

**VAASAN YLIOPISTO  
TEKNILLINEN TIEDEKUNTA  
TUOTANTOTALOUS**

Mikko Kairtamo  
**ENERGIATEHOKKAAT TALOT**

Tuotantotalouden  
pro-gradututkielma

**VAASA 2012**

<b>SISÄLLYSLUETTELO</b>	<b>sivu</b>
<b>TIIVISTELMÄ</b>	3
<b>1. JOHDANTO</b>	5
1.1. Euroopan Unionin energiapolitiikka	5
1.1.1. EU:n säädös energiatehokkuuteen	5
1.1.2. Energiatehokkuuden säätely uusissa rakennusmääräyksissä	6
1.2. Tausta	7
1.2.1. Rakentaminen ja sen energiankulutus Suomessa	8
1.3. Asiat jotka ovat ajaneet kohti energiatehokkaampaa toimintaa	9
1.4. Tutkimuskysymys	11
1.4.1. Tutkimuskysymyksen tausta	11
<b>2. ENERGIATEHOKKAAT RAKENNUKSET</b>	12
2.1. Rakennusfysikaaliset ratkaisut	12
2.1.1. Lämmöneristys	12
2.1.2. Ilmanvaihto	15
2.2. Energiatehokkuuden mittarit	19
2.2.1. Energiatodistus	19
2.2.2. Energiaselvitys	21
2.2.3. E-luku	21
2.2.4. Energiatehokas rakentaminen ja U-arvo	22
2.3. Energiatehokkaat talot	23
<b>3. PASSIIVIENERGIATALO</b>	27
3.1. Passiivienergiatalon ja matalaenergiatalon erot investointinäkökulmasta	29
3.2. Passiivi- ja matalaenergiatalojen hyödyt	31
3.3. Passiivitalojen trendejä Euroopassa	32
3.3.1. Aurinkokymmenottelutalo	33

3.3.2. Werner Sobek –talo	34
3.3.3. Passiivitaloja Sveitsissä	36
3.3.4. Itävaltalaisia energiatehokkaita taloja	37
3.4. Aikaisempia tutkimuksia	39
3.4.1. Jerry Yudelson	39
3.4.2. Wolfgang Fest	40
3.5. Tulevaisuuden muutoksia	41
<b>4. ENERGIATEHOKAS ASUMINEN</b>	43
4.1. Energiadieetti	44
4.1.1. Kuivausrumpodieetti	44
4.1.2. Pyykinpesukonedieetti	44
4.1.3. Pöytä tietokone- vs. kannettavatietokonedieetti	45
4.1.4. Astianpesukonedieetti	46
4.1.5. Valaisudieetti	47
<b>5. ANALYYSI OMISTAJAN JA ASUKKAAN NÄKÖKULMASTA</b>	50
5.1. Omistajan näkökulma	50
5.2. Asumisen näkökulma	52
5.3. Luotettavuus	53
<b>6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET</b>	55
6.1. Johtopäätös	55
6.2. Ehdotus	56
6.2.1. Energiatehokas omakotitalo	56
6.2.2. Asuinrakennuksen käyttö	57
<b>7. YHTEENVETO</b>	58
<b>LÄHDELUETTELO</b>	61

---

**VAASAN YLIOPISTO****Teknillinen tiedekunta**

**Tekijä:** Mikko Kairtamo  
**Tutkielman nimi:** Energiatehokkaat talot  
**Ohjaajan nimi:** Marja Naaranoja  
**Tutkinto:** Kauppatieteiden maisteri  
**Oppiaine:** Tuotantotalous  
**Koulutusohjelma:**  
**Opintojen aloitusvuosi:** 2009  
**Tutkielman valmistumisvuosi:** 2012

**Sivumäärä:** 66

---

**TIIVISTELMÄ:**

Tutkielmassa on selvitetty rakennuskirjallisuuden sekä verkkoartikkelien ja tutkimusten avulla mitkä taloratkaisut ovat energiaa säästäviä ja siten energiatehokkaimpia vaihtoehtoja. Suuri energiankulutus on muuttanut Suomen ilmastoa, nostanut kulutettavan energian hintaa sekä vähentänyt uusiutumattomien energianlähteiden määrää. Kyseisten seikkojen johdosta Euroopan Unioni onkin asettanut vaatimuksia sekä rajoitteita energiankulutuksen ja ilmaston muutoksen vähentämiseksi. Tutkielma selvittää EU:n asettamat rajoitukset ja esittelee niiden vastapainoksi kehitetyt ratkaisut talonrakentamisen osalta. Ratkaisuina EU:n asettamiin rajoituksiin ovat kolme erilaista vähemmän energiaa kuluttavia taloratkaisuja. Näitä ovat matala-, passiivi- sekä nollaenergiatalo. Energiatehokkaat talot kuluttavat huomattavasti vähemmän energiaa sekä ovat luontoa vähemmän saastuttavia ratkaisuja verrattuna normitaloon. Energiatehokkuuteen vaikuttavat ilmanvaihto sekä lämmöneristys. Hallitulla ilmanvaihdolla sekä paremmalla lämmöneristyksellä saadaan lämmin ilma pysymään talon sisällä ja tätä kautta pystytään säästämään energiaa. Paremmalla eristyksellä ehkäistään myös riski, että kosteus imeytyisi talon rakenteisiin. Tämän lisäksi esitetään kysymys kuinka energiakustannuksiin voidaan vaikuttaa omalla toiminnalla ja valitsemalla asuinrakennus oikein. Tutkimus esittelee ratkaisuina näihin ongelmiin passiivienergiatalon sekä energiadieetin eli energiankulutuksen vähentämisen omalla toiminnalla.

---

**Avainsanat:**

**Energiatehokkuus** = Energiankulutuksen vähentämistä ja energian tuhlauksen estämistä.

**Ilmaisenergia** = Maasta tai ulkoilmasta hyödyksi saatu lämpö.

---

**UNIVERSITY OF VAASA****Faculty of technology****Author:**

Mikko Kairtamo

**Topic of the Master's Thesis:**

Energy efficient houses

**Instructor:**

Marja Naaranoja

**Degree:**

Master of business administration

**Major subject:**

Industrial management

**Degree program:****Year of Entering the University:** 2009**Year of completing the Master's Thesis:** 2012**Pages:** 66

---

**ABSTRACT:**

This thesis researches what are the options for most energy saving houses and therefore most energy efficient alternatives using housing literature, Internet articles and other researches. The enhance of energy consumption has changed Finnish climate, raised prices of consumed energy and decreased the amount of non-renewable energy sources. Therefore European Union has set demands and restrictions to lower energy consumption and climate change. The Master's Thesis researches the restrictions and introduces housing solutions developed for the counter basis. The solutions for EU's restrictions are three different kind of less energy consuming house solutions. These are low energy house, passive house and zero energy house. These energy efficient houses consume significantly lesser energy and pollute the environment less than the normal house. Air condition and ventilation affects on energy efficiency. With controlled ventilation and better isolation the warm air can be hold inside the building and therefore save energy. With better isolation the risk that moisture would be absorbed into the structures can be avoided. Furthermore in the Master's thesis a question that how can the energy costs be affected by own actions and choosing the right building is introduced. The Master's Thesis solves this problem by processing the passive house and focusing on an energy diet, which is lowering the energy consumption by own actions.

---

**Keywords:****Energy efficiency** = Decreasing energy consuming and preventing the waste of.**Free energy** = Heat that is gained from dry land or open-air.

## 1. JOHDANTO

### 1.1. Euroopan Unionin energiapolitiikka

Energiankulutuksen vähentäminen ja energian tuhlauksen estäminen ovat ajankohtaisia keskustelun ja toiminnan aiheita. Nämä ovat myös tavoitteena Euroopan unionissa (EU 2006). Suomessa rakentamiseen kohdistuvat määräykset perustuvat Euroopan Unionin energiapolitiikka- ja tehokkuus määräyksiin. Euroopan unioni esittikin vuoden 2007 alussa uuden energiapolitiikkansa, jonka mukaan se sitoutuu päättäväisesti pyrkimään kohti entistä vähemmän ja entistä varmempaa, kilpailukykyisempää ja kestävämpää energiaa kuluttavaa taloutta.

Erityisesti sellaisella runsaasti energiaa kuluttavalla alalla kuin rakennusala, on merkittäviä energiansäästömahdollisuuksia. EU:n komissio on hyväksynyt toimintasuunnitelman, jonka tavoitteena on vähentää energiankulutusta 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Toimintasuunnitelmaan sisältyy toimenpiteitä, joilla pyritään parantamaan erityisesti rakennusten energiatehokkuutta. Komission mukaan energiansäästön mahdollisuudet ovat suurimmat seuraavilla aloilla: asuinrakennukset ja liiketilat (palvelusektori) (säästöpotentiaali on noin 27 % ja 30 %) (EU 2006).

#### 1.1.1. EU:n säädös energiatehokkuuteen

EU:n parlamentti loi 16. päivänä joulukuuta 2002 säädöksen, jossa jäsenvaltioiden on sovellettava energiatehokkuutta koskevia vähimmäisvaatimuksia uusiin ja olemassa oleviin rakennuksiin, suoritettava rakennusten energiasertifiointi ja tarkastettava rakennusten lämmityskattilat ja ilmastointijärjestelmät säännöllisesti (EU 2006).

Parlamentin julkaisema säädös energiatehokkuudesta (direktiivi 2002/91/EY) sisältää neljä kohtaa. Jäsen maiden tulee yhtenäistää rakennusten energiatehokkuuden laskentamenetelmä. Maiden tulee soveltaa vähimmäisvaatimuksia uusien rakennusten energiatehokkuuteen ja sellaisten olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuteen, joihin tehdään laajamittaisia korjauksia.

Uudet ja olemassa olevat rakennukset tulee sertifioida sekä asettaa laaditut energiatehokkuustodistukset ja muut oleelliset tiedot yleisön nähtäväksi julkisissa rakennuksissa. Rakennusten lämmityskattilat ja ilmastointijärjestelmät tulee

säännöllisesti tarkastaa sekä lämmitysjärjestelmät arvioida rakennuksissa, joiden lämmityskattilat ovat yli 15 vuotta vanhoja. (EU 2006)

Rakennusalan palveluiden energiankulutus on noin kolmannes kaikesta Euroopan unionin energiankulutuksesta. Komissio arvioikin, että alan aloitteilla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä ja edistää siten osaltaan ilmastonmuutokseen ja toimitusvarmuuteen liittyviä tavoitteita. Tämän vuoksi on laadittava yhteisön toimenpiteitä(esim. direktiivi 2002/91/EY), jotta voidaan vastata näihin luonnostaan yhteisön alaan kuuluviin haasteisiin.

#### 1.1.2. Energiatehokkuuden säätely uusissa rakennusmääräyksissä

EU:n tuleva energialainsäädäntö määrittää Suomen energiateräkkyyttä rakennusmääräyksiensä kautta. Lainsäädännöllä, tuilla ja verotuksella energian säästämistä voidaan tehdä kiinnostavaa ja kannattavaa. Suomessa ilmastostrategiaan ja politiikkaan vaikuttaa EU:n yhteinen linja. Tärkein ohjauskeino energiateräkkyyden säätelyssä ovat uudet rakennusmääräykset, joita asetettiin voimaan vuonna 2010 ja tullaan vielä asettamaan lisää vuonna 2012. Vuoden 2010 määräyksissä on sama rakenne kuin aikaisemminkin, mutta vaatimuksia tiukennetaan 30–40 %.

Vuoden 2012 määräyksissä vaatimuksia tiukennetaan edelleen noin 20 % ja tarkastelun kohteeksi otetaan kokonaisenergian kulutus (Paavilainen 2008). Vuonna 2009 on otettu käyttöön rakennusten energiatodistukset, joilla pyritään vaikuttamaan myös energiateräkkyydenmarkkinaohjaukseen. Muita rakennusalaan vaikuttavia tekijöitä ovat teräksen ja muiden rakennusmateriaalien hintojen nousu sekä yleisesti rakennuskustannusten nousu.

Rakennusmääräysten lisäksi energiateräkkyyttä yritetään parantaa erilaisilla vapaaehtoisilla kansallisilla ja kansainvälisillä sopimuksilla. Ympäristöministeriö, kauppa- ja teollisuusministeriö sekä Asuntokiinteistö- ja rakennuttajaliitto ASRA ry solmivat sopimuksen energiansäästön edistämiseksi asuinkiinteistöissä syksyllä 2002. Sopimuksen tavoitteena on asuntokannan lämmön ominaiskulutuksen alentaminen 10 prosentilla vuoteen 2008 mennessä sekä 15 prosentilla vuoteen 2012 mennessä. (Motita 2008)

## 1.2. Tausta

Tämän päivän yhtenä keskeisempänä puheenaiheena on energiankulutus ja sen pienentäminen. Väestön kasvu, kaupungistuminen sekä hyvinvointiyhteiskunnat ovat kasvattaneet energian kulutusta ja sitä kautta energian kysyntää. Varsinkin asuinrakennukset ovat suuria energian kulutusta lisääviä tekijöitä, joihin tulisi keskittyä vähentääkseen lisääntyntä kysyntää.

Suomen ja koko maailman energiankulutus on lisääntynyt lähes räjähdysmäisesti kuluneen kahdenkymmenen vuoden aikana. Energiankulutuksen lisääntyminen on vaikuttanut luontoon muun muassa ilmaston muutoksen kautta ja kulutetun uusiutumattoman energian lähteet ovat vähentyneet merkittävästi.

Ilmaston muutos Suomessa aiheuttaa enemmän sadetta sekä kylmempiä talvia. Nämä tekijät koettelevat rakennuksia niin ulkoisesti kuin sisäisesti. Sade tuo kosteutta rakennuksiin mikä pakottaa rakennusten lämmöneristeiden parempaan laatuun. Kylmyys taas aiheuttaa lisää lämmitystä jolloin ilmanvaihtoon tulee keskittyä entistä paremmin hukkalämmön minimoimiseksi.

Energiankulutuksen kasvun myötä Euroopan Unioni on asettanut tavoitteikseen energiatehokkaammat tavat. Näiden vastapainoksi rakennuksille on asetettu energiarajoituksia, jotta tällaisiin tiettyihin energialukuihin päädyttäisiin. Tutkielmassa esitellään EU:n asettamat lait energiatehokkuuden edistämiseksi ja näistä esimerkkinä mainitaan uusi energiatodistuskäytäntö. Käytännön taustalla on kasvihuoneilmiön vähentäminen parantamalla energiatehokkuutta rakennuksissa. Energiatodistuksen tarkoitus on antaa kuluttajalle mahdollisimman selkeä kuva rakennuksen energiankulutuksesta ja antaa kuluttajalle mahdollisuus vertailla eri rakennusten energiankulutuksia riippumatta siitä, mitä lämmitysmuotoja näissä käytetään.

Asuinrakennusten suurin energiantarve kohdistuu rakennuksen lämmitykseen. Täten siis lämpö on keskeisin asia rakennusten energiatehokkuudessa. Suurin kulu asuinrakennuksilla kohdistuu sisätilojen lämmittämiseen, jolloin eri lämmityskeinoon pyritään samaan miellyttävä lämpötila rakennuksen sisätiloihin. Keskeisin asia talojen lämmittämisessä ja energiatehokkuudessa on lämmön pitäminen sisätiloissa. Lämmön



karkaaminen johtaa lisälämmittämisen tarpeeseen ja sitä kautta nostaa energiankulutuksen määrää ja kustannuksia. Rakennukset on siis pyrittävä tekemään mahdollisimman tiiviiksi, jotta lämpö saadaan pidettyä sisätiloissa. Tähän päästään hyvällä lämmöneristyksellä sekä ilmanvaihdolla.

Niin vanha kuin uusi asuinrakennus voi olla energiatehokas. Vanhemman asuinrakennuksen kohdalla tarvitaan vain laaja-alaisempi ”kasvojenkohotus”, jotta päästään energiatehokkaisiin lukemiin. Uusien rakennusten kohdalla energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa valitsemalla oikeat tarvikkeet ja materiaalit. Vanhan rakennuksen kohdalla on joko parannettava jo olemassa olevia rakenteita tai purettava ne ja rakentamalla ne uudelleen energiatehokkaammista materiaaleista.

Lämmön sisällä pitämisen lisäksi energiatehokkuuteen ja energiankulutuksen vähentämiseen voidaan vaikuttaa omalla toiminnalla. Jokainen kodinelektroninen laite tarvitsee energiaa toimiakseen mutta asukas voi itse omalla toiminnallaan päättää, miten paljon laite energiaa kuluttaa. Laitteissa on hyvä huomioida niiden käyttöohjeet ja ymmärtää, että laitteet voivat kuluttaa ”haamuenergiaa” esimerkiksi ollessaan valmiustilassa. Energiadieetti on termi, jota käytetään ohjaamaan omaa toimintaa vähentääkseen energiankulutusta ja sitä kautta energiakustannuksia.

Tutkielman lähtökohtana ovatkin uudet energiatehokkaat ratkaisut uudisrakentamisessa. 2000-luvulla Euroopan Unionin toimesta asetetut energiarajoitukset asettavat merkittävät haasteet niin uudis- kuin korjausrakentamiselle Suomessa ja koko Euroopassa.

Suomi on kuitenkin jälkijunassa energiatehokkaassa rakentamisessa joka käy ilmi tutkielman päätelmästä. Tarvittavat tietotaidot ovat Keski-Euroopassa jo käytössä mutta ne eivät ole vielä kunnolla rantautuneet Suomen rakentamismalleihin.

### 1.2.1. Rakentaminen ja sen energiankulutus Suomessa

Suomessa rakentamisen ja rakennusten käytön osuus on 40 % energian loppukäytöstä ja 30 % hiilidioksidipäästöistä (Honkasuo 2010). Energian loppukäytöllä tarkoitetaan

energiaa, joka jää energian siirto- ja muuntohäviöiden jälkeen yritysten kotitalouksien ja muiden kuluttajien käyttöön. Energian loppukäyttö tarkoittaa siis energian lopputuotteiden kulutusta.

Energian kulutus liittyy suoranaisesti lämmöneristykseen, sillä Suomessa yli 30 % kokonaisenergiasta menee rakennusten lämmittämiseen. Rakentamisen luonnonvarojen kulutus on myös huomattavaa. Rakennusvaiheessa käytetään vain 10–20 % rakennuksen koko elinkaaren aikaisesta energiankulutuksesta, loppuosa kuluu käyttövaiheessa (Honkasuo 2010). Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa rakennusajan energiankulutuksen suhteellinen osuus tulee kuitenkin kasvamaan.

### 1.3. Asiat jotka ovat ajaneet kohti energiatehokkaampaa toimintaa

#### Ilmaston muutos

Kriittisiä kohti energiatehokkaampaa rakentamista ajavia tekijöitä on kaksi. Näistä ensimmäisenä voidaan mainita ilmaston muutos. Se näkyy jo Suomen luonnossa. Ilmastonmuutoksen edetessä Suomen keskilämpötilan ennustetaan nousevan ja sademäärien lisääntyvän. Ilmaston muutokset johtavat siihen, että on alettava keskittyä enemmän energiaa säästäviin vaihtoehtoihin niin rakentamisvaiheessa kuin myös sen jälkeen.

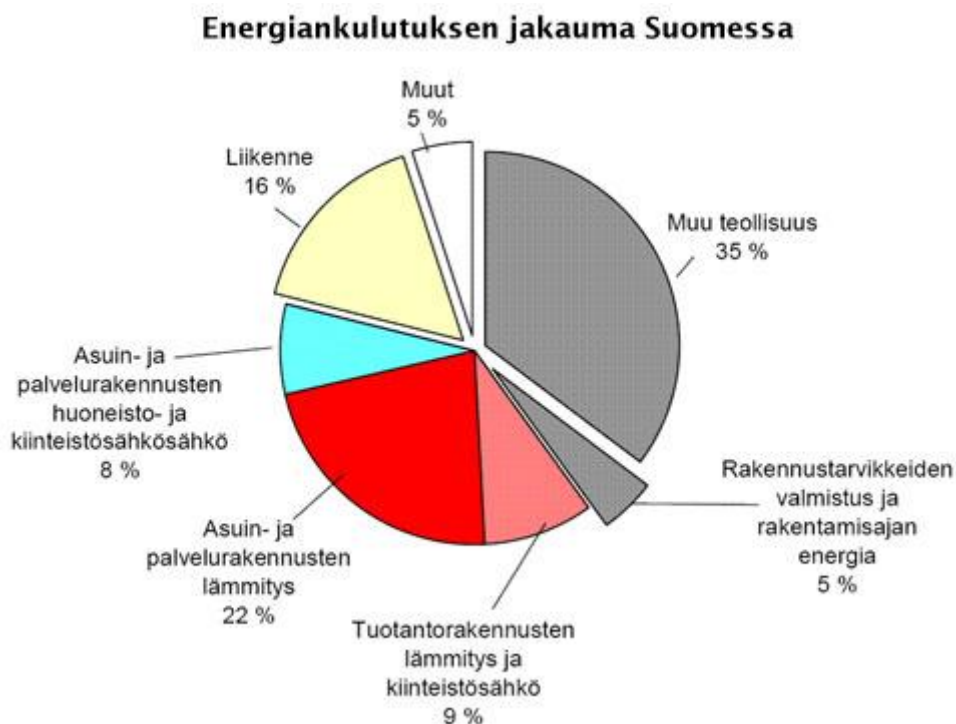
Suomen ilmaston muuttumista on tutkittu Ilmatieteen laitoksen FINSKEN-ohjelmassa. IPCC:n SRES-raporttiin perustuvien skenaarioiden mukaan Suomen keskilämpötila tulee nousemaan 2–7 astetta vuoteen 2080 mennessä ja sadanta lisääntyy 5–40 %. Sadanta tulee lisääntymään varsinkin talvella (Ilmasto 2007). Näiden muutosten takia rakennuksissa on keskityttävä enemmän rakennusten viilentämiseen eli ilmanvaihtoon sekä kosteuden ehkäisemiseen eli eristeisiin.

#### Energian kulutuksen kasvu

Toinen kriittinen ajuri on energian kulutus. Energian kulutuksen kasvu näkyy jo tuntuvasti ihmisten taloudessa. Energian kysynnän noustessa sen hinta on kohonnut tuntuvasti kuluneen vuosikymmenen aikana. Varsinkin uusiutumattomien energianlähteiden kuten fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat nousseet lähes

räjähdysmäisesti. Myös päästöoikeuksien hinnat vaikuttavat energian markkinahintoihin.

Esimerkiksi hyvästä vesitilanteesta huolimatta Pohjoismaisen sähköpörssin hinnat olivat alkuvuonna yli kaksinkertaiset edellisvuoteen verrattuna. Hintojen nousuun vaikutti merkittävästi päästöoikeuksien hintojen nousu. Vuonna 2007 päästö-oikeuksien hinnat olivat erittäin alhaiset, lähes arvottomat, mutta tämän vuoden alkupuoliskolla ne vaihtelivat 20-30 euron välillä hiilidioksiditonnilta. Tukkusähkön hintaan vaikutti myös kivihiilen hinta, joka niin ikään on noussut hyvin voimakkaasti.



**Kuvio 1.**

Energiatohokkuus jakauma Suomessa (Bonn & Bäcklund 2009).

#### 1.4. Tutkimuskysymys

Tutkimukseni kohdistuu energiatehokkaisiin asuinrakennuksiin sekä energiadieettiin. Tutkimuksen ongelmana on kuinka energiakustannuksiin voidaan vaikuttaa valitsemalla asuinrakennus oikein sekä omalla toiminnalla. Tutkimus perustuu aikaisempiin tutkimuksiin, aineistoihin sekä asiantuntijan mielipiteisiin.

Tutkimus paneutuu ensin rakennusten energiatehokkuuteen esitellen markkinoilla olevat vaihtoehdot. Tämän jälkeen käsitellään energiatehokkuuden mittareihin, joka tunnetaan nimellä energiatodistus. Mittarin jälkeen tutkimus esittelee parhaimman energiatehokkaan asuinvaihtoehdon ja lopuksi tutkimus paneutuu energiadieettiin, jossa energiankulutusta vähennetään omalla toiminnalla.

##### 1.4.1. Tutkimuskysymyksen tausta

Tämän päivän energiakustannukset ovat ajaneet asuinrakentamisen kohti energiatehokkaampia ratkaisuja. Suurin syy tähän on energian kysynnän jatkuva kasvu ja sitä kautta energian hintojen nousu. Tärkeintä energiansäästämisessä onkin energian, lähinnä lämpöenergian, pitäminen talon sisällä ja estämällä sen pääsyn pois rakennuksesta.

Yhtenä työntävänä voimana energiatehokkaaseen rakentamiseen voidaan pitää vuonna 2012 voimaan tullutta määräystä, jonka mukaan rakennusluvut myönnetään helpommin energiatehokkaalle rakennukselle kuin vanhemmalle nk. ”normitalolle”. Samalla energialuvun eli niin sanotun E-luvun käyttöönotto muuttaa rakennusluvanmyöntöperusteita ja samalla muuttaa jo olemassa olevan energiatodistuksen mitta-asteikkoa.

Tutkimuksessa tarkastellaan energiatehokkaan asumismuodon valintaa sekä omalla toiminnalla saatuja säästöjä energiakustannuksissa. Pelkästään energiatehokkaan asumismuodon valinta ei riitä vaan säästöpotentiaalia löytyy huomattava määrä omassa toiminnassa, varsinkin kodinkoneiden käytössä. Tähän tutkielma paneutuu niin kutsutun energiadieetin avulla.

## 2. ENERGIATEHOKKAAT RAKENNUKSET

### 2.1. Rakennusfysikaaliset ratkaisut

#### 2.1.1. Lämmöneristys

Rakennusten ja rakennetun ympäristön energiatehokkuuden parantaminen on tärkeä keino hillitä ilmastonmuutosta. Rakentamisessa energiatehokkuus edellyttää nykyistä paremmin lämmöneristettyjä taloja, energian tehokkaan käytön takaavaa talotekniikkaa sekä hyvää rakentamisen laatua.

Tilojen lämmitys on Suomen rakennuskannan suurin energiankuluttaja. Vuodesta 2010 alkaen Suomen rakentamista koskevat uudet määräykset pienentävät uudistalojen tilojen lämmitysenergian tarvetta nykyiseen verrattuna noin kolmanneksella

Rakennusten energiatehokkuuteen on helpointa vaikuttaa jo suunnittelu- ja rakennusvaiheessa, sillä hyvä lämmöneristys on tehokas ja edullinen tapa parantaa energiataloudellisuutta ja vähentää energiankulutusta. Huono tai puutteellinen lämmöneristys on kuitenkin suurin energiaa tuhlaava tekijä rakennuksissa.

Energiatehokkuuden parantaminen on helpointa rakennusvaiheessa, mutta myös vanhojen rakennusten energiataloudellisuutta voidaan parantaa lisälämmöneristyksellä. Jo rakennesuunnitteluvaiheessa kannattaa käyttää minimivaatimuksia parempia lämmönläpäisykertoimia eli U-arvoja.

Lämmönläpäisykertoimella tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ . Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on lämmöneristys. (Ympäristöministeriö 2010)

Huonon lämmöneristyksen takia lämpöenergia pääsee pakenemaan rakennuksesta pois. Tämän takia lämpöenergiaa tarvitaan lisää rakennuksen lämmittämiseen. Tämä aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia ja hukkaa energiaa.

Paremmen lämmöneristyksen valinta aiheuttaa rakennusvaiheessa lisäkustannuksia, mutta tämä menoerä säästetään nopeasti takaisin rakennuksen lämmityskulujen pienentyessä. Esimerkkinä voidaan mainita 150 m<sup>2</sup>:n omakotitaloon asennettava normitasoa 100 mm:ä paksumpi alapohjan EPS-lämmöneristys (EPS 100 Lattia – eristelaatu), joka aiheuttaa noin 490 euron lisäkustannuksen rakennusvaiheessa (vain 0,2 % kokonaisrakennuskustannuksista, hintataso syyskuu 2007).

Talo kuluttaa vähemmän energiaa paremmän lämmöneristyksen ansiosta ja investoinnin takaisinmaksuaika energiansäästönä tarkasteltuna on vain 4 – 6 vuotta. Lisäksi hyvä lämmöneristys pienentää lämmityskustannuksia rakennuksen koko elinkaaren ajan eli myös 4 - 6 vuoden jälkeenkin (Suorakanava 2010).

**Taulukko1.**

Esimerkki lämmöneristyksestä eri U-arvon omaavissa rakennuksissa (Sarja 2003).

Rakenneosa	U-arvo, W/m <sup>2</sup> K (ohjeellinen eristyspaksuus, mm)			Esimerkkinä käytetty eristemateriaali
	Taso 4  Normitalo 2000/1985	Taso 3  Normitalo 2003	Taso 2  Matala- energiatalo	
Ulkoseinä	0,28 (150 mm)	0,20 (200 mm)	0,13 (300 mm)	levyillä ja tuulensuoja- villa tai puhallusvilla tai huokoinen kuitulevy
Maanvastai- nen ulkoseinä	0,36 (100 mm)	0,30 (150)	0,26	polystyreeni tai polyuretaani
Yläpohja	0,22 (200 mm)	0,15 (250 mm)	0,08 (500 mm)	levy- tai/ja puhallusvilla
Tuuletettu alapohja	0,22 (175 mm)	0,20 (200 mm)	0,15 (300 mm)	levy-, puhallusvilla tai polystyreeni
Maanvarainen alapohja	0,36 (100 mm)	0,30 (150 mm)	0,15 (250 mm)	polystyreeni
Ulko-ovet	0,7	0,5	0,4	polystyreeni, polyuretaani tai levyillä
Ikkunat	2,1	1,2	0,5 ... 1,0 (4- tai 3-lasinen selektiivi/argon )	karmit eivät saa oleellisesti huonontaa ikkunan k-arvoa

### 2.1.2. Ilmanvaihto

Rakennusten riittävä ilmanvaihto on hyvän sisäilman taee, eikä sen pienentäminen energiatehokkuuden perusteella ole tarkoituksenmukaista. Ilmanvaihdolla on merkitystä myös rakenteiden kosteuden kannalta. Riittävä ilmanvaihto kuljettaa pois asumisesta syntyvää kosteutta. Lämmön talteenotto ilmanvaihdosta on tärkeä energiatehokkuutta parantava tekijä. (Peuhkuri 2008)

Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin. Ilma virtaa suuremmasta paineesta kohti pienempää painetta. Paine-ero voidaan saada aikaan joko puhaltimilla (koneellinen ilmanvaihto) tai lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella (painovoimainen ilmanvaihto). Mikäli tuloilma puhalletaan koneellisesti tilaan, on kyseessä tulo- ja poistoilmanvaihto, muussa tapauksessa vain poistoilmanvaihto. Jos tuloilmaa kostutetaan tai jäähdytetään, puhutaan ilmastoinnista.

Poistoilmanvaihdon toteutuksessa on tärkeää järjestää hallittu korvausilman sisäänotto, esim. ulkoilmaventtiilien avulla. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon etuna on mahdollisuus tuloilman suodatukseen ja lämmön talteenottoon poistoilmasta.

Rakennuksen keskeinen rakenteiden kosteudensiirtoon ja ilmanvaihdon toimintaan vaikuttava tekijä on vaipan tiiviys. Kosteusfysiikan kannalta on tärkeää, että ilma kulkee rakenteessa ulkoa sisälle koska Suomen kylmässä ilmastossa seinän sisään pääsevä sisäilman kosteus tiivistyy herkästi. Parhaiten tämä voidaan estää tiiviillä höyrysululla.

Ilmanvaihto pystytään helpoimmin hallitsemaan tiiviissä rakennuksessa, jossa lähes kaikki ilma kulkee ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Viime vuosina on usein syytetty liian tiiviitä rakenteita, "pullotaloja", sisäilman ongelmista. Itse tiiviys ei kuitenkaan ole ongelmien syy, vaan sisäilman epäpuhtauslähteet ja puutteellinen ilmanvaihto niiden torjunnassa.

Hallitsemattomat ilmavuodot rakenteissa aiheutuvat rakennusvaiheessa jääneistä raoista, asennuksissa vioittuneista höyrysulusta sekä käytössä kuluneista rakennusosista ja tiivisteistä. Selvimmin rakojen vaikutus tuntuu vetona kun kylmä ulkoilma virtaa sisään. Liian suuri poistoilmanvaihto lisää raoista tulevaa ilmavirtaa.



Useampikerroksisissa rakennuksissa ilmavuodot johtavat epäpuhtauksia (tupakansavu, pakokaasut, hajut) eri tilojen välillä silloin, kun ilmanvaihdon painesuhteet ovat väärät. Hataran rakennuksen ilmanvaihtoa ei ole mahdollista hallita koneellisesti, säästä riippuvilla vuotoilmavirroilla on suuri merkitys. Hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon lämmitykseen kuluva energiaa ei ole mahdollista saada talteen edes ilmanvaihdon lämmön talteenottolaitteilla.

Ilmanvaihdon oikean toiminnan edellytyksenä on se, että kanavisto on suunnitelmien mukaan säädetty. Vain tällöin ilmavirrat kulkevat suunnitelman mukaisesti ja eri tilojen väliset painesuhteet pysyvät hallinnassa. Ilma kulkee aina helpointa reittiä, jolloin huonosti säädetyn rakennuksen joissakin osissa ilmanvaihto aiheuttaa tarpeetonta melua ja vetoa samalla kun ilma seisoo toisaalla.

Asunnoissa yleisen poistoilmanvaihdon korvausilmareitit on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti. Suositeltavinta on käyttää tyyppihyväksyttyä ulkoilmaventtiiliä oleskelutiloissa. Hallitsemattomasta korvausilman sisäänotosta voi seurata veto-ongelmia, hajujen leviämistä asuntojen välillä ja radonkaasun kulkeutumista asuintiloihin.

Rakentamisen kiireessä tasapainotus jää usein tekemättä, urakoitsijan mittauspöytäkirjoista huolimatta. Uudessa rakennuksessa kannattaakin tarkasti selvittää ilmanvaihdon toiminta, esim. tarkistamalla savun avulla ilman virtaussuunnat venttiileissä ja ovi- ym. raoissa. Lisäksi on hyvä tarkastaa venttiilien ilmavirrat pistokoeluonteisesti.

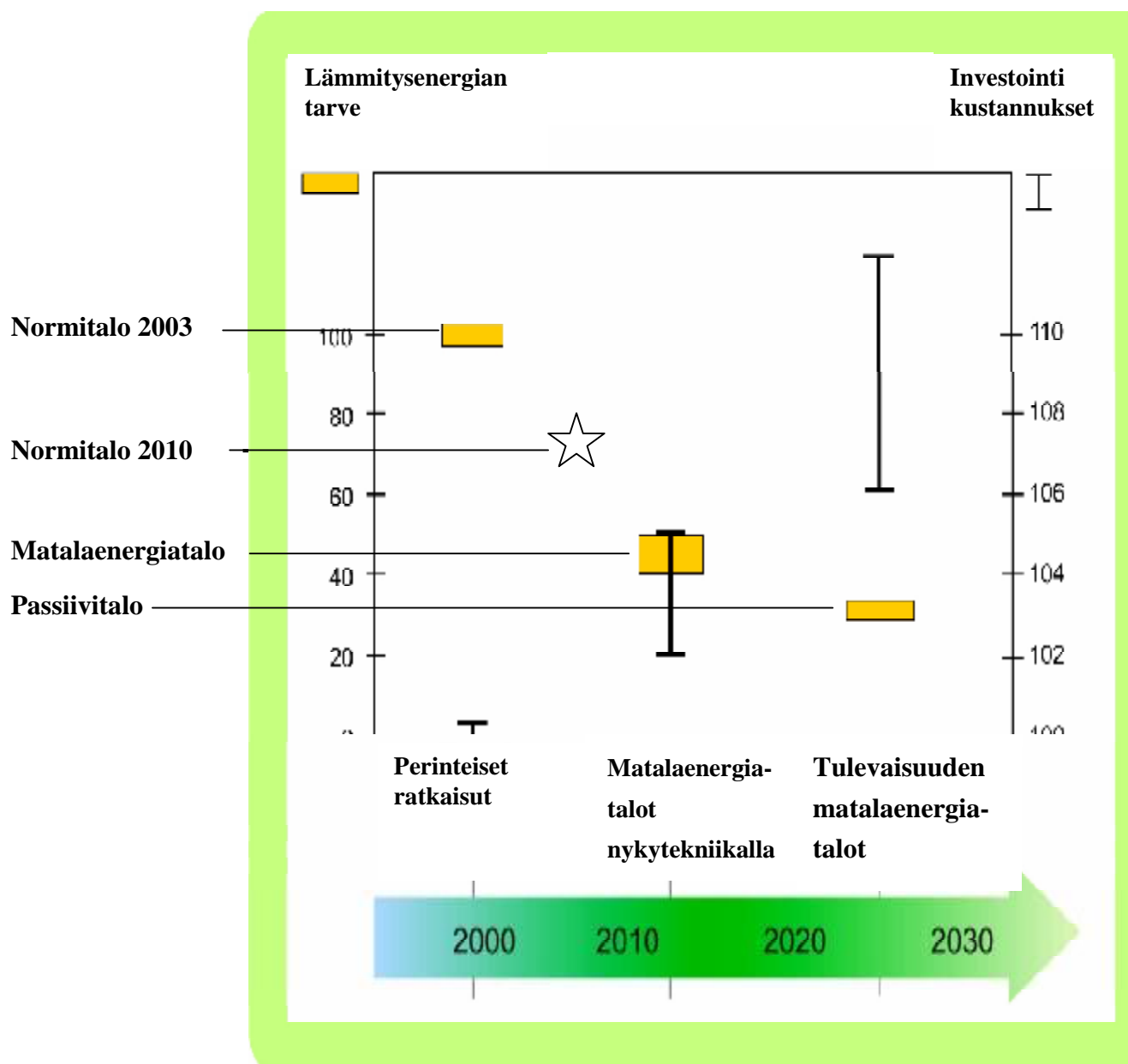
Ilmanvaihdon tarve muuttuu järjestettäessä tiloja uudelleen. Tällöin on tärkeää huolehtia vastaavista muutoksista ilmavirtoihin ja tarkistaa, etteivät muutokset huononna ilmanvaihtoa rakennuksen muissa osissa.

Rakennuksen käyttäjiä on opastettava ilmanvaihdon toiminnassa. Ilmanvaihdon aiheuttamiin ongelmiin on haettava parempia ratkaisuja kuin venttiilien tukkiminen tai jatkuva ikkunatuuletus. Tasapainotus on avain näiden ongelmien ratkaisemiseen.

Ilmavirrat muuttuvat kanaviston likaantuessa. Tuloilmakanaviston puhtaudesta tulee huolehtia valvomalla suodattimien kuntoa säännöllisesti. Poistoventtiilit tulee puhdistaa normaalien suursiivousten yhteydessä. Poistokanavisto puhdistetaan vähintään

palomääräysten edellyttämällä tavalla. Kanaviston puhdistuksen jälkeen on tasapainotus suoritettava uudelleen.

Vain kanaviston tasapainotuksella voidaan saavuttaa tasainen ilmavirta rakennuksen eri osissa. Samalla ilmanvaihto voidaan säätää suunnitellulle tasolle ja vältetään tarpeetonta energiantuhlausta.



**Kuva 3.**

Normi-, matalaenergia- sekä passiivitalon investointi ja lämmitystarve vertailua (Haikonen 2010).

## 2.2. Energiatehokkuuden mittarit

### 2.2.1. Energiatodistus

Laki sekä ympäristöministerin asetukset energiastodistuksesta tulivat voimaan vuoden 2008 alussa. Energiastodistuksen taustalla on EU direktiivi jolla EU-maat yrittävät vähentää kasvihuoneilmiötä parantamalla energiatehokkuutta rakennuksissa. Vuoden 2009 alusta Suomessa on vaadittu energiastodistus myytävässä tai vuokrattaessa kiinteistöjä.

Taloyhtiöiden osalta energiatehokkuuden mittaamisen käytettävä energiastodistus liittyy isännöitsijäntodistukseen. Energiastodistuksen tavoitteena on antaa kuluttajille mahdollisuus seurata rakennusten energiakulutusta riippumatta siitä mitä lämmitysmuotoa ne käyttävät sekä mahdollistaa vastaavien rakennusten energiatehokkuuden vertailu.

Energiastodistuksessa kerrotaan rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, laite- tai kiinteistö sähkö, jäähdytysenergia sekä niiden pohjalta laskettu, bruttoalaan suhteutettu energiatehokkuusluku. Tehokkuusluvun perusteella määräytyy rakennukselle energialuokka asteikolla A-G. A-luokan kiinteistö kuluttaa vähiten energiaa ja eniten G-luokan kiinteistö eniten. Perustekijät hyväälle energialuokalle ovat hyvä ulkovaipan ilmanpitävyys ja lämmön talteenottolaitteen tehokkuus.

Energiastodistuksen päämäärä on kiinnittää huomiota energiatehokkuuteen, koska säästämällä energiaa voidaan säästää kuluttajalle rahaa ja samalla vähentää hiilijalanjälkeä. Energiastodistuksesta voi lukea energiamäärän, minkä rakennus käyttää ja hyvä luokitus kertoo myös rakennuksen laadukkaasta rakentamisesta (kuva 2). (Energiastodistus 2010)

Energiankulutus määritetään yleensä uusissa kiinteistöissä laskennallisesti ja vanhojen kiinteistöjen osalta niiden toteutuneen kulutuksen mukaan. Vuonna 2008 voimassa olleiden rakentamismääräysten mukainen kiinteistö asettuu energialuokkaan D (Suorakanava 2010).

## ENERGIATODISTUS

**Rakennus**  
Rakennusluvasta  
Osoite

Valmistusvuosi:  
Rakennuskäyttö:  
Rakentajan nimi:

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

rakennuskäytännöllisiin yhteyksiin  
 erillisen laskituksen yhteydessä

ET-luokka	Vähintään kulutettava	Rakennuksen ET-luokka
< 150	<b>A</b>	
151 - 170	<b>B</b>	
171 - 190	<b>C</b>	
191 - 210	<b>D</b>	<b>D</b>
211 - 270	<b>E</b>	
271 - 330	<b>F</b>	
331 -	<b>G</b>	

Pajon kulutus

**Rakennuksen energiatehokkuusluokka (ET-luokka, kWh/m<sup>2</sup>/vuosi)**  
**Energiatodistuksen luokittelusta käytetään Parafin suomenkielistä**  
 Energiatodistuksen perusta rakennuksen laskennallinen energiatodistus  
 Työmaan kuluksi rajaa laskennallisen energian, lämmön, lämmityksen ja ilmastointin kuluja.

Todistuksen antaja:

Todistuksen klassi:

Aloitekirje:

Todistuksen antamispäivä:

Näköinen voimassaoloajaksi:

Energiatodistus perustuu lähi rakennuksen energiatodistukseen (MRT/0007) ja 16.4.2011 annetun päätöksen mukaisesti annettuun energiatodistukseen. Tämä energiatodistus on voimassa toistakymmentä vuorokautta.

**Kuva2.** Energiatodistus pienelle asuinrakennukselle tapauksessa, jossa rakennuksen energiatehokkuus-luokka on D (Rakentaja 2010).

### 2.2.2. Energiaselvitys

Energiaselvitys on selvitys jolla arvioidaan rakennuksen energiatehokkuutta. Selvitys on jatkossa esitettävä rakennuslupaa haettaessa. Energiaselvityksessä osoitetaan mm. rakennuksen lämpöhäviöiden määräystenmukaisuus (tasauslaskelma), rakennuksen lämmitysteho ja energiankulutus. Tärkeä osa energiaselvitystä on rakennuksen energiatodistus, jossa ilmoitetaan rakennuksen käyttötarkoitusta varten tarvitsema energiamäärä ja energiatehokkuusluokka (luokat A – G).

Energiatehokkuusluokituksen avulla on mahdollista vertailla rakennusten energiatehokkuutta. Yleisesti voidaan todeta, että rakentamismääräysten minimitason mukaisesti rakentamalla saavutetaan keskimäärin energiatehokkuusluokan D mukainen normitaso. Paras energiatehokkuusluokka A on mahdollista saavuttaa rakentamalla energiaa säästäviä matalaenergiataloja.

Rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa rakentamalla parempia ja vähemmän energiaa kuluttavia taloja. Energiatehokkuuden peruseriaatteet ovat panostaminen selvästi rakentamismääräyksiä parempaan lämmöneristykseen, panostaminen huolelliseen rakentamiseen, jotta rakenteet saadaan tiiviiksi, panostaminen ikkunoiden hyvään eristävyyteen sekä panostaminen hyvään sisäilmastoon koneellisen, lämmön talteenotolla varustetun ilmanvaihdon avulla. Näitä neljää seikkaa huomioimalla on mahdollista toteuttaa matalaenergiataloja, jotka kuluttavat energiaa alle puolet rakentamismääräysten minimivaatimukset täyttävästä talosta.

### 2.2.3. E-luku

Vuonna 2012 käyttöön otettu energialuku ja sitä kautta uudet rakennusmääräykset asettavat rakennuksen kokonaisenergian kulutukselle ylärajan. Uusien määräyksiin mukaan rakennusten energiankulutuksen tulee pysyä sallituissa rajoissa. Tämä ei kuitenkaan sido rakentajan käsiä, vaan hän saa suunnitella rakennuksen entistä vapaammin, kunhan vain pysytään energiankulutuksen sallituissa rajoissa.

”2012 rakentamismääräykset esittävät kokonaisenergiankulutuksen suorituspohjaisella E-luvulla. Se lasketaan rakennukseen ostettavien energioiden ja energiamuotojen kertoimien tulona ja ilmaistaan yksiköllä kWh/m<sup>2</sup> vuodessa” (Sitra 2011).

Tarkoista yksittäisistä määräyksistä mm. lämmöneristykseen sekä ilmanvaihtoon luovutaan ja tilalle otetaan panostus kokonaisajatteluun. Energiankulutusta tarkastellaan siis kokonaiskuvasta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lopputulokseen vaikuttavat lämmityksen lisäksi ilmanvaihto, veden lämmitys sekä valaistus. (Sitra 2011)

#### 2.2.4. Energiatehokas rakentaminen ja U-arvo

Energiatehokasta rakentamista varten Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa C3 on määritelty lämmönläpäisykerroin eli U-arvo (aikaisemmalta nimeltään k-arvo). ”Se ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen. Lämmönläpäisykerroin kuvaa, miten paljon tehoa tarvitaan pinta-alaa kohti, jotta saavutettaisiin tietty lämpötilaero eristerakenteen yli (kaava 1)” (Wikipedia 2011).

*Lämmönläpäisykerroin  $k$  on lämpötehon  $P$  suhde lämpötilaeroon  $\Delta T$  ja pinta-alaan  $A$ :*

$$k = P / (\Delta T \cdot A)$$

**Kaava (1).**  
Lämmönläpäisykerroin.

#### **Taulukko 4.**

Esimerkkejä rakennuksien U-arvoista.

U-arvot	RakMK:n enimmäisarvo 2007-2009	Normitalo, tyypillinen 2005	Matalaenergiatalo, arvio 2007	RakMK:n enimmäisarvo 2010 alkaen
Ulkoseinä	0,24	0,21	0,18	0,17
Yläpohja	0,15	0,15	0,12	0,09
Alapohja	0,24	0,20	0,15	0,16
Ikkunat	1,4	1,5	1,0	1,0
Ovet	1,4	1,5	0,8	1,0

Keskeinen energiatehokkuuden tekijä on hyvä lämmöneristyskerroin. Jotta talo on vedoton ja asumisviihtyvyydeltään hyvä, tulee sen olla ilmatiivis ja hyvin eristetty. Lämmön eristyskerroin kertoo kuinka monta wattia energiaa pääsee rakenteiden läpi, eli se kertoo rakenteiden lämmöneristyskyvystä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin rakenne eristää lämpöä. (Energiatehokaskoti 2011)

### 2.3. Energiatehokkaat talot

#### Matalaenergiatalo

Matalaenergiatalo on rakennus, jonka tilojen lämmitykseen kuluvan energian kulutus on tavanomaista pienempi, korkeintaan 60 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa eli puolet rakennusmääräykset täyttävän omakotitalon keskimääräisestä kulutuksesta.

Pientalon koko elinkaaren ympäristökuormituksesta 80-90 % aiheutuu käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Suomessa energian kokonaiskäytöstä kuluu vuosittain 22 % rakennuksien lämmitykseen kun taas asumisen osuus Suomen kasvihuonepäästöistä on noin 30 prosenttia. Matalaenergiatalosta hyötyvät kansantalous, ympäristö ja käyttäjät.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan (D3 Rakennusten energiatehokkuus – *Määräykset ja ohjeet 2010*) mukaan suunnitellussa matalaenergiarakennuksessa laskennallisen lämpöhäviön tulee olla enintään 85 % rakennuksen vertailulämpöhäviöstä (Ympäristöministeriö 2010). Matalaenergiatalossa huonetilojen lämmitysenergian tarve on noin 40-60 kWh/brm<sup>2</sup>,a (kilowattituntia bruttoalaa kohti



vuodessa). Suomessa matalaenergiarakentaminen on jo arkipäivää, sillä useilta talotehtailta löytyy valmiita matalaenergiatoratkaisuja.

Toimivat ja yksinkertaiset rakenneratkaisut säästävät energiaa matalaenergiatalossa. Näitä ovat ilmastoinnin lämmön talteenotto sekä sähkölaitteiden energiatehokkuus. Huomiota kiinnitetään myös talotekniikan ja sähkölaitteiden energiatehokkuuteen. Kokonaisuutena suunnitellun kodin rakennuskustannukset eivät nouse, sillä energiataloudelliseen rakennukseen tarvitaan vähemmän lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteita. Lämmitysjärjestelmän hankintakustannukset ovat edulliset ja käyttökustannukset alhaiset. Laitteiden määrä ja koko pienenevät, mikä lisää toimintavarmuutta.

Kesäaikaana jäähdytystarve on pienempi kuin normitalossa, koska eristys pitää lämmön tarvittaessa myös ulkopuolella. Matalaenergiatalossa lämmityksen säätö ja reagointinopeus muihin lämmönlähteisiin ovat keskeisiä tekijöitä miellyttävän sisälämpötilan aikaansaamiseksi. Jatkuvatoiminen sähkölämmitys reagoi nopeasti muihin lämmönlähteisiin, jolloin vältetään turhaa lämmittämistä.

Rakennuksen rakenteiden lisäksi huomiota kannattaa kiinnittää erityisesti lämmityksen ja ilmanvaihdon tarpeenmukaiseen ohjaamiseen ja säätämiseen. Erityisesti lattialämmitysratkaisut on suunniteltava huolella, jotta tiloihin siirtyvä lämmitysteho ei ole liian suuri.

### Passiivienergiatalo

Passiivitalo on rakennus, jonka rakenteiden lämmönpitävyys on paras mahdollinen. Tällainen talo on optimoitu säästämään energiaa. Passiivitalo pysyy lämpimänä 8-9 kk vuodesta ilmaisenergioilla (Passiivitalo 2010). Passiivitalon lähes kaikki tarvittava lämpöenergia saadaan aikaan aurinkoenergiaa sekä rakennuksen käytön aiheuttamaa lämpöä hyödyntämällä.

Passiivitalon lämmitys perustuu muun muassa maksimaaliseen aurinkoenergian hyödyntämiseen, ikkunoita ja esimerkiksi aurinkokeräimiä ja varaavia rakenteita käyttäen. Lämpöenergian tuotoksi lasketaan myös rakennuksen käytön aiheuttama lämpö: valaistuksen, laitteistojen ja koneiden hukkalämpö, sekä ihmisten aiheuttama lämpö. Passiivitalo ei siis tarvitse aktiivista lisälämmöntuotantoa. Talo hyödyntää

hukkalämpöä, johon passiivitalo-nimitys perustuu. Passiivitalossa voi olla pienitehoinen varalämmitysjärjestelmä huipputarvetta varten, tyypillisesti kevyellä tekniikalla ilmanvaihdon yhteyteen toteutettu ilmalämmitys.

Passiivitalon tiiviit rakenteet mahdollistavat tarkasti säädellyn ilmanvaihdon, jonka avulla on helppo toteuttaa myös lämmönjako. Itse asiassa yksi keskeisimmistä passiivitalon suunnittelun periaatteista juontaa juurensa ilmanvaihtotekniikkaan: vain pieni lämmitysteho voidaan saavuttaa lämmitettyä ilmaa huonetiloihin jakelemalla, joten talon lämmöneristävyydelle asetetaan tämänkin takia erityisen tiukat vaatimukset.

Energiansäästötekniikka passiivitalossa on hyvin yksinkertainen. Se perustuu energiansäästöteknologiaan: lämpöhäviöiden pienentämiseen lämmöneristämisen, rakenteiden ilmanpitävyyden ja ilmanvaihdon lämmön talteenoton avulla. Hyvin eristetty talo voi käyttää hyödyksi myös ikkunoiden kautta saatavaa auringon energiaa ja kodinkoneista ja laitteista syntyvää lämpöä. Perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä kuten lattialämmitystä tai radiaattoreita ei siis tarvita johtuen hyvästä energiatehokkuudesta talossa.

Asunnon lämpötilan vaihtelut ovat pieniä. Kun sisäilma on ulkovaipan ilmanpitävyydestä johtuen vedoton, on myös lämpöviihtyvyys silloin hyvä. Kuitenkin talossa on hyvä ja raikas sisäilma. Kun talon energiankulutus on pieni, ei tavanomaisia lämmönjakojärjestelmiä välttämättä tarvita. Rakentaja voi valita ilmanvaihtolämmityksen, jolla lämpö tuodaan huonetiloihin ilmanvaihdon tuloilman avulla. Siten lämmitysjärjestelmän kustannussäästöt voivat osittain korvata energiatehokkaan rakennuksen lämmöneristämisestä aiheutuvia lisäkustannuksia (Nieminen 2008).

Passiivitalon rakennuskustannukset ovat vastaavanlaisen normitalon luokkaa. Koska järeään lämmitysjärjestelmään ei tarvitse investoida, vahvemman eristyksen aiheuttama lisäkustannus jää vähäiseksi (Passiivitalo 2010). Passiivitalon erinomainen lämmönpitävyys takaa parhaan mahdollisen sisäilmaston ympäri vuoden. Kun talvikauden lämmityksentarve on pieni, myös kesäkauden jäähdytyksentarve on vähäinen mm. massiivisten rakenteiden, erinomaisen eristyksen, tehokkaan aurinkosuojauksen sekä hyvän ilmanvaihdon ansiosta.

Keskeinen osa passiivitalon periaatteita on pyrkimys mahdollisimman suureen uusiutuvan energian osuuteen rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta. Suomalaiseenkin energiatodistuksen laskentamalliin ennakoidaan tulevan keskeiseksi osaksi ns. primäärienergiatarkastelun, joka tarkoittaa juuri samaa.

#### Nollaenergiatalo

Nollaenergiatalo on rakennus, joka tuottaa energiaa yhtä paljon kuin kuluttaa. Rakennuksen kokonaiskulutuksen summa on vuositasolla nolla. Nollaenergiatalolle ei kuitenkaan ole tarkkaa vakiintunutta määritelmää sillä tuotannon ja kulutuksen vertailuperiaatteita on useita.

Yhden määrittelyn mukaan rakennus ostaa ja myy energiaa ja niiden summa on nolla. Toisen määritelmän mukaan rakennus ostaa energiaa, mutta siellä tuotetaan uusiutuvaa energiaa yli talon oman tarpeen niin paljon, että se kattaa ostetun energian määrän. VTT:n näkemyksen mukaan Suomen oloissa katsotaan nollaenergiataloksi sellainen joka tuottaa ostetun energian tarpeen.

Nollaenergiatalo on Suomessa vielä hyvin harvinainen näky. Nollaenergiataloja on rakennettu ainakin Kuopioon sekä Järvenpäähän. Nämä talot käyttävät sekä maa- että aurinkolämpöä. Molempien talojen 30 senttimetriä paksuissa seinissä on polyuretaanieriste. Taloissa käytetään maalämpöä, ja ilmanvaihdon lämpö otetaan talteen. Niissä on nykytaloja parempi eristys ja lämpimämmät rakenteiden sisäpinnat kuin vanhemmissa taloissa. Niissä on myös erittäin hyvä ilmantiiviys (Ala-Mettälä 2010).

### 3. PASSIIVIENERGIATALO

Tämän päivän paras energiatehokas asumismuoto on siis passiivenergiatalo. On olemassa myös nolla- sekä plusenergiataloja mutta ne ovat vielä kehitysvaiheessa olevia rakennusmuotoja ja sen vuoksi hyvin harvinaisia näkyjä. Passiivitalo on tällä hetkellä energiatehokkain vaihtoehto ja huomattavasti energiatehokkaampi kun vertailukohtana pidettävä tavallinen talo eli niin kutsuttu normitalo (taulukko 4 ja 5).

#### Taulukko 5.

Arvio eri rakennusten energiankulutuksesta (Tahiri 2011).

Kulutuksen tyyppi	Normitalo kWh/m <sup>2</sup>	Passiivitalo kivi kWh/m <sup>2</sup>	Passiivitalo puu kWh/m <sup>2</sup>
Lämmitys	39	21	8
Lämmitysvesi	9	6	17
Kiinteistönsähkö	9	6	4
	$\Sigma=57<100$	$\Sigma=33<45$	$\Sigma=29<45$
Kotitalouden sähkö	30	30	30

Passiivitalon takana oleva perus konsepti on hyvin yksinkertainen. Esimerkiksi mannermaisessa ilmastossa energian käyttö kohdistuu lämmitykseen pidempinä kylminä kausina. Tällaiseen ilmastoon rakennettavan talon tulisi muistuttaa termospulloa, joka palauttaa ulospäin poistuvan lämpimän ilman lämmittääkseen sisäänpäin tulevaa ilmaa. Konseptina tämä idea on hyvin yksinkertainen, mutta käytännössä haastava toteuttaa. Haasteet aiheuttaa tinkimätön keskittyminen rakenteiden yksityiskohtiin sekä mahdollisten vuotokohtien tiivistäminen.

Passiivitalon standardi on hyvin täsmällinen, sillä sen tavoitteena on todella pieni lämmitysenergian käyttö, 15 kWh (primääri energiaa) neliometriä kohden vuodessa. Vertailukohtana voidaan pitää noin 200 neliömetrin kokoista taloa. Päästökseen standardiin, talon ei tulisi kuluttaa kuin 3300 kWh vuodessa, sisältäen molemmat sekä sähkön että kaasun. Keskimääräinen kaasun käyttö kotitaloudessa on 23 000 kWh

vuodessa, mikä on lähes seitsemän kertaa passiivitalon määrän. Tämän lisäksi mukaan tulee vielä sähkön käyttö, joka on taloudessa keskimäärin 13 000 kWh.

Passiivitalojen seiniä, kattoja sekä perusteita voidaan kutsua jopa ”super” eristetyiksi. Tämän lisäksi taloissa käytetään saksassa valmistettavia huippu luokan ikkunoita. Saksalaisten ikkunoiden benchmarkingina pidetään tilannetta, jossa ikkunoiden ulkopuolinen lämpötila on noin -7 astetta ja lasin sisäpuolen lämpötila noin +22 astetta, jolloin lasin pinnan lämpötila laskee alle +19 asteen. Tällöin ihmiskeho ei aisti kylmää pintaa ollessaan huoneessa.

Suurin osa maailman passiivienergiataloista sijaitsee Saksassa ja Itävallassa, jossa talven lämpötila vaihtelee -8–12 asteen välillä. Tällaisissa olosuhteissa olevat talot ovat rakennettu standardien mukaan, joissa on R-50 seinät ( 15 tuumaa lasivillaa tai 8 tuumaa polyuretaani vaahtoa) sekä kolminkertaiset U-0.14 (R-7) ikkunat maksimissaan ilmankarkaus kertoimella 0.6 per tunti.

Näissä tyypillisissä keskieurooppalaisissa passiivienergiataloissa ilmanvaihtokanavissa käytetään lämmityskämiä. Useimmat näistä lämmityskämeistä kierrättävät kaasulla toimivan veden lämmittimen tai lämpöpumpun tuottamaa lämmintä vettä. Keski-Euroopassa lämpö jaellaan ilmanvaihtokanavan kautta. Passiivitaloissa lämmön talteenottokanava toimii asuintalon avain lämmitysvälineenä.

Passiivitalon standardi spesifioi vuotuisen energiabudjetin enimmäismäärän olevan maksimissaan 120 kWh neliömetriltä noin 190 m<sup>2</sup> asuintalossa. Budjetti sisältää siis tilojen lämmityksen, lämpimän veden, valaisun sekä kaiken elektroniikan kotitaloudessa. Nollaenergiaan ei talossa päästä mutta kulutetun energian määrä on kuitenkin huomattavan alhainen.

Asuinrakennussektorilla passiivienergiatalo näyttää mallia, miten on mahdollista yltää hyvään sisäilman laatuun ja sisälämpötilaan vain kymmenellä prosentilla tämän

hetkisestä energiankulutuksesta. Tämän lisäksi passiivitalo ei synnytä läheskään yhtä paljon hiilidioksidipäästöjä kuin normitalo (taulukko 6).

### Taulukko 6.

Arvio rivitalotyypin CO<sup>2</sup> päästöistä (Yudelsson 2009).

Talotyyppi	Valmistamisesta aiheutuva päästö (kg/m <sup>2</sup> )	Käytöstä aiheutuva päästö (kg/m <sup>2</sup> )	Kokonais CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
Normitalo	236,86	740,00	976,86
Passiivitalo kivi	465,35	476,93	942,28
Passiivitalo puu	359,04	495,32	854,36

### 3.1. Passiivenergiatalon ja matalaenergiatalon ero investointinäkökulmasta

#### Matalaenergiatalo

Matalaenergiatalon kustannukset nousevat 3-5 prosenttia normaalirakentamiseen verrattuna. Rakennuksen investoinnin takaisinmaksuajaksi on laskettu alle 10 vuotta (Airaksinen 2009). Matalaenergiatalon rakentamiskustannukset ovat hieman korkeammat kuin tavallisen talon. Lisäkustannus saadaan kuitenkin nopeasti takaisin pienempinä energiakuluina.

Matalaenergiatalossa osa energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä ei aiheuta käytännössä lainkaan lisäkustannuksia. Esimerkiksi hyvään ilmanpitävyyteen päästään hyvällä suunnittelulla ja laadukkaalla rakentamisella, jotka ovat perusolettamuksia. Lisäkustannus riippuu aina kohteesta mutta arvioiden mukaan karkea lisäkustannus on vain 3-5 %:n luokkaa, joka on rahassa mitattuna noin 3 000-10 000 euroa. Passiivitalon kustannukset ovat vielä hieman matalaenergiataloa korkeammat mutta niissä saavutetaan säästöjä yksinkertaisemman lämmitysjärjestelmän ansiosta.

#### Esimerkki

Norminmukaisen harkkotalon tilojen lämmittäminen maksaa noin 1000 € vuodessa, puutalon noin 1200 € ja hirsitalon lähes 1500 € Matalaenergiatalon lämmittäminen maksaa alle 400 € vuodessa (noin 30 € kuukaudessa), mikä on noin kolmannes

norminmukaisen puutalon lämmityslaskusta. Vuotuinen rahansäästö on siten noin 800 - 1100 € verrattuna puutaloihin. Parhaassa tapauksessa matalaenergiarahkotalon lämmittäminen maksaa ainoastaan 250 €vuodessa (20 €kuukaudessa). (Laine & Saari 2005)

Energian hinnan noustessa myös säästöpotentiaali kasvaa. Matalaenergiarahkotalo säästää 50 vuoden aikana energialaskussa 75 000 - 130 000 € vertailun kohteena olevasta normitaloratkaisusta riippuen, jos energian hinta nousee 3 % joka vuosi. Matalaenergiatalon vaatima keskimääräinen lämmitysteho on talvikuukausinakin alle 2000 W. Pieni lämmitystehon tarve mahdollistaa yksinkertaisen ja siten edullisen lämmitysjärjestelmän rakentamisen.

#### Passiivitalo

Passiivitalo tarjoaa rakennuttajalle paremman tuoton ja alhaisemmat käyttökustannukset. Pienienergiankulutus ja liittymäteho alentavat energiankäytön kiinteitä maksuja ja säästävät lämmityslaitteiden hankintakustannuksia. Lämmityslaitteiden pienentäminen ja vähentäminen alentavat huolto ja ylläpitokustannuksia. Suurimmat kustannussäästöt saavutetaan kuitenkin rakentamisprosessin hyvällä hallinnalla ja laatuun perustuvalla kilpailuttamisella.

Kun rakennuksenrakennettavuus on hyvä, voi passiivitalon rakentaa hyvin vähäisin lisäkustannuksin, joiden takaisinmaksuaika on lyhyt.

Passiivitalon investointikustannus voi olla tavanomaista suurempi etenkin silloin, kun kokemukset talojenrakentamisesta ovat vähäisiä. Rakentamiskustannuksiin vaikuttavat energiatehokkaiden laitteiden ja teknologiantavanomaista korkeampi hinta. Suurin yksittäinen kustannus on kuitenkin rakentamisprosessin hallinta.

Passiivitalo tarjoaa rakennuttajalle paremman tuoton ja alhaisemmat käyttökustannukset. Pienienergiankulutus ja liittymäteho alentavat energiankäytön kiinteitä maksuja ja säästävät lämmityslaitteiden hankintakustannuksia. Lämmityslaitteiden pienentäminen ja vähentäminen alentavat huolto ja ylläpitokustannuksia. Suurimmat kustannussäästöt saavutetaan kuitenkin rakentamisprosessin hyvällä hallinnalla ja laatuun perustuvalla kilpailuttamisella. Kun

rakennuksenrakennettavuus on hyvä, voi passiivitalon rakentaa hyvin vähäisin lisäkustannuksin, joiden takaisinmaksuaika on lyhyt.

### **Taulukko 2.**

Esimerkki: passiivitalon ja normitalon rakentamiskustannukset (Haikonen 2010).

	<b>Passiivita</b>	<b>Normitalo</b>
<b>Rakennuskustannukset</b>	<b>589 400</b>	<b>561 300</b>
<b>Oma työ</b>	<b>119 000</b>	<b>115 500</b>
<b>Tontin kustannus</b>	<b>200 000</b>	<b>200 000</b>
<b>Hankkeen kokonaiskustannus</b>	<b>908 400</b>	<b>876 800</b>
<b>Kustannukset, €/m<sup>2</sup></b>	<b>2 429</b>	<b>2 344</b>
<b>Erotus</b>	<b>31 600</b>	

### 3.2. Passiivi- ja matalaenergiatalojen hyödyt

Passiivitalon suurimmat hyödyt asukkailla ja talonomistajille ovat hyvälämpöviihtyvyys ja sisäilman laatu riippumatta ulkoilman olosuhteista. Alhaisten energialaskut sekä yksinkertaiset ja vähäistä huoltoa vaativat talotekniikkaratkaisut.

Passiivitalon suurin hyödyn tuoja on ulkovaipan hyvä lämmöneristystaso. Sen avulla sisäilmasto on ulkovaipan ilmanpitävyydestä johtuen vedoton, ja ilmanvaihdon lämmön talteenoton korkea vuosihyötysuhde takaa ilmanvaihdon vähäiset lämpöhäviöt. Jäljelle jäävä pieni lämmityksen energiantarve voidaan kattaa pienitehoisella lämmityksellä sekä hyödyntämällä ns. ilmaisenergioita, auringon energiaa ja laitteista vapautuvaa lämpöä.

Passiivitalon energiakulutus on pieni. Energian hinnan vaihtelut eivät silloin vaikuta merkittävästi

talon käyttökustannuksiin. Energiatohokkuuden parantaminen yksinkertaisin ja samalla kustannustehokkain keinoin vaikuttavat talon toimivuuteen ja käytettävyyteen.



## Matalaenergiatalon hyödyt

Matalaenergiatalon tilojen lämmitysenergiankulutus on vähintään 50 % pienempi kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman vähimmäisvaatimusten mukaan toteutetun ns. normitalon. Matalaenergiatalossa suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on korkeintaan 60% vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä (Nieminen 2009).

Esimerkiksi matalaenergiaharkkotalo kuluttaa lämmitysenergiaa selvästi (n. 10...15 %) puurakenteisia taloja vähemmän, vaikka niiden koko vaipan lämmöneristävyys on samaa tasoa. Ero johtuu siitä, että laskelmissa harkkotalon ilmanpitävyys on parempi, minkä seurauksena ilmapuotoja on vähemmän. Ero korostuu verrattaessa hirsitaloon (säästö n. 25 %), jossa ilmapuotojen osuus lämpöenergiantarpeesta on lähes kolmannes. Muurattuun kivitaloon verrattuna puurunkotalon ilmapuodot ovat 3...5 kertaisia ja hirsitalon kymmenkertaisia. Matalaenergiaharkkotalon energiankulutus on noin 60%

pienempi kuin tavanomaisen harkkotalon. Ero normipuutaloratkaisuihin on siis selvästi tätäkin suurempi.

Matalaenergiatalon lämmitysjärjestelmää voidaan yksinkertaistaa jolloin mahdollisuudet osien vähentämiseen paranevat. Tästä johtuen laatu paranee ja huoltotarve ja käyttökustannukset alenevat. Matalaenergiatalossa on myös parempi sisäilmasto pienemmällä energiankulutuksella. Yksinkertaisemmat lämmitystekniikat saavat aikaan sen, että uusiutuvien ja epäjatkuvien energialähteidenhyödyntämismahdollisuudet paranevat. Tällöin energiantuotannon huipputeholaitosten käyttötarve vähenee.

### 3.3. Passiivitalojen trendejä Euroopassa

Kuten edellä jo mainittiinkin, suurin osa Euroopan passiivenergiataloista sijaitsee Saksassa, Itävallassa sekä Sveitsissä. Suomeen passiivitalot ovat rantautuneet jo muutaman vuoden ajan, mutta suurta trendiä niistä ei ole vielä tullut. Suurissa valtioissa kuten Yhdysvalloissa, joissa päästöjen ja energiankulutuksen leikkaaminen olisi tärkeää, ei olla vielä innostuttu energiatehokkaampaan rakentamiseen.

Esimerkiksi Yhdysvalloista löytyy paljon rakentajia joilla olisi tarvittava osaaminen rakentaa energiatehokkaampi talo. Kuitenkin esiintyvänä ilmiönä on heidän motivaation puutteensa rakentaa tällainen rakennus, sillä he eivät näe markkinatarvetta energiatehokkaammille taloille. Yhdysvaltalaisilla kuluttajilla ei ole vielä kasvanut halua energiatehokkaampiin asuinrakennuksiin, jotka voisivat toimia jopa 50 prosenttia pienemmällä energiankulutuksella. Tavoitteena olisikin saada kuluttajat haluaan energiatehokkaampi talo. (Yudelson 2009)

### 3.3.1. Aurinkokymmenottelutalo

Vuonna 2007 Yhdysvalloissa järjestettiin kilpailu teknillisten yliopistoiden välillä, jossa opiskelijat kilpailivat keskenään energiatehokkaiden talojen suunnittelussa. Saksalaiset Darmstadtin teknillisen yliopiston insinöörit suunnittelivat talon, joka voitti koko kilpailun. Opiskelijoiden rakentama 65 m<sup>2</sup>:n talossa oli HäusslerFensterin kolminkertaiset ikkunat (kuva x). Talon sisäänkäynnissä oli mielenkiintoisia innovatiivisia ratkaisuja kuten aurinkokennot sälekaihtimissa, jotka estivät auringon säteiden pääsyn sisään taloon sekä aurinkoenergialla toimiva kotitalouden veden lämmitys. (Yudelson 2009)

**Kuva 4.**

Darmstadtin yliopiston rakentama talo (Neatorama 2007) .

### 3.3.2. Werner Sobek –talo

Werner Sobek on yksi saksan johtavista insinööreistä, kuka toimii Stuttgartin yliopistossa professorina. Hän on suunnitellut perheelleen täysin päästöttömän omakotitalon (kuva X). Neljäkerroksinen talo nimeltään R-128 on pinta-alaltaan noin 250 neliömetriä. Erikoista tässä talossa ovat sen ikkunat sekä lämmitysjärjestelmä.

Sobekin talon ikkunat ja rakenteet ovat pultattu yhteen moduulaarisilla komponenteilla. Talon tavoitteena oli täysi läpinäkyvyys, päivänvalo, avoimuus sekä ympärivuotinen mukavuus. Näihin tavoitteisiin päästiin kokonaan lasista rakennetulla talolla. Talo on myös suunniteltu olemaan lämmityksen osalta täysin päästötön.

Rakennusten paneelien sisällä virtaa viileä vesi, joka kesällä sitoo itseensä lämpöä ja poistaa lämmön talosta. Lämpöenergia varastoidaan talon alle ja palautetaan tilojen lämmittämiseen talvella. Tämä keksintö tarvitsee hyvin vähän energiaa pumppaamaan kiertävää vettä. Lämpösäteilyllä ja noin 40 prosenttia katosta kattavalla vedenkierrätysjärjestelmällä taataan miellyttävät olosuhteet kaikkina vuodenaikoina talon sisällä.

Talon julkisivussa on kolminkertainen lasitus, jossa ulomman ja keskimmäisen paneelien välillä on läpinäkyvä folio. Paneelien välit täytetään väljällä kaasulla. Lasi yksinään on R-arvoltaan kolmetoista. Vertailukohtana voidaan mainita kaksoislasi, joka on R-arvoltaan noin kolme tai neljä. Tämä lasinen julkisivu muodostaa noin neljän tuuman paksuisen kuitulasi eristyksen ja toimii ”super” lämmöneristyksenä ylikuumentumiselta kesällä ja kylmenemiseltä talvella.

Lämpö otetaan talteen kaikesta ulospääsevästä ilmasta. Talvisin sisälle tuleva kylmä ulkoilma esilämmitetään lämmön talteenottomoduulilla noin 20 asteiseksi, jopa kylmimpinä talvipäivinä. Lämpiminä kuukausina lämmin ulkoilma viilennetään maahan kytketyllä lämmönvaihtajalla jopa 6-7 astetta viileämmäksi ilman energian kulutusta. Lisäksi talon katolla on 48 aurinkopaneelia, jotka tuottavat energiaa jopa 8 000 kWh vuodessa. (Yudelson 2009)



**Kuva 5.**

Werner Sobekin rakentama passiivenergiatalo (Home exteriorinterior 2010).

### 3.3.3. Passiivitaloja Sveitsissä

Sveitsissä vallitseva energian suunnittelu standardi on nimeltään Minenergie (minimumenergie). Yksi standardin tavoitteista on pitää kustannuspremio 10 prosentissa standardi talosta, samalla vähentäen vuotuista lämmityksen, lämpimän veden sekä ilmanvaihdon energian kulutusta neljään litraan lämmitysöljyä vuodessa neliometriä kohden. 150 m<sup>2</sup>:n kokoisessa omakotitalossa tämä merkitsisi noin 150 litraa öljyä vuodessa. Vanhemmissa taloissa luku voi olla jopa viisi kertaa suurempi.

Uudessa omakotitalossa täytyy pitää vuotuisen energiankulutuksen, johon sisältyvät lämmitys, lämminvesi sekä ilmanvaihto, alle 43 kWh:ssa neliometriä kohden jotta

päästäisiin Minenergie–standardiin. Entisöityihin taloihin on annettu ns. ”alituspisteeksi” noin 80 kWh:n vuotuinen kulutus neliometriä kohden.

Primäärienergian kulutus sisältää painokerroimen fossiilisten polttoaineiden kulutuksen määrälle, joko välittömästi kuten lämmitysöljy tai välillisesti kuten sähkönä. Painokerroin, jolla muutetaan talon energiankulutus primäärienergian kulutukseksi, on 2.0. Maissa, joissa vesivoiman osuus sähkössä on pientä, voi energianmuunnoksen painokerroin olla jopa 3.0. Asiantuntijat suosittelevatkin, että taloissa käytettäisiin joko lämpöpumppuja tai takkoja, jolloin primäärienergian käyttö energiantuotannossa vähenisi.

Minenergie–sertifikaatti omakotitalolle tarjoaa viisi vaihtoehtoa tilojen lämmitykselle. Nämä ovat maalämpöpumppu, takka yhdessä aurinkokennoilla veden lämmittämiseen, automaattinen puupelletti–lämmitys–systeemi, yhteys etäällä olevaan jätteiden poltto lämmittimeen, ilmasta–vedeksi–lämpöpumppu tilojen lämmittämiseen sekä kotitalouden lämminvesi varasto.

Samoin kuten passiivitalo, Minenergie –standardi vaatii kompaktin, hyvin eristetyn sekä ilmatiiviin talopäälläyksen kaikissa tilanteissa. Noudattaakseen tätä standardia, talon kuorissa tulee olla 15-20 cm paksut eristekerrokset ja vähintään kaksinkertaiset ikkunalasit. Minenergie –standardi vaatii, samoin kuten passiivitalokin, automaattisen ilmanvaihtojärjestelmän sekä lämmön talteenoton. Tämä säästää energiaa minimoimalla netto lämmönkarkaamisen ilmanvaihdon kautta. (Yudelso 2009)

#### 3.3.4. Itävaltalaisia energiatehokkaita taloja

Wieniläinen arkkitehti Georg Reinberg on rakentanut useita rakennuksia ja taloja, useimmiten passiivienergia ja aurinkoenergia muodoissa. Reinberg pitää kiinni siitä, että passiivitalokonseptissa pitää laajentaa katse yli pelkän lämmityksen ja

ilmanvaihdon ja sisältää konseptiin myös rakennusmateriaalien energia, lämpimän veden kulutus, kodinkoneiden energiankulutus sekä viilennysenergia.

Esimerkkinä voidaan esitellä B!otop- nimisen yrityksen toimistorakennus (kuvaX). Noin 460 m<sup>2</sup>:n rakennus sijaitsee lammen rannalla. Siinä on tiivis puurakenne (ristiin laminoiduilla paneeleilla), jossa on seinien sisällä aurinkokerääjät. Talon energiadesign perustuu hyvin eristettyihin ulkoseiniin, joissa on korkealaatuiset ikkunalasit estääkseen lämmön karkaamisen. Tuloilma syötetään rakennukseen maakanavien kautta ja poistoilma talteenotto-ilmanlämmittimen kautta. Sisätila on avoin ja talvella aurinko otetaan talteen seinien aurinkopaneeleihin tai sitä käytetään ilmanvaihtojärjestelmässä raittiin ilman lämmittämiseen.

Aurinkoenergialla toimiva veden keräin tuottaa lämmintä vettä rakennukselle. Biomassalämmityslaitos hoitaa rakennuksen lämmityksen käyttäen läheisyydestä kerättyjä puunpalasia. Kesän lämpimien kielten viilentämisen apuna ovat korkeat eristykset, rakennuksen varjostukset, tuloilman viilennys ilmanvaihdon maakanavissa sekä automaattinen ilmanvaihdon ”yöhuhtelu”. (Yudelso 2009)

**Kuva 6.**

Georg Reinbergin rakentama passiivenergiatoimisto (Architizer 2009).

### 3.4. Aikaisempia tutkimuksia

#### 3.4.1. Jerry Yudelson

Jerry Yudelson on yksi tunnetuimmista yhdysvaltalaisista vihreiden rakennusten tutkijoista. Hän on tutkimuksissaan tutkinut eurooppalaista talonrakentamisilmiötä, eli passiivitalon rakentamista Yhdysvaltoihin. Yudelson huomasi, että asiakkaan halutessa energiatehokkaampi talo, ratkaisu ongelmaan on yksinkertainen: rakennetaan tiiviimmät ikkunat, lisätään lämmöneristystä sekä käytetään mahdollisesti jotakin uutta teknologiaa kuten tehokkaampi lämmitys sekä parempi lämminvesijärjestelmä. Näillä yksinkertaisilla parannuksilla saadaan talon energiankulutusta laskettua noin puoleen eli 50:llä prosentilla. Yudelson esittikin tähän vielä lisäkysymyksen: Mutta mitä tapahtuukaan jos asiakas haluaakin laskea energiankulutusta jopa 90:llä prosentilla



ilman, että samalla heikennetään sisäilman laatua ja vähennetään ikkunoiden lukumäärää? (Yudelson 2009)

### 3.4.2. Wolfgang Fest

Professori Wolfgang Fest on tutkinut passiivienergiataloja ja tutkimuksessaan todennut 15 kWh:n per neliömetri olevan oiva benchmark passiivienergiatalon energiankäytölle. Passiivienergiatalo ei tarvitse määritelmäkseen mitään numeroa, riittää kun talossa on lämmön talteenottoa varten oleva kanavasysteemi. Lämmön jakelu muulla kuin lämmön talteenottokanavalla on epäsuotuisia vaikutuksia. Esimerkiksi suora sähkölämmitys on kallis asentaa. Jos ei halua maksaa sähkölämmityksestä voi hankkia takan mutta tämä vaatii todella hyvää eristystä talossa. Lämmön pitäminen kanavasysteemissä on Festin mukaan kuitenkin kaikista halvin vaihtoehto.

Passiivitalo standardilla on hyvin tarkat vaatimukset ikkunoiden suoriutumiskyvyille, sillä määritelmät ovat hyvin vaikeita saavuttaa standardi tupla-laseilla. Nämä ovat niin kutsutut e-lasit, jotka ovat tämän hetkisen määritelmä Yhdysvalloissa energiatehokkaille ikkunoille lämpölukoilla tai ilman. Ikkunoiden spesifikaatio riippuu kuitenkin alueen ilmastosta. Esimerkiksi Keski-Euroopassa tarvitaan R-7 ( U-0.14) ikkunoita, joita ei luonnollisesti tarvita esimerkiksi Kaliforniassa.

Festin mukaan talon suunnittelu tulisi pitää mahdollisimman yksinkertaisena. Tämä tarkoittaa eristyksen ja ikkunoiden parantamista sekä lämmön talteenottokanavan asentamista. Monet rakennustyöntekijät luulevat eristyksen lisäämisen olevan kallista. Itse asiassa tämä on kaikista halvin tapa parantaa energian karkaamista. Suurin problematiikka löytyy siitä, että on uskottava että energiatehokkuuden parannukset tulevat maksamaan itsensä takaisin tämän hetkisinällä energian hinnoilla pitkällä tähtäimellä. (Yudelson 2009)

### 3.5. Tulevaisuuden muutoksia

Nykypäivän Suomi on rakentamisen energiatehokkuudessa vielä perässähiittäjä. Suomen kannattaa edistää energiatehokkuutta luomalla markkinamekanismeja ja ottamalla käyttöön innovatiivisia ratkaisuja pysyäkseen kehityksessä mukana (Junnila 2009).

Tulevaisuutta arvioitaessa rakennusten energian käyttö sekä tarve tulevat vähenemään, sillä rakentaminen siirtyy kohti energiatehokkaampia ratkaisuja. Vuonna 2010 asuinrakennusten tilojen lämmityksen energiantarve oli 30-40% muutaman vuoden aikaisesta tasosta.

Vuonna 2012 ennustetaan energiatehokkuuden lisääntyvän ottamalla enemmän energiamuodot huomioon. Kokonaisenergiatarkastelu tulee olemaan kaiken keskiössä ja primäärienergiaenergiantarpeen ennustetaan laskevan n.20 %

Euroopan unioni tavoittelee vuoteen 2015-2020 mennessä, että uudistaloilla ei olisi lämmitys- tai viilentämisen tarvetta. Vuositasolla ostoenergian tarve tulisi olemaan 0 kWh/m<sup>2</sup>. Tulevaisuuden tavoitteena olisikin rakentaa vain matala- ja passiivienergiataloja.

Edellä esitettyjen muutoksien merkitykset tarkoittavat sitä, että kuluneena vuonna 2010 on lähestytty kulutuksessa lähellä matalaenergiatalon kulutustasoa. Vuonna 2012 tullaan kulutuksessa lähestymään passiivienergiatalon kulutustasoa. EU ennustaa, että vuosina 2019-2020 uudet asuinrakennukset olisivat nollaenergiarakennuksia (EU 2010). Vuoteen 2020 mennessä myös ennustetaan energian tuoton olevan mahdollista itse rakennuksissa. Tällä hetkellä tämä on mahdollista vain ulkoistetun energiantuotantolaitoksen kuten esimerkiksi tuulimyllyn tai aurinkopaneelien avulla.

VTT visioi, että kaikki uudisrakentaminen ja puolet korjausrakentamisesta toteutetaan vuonna 2012 matalaenergiaratkaisuin. Kaikki uudisrakentaminen ja kolmasosa korjausrakentamisesta toteutetaan vähintään passiivitaloratkaisuin vuonna 2020. Uudisrakentaminen perustuu nollaenergiataloon ja kaikki korjausrakentaminen vähintään passiivitaloon vuonna 2030.

Rakennetun ympäristön kuluttama energia pohjautuu uusiutuviin energianlähteisiin. Koko rakennuskannan energiantarve on 50 % pienempi verrattuna vuoden 2010 tason. Kaikki rakennetun ympäristön kuluttama energia tuotetaan hajautettuna energiantuotantona rakennuksissa vuoteen 2050. (Nieminen 2009)

#### 4. ENERGIATEHOKAS ASUMINEN

Passiivienergiatalon rakentaminen on usein huomattavasti kalliimpaa kuin normitalojen. Tämä saattaa vaikuttaa talonrakentajan päätökseen, minkälaisen asuinrakennuksen hän itselleen haluaa. Jos talo ei ole passiivitalo, voidaan energiankulutusta säädellä omalla toiminnalla. Niin sanotulla energiadieetillä voidaan laskea kotitalouden energiankulutusta todella merkittävällä määrällä.

Energiadieetti on ihmisen laihduttamisen tapaan dieetti, jolla vähennetään kulutusta. Tässä tapauksessa vähentämisen kohteena ei kuitenkaan ole kiinteä ruoka vaan kotitalouden käyttöön tarvittava energia. Energiaa voidaankin pitää kodin ravintona, jota kaikki kodinelektroniikka käyttää polttoaineenaan. Energiadieetillä pyritään vähentämään energian, varsinkin turhan energian, käyttöä kotitalouden arjessa. Energiadieetin pääroolissa on oma toiminta, jolla voidaan päästä merkittäviin säästöihin.

Energiadieetin ensimmäisenä lähtökohtana on tietää mitä elektronisia laitteita ja kodinkoneita on talossa. Tämän jälkeen on hyvä identifioida kaikki talon virtapiirit. Erittäin tärkeää on tietää mikä on päällä, milloin ja miksi. Sähköyhtiöltä on usein tarjolla sähkönkulutusmittareita taloihin, joilla pystytään seuraamaan energiankulutusta ja siinä tapahtuvia mahdollisia muutoksia.

Niin kutsutut haamukuormitukset on myös hyvä tunnistaa ja pyrkiä eliminoimaan. Energiankulutusta saadaan vähennettyä esimerkiksi ostamalla vain kaikista energiatehokkaimpia laitteita. Valaistuksen osalta voidaan mainita tärkein nyrkkisääntö: Yksi henkilö, yksi valo. Kotitaloudessa tulisi välttää myös sähkövastuksellista lämmitystä. Lisäksi tulisi identifioida kaikki moottorit, jotka ovat päällä sekä niiden käyntiaika ja kysy itseltä pitääkö niiden olla juuri nyt päällä. Jos niitä ei välttämättä

tarvita, otetaan virta pois ja irrotetaan johdot. Lopuksi tulee koordinoida koko perheen tarpeet, esimerkiksi pyykinpesussa, ja suunnitella sen mukaan perheen energiankulutus.

#### 4.1. Energiadieetti

##### 4.1.1. Kuivausrumpudieetti

Kuivausrumpudieetin ensimmäinen ja tärkein sääntö on kuivata täysiä lasteja kerralla. Koneetta ei kuitenkaan tulisi täyttää enempää mitä on sallittu määrä, sillä se lisää koneen energiankulutusta. Lasteja ei tule ylikuivata sillä sekin johtaa suurempaan energiankulutukseen. Joissain uusissa laitteissa on kuitenkin kosteussensarit, jotka automaattisesti pysäyttävät laitteen.

Pesukone sekä kuivausrumpu tulee täyttää yhtä suurilla lasteilla. Veden ulosmenoputket tulee tarkistaa tiukoista mutkista, sillä niihin tarttuva nukka hidastaa ilman ulospääsyä ja pidentää kuivausaikaa. Edestäpäin ladattava kone kuivattaa nopeammin kuin päältäpäin ladattava kone.

Tärkeitä kuivausrummussa on pitää veden antoputki mahdollisimman lyhyenä, jotta siihen ei tulisi mutkia. Mutkat tukkiutuvat helposti estäen ilman poispääsyä. Tämä johtaa pidempään kuivausaikaan joka lisää energiankulutusta. Paras kuivaustapa onkin aurinko ja tuuli. Tämä on luonnollisesti kustannukseton ratkaisu eikä se kuluta vaatteita samoin kuten kuivausrumpu. (Sheckel 2005)

##### 4.1.2. Pyykinpesukonedieetti

Kuten edellä jo mainittiinkin on hyvä pestä vain täysiä koneellisia. Koneetta ei kannata kuitenkaan ylitäyttää sillä se lisää energiankulutusta ja samalla rasittaa koneen komponentteja samoin kuin kuivausrummun kohdalla. Vaatekasa olisikin hyvä kerran punnita, jotta saadaan ymmärrys siitä, minkä painoinen on koneen maksimi lasti jonka

se kestää. Pyykinkonetta ja kuivausrumpua ostettaessa tulisi katsoa, että ne ovat saman kokoisia.

Veden taso tulisi säätää pienimmälle mahdolliselle tasolle ja käyttää mahdollisimman paljon kylmää vettä. Samoin tulisi käyttää mahdollisimman lyhintä mahdollista kiertoa. Tahrat on hyvä saippuoida valmiiksi ennen koneeseen laittoa ja käyttää vain edestä täytettäviä koneita.

Päältä täytettävä kone kuluttaa sähköä 300-500 wattituntia yhtä pesukertaa kohden. Vettä päältä täytettävä kone käyttää 115-230 litraa vettä. Edestä täytettävä kone kuluttaa sähköä 200 wattituntia ja vettä noin 95 litraa pesukertaa kohden. Koneen käyttämästä energiasta noin 90-prosenttia kuluu veden lämmittämiseen. Siten kylmän veden käyttämisellä lämpimän veden sijaa päästää huomattavaan säästöön energiankulutuksessa. (Sheckel 2005)

#### 4.1.3. Pöytä tietokone- vs. kannettavatietokone dieetti

Tietokoneiden energiankulutus vaihtelee kannettavilla tietokoneilla 10-40 watin välillä. Pöytä tietokoneilla vaihteluväli on 90-150 wattia (taulukko X). Tämän päivän tietokoneet eivät kulu niiden sammuttamisen ja päälle kytkemisen vuoksi samalla tavalla kuin vanhemmat tietokoneet. Tämän vuoksi koneet on hyvä sammuttaa, jos niitä ei ole käytetty esimerkiksi viimeisen tunnin aikana. On hyvä muistaa myös, että tietokoneiden näytönsäästäjä ei säästä energiaa. Tietokoneiden ”nukkumis”-toiminnoilla voi säästää energiaa, mutta tämä riippuu täysin koneesta. Sen vuoksi olisikin hyvä kytkeä kone kokonaan virrattomaan tilaan jotta haamu kuormitukselta vältyttäisiin, esimerkiksi koneen ollessa valmiustilassa. (Sheckel 2005)

**Taulukko 7.**

Tietokoneiden energiankulutus (Scheckel 2005).

Käytä mieluummin kannettavaa tietokonetta kuin pöytäkoneita		
	kWh käyttö	Virran kustannus
Pöytäkone	219	16,75 €
Kannettava	44	3,35 €
Säästö	175	13,40 €
Säästö perustuu 6 tunnin käyttöön päivässä. euroa 10/kWh		

## 4.1.4. Astianpesukonedieetti

Tiskinpesukoneissa pätee sama nyrkkisääntö kuin kuivausrummuilla sekä pyykinpesukoneilla: Pese vain täysiä koneellisia. Kuitenkin lämpötilan tehostamisasetusta tulisi välttää, sillä veden lämmittämiseen kuluu noin 80-prosenttia koko tiskikoneen tarvitsemasta energiasta. Veden lämpötila tulee siis pitää mahdollisimman alhaalla ja antaa koneen lämmittää vain se määrä jota se tarvitsee toimiakseen. On hyvä kokeilla kaikkia ohjelmia ja määrittää mikä näistä antaa parhaan tuloksen. ”Non-heatdry” –asetus on energiatehokkain tapa käyttää konetta, jolloin kone ei kuivaa astioita (Taulukko x). Pesun päätyttyä astiat on hyvä laittaa avoimeen tilaan kuivumaan. Astioita ei tule huuhdella ennen koneeseen laittamista, sillä siinä käytetään lämmintä vettä ja veden lämmittäminen kuluttaa aina energiaa. On myös hyvä käyttää lyhintä mahdollista ohjelmaa, jos se vain on mahdollista.

Vanhemmat astianpesukoneet käyttävät noin 45 litraa vettä pesukerralla. Vuotta 1994 tuoreemmat koneet eivät tarvitse vettä kuin 25-30 litraa pesukertaa kohden. Suurin energiakulu syntyy koneessa sen lämmittäessä vettä. Säättämällä ohjelmien asetuksia voidaan säästää huomattava määrä energiaa, kun kone ei lämmitä kuin osan

tarvitsemastaan vedestä. Hyvänä benchmarkina voidaan pitää tilannetta, jossa astianpesukonetta käytetään viisi kertaa viikossa ja sen asetuksista on kytketty pois ”heatdry” sekä veden lämmitystehostin. Näillä asetuksilla voidaan säästää energiaa vuodessa jopa 312 kWh.

### Taulukko 8.

Astianpesukoneen energiankulutus (Sheckel 2005).

Astianpesukoneen säästöpotentiaali			
Täysi lämpö (kWh käyttö)	Ei lämpötehostetta, ei "heatdry"-asetusta	Energian säästö (kWh)	Vuotuista säästö €/v
390	130	260	19,90 €
Säästö perustuu viiteen pesukertaan viikossa. € .10kWh			

Tutkimukset kumoavat myytin siitä että astioiden tiskaaminen käsin säästäisi energiaa verrattuna niiden pesuun astianpesukoneessa. Saksassa toteutetussa tutkimuksessa Bonnin yliopistosta olevat vapaaehtoiset pesivät käsin kaksitoistaosaisen astiaston lavuaarissa. Käsin tiskaus kulutti 102 litraa vettä sekä 2.5 kWh energiaa veden lämmittämiseen. Astioiden pesettäminen astianpesukoneessa kulutti vain 15 litraa vettä sekä 1.5 kWh energiaa. Tämän lisäksi kolmasosa käsin pestyistä astioista jäi likaisiksi. Täten tutkimus todistaa astianpesukoneen energiatehokkaammaksi vaihtoehdoksi. (Sheckel 2005)

#### 4.1.5. Valaisudieetti

Yksi henkilö, yksi valo. Jos lamppu on päällä yli kaksi tuntia päivässä, on se hyvä korvata fluoresoidulla lampulla (Compact Fluorescent Lamp). Jos huoneessa ei ole ketään yli 15 minuuttiin, valot tulee kytkeä pois päältä. Päivänvaloa tulee hyödyntää aina kun on mahdollista. Lampunvarjostimia käytettäessä on hyvä valita vain kevyesti värjättyä varjostimia. Halogeeni lampujen käyttöä tulee välttää, sillä ne kuluttavat jopa 200-600 wattia ja ovat tulipaloherkkiä (Taulukko 9). On tärkeää suunnitella ja katsoa



tarkkaan missä oikeasti tarvitaan lamppuja, jotta vältetään turhien lamppujen käyttö. Kattolamppujen käyttö on hyödyllisintä, sillä silloin ei tarvita muita taustavaloja.

Valaisu on yksi helpoimmista tavoista talossa muuttaa energiatehokkaammaksi ja säästää energiakustannuksia. Lähtökohtana on se, että tavalliset lamput korvataan vähä wattisilla fluoresoiduilla lampuilla. Fluoresoitu lamppu on kaasupurkauslamppu jossa sähköllä tehostetaan elohopeahuurua. Ärsyntyneet elohopea-atomit tuottavat lyhyt aaltoista ultraviolettisäteilyä joka tuottaa lopulta kirkasta valoa. Fluoresoituja lamppuja on markkinoilla kaiken kokoisia ja ne käyttävät vain kolmasosan tavallisten lamppujen käyttämästä energiasta. A-luokan fluoresoitu lamppu sisältää vain 4 milligrammaa elohopeaa, joka on ympäristölle paljon ystävällisempää, sillä esimerkiksi rannekellon patteri sisältää jo 5-10 milligrammaa elohopeaa. (Sheckel 2005)

### Taulukko 9.

Valojen energiankulutus (Sheckel 2005).

Vuotuisa valojen käyttö ja säästö			
Hehkulamppu kWh	CFL kWh	kWh säästö	Energian säästö
1000	333	667	51 €
Säästö perustuu €.10/kWh			

\*CFL=CompactFluorescentLamp

**KYSYMYS:** Kuinka paljon säästää vuodessa korvaamalla tavalliset lamput fluoresoiduilla lampuilla?

Jos tavallinen hehkulamppu, joka on kytkettynä päälle neljä tuntia päivässä, korvataan 25:den watin fluoresoidulla lampulla, vähentää se energiantarvetta:

$$100 - 25 = 75 \text{ wattia}$$

Neljän tunnin käyttö päivässä vähentää vuotuista kulutusta:

$$75 \times 4 \times 365 \div 1000 = 109,5 \text{ kWh/vuodessa}$$

Jos kilowattitunnista maksetaan esimerkiksi 10 senttiä, säästö on:

$$109,5 \times 0,10 = 10,95 \text{ €/vuodessa sähkölaskussa}$$

Jos lamppu maksaa noin 7,65 euroa, maksaa se itsensä takaisin alle vuodessa. CFL lampun arvioidaan kestävän 10 000 tuntia, joten sen käyttö neljä tuntia päivässä, tekee sen arvioiduksi eliniäksi 6,8 vuotta. Tavallisen hehkulampun kesto on noin 1000 tuntia, joten neljän tunnin päivittäinen käyttö kuluttaisi lampun loppuun 250 päivässä. Siten 25-wattisen CFL-lampun elinkaaren energiasäästö on :

$$7,65 \text{ €/vuodessa} \times 6,8 \text{ vuotta} = 52,02 \text{ €}$$

Jotta voidaan korvata yksi 7,65 euron CFL-lamppu, täytyy ostaa kuusi tavallista hehkulamppua yhteishintaan 4,58 euroa. Yli 6,8 vuodessa CLF-lamppu säästää:

(kokonaiskustannussäästö energiassa) – (lamppujen hintojen erotus)

TAI

$$52,02 \text{ €} - (7,65 \text{ €} - 4,58 \text{ €}) = 48,95 \text{ €}$$

## 5. ANALYYSI OMISTAJAN JA ASUKKAAN NÄKÖKULMASTA

### 5.1. Omistajan näkökulma

#### Elinkaarikustannukset

Talojen uudisrakentamisen energiatehokkuuteen sekä kustannuksiin voidaan vaikuttaa hyvällä suunnittelulla ennen rakentamisen aloittamista. Rakennuksen kaksi energiatehokkuuteen vaikuttavaa elementtiä ovat hyvä ilmanvaihto sekä hyvä lämmöneristys. Ilman näitä rakennus ei voi saavuttaa energiatehokasta tasoa. Hyvässä ilmanvaihdossa rakennuksen tulo- ja poistoilmavirrat ovat tasapainossa, jolloin taloon ei virtaa eikä sitä pääse poistumaan liikaa talosta.

Hyvän lämmöneristyksen rooli energiatehokkuuden saavuttamisessa on ehkä jopa hieman ilmanvaihtoa merkittävämpi. Lämmöneristys vaikuttaa miten lämpö pysyy sisällä rakennuksessa. Liiallinen lämpöpoistuma johtaa lämmitystarpeen kasvuun, joka luonnollisesti nostaa lämmityskustannuksia. Siihen, mikä lämmitysmuoto rakennuksissa on paras, ei oteta tutkimuksessa kantaa. Tärkeää on huomioida hyvä lämmöneristys, jotta voidaan lämmönkarkaamisen lisäksi ehkäisemään kosteuden imeytyminen talon rakenteisiin. Tässä merkittävää roolia kantaa höyrysulku.

Jos tarkastelu korjausrakentamisesta siirretään kohti uudisrakentamiseen, on energiatehokkaan talon hankinnassa kolme vaihtoehtoa. Näitä ovat matala-, passiivi- sekä nollaenergiatalo. Kaikkien kolmen talon energiankulutus on huomattavasti normitaloa pienempi, parhaassa tapauksessa jopa 50 %. Energiatehokkaan talon rakentaminen on kalliimpaa kuin normitalon. Tämä johtuu erikoismateriaalien kalleudesta ja panostamisesta ilmanvaihtoon sekä lämmöneristykseen. Energiatehokas talo tulee noin 3000-10000 euroa kalliimmaksi kuin normitalo. Tässä tulee kuitenkin huomata energiatehokkaan talon takaisinmaksuaika joka on alle kymmenen vuotta. Lisäksi energiansäästökustannukset ovat noin 50 vuoden aikahaarukassa huomattavat verrattuna normitaloon.

## Eettiset valinnat

Niin uudisrakentamisessa kuin korjausrakentamisessa tulisi kiinnittää huomiota niiden ympäristövaikutuksiin. Korjausrakentaminen on ollut suurin energiaa tuhlaava ja ympäristöä turmeleva rakentamisvaihe. Tulevaisuudessa ennustetaankin tulevan energiatehokas korjausrakentamismalli mutta tämä kuitenkin edellyttää sen käynnistämiseksi tarvittavia erilaisia veroihin pohjautuvia tukia sekä normiohjausta (Pipatti & Luhanka 2008). Tämä tarkoittaa alalle uutta teknologiaa, uusia toimintamalleja ja liiketoimintaratkaisuja.

Jotta ympäristövaikutuksia saataisiin pienennettyä, korjausrakentamisen vastapainoksi tulee julkisen vallan edistää energiatehokkaan korjausrakentamisen käynnistämistä esimerkiksi erilaisilla veroihin pohjautuvilla tuilla, kuten kotitalousvähennyksen laajentamisella asunto-osakeyhtiöitäkin koskevaksi ja energiatehokasta korjausrakentamista tukevilla ALV-vähennyksillä (Pipatti & Luhanka 2008). Korjausrakentamiseen pitää synnyttää myös uusia rahoitusmalleja.

### Taulukko 3.

Energiatehokkuutta lisäävien toimenpiteiden vaikutukset rakennuskannan lämmitysenergian tarpeeseen 2020 – 2050 (Niemi 2009).

Skenaario	Toimenpiteet uudisrakentamisessa	Toimenpiteet korjausrakentamisessa
Vertailutaso	Kaikki uudet rakennukset vuoden 2003 normitaloja	Ei toimenpiteitä
Normitalo 2010	Rakennusmääräykset tiukkenevat 30 % vuonna 2010	Ei toimenpiteitä
Hidaskehitys	Matalaenergiarakentaminen vallitsevaksi 2030 mennessä	Vaipan ja ilmanvaihdonenergiatehokkuutta parannetaan
Nopeakehitys	Matalaenergiarakentaminen vallitsevaksi 2015 ja passiivirakentaminen 2020 mennessä	Vaipan ja ilmanvaihdonenergiatehokkuutta parannetaan huomattavasti
Toimintatavan muutos	Kaikki uudet rakennukset passiivitaloja	Vaipan ja ilmanvaihdonenergiatehokkuutta parannetaan huomattavasti

Korjausrakentamisen lisäksi eettiset valinnat koskevat myös uuden talon rakentajaa, sillä heidän tulisi jo talon suunnitteluvaiheessa kiinnittää huomiota energiaa säästäviin toimintoihin. Tällä tarkoitetaan lähinnä energiatehokkaan talomuodon valintaa sekä talon energialähteiden suunnittelua.

Passiivienergiatalo on tämän päivän asuinrakennusmarkkinoiden energiatehokkain vaihtoehto, jota suositellaan jokaiselle uudisrakentajalle. Passiivienergiatalo tarvitsee jopa puolet vähemmän energiaa talon lämmittämiseen kuin tavallinen normitalo. Näin passiivienergiatalolla on epäsuora vaikutus ympäristön kuormituksen vähentämiseen sillä se tarvitsee huomattavasti vähemmän energiaa. Tämän vuoksi energian kysyntä vähenee joka vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja sitä kautta pienentää ympäristön kuormittamista.

## 5.2 Asumisen näkökulma

Asumisen näkökulmalla tarkoitetaan kotitaloudessa asuvien henkilöiden omaa toimintaa, jolla voidaan säästää energiaa. Tässä tapauksessa omalla toiminnalla tarkoitetaan kodinkoneiden käyttöä. Kodinkoneet aiheuttavat suuren kulun kokonaisenergiankulutuksesta ja sitä voidaan hillitä kiinnittämällä huomiota pikku seikkoihin. Näitä ovat esimerkiksi täysien koneellisten pesu puolikkaiden sijaan, valojen sammuttaminen jos huoneessa ei ole ketään, tietokoneiden kytkeminen kokonaan virrattomaan tilaan kun niitä ei käytetä sekä energiatehokkuusluokiltaan hyvien kodinkoneiden hankinta.

Näiden seikkojen lisäksi kodinkoneiden asetuksia säätelemällä voidaan vähentää esimerkiksi lämmitettävän veden määrää, joka aiheuttaa suuren osan energiakuluista. Lamppuja vaihtamalla voidaan saavuttaa paljon pienempi energiankulutus sekä nykYTEknologia lampputeollisuudessa on mahdollistanut pidemmät elinkaaret lamppuille. Näin siis pikku seikoilla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä energiankulutuksessa. Energiatehokkuudesta on tullut samalla trendi joka on täyttänyt markkinat uusilla energiatehokkaammilla vaihtoehdoilla niin kodinkoneissa kuin itse talorakennuksissa. Energiatehokkaammilla vaihtoehdoilla emme vain säästä rahaa pankkitileillämme vaan vähennämme samalla päästöjä pienentäen luonnon ja ympäristön kuormitusta.

Tutkimuksen energiadieetti–osiossa esiteltiin tapoja, joilla kodinkoneiden käytöllä voidaan vähentää energiankulutusta. Ehdotuksena olisikin hankkia päältä täytettävä pyykinpesukone ja samaa kokoluokkaa oleva kuivausrumpu. Pesukoneiden käytössä, niin pyykin kuin astioidenkin, tulee kiinnittää huomiota pestävän tavaran määrään. Energiatehokkainta on pestä aina täysiä koneellisia, joten tämä on äärimmäisen tärkeä ottaa huomioon.

Lisäksi ehdotuksena on käydä koneiden käyttöohjeet läpi, jotta voidaan vähentää lämmitettävän veden määrää, sillä veden lämmitys on kodinkoneiden suurin energiaa kuluttava tekijä. Lisäksi kodinkoneet tulisi kytkeä aina virrattomaan tilaan, jotta ”haamuenergiankulutus” saadaan kontrolliin. Liian usein laitteet jätetään nk. valmiustilaan, joka kuluttaa lähes yhtä paljon energiaa kuin koneen ollessa käytössä.

Näillä pienillä ehdotuksilla päästään huomattaviin energiasäätöihin. Kotitaloudessa olisi hyvä kerran mitata koko perheen energiantarve ja kartoittaa mikä näistä on tarpeellista ja mistä voidaan vähentää. Energiadieetillä toisin sanoen järkevällä kodinelektroniikan käytöllä voidaan säädellä vuotuista energiankulutusta sekä vähentää energian aiheuttamia kustannuksia.

### 5.3 Luotettavuus

Korjausrakentamisessa sekä uudisrakentamisessa talon omistajan on hyvä kiinnittää huomiota minkä yrityksen materiaaleja rakennusprojektiin käytetään. On hyvä ottaa selvää tavarantoimittajien asiakastyytyväisyydestä ja materiaalien alkuperästä, jotta mitään yllätyksiä ei ilmene.

Lähtökohtaisesti passiivienergiatalot, jotka rakennetaan suomessa ovat suomalaista alkuperää kuten esimerkiksi Fortekivitalot tai Fennotalot. Kotimaisista toimijoista on helppo löytää tietoa asiakastyytyväisyydestä sekä talojen luotettavuudesta. Ennen rakentamisen aloittamista on kuitenkin hyvä tarkkaan sopia käytettävistä materiaaleista ja tavarantoimittajista ja tehdä tästä kirjallinen sopimus erimielisyyksien varalta.

Työmaalle palkattavien henkilöiden kuten vastaavan mestarin, valvojan sekä rakentajien aikaisempi kokemus energiatehokkaiden talojen rakentamisesta on hyvä selvittää ennen heidän valintaansa. Passiivienergiatalojen markkinoilla on toimittajia, joilla on jo valmiita talopaketteja jotka eivät vaadi niin tarkkaa suunnittelua kuin erikseen palkatun arkkitehdin luomat rakennukset. Rakennuksen ostajan tulisikin painottaa tarkkaan kumpaan vaihtoehtoon hänen olisi järkevämpi lähteä mukaan.

Asuinrakennuksen luotettavuuden lisäksi voidaan kiinnittää vielä huomiota energiatehokkaiden kodinkoneiden luotettavuuteen. Kuten aikaisemmin jo mainittiinkin energiatehokkaiden kodinkoneiden avulla energiankulutusta voidaan pienentää huomattavasti.

Tämän päivän markkinat ovat täynnä erilaisia kodinkoneita halpamalleista huippumerkkeihin. Tässä tapauksessa sääntö ”halpa ei ole aina hyvä” , on tärkeää ottaa huomioon valittaessa energiatehokkaita kodinkoneita. Markkinoilla on olemassa energiatehokkuuden tähtimerkintöjä, jotka kertovat kodinkoneen energiatehokkuudesta. Näin kuluttajan on helpompi tehdä valintansa energiaa säästävien koneiden hankinnassa.

Halpamallit tehdään usein halvan työvoiman maassa ja niiden komponentit ovat heikkoa laatua. Tämä saattaa aiheuttaa esimerkiksi tulipalovaaroja, joten halvimmat kodinkoneet eivät ole luotettavimpia eivätkä usein energiatehokkaimpia malleja. Näiden osalta kuluttajan tulisi olla siis varuillaan.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET

### 6.1. Johtopäätös

Tutkimus perustui energiatehokkaiden vaihtoehtojen tarkasteluun talonrakentamisessa. Tutkimuksessa selvisi, että talojen uudisrakentaminen on huomattavasti ympäristöä sekä energianlähteitä vähemmän rasittavaa kuin korjausrakentaminen. Uudisrakentamisessa voidaan suoraan määrittää jo ennen rakennustöiden aloittamista, minkälainen rakennus kannattaa rakentaa jotta se on energiatehokas.

Energiatehokkaat talot eivät ole Suomessa vielä jokapäiväinen näky, mutta tekniikka rantautuu hiljalleen muualta Euroopasta Suomeen. Euroopan Unionin asettamat rajoitukset ajavat väkisin rakentamista energiatehokkaampiin ratkaisuihin ja EU on ennustanutkin uudisrakentamisen olevan pelkästään passiivienergiataloja vuoteen 2020 mennessä.

Energiatehokkaan asumisen lähtökohtana on, että primäärienergian kysyntää tulisi vähentää huomattavasti. Huomioon tulee ottaa sähkö, lämminvesi ja lämmitys ja näihin tarvittavan energian kysynnän vähentäminen. Tärkein ratkaisu energian säästämiseen on, että lämmin ilma tulee saada pysymään sisällä talossa. Tällöin erityistä huomiota tulee kiinnittää lämmöneristykseen sekä seinien paksuuteen. Normaalisti seinissä käytetään 20 cm:n paksuista eristystä ja katossa noin 30 cm:n paksuista eristystä. Standardina tulisi käyttää kolminkertaisia ikkunalaseja hyvällä U-arvolla. Yksityiskohtien kanssa tulee olla erityisen tarkka ja talo tulee rakentaa mahdollisimman ilmatiiviiksi, jotta saataisiin lämpö pysymään talon sisällä.

Energiatehokkaampia vaihtoehtoja on tarjolla niin talonrakentamisessa kuin kodinkoneiden valinnassa. Passiivitalo on tällä hetkellä paras energiatehokas vaihtoehto jolla voidaan päästä todella huomattavaan energiansäästöön verrattuna normitaloihin. Passiivienergiatalo on U-arvoiltaan paljon tiiviimpi vaihtoehto kuin vanha normitalo. Passiivitaloa parempi vaihtoehto olisi nollaenergiatalo, mutta siitä oleva tietotaito ja kokemukset ovat vielä kehitysvaiheessa, joten passiivitalo on tällä hetkellä paras



ratkaisu. Nollaenergiatalojen määrän arvioidaan kuitenkin kohoavan vuoteen 2020 mennessä. Tällöin suurimman osan uudisrakentamisesta toivotaan olevan nollaenergiataloja.

Passiivitalon kustannukset verrattuna normitaloon ovat korkeammat mutta passiivitalon elämäkkaessa takaisinmaksu ei ole kuin kymmenisen vuotta. Tämän jälkeen talo on maksanut jo itsensä takaisin energiakustannuksissa. Jos jo rakennettu asuinrakennus ei kuitenkaan ole passiivi- tai matalaenergiatalo, voidaan talon energiankulutusta vähentää merkittävästi omalla toiminnalla. Omalla toiminnalla saamme säästettyä huomattavan määrän energiakustannuksista. Kodinkoneiden energiankulutus vaihtelee malleittain ja niiden hankinnassa tuleekin ottaa huomioon energiatehokkuusmerkinnät. Kodinkoneiden käyttöohjeisiin tulee kiinnittää huomiota, sillä koneiden asetuksia säätämällä voidaan päästä jopa yli 50 prosentin säästöihin koneen energiankulutuksessa.

## 6.2. Ehdotus

### 6.2.1. Energiatehokas omakotitalo

Asuinrakennusta valittaessa markkinoiden vaihtoehtoina on useita talomalleja. Rakennusta valittaessa tulisi ensisijaisesti kiinnittää huomiota sen energiatehokkuuteen. Ehdotus tutkimukseen perustuen olisi valita asuinrakennukseksi passiivienergiatalo. Tutkimuksessa esitellyt passiivienergiatalot ovat päässeet huomattavasti matalampiin lukemiin energiankulutuksessa kuin esimerkiksi normitalot.

Ehdotus perustuu useisiin aineistoihin joita tutkimuksessa on mainittu. Tutkimusten mukaan passiivienergiatalolla päästään jopa yli 50 prosenttia pienempään energiankulutukseen kuin normitalolla. Kuvitelkaa millainen säästö tämä on esimerkiksi sähkölaskussa.

Passiivienergiataloa valittaessa asuinvaihtoehdon hinta saattaa näyttää suurehkolta verrattuna normitaloon. Tämä tulee esiin tutkimuksen alkuvaiheessa olleista vertailuista. Hintaa vertailtaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon takaisinmaksuaika. Tällä

tarkoitetaan aikaa, jossa passiivenergiatalo maksaa itsensä takaisin alhaisemmissa energiakustannuksissa. Takaisinmaksuajaksi passiivitalolle arvioidaan noin kymmentä vuotta. Tämän jälkeen passiivitalo on hankintana edullisempi kuin normitalo. Sen lisäksi passiivenergiatalo rasittaa vähemmän ympäristöä.

### 6.2.2. Asuinrakennuksen käyttö

Jo olemassa oleva rakennus voi olla energiatehokas vaikka sitä ei olisikaan rakennettu passiivenergiataloksi. Kuten tutkimuksen alkuvaiheessa jo mainittiinkin, tärkein energiatehokkuuden tekijä on lämmön pitäminen asuinrakennuksen sisällä.

Ehdotus asuinrakennuksen käyttöön perustuu tutkielman johtopäätöksiin talon tiiviystä. Asuinrakennuksesta voidaan tehdä huomattavasti energiatehokkaampi panostamalla rakennuksen eristykseen sekä ilmanvaihtoon. Pienellä U-arvolla olevat rakennusmateriaalit pitävät lämmön paremmin sisällä joten tällaisiin hyvin ilmatiiviisiin rakenteisiin tulisi panostaa. Yhtenä esimerkkinä voidaan mainita matalan U-arvon omaavat kolminkertaiset ikkunat.

Eristyksen lisäksi energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa ilmanvaihdolla. Taloissa tulisikin panostaa hyvään ilmanvaihtoon jossa ilman talteenotolla kontrolloidaan lämpimän ilman pysymistä sisätiloissa. Ilmanvaihtoon tulisi panostaa, jotta sisätiloissa olosuhteet ovat mieluisat ja energiakulutus saadaan pidettyä matalana. Ilman talteenotosta esitettiin tutkimuksessa hyviä esimerkkejä kohdassa: ”Passiivenergiarakennusten trendejä Euroopassa”.

Tutkimuksessa esiteltiin ilmatiiviiden materiaalien lisäksi oma toiminta, jolla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen. Tutkimuksen esityksenä onkin ensisijaisesti valita suurimman energiatehokkuusmerkinnän omaavat kodinkoneet. Näin voidaan saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä.

## 7. YHTEENVETO

Ilmaston muutos sekä uusiutumattomien energianlähteiden väheneminen ovat ajaneet energiankäyttöä kohti säästäväisempiä malleja. Talojen uudis- ja korjausrakentaminen sekä asuinrakennusten lämmitys kantavat suurta roolia energiankulutuksessa. Euroopan Unioni onkin kiinnittänyt huomiota rakentamisessa olevaan energiansäästöpotentiaaliin ja asettanut energiansäästön edesauttamiseksi rakentamista koskevia säännöksiä.

EU:n tavoitteena ovat energiatehokkaammat rakennukset sekä mahdollisuus vertailla uusien ja vanhojen rakennusten energiankulutusta. Vuonna 2009 käyttöön otettu energiatodistus asettaa kaikille rakennuksille energialuokan, jonka avulla on mahdollista vertailla rakennuksien energiatehokkuutta.

Rakennusten energiankulutukseen voidaan vaikuttaa niin omalla käyttäytymisellä kuin rakennusmateriaalien ja tekniikan laadulla. Suurin energiaa kuluttava tekijä on rakennusten lämmittäminen. Lämmön karkaaminen rakennuksesta aiheuttaa lämmitystarpeen lisääntymistä ja sitä kautta suurempia kustannuksia. Lämmön pitämiseen rakennuksen sisällä voidaan vaikuttaa paremmalla lämmöneristyksellä talossa. Tällä myös ehkäistään kosteuden pääsemistä rakenteisiin. Myös ilmanvaihto kantaa merkittävää roolia energiantuhlaamisessa sillä rakennuksen ilmanvaihdon tulee olla tasapainossa.

Tänä päivänä kuluttaja voi vaikuttaa energiankulutukseen jo ennen talon rakentamista, sillä markkinoilla on olemassa jo kolme erityyppistä energiatehokasta talomallia. Näitä ovat matala-, passiivi- sekä nollaenergiatalo. Talojen energiatehokkuus perustuu energiansäästötekniikaltaan parempiin rakennusmateriaaleihin sekä parempaan ilmanvaihtoon. Energiatehokas talo säästä parhaimmillaan jopa puolet normitalon kuluttamasta energiasta.

Energiatehokastalo on valmistuskustannuksiltaan kalliimpi verrattuna normitaloon. Kuitenkin huomioimalla energiatehokkaan talon takaisinmaksuajan tulee siitä investoinniltaan halvempi vaihtoehto kuin normitalosta, puhumattakaan energiansäästökustannuksista jota energiatehokkaalla talolla saadaan.

Energiatehokkaiden talojen rakennuskupla ei ole vielä puhjennut Suomessa. Tulevina vuosina se tulee kuitenkin saamaan tuulta siipiensä alle sillä Euroopan Unioni tulee

kiristämään energiankulutusrajoituksia entisestään tulevan kahden vuoden aikana. EU onkin esittänyt arvion, että vuonna 2020 kaikki uudisrakennukset olisivat passiivienergiataloja.

Tutkimuksessa paneuduttiin kysymykseen miten energiankulutusta voidaan vähentää energiatehokkaan asuinvaihtoehdon valinnalla sekä omalla toiminnalla. Tutkimuksessa esitellään ratkaisuina ongelmiin passiivienergiatalo sekä energiadieetti. Passiivienergiatalo esitellään perustuen Yhdysvaltalaisen Jerry Yudelsonen tekemiin tutkimuksiin passiivienergiataloista ympäri Eurooppaa sekä Yhdysvaltoja. Tutkimuksessa esiteltävä energiadieetti perustuu Paul Sheckelin tekemiin tutkimuksiin, jossa energiankulutusta vähennetään huomattavasti omalla toiminnalla.

Tutkimus todistaa passiivitalon energiatehokkuuden verrattuna tämän päivän hyvään vertailukohtaan eli niin kutsuttuun normitaloon. Passiivienergiatalo voi päästä jopa yli 50 prosenttia pienempään energiankulutukseen kuin normitalo. Passiivitalon idea pähkinänkuoressa on pitää lämmin ilma talon sisällä. Tähän päästään panostamalla talon lämmöneristykseen sekä ilmanvaihtoon. Passiivitalon rakennetaan pienen U-arvon omaavista rakenteista, joissa lämmöneristyskyky on huippuluokkaa.

Tutkimuksessa esitellään myös Keski-Euroopassa sijaitsevia huippumoderneja passiivienergiataloja sekä kerrotaan Euroopan vihreiden rakennusten trendeistä. Samalla sivuutetaan passiivienergiatalojen puuttumista Yhdysvalloissa, jossa äärimmäisen tärkeää suurena valtiona, olisi vähentää energian kysyntää sekä sitä kautta hiilidioksidipäästöjä.

Tutkimuksen loppuosassa esitellään Paul Sheckelin kehittämä energiadieetti, jossa keskitytään kodinelektroniikkaan ja mahdollisuuksiin säästää energiaa käyttämällä niitä oikein. Energiadieetti antaa hyviä käytännön vinkkejä säätämään esimerkiksi kodinkoneiden asetuksia, jotta pystytään vähentämään lämmitettävän veden määrää ja sitä kautta säättämään huomattava määrä energiaa. Energiadieetti esittelee pesukoneiden, valaisimien sekä tietokoneiden oikeaoppisen käytön, näiden energiatehokkaimpien mallien valitsemisen sekä suuren säästöpotentiaalín joka piilee koneiden oikeaoppisessa

käytössä. Energiansäättäminen on tämän päivän kuumimpia puheenaiheita ja tutkimus antaa näkökulmia ja vinkkejä saavuttamaan merkittäviä säästöjä valitsemalla oikein asuinmuoto sekä käyttämällä kodinelektroniikkaa säästeliäästi.

## LÄHDELUETTELO

Airaksinen, Miimu (2006). *Mitä energiatehokkuus maksaa.* <Siteerattu 27.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://passiivitalo.vtt.fi/files/mita%20energiatehokkuus%20maksaa.pdf>.

Ala-Mettälä, Helena (2010). Ilmiöitä: Nollaenergiatalot tekevät tuloaan Suomeen. *Uutiset kotimaa* [päivitetty 26.5.2010]. <Siteerattu 27.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://yle.fi/uutiset/teksti/kotimaa/2010/05/nollaenergiatalot\\_tekevät\\_tuloaan\\_suomeen\\_1707421.html](http://yle.fi/uutiset/teksti/kotimaa/2010/05/nollaenergiatalot_tekevät_tuloaan_suomeen_1707421.html).

Architizer (2009). Georg ReinbergHaus. <Siteerattu 27.1.2012>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://www.architizer.com/en\\_us/projects/view/office-and-showroom-for-the-company-botop-in-weidling-near-vienna/13002/](http://www.architizer.com/en_us/projects/view/office-and-showroom-for-the-company-botop-in-weidling-near-vienna/13002/).

Bonn Henrik & Bäcklund Johnny (2009). Världens primärenergiförbrukning och uppskattade energireserversamt energiförbrukning globalt och i Finland. <Siteerattu 29.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://web.abo.fi/fak/tkf/at/Kurser/PiEM/seminarier2011/Backlund%20Bonn%20-%20Energi.pdf>.

Energiansäästön mahdollisuudet. *Energiatehokkuuden toimintasuunnitelma (2007–2012)* [päivitetty 3.9.2008]. <Siteerattu 29.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/127064\\_fi.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/127064_fi.htm).

Energiatehokaskoti (2012). Lämmöneristys. <Siteerattu 15.1.2012>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen\\_suunnittelu/lammoneristys](http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/lammoneristys).

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY. *Energiatehokkuuden toimintasuunnitelma toimintasuunnitelma (2007–2012)* [päivitetty 3.9.2008].

<Siteerattu 26.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä:  
<URL:[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/127064\\_fi.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/127064_fi.htm).

Haikonen, Pekka (2010). *Energiatohokas koti- seminaari* [25.3.2010].<Siteerattu 30.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://www.motiva.fi/files/3135/Kokemuksia\\_ja\\_kulutustietoja\\_matalaenergia-\\_ja\\_passiivitaloista\\_Pekka\\_Haikonen.pdf](http://www.motiva.fi/files/3135/Kokemuksia_ja_kulutustietoja_matalaenergia-_ja_passiivitaloista_Pekka_Haikonen.pdf).

Honkasuo, Pekka (2010). *Ekokriteerit* [päivitetty 15.2.2010].< Siteerattu 30.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://www.energiatohokaskoti.fi/files/245/Honkasuon\\_ekokriteerit\\_liite20.pdf](http://www.energiatohokaskoti.fi/files/245/Honkasuon_ekokriteerit_liite20.pdf).

Home exteriorinterior (2010) Werner SobekGlassHaus. <Siteerattu 27.1.2012>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://www.homeexteriorinterior.com/the-glass-house-by-werner-sobek/the-glass-house-by-werner-sobek-03/>.

Junnila, S (2009). *Rakentamisen energiatulevaisuus. Sitran raportteja 84.*<Siteerattu 28.12.2010>.Helsinki 2009. ISBN: 978-951-563-663-8

Ilmasto (2007). Suomen skenaariot. *Vaikutukset Suomessa.* <Siteerattu 1.1.2011>Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/seuraukset/suomessa.html>.

Laine M & Saari M (2005). *Matalaenergiatohokkotalon ja pientalojen energiankulutuksen vertailulaskelmia. Tutkimusraportti nro RTE627/05,* VTT rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, VTT 2005.<Siteerattu 30.12.2010>.

*Mikä on energiatodistus?*<Siteerattu 4.2.2011>.Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://www.energiatodistus.info/energiatodistus/>.

Motiva(2008). *Sähkönkulutus on kasvanut omakotitaloissa.* [Verkköjulkaisu]. [Viitattu

10.12.2008] Saatavissa World Wide  
 Webistä: <URL:[http://www.tem.fi/index.phtml?96107\\_m=92779&s=3407](http://www.tem.fi/index.phtml?96107_m=92779&s=3407)>.

Neatorama (2007). DarmstadtSolar Decathlon House. <Siteerattu 27.1.2012>.  
 Saatavissa World Wide Webistä:  
 <URL:<http://www.neatorama.com/2007/10/22/darmstadt-solar-decathlon-house/>>.

Nieminen, Jyri (2009). Matalaenergiarakentamisen tulevaisuuden näkymät. Seminaari  
 VTT [2009].<Siteerattu 15.1.2010>. Saatavana World Wide Webistä:  
 <URL:[http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS\\_0\\_201\\_403\\_994\\_2095\\_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/yhdyskunta/documents/seminaarit/jyrinieminen.pdf](http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/yhdyskunta/documents/seminaarit/jyrinieminen.pdf)>.

Nieminen, Jyri (2007). Passiivitalo on kokonaisratkaisu. *Sähköala* 9/2007  
 [päivitetty 15.9.2007].<Siteerattu 29.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä:  
 <URL:[http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/energiatehokkuus/fi\\_FI/passiivi\\_talon\\_energiantarve/](http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/energiatehokkuus/fi_FI/passiivi_talon_energiantarve/)>.

Paavilainen, Minna (2008). Energiatehokkuuden edistäminen rakentamisen ja asumisen  
 alalla. *Diplomityö* [18.2.2008], 10-11. <Siteerattu 5.2.2011>. Saatavissa World Wide  
 Webistä: <URL:<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/43993/nbnfi-fe200903061217.pdf?sequence=3>>.

Peuhkuri, R (2008). Hyvä lämmöneristys ei aiheuta rakenteiden kosteusvaurioita.  
*Tekniikka ja talous* [julkaistu 18.12.2008].<Siteerattu 4.2.2011>. Saatavissa World  
 Wide Webistä: <URL:<http://www.tekniikkatalous.fi/kommentit/article199577.ece>>.



Pipatti T & Luhanka J (2008). Rakennusteollisuus RT linjaa tiukasti energiatehokkuutta: tulevaisuuden rakennukset matalaenergia- tai passiivitaloja[päivitetty 11.9.2008].<Siteerattu 30.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä:

<URL:<http://rt.e21solu.fi/RT/Ajankohtaista/Rakennusteollisuus+RT+linjaa+tiukasti+energiatehokkuutta/>>.

Rakentaja (2010). Energiatodistus. <Siteerattu 5.2.2011>. Saatavissa World Wide Webistä:

<URL:[http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/artikkelit/3844/energiatehokas\\_eps.htm](http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/artikkelit/3844/energiatehokas_eps.htm)>.

Sarja, Asko (2003). Käyttöikäsuunnittelu. <Siteerattu 5.2.2011>. Saatavissa World Wide Webistä:<URL:[www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/Elinkaari/.../Luento6.doc](http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/Elinkaari/.../Luento6.doc)>.

Sheckel, Paul (2005). Home Energy Diet : How to Save Money by Making Your House Energy-Smart. <Siteerattu 27.12.2011>. Saatavilla World Wide Webistä: <URL:<http://site.ebrary.com.proxy.tritonia.fi/lib/tritonia/docDetail.action?docID=10089249&p00=energy%20diet>>.

Sitra (2012). Asuntomessut 2012. <Siteerattu 10.1.2012>. Saatavissa World Wide Webistä:

<URL:[http://www.sitra.fi/fi/Ajankohtaista/Asuntomessut2012\\_ennakkoretki.htm](http://www.sitra.fi/fi/Ajankohtaista/Asuntomessut2012_ennakkoretki.htm)>.

Suorakanava Oy (2010). EPS-lattiaeristeillä energiatehokas rakennus [julkaistu 6.9.2010]. <Siteerattu 2.2.2011>. Saatavana World Wide Webistä: <URL:[http://www.rakentaja.fi/artikkelit/3844/energiatehokas\\_eps.htm?frame=0&tulosta=1](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/3844/energiatehokas_eps.htm?frame=0&tulosta=1)>.

Tahiri, Arlind (2011). Livscykelanalys på passivhus och normalhus. <Siteerattu 27.1.2012>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:(Tahiri 2011) <http://www.byfy.lth.se/fileadmin/byfy/files/TVBH-5000pdf/TVBH-5065ATweb.pdf>>.

Timonen, Leena (2008). Energian kulutus laski alkuvuonna - taantuma vähentää kysyntää loppuvuonna. *Tieto&trendit* 8/2008 [päivitetty 19.12.2008].<Siteerattu 30.12.2010>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:[http://www.stat.fi/artikkelit/2008/art\\_2008-12-19\\_003.html?s=0](http://www.stat.fi/artikkelit/2008/art_2008-12-19_003.html?s=0).

Yudelson, Jerry (2009). Green Building Trends : Europe (2nd Edition). <Siteerattu 28.12.2011>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://site.ebrary.com.proxy.tritonia.fi/lib/tritonia/docDetail.action?docID=10493914&p00=energyefficient+houses>.

Ympäristöministeriö (2010).*D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma* [päivitetty 22.12.2008].<Siteerattu 1.2.2011>. Saatavissa World Wide Webistä: <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).

Ympäristöministeriö (2010). Rakennusten lämmöneristys. *C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma*[22.12.2008].<Siteerattu 21.1.2011>. Saatavissa World Wide Webistä: <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).

Wikipedia (2012). Lämmönläpäisykerroin. <Siteerattu 5.1.2012>. Saatavissa World Wide Webistä: <URL:<http://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mm%C3%B6nl%C3%A4isyykerroin>.

