

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

## Lämmitysmuotojen käytön muutos 2030

### Changes in the type of heating 2030

Työn tarkastaja: Esa Vakkilainen

Työn ohjaaja: Esa Vakkilainen

Lappeenranta 05.12.2017

Lauri Similä

# TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Lauri Similä

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Esa Vakkilainen

Kandidaatintyö 2017: Lämmitysmuotojen käytön muutos 2030

28 sivua, 6 kuvaa, yksi taulukko

Hakusanat: rakennusten lämmitys, lämmitysmuodot

Suomessa asuinrakennusten lämmitys toteutetaan pääasiassa kaukolämmöllä, puulla, sähköllä, öljyllä ja erilaisilla lämpöpumppujärjestelmillä. Viime vuosina kevyen polttoöljyn lämmityskäyttö on vähentynyt merkittävästi ja lämpöpumppuenergian kulutus ollut kasvussa.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten Suomessa lämmitetään asuinrakennuksia vuonna 2030. Arvio perustuu tilastokeskuksen datan arviointiin, voimassa olevaan rakentamisen ja energiankäytön lainsäädäntöön ja tuleviin kehityssuuntiin. Aihetta tarkastellaan sekä rakennusten lämmitystarpeen että lämmitysmuotojen ominaisuuksien avulla.

Tutkielmassa on arvioitu, että vuonna 2030 on öljyn lämmityskäyttö vähentynyt merkittävästi ja lämpöpumppuenergian käyttö lisääntynyt nykytilanteeseen verrattuna. Muiden lämmitysmuotojen osuudessa ei tapahdu merkittävää muutosta. Vuoteen 2015 verrattuna arvioidaan, että asuinrakennusten lämmitysenergian kulutus vähenee noin 10 % ilmaston lämpenemisen ja parantuneen lämmöneristyksen seurauksena.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>Tiivistelmä</b>	<b>2</b>
<b>Sisällysluettelo</b>	<b>3</b>
<b>Symboli- ja lyhenneluettelo</b>	<b>4</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2 Asuinrakennusten lämmitysmuodot</b>	<b>6</b>
2.1 Lämpöpumput .....	8
2.2 Kaukolämmitys .....	9
2.3 Sähkölämmitys .....	10
2.4 Aurinkolämmitys.....	10
2.5 Puu- ja pellettilämmitys.....	11
2.6 Öljy- ja kaasulämmitys.....	12
<b>3 Asuinrakennusten lämmitystarve</b>	<b>14</b>
3.1 Perinteinen rakennuskanta.....	14
3.2 Saneerauskohteet .....	15
3.3 Uudisrakennukset .....	16
3.4 Passiivi- ja nollaenergiatalot .....	17
<b>4 Tulevaisuudennäkymät</b>	<b>19</b>
4.1 Lainsäädäntö.....	19
4.2 Lämmitysmuotojen kehitys .....	21
4.3 Ympäristön vaikutus.....	21
<b>5 Mahdollinen skenaario vuonna 2030</b>	<b>23</b>
<b>6 Yhteenveto</b>	<b>27</b>
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>28</b>

## **SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO**

COP	Lämpökerroin (Coefficient Of Performance)	[-]
E-luku	Kokonaisenergiankulutus painotettuna energiamuodon kertoimella	[kWh/m <sup>2</sup> ]
q <sub>50</sub>	Ilmavuotoluku	[1/h]
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin	[W/m <sup>2</sup> K]

## 1 JOHDANTO

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2014 Suomessa käytettiin asuinrakennusten tilojen ja käyttöveden lämmitykseen yhteensä 55 TWh energiaa. Vuosina 2008–2014 on lukema ollut vuodesta riippuen noin 50–60 TWh. Vuonna 2014 asuinrakennusten lämpöenergiasta 83 % tuotettiin kaukolämmöllä (18 TWh), puulla (15 TWh) ja sähköllä (13 TWh). Käytettyjen energialähteiden tarkastelu osoittaa, että vuosina 2010–2014 on erityisesti lämpöpumpuilla tapahtuvan lämmityksen osuus ollut kasvussa ja kevyen polttoöljyn laskussa. Rakennusten lämmitys kattaa noin 26 % Suomen kokonaisenergian loppukäytöstä. (Tilastokeskus 2015, 2017c)

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan lämmitysmuotojen käytön muutosta vuodelle 2030. Tavoitteena on selvittää mahdollinen kuva eri lämmitysjärjestelmien osuuksista asuinrakennusten lämmityksessä vuonna 2030. Jatkuvasti kiristyvien päästötavoitteiden vuoksi on Suomen ohjattava rakentamista siihen suuntaan, että rakennusten lämmityksessä käytetään yhä enemmän ympäristöystävällisiä ja energiatehokkaita lämmitysmuotoja. Suomessa uudisrakennusten energiankulutusta pyrkii säätelemään Suomen rakentamismääräyskokoelma. Siinä otetaan kantaa erityisesti lämmöneristykseen sekä lämmön talteenottoon rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä eli seikoista, jotka oleellisesti vaikuttavat kiinteistöjen energiankulutukseen. Työssä tutkitaan eri lämmitysmuotojen, kuten suoran sähkölämmityksen, kaukolämmityksen sekä erilaisten lämpöpumppujärjestelmien osuuden muutosta tulevaisuudessa.

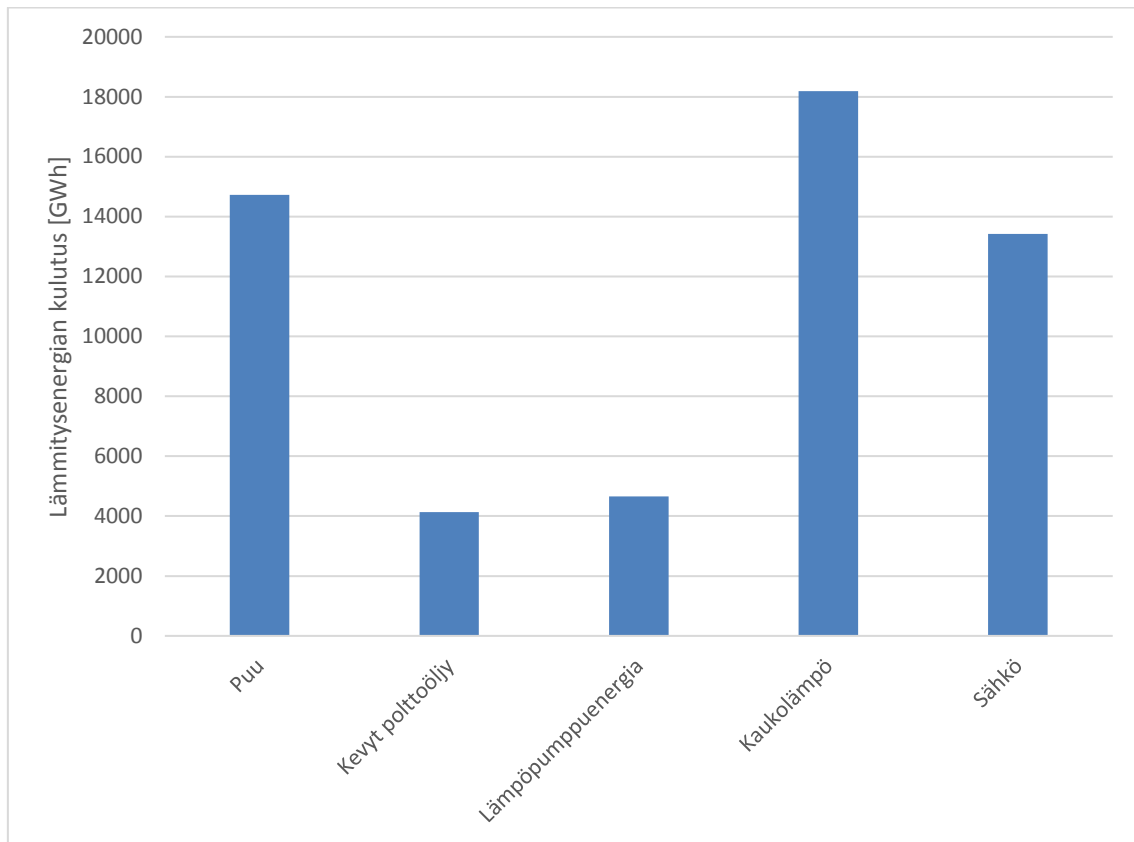
Tutkittavaa aihetta tarkastellaan muun muassa verotuksen, raaka-aineiden saatavuuden ja hinnan sekä teknologian kehityksen kannalta. Euroopan Unionin ja Suomen valtion lainsäädännöllisten keinojen merkitystä lämmitysmuotojen suosioon pohditaan voimassa olevien säädösten avulla. Yleinen käsitys on, että fossiilisten polttoaineiden saatavuus, hinta ja hiilidioksidipäästöt vaikuttavat rakennusten lämmitysmenetelmien osuuteen tulevaisuudessa. Erilaisten lämpöpumppujärjestelmien suosio on ollut tasaisesti kasvava viime vuosina (Tilastokeskus 2017c). Myös muuttuvan ympäristön vaikutusta asuinrakennusten lämmitykseen tarkastellaan.

## 2 ASUINRAKENNUSTEN LÄMMITYSMUODOT

Tässä kappaleessa käsitellään erilaisia Suomessa käytettäviä rakennusten lämmitysmuotoja erityisesti teknologian sekä lämmitysmuodon yleisyyden kannalta.

Ensimmäisissä Suomessa sijainneissa ihmisasutuksissa lämmitys oli hoidettu asumuksen keskellä olevalla avonuotiolla, myöhemmin asumukset kehittyivät uunien yleistyessä. Molemmissa polttoaineena käytettiin ainutta saatavilla olevaa polttoainetta, puuta. Polttopuu on vielä tänäkin päivänä lämmityskäytössä perinteisessä muodossaan. Suurimmillaan polttopuiden käyttö oli jatkosodan aikaan, yli 25 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Tilastokeskus 2007). Fossiiliset polttoaineet yleistyivät Suomessa itsenäistymisen jälkeisinä vuosikymmeninä.

Perinteisten takkojen tilalle on asennettu vesikiertoisia patterijärjestelmiä 1900-luvun alkupuolelta lähtien. Kivihiili, antrasiitti ja koksi alkoivat yleistyä yksittäisten kiinteistöjen lämmityksessä 1930-luvulla (Hagner 2015, 2). Suomen ensimmäinen kaukolämpöjärjestelmä rakennettiin Helsinkiin 1940 (Mäkelä & Tuunanen 2015, 12). Öljyn käyttö kiinteistöjen lämmityksessä yleistyi 1960-luvulla. Sähkölämmitysjärjestelmiä on asennettu 1960-luvulta lähtien, erityisesti 1970-luvun öljykriisin jälkeen sähkölämmitteisten rakennusten osuus lähti voimakkaaseen kasvuun. Ensimmäisiä kiinteistökohtaisia lämpöpumppuratkaisuja alettiin asentaa Suomeen 1970-luvulla ja lämpöpumppujen osuus lähti voimakkaaseen nousuun 2000-luvun alussa. Kuvassa 1 on esitetty viiden selvästi yleisimmän lämmitysmuodon osuudet asuinrakennusten lämmitysenergian kulutuksessa vuonna 2014.



Kuva 1: Asuinrakennusten lämmitysenergian kulutus vuonna 2014. (Tilastokeskus 2017c)

Kaukolämmitys on yleinen lämmitysmuoto erityisesti isojen kiinteistöjen lämmityksessä kun taas omakotitalojen lämmityksessä käytetään asuinpaikasta ja kiinteistön ominaisuuksista riippuen sopivaa lämmitysjärjestelmää. Kuvassa lämpöpumppujen kuluttama sähköenergia sisältyy lämmityksen sähkökulutukseen. Taulukossa 1 on eritelty asuinrakennusten lukumäärä lämmitystavan mukaan vuoden 2016 lopussa.

Taulukko 1: Asuinrakennusten lukumäärä lämmitystavan mukaan 31.12.2016 (Tilastokeskus 2017a).

	Kauko- tai aluelämpö	Öljy, kaasu	Sähkö	Kivihiili	Puu, turve	Maalämpö	Muu, tuntematon
<b>Erilliset pientalot</b>	64005	253234	491133	6309	263506	46922	24718
<b>Rivi- ja ketjutilat</b>	36210	16633	25311	36	639	1339	379
<b>Asuinkerrostalot</b>	47078	9002	2313	81	875	410	167
<b>Yhteensä</b>	147293	278869	518757	6426	265020	48671	25264

## 2.1 Lämpöpumput

Lämpöpumpun tarkoituksena on kerätä lämpöenergiaa lämmönlähteestä, kuten ulkoilmasta, vesistöistä, maaperästä tai hukkalämpövirroista ja käyttää sitä halutun tilan lämmitykseen. Lämpöä siirretään prosessissa kylmäaineen avulla.

Lämpöpumppuprosessissa on kiertoaineen lisäksi neljä pääkomponenttia: lauhdutin, kompressori, höyrystin ja kuristusventtiili. Toimintaperiaate on se, että paisuntaventtiilin avulla matalampaan paineeseen saatu kiertoaine sitoo lämpöenergiaa höyrystimessä. Höyrystyneen kiertoaineen painetta nostetaan kompressorin avulla, jolloin se lämpenee. Kiertoaine luovuttaa muodostuneen lämpöenergian lauhduttimessa, jossa tapahtuu faasimuutos kaasusta nesteeksi. Paisuntaventtiilissä sen paine laskee ja kiertoaineen lämpötila laskee taas hyvin kylmäksi.

Kiertoprosessiin tarvitaan sähköä kompressorin pyörittämiseen. Lämpöpumpun lämpöteho on oltava suurempi kuin kompressorin vaatima teho, jotta lämpöpumppuprosessissa säästettäisiin energiaa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Lämpöpumpun suorituskykyä kuvaa hyvin COP-kerroin, mikä kertoo tuotetun lämpöenergian suhteen kulutettuun sähköenergiaan: esimerkiksi jos ilmalämpöpumppu tuottaa 3 kW lämpöä sähkötehon ollessa 1 kW, on ilmalämpöpumpun COP-kerroin 3. Lämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella, mitä pienempi lämpötilaero lämmönlähteen ja lämmitettävän tilan välillä on.

Lämpöpumpuilla voidaan siirtää lämpöä joko suoraan tuloilman lämmitykseen tai käyttöveden ja vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän lämmitykseen. Maalämpöpumpuilla lämpöenergia siirretään tyypillisesti vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Parhaalla hyötysuhteella maalämpöpumppu toimii vesikiertoisen lattialämmityksen kanssa, sillä siinä lämpötila ei nouse niin korkeaksi kuin patterilämmityksessä.

Ilmalämpöpumpuilla siirretään lämpöä tyypillisesti suoraan tuloilman lämmitykseen, jolloin voidaan puhua ilma-ilmalämpöpumpusta. Mikäli lämpö siirretään lämmitys- ja käyttöveteen, puhutaan ilma-vesilämpöpumpusta. Kolmas vaihtoehto on poistoilmalämpöpumppu, jossa lämpöpumppuprosessissa siirretään lämpöä rakennuksen poistoilmasta tuloilman lämmitykseen. (Motiva 2008, 6-10)



Lämpöpumppujen suosio on ollut jatkuvassa kasvussa viimeisten vuosien aikana. Maa- ja ilmalämpöpumpuilla on pääasiassa korvattu öljyn ja puun lämmityskäyttöä sekä suoraa sähkölämmitystä. Pelkästään vuonna 2016 Suomessa otettiin käyttöön noin 60 000 uutta lämpöpumppua, mistä lähes 75 % on mitoituslämpöteholtaan alle 6 kW ilmalämpöpumppuja (Suomen lämpöpumppuyhdistys 2017).

## 2.2 Kaukolämmitys

Kaukolämmitys on keskitetty lämmöntuotanto- ja jakelujärjestelmä laajoille alueille kuten kaupungille tai useiden rakennusten muodostamalle ryhmittymälle. Lämpöenergia tuotetaan keskitetysti voimalaitoksessa ja jaetaan loppukäyttäjälle kaukolämpöverkon välityksellä. Lämmönsiirron väliaineena kaukolämpöverkossa käytetään yleensä kuumaa vettä tai lämmönsiirtonestettä.

Lämmöntuotannon polttoaine vaihtelee saatavuudesta, hintatasosta sekä voimalaitoksen kattilan teknisistä ominaisuuksista riippuen. Suomessa käytetään eniten biopolttoaineita, kuten puuta ja turvetta. Myös fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihiilen, öljyn ja maakaasun käyttö on yleistä (Mäkelä & Tuunanen 2015, 17).

Asuinrakennuksessa lämmitys tapahtuu käytännössä siten, että rakennuksen lämmitysjärjestelmä on kytketty kaukolämpöverkkoon omalla lämmönjakokeskuksella. Kaukolämpövesi ja rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän vesi erotetaan toisistaan lämmönsiirtimen avulla; näin vältetään kaukolämpöveden aiheuttamalta suurelta vesivahingolta, mikäli rakennuksen omassa lämmitysjärjestelmässä tapahtuisi vesivuoto (Mäkelä & Tuunanen 2015, 64).

Kaukolämmityksen etu on energiatehokkuus. Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa energiankulutus on merkittävästi vähäisempää verrattuna lämmön ja sähkön erillistuotantoon. Ison voimalaitoksen hyötysuhde on korkeampi kuin erillisissä rakennuskohtaisissa kattilalaitoksissa, sillä siihen on kannattavampi ja helpompi asentaa monipuolinen säätö- ja automaatiojärjestelmä sekä lämmön talteenottojärjestelmä savukaasuista (Mäkelä & Tuunanen 2015, 14). Muita etuja ovat toimintavarmuus, ympäristöystävällisyys (polttoaineesta riippuen) ja taloudellisuus (polttoaineen hinnasta riippuen).

Kaukolämpö on asuinrakennusten suosituin lämmitysmuoto. Vuonna 2014 käytettiin 18190 GWh lämpöenergiaa asuinrakennusten lämmitykseen, osuuden ollessa 32,7 % asuinrakennusten lämmitysenergian kokonaismäärästä (Tilastokeskus 2017c).

### **2.3 Sähkölämmitys**

Rakennuksen sähkölämmitys on mahdollista toteuttaa joko vesikiertoisena tai huonekohtaisena. Sähkölämmityksen toimintaperiaatteena on sähkövirran johtaminen vastukseen: aiheutunut sähkövirran jännitehäviö säteilee lämpöenergiana haluttuun tilaan tai fluidiin. Sähkölämmityksen hyötysuhde on erittäin hyvä ja sitä pystyy säätämään tarkasti.

Huonekohtainen sähkölämmitys voidaan toteuttaa lattialämmityksellä, patterilämmityksellä, kattolämmityksellä tai ilmalämmityksellä. Lattialämmitys toteutetaan asentamalla kaapelit betoni-, puu- tai levyrakenteiseen lattiaan. Lämpö siirtyy huonetilaan lattiapinnan säteilyn avulla. Lattialämmitys lisää asumismukavuutta erityisesti suihku- ja pesutiloissa. Patterilämmitys on hyötysuhteeltaan ja reagoitinopeudeltaan erittäin hyvä. Tyypistä riippuen patteri joko lämmittää huonetilaa lämmittimen ulkopinnasta siirtyvän lämpösäteilyn avulla tai myös lämmittää sen läpi virtaavaa huoneilmaa. (Motiva 2012, 22)

Vuonna 2014 sähkön käyttö lämmitysenergiana oli noin 13,4 TWh, mikä vastaa noin 24 % asuinrakennusten lämmitysenergian kulutuksesta (Tilastokeskus 2017c). Suora sähkölämmitys on vähäisten investointikustannusten johdosta kilpailukykyinen valinta erityisesti vähäisen lämmitystarpeen omaaviin rakennuksiin.

### **2.4 Aurinkolämmitys**

Aurinkolämmitysjärjestelmä toteutetaan yleisimmin siten, että auringon säteilyn sisältämä lämpöenergia siirretään aurinkokeräimessä kiertävään kiertoaineeseen, josta lämpö siirretään lämpimän käyttöveden tai vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän käyttöön. Rakennusten lämmitykseen käytettävät aurinkokeräimet ovat yleensä kiinteästi asennettuja eli ne eivät liiku auringon säteilyn mukaan. Keräimet jaotellaan myös kiertoaineen mukaan (ilma, vesi, glykoli...). Nestekiertoisten järjestelmien päätyypit ovat tasokeräin ja tyhjiöputkikeräin. (Kalogirou 2014, 125)

Tasokeräin koostuu kannesta, lämmönsiirtokanavista, absorptiolevystä sekä eristetyistä kotelosta. Absorptiolevy sitoo energiaa, joka siirtyy levyyn hitsattua tai integroitua nestekiertoista lämmönsiirtokanavistoa pitkin esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen. Tasokeräin on edullinen valmistaa. (Kalogirou 2014, 125-126) Suomen olosuhteissa lämmönsiirtonesteinä on käytettävää pakkasenkestävää nestettä, kuten vesi-glykoliseosta.

Tyhjiöputkikeräin koostuu ulkokuorena toimivasta lasiputkesta, tyhjiöosasta sekä tyhjiöosan keskellä sijaitsevasta lämpöputkesta. Lämpöputken sisällä on nestettä, esimerkiksi metanolia, joka lämmitessään höyrystyy putken yläpäähän luovuttaen lämpöä lauhdutinosaan. Tämän jälkeen tiivistynyt neste palaa lämpöputken pohjalle ja sykli alkaa alusta. Tyhjiöputkikeräin on kallis, mutta sen lämmöntuotanto pinta-alaa kohden on suurempi kuin tasokeräimellä. (Kalogirou 2014, 136-138)

Vuonna 2014 Suomessa tuotettiin noin 16 GWh lämpöenergiaa aurinkolämpökeräimillä (Auvinen 2017), mikä on äärimmäisen pieni osuus rakennusten kokonaislämmönkulutuksesta 55576 GWh (Tilastokeskus 2017c). Aurinkolämpöä voidaan käyttää Suomen olosuhteissa lähinnä täydentävänä lämmitysjärjestelmänä, sillä talvisaikaan auringosta saatava energia riittää tuottamaan tarvittavaa määrää lämpöä. Erityisesti käyttöveden lämmityksessä aurinkolämpö on järkevä valinta, sillä sen tarve on melko sama ympäri vuoden. (Huttunen 2017, 48)

## **2.5 Puu- ja pellettilämmitys**

Asuinkiinteistöjen lämmityksessä yleisimmät puuperäiset polttoaineet ovat puuklapit, hake ja kovaksi puristettu kuivattu puumassa, pelletti. Vaikka puupoltosta syntyy epätäydellisessä palamisessa nokea ja hiilivetyjä ja täydellisessä palamisessa lähinnä epäorgaanisia yhdisteitä, pidetään sitä hiilidioksidipäästöjen suhteen neutraalina polttoaineena sillä kasvava puusto sitoo hiilidioksidia (Lappalainen 2007, 7).

Pellettien sisältämää energiaa voidaan hyödyntää sekä pellettitakoissa että keskuskattilalämmityksessä. Pellettitakat ovat yleensä ilmakiertoisia, minkä tekniikka perustuu takassa olevan lämmönvaihtimen kautta kiertävän huoneilman lämmittämiseen. Vesikiertoinen takka on kytketty patteri- tai lattialämmitysverkostoon vesivaraajan kautta: takassa lämpö siirretään ilman sijaan veteen lämmönvaihtimen avulla. (Bioenergia 2016, 6-7)

Puuklapit, pilkkeet ja hake voidaan polttaa vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään kytketyssä puukattilassa. Ne jaetaan ala-, ylä- ja käänteispalokattiloihin. Puhtainta puupolttoaineen palaminen on käänteispalokattilassa, missä puu ensin kaasuuntuu ja sen jälkeen johdetaan jälkipolttotilaan. Puuklapit lisätään tulipesään käyttäjän toimesta, kun taas hakejärjestelmissä hake syötetään kattilaan syöttöruvilla. Modernin puukattilan hyötysuhde voi olla yli 80 %. (Motiva 2012, 15)

Kattiloiden ohella puupolttoaineiden sisältämää energiaa hyödynnetään asuinrakennuksissa perinteisten tulisijojen ja kaminoiden avulla. Varaavan takan toiminta perustuu lämmön varastoitumiseen takan massiivisiin tiili- tai kivirakenteisiin, josta se vapautuu tasaisesti lämmittäen huoneilmaa. Modernien, varaavien tulisijojen hyötysuhteet ovat kehittyneet jopa 80-85 % tasolle (Motiva 2012, 30). Tilastokeskuksen mukaan noin 60 %:lla Suomen omakotitaloissa on varaava takka tai uuni ja asiantuntija-arvion mukaan osuus uudisrakennuksissa on jopa 90 % (Heljo et al. 2016, 23). Varaava takka on järkevä rinnakkaisjärjestelmä esimerkiksi suoran sähkölämmityksen rinnalle tasaamaan sähkönkäyttöä talvikuukausina. Osa lämmittäjistä käyttää polttoaineena omasta metsästä saatua puuta, mikä laskee polttoainekustannuksia.

## 2.6 Öljy- ja kaasulämmitys

Asuinrakennuksen öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljysäiliöstä, öljypolttimesta, öljykattilasta, savuhormista sekä säätö- ja hallintalaitteista (Motiva 2012, 24). Lämmöntuotanto tapahtuu kattilan ja polttimen avulla: poltin saa polttoaineena toimivan polttoöljyn öljysäiliöstä ja lämmittää öljykattilan vesitilan. Lämmin vesi siirretään patteri- tai lattialämmitysverkostoon, lisäksi lämmin käyttövesi lämmitetään kattilassa erillisen lämmönsiirtimen avulla. Moderni lämmöntuotantoyksikkö pystyy hyödyntämään 95 % lämmitysöljyn energiasta (Öljy- ja biopolttoaineala 2016).

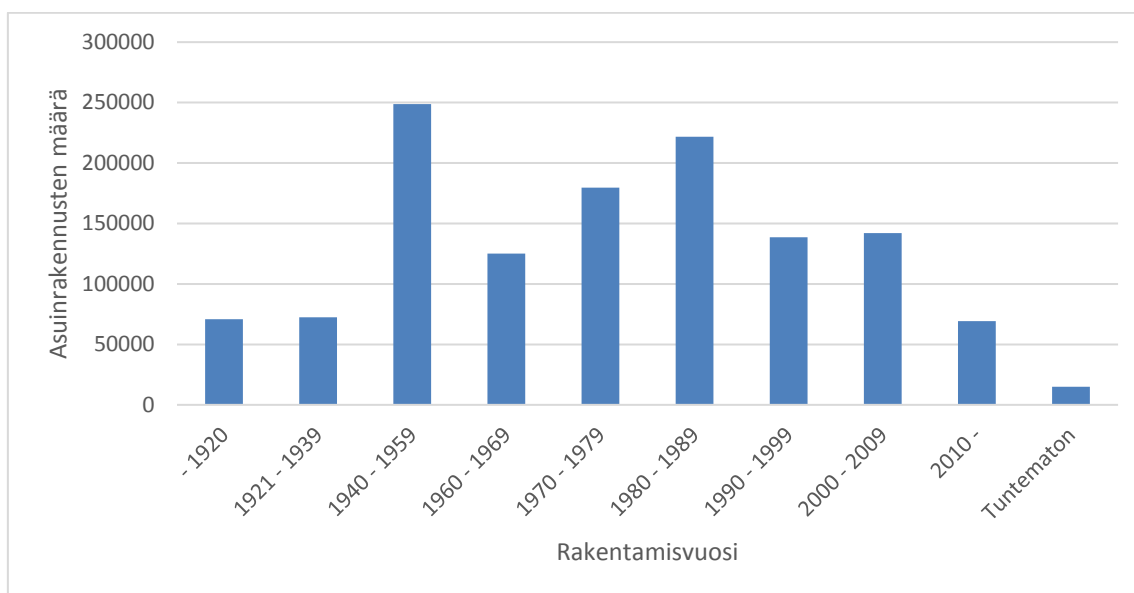
Kaasulämmitysjärjestelmä on toimintaperiaatteeltaan hyvin samanlainen kuin öljylämmitys. Kattilatyypistä riippuen kattilahyötysuhde vaihtelee yhdeksänkymmenen ja lähes sadan prosentin välillä. Kiinteistökohtaisen maakaasusäiliön sijaan lämmitysjärjestelmä liitetään maakaasun jakeluverkkoon. Maakaasun saatavuutta rajoittaa jakeluverkon suppeus: verkosto on ainoastaan Etelä-Suomen alueella noin 40 kunnan alueella. (Motiva 2012, 26-27)

Öljy- ja biopolttoaineala ry:n varatoimitusjohtaja Pekka Huttula mainitsee Katja Oittisen tekemässä haastattelussa, että öljylämmitteisten talojen määrä on ollut pitkään laskusuunnassa, sillä uudisrakentajat valitsevat todella harvoin öljylämmityksen lämmitysmuodoksi lähinnä öljyn hinnan nousun ja vaihtelun vuoksi. Valtaosa öljylämmittäjistä on kuitenkin säilyttänyt järjestelmänsä, vaikka vuosittain 5000-6000 öljylämmityskiinteistöä on vaihtanut lämmitysjärjestelmänsä. (Oittinen 2015)

Maakaasulla lämpiäviä pientaloja, rivitaloja ja kerrostaloja on Suomessa noin 5000. Suomen maakaasun käytöstä vuonna 2015 vain 1,1 % kului yksittäisten asuinrakennusten lämmitykseen, vertailun vuoksi 42,9 % käytöstä kului kaukolämmön sekä lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. (Suomen Kaasuyhdistys 2016)

### 3 ASUINRAKENNUSTEN LÄMMITYSTARVE

Asuinrakennusten lämmitystarve vaihtelee maantieteellisestä sijainnista, rakennuksen materiaaleista ja LVI-tekniikasta sekä asukkaiden yksilöllisestä tarpeesta riippuen. Suomessa on 1,3 miljoonaa asuinrakennusta, joiden lämmitykseen kuluu vuosittain 50-60 TWh energiaa. Kuvassa 2 on esitetty Suomen rakennuskannan määrää rakentamisvuoden mukaan.



Kuva 2: Asuinrakennusten määrä rakentamisvuoden mukaan. (Tilastokeskus 2017b)

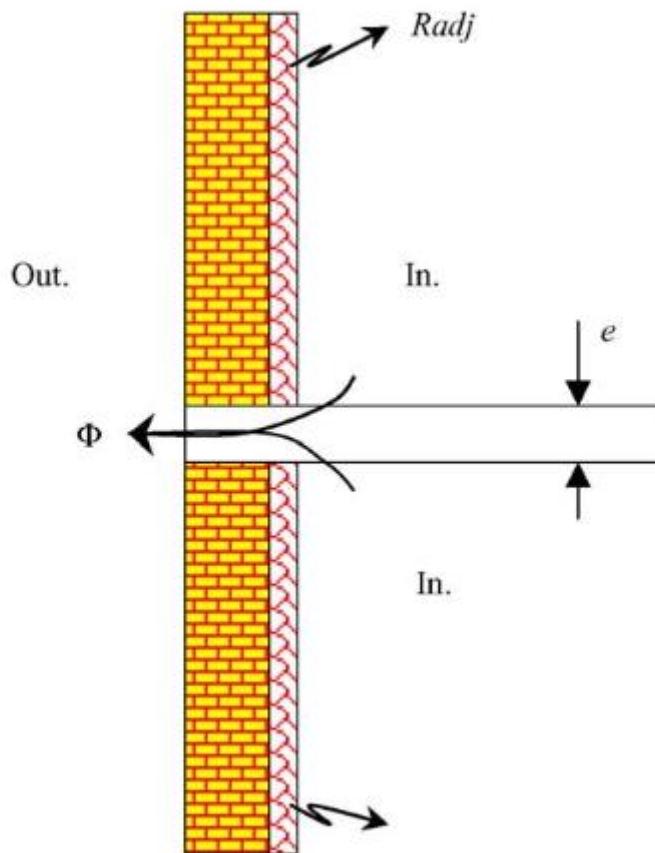
#### 3.1 Perinteinen rakennuskanta

Suomessa on merkittävä määrä yli 30 vuotta vanhaa rakennuskantaa minkä energiankulutus on todella suuri, ellei kohteeseen ole tehty energiatehokkuutta parantavia saneeraustoimenpiteitä. Tavallinen pientalo kuluttaa vuodessa keskimäärin 100-120 kWh/m<sup>2</sup> energiaa tilojen ja tuloilman lämmitykseen (Motiva 2012, 6).

Tyypillistä vanhoille rakennuksille on painovoimainen ilmanvaihto: huoneistossa lämmennyt ilma poistuu poistoilmaventtiilien kautta takaisin ulkoilmaan ja korvausilma rakennukseen tulee ulkoilmaventtiileistä, mitkä ovat yleensä sijoitettuna

ikkunarakenteisiin ja ulkoseinään. Tämä ilmanvaihtotapa johtaa suuriin lämpöhäviöihin, sillä lämmön talteenottoa poistoilmasta ei hyödynnetä.

Perinteiset rakennukset ovat myös eristykseltään merkittävästi heikompia moderniin rakennuskantaan verrattuna. Rakennuksille ovat tyypillisiä kylmäsillat, jotka aiheuttavat merkittäviä lämpöhäviöitä (kuva 3).

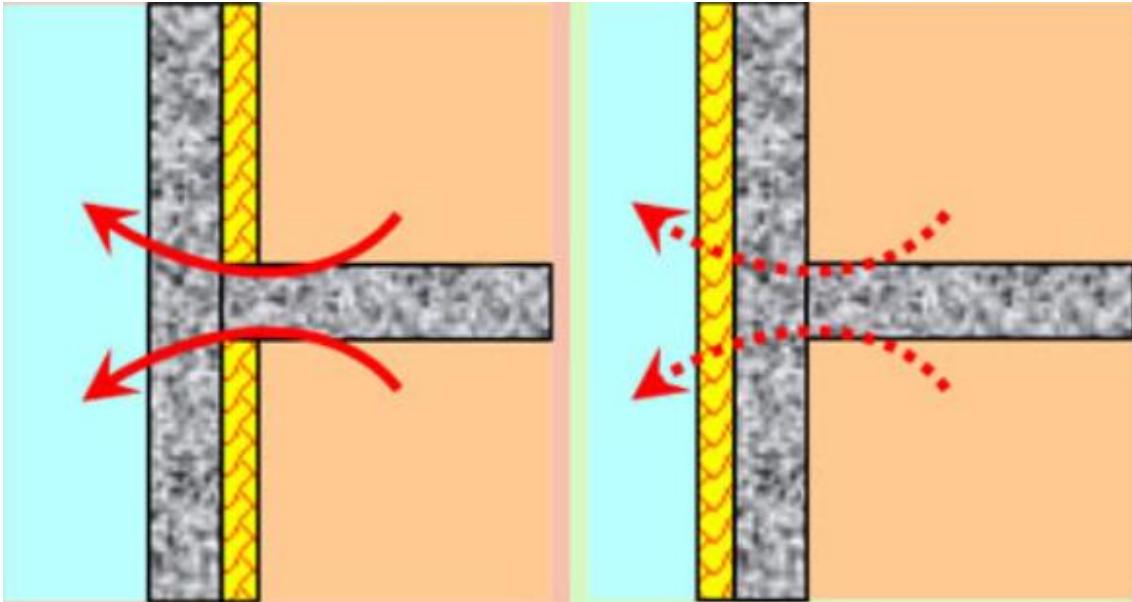


Kuva 3: Esimerkki perinteisen rakennuksen kylmäsillasta. (Ben Larbi 2004, 947)

### 3.2 Saneerauskohteet

Saneerauksen eli korjausrakentamisen yhteydessä kiinteistöön voidaan tehdä merkittäviä energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä. Seinärakenteiden lämmöneristystä voidaan parantaa joko seinän sisä- tai ulkopuolelle jälkiasennetulla eristyksellä, tavoitteena pienentää rakenteen lämmönläpäisylukua. Kuvassa 4 on esitelty talon kahden kerroksen välinen kylmäsilta, vasemmalla puolella seinän sisäpuolelle asennettu eristys ja oikealla

puolella ulkoseinän puolelle asennettu eristys. Ulkoseinän puolelle asennettu eristys pienentää rakenneosan lämmönläpäisy lukua enemmän kuin sisäpuolelle asennettu eristys, vähentäen koko rakennuksen energiankulutusta.



Kuva 4: Jälkiasennettu eristys (Beodom 2008).

Rakennuksen ilmanvaihtotavan muutos mahdollistaa lämmön talteenoton poistoilmasta. Painovoimaisen ilmanvaihtotavan sijaan voidaan kiinteistöön asennuttaa lämmön talteenottoa hyödyntävä koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä.

### 3.3 Uudisrakennukset

Uudisrakentamisessa Suomen rakentamismääräyskokoelma määrittää vähimmäisarvot energiatehokkuudelle ja lämmöneristykselle. Jokaiselle rakennukselle on laskettava kokonaisenergiankulutus (E-luku), mikä on vuotuinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden energiamuotojen kertoimien painotus huomioiden. Kertoimet vaihtelevat välillä 0,4-1,7 korkeimman kertoimen ollessa sähköllä. Alle 120 m<sup>2</sup> pientalon E-luku ei saa olla yli 204 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. (Ympäristöministeriö 2011, 8)

Esimerkiksi uudisrakennuksen rakennusvaipan ilmanvuotoluku  $q_{50}$  saa olla enintään 4 l/h ja rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, alapohjan ja yläpohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,6 W/m<sup>2</sup>K. Hirsiseinän on oltava keskimäärin 180 mm paksu



saavuttaakseen vaaditun lämmönläpäisykertoimen. (Ympäristöministeriö 2011, 10-11). Lähes kaikissa uudisrakennuksissa on lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jotta energiatehokkuusvaatimukset täyttyvät.

### **3.4 Passiivi- ja nollaenergiatalot**

Passiivitalon lämmitysenergiankulutus on normaalia uudisrakennusta pienempi. Lämpimissä maissa tilojen lämmitystarve voidaan hoitaa jopa auringonvalon ja sisäisen lämpökuorman avulla ilman erillistä lämmitysjärjestelmää. Suomen oloissa ajatusta voidaan pitää lähes mahdottomana vallitsevan ilmaston vuoksi. Passiivitaloksi määritellään Suomessa rakennus, jonka ilmapuotoluku  $n_{50}$  on alle 0,6 l/h. Etelä-Suomen rannikkoseuduilla lämmitys- ja jäähdytysenergian tarve saa olla korkeintaan 20 kWh/m<sup>2</sup>, Keski-Suomessa 25 kWh/m<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa 30 kWh/m<sup>2</sup>. (Lylykangas & Nieminen 2009, 10)

Passiivitalo vaatii tarkkoja talo- ja rakennusteknisiä ratkaisuja päästäkseen vaadittuihin energiankulutuslukemiin. Suomessa toteutetussa Paroc-passiivitalokonseptissa rakentaminen perustui rakennusvaipan, ikkunoiden ja ovien erinomaiseen lämmöneristykseen, vaipan hyvään ilmatiiveyteen, lämmön tuottoon ilmalämpöpumpulla sekä lämmön talteenottoon poistoilmasta pyörivän lämmönsiirtimen avulla (Holopainen et al. 2013, 32).

Suomessa on myös rakennettu nollaenergiataloja. Nollaenergiatalon määritelmässä on eroavaisuuksia: se voidaan määritellä esimerkiksi siten, että se tuottaa enemmän uusiutuvaa energiaa kun se kuluttaa uusiutumattomaa energiaa. Päästäkseen vaatimuksiin, on nollaenergiatalossa oltava passiivitalon tapaan tarkat rakennustekniset ratkaisut hyvästä lämmöneristyksestä esimerkiksi aurinkopaneeleilla varustettuun lämmitysjärjestelmään.

Hyvinkään asuntomessuille 2013 rakennetussa Villa Isover –nollaenergiatalossa on energiateknisinä ratkaisuinä asennettu maalämpöpumppu, aurinkokeräimet, varaava takka, aurinkosähköpaneelit sekä lämmön talteenotolla varustettu koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Kohteen arvioiduksi sähkönkulutukseksi on laskettu 8,4 MWh vuodessa ja aurinkosähköjärjestelmän vuotuiseksi sähköntuotannoksi 8,6 MWh.

Rakenneosien eristyksset ovat tyypilliseen asuintaloon verrattuna järeitä: ulkoseinän U-arvo on ainoastaan 0,06 W/m<sup>2</sup>K. (Saint-Gobain Finland 2017)

Nollaenergiatalon määrittelyssä on ollut Euroopan Unionin sisällä monenlaisia tulkintoja. Nollaenergiatalojen lisäksi on puhuttu myös lähes nollaenergiataloista. Vuoden 2021 ensimmäisenä päivänä voimaan tuleva EU-direktiivi edellyttää kaikkien uudisrakennusten olevan lähes nollaenergiataloja (2010/31/EU, artikla 9).

## 4 TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Valtion tavoitteena on Euroopan Unionin direktiivien mukaisesti vähentää rakennusten energiankulutusta. Taustalla on ilmaston lämpenemistä aiheuttavien kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen, johon rakennusten energiankulutuksella on merkittävä rooli. Alati tiukentuvien energiatehokkuusvaatimusten tarkoituksena on ohjata rakennusten lämmitysjärjestelmiä kohti lämmön talteenottoa, uusiutuvia energialähteitä ja lämpöpumppuratkaisuja.

Asuinrakennusten energiankulutus laskee kuitenkin pitkällä aikavälillä melko hitaasti. Voimassa olevat rakentamismääräyskokoelmat pätevät vain uudisrakennuksiin, joiden osuus on verrattain pieni koko rakennuskantaan nähden. Uudisrakennusten ja saneerauskohteiden lämmitystavan valinta pohjautuu samoihin näkökulmiin, kuin mikä tahansa investointi: taloudellisuus, luotettavuus ja henkilökohtainen mieltymys. Rakennuksilla, joissa on toimiva lämmitysjärjestelmä, on taloudellisesti harvoin järkevää vaihtaa lämmitystapaa ennen kuin vanha järjestelmä saavuttaa käyttöikänsä pään. Suomen ympäristökeskuksen raportissa on arvioitu, että asuinrakennuskannan kokonaistilavuus tulee kasvamaan vuoteen 2030 mennessä noin 17 % (Heljo et al 2016, 16). Asuinrakennusten kokonaistilavuuden kasvu hidastaa energiankulutuksen laskevaa trendiä.

### 4.1 Lainsäädäntö

Lainsäädäntö ohjaa lämmitysmuotojen käytön muutosta sekä suoraan rakentamismääräyskokoelman energiatehokkuusvaatimusten osalta että useilla epäsuorilla menetelmillä, millä pyritään vaikuttamaan eri lämmitysmuotojen kannattavuuteen. Erityisesti polttoaineiden erilaisella verotuksella ja esimerkiksi kaukolämpöverkon liittymisvelvoitteella voidaan ohjata kuluttajia haluttujen lämmitysmuotojen valintaan.

01.01.2017 alkaen lämmityskäyttöön soveltuvan kevyen rikittömän polttoöljyn polttoainevero on 22,87 snt/l (Verohallinto 2017). Vielä vuonna 2012 veroaste on ollut 16,05 snt/l joten on selvää, että valtiolla on halu päästä eroon öljylämmityksestä.

Öljykattila on luotettava ja investointina maltillinen, joten verotus on tehokas keino ohjata uusia investointeja esimerkiksi biopolttoaineisiin ja aurinkovoimaan.

Vuonna 2017 kaikille taloille pakolliseksi tullut energiatodistus on Euroopan Unionin yksi keino lisätä rakennusten energiatehokkuutta. Sen toivotaan antavan tietoa energiatehokkuuksien vertailusta ja parantamisesta vuokraus- ja ostotilanteissa. (Ympäristöministeriö 2017) Eri lämmitysmuotojen kertoimet vaikuttavat laskettuun ostoenergian kulutukseen ja näin ollen lopulliseen rakennuksen energiatehokkuusluokkaan. Ostoenergian kulutusta voi laskea kiinteistön itse tuottamalla energialla, kuten aurinkokeräimillä, aurinkosähköpaneeleilla, lämpöpumpun lämmönlähteestä otetulla energialla ja tuulienergialla. Uusiutuvat polttoaineet, kuten puun pienpoltto eivät laske ostoenergian kulutusta. Myöskään ulkopuolisiin energiaverkkoihin syötetty energia ei laske ostoenergiankulutusta. (Oikeusministeriö 2013, 3-4)

Maankäyttö- ja rakennuslaki mahdollistaa asemakaavoittajan velvoittamaan rakennuksia liittymään kunnalliseen kaukolämpöverkkoon, mikäli ”määräys on tarpeen energian tehokkaan ja kestävän käytön, ilman tavoiteltavan laadun taikka asemakaavan muiden tavoitteiden kannalta” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132, 57 a §). Kuntaliiton tekemän kyselyn mukaan kymmenellä kunnalla, muun muassa Joensuulla ja Kuopiolla, on käytössä asemakaavoja, joihin sisältyy liittymismääräys kaukolämpöverkkoon. Energiateollisuus ry pitää pakkoa tarpeettomana, sillä se heikentää kaukolämmön imagoa. (Ahtokivi 2017)

Lainsäädännöllä ja paikallisilla ympäristörajoitteilla on suuri merkitys etenkin turpeen tuotantoon. Turvetuotanto on luvanvaraista ja säädeltyä toimintaa: turvetuotantoalueen käyttöönotto on pitkä, jopa 20 vuoden prosessi varannon arvioinnista ympäristöluvan ja lainvoimaisen päätöksen saantiin (Bioenergia 2017). Vaikka turpeella tuotetaan noin 13 % kaukolämmön energiantarpeesta, vaikuttaa se ainoastaan kaukolämpölaitosten teknisiin ja logistisiin ratkaisuihin. Yksittäisen kuluttajan valintoihin se vaikuttaa epäsuorasti mahdollisena kaukolämmön hinnan muutoksena ja alueellisesti kaukolämmön saatavuutena.

## 4.2 Lämmitysmuotojen kehitys

On oletettavaa, että tulevaisuudessa erilaisten lämpöpumppujen hyötysuhteissa tapahtuu pientä kehitystä kuten tähänkin asti. Nykyisin on yhä kannattavampaa kerätä lämpöä kylmemmästä ilmasta ja käyttää sitä kiinteistöjen lämmitykseen.

Aurinkolämpöjärjestelmien osuus asuinrakennusten lämmityksessä osoittaa kasvupotentiaalia, sillä järjestelmien hinta on laskemassa kilpailukykyiselle tasolle (Brown & Eisentraut 2014, 40). Polttoainekulujen puuttuessa on alkuinvestointi ainut merkittävä kuluerä, joka määrittää järjestelmäasennuksen kannattavuuden.

Kaukolämmön tuotannossa valtion tavoitteena on puupolttoaineiden käytön lisääminen (Huttunen 2017, 34). Uutena teknologiana kaukolämmön tuotannossa energiayhtiö St1:llä on käynnissä pilottihanke, jonka tarkoituksena on tuottaa kaukolämpöä geotermisen energian avulla. Kallioperään porataan kaksi seitsemän kilometrin syvyistä reikää: kylmä vesi syötetään toiseen reikään ja se nousee lämpimänä vetenä toisesta reiästä. Lämpö siirretään kaukolämpöverkkoon lämmönvaihtimen avulla. Toimiessaan järjestelmä kenties syrjäyttää nykyisiä kaukolämpölaitoksia, mutta on vaikea nähdä, että se lisää kaukolämmityksen suosiota lähivuosisikymmeninä. (St1 Deep Heat 2017)

## 4.3 Ympäristön vaikutus

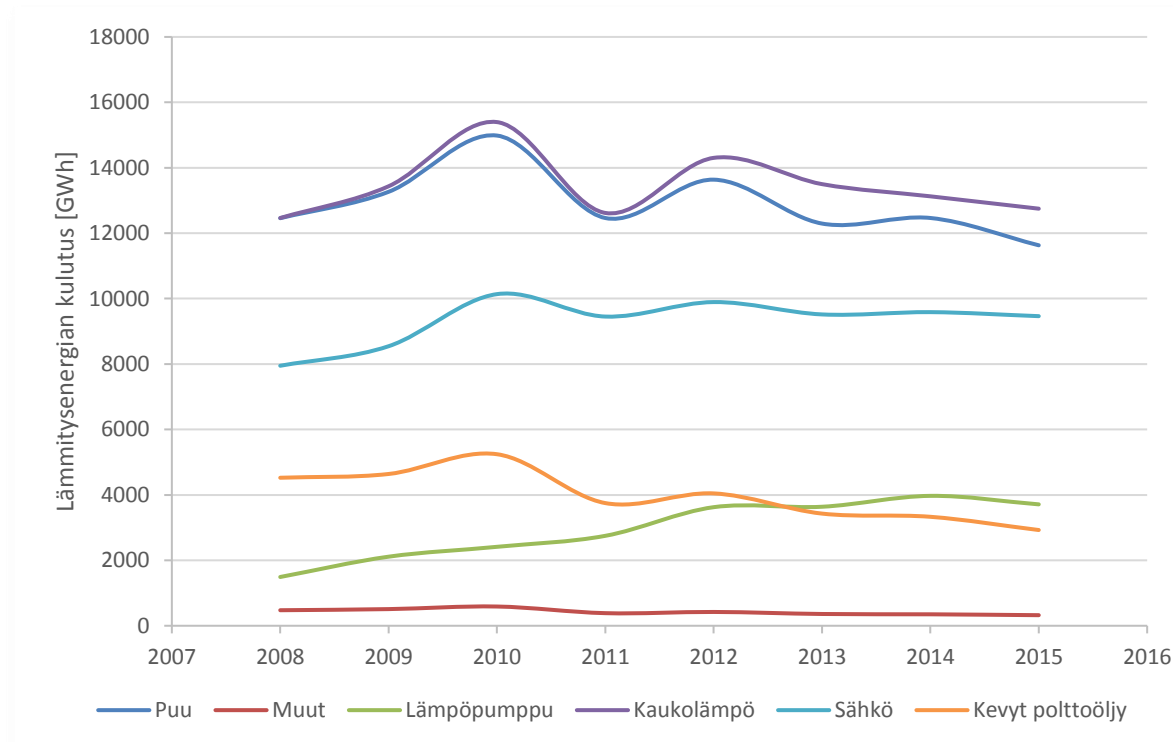
Ilmatieteen laitoksen, Aalto-yliopiston ja Tallinnan teknillisen yliopiston tekemässä tutkimuksessa on arvioitu, että vuoteen 2030 mennessä rakennusten lämmitystarve laskee noin 10 % verrattuna vertailujakson 1980-2009. Tutkimuksessa arvioitiin myös, että vuoteen 2030 mennessä jäähdytysenergian tarve tulee kasvamaan noin 20 %. Eniten ilmastotekijöistä lämmitystarpeeseen vaikuttaa ilman lämpötila ja auringon säteily tuulen nopeuden ja ilmankosteuden ollessa toissijaisia tekijöitä. (Jylhä et al 2015, 110, 114)

Suomen puuston kasvu on vuonna 2015 ollut noin 105 miljoonaa kuutiometriä, mikä on yli 40 miljoonaa kuutiota enemmän kuin 50 vuotta sitten (Huttunen 2017, 114). Lisääntynyt biomassan saatavuus erityisesti metsäteollisuuden sivuvirtojen kasvaessa mahdollistaa yhä tehokkaammin biomassan käytön erityisesti kaukolämmön tuotannossa sekä myös yksittäisten kotitalouksien puu- ja pellettilämmityksessä.

Lämmityskäyttöön soveltuvien fossiilisten polttoaineiden saatavuudessa ei vuoteen 2030 mennessä tapahdu suurta muutosta. Öljy- ja maakaasuvarannot pystyvät arvioiden mukaan vastaamaan kysyntään lähes 200 vuotta, hiilivarannot lähes 3000 vuotta. (Koljonen et al. 2012, 106)

## 5 MAHDOLLINEN SKENAARIO VUONNA 2030

Pohtiessa mahdollista skenaariota vuonna 2030 on otettava huomioon raportissa mainitut tekniset ja lainsäädännölliset seikat sekä historiallinen kehitys. Kuvassa 5 on esitelty lämmitysenergiankulutus asuinrakennuksissa vuosina 2008-2015.



Kuva 5: Lämmitysenergian kulutus asuinrakennuksissa vuosina 2008-2015 (Tilastokeskus 2017c).

Vuosi 2010 oli keskimääristä kylmempi, vuosi 2012 tavanomainen ja muut tarkastelujakson vuodet keskimääräistä lämpimämpiä. Kuvasta voidaan huomata, että lämpöpumppuenergian käyttö on lisääntynyt ja öljyn käyttö lämmitystarkoituksessa laskenut tarkasteluvälillä. Kuten mainittu kappaleessa 2.6, vuosittain noin 5000-6000 kiinteistöä luopuu öljylämmityksestä, mikä tarkoittaisi keskimääräisen pientalon 2300 litran kevyen polttoöljyn vuosikulutuksella 115-138 GWh vuosittaista poistumaa (Ölly-

ja biopolttoaineala 2016). Lämpöpumppuenergian kulutus lisää sähkönkulutusta, sillä sen käyttämä sähköenergia on tilastoitu lämmityksen sähkönkulutukseen.

Rakentamismääräyskokoelma osaltaan kannustaa pienempien omakotitalojen rakentamiseen, sillä niille asetetut energiatehokkusvaatimukset eivät ole yhtä vaativat kuin isommille kiinteistölle (Ympäristöministeriö 2011, 9). Pienemmän lämmityspinta-alan toivotaan näin ollen vähentävän lämmitettävien asuinneliöiden määrää. Uudisrakennusten vähäisempi lämmitettävä asuinpinta-ala ohjaa pääasiassa sähkölämmityksen, lämpöpumppujen ja varaavan takan käyttöön. Yhä paremmin eristetyissä kiinteistöissä sähkölämmitys on nopea vastaamaan ilmaston ja sisäisen lämpökuorman aiheuttamiin muutoksiin jopa huonekohtaisesti. Esimerkiksi kaukolämmönvaihtimella varustettu vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä on hitaampi reagoimaan kysynnän muutoksiin. Varaava sähkölämmitys voisi olla tulevaisuudessa iso osa älykästä sähköverkkoa tasaamassa sähkön kysyntää yöaikaan.

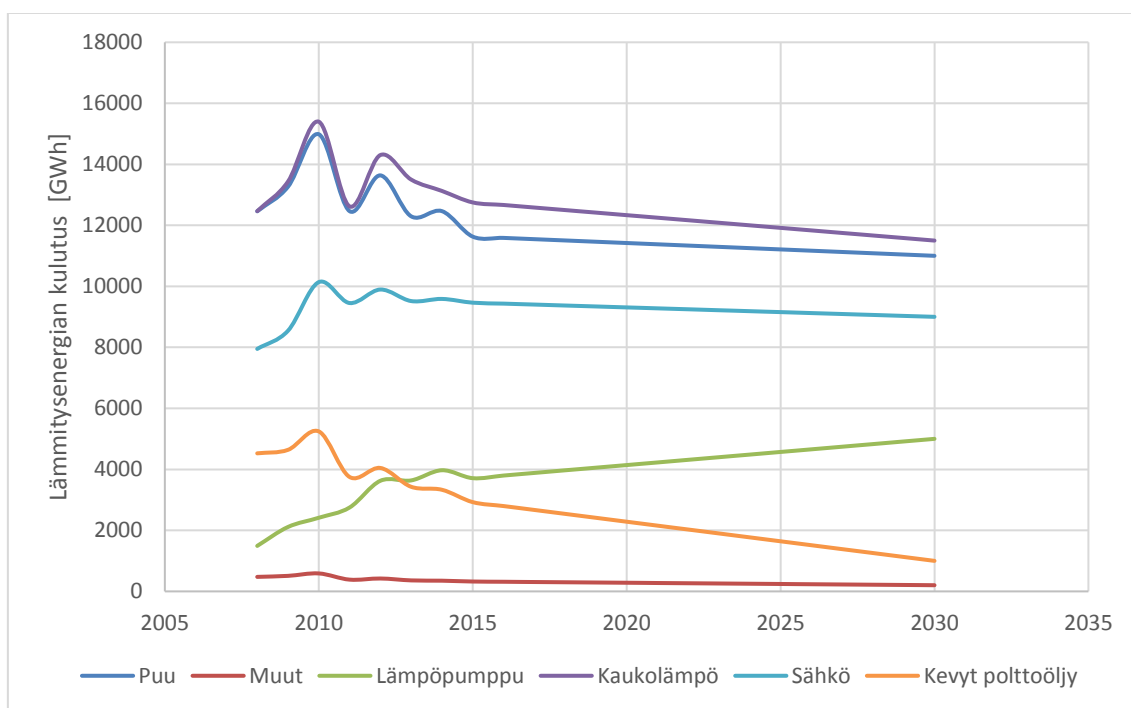
Kaukolämmitys säilyttää asemansa erityisesti kerrostalojen lämmitysjärjestelmänä, vaikka maalämpöjärjestelmät ovatkin yleistyneet myös kerrostaloissa (Heljo et al 2015, 14). Maalämmöllä on hyvä korvata kerrostalon öljylämmitysjärjestelmä, mikäli kaukolämpöverkkoa ei alueella ole. Suomen lämpöpumppuyhdistyksen mukaan satoihin kerrostaloihin asennetaan vuosittain poistoilmalämpöpumppu, mikä vähentää kaukolämmön kulutusta.

Puun pienpoltto säilyy edelleen merkittävänä lämpöenergian tuotantomuotona, sillä uudisrakennuksissa on jopa enemmän tulisijoja kuin perinteisessä rakennuskannassa. Vaikka takkojen määrä kasvaa, on silti epätodennäköistä että puunkäyttö kasvaa sillä yleisesti ottaen lämmitystarve pientaloissa vähenee ja takat ovat vain osa kiinteistön lämmitysjärjestelmää.

Uusien pientalojen lämmitystapavalinnoista selviää, että vuonna 2016 maalämpö on valintana 55 % uusista pientaloista, muu lämpöpumppu 17 %, sähkölämmitys 13 %, kaukolämmitys 9 % ja puu tai pellettilämmitys 6 % pientaloista (Pientaloteollisuus 2017). 2010-luvulla on tilastokeskuksen mukaan rakennettu keskimäärin yli 10 000 asuintaloa vuosittain.



Raportissa mainittujen kehityssuuntien pohjalta voidaan arvioida asuinrakennusten lämmitysmuotojen mahdollinen skenaario vuonna 2030. Kuvassa 6 on esitelty mahdollinen kehitys asuinrakennusten lämmitysenergian kulutuksessa vuosina 2008-2030. Vuodet 2008-2015 ovat tilastotietoa, vuodet 2016-2030 henkilökohtainen arvio.



Kuva 6: Asuinrakennusten lämmitysenergian kulutus 2008-2030.

Kuvasta huomataan, että suurimpana muutoksena kevyen polttoöljyn käyttö asuinrakennusten lämmityksessä tulee vähenemään merkittävästi ja lämpöpumppuenergian osuus energiankulutuksesta jatkaa kasvamistaan. Kevyen polttoöljyn lämmityskäytön on arvioitu vähenevän vuosina 2015-2030 noin 128 GWh joka vuosi. Lämpöpumppuenergialle on samalle ajanjaksolle arvioitu vuosittainen noin 86 GWh lisäys, perustuen vuosien 2008-2015 kehitykseen. Vuoden 2021 alusta voimaan tuleva lähes nollaenergiatalo-direktiivi mahdollisesti hidastaa lämpöpumppuenergian kulutuksen lisäämistä uudisrakennusten entistä vähäisemmän lämmitystarpeen vuoksi. Vertailuvuosiin 2008-2015 verrattuna on arvioitu, että vuonna 2030 lämmitysenergian kulutus on noin 10 % vähäisempi ilmaston lämpenemisen ja rakennusten lämmöneristyksen parantumisen ansiosta.

Myös Suomen ympäristökeskuksen raportissa on arvioitu, että asuinrakennusten lämmitysenergiankulutuksessa on pieni laskeva trendi. Raportin mukaan asuinkerrostalot säilyvät pitkälti kaukolämmön piirissä ja pientalojen lämpöpumppuenergian kulutus kasvaa öljylämmityksen kustannuksella. (Heljo et al 2016, 28)

## 6 YHTEENVETO

Suomen asuinrakennusten lämmitys historian saatossa kehittynyt avonuotioiden ja uunien kautta fossiilisiin polttoaineisiin tukeutuvaksi, myöhemmin 1970-luvun öljykriisin jälkeen sähkölämmitys yleistyi. Nykyään asuinrakennusten lämmitys toteutetaan pääasiassa kaukolämmöllä, puulla ja sähköllä erilaisten lämpöpumppuratkaisujen yleistyessä kovaa vauhtia. Asuinkerrostalojen lämmitys hoidetaan yleisesti kaukolämmöllä ja pientalojen lämmitys monipuolisesti erilaisilla lämmitysjärjestelmillä.

Asuinrakennusten energiankulutus tulee vähenemään tiukentuvien rakentamismääräysten energiatehokkuusvaatimusten takia. Saneerauskohteiden ja uudisrakennusten parempi lämmöneristys ja lämmön talteenotto poistoilmasta ovat merkittäviä tekijöitä energiankulutuksen vähentämisessä.

Asuinrakennusten lämmitys on merkittävä osa valtion kokonaisenergiankulutuksesta. Valtion tavoitteena on Euroopan Unionin direktiivien mukaisesti vähentää rakennusten energiankulutusta, jotta ilmaston lämpenemistä aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät. Lainsäädännön keinoin on mahdollista ohjata kuluttajia haluttujen lämmitysmuotojen valintaan erityisesti verotuksen ja rakentamismääräyskokoelman avulla. Vuonna 2017 kaikille myytävälle asunnoille pakolliseksi tulleen energiatodistuksen toivotaan lisäävän rakennusten energiatehokkuutta. Vuoden 2021 alusta kaikkien uusien asuintalojen on oltava lähes nollaenergiataloja.

Arvion mukaan vuonna 2030 lämpöpumppuenergian osuus asuinrakennusten lämmityksessä on merkittävästi suurempi kuin nykytilanteessa, öljylämmityksen osuuden vähentyessä eniten. Kaukolämmityksen osuus säilyy merkittävänä erityisesti asuinkerrostalojen pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä. Sähkölämmitys säilyttää asemansa, sillä se on vähäisen alkuinvestointinsa takia sopiva järjestelmä tai lisäjärjestelmä nykytrendin mukaisiin pieniin taloihin, lisäksi lämpöpumput kuluttavat sähköenergiaa.

## LÄHDELUETTELO

2010/31/EU, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 19.05.2010 rakennusten energiatehokkuudesta. Official Journal of the European Union L153, 18.06.2010.

Saatavilla: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

Ahtokivi, I. 2017. USU: Kymmenen kuntaa pakottaa valitsemaan kaukolämmön. [verkkoartikkeli 31.10.2017]. [viitattu 05.11.2017] Saatavilla: <https://www.verkkouutiset.fi/usu-kymmenen-kuntaa-pakottaa-valitsemaan-kaukolammon/>

Auvinen, K. 2017. Aurinkoenergian tilastot. [verkkajulkaisu]. [viitattu 20.04.2017] Saatavilla: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/aurinkoenergian-tilastot/?print=pdf>

Ben Larbi, A. 2005. Statistical modelling of heat transfer for thermal bridges of buildings. [verkkajulkaisu]. [viitattu 06.09.2017] Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778805000071>

Beodom. 2008. Fighting thermal bridges or how to make better buildings. [verkkosivu]. [viitattu 05.04.2017] Saatavilla: <http://beodom.com/en/education/entries/fighting-thermal-bridges-or-how-to-make-better-buildings>

Bioenergia ry. 2016. Selvitysraportti: Pellettitakkojen käyttö lämmityksessä Suomessa. [verkkajulkaisu]. [viitattu 15.03.2017] Saatavilla: <http://www.pellettienergia.fi/default.asp?item=dmsfile;514453;2520&params=open;gallery>

Bioenergia ry. 2017. Turvetuotanto on säädeltyä ja luvanvaraista toimintaa. [verkkosivu]. [viitattu 10.10.2017] Saatavilla: <http://turveinfo.fi/turve/turvetuotanto/turvetuotanto-on-saadelta-ja-luvanvaraista-toimintaa/>

Brown, A., Eisentraut, A. 2014. Heating without Global Warming. Market Developments and Policy Considerations for Renewable Heat. [verkkojulkaisu]. [viitattu 03.11.2017] Saatavilla:

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/FeaturedInsight\\_HeatingWithoutGlobalWarming\\_FINAL.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/FeaturedInsight_HeatingWithoutGlobalWarming_FINAL.pdf)

Hagner, B. 2015. LVI-alan historiakooste. [verkkojulkaisu]. [viitattu 27.11.2017] Saatavilla: <https://www.ril.fi/media/files/seniorit/lvi-historiikki.pdf>

Heljo, J., Mattinen, M., Savolahti, M. 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050. [verkkojulkaisu] [viitattu 14.03.2017] Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/166673/SYKEra\\_35\\_2016.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/166673/SYKEra_35_2016.pdf?sequence=4)

Holopainen, R., Kouhia, I., Nieminen, J. 2013. Paroc-passiivitalo – kylmän ilmaston energiaratkaisu. [verkkojulkaisu]. [viitattu 07.09.2017] Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T78.pdf>

Huttunen, R. 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. [verkkojulkaisu] Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. [viitattu 04.04.2017] Saatavilla: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul\\_4\\_2017\\_verkkjulkaisu.pdf?sequence=1](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkjulkaisu.pdf?sequence=1)

Jylhä, K., Jokisalo, J., Ruosteenoja, K., Pilli-Sihvola, K., Kalamees, T., Seitola, T., Mäkelä, H., Hyvönen, R., Laapas, M., Drebs, A. 2015. Energy demand for the heating and cooling of residential houses in Finland in a changing climate. [verkkojulkaisu]. [viitattu 10.10.2017] Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815002777>

Kalogirou, S. Chapter 3 - Solar Energy Collectors, In Solar Energy Engineering (Second Edition), Academic Press, Boston, 2014, Pages 125-220, ISBN 9780123972705. Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123972705000030>

Koljonen, T., Koreneff, G., Lehtilä, A., Ruska, M. 2012. Fossiiliset polttoainevarat ja – markkinat. [verkkojulkaisu]. [viitattu 03.11.2017] Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T28.pdf>

Lappalainen, I. 2007. Puupolttoaineiden pienkäyttö. Tekes. [verkkojulkaisu] [viitattu 07.03.2017] Saatavilla: <https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/puupolttoaineet.pdf>

Lylykangas, K., Nieminen, J. 2009. Passiivitalon määritelmä. [verkkojulkaisu]. [viitattu 12.10.2017] Saatavilla: [http://www.passiivi.info/download/passiivitalon\\_maaritelma.pdf](http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf)

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L7P57a>

Motiva Oy. 2008. Lämpöä Ilmassa. [verkkojulkaisu]. [viitattu 25.10.2017] Saatavilla: [https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa\\_ilmassa\\_Ilmalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf)

Motiva Oy. 2012. Pientalojen lämmitysjärjestelmät. [verkkojulkaisu]. [viitattu 08.03.2017] Saatavilla: [http://www.motiva.fi/files/7201/Pientalon\\_lammitysjarjestelmat\\_2012.pdf](http://www.motiva.fi/files/7201/Pientalon_lammitysjarjestelmat_2012.pdf)

Mäkelä, V., Tuunanen, J. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. [verkkojulkaisu] [viitattu 07.03.2017] ISBN: 978-951-588-507-4 Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1>

Oikeusministeriö. 2013. Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen. [verkkojulkaisu]. [viitattu 01.11.2017] Saatavilla: [www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf](http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf)

Oittinen, K. 2015. Suomessa 190 000 taloa lämpimää öljyllä, uusiin taloihin ei öljylämmitystä juurikaan valita. [verkkoartikkeli 29.12.2015] [viitattu 08.03.2017] Saatavilla: <http://yle.fi/uutiset/3-8557655>

Pientaloteollisuus. 2017. Uusien omakotitalojen lämmitysenergiavalinnat. [verkkosivu]. [viitattu 07.11.2017] Saatavilla: [http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/tutkittua\\_tietoa/energia\\_ja\\_ymparisto/lammitysenergia/](http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/tutkittua_tietoa/energia_ja_ymparisto/lammitysenergia/)

Saint-Gobain Finland Oy. 2017. Nollaenergiatalo Villa ISOVER. [verkkosivu]. [viitattu 19.10.2017] Saatavilla: <https://www.isover.fi/referenssit/nollaenergiatalo-villa-isover>

St1 Deep Heat Oy. 2017 [verkkosivu]. [viitattu 08.11.2017] Saatavilla: <http://www.st1.fi/deepheat>

Suomen kaasuyhdistys. 2016. Kaasutilastot. [verkkosivu] [viitattu 10.03.2017] Saatavilla: <http://www.kaasuyhdistys.fi/sisalto/kaasutilastot>

Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. 2017. Lämpöpumpputilasto 2016. [verkkojulkaisu] [viitattu 02.04.2017] Saatavilla: <http://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/SULPU%2C%20myydyt%20l%C3%A4mp%C3%B6pumput%202016%2C%20teholuokittain%2C%20f.pdf>

Tilastokeskus. 2007. Energian käyttö ja lähteet 1917-2007. [verkkosivu]. [viitattu 20.10.2017] Saatavilla: <http://www.stat.fi/tup/suomi90/maaliskuu.html>

Tilastokeskus. 2015. Energian loppukäyttö sektoreittain. [verkkojulkaisu] [viitattu 03.12.2017] Saatavilla: [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_ehk/statfin\\_ehk\\_pxt\\_010.px/?rxid=fa9525a6-2481-4adb-86aa-c7b2d3684473](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_010.px/?rxid=fa9525a6-2481-4adb-86aa-c7b2d3684473)

Tilastokeskus. 2017a. Rakennukset (lkm, m<sup>2</sup>) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2016. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 02.11.2017] Saatavilla:

[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_asu\\_\\_rakke/statfin\\_rakke\\_pxt\\_002.px/?rxid=c3bf4688-8e04-411a-add9-500c1ec5fa87](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/statfin_rakke_pxt_002.px/?rxid=c3bf4688-8e04-411a-add9-500c1ec5fa87)

Tilastokeskus. 2017b. Rakennukset (lkm, m<sup>2</sup>) käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan 31.12.2016. [verkkajulkaisu]. [viitattu 02.09.2017] Saatavilla: [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_asu\\_\\_rakke/statfin\\_rakke\\_pxt\\_001.px/?rxid=e2263f16-8aa3-41d4-bc9a-6636ab6b9951](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/statfin_rakke_pxt_001.px/?rxid=e2263f16-8aa3-41d4-bc9a-6636ab6b9951)

Tilastokeskus. 2017c. Tilojen lämmitysenergian kulutus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 15.11.2017] Saatavilla: [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_asen/statfin\\_asen\\_pxt\\_001.px/?rxid=50d787f2-51d4-48cb-b6a8-b73514923fdd](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__asen/statfin_asen_pxt_001.px/?rxid=50d787f2-51d4-48cb-b6a8-b73514923fdd)

Verohallinto. 2017. Nestemäisten polttoaineiden verotaulukko. [verkkosivu]. [viitattu 10.10.2017] Saatavilla: [https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/nestemaiset\\_polttoaineet/nestemaiseten\\_polttoaineiden\\_verotaulukk/](https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/nestemaiset_polttoaineet/nestemaiseten_polttoaineiden_verotaulukk/)

Ympäristöministeriö. 2017. Rakennusten energiatodistus. [verkkosivu]. [viitattu 10.10.2017] Saatavilla: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen\\_energia\\_ja\\_ekotehokkuus/Rakennuksen\\_energiatodistus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus)

Ympäristöministeriö. 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. [verkkajulkaisu]. [viitattu 06.04.2016] Saatavilla: [www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf)

Öljy- ja biopolttoaineala ry. 2016. Lämmitysöljy. [verkkosivu] [viitattu 15.3.2016] Saatavilla: <http://www.oil.fi/fi/lammitys/lammitysoljy>