakennuksen energiantarve. Näin ollen passiivitalon määritelmä perustuu kolmeen tunnuslukuun. Nämä tunnusluvut ilmaisevat rakennuksen tilojen lämmitysenergiantarpeen, rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen sekä mittaukseen perustuvan ilmanvuotoluvun. Suomalaisissa passiivitalo-projekteissa on ollut käytössä kaksi erilaista määritelmää, kansainvälinen passiivitalon määritelmä ja suomalainen passiivitalon määritelmä.

Etelä-Euroopan lämpimissä ilmastoissa passiivitaloille on voimassa määräykset, joissa lämmitysenergian tarve on  $15 \text{ kWh/m}^2$ , jäähdytysenergiatarve  $15 \text{ kWh/m}^2$  ja primäärienergiatarve  $120 \text{ kWh/m}^2$ . Keski-, Itä- ja Länsi-Euroopassa lämmitys- ja jäähdytysenergiatarve on  $15 \text{ kWh/m}^2$  ja primäärienergiatarve  $120 \text{ kWh/m}^2$ . Pohjoismaissa aina  $60^\circ$  leveysasteen pohjoispuolella lämmitysenergiatarve on  $20\text{-}30 \text{ kWh/m}^2$  ja primäärienergiatarve  $130\text{-}140 \text{ kWh/m}^2$ . Suomi lukeutuu tähän ryhmään ja passiivitalolle määräys on, että sen energiankulutus on enimmillään Etelä-Suomessa  $20 \text{ kWh/brm}^2$  ja Pohjois-Suomessa  $30 \text{ kWh/brm}^2$ . Ilmanvuotoluku  $n_{50}$  tulee aina olla pienempi kuin  $0,6 \text{ l/h}$ .

#### 4.2.2 Seinärakenne



**Kuva 9.** Passiivitalon ulkoseinärakenne

Passiivitalon ulkoseinärakenne koostuu  $148 \text{ mm}$  runkopuista, jotka asennetaan  $600 \text{ mm}$  välein. Runkopuiden väliin asennetaan  $100 \text{ mm}$  vuorivilla eristettä ja jäljelle jäävä  $48 \text{ mm}$  jää rakenteen tuuletustilaksi. Runkoon kiinnitetään  $13 \text{ mm}$  EK-kipsilevy, joka toimii sisäseinän pintamateriaalina. Runkopuiden toiselle puolelle kiinnitetään risti- tai pystykoolauksen avulla  $150 \text{ mm}$  SPU-uretaanilevyt. Koolauksen avulla saadaan myös ulkoseinän pintaan tuuletusrako, joka on kooltaan  $43 \text{ mm}$ . Ulkoseinän pintaan kiinnitetään haluttu ulkoverhousmateriaali, esimerkiksi vaakalaudoitus. U-arvoksi kyseiselle seinärakenteelle on mitattu  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 4.2.3 Ikkunat ja ovet

Passiivitaloissa käytetään Skaalan Alfa-tason ikkunoita. Ikkunat poikkeavat matalaenergiatalon ikkunoista siten että Alfa ikkunoissa laseja on kolmen sijaan neljä. Näin ollen ikkuna on selkeästi energiatehokkaampi. Ikkunoiden koot vaihtelevat leveyksinä pääsääntöisesti välillä 30-180 cm ja korkeuksina 40-180 cm. U-arvot vaihtelevat ikkunan koosta ja Alfa-tason mallista riippuen välillä 0,82 -0,72 W/m<sup>2</sup>K. Toisinaan passiivitaloissa on ollut ikkunoiden huurtumisen kanssa ongelmia, minkä vuoksi Skaala on kehittänyt huurtumattoman Alfa-tason Frost Free ikkunan.



**Kuva 10.** Skaalan Alfa-ikkuna

Passiivitaloissa käytetään Skaalan Alfa-tason ovia. Ovia on pääasiassa neljää eri kokoa, 90x210 cm, 100x210 cm, 90x230 cm ja 100x230 cm. U-arvo vaihtelee oven koon ja mallin mukaan välillä 0,70- 0,52 W/m<sup>2</sup>K. Ovet kiinnitetään tehtaalla valmiiksi elementteihin.

#### 4.2.4 Kattorakenteet

Myös passiivitalossa kattorakenteen muodostaa kattotyypistä riippuen joko erilaiset kattoristikot tai palkistot. Passiivitaloissa voidaan myös käyttää valmiselementtejä, mutta niiden käyttö suuntautuu pääasiallisesti puolitois-takerroksisiin tai kaksikerroksisiin taloihin. Kattoristikot asennetaan pääsääntöisesti 900 mm jaolla, ja ne asennetaan kantavien ulkoseinien päälle. Kattoristikoihin kiinnitetään kondensiosuojattu aluskate, jonka päälle asennetaan 22x48 mm tuuletusrimat. Tuuletusrimojen avulla varmistetaan ilman liikkuvuus rakenteen sisällä, jotta mahdollinen kosteus pääsee kuivumaan. Tuuletusrimojen päälle kiinnitetään kattoruoteet 50x50 mm tai 32x100 mm, joihin puolestaan kiinnitetään valittu ulkokatto materiaali, esimerkiksi kattotiilet. Yläpohjaan asennetaan 200 mm levyvillaa, jonka päälle tulee 400 mm puhallusvuorivillaa. Lisäksi yläpohjassa on 0,2 mm höyrynsulkukalvo. Yläpohja tulee koolata 400 mm jaolla ja puun kokona käytetään 25x100 mm lautaa. Kattorakenteen pystyttämisen ja viimeistelyn kannalta oleellisia asioita ovat myös liitospuut, räystääs-, otsa- ja aluslaudat sekä tukilaudat.

Kuten tässäkin esimerkissä, yksikerroksisessa passiivitalossa valitaan usein yläpohjan eristeeksi vuorivilla. Joissakin tapauksissa yläpohjan eristämiseksi päädytään SPU-eristeen käyttöön, jolloin SPU-levyä asennetaan 170 mm ja lisäksi tarvitaan 300 mm vuorivillaa.

#### 4.2.5 Suunnittelu, valmistus ja asennus

Passiivitalon kriteerien täyttäminen edellyttää suunnittelulta hyvää yhteistyötä eri tahojen kanssa sekä erityisesti laadukasta toteutusta valmistus- ja rakennusvaiheessa. Suunnittelijan tekemä suunnittelutyö vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen energiantarpeeseen, ja tämän vuoksi olisi hyvä seurata erilaisia passiivitaloille tarkoitettuja suunnitteluohjeita, jos kokemusta ei vielä ole kertynyt riittävästi. Yksi tällaisista ohjeista on Jyrki Niemisen ja Kimmo Lylykankaan suunnitteluohje, jossa ei syvennyttä pitkälle talotek-

niikan tai rakenneratkaisujen teknisiin yksityiskohtiin, vaan se osoittaa lähinnä ne uudet asiat, joita passiivitalon määritelmät tuovat rakennuksen suunnitteluun sekä työmaatoteutukseen. Ohjeesta myös ilmenee suunnittelijan tekemien ratkaisujen vaikutukset rakennuksen energiantarpeeseen, ja se kuvaa ratkaisuja, joilla voidaan saavuttaa hyvä energiatehokkuus.

Passiivitalon liitoskohdat tulisi suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon erityisen huolella, sillä talon tiiveys kärsii usein juuri näissä paikoissa. Tämä on ratkaisevaa passiivitalon kriteerien täyttämisen kannalta. Detaljien suunnitteluissakin löytyy poikkeuksia verrattaessa matalaenergiataloon, sillä SPU-eriste vaatii erilaiset toteutusmenetelmät useissa tapauksissa kuin vuorivillaeriste. Passiivitalo vaatii myös suunnittelijalta enemmän aikaa, sillä yksityiskohtia suunnitteluvaiheessa on niin paljon. Työtä lisää myös jatkuvan kehittämisen tarve, sillä passiivi-rakentaminen on vielä suhteellisen uutta, ja valmiita ratkaisumalleja ei vielä ole kehitetty.

Valmistuksen osalta passiivitalo vie enemmän aikaa verrattaessa sitä matalaenergiataloon, sillä vaatimukset talolle ovat kovemmat. Laadun tarkkailu nousee tärkeänä asiana esille myös valmistusvaiheessa. Tiivistäminen ja laadun varmistus tuottavat passiivitalolla lisätöitä, sillä jokainen SPU-eristeiden väli tiivistetään erikseen saumausvaahdolla. Myös ikkunat tiivistetään ja osittain myös kiinnitetään polyuretaanivaahdon avulla. Muutoin elementtien valmistus on kutakuinkin samankaltaista kuin matalaenergiaelementtienkin valmistus.

Asennusvaiheessa asentajan tulee varmistaa erilaisten liitoskohtien ja nurkkien huolellinen tiivistäminen polyuretaanivaahdolla. Asentajilta vaaditaan normaalia parempaa saumaustekniikkaa, mitä passiivitalo vaatii saavuttaakseen riittävän tiiveyden. Asennustarvikkeita kuluukin passiivitaloon enemmän kuin matalaenergiataloon, jotta kaikki sille asetetut vaatimukset täyttyisivät. Kun asennustyöt ovat valmiit ja passiivitalo pystytetty, tulee sille

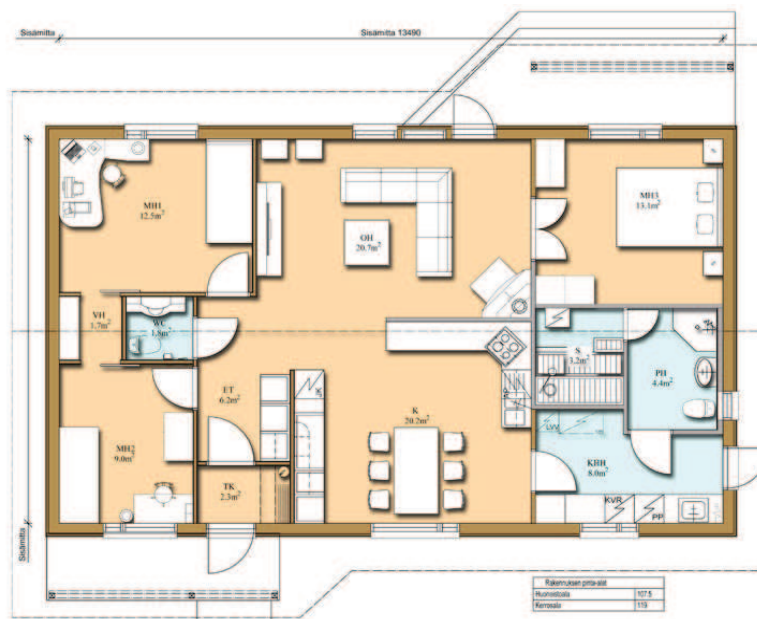
suorittaa tiiveysmittaus, jossa ilmanvuotoluvun tulee jäädä pienemmäksi kuin 0,6 l/h.

Pienissä rakennuksissa on suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen osalta huomioitava myös se, että ulkovaippaa on suhteessa lämmitettävään tilavuuteen enemmän. Tällöin myös lämpöhäviöiden riski on suurempi. Koska lämmitysenergiantarvetta tarkastellaan aina neliometriä kohden, on pienempi rakennus pääsääntöisesti vaikeampaa saada toteutetuksi passiivitalon määritelmillä kuin suurempi talo.

#### **4.2.6 Muuta huomioitavaa**

Passiivitalossa on kuluttajasuojalain mukainen takuu, joka on 2 vuotta materiaali- ja valmistusvirheille, ja 10 vuotta kantaville rakenteille.

## 5. PASSIIVITALO JA MATALAENERGIATALO VERTAILUSSA TALOMALLI KOTIAPILA 118



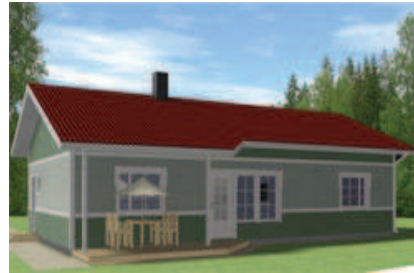
**Kuva 11.** Pohjakuva Puutalokymppin talomallista Kotiapila 118

Kotiapila 118 on Puutalokymppi Oy:n talomalli, joka käsittää neljä huonetta, keittiön, ja saunan, rakennusala pientalolla on nimensä mukaisesti 118m<sup>2</sup>. Toimitussisältö koostuu ulkoseinäelementeistä, joihin on mahdollista valita mieleisensä ulkoverhous vaihtoehto Puutalokymppin valikoimista. Ikkunat ja ulko-ovet sisältyvät myös vakiotoimitukseen. Kantavat väliseinät valmistetaan tehtaalla elementeiksi, mutta kevyet väliseinät toimitetaan tarvike-toimituksena. Yläpohjaan tulevat materiaalit vesikatto valmiuteen asti toimitetaan tontille. Toimitussisältöön kuuluvat myös , räystääselementit, kattolipat sekä mahdollisesti tarvittavat pilarit ja palkit erilaisine kiinnitystarvikkeineen. Suunnittelun osalta pääpiirustukset (lukuun ottamatta asemapiirustusta), työpiirustukset ja rakennepiirustukset toimituksen osalta,

perustusten periaate- ja mittakuva sekä talon huoltokirja sisältyvät toimitukseen. Rahti ja asennuskustannukset eivät sisälly toimitukseen ellei toisin ole mainittu.



**Kuva 12.** Julkisivukuva edestä



**Kuva 13.** Julkisivukuva takaa

## 5.1 Suunnittelu

Matalaenergiatalon ja passiivitalon suunnittelussa aikaa kuluu enemmän passiivitalon suunnitteluun. Koska passiivitalo on vielä suhteellisen uusi keksintö, se vaatii osakseen paljon suunnittelua ja ratkaisumahdollisuuksia ollakseen toteutuskelpoinen ja vaatimukset täyttävä. Molemmat rakennukset vaativat suunnittelulta samojen suunnittelukuvien tekemistä, mutta passiivitalo todennäköisesti työstää enemmän kuvia muun muassa detaljien ja muiden liitoskohtien osalta. Suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon materiaalimenekit ja niiden poikkeavuus toisistaan, sillä molemmat talomallit vaativat eristyksensä takia eri määriä erilaisia tarvikkeita ja materiaalia. Matalaenergiatalon suunnittelussa kokemuspohjaa on kerrytetty vuosien varrella paljon, jolloin suunnittelussa harvemmin tulee niin sanotusti tilanteita, joissa uusia ratkaisumalleja tarvittaisiin. Passiivitaloille sen sijaan uusia ratkaisutapoja joudutaan jatkuvasti kehittämään. Ajan kuluessa myös passiivitalojen suunnittelu helpottuu, kun kokemusta kertyy riittävästi. Tä-



män takia matalaenergiatalon suunnittelu on tällä hetkellä huomattavasti nopeatempoisempaa kuin passiivitalon suunnittelu.

## 5.2 Valmistus

Matalaenergiatalo on valmistuksen osalta nopeampaa, sillä passiivitalo vaatii tiukempien määräysten takia enemmän valmistumisaikaa. Laskennallisesti matalaenergiatalon valmistamiseen tehtaalla kuluu noin 2/3 siitä, mitä passiivitalon valmistaminen vie.

Pääasiallisena erona passiivi- ja matalaenergiatalojen välillä valmistuksessa on tiiviimmän elementin tekeminen, sillä passiivitalossa jokainen SPU-levyjen väli tiivistetään erikseen siihen tarkoitettulla saumausvaahdolla. Lisäksi SPU-levyt kiinnitetään erikseen runkorakenteeseen niihin soveltuvilla ruuveilla, kun taas vuorivilla on helpommin vain nostettavissa rakenteen sisälle. SPU-levyjen myötä ulkovuorin kiinnittäminen vie myös enemmän aikaa passiivitalossa, kuin matalaenergiatalossa. Myös esimerkiksi ikkunoiden kiinnitys eroaa siten, että passiivitalossa ikkunat tiivistetään, ja osittain myös kiinnitetään, polyuretaanivaahdon avulla.

Molemmissa rakenteissa laaduntarkkailu on oleellinen osa valmistusprosessia, mikä on yksi elementtivalmistamisen hyvistä puolista. Koska elementit valmistetaan vaakatasossa, välttyään erityisesti villan käytössä mahdollisten kylmäsiltojen muodostumiselta, koska villat saadaan asennettua elementin sisälle suorassa. Tämä on yksi syistä, miksi elementin valmistaminen on vaakatasossa helpompaa.

Valmistaminen vaakatasossa on myös turvallisempaa työntekijöiden osalta, sillä valmistusvaiheessa ei tarvitse nousta erilaisille telineille tai korokkeille, mikä on yksi suurista työturvallisuusriskeistä. Passiivi- ja matalaenergiatalojen valmistamisessa työntekijöiltä ei vaadita erilaista ammattitaitoa, vaan huolellinen perehdytys molempien talojen valmistamiseen riittää. Tässä perehdyttämisessä tulee ottaa huomioon molemmille taloille asetetut

vaatimukset ja määräykset, ja niiden myötä ehdottoman huolellisuuden noudattaminen. Kummallakin talomallilla on myös omanlaisensa tekniikka halutun tuloksen aikaansaamiseksi, ja tätä tulee korostaa perehdytysvaiheessa. Laadukkuutta elementtirakentamisessa varmistaa myös se, että materiaalit säilytetään suojaisissa lämpöisissä tiloissa, joissa ne eivät joudu ennen asentamista kosteuden kanssa tekemisiin.

### **5.3 Asennus**

Kun elementit ovat valmiita, ne lastataan ja lähetetään työmaalle asennettaviksi. Jo elementtien siirrossa vaaditaan ammattitaitoa, sillä passiivielementin painopiste asettuu elementissä siten, että elementti pyrkii kellahtamaan sitä nostettaessa. Tämän seikan huomiointi on hyvin tärkeää elementin ehjänä säilymisen, kuten myös työturvallisuudenkin kannalta. Matalaenergiatalon elementeissä sen sijaan paino jakautuu tasaisesti, jolloin siirtäminen on huomattavasti helpompaa.

Nostojen ja siirtojen jälkeen elementit asennetaan paikalleen. Kun kiinnitys on tehty, tulee suorittaa huolellinen tiivistäminen. Matalaenergiatalolla tämä tarkoittaa sitä, että saumakohdat tiivistetään teippaamalla ne siihen tarkoitettulla erikoisteipillä. Passiivitalossa saumakohtien tiivistäminen sen sijaan suoritetaan saumausvaahdolla, mikä on huomattavasti enemmän aikaavievää teippaamiseen nähden. Vaahdotus on kuitenkin välttämätöntä, sillä ilman sitä passiivitalo ei täytä sille osoitettuja energiatehokkuusvaatimuksia.

Koska SPU-eristettä käytetään passiivitalossa myös höyrünsulkuna, vaatii kattoristikoiden asentaminen ja tiivistäminen hieman erikoistoimenpiteitä. Ristikoiden kiinnityksessä käytettävien kulmarautojen väliin tulee asentaa tiivistämisen varmistamiseksi putyylikaistat, jotka estävät kosteuden pääsyn kulmarautojen kohdista ulkoseinärakenteeseen.

Molempien talojen nurkat tiivistetään polyuretaanivaahdolla. Rakenteiden erilaisuuden takia molemmat talot vaativat erilaisia asennustarvikkeita. Passiivitaloon asennustarvikkeita kuluu enemmän ja ne ovat kalliimpia. Poikkeavuuksia löytyy esimerkiksi ulkonurkkien kiinnittämiseen tarvittavista osista, kuten matalaenergiatalossa käytettävistä 10 mm x 360 mm ruuveista, kun taas passiivitalossa ruuvien koko on 6 mm x 120 mm.

Ammattitaitoa ja kokemusta vaaditaan molempien talomallien asentajilta. Passiivitalon rakentamisen on laskettu vievän noin 25 % enemmän kuin matalaenergiatalon. Haasteellisuutensa vuoksi mahdolliset kokemattomat asentajat saattavat lisätä valmistumisaikaa huomattavasti. Koska SPU-levyjen käsittelytaidot ja tuntemus saattavat puuttua täysin, kasvaa myös riski virheiden syntymiselle. Jos virheitä rakentamisvaiheessa on tehty, ja tiivistäminen suoritettu huolimattomasti, paljastuvat nämä asiat erityisesti passiivitaloille suoritetuissa tiiveysmittauksissa.

#### **5.4 Käyttö ja asuminen**

Eroavaisuuksia matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä käytössä ja asumisessa on hyvin vähän. Passiivitalo vaatii asujaltaan hieman perehtymistä asiaan ja passiivitalon vaatimiin käyttöjärjestelmiin kuten ilmanvaihtoon. Koska passiivitalo on rakennettu hyvin tiiviiksi, vaatii se niin sanotun pulloefektin välttämiseksi hyvän ilmanvaihdon. Jos ilmanvaihto ei ole koko ajan päällä, alkaa kosteus kertyä talon sisäpuolelle, sillä ilma ei kierrä ja tuuletu. Muita suuria eroja talojen välillä käytön osalta ei ole.

Käyttö- ja asumiskustannukset passiivi- ja matalaenergiatalossa riippuvat asukkaista ja heidän tekemistään valinnoista. Lämmitysjärjestelmän valinta vaikuttaa suurelta osin käyttöön ja siten asumiskustannuksiin. Lämmitysjärjestelmä ei ole talosta riippuvainen, vaan valinta perustuu täysin asukkaiden mieltymyksiin. Osa järjestelmistä on työläämpiä, mutta kuitenkin edullisempia, kun taas toiset eivät vaadi asukkailta juuri minkäänlaista vaivannä-

köä mutta hinta on niissä taas helposti kalliimpi. Myös muilla valinnoilla voidaan vaikuttaa asumiskustannuksiin, kuten sähkölaitteiden valinnalla. Energialuokiteltuja kodinkoneita löytyy laidasta laitaan, jolloin huonomman ET-luvun omaavalla koneella saatetaan tuottaa kaksinkertainen energiankulutus paremmin luokiteltuun koneeseen nähden. Valaisinten ja teknologian harkinnalla voidaan myös parantaa talon energiansäästöä.

Passiivitalon energiankulutus Kotiapila 118-mallissa laskettiin olevan noin 7995 kWh/vuosi, kun matalaenergiatalossa sama lukema oli 12915 kWh/vuosi. Näin ollen pelkällä seinärakenteen valinnalla Kotiapila 118:ssa saadaan 4920 kWh:n säästö vuodessa. Energiaa säästyy siis yli 60 % vuodessa valitsemalla passiivitalo matalaenergiatalon sijaan. Käyttö ja asumiskustannuksissa säästöä syntyisi siis huomattavasti vain tällä valinnalla.

### **5.5 Energiakustannusvertailu**

Kustannusvertailu matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä perustuu säästettyyn lämmitysenergian tarpeeseen. Kotiapila 118 matalaenergiatalon ostohinta asennettuna on 41 900 € ja passiivitalona hinta on noin 7 500 € kalliimpi, eli 49 400 €. Tämä hinta sisältää suunnitteluun aiheutuvat passiivitalon muodostamat ylimääräiset kustannukset matalaenergiataloon verrattuna. Edellä mainittu 7 500 € sisältää myös valmistusvaiheeseen ja asennusvaiheeseen kuluvat ylimääräiset kustannukset, mitä passiivitalon ja matalaenergiatalon välillä tulee huomioida. Oston jälkeiset kustannuserot syntyvät energiakustannuksista talon käytön aikana. Vertailussa tarkastellaan taulukojen 1, 2 ja 3 avulla energiakustannuksia, sillä näissä taulukoissa on laskennan pohjalta huomioitu viitteellinen hinnannousu, sekä kulutukset eri aikaväleillä. Laskennan tulokset saatiin käyttämällä laskenta-arvoja, jotka huomioivat lämpöhäviöt, lämpökuormat, ilmanvuotoluvut, sekä kaiken muun mitä laskennassa tulee huomioida.

## Energiakustannusvertailu yhdessä vuodessa

**Taulukko 4.** Kustannusvertailua yhden vuoden arvoilla.

	Matalaenergiatalo	Passiivitalo	Investointikustannukset	Matalaenergiatalo yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	1 330€	823 €	6 000 €	<b>7 330€</b>	<b>6 823€</b>
Öljy	732 €	453 €	13 000€	13 732€	13 453€
Puu	635 €	393 €	15 500€	16 135€	15 893€
Pelletti	617 €	382 €	16 500€	<b>17 117€</b>	<b>16 882€</b>
Kauko	799 €	494 €	10 500€	11 299€	10 994€
PILP	665 €	411 €	13 000€	13 665€	13 411€

Jos rakennuksen energiakustannuksia tarkastellaan yhden vuoden ajalta, on tulos erilainen mitä esimerkiksi media antaa ymmärtää. Halvimmaksi käyttöenergiakustannukset tulevat valitsemalla pellettilämmitysjärjestelmän, ja kalleimmaksi sähkölämmitysjärjestelmällä. Kun energiakustannusvertailuun liitetään myös lämmitysjärjestelmän investointikustannukset, kääntyy tilanne toisinpäin, eli kokonaiskustannuksiltaan sähkölämmitteinen talo tulisi halvimmaksi vaihtoehdoksi kustantaen yhteensä 7 330 € matalaenergiatalona, ja 6 823 € passiivitalona. Pellettilämmitys on investointikustannuksiltaan kallein, joten sen kokonaiskustannukset jaettuna yhdelle vuodelle olisivat matalaenergiatalona 17 117 € ja passiivitalona 16 882 €.

Jos talon on rakentanut ajatellen mahdollisesti sen myyntiä vuoden asumisen jälkeen, tulee sähkölämmityksen hankkiminen kokonaiskustannuksiltaan 10 059 € halvemmaksi passiivitalona ja matalaenergiatalona 9 787 €. Tämä vaihtoehto olisi taloudellisesti kannattavaa myyjälle, mutta ympäristöä ja ostajan rahansäästöä ajatellen sähkölämmityksen hankkiminen on

huono vaihtoehto. Muiden lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset sijoittuvat yli 10 000 € yläpuolelle, kun investointikustannukset on sisällytetty energiakustannuksiin.

Erot vuoden aikana kertyvälle säästölle matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä eivät ole suuria. Riippuen lämmitysjärjestelmän valinnasta, energiakustannuserot vaihtelevat 235 – 507 € välillä. Pienin säästö syntyi pellettilämmityksellä ja suurin säästö sähkölämmityksellä.

**Taulukko 5.** Kokonaiskustannusvertailua yhden vuoden arvoilla.

	Matalaenergia yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	<b>49 230 €</b>	56 223 €
Öljy	55 632 €	62 853 €
Puu	58 035 €	65 293 €
Pelletti	59 017 €	<b>66 282 €</b>
Kauko	53 199 €	60 394 €
PILP	55 565 €	62 811 €

Kokonaiskustannusvertailussa matalaenergiatalo vie voiton jokaisella lämmitysjärjestelmävaihtoehdolla. Kun lasketaan yhteen rakennuksen ostohinta, lämmitysjärjestelmän investointikulut sekä lämmitysenergian aiheuttamat kulut lämmitysjärjestelmästä riippuen, tulee sähkölämmitteinen matalaenergiatalo halvimmaksi vaihtoehdoksi vuoden asumista ajatellen. Kokonaiskustannukset rakennukselle olisivat 49 230 €. Kalleimmaksi vaihtoehdoksi samalla periaatteella laskettuna saadaan pellettilämmitteinen passiivitalo, jonka kokonaiskustannukset ovat jopa 17 052€ kalliimmat, eli 66 282 €.

## Energiakustannusvertailu viidessä vuodessa

**Taulukko 6.** Kustannusvertailua viiden vuoden arvoilla.

	Matalaenergiatalo	Passiivitalo	Investointikustannukset	Matalaenergiatalo yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	7 458 €	4 617 €	6 000 €	<b>13 458 €</b>	<b>10 617 €</b>
Öljy	4 229 €	2 618 €	13 000€	17 229 €	15 618 €
Puu	3 293 €	2 038 €	15 500€	18 793 €	17 538 €
Pelletti	3 558 €	2 202 €	16 500€	<b>20 058 €</b>	<b>18 702 €</b>
Kauko	4 468 €	2 766 €	10 500€	14 968 €	13 266 €
PILP	3 325 €	2 058 €	13 000€	16 325 €	15 058 €

Energiakustannusvertailussa viiden vuoden ajalta kallein käyttöenergia matalaenergiatalolle ja passiivitalolle tulee sähkölämmityksellä. Halvimmaksi käyttöenergiaksi matalaenergiatalolle ja passiivitalolle tulee puulämmitys. Kun tarkastellaan tilannetta siten, että käyttöenergiaan lisätään investointikustannukset, halvimmaksi energiamuodoksi tulee sekä matalaenergia- että passiivitalolla sähkölämmitys. Kalleimmaksi molemmille viiden vuoden ajalla tulee pellettilämmitys. Suurin säästö valitsemalla passiivitalo matalaenergiatalon sijaan syntyy sähkölämmityksellä, jolloin erotuksena on 2 841 €. Pienin säästö passiivitalon valinnalla lämmityskustannuksia ajatellen syntyy puulämmityksellä, jolloin säästöä kertyy 1 255 €.

**Taulukko 7.** Kokonaiskustannusvertailua viiden vuoden arvoilla.

	Matalaenergia yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	<b>55 358 €</b>	60 017 €
Öljy	59 129 €	65 018 €
Puu	60 693 €	66 938 €
Pelletti	61 958 €	<b>68 102 €</b>
Kauko	56 868 €	62 666 €
PILP	58 225 €	64 458 €

Viiden vuoden arvoilla kokonaiskustannusvertailussa halvimpana vaihtoehtona on edelleen sähkölämmiteinen matalaenergiatalo, kun taas pellettilämmiteinen passiivitalo pysyy edelleen kalleimpana vaihtoehtona. Sähkölämmitteisen matalaenergiatalon viiden vuoden kokonaiskustannukset ovat 55 358 €, mitkä ovat 12 744 € halvemmat kuin 68 102 € kokonaiskustannuksiltaan oleva pellettilämmiteinen passiivitalo. Viiden vuoden asumista ajatellen ostajalle kokonaiskustannuksiltaan edullisin vaihtoehto olisi sähkölämmiteinen matalaenergiatalo.



## Energiakustannusvertailu kymmenessä vuodessa

**Taulukko 8.** Kustannusvertailua kymmenen vuoden arvoilla.

	Matalaenergiatalo	Passiivitalo	Investointikustannukset	Matalaenergiatalo yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	16 531 €	10 233 €	6 000 €	22 531 €	<b>16 233 €</b>
Öljy	9 582 €	5 932 €	13 000€	22 582 €	18 932 €
Puu	6 806 €	4 213 €	15 500€	22 306 €	19 713 €
Pelletti	8 046 €	4 980 €	16 500€	<b>24 546 €</b>	<b>21 480 €</b>
Kauko	9 867 €	6 108 €	10 500€	20 367 €	16 608 €
PILP	6 651 €	4 117 €	13 000€	<b>19 651 €</b>	17 117 €

Erot kymmenen vuoden energiakustannusvertailussa lämmitysjärjestelmien kustannuksissa, verrattuna lyhyemmällä aikavälillä tehtyihin vertailuihin, ovat pienentyneet selkeästi. Matalaenergia- ja passiivitalon kalleimmaksi lämmitysjärjestelmäksi tulisi pellettilämmitys, jonka energiakustannukset matalaenergiatalolla olisivat 24 546 € ja passiivitalolla 21 480 €. Halvin matalaenergiatalon lämmitysjärjestelmä kymmenen vuoden ajalle ajateltuna olisi poistoilmalämpöpumppu, jonka energiakustannukset olisivat 19 651€. Halvimmaksi passiivitalon lämmitysjärjestelmäksi tulisi taasen sähkölämmitys, jonka yhteiskustannukset investoinnin kanssa olisivat 16 223 €. Suurin säästetty summa, valitsemalla passiivitalo, tulisi sähkölämmitykselle, jolloin säästöä kertyisi 6 298 €, kun taas pienimmän säästön passiivitalon valinnalla tekisi poistoilmalämpöpumpulla säästäen 2 534 €.

**Taulukko 9.** Kokonaiskustannusvertailua kymmenen vuoden arvoilla.

	Matalaenergia yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	64 431 €	65 623 €
Öljy	64 482 €	68 332 €
Puu	64 206 €	69 113 €
Pelletti	66 446 €	<b>70 880 €</b>
Kauko	62 267 €	66 008 €
PILP	<b>61 551 €</b>	66 517 €

Kokonaiskustannusvertailussa kymmenen vuoden arvoilla halvimmaksi vaihtoehdoksi tulisi valita poistoilmalämpöpumpulla lämmitettävä matalaenergiatalo, jonka yhteishinnaksi ostohinta mukaan luettuna olisi 61 551 €. Kalleimmaksi vaihtoehdoksi tulisi pellettilämmitteinen passiivitalo, jonka kokonaishinnaksi muodostui 70 880 €. Säästöä, valitsemalla halvimman ja kalleimman vaihtoehdon välillä, voisi saada aikaan jopa 9 329 €.

## Energiakustannusvertailu kahdessakymmenessä vuodessa

**Taulukko 10.** Kustannusvertailua kahdenkymmenen vuoden arvoilla.

	Matalaenergiatalo	Passiivitalo	Investointikustannukset	Matalaenergiatalo yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	39 519 €	24 464 €	6 000 €	<b>45 519 €</b>	<b>30 464 €</b>
Öljy	23 686 €	14 662 €	13 000€	36 686 €	27 662 €
Puu	15 498 €	9 594 €	15 500€	30 998 €	25 094 €
Pelletti	19 837 €	12 280 €	16 500€	36 337 €	28 780 €
Kauko	23 479 €	14 534 €	10 500€	33 979 €	25 034 €
PILP	13 302 €	8 234 €	13 000€	<b>26 302 €</b>	<b>21 234 €</b>

Muutoksia kahdenkymmenen vuoden tarkastelussa, verrattaessa lyhyempien aikavälien tarkasteluihin, on syntynyt suuria eroja. Sähkölämmityksen suuret käyttökustannukset ovat lähes kolminkertaiset verrattaessa poistoilmalämpöpumpun aiheuttamiin käyttökustannuksiin. Tämä pätee sekä matalaenergia- että passiivitalossa. Sähkölämmitys on molemmilla talovaihtoehtoilla kallein tehden passiivitalon valinnalla säästöä jopa 15 055 €. Poistoilmalämpöpumppu tulee molemmille talo vaihtoehtoille halvemmaksi tehden erotuksen 5 068 € säästöä, kun valitaan passiivitalo. Näin ollen käyttö- ja investointikustannuksilla laskettuna kalleimman ja halvimmän talon välille syntyisi 24 285 € erotus. Vaikka aiemmissa laskelmissa sähkölämmitteinen matalaenergiatalo on usein tullut edullisimmaksi, pitkällä aikavälillä laskettuna erot saattavat muuttua huomattavasti. Tämän takia tulisi aina miettiä tarkasti lämmitysjärjestelmän ja seinärakenteen valintaa, sillä investointihinnaltaan halvin ei välttämättä ole pitkällä aikavälillä edullisin vaihtoehto.

**Taulukko 11.** Kokonaiskustannusvertailua 20 vuoden arvoilla.

	Matalaenergia yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	<b>87 419 €</b>	79 864 €
Öljy	78 586 €	77 062 €
Puu	72 898 €	74 494 €
Pelletti	78 237 €	78 180 €
Kauko	75 879 €	74 434 €
PILP	<b>68 202 €</b>	70 634 €

Kun lasketaan yhteen talon hankintahinta, lämmitysjärjestelmän käyttökustannukset sekä investointikustannukset kahdessakymmenessä vuodessa, kalleimmaksi vaihtoehdoksi tulee sähkölämmitteisen matalaenergiatalon valinta. Tämän kokonaiskustannukseksi 20 vuoden aikavälillä tulisi 87 419 €. Halvin vaihtoehto sen sijaan olisi poistoilmalämpöpumppulämmitteinen matalaenergiatalo, jonka kokonaiskustannukset olisivat 68 202 €. Ero kalleimman ja halvimman talovaihtoehdon välillä on 19 217 €. Huomioitavaa 20 vuoden kokonaiskustannusvertailun kohdalla on myös se, että osa lämmitysjärjestelmävaihtoehdoista on passiivitalon valinnalla maksanut itsensä tällä aikavälillä takaisin. Tällaisia järjestelmiä ovat sähkölämmitys, jolla säästää passiivitalon valitsemisen ansiosta kertynyt 7 555 €, kun taas öljylämmityksellä säästää on kertynyt 1 524€. Pellettilämmityksen valinnalla säästää on kertynyt 20 vuodessa 57 €, ja kaukolämmöllä säästää kertyy 1 445 €. Pelkästään passiivitalon valinnalla voi siis pitkällä aikavälillä säästää suuria summia rahaa.

## Energiakustannusvertailu kolmessakymmenessä vuodessa

**Taulukko 13.** Kustannusvertailua kolmenkymmenen vuoden arvoilla.

	Matalaenergiatalo	Passiivitalo	Investointikustannukset	Matalaenergiatalo yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	68 966 €	42 693 €	6 000 €	<b>74 966 €</b>	<b>48 693 €</b>
Öljy	42 309 €	26 191 €	13 000€	55 309 €	39 191 €
Puu	24 583 €	15 218 €	15 500€	40 083 €	30 718 €
Pelletti	35 374 €	21 898 €	16 500€	51 874 €	38 398 €
Kauko	40 837 €	25 280 €	10 500€	51 337 €	35 780 €
PILP	19 953 €	12 352 €	13 000€	<b>32 953 €</b>	<b>25 352 €</b>

Kolmenkymmenen vuoden energiakustannusvertailussa kalleimman ja halvimman lämmitysjärjestelmän aiheuttamien käyttöenergiakustannusten väliset erot, sekä matalaenergia- että passiivitalon välillä, ovat jo yli kolminkertaiset. Sähkölämmitteisen talon valinta tulee kalleimmaksi molemmilla talotyypeillä, tehden passiivitalon valinnalla 26 273 € säästön. Halvimmaksi lämmitysenergian valinnaksi käyttöenergia- ja investointikustannusten osalta tulee molemmilla talotyypeillä poistoilmalämpöpumpun valinta. Säästöä passiivitalon valinnalla, kun molemmissa taloissa on poistoilmalämpöpumppu, tulee 7 601 €. Tämä tarkoittaa sitä, että kolmenkymmenen vuoden ajalla myös tämä lämmitysjärjestelmä on maksanut itsensä takaisin, kun passiivitalon ostohinta on 7 500 € kalliimpi matalaenergiataloon nähden. Säästöä on siis kertynyt 101 €.

**Taulukko 14.** Kokonaiskustannusvertailua 30 vuoden arvoilla.

	Matalaenergia yht.	Passiivitalo yht.
Sähkö	<b>116 866 €</b>	98 093 €
Öljy	97 209 €	88 591 €
Puu	81 983 €	80 118 €
Pelletti	93 774 €	87 798 €
Kauko	93 237 €	85 180 €
PILP	74 853 €	<b>74 752 €</b>

Kokonaiskustannusvertailussa 30 vuoden aikavälillä kallein talovaihtoehto on sähkölämmitteinen matalaenergiatalo, jonka kokonaiskustannukset yhdessä talon ostohinnan kanssa ovat 116 866 €. Passiivitalon valinnalla säästäisi sähkölämmitteisellä talolla 18 773 €. Halvimmaksi talovaihtoehdoksi tuli poistoilmalämpöpumpulla varustettu passiivitalo, kokonaiskustannuksiltaan 74 752 €, jolloin säästöä saman lämmitysjärjestelmän matalaenergiataloon syntyy 101 €.

Toiseksi suurin säästö passiivitalon valinnalla, kertyy öljylämmitteiselle talolle, jolloin säästöä syntyy 8 618 €. Kaukolämpö säästää tuolla valinnalla 8 057 €, jolloin se säästää kolmanneksi eniten. Seuraavana on pellettilämmitys 5 976 € ja puulämmityksellä säästöjä saa aikaan 1 865 €.

Säästö kalleimman ja halvimman talovaihtoehdon välillä, tarkasteltaessa tilannetta kokonaiskustannusten osalta 30 vuodessa, saadaan halvemman talon valinnalla aikaan 42 114 € säästö. Pitkällä aikavälillä matalaenergiatalo sähkölämmityksellä muodostuu siis huomattavasti kalliimmaksi vaihtoehdoksi kuin lyhyen aikavälin tarkastelussa näytti. Aiemmin myöskään

poistoilmalämpöpumpulla varustettu passiivitalo ei edustanut edullisinta vaihtoehtoa.

Kustannusvertailu osoittaa, että taloa suunniteltaessa tulee huolella miettiä sen käyttöikä, ja asujan mahdollisia omia tarpeita. Suuria säästöjä on mahdollista tehdä, kun asioita pohditaan kattavasti pitkää aikaväliä ajatellen.

## 6. LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT

Energiakustannusvertailussa, Puutalokymppi Oy:n talomalli Kotiapila 118 matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä, syntyi pitkällä aikavälillä positiivisia eroja passiivitalon puolesta. 20 vuodessa neljä kuudesta lämmitysjärjestelmävaihtoehdosta oli maksanut passiivitalon tuoman lisämaksun takaisin, ja säästänyt huomattavia summia rahaa. Kolmenkymmenen vuoden tarkastelussa passiivitalo oli kerryttänyt kaikilla lämmitysjärjestelmillä säästöä 101 eurosta aina 18 773 euroon asti.

Passiivitalon puolesta puhuvat myös sen ympäristöystävällisyys, sillä se aiheuttaa vähemmän päästöjä matalaenergiataloon verrattuna. Lisäksi passiivitalossa on hyvä ilmanvaihto, mikäli käytetään pitkällä aikavälillä halvimaksi lämmitysjärjestelmäksi tulevaa poistoilmalämpöpumppua. Laadukas huoneilma, ja ympäristöystävällisyys ovat syitä, miksi passiivitalon jälleenmyyntiarvo on korkeampi kuin matalaenergiatalon. Myös kiristyvien energiatehokkuusvaatimusten takia jälleenmyyntiarvo on korkeampi kuin matalaenergiatalolla, ja se myös täyttää tulevaisuuden vaatimukset pidempään kuin matalaenergiatalo. Nämä ovat asioita, joita talopakettien ostajat pohtivat suunnitellessaan rakentamista.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää energiakustannusvertailun avulla, kannattaako asiakkaan hankkia passiivitalo matalaenergiatalon sijaan. Tavoitteisiin kuului myös selvittää eri aikavälein passiivitalon mahdollisesti tuomat säästöt, sekä selvittää asiakkaille ero näiden kahden talomallin välillä.

Lopputuloksena opinnäytetyössäni on, että passiivitaloa voi suositella Puutalokymppi Oy:n asiakkaille energiakustannustehokkaana rakennuksena. Opinnäytetyöni pohjalta energiakustannusvertailu Kotiapila 118 matalaenergiatalon ja passiivitalon välillä on selkeästi esitettävissä asiakkaille, jotka pohtivat tämän talomallin rakentamista näiden kahden seinärakenteen



välillä. Näin he saavat tärkeätä tietoa näistä kahdesta eri seinärakennevaihtoehdosta, ja niiden tuomista ympäristöystävällisistä hyödyistä, sekä taloudellisista säästöistä. He saavat myös selkokielellä tietoa eri lämmitysjärjestelmistä, ja niiden osuudesta energiakustannusten muodostumiseen. Lopputuloksena opinnäytetyössäni on markkinointia tukeva tietopaketti kahdesta seinärakennevaihtoehdosta asiakkaille. Tavoitteissa onnistuttiin, ja lisäksi saatiin todettua pitkällä aikavälillä passiivitalon olevan parempi vaihtoehto asiakkaille kuin matalaenergiatalo.

## LÄHTEET

- /1/ Motiva Oy (2010-2011). Energiansäästön palvelukeskus, tietoa energia-asioista ja energiatehokkaista ratkaisuista. [viitattu 23.11.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.motiva.fi/>>
- /2/ Valtion säädöstietopankki (2010-2011), [viitattu 08.12.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:[http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010\\_suomi\\_221208.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf)>
- /3/ Paroc Oy (2010-2011) Tietoja vuorivillan valmistajasta sekä vuorivilla eristeestä [viitattu 27.12.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.paroc.fi>>
- /4/ Energiatehokas koti (2010-2011) [viitattu 07.01.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.energiatehokaskoti.fi>>
- /5/ Valtion ympäristöhallinnan verkkosivut (2010-2011) Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D,[viitattu 17.12.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198063&language=fi#a2>>
- /6/ Energiateollisuus Oy (2010-2011) Energiateollisuuden ja energia-asioiden Internet-sivut [viitattu 02.12.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.energia.fi>>
- /7/ Bioenergia Oy (2010-2011) Bioenergiasta kertovat Internet sivut [viitattu 30.11.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:[http://www.biomass.fi/fi/document.cfm?doc=show&doc\\_id=110](http://www.biomass.fi/fi/document.cfm?doc=show&doc_id=110)>
- /8/ Kuopion kaupunki (2010-2011) määritelmät nollaenergiatalosta ja passiivitalosta, [viitattu 29.11.2010] Saatavilla Internetissä: <URL:[http://www.kuopio.fi/attachments.nsf/Files/131008095229990/\\$File/Nollaenergiatalo\\_vtt.pdf?OpenElement](http://www.kuopio.fi/attachments.nsf/Files/131008095229990/$File/Nollaenergiatalo_vtt.pdf?OpenElement)>
- /9/ Passiivitalon määritelmä pdf (2010-2011) [viitattu 06.01.2011] Saatavissa Internetissä: <URL:[http://www.passiivi.info/download/passiivitalon\\_maaritelma.pdf](http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf)>

- /10/ Valtion säädöstietopankki (2010-2011), [viitattu 18.12.2010] säädökset saatavilla Internetissä:  
<URL:[http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010\\_suomi\\_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf)>
- /11/ Valtion ympäristöhallinnan verkkosivut (2010-2011) Suomen rakentamismääräyskokoelma,[viitattu 13.01.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.ymparisto.fi>>
- /12/ SPU Oy (2010-2011) Tietoa SPU-eristeistä ja valmistajasta, [viitattu 15.11.2010] Saatavilla Internetissä:  
<URL:[http://www.spu.fi/energia\\_tehokkuus](http://www.spu.fi/energia_tehokkuus)>
- /13/ Rakennuslehti (2008-2011) numerot vuosilta 2008-2011, luettu 28.08.2010-23.01.2011
- /14/ Puutalokymppi Oy:n sisäinen tietokanta
- /15/ Hemgren Per, Wannfors Henrik (2009) Pientalon Käsikirja. 5. painos, Helsinki: Tammi \*383\*